

**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ**  
(άρθρο 8 Ν.1599/1986)

Η ακρίβεια των στοιχείων που υποβάλλονται με αυτή τη δήλωση μπορεί να ελεγχθεί με βάση το αρχείο άλλων υπηρεσιών (άρθρο 8 παρ. 4 Ν. 1599/1986)

ΠΡΟΣ <sup>(1)</sup> :	<b>Δ.Υ.ΔΟΜ. ΚΑΒΑΛΑΣ</b>						
Ο – Η Όνομα:	<b>ΘΩΜΑΣ</b>	Επώνυμο:	<b>ΜΑΥΡΙΔΗΣ</b>				
Όνομα και Επώνυμο Πατέρα:	<b>ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ ΜΑΥΡΙΔΗΣ</b>						
Όνομα και Επώνυμο Μητέρας:	<b>ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΜΑΥΡΙΔΟΥ</b>						
Ημερομηνία γέννησης <sup>(2)</sup> :	<b>27 ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ 1961</b>						
Τόπος Γέννησης:	<b>ΚΑΒΑΛΑ</b>						
Αριθμός Δελτίου Ταυτότητας:	<b>AZ 378993</b>	Τηλ:	<b>2510 226618</b>				
Τόπος Κατοικίας:	<b>ΚΑΒΑΛΑ</b>	Οδός:	<b>ΕΡ. ΣΤΑΥΡΟΥ</b>	Αριθ:	<b>34</b>	ΤΚ:	<b>65403</b>
Αρ. Τηλεομοιούτυπου (Fax):	<b>2510 226618</b>	Δ/ση Ηλεκτρ. Ταχυδρομείου (Email):	<b>tmavri2@gmail.com</b>				

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις <sup>(3)</sup>, που προβλέπονται από τις διατάξεις της παρ. 6 του άρθρου 22 του Ν. 1599/1986, δηλώνω ότι:

Η στατική μελέτη:

**«ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΚΑΠΝΑΠΟΘΗΚΗΣ – ΔΗΜΟΥ ΚΑΒΑΛΑΣ»**

συντάχθηκε σύμφωνα με τις γενικές και ειδικές πολεοδομικές διατάξεις και κανονισμούς, είναι πλήρης και τα στοιχεία τους συμφωνούν με τις προδιαγραφές και κανονισμούς που ισχύουν.

Οι διαστάσεις των σχεδίων και τα στοιχεία της μελέτης ταυτίζονται με τις διαστάσεις και τα στοιχεία της αρχιτεκτονικής μελέτης, του διαγράμματος κάλυψης και του τοπογραφικού διαγράμματος βάσει των οποίων εκδόθηκε η οικοδομική άδεια.

Οι τεχνικές εκθέσεις που συνοδεύουν τα τεύχη υπολογισμών είναι πλήρεις και σύμφωνα με τις προδιαγραφές που ισχύουν.

(4)

Ημερομηνία: 07/02/2018

Ο Δηλών

(Υπογραφή)

(1) Αναγράφεται από τον ενδιαφερόμενο πολίτη ή Αρχή ή η Υπηρεσία του δημόσιου τομέα, που απευθύνεται η αίτηση.

(2) Αναγράφεται ολογράφως.

(3) «Όποιος εν γνώσει του δηλώνει ψευδή γεγονότα ή αρνείται ή αποκρύπτει τα αληθινά με έγγραφη υπεύθυνη δήλωση του άρθρου 8 τιμωρείται με φυλάκιση τουλάχιστον τριών μηνών. Εάν ο υπαίτιος αυτών των πράξεων σκόπευε να προσπορίσει στον εαυτόν του ή σε άλλον περιουσιακό όφελος βλάπτοντας τρίτον ή σκόπευε να βλάψει άλλον, τιμωρείται με κάθειρξη μέχρι 10 ετών.

(4) Σε περίπτωση ανεπάρκειας χώρου η δήλωση συνεχίζεται στην πίσω όψη της και υπογράφεται από τον δηλούντα ή την δηλούσα.

ΕΡΓΟ : **ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΚΑΠΝΑΠΟΘΗΚΗΣ – ΔΗΜΟΥ ΚΑΒΑΛΑΣ**  
ΙΔΙΟΚΤΗΤΗΣ : **ΔΗΜΟΣ ΚΑΒΑΛΑΣ**  
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ : **ΚΑΣΣΑΝΔΡΟΥ & ΑΒΕΡΩΦ**  
ΔΗΜΟΣ : **ΚΑΒΑΛΑΣ**

**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ  
ΤΟΥ ΜΕΛΕΤΗΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΤΩΝ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

Ο παρακάτω υπογεγραμμένος Μαυρίδης Θωμάς, Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός βάσει του νόμιμου δικαιώματος ασκήσεως επαγγέλματος κάτοικος Καβάλας, Οδός Ερυθρού Σταυρού αριθ. 34, τηλ. 2510 226618.

- Για την περίπτωση φέροντος οργανισμού από λιθοδομή ενισχυμένης με οπλισμένο σκυρόδεμα και ξυλεία κατηγορίας C24:
  1. Κατά τη σύνταξη της μελέτης συμμορφώθηκα πλήρως με τους ισχύοντες κανονισμούς – EC 6, οπλισμένου σκυροδέματος και τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό 2000-2003 οικοδομικών έργων.
  2. Αναλαμβάνω την πλήρη ευθύνη για την ακρίβεια των υπολογισμών.
- ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ
  1. Με βάση υπάρχουσα εμπειρία από παρακείμενες κατασκευές, θεμελιωμένες σε όμοιους εδαφικούς σχηματισμούς που δεν έχουν εμφανίσει αξιόλογες υποχωρήσεις εκτιμάται η επιτρεπόμενη τάση του εδάφους σε σεπ.=20 kN/m<sup>2</sup>.
  2. Από άποψη σεισμικής επικινδυνότητας το έδαφος κατατάσσεται στην κατηγορία Α.
- ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ  
Για λόγους προσομοίωσης του στατικού μοντέλου της ενισχυμένης τοιχοποιίας με τα διαφράγματα των ξύλινων πατωμάτων και τα υπάρχοντα ξύλινα σενάζ θεωρήθηκε η ύπαρξη σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος 87x20 cm.

ΚΑΒΑΛΑ, 07/12/2018  
Ο δηλών

# ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΚΑΠΝΑΠΟΘΗΚΗΣ ΚΑΒΑΛΑΣ

## Τεχνική έκθεση

Μεθοδολογία επίλυσης και διαστασιολόγησης.

Η επίλυση του κτιρίου βασίζεται στο ότι το μέγιστο των κατακόρυφων φορτίων, καθώς και οι οριζόντιες σεισμικές δυνάμεις εξ ολοκλήρου, φέρονται από τους τοίχους. Τα υποστυλώματα δεν συμμετέχουν στην ανάληψη δυνάμεων σεισμού.

Η επίλυση των δαπέδων σε κατακόρυφα φορτία γίνεται ανεξάρτητα, θεωρώντας το δάπεδο σαν εσχάρα δοκών και μετακινώντας τα κινητά φορτία ώστε να επιτευχθούν οι δυσμενέστερες συνθήκες φόρτισης για κάθε δοκό. Οι πλάκες επιλύονται με τη μέθοδο των λωρίδων, κατά Marcus.

Οι οριζόντιες δυνάμεις σεισμού υπολογίζονται με την απλοποιημένη φασματική μέθοδο κατά ΕΑΚ.

Η κατανομή των σεισμικών δυνάμεων στους τοίχους γίνεται αφού υπολογισθούν οι ακριβείς ακαμψίες των τοίχων μέσω ανάλυσης με πεπερασμένα στοιχεία.

Οι τοίχοι επιλύονται με πεπερασμένα στοιχεία για τον ακριβή υπολογισμό των εντατικών μεγεθών τους στα κατακόρυφα φορτία και στα φορτία σεισμού.

Η διαστασιολόγηση των στοιχείων από μπετόν, πλάκες, δοκοί, υποστυλώματα, πέδιλα γίνεται βάσει του Ελληνικού Κανονισμού Οπλισμένου Σκυροδέματος, η δε διαστασιολόγηση και έλεγχος τοίχων βάσει του Ευρωκώδικα 6.

Τέλος γίνονται όλοι οι έλεγχοι που απαιτούνται επί πλέον από το Εθνικό Κείμενο εφαρμογής του Ευρωκώδικα 6 και οι έλεγχοι για απλά κτίρια τοιχοποιίας.

### Πλάκες

Η επίλυση και ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών των πλακών γίνεται με τη μέθοδο Marcus. Η μέθοδος αυτή, ως γνωστόν, βασίζεται στην επίλυση διασταυρούμενων λωρίδων με κοινό βέλος κάμψης στο μέσον της πλάκας και κατανομή του φορτίου της πλάκας στις δύο κύριες διευθύνσεις. Η ευνοϊκή επίδραση της συστροφής στις ροπές ανοιγμάτων δεν λαμβάνεται υπόψη, υπέρ της ασφαλείας.

Εν συνεχεία οι πλάκες επιλύονται σαν συνεχείς ανεξάρτητοι δοκοί η κάθε λωρίδα. Σύμφωνα με τον κανονισμό οπλισμένου σκυροδέματος (18.1) πλάκες με λόγο πλευρών μεταξύ 0.050 και 2.00 επιλύονται σαν τετραέρειςτες, άλλως ως διέρειςτες.

Τα μεταφερόμενα στους δοκούς φορτία προκύπτουν για φόρτιση με κινητά στις πλάκες εκατέρωθεν της δοκού. Σε περίπτωση διερείστων πλακών στους δοκούς που δεν παίρνουν φορτία μεταβιβάζεται ελάχιστο φορτίο από πλάκα ίσο με  $qL/4$  όπου  $q$  το φορτίο ( $1.35g+1.50q$ ) της πλάκας και  $L$  το άνοιγμα της δοκού.

Οι υπολογισμοί αντοχής (οριακή κατάσταση αστοχίας) γίνονται σύμφωνα με τον Ελλην. Κανον. Οπλισμ. Σκυροδέματος 10.1 και 10.4. Ο έλεγχος οριακής κατάστασης λειτουργικότητας από παραμόρφωση, βασίζεται στον έλεγχο λυγηρότητας σύμφωνα με (Καν. 16.2), οπότε ο έλεγχος βελών κάμψης μπορεί να παραλειφθεί. Γίνονται επίσης όλοι οι έλεγχοι για ελάχιστους οπλισμούς και αποστάσεις σύμφωνα με (Κανον. 18.1). Η ελάχιστη επικάλυψη οπλισμών λαμβάνεται 20mm που ικανοποιεί τα όρια (Κανον 5.1) για συνθήκες περιβάλλοντος ελάχιστα ή μετρίως διαβρωτικό.

### Δοκοί

Το σύστημα δοκών του πατώματος επιλύεται σαν εσχάρα δοκών στο χώρο, με πεπερασμένα στοιχεία. Τα πεπερασμένα στοιχεία είναι ραβδόμορφα με τρεις βαθμούς ελευθερίας ανά κόμβο, δύο στροφές με άξονες τους άξονες της εσχάρας  $x-x$  και  $y-y$  και μία βύθιση στην κατακόρυφη διεύθυνση  $z-z$ . Η εσχάρα δοκών εδράζεται στους τοίχους και τα υποστυλώματα, όπου η βύθιση είναι 0. Στις εδράσεις στους τοίχους επειδή πάντα παρεμβάλλεται σενάτζ, η στροφή περί τον άξονα των στοιχείων που εδράζονται στον τοίχο λαμβάνεται ίση με 0.

Για τις ακαμψίες των στοιχείων της εσχάρας λαμβάνεται συνεργαζόμενο πλάτος  $0.70L/10$  στις μονόπλευρες πλακοδοκούς και  $0.70L/5$  στις συμμετρικές πλακοδοκούς.

Η επίλυση γίνεται για μοναδιαία φορτία σε κάθε άνοιγμα της εσχάρας.

Για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών της εσχάρας δοκών γίνονται όλοι οι επικίνδυνοι συνδυασμοί φορτίσεων στα ανοίγματα με  $1.35g$  (μόνιμα) και  $1.50q$  (κινητά) φορτία. Η επίλυση γίνεται με μέθοδο Gauss για συμμετρικούς banded πίνακες, αφού προηγηθεί βελτιστοποίηση του πλάτους του μητρώου με αρμόζουσα επαναρίθμηση κόμβων.

Τοίχοι

Οι τοίχοι παραλαμβάνουν το μέγιστο των κατακόρυφων φορτίων και όλα τα οριζόντια φορτία λόγω σεισμού. Ο υπολογισμός των σεισμικών δυνάμεων ανά όροφο γίνεται βάσει ΕΑΚ (3.3.3 ) με ισοδύναμα στατικά φορτία. Η βάση για την κατανομή των σεισμικών δυνάμεων στους τοίχους κάθε ορόφου είναι η ακαμψία κάθε τοίχου. Η ακαμψία αυτή εξαρτάται από τις διαστάσεις του τοίχου καθώς και από το είδος και θέση των ανοιγμάτων. Η ακαμψία του κάθε τοίχου υπολογίζεται με ακρίβεια από το πρόγραμμα αφού γίνει επίλυση του κάθε τοίχου με πεπερασμένα στοιχεία, για μοναδιαίες σχετικές μετατοπίσεις του πάνω και κάτω άκρου του τοίχου. Ο κάθε τοίχος χωρίζεται αυτόματα σε πεπερασμένα στοιχεία επίπεδα επιφανειακά (plane stress) ορθογώνια τεσσάρων κόμβων. Ο υπολογισμός και η κατανομή σεισμικών δυνάμεων φαίνεται αναλυτικά στο τεύχος υπολογισμών. Στους υπολογισμούς ακαμψιών στο τεύχος δείχνεται και η προσεγγιστική τιμή της ακαμψίας κάθε τοίχου χωρίς ανοίγματα. Εν συνεχεία γίνεται πάλι επίλυση των τοίχων με πεπερασμένα στοιχεία για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών, στους διάφορους συνδυασμούς φορτίσεων. Οι τρεις βασικές τάσεις κάθε στοιχείου τοίχου ορθές τάσεις  $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yy}$  και διάτμηση  $\tau_{xy}$  εκτυπώνονται στο τεύχος υπολογισμών και μπορείτε επίσης να έχετε έγχρωμη εποπτεία πατώντας το αντίστοιχο πλήκτρο στο σχεδιαστικό πρόγραμμα. Οι τάσεις αυτές δείχνονται για δύο φορτίσεις μόνο κατακόρυφα φορτία (1.35g+1.50q) και κατακόρυφα φορτία +σεισμό (1.00g+0.30q+σεισμός). Οι έλεγχοι αντοχής των τοίχων γίνονται στην οριακή κατάσταση αστοχίας βάσει του Ευρωκώδικα 6, κεφ. 4. Γίνονται έλεγχοι σε αξονικό φορτίο για κατακόρυφη φόρτιση 1.35g+1.50q, και 1.00g+0.30q+σεισμό, καθώς και έλεγχος διάτμησης για φόρτιση με σεισμό. Γίνονται επίσης έλεγχοι λυγηρότητας και συγκεντρωμένων φορτίων, σύμφωνα πάντα με τον Ευρωκώδικα 6. Οι βασικοί έλεγχοι σε κατακόρυφα φορτία βάσει του Ευρωκώδικα 6 είναι:  $N_{sd} < N_{rd}$ , όπου  $N_{rd}$ =(τιμή σχεδιασμού κατακόρυφου φορτίου).  $N_{sd}$  είναι το κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού. το οποίο προσδιορίζεται σαν κατακόρυφη δύναμη ανά μονάδα μήκους από τις μέγιστες θλιπτικές κατακόρυφες τάσεις του τοίχου (εξαιρουμένων των περιοχών συγκέντρωσης τάσης στις στηρίξεις δοκών).  $N_{rd} = \phi_i \cdot m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M$ ,  $\phi_i, m$ . είναι ο μειωτικός συντελεστής της αντοχής, ο οποίος λαμβάνει υπόψη τις συνέπειες της λυγηρότητας και της εκκεντρότητας του φορτίου. Οι εκκεντρότητες για τον υπολογισμό των μειωτικών συντελεστών υπολογίζονται με ακρίβεια από τις φορτίσεις της κατασκευής βάσει του Ευρωκώδικα (4.4.3) και (παράρτ. Γ)

$t$  είναι το πάχος του τοίχου.  
 $f_k$  είναι η χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας που προκύπτει βάσει του κεφ.3 του Ευρωκώδικα ανάλογα με τα συστατικά (λιθοσώματα, κονίαμα) της τοιχοποιίας.  
 $\gamma_M$  είναι ο επί μέρους συντελεστής για το υλικό που προκύπτει από τον Ευρωκώδικα πίνακα 2.3.

Ο έλεγχος λυγηρότητας γίνεται βάσει της 4.4.4.3 του Ευρωκώδικα. Το μήκος λυγισμού λαμβάνεται  $h_{ef} = \rho h$ . Οι συντελεστές  $\rho$  υπολογίζονται για μερική ή ολική πάκτωση (ανάλογα με την περίπτωση) στην κορυφή και βάση του τοίχου, και επί το δυσμενέστερον λαμβάνονται  $\rho_3 = \rho_4 = 1$  για τις κατακόρυφες παρειές.

Ο έλεγχος σε διάτμηση γίνεται βάσει του 4.5.3 του Ευρωκώδικα.6.  $V_{sd} < V_{rd}$   $V_{sd}$  είναι η τιμή σχεδιασμού τέμνουσας η οποία προσδιορίζεται σαν οριζόντια δύναμη ανά μονάδα μήκους από τις μέγιστες διατμητικές τάσεις του τοίχου (εξαιρουμένων των περιοχών συγκέντρωσης τάσης στις στηρίξεις δοκών).

Οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις σχεδιασμού που προκύπτουν από την ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία στις περιοχές στήριξης των δοκών των δαπέδων ελέγχονται βάσει του (4.4.8) του Ευρωκώδικα να μην υπερβαίνουν την τάση  $f_k / \gamma_M$ .

ΕΑΚ

Εφαρμόζεται η απλοποιημένη φασματική ανάλυση (ΕΑΚ 3.3). Γίνεται ανάλυση για οριζόντιες σεισμικές δυνάμεις. Η κατακόρυφη συνιστώσα του σεισμού αγνοείται. Τα ισοδύναμα στατικά φορτία υπολογίζονται με προσεγγιστική θεώρηση των δύο πρώτων ιδιομορφιών, μία κατά  $x$  και μία κατά  $y$  διεύθυνση. Οι ιδιομορφίες αυτές είναι τριγωνικής μορφής. Οι κύριοι άξονες αδρανείας των φερόντων στοιχείων θεωρούνται κατά το πλείστον παράλληλες προς τις διευθύνσεις  $x$  και  $y$  (ΕΑΚ 3.3.3[4]). Θεωρείται επίσης ότι το κτίριο δεν έχει στρεπτική ευαισθησία (ΕΑΚ 3.3.3 [5]). Οι μέγιστες οριζόντιες δυνάμεις λόγω σεισμού προκύπτουν σαν οι μέγιστες τιμές που δίνουν αμφότερες οι σχέσεις (ΕΑΚ 3.5.3 [1]) και (ΕΑΚ 3.5.3 [4]).

Θεμελίωση

Η θεμελίωση των τοίχων και των υποστυλωμάτων βασίζεται στον έλεγχο αστοχίας λόγω υπέρβασης φέρουσας ικανότητας έδρασης, σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 7 και ΕΑΚ 5.2.3

---

**ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΚΑΠΝΑΠΟΘΗΚΗΣ**

Όνομασία Έργου-Μελέτης ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΚΑΠΝΑΠΟΘΗΚΗΣ

Διεύθυνση έργου ΚΑΞΣΑΝΔΡΟΥ - ΑΒΕΡΩΦ

Μηχανικός Μελετητής ΜΑΥΡΙΔΗΣ ΘΩΜΑΣ

ΔΗΜΟΣ ΚΑΒΑΛΑΣ

**Γενικά Χαρακτηριστικά Κτιρίου**

Όροφοι Οροφοι : 5 Υπόγειο: 0

Τοιχοποιία Αοπλη τοιχοποιία

Ποιότητα Κατασκευής (EC6 §2.4.3) Κατηγορία 1

Υψη ορόφων [m]	Δάπεδα
Ισόγειο ύψος ορόφου 3.50 [m]	οροφή=Πλάκα d=0.05[m]
1ος οροφος ύψος ορόφου 2.80 [m]	οροφή=Πλάκα d=0.05[m]
2ος οροφος ύψος ορόφου 2.80 [m]	οροφή=Πλάκα d=0.05[m]
3ος οροφος ύψος ορόφου 2.80 [m]	οροφή=Πλάκα d=0.05[m]
4ος οροφος ύψος ορόφου 2.65 [m]	οροφή=Πλάκα d=0.05[m]

**Φορτία Κατασκευής (Ευρωκώδικας 1)**

Μόνιμα Δαπέδων Επικάλυψη δαπέδων= 1.00[kN/m<sup>2</sup>], Τοίχοι σε δάπεδα= 0.00[kN/m<sup>2</sup>]

Κινητά Δαπέδων **Κινητά σε δάπεδα = 5.00[kN/m<sup>2</sup>], Κινητά σε σκάλες= 5.00[kN/m<sup>2</sup>]**  
Κινητά σε Εξώστες= 5.00[kN/m<sup>2</sup>]

Μόνιμα Στέγης Μη κολυμβητά κεραμίδια+σανίδωμα+ζευκτά Ιδιο βάρος= 1.10[kN/m<sup>2</sup>]  
Οροφή= 0.60[kN/m<sup>2</sup>]

Κινητά Στέγης Χιόνι= 1.00[kN/m<sup>2</sup>], Άνεμος= 1.00[kN/m<sup>2</sup>]  
Άνεμος (κατακόρυφα) 1.00xημ<sup>2</sup> (25°)= 0.14[kN/m<sup>2</sup>]

Συντελεστές Δράσεων Φορτίων (Ευρωκ.0, Π.Α1.2) γγ=1.35, γq=1.50

Συντελεστές Συνδυασμού Δράσεων (Ευρωκ.0 Π.Α1.1) Ψ0=1.00, Ψ1=1.00, Ψ2=0.80

**Υλικά Τοιχοποιίας** Λιθοδομή M2 80 cm-εν

**Σκυρόδεμα - Εδαφος** C30/37-B500C cu=0.30 [N/mm<sup>2</sup>,MPa]

**Γενικά Στοιχεία Αντισεισμικού Σχεδιασμού**

Σεισμική Ζώνη Ζώνη: I, α=0.160g=1.57 m/s<sup>2</sup>

Κατηγορία Εδάφους A, S=1.00 Tb=0.15sec Tc=0.40sec

Σπουδαιότητα Κτιρίου Σ4 γI=1.40

**Κανονισμοί που λαμβάνονται υπόψη.**

Ευρωκώδικας 6 (EC6): EN1996-1-1:2004, Σχεδιασμός κατασκευών από τοιχοποιία.

Ευρωκώδικας 2 (EC2): EN1992-1-1:2004, Σχεδιασμός κατασκευών από Σκυρόδεμα

Ευρωκώδικας 8 (EC8): EN1998-1-1:2004, Αντισεισμικός σχεδιασμός κατασκευών

Ευρωκώδικας 1 (EC1): EN1991-1-1:2003, Δράσεις επί κατασκευών

Ευρωκώδικας 0 (EC0): EN1990-1-1:2002, Βάσεις σχεδιασμού κατασκευών

Εθνικό Κείμενο Εφαρμογής Ευρωκώδικα 6

**Λιθοδομή M2 80 cm-εν**

Πάχος τοίχου : 0.87 [m]

Ειδικό βάρος : 26.00 [KN/m<sup>3</sup>]

Διαμήκης Αρμός OXI

Βάρος ανά m<sup>2</sup> : 22.48 [KN/m<sup>2</sup>]

**Ιδιότητες Λιθοσωμάτων (EC6 §3.1)**

**Ασβεστόλιθοι 20x20x25**

Τύπος Λιθοσωμάτων: Λαξευτοί Φυσικοί EN 771-6

Κατηγορία: : II

Διαστάσεις Λιθοσωμάτων : 250x200x200[mm]

Ομάδα : 1

Θλιπτική αντοχή : 8.00 [N/mm<sup>2</sup>]

Συντελεστής δ = 1.15

Ανηγγεμένη Θλιπτική Αντοχή : fb= 9.20 [N/mm<sup>2</sup>]

fb= 1.15x 8.00= 9.20 [N/mm<sup>2</sup>]

**Ιδιότητες Κονιάματος (EC6, §3.2)**

**Τσιμεντοκονίαμα M10**

Είδος Κονιάματος: Γενικής εφαρμογής

Θλιπτική Αντοχή fk: 10.00 [N/mm<sup>2</sup>]

**Χαρακτηριστικές Αντοχές Τοιχοποιίας (EC6, §3.6)**

Θλιπτική Αντοχή fk [N/mm<sup>2</sup>] (EC6, §3.6.1)  $f_k = K f_b f_m^{0.7} f_m^{0.3} = 7.92 \text{ (KN/m}^2 \text{)}$

Διατμ/κή Αντοχή fnko [N/mm<sup>2</sup>] (EC6, §3.6.2) fnko = 2.38 [N/mm<sup>2</sup>]

Καμπτική Αντοχή fck1=0.10 [N/mm<sup>2</sup>], fck2=0.20 [N/mm<sup>2</sup>], (EC6, §3.6.3)

Μέτρο Ελαστ/τος E [GPa] (EC6, §3.7.2) E = 6.47 [GPa=KN/mm<sup>2</sup>]

Μέτρο Διάτμησης G=40%E G = 2.59 [GPa=KN/mm<sup>2</sup>]

Η τοιχοποιία έχει απλός μανδύα σκυροδέματος, 7.0 cm, οπότε αλλάζουν οι αντοχές

Μέση Χαρακτηριστική Θλιπτική αντοχή τοίχου με μανδύα fk= 7.92 N/mm<sup>2</sup>

Μέση Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή τοίχου με μανδύα fnko= 2.38 N/mm<sup>2</sup>

**Υπολογισμοί μέσων χαρακτηριστικών αντοχών τοίχου με μανδύα σκυροδέματος**

Πάχος τοιχοποιίας χωρίς μανδύα tw= 0.80 m

Απλός μανδύας σκυροδέματος C30/37 πάχους tc= 0.07 m

Οπλισμός μανδύα εσχάρα Φ14/7 fyk=500

Πάχος τοίχου μαζί με μανδύα σκυροδέματος Tw= 0.87 m

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας fwk= 4.20 N/mm<sup>2</sup>

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας fwv= 0.10 N/mm<sup>2</sup>

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας Ew= 4.20 GPa

Θλιπτική αντοχή σκυροδέματος μανδύα fck=30.00 N/mm<sup>2</sup>

Διατμητική αντοχή σκυροδέματος μανδύα fcv= 0.45 N/mm<sup>2</sup>

Μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος Ec=32.00 GPa

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό Φ14/70mm, γc=1.50, γs=1.15

Αντοχές τοίχου fk=4.20N/mm<sup>2</sup>, fvo=0.10N/mm<sup>2</sup>, fck1=0.10N/mm<sup>2</sup>, fck2=0.20N/mm<sup>2</sup>, E=4.

Αντοχές μανδύα fck=30.0N/mm<sup>2</sup>, Ec=32.0GPa, οπλισμός As=153.9mm<sup>2</sup>/70mm, fyk=500N/mm

Πάχος τοίχου με μανδύα 800+1x70=870mm, βάρος 20.80+0.024x1x70=22.48kN/m<sup>2</sup>

Μέση Χαρακτηριστική Θλιπτική αντοχή τοίχου με μανδύα σκυροδέματος

fk τοίχος+μανδύας fk=[4.20x800+30.0x1x70x(2.50/1.50)]/870=3.86+4.02=7.89N/mm<sup>2</sup>

Διατμητική αντοχή τοίχου με μανδύα σκυροδέματος

Μανδύας vrd1=0.035x30x2=0.19N/mm<sup>2</sup>, vrd2=153.9/(70x70)x(500/1.15)=13.66N/mm<sup>2</sup>

fvk1=(0.10x800+0.19x1x70x2.50)/870=0.13N/mm<sup>2</sup>, fvk2=13.66x1x70x2.50/870=2.75N/mm<sup>2</sup>

fvk τοίχου με μανδύα max(fvk1, fvk2), fvk<0.30fk=2.37N/mm<sup>2</sup> fvk=2.37N/mm<sup>2</sup>

Καμπτική αντοχή τοίχου με μανδύα σκυροδέματος

fck τοίχου με μανδύα fck1=fck2=(153.9/70)x500x(2.50/1.15)x6x800/870<sup>2</sup>=15.16N/mm<sup>2</sup>

θεωρούμε γM(τοίχ.)/γc(μπετόν)=2.00/1.50

E τοίχος+μανδύας E=(4.20x800+32.0x1x70)/870=3.86+2.57=6.44Gpa

Στοιχεία Πλακών

Οροφος	Πλάκ	πάχος [cm]	Φορτία [KN/m <sup>2</sup> ]			Εμβαδό [m <sup>2</sup> ]	Ly/Lx	Ειδο	Συντ. φορτ.		Περιβάλλοντα στοιχεία
			ιδ. βάρ	επικά	κινητ				κx	κy	
Ισόγειο	Π1	5*	1.25	1.00	5.00	85.28	4.97	□	1.00	0.00	T3BBAA-Δ27-Δ28A-Δ29A-Δ30A-Δ31-Δ32-
Ισόγειο	Π2	5*	1.25	1.00	5.00	85.39	4.94	□	1.00	0.00	T5-T2BABB-Δ8-Δ9-Δ10B-Δ12-Δ11A-Δ2-T3BABB
Ισόγειο	Π3	5*	1.25	1.00	5.00	83.22	5.10	□	1.00	0.00	T3BBBBAA-Δ39-Δ40-Δ41-Δ42-Δ43A-Δ44-
Ισόγειο	Π4	5*	1.25	1.00	5.00	77.16	5.46	□	1.00	0.00	T6-T2BBABB-Δ38-Δ37A-Δ36A-Δ35-Δ34A-Δ33-
Ισόγειο	Π5	5*	1.25	1.00	5.00	79.11	5.36	□	1.00	0.00	T3BBBBBA-Δ51-Δ200-Δ203-Δ205-Δ206-Δ207-
Ισόγειο	Π6	5*	1.25	1.00	5.00	79.22	5.32	□	1.00	0.00	T7-T2BBBABB-Δ45-Δ46-Δ47-Δ48-Δ49-Δ50-
Ισόγειο	Π7	5*	1.25	1.00	5.00	81.16	5.23	□	1.00	0.00	Δ3A-Δ4A-Δ5A-Δ6A-Δ7-T2BAA-T1AB-T3BAA-Δ1
Ισόγειο	Π8	5*	1.25	1.00	5.00	82.26	5.14	□	1.00	0.00	Δ1-T3BABA-Δ2-Δ11A-Δ12-Δ10B-Δ9-Δ8-T2BABA-
Ισόγειο	Π9	5*	1.25	1.00	5.00	88.42	4.78	□	1.00	0.00	Δ27-T3BBABA-Δ33-Δ34A-Δ35-Δ36A-Δ37A-Δ38-
Ισόγειο	Π10	5*	1.25	1.00	5.00	88.42	4.78	□	1.00	0.00	Δ39-T3BBBABA-Δ50-Δ49-Δ48-Δ47-Δ46-Δ45-
Ισόγειο	Π11	5*	1.25	1.00	5.00	88.42	4.78	□	1.00	0.00	T3BBBBBBA-Δ52-Δ202-Δ204-Δ208-Δ209-Δ210-
Ισόγειο	Π12	5*	1.25	1.00	5.00	97.93	4.31	□	1.00	0.00	T3BBBBBBB-T4B-T2BBBBBBA-Δ210-Δ209-Δ208-
1ος	Π1	5*	1.25	1.00	5.00	78.86	5.36	□	1.00	0.00	T9BBA-Δ85-T11BBA-T8
1ος	Π2	5*	1.25	1.00	5.00	79.22	5.32	□	1.00	0.00	T8-T11BABBVB-Δ79-Δ80-Δ81-Δ82-Δ83-Δ84-
1ος	Π3	5*	1.25	1.00	5.00	85.28	4.97	□	1.00	0.00	T9BABAA-Δ25-Δ26A-Δ63A-Δ64A-Δ65-Δ66-
1ος	Π4	5*	1.25	1.00	5.00	85.39	4.94	□	1.00	0.00	T13-T11BAABB-Δ20-Δ21-Δ22B-Δ24-Δ23A-Δ14-
1ος	Π5	5*	1.25	1.00	5.00	83.22	5.10	□	1.00	0.00	T9BABBA-Δ73-Δ74-Δ75-Δ76-Δ77A-Δ78-
1ος	Π6	5*	1.25	1.00	5.00	77.16	5.46	□	1.00	0.00	T14-T11BABABB-Δ72-Δ71A-Δ70A-Δ69-Δ68A-
1ος	Π7	5*	1.25	1.00	5.00	81.16	5.23	□	1.00	0.00	Δ15A-Δ16A-Δ17A-Δ18A-Δ19-T11BAAA-T10BA-
1ος	Π8	5*	1.25	1.00	5.00	82.26	5.14	□	1.00	0.00	Δ13-T9BABA-Δ14-Δ23A-Δ24-Δ22B-Δ21-Δ20-
1ος	Π9	5*	1.25	1.00	5.00	88.42	4.78	□	1.00	0.00	Δ25-T9BABABA-Δ67-Δ68A-Δ69-Δ70A-Δ71A-Δ72-
1ος	Π10	5*	1.25	1.00	5.00	88.42	4.78	□	1.00	0.00	Δ73-T9BABBBA-Δ84-Δ83-Δ82-Δ81-Δ80-Δ79-
1ος	Π11	5*	1.25	1.00	5.00	88.42	4.78	□	1.00	0.00	T9BBBA-Δ86-T11BBBA-Δ85
1ος	Π12	5*	1.25	1.00	5.00	98.19	4.31	□	1.00	0.00	T9BBBBB-T12B-T11BBBBBA-Δ86
2ος	Π1	5*	1.25	1.00	5.00	44.99	0.30	□	0.00	1.00	T16BBA-T20AAAAA-Δ106-Δ105-Δ104-T19AAAAA
2ος	Π2	5*	1.25	1.00	5.00	44.62	0.30	□	0.00	1.00	T19AAAAA-Δ103-Δ102-Δ101-T15BAAAAA-T16BA
2ος	Π3	5*	1.25	1.00	5.00	44.47	0.30	□	0.00	1.00	T17BA-T15BAB-Δ53-Δ54-Δ55-T19B
2ος	Π4	5*	1.25	1.00	5.00	44.83	0.30	□	0.00	1.00	T19B-Δ89-Δ90-Δ91-T20B-T17BBA
2ος	Π5	5*	1.25	1.00	5.00	44.99	0.30	□	0.00	1.00	T16BBBA-T21AAAAA-Δ199-Δ198-Δ197-T20AAAAA
2ος	Π6	5*	1.25	1.00	5.00	44.83	0.30	□	0.00	1.00	T20B-Δ107-Δ108-Δ109-T21B-T17BBBA
2ος	Π7	5*	1.25	1.00	5.00	43.64	0.31	□	0.00	1.00	T16BBBBB-T18BBBBB-Δ254-Δ253-Δ252-T21AAAAA
2ος	Π8	5*	1.25	1.00	5.00	50.11	0.27	□	0.00	1.00	T21B-Δ216-Δ217-Δ218-T18A-T17BBBBA
2ος	Π9	5*	1.25	1.00	5.00	39.93	0.27	□	0.00	1.00	Δ102-Δ103-T19AAAAAB-Δ88-Δ87-Δ62-
2ος	Π10	5*	1.25	1.00	5.00	39.93	0.27	□	0.00	1.00	Δ87-Δ88-T19AAAB-Δ61-Δ60-Δ59-T15BAAAAB-
2ος	Π11	5*	1.25	1.00	5.00	39.93	0.27	□	0.00	1.00	Δ60-Δ61-T19AAB-Δ58-Δ57-Δ56-T15BAAAAB-Δ59
2ος	Π12	5*	1.25	1.00	5.00	39.93	0.27	□	0.00	1.00	Δ57-Δ58-T19AB-Δ55-Δ54-Δ53-T15BAAB-Δ56
2ος	Π13	5*	1.25	1.00	5.00	40.26	0.27	□	0.00	1.00	Δ105-Δ106-T20AAAAAB-Δ100-Δ99-Δ98-
2ος	Π14	5*	1.25	1.00	5.00	40.26	0.27	□	0.00	1.00	Δ99-Δ100-T20AAAB-Δ97-Δ96-Δ95-T19AAAB-Δ98
2ος	Π15	5*	1.25	1.00	5.00	40.26	0.27	□	0.00	1.00	Δ96-Δ97-T20AAB-Δ94-Δ93-Δ92-T19AAB-Δ95
2ος	Π16	5*	1.25	1.00	5.00	40.26	0.27	□	0.00	1.00	Δ93-Δ94-T20AB-Δ91-Δ90-Δ89-T19AB-Δ92
2ος	Π17	5*	1.25	1.00	5.00	40.26	0.27	□	0.00	1.00	Δ198-Δ199-T21AAAAAB-Δ196-Δ195-Δ194-
2ος	Π18	5*	1.25	1.00	5.00	40.26	0.27	□	0.00	1.00	Δ195-Δ196-T21AAAB-Δ193-Δ192-Δ191-
2ος	Π19	5*	1.25	1.00	5.00	40.26	0.27	□	0.00	1.00	Δ192-Δ193-T21AAB-Δ112-Δ111-Δ110-T20AAB-
2ος	Π20	5*	1.25	1.00	5.00	40.26	0.27	□	0.00	1.00	Δ111-Δ112-T21AB-Δ109-Δ108-Δ107-T20AB-
2ος	Π21	5*	1.25	1.00	5.00	43.27	0.25	□	0.00	1.00	Δ216-T21AB-Δ219-Δ220-Δ221-T18BA-Δ218-
2ος	Π22	5*	1.25	1.00	5.00	42.03	0.26	□	0.00	1.00	Δ219-T21AAB-Δ222-Δ223-Δ224-T18BBA-Δ221-
2ος	Π23	5*	1.25	1.00	5.00	40.79	0.27	□	0.00	1.00	Δ222-T21AAAB-Δ225-Δ226-Δ227-T18BBBBA-
2ος	Π24	5*	1.25	1.00	5.00	39.72	0.27	□	0.00	1.00	Δ225-T21AAAAAB-Δ252-Δ253-Δ254-T18BBBBBA-
3ος	Π1	5*	1.25	1.00	5.00	85.28	4.97	□	1.00	0.00	T23BBAA-Δ125-Δ126A-Δ127A-Δ128A-Δ129-
3ος	Π2	5*	1.25	1.00	5.00	85.39	4.94	□	1.00	0.00	T26-T24BABB-Δ120-Δ121-Δ122B-Δ124-Δ123A-
3ος	Π3	5*	1.25	1.00	5.00	83.22	5.10	□	1.00	0.00	T23BBBBAA-Δ137-Δ138-Δ139-Δ140-Δ141A-Δ142-
3ος	Π4	5*	1.25	1.00	5.00	77.16	5.46	□	1.00	0.00	T27-T24BBABB-Δ136-Δ135A-Δ134A-Δ133-
3ος	Π5	5*	1.25	1.00	5.00	79.11	5.36	□	1.00	0.00	T23BBBBBA-Δ228-Δ230-Δ232-Δ234-Δ235-Δ236B-
3ος	Π6	5*	1.25	1.00	5.00	79.22	5.32	□	1.00	0.00	T28-T24BBBABB-Δ143-Δ144-Δ145-Δ146-Δ147-
3ος	Π7	5*	1.25	1.00	5.00	81.16	5.23	□	1.00	0.00	Δ115A-Δ116A-Δ117A-Δ118A-Δ119-T24BAA-
3ος	Π8	5*	1.25	1.00	5.00	82.26	5.14	□	1.00	0.00	Δ113-T23BABA-Δ114-Δ123A-Δ124-Δ122B-Δ121-
3ος	Π9	5*	1.25	1.00	5.00	88.42	4.78	□	1.00	0.00	Δ125-T23BBABA-Δ131-Δ132A-Δ133-Δ134A-




Στοιχεία Πλακών

Οροφος	Πλάκ	πάχος [cm]	Φορτία [kN/m <sup>2</sup> ]			Εμβαδό [m <sup>2</sup> ]	Ly/Lx	Ειδο	Συντ. φορτ.		Περιβάλλοντα στοιχεία
			ιδ. βάρ	επικά	κινητ				kx	ky	
3ος	Π10	5*	1.25	1.00	5.00	88.42	4.78	<input type="checkbox"/>	1.00	0.00	Δ137-T23BBBBABA-Δ148-Δ147-Δ146-Δ145-Δ144-
3ος	Π11	5*	1.25	1.00	5.00	88.42	4.78	<input type="checkbox"/>	1.00	0.00	T23BBBBBA-Δ229-Δ231-Δ233-Δ237-Δ238-
3ος	Π12	5*	1.25	1.00	5.00	97.93	4.31	<input type="checkbox"/>	1.00	0.00	T23BBBBBB-T25B-T24BBBBBBA-Δ239B-Δ238-
4ος	Π1	5*	1.25	1.10	1.14	516.32	0.82	<input type="checkbox"/>	0.31	0.69	T30BB-T32B-T31BBA-T34
4ος	Π2	5*	1.25	1.10	1.14	499.67	0.85	<input type="checkbox"/>	0.34	0.66	T34-T31BA-T29BA-T30BA


**Στατική Επίλυση πλακών (Ευρωκ.2 §6.1, §9.3.1).**

Πλάκες με λόγο πλευρών 0.5 μέχρι 2, επιλύονται ως τετραερείστες αλλιώς ως αμφιέρειστες. Η επίλυση πλακών βασίζεται στην μέθοδο των λωρίδων Marcus, με κοινό μέγιστο βέλος κάμψης. Τα φορτία κατανέμονται στις δύο διευθύνσεις  $x$ ,  $y$  βάσει συντελεστών κατανομής  $k_x$ ,  $k_y$  και κάθε διεύθυνση επιλύεται χωριστά θεωρώντας ισοδύναμα ανοίγματα πλακών. Αν το φορτίο πλάκας σε μία διεύθυνση είναι <10% ολικού φορτίου, η πλάκα θεωρείται αμφιέρειστη. Μείωση ροπών ανοιγμάτων λόγω συστροφής δεν γίνεται. Συνθήκες στήριξης και συνέχεια λαμβάνονται υπόψη μέσω συντελεστών συνεχών δοκών ισοδύναμων ανοιγμάτων. Οι συντελεστές αυτοί λαμβάνονται οι δυσμενέστεροι σε κάθε περίπτωση. Οι ελάχιστες και μέγιστες ροπές στήριξης προκύπτουν χρησιμοποιώντας τη δυσμενέστερη ή ευμενέστερη θέση κινητών φορτίων αντίστοιχα σε ισοδύναμη συνεχή δοκό με τη λωρίδα επίλυσης της πλάκας. Η μέγιστη ροπή ανοίγματος προκύπτει από τη δυσμενέστερη θέση κινητών φορτίων στο άνοιγμα. Οι ροπές στηρίξεων μειώνονται κατά 20% με ανακατανομή (Ευρωκ.2 §5.5). Τα μεταφερόμενα στους δοκούς φορτία προκύπτουν για φόρτιση με κινητά φορτία στις πλάκες εκατέρωθεν της δοκού. Σε περίπτωση αμφιέρειστων πλακών στους δοκούς που δεν φορτίζονται, λαμβάνεται ελάχιστο φορτίο από πλάκα  $=qL/4$ , ( $q$  φορτίο πλάκας,  $L$  άνοιγμα δοκού). Τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη χρησιμοποιούνται για υπολογισμό οπλισμών και φορτίων δοκών. Υπολογισμοί αντοχής σε οριακή κατάσταση αστοχίας (Ευρωκ.2 §6.1). Ελεγχος λυγρότητας (Ευρωκ.2 §7.4.2), και ελάχιστων οπλισμών (EC2 §9.3.1). Έλεγχος βελών παραλείπεται αφού ικανοποιείται η λυγρότητα (Ευρωκ.2 §7.4.2). Ελάχιστη επικάλυψη οπλισμού πλακών λαμβάνεται 20mm (Ευρωκ.2 §4.4.1).


**Ισόγειο Πλάκα: Π1**   $L_y/L_x = 4.97, C30/37-B500C, h = 5* \text{ cm}$   
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση  $x-x$    
 $L_x = 4.14\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$   
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.14 / 2 = 4.65 \text{ kN/m}$   
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.14 / 2 = 10.34 \text{ kN/m}$


**Ισόγειο Πλάκα: Π2**   $L_y/L_x = 4.94, C30/37-B500C, h = 5* \text{ cm}$   
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση  $x-x$    
 $L_x = 4.16\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$   
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.16 / 2 = 4.69 \text{ kN/m}$   
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.16 / 2 = 10.41 \text{ kN/m}$


**Ισόγειο Πλάκα: Π3**   $L_y/L_x = 5.10, C30/37-B500C, h = 5* \text{ cm}$   
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση  $x-x$    
 $L_x = 4.03\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$   
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.03 / 2 = 4.54 \text{ kN/m}$   
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.03 / 2 = 10.09 \text{ kN/m}$


**Ισόγειο Πλάκα: Π4**   $L_y/L_x = 5.46, C30/37-B500C, h = 5* \text{ cm}$   
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x   $L_x = 3.76\text{m}$ ,  $g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00\text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.76/2 = 4.24$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.76/2 = 9.41$  kN/m


**Ισόγειο** Πλάκα: **Π5**   $L_y/L_x = 5.36$ , C30/37-B500C,  $h = 5^*$  cm  
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q = 5.00$  kN/m<sup>2</sup>

Διεύθυνση x-x   $L_x = 3.83\text{m}$ ,  $g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00\text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.83/2 = 4.31$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.83/2 = 9.59$  kN/m


**Ισόγειο** Πλάκα: **Π6**   $L_y/L_x = 5.32$ , C30/37-B500C,  $h = 5^*$  cm  
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q = 5.00$  kN/m<sup>2</sup>

Διεύθυνση x-x   $L_x = 3.87\text{m}$ ,  $g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00\text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.87/2 = 4.35$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.87/2 = 9.66$  kN/m

**Ισόγειο** Πλάκα: **Π7**   $L_y/L_x = 5.23$ , C30/37-B500C,  $h = 5^*$  cm  
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q = 5.00$  kN/m<sup>2</sup>

Διεύθυνση x-x   $L_x = 3.93\text{m}$ ,  $g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00\text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.93/2 = 4.42$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.93/2 = 9.83$  kN/m

**Ισόγειο** Πλάκα: **Π8**   $L_y/L_x = 5.14$ , C30/37-B500C,  $h = 5^*$  cm  
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q = 5.00$  kN/m<sup>2</sup>

Διεύθυνση x-x   $L_x = 4.00\text{m}$ ,  $g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00\text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.00/2 = 4.50$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.00/2 = 10.01$  kN/m

**Ισόγειο**

**Πλάκα: Π9**



$L_y/L_x = 4.78, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 4.30\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.30/2 = 4.84 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.30/2 = 10.75 \text{ kN/m}$

**Ισόγειο**

**Πλάκα: Π10**



$L_y/L_x = 4.78, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 4.30\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.30/2 = 4.84 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.30/2 = 10.75 \text{ kN/m}$

**Ισόγειο**

**Πλάκα: Π11**



$L_y/L_x = 4.78, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 4.30\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.30/2 = 4.84 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.30/2 = 10.75 \text{ kN/m}$

**Ισόγειο**

**Πλάκα: Π12**



$L_y/L_x = 4.31, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 4.78\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.78/2 = 5.37 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.78/2 = 11.94 \text{ kN/m}$

**1ος οροφος**

**Πλάκα: Π1**



$L_y/L_x = 5.36, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 3.83\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.83/2 = 4.31 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.83/2 = 9.59 \text{ kN/m}$

**1ος οροφος** Πλάκα: **Π2**



$L_y/L_x = 5.32, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 3.87\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.87/2 = 4.35 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.87/2 = 9.66 \text{ kN/m}$

**1ος οροφος** Πλάκα: **Π3**



$L_y/L_x = 4.97, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 4.14\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.14/2 = 4.65 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.14/2 = 10.34 \text{ kN/m}$

**1ος οροφος** Πλάκα: **Π4**



$L_y/L_x = 4.94, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 4.16\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.16/2 = 4.69 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.16/2 = 10.41 \text{ kN/m}$

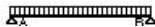
**1ος οροφος** Πλάκα: **Π5**



$L_y/L_x = 5.10, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 4.03\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.03/2 = 4.54 \text{ kN/m}$


Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.03/2 = 10.09 \text{ kN/m}$

**1ος οροφος** Πλάκα: **Π6**




$L_y/L_x = 5.46, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$


Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x   $L_x = 3.76\text{m}$ ,  $g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00\text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.76/2 = 4.24$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.76/2 = 9.41$  kN/m

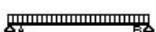
1ος οροφος Πλάκα: Π7   $L_y/L_x = 5.23$ , C30/37-B500C,  $h = 5^*$  cm  
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q = 5.00$  kN/m<sup>2</sup>

Διεύθυνση x-x   $L_x = 3.93\text{m}$ ,  $g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00\text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.93/2 = 4.42$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.93/2 = 9.83$  kN/m


1ος οροφος Πλάκα: Π8   $L_y/L_x = 5.14$ , C30/37-B500C,  $h = 5^*$  cm  
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q = 5.00$  kN/m<sup>2</sup>

Διεύθυνση x-x   $L_x = 4.00\text{m}$ ,  $g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00\text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.00/2 = 4.50$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.00/2 = 10.01$  kN/m

1ος οροφος Πλάκα: Π9   $L_y/L_x = 4.78$ , C30/37-B500C,  $h = 5^*$  cm  
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q = 5.00$  kN/m<sup>2</sup>

Διεύθυνση x-x   $L_x = 4.30\text{m}$ ,  $g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00\text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.30/2 = 4.84$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.30/2 = 10.75$  kN/m

1ος οροφος Πλάκα: Π10   $L_y/L_x = 4.78$ , C30/37-B500C,  $h = 5^*$  cm  
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q = 5.00$  kN/m<sup>2</sup>

Διεύθυνση x-x   $L_x = 4.30\text{m}$ ,  $g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00\text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.30/2 = 4.84$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.30/2 = 10.75$  kN/m

**1ος οροφος** Πλάκα: **Π11**



$L_y/L_x = 4.78, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 4.30\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.30 / 2 = 4.84 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.30 / 2 = 10.75 \text{ kN/m}$

**1ος οροφος** Πλάκα: **Π12**



$L_y/L_x = 4.31, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 4.78\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.78 / 2 = 5.37 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.78 / 2 = 11.94 \text{ kN/m}$

**2ος οροφος** Πλάκα: **Π1**



$L_y/L_x = 0.30, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση y-y



$L_y = 3.68\text{m}, g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.68 / 2 = 4.14 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.68 / 2 = 9.19 \text{ kN/m}$

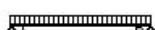
**2ος οροφος** Πλάκα: **Π2**



$L_y/L_x = 0.30, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση y-y



$L_y = 3.68\text{m}, g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.68 / 2 = 4.14 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.68 / 2 = 9.19 \text{ kN/m}$

**2ος οροφος** Πλάκα: **Π3**



$L_y/L_x = 0.30, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση y-y



$L_y = 3.69\text{m}, g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.69 / 2 = 4.15 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.69 / 2 = 9.21 \text{ kN/m}$

**2ος οροφος** Πλάκα: **Π4**



$L_y/L_x = 0.30, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση  $y-y$



$L_y = 3.69\text{m}, g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.69/2 = 4.15 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.69/2 = 9.21 \text{ kN/m}$

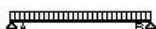
**2ος οροφος** Πλάκα: **Π5**



$L_y/L_x = 0.30, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση  $y-y$



$L_y = 3.68\text{m}, g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.68/2 = 4.14 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.68/2 = 9.19 \text{ kN/m}$

**2ος οροφος** Πλάκα: **Π6**



$L_y/L_x = 0.30, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση  $y-y$



$L_y = 3.69\text{m}, g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.69/2 = 4.15 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.69/2 = 9.21 \text{ kN/m}$

**2ος οροφος** Πλάκα: **Π7**



$L_y/L_x = 0.31, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση  $y-y$



$L_y = 3.68\text{m}, g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.68/2 = 4.14 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.68/2 = 9.19 \text{ kN/m}$


**2ος οροφος** Πλάκα: **Π8**





$L_y/L_x = 0.27, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$


Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$




Διεύθυνση γ-γ   $L_y = 3.70\text{m}$ ,  $g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.70 / 2 = 4.16$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.70 / 2 = 9.25$  kN/m

**2ος οροφος** Πλάκα: Π9   $L_y/L_x = 0.27$ , C30/37-B500C,  $h = 5^*$  cm  
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q = 5.00$  kN/m<sup>2</sup>  
Διεύθυνση γ-γ   $L_y = 3.30\text{m}$ ,  $g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.30 / 2 = 3.71$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.30 / 2 = 8.25$  kN/m

**2ος οροφος** Πλάκα: Π10   $L_y/L_x = 0.27$ , C30/37-B500C,  $h = 5^*$  cm  
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q = 5.00$  kN/m<sup>2</sup>  
Διεύθυνση γ-γ   $L_y = 3.30\text{m}$ ,  $g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.30 / 2 = 3.71$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.30 / 2 = 8.25$  kN/m

**2ος οροφος** Πλάκα: Π11   $L_y/L_x = 0.27$ , C30/37-B500C,  $h = 5^*$  cm  
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q = 5.00$  kN/m<sup>2</sup>  
Διεύθυνση γ-γ   $L_y = 3.30\text{m}$ ,  $g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.30 / 2 = 3.71$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.30 / 2 = 8.25$  kN/m

**2ος οροφος** Πλάκα: Π12   $L_y/L_x = 0.27$ , C30/37-B500C,  $h = 5^*$  cm  
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q = 5.00$  kN/m<sup>2</sup>  
Διεύθυνση γ-γ   $L_y = 3.30\text{m}$ ,  $g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.30 / 2 = 3.71$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.30 / 2 = 8.25$  kN/m

**2ος οροφος Πλάκα: Π13**



$L_y/L_x = 0.27, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση  $y-y$



Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}$ ,  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.30 / 2 = 3.71 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.30 / 2 = 8.25 \text{ kN/m}$

$L_y = 3.30\text{m}$ ,  $g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

**2ος οροφος Πλάκα: Π14**



$L_y/L_x = 0.27, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση  $y-y$



Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}$ ,  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.30 / 2 = 3.71 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.30 / 2 = 8.25 \text{ kN/m}$

$L_y = 3.30\text{m}$ ,  $g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

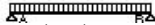
**2ος οροφος Πλάκα: Π15**



$L_y/L_x = 0.27, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση  $y-y$



Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}$ ,  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.30 / 2 = 3.71 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.30 / 2 = 8.25 \text{ kN/m}$

$L_y = 3.30\text{m}$ ,  $g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

**2ος οροφος Πλάκα: Π16**



$L_y/L_x = 0.27, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση  $y-y$



Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}$ ,  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.30 / 2 = 3.71 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.30 / 2 = 8.25 \text{ kN/m}$

$L_y = 3.30\text{m}$ ,  $g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

**2ος οροφος Πλάκα: Π17**



$L_y/L_x = 0.27, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση  $y-y$



Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}$ ,  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.30 / 2 = 3.71 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.30 / 2 = 8.25 \text{ kN/m}$

$L_y = 3.30\text{m}$ ,  $g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

**2ος οροφος** Πλάκα: **Π18**



$L_y/L_x = 0.27, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση  $y-y$



Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$L_y = 3.30\text{m}, g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.30/2 = 3.71 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.30/2 = 8.25 \text{ kN/m}$

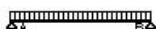
**2ος οροφος** Πλάκα: **Π19**



$L_y/L_x = 0.27, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση  $y-y$



Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$L_y = 3.30\text{m}, g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.30/2 = 3.71 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.30/2 = 8.25 \text{ kN/m}$

**2ος οροφος** Πλάκα: **Π20**



$L_y/L_x = 0.27, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση  $y-y$



Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$L_y = 3.30\text{m}, g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.30/2 = 3.71 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.30/2 = 8.25 \text{ kN/m}$

**2ος οροφος** Πλάκα: **Π21**



$L_y/L_x = 0.25, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση  $y-y$



Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$L_y = 3.30\text{m}, g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.30/2 = 3.72 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.30/2 = 8.26 \text{ kN/m}$

**2ος οροφος** Πλάκα: **Π22**



$L_y/L_x = 0.26, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση γ-γ



$$L_y = 3.31\text{m}, \quad g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25, \quad q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, \quad M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$$

$$\text{Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα } g_A = g_B = 2.25 \times 3.31/2 = 3.72 \text{ kN/m}$$

$$\text{Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά } q_A = q_B = 5.00 \times 3.31/2 = 8.27 \text{ kN/m}$$

**2ος οροφος** Πλάκα: Π23



$$L_y/L_x = 0.27, \text{C30/37-B500C, } h = 5^* \text{ cm}$$

$$\text{Φορτία: μόνιμο } g = 2.25 \text{ kN/m}^2, \text{ κινητό } q = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

Διεύθυνση γ-γ



$$L_y = 3.30\text{m}, \quad g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25, \quad q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, \quad M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$$

$$\text{Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα } g_A = g_B = 2.25 \times 3.30/2 = 3.72 \text{ kN/m}$$

$$\text{Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά } q_A = q_B = 5.00 \times 3.30/2 = 8.26 \text{ kN/m}$$

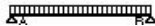
**2ος οροφος** Πλάκα: Π24



$$L_y/L_x = 0.27, \text{C30/37-B500C, } h = 5^* \text{ cm}$$

$$\text{Φορτία: μόνιμο } g = 2.25 \text{ kN/m}^2, \text{ κινητό } q = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

Διεύθυνση γ-γ



$$L_y = 3.30\text{m}, \quad g_y = 1.00 \times 2.25 = 2.25, \quad q_y = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, \quad M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$$

$$\text{Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα } g_A = g_B = 2.25 \times 3.30/2 = 3.72 \text{ kN/m}$$

$$\text{Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά } q_A = q_B = 5.00 \times 3.30/2 = 8.26 \text{ kN/m}$$

**3ος οροφος** Πλάκα: Π1



$$L_y/L_x = 4.97, \text{C30/37-B500C, } h = 5^* \text{ cm}$$

$$\text{Φορτία: μόνιμο } g = 2.25 \text{ kN/m}^2, \text{ κινητό } q = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

Διεύθυνση x-x



$$L_x = 4.14\text{m}, \quad g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, \quad q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, \quad M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$$

$$\text{Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα } g_A = g_B = 2.25 \times 4.14/2 = 4.65 \text{ kN/m}$$

$$\text{Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά } q_A = q_B = 5.00 \times 4.14/2 = 10.34 \text{ kN/m}$$

**3ος οροφος** Πλάκα: Π2



$$L_y/L_x = 4.94, \text{C30/37-B500C, } h = 5^* \text{ cm}$$

$$\text{Φορτία: μόνιμο } g = 2.25 \text{ kN/m}^2, \text{ κινητό } q = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

Διεύθυνση x-x



$$L_x = 4.16\text{m}, \quad g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, \quad q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, \quad M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$$

$$\text{Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα } g_A = g_B = 2.25 \times 4.16/2 = 4.69 \text{ kN/m}$$

$$\text{Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά } q_A = q_B = 5.00 \times 4.16/2 = 10.41 \text{ kN/m}$$

**3ος οροφος Πλάκα: Π3**



$L_y/L_x = 5.10, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 4.03\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.03/2 = 4.54 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.03/2 = 10.09 \text{ kN/m}$

**3ος οροφος Πλάκα: Π4**



$L_y/L_x = 5.46, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 3.76\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.76/2 = 4.24 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.76/2 = 9.41 \text{ kN/m}$

**3ος οροφος Πλάκα: Π5**



$L_y/L_x = 5.36, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 3.83\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.83/2 = 4.31 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.83/2 = 9.59 \text{ kN/m}$

**3ος οροφος Πλάκα: Π6**



$L_y/L_x = 5.32, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 3.87\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.87/2 = 4.35 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.87/2 = 9.66 \text{ kN/m}$

**3ος οροφος Πλάκα: Π7**



$L_y/L_x = 5.23, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 3.93\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 3.93/2 = 4.42 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 3.93/2 = 9.83 \text{ kN/m}$

**3ος οροφος** Πλάκα: **Π8**



$L_y/L_x = 5.14, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 4.00\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.00/2 = 4.50 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.00/2 = 10.01 \text{ kN/m}$

**3ος οροφος** Πλάκα: **Π9**



$L_y/L_x = 4.78, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 4.30\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.30/2 = 4.84 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.30/2 = 10.75 \text{ kN/m}$

**3ος οροφος** Πλάκα: **Π10**



$L_y/L_x = 4.78, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 4.30\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.30/2 = 4.84 \text{ kN/m}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.30/2 = 10.75 \text{ kN/m}$

**3ος οροφος** Πλάκα: **Π11**



$L_y/L_x = 4.78, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$

Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Διεύθυνση x-x



$L_x = 4.30\text{m}, g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25, q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Πλάκα με πολύ μικρό πάχος

$M_{sds} = 0 \text{ [kNm/m]}, M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0 \text{ [kNm/m]}$

Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.30/2 = 4.84 \text{ kN/m}$


Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.30/2 = 10.75 \text{ kN/m}$


**3ος οροφος** Πλάκα: **Π12**





$L_y/L_x = 4.31, C30/37-B500C, h = 5^* \text{ cm}$


Φορτία: μόνιμο  $g = 2.25 \text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$


Διεύθυνση x-x   $L_x = 4.78\text{m}$ ,  $g_x = 1.00 \times 2.25 = 2.25$ ,  $q_x = 1.00 \times 5.00 = 5.00\text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 2.25 \times 4.78/2 = 5.37$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 5.00 \times 4.78/2 = 11.94$  kN/m


**4ος οροφος** Πλάκα: Π1   $L_y/L_x = 0.82$ , C30/37-B500C,  $h = 5^*$  cm  
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.35$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q = 1.14$  kN/m<sup>2</sup>

Διεύθυνση x-x   $L_x = 25.11\text{m}$ ,  $g_x = 0.31 \times 2.35 = 0.73$ ,  $q_x = 0.31 \times 1.14 = 0.36\text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 0.73 \times 25.11/2 = 9.17$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 0.36 \times 25.11/2 = 4.52$  kN/m

Διεύθυνση y-y   $L_y = 20.59\text{m}$ ,  $g_y = 0.69 \times 2.35 = 1.62$ ,  $q_y = 0.69 \times 1.14 = 0.78\text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 1.62 \times 20.59/2 = 16.68$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 0.78 \times 20.59/2 = 8.03$  kN/m

**4ος οροφος** Πλάκα: Π2   $L_y/L_x = 0.85$ , C30/37-B500C,  $h = 5^*$  cm  
 Φορτία: μόνιμο  $g = 2.35$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q = 1.14$  kN/m<sup>2</sup>

Διεύθυνση x-x   $L_x = 24.30\text{m}$ ,  $g_x = 0.34 \times 2.35 = 0.80$ ,  $q_x = 0.34 \times 1.14 = 0.39\text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 0.80 \times 24.30/2 = 9.72$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 0.39 \times 24.30/2 = 4.74$  kN/m

Διεύθυνση y-y   $L_y = 20.56\text{m}$ ,  $g_y = 0.66 \times 2.35 = 1.55$ ,  $q_y = 0.66 \times 1.14 = 0.75\text{kN/m}^2$   
 Πλάκα με πολύ μικρό πάχος  
 $M_{sds} = 0$  [kNm/m],  $M_{sdsupA} = M_{sdsupB} = 0$  [kNm/m]  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, μόνιμα  $g_A = g_B = 1.55 \times 20.56/2 = 15.94$  kN/m  
 Φορτία σε δοκούς ή τοίχους, κινητά  $q_A = q_B = 0.75 \times 20.56/2 = 7.71$  kN/m

Οπλισμοί Πλακών

Οροφος	Πλάκ	πάχος [cm]	L <sub>x</sub> [m]	L <sub>y</sub> [m]	Οπλ ι σμο ί		Οπλ ι σμο ί σ τη ρ ί ξ ε ω ν			
					x-x	y-y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



**Φορτία τοίχων**

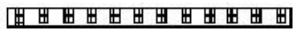
Σε κάθε πάτωμα μεταφέρονται τα κατανομημένα φορτία των πλακών στους αντίστοιχους τοίχους καθώς και τα συγκεντρωμένα φορτία στις θέσεις έδρασης των δοκών.

**4ος οροφος T29** Διαστάσεις μήκος=21.40m, ύψος=2.65m, πάχος=870mm  
 Θέση  $x=1.47m$ ,  $y=1.00m$ ,  $\theta=90.00^\circ$ , επιφάνεια τοίχου=41.41m<sup>2</sup>  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδίο βάρος τοίχου  $G_w=41.41 \times 22.48=930.9$  kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m



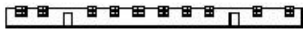
Φορτίο από πλάκα Π2, μόνιμο  $g=9.7$  kN/m, κινητό  $q=4.7$  kN/m, (0.40m-21.00m)  
 Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=200.2$  kN, κινητό  $Q_f=97.6$  kN  
 Φορτίο από τοίχο άνω μόνιμο  $G_a=0.0$  kN, κινητό  $Q_a=0.0$  kN  
 Φορτίο σε τοίχο κάτω T22 μόνιμο  $G_b=1131.1$  kN, κινητό  $Q_b=97.6$  kN

**4ος οροφος T30** Διαστάσεις μήκος=48.75m, ύψος=2.65m, πάχος=870mm  
 Θέση  $x=1.00m$ ,  $y=1.42m$ ,  $\theta=0.00^\circ$ , επιφάνεια τοίχου=89.14m<sup>2</sup>  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδίο βάρος τοίχου  $G_w=89.14 \times 22.48=2003.8$  kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m



Φορτίο από πλάκα Π2, μόνιμο  $g=15.9$  kN/m, κινητό  $q=7.7$  kN/m, (0.50m-24.80m)  
 Φορτίο από πλάκα Π1, μόνιμο  $g=16.7$  kN/m, κινητό  $q=8.0$  kN/m, (24.80m-48.80m)  
 Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=787.6$  kN, κινητό  $Q_f=380.1$  kN  
 Φορτίο από τοίχο άνω μόνιμο  $G_a=0.0$  kN, κινητό  $Q_a=0.0$  kN  
 Φορτίο σε τοίχο κάτω T23 μόνιμο  $G_b=2791.4$  kN, κινητό  $Q_b=380.1$  kN

**4ος οροφος T31** Διαστάσεις μήκος=51.00m, ύψος=2.65m, πάχος=870mm  
 Θέση  $x=1.00m$ ,  $y=21.99m$ ,  $\theta=0.00^\circ$ , επιφάνεια τοίχου=109.35m<sup>2</sup>  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδίο βάρος τοίχου  $G_w=109.35 \times 22.48=2458.2$  kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m



Φορτίο από πλάκα Π2, μόνιμο  $g=15.9$  kN/m, κινητό  $q=7.7$  kN/m, (0.50m-24.80m)  
 Φορτίο από πλάκα Π1, μόνιμο  $g=16.7$  kN/m, κινητό  $q=8.0$  kN/m, (24.80m-51.00m)  
 Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=824.3$  kN, κινητό  $Q_f=397.8$  kN  
 Φορτίο από τοίχο άνω μόνιμο  $G_a=0.0$  kN, κινητό  $Q_a=0.0$  kN  
 Φορτίο σε τοίχο κάτω T24 μόνιμο  $G_b=3282.5$  kN, κινητό  $Q_b=397.8$  kN

**4ος οροφος T32** Διαστάσεις μήκος=21.20m, ύψος=2.65m, πάχος=870mm  
 Θέση  $x=51.98m$ ,  $y=22.35m$ ,  $\theta=264.00^\circ$ , επιφάνεια τοίχου=46.05m<sup>2</sup>  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδίο βάρος τοίχου  $G_w=46.05 \times 22.48=1035.3$  kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m



Φορτίο από πλάκα Π1, μόνιμο  $g=9.2$  kN/m, κινητό  $q=4.5$  kN/m, (0.40m-21.10m)  
 Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=189.7$  kN, κινητό  $Q_f=93.6$  kN  
 Φορτίο από τοίχο άνω μόνιμο  $G_a=0.0$  kN, κινητό  $Q_a=0.0$  kN  
 Φορτίο σε τοίχο κάτω T25 μόνιμο  $G_b=1225.0$  kN, κινητό  $Q_b=93.6$  kN

**4ος οροφος T34** Διαστάσεις μήκος=19.75m, ύψος=2.65m, πάχος=870mm  
 Θέση  $x=25.76m$ ,  $y=1.81m$ ,  $\theta=90.00^\circ$ , επιφάνεια τοίχου=49.70m<sup>2</sup>  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδίο βάρος τοίχου  $G_w=49.70 \times 22.48=1117.2$  kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m



Φορτίο από πλάκα Π1Π2, μόνιμο  $g=18.9$  kN/m, κινητό  $q=9.3$  kN/m, (0.40m-20.20m)

### Φορτία Τοίχων

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f = 373.9$  kN, κινητό  $Q_f = 183.3$  kN

Φορτίο από τοίχο άνω μόνιμο  $G_a = 0.0$  kN, κινητό  $Q_a = 0.0$  kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T27 μόνιμο  $G_b = 1491.1$  kN, κινητό  $Q_b = 183.3$  kN

#### 4ος οροφος

#### Συνολικά φορτία ορόφου

Ολικά κατακόρυφα φορτία ορόφου από τοίχους, μόνιμα  $G_1 = 9921$  kN, κινητά  $Q_1 = 1152$  kN

Ολικά κατακόρυφα φορτία ορόφου από υποστυλώματα, μόνιμα  $G_2 = 151$  kN, κινητά  $Q_2 = 705$  kN

Ολικά κατακόρυφα φορτία ορόφου (δάπεδα+τοίχοι), μόνιμα  $G = 10072$  kN, κινητά  $Q = 1857$  kN

Φορτία οροφής για υπολογισμό σεισμικής μάζας, μόνιμα  $G_o = 4413$  kN, κινητά  $Q_o = 1857$  kN

Συνδυασμός δράσεων για σεισμική φόρτιση, ολικά φορτία ορόφου  $(1.00 \times G_o + 0.80 \times Q_o) = 5899$  kN

Ολική μάζα ορόφου  $M_o = (1.00 \times G_o + 0.80 \times Q_o) / 9.81 = 5899 / 9.81 = 601$  kNsec<sup>2</sup>/m

Για υπολογισμό μάζας, το ίδιο βάρος τοίχων κατενεμήθη: 25% πάνω και 75% κάτω



## Φορτία Τοίχων

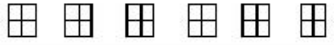
4ος οροφος	Κέντρο Μάζας ορόφου				
Τοίχος	Μάζα kNsec <sup>2</sup> /m	xm	ym	x.M	y.M
T29	123.3	1.47	11.70	180.58	1442.14
T30	315.5	25.38	1.42	8006.91	448.86
T31	367.0	26.50	21.99	9726.77	8069.55
T32	132.5	50.88	11.81	6741.44	1565.24
T34	166.9	25.76	11.69	4301.36	1951.18
Y133	1.7	5.41	5.11	9.17	8.67
Y134	1.7	5.41	5.11	9.17	8.67
Y135	1.7	5.41	5.11	9.17	8.67
Y136	1.7	9.41	5.11	15.95	8.67
Y137	1.7	5.41	8.41	9.17	14.26
Y138	1.7	9.41	8.41	15.95	14.26
Y139	1.7	5.41	11.72	9.17	19.85
Y140	1.7	9.41	11.72	15.95	19.85
Y141	1.7	5.41	15.02	9.17	25.44
Y142	1.7	9.41	15.02	15.95	25.44
Y143	1.7	5.41	18.32	9.17	31.03
Y144	1.7	9.41	18.32	15.95	31.03
Y145	1.7	17.72	5.11	30.01	8.67
Y146	1.7	22.01	5.11	37.30	8.67
Y147	1.7	17.72	8.41	30.01	14.26
Y148	1.7	22.01	8.41	37.30	14.26
Y149	1.7	17.72	11.72	30.01	19.85
Y150	1.7	22.01	11.72	37.30	19.85
Y151	1.7	17.72	15.02	30.01	25.44
Y152	1.7	22.01	15.02	37.30	25.44
Y153	1.7	17.72	18.32	30.01	31.03
Y154	1.7	22.01	18.32	37.30	31.03
Y155	1.7	29.82	5.11	50.51	8.67
Y156	1.7	29.82	8.41	50.51	14.26
Y157	1.7	29.82	11.72	50.51	19.85
Y158	1.7	29.82	15.02	50.51	25.44
Y159	1.7	29.82	18.32	50.51	31.03
Y160	1.7	29.82	18.32	50.51	31.03
Y161	1.7	34.12	5.11	57.80	8.67
Y162	1.7	34.12	8.41	57.80	14.26
Y163	1.7	34.12	11.72	57.80	19.85
Y164	1.7	34.12	15.02	57.80	25.44
Y165	1.7	34.12	18.32	57.80	31.03
Y206	1.7	41.81	18.32	70.84	31.03
Y207	1.7	46.12	18.32	78.13	31.03
Y210	1.7	41.81	11.72	70.84	19.85
Y211	1.7	46.12	11.72	78.13	19.85
Y212	1.7	41.81	8.41	70.84	14.26
Y213	1.7	46.12	8.41	78.13	14.26
Y214	1.7	41.81	5.11	70.84	8.67
Y215	1.7	46.12	5.11	78.13	8.67
Y208	1.7	41.81	15.02	70.84	25.44
Y209	1.7	46.12	15.02	78.13	25.44

Σύνολα 1178.2 30774.47 14319.23

Κέντρο μάζας ορόφου  $x_m=30774.47/1178.15=26.12m$ ,  $y_m=14319.23/1178.15=12.15m$

Για τον υπολογισμό του κέντρου μάζας ορόφου, θεωρούμε μάζες ισοδύναμες των αντιστοιχων φορτίων στα κέντρα των τοίχων και υποστυλωμάτων.

**Φορτία Τοίχων**


**3ος οροφος**      **T22**      Διαστάσεις μήκος=21.40m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Θέση x=1.47m, y=1.00m, θ=90.00°, επιφάνεια τοίχου=44.62m<sup>2</sup>  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
  
 Ιδιο βάρος τοίχου Gw= 44.62x22.48= 1003.1 kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

Φορτίο από πλάκα Π7, μόνιμο σ= 4.0kN/m, κινητό σ= 8.9kN/m, ( 0.40m-21.00m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο Gf= 82.4 kN, κινητό Qf= 183.2 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T29 μόνιμο Ga= 1131.1 kN, κινητό Qa= 97.6 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T15 μόνιμο Gb= 2216.6 kN, κινητό Qb= 280.8 kN


**3ος οροφος**      **T23**      Διαστάσεις μήκος=48.75m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Θέση x=1.00m, y=1.42m, θ=0.00°, επιφάνεια τοίχου=103.65m<sup>2</sup>  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
  
 Ιδιο βάρος τοίχου Gw=103.65x22.48= 2330.1 kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

- Φορτίο από πλάκα Π7, μόνιμο σ= 2.2kN/m, κινητό σ= 4.9kN/m, ( 0.50m- 4.40m)
- Φορτίο από πλάκα Π8, μόνιμο σ= 2.3kN/m, κινητό σ= 5.0kN/m, ( 4.40m- 8.40m)
- Φορτίο από πλάκα Π2, μόνιμο σ= 2.3kN/m, κινητό σ= 5.2kN/m, ( 8.40m-12.60m)
- Φορτίο από πλάκα Π1, μόνιμο σ= 2.3kN/m, κινητό σ= 5.2kN/m, (12.60m-16.70m)
- Φορτίο από πλάκα Π9, μόνιμο σ= 2.4kN/m, κινητό σ= 5.4kN/m, (16.70m-21.00m)
- Φορτίο από πλάκα Π4, μόνιμο σ= 2.1kN/m, κινητό σ= 4.7kN/m, (21.00m-24.80m)
- Φορτίο από πλάκα Π3, μόνιμο σ= 2.3kN/m, κινητό σ= 5.0kN/m, (24.80m-28.80m)
- Φορτίο από πλάκα Π10, μόνιμο σ= 2.4kN/m, κινητό σ= 5.4kN/m, (28.80m-33.10m)
- Φορτίο από πλάκα Π6, μόνιμο σ= 2.2kN/m, κινητό σ= 4.8kN/m, (33.10m-37.00m)
- Φορτίο από πλάκα Π5, μόνιμο σ= 2.2kN/m, κινητό σ= 4.8kN/m, (37.00m-40.80m)
- Φορτίο από πλάκα Π11, μόνιμο σ= 2.4kN/m, κινητό σ= 5.4kN/m, (40.80m-45.10m)
- Φορτίο από πλάκα Π12, μόνιμο σ= 2.7kN/m, κινητό σ= 6.0kN/m, (45.10m-48.80m)
- Φορτίο από δοκό Δ113, μόνιμο G= 16kN, κινητό Q= 28kN (x= 4.40m)
- Φορτίο από δοκό Δ114, μόνιμο G= 16kN, κινητό Q= 30kN (x= 8.40m)
- Φορτίο από δοκό Δ125, μόνιμο G= 16kN, κινητό Q= 30kN (x= 16.70m)
- Φορτίο από δοκό Δ131, μόνιμο G= 18kN, κινητό Q= 28kN (x= 21.00m)
- Φορτίο από δοκό Δ137, μόνιμο G= 18kN, κινητό Q= 30kN (x= 28.80m)
- Φορτίο από δοκό Δ148, μόνιμο G= 18kN, κινητό Q= 30kN (x= 33.10m)
- Φορτίο από δοκό Δ228, μόνιμο G= 16kN, κινητό Q= 30kN (x= 40.80m)
- Φορτίο από δοκό Δ229, μόνιμο G= 16kN, κινητό Q= 32kN (x= 45.10m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο Gf= 246.0 kN, κινητό Qf= 486.8 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T30 μόνιμο Ga= 2791.4 kN, κινητό Qa= 380.1 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T16 μόνιμο Gb= 5367.5 kN, κινητό Qb= 866.9 kN

**3ος οροφος**      **T24**      Διαστάσεις μήκος=51.00m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Θέση x=1.00m, y=21.99m, θ=0.00°, επιφάνεια τοίχου=108.45m<sup>2</sup>  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
  
 Ιδιο βάρος τοίχου Gw=108.45x22.48= 2438.0 kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

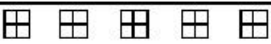
### Φορτία Τοίχων

Φορτίο από πλάκα	Π7, μόνιμο $\sigma=$	2.2kN/m, κινητό $q=$	4.9kN/m, ( 0.50m- 4.40m)
Φορτίο από πλάκα	Π8, μόνιμο $\sigma=$	2.3kN/m, κινητό $q=$	5.0kN/m, ( 4.40m- 8.40m)
Φορτίο από πλάκα	Π2, μόνιμο $\sigma=$	2.3kN/m, κινητό $q=$	5.2kN/m, ( 8.40m-12.60m)
Φορτίο από πλάκα	Π1, μόνιμο $\sigma=$	2.3kN/m, κινητό $q=$	5.2kN/m, (12.60m-16.70m)
Φορτίο από πλάκα	Π9, μόνιμο $\sigma=$	2.4kN/m, κινητό $q=$	5.4kN/m, (16.70m-21.00m)
Φορτίο από πλάκα	Π4, μόνιμο $\sigma=$	2.1kN/m, κινητό $q=$	4.7kN/m, (21.00m-24.80m)
Φορτίο από πλάκα	Π3, μόνιμο $\sigma=$	2.3kN/m, κινητό $q=$	5.0kN/m, (24.80m-28.80m)
Φορτίο από πλάκα	Π10, μόνιμο $\sigma=$	2.4kN/m, κινητό $q=$	5.4kN/m, (28.80m-33.10m)
Φορτίο από πλάκα	Π6, μόνιμο $\sigma=$	2.2kN/m, κινητό $q=$	4.8kN/m, (33.10m-37.00m)
Φορτίο από πλάκα	Π5, μόνιμο $\sigma=$	2.2kN/m, κινητό $q=$	4.8kN/m, (37.00m-40.80m)
Φορτίο από πλάκα	Π11, μόνιμο $\sigma=$	2.4kN/m, κινητό $q=$	5.4kN/m, (40.80m-45.10m)
Φορτίο από πλάκα	Π12, μόνιμο $\sigma=$	2.7kN/m, κινητό $q=$	6.0kN/m, (45.10m-51.00m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 119$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 4.40m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 120$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 8.40m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 130$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 16.70m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 136$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 21.00m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 142$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 28.80m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 143$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 33.10m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 236$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 40.80m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 239$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	32kN (x= 45.10m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=$  245.9 kN, κινητό  $Q_f=$  497.9 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T31 μόνιμο  $G_a=$  3282.5 kN, κινητό  $Q_a=$  397.8 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T17 μόνιμο  $G_b=$  5966.4 kN, κινητό  $Q_b=$  895.7 kN


**3ος οροφος T25** Διαστάσεις μήκος=21.20m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Θέση  $x=51.98m$ ,  $y=22.35m$ ,  $\theta=264.00^\circ$ , επιφάνεια τοίχου=49.23m<sup>2</sup>  
  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδίο βάρος τοίχου  $G_w= 49.23 \times 22.48= 1106.8$  kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

Φορτίο από πλάκα Π12, μόνιμο  $\sigma=$  4.7kN/m, κινητό  $q=$  10.6kN/m, ( 0.40m-21.10m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=$  98.3 kN, κινητό  $Q_f=$  218.5 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T32 μόνιμο  $G_a=$  1225.0 kN, κινητό  $Q_a=$  93.6 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T18 μόνιμο  $G_b=$  2430.1 kN, κινητό  $Q_b=$  312.1 kN


**3ος οροφος T26** Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Θέση  $x=13.56m$ ,  $y=1.80m$ ,  $\theta=90.00^\circ$ , επιφάνεια τοίχου=52.94m<sup>2</sup>  
  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδίο βάρος τοίχου  $G_w= 52.94 \times 22.48= 1190.1$  kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

Φορτίο από πλάκα Π1Π2, μόνιμο  $\sigma=$  8.4kN/m, κινητό  $q=$  18.7kN/m, ( 0.40m-20.20m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=$  166.2 kN, κινητό  $Q_f=$  369.4 kN

Φορτίο από τοίχο άνω μόνιμο  $G_a=$  0.0 kN, κινητό  $Q_a=$  0.0 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T19 μόνιμο  $G_b=$  1356.3 kN, κινητό  $Q_b=$  369.4 kN

**3ος οροφος T27** Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Θέση  $x=25.76m$ ,  $y=1.80m$ ,  $\theta=90.00^\circ$ , επιφάνεια τοίχου=52.94m<sup>2</sup>  
  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδίο βάρος τοίχου  $G_w= 52.94 \times 22.48= 1190.1$  kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

Φορτίο από πλάκα Π3Π4, μόνιμο  $\sigma=$  7.9kN/m, κινητό  $q=$  17.6kN/m, ( 0.40m-20.20m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=$  157.2 kN, κινητό  $Q_f=$  349.4 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T34 μόνιμο  $G_a=$  1491.1 kN, κινητό  $Q_a=$  183.3 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T20 μόνιμο  $G_b=$  2838.4 kN, κινητό  $Q_b=$  532.7 kN

## Φορτία Τοίχων

### 3ος οροφος

### T28

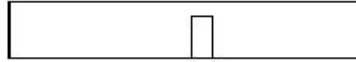
Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

θέση  $x=37.97m$ ,  $y=1.80m$ ,  $\theta=90.00^\circ$ , επιφάνεια τοίχου=52.94m<sup>2</sup>

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Ιδιο βάρος τοίχου  $G_w= 52.94 \times 22.48= 1190.1$  kN

Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m



Φορτίο από πλάκα Π5Π6, μόνιμο  $g= 7.9kN/m$ , κινητό  $q= 17.4kN/m$ , ( 0.40m-20.20m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f= 155.5$  kN, κινητό  $Q_f= 345.5$  kN

Φορτίο από τοίχο άνω μόνιμο  $G_a= 0.0$  kN, κινητό  $Q_a= 0.0$  kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T21 μόνιμο  $G_b= 1345.6$  kN, κινητό  $Q_b= 345.5$  kN

### 3ος οροφος

### Συνολικά φορτία ορόφου

Ολικά κατακόρυφα φορτία ορόφου από τοίχους, μόνιμα  $G_1= 11600$  kN, κινητά  $Q_1= 2451$  kN

Ολικά κατακόρυφα φορτία ορόφου από υποστυλώματα, μόνιμα  $G_2= 1776$  kN, κινητά  $Q_2= 2795$  kN

Ολικά κατακόρυφα φορτία ορόφου (δάπεδα+τοίχοι), μόνιμα  $G = 13376$  kN, κινητά  $Q = 5246$  kN

Φορτία οροφής για υπολογισμό σεισμικής μάζας, μόνιμα  $G_o= 11199$  kN, κινητά  $Q_o= 5246$  kN

Συνδυασμός δράσεων για σεισμική φόρτιση, ολικά φορτία ορόφου  $(1.00 \times G_o + 0.80 \times Q_o) = 15396$  kN

Ολική μάζα ορόφου  $M_o = (1.00 \times G_o + 0.80 \times Q_o) / 9.81 = 15396 / 9.81 = 1569$  kNsec<sup>2</sup>/m

Για υπολογισμό μάζας, το ίδιο βάρος τοίχων κατενεμήθη: 25% πάνω και 75% κάτω

Φορτία Τοίχων

Τοίχος	Μάζα kNsec <sup>2</sup> /m	xm	ym	x.M	y.M
T22	125.6	1.47	11.70	183.99	1469.43
T23	302.3	25.38	1.42	7670.80	430.02
T24	314.2	26.50	21.99	8326.08	6907.50
T25	140.7	50.88	11.81	7156.44	1661.59
T26	168.4	13.56	11.72	2284.09	1974.27
T27	165.8	25.76	11.72	4272.68	1944.39
T28	165.3	37.97	11.72	6277.19	1938.63
Y100	10.1	5.41	5.11	54.50	51.48
Y101	10.1	5.41	5.11	54.50	51.48
Y102	10.1	5.41	5.11	54.50	51.48
Y103	10.3	9.41	5.11	97.01	52.70
Y104	8.5	5.41	8.41	45.81	71.20
Y105	8.7	9.41	8.41	81.46	72.81
Y106	8.8	5.41	11.72	47.61	103.01
Y107	9.0	9.41	11.72	84.61	105.28
Y108	8.5	5.41	15.02	45.81	127.04
Y109	8.7	9.41	15.02	81.56	130.07
Y110	10.0	5.41	18.32	54.30	183.67
Y111	10.3	9.41	18.32	96.59	187.89
Y112	10.6	17.72	5.11	187.05	54.01
Y113	9.2	22.01	5.11	202.29	47.00
Y114	8.9	17.72	8.41	157.32	74.73
Y115	9.5	22.01	8.41	210.10	80.31
Y116	9.2	17.72	11.72	163.43	108.07
Y117	8.6	22.01	11.72	190.08	101.15
Y118	8.9	17.72	15.02	157.32	133.34
Y119	8.6	22.01	15.02	190.35	129.82
Y120	10.5	17.72	18.32	186.43	192.75
Y121	10.1	22.01	18.32	223.07	185.58
Y122	9.4	29.82	5.11	281.25	48.25
Y123	9.8	29.82	8.41	291.95	82.40
Y124	8.9	29.82	11.72	264.23	103.82
Y125	8.9	29.82	15.02	264.29	133.10
Y126	10.4	29.82	18.32	310.25	190.58
Y127	10.4	29.82	18.32	310.25	190.58
Y128	9.3	34.12	5.11	316.46	47.45
Y129	9.6	34.12	8.41	328.91	81.13
Y130	8.7	34.12	11.72	297.54	102.17
Y131	8.7	34.12	15.02	297.96	131.14
Y132	10.2	34.12	18.32	349.29	187.52
Y196	10.2	41.81	18.32	427.87	187.41
Y197	11.1	46.12	18.32	513.33	203.87
Y200	9.0	41.81	11.72	374.67	104.97
Y201	9.8	46.12	11.72	450.15	114.36
Y202	8.6	41.81	8.41	360.69	72.59
Y203	9.4	46.12	8.41	432.95	79.00
Y204	10.3	41.81	5.11	428.98	52.47
Y205	11.2	46.12	5.11	515.02	57.13
Y198	8.6	41.81	15.02	361.12	129.67
Y199	9.4	46.12	15.02	433.42	141.12

Σύνολα 1791.3 46447.55 21061.44

Κέντρο μάζας ορόφου  $xm=46447.55/1791.25=25.93m$ ,  $ym=21061.44/1791.25=11.76m$

Για τον υπολογισμό του κέντρου μάζας ορόφου, θεωρούμε μάζες ισοδύναμες των αντιστοιχών φορτίων στα κέντρα των τοίχων και υποστυλωμάτων.

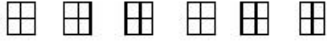
**Φορτία Τοίχων**

**2ος οροφος T15**

Διαστάσεις μήκος=21.40m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

θέση x=1.47m, y=1.00m, θ=90.00°, επιφάνεια τοίχου=44.62m<sup>2</sup>

Λιθοδομή M2 80 cm-εν



Ιδιο βάρος τοίχου Gw= 44.62x22.48= 1003.1 kN

Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

Φορτίο από πλάκα	Π3, μόνιμο σ=	2.1kN/m, κινητό σ=	4.6kN/m, (17.30m-21.00m)
Φορτίο από πλάκα	Π12, μόνιμο σ=	1.9kN/m, κινητό σ=	4.1kN/m, (14.00m-17.30m)
Φορτίο από πλάκα	Π11, μόνιμο σ=	1.9kN/m, κινητό σ=	4.1kN/m, (10.70m-14.00m)
Φορτίο από πλάκα	Π10, μόνιμο σ=	1.9kN/m, κινητό σ=	4.1kN/m, ( 7.40m-10.70m)
Φορτίο από πλάκα	Π2, μόνιμο σ=	2.1kN/m, κινητό σ=	4.6kN/m, ( 0.40m- 4.10m)
Φορτίο από πλάκα	Π9, μόνιμο σ=	1.9kN/m, κινητό σ=	4.1kN/m, ( 4.10m- 7.40m)
Φορτίο από δοκό	Δ53, μόνιμο G=	14kN, κινητό Q=	26kN (x= 17.30m)
Φορτίο από δοκό	Δ56, μόνιμο G=	14kN, κινητό Q=	24kN (x= 14.00m)
Φορτίο από δοκό	Δ59, μόνιμο G=	14kN, κινητό Q=	24kN (x= 10.70m)
Φορτίο από δοκό	Δ62, μόνιμο G=	14kN, κινητό Q=	24kN (x= 7.40m)
Φορτίο από δοκό	Δ101, μόνιμο G=	14kN, κινητό Q=	26kN (x= 4.10m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο Gf= 109.8 kN, κινητό Qf= 212.5 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T22 μόνιμο Ga= 2216.6 kN, κινητό Qa= 280.8 kN

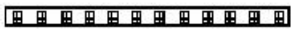
Φορτίο σε τοίχο κάτω T10 μόνιμο Gb= 3329.5 kN, κινητό Qb= 493.3 kN

**2ος οροφος T16**

Διαστάσεις μήκος=48.75m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

θέση x=1.00m, y=1.42m, θ=0.00°, επιφάνεια τοίχου=103.65m<sup>2</sup>

Λιθοδομή M2 80 cm-εν



Ιδιο βάρος τοίχου Gw=103.65x22.48= 2330.1 kN

Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

Φορτίο από πλάκα	Π2, μόνιμο σ=	3.5kN/m, κινητό σ=	7.8kN/m, ( 0.50m-12.60m)
Φορτίο από πλάκα	Π1, μόνιμο σ=	3.5kN/m, κινητό σ=	7.8kN/m, (12.60m-24.80m)
Φορτίο από πλάκα	Π5, μόνιμο σ=	3.5kN/m, κινητό σ=	7.8kN/m, (24.80m-37.00m)
Φορτίο από πλάκα	Π7, μόνιμο σ=	3.5kN/m, κινητό σ=	7.8kN/m, (37.00m-48.80m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο Gf= 169.4 kN, κινητό Qf= 376.5 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T23 μόνιμο Ga= 5367.5 kN, κινητό Qa= 866.9 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T9 μόνιμο Gb= 7867.0 kN, κινητό Qb= 1243.4 kN

**2ος οροφος T17**

Διαστάσεις μήκος=51.00m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

θέση x=1.00m, y=21.99m, θ=0.00°, επιφάνεια τοίχου=109.65m<sup>2</sup>

Λιθοδομή M2 80 cm-εν



Ιδιο βάρος τοίχου Gw=109.65x22.48= 2464.9 kN

Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

Φορτίο από πλάκα	Π3, μόνιμο σ=	3.5kN/m, κινητό σ=	7.8kN/m, ( 0.50m-12.60m)
Φορτίο από πλάκα	Π4, μόνιμο σ=	3.5kN/m, κινητό σ=	7.8kN/m, (12.60m-24.80m)
Φορτίο από πλάκα	Π6, μόνιμο σ=	3.5kN/m, κινητό σ=	7.8kN/m, (24.80m-37.00m)
Φορτίο από πλάκα	Π8, μόνιμο σ=	3.6kN/m, κινητό σ=	8.0kN/m, (37.00m-50.90m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο Gf= 178.4 kN, κινητό Qf= 396.5 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T24 μόνιμο Ga= 5966.4 kN, κινητό Qa= 895.7 kN

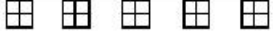
Φορτίο σε τοίχο κάτω T11 μόνιμο Gb= 8609.7 kN, κινητό Qb= 1292.2 kN

**2ος οροφος T18**

Διαστάσεις μήκος=21.20m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

θέση x=51.98m, y=22.35m, θ=264.00°, επιφάνεια τοίχου=49.23m<sup>2</sup>

Λιθοδομή M2 80 cm-εν



Ιδιο βάρος τοίχου Gw= 49.23x22.48= 1106.8 kN

Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

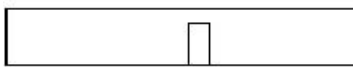


**Φορτία Τοίχων**

Φορτίο από πλάκα	Π8, μόνιμο $\sigma$ =	2.1kN/m,	κινητό $q$ =	4.6kN/m,	( 0.40m- 4.10m)
Φορτίο από πλάκα	Π21, μόνιμο $\sigma$ =	1.9kN/m,	κινητό $q$ =	4.1kN/m,	( 4.10m- 7.40m)
Φορτίο από πλάκα	Π22, μόνιμο $\sigma$ =	1.9kN/m,	κινητό $q$ =	4.1kN/m,	( 7.40m-10.80m)
Φορτίο από πλάκα	Π23, μόνιμο $\sigma$ =	1.9kN/m,	κινητό $q$ =	4.1kN/m,	(10.80m-14.10m)
Φορτίο από πλάκα	Π24, μόνιμο $\sigma$ =	1.9kN/m,	κινητό $q$ =	4.1kN/m,	(14.10m-17.40m)
Φορτίο από πλάκα	Π7, μόνιμο $\sigma$ =	2.1kN/m,	κινητό $q$ =	4.6kN/m,	(17.40m-21.10m)
Φορτίο από δοκό	Δ218, μόνιμο $G$ =	18kN,	κινητό $Q$ =	34kN	( $x$ = 4.10m)
Φορτίο από δοκό	Δ221, μόνιμο $G$ =	16kN,	κινητό $Q$ =	30kN	( $x$ = 7.40m)
Φορτίο από δοκό	Δ224, μόνιμο $G$ =	16kN,	κινητό $Q$ =	28kN	( $x$ = 10.80m)
Φορτίο από δοκό	Δ227, μόνιμο $G$ =	14kN,	κινητό $Q$ =	26kN	( $x$ = 14.10m)
Φορτίο από δοκό	Δ254, μόνιμο $G$ =	12kN,	κινητό $Q$ =	24kN	( $x$ = 17.40m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f$ = 116.1 kN, κινητό  $Q_f$ = 231.1 kN  
 Φορτίο από τοίχο άνω T25 μόνιμο  $G_a$ = 2430.1 kN, κινητό  $Q_a$ = 312.1 kN  
 Φορτίο σε τοίχο κάτω T12 μόνιμο  $G_b$ = 3653.0 kN, κινητό  $Q_b$ = 543.2 kN

**2ος οροφος**    **T19**    Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Θέση  $x$ =13.56m,  $y$ =1.80m,  $\theta$ =90.00°, επιφάνεια τοίχου=52.94m<sup>2</sup>  
 Λιθοδομή Μ2 80 cm-εν  
 Ίδιο βάρος τοίχου  $G_w$ = 52.94x22.48= 1190.1 kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m



Φορτίο από πλάκα	Π3Π4, μόνιμο $\sigma$ =	4.1kN/m,	κινητό $q$ =	9.2kN/m,	(16.50m-20.20m)
Φορτίο από πλάκα	Π12Π16, μόνιμο $\sigma$ =	3.7kN/m,	κινητό $q$ =	8.2kN/m,	(13.20m-16.50m)
Φορτίο από πλάκα	Π11Π15, μόνιμο $\sigma$ =	3.7kN/m,	κινητό $q$ =	8.3kN/m,	( 9.90m-13.20m)
Φορτίο από πλάκα	Π10Π14, μόνιμο $\sigma$ =	3.7kN/m,	κινητό $q$ =	8.3kN/m,	( 6.60m- 9.90m)
Φορτίο από πλάκα	Π1Π2, μόνιμο $\sigma$ =	4.1kN/m,	κινητό $q$ =	9.2kN/m,	( 0.40m- 3.30m)
Φορτίο από πλάκα	Π9Π13, μόνιμο $\sigma$ =	3.7kN/m,	κινητό $q$ =	8.2kN/m,	( 3.30m- 6.60m)
Φορτίο από δοκό	Δ55, μόνιμο $G$ =	18kN,	κινητό $Q$ =	30kN	( $x$ = 16.50m)
Φορτίο από δοκό	Δ89, μόνιμο $G$ =	18kN,	κινητό $Q$ =	32kN	( $x$ = 16.50m)
Φορτίο από δοκό	Δ58, μόνιμο $G$ =	18kN,	κινητό $Q$ =	30kN	( $x$ = 13.20m)
Φορτίο από δοκό	Δ92, μόνιμο $G$ =	18kN,	κινητό $Q$ =	30kN	( $x$ = 13.20m)
Φορτίο από δοκό	Δ61, μόνιμο $G$ =	18kN,	κινητό $Q$ =	30kN	( $x$ = 9.90m)
Φορτίο από δοκό	Δ95, μόνιμο $G$ =	18kN,	κινητό $Q$ =	30kN	( $x$ = 9.90m)
Φορτίο από δοκό	Δ88, μόνιμο $G$ =	18kN,	κινητό $Q$ =	30kN	( $x$ = 6.60m)
Φορτίο από δοκό	Δ98, μόνιμο $G$ =	18kN,	κινητό $Q$ =	30kN	( $x$ = 6.60m)
Φορτίο από δοκό	Δ103, μόνιμο $G$ =	18kN,	κινητό $Q$ =	30kN	( $x$ = 3.30m)
Φορτίο από δοκό	Δ104, μόνιμο $G$ =	18kN,	κινητό $Q$ =	32kN	( $x$ = 3.30m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f$ = 256.3 kN, κινητό  $Q_f$ = 473.6 kN  
 Φορτίο από τοίχο άνω T26 μόνιμο  $G_a$ = 1356.3 kN, κινητό  $Q_a$ = 369.4 kN  
 Φορτίο σε τοίχο κάτω T13 μόνιμο  $G_b$ = 2802.7 kN, κινητό  $Q_b$ = 843.0 kN

**2ος οροφος**    **T20**    Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Θέση  $x$ =25.76m,  $y$ =1.80m,  $\theta$ =90.00°, επιφάνεια τοίχου=52.94m<sup>2</sup>  
 Λιθοδομή Μ2 80 cm-εν  
 Ίδιο βάρος τοίχου  $G_w$ = 52.94x22.48= 1190.1 kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m



### Φορτία Τοίχων

Φορτίο από πλάκα	Π4Π6, μόνιμο $\sigma=$	4.1kN/m, κινητό $\sigma=$	9.2kN/m, (16.50m-20.20m)
Φορτίο από πλάκα	Π16Π20, μόνιμο $\sigma=$	3.7kN/m, κινητό $\sigma=$	8.2kN/m, (13.20m-16.50m)
Φορτίο από πλάκα	Π15Π19, μόνιμο $\sigma=$	3.7kN/m, κινητό $\sigma=$	8.3kN/m, ( 9.90m-13.20m)
Φορτίο από πλάκα	Π14Π18, μόνιμο $\sigma=$	3.7kN/m, κινητό $\sigma=$	8.3kN/m, ( 6.60m- 9.90m)
Φορτίο από πλάκα	Π1Π5, μόνιμο $\sigma=$	4.1kN/m, κινητό $\sigma=$	9.2kN/m, ( 0.40m- 3.30m)
Φορτίο από πλάκα	Π13Π17, μόνιμο $\sigma=$	3.7kN/m, κινητό $\sigma=$	8.2kN/m, ( 3.30m- 6.60m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 91$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 16.50m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 107$ , μόνιμο $G=$	18kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 16.50m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 94$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	26kN (x= 13.20m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 110$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 13.20m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 97$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	26kN (x= 9.90m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 191$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 9.90m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 100$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	26kN (x= 6.60m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 194$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 6.60m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 106$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 3.30m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 197$ , μόνιμο $G=$	18kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 3.30m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=$  240.3 kN, κινητό  $Q_f=$  453.6 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T27 μόνιμο  $G_a=$  2838.4 kN, κινητό  $Q_a=$  532.7 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T14 μόνιμο  $G_b=$  4268.8 kN, κινητό  $Q_b=$  986.3 kN

#### 2ος οροφος

#### T21

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

θέση  $x=37.97m$ ,  $y=1.80m$ ,  $\theta=90.00^\circ$ , επιφάνεια τοίχου=52.94m<sup>2</sup>



Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Ιδίο βάρος τοίχου  $G_w=$  52.94x22.48= 1190.1 kN

Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

Φορτίο από πλάκα	Π6Π8, μόνιμο $\sigma=$	4.2kN/m, κινητό $\sigma=$	9.2kN/m, (16.50m-20.20m)
Φορτίο από πλάκα	Π20Π21, μόνιμο $\sigma=$	3.7kN/m, κινητό $\sigma=$	8.3kN/m, (13.20m-16.50m)
Φορτίο από πλάκα	Π19Π22, μόνιμο $\sigma=$	3.7kN/m, κινητό $\sigma=$	8.3kN/m, ( 9.90m-13.20m)
Φορτίο από πλάκα	Π18Π23, μόνιμο $\sigma=$	3.7kN/m, κινητό $\sigma=$	8.3kN/m, ( 6.60m- 9.90m)
Φορτίο από πλάκα	Π5Π7, μόνιμο $\sigma=$	4.1kN/m, κινητό $\sigma=$	9.2kN/m, ( 0.40m- 3.30m)
Φορτίο από πλάκα	Π17Π24, μόνιμο $\sigma=$	3.7kN/m, κινητό $\sigma=$	8.3kN/m, ( 3.30m- 6.60m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 109$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 16.50m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 216$ , μόνιμο $G=$	18kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 16.50m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 112$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 13.20m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 219$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 13.20m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 193$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 9.90m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 222$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 9.90m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 196$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 6.60m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 225$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 6.60m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 199$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 3.30m)
Φορτίο από δοκό	$\Delta 252$ , μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 3.30m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=$  238.4 kN, κινητό  $Q_f=$  451.8 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T28 μόνιμο  $G_a=$  1345.6 kN, κινητό  $Q_a=$  345.5 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T8 μόνιμο  $G_b=$  2774.1 kN, κινητό  $Q_b=$  797.3 kN

#### 2ος οροφος

#### Συνολικά φορτία ορόφου

Ολικά κατακόρυφα φορτία ορόφου από τοίχους,	μόνιμα $G_1=$	11784 kN, κινητά $Q_1=$	2596 kN
Ολικά κατακόρυφα φορτία ορόφου από υποστυλώματα,	μόνιμα $G_2=$	1778 kN, κινητά $Q_2=$	2628 kN
Ολικά κατακόρυφα φορτία ορόφου (δάπεδα+τοίχοι),	μόνιμα $G =$	13562 kN, κινητά $Q =$	5224 kN
Φορτία οροφής για υπολογισμό σεισμικής μαζας,	μόνιμα $G_o=$	13542 kN, κινητά $Q_o=$	5224 kN
Συνδυασμός δράσεων για σεισμική φόρτιση, ολικά φορτία ορόφου	(1.00xG <sub>o</sub> +0.80xQ <sub>o</sub> )=	17721 kN	
Ολική μάζα ορόφου $M_o=(1.00xG_o+0.80xQ_o)/9.81=$	17721/9.81= 1806 kNsec <sup>2</sup> /m		
Για υπολογισμό μάζας, το ίδιο βάρος τοίχων κατενεμήθη: 25% πάνω και 75% κάτω			

Φορτία Τοίχων

2ος ορόφος		Κέντρο Μάζας ορόφου			
Τοίχος	Μάζα kNsec <sup>2</sup> /m	xm	ym	x.M	y.M
T15	130.8	1.47	11.70	191.58	1530.06
T16	285.5	25.38	1.42	7244.42	406.12
T17	301.8	26.50	21.99	7997.27	6634.72
T18	143.5	50.88	11.81	7301.03	1695.16
T19	186.1	13.56	11.72	2523.95	2181.59
T20	182.8	25.76	11.72	4709.87	2143.34
T21	182.5	37.97	11.72	6927.12	2139.35
Y46	9.6	5.41	5.11	52.00	49.12
Y47	9.6	5.41	5.11	52.00	49.12
Y48	9.6	5.41	5.11	52.00	49.12
Y49	9.0	9.41	5.11	84.53	45.93
Y50	9.2	5.41	8.41	50.04	77.77
Y51	8.6	9.41	8.41	81.23	72.60
Y52	9.2	5.41	11.72	50.04	108.27
Y53	8.6	9.41	11.72	81.23	101.08
Y54	9.2	5.41	15.02	50.04	138.76
Y76	8.6	9.41	15.02	81.23	129.55
Y77	9.6	5.41	18.32	52.10	176.20
Y78	9.0	9.41	18.32	84.53	164.44
Y79	9.4	17.72	5.11	167.22	48.28
Y80	9.0	22.01	5.11	197.62	45.92
Y81	9.1	17.72	8.41	160.68	76.33
Y82	8.6	22.01	8.41	190.08	72.66
Y83	9.1	17.72	11.72	160.68	106.26
Y84	8.6	22.01	11.72	190.08	101.15
Y85	9.1	17.72	15.02	160.68	136.19
Y86	8.6	22.01	15.02	190.08	129.64
Y87	9.4	17.72	18.32	167.22	172.88
Y88	9.0	22.01	18.32	197.80	164.55
Y89	9.4	29.82	5.11	279.49	47.95
Y90	9.0	29.82	8.41	268.73	75.85
Y91	9.0	29.82	11.72	268.73	105.59
Y92	9.0	29.82	15.02	268.73	135.33
Y93	9.4	29.82	18.32	279.79	171.87
Y94	9.4	29.82	18.32	279.79	171.87
Y95	9.1	34.12	5.11	310.34	46.53
Y96	8.7	34.12	8.41	298.31	73.58
Y97	8.7	34.12	11.72	298.31	102.44
Y98	8.7	34.12	15.02	297.96	131.14
Y99	9.1	34.12	18.32	309.92	166.38
Y186	8.9	41.81	18.32	373.39	163.55
Y187	11.8	46.12	18.32	542.85	215.60
Y188	8.6	41.81	15.02	359.67	129.15
Y189	10.8	46.12	15.02	496.22	161.57
Y190	8.7	41.81	11.72	362.06	101.43
Y191	10.2	46.12	11.72	469.99	119.40
Y192	8.7	41.81	8.41	362.82	73.02
Y193	9.7	46.12	8.41	447.52	81.66
Y194	9.0	41.81	5.11	378.25	46.27
Y195	9.7	46.12	5.11	445.54	49.42

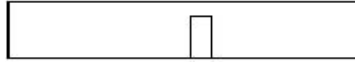
Σύνολα 1808.4 46846.77 21315.75

Κέντρο μάζας ορόφου  $x_m=46846.77/1808.42=25.90m$ ,  $y_m=21315.75/1808.42=11.79m$

Για τον υπολογισμό του κέντρου μάζας ορόφου, θεωρούμε μάζες ισοδύναμες των αντιστοιχών φορτίων στα κέντρα των τοίχων και υποστυλωμάτων.

**Φορτία Τοίχων**

**1ος οροφος**     **T8**     Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Θέση x=37.97m, y=1.80m, θ=90.00°, επιφάνεια τοίχου=52.94m<sup>2</sup>  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδιο βάρος τοίχου Gw= 52.94x22.48= 1190.1 kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m



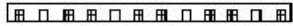
Φορτίο από πλάκα Π1Π2, μόνιμο g= 7.9kN/m, κινητό q= 17.4kN/m, ( 0.40m-20.20m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο Gf= 155.5 kN, κινητό Qf= 345.5 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T21 μόνιμο Ga= 2774.1 kN, κινητό Qa= 797.3 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T7 μόνιμο Gb= 4119.7 kN, κινητό Qb= 1142.8 kN

**1ος οροφος**     **T9**     Διαστάσεις μήκος=48.75m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Θέση x=1.00m, y=1.42m, θ=0.00°, επιφάνεια τοίχου=109.05m<sup>2</sup>  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδιο βάρος τοίχου Gw=109.05x22.48= 2451.4 kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m



- Φορτίο από πλάκα Π7, μόνιμο g= 2.2kN/m, κινητό q= 4.9kN/m, ( 0.50m- 4.40m)
- Φορτίο από πλάκα Π8, μόνιμο g= 2.3kN/m, κινητό q= 5.0kN/m, ( 4.40m- 8.40m)
- Φορτίο από πλάκα Π4, μόνιμο g= 2.3kN/m, κινητό q= 5.2kN/m, ( 8.40m-12.60m)
- Φορτίο από πλάκα Π3, μόνιμο g= 2.3kN/m, κινητό q= 5.2kN/m, (12.60m-16.70m)
- Φορτίο από πλάκα Π9, μόνιμο g= 2.4kN/m, κινητό q= 5.4kN/m, (16.70m-21.00m)
- Φορτίο από πλάκα Π6, μόνιμο g= 2.1kN/m, κινητό q= 4.7kN/m, (21.00m-24.80m)
- Φορτίο από πλάκα Π5, μόνιμο g= 2.3kN/m, κινητό q= 5.0kN/m, (24.80m-28.80m)
- Φορτίο από πλάκα Π10, μόνιμο g= 2.4kN/m, κινητό q= 5.4kN/m, (28.80m-33.10m)
- Φορτίο από πλάκα Π2, μόνιμο g= 2.2kN/m, κινητό q= 4.8kN/m, (33.10m-37.00m)
- Φορτίο από πλάκα Π1, μόνιμο g= 2.2kN/m, κινητό q= 4.8kN/m, (37.00m-40.80m)
- Φορτίο από πλάκα Π11, μόνιμο g= 2.4kN/m, κινητό q= 5.4kN/m, (40.80m-45.10m)
- Φορτίο από πλάκα Π12, μόνιμο g= 2.7kN/m, κινητό q= 6.0kN/m, (45.10m-48.80m)
- Φορτίο από δοκό Δ13, μόνιμο G= 16kN, κινητό Q= 28kN (x= 4.40m)
- Φορτίο από δοκό Δ14, μόνιμο G= 16kN, κινητό Q= 30kN (x= 8.40m)
- Φορτίο από δοκό Δ25, μόνιμο G= 16kN, κινητό Q= 30kN (x= 16.70m)
- Φορτίο από δοκό Δ67, μόνιμο G= 18kN, κινητό Q= 28kN (x= 21.00m)
- Φορτίο από δοκό Δ73, μόνιμο G= 18kN, κινητό Q= 30kN (x= 28.80m)
- Φορτίο από δοκό Δ84, μόνιμο G= 18kN, κινητό Q= 30kN (x= 33.10m)
- Φορτίο από δοκό Δ85, μόνιμο G= 108kN, κινητό Q= 188kN (x= 40.80m)
- Φορτίο από δοκό Δ86, μόνιμο G= 116kN, κινητό Q= 208kN (x= 45.10m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο Gf= 438.0 kN, κινητό Qf= 820.8 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T16 μόνιμο Ga= 7867.0 kN, κινητό Qa= 1243.4 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T3 μόνιμο Gb=10756.4 kN, κινητό Qb= 2064.2 kN

**1ος οροφος**     **T10**     Διαστάσεις μήκος=21.40m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Θέση x=1.47m, y=1.00m, θ=90.00°, επιφάνεια τοίχου=44.62m<sup>2</sup>  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδιο βάρος τοίχου Gw= 44.62x22.48= 1003.1 kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m



Φορτίο από πλάκα Π7, μόνιμο g= 4.0kN/m, κινητό q= 8.9kN/m, ( 0.40m-21.00m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο Gf= 82.4 kN, κινητό Qf= 183.2 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T15 μόνιμο Ga= 3329.5 kN, κινητό Qa= 493.3 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T1 μόνιμο Gb= 4415.0 kN, κινητό Qb= 676.5 kN

**1ος οροφος**     **T11**     Διαστάσεις μήκος=51.00m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Θέση x=1.00m, y=21.99m, θ=0.00°, επιφάνεια τοίχου=112.80m<sup>2</sup>  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδιο βάρος τοίχου Gw=112.80x22.48= 2535.7 kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m



**Φορτία Τοίχων**

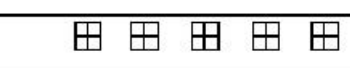
Φορτίο από πλάκα	Π7, μόνιμο $\sigma=$	2.2kN/m, κινητό $q=$	4.9kN/m, ( 0.50m- 4.40m)
Φορτίο από πλάκα	Π8, μόνιμο $\sigma=$	2.3kN/m, κινητό $q=$	5.0kN/m, ( 4.40m- 8.40m)
Φορτίο από πλάκα	Π4, μόνιμο $\sigma=$	2.3kN/m, κινητό $q=$	5.2kN/m, ( 8.40m-12.60m)
Φορτίο από πλάκα	Π3, μόνιμο $\sigma=$	2.3kN/m, κινητό $q=$	5.2kN/m, (12.60m-16.70m)
Φορτίο από πλάκα	Π9, μόνιμο $\sigma=$	2.4kN/m, κινητό $q=$	5.4kN/m, (16.70m-21.00m)
Φορτίο από πλάκα	Π6, μόνιμο $\sigma=$	2.1kN/m, κινητό $q=$	4.7kN/m, (21.00m-24.80m)
Φορτίο από πλάκα	Π5, μόνιμο $\sigma=$	2.3kN/m, κινητό $q=$	5.0kN/m, (24.80m-28.80m)
Φορτίο από πλάκα	Π10, μόνιμο $\sigma=$	2.4kN/m, κινητό $q=$	5.4kN/m, (28.80m-33.10m)
Φορτίο από πλάκα	Π2, μόνιμο $\sigma=$	2.2kN/m, κινητό $q=$	4.8kN/m, (33.10m-37.00m)
Φορτίο από πλάκα	Π1, μόνιμο $\sigma=$	2.2kN/m, κινητό $q=$	4.8kN/m, (37.00m-40.80m)
Φορτίο από πλάκα	Π11, μόνιμο $\sigma=$	2.4kN/m, κινητό $q=$	5.4kN/m, (40.80m-45.10m)
Φορτίο από πλάκα	Π12, μόνιμο $\sigma=$	2.7kN/m, κινητό $q=$	6.0kN/m, (45.10m-51.00m)
Φορτίο από δοκό	Δ19, μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 4.40m)
Φορτίο από δοκό	Δ20, μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 8.40m)
Φορτίο από δοκό	Δ66, μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 16.70m)
Φορτίο από δοκό	Δ72, μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 21.00m)
Φορτίο από δοκό	Δ78, μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 28.80m)
Φορτίο από δοκό	Δ79, μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 33.10m)
Φορτίο από δοκό	Δ85, μόνιμο $G=$	108kN, κινητό $Q=$	188kN (x= 40.80m)
Φορτίο από δοκό	Δ86, μόνιμο $G=$	116kN, κινητό $Q=$	208kN (x= 45.10m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=$  437.9 kN, κινητό  $Q_f=$  833.9 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T17 μόνιμο  $G_a=$  8609.7 kN, κινητό  $Q_a=$  1292.2 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T2 μόνιμο  $G_b=$ 11583.3 kN, κινητό  $Q_b=$  2126.1 kN

**1ος οροφος T12** Διαστάσεις μήκος=21.20m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Θέση  $x=$ 51.98m,  $y=$ 22.35m,  $\theta=$ 264.00°, επιφάνεια τοίχου=49.23m<sup>2</sup>

 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδιο βάρος τοίχου  $G_w=$  49.23x22.48= 1106.8 kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m


Φορτίο από πλάκα Π12, μόνιμο  $\sigma=$  4.7kN/m, κινητό  $q=$  10.6kN/m, ( 0.40m-21.10m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=$  98.3 kN, κινητό  $Q_f=$  218.5 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T18 μόνιμο  $G_a=$  3653.0 kN, κινητό  $Q_a=$  543.2 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T4 μόνιμο  $G_b=$  4858.1 kN, κινητό  $Q_b=$  761.7 kN

**1ος οροφος T13** Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Θέση  $x=$ 13.56m,  $y=$ 1.80m,  $\theta=$ 90.00°, επιφάνεια τοίχου=52.94m<sup>2</sup>

 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδιο βάρος τοίχου  $G_w=$  52.94x22.48= 1190.1 kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m


Φορτίο από πλάκα Π3Π4, μόνιμο  $\sigma=$  8.4kN/m, κινητό  $q=$  18.7kN/m, ( 0.40m-20.20m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=$  166.2 kN, κινητό  $Q_f=$  369.4 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T19 μόνιμο  $G_a=$  2802.7 kN, κινητό  $Q_a=$  843.0 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T5 μόνιμο  $G_b=$  4159.0 kN, κινητό  $Q_b=$  1212.4 kN

**1ος οροφος T14** Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Θέση  $x=$ 25.76m,  $y=$ 1.80m,  $\theta=$ 90.00°, επιφάνεια τοίχου=52.94m<sup>2</sup>

 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδιο βάρος τοίχου  $G_w=$  52.94x22.48= 1190.1 kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

Φορτίο από πλάκα Π5Π6, μόνιμο  $\sigma=$  7.9kN/m, κινητό  $q=$  17.6kN/m, ( 0.40m-20.20m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=$  157.2 kN, κινητό  $Q_f=$  349.4 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T20 μόνιμο  $G_a=$  4268.8 kN, κινητό  $Q_a=$  986.3 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω T6 μόνιμο  $G_b=$  5616.1 kN, κινητό  $Q_b=$  1335.7 kN

**Φορτία Τοίχων**

<u>Ιος οροφος</u>		<u>Συνολικά φορτία ορόφου</u>			
Ολικά κατακόρυφα φορτία ορόφου από τοίχους,		μόνιμα G1=	12203 kN,	κινητά Q1=	3121 kN
Ολικά κατακόρυφα φορτία ορόφου από υποστυλώματα,		μόνιμα G2=	1355 kN,	κινητά Q2=	2125 kN
Ολικά κατακόρυφα φορτία ορόφου (δάπεδα+τοίχοι),		μόνιμα G =	13558 kN,	κινητά Q =	5246 kN
Φορτία οροφής για υπολογισμό σεισμικής μαζας,		μόνιμα Go=	13414 kN,	κινητά Qo=	5246 kN
Συνδυασμός δράσεων για σεισμική φόρτιση, ολικά φορτία ορόφου		(1.00xGo+0.80xQo)=	17611 kN		
Ολική μάζα ορόφου Mo=(1.00xGo+0.80xQo)/9.81=17611/9.81=		1795 kNsec <sup>2</sup> /m			
Για υπολογισμό μάζας, το ίδιο βάρος τοίχων κατενεμήθη: 25% πάνω και 75% κάτω					
<u>Ιος οροφος</u>		<u>Κέντρο Μάζας ορόφου</u>			
Τοίχος	Μάζα kNsec <sup>2</sup> /m	xm	ym	x.M	y.M
T8	165.3	37.97	11.72	6277.19	1938.63
T9	361.5	25.38	1.42	9172.35	514.19
T10	125.6	1.47	11.70	183.99	1469.43
T11	371.1	26.50	21.99	9834.77	8159.15
T12	140.7	50.88	11.81	7156.44	1661.59
T13	168.4	13.56	11.72	2284.09	1974.27
T14	165.8	25.76	11.72	4272.68	1944.39
Y13	10.1	5.41	5.11	54.50	51.48
Y14	10.1	5.41	5.11	54.50	51.48
Y15	10.1	5.41	5.11	54.50	51.48
Y16	10.3	9.41	5.11	97.01	52.70
Y17	8.5	5.41	8.41	45.81	71.20
Y18	8.7	9.41	8.41	81.46	72.81
Y19	8.8	5.41	11.72	47.61	103.01
Y20	9.0	9.41	11.72	84.61	105.28
Y21	8.5	5.41	15.02	45.81	127.04
Y22	8.7	9.41	15.02	81.56	130.07
Y23	10.0	5.41	18.32	54.30	183.67
Y24	10.3	9.41	18.32	96.59	187.89
Y55	10.6	17.72	5.11	187.05	54.01
Y56	9.2	22.01	5.11	202.29	47.00
Y57	8.9	17.72	8.41	157.32	74.73
Y58	9.5	22.01	8.41	210.10	80.31
Y59	9.2	17.72	11.72	163.43	108.07
Y60	8.6	22.01	11.72	190.08	101.15
Y61	8.9	17.72	15.02	157.32	133.34
Y62	8.6	22.01	15.02	190.35	129.82
Y63	10.5	17.72	18.32	186.43	192.75
Y64	10.1	22.01	18.32	223.07	185.58
Y65	9.4	29.82	5.11	281.25	48.25
Y67	9.8	29.82	8.41	291.95	82.40
Y69	8.9	29.82	11.72	264.23	103.82
Y70	8.9	29.82	15.02	264.29	133.10
Y71	10.4	29.82	18.32	310.25	190.58
Y75	10.4	29.82	18.32	310.25	190.58
Y66	9.3	34.12	5.11	316.46	47.45
Y68	9.6	34.12	8.41	328.91	81.13
Y72	8.7	34.12	11.72	297.54	102.17
Y73	8.7	34.12	15.02	297.96	131.14
Y74	10.2	34.12	18.32	349.29	187.52
<b>Σύνολα</b>	<b>1809.8</b>			<b>45159.60</b>	<b>21254.68</b>
<b>Κέντρο μάζας ορόφου</b>		<b>xm=45159.60/1809.80=24.95m, ym=21254.68/1809.80=11.74m</b>			
Για τον υπολογισμό του κέντρου μάζας ορόφου, θεωρούμε μάζες ισοδύναμες των αντιστοιχών φορτίων στα κέντρα των τοίχων και υποστυλωμάτων.					

**Φορτία Τοίχων**

**Ισόγειο**

**T1**

Διαστάσεις μήκος=21.40m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm

θέση x=1.47m, y=1.00m, θ=90.00°, επιφάνεια τοίχου=62.75m<sup>2</sup>

Λιθοδομή M2 80 cm-εν



Ιδιο βάρος τοίχου Gw= 62.75x22.48= 1410.6 kN

Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

Φορτίο από πλάκα Π7, μόνιμο g= 4.0kN/m, κινητό q= 8.9kN/m, ( 0.40m-21.00m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο Gf= 82.4 kN, κινητό Qf= 183.2 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T10 μόνιμο Ga= 4415.0 kN, κινητό Qa= 676.5 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω μόνιμο Gb= 5908.0 kN, κινητό Qb= 859.7 kN

**Ισόγειο**

**T2**

Διαστάσεις μήκος=51.00m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm

θέση x=1.00m, y=21.99m, θ=0.00°, επιφάνεια τοίχου=155.55m<sup>2</sup>

Λιθοδομή M2 80 cm-εν



Ιδιο βάρος τοίχου Gw=155.55x22.48= 3496.8 kN

Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

Φορτίο από πλάκα Π7, μόνιμο g= 2.2kN/m, κινητό q= 4.9kN/m, ( 0.50m- 4.40m)

Φορτίο από πλάκα Π8, μόνιμο g= 2.3kN/m, κινητό q= 5.0kN/m, ( 4.40m- 8.40m)

Φορτίο από πλάκα Π2, μόνιμο g= 2.3kN/m, κινητό q= 5.2kN/m, ( 8.40m-12.60m)

Φορτίο από πλάκα Π1, μόνιμο g= 2.3kN/m, κινητό q= 5.2kN/m, (12.60m-16.70m)

Φορτίο από πλάκα Π9, μόνιμο g= 2.4kN/m, κινητό q= 5.4kN/m, (16.70m-21.00m)

Φορτίο από πλάκα Π4, μόνιμο g= 2.1kN/m, κινητό q= 4.7kN/m, (21.00m-24.80m)

Φορτίο από πλάκα Π3, μόνιμο g= 2.3kN/m, κινητό q= 5.0kN/m, (24.80m-28.80m)

Φορτίο από πλάκα Π10, μόνιμο g= 2.4kN/m, κινητό q= 5.4kN/m, (28.80m-33.10m)

Φορτίο από πλάκα Π6, μόνιμο g= 2.2kN/m, κινητό q= 4.8kN/m, (33.10m-37.00m)

Φορτίο από πλάκα Π5, μόνιμο g= 2.2kN/m, κινητό q= 4.8kN/m, (37.00m-40.80m)

Φορτίο από πλάκα Π11, μόνιμο g= 2.4kN/m, κινητό q= 5.4kN/m, (40.80m-45.10m)

Φορτίο από πλάκα Π12, μόνιμο g= 2.7kN/m, κινητό q= 6.0kN/m, (45.10m-51.00m)

Φορτίο από δοκό Δ7, μόνιμο G= 16kN, κινητό Q= 28kN (x= 4.40m)

Φορτίο από δοκό Δ8, μόνιμο G= 16kN, κινητό Q= 30kN (x= 8.40m)

Φορτίο από δοκό Δ32, μόνιμο G= 16kN, κινητό Q= 30kN (x= 16.70m)

Φορτίο από δοκό Δ38, μόνιμο G= 16kN, κινητό Q= 28kN (x= 21.00m)

Φορτίο από δοκό Δ44, μόνιμο G= 16kN, κινητό Q= 30kN (x= 28.80m)

Φορτίο από δοκό Δ45, μόνιμο G= 16kN, κινητό Q= 30kN (x= 33.10m)

Φορτίο από δοκό Δ207, μόνιμο G= 16kN, κινητό Q= 28kN (x= 40.80m)

Φορτίο από δοκό Δ210, μόνιμο G= 16kN, κινητό Q= 32kN (x= 45.10m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο Gf= 245.9 kN, κινητό Qf= 497.9 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T11 μόνιμο Ga=11583.3 kN, κινητό Qa= 2126.1 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω μόνιμο Gb=15326.0 kN, κινητό Qb= 2624.0 kN

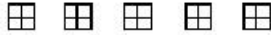
**Ισόγειο**

**T4**

Διαστάσεις μήκος=21.20m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm

θέση x=51.98m, y=22.35m, θ=264.00°, επιφάνεια τοίχου=64.07m<sup>2</sup>

Λιθοδομή M2 80 cm-εν



Ιδιο βάρος τοίχου Gw= 64.07x22.48= 1440.4 kN

Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

Φορτίο από πλάκα Π12, μόνιμο g= 4.7kN/m, κινητό q= 10.6kN/m, ( 0.40m-21.10m)

Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο Gf= 98.3 kN, κινητό Qf= 218.5 kN

Φορτίο από τοίχο άνω T12 μόνιμο Ga= 4858.1 kN, κινητό Qa= 761.7 kN

Φορτίο σε τοίχο κάτω μόνιμο Gb= 6396.8 kN, κινητό Qb= 980.2 kN

**Ισόγειο**

**T3**

Διαστάσεις μήκος=48.75m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm

θέση x=1.00m, y=1.42m, θ=0.00°, επιφάνεια τοίχου=135.07m<sup>2</sup>

Λιθοδομή M2 80 cm-εν




Ιδιο βάρος τοίχου Gw=135.07x22.48= 3036.3 kN

Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m


**Φορτία Τοίχων**

Φορτίο από πλάκα	Π7, μόνιμο $g=$	2.2kN/m, κινητό $q=$	4.9kN/m, ( 0.50m- 4.40m)
Φορτίο από πλάκα	Π8, μόνιμο $g=$	2.3kN/m, κινητό $q=$	5.0kN/m, ( 4.40m- 8.40m)
Φορτίο από πλάκα	Π2, μόνιμο $g=$	2.3kN/m, κινητό $q=$	5.2kN/m, ( 8.40m-12.60m)
Φορτίο από πλάκα	Π1, μόνιμο $g=$	2.3kN/m, κινητό $q=$	5.2kN/m, (12.60m-16.70m)
Φορτίο από πλάκα	Π9, μόνιμο $g=$	2.4kN/m, κινητό $q=$	5.4kN/m, (16.70m-21.00m)
Φορτίο από πλάκα	Π4, μόνιμο $g=$	2.1kN/m, κινητό $q=$	4.7kN/m, (21.00m-24.80m)
Φορτίο από πλάκα	Π3, μόνιμο $g=$	2.3kN/m, κινητό $q=$	5.0kN/m, (24.80m-28.80m)
Φορτίο από πλάκα	Π10, μόνιμο $g=$	2.4kN/m, κινητό $q=$	5.4kN/m, (28.80m-33.10m)
Φορτίο από πλάκα	Π6, μόνιμο $g=$	2.2kN/m, κινητό $q=$	4.8kN/m, (33.10m-37.00m)
Φορτίο από πλάκα	Π5, μόνιμο $g=$	2.2kN/m, κινητό $q=$	4.8kN/m, (37.00m-40.80m)
Φορτίο από πλάκα	Π11, μόνιμο $g=$	2.4kN/m, κινητό $q=$	5.4kN/m, (40.80m-45.10m)
Φορτίο από πλάκα	Π12, μόνιμο $g=$	2.7kN/m, κινητό $q=$	6.0kN/m, (45.10m-48.80m)
Φορτίο από δοκό	Δ1, μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 4.40m)
Φορτίο από δοκό	Δ2, μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 8.40m)
Φορτίο από δοκό	Δ27, μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 16.70m)
Φορτίο από δοκό	Δ33, μόνιμο $G=$	18kN, κινητό $Q=$	28kN (x= 21.00m)
Φορτίο από δοκό	Δ39, μόνιμο $G=$	18kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 28.80m)
Φορτίο από δοκό	Δ50, μόνιμο $G=$	18kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 33.10m)
Φορτίο από δοκό	Δ51, μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	30kN (x= 40.80m)
Φορτίο από δοκό	Δ52, μόνιμο $G=$	16kN, κινητό $Q=$	32kN (x= 45.10m)


Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=$  246.0 kN, κινητό  $Q_f=$  486.8 kN  
 Φορτίο από τοίχο άνω T9 μόνιμο  $G_a=$ 10756.4 kN, κινητό  $Q_a=$  2064.2 kN  
 Φορτίο σε τοίχο κάτω μόνιμο  $G_b=$ 14038.7 kN, κινητό  $Q_b=$  2551.0 kN

**Ισόγειο T5** Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm  
 Θέση  $x=$ 13.56m,  $y=$ 1.80m,  $\theta=$ 90.00°, επιφάνεια τοίχου=66.83m<sup>2</sup>  
  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδίο βάρος τοίχου  $G_w=$  66.83x22.48= 1502.5 kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

Φορτίο από πλάκα Π1Π2, μόνιμο  $g=$  8.4kN/m, κινητό  $q=$  18.7kN/m, ( 0.40m-20.20m)  
 Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=$  166.2 kN, κινητό  $Q_f=$  369.4 kN  
 Φορτίο από τοίχο άνω T13 μόνιμο  $G_a=$  4159.0 kN, κινητό  $Q_a=$  1212.4 kN  
 Φορτίο σε τοίχο κάτω μόνιμο  $G_b=$  5827.7 kN, κινητό  $Q_b=$  1581.8 kN

**Ισόγειο T6** Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm  
 Θέση  $x=$ 25.76m,  $y=$ 1.80m,  $\theta=$ 90.00°, επιφάνεια τοίχου=66.83m<sup>2</sup>  
  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδίο βάρος τοίχου  $G_w=$  66.83x22.48= 1502.5 kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

Φορτίο από πλάκα Π3Π4, μόνιμο  $g=$  7.9kN/m, κινητό  $q=$  17.6kN/m, ( 0.40m-20.20m)  
 Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=$  157.2 kN, κινητό  $Q_f=$  349.4 kN  
 Φορτίο από τοίχο άνω T14 μόνιμο  $G_a=$  5616.1 kN, κινητό  $Q_a=$  1335.7 kN  
 Φορτίο σε τοίχο κάτω μόνιμο  $G_b=$  7275.8 kN, κινητό  $Q_b=$  1685.1 kN

**Ισόγειο T7** Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm  
 Θέση  $x=$ 37.97m,  $y=$ 1.80m,  $\theta=$ 90.00°, επιφάνεια τοίχου=66.83m<sup>2</sup>  
  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Ιδίο βάρος τοίχου  $G_w=$  66.83x22.48= 1502.5 kN  
 Γραμμικό φορτίο επί τοίχου, μόνιμο=0.0kN/m κινητό=0.0kN/m

Φορτίο από πλάκα Π5Π6, μόνιμο  $g=$  7.9kN/m, κινητό  $q=$  17.4kN/m, ( 0.40m-20.20m)  
 Συνολικό φορτίο από δάπεδο μόνιμο  $G_f=$  155.5 kN, κινητό  $Q_f=$  345.5 kN  
 Φορτίο από τοίχο άνω T8 μόνιμο  $G_a=$  4119.7 kN, κινητό  $Q_a=$  1142.8 kN  
 Φορτίο σε τοίχο κάτω μόνιμο  $G_b=$  5777.7 kN, κινητό  $Q_b=$  1488.3 kN



## Φορτία Τοίχων

### Ισόγειο

### Συνολικά φορτία ορόφου

Ολικά κατακόρυφα φορτία ορόφου από τοίχους, μόνιμα  $G_1 = 15043$  kN, κινητά  $Q_1 = 2451$  kN  
Ολικά κατακόρυφα φορτία ορόφου από υποστυλώματα, μόνιμα  $G_2 = 1816$  kN, κινητά  $Q_2 = 2795$  kN  
Ολικά κατακόρυφα φορτία ορόφου (δάπεδα+τοίχοι), μόνιμα  $G = 16859$  kN, κινητά  $Q = 5246$  kN  
Φορτία οροφής για υπολογισμό σεισμικής μάζας, μόνιμα  $G_0 = 14441$  kN, κινητά  $Q_0 = 5246$  kN  
Συνδυασμός δράσεων για σεισμική φόρτιση, ολικά φορτία ορόφου  $(1.00 \times G_0 + 0.80 \times Q_0) = 18638$  kN  
Ολική μάζα ορόφου  $M_0 = (1.00 \times G_0 + 0.80 \times Q_0) / 9.81 = 18638 / 9.81 = 1900$  kNsec<sup>2</sup>/m  
Για υπολογισμό μάζας, το ίδιο βάρος τοίχων κατενεμήθη: 25% πάνω και 75% κάτω

Φορτία Τοίχων

<u>Ισόγειο</u>		<u>Κέντρο Μάζας ορόφου</u>				
Τοίχος	Μάζα kNsec <sup>2</sup> /m	xm	ym	x.M	y.M	
T1	167.1	1.47	11.70	244.85	1955.44	
T2	422.1	26.50	21.99	11186.24	9280.36	
T4	174.7	50.88	11.81	8886.56	2063.29	
T3	374.3	25.38	1.42	9497.49	532.42	
T5	200.2	13.56	11.72	2716.07	2347.65	
T6	197.7	25.76	11.72	5093.17	2317.77	
T7	197.2	37.97	11.72	7486.19	2312.01	
Y1	10.2	5.41	5.11	55.00	51.95	
Y2	10.2	5.41	5.11	55.00	51.95	
Y3	10.2	5.41	5.11	55.00	51.95	
Y4	10.4	9.41	5.11	97.87	53.17	
Y5	8.6	5.41	8.41	46.31	71.97	
Y6	8.7	9.41	8.41	82.33	73.58	
Y7	8.9	5.41	11.72	48.11	104.09	
Y8	9.1	9.41	11.72	85.57	106.47	
Y9	8.6	5.41	15.02	46.37	128.57	
Y10	8.8	9.41	15.02	82.42	131.45	
Y11	10.1	5.41	18.32	54.86	185.54	
Y12	10.4	9.41	18.32	97.45	189.57	
Y25	10.7	17.72	5.11	188.85	54.53	
Y26	9.3	22.01	5.11	204.31	47.47	
Y27	9.0	17.72	8.41	158.95	75.50	
Y28	9.6	22.01	8.41	212.12	81.08	
Y29	9.3	17.72	11.72	165.05	109.15	
Y30	8.7	22.01	11.72	192.32	102.34	
Y31	9.0	17.72	15.02	158.95	134.72	
Y32	8.7	22.01	15.02	192.37	131.20	
Y33	10.6	17.72	18.32	188.06	194.43	
Y34	10.2	22.01	18.32	225.31	187.44	
Y35	9.5	29.82	5.11	283.99	48.72	
Y36	9.9	29.82	8.41	294.69	83.17	
Y37	9.0	29.82	11.72	266.97	104.90	
Y38	9.0	29.82	15.02	267.33	134.63	
Y39	10.5	29.82	18.32	312.98	192.26	
Y40	10.5	29.82	18.32	312.98	192.26	
Y41	9.4	34.12	5.11	319.59	47.92	
Y42	9.7	34.12	8.41	332.04	81.90	
Y43	8.8	34.12	11.72	301.02	103.37	
Y44	8.8	34.12	15.02	301.09	132.52	
Y45	10.3	34.12	18.32	352.42	189.20	
Y166	10.3	41.81	18.32	431.70	189.09	
Y167	11.2	46.12	18.32	518.03	205.74	
Y168	8.7	41.81	15.02	364.95	131.05	
Y169	9.5	46.12	15.02	437.65	142.50	
Y170	9.1	41.81	11.72	378.51	106.04	
Y171	9.9	46.12	11.72	454.38	115.43	
Y172	8.7	41.81	8.41	364.53	73.36	
Y173	9.5	46.12	8.41	437.18	79.78	
Y174	10.4	41.81	5.11	433.24	53.00	
Y175	11.3	46.12	5.11	519.25	57.59	

Σύνολα **2146.3** **55487.65** **25591.51**

Κέντρο μάζας ορόφου  $xm=55487.65/2146.30=25.85m$ ,  $ym=25591.51/2146.30=11.92m$

Για τον υπολογισμό του κέντρου μάζας ορόφου, θεωρούμε μάζες ισοδύναμες των αντιστοιχών φορτίων στα κέντρα των τοίχων και υποστυλωμάτων.

**Υπολογισμός σεισμικών φορτίων τοίχων (Ευρωκ.8 §3, §4.3.3.2, §9)**

Η κατανομή της σεισμικής δύναμης γίνεται αφού υπολογιστούν με ακρίβεια οι ακαμψίες των τοίχων σε οριζόντιες δυνάμεις. Ο υπολογισμός γίνεται με τη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων, με επιβολή οριζόντιας μοναδιαίας σχετικής μετατόπισης του πάνω άκρου του τοίχου. Χρησιμοποιούνται επίπεδα ορθογωνικά (plain stress) πεπερασμένα στοιχεία τεσσάρων κόμβων. Υπολογίζεται επίσης η προσεγγιστική ακαμψία τοίχου (χωρίς ανοίγματα)  $=1/(h^3/12EI+1.2h/GA)$

**Γενικά Στοιχεία Αντισεισμικού Σχεδιασμού (Ευρωκ.8 §3)**

Σεισμική Ζώνη	Ζώνη: I, $\alpha=0.160g=1.57 \text{ m/s}^2$	(Ευρωκ.8 §3.2.1)
Κατηγορία Εδάφους	A, $S=1.00 \quad T_b=0.15\text{sec} \quad T_c=0.40\text{sec}$	(Ευρωκ.8 §3.1.2)
Σπουδαιότητα Κτιρίου	Σ4 $\gamma I=1.40$	(Ευρωκ.8 §4.2.5)
Δομικό σύστημα	Αοπλη τοιχοποιία $q=1.50$	(Ευρωκ.8, §9.3, T.9.1)
Συντελεστής Θεμελίωσης	$S=1.00$	(Ευρωκ.8 §3.2.2.2)

Προσεγγιστική θεμελιώδης ιδιοπερίοδος  $T=0.050(H)^{0.75}=0.37\text{sec}$  (Ευρωκ.8 eq.4.6)

Μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση σεισμού  $S_d(T)=a \cdot g \cdot \gamma I \cdot n \cdot S \cdot 2.5/q$  (EC8 eq.3.15)

**$S_d(T)=0.160 \times 1.40 \times 1.00 \times 1.00 \times 2.5 \times g / 1.50 = 0.373g$**

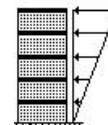
Συνολική μάζα κατασκευής  $M=(601+1569+1806+1795+1900) = 7671 \text{ kNs}^2/\text{m}$  (EC8 eq.4.5)

Τέμνουσα βάσης  **$V_o=S_d(T) \cdot m \cdot \lambda = 0.373 \times 9.81 \times 7671 \times 1.0 = 28094 \text{ kN}$**  (EC8 eq.4.5)

**Απλή φασματική ανάλυση, ισοδύναμα σεισμικά φορτία**

Απλή φασματική ανάλυση, ισοδύναμα σεισμικά φορτία (Ευρωκ.8, §4.3.3.2.3)

Οροφος	Μάζα [kNsec <sup>2</sup> /m]	z <sub>i</sub> [m]	m <sub>i</sub> ·z <sub>i</sub>	οριζόντια δύναμη F <sub>i</sub> [kN]	e <sub>i</sub> =M <sub>i</sub> /W <sub>i</sub> [m]	F <sub>i</sub> /ΣF <sub>i</sub>
4ος οροφος	601.00 (1178.00)	14.55	8745	28094x 8745/ 61809= 3974.7	1.79	0.14
3ος οροφος	1569.00 (1791.00)	11.90	18671	28094x18671/ 61809= 8486.6	2.13	0.30
2ος οροφος	1806.00 (1808.00)	9.10	16435	28094x16435/ 61809= 7470.0	2.59	0.27
1ος οροφος	1795.00 (1810.00)	6.30	11309	28094x11309/ 61809= 5140.1	3.03	0.18
Ισόγειο	1900.00 (2146.00)	3.50	6650	28094x 6650/ 61809= 3022.6	3.58	0.11
σύνολα	7671.00		61809	28094.0		



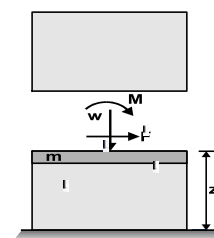
σύνολα	7671.00	61809	28094.0
--------	---------	-------	---------

(σε κάθε όροφο ακολουθεί υπολογισμός κέντρου διάτμησης και έλεγχος κανονικότητας κτιρίου)

Διάφραγμα στη στάθμη 0.8H, διάφραγμα 3ος οροφος

Ελαστικός άξονας κτιρίου στο x=26.77m, y=11.95m

Ακολουθως δείχνεται, αναλυτικά σε κάθε όροφο και τοίχο, η κατανομή των σεισμικών δυνάμεων. Η σχετική ακαμψία κάθε τοίχου υπολογίζεται με ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων. Οι περιοχές εφελκυστικών τάσεων αφαιρούνται από τους τοίχους και οι ακαμψίες μειώνονται ανάλογα.



**Κατανομή μάζας τοίχων : 25% στην οροφή, και 75% στο δάπεδο του ορόφου.**

**Έλεγχος ανατροπής**

$\Sigma(F_i \cdot z_i) = 269761.2 \text{ kNm} \leq 0.90 \times W_t \times x_a = 0.90 \times 85670.7 \times 25.71 = 1982229.2 \text{ kNm}$ ,  $269761.2 / (85670.7 \times 25.71) = 0.12 \leq 0.90$

$\Sigma(F_i \cdot z_i) = 269761.2 \text{ kNm} \leq 0.90 \times W_t \times x_{ay} = 0.90 \times 85670.7 \times 10.72 = 826262.0 \text{ kNm}$ ,  $269761.2 / (85670.7 \times 10.72) = 0.29 \leq 0.90$

**Μέγιστες μετατοπίσεις άνω ορόφου**

Οροφος 4ος οροφος:  $\Delta x = 4.113 \text{ mm}$   $\Delta y = 3.300 \text{ mm}$

**Δυναμική Φασματική Ανάλυση (EC8 §4.3.3)**

Χρησιμοποιούμε ένα απλό μοντέλλο με συγκεντρωμένες μάζες στο δάπεδο κάθε ορόφου και συνολικές ακαμψίες σε x, y διεύθυνση σε οριζόντιες δυνάμεις στα δάπεδα όπως υπολογίζονται από ανάλυση με ππεπερασμένα στοιχεία. Από δυναμική ανάλυση υπολογίζονται οι ιδιοσυχνότητες, ιδιομορφίες και ιδιομορφικά μάζες. Στη συνέχεια από φασματικές επιταχύνσεις και σύνθεση των ιδιομορφιών, υπολογίζονται οι σεισμικές οριζόντιες δυνάμεις. Ο συντελεστής δ επάυξης για στρεπτικά φαινόμενα λαμβάνεται με τη μέγιστη τιμή 1.30 (EC8 §4.3.3.2.4). Οι τελικές οριζόντιες σεισμικές δυνάμεις λαμβάνονται οι μέγιστες ανάμεσα στην απλοποιημένη φασματική μέθοδο με ισοδύναμη σεισμικά φορτία και τη δυναμική φασματική ανάλυση.

Ακαμψίες ορόφων

κατέυθ. x-x: 40.82, 48.02, 44.64, 44.37, 33.48, [GN/m]

κατέυθ. y-y: 49.29, 59.71, 59.75, 59.75, 33.66, [GN/m]

Μάζες ορόφων 1900.00, 1795.00, 1806.00, 1569.00, 601.00, [kNs<sup>2</sup>/m]

Ιδιοπερίοδοι

κατέυθ. x-x: 0.122 sec, 0.043 sec, 0.028 sec, 0.022 sec, 0.020 sec,

κατέυθ. y-y: 0.109 sec, 0.038 sec, 0.026 sec, 0.021 sec, 0.018 sec,

Ιδιομορφικές μάζες

κατέυθ. x-x: 6879.88, 630.57, 125.80, 31.89, 2.87, [kNs<sup>2</sup>/m]

κατέυθ. y-y: 6940.17, 574.28, 118.39, 32.60, 5.56, [kNs<sup>2</sup>/m]

Ποσοστά ιδιομορφικές μάζων επί συνολικής μάζας

κατέυθ. x-x: 89.7%, 8.2%, 1.6%, 0.4%, 0.0%,

κατέυθ. y-y: 90.5%, 7.5%, 1.5%, 0.4%, 0.1%,

Τιμές φασματικής επιτάχυνσης για θεμελιώδη ιδιοπερίοδο κατά x-x και y-y κατευθύνσεις

ιδιοπερίοδος T1= 0.122 sec, κατέυθ. x-x Sd(0.122)= 0.236g

ιδιοπερίοδος T1= 0.109 sec, κατέυθ. y-y Sd(0.109)= 0.223g

T1=0.122sec, κατέυθ.x-x, είναι <=4xTc=4x0.4=1.60sec, και <=2.0sec (EC8 §4.3.3.2.1)

T1=0.109sec, κατέυθ.y-y, είναι <=4xTc=4x0.4=1.60sec, και <=2.0sec (EC8 §4.3.3.2.1)

Οι συνθήκες του Ευρωκώδικα 8 §4.3.3.2.1(2) ικανοποιούνται. Εφόσον και τα κριτήρια κανονικότητας του κτιρίου ικανοποιούνται, η ισοδύναμη στατική ανάλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Τιμές φασματικής επιτάχυνσης κατά x-x και y-y κατευθύνσεις

κατέυθ. x-x, T1=0.122 sec, Sd(0.122)= 0.236g, κατέυθ. y-y, T1=0.109 sec, Sd(0.109)= 0.223g

κατέυθ. x-x, T2=0.043 sec, Sd(0.043)= 0.153g, κατέυθ. y-y, T2=0.038 sec, Sd(0.038)= 0.148g

κατέυθ. x-x, T3=0.028 sec, Sd(0.028)= 0.137g, κατέυθ. y-y, T3=0.026 sec, Sd(0.026)= 0.134g

κατέυθ. x-x, T4=0.022 sec, Sd(0.022)= 0.130g, κατέυθ. y-y, T4=0.021 sec, Sd(0.021)= 0.129g

κατέυθ. x-x, T5=0.020 sec, Sd(0.020)= 0.128g, κατέυθ. y-y, T5=0.018 sec, Sd(0.018)= 0.126g

Ιδιομορφικές μετατοπίσεις κατά x-x και y-y κατευθύνσεις

κατέυθ. x-x, T1=0.122 sec, qi= 71.92mm, κατέυθ. y-y, T1=0.109 sec, qi=54.607mm

κατέυθ. x-x, T2=0.043 sec, qi= -1.78mm, κατέυθ. y-y, T2=0.038 sec, qi=-1.299mm

κατέυθ. x-x, T3=0.028 sec, qi= 0.30mm, κατέυθ. y-y, T3=0.026 sec, qi= 0.239mm

κατέυθ. x-x, T4=0.022 sec, qi= -0.09mm, κατέυθ. y-y, T4=0.021 sec, qi=-0.077mm

κατέυθ. x-x, T5=0.020 sec, qi= -0.02mm, κατέυθ. y-y, T5=0.018 sec, qi=-0.024mm

Οριζόντιες σεισμικές δυνάμεις στις στάθμες ορόφων, κατά x-x και y-y κατευθύνσεις

4ος οροφος, κατέυθ. x-x Fx=2398.0 kN, κατέυθ. y-y Fy=2281.7 kN

3ος οροφος, κατέυθ. x-x Fx=5850.0 kN, κατέυθ. y-y Fy=5457.8 kN

2ος οροφος, κατέυθ. x-x Fx=5808.9 kN, κατέυθ. y-y Fy=5479.2 kN

1ος οροφος, κατέυθ. x-x Fx=4413.8 kN, κατέυθ. y-y Fy=4247.4 kN

Ισόγειο, κατέυθ. x-x Fx=2900.2 kN, κατέυθ. y-y Fy=2813.6 kN

Μέγιστες τιμές οριζοντίων σεισμικών δυνάμεων σε κάθε όροφο

Οροφος	Ισοδ. σεισμ. φορτία [kN]	Δυναμ. Ανάλυση Fx [kN]	Δυναμ. Ανάλυση Fy [kN]	Μέγιστες τιμές Fx,Fy [kN]
4ος οροφος	3974.7	2398.0	2281.7	3974.7
3ος οροφος	12461.3	8248.0	7739.5	12461.3
2ος οροφος	19931.3	14057.0	13218.7	19931.3
1ος οροφος	25071.4	18470.8	17466.1	25071.4
Ισόγειο	28094.0	21370.9	20279.7	28094.0

### Σεισμικά Φορτία Τοίχων

#### 4ος οροφος

#### T29

Διαστάσεις μήκος=21.40m, ύψος=2.65m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 520 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο 9x66 κόμβων, συνολικά 594 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=8.241$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =15.075 GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x=0.000$  GN/m, κατά y-y  $K_y=8.241$  GN/m



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=25.31$  m,  $e_y=0.25$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμόςx-x=  $3974.70 \times 0.000 / 33.480 + 14101 \times 0.25 \times 0.000 / 14812.191 = 0.00$  kN

Σεισμόςy-y=  $0.00 \times 0.000 / 33.480 + 5464 \times 0.25 \times 0.000 / 14812.191 = 0.00$  kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμόςx-x=  $0.00 \times 8.241 / 33.662 + 14101 \times 25.31 \times 8.241 / 14812.191 = 198.54$  kN

Σεισμόςy-y=  $3974.70 \times 8.241 / 33.662 + 5464 \times 25.31 \times 8.241 / 14812.191 = 1050.01$  kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά x και y (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2 = 0.00^2 + 0.00^2$ ,  $expF_x = 0.00$  kN

$(expF_y)^2 = 198.54^2 + 1050.01^2$ ,  $expF_y = 1068.62$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00$  kN

$maxF_y = 1050.01 + 0.30 \times 198.54 = 1109.58$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=1109.58$  kN**

#### 4ος οροφος

#### T30

Διαστάσεις μήκος=48.75m, ύψος=2.65m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 1176 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο 9x148 κόμβων, συνολικά 1332 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=20.358$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =34.483 GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x=20.358$  GN/m, κατά y-y  $K_y=0.000$  GN/m



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=1.40$  m,  $e_y=10.53$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμόςx-x=  $3974.70 \times 20.358 / 33.480 + 14101 \times 10.53 \times 20.358 / 14812.191 = 2620.95$  kN

Σεισμόςy-y=  $0.00 \times 20.358 / 33.480 + 5464 \times 10.53 \times 20.358 / 14812.191 = 79.08$  kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμόςx-x=  $0.00 \times 0.000 / 33.662 + 14101 \times 1.40 \times 0.000 / 14812.191 = 0.00$  kN

Σεισμόςy-y=  $3974.70 \times 0.000 / 33.662 + 5464 \times 1.40 \times 0.000 / 14812.191 = 0.00$  kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά x και y (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2 = 2620.95^2 + 79.08^2$ ,  $expF_x = 2622.14$  kN

$(expF_y)^2 = 0.00^2 + 0.00^2$ ,  $expF_y = 0.00$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x = 2620.95 + 0.30 \times 79.08 = 2644.67$  kN

$maxF_y = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=2644.67$  kN**

#### 4ος οροφος

#### T31

Διαστάσεις μήκος=51.00m, ύψος=2.65m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 1232 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο 9x155 κόμβων, συνολικά 1395 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=12.797$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =36.077 GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x=12.797$  GN/m, κατά y-y  $K_y=0.000$  GN/m



## Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=0.27$  m,  $e_y=10.03$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμός  $x-x=3974.70 \times 12.797 / 33.480 + 14101 \times 10.03 \times 12.797 / 14812.191 = 1641.48$  kN

Σεισμός  $y-y=0.00 \times 12.797 / 33.480 + 5464 \times 10.03 \times 12.797 / 14812.191 = 47.37$  kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμός  $x-x=0.00 \times 0.000 / 33.662 + 14101 \times 0.27 \times 0.000 / 14812.191 = 0.00$  kN

Σεισμός  $y-y=3974.70 \times 0.000 / 33.662 + 5464 \times 0.27 \times 0.000 / 14812.191 = 0.00$  kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(\exp F_x)^2 = 1641.48^2 + 47.37^2$ ,  $\exp F_x = 1642.16$  kN

$(\exp F_y)^2 = 0.00^2 + 0.00^2$ ,  $\exp F_y = 0.00$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$\max F_x = 1641.48 + 0.30 \times 47.37 = 1655.69$  kN

$\max F_y = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=1655.69$  kN**

**4ος οροφος**

**T32**

Διαστάσεις μήκος=21.20m, ύψος=2.65m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 512 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο  $9 \times 65$  κόμβων, συνολικά 585 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=10.756$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =14.933 GN/m

Ακαμψία κατά  $x-x$   $K_x=0.118$  GN/m, κατά  $y-y$   $K_y=10.639$  GN/m



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=24.10$  m,  $e_y=0.14$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμός  $x-x=3974.70 \times 0.118 / 33.480 + 14101 \times 0.14 \times 0.118 / 14812.191 = 14.02$  kN

Σεισμός  $y-y=0.00 \times 0.118 / 33.480 + 5464 \times 0.14 \times 0.118 / 14812.191 = 0.01$  kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμός  $x-x=0.00 \times 10.639 / 33.662 + 14101 \times 24.10 \times 10.639 / 14812.191 = 244.13$  kN

Σεισμός  $y-y=3974.70 \times 10.639 / 33.662 + 5464 \times 24.10 \times 10.639 / 14812.191 = 1350.83$  kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(\exp F_x)^2 = 14.02^2 + 0.01^2$ ,  $\exp F_x = 14.02$  kN

$(\exp F_y)^2 = 244.13^2 + 1350.83^2$ ,  $\exp F_y = 1372.71$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$\max F_x = 14.02 + 0.30 \times 0.01 = 14.03$  kN

$\max F_y = 1350.83 + 0.30 \times 244.13 = 1424.07$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=1431.91$  kN**

**4ος οροφος**

**T34**

Διαστάσεις μήκος=19.75m, ύψος=2.65m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 480 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο  $9 \times 61$  κόμβων, συνολικά 549 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=14.575$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =13.900 GN/m

Ακαμψία κατά  $x-x$   $K_x=0.000$  GN/m, κατά  $y-y$   $K_y=14.575$  GN/m



### Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=1.01$  m,  $e_y=0.26$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμός  $x-y= 3974.70 \times 0.000 / 33.480 + 14101 \times 0.26 \times 0.000 / 14812.191 = 0.00$  kN

Σεισμός  $y-x= 0.00 \times 0.000 / 33.480 + 5464 \times 0.26 \times 0.000 / 14812.191 = 0.00$  kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμός  $x-x= 0.00 \times 14.575 / 33.662 + 14101 \times 1.01 \times 14.575 / 14812.191 = 13.97$  kN

Σεισμός  $y-y= 3974.70 \times 14.575 / 33.662 + 5464 \times 1.01 \times 14.575 / 14812.191 = 1726.39$  kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2 = 0.00^2 + 0.00^2$ ,  $expF_x = 0.00$  kN

$(expF_y)^2 = 13.97^2 + 1726.39^2$ ,  $expF_y = 1726.45$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00$  kN

$maxF_y = 1726.39 + 0.30 \times 13.97 = 1730.58$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=1730.58$  kN**

Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Κέντρο Διάτμησης ορόφου (ΚΔ)

Τοίχος	Kx [GN/m]	Ky [GN/m]	x [m]	y [m]	x.Ky	y.Kx	x <sup>2</sup> .Ky	y <sup>2</sup> .Kx
T29	0.000	8.241	1.47	11.70	12.073	0.000	17.687	0.000
T30	20.358	0.000	25.38	1.42	0.000	28.959	0.000	41.195
T31	12.797	0.000	26.50	21.99	0.000	281.342	0.000	6185.305
T32	0.118	10.639	50.88	11.81	541.277	1.394	27538.338	16.465
T34	0.000	14.575	25.76	11.69	375.525	0.000	9675.398	0.000
Y133	0.005	0.005	5.41	5.11	0.026	0.025	0.141	0.126
Y134	0.005	0.005	5.41	5.11	0.026	0.025	0.141	0.126
Y135	0.005	0.005	5.41	5.11	0.026	0.025	0.141	0.126
Y136	0.005	0.005	9.41	5.11	0.045	0.025	0.427	0.126
Y137	0.005	0.005	5.41	8.41	0.026	0.040	0.141	0.341
Y138	0.005	0.005	9.41	8.41	0.045	0.040	0.427	0.341
Y139	0.005	0.005	5.41	11.72	0.026	0.056	0.141	0.660
Y140	0.005	0.005	9.41	11.72	0.045	0.056	0.427	0.660
Y141	0.005	0.005	5.41	15.02	0.026	0.072	0.141	1.085
Y142	0.005	0.005	9.41	15.02	0.045	0.072	0.427	1.085
Y143	0.005	0.005	5.41	18.32	0.026	0.088	0.141	1.614
Y144	0.005	0.005	9.41	18.32	0.045	0.088	0.427	1.614
Y145	0.005	0.005	17.72	5.11	0.085	0.025	1.510	0.126
Y146	0.005	0.005	22.01	5.11	0.106	0.025	2.332	0.126
Y147	0.005	0.005	17.72	8.41	0.085	0.040	1.510	0.341
Y148	0.005	0.005	22.01	8.41	0.106	0.040	2.332	0.341
Y149	0.005	0.005	17.72	11.72	0.085	0.056	1.510	0.660
Y150	0.005	0.005	22.01	11.72	0.106	0.056	2.332	0.660
Y151	0.005	0.005	17.72	15.02	0.085	0.072	1.510	1.085
Y152	0.005	0.005	22.01	15.02	0.106	0.072	2.332	1.085
Y153	0.005	0.005	17.72	18.32	0.085	0.088	1.510	1.614
Y154	0.005	0.005	22.01	18.32	0.106	0.088	2.332	1.614
Y155	0.005	0.005	29.82	5.11	0.143	0.025	4.278	0.126
Y156	0.005	0.005	29.82	8.41	0.143	0.040	4.278	0.341
Y157	0.005	0.005	29.82	11.72	0.143	0.056	4.278	0.660
Y158	0.005	0.005	29.82	15.02	0.143	0.072	4.278	1.085
Y159	0.005	0.005	29.82	18.32	0.143	0.088	4.278	1.614
Y160	0.005	0.005	29.82	18.32	0.143	0.088	4.278	1.614
Y161	0.005	0.005	34.12	5.11	0.164	0.025	5.600	0.126
Y162	0.005	0.005	34.12	8.41	0.164	0.040	5.600	0.341
Y163	0.005	0.005	34.12	11.72	0.164	0.056	5.600	0.660
Y164	0.005	0.005	34.12	15.02	0.164	0.072	5.600	1.085
Y165	0.005	0.005	34.12	18.32	0.164	0.088	5.600	1.614
Y206	0.005	0.005	41.81	18.32	0.201	0.088	8.414	1.614
Y207	0.005	0.005	46.12	18.32	0.222	0.088	10.233	1.614
Y210	0.005	0.005	41.81	11.72	0.201	0.056	8.414	0.660
Y211	0.005	0.005	46.12	11.72	0.222	0.056	10.233	0.660
Y212	0.005	0.005	41.81	8.41	0.201	0.040	8.414	0.341
Y213	0.005	0.005	46.12	8.41	0.222	0.040	10.233	0.341
Y214	0.005	0.005	41.81	5.11	0.201	0.025	8.414	0.126
Y215	0.005	0.005	46.12	5.11	0.222	0.025	10.233	0.126
Y208	0.005	0.005	41.81	15.02	0.201	0.072	8.414	1.085
Y209	0.005	0.005	46.12	15.02	0.222	0.072	10.233	1.085

Σύνολα 33.480 GN/m 33.662 GN/m 934.037 314.088 37400.668 6275.444

Κέντρο διάτμησης  $x = 934.037/33.662 = 27.75 \text{ m}$  ,  $y = 314.088/33.480 = 9.38 \text{ m}$

Στρεπτική ακαμψία ορόφου  $I_p = 37400.668 + 6275.444 - 27.75^2 \times 33.662 - 9.38^2 \times 33.480 = 14812.191 \text{ GNm}$



### Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Στατικές εκκεντρότητες  $e_{ox}=26.12-26.77=-0.65$  m,  $e_{oy}=12.15-11.95=0.20$  m  
 Τυχηματικές εκκεντρότητες ορόφου  $e_{ax}=0.05 \times 51.42=2.57$  m,  $e_{ay}=0.05 \times 21.43=1.07$  m (EC8 §4.3.2)  
 Οι κύριες διευθύνσεις του κτιρίου λαμβάνονται παράλληλα με τους άξονες x και y.  
 Τυχηματικά στρεπτικά φαινόμενα λαμβάνονται υπ όψη με τις τυχηματικές εκκεντρότητες.  
 Οι ισοδύναμες στατικές εκκεντρότητες λαμβάνονται ως : (Ευρωκ.8 §4.3.3.2.4 (2))  
 $e_{fi}=1.50 \times e_{ai}$ ,  $e_{fr}=0.50 \times e_{ai}$   
 $e_{fx}=1.50 \times -0.65=-0.98$  m,  $e_{rx}=0.50 \times -0.65=-0.33$  m,  $e_{fy}=1.50 \times 0.20=0.30$  m,  $e_{ry}=0.50 \times 0.20=0.10$  m  
**Εκκεντρότητες σχεδιασμού (Ευρωκ.8 4.3.3.2)**  
 $max_{ex}= -0.33+ 2.57= 2.25$  m,  $min_{ex}= -0.98- 2.57= -3.55$  m  
 $max_{ey}= 0.30+ 1.07= 1.37$  m,  $min_{ey}= 0.10- 1.07= -0.97$  m  
**Μέγιστες στρεπτικές ροπές φορτίου ορόφου λόγω εκκεντρότητας  $max_e$  και  $min_e$**   
**φόρτιση κατά x-x  $max_{Mz_x}= 3.55 \times 3975= 14101$  kNm**  
**φόρτιση κατά y-y  $max_{Mz_y}= 1.37 \times 3975= 5464$  kNm**  
**Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου  $\delta x=0.001 \times 3974.7/16.740= 0.237$  mm (EC8 §9.4.2)**  
**Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου  $\delta y=0.001 \times 3974.7/16.831= 0.236$  mm (EC8 §9.4.2)**  
**Μέγιστες απόλιτες μετατοπίσεις ορόφου  $\Delta x= 4.113$  mm  $\Delta y= 3.300$  mm**

### Έλεγχος Κανονικότητας ορόφου κτιρίου (Ευρωκ.8 §4.2.3)

α) Έλεγχος διαστάσεων (Ευρωκ.8 §4.2.3.2)

Περίγραμμα ορόφου  $minX= 1.00$  m,  $maxX= 52.42$  m,  $minY= 0.99$  m,  $maxY= 22.42$  m

Πλευρές κτιρίου  $L_x= 51.42$  m,  $L_y= 21.43$  m

Λόγος πλευρών  $L_{max}/L_{min}= 51.42/21.43=2.40 \leq 4$  ικανοποιείται η συνθήκη (Ευρωκ.8 §4.2.3.2(5))

$e_{ox}=0.651 \leq 0.30$   $r_x=0.30 \times 21.034=6.310$ ,  $r_x=21.034 \geq 1s=0.420$

$e_{oy}=0.202 \leq 0.30$   $r_y=0.30 \times 20.977=6.293$ ,  $r_y=20.977 \geq 1s=0.420$

Ικανοποιούνται οι συνθήκες (Ευρωκ.8 §4.2.3.2(6) (4.1a) και (4.1b))

$21.034^2=442.421 > 0.420^2+0.651^2=0.600$   $r_x^2 > 1s^2+e_{ox}^2$

$20.977^2=440.029 > 0.420^2+0.202^2=0.217$   $r_x^2 > 1s^2+e_{ox}^2$

Ικανοποιούνται οι συνθήκες (Ευρωκ.8 §4.3.3.1(8) d)

β,γ) Έλεγχος μεταβολής Δυσκαμψίας και Μάζας ορόφου (Ευρωκ.8 §4.2.3.3)

$\delta k/k=(44.374-33.480)/44.374=0.25$   $\delta m/m=(1791-1178)/1791=0.34$

$\Delta k \leq 0.50$  και  $\Delta m \leq 0.50$  άρα ικανοποιείται ο έλεγχος μεταβολής δυσκαμψίας και μάζας ορόφου.

$T_1=0.372$  s  $< T_c=4 \times 0.400=1.600$  s,  $T_1=0.372$  s  $< 2.00$  s

Ικανοποιούνται οι συνθήκες (Ευρωκ.8 §4.3.3.2(2) a)

### 3ος οροφος

### T22

Διαστάσεις μήκος=21.40m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 488 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο 9x62 κόμβων, συνολικά 558 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K= 7.924$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =14.259 GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x= 0.000$  GN/m, κατά y-y  $K_y= 7.924$  GN/m

Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=25.31$  m,  $e_y=0.25$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμός x-x=12461.30x 0.000/ 44.374+ 47774x 0.25x 0.000/19790.670= 0.00 kN

Σεισμός y-y= 0.00x 0.000/ 44.374+ 16979x 0.25x 0.000/19790.670= 0.00 kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμός x-x= 0.00x 7.924/ 59.752+ 47774x25.31x 7.924/19790.670= 484.08 kN

Σεισμός y-y=12461.30x 7.924/ 59.752+ 16979x25.31x 7.924/19790.670= 1824.58 kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά x και y (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2= 0.00^2+ 0.00^2$ ,  $expF_x= 0.00$  kN

$(expF_y)^2= 484.08^2+ 1824.58^2$ ,  $expF_y= 1887.71$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x= 0.00 + 0.30 \times 0.00= 0.00$  kN

$maxF_y= 1824.58 + 0.30 \times 484.08= 1969.81$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=1969.81$  kN**

### Σεισμικά Φορτία Τοίχων

#### 3ος οροφος

#### T23

Διαστάσεις μήκος=48.75m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 1112 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο 9x140 κόμβων, συνολικά 1260 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=21.508$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =32.632 GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x=21.508$  GN/m, κατά y-y  $K_y= 0.000$  GN/m



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=1.40$  m,  $e_y=10.53$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμόςx-x= $12461.30 \times 21.508 / 44.374 + 47774 \times 10.53 \times 21.508 / 19790.670 = 6586.60$  kN

Σεισμόςy-y= $0.00 \times 21.508 / 44.374 + 16979 \times 10.53 \times 21.508 / 19790.670 = 194.29$  kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμόςx-x= $0.00 \times 0.000 / 59.752 + 47774 \times 1.40 \times 0.000 / 19790.670 = 0.00$  kN

Σεισμόςy-y= $12461.30 \times 0.000 / 59.752 + 16979 \times 1.40 \times 0.000 / 19790.670 = 0.00$  kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά x και y (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2 = 6586.60^2 + 194.29^2$ ,  $expF_x = 6589.47$  kN

$(expF_y)^2 = 0.00^2 + 0.00^2$ ,  $expF_y = 0.00$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x = 6586.60 + 0.30 \times 194.29 = 6644.89$  kN

$maxF_y = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=6644.89$  kN**

#### 3ος οροφος

#### T24

Διαστάσεις μήκος=51.00m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 1168 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο 9x147 κόμβων, συνολικά 1323 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=22.580$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =34.141 GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x=22.580$  GN/m, κατά y-y  $K_y= 0.000$  GN/m



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=0.27$  m,  $e_y=10.03$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμόςx-x= $12461.30 \times 22.580 / 44.374 + 47774 \times 10.03 \times 22.580 / 19790.670 = 6887.84$  kN

Σεισμόςy-y= $0.00 \times 22.580 / 44.374 + 16979 \times 10.03 \times 22.580 / 19790.670 = 194.36$  kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμόςx-x= $0.00 \times 0.000 / 59.752 + 47774 \times 0.27 \times 0.000 / 19790.670 = 0.00$  kN

Σεισμόςy-y= $12461.30 \times 0.000 / 59.752 + 16979 \times 0.27 \times 0.000 / 19790.670 = 0.00$  kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά x και y (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2 = 6887.84^2 + 194.36^2$ ,  $expF_x = 6890.59$  kN

$(expF_y)^2 = 0.00^2 + 0.00^2$ ,  $expF_y = 0.00$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x = 6887.84 + 0.30 \times 194.36 = 6946.15$  kN

$maxF_y = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=6946.15$  kN**

#### 3ος οροφος

#### T25

Διαστάσεις μήκος=21.20m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 488 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο 9x62 κόμβων, συνολικά 558 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=10.181$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =14.124 GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x= 0.111$  GN/m, κατά y-y  $K_y=10.070$  GN/m



## Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=24.10$  m,  $e_y=0.14$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

$$\text{Σεισμός } x-x=12461.30 \times 0.111 / 44.374 + 47774 \times 0.14 \times 0.111 / 19790.670 = 31.21 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=0.00 \times 0.111 / 44.374 + 16979 \times 0.14 \times 0.111 / 19790.670 = 0.01 \text{ kN}$$

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

$$\text{Σεισμός } x-x=0.00 \times 10.070 / 59.752 + 47774 \times 24.10 \times 10.070 / 19790.670 = 585.95 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=12461.30 \times 10.070 / 59.752 + 16979 \times 24.10 \times 10.070 / 19790.670 = 2308.33 \text{ kN}$$

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$$(\exp F_x)^2 = 31.21^2 + 0.01^2, \exp F_x = 31.21 \text{ kN}$$

$$(\exp F_y)^2 = 585.95^2 + 2308.33^2, \exp F_y = 2381.54 \text{ kN}$$

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$$\max F_x = 31.21 + 0.30 \times 0.01 = 31.21 \text{ kN}$$

$$\max F_y = 2308.33 + 0.30 \times 585.95 = 2484.12 \text{ kN}$$

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=2497.80$  kN**

**3ος οροφος**

**T26**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

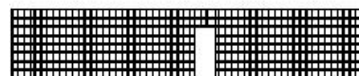
Ο τοίχος χωρίζεται σε 456 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάναβο 9x58 κόμβων, συνολικά 522 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=13.861$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =13.214 GN/m

Ακαμψία κατά  $x-x$   $K_x=0.000$  GN/m, κατά  $y-y$   $K_y=13.861$  GN/m



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=13.21$  m,  $e_y=0.23$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

$$\text{Σεισμός } x-x=12461.30 \times 0.000 / 44.374 + 47774 \times 0.23 \times 0.000 / 19790.670 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=0.00 \times 0.000 / 44.374 + 16979 \times 0.23 \times 0.000 / 19790.670 = 0.00 \text{ kN}$$

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

$$\text{Σεισμός } x-x=0.00 \times 13.861 / 59.752 + 47774 \times 13.21 \times 13.861 / 19790.670 = 441.91 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=12461.30 \times 13.861 / 59.752 + 16979 \times 13.21 \times 13.861 / 19790.670 = 3047.75 \text{ kN}$$

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$$(\exp F_x)^2 = 0.00^2 + 0.00^2, \exp F_x = 0.00 \text{ kN}$$

$$(\exp F_y)^2 = 441.91^2 + 3047.75^2, \exp F_y = 3079.62 \text{ kN}$$

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$$\max F_x = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\max F_y = 3047.75 + 0.30 \times 441.91 = 3180.32 \text{ kN}$$

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=3180.32$  kN**

**3ος οροφος**

**T27**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

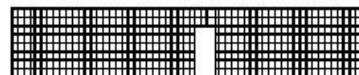
Ο τοίχος χωρίζεται σε 456 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάναβο 9x58 κόμβων, συνολικά 522 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=13.861$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =13.214 GN/m

Ακαμψία κατά  $x-x$   $K_x=0.000$  GN/m, κατά  $y-y$   $K_y=13.861$  GN/m



### Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=1.01$  m,  $e_y=0.23$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

$$\text{Σεισμός } x-x=12461.30 \times 0.000 / 44.374 + 47774 \times 0.23 \times 0.000 / 19790.670 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=0.00 \times 0.000 / 44.374 + 16979 \times 0.23 \times 0.000 / 19790.670 = 0.00 \text{ kN}$$

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

$$\text{Σεισμός } x-x=0.00 \times 13.861 / 59.752 + 47774 \times 1.01 \times 13.861 / 19790.670 = 33.70 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=12461.30 \times 13.861 / 59.752 + 16979 \times 1.01 \times 13.861 / 19790.670 = 2902.68 \text{ kN}$$

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$$(\text{exp}F_x)^2 = 0.00^2 + 0.00^2, \text{exp}F_x = 0.00 \text{ kN}$$

$$(\text{exp}F_y)^2 = 33.70^2 + 2902.68^2, \text{exp}F_y = 2902.87 \text{ kN}$$

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$$\text{max}F_x = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\text{max}F_y = 2902.68 + 0.30 \times 33.70 = 2912.79 \text{ kN}$$

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=2912.79$  kN**

**3ος οροφος**

**T28**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 456 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάναβο 9x58 κόμβων, συνολικά 522 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=13.861$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =13.214 GN/m

Ακαμψία κατά  $x-x$   $K_x=0.000$  GN/m, κατά  $y-y$   $K_y=13.861$  GN/m

Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=11.19$  m,  $e_y=0.23$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

$$\text{Σεισμός } x-x=12461.30 \times 0.000 / 44.374 + 47774 \times 0.23 \times 0.000 / 19790.670 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=0.00 \times 0.000 / 44.374 + 16979 \times 0.23 \times 0.000 / 19790.670 = 0.00 \text{ kN}$$

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

$$\text{Σεισμός } x-x=0.00 \times 13.861 / 59.752 + 47774 \times 11.19 \times 13.861 / 19790.670 = 374.51 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=12461.30 \times 13.861 / 59.752 + 16979 \times 11.19 \times 13.861 / 19790.670 = 3023.80 \text{ kN}$$

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$$(\text{exp}F_x)^2 = 0.00^2 + 0.00^2, \text{exp}F_x = 0.00 \text{ kN}$$

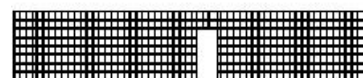
$$(\text{exp}F_y)^2 = 374.51^2 + 3023.80^2, \text{exp}F_y = 3046.90 \text{ kN}$$

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$$\text{max}F_x = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\text{max}F_y = 3023.80 + 0.30 \times 374.51 = 3136.15 \text{ kN}$$

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=3136.15$  kN**



Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Κέντρο Διάτμησης ορόφου (ΚΔ)

Τοίχος	Kx [GN/m]	Ky [GN/m]	x [m]	y [m]	x.Ky	y.Kx	x <sup>2</sup> .Ky	y <sup>2</sup> .Kx
T22	0.000	7.924	1.47	11.70	11.609	0.000	17.007	0.000
T23	21.508	0.000	25.38	1.42	0.000	30.595	0.000	43.522
T24	22.580	0.000	26.50	21.99	0.000	496.421	0.000	10913.823
T25	0.111	10.070	50.88	11.81	512.328	1.311	26065.520	15.489
T26	0.000	13.861	13.56	11.72	188.024	0.000	2550.552	0.000
T27	0.000	13.861	25.76	11.72	357.129	0.000	9201.420	0.000
T28	0.000	13.861	37.97	11.72	526.233	0.000	19978.430	0.000
Y100	0.004	0.004	5.41	5.11	0.022	0.021	0.120	0.107
Y101	0.004	0.004	5.41	5.11	0.022	0.021	0.120	0.107
Y102	0.004	0.004	5.41	5.11	0.022	0.021	0.120	0.107
Y103	0.004	0.004	9.41	5.11	0.038	0.021	0.362	0.107
Y104	0.004	0.004	5.41	8.41	0.022	0.034	0.120	0.289
Y105	0.004	0.004	9.41	8.41	0.038	0.034	0.362	0.289
Y106	0.004	0.004	5.41	11.72	0.022	0.048	0.120	0.560
Y107	0.004	0.004	9.41	11.72	0.038	0.048	0.362	0.560
Y108	0.004	0.004	5.41	15.02	0.022	0.061	0.120	0.920
Y109	0.004	0.004	9.41	15.02	0.038	0.061	0.362	0.920
Y110	0.004	0.004	5.41	18.32	0.022	0.075	0.120	1.368
Y111	0.004	0.004	9.41	18.32	0.038	0.075	0.362	1.368
Y112	0.004	0.004	17.72	5.11	0.072	0.021	1.280	0.107
Y113	0.004	0.004	22.01	5.11	0.090	0.021	1.977	0.107
Y114	0.004	0.004	17.72	8.41	0.072	0.034	1.280	0.289
Y115	0.004	0.004	22.01	8.41	0.090	0.034	1.977	0.289
Y116	0.004	0.004	17.72	11.72	0.072	0.048	1.280	0.560
Y117	0.004	0.004	22.01	11.72	0.090	0.048	1.977	0.560
Y118	0.004	0.004	17.72	15.02	0.072	0.061	1.280	0.920
Y119	0.004	0.004	22.01	15.02	0.090	0.061	1.977	0.920
Y120	0.004	0.004	17.72	18.32	0.072	0.075	1.280	1.368
Y121	0.004	0.004	22.01	18.32	0.090	0.075	1.977	1.368
Y122	0.004	0.004	29.82	5.11	0.122	0.021	3.626	0.107
Y123	0.004	0.004	29.82	8.41	0.122	0.034	3.626	0.289
Y124	0.004	0.004	29.82	11.72	0.122	0.048	3.626	0.560
Y125	0.004	0.004	29.82	15.02	0.122	0.061	3.626	0.920
Y126	0.004	0.004	29.82	18.32	0.122	0.075	3.626	1.368
Y127	0.004	0.004	29.82	18.32	0.122	0.075	3.626	1.368
Y128	0.004	0.004	34.12	5.11	0.139	0.021	4.748	0.107
Y129	0.004	0.004	34.12	8.41	0.139	0.034	4.748	0.289
Y130	0.004	0.004	34.12	11.72	0.139	0.048	4.748	0.560
Y131	0.004	0.004	34.12	15.02	0.139	0.061	4.748	0.920
Y132	0.004	0.004	34.12	18.32	0.139	0.075	4.748	1.368
Y196	0.004	0.004	41.81	18.32	0.171	0.075	7.133	1.368
Y197	0.004	0.004	46.12	18.32	0.188	0.075	8.675	1.368
Y200	0.004	0.004	41.81	11.72	0.171	0.048	7.133	0.560
Y201	0.004	0.004	46.12	11.72	0.188	0.048	8.675	0.560
Y202	0.004	0.004	41.81	8.41	0.171	0.034	7.133	0.289
Y203	0.004	0.004	46.12	8.41	0.188	0.034	8.675	0.289
Y204	0.004	0.004	41.81	5.11	0.171	0.021	7.133	0.107
Y205	0.004	0.004	46.12	5.11	0.188	0.021	8.675	0.107
Y198	0.004	0.004	41.81	15.02	0.171	0.061	7.133	0.920
Y199	0.004	0.004	46.12	15.02	0.188	0.061	8.675	0.920

Σύνολο 44.374 GN/m 59.752 GN/m 1599.698 530.356 57956.406 11000.359

Κέντρο διάτμησης  $x = 1599.698 / 59.752 = 26.77 \text{ m}$  ,  $y = 530.356 / 44.374 = 11.95 \text{ m}$

Στροπετική ακαμψία ορόφου  $I_p = 57956.406 + 11000.359 - 26.77^2 \times 59.752 - 11.95^2 \times 44.374 = 19790.670 \text{ GNm}$

### Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Στατικές εκκεντρότητες  $e_{ox}=25.93-26.77=-0.84$  m,  $e_{oy}=11.76-11.95=-0.19$  m  
 Τυχρηματικές εκκεντρότητες ορόφου  $e_{ax}=0.05 \times 51.42=2.57$  m,  $e_{ay}=0.05 \times 21.43=1.07$  m (EC8 §4.3.2)  
 Οι κύριες διευθύνσεις του κτιρίου λαμβάνονται παράλληλα με τους άξονες x και y.  
 Τυχρηματικά στρεπτικά φαινόμενα λαμβάνονται υπ όψη με τις τυχρηματικές εκκεντρότητες.  
 Οι ισοδύναμες στατικές εκκεντρότητες λαμβάνονται ως : (Ευρωκ.8 §4.3.3.2.4 (2))  
 $e_{fi}=1.50 \times e_{ai}$ ,  $e_{fr}=0.50 \times e_{ai}$   
 $e_{fx}=1.50 \times -0.84=-1.26$  m,  $e_{rx}=0.50 \times -0.84=-0.42$  m,  $e_{fy}=1.50 \times -0.19=-0.29$  m,  $e_{ry}=0.50 \times -0.19=-0.10$  m  
**Εκκεντρότητες σχεδιασμού (Ευρωκ.8 4.3.3.2)**  
 $max_{ex}= -0.42+ 2.57= 2.15$  m,  $min_{ex}= -1.26- 2.57= -3.83$  m  
 $max_{ey}= -0.10+ 1.07= 0.97$  m,  $min_{ey}= -0.29- 1.07= -1.36$  m  
**Μέγιστες στρεπτικές ροπές φορτίου ορόφου λόγω εκκεντρότητας  $max_e$  και  $min_e$**   
**φόρτιση κατά x-x  $max_{Mz_x}= 3.83 \times 12461= 47774$  kNm**  
**φόρτιση κατά y-y  $max_{Mz_y}= 1.36 \times 12461= 16979$  kNm**  
**Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου  $\delta_x=0.001 \times 12461.3/22.187= 0.562$  mm (EC8 §9.4.2)**  
**Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου  $\delta_y=0.001 \times 12461.3/29.876= 0.417$  mm (EC8 §9.4.2)**  
**Μέγιστες απόλιτες μετατοπίσεις ορόφου  $\Delta x= 3.875$  mm  $\Delta y= 3.064$  mm**

### Έλεγχος Κανονικότητας ορόφου κτιρίου (Ευρωκ.8 §4.2.3)

α) Έλεγχος διαστάσεων (Ευρωκ.8 §4.2.3.2)

Περίγραμμα ορόφου  $minX= 1.00$  m,  $maxX= 52.42$  m,  $minY= 0.99$  m,  $maxY= 22.42$  m

Πλευρές κτιρίου  $L_x= 51.42$  m,  $L_y= 21.43$  m

Λόγος πλευρών  $L_{max}/L_{min}= 51.42/21.43=2.40 \leq 4$  ικανοποιείται η συνθήκη (Ευρωκ.8 §4.2.3.2(5))

$e_{ox}=0.842 \leq 0.30$   $r_x=0.30 \times 21.119=6.336$ ,  $r_x=21.119 \geq 1s=0.339$

$e_{oy}=0.194 \leq 0.30$   $r_y=0.30 \times 18.199=5.460$ ,  $r_y=18.199 \geq 1s=0.339$

Ικανοποιούνται οι συνθήκες (Ευρωκ.8 §4.2.3.2(6) (4.1a) και (4.1b))

$21.119^2=445.993 > 0.339^2+0.842^2=0.824$   $r_x^2 > 1s^2+e_{ox}^2$

$18.199^2=331.212 > 0.339^2+0.194^2=0.153$   $r_x^2 > 1s^2+e_{ox}^2$

Ικανοποιούνται οι συνθήκες (Ευρωκ.8 §4.3.3.1(8) d)

β,γ) Έλεγχος μεταβολής Δυσκαμψίας και Μάζας ορόφου (Ευρωκ.8 §4.2.3.3)

$\delta_k/k=(44.639-44.374)/44.639=0.01$   $\delta m/m=(1808-1791)/1808=0.01$

$\Delta k \leq 0.50$  και  $\Delta m \leq 0.50$  άρα ικανοποιείται ο έλεγχος μεταβολής δυσκαμψίας και μάζας ορόφου.

$T1=0.372$  s  $< T_c=4 \times 0.400=1.600$  s,  $T1=0.372$  s  $< 2.00$  s

Ικανοποιούνται οι συνθήκες (Ευρωκ.8 §4.3.3.2(2) a)

### 2ος οροφος

**T15**

Διαστάσεις μήκος=21.40m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδό του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 488 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάναβο 9x62 κόμβων, συνολικά 558 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K= 7.924$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =14.259 GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x= 0.000$  GN/m, κατά y-y  $K_y= 7.924$  GN/m

Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=25.31$  m,  $e_y=0.25$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμός x-x=19931.30x 0.000/ 44.639+ 77171x 0.25x 0.000/19817.188= 0.00 kN

Σεισμός y-y= 0.00x 0.000/ 44.639+ 26289x 0.25x 0.000/19817.188= 0.00 kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμός x-x= 0.00x 7.924/ 59.752+ 77171x25.31x 7.924/19817.188= 780.90 kN

Σεισμός y-y=19931.30x 7.924/ 59.752+ 26289x25.31x 7.924/19817.188= 2909.19 kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά x και y (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2= 0.00^2+ 0.00^2$ ,  $expF_x= 0.00$  kN

$(expF_y)^2= 780.90^2+ 2909.19^2$ ,  $expF_y= 3012.18$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x= 0.00 + 0.30 \times 0.00= 0.00$  kN

$maxF_y= 2909.19 + 0.30 \times 780.90= 3143.46$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=3143.46$  kN**

### Σεισμικά Φορτία Τοίχων

#### 2ος οροφος

#### T16

Διαστάσεις μήκος=48.75m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 1112 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο 9x140 κόμβων, συνολικά 1260 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=21.508$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =32.632 GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x=21.508$  GN/m, κατά y-y  $K_y= 0.000$  GN/m



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=1.40$  m,  $e_y=10.53$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμόςx-x=19931.30x21.508/ 44.639+ 77171x10.53x21.508/19817.188=10485.13 kN

Σεισμόςy-y= 0.00x21.508/ 44.639+ 26289x10.53x21.508/19817.188= 300.42 kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμόςx-x= 0.00x 0.000/ 59.752+ 77171x 1.40x 0.000/19817.188= 0.00 kN

Σεισμόςy-y=19931.30x 0.000/ 59.752+ 26289x 1.40x 0.000/19817.188= 0.00 kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά x και y (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2=10485.13^2+ 300.42^2$ ,  $expF_x=10489.43$  kN

$(expF_y)^2= 0.00^2+ 0.00^2$ ,  $expF_y= 0.00$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x=10485.13 + 0.30x 300.42=10575.25$  kN

$maxF_y= 0.00 + 0.30x 0.00= 0.00$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=10575.25$  kN**

#### 2ος οροφος

#### T17

Διαστάσεις μήκος=51.00m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 1168 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο 9x147 κόμβων, συνολικά 1323 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=22.845$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =34.141 GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x=22.845$  GN/m, κατά y-y  $K_y= 0.000$  GN/m



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=0.27$  m,  $e_y=10.03$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμόςx-x=19931.30x22.845/ 44.639+ 77171x10.03x22.845/19817.188=11092.77 kN

Σεισμόςy-y= 0.00x22.845/ 44.639+ 26289x10.03x22.845/19817.188= 304.06 kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμόςx-x= 0.00x 0.000/ 59.752+ 77171x 0.27x 0.000/19817.188= 0.00 kN

Σεισμόςy-y=19931.30x 0.000/ 59.752+ 26289x 0.27x 0.000/19817.188= 0.00 kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά x και y (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2=11092.77^2+ 304.06^2$ ,  $expF_x=11096.93$  kN

$(expF_y)^2= 0.00^2+ 0.00^2$ ,  $expF_y= 0.00$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x=11092.77 + 0.30x 304.06=11183.99$  kN

$maxF_y= 0.00 + 0.30x 0.00= 0.00$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=11183.99$  kN**

#### 2ος οροφος

#### T18

Διαστάσεις μήκος=21.20m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 488 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο 9x62 κόμβων, συνολικά 558 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=10.181$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =14.124 GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x= 0.111$  GN/m, κατά y-y  $K_y=10.070$  GN/m



## Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=24.10$  m,  $e_y=0.14$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμός  $x-x=19931.30x$   $0.111/44.639+$   $77171x$   $0.14x$   $0.111/19817.188=$   $49.62$  kN

Σεισμός  $y-y=$   $0.00x$   $0.111/44.639+$   $26289x$   $0.14x$   $0.111/19817.188=$   $0.02$  kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμός  $x-x=$   $0.00x$   $10.070/59.752+$   $77171x$   $24.10x$   $10.070/19817.188=$   $945.23$  kN

Σεισμός  $y-y=19931.30x$   $10.070/59.752+$   $26289x$   $24.10x$   $10.070/19817.188=$   $3681.00$  kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2=$   $49.62^2+$   $0.02^2$ ,  $expF_x=$   $49.62$  kN

$(expF_y)^2=$   $945.23^2+$   $3681.00^2$ ,  $expF_y=$   $3800.42$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x=$   $49.62 + 0.30x$   $0.02=$   $49.63$  kN

$maxF_y=$   $3681.00 + 0.30x$   $945.23=$   $3964.57$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=3986.41$  kN**

**2ος οροφος**

**T19**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

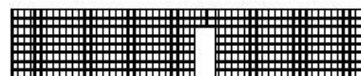
Ο τοίχος χωρίζεται σε 456 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάναβο 9x58 κόμβων, συνολικά 522 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=13.861$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =13.214 GN/m

Ακαμψία κατά  $x-x$   $K_x= 0.000$  GN/m, κατά  $y-y$   $K_y=13.861$  GN/m



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=13.21$  m,  $e_y=0.23$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμός  $x-x=19931.30x$   $0.000/44.639+$   $77171x$   $0.23x$   $0.000/19817.188=$   $0.00$  kN

Σεισμός  $y-y=$   $0.00x$   $0.000/44.639+$   $26289x$   $0.23x$   $0.000/19817.188=$   $0.00$  kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμός  $x-x=$   $0.00x$   $13.861/59.752+$   $77171x$   $13.21x$   $13.861/19817.188=$   $712.88$  kN

Σεισμός  $y-y=19931.30x$   $13.861/59.752+$   $26289x$   $13.21x$   $13.861/19817.188=$   $4866.39$  kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2=$   $0.00^2+$   $0.00^2$ ,  $expF_x=$   $0.00$  kN

$(expF_y)^2=$   $712.88^2+$   $4866.39^2$ ,  $expF_y=$   $4918.33$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x=$   $0.00 + 0.30x$   $0.00=$   $0.00$  kN

$maxF_y=$   $4866.39 + 0.30x$   $712.88=$   $5080.25$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=5080.25$  kN**

**2ος οροφος**

**T20**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 456 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάναβο 9x58 κόμβων, συνολικά 522 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=13.861$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =13.214 GN/m

Ακαμψία κατά  $x-x$   $K_x= 0.000$  GN/m, κατά  $y-y$   $K_y=13.861$  GN/m





## Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=1.01$  m,  $e_y=0.23$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

$$\text{Σεισμός } x-x=19931.30 \times 0.000 / 44.639 + 77171 \times 0.23 \times 0.000 / 19817.188 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=0.00 \times 0.000 / 44.639 + 26289 \times 0.23 \times 0.000 / 19817.188 = 0.00 \text{ kN}$$

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

$$\text{Σεισμός } x-x=0.00 \times 13.861 / 59.752 + 77171 \times 1.01 \times 13.861 / 19817.188 = 54.36 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=19931.30 \times 13.861 / 59.752 + 26289 \times 1.01 \times 13.861 / 19817.188 = 4642.07 \text{ kN}$$

Επαλληλίσια σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$$(\exp F_x)^2 = 0.00^2 + 0.00^2, \exp F_x = 0.00 \text{ kN}$$

$$(\exp F_y)^2 = 54.36^2 + 4642.07^2, \exp F_y = 4642.38 \text{ kN}$$

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$$\max F_x = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\max F_y = 4642.07 + 0.30 \times 54.36 = 4658.37 \text{ kN}$$

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=4658.37$  kN**

**2ος οροφος**

**T21**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

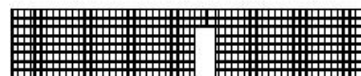
Ο τοίχος χωρίζεται σε 456 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάναβο 9x58 κόμβων, συνολικά 522 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=13.861$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =13.214 GN/m

Ακαμψία κατά  $x-x$   $K_x=0.000$  GN/m, κατά  $y-y$   $K_y=13.861$  GN/m



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=11.19$  m,  $e_y=0.23$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

$$\text{Σεισμός } x-x=19931.30 \times 0.000 / 44.639 + 77171 \times 0.23 \times 0.000 / 19817.188 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=0.00 \times 0.000 / 44.639 + 26289 \times 0.23 \times 0.000 / 19817.188 = 0.00 \text{ kN}$$

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

$$\text{Σεισμός } x-x=0.00 \times 13.861 / 59.752 + 77171 \times 11.19 \times 13.861 / 19817.188 = 604.15 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=19931.30 \times 13.861 / 59.752 + 26289 \times 11.19 \times 13.861 / 19817.188 = 4829.35 \text{ kN}$$

Επαλληλίσια σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$$(\exp F_x)^2 = 0.00^2 + 0.00^2, \exp F_x = 0.00 \text{ kN}$$

$$(\exp F_y)^2 = 604.15^2 + 4829.35^2, \exp F_y = 4867.00 \text{ kN}$$

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$$\max F_x = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\max F_y = 4829.35 + 0.30 \times 604.15 = 5010.60 \text{ kN}$$

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=5010.60$  kN**

Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Κέντρο Διάτμησης ορόφου (ΚΔ)

Τοίχος	Kx [GN/m]	Ky [GN/m]	x [m]	y [m]	x.Ky	y.Kx	x <sup>2</sup> .Ky	y <sup>2</sup> .Kx
T15	0.000	7.924	1.47	11.70	11.609	0.000	17.007	0.000
T16	21.508	0.000	25.38	1.42	0.000	30.595	0.000	43.522
T17	22.845	0.000	26.50	21.99	0.000	502.247	0.000	11041.907
T18	0.111	10.070	50.88	11.81	512.328	1.311	26065.520	15.489
T19	0.000	13.861	13.56	11.72	188.024	0.000	2550.552	0.000
T20	0.000	13.861	25.76	11.72	357.129	0.000	9201.420	0.000
T21	0.000	13.861	37.97	11.72	526.233	0.000	19978.430	0.000
Y46	0.004	0.004	5.41	5.11	0.022	0.021	0.120	0.107
Y47	0.004	0.004	5.41	5.11	0.022	0.021	0.120	0.107
Y48	0.004	0.004	5.41	5.11	0.022	0.021	0.120	0.107
Y49	0.004	0.004	9.41	5.11	0.038	0.021	0.362	0.107
Y50	0.004	0.004	5.41	8.41	0.022	0.034	0.120	0.289
Y51	0.004	0.004	9.41	8.41	0.038	0.034	0.362	0.289
Y52	0.004	0.004	5.41	11.72	0.022	0.048	0.120	0.560
Y53	0.004	0.004	9.41	11.72	0.038	0.048	0.362	0.560
Y54	0.004	0.004	5.41	15.02	0.022	0.061	0.120	0.920
Y76	0.004	0.004	9.41	15.02	0.038	0.061	0.362	0.920
Y77	0.004	0.004	5.41	18.32	0.022	0.075	0.120	1.368
Y78	0.004	0.004	9.41	18.32	0.038	0.075	0.362	1.368
Y79	0.004	0.004	17.72	5.11	0.072	0.021	1.280	0.107
Y80	0.004	0.004	22.01	5.11	0.090	0.021	1.977	0.107
Y81	0.004	0.004	17.72	8.41	0.072	0.034	1.280	0.289
Y82	0.004	0.004	22.01	8.41	0.090	0.034	1.977	0.289
Y83	0.004	0.004	17.72	11.72	0.072	0.048	1.280	0.560
Y84	0.004	0.004	22.01	11.72	0.090	0.048	1.977	0.560
Y85	0.004	0.004	17.72	15.02	0.072	0.061	1.280	0.920
Y86	0.004	0.004	22.01	15.02	0.090	0.061	1.977	0.920
Y87	0.004	0.004	17.72	18.32	0.072	0.075	1.280	1.368
Y88	0.004	0.004	22.01	18.32	0.090	0.075	1.977	1.368
Y89	0.004	0.004	29.82	5.11	0.122	0.021	3.626	0.107
Y90	0.004	0.004	29.82	8.41	0.122	0.034	3.626	0.289
Y91	0.004	0.004	29.82	11.72	0.122	0.048	3.626	0.560
Y92	0.004	0.004	29.82	15.02	0.122	0.061	3.626	0.920
Y93	0.004	0.004	29.82	18.32	0.122	0.075	3.626	1.368
Y94	0.004	0.004	29.82	18.32	0.122	0.075	3.626	1.368
Y95	0.004	0.004	34.12	5.11	0.139	0.021	4.748	0.107
Y96	0.004	0.004	34.12	8.41	0.139	0.034	4.748	0.289
Y97	0.004	0.004	34.12	11.72	0.139	0.048	4.748	0.560
Y98	0.004	0.004	34.12	15.02	0.139	0.061	4.748	0.920
Y99	0.004	0.004	34.12	18.32	0.139	0.075	4.748	1.368
Y186	0.004	0.004	41.81	18.32	0.171	0.075	7.133	1.368
Y187	0.004	0.004	46.12	18.32	0.188	0.075	8.675	1.368
Y188	0.004	0.004	41.81	15.02	0.171	0.061	7.133	0.920
Y189	0.004	0.004	46.12	15.02	0.188	0.061	8.675	0.920
Y190	0.004	0.004	41.81	11.72	0.171	0.048	7.133	0.560
Y191	0.004	0.004	46.12	11.72	0.188	0.048	8.675	0.560
Y192	0.004	0.004	41.81	8.41	0.171	0.034	7.133	0.289
Y193	0.004	0.004	46.12	8.41	0.188	0.034	8.675	0.289
Y194	0.004	0.004	41.81	5.11	0.171	0.021	7.133	0.107
Y195	0.004	0.004	46.12	5.11	0.188	0.021	8.675	0.107

Σύνολα 44.639 GN/m 59.752 GN/m 1599.698 536.18257956.40611128.443

Κέντρο διάτμησης  $x = 1599.698/59.752 = 26.77 \text{ m}$  ,  $y = 536.182/44.639 = 12.01 \text{ m}$

Στρεπτική ακαμψία ορόφου  $I_p = 57956.406 + 11128.443 - 26.77^2 \times 59.752 - 12.01^2 \times 44.639 = 19817.188 \text{ GNm}$

### Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Στατικές εκκεντρότητες  $e_{ox}=25.90-26.77=-0.87$  m,  $e_{oy}=11.79-11.95=-0.16$  m  
Τυχχηματικές εκκεντρότητες ορόφου  $e_{ax}=0.05 \times 51.42=2.57$  m,  $e_{ay}=0.05 \times 21.43=1.07$  m (EC8 §4.3.2)  
Οι κύριες διευθύνσεις του κτιρίου λαμβάνονται παράλληλα με τους άξονες x και y.  
Τυχχηματικά στρεπτικά φαινόμενα λαμβάνονται υπ όψη με τις τυχχηματικές εκκεντρότητες.  
Οι ισοδύναμες στατικές εκκεντρότητες λαμβάνονται ως : (Ευρωκ.8 §4.3.3.2.4 (2))  
 $e_{fi}=1.50 \times e_{ai}$ ,  $e_{fr}=0.50 \times e_{ai}$   
 $e_{fx}=1.50 \times -0.87=-1.30$  m,  $e_{rx}=0.50 \times -0.87=-0.43$  m,  $e_{fy}=1.50 \times -0.16=-0.25$  m,  $e_{ry}=0.50 \times -0.16=-0.08$  m

#### Εκκεντρότητες σχεδιασμού (Ευρωκ.8 4.3.3.2)

$max_{ex} = -0.43 + 2.57 = 2.14$  m,  $min_{ex} = -1.30 - 2.57 = -3.87$  m

$max_{ey} = -0.08 + 1.07 = 0.99$  m,  $min_{ey} = -0.25 - 1.07 = -1.32$  m

Μέγιστες στρεπτικές ροπές φορτίου ορόφου λόγω εκκεντρότητας  $max_e$  και  $min_e$

Φόρτιση κατά x-x  $max_{Mz_x} = 3.87 \times 19931 = 77171$  kNm

Φόρτιση κατά y-y  $max_{Mz_y} = 1.32 \times 19931 = 26289$  kNm

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου  $\delta_x = 0.001 \times 19931.3 / 22.320 = 0.893$  mm (EC8 §9.4.2)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου  $\delta_y = 0.001 \times 19931.3 / 29.876 = 0.667$  mm (EC8 §9.4.2)

Μέγιστες απόλιτες μετατοπίσεις ορόφου  $\Delta x = 3.314$  mm  $\Delta y = 2.647$  mm

#### Έλεγχος Κανονικότητας ορόφου κτιρίου (Ευρωκ.8 §4.2.3)

α) Έλεγχος διαστάσεων (Ευρωκ.8 §4.2.3.2)

Περίγραμμα ορόφου  $minX = 1.00$  m,  $maxX = 52.42$  m,  $minY = 0.99$  m,  $maxY = 22.42$  m

Πλευρές κτιρίου  $L_x = 51.42$  m,  $L_y = 21.43$  m

Λόγος πλευρών  $L_{max}/L_{min} = 51.42/21.43 = 2.40 < 4$  ικανοποιείται η συνθήκη (Ευρωκ.8 §4.2.3.2(5))

$e_{ox} = 0.867 < 0.30 \times r_x = 0.30 \times 21.070 = 6.321$ ,  $r_x = 21.070 > 1s = 0.338$

$e_{oy} = 0.165 < 0.30 \times r_y = 0.30 \times 18.211 = 5.463$ ,  $r_y = 18.211 > 1s = 0.338$

Ικανοποιούνται οι συνθήκες (Ευρωκ.8 §4.2.3.2(6) (4.1a) και (4.1b))

$21.070^2 = 443.940 > 0.338^2 + 0.867^2 = 0.867$   $r_x^2 > 1s^2 + e_{ox}^2$

$18.211^2 = 331.655 > 0.338^2 + 0.165^2 = 0.141$   $r_y^2 > 1s^2 + e_{oy}^2$

Ικανοποιούνται οι συνθήκες (Ευρωκ.8 §4.3.3.1(8) d)

β,γ) Έλεγχος μεταβολής Δυσκαμψίας και Μάζας ορόφου (Ευρωκ.8 §4.2.3.3)

$\delta k/k = (48.017 - 44.639) / 48.017 = 0.07$   $\delta m/m = (1810 - 1808) / 1810 = 0.00$

$\Delta k < 0.50$  και  $\Delta m < 0.50$  άρα ικανοποιείται ο έλεγχος μεταβολής δυσκαμψίας και μάζας ορόφου.

$T1 = 0.372$  s  $< T_c = 4 \times 0.400 = 1.600$  s,  $T1 = 0.372$  s  $< 2.00$  s

Ικανοποιούνται οι συνθήκες (Ευρωκ.8 §4.3.3.2(2) a)

#### 1ος οροφος

#### T8

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδό του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 456 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάναβο 9x58 κόμβων, συνολικά 522 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=13.861$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =13.214 GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x = 0.000$  GN/m, κατά y-y  $K_y = 13.861$  GN/m

Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x = 11.19$  m,  $e_y = 0.23$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμός x-x =  $25071.40 \times 0.000 / 48.017 + 132874 \times 0.23 \times 0.000 / 20169.543 = 0.00$  kN

Σεισμός y-y =  $0.00 \times 0.000 / 48.017 + 34675 \times 0.23 \times 0.000 / 20169.543 = 0.00$  kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμός x-x =  $0.00 \times 13.861 / 59.712 + 132874 \times 11.19 \times 13.861 / 20169.543 = 1022.07$  kN

Σεισμός y-y =  $25071.40 \times 13.861 / 59.712 + 34675 \times 11.19 \times 13.861 / 20169.543 = 6086.61$  kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά x και y (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(exp F_x)^2 = 0.00^2 + 0.00^2$ ,  $exp F_x = 0.00$  kN

$(exp F_y)^2 = 1022.07^2 + 6086.61^2$ ,  $exp F_y = 6171.83$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$max F_x = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00$  kN

$max F_y = 6086.61 + 0.30 \times 1022.07 = 6393.23$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F = 6393.23$  kN**

### Σεισμικά Φορτία Τοίχων

<b>1ος οροφος</b>	<b>T9</b>	Διαστάσεις μήκος=48.75m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm <u>Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του</u> Ο τοίχος χωρίζεται σε 1112 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία. Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο 9x140 κόμβων, συνολικά 1260 κόμβοι. Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία $K=23.935 \text{ GN/m}$ Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =32.632 GN/m Ακαμψία κατά x-x $K_x=23.935 \text{ GN/m}$ , κατά y-y $K_y= 0.000 \text{ GN/m}$
-------------------	-----------	--



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=1.40 \text{ m}$ ,  $e_y=10.53 \text{ m}$

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμόςx-x=  $25071.40 \times 23.935 / 48.017 + 132874 \times 10.53 \times 23.935 / 20169.543 = 14157.70 \text{ kN}$

Σεισμόςy-y=  $0.00 \times 23.935 / 48.017 + 34675 \times 10.53 \times 23.935 / 20169.543 = 433.27 \text{ kN}$

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμόςx-x=  $0.00 \times 0.000 / 59.712 + 132874 \times 1.40 \times 0.000 / 20169.543 = 0.00 \text{ kN}$

Σεισμόςy-y=  $25071.40 \times 0.000 / 59.712 + 34675 \times 1.40 \times 0.000 / 20169.543 = 0.00 \text{ kN}$

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά x και y (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2 = 14157.70^2 + 433.27^2$ ,  $expF_x = 14164.33 \text{ kN}$

$(expF_y)^2 = 0.00^2 + 0.00^2$ ,  $expF_y = 0.00 \text{ kN}$

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x = 14157.70 + 0.30 \times 433.27 = 14287.68 \text{ kN}$

$maxF_y = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00 \text{ kN}$

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=14287.68 \text{ kN}$**

<b>1ος οροφος</b>	<b>T10</b>	Διαστάσεις μήκος=21.40m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm <u>Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του</u> Ο τοίχος χωρίζεται σε 488 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία. Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο 9x62 κόμβων, συνολικά 558 κόμβοι. Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία $K= 7.924 \text{ GN/m}$ Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =14.259 GN/m Ακαμψία κατά x-x $K_x= 0.000 \text{ GN/m}$ , κατά y-y $K_y= 7.924 \text{ GN/m}$
-------------------	------------	---



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=25.31 \text{ m}$ ,  $e_y=0.25 \text{ m}$

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμόςx-x=  $25071.40 \times 0.000 / 48.017 + 132874 \times 0.25 \times 0.000 / 20169.543 = 0.00 \text{ kN}$

Σεισμόςy-y=  $0.00 \times 0.000 / 48.017 + 34675 \times 0.25 \times 0.000 / 20169.543 = 0.00 \text{ kN}$

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμόςx-x=  $0.00 \times 7.924 / 59.712 + 132874 \times 25.31 \times 7.924 / 20169.543 = 1321.09 \text{ kN}$

Σεισμόςy-y=  $25071.40 \times 7.924 / 59.712 + 34675 \times 25.31 \times 7.924 / 20169.543 = 3671.85 \text{ kN}$

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά x και y (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2 = 0.00^2 + 0.00^2$ ,  $expF_x = 0.00 \text{ kN}$

$(expF_y)^2 = 1321.09^2 + 3671.85^2$ ,  $expF_y = 3902.27 \text{ kN}$

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00 \text{ kN}$

$maxF_y = 3671.85 + 0.30 \times 1321.09 = 4068.17 \text{ kN}$

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=4068.17 \text{ kN}$**

<b>1ος οροφος</b>	<b>T11</b>	Διαστάσεις μήκος=51.00m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm <u>Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του</u> Ο τοίχος χωρίζεται σε 1168 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία. Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο 9x147 κόμβων, συνολικά 1323 κόμβοι. Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία $K=23.836 \text{ GN/m}$ Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =34.141 GN/m Ακαμψία κατά x-x $K_x=23.836 \text{ GN/m}$ , κατά y-y $K_y= 0.000 \text{ GN/m}$
-------------------	------------	--



## Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=0.27$  m,  $e_y=10.03$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμός  $x-x=25071.40 \times 23.836 / 48.017 + 132874 \times 10.03 \times 23.836 / 20169.543 = 14021.23$  kN

Σεισμός  $y-y=0.00 \times 23.836 / 48.017 + 34675 \times 10.03 \times 23.836 / 20169.543 = 411.15$  kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμός  $x-x=0.00 \times 0.000 / 59.712 + 132874 \times 0.27 \times 0.000 / 20169.543 = 0.00$  kN

Σεισμός  $y-y=25071.40 \times 0.000 / 59.712 + 34675 \times 0.27 \times 0.000 / 20169.543 = 0.00$  kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2 = 14021.23^2 + 411.15^2$ ,  $expF_x = 14027.25$  kN

$(expF_y)^2 = 0.00^2 + 0.00^2$ ,  $expF_y = 0.00$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x = 14021.23 + 0.30 \times 411.15 = 14144.57$  kN

$maxF_y = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=14144.57$  kN**

**1ος οροφος**

**T12**

Διαστάσεις μήκος=21.20m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 488 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάναβο  $9 \times 62$  κόμβων, συνολικά 558 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=10.181$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =14.124 GN/m

Ακαμψία κατά  $x-x$   $K_x=0.111$  GN/m, κατά  $y-y$   $K_y=10.070$  GN/m



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=24.10$  m,  $e_y=0.14$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμός  $x-x=25071.40 \times 0.111 / 48.017 + 132874 \times 0.14 \times 0.111 / 20169.543 = 58.06$  kN

Σεισμός  $y-y=0.00 \times 0.111 / 48.017 + 34675 \times 0.14 \times 0.111 / 20169.543 = 0.03$  kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμός  $x-x=0.00 \times 10.070 / 59.712 + 132874 \times 24.10 \times 10.070 / 20169.543 = 1599.08$  kN

Σεισμός  $y-y=25071.40 \times 10.070 / 59.712 + 34675 \times 24.10 \times 10.070 / 20169.543 = 4645.45$  kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2 = 58.06^2 + 0.03^2$ ,  $expF_x = 58.06$  kN

$(expF_y)^2 = 1599.08^2 + 4645.45^2$ ,  $expF_y = 4912.97$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x = 58.06 + 0.30 \times 0.03 = 58.07$  kN

$maxF_y = 4645.45 + 0.30 \times 1599.08 = 5125.17$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=5153.40$  kN**

**1ος οροφος**

**T13**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 456 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάναβο  $9 \times 58$  κόμβων, συνολικά 522 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=13.861$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =13.214 GN/m

Ακαμψία κατά  $x-x$   $K_x=0.000$  GN/m, κατά  $y-y$   $K_y=13.861$  GN/m



### Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=13.21$  m,  $e_y=0.23$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

$$\text{Σεισμός } x-x=25071.40 \times 0.000 / 48.017 + 132874 \times 0.23 \times 0.000 / 20169.543 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=0.00 \times 0.000 / 48.017 + 34675 \times 0.23 \times 0.000 / 20169.543 = 0.00 \text{ kN}$$

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

$$\text{Σεισμός } x-x=0.00 \times 13.861 / 59.712 + 132874 \times 13.21 \times 13.861 / 20169.543 = 1206.00 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=25071.40 \times 13.861 / 59.712 + 34675 \times 13.21 \times 13.861 / 20169.543 = 6134.61 \text{ kN}$$

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά x και y (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$$(\text{exp}F_x)^2 = 0.00^2 + 0.00^2, \text{exp}F_x = 0.00 \text{ kN}$$

$$(\text{exp}F_y)^2 = 1206.00^2 + 6134.61^2, \text{exp}F_y = 6252.03 \text{ kN}$$

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$$\text{max}F_x = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\text{max}F_y = 6134.61 + 0.30 \times 1206.00 = 6496.41 \text{ kN}$$

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=6496.41$  kN**

**1ος οροφος**

**T14**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

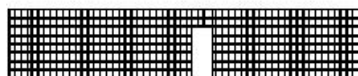
Ο τοίχος χωρίζεται σε 456 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάναβο 9x58 κόμβων, συνολικά 522 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=13.861$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =13.214 GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x=0.000$  GN/m, κατά y-y  $K_y=13.861$  GN/m



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=1.01$  m,  $e_y=0.23$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

$$\text{Σεισμός } x-x=25071.40 \times 0.000 / 48.017 + 132874 \times 0.23 \times 0.000 / 20169.543 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=0.00 \times 0.000 / 48.017 + 34675 \times 0.23 \times 0.000 / 20169.543 = 0.00 \text{ kN}$$

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

$$\text{Σεισμός } x-x=0.00 \times 13.861 / 59.712 + 132874 \times 1.01 \times 13.861 / 20169.543 = 91.97 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=25071.40 \times 13.861 / 59.712 + 34675 \times 1.01 \times 13.861 / 20169.543 = 5843.89 \text{ kN}$$

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά x και y (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$$(\text{exp}F_x)^2 = 0.00^2 + 0.00^2, \text{exp}F_x = 0.00 \text{ kN}$$

$$(\text{exp}F_y)^2 = 91.97^2 + 5843.89^2, \text{exp}F_y = 5844.61 \text{ kN}$$

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$$\text{max}F_x = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\text{max}F_y = 5843.89 + 0.30 \times 91.97 = 5871.48 \text{ kN}$$

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=5871.48$  kN**

Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Κέντρο Διάτμησης ορόφου (ΚΔ)

Τοίχος	Kx [GN/m]	Ky [GN/m]	x [m]	y [m]	x.Ky	y.Kx	x <sup>2</sup> .Ky	y <sup>2</sup> .Kx
T8	0.000	13.861	37.97	11.72	526.233	0.00019978.430	0.000	0.000
T9	23.935	0.000	25.38	1.42	0.000	34.048	0.000	48.433
T10	0.000	7.924	1.47	11.70	11.609	0.000	17.007	0.000
T11	23.836	0.000	26.50	21.99	0.000	524.034	0.00011520.898	
T12	0.111	10.070	50.88	11.81	512.328	1.31126065.520	15.489	
T13	0.000	13.861	13.56	11.72	188.024	0.000	2550.552	0.000
T14	0.000	13.861	25.76	11.72	357.129	0.000	9201.420	0.000
Y13	0.004	0.004	5.41	5.11	0.022	0.021	0.120	0.107
Y14	0.004	0.004	5.41	5.11	0.022	0.021	0.120	0.107
Y15	0.004	0.004	5.41	5.11	0.022	0.021	0.120	0.107
Y16	0.004	0.004	9.41	5.11	0.038	0.021	0.362	0.107
Y17	0.004	0.004	5.41	8.41	0.022	0.034	0.120	0.289
Y18	0.004	0.004	9.41	8.41	0.038	0.034	0.362	0.289
Y19	0.004	0.004	5.41	11.72	0.022	0.048	0.120	0.560
Y20	0.004	0.004	9.41	11.72	0.038	0.048	0.362	0.560
Y21	0.004	0.004	5.41	15.02	0.022	0.061	0.120	0.920
Y22	0.004	0.004	9.41	15.02	0.038	0.061	0.362	0.920
Y23	0.004	0.004	5.41	18.32	0.022	0.075	0.120	1.368
Y24	0.004	0.004	9.41	18.32	0.038	0.075	0.362	1.368
Y55	0.004	0.004	17.72	5.11	0.072	0.021	1.280	0.107
Y56	0.004	0.004	22.01	5.11	0.090	0.021	1.977	0.107
Y57	0.004	0.004	17.72	8.41	0.072	0.034	1.280	0.289
Y58	0.004	0.004	22.01	8.41	0.090	0.034	1.977	0.289
Y59	0.004	0.004	17.72	11.72	0.072	0.048	1.280	0.560
Y60	0.004	0.004	22.01	11.72	0.090	0.048	1.977	0.560
Y61	0.004	0.004	17.72	15.02	0.072	0.061	1.280	0.920
Y62	0.004	0.004	22.01	15.02	0.090	0.061	1.977	0.920
Y63	0.004	0.004	17.72	18.32	0.072	0.075	1.280	1.368
Y64	0.004	0.004	22.01	18.32	0.090	0.075	1.977	1.368
Y65	0.004	0.004	29.82	5.11	0.122	0.021	3.626	0.107
Y67	0.004	0.004	29.82	8.41	0.122	0.034	3.626	0.289
Y69	0.004	0.004	29.82	11.72	0.122	0.048	3.626	0.560
Y70	0.004	0.004	29.82	15.02	0.122	0.061	3.626	0.920
Y71	0.004	0.004	29.82	18.32	0.122	0.075	3.626	1.368
Y75	0.004	0.004	29.82	18.32	0.122	0.075	3.626	1.368
Y66	0.004	0.004	34.12	5.11	0.139	0.021	4.748	0.107
Y68	0.004	0.004	34.12	8.41	0.139	0.034	4.748	0.289
Y72	0.004	0.004	34.12	11.72	0.139	0.048	4.748	0.560
Y73	0.004	0.004	34.12	15.02	0.139	0.061	4.748	0.920
Y74	0.004	0.004	34.12	18.32	0.139	0.075	4.748	1.368

Σύνολα 48.017 GN/m 59.712 GN/m 1597.905 560.94357877.35511605.859

Κέντρο διάτμησης  $x = 1597.905/59.712 = 26.76 \text{ m}$  ,  $y = 560.943/48.017 = 11.68 \text{ m}$

Στρεπτική ακαμψία ορόφου  $I_p = 57877.355 + 11605.859 - 26.76^2 \times 59.712 - 11.68^2 \times 48.017 = 20169.543 \text{ GNm}$

### Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Στατικές εκκεντρότητες  $e_{ox}=24.95-26.77=-1.82$  m,  $e_{oy}=11.74-11.95=-0.21$  m  
 Τυχηματικές εκκεντρότητες ορόφου  $e_{ax}=0.05 \times 51.42=2.57$  m,  $e_{ay}=0.05 \times 21.43=1.07$  m (EC8 §4.3.2)  
 Οι κύριες διευθύνσεις του κτιρίου λαμβάνονται παράλληλα με τους άξονες x και y.  
 Τυχηματικά στρεπτικά φαινόμενα λαμβάνονται υπ όψη με τις τυχηματικές εκκεντρότητες.  
 Οι ισοδύναμες στατικές εκκεντρότητες λαμβάνονται ως : (Ευρωκ.8 §4.3.3.2.4 (2))  
 $e_{fi}=1.50 \times e_{ai}$ ,  $e_{fr}=0.50 \times e_{ai}$   
 $e_{fx}=1.50 \times (-1.82)=-2.73$  m,  $e_{rx}=0.50 \times (-1.82)=-0.91$  m,  $e_{fy}=1.50 \times (-0.21)=-0.31$  m,  $e_{ry}=0.50 \times (-0.21)=-0.10$  m

#### Εκκεντρότητες σχεδιασμού (Ευρωκ.8 4.3.3.2)

$$\max e_{xk} = -0.91 + 2.57 = 1.66 \text{ m}, \min e_{xk} = -2.73 - 2.57 = -5.30 \text{ m}$$

$$\max e_{yk} = -0.10 + 1.07 = 0.97 \text{ m}, \min e_{yk} = -0.31 - 1.07 = -1.38 \text{ m}$$

Μέγιστες στρεπτικές ροπές φορτίου ορόφου λόγω εκκεντρότητας  $\max e_{xk}$  και  $\min e_{xk}$

φόρτιση κατά x-x  $\max M_{zx} = 5.30 \times 25071 = 132874$  kNm

φόρτιση κατά y-y  $\max M_{zy} = 1.38 \times 25071 = 34675$  kNm

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου  $\delta x = 0.001 \times 25071.4 / 24.008 = 1.044$  mm (EC8 §9.4.2)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου  $\delta y = 0.001 \times 25071.4 / 29.856 = 0.840$  mm (EC8 §9.4.2)

Μέγιστες απόλιτες μετατοπίσεις ορόφου  $\Delta x = 2.421$  mm  $\Delta y = 1.980$  mm

#### Έλεγχος Κανονικότητας ορόφου κτιρίου (Ευρωκ.8 §4.2.3)

α) Έλεγχος διαστάσεων (Ευρωκ.8 §4.2.3.2)

Περίγραμμα ορόφου  $\min X = 1.00$  m,  $\max X = 52.42$  m,  $\min Y = 0.99$  m,  $\max Y = 22.42$  m

Πλευρές κτιρίου  $L_x = 51.42$  m,  $L_y = 21.43$  m

Λόγος πλευρών  $L_{\max} / L_{\min} = 51.42 / 21.43 = 2.40 < 4$  ικανοποιείται η συνθήκη (Ευρωκ.8 §4.2.3.2(5))

$$e_{ox} = 1.819 < 0.30 \times r_x = 0.30 \times 20.495 = 6.149, \quad r_x = 20.495 > 1s = 0.324$$

$$e_{oy} = 0.208 < 0.30 \times r_y = 0.30 \times 18.379 = 5.514, \quad r_y = 18.379 > 1s = 0.324$$

Ικανοποιούνται οι συνθήκες (Ευρωκ.8 §4.2.3.2(6) (4.1a) και (4.1b))

$$20.495^2 = 420.054 > 0.324^2 + 1.819^2 = 3.415 \quad r_x^2 > 1s^2 + e_{ox}^2$$

$$18.379^2 = 337.783 > 0.324^2 + 0.208^2 = 0.148 \quad r_y^2 > 1s^2 + e_{oy}^2$$

Ικανοποιούνται οι συνθήκες (Ευρωκ.8 §4.3.3.1(8) d)

β,γ) Έλεγχος μεταβολής Δυσκαμψίας και Μάζας ορόφου (Ευρωκ.8 §4.2.3.3)

$$\delta k / k = (40.819 - 48.017) / 48.017 = 0.15 \quad \delta m / m = (2146 - 1810) / 2146 = 0.16$$

$\Delta k < 0.50$  και  $\Delta m < 0.50$  άρα ικανοποιείται ο έλεγχος μεταβολής δυσκαμψίας και μάζας ορόφου.

$$T_1 = 0.372 \text{ s} < T_c = 4 \times 0.400 = 1.600 \text{ s}, \quad T_1 = 0.372 \text{ s} < 2.00 \text{ s}$$

Ικανοποιούνται οι συνθήκες (Ευρωκ.8 §4.3.3.2(2) a)

#### Ισόγειο

#### T1

Διαστάσεις μήκος=21.40m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 392 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάναβο 9x50 κόμβων, συνολικά 450 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K = 7.635$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) = 11.371 GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x = 0.000$  GN/m, κατά y-y  $K_y = 7.635$  GN/m

Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x = 25.31$  m,  $e_y = 0.25$  m

Οριζόντια Δύναμη Fx

$$\text{Σεισμός } x-x = 28094.00 \times 0.000 / 40.819 + 110972 \times 0.25 \times 0.000 / 17287.314 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y = 0.00 \times 0.000 / 40.819 + 31299 \times 0.25 \times 0.000 / 17287.314 = 0.00 \text{ kN}$$

Οριζόντια Δύναμη Fy

$$\text{Σεισμός } x-x = 0.00 \times 7.616 / 49.177 + 110972 \times 25.31 \times 7.635 / 17287.314 = 1240.33 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y = 28094.00 \times 7.616 / 49.177 + 31299 \times 25.31 \times 7.635 / 17287.314 = 4700.93 \text{ kN}$$

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά x και y (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$$(\exp F_x)^2 = 0.00^2 + 0.00^2, \quad \exp F_x = 0.00 \text{ kN}$$

$$(\exp F_y)^2 = 1240.33^2 + 4700.93^2, \quad \exp F_y = 4861.81 \text{ kN}$$

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$$\max F_x = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\max F_y = 4700.93 + 0.30 \times 1240.33 = 5073.03 \text{ kN}$$

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου F=5073.03 kN**



## Σεισμικά Φορτία Τοίχων

### Ισόγειο

### T2

Διαστάσεις μήκος=51.00m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 936 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο 9x118 κόμβων, συνολικά 1062 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=23.194$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα)  $=27.298$  GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x=23.194$  GN/m, κατά y-y  $K_y=0.000$  GN/m



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=0.27$  m,  $e_y=10.03$  m

Οριζόντια Δύναμη Fx

Σεισμόςx-x= $28094.00 \times 23.194 / 40.819 + 110972 \times 10.03 \times 23.194 / 17287.314 = 17457.32$  kN

Σεισμόςy-y= $0.00 \times 23.194 / 40.819 + 31299 \times 10.03 \times 23.194 / 17287.314 = 421.32$  kN

Οριζόντια Δύναμη Fy

Σεισμόςx-x= $0.00 \times 0.000 / 49.177 + 110972 \times 0.27 \times 0.000 / 17287.314 = 0.00$  kN

Σεισμόςy-y= $28094.00 \times 0.000 / 49.177 + 31299 \times 0.27 \times 0.000 / 17287.314 = 0.00$  kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά x και y (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2 = 17457.32^2 + 421.32^2$ ,  $expF_x = 17462.40$  kN

$(expF_y)^2 = 0.00^2 + 0.00^2$ ,  $expF_y = 0.00$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x = 17457.32 + 0.30 \times 421.32 = 17583.71$  kN

$maxF_y = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=17583.71$  kN**

### Ισόγειο

### T4

Διαστάσεις μήκος=21.20m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

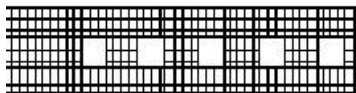
Ο τοίχος χωρίζεται σε 384 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο 9x49 κόμβων, συνολικά 441 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=8.443$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα)  $=11.263$  GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x=0.092$  GN/m, κατά y-y  $K_y=8.350$  GN/m



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=24.10$  m,  $e_y=0.14$  m

Οριζόντια Δύναμη Fx

Σεισμόςx-x= $28094.00 \times 0.092 / 40.819 + 110972 \times 0.14 \times 0.092 / 17287.314 = 63.40$  kN

Σεισμόςy-y= $0.00 \times 0.092 / 40.819 + 31299 \times 0.14 \times 0.092 / 17287.314 = 0.02$  kN

Οριζόντια Δύναμη Fy

Σεισμόςx-x= $0.00 \times 8.350 / 49.179 + 110972 \times 24.10 \times 8.350 / 17287.314 = 1292.02$  kN

Σεισμόςy-y= $28094.00 \times 8.350 / 49.179 + 31299 \times 24.10 \times 8.350 / 17287.314 = 5134.40$  kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά x και y (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2 = 63.40^2 + 0.02^2$ ,  $expF_x = 63.40$  kN

$(expF_y)^2 = 1292.02^2 + 5134.40^2$ ,  $expF_y = 5294.47$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x = 63.40 + 0.30 \times 0.02 = 63.41$  kN

$maxF_y = 5134.40 + 0.30 \times 1292.02 = 5522.01$  kN

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=5552.43$  kN**

### Ισόγειο

### T3

Διαστάσεις μήκος=48.75m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

Ο τοίχος χωρίζεται σε 888 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάρναβο 9x112 κόμβων, συνολικά 1008 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=17.443$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα)  $=26.089$  GN/m

Ακαμψία κατά x-x  $K_x=17.443$  GN/m, κατά y-y  $K_y=0.000$  GN/m



## Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=1.40$  m,  $e_y=10.53$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμός  $x-x=28094.00 \times 17.443 / 40.819 + 110972 \times 10.53 \times 17.443 / 17287.314 = 13184.30$  kN

Σεισμός  $y-y=0.00 \times 17.443 / 40.819 + 31299 \times 10.53 \times 17.443 / 17287.314 = 332.53$  kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμός  $x-x=0.00 \times 0.000 / 49.177 + 110972 \times 1.40 \times 0.000 / 17287.314 = 0.00$  kN

Σεισμός  $y-y=28094.00 \times 0.000 / 49.177 + 31299 \times 1.40 \times 0.000 / 17287.314 = 0.00$  kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2 = 13184.30^2 + 332.53^2$ ,  $expF_x = 13188.49$  kN

$(expF_y)^2 = 0.00^2 + 0.00^2$ ,  $expF_y = 0.00$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x = 13184.30 + 0.30 \times 332.53 = 13284.06$  kN

$maxF_y = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00$  kN

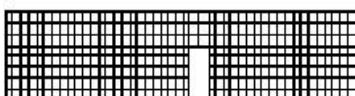
**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=13284.06$  kN**

**Ισόγειο**

**T5**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του



Ο τοίχος χωρίζεται σε 360 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάναβο 9x46 κόμβων, συνολικά 414 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=11.071$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =10.532 GN/m

Ακαμψία κατά  $x-x$   $K_x=0.000$  GN/m, κατά  $y-y$   $K_y=11.071$  GN/m

Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=13.21$  m,  $e_y=0.23$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

Σεισμός  $x-x=28094.00 \times 0.000 / 40.819 + 110972 \times 0.23 \times 0.000 / 17287.314 = 0.00$  kN

Σεισμός  $y-y=0.00 \times 0.000 / 40.819 + 31299 \times 0.23 \times 0.000 / 17287.314 = 0.00$  kN

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

Σεισμός  $x-x=0.00 \times 11.071 / 49.177 + 110972 \times 13.21 \times 11.071 / 17287.314 = 938.60$  kN

Σεισμός  $y-y=28094.00 \times 11.071 / 49.177 + 31299 \times 13.21 \times 11.071 / 17287.314 = 6589.47$  kN

Επαλληλία σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$(expF_x)^2 = 0.00^2 + 0.00^2$ ,  $expF_x = 0.00$  kN

$(expF_y)^2 = 938.60^2 + 6589.47^2$ ,  $expF_y = 6655.98$  kN

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$maxF_x = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00$  kN

$maxF_y = 6589.47 + 0.30 \times 938.60 = 6871.05$  kN

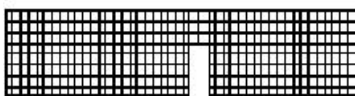
**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=6871.05$  kN**

**Ισόγειο**

**T6**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του



Ο τοίχος χωρίζεται σε 360 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάναβο 9x46 κόμβων, συνολικά 414 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=11.071$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =10.532 GN/m

Ακαμψία κατά  $x-x$   $K_x=0.000$  GN/m, κατά  $y-y$   $K_y=11.071$  GN/m

### Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=1.01$  m,  $e_y=0.23$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

$$\text{Σεισμός } x-x=28094.00 \times 0.000 / 40.819 + 110972 \times 0.23 \times 0.000 / 17287.314 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=0.00 \times 0.000 / 40.819 + 31299 \times 0.23 \times 0.000 / 17287.314 = 0.00 \text{ kN}$$

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

$$\text{Σεισμός } x-x=0.00 \times 11.071 / 49.177 + 110972 \times 1.01 \times 11.071 / 17287.314 = 71.58 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=28094.00 \times 11.071 / 49.177 + 31299 \times 1.01 \times 11.071 / 17287.314 = 6344.93 \text{ kN}$$

Επαλληλίσια σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$$(\exp F_x)^2 = 0.00^2 + 0.00^2, \exp F_x = 0.00 \text{ kN}$$

$$(\exp F_y)^2 = 71.58^2 + 6344.93^2, \exp F_y = 6345.33 \text{ kN}$$

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$$\max F_x = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\max F_y = 6344.93 + 0.30 \times 71.58 = 6366.40 \text{ kN}$$

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=6366.40$  kN**

**Ισόγειο**

**T7**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm

Υπολογισμοί οριζόντιας ακαμψίας τοίχου στο επίπεδο του

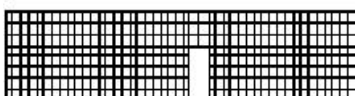
Ο τοίχος χωρίζεται σε 360 ορθογώνια επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία.

Οι κόμβοι είναι σε κάναβο 9x46 κόμβων, συνολικά 414 κόμβοι.

Ακαμψία τοίχου από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία  $K=11.071$  GN/m

Προσεγγιστική ακαμψία (χωρίς ανοίγματα) =10.532 GN/m

Ακαμψία κατά  $x-x$   $K_x=0.000$  GN/m, κατά  $y-y$   $K_y=11.071$  GN/m



Σεισμικές δυνάμεις βάσει απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (Ευρωκ.8 §10.9.2)

Εκκεντρότητες τοίχου από ελαστικό άξονα κτιρίου  $e_x=11.19$  m,  $e_y=0.23$  m

Οριζόντια Δύναμη  $F_x$

$$\text{Σεισμός } x-x=28094.00 \times 0.000 / 40.819 + 110972 \times 0.23 \times 0.000 / 17287.314 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=0.00 \times 0.000 / 40.819 + 31299 \times 0.23 \times 0.000 / 17287.314 = 0.00 \text{ kN}$$

Οριζόντια Δύναμη  $F_y$

$$\text{Σεισμός } x-x=0.00 \times 11.071 / 49.177 + 110972 \times 11.19 \times 11.071 / 17287.314 = 795.45 \text{ kN}$$

$$\text{Σεισμός } y-y=28094.00 \times 11.071 / 49.177 + 31299 \times 11.19 \times 11.071 / 17287.314 = 6549.09 \text{ kN}$$

Επαλληλίσια σεισμικών δυνάμεων κατά  $x$  και  $y$  (Ευρωκ.8, §4.3.3.5.1)

$$(\exp F_x)^2 = 0.00^2 + 0.00^2, \exp F_x = 0.00 \text{ kN}$$

$$(\exp F_y)^2 = 795.45^2 + 6549.09^2, \exp F_y = 6597.22 \text{ kN}$$

Μέγιστες σεισμικές δυνάμεις (Ευρωκ.8, §10.9.2)

$$\max F_x = 0.00 + 0.30 \times 0.00 = 0.00 \text{ kN}$$

$$\max F_y = 6549.09 + 0.30 \times 795.45 = 6787.73 \text{ kN}$$

**Μέγιστη οριζόντια δύναμη κατά μήκος του τοίχου  $F=6787.73$  kN**

Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Κέντρο Διάτμησης ορόφου (ΚΔ)

Τοίχος	Kx [GN/m]	Ky [GN/m]	x [m]	y [m]	x.Ky	y.Kx	x <sup>2</sup> .Ky	y <sup>2</sup> .Kx
T1	0.000	7.635	1.47	11.70	11.185	0.000	16.386	0.000
T2	23.194	0.000	26.50	21.99	0.000	509.920	0.00011210.594	
T4	0.092	8.350	50.88	11.81	424.820	1.08721613.416	12.837	
T3	17.443	0.000	25.38	1.42	0.000	24.813	0.000	35.296
T5	0.000	11.071	13.56	11.72	150.178	0.000	2037.166	0.000
T6	0.000	11.071	25.76	11.72	285.244	0.000	7349.320	0.000
T7	0.000	11.071	37.97	11.72	420.311	0.000	15957.089	0.000
Y1	0.002	0.002	5.41	5.11	0.011	0.011	0.061	0.055
Y2	0.002	0.002	5.41	5.11	0.011	0.011	0.061	0.055
Y3	0.002	0.002	5.41	5.11	0.011	0.011	0.061	0.055
Y4	0.002	0.002	9.41	5.11	0.020	0.011	0.185	0.055
Y5	0.002	0.002	5.41	8.41	0.011	0.018	0.061	0.148
Y6	0.002	0.002	9.41	8.41	0.020	0.018	0.185	0.148
Y7	0.002	0.002	5.41	11.72	0.011	0.024	0.061	0.287
Y8	0.002	0.002	9.41	11.72	0.020	0.024	0.185	0.287
Y9	0.002	0.002	5.41	15.02	0.011	0.031	0.061	0.471
Y10	0.002	0.002	9.41	15.02	0.020	0.031	0.185	0.471
Y11	0.002	0.002	5.41	18.32	0.011	0.038	0.061	0.701
Y12	0.002	0.002	9.41	18.32	0.020	0.038	0.185	0.701
Y25	0.002	0.002	17.72	5.11	0.037	0.011	0.655	0.055
Y26	0.002	0.002	22.01	5.11	0.046	0.011	1.012	0.055
Y27	0.002	0.002	17.72	8.41	0.037	0.018	0.655	0.148
Y28	0.002	0.002	22.01	8.41	0.046	0.018	1.012	0.148
Y29	0.002	0.002	17.72	11.72	0.037	0.024	0.655	0.287
Y30	0.002	0.002	22.01	11.72	0.046	0.024	1.012	0.287
Y31	0.002	0.002	17.72	15.02	0.037	0.031	0.655	0.471
Y32	0.002	0.002	22.01	15.02	0.046	0.031	1.012	0.471
Y33	0.002	0.002	17.72	18.32	0.037	0.038	0.655	0.701
Y34	0.002	0.002	22.01	18.32	0.046	0.038	1.012	0.701
Y35	0.002	0.002	29.82	5.11	0.062	0.011	1.857	0.055
Y36	0.002	0.002	29.82	8.41	0.062	0.018	1.857	0.148
Y37	0.002	0.002	29.82	11.72	0.062	0.024	1.857	0.287
Y38	0.002	0.002	29.82	15.02	0.062	0.031	1.857	0.471
Y39	0.002	0.002	29.82	18.32	0.062	0.038	1.857	0.701
Y40	0.002	0.002	29.82	18.32	0.062	0.038	1.857	0.701
Y41	0.002	0.002	34.12	5.11	0.071	0.011	2.431	0.055
Y42	0.002	0.002	34.12	8.41	0.071	0.018	2.431	0.148
Y43	0.002	0.002	34.12	11.72	0.071	0.024	2.431	0.287
Y44	0.002	0.002	34.12	15.02	0.071	0.031	2.431	0.471
Y45	0.002	0.002	34.12	18.32	0.071	0.038	2.431	0.701
Y166	0.002	0.002	41.81	18.32	0.087	0.038	3.652	0.701
Y167	0.002	0.002	46.12	18.32	0.096	0.038	4.442	0.701
Y168	0.002	0.002	41.81	15.02	0.087	0.031	3.652	0.471
Y169	0.002	0.002	46.12	15.02	0.096	0.031	4.442	0.471
Y170	0.002	0.002	41.81	11.72	0.087	0.024	3.652	0.287
Y171	0.002	0.002	46.12	11.72	0.096	0.024	4.442	0.287
Y172	0.002	0.002	41.81	8.41	0.087	0.018	3.652	0.148
Y173	0.002	0.002	46.12	8.41	0.096	0.018	4.442	0.148
Y174	0.002	0.002	41.81	5.11	0.087	0.011	3.652	0.055
Y175	0.002	0.002	46.12	5.11	0.096	0.011	4.442	0.055

Σύνολα 40.819 GN/m 49.288 GN/m 1293.979 536.85847046.82411272.818

Κέντρο διάτμησης  $x = 1293.979/49.288 = 26.25 \text{ m}$  ,  $y = 536.858/40.819 = 13.15 \text{ m}$

Στρεπτική ακαμψία ορόφου  $I_p = 47046.824 + 11272.818 - 26.25^2 \times 49.288 - 13.15^2 \times 40.819 = 17287.314 \text{ GNm}$

### Σεισμικά Φορτία Τοίχων

Στατικές εκκεντρότητες  $e_{ox}=25.85-26.77=-0.92$  m,  $e_{oy}=11.92-11.95=-0.03$  m  
Τυχυματικές εκκεντρότητες ορόφου  $e_{ax}=0.05 \times 51.42=2.57$  m,  $e_{ay}=0.05 \times 21.43=1.07$  m (EC8 §4.3.2)  
Οι κύριες διευθύνσεις του κτιρίου λαμβάνονται παράλληλα με τους άξονες x και y.  
Τυχυματικά στρεπτικά φαινόμενα λαμβάνονται υπ όψη με τις τυχυματικές εκκεντρότητες.  
Οι ισοδύναμες στατικές εκκεντρότητες λαμβάνονται ως : (Ευρωκ.8 §4.3.3.2.4 (2))  
 $e_{fi}=1.50 \times e_{ai}$ ,  $e_{fr}=0.50 \times e_{ai}$   
 $e_{fx}=1.50 \times -0.92=-1.38$  m,  $e_{rx}=0.50 \times -0.92=-0.46$  m,  $e_{fy}=1.50 \times -0.03=-0.04$  m,  $e_{ry}=0.50 \times -0.03=-0.01$  m  
**Εκκεντρότητες σχεδιασμού (Ευρωκ.8 4.3.3.2)**  
 $max_{ex}=-0.46+2.57=2.11$  m,  $min_{ex}=-1.38-2.57=-3.95$  m  
 $max_{ey}=-0.01+1.07=1.06$  m,  $min_{ey}=-0.04-1.07=-1.11$  m  
**Μέγιστες στρεπτικές ροπές φορτίου ορόφου λόγω εκκεντρότητας  $max_e$  και  $min_e$**   
**Φόρτιση κατά x-x  $max_{Mz_x}=3.95 \times 28094=110972$  kNm**  
**Φόρτιση κατά y-y  $max_{Mz_y}=1.11 \times 28094=31299$  kNm**  
**Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου  $\delta_x=0.001 \times 28094.0/20.409=1.377$  mm (EC8 §9.4.2)**  
**Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου  $\delta_y=0.001 \times 28094.0/24.644=1.140$  mm (EC8 §9.4.2)**  
**Μέγιστες απόλιτες μετατοπίσεις ορόφου  $\Delta x=1.377$  mm  $\Delta y=1.140$  mm**

### Έλεγχος Κανονικότητας ορόφου κτιρίου (Ευρωκ.8 §4.2.3)

α) Έλεγχος διαστάσεων (Ευρωκ.8 §4.2.3.2)

Περίγραμμα ορόφου  $minX=1.00$  m,  $maxX=52.42$  m,  $minY=0.99$  m,  $maxY=22.42$  m

Πλευρές κτιρίου  $L_x=51.42$  m,  $L_y=21.43$  m

Λόγος πλευρών  $L_{max}/L_{min}=51.42/21.43=2.40 \leq 4$  ικανοποιείται η συνθήκη (Ευρωκ.8 §4.2.3.2(5))

$e_{ox}=0.919 \leq 0.30$   $r_x=0.30 \times 20.579=6.174$ ,  $r_x=20.579 \geq 1s=0.310$

$e_{oy}=0.028 \leq 0.30$   $r_y=0.30 \times 18.728=5.618$ ,  $r_y=18.728 \geq 1s=0.310$

Ικανοποιούνται οι συνθήκες (Ευρωκ.8 §4.2.3.2(6) (4.1a) και (4.1b))

$20.579^2=423.513 > 0.310^2+0.919^2=0.942$   $r_x^2 > 1s^2+e_{ox}^2$

$18.728^2=350.742 > 0.310^2+0.028^2=0.097$   $r_x^2 > 1s^2+e_{ox}^2$

Ικανοποιούνται οι συνθήκες (Ευρωκ.8 §4.3.3.1(8) d)

β,γ) Έλεγχος μεταβολής Δυσκαμψίας και Μάζας ορόφου (Ευρωκ.8 §4.2.3.3)

Ισόγειο οικοδομής, άρα ικανοποιείται η απαίτηση μεταβολής

δυσκαμψίας και μάζας ορόφου Ευρωκ.8 §4.2.3

$T_1=0.372$  s  $< T_c=4 \times 0.400=1.600$  s,  $T_1=0.372$  s  $< 2.00$  s

Ικανοποιούνται οι συνθήκες (Ευρωκ.8 §4.3.3.2(2) a)

**Ελεγχος αντοχής τοίχων (Ευρωκώδικας 6, EN1996-1-1:2002, EC6)**

Οι έλεγχοι αντοχής των τοίχων σε γίνονται στην οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 §6).

Οι έλεγχοι αντοχής και οι συνδυασμοί φορτίσεων είναι:

- α) Έλεγχος σε αξονικό φορτίο για φόρτιση  $1.35xg+1.50xq$ ,  $Ned \leq Nrd$  (EC6 §6.1.2)
- β) Έλεγχος σε αξονικό φορτίο για φόρτιση  $1.00xg+0.80xq+\Sigma \text{σεισμός}$ ,  $Ned \leq Nrd$  (EC6 §6.1.2)
- γ) Έλεγχος σε διάτμηση για φόρτιση  $1.00xg+0.80xq+\Sigma \text{σεισμός}$ ,  $Ved \leq Vrd$  (EC6 §6.2)
- δ) Έλεγχος λυγηρότητας τοίχων  $hef/tef < 27$  (EC6 §5.5.1.4)
- ε) Έλεγχος σε συγκεντρωμένα φορτία στις θέσεις έδρασης δοκών (EC6 §6.1.3)

Γίνονται επίσης έλεγχοι γεωμετρικών απαιτήσεων, πάχος τοίχου, λυγηρότητα  $\lambda = \text{ύψος προς πάχος}$ , σύμφωνα με το Εθνικό κείμενο εφαρμογής του Ευρωκώδικα 6.

Τα φορτία σχεδιασμού  $Ned$ , ή  $Ved$  προσδιορίζονται σαν φορτία ανά μονάδα πλάτους από τις τάσεις που υπολογίζονται από την επίλυση πεπερασμένων στοιχείων.

Οι εκκεντρότητες για τον υπολογισμό των μειωτικών συντελεστών  $\Phi_i$  και  $\Phi_m$  προκύπτουν από τις φορτίσεις των πατωμάτων της κατασκευής (EC6 §6.1.2.2). Οι ροπές  $M_{id}$  στην κορυφή κάθε τοίχου υπολογίζονται από τα φορτία των πατωμάτων (EC6, Παράρτ.Γ).

Οι εκκεντρότητες  $e_h$  υπολογίζονται από την μέγιστη οριζόντια μετατόπιση λόγω σεισμού.

Για τον προσδιορισμό του μήκους λυγισμού λαμβάνεται υπόψη η μερική ή ολική πάκτωση στην κορυφή και βάση του τοίχου. Στις κατακόρυφες παρειές ανοιγμάτων και πεσσών οι συντελεστές  $\rho_3$ , και  $\rho_4$  λαμβάνονται επί το δυσμενέστερο  $\rho_3 = \rho_4 = 1$  (EC6 §5.5.1.2).

Η τυχηματική εκκεντρότητα λαμβάνεται  $es = hef/450$  (EC6, §5.5.1.1)

**4ος οροφος**

**T29**

Διαστάσεις μήκος=21.40m, ύψος=2.65m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3, Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k = 7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vk0} = 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E = 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M = 2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M = (2/3) \times 2.00 (\geq 1.50) = 1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef = \rho_{xh} = 0.75 \times 2.60 = 1.95 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda = hef/tef = 1.95/0.87 = 2.24 \leq 27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου =  $0.870 \geq 0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda = 9.00 \leq 9$  (εντάξει)

L/h πεσσών:  $1.88/1.70 = 1.10 > 0.50$ ,  $1.72/1.70 = 1.01 > 0.50$ ,  $2.00/1.70 = 1.18 > 0.50$  δεκτό

L/h πεσσών:  $2.00/1.70 = 1.18 > 0.50$ ,  $1.60/1.70 = 0.94 > 0.50$ ,  $1.70/1.70 = 1.00 > 0.50$ ,  $1.50/1.70 = 0.88 > 0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70 \text{ mm}$ ,  $\gamma_c = 1.50$ ,  $\gamma_s = 1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k = 4.24 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{v0} = 0.15 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xk1} = 0.10 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 0.20 \text{ N/mm}^2$ ,  $E = 4.24 \text{ GPa}$ ,  $\gamma_M = 2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck} = 30.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $E_c = 32.0 \text{ GPa}$ , οπλισμός  $A_s = 153.9 \text{ mm}^2/70 \text{ mm}$ ,  $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$ ,  $E_s = 200 \text{ GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800 + 1 \times 70 = 870 \text{ mm}$ , βάρος  $20.80 + 0.024 \times 1 \times 70 = 22.48 \text{ kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k = [4.24 \times 800 + 30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)] / 870 = 3.90 + 4.02 = 7.93 \text{ N/mm}^2$

E τοίχος+μανδύας  $E = (4.24 \times 800 + 32.0 \times 1 \times 70) / 870 = 3.90 + 2.57 = 6.48 \text{ GPa}$

Μανδύας  $V_{rd1} = 0.035 \times 30^{3/2} = 0.19 \text{ N/mm}^2$ ,  $v_{rd2} = 153.9 / (70 \times 70) \times (500/1.15) = 13.66 \text{ N/mm}^2$

$f_{vk1} = (0.15 \times 800 + 0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50) / 870 = 0.18 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk2} = 13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50 / 870 = 2.75 \text{ N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk} < 0.30 f_k = 2.38 \text{ N/mm}^2$   $f_{vk} = 2.38 \text{ N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1} = f_{xk2} = (153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800 / 870^2 = 15.16 \text{ N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.35 \times 200.2 + 1.50 \times 97.6) / 21.40 = 19.47 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 19.47 / 0.87 = 0.022 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 81.66 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id} = 81.66/19.47 = 4.19415 \text{ m} = 4.82 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Η εκκεντρότητα >45% του πάχους του τοίχου άρα υπολογίζεται όπως (EC6 Παραρ. Γ(5))  
 Βάθος έδρασης  $= 0.10 \times 0.870 = 0.087 \text{ m}$  εκκεντρότητα φορτίου στην κορυφή  $M_{id}/N_{id} = 0.39150 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 1.95/450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.39150 + 0.00000 + 0.00433 = 0.39583 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.39583/0.87 = 0.09$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.09 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 310.1 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 19.5 \leq 310.1 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 572.6 + 1.50 \times 97.6) / 12.40 = 74.14 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 74.14 / 0.87 = 0.085 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.39150 \times 19.5 / 74.1 = 0.02056 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef}/450 = 1.95/450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md}/N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.02056 + 0.00000 + 0.00433 = 0.02490 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.24 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.02490 + 0.00000 = 0.02490 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. Γ)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.5 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 74.1 \leq 3100.5 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 1131.1 + 1.50 \times 97.6) / 21.40 = 78.20 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 78.20 / 0.87 = 0.090 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.39150 \times 19.5 / 78.2 = 0.09748 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 1.95/450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.09748 + 0.00000 + 0.00433 = 0.10182 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.10182/0.87 = 0.77$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.77 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 2652.8 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.147 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.147 = 128.2 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 128.2 \leq 2652.8 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 200.2 + 0.80 \times 97.6) / 21.40 = 13.00 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 13.00 / 0.87 = 0.015 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 54.54 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id} = 54.54/13.00 = 4.19416 \text{ m} = 4.82 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Η εκκεντρότητα >45% του πάχους του τοίχου άρα υπολογίζεται όπως (EC6 Παραρ. Γ(5))  
 Βάθος έδρασης  $= 0.10 \times 0.870 = 0.087 \text{ m}$  εκκεντρότητα φορτίου στην κορυφή  $M_{id}/N_{id} = 0.39150 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00024 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 1.95/450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.39150 + 0.00024 + 0.00433 = 0.39607 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.39607/0.87 = 0.09$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.09 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 413.4 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 13.0 \leq 413.4 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.00 \times 572.6 + 0.80 \times 97.6) / 12.40 = 52.47 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 52.47 / 0.87 = 0.060 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.39150 \times 13.0 / 52.5 = 0.01940 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00012 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 1.95 / 450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md}/N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.01940 + 0.00012 + 0.00433 = 0.02386 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.24 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_{k0} = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_{k0} = 0.02386 + 0.00000 = 0.02386 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.0 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 52.5 \leq 4134.0 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id}=(1.00 \times 1131.1 + 0.80 \times 97.6) / 21.40 = 56.50 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 56.50 / 0.87 = 0.065 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.39150 \times 13.0 / 56.5 = 0.09010 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00024 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 1.95 / 450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.09010 + 0.00024 + 0.00433 = 0.09467 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.09467 / 0.87 = 0.78$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.78 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 3583.0 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.383 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.383 = 333.4 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 333.4 \leq 3583.0 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος σε διάτμηση, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 1109.6 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.143 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.112 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 12.40 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.112 = 2.425 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 12.40 / 1.50 = 7192.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 1109.6 \text{ kN} \leq 7192.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος 87x20 [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Ελεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου = 0.237 mm  
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος = 0.000 mm  
 $H = 2.65 \text{ m}$ ,  $L = 20.53 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπική ροπή σχεδιασμού  $M_{ed1} = \delta \cdot E \cdot b \cdot t^3 / (4H^2)$ ,  $M_{ed1} = (1000) \times 0.237 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.65^2) = 36.01 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (200.2 + 930.9/2) / (0.87 \times 21.40) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.036 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) \cdot t^2 / 6 = (10.106 + 0.036) \times 0.870^2 / 6 = 1279.41 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $M_{ed1} = 36.01 \text{ kNm/m} \leq 1279.41 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται



**Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)**

$H=2.60\text{m}$ ,  $L=20.53\text{m}$ , φορτίο ανέμου  $W=C_{pe}x1.00=0.80x1.00=0.80\text{kN/m}^2$ ,  $1.50W=1.50x0.80=1.20\text{kN/m}^2$   
 $\sigma_d=0.001x(200.2+930.9/2)/(0.87x21.40)\leq 0.2f_d=0.2x7.92/2.00$ ,  $\sigma_d=0.036\text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16)  
 $f_{xk1}=15.16\text{fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1}=15.16/2.00=7.579\text{fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2}=15.16/2.00=7.579\text{fN/mm}^2$   
 $t=870>250\text{mm}$ ,  $H/L=2.60/20.53=0.13$ ,  $Med1=0.083xw_{ed}\cdot H^2$ ,  $Med2=0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1=0.083x1.20x2.60^2=0.68\text{ kNm/m}$ ,  $Med2=0\text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1}=(f_{xd1}+\sigma_d)t^2/6=(1000)x(7.579+0.036)x0.870^2/6=960.63\text{kNm/m}$  (EC6, (6.15)  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd2}=f_{xd2}t^2/6=(1000)x7.579x0.870^2/6=956.09\text{kNm/m}$   
 $Med1=0.68\text{kNm/m}\leq 960.63\text{kNm/m}=M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**4ος οροφος**

**T30**

Διαστάσεις μήκος=48.75m, ύψος=2.65m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)



Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}=2.38\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E=6.47\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)x2.00(>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $h_{ef}=\rho x h=0.75x2.60=1.95\text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=h_{ef}/t_{ef}=1.95/0.87=2.24\leq 27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870\geq 0.350\text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=9.00\leq 9$  (εντάξει)

$L/h$  πεσσών:  $2.60/2.10=0.52>0.50$ ,  $2.70/2.10=1.00>0.50$ ,  $2.35/2.10=1.12>0.50$  δεκτό

$L/h$  πεσσών:  $2.60/2.10=1.12>0.50$ ,  $2.70/2.10=1.22>0.50$ ,  $2.30/2.10=1.23>0.50$ ,  $2.58/2.10=1.24>0.50$ ,  $2.67/2.10=1.24>0.50$

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1x70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024x1x70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24x800+30.0x1x70x(2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

$E$  τοίχος+μανδύας  $E=(4.24x800+32.0x1x70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035x30\leq 0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70x70)x(500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15x800+0.19x1x70x2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66x1x70x2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70)x500x(2.50/1.15)x6x800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35x787.6+1.50x380.1)/48.75=33.51\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001x33.51/0.87=0.039\text{N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}=118.18\text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}=118.18/33.51=3.52715\text{ m}=4.05x(\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Η εκκεντρότητα >45% του πάχους του τοίχου άρα υπολογίζεται όπως (EC6 Παραρ. Γ(5))

Βάθος έδρασης  $=0.10x0.870=0.087\text{m}$  εκκεντρότητα φορτίου στην κορυφή  $M_{id}/N_{id}=0.39150\text{m}$

## Ελεγχοι αντοχής τοίχων

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000m$   
Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 1.95/450 = 0.00433m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = Mid/Nid + e_{he} + e_i = 0.39150 + 0.00000 + 0.00433 = 0.39583m$  (EC6 εξ.6.5)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.39583/0.87 = 0.09$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.09 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 310.1 kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 33.5 \leq 310.1 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 1589.1 + 1.50 \times 380.1) / 30.75 = 88.31 kN/m$   
Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 88.31 / 0.87 = 0.102 N/mm^2$   
Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.39150 \times 33.5 / 88.3 = 0.02971 m$   
Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000m$   
Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef}/450 = 1.95/450 = 0.00433m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.02971 + 0.00000 + 0.00433 = 0.03404m$  (EC6 εξ.6.7)  
Η λυγρότητα είναι  $2.24 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.03404 + 0.00000 = 0.03404 m$  (EC6, εξ.6.7)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \cdot \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.5 kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 88.3 \leq 3100.5 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 2791.4 + 1.50 \times 380.1) / 47.25 = 91.82 kN/m$   
Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 91.82 / 0.87 = 0.106 N/mm^2$   
Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.39150 \times 33.5 / 91.8 = 0.14286 m$   
Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000m$   
Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 1.95/450 = 0.00433m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/Nid + e_{he} + e_i = 0.14286 + 0.00000 + 0.00433 = 0.14719m$  (EC6 εξ.6.5)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.14719/0.87 = 0.66$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.66 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 2273.8 kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.178 N/mm^2$   
Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.178 = 155.2 kN/m$   
 $N_{ed} = 155.2 \leq 2273.8 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)

#### Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 787.6 + 0.80 \times 380.1) / 48.75 = 22.39 kN/m$   
Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 22.39 / 0.87 = 0.026 N/mm^2$   
Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 79.00 kNm/m$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
Εκκεντρότητα  $M_{id} / N_{id} = 79.00 / 22.39 = 3.52773 m = 4.05 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
Η εκκεντρότητα  $> 45\%$  του πάχους του τοίχου άρα υπολογίζεται όπως (EC6 Παραρτ. Γ(5))  
Βάθος έδρασης  $= 0.10 \times 0.870 = 0.087m$  εκκεντρότητα φορτίου στην κορυφή  $M_{id} / N_{id} = 0.39150m$   
Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00024m$   
Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 1.95/450 = 0.00433m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = Mid/Nid + e_{he} + e_i = 0.39150 + 0.00024 + 0.00433 = 0.39607m$  (EC6 εξ.6.5)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.39607/0.87 = 0.09$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.09 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 413.4 kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 22.4 \leq 413.4 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 1589.1 + 0.80 \times 380.1) / 30.75 = 61.57 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 61.57 / 0.87 = 0.071 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.39150 \times 22.4 / 61.6 = 0.02848 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00012 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 1.95 / 450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.02848 + 0.00012 + 0.00433 = 0.03293 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.24 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_{k0} = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_{k0} = 0.03293 + 0.00000 = 0.03293 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.0 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 61.6 \leq 4134.0 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 2791.4 + 0.80 \times 380.1) / 47.25 = 65.51 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 65.51 / 0.87 = 0.075 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.39150 \times 22.4 / 65.5 = 0.13382 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00024 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 1.95 / 450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.13382 + 0.00024 + 0.00433 = 0.13839 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.13839 / 0.87 = 0.68$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.68 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 3123.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.550 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.550 = 478.6 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 478.6 \leq 3123.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος σε διάτμηση, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 2644.7 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.147 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.116 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 30.75 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.116 = 2.426 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 30.75 / 1.50 = 17835.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 2644.7 \text{ kN} \leq 17835.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος 87x20 [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Ελεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου = 0.236 mm  
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος = 0.000 mm  
 $H = 2.65 \text{ m}$ ,  $L = 23.43 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπική ροπή σχεδιασμού  $M_{ed1} = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $M_{ed1} = (1000) \times 0.236 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.65^2) = 35.82 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (787.6 + 2003.8 / 2) / (0.87 \times 48.75) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.042 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (10.106 + 0.042) \times 0.870^2 / 6 = 1280.17 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $M_{ed1} = 35.82 \text{ kNm/m} \leq 1280.17 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)**

$H=2.60\text{m}$ ,  $L=23.43\text{m}$ , φορτίο ανέμου  $W=C_{pe}x1.00=0.80x1.00=0.80\text{kN/m}^2$ ,  $1.50W=1.50x0.80=1.20\text{kN/m}^2$   
 $\sigma_d=0.001x(787.6+2003.8/2)/(0.87x48.75)\leq 0.2fd=0.2x7.92/2.00$ ,  $\sigma_d=0.042\text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16)  
 $f_{xk1}=15.16\text{fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1}=15.16/2.00=7.579\text{fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2}=15.16/2.00=7.579\text{fN/mm}^2$   
 $t=870>250\text{mm}$ ,  $H/L=2.60/23.43=0.11$ ,  $Med1=0.083xwed \cdot H^2$ ,  $Med2=0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1=0.083x1.20x2.60^2=0.68\text{ kNm/m}$ ,  $Med2=0\text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1}=(f_{xd1}+\sigma_d)t^2/6=(1000)x(7.579+0.042)x0.870^2/6=961.39\text{kNm/m}$  (EC6, (6.15)  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd2}=f_{xd2}t^2/6=(1000)x7.579x0.870^2/6=956.09\text{kNm/m}$   
 $Med1=0.68\text{kNm/m}\leq 961.39\text{kNm/m}=M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**4ος οροφος**

**T31**

Διαστάσεις μήκος=51.00m, ύψος=2.65m, πάχος=870mm  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}=2.38\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E=6.47\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)x2.00(>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=\rho xh=0.75x2.60=1.95\text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=1.95/0.87=2.24\leq 27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870\geq 0.350\text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=9.00\leq 9$  (εντάξει)

L/h πεσσών:  $2.10/1.30=1.23>0.50$ ,  $2.85/2.10=1.33>0.50$ ,  $2.80/2.10=1.33>0.50$ ,  $2.40/1.30=1.36>0.50$  δεκτό

L/h πεσσών:  $2.40/1.30=1.54>0.50$ ,  $2.80/1.30=1.61>0.50$ ,  $2.40/1.30=1.85>0.50$ ,  $2.40/1.30=1.85>0.50$ ,  $2.80/2.10=1.85>0.50$

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1x70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024x1x70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24x800+30.0x1x70x(2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

E τοίχος+μανδύας  $E=(4.24x800+32.0x1x70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035x30\leq 0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70x70)x(500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15x800+0.19x1x70x2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66x1x70x2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70)x500x(2.50/1.15)x6x800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35x824.3+1.50x397.8)/51.00=33.52\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo}=0.001x33.52/0.87=0.039\text{N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}=118.18\text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}=118.18/33.52=3.52569\text{ m}=4.05x(\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Η εκκεντρότητα >45% του πάχους του τοίχου άρα υπολογίζεται όπως (EC6 Παραρ. Γ(5))

Βάθος έδρασης  $=0.10x0.870=0.087\text{m}$  εκκεντρότητα φορτίου στην κορυφή  $M_{id}/N_{id}=0.39150\text{m}$

## Ελεγχοι αντοχής τοίχων

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000m$   
Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 1.95/450 = 0.00433m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = Mid/Nid + e_{he} + e_i = 0.39150 + 0.00000 + 0.00433 = 0.39583m$  (EC6 εξ.6.5)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.39583/0.87 = 0.09$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.09 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 310.1 kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 33.5 \leq 310.1 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 1807.6 + 1.50 \times 397.8) / 48.00 = 63.27 kN/m$   
Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 63.27 / 0.87 = 0.073 N/mm^2$   
Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.39150 \times 33.5 / 63.3 = 0.04148 m$   
Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000m$   
Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef}/450 = 1.95/450 = 0.00433m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.04148 + 0.00000 + 0.00433 = 0.04582m$  (EC6 εξ.6.7)  
Η λυγρότητα είναι  $2.24 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_{k} = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.04582 + 0.00000 = 0.04582 m$  (EC6, εξ.6.7)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \cdot \text{Exp}(-u^2/2) = 0.89$  (EC 6 Παραρτ. G)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.89 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3066.0 kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 63.3 \leq 3066.0 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 3282.5 + 1.50 \times 397.8) / 33.43 = 150.41 kN/m$   
Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 150.41 / 0.87 = 0.173 N/mm^2$   
Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.39150 \times 33.5 / 150.4 = 0.08725 m$   
Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000m$   
Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 1.95/450 = 0.00433m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.08725 + 0.00000 + 0.00433 = 0.09158m$  (EC6 εξ.6.5)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.09158/0.87 = 0.79$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.79 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 2721.7 kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.274 N/mm^2$   
Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.274 = 238.3 kN/m$   
 $N_{ed} = 238.3 \leq 2721.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)

#### Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 824.3 + 0.80 \times 397.8) / 51.00 = 22.40 kN/m$   
Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 22.40 / 0.87 = 0.026 N/mm^2$   
Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 79.00 kNm/m$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
Εκκεντρότητα  $M_{id} / N_{id} = 79.00 / 22.40 = 3.52626 m = 4.05 \times (\text{πάχους τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
Η εκκεντρότητα  $> 45\%$  του πάχους του τοίχου άρα υπολογίζεται όπως (EC6 Παραρ. Γ(5))  
Βάθος έδρασης  $= 0.10 \times 0.870 = 0.087m$  εκκεντρότητα φορτίου στην κορυφή  $M_{id} / N_{id} = 0.39150m$   
Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00024m$   
Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 1.95/450 = 0.00433m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.39150 + 0.00024 + 0.00433 = 0.39607m$  (EC6 εξ.6.5)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.39607/0.87 = 0.09$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.09 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 413.4 kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 22.4 \leq 413.4 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 1807.6 + 0.80 \times 397.8) / 48.00 = 44.29 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 44.29 / 0.87 = 0.051 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.39150 \times 22.4 / 44.3 = 0.03961 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00012 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 1.95 / 450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.03961 + 0.00012 + 0.00433 = 0.04406 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.24 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.04406 + 0.00000 = 0.04406 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.0 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 44.3 \leq 4134.0 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 3282.5 + 0.80 \times 397.8) / 33.43 = 107.71 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 107.71 / 0.87 = 0.124 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.39150 \times 22.4 / 107.7 = 0.08143 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00024 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 1.95 / 450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.08143 + 0.00024 + 0.00433 = 0.08600 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.08600 / 0.87 = 0.80$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.80 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 3674.9 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.284 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.284 = 246.7 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 246.7 \leq 3674.9 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 1655.7 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.200 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.124 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 33.43 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.124 = 2.430 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 33.43 / 1.50 = 19388.6 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 1655.7 \text{ kN} \leq 19388.6 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάζ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.539 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $0.539 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $0.236 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 2.65 \text{ m}$ ,  $L = 25.36 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $M_{ed1} = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $M_{ed1} = (1000) \times 0.236 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.65^2) = 35.82 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (824.3 + 2458.2 / 2) / (0.87 \times 51.00) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.046 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.046) \times 0.870^2 / 6 = 1280.67 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $M_{ed1} = 35.82 \text{ kNm/m} \leq 1280.67 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται



**Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)**

$H=2.60\text{m}$ ,  $L=25.36\text{m}$ , φορτίο ανέμου  $W=C_{pe}x1.00=0.80x1.00=0.80\text{kN/m}^2$ ,  $1.50W=1.50x0.80=1.20\text{kN/m}^2$   
 $\sigma_d=0.001x(824.3+2458.2/2)/(0.87x51.00)\leq 0.2fd=0.2x7.92/2.00$ ,  $\sigma_d=0.046\text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16)  
 $f_{xk1}=15.16\text{fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1}=15.16/2.00=7.579\text{fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2}=15.16/2.00=7.579\text{fN/mm}^2$   
 $t=870>250\text{mm}$ ,  $H/L=2.60/25.36=0.10$ ,  $Med1=0.083xwed \cdot H^2$ ,  $Med2=0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1=0.083x1.20x2.60^2=0.68\text{ kNm/m}$ ,  $Med2=0\text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1}=(f_{xd1}+\sigma_d)t^2/6=(1000)x(7.579+0.046)x0.870^2/6=961.89\text{kNm/m}$  (EC6, (6.15)  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd2}=f_{xd2}t^2/6=(1000)x7.579x0.870^2/6=956.09\text{kNm/m}$   
 $Med1=0.68\text{kNm/m}\leq 961.89\text{kNm/m}=M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**4ος οροφος**

**T32**

Διαστάσεις μήκος=21.20m, ύψος=2.65m, πάχος=870mm  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}=2.38\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E=6.47\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)



Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)x2.00(>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=\rho xh=0.75x2.60=1.95\text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=1.95/0.87=2.24\leq 27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870\geq 0.350\text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=9.00\leq 9$  (εντάξει)

$L/h$  πεσσών:  $4.80/1.35=3.56>0.50$ ,  $1.70/1.35=1.26>0.50$ ,  $1.90/1.35=1.41>0.50$  δεκτό

$L/h$  πεσσών:  $2.00/1.35=1.48>0.50$ ,  $1.80/1.35=1.33>0.50$ ,  $1.50/1.35=1.11>0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1x70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024x1x70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχου+μανδύας  $f_k=[4.24x800+30.0x1x70x(2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

$E$  τοίχου+μανδύας  $E=(4.24x800+32.0x1x70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035x30\leq 0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70x70)x(500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15x800+0.19x1x70x2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66x1x70x2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70)x500x(2.50/1.15)x6x800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35x189.7+1.50x93.6)/21.20=18.70\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001x18.70/0.87=0.021\text{N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}=79.90\text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}=79.90/18.70=4.27214\text{ m}=4.91x(\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Η εκκεντρότητα >45% του πάχους του τοίχου άρα υπολογίζεται όπως (EC6 Παραρ. Γ(5))

Βάθος έδρασης  $=0.10x0.870=0.087\text{m}$  εκκεντρότητα φορτίου στην κορυφή  $M_{id}/N_{id}=0.39150\text{m}$

## Ελεγχοι αντοχής τοίχων

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000m$   
Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 1.95/450 = 0.00433m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = Mid/Nid + e_{he} + e_i = 0.39150 + 0.00000 + 0.00433 = 0.39583m$  (EC6 εξ.6.5)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.39583/0.87 = 0.09$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.09 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 310.1 kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 18.7 \leq 310.1 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 603.8 + 1.50 \times 93.6) / 13.70 = 69.75 kN/m$   
Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 69.75 / 0.87 = 0.080 N/mm^2$   
Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.39150 \times 18.7 / 69.7 = 0.02100 m$   
Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000m$   
Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef}/450 = 1.95/450 = 0.00433m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.02100 + 0.00000 + 0.00433 = 0.02533m$  (EC6 εξ.6.7)  
Η λυγηρότητα είναι  $2.24 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.02533 + 0.00000 = 0.02533 m$  (EC6, εξ.6.7)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \cdot \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.5 kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 69.7 \leq 3100.5 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 1225.0 + 1.50 \times 93.6) / 21.20 = 84.63 kN/m$   
Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 84.63 / 0.87 = 0.097 N/mm^2$   
Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.39150 \times 18.7 / 84.6 = 0.08652 m$   
Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000m$   
Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 1.95/450 = 0.00433m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/Nid + e_{he} + e_i = 0.08652 + 0.00000 + 0.00433 = 0.09085m$  (EC6 εξ.6.5)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.09085/0.87 = 0.79$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.79 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 2721.7 kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.122 N/mm^2$   
Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.122 = 106.1 kN/m$   
 $N_{ed} = 106.1 \leq 2721.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)

#### Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 189.7 + 0.80 \times 93.6) / 21.20 = 12.48 kN/m$   
Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 12.48 / 0.87 = 0.014 N/mm^2$   
Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 53.32 kNm/m$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
Εκκεντρότητα  $M_{id} / N_{id} = 53.32 / 12.48 = 4.27230 m = 4.91 \times (\text{πάχους τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
Η εκκεντρότητα >45% του πάχους του τοίχου άρα υπολογίζεται όπως (EC6 Παραρ. Γ(5))  
Βάθος έδρασης  $= 0.10 \times 0.870 = 0.087m$  εκκεντρότητα φορτίου στην κορυφή  $M_{id} / N_{id} = 0.39150m$   
Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00024m$   
Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 1.95/450 = 0.00433m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = Mid/Nid + e_{he} + e_i = 0.39150 + 0.00024 + 0.00433 = 0.39607m$  (EC6 εξ.6.5)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.39607/0.87 = 0.09$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.09 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 413.4 kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 12.5 \leq 413.4 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)



Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 603.8 + 0.80 \times 93.6) / 13.70 = 49.54 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 49.54 / 0.87 = 0.057 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.39150 \times 12.5 / 49.5 = 0.01973 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00012 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 1.95 / 450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.01973 + 0.00012 + 0.00433 = 0.02418 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.24 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_{k0} = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_{k0} = 0.02418 + 0.00000 = 0.02418 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.0 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 49.5 \leq 4134.0 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 1225.0 + 0.80 \times 93.6) / 21.20 = 61.32 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 61.32 / 0.87 = 0.070 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.39150 \times 12.5 / 61.3 = 0.07969 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00024 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 1.95 / 450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.07969 + 0.00024 + 0.00433 = 0.08426 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.08426 / 0.87 = 0.81$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.81 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 3720.8 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.400 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.400 = 348.2 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 348.2 \leq 3720.8 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος σε διάτμηση, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 1431.9 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.172 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.103 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 13.70 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.103 = 2.421 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 13.70 / 1.50 = 7946.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 1431.9 \text{ kN} \leq 7946.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάζ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.143 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $0.143 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Ελεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $0.236 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 2.65 \text{ m}$ ,  $L = 20.33 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $M_{ed1} = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $M_{ed1} = (1000) \times 0.236 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.65^2) = 35.82 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (189.7 + 1035.3 / 2) / (0.87 \times 21.20) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.038 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.038) \times 0.870^2 / 6 = 1279.67 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $M_{ed1} = 35.82 \text{ kNm/m} \leq 1279.67 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

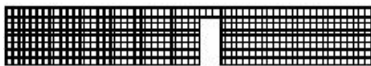
**Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)**

$H=2.60\text{m}$ ,  $L=20.33\text{m}$ , φορτίο ανέμου  $W=C_{pe}x1.00=0.80x1.00=0.80\text{kN/m}^2$ ,  $1.50W=1.50x0.80=1.20\text{kN/m}^2$   
 $\sigma_d=0.001x(189.7+1035.3/2)/(0.87x21.20)<=0.2fd=0.2x7.92/2.00$ ,  $\sigma_d=0.038\text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16)  
 $f_{xk1}=15.16\text{fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1}=15.16/2.00=7.579\text{fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2}=15.16/2.00=7.579\text{fN/mm}^2$   
 $t=870>250\text{mm}$ ,  $H/L=2.60/20.33=0.13$ ,  $Med1=0.083xwed \cdot H^2$ ,  $Med2=0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1=0.083x1.20x2.60^2=0.68\text{ kNm/m}$ ,  $Med2=0\text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1}=(f_{xd1}+\sigma_d)t^2/6=(1000)x(7.579+0.038)x0.870^2/6=960.88\text{kNm/m}$  (EC6, (6.15)  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd2}=f_{xd2}t^2/6=(1000)x7.579x0.870^2/6=956.09\text{kNm/m}$   
 $Med1=0.68\text{kNm/m}<=960.88\text{kNm/m}=M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**4ος οροφος**

**T34**

Διαστάσεις μήκος=19.75m, ύψος=2.65m, πάχος=870mm  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν



Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)  
 Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)  
 Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)  
 Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)  
 Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}=2.38\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)  
 Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)  
 Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E=6.47\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)  
 Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)x2.00(>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))  
 Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=\rho xh=0.75x2.60=1.95\text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)  
 Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=1.95/0.87=2.24<=27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.  
 Πάχος τοίχου=  $0.870 >=0.350\text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)  
 Λυγηρότητα  $\lambda=9.00 <=9$  (εντάξει)  
 $L/h$  πεσσών:  $10.40/2.20=4.73 >0.50$ ,  $8.15/2.20=3.70 >0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$   
 Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$   
 Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$   
 Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1x70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024x1x70=22.48\text{kN/m}^2$   
 $f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24x800+30.0x1x70x(2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$   
 $E$  τοίχος+μανδύας  $E=(4.24x800+32.0x1x70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$   
 Μανδύας  $v_{rd1}=0.035x30 \frac{1}{2}=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70x70)x(500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$   
 $f_{vk1}=(0.15x800+0.19x1x70x2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66x1x70x2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$   
 $f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$   
 $f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70)x500x(2.50/1.15)x6x800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35x373.9+1.50x183.3)/19.75=39.48\text{kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo}=0.001x39.48/0.87=0.045\text{N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}=1.77\text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}=1.77/39.48=0.04471\text{ m}=0.05x(\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}=0.00000\text{m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=1.95/450=0.00433\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.04471+0.00000+0.00433=0.04905\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05x0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\phi_i=1-2e_e/t=1-2x0.04905/0.87=0.89$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000x0.89x0.87x7.92/2.00=3066.2\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed}=39.5 <=3066.2=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.35 \times 820.8 + 1.50 \times 183.3) / 18.55 = 74.56 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 74.56 / 0.87 = 0.086 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.04471 \times 39.5 / 74.6 = 0.00474 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 1.95 / 450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00474 + 0.00000 + 0.00433 = 0.00907 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.24 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m + e_k = 0.00907 + 0.00000 = 0.00907 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.5 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 74.6 \leq 3100.5 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id}=(1.35 \times 1491.1 + 1.50 \times 183.3) / 18.55 = 123.34 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 123.34 / 0.87 = 0.142 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.04471 \times 39.5 / 123.3 = 0.01431 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 1.95 / 450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.01431 + 0.00000 + 0.00433 = 0.01865 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.01865 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.172 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.172 = 149.9 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 149.9 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.00 \times 373.9 + 0.80 \times 183.3) / 19.75 = 26.36 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 26.36 / 0.87 = 0.030 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 1.22 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id} = 1.22 / 26.36 = 0.04638 \text{ m} = 0.05x(\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00024 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 1.95 / 450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.04638 + 0.00024 + 0.00433 = 0.05095 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.05095 / 0.87 = 0.88$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.88 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4042.4 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 26.4 \leq 4042.4 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.00 \times 820.8 + 0.80 \times 183.3) / 18.55 = 52.15 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 52.15 / 0.87 = 0.060 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.04638 \times 26.4 / 52.2 = 0.00469 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00012 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 1.95 / 450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00469 + 0.00012 + 0.00433 = 0.00914 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.24 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m + e_k = 0.00914 + 0.00000 = 0.00914 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.0 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 52.2 \leq 4134.0 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 1491.1 + 0.80 \times 183.3) / 18.55 = 88.29 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 88.29 / 0.87 = 0.101 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.04638 \times 26.4 / 88.3 = 0.01385 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00024 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 1.95 / 450 = 0.00433 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.01385 + 0.00024 + 0.00433 = 0.01842 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.01842 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.424 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.424 = 368.5 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 368.5 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 1730.6 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.162 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.123 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 14.81 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.123 = 2.429 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 14.81 / 1.50 = 8591.3 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 1730.6 \text{ kN} \leq 8591.3 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος 87x20 [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Ελεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου = 0.237 mm  
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος = 0.000 mm  
 $H = 2.65 \text{ m}$ ,  $L = 18.88 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $M_{ed1} = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $M_{ed1} = (1000) \times 0.237 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.65^2) = 36.01 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (373.9 + 1117.2/2) / (0.87 \times 19.75) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.054 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (10.106 + 0.054) \times 0.870^2 / 6 = 1281.68 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $M_{ed1} = 36.01 \text{ kNm/m} \leq 1281.68 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**3ος οροφος**

**T22**

Διαστάσεις μήκος=21.40m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν



Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3, T.9.1)  
 Κατηγορία κατασκευής : I (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)  
 Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων : II (EC6 §3.1.1)  
 Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k = 7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)  
 Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko} = 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)  
 Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)  
 Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E = 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M = 2.00$  (EC6, §2.4.3)  
 Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M = (2/3) \times 2.00 (\geq 1.50) = 1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))  
 Μήκος λυγισμού τοίχου  $h_{ef} = r \times h = 0.75 \times 2.75 = 2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)  
 Λυγηρότητα  $\lambda = h_{ef} / t_{ef} = 2.06 / 0.87 = 2.37 \leq 27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.  
 Πάχος τοίχου = 0.870  $\geq 0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)  
 Λυγηρότητα  $\lambda = 9.00 \leq 9$  (εντάξει)  
 $L/h$  πεσών:  $1.88/1.70 = 1.10 > 0.50$ ,  $1.72/1.70 = 1.01 > 0.50$ ,  $2.00/1.70 = 1.18 > 0.50$  δεκτό  
 $L/h$  πεσών:  $2.00/1.70 = 1.18 > 0.50$ ,  $1.60/1.70 = 0.94 > 0.50$ ,  $1.70/1.70 = 1.00 > 0.50$ ,  $1.50/1.70 = 0.88 > 0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

$E$  τοίχος+μανδύας  $E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035 \times 30 \times 0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 1213.5+1.50 \times 280.8)/21.40=96.23\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo}=0.001 \times 96.23/0.87=0.111\text{N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}=6.72\text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}=6.72/96.23=0.06981\text{ m}=0.08 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450=0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.06981+0.00000+0.00458=0.07440\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.07440/0.87=0.83$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.83 \times 0.87 \times 7.92/2.00=2859.5\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}=96.2 \leq 2859.5=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.35 \times 1614.7+1.50 \times 280.8)/12.40=209.77\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo}=0.001 \times 209.77/0.87=0.241\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md}=0.20 \times 0.06981 \times 96.2/209.8=0.00641\text{ m}$

Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a=hef/450=2.06/450=0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m=M_{md}/N_{md}+e_{hm}+e_a=0.00641+0.00000+0.00458=0.01099\text{m}$  (EC6 εξ.6.7)

Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k=0$  (EC6 §6.1.2.2(2))

Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m=e_m+e_k=0.01099+0.00000=0.01099\text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)

Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m=(1-2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2)=0.90$  (EC 6 Παραρτ. Γ)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_m \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.2\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}=209.8 \leq 3100.2=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id}=(1.35 \times 2216.6+1.50 \times 280.8)/21.40=159.51\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo}=0.001 \times 159.51/0.87=0.183\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id}=0.06981 \times 96.2/159.5=0.04212\text{ m}$

Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450=0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.04212+0.00000+0.00458=0.04670\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04670/0.87=0.89$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.89 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3066.2\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n=-0.323\text{N/mm}^2$

Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed}=1000 \times 0.87 \times 0.323=280.7\text{ kN/m}$

$N_{ed}=280.7 \leq 3066.2=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 1213.5 + 0.80 \times 280.8) / 21.40 = 67.20 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 67.20 / 0.87 = 0.077 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 3.98 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id} = 3.98/67.20 = 0.05930 \text{ m} = 0.07 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00056 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 2.06/450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.05930 + 0.00056 + 0.00458 = 0.06444 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.06444/0.87 = 0.85$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.85 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 3904.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 67.2 \leq 3904.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 1614.7 + 0.80 \times 280.8) / 12.40 = 148.34 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 148.34 / 0.87 = 0.171 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.05930 \times 67.2 / 148.3 = 0.00537 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00028 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef}/450 = 2.06/450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md}/N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00537 + 0.00028 + 0.00458 = 0.01024 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.01024 + 0.00000 = 0.01024 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. Γ)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 148.3 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 2216.6 + 0.80 \times 280.8) / 21.40 = 114.08 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 114.08 / 0.87 = 0.131 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.05930 \times 67.2 / 114.1 = 0.03493 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00056 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 2.06/450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.03493 + 0.00056 + 0.00458 = 0.04008 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350/0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.727 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.727 = 632.6 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 632.6 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε διάτμηση, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.2)**

$V_{ed} = 1969.8 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.295 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.226 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 12.40 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.226 = 2.471 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 12.40 / 1.50 = 7192.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 1969.8 \text{ kN} \leq 7192.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

**Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)**

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάξ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.349 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $0.349 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)



**Σενάζι οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3. (7), §8.2, EC8 §9.5.3).**

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζι οπλισμένου σκυροδέματος 87x20 [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

**Ελεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)**

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου = 0.562 mm  
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος= 0.000 mm  
 $H=2.80m, L=20.53m, f_{xk1}=15.16N/mm^2, f_{xd1}=15.16/1.50=10.106 N/mm^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1=\delta \cdot E \cdot bt^3 / (4H^2), Med1=(1000) \times 0.562 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2)=76.30kNm/m$   
 $\sigma_d=0.001 \times (82.4+1131.1+1003.1/2) / (0.87 \times 21.40) \leq 0.2f_d=0.2 \times 7.92/1.50, \sigma_d=0.092 N/mm^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $Mrd1=(f_{xd1}+\sigma_d)t^2/6=(1000) \times (10.106+0.092) \times 0.870^2/6=1286.48kNm/m$  (EC6, (6.15))  
 $Med1=76.30kNm/m \leq 1286.48kNm/m =Mrd1$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**Ελεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)**

$H=2.75m, L=20.53m, \text{φορτίο ανέμου } W=C_{pe}x1.00=0.80 \times 1.00=0.80kN/m^2, 1.50W=1.50 \times 0.80=1.20kN/m^2$   
 $\sigma_d=0.001 \times (82.4+1131.1+1003.1/2) / (0.87 \times 21.40) \leq 0.2f_d=0.2 \times 7.92/2.00, \sigma_d=0.092 N/mm^2$  (EC6, (6.16))  
 $f_{xk1}=15.16fN/mm^2, f_{xk2}=15.16fN/mm^2, f_{xd1}=15.16/2.00=7.579fN/mm^2, f_{xd2}=15.16/2.00=7.579N/mm^2$   
 $t=870>250mm, H/L=2.75/20.53=0.13, Med1=0.083xwed \cdot H^2, Med2=0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1=0.083 \times 1.20 \times 2.75^2=0.76 kNm/m, Med2=0 kNm/m$   
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $Mrd1=(f_{xd1}+\sigma_d)t^2/6=(1000) \times (7.579+0.092) \times 0.870^2/6=967.70kNm/m$  (EC6, (6.15))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $Mrd2=f_{xd2}t^2/6=(1000) \times 7.579 \times 0.870^2/6=956.09kNm/m$   
 $Med1=0.76kNm/m \leq 967.70kNm/m =Mrd1$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**3ος οροφος**

**T23**

Διαστάσεις μήκος=48.75m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)



Κατηγορία κατασκευής :I (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 N/mm^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}=2.38 N/mm^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16N/mm^2, f_{xk2}=15.16N/mm^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E=6.47 N/mm^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3) \times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r \times h=0.75 \times 2.75=2.06 m$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.06/0.87=2.37 \leq 27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 \geq 0.350 m$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=9.00 \leq 9$  (εντάξει)

$L/h$  πεσσών:  $2.60/1.70=0.65 > 0.50, 2.70/1.70=1.00 > 0.50, 2.35/1.70=1.38 > 0.50$  δεκτό

$L/h$  πεσσών:  $2.60/1.70=1.38 > 0.50, 2.70/1.70=1.50 > 0.50, 2.30/1.70=1.52 > 0.50, 2.58/1.70=1.53 > 0.50, 2.67/1.70=1.53 > 0.50$

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

$E$  τοίχος+μανδύας  $E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035 \times 30 \times 0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 3037.4+1.50 \times 866.9)/48.75=110.79\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 110.79/0.87=0.127\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου δαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id}/N_{id}=0$

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=he_f/450=2.06/450=0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00000+0.00000+0.00458=0.00458\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87=0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}=110.8 \leq 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.35 \times 3969.4+1.50 \times 866.9)/30.75=216.56\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 216.56/0.87=0.249\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md}=0.20 \times 0.00000 \times 110.8/216.6=0.00000\text{m}$

Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a=he_f/450=2.06/450=0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m=M_{md}/N_{md}+e_{hm}+e_a=0.00000+0.00000+0.00458=0.00458\text{m}$  (EC6 εξ.6.7)

Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k=0$  (EC6 §6.1.2.2(2))

Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m=e_m+e_k=0.00458+0.00000=0.00458\text{m}$  (EC6, εξ.6.7)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)

Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m=(1-2e_m/t) \cdot \text{Exp}(-u^2/2)=0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_m \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.2\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}=216.6 \leq 3100.2=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id}=(1.35 \times 5367.5+1.50 \times 866.9)/47.25=180.88\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 180.88/0.87=0.208\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id}=0.00000 \times 110.8/180.9=0.00000\text{m}$

Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=he_f/450=2.06/450=0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00000+0.00000+0.00458=0.00458\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87=0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n=-0.383\text{N/mm}^2$

Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed}=1000 \times 0.87 \times 0.383=333.4\text{ kN/m}$

$N_{ed}=333.4 \leq 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.00 \times 3037.4+0.80 \times 866.9)/48.75=76.53\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 76.53/0.87=0.088\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου δαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id}/N_{id}=0$



## Ελεγχος αντοχής τοίχων

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00056m$   
Τυχρηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 2.06/450 = 0.00458m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = Mid/Nid + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00056 + 0.00458 = 0.00514m$  (EC6 εξ.6.5)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00514/0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/1.50 = 4134.2kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 76.5 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 3969.4 + 0.80 \times 866.9) / 30.75 = 151.64kN/m$   
Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 151.64 / 0.87 = 0.174N/mm^2$   
Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 76.5 / 151.6 = 0.00000 m$   
Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00028m$   
Τυχρηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef}/450 = 2.06/450 = 0.00458m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00028 + 0.00458 = 0.00486m$  (EC6 εξ.6.7)  
Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00486 + 0.00000 = 0.00486 m$  (EC6, εξ.6.7)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \cdot \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/1.50 = 4133.6kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 151.6 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 5367.5 + 0.80 \times 866.9) / 47.25 = 128.28kN/m$   
Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 128.28 / 0.87 = 0.147N/mm^2$   
Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/Nid = 0.00000 \times 76.5 / 128.3 = 0.00000 m$   
Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00056m$   
Τυχρηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 2.06/450 = 0.00458m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/Nid + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00056 + 0.00458 = 0.00514m$  (EC6 εξ.6.5)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00514/0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/1.50 = 4134.2kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.983N/mm^2$   
Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.983 = 855.6 kN/m$   
 $N_{ed} = 855.6 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος σε διάτμηση, φόρτιση 1.00kg+0.80kg+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 6644.9kN$ ,  $\tau_{\max} = 0.398N/mm^2$ ,  $\sigma_d = 0.227N/mm^2$ ,  $L_c = 30.75m$   
Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.227 = 2.471N/mm^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000N/mm^2$ ,  $f_{vk} = 1.000N/mm^2$  (EC6 εξ.3.5)  
Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 30.75 / 1.50 = 17835.0 kN$   
 $V_{ed} = 6644.9kN \leq 17835.0kN = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

### Σεναξ όπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σεναξ όπλισμένου σκυροδέματος 87x20 [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο όπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

### Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου = 0.417 mm  
Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος = 0.000 mm  
 $H = 2.80m$ ,  $L = 11.33m$ ,  $f_{xk1} = 15.16N/mm^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16/1.50 = 10.106 N/mm^2$   
Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = \delta \cdot E \cdot bt^3 / (4H^2)$ ,  $Med1 = (1000) \times 0.417 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 56.67kNm/m$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (246.0 + 2791.4 + 2330.1/2) / (0.87 \times 48.75) \leq 0.2f_d = 0.2 \times 7.92/1.50$ ,  $\sigma_d = 0.099 N/mm^2$  (EC6, (6.16))  
Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.099) \times 0.870^2 / 6 = 1287.36kNm/m$  (EC6, (6.15))  
 $Med1 = 56.67kNm/m \leq 1287.36kNm/m = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)**

$H=2.75\text{m}$ ,  $L=11.33\text{m}$ , φορτίο ανέμου  $W=C_{pe}x1.00=0.80x1.00=0.80\text{kN/m}^2$ ,  $1.50W=1.50x0.80=1.20\text{kN/m}^2$   
 $\sigma_d=0.001x(246.0+2791.4+2330.1/2)/(0.87x48.75)\leq 0.2f_d=0.2x7.92/2.00$ ,  $\sigma_d=0.099\text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16)  
 $f_{xk1}=15.16\text{fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1}=15.16/2.00=7.579\text{fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2}=15.16/2.00=7.579\text{fN/mm}^2$   
 $t=870>250\text{mm}$ ,  $H/L=2.75/11.33=0.24$ ,  $Med1=0.083xw_{ed}\cdot H^2$ ,  $Med2=0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1=0.083x1.20x2.75^2=0.76\text{ kNm/m}$ ,  $Med2=0\text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1}=(f_{xd1}+\sigma_d)t^2/6=(1000)x(7.579+0.099)x0.870^2/6=968.58\text{kNm/m}$  (EC6, (6.15)  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd2}=f_{xd2}t^2/6=(1000)x7.579x0.870^2/6=956.09\text{kNm/m}$   
 $Med1=0.76\text{kNm/m}\leq 968.58\text{kNm/m}=M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**3ος οροφος**

**T24**

Διαστάσεις μήκος=51.00m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}=2.38\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E=6.47\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)x2.00(>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=\rho xh=0.75x2.75=2.06\text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.06/0.87=2.37\leq 27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870\geq 0.350\text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=9.00\leq 9$  (εντάξει)

$L/h$  πεσσών:  $2.10/2.10=0.94>0.50$ ,  $2.85/2.10=1.09>0.50$ ,  $2.80/2.10=1.14>0.50$ ,  $2.40/2.10=1.14>0.50$  δεκτό

$L/h$  πεσσών:  $2.40/2.10=1.14>0.50$ ,  $2.80/1.70=1.14>0.50$ ,  $2.40/2.10=1.18>0.50$ ,  $2.40/2.20=1.27>0.50$ ,  $2.80/2.20=1.34>0.50$

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1x70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024x1x70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24x800+30.0x1x70x(2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

$E$  τοίχος+μανδύας  $E=(4.24x800+32.0x1x70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035x30\leq 0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70x70)x(500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15x800+0.19x1x70x2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66x1x70x2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70)x500x(2.50/1.15)x6x800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.35xg+1.50xq (EC6, §6.1)**

Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35x3528.4+1.50x895.7)/51.00=119.74\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed}=0.001x119.74/0.87=0.138\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου δαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id}/N_{id}=0$

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450=0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00000+0.00000+0.00458=0.00458\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05x0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2x0.04350/0.87=0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i.t.f_k/\gamma_M=1000x0.90x0.87x7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}=119.7\leq 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.35 \times 4503.6 + 1.50 \times 895.7) / 33.00 = 224.95 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $s_{edo} = 0.001 \times 224.95 / 0.87 = 0.259 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 119.7 / 225.0 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00458 + 0.00000 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 225.0 \leq 3100.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id}=(1.35 \times 5966.4 + 1.50 \times 895.7) / 42.00 = 223.77 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $s_{edo} = 0.001 \times 223.77 / 0.87 = 0.257 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.00000 \times 119.7 / 223.8 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00458 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max s_{\sigma} = -0.384 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.384 = 333.9 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 333.9 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.00 \times 3528.4 + 0.80 \times 895.7) / 51.00 = 83.23 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $s_{edo} = 0.001 \times 83.23 / 0.87 = 0.096 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου διαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id}/N_{id} = 0$   
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00056 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00056 + 0.00458 = 0.00514 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00514 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 83.2 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.00 \times 4503.6 + 0.80 \times 895.7) / 33.00 = 158.19 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $s_{edo} = 0.001 \times 158.19 / 0.87 = 0.182 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 83.2 / 158.2 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00028 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00028 + 0.00458 = 0.00486 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00486 + 0.00000 = 0.00486 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 158.2 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 5966.4 + 0.80 \times 895.7) / 42.00 = 159.12 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{do} = 0.001 \times 159.12 / 0.87 = 0.183 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.00000 \times 83.2 / 159.1 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00056 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00056 + 0.00458 = 0.00514 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00514 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.925 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.925 = 805.0 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 805.0 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 6946.2 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.354 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.233 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 33.00 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.233 = 2.473 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 33.00 / 1.50 = 19140.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 6946.2 \text{ kN} \leq 19140.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάζ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.408 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $0.408 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $0.417 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 2.80 \text{ m}$ ,  $L = 13.16 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $Med1 = (1000) \times 0.417 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 56.67 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (245.9 + 3282.5 + 2438.0 / 2) / (0.87 \times 51.00) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.107 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.107) \times 0.870^2 / 6 = 1288.37 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $Med1 = 56.67 \text{ kNm/m} \leq 1288.37 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)

$H = 2.75 \text{ m}$ ,  $L = 13.16 \text{ m}$ , φορτίο ανέμου  $W = C_{pe} \times 1.00 = 0.80 \times 1.00 = 0.80 \text{ kN/m}^2$ ,  $1.50W = 1.50 \times 0.80 = 1.20 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (245.9 + 3282.5 + 2438.0 / 2) / (0.87 \times 51.00) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 2.00$ ,  $\sigma_d = 0.107 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 $f_{xk1} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ N/mm}^2$   
 $t = 870 > 250 \text{ mm}$ ,  $H/L = 2.75 / 13.16 = 0.21$ ,  $Med1 = 0.083 \times w_{ed} \cdot H^2$ ,  $Med2 = 0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = 0.083 \times 1.20 \times 2.75^2 = 0.76 \text{ kNm/m}$ ,  $Med2 = 0 \text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (7.579 + 0.107) \times 0.870^2 / 6 = 969.59 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd2} = f_{xd2} t^2 / 6 = (1000) \times 7.579 \times 0.870^2 / 6 = 956.09 \text{ kNm/m}$   
 $Med1 = 0.76 \text{ kNm/m} \leq 969.59 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**3ος οροφος**

**T25**

Διαστάσεις μήκος=21.20m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vk0}= 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)\times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_xh= 0.75\times 2.75= 2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.06/0.87= 2.37<=27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 >=0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00 <= 9$  (εντάξει)

L/h πεσσών:  $4.80/1.35=3.56 >0.50$ ,  $1.70/1.35=1.26 >0.50$ ,  $1.90/1.35=1.41 >0.50$  δεκτό

L/h πεσσών:  $2.00/1.35=1.48 >0.50$ ,  $1.80/1.35=1.33 >0.50$ ,  $1.50/1.35=1.11 >0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό Φ14/70mm,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{v0}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1\times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024\times 1\times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24\times 800+30.0\times 1\times 70\times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

E τοίχος+μανδύας  $E=(4.24\times 800+32.0\times 1\times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035\times 30^{3/4}=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70\times 70)\times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15\times 800+0.19\times 1\times 70\times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66\times 1\times 70\times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70)\times 500\times (2.50/1.15)\times 6\times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35\times 1323.3+1.50\times 312.1)/21.20=106.35\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001\times 106.35/0.87=0.122\text{N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}= 9.92 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}= 9.92/106.35= 0.09331 \text{ m} = 0.11\times(\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450= 0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.09331+0.00000+0.00458= 0.09790\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05\times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\phi_i=1-2e_e/t=1-2\times 0.09790/0.87= 0.77$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\phi_i.t.f_k/\gamma_M=1000\times 0.77\times 0.87\times 7.92/2.00=2652.8\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}= 106.3 <= 2652.8=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 1766.0 + 1.50 \times 312.1) / 13.70 = 208.20 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 208.20 / 0.87 = 0.239 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.09331 \times 106.3 / 208.2 = 0.00953 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00953 + 0.00000 + 0.00458 = 0.01412 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.01412 + 0.00000 = 0.01412 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 208.2 \leq 3100.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 2430.1 + 1.50 \times 312.1) / 21.20 = 176.83 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 176.83 / 0.87 = 0.203 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.09331 \times 106.3 / 176.8 = 0.05612 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.05612 + 0.00000 + 0.00458 = 0.06070 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.06070 / 0.87 = 0.86$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.86 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 2962.9 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.326 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.326 = 283.4 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 283.4 \leq 2962.9 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 1323.3 + 0.80 \times 312.1) / 21.20 = 74.20 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 74.20 / 0.87 = 0.085 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 5.89 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id} / N_{id} = 5.89 / 74.20 = 0.07933 \text{ m} = 0.09 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00056 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.07933 + 0.00056 + 0.00458 = 0.08448 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.08448 / 0.87 = 0.81$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.81 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 3720.8 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 74.2 \leq 3720.8 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 1766.0 + 0.80 \times 312.1) / 13.70 = 147.13 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 147.13 / 0.87 = 0.169 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.07933 \times 74.2 / 147.1 = 0.00800 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00028 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00800 + 0.00028 + 0.00458 = 0.01287 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.01287 + 0.00000 = 0.01287 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 147.1 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)



Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 2430.1 + 0.80 \times 312.1) / 21.20 = 126.40 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{do} = 0.001 \times 126.40 / 0.87 = 0.145 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.07933 \times 74.2 / 126.4 = 0.04657 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00056 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.04657 + 0.00056 + 0.00458 = 0.05171 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.05171 / 0.87 = 0.88$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.88 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4042.4 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.690 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.690 = 600.5 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 600.5 \leq 4042.4 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 2497.8 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.345 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.225 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 13.70 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.225 = 2.470 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 13.70 / 1.50 = 7946.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 2497.8 \text{ kN} \leq 7946.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάξ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.376 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $0.376 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

Σενάξ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάξ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $0.559 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 2.80 \text{ m}$ ,  $L = 20.33 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $Med1 = (1000) \times 0.559 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 75.89 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (98.3 + 1225.0 + 1106.8/2) / (0.87 \times 21.20) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.102 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.102) \times 0.870^2 / 6 = 1287.74 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $Med1 = 75.89 \text{ kNm/m} \leq 1287.74 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)

$H = 2.75 \text{ m}$ ,  $L = 20.33 \text{ m}$ , φορτίο ανέμου  $W = C_{pe} \times 1.00 = 0.80 \times 1.00 = 0.80 \text{ kN/m}^2$ ,  $1.50W = 1.50 \times 0.80 = 1.20 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (98.3 + 1225.0 + 1106.8/2) / (0.87 \times 21.20) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 2.00$ ,  $\sigma_d = 0.102 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 $f_{xk1} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ N/mm}^2$   
 $t = 870 > 250 \text{ mm}$ ,  $H/L = 2.75 / 20.33 = 0.14$ ,  $Med1 = 0.083 \times w_{ed} \cdot H^2$ ,  $Med2 = 0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = 0.083 \times 1.20 \times 2.75^2 = 0.76 \text{ kNm/m}$ ,  $Med2 = 0 \text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (7.579 + 0.102) \times 0.870^2 / 6 = 968.96 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd2} = f_{xd2} t^2 / 6 = (1000) \times 7.579 \times 0.870^2 / 6 = 956.09 \text{ kNm/m}$   
 $Med1 = 0.76 \text{ kNm/m} \leq 968.96 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**3ος οροφος**

**T26**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}= 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)\times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_k h= 0.75\times 2.75= 2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.06/0.87= 2.37<=27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 >=0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00<= 9$  (εντάξει)

$L/h$  πεσσών:  $10.40/2.20=4.73>0.50$ ,  $8.25/2.20=3.75>0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1\times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024\times 1\times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24\times 800+30.0\times 1\times 70\times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

$E$  τοίχος+μανδύας  $E=(4.24\times 800+32.0\times 1\times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035\times 30^{1/2}=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70\times 70)\times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15\times 800+0.19\times 1\times 70\times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66\times 1\times 70\times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70)\times 500\times (2.50/1.15)\times 6\times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.35kg+1.50kg (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35\times 166.2+1.50\times 369.4)/19.85=39.22\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001\times 39.22/0.87=0.045\text{N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}= 0.11 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}= 0.11/39.22= 0.00273 \text{ m} = 0.00\times(\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450= 0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00273+0.00000+0.00458= 0.00732\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05\times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2\times 0.04350/0.87= 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i.t.f_k/\gamma_M=1000\times 0.90\times 0.87\times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}= 39.2 <= 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)



Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.35 \times 642.2 + 1.50 \times 369.4) / 18.65 = 76.20 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $s_{edo} = 0.001 \times 76.20 / 0.87 = 0.088 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00273 \times 39.2 / 76.2 = 0.00028 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00028 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00486 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00486 + 0.00000 = 0.00486 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 76.2 \leq 3100.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id}=(1.35 \times 1356.3 + 1.50 \times 369.4) / 18.65 = 127.89 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $s_{edo} = 0.001 \times 127.89 / 0.87 = 0.147 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.00273 \times 39.2 / 127.9 = 0.00084 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00084 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00542 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00542 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max s_{\sigma} = -0.175 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.175 = 152.4 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 152.4 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.00 \times 166.2 + 0.80 \times 369.4) / 19.85 = 23.26 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $s_{edo} = 0.001 \times 23.26 / 0.87 = 0.027 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 0.06 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id} = 0.06 / 23.26 = 0.00273 \text{ m} = 0.00 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00056 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00273 + 0.00056 + 0.00458 = 0.00788 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00788 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 23.3 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.00 \times 642.2 + 0.80 \times 369.4) / 18.65 = 50.28 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $s_{edo} = 0.001 \times 50.28 / 0.87 = 0.058 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00273 \times 23.3 / 50.3 = 0.00025 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00028 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00025 + 0.00028 + 0.00458 = 0.00512 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00512 + 0.00000 = 0.00512 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 50.3 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 1356.3 + 0.80 \times 369.4) / 18.65 = 88.57 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 88.57 / 0.87 = 0.102 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.00273 \times 23.3 / 88.6 = 0.00072 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00056 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00072 + 0.00056 + 0.00458 = 0.00586 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00586 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.605 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.605 = 526.0 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 526.0 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 3180.3 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.259 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.128 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 14.89 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.128 = 2.431 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 14.89 / 1.50 = 8634.8 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 3180.3 \text{ kN} \leq 8634.8 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος 87x20 [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Ελεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου = 0.562 mm  
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος = 0.000 mm  
 $H = 2.80 \text{ m}$ ,  $L = 18.98 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = \delta \cdot E \cdot bt^3 / (4H^2)$ ,  $Med1 = (1000) \times 0.562 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 76.30 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (166.2 + 1190.1/2) / (0.87 \times 19.85) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.044 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16)  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (10.106 + 0.044) \times 0.870^2 / 6 = 1280.42 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15)  
 $Med1 = 76.30 \text{ kNm/m} \leq 1280.42 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

3ος οροφος

T27

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν



Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3, T.9.1)  
 Κατηγορία κατασκευής : I (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)  
 Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων : II (EC6 §3.1.1)  
 Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k = 7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)  
 Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko} = 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)  
 Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)  
 Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E = 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M = 2.00$  (EC6, §2.4.3)  
 Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M = (2/3) \times 2.00 (>= 1.50) = 1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))  
 Μήκος λυγισμού τοίχου  $h_{ef} = r \times h = 0.75 \times 2.75 = 2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)  
 Λυγηρότητα  $\lambda = h_{ef} / t_{ef} = 2.06 / 0.87 = 2.37 \leq 27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.  
 Πάχος τοίχου = 0.870  $>= 0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)  
 Λυγηρότητα  $\lambda = 9.00 \leq 9$  (εντάξει)  
 $L/h$  πεσσών:  $10.40 / 2.20 = 4.73 > 0.50$ ,  $8.25 / 2.20 = 3.75 > 0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

$E$  τοίχος+μανδύας  $E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035 \times 30 \times 0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 1648.3+1.50 \times 532.7)/19.85=152.36\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 152.36/0.87=0.175\text{N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}=0.91\text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}=0.91/152.36=0.00594\text{ m}=0.01 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450=0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00594+0.00000+0.00458=0.01052\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87=0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}=152.4 \leq 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.35 \times 2124.3+1.50 \times 532.7)/18.65=196.62\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 196.62/0.87=0.226\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md}=0.20 \times 0.00594 \times 152.4/196.6=0.00092\text{ m}$

Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a=hef/450=2.06/450=0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m=M_{md}/N_{md}+e_{hm}+e_a=0.00092+0.00000+0.00458=0.00550\text{m}$  (EC6 εξ.6.7)

Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k=0$  (EC6 §6.1.2.2(2))

Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m=e_m+e_k=0.00550+0.00000=0.00550\text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)

Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m=(1-2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2)=0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_m \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.2\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}=196.6 \leq 3100.2=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id}=(1.35 \times 2838.4+1.50 \times 532.7)/18.65=248.31\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 248.31/0.87=0.285\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id}=0.00594 \times 152.4/248.3=0.00365\text{ m}$

Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450=0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00365+0.00000+0.00458=0.00823\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87=0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n=-0.360\text{N/mm}^2$

Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed}=1000 \times 0.87 \times 0.360=313.5\text{ kN/m}$

$N_{ed}=313.5 \leq 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 1648.3 + 0.80 \times 532.7) / 19.85 = 104.51 \text{ kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 104.51 / 0.87 = 0.120 \text{ N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 0.54 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id} = 0.54 / 104.51 = 0.00514 \text{ m} = 0.01 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00056 \text{ m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00514 + 0.00056 + 0.00458 = 0.01028 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed} = 104.5 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 2124.3 + 0.80 \times 532.7) / 18.65 = 136.76 \text{ kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 136.76 / 0.87 = 0.157 \text{ N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00514 \times 104.5 / 136.8 = 0.00079 \text{ m}$

Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00028 \text{ m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md}/N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00079 + 0.00028 + 0.00458 = 0.00565 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)

Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))

Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00565 + 0.00000 = 0.00565 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)

Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. Γ)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed} = 136.8 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 2838.4 + 0.80 \times 532.7) / 18.65 = 175.04 \text{ kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 175.04 / 0.87 = 0.201 \text{ N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.00514 \times 104.5 / 175.0 = 0.00307 \text{ m}$

Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00056 \text{ m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00307 + 0.00056 + 0.00458 = 0.00821 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.697 \text{ N/mm}^2$

Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.697 = 606.3 \text{ kN/m}$

$N_{ed} = 606.3 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε διάτμηση, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.2)**

$V_{ed} = 2912.8 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.274 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.228 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 14.89 \text{ m}$

Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)

$f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.228 = 2.471 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)

Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)

$V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 14.89 / 1.50 = 8634.8 \text{ kN}$

$V_{ed} = 2912.8 \text{ kN} \leq 8634.8 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)

Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

**Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)**

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάξ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.

Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.417 \text{ N/mm}^2$

Η μέγιστη αυτή τάση  $0.417 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$

άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

**Σενάζι οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμεν. εφαρμογής, EC6 §6.1.3. (7), §8.2, EC8 §9.5.3).**

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζι οπλισμένου σκυροδέματος 87x20 [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

**Ελεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)**

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου = 0.562 mm  
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος= 0.000 mm  
 $H=2.80m, L=18.98m, f_{xk1}=15.16N/mm^2, f_{xd1}=15.16/1.50=10.106 N/mm^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1=\delta \cdot E \cdot bt^3 / (4H^2), Med1=(1000) \times 0.562 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 76.30 kNm/m$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (157.2 + 1491.1 + 1190.1/2) / (0.87 \times 19.85) \leq 0.2 f_{xd} = 0.2 \times 7.92 / 1.50, \sigma_d = 0.130 N/mm^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.130) \times 0.870^2 / 6 = 1291.27 kNm/m$  (EC6, (6.15))  
 $Med1 = 76.30 kNm/m \leq 1291.27 kNm/m = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**3ος οροφος**

**T28**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν



Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3, T.9.1)  
 Κατηγορία κατασκευής : I (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)  
 Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων : II (EC6 §3.1.1)  
 Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k = 7.92 N/mm^2$  (EC6 §3.6.1.2)  
 Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko} = 2.38 N/mm^2$  (EC6 §3.6.2)  
 Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1} = 15.16 N/mm^2, f_{xk2} = 15.16 N/mm^2$  (EC6 §3.6.3)  
 Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E = 6.47 N/mm^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M = 2.00$  (EC6, §2.4.3)  
 Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M = (2/3) \times 2.00 (\geq 1.50) = 1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))  
 Μήκος λυγισμού τοίχου  $h_{ef} = r_{xh} = 0.75 \times 2.75 = 2.06 m$  (EC6, §5.5.1.2)  
 Λυγηρότητα  $\lambda = h_{ef} / t_{ef} = 2.06 / 0.87 = 2.37 \leq 27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.  
 Πάχος τοίχου= 0.870  $\geq 0.350 m$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)  
 Λυγηρότητα  $\lambda = 9.00 \leq 9$  (εντάξει)  
 $L/h$  πεσσών:  $10.40/2.20 = 4.73 > 0.50, 8.25/2.20 = 3.75 > 0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό Φ14/70mm,  $\gamma_c = 1.50, \gamma_s = 1.15$   
 Αντοχές τοίχου  $f_k = 4.24 N/mm^2, f_{vo} = 0.15 N/mm^2, f_{xk1} = 0.10 N/mm^2, f_{xk2} = 0.20 N/mm^2, E = 4.24 GPa, \gamma_M = 2.50$   
 Αντοχές μανδύα  $f_{ck} = 30.0 N/mm^2, E_c = 32.0 GPa, \text{οπλισμός } A_s = 153.9 mm^2 / 70 mm, f_{yk} = 500 N/mm^2, E_s = 200 GPa$   
 Πάχος τοίχου με μανδύα  $800 + 1 \times 70 = 870 mm$ , βάρος  $20.80 + 0.024 \times 1 \times 70 = 22.48 kN/m^2$   
 $f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k = [4.24 \times 800 + 30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)] / 870 = 3.90 + 4.02 = 7.93 N/mm^2$   
 $E$  τοίχος+μανδύας  $E = (4.24 \times 800 + 32.0 \times 1 \times 70) / 870 = 3.90 + 2.57 = 6.48 GPa$   
 Μανδύας  $v_{rd1} = 0.035 \times 30 \geq 0.19 N/mm^2, v_{rd2} = 153.9 / (70 \times 70) \times (500/1.15) = 13.66 N/mm^2$   
 $f_{vk1} = (0.15 \times 800 + 0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50) / 870 = 0.18 N/mm^2, f_{vk2} = 13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50 / 870 = 2.75 N/mm^2$   
 $f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2}), f_{vk} < 0.30 f_k = 2.38 N/mm^2, f_{vk} = 2.38 N/mm^2$   
 $f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1} = f_{xk2} = (153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800 / 870^2 = 15.16 N/mm^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35xg+1.50xq (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.35 \times 155.5 + 1.50 \times 345.5) / 19.85 = 36.68 kN/m$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 36.68 / 0.87 = 0.042 N/mm^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 0.10 kNm/m$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id} = 0.10/36.68 = 0.00271 m = 0.00 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

## Ελεγχοι αντοχής τοίχων

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000m$   
Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 2.06/450 = 0.00458m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = Mid/Nid + e_{he} + e_i = 0.00271 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00729m$  (EC6 εξ.6.5)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00729/0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00 = 3100.7kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 36.7 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 631.5 + 1.50 \times 345.5) / 18.65 = 73.50kN/m$   
Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 73.50 / 0.87 = 0.084N/mm^2$   
Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.00271 \times 36.7 / 73.5 = 0.00027 m$   
Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000m$   
Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef}/450 = 2.06/450 = 0.00458m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00027 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00485m$  (EC6 εξ.6.7)  
Η λυγρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_{k0} = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_{k0} = 0.00485 + 0.00000 = 0.00485 m$  (EC6, εξ.6.7)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \cdot \exp(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00 = 3100.2kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 73.5 \leq 3100.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 1345.6 + 1.50 \times 345.5) / 18.65 = 125.19kN/m$   
Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 125.19 / 0.87 = 0.144N/mm^2$   
Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.00271 \times 36.7 / 125.2 = 0.00079 m$   
Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000m$   
Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 2.06/450 = 0.00458m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00079 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00538m$  (EC6 εξ.6.5)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00538/0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00 = 3100.7kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.171N/mm^2$   
Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.171 = 148.7 kN/m$   
 $N_{ed} = 148.7 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)

#### Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 155.5 + 0.80 \times 345.5) / 19.85 = 21.76kN/m$   
Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 21.76 / 0.87 = 0.025N/mm^2$   
Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 0.06 kNm/m$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
Εκκεντρότητα  $M_{id} / N_{id} = 0.06 / 21.76 = 0.00271 m = 0.00 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00056m$   
Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 2.06/450 = 0.00458m$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00271 + 0.00056 + 0.00458 = 0.00785m$  (EC6 εξ.6.5)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00785/0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/1.50 = 4134.2kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 21.8 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)



Έλεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.00 \times 631.5 + 0.80 \times 345.5) / 18.65 = 48.68 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 48.68 / 0.87 = 0.056 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00271 \times 21.8 / 48.7 = 0.00024 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00028 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md}/N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00024 + 0.00028 + 0.00458 = 0.00511 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00511 + 0.00000 = 0.00511 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 48.7 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id}=(1.00 \times 1345.6 + 0.80 \times 345.5) / 18.65 = 86.97 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 86.97 / 0.87 = 0.100 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.00271 \times 21.8 / 87.0 = 0.00068 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00056 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00068 + 0.00056 + 0.00458 = 0.00582 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00582 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.595 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.595 = 518.0 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 518.0 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 3136.2 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.256 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.125 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 14.89 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.125 = 2.430 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 14.89 / 1.50 = 8634.8 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 3136.2 \text{ kN} \leq 8634.8 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος 87x20 [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου = 0.562 mm  
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος = 0.000 mm  
 $H = 2.80 \text{ m}$ ,  $L = 18.98 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $M_{ed1} = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $M_{ed1} = (1000) \times 0.562 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 76.30 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (155.5 + 1190.1/2) / (0.87 \times 19.85) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.043 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (10.106 + 0.043) \times 0.870^2 / 6 = 1280.30 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $M_{ed1} = 76.30 \text{ kNm/m} \leq 1280.30 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**2ος οροφος**

**T15**

Διαστάσεις μήκος=21.40m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}= 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)\times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_x h= 0.75 \times 2.75= 2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.06/0.87= 2.37 < =27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 > =0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00 < = 9$  (εντάξει)

L/h πεσσών:  $1.88/1.70=1.10 > 0.50$ ,  $1.72/1.70=1.01 > 0.50$ ,  $2.00/1.70=1.18 > 0.50$  δεκτό

L/h πεσσών:  $2.00/1.70=1.18 > 0.50$ ,  $1.60/1.70=0.94 > 0.50$ ,  $1.70/1.70=1.00 > 0.50$ ,  $1.50/1.70=0.88 > 0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

E τοίχος+μανδύας  $E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035 \times 30^{3/4}=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk} < 0.30 f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35qg+1.50qg (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 2326.4+1.50 \times 493.3)/21.40=181.34\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 181.34/0.87=0.208\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου δαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id}/N_{id}=0$

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450= 0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00000+0.00000+0.00458= 0.00458\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87= 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}= 181.3 < = 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)



Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.35 \times 2727.6 + 1.50 \times 493.3) / 12.40 = 356.63 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 356.63 / 0.87 = 0.410 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 181.3 / 356.6 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00458 + 0.00000 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 356.6 \leq 3100.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id}=(1.35 \times 3329.5 + 1.50 \times 493.3) / 21.40 = 244.62 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 244.62 / 0.87 = 0.281 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.00000 \times 181.3 / 244.6 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.00458 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.518 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.518 = 450.7 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 450.7 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.00 \times 2326.4 + 0.80 \times 493.3) / 21.40 = 127.15 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 127.15 / 0.87 = 0.146 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου διαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id}/N_{id} = 0$   
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00089 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00089 + 0.00458 = 0.00547 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.00547 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 127.2 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.00 \times 2727.6 + 0.80 \times 493.3) / 12.40 = 251.80 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 251.80 / 0.87 = 0.289 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 127.2 / 251.8 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00045 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00045 + 0.00458 = 0.00503 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00503 + 0.00000 = 0.00503 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 251.8 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 3329.5 + 0.80 \times 493.3) / 21.40 = 174.03 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{do} = 0.001 \times 174.03 / 0.87 = 0.200 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.00000 \times 127.2 / 174.0 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00089 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00089 + 0.00458 = 0.00548 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00548 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.160 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.160 = 1009.4 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1009.4 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 3143.5 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.474 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.345 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 12.40 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.345 = 2.518 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 12.40 / 1.50 = 7192.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 3143.5 \text{ kN} \leq 7192.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάζ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.572 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $0.572 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό  $4\Phi 16$  (συνδ.  $\Phi 8/15$ ) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $0.893 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 2.80 \text{ m}$ ,  $L = 20.53 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $Med1 = (1000) \times 0.893 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 121.32 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (109.8 + 2216.6 + 1003.1/2) / (0.87 \times 21.40) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.152 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.152) \times 0.870^2 / 6 = 1294.05 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $Med1 = 121.32 \text{ kNm/m} \leq 1294.05 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)

$H = 2.75 \text{ m}$ ,  $L = 20.53 \text{ m}$ , φορτίο ανέμου  $W = C_{pe} \times 1.00 = 0.80 \times 1.00 = 0.80 \text{ kN/m}^2$ ,  $1.50W = 1.50 \times 0.80 = 1.20 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (109.8 + 2216.6 + 1003.1/2) / (0.87 \times 21.40) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 2.00$ ,  $\sigma_d = 0.152 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 $f_{xk1} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ N/mm}^2$   
 $t = 870 > 250 \text{ mm}$ ,  $H/L = 2.75 / 20.53 = 0.13$ ,  $Med1 = 0.083 \times w_{ed} \cdot H^2$ ,  $Med2 = 0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = 0.083 \times 1.20 \times 2.75^2 = 0.76 \text{ kNm/m}$ ,  $Med2 = 0 \text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (7.579 + 0.152) \times 0.870^2 / 6 = 975.27 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd2} = f_{xd2} t^2 / 6 = (1000) \times 7.579 \times 0.870^2 / 6 = 956.09 \text{ kNm/m}$   
 $Med1 = 0.76 \text{ kNm/m} \leq 975.27 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**2ος οροφος**

**T16**

Διαστάσεις μήκος=48.75m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vk0}=2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E=6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3) \times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $h_{ef}=\rho x h=0.75 \times 2.75=2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=h_{ef}/t_{ef}=2.06/0.87=2.37 <=27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 >=0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=9.00 <=9$  (εντάξει)

L/h πεσσών:  $2.60/1.70=0.65 >0.50$ ,  $2.70/1.70=1.00 >0.50$ ,  $2.35/1.70=1.38 >0.50$  δεκτό

L/h πεσσών:  $2.60/1.70=1.38 >0.50$ ,  $2.70/1.70=1.50 >0.50$ ,  $2.30/1.70=1.52 >0.50$ ,  $2.58/1.70=1.53 >0.50$ ,  $2.67/1.70=1.53 >0.50$

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70 \text{ mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{v0}=0.15 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20 \text{ N/mm}^2$ ,  $E=4.24 \text{ GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0 \text{ GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9 \text{ mm}^2/70 \text{ mm}$ ,  $f_{yk}=500 \text{ N/mm}^2$ ,  $E_s=200 \text{ GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870 \text{ mm}$ , βάρος  $20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48 \text{ kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93 \text{ N/mm}^2$

E τοίχος+μανδύας  $E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48 \text{ GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035 \times 30^{3/4}=0.19 \text{ N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66 \text{ N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75 \text{ N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk} < 0.30 f_k=2.38 \text{ N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38 \text{ N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16 \text{ N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 5536.9+1.50 \times 1243.4)/48.75=191.59 \text{ kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 191.59/0.87=0.220 \text{ N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}=5.87 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}=5.87/191.59=0.03065 \text{ m}=0.04 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}=0.00000 \text{ m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=h_{ef}/450=2.06/450=0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.03065+0.00000+0.00458=0.03523 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87=0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}=191.6 <=3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 6468.9 + 1.50 \times 1243.4) / 30.75 = 344.66 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 344.66 / 0.87 = 0.396 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.03065 \times 191.6 / 344.7 = 0.00341 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00341 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00799 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m + e_k = 0.00799 + 0.00000 = 0.00799 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 344.7 \leq 3100.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 7867.0 + 1.50 \times 1243.4) / 47.25 = 264.24 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 264.24 / 0.87 = 0.304 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.03065 \times 191.6 / 264.2 = 0.02222 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.02222 + 0.00000 + 0.00458 = 0.02681 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.02681 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.556 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.556 = 483.5 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 483.5 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 5536.9 + 0.80 \times 1243.4) / 48.75 = 133.98 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 133.98 / 0.87 = 0.154 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 3.48 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id} / N_{id} = 3.48 / 133.98 = 0.02600 \text{ m} = 0.03 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00089 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.02600 + 0.00089 + 0.00458 = 0.03147 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.03147 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 134.0 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 6468.9 + 0.80 \times 1243.4) / 30.75 = 242.72 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 242.72 / 0.87 = 0.279 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.02600 \times 134.0 / 242.7 = 0.00287 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00045 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00287 + 0.00045 + 0.00458 = 0.00790 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m + e_k = 0.00790 + 0.00000 = 0.00790 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 242.7 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 7867.0 + 0.80 \times 1243.4) / 47.25 = 187.55 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 187.55 / 0.87 = 0.216 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.02600 \times 134.0 / 187.5 = 0.01857 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00089 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.01857 + 0.00089 + 0.00458 = 0.02405 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.02405 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.519 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.519 = 1321.8 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1321.8 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 10575.3 \text{ kN}$ ,  $t_{\max} = 0.652 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.331 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 30.75 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.331 = 2.512 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 30.75 / 1.50 = 17835.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 10575.3 \text{ kN} \leq 17835.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάζ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.616 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $0.616 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό  $4\Phi 16$  (συνδ.  $\Phi 8/15$ ) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $0.667 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 2.80 \text{ m}$ ,  $L = 11.33 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $Med1 = (1000) \times 0.667 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 90.64 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (169.4 + 5367.5 + 2330.1/2) / (0.87 \times 48.75) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.158 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.158) \times 0.870^2 / 6 = 1294.80 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $Med1 = 90.64 \text{ kNm/m} \leq 1294.80 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)

$H = 2.75 \text{ m}$ ,  $L = 11.33 \text{ m}$ , φορτίο ανέμου  $W = C_{pe} \times 1.00 = 0.80 \times 1.00 = 0.80 \text{ kN/m}^2$ ,  $1.50W = 1.50 \times 0.80 = 1.20 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (169.4 + 5367.5 + 2330.1/2) / (0.87 \times 48.75) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 2.00$ ,  $\sigma_d = 0.158 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 $f_{xk1} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ N/mm}^2$   
 $t = 870 > 250 \text{ mm}$ ,  $H/L = 2.75 / 11.33 = 0.24$ ,  $Med1 = 0.083 \times w_{ed} \cdot H^2$ ,  $Med2 = 0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = 0.083 \times 1.20 \times 2.75^2 = 0.76 \text{ kNm/m}$ ,  $Med2 = 0 \text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (7.579 + 0.158) \times 0.870^2 / 6 = 976.02 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd2} = f_{xd2} t^2 / 6 = (1000) \times 7.579 \times 0.870^2 / 6 = 956.09 \text{ kNm/m}$   
 $Med1 = 0.76 \text{ kNm/m} \leq 976.02 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**2ος οροφος**

**T17**

Διαστάσεις μήκος=51.00m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vk0}= 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)\times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_x h= 0.75 \times 2.75= 2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.06/0.87= 2.37 < =27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 > =0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00 < = 9$  (εντάξει)

L/h πεσσών:  $2.10/1.70=0.94 > 0.50$ ,  $2.85/2.10=1.14 > 0.50$ ,  $2.80/2.10=1.14 > 0.50$ ,  $2.40/2.10=1.18 > 0.50$  δεκτό

L/h πεσσών:  $2.40/1.70=1.23 > 0.50$ ,  $2.80/1.70=1.27 > 0.50$ ,  $2.40/1.70=1.34 > 0.50$ ,  $2.40/2.20=1.36 > 0.50$ ,  $2.80/2.20=1.41 > 0.50$

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

E τοίχος+μανδύας  $E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035 \times 30^{3/4}=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk} < 0.30 f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 6144.8+1.50 \times 1292.2)/51.00=200.66\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 200.66/0.87=0.231\text{N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}= 5.95 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}= 5.95/200.66= 0.02964 \text{ m} = 0.03 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450= 0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.02964+0.00000+0.00458= 0.03423\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87= 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}= 200.7 < = 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)



Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 7130.8 + 1.50 \times 1292.2) / 33.00 = 350.45 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 350.45 / 0.87 = 0.403 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.02964 \times 200.7 / 350.4 = 0.00339 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00339 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00798 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00798 + 0.00000 = 0.00798 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 350.4 \leq 3100.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 8609.7 + 1.50 \times 1292.2) / 45.00 = 301.36 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 301.36 / 0.87 = 0.346 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.02964 \times 200.7 / 301.4 = 0.01974 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.01974 + 0.00000 + 0.00458 = 0.02432 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.02432 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.560 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.560 = 487.1 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 487.1 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 6144.8 + 0.80 \times 1292.2) / 51.00 = 140.76 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 140.76 / 0.87 = 0.162 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 3.53 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id} / N_{id} = 3.53 / 140.76 = 0.02506 \text{ m} = 0.03 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00089 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.02506 + 0.00089 + 0.00458 = 0.03054 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.03054 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 140.8 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 7130.8 + 0.80 \times 1292.2) / 33.00 = 247.41 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 247.41 / 0.87 = 0.284 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.02506 \times 140.8 / 247.4 = 0.00285 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00045 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00285 + 0.00045 + 0.00458 = 0.00788 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00788 + 0.00000 = 0.00788 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 247.4 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 8609.7 + 0.80 \times 1292.2) / 45.00 = 214.30 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{do} = 0.001 \times 214.30 / 0.87 = 0.246 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.02506 \times 140.8 / 214.3 = 0.01646 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00089 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.01646 + 0.00089 + 0.00458 = 0.02194 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.373 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.373 = 1194.7 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1194.7 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 11184.0 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.576 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.336 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 33.00 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.336 = 2.514 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 33.00 / 1.50 = 19140.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 11184.0 \text{ kN} \leq 19140.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάζ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.681 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $0.681 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό  $4\Phi 16$  (συνδ.  $\Phi 8/15$ ) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $0.667 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 2.80 \text{ m}$ ,  $L = 13.11 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = \delta \cdot E \cdot bt^3 / (4H^2)$ ,  $Med1 = (1000) \times 0.667 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 90.64 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (178.4 + 5966.4 + 2464.9 / 2) / (0.87 \times 51.00) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.166 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.166) \times 0.870^2 / 6 = 1295.81 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $Med1 = 90.64 \text{ kNm/m} \leq 1295.81 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)

$H = 2.75 \text{ m}$ ,  $L = 13.11 \text{ m}$ , φορτίο ανέμου  $W = C_{pe} \times 1.00 = 0.80 \times 1.00 = 0.80 \text{ kN/m}^2$ ,  $1.50W = 1.50 \times 0.80 = 1.20 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (178.4 + 5966.4 + 2464.9 / 2) / (0.87 \times 51.00) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 2.00$ ,  $\sigma_d = 0.166 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 $f_{xk1} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ N/mm}^2$   
 $t = 870 > 250 \text{ mm}$ ,  $H/L = 2.75 / 13.11 = 0.21$ ,  $Med1 = 0.083 \times w_{ed} \cdot H^2$ ,  $Med2 = 0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = 0.083 \times 1.20 \times 2.75^2 = 0.76 \text{ kNm/m}$ ,  $Med2 = 0 \text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (7.579 + 0.166) \times 0.870^2 / 6 = 977.03 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd2} = f_{xd2} t^2 / 6 = (1000) \times 7.579 \times 0.870^2 / 6 = 956.09 \text{ kNm/m}$   
 $Med1 = 0.76 \text{ kNm/m} \leq 977.03 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται



**2ος οροφος**

**T18**

Διαστάσεις μήκος=21.20m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}= 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)\times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_x h= 0.75 \times 2.75= 2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.06/0.87= 2.37 < =27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 > =0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00 < = 9$  (εντάξει)

L/h πεσσών:  $4.80/1.35=3.56 > 0.50$ ,  $1.70/1.35=1.26 > 0.50$ ,  $1.90/1.35=1.41 > 0.50$  δεκτό

L/h πεσσών:  $2.00/1.35=1.48 > 0.50$ ,  $1.80/1.35=1.33 > 0.50$ ,  $1.50/1.35=1.11 > 0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

E τοίχος+μανδύας  $E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035 \times 30 \times 0.7=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk} < 0.30 f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35qg+1.50qg (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 2546.2+1.50 \times 543.2)/21.20=200.57\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 200.57/0.87=0.231\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου δαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id}/N_{id}=0$

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450= 0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00000+0.00000+0.00458= 0.00458\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87= 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}= 200.6 < = 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 2988.9 + 1.50 \times 543.2) / 13.70 = 354.00 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 354.00 / 0.87 = 0.407 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 200.6 / 354.0 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m + e_k = 0.00458 + 0.00000 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 354.0 \leq 3100.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 3653.0 + 1.50 \times 543.2) / 21.20 = 271.05 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 271.05 / 0.87 = 0.312 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.00000 \times 200.6 / 271.1 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.00458 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.570 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.570 = 496.1 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 496.1 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 2546.2 + 0.80 \times 543.2) / 21.20 = 140.60 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 140.60 / 0.87 = 0.162 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου διαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id} / N_{id} = 0$   
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00089 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00089 + 0.00458 = 0.00547 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.00547 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 140.6 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 2988.9 + 0.80 \times 543.2) / 13.70 = 249.89 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 249.89 / 0.87 = 0.287 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 140.6 / 249.9 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00045 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00045 + 0.00458 = 0.00503 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m + e_k = 0.00503 + 0.00000 = 0.00503 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 249.9 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 3653.0 + 0.80 \times 543.2) / 21.20 = 192.81 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{do} = 0.001 \times 192.81 / 0.87 = 0.222 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.00000 \times 140.6 / 192.8 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00089 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00089 + 0.00458 = 0.00548 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00548 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.140 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.140 = 992.1 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 992.1 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 3986.4 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.558 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.343 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 13.70 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.343 = 2.517 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 13.70 / 1.50 = 7946.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 3986.4 \text{ kN} \leq 7946.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάζ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.649 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $0.649 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $0.888 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 2.80 \text{ m}$ ,  $L = 20.33 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $Med1 = (1000) \times 0.888 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 120.66 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (116.1 + 2430.1 + 1106.8 / 2) / (0.87 \times 21.20) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.168 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.168) \times 0.870^2 / 6 = 1296.07 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $Med1 = 120.66 \text{ kNm/m} \leq 1296.07 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)

$H = 2.75 \text{ m}$ ,  $L = 20.33 \text{ m}$ , φορτίο ανέμου  $W = C_{pe} x 1.00 = 0.80 \times 1.00 = 0.80 \text{ kN/m}^2$ ,  $1.50W = 1.50 \times 0.80 = 1.20 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (116.1 + 2430.1 + 1106.8 / 2) / (0.87 \times 21.20) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 2.00$ ,  $\sigma_d = 0.168 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 $f_{xk1} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ N/mm}^2$   
 $t = 870 > 250 \text{ mm}$ ,  $H/L = 2.75 / 20.33 = 0.14$ ,  $Med1 = 0.083 \times w_{ed} \cdot H^2$ ,  $Med2 = 0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = 0.083 \times 1.20 \times 2.75^2 = 0.76 \text{ kNm/m}$ ,  $Med2 = 0 \text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (7.579 + 0.168) \times 0.870^2 / 6 = 977.28 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd2} = f_{xd2} t^2 / 6 = (1000) \times 7.579 \times 0.870^2 / 6 = 956.09 \text{ kNm/m}$   
 $Med1 = 0.76 \text{ kNm/m} \leq 977.28 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**2ος οροφος**

**T19**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}= 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)\times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_k h= 0.75\times 2.75= 2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.06/0.87= 2.37<=27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 >=0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00<= 9$  (εντάξει)

$L/h$  πεσσών:  $10.40/2.20=4.73>0.50$ ,  $8.25/2.20=3.75>0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1\times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024\times 1\times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24\times 800+30.0\times 1\times 70\times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

$E$  τοίχος+μανδύας  $E=(4.24\times 800+32.0\times 1\times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035\times 30^{1/2}=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70\times 70)\times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15\times 800+0.19\times 1\times 70\times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66\times 1\times 70\times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70)\times 500\times (2.50/1.15)\times 6\times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.35xg+1.50xq (EC6, §6.1)**

Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35\times 1612.6+1.50\times 843.0)/19.85=173.38\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $sedo=0.001\times 173.38/0.87=0.199\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου δαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $Mid/N_{id}=0$

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450= 0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=Mid/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00000+0.00000+0.00458= 0.00458\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05\times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2\times 0.04350/0.87= 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i.t.f_k/\gamma_M=1000\times 0.90\times 0.87\times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}= 173.4 <= 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.35\times 2088.6+1.50\times 843.0)/18.65=218.99\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $sedo=0.001\times 218.99/0.87=0.252\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md}=0.20\times 0.00000\times 173.4/219.0=0.00000 \text{ m}$

Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm}= 0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a=hef/450=2.06/450= 0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m=M_{md}/N_{md}+e_{hm}+e_a=0.00000+0.00000+0.00458= 0.00458\text{m}$  (EC6 εξ.6.7)

Η λυγηρότητα είναι  $2.37<=15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k=0$  (EC6 §6.1.2.2(2))

Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m=e_m+e_k=0.00458+0.00000= 0.00458 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m=0.05t=0.05\times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)

Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m=(1-2e_m/t)\text{Exp}(-u^2/2)= 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_m.t.f_k/\gamma_M=1000\times 0.90\times 0.87\times 7.92/2.00=3100.2\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}= 219.0 <= 3100.2=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 2802.7 + 1.50 \times 843.0) / 18.65 = 270.68 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 270.68 / 0.87 = 0.311 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.00000 \times 173.4 / 270.7 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.00458 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.437 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.437 = 380.6 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 380.6 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 1612.6 + 0.80 \times 843.0) / 19.85 = 115.21 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 115.21 / 0.87 = 0.132 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου δαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id} / N_{id} = 0$   
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00089 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00089 + 0.00458 = 0.00548 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.00548 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 115.2 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 2088.6 + 0.80 \times 843.0) / 18.65 = 148.15 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 148.15 / 0.87 = 0.170 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 115.2 / 148.2 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00045 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00045 + 0.00458 = 0.00503 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00503 + 0.00000 = 0.00503 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \cdot \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 148.2 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 2802.7 + 0.80 \times 843.0) / 18.65 = 186.44 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 186.44 / 0.87 = 0.214 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.00000 \times 115.2 / 186.4 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00089 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00089 + 0.00458 = 0.00548 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.00548 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.070 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.070 = 931.3 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 931.3 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00xg+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.2)**

$V_{ed}=5080.3\text{kN}$ ,  $\tau_{\max}=0.425\text{N/mm}^2$ ,  $\sigma_d=0.268\text{N/mm}^2$ ,  $L_c=14.89\text{m}$

Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk}=f_{vko}+0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)

$f_{vk}=2.380+0.40 \times 0.268=2.487\text{N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk}=1.000\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk}=1.000\text{N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)

Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd}=f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)

$V_{rd}=1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 14.89 / 1.50 = 8634.8 \text{ kN}$

$V_{ed} = 5080.3\text{kN} \leq 8634.8\text{kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)

Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

**Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)**

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάζ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.

Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{sd\max}=0.490\text{N/mm}^2$

Η μέγιστη αυτή τάση  $0.490 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$

άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

**Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).**

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

**Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)**

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $0.893 \text{ mm}$

Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$

$H=2.80\text{m}$ ,  $L=18.98\text{m}$ ,  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xd1}=15.16/1.50=10.106 \text{ N/mm}^2$

Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $M_{ed1}=\delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $M_{ed1}=(1000) \times 0.893 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 121.32 \text{ kNm/m}$

$\sigma_d=0.001 \times (256.3+1356.3+1190.1/2) / (0.87 \times 18.98) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d=0.128 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16)

Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1}=(f_{xd1}+\sigma_d)t^2/6 = (1000) \times (10.106+0.128) \times 0.870^2/6 = 1291.02 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15)

$M_{ed1} = 121.32 \text{ kNm/m} \leq 1291.02 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**2ος οροφος**

**T20**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}= 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3) \times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $h_{ef}=\rho x h = 0.75 \times 2.75 = 2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=h_{ef}/t_{ef}=2.06/0.87 = 2.37 \leq 27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 \geq 0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00 \leq 9$  (εντάξει)

$L/h$  πεσσών:  $10.40/2.20=4.73 > 0.50$ ,  $8.25/2.20=3.75 > 0.50$  δεκτό



**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

$E$  τοίχος+μανδύας  $E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035 \times 30 \times 0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 3078.7+1.50 \times 986.3)/19.85=283.91\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo}=0.001 \times 283.91/0.87=0.326\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου δαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id}/N_{id}=0$

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=he_f/450=2.06/450=0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00000+0.00000+0.00458=0.00458\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87=0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}=283.9 \leq 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.35 \times 3554.7+1.50 \times 986.3)/18.65=336.64\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo}=0.001 \times 336.64/0.87=0.387\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md}=0.20 \times 0.00000 \times 283.9/336.6=0.00000\text{m}$

Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a=he_f/450=2.06/450=0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m=M_{md}/N_{md}+e_{hm}+e_a=0.00000+0.00000+0.00458=0.00458\text{m}$  (EC6 εξ.6.7)

Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k=0$  (EC6 §6.1.2.2(2))

Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m=e_m+e_k=0.00458+0.00000=0.00458\text{m}$  (EC6, εξ.6.7)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)

Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m=(1-2e_m/t) \cdot \text{Exp}(-u^2/2)=0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_m \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.2\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}=336.6 \leq 3100.2=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id}=(1.35 \times 4268.8+1.50 \times 986.3)/18.65=388.33\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo}=0.001 \times 388.33/0.87=0.446\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id}=0.00000 \times 283.9/388.3=0.00000\text{m}$

Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=he_f/450=2.06/450=0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00000+0.00000+0.00458=0.00458\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87=0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n=-0.633\text{N/mm}^2$

Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed}=1000 \times 0.87 \times 0.633=551.1\text{kN/m}$

$N_{ed}=551.1 \leq 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.00 \times 3078.7+0.80 \times 986.3)/19.85=194.85\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo}=0.001 \times 194.85/0.87=0.224\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου δαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id}/N_{id}=0$

## Ελεγχος αντοχής τοίχων

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00089\text{m}$   
Τυχρηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 2.06/450 = 0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = Mid/Nid + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00089 + 0.00458 = 0.00548\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00548/0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/1.50 = 4134.2\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 194.8 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 3554.7 + 0.80 \times 986.3) / 18.65 = 232.91\text{kN/m}$   
Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 232.91 / 0.87 = 0.268\text{N/mm}^2$   
Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 194.8 / 232.9 = 0.00000\text{ m}$   
Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00045\text{m}$   
Τυχρηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef}/450 = 2.06/450 = 0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00045 + 0.00458 = 0.00503\text{m}$  (EC6 εξ.6.7)  
Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00503 + 0.00000 = 0.00503\text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/1.50 = 4133.6\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 232.9 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 4268.8 + 0.80 \times 986.3) / 18.65 = 271.20\text{kN/m}$   
Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 271.20 / 0.87 = 0.312\text{N/mm}^2$   
Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/Nid = 0.00000 \times 194.8 / 271.2 = 0.00000\text{ m}$   
Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00089\text{m}$   
Τυχρηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 2.06/450 = 0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/Nid + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00089 + 0.00458 = 0.00548\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)  
Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00548/0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/1.50 = 4134.2\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.134\text{N/mm}^2$   
Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.134 = 986.9\text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 986.9 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

### Έλεγχος σε διάτμηση, φόρτιση 1.00kg+0.80kg+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 4658.4\text{kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.445\text{N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.360\text{N/mm}^2$ ,  $L_c = 14.89\text{m}$   
Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.360 = 2.524\text{N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000\text{N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 14.89 / 1.50 = 8634.8\text{ kN}$   
 $V_{ed} = 4658.4\text{kN} \leq 8634.8\text{kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

### Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάζ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.732\text{N/mm}^2$   
Η μέγιστη αυτή τάση  $0.732\text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920/2.00 = 3.960\text{ N/mm}^2$   
άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

### Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

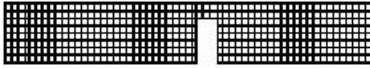
Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.



**Ελεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)**

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου = 0.893 mm  
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος= 0.000 mm  
 $H=2.80m, L=18.98m, f_{xk1}=15.16N/mm^2, f_{xd1}=15.16/1.50=10.106 N/mm^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1=\delta \cdot E \cdot bt^3 / (4H^2), Med1=(1000) \times 0.893 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2)=121.32kNm/m$   
 $\sigma_d=0.001 \times (240.3+2838.4+1190.1/2) / (0.87 \times 19.85) \leq 0.2f_d=0.2 \times 7.92/1.50, \sigma_d=0.213 N/mm^2$  (EC6, (6.16)  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $Mrd1=(f_{xd1}+\sigma_d)t^2/6= (1000) \times (10.106+0.213) \times 0.870^2/6=1301.74kNm/m$  (EC6, (6.15)  
 $Med1= 121.32kNm/m \leq 1301.74kNm/m =Mrd1$  , ο έλεγχος ικανοποιείται

**2ος οροφος T21**



Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)  
 Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)  
 Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)  
 Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 N/mm^2$  (EC6 §3.6.1.2)  
 Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}= 2.38 N/mm^2$  (EC6 §3.6.2)  
 Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16N/mm^2, f_{xk2}=15.16N/mm^2$  (EC6 §3.6.3)  
 Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 N/mm^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)  
 Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3) \times 2.00 (\geq 1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))  
 Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_{kh}= 0.75 \times 2.75= 2.06 m$  (EC6, §5.5.1.2)  
 Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.06/0.87= 2.37 \leq 27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.  
 Πάχος τοίχου= 0.870  $\geq 0.350 m$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)  
 Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00 \leq 9$  (εντάξει)  
 $L/h$  πεσσών:  $10.40/2.20=4.73 > 0.50, 8.25/2.20=3.75 > 0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70mm, \gamma_c=1.50, \gamma_s=1.15$   
 Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24N/mm^2, f_{vo}=0.15N/mm^2, f_{xk1}=0.10N/mm^2, f_{xk2}=0.20N/mm^2, E=4.24GPa, \gamma_M=2.50$   
 Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0N/mm^2, E_c=32.0GPa, \text{οπλισμός } A_s=153.9mm^2/70mm, f_{yk}=500N/mm^2, E_s=200GPa$   
 Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870mm, \text{βάρος } 20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48kN/m^2$   
 $f_k \text{ τοίχος}+\text{μανδύας } f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93N/mm^2$   
 $E \text{ τοίχος}+\text{μανδύας } E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48GPa$   
 $\text{Μανδύας } v_{rd1}=0.035 \times 30 \times 0.7=0.19N/mm^2, v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66N/mm^2$   
 $f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18N/mm^2, f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75N/mm^2$   
 $f_{vk} \text{ τοίχου με μανδύα } \max(f_{vk1}, f_{vk2}), f_{vk} < 0.30f_k=2.38N/mm^2 f_{vk}=2.38N/mm^2$   
 $f_{xk} \text{ τοίχου με μανδύα } f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16N/mm^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 1584.0+1.50 \times 797.3)/19.85=167.98kN/m$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 167.98/0.87=0.193N/mm^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου δαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id}/N_{id}=0$   
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000m$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450= 0.00458m$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00000+0.00000+0.00458= 0.00458m$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87= 0.04350m$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87= 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7kN/m$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed}= 168.0 \leq 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 2060.0 + 1.50 \times 797.3) / 18.65 = 213.24 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{do} = 0.001 \times 213.24 / 0.87 = 0.245 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 168.0 / 213.2 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m + e_k = 0.00458 + 0.00000 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 213.2 \leq 3100.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 2774.1 + 1.50 \times 797.3) / 18.65 = 264.93 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{do} = 0.001 \times 264.93 / 0.87 = 0.305 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.00000 \times 168.0 / 264.9 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.00458 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.426 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.426 = 370.3 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 370.3 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 1584.0 + 0.80 \times 797.3) / 19.85 = 111.93 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{do} = 0.001 \times 111.93 / 0.87 = 0.129 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου διαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id} / N_{id} = 0$   
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00089 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00089 + 0.00458 = 0.00548 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.00548 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 111.9 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 2060.0 + 0.80 \times 797.3) / 18.65 = 144.66 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{do} = 0.001 \times 144.66 / 0.87 = 0.166 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 111.9 / 144.7 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00045 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00045 + 0.00458 = 0.00503 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m + e_k = 0.00503 + 0.00000 = 0.00503 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 144.7 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 2774.1 + 0.80 \times 797.3) / 18.65 = 182.95 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 182.95 / 0.87 = 0.210 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.00000 \times 111.9 / 182.9 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00089 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00089 + 0.00458 = 0.00548 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00548 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.053 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.053 = 915.7 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 915.7 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)**

$V_{ed} = 5010.6 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.419 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.263 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 14.89 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.263 = 2.485 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 14.89 / 1.50 = 8634.8 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 5010.6 \text{ kN} \leq 8634.8 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

**Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)**

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάξ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.475 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $0.475 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

**Σενάξ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).**

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάξ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

**Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)**

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $0.893 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 2.80 \text{ m}$ ,  $L = 18.98 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $M_{ed1} = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $M_{ed1} = (1000) \times 0.893 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 121.32 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (238.4 + 1345.6 + 1190.1/2) / (0.87 \times 19.85) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.126 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16)  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.126) \times 0.870^2 / 6 = 1290.77 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15)  
 $M_{ed1} = 121.32 \text{ kNm/m} \leq 1290.77 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**Ιος οροφος**

**T8**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}= 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)\times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_k h= 0.75\times 2.75= 2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.06/0.87= 2.37<=27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 >=0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00<= 9$  (εντάξει)

$L/h$  πεσσών:  $10.40/2.20=4.73>0.50$ ,  $8.25/2.20=3.75>0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1\times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024\times 1\times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24\times 800+30.0\times 1\times 70\times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

$E$  τοίχος+μανδύας  $E=(4.24\times 800+32.0\times 1\times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035\times 30^{1/2}=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70\times 70)\times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15\times 800+0.19\times 1\times 70\times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66\times 1\times 70\times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70)\times 500\times (2.50/1.15)\times 6\times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.35kg+1.50kg (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35\times 2929.6+1.50\times 1142.8)/19.85=285.60\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001\times 285.60/0.87=0.328\text{N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}= 0.10 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}= 0.10/285.60= 0.00035 \text{ m} = 0.00\times(\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450= 0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00035+0.00000+0.00458= 0.00493\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05\times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2\times 0.04350/0.87= 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i.t.f_k/\gamma_M=1000\times 0.90\times 0.87\times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}= 285.6 <= 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 3405.6 + 1.50 \times 1142.8) / 18.65 = 338.44 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 338.44 / 0.87 = 0.389 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.00035 \times 285.6 / 338.4 = 0.00006 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00006 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00464 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00464 + 0.00000 = 0.00464 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 338.4 \leq 3100.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 4119.7 + 1.50 \times 1142.8) / 18.65 = 390.12 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 390.12 / 0.87 = 0.448 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.00035 \times 285.6 / 390.1 = 0.00025 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00025 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00484 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.593 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.593 = 516.1 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 516.1 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 2929.6 + 0.80 \times 1142.8) / 19.85 = 193.64 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 193.64 / 0.87 = 0.223 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 0.06 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id} / N_{id} = 0.06 / 193.64 = 0.00030 \text{ m} = 0.00 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00104 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00030 + 0.00104 + 0.00458 = 0.00593 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 193.6 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 3405.6 + 0.80 \times 1142.8) / 18.65 = 231.63 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 231.63 / 0.87 = 0.266 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.00030 \times 193.6 / 231.6 = 0.00005 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00052 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00005 + 0.00052 + 0.00458 = 0.00516 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00516 + 0.00000 = 0.00516 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 231.6 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 4119.7 + 0.80 \times 1142.8) / 18.65 = 269.92 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 269.92 / 0.87 = 0.310 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.00030 \times 193.6 / 269.9 = 0.00022 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντιών φορτίων  $e_{he} = 0.00104 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00022 + 0.00104 + 0.00458 = 0.00585 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00585 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.373 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.373 = 1194.6 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1194.6 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)**

$V_{ed} = 6393.2 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.566 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.389 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 14.89 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.389 = 2.535 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 14.89 / 1.50 = 8634.8 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 6393.2 \text{ kN} \leq 8634.8 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

**Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)**

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάζ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.730 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $0.730 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

**Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).**

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

**Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)**

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $1.044 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 2.80 \text{ m}$ ,  $L = 18.98 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $M_{ed1} = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $M_{ed1} = (1000) \times 1.044 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 141.87 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (155.5 + 2774.1 + 1190.1/2) / (0.87 \times 19.85) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.204 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.204) \times 0.870^2 / 6 = 1300.61 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $M_{ed1} = 141.87 \text{ kNm/m} \leq 1300.61 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**Ιος οροφος**

**T9**

Διαστάσεις μήκος=48.75m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}= 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)\times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_x h= 0.75 \times 2.75= 2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.06/0.87= 2.37 < =27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 > =0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00 < = 9$  (εντάξει)

L/h πεσσών:  $1.50/1.50=0.73 > 0.50$ ,  $2.60/1.50=4.83254382336450304E32 > 0.50$ ,  $2.60/1.50=1.53 > 0.50$ ,  $2.35/1.50=1.57 > 0.50$ ,

$2.60/1.50=1.57 > 0.50$  δεκτό

L/h πεσσών:  $2.60/1.50=1.70 > 0.50$ ,  $2.30/1.50=1.72 > 0.50$ ,  $2.58/1.50=1.73 > 0.50$ ,  $2.67/1.50=1.73 > 0.50$ ,  $2.35/1.50=1.73 > 0.50$

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

E τοίχος+μανδύας  $E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035 \times 30 \times 0.7=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk} < 0.30 f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 8305.0+1.50 \times 2064.2)/48.75=293.50\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 293.50/0.87=0.337\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου δαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $Mid/N_{id}=0$

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450= 0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $ee=Mid/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00000+0.00000+0.00458= 0.00458\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min ee=0.05t=0.05 \times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\phi_i=1-2ee/t=1-2 \times 0.04350/0.87= 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}= 293.5 < = 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)



Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.35 \times 9285.6 + 1.50 \times 2064.2) / 30.45 = 513.36 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 513.36 / 0.87 = 0.590 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 293.5 / 513.4 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00458 + 0.00000 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 513.4 \leq 3100.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id}=(1.35 \times 10756.4 + 1.50 \times 2064.2) / 30.45 = 578.57 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 578.57 / 0.87 = 0.665 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.00000 \times 293.5 / 578.6 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00458 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.949 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.949 = 825.5 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 825.5 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.00 \times 8305.0 + 0.80 \times 2064.2) / 48.75 = 204.23 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 204.23 / 0.87 = 0.235 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου διαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id}/N_{id} = 0$   
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00104 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00104 + 0.00458 = 0.00563 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00563 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 204.2 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.00 \times 9285.6 + 0.80 \times 2064.2) / 30.45 = 359.18 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 359.18 / 0.87 = 0.413 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 204.2 / 359.2 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00052 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00052 + 0.00458 = 0.00511 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00511 + 0.00000 = 0.00511 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 359.2 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)



Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 10756.4 + 0.80 \times 2064.2) / 30.45 = 407.48 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{do} = 0.001 \times 407.48 / 0.87 = 0.468 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.00000 \times 204.2 / 407.5 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00104 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00104 + 0.00458 = 0.00563 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00563 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.966 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.966 = 1710.5 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1710.5 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 14287.7 \text{ kN}$ ,  $t_{\max} = 0.782 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.468 \text{ N/mm}^2$ ,  $l_c = 30.45 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.468 = 2.567 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot l_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 30.45 / 1.50 = 17661.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 14287.7 \text{ kN} \leq 17661.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάζ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.949 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $0.949 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $0.840 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 2.80 \text{ m}$ ,  $L = 11.33 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = \delta \cdot E \cdot bt^3 / (4H^2)$ ,  $Med1 = (1000) \times 0.840 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 114.09 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (438.0 + 7867.0 + 2451.4 / 2) / (0.87 \times 48.75) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.225 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.225) \times 0.870^2 / 6 = 1303.26 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $Med1 = 114.09 \text{ kNm/m} \leq 1303.26 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)

$H = 2.75 \text{ m}$ ,  $L = 11.33 \text{ m}$ , φορτίο ανέμου  $W = C_{pe} \times 1.00 = 0.80 \times 1.00 = 0.80 \text{ kN/m}^2$ ,  $1.50W = 1.50 \times 0.80 = 1.20 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (438.0 + 7867.0 + 2451.4 / 2) / (0.87 \times 48.75) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 2.00$ ,  $\sigma_d = 0.225 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 $f_{xk1} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ N/mm}^2$   
 $t = 870 > 250 \text{ mm}$ ,  $H/L = 2.75 / 11.33 = 0.24$ ,  $Med1 = 0.083 \times w_{ed} \cdot H^2$ ,  $Med2 = 0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = 0.083 \times 1.20 \times 2.75^2 = 0.76 \text{ kNm/m}$ ,  $Med2 = 0 \text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (7.579 + 0.225) \times 0.870^2 / 6 = 984.47 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd2} = f_{xd2} t^2 / 6 = (1000) \times 7.579 \times 0.870^2 / 6 = 956.09 \text{ kNm/m}$   
 $Med1 = 0.76 \text{ kNm/m} \leq 984.47 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**1ος οροφος**

**T10**

Διαστάσεις μήκος=21.40m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vk0}= 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)\times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_k h= 0.75\times 2.75= 2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.06/0.87= 2.37<=27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 >=0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00 <= 9$  (εντάξει)

L/h πεσσών:  $1.88/1.70=1.10 >0.50$ ,  $1.72/1.70=1.01 >0.50$ ,  $2.00/1.70=1.18 >0.50$  δεκτό

L/h πεσσών:  $2.00/1.70=1.18 >0.50$ ,  $1.60/1.70=0.94 >0.50$ ,  $1.70/1.70=1.00 >0.50$ ,  $1.50/1.70=0.88 >0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{v0}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1\times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024\times 1\times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24\times 800+30.0\times 1\times 70\times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

E τοίχος+μανδύας  $E=(4.24\times 800+32.0\times 1\times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035\times 30^{3/4}=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70\times 70)\times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15\times 800+0.19\times 1\times 70\times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66\times 1\times 70\times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70)\times 500\times (2.50/1.15)\times 6\times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35\times 3411.9+1.50\times 676.5)/21.40=262.65\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001\times 262.65/0.87=0.302\text{N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}= 6.72 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}= 6.72/262.65= 0.02558 \text{ m} = 0.03\times(\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450= 0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.02558+0.00000+0.00458= 0.03016\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05\times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\phi_i=1-2e_e/t=1-2\times 0.04350/0.87= 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\phi_i.t.f_k/\gamma_M=1000\times 0.90\times 0.87\times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}= 262.7 <= 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 3813.1 + 1.50 \times 676.5) / 12.40 = 496.97 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 496.97 / 0.87 = 0.571 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.02558 \times 262.7 / 497.0 = 0.00270 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md}/N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00270 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00729 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00729 + 0.00000 = 0.00729 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 497.0 \leq 3100.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 4415.0 + 1.50 \times 676.5) / 21.40 = 325.93 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 325.93 / 0.87 = 0.375 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.02558 \times 262.7 / 325.9 = 0.02061 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.02061 + 0.00000 + 0.00458 = 0.02520 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.02520 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.686 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.686 = 596.7 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 596.7 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 3411.9 + 0.80 \times 676.5) / 21.40 = 184.72 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 184.72 / 0.87 = 0.212 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 3.98 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id} = 3.98 / 184.72 = 0.02157 \text{ m} = 0.02 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00104 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.02157 + 0.00104 + 0.00458 = 0.02720 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.02720 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 184.7 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 3813.1 + 0.80 \times 676.5) / 12.40 = 351.16 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 351.16 / 0.87 = 0.404 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.02157 \times 184.7 / 351.2 = 0.00227 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00052 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md}/N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00227 + 0.00052 + 0.00458 = 0.00738 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00738 + 0.00000 = 0.00738 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 351.2 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 4415.0 + 0.80 \times 676.5) / 21.40 = 231.60 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{do} = 0.001 \times 231.60 / 0.87 = 0.266 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.02157 \times 184.7 / 231.6 = 0.01721 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00104 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.01721 + 0.00104 + 0.00458 = 0.02283 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.514 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.514 = 1316.9 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1316.9 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 4068.2 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.645 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.459 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 12.40 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.459 = 2.564 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 12.40 / 1.50 = 7192.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 4068.2 \text{ kN} \leq 7192.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάζ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.822 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $0.822 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $1.044 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 2.80 \text{ m}$ ,  $L = 20.53 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $Med1 = (1000) \times 1.044 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 141.87 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (82.4 + 3329.5 + 1003.1/2) / (0.87 \times 21.40) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.210 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.210) \times 0.870^2 / 6 = 1301.36 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $Med1 = 141.87 \text{ kNm/m} \leq 1301.36 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)

$H = 2.75 \text{ m}$ ,  $L = 20.53 \text{ m}$ , φορτίο ανέμου  $W = C_{pe} \times 1.00 = 0.80 \times 1.00 = 0.80 \text{ kN/m}^2$ ,  $1.50W = 1.50 \times 0.80 = 1.20 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (82.4 + 3329.5 + 1003.1/2) / (0.87 \times 21.40) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 2.00$ ,  $\sigma_d = 0.210 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 $f_{xk1} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ N/mm}^2$   
 $t = 870 > 250 \text{ mm}$ ,  $H/L = 2.75 / 20.53 = 0.13$ ,  $Med1 = 0.083 \times w_{ed} \cdot H^2$ ,  $Med2 = 0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = 0.083 \times 1.20 \times 2.75^2 = 0.76 \text{ kNm/m}$ ,  $Med2 = 0 \text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (7.579 + 0.210) \times 0.870^2 / 6 = 982.58 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd2} = f_{xd2} t^2 / 6 = (1000) \times 7.579 \times 0.870^2 / 6 = 956.09 \text{ kNm/m}$   
 $Med1 = 0.76 \text{ kNm/m} \leq 982.58 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Ιος οροφος	T11	Διαστάσεις μήκος=51.00m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm Λιθοδομή M2 80 cm-εν Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1) Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α) Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1) Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας: $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$ (EC6 §3.6.1.2) Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας: $f_{vko}= 2.38 \text{ N/mm}^2$ (EC6 §3.6.2) Καμπτική αντοχή : $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ , $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$ (EC6 §3.6.3) Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας: $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$ (EC6 §3.7.2)
------------	-----	--

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)\times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $h_{ef}=r_x h= 0.75 \times 2.75= 2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=h_{ef}/t_{ef}=2.06/0.87= 2.37 < =27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

#### **Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 > =0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00 < = 9$  (εντάξει)

L/h πεσσών:  $2.00/1.70=1.09 > 0.50$ ,  $2.10/1.70=1.14 > 0.50$ ,  $2.85/2.10=1.14 > 0.50$ ,  $2.80/2.10=1.18 > 0.50$ ,  $2.40/2.10=1.13 > 0.50$

L/h πεσσών:  $2.40/2.10=1.13 > 0.50$ ,  $2.80/1.70=1.33 > 0.50$ ,  $2.40/1.70=1.36 > 0.50$ ,  $2.40/2.20=1.11 > 0.50$ ,  $2.80/2.20=1.27 > 0.50$

#### **Τοίχος με μανδύα οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

E τοίχος+μανδύας  $E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035 \times 30 \times 0.7=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk} < 0.30 f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

#### **Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 9047.6+1.50 \times 2126.1)/51.00=302.03\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 302.03/0.87=0.347\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου δαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id}/N_{id}=0$

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=h_{ef}/450=2.06/450= 0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00000+0.00000+0.00458= 0.00458\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87= 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}= 302.0 < = 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.35 \times 10061.9 + 1.50 \times 2126.1) / 34.50 = 486.16 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 486.16 / 0.87 = 0.559 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 302.0 / 486.2 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00458 + 0.00000 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 486.2 \leq 3100.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id}=(1.35 \times 11583.3 + 1.50 \times 2126.1) / 46.50 = 404.87 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 404.87 / 0.87 = 0.465 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.00000 \times 302.0 / 404.9 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00458 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.995 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.995 = 865.8 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 865.8 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.00 \times 9047.6 + 0.80 \times 2126.1) / 51.00 = 210.75 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 210.75 / 0.87 = 0.242 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου διαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id}/N_{id} = 0$   
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00104 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00104 + 0.00458 = 0.00563 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00563 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 210.8 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.00 \times 10061.9 + 0.80 \times 2126.1) / 34.50 = 340.95 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 340.95 / 0.87 = 0.392 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 210.8 / 340.9 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00052 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00052 + 0.00458 = 0.00511 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00511 + 0.00000 = 0.00511 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 340.9 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 11583.3 + 0.80 \times 2126.1) / 46.50 = 285.68 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{do} = 0.001 \times 285.68 / 0.87 = 0.328 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.00000 \times 210.8 / 285.7 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00104 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00104 + 0.00458 = 0.00563 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00563 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.854 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.854 = 1613.2 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1613.2 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 14144.6 \text{ kN}$ ,  $t_{\max} = 0.770 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.443 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 34.50 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.443 = 2.557 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 34.50 / 1.50 = 20010.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 14144.6 \text{ kN} \leq 20010.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάζ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 1.012 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $1.012 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $0.840 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 2.80 \text{ m}$ ,  $L = 13.16 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $Med1 = (1000) \times 0.840 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 114.09 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (437.9 + 8609.7 + 2535.7 / 2) / (0.87 \times 51.00) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.232 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.232) \times 0.870^2 / 6 = 1304.14 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $Med1 = 114.09 \text{ kNm/m} \leq 1304.14 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)

$H = 2.75 \text{ m}$ ,  $L = 13.16 \text{ m}$ , φορτίο ανέμου  $W = C_{pe} \times 1.00 = 0.80 \times 1.00 = 0.80 \text{ kN/m}^2$ ,  $1.50W = 1.50 \times 0.80 = 1.20 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (437.9 + 8609.7 + 2535.7 / 2) / (0.87 \times 51.00) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 2.00$ ,  $\sigma_d = 0.232 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 $f_{xk1} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ N/mm}^2$   
 $t = 870 > 250 \text{ mm}$ ,  $H/L = 2.75 / 13.16 = 0.21$ ,  $Med1 = 0.083 \times w_{ed} \cdot H^2$ ,  $Med2 = 0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = 0.083 \times 1.20 \times 2.75^2 = 0.76 \text{ kNm/m}$ ,  $Med2 = 0 \text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (7.579 + 0.232) \times 0.870^2 / 6 = 985.36 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd2} = f_{xd2} t^2 / 6 = (1000) \times 7.579 \times 0.870^2 / 6 = 956.09 \text{ kNm/m}$   
 $Med1 = 0.76 \text{ kNm/m} \leq 985.36 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται



**Ιος οροφος**

**T12**

Διαστάσεις μήκος=21.20m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vk0}=2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E=6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3) \times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_x h=0.75 \times 2.75=2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.06/0.87=2.37 <=27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 >=0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=9.00 <=9$  (εντάξει)

L/h πεσσών:  $4.80/1.35=3.56 >0.50$ ,  $1.70/1.35=1.26 >0.50$ ,  $1.90/1.35=1.41 >0.50$  δεκτό

L/h πεσσών:  $2.00/1.35=1.48 >0.50$ ,  $1.80/1.35=1.33 >0.50$ ,  $1.50/1.35=1.11 >0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70 \text{ mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{v0}=0.15 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20 \text{ N/mm}^2$ ,  $E=4.24 \text{ GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0 \text{ GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9 \text{ mm}^2/70 \text{ mm}$ ,  $f_{yk}=500 \text{ N/mm}^2$ ,  $E_s=200 \text{ GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870 \text{ mm}$ , βάρος  $20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48 \text{ kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93 \text{ N/mm}^2$

E τοίχος+μανδύας  $E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48 \text{ GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035 \times 30^{3/4}=0.19 \text{ N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66 \text{ N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75 \text{ N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk} < 0.30 f_k=2.38 \text{ N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38 \text{ N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16 \text{ N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 3751.3+1.50 \times 761.7)/21.20=292.77 \text{ kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 292.77/0.87=0.337 \text{ N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}=9.92 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}=9.92/292.77=0.03390 \text{ m}=0.04 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}=0.00000 \text{ m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450=0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.03390+0.00000+0.00458=0.03848 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87=0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}=292.8 <=3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)



Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 4194.0 + 1.50 \times 761.7) / 13.70 = 496.68 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 496.68 / 0.87 = 0.571 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.03390 \times 292.8 / 496.7 = 0.00400 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md}/N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00400 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00858 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00858 + 0.00000 = 0.00858 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 496.7 \leq 3100.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 4858.1 + 1.50 \times 761.7) / 21.20 = 363.25 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 363.25 / 0.87 = 0.418 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.03390 \times 292.8 / 363.3 = 0.02732 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.02732 + 0.00000 + 0.00458 = 0.03190 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.03190 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.753 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.753 = 654.7 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 654.7 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 3751.3 + 0.80 \times 761.7) / 21.20 = 205.69 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 205.69 / 0.87 = 0.236 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 5.89 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id} = 5.89 / 205.69 = 0.02862 \text{ m} = 0.03 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00104 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.02862 + 0.00104 + 0.00458 = 0.03424 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.03424 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 205.7 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 4194.0 + 0.80 \times 761.7) / 13.70 = 350.61 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 350.61 / 0.87 = 0.403 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.02862 \times 205.7 / 350.6 = 0.00336 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00052 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md}/N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00336 + 0.00052 + 0.00458 = 0.00846 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00846 + 0.00000 = 0.00846 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 350.6 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 4858.1 + 0.80 \times 761.7) / 21.20 = 257.90 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{do} = 0.001 \times 257.90 / 0.87 = 0.296 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.02862 \times 205.7 / 257.9 = 0.02282 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00104 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.02282 + 0.00104 + 0.00458 = 0.02845 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.02845 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.477 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.477 = 1284.9 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1284.9 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 5153.4 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.726 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.459 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 13.70 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.459 = 2.563 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 13.70 / 1.50 = 7946.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 5153.4 \text{ kN} \leq 7946.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάζ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.948 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $0.948 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό  $4\Phi 16$  (συνδ.  $\Phi 8/15$ ) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $1.039 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 2.80 \text{ m}$ ,  $L = 20.33 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = \delta \cdot E \cdot b \cdot t^3 / (4H^2)$ ,  $Med1 = (1000) \times 1.039 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 141.10 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (98.3 + 3653.0 + 1106.8/2) / (0.87 \times 21.20) \leq 0.2f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.233 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) \cdot t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.233) \times 0.870^2 / 6 = 1304.26 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $Med1 = 141.10 \text{ kNm/m} \leq 1304.26 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)

$H = 2.75 \text{ m}$ ,  $L = 20.33 \text{ m}$ , φορτίο ανέμου  $W = C_{pe} \times 1.00 = 0.80 \times 1.00 = 0.80 \text{ kN/m}^2$ ,  $1.50W = 1.50 \times 0.80 = 1.20 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (98.3 + 3653.0 + 1106.8/2) / (0.87 \times 21.20) \leq 0.2f_d = 0.2 \times 7.92 / 2.00$ ,  $\sigma_d = 0.233 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 $f_{xk1} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ N/mm}^2$   
 $t = 870 > 250 \text{ mm}$ ,  $H/L = 2.75 / 20.33 = 0.14$ ,  $Med1 = 0.083 \times w_{ed} \cdot H^2$ ,  $Med2 = 0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = 0.083 \times 1.20 \times 2.75^2 = 0.76 \text{ kNm/m}$ ,  $Med2 = 0 \text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) \cdot t^2 / 6 = (1000) \times (7.579 + 0.233) \times 0.870^2 / 6 = 985.48 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd2} = f_{xd2} \cdot t^2 / 6 = (1000) \times 7.579 \times 0.870^2 / 6 = 956.09 \text{ kNm/m}$   
 $Med1 = 0.76 \text{ kNm/m} \leq 985.48 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**Ιος οροφος**

**T13**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}= 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)\times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_k h= 0.75\times 2.75= 2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.06/0.87= 2.37<=27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 >=0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00<= 9$  (εντάξει)

$L/h$  πεσσών:  $10.40/2.20=4.73>0.50$ ,  $8.25/2.20=3.75>0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1\times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024\times 1\times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24\times 800+30.0\times 1\times 70\times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

$E$  τοίχος+μανδύας  $E=(4.24\times 800+32.0\times 1\times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035\times 30^{1/2}=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70\times 70)\times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15\times 800+0.19\times 1\times 70\times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66\times 1\times 70\times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70)\times 500\times (2.50/1.15)\times 6\times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.35kg+1.50kg (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35\times 2968.9+1.50\times 1212.4)/19.85=293.53\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001\times 293.53/0.87=0.337\text{N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}= 0.11 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}= 0.11/293.53= 0.00037 \text{ m} = 0.00\times(\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450= 0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00037+0.00000+0.00458= 0.00495\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05\times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2\times 0.04350/0.87= 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i.t.f_k/\gamma_M=1000\times 0.90\times 0.87\times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}= 293.5 <= 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 3444.9 + 1.50 \times 1212.4) / 18.65 = 346.88 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 346.88 / 0.87 = 0.399 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00037 \times 293.5 / 346.9 = 0.00006 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md}/N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00006 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00465 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00465 + 0.00000 = 0.00465 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 346.9 \leq 3100.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 4159.0 + 1.50 \times 1212.4) / 18.65 = 398.57 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 398.57 / 0.87 = 0.458 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.00037 \times 293.5 / 398.6 = 0.00027 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00027 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00485 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00485 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.608 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.608 = 529.1 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 529.1 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 2968.9 + 0.80 \times 1212.4) / 19.85 = 198.43 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 198.43 / 0.87 = 0.228 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 0.06 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id} = 0.06 / 198.43 = 0.00032 \text{ m} = 0.00 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00104 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00032 + 0.00104 + 0.00458 = 0.00595 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00595 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 198.4 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 3444.9 + 0.80 \times 1212.4) / 18.65 = 236.72 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 236.72 / 0.87 = 0.272 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00032 \times 198.4 / 236.7 = 0.00005 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00052 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md}/N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00005 + 0.00052 + 0.00458 = 0.00516 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00516 + 0.00000 = 0.00516 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 236.7 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 4159.0 + 0.80 \times 1212.4) / 18.65 = 275.01 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 275.01 / 0.87 = 0.316 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.00032 \times 198.4 / 275.0 = 0.00023 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00104 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00023 + 0.00104 + 0.00458 = 0.00586 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00586 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.397 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.397 = 1215.2 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1215.2 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 6496.4 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.576 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.396 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 14.89 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.396 = 2.538 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 14.89 / 1.50 = 8634.8 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 6496.4 \text{ kN} \leq 8634.8 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάζ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 0.749 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $0.749 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $1.044 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 2.80 \text{ m}$ ,  $L = 18.98 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $Med1 = (1000) \times 1.044 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 141.87 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (166.2 + 2802.7 + 1190.1/2) / (0.87 \times 19.85) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.206 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.206) \times 0.870^2 / 6 = 1300.86 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $Med1 = 141.87 \text{ kNm/m} \leq 1300.86 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**Ιος οροφος**

**T14**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=2.80m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}= 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)\times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_k h= 0.75\times 2.75= 2.06 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.06/0.87= 2.37<=27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 >=0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00<= 9$  (εντάξει)

$L/h$  πεσσών:  $10.40/2.20=4.73>0.50$ ,  $8.25/2.20=3.75>0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1\times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024\times 1\times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24\times 800+30.0\times 1\times 70\times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

$E$  τοίχος+μανδύας  $E=(4.24\times 800+32.0\times 1\times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035\times 30^{1/2}=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70\times 70)\times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15\times 800+0.19\times 1\times 70\times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66\times 1\times 70\times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70)\times 500\times (2.50/1.15)\times 6\times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.35kg+1.50kg (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35\times 4426.0+1.50\times 1335.7)/19.85=401.95\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001\times 401.95/0.87=0.462\text{N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}= 0.91 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}= 0.91/401.95= 0.00225 \text{ m} = 0.00\times(\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.06/450= 0.00458\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00225+0.00000+0.00458= 0.00684\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05\times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2\times 0.04350/0.87= 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i.t.f_k/\gamma_M=1000\times 0.90\times 0.87\times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}= 401.9 <= 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)



Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 4902.0 + 1.50 \times 1335.7) / 18.65 = 462.27 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 462.27 / 0.87 = 0.531 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.00225 \times 401.9 / 462.3 = 0.00039 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00039 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00497 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00497 + 0.00000 = 0.00497 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 462.3 \leq 3100.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 5616.1 + 1.50 \times 1335.7) / 18.65 = 513.96 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 513.96 / 0.87 = 0.591 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.00225 \times 401.9 / 514.0 = 0.00176 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00176 + 0.00000 + 0.00458 = 0.00634 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.00634 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.811 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.811 = 705.2 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 705.2 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 4426.0 + 0.80 \times 1335.7) / 19.85 = 276.80 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 276.80 / 0.87 = 0.318 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 0.54 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id} / N_{id} = 0.54 / 276.80 = 0.00194 \text{ m} = 0.00 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00104 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00194 + 0.00104 + 0.00458 = 0.00757 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.00757 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 276.8 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 4902.0 + 0.80 \times 1335.7) / 18.65 = 320.14 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 320.14 / 0.87 = 0.368 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.00194 \times 276.8 / 320.1 = 0.00034 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00052 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00034 + 0.00052 + 0.00458 = 0.00544 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.37 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00544 + 0.00000 = 0.00544 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4133.6 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 320.1 \leq 4133.6 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 5616.1 + 0.80 \times 1335.7) / 18.65 = 358.43 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 358.43 / 0.87 = 0.412 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.00194 \times 276.8 / 358.4 = 0.00150 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00104 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.06 / 450 = 0.00458 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00150 + 0.00104 + 0.00458 = 0.00713 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00713 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.430 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.430 = 1244.0 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1244.0 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 5871.5 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.581 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.463 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 14.89 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.463 = 2.565 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 14.89 / 1.50 = 8634.8 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 5871.5 \text{ kN} \leq 8634.8 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάξ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 1.003 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $1.003 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

Σενάξ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάξ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $1.044 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 2.80 \text{ m}$ ,  $L = 18.98 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $M_{ed1} = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $M_{ed1} = (1000) \times 1.044 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 2.80^2) = 141.87 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (157.2 + 4268.8 + 1190.1/2) / (0.87 \times 19.85) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.291 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.291) \times 0.870^2 / 6 = 1311.58 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $M_{ed1} = 141.87 \text{ kNm/m} \leq 1311.58 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται



**Ισόγειο**

**T1**

Διαστάσεις μήκος=21.40m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vk0}= 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)\times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_xh= 0.75\times 3.45= 2.59 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.59/0.87= 2.97<=27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 >=0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00<= 9$  (εντάξει)

L/h πεσσών:  $1.88/1.35=1.39>0.50$ ,  $1.72/1.35=1.28>0.50$ ,  $2.00/1.35=1.48>0.50$  δεκτό

L/h πεσσών:  $2.00/1.35=1.48>0.50$ ,  $1.60/1.35=1.19>0.50$ ,  $1.70/1.35=1.26>0.50$ ,  $1.50/1.35=1.11>0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{v0}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1\times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024\times 1\times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24\times 800+30.0\times 1\times 70\times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

E τοίχος+μανδύας  $E=(4.24\times 800+32.0\times 1\times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035\times 30^{3/4}=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70\times 70)\times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15\times 800+0.19\times 1\times 70\times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66\times 1\times 70\times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70)\times 500\times (2.50/1.15)\times 6\times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35\times 4497.4+1.50\times 859.7)/21.40=343.97\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001\times 343.97/0.87=0.395\text{N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}= 6.70 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}= 6.70/343.97= 0.01948 \text{ m} = 0.02\times(\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.59/450= 0.00575\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.01948+0.00000+0.00575= 0.02523\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05\times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\phi_i=1-2e_e/t=1-2\times 0.04350/0.87= 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\phi_i.t.f_k/\gamma_M=1000\times 0.90\times 0.87\times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}= 344.0 <= 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 5061.6 + 1.50 \times 859.7) / 12.40 = 655.06 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 655.06 / 0.87 = 0.753 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.01948 \times 344.0 / 655.1 = 0.00205 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md}/N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00205 + 0.00000 + 0.00575 = 0.00780 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.97 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00780 + 0.00000 = 0.00780 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3097.4 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 655.1 \leq 3097.4 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 5908.0 + 1.50 \times 859.7) / 21.40 = 432.96 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 432.96 / 0.87 = 0.498 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.01948 \times 344.0 / 433.0 = 0.01548 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.01548 + 0.00000 + 0.00575 = 0.02123 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.928 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.928 = 807.6 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 807.6 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 4497.4 + 0.80 \times 859.7) / 21.40 = 242.30 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 242.30 / 0.87 = 0.279 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 3.97 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id} = 3.97 / 242.30 = 0.01640 \text{ m} = 0.02x$  (πάχος τοίχου) (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00138 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.01640 + 0.00138 + 0.00575 = 0.02353 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 242.3 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 5061.6 + 0.80 \times 859.7) / 12.40 = 463.66 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 463.66 / 0.87 = 0.533 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.01640 \times 242.3 / 463.7 = 0.00171 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00069 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md}/N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00171 + 0.00069 + 0.00575 = 0.00815 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.97 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00815 + 0.00000 = 0.00815 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4129.9 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 463.7 \leq 4129.9 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 5908.0 + 0.80 \times 859.7) / 21.40 = 308.21 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 308.21 / 0.87 = 0.354 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.01640 \times 242.3 / 308.2 = 0.01290 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00138 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.01290 + 0.00138 + 0.00575 = 0.02002 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.454 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.454 = 1264.7 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1264.7 <= 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 5073.0 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.751 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.611 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 12.40 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.611 = 2.625 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 12.40 / 1.50 = 7192.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 5073.0 \text{ kN} <= 7192.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος 87x20 [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου = 1.377 mm  
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος = 0.000 mm  
 $H = 3.50 \text{ m}$ ,  $L = 20.53 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $M_{ed1} = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $M_{ed1} = (1000) \times 1.377 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 3.50^2) = 119.69 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (82.4 + 4415.0 + 1410.6/2) / (0.87 \times 21.40) <= 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.279 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.279) \times 0.870^2 / 6 = 1310.07 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $M_{ed1} = 119.69 \text{ kNm/m} <= 1310.07 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)

$H = 3.45 \text{ m}$ ,  $L = 20.53 \text{ m}$ , φορτίο ανέμου  $W = C_{pe} \times 1.00 = 0.80 \times 1.00 = 0.80 \text{ kN/m}^2$ ,  $1.50W = 1.50 \times 0.80 = 1.20 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (82.4 + 4415.0 + 1410.6/2) / (0.87 \times 21.40) <= 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 2.00$ ,  $\sigma_d = 0.279 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 $f_{xk1} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ fN/mm}^2$   
 $t = 870 > 250 \text{ mm}$ ,  $H/L = 3.45 / 20.53 = 0.17$ ,  $M_{ed1} = 0.083 \times w_{ed} \cdot H^2$ ,  $M_{ed2} = 0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $M_{ed1} = 0.083 \times 1.20 \times 3.45^2 = 1.19 \text{ kNm/m}$ ,  $M_{ed2} = 0 \text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (7.579 + 0.279) \times 0.870^2 / 6 = 991.29 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd2} = f_{xd2} t^2 / 6 = (1000) \times 7.579 \times 0.870^2 / 6 = 956.09 \text{ kNm/m}$   
 $M_{ed1} = 1.19 \text{ kNm/m} <= 991.29 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**Ισόγειο**

**T2**

Διαστάσεις μήκος=51.00m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν  
 Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)  
 Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)  
 Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)  
 Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)  
 Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}= 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)  
 Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)  
 Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)  
 Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)\times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))  
 Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_x h= 0.75 \times 3.45= 2.59 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)  
 Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.59/0.87= 2.97 <=27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.  
 Πάχος τοίχου=  $0.870 >=0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)  
 Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00 <= 9$  (εντάξει)  
 $L/h$  πεσσών:  $2.00/1.35=1.00 >0.50$ ,  $2.10/1.35=1.00 >0.50$ ,  $2.85/2.40=1.00 >0.50$ ,  $2.80/2.40=1.17 >0.50$ ,  $2.40/2.40=1.19 >0.50$   
 $L/h$  πεσσών:  $2.40/2.40=1.48 >0.50$ ,  $2.80/1.35=1.55 >0.50$ ,  $10.60/1.35=2.07 >0.50$ ,  $2.40/2.40=2.98 >0.50$ ,  $7.15/2.40=7.85 >0.50$

**Τοίχος με μανδύα οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$   
 Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$   
 Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$   
 Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48\text{kN/m}^2$   
 $f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$   
 $E$  τοίχος+μανδύας  $E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$   
 Μανδύας  $v_{rd1}=0.035 \times 30 \times 0.7=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$   
 $f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$   
 $f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk} < 0.30 f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$   
 $f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35xg+1.50xq (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου  
 Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 11829.2+1.50 \times 2624.0)/51.00=390.30\text{kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 390.30/0.87=0.449\text{N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου δαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $Mid/N_{id}=0$   
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000\text{m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.59/450= 0.00575\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $ee=Mid/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00000+0.00000+0.00575= 0.00575\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min ee=0.05t=0.05 \times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\phi_i=1-2ee/t=1-2 \times 0.04350/0.87= 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed}= 390.3 <= 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.35 \times 13227.9 + 1.50 \times 2624.0) / 37.50 = 581.17 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 581.17 / 0.87 = 0.668 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 390.3 / 581.2 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00000 + 0.00575 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.97 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00575 + 0.00000 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3097.4 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 581.2 \leq 3097.4 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id}=(1.35 \times 15326.0 + 1.50 \times 2624.0) / 46.50 = 529.59 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 529.59 / 0.87 = 0.609 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.00000 \times 390.3 / 529.6 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00000 + 0.00575 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.040 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.040 = 904.8 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 904.8 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.00 \times 11829.2 + 0.80 \times 2624.0) / 51.00 = 273.11 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 273.11 / 0.87 = 0.314 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου διαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id}/N_{id} = 0$   
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00138 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00138 + 0.00575 = 0.00713 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 273.1 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.00 \times 13227.9 + 0.80 \times 2624.0) / 37.50 = 408.72 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 408.72 / 0.87 = 0.470 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 273.1 / 408.7 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00069 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00069 + 0.00575 = 0.00644 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.97 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00644 + 0.00000 = 0.00644 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4129.9 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 408.7 \leq 4129.9 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 15326.0 + 0.80 \times 2624.0) / 46.50 = 374.74 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 374.74 / 0.87 = 0.431 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.00000 \times 273.1 / 374.7 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00138 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00138 + 0.00575 = 0.00713 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.953 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.953 = 1699.4 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1699.4 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 17583.7 \text{ kN}$ ,  $t_{\max} = 0.848 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.534 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 37.50 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.534 = 2.594 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 37.50 / 1.50 = 21750.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 17583.7 \text{ kN} \leq 21750.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος 87x20 [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου = 1.140 mm  
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος = 0.000 mm  
 $H = 3.50 \text{ m}$ ,  $L = 13.16 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $M_{ed1} = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $M_{ed1} = (1000) \times 1.140 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 3.50^2) = 99.12 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (245.9 + 11583.3 + 3496.8/2) / (0.87 \times 51.00) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.306 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16)  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.306) \times 0.870^2 / 6 = 1313.47 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15)  
 $M_{ed1} = 99.12 \text{ kNm/m} \leq 1313.47 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)

$H = 3.45 \text{ m}$ ,  $L = 13.16 \text{ m}$ , φορτίο ανέμου  $W = C_{pe} \times 1.00 = 0.80 \times 1.00 = 0.80 \text{ kN/m}^2$ ,  $1.50W = 1.50 \times 0.80 = 1.20 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (245.9 + 11583.3 + 3496.8/2) / (0.87 \times 51.00) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 2.00$ ,  $\sigma_d = 0.306 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16)  
 $f_{xk1} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ N/mm}^2$   
 $t = 870 > 250 \text{ mm}$ ,  $H/L = 3.45 / 13.16 = 0.26$ ,  $M_{ed1} = 0.083 \times w_{ed} \cdot H^2$ ,  $M_{ed2} = 0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $M_{ed1} = 0.083 \times 1.20 \times 3.45^2 = 1.19 \text{ kNm/m}$ ,  $M_{ed2} = 0 \text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (7.579 + 0.306) \times 0.870^2 / 6 = 994.69 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15)  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd2} = f_{xd2} t^2 / 6 = (1000) \times 7.579 \times 0.870^2 / 6 = 956.09 \text{ kNm/m}$   
 $M_{ed1} = 1.19 \text{ kNm/m} \leq 994.69 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**Ισόγειο**

**T4**

Διαστάσεις μήκος=21.20m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vk0}=2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E=6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3) \times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_k h=0.75 \times 3.45=2.59 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.59/0.87=2.97 < =27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 > =0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=9.00 < =9$  (εντάξει)

L/h πεσσών:  $4.80/1.35=3.56 > 0.50$ ,  $1.70/1.35=1.26 > 0.50$ ,  $1.90/1.35=1.41 > 0.50$  δεκτό

L/h πεσσών:  $2.00/1.35=1.48 > 0.50$ ,  $1.80/1.35=1.33 > 0.50$ ,  $1.50/1.35=1.11 > 0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70 \text{ mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{v0}=0.15 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20 \text{ N/mm}^2$ ,  $E=4.24 \text{ GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0 \text{ GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9 \text{ mm}^2/70 \text{ mm}$ ,  $f_{yk}=500 \text{ N/mm}^2$ ,  $E_s=200 \text{ GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870 \text{ mm}$ , βάρος  $20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48 \text{ kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93 \text{ N/mm}^2$

E τοίχος+μανδύας  $E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48 \text{ GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035 \times 30^{2/3}=0.19 \text{ N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66 \text{ N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75 \text{ N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk} < 0.30 f_k=2.38 \text{ N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38 \text{ N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16 \text{ N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 4956.4+1.50 \times 980.2)/21.20=384.97 \text{ kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 384.97/0.87=0.442 \text{ N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}=9.90 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}=9.90/384.97=0.02572 \text{ m}=0.03 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}=0.00000 \text{ m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.59/450=0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.02572+0.00000+0.00575=0.03147 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87=0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}=385.0 < =3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)



Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 5532.6 + 1.50 \times 980.2) / 13.70 = 652.50 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 652.50 / 0.87 = 0.750 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.02572 \times 385.0 / 652.5 = 0.00304 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00304 + 0.00000 + 0.00575 = 0.00879 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.97 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_{k0} = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_{k0} = 0.00879 + 0.00000 = 0.00879 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3097.4 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 652.5 \leq 3097.4 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 6396.8 + 1.50 \times 980.2) / 21.20 = 476.70 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 476.70 / 0.87 = 0.548 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.02572 \times 385.0 / 476.7 = 0.02077 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.02077 + 0.00000 + 0.00575 = 0.02652 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.02652 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.012 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.012 = 880.4 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 880.4 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 4956.4 + 0.80 \times 980.2) / 21.20 = 270.78 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 270.78 / 0.87 = 0.311 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 1.00$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 5.87 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id} / N_{id} = 5.87 / 270.78 = 0.02169 \text{ m} = 0.02 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00138 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.02169 + 0.00138 + 0.00575 = 0.02882 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.02882 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 270.8 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 5532.6 + 0.80 \times 980.2) / 13.70 = 461.07 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 461.07 / 0.87 = 0.530 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.02169 \times 270.8 / 461.1 = 0.00255 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00069 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00255 + 0.00069 + 0.00575 = 0.00899 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.97 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_{k0} = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_{k0} = 0.00899 + 0.00000 = 0.00899 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4129.9 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 461.1 \leq 4129.9 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)



Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 6396.8 + 0.80 \times 980.2) / 21.20 = 338.72 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{do} = 0.001 \times 338.72 / 0.87 = 0.389 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.02169 \times 270.8 / 338.7 = 0.01734 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00138 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.01734 + 0.00138 + 0.00575 = 0.02447 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.502 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.502 = 1306.6 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1306.6 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 5552.4 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.796 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.602 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 13.70 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.602 = 2.621 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 13.70 / 1.50 = 7946.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 5552.4 \text{ kN} \leq 7946.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος 87x20 [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου = 1.369 mm  
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος = 0.000 mm  
 $H = 3.50 \text{ m}$ ,  $L = 20.33 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $M_{ed1} = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $M_{ed1} = (1000) \times 1.369 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 3.50^2) = 119.03 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (98.3 + 4858.1 + 1440.4/2) / (0.87 \times 21.20) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.308 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.308) \times 0.870^2 / 6 = 1313.73 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $M_{ed1} = 119.03 \text{ kNm/m} \leq 1313.73 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)

$H = 3.45 \text{ m}$ ,  $L = 20.33 \text{ m}$ , φορτίο ανέμου  $W = C_{pe} \times 1.00 = 0.80 \times 1.00 = 0.80 \text{ kN/m}^2$ ,  $1.50W = 1.50 \times 0.80 = 1.20 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (98.3 + 4858.1 + 1440.4/2) / (0.87 \times 21.20) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 2.00$ ,  $\sigma_d = 0.308 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 $f_{xk1} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ fN/mm}^2$   
 $t = 870 > 250 \text{ mm}$ ,  $H/L = 3.45 / 20.33 = 0.17$ ,  $M_{ed1} = 0.083 \times w_{ed} \cdot H^2$ ,  $M_{ed2} = 0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $M_{ed1} = 0.083 \times 1.20 \times 3.45^2 = 1.19 \text{ kNm/m}$ ,  $M_{ed2} = 0 \text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (7.579 + 0.308) \times 0.870^2 / 6 = 994.95 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd2} = f_{xd2} t^2 / 6 = (1000) \times 7.579 \times 0.870^2 / 6 = 956.09 \text{ kNm/m}$   
 $M_{ed1} = 1.19 \text{ kNm/m} \leq 994.95 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**Ισόγειο**

**T3**

Διαστάσεις μήκος=48.75m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}= 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)\times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $h_{ef}=r_x h= 0.75 \times 3.45= 2.59 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=h_{ef}/t_{ef}=2.59/0.87= 2.97 < =27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 > =0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00 < = 9$  (εντάξει)

L/h πεσσών:  $2.60/2.65=0.71 > 0.50$ ,  $2.60/2.65=0.97 > 0.50$ ,  $2.35/1.55=0.97 > 0.50$ ,  $2.60/2.65=0.97 > 0.50$  δεκτό

L/h πεσσών:  $2.60/2.65=0.98 > 0.50$ ,  $2.30/1.55=0.98 > 0.50$ ,  $2.58/2.65=0.98 > 0.50$ ,  $2.57/2.65=0.98 > 0.50$ ,  $2.35/1.55=1.00 > 0.50$

**Τοίχος με μανδύα οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

E τοίχος+μανδύας  $E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035 \times 30^{2/3}=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk} < 0.30 f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 11002.4+1.50 \times 2551.0)/48.75=383.17\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 383.17/0.87=0.440\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου δαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id}/N_{id}=0$

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=h_{ef}/450=2.59/450= 0.00575\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00000+0.00000+0.00575= 0.00575\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87= 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}= 383.2 < = 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.35 \times 12216.9 + 1.50 \times 2551.0) / 30.35 = 669.50 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 669.50 / 0.87 = 0.770 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 383.2 / 669.5 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00000 + 0.00575 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.97 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00575 + 0.00000 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3097.4 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 669.5 \leq 3097.4 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id}=(1.35 \times 14038.7 + 1.50 \times 2551.0) / 42.35 = 537.87 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 537.87 / 0.87 = 0.618 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.00000 \times 383.2 / 537.9 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00000 + 0.00575 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.095 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.095 = 952.3 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 952.3 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.00 \times 11002.4 + 0.80 \times 2551.0) / 48.75 = 267.55 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 267.55 / 0.87 = 0.308 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου διαπέδου ή στέγης στην κορυφή  $M_{id}/N_{id} = 0$   
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00138 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00138 + 0.00575 = 0.00713 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 267.6 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.00 \times 12216.9 + 0.80 \times 2551.0) / 30.35 = 469.78 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 469.78 / 0.87 = 0.540 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00000 \times 267.6 / 469.8 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00069 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00000 + 0.00069 + 0.00575 = 0.00644 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.97 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00644 + 0.00000 = 0.00644 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4129.9 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 469.8 \leq 4129.9 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 14038.7 + 0.80 \times 2551.0) / 42.35 = 379.68 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{do} = 0.001 \times 379.68 / 0.87 = 0.436 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.00000 \times 267.6 / 379.7 = 0.00000 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00138 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00000 + 0.00138 + 0.00575 = 0.00713 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.00713 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.885 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.885 = 1640.2 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1640.2 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 13284.1 \text{ kN}$ ,  $t_{\max} = 0.834 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.609 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 30.35 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.609 = 2.624 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 30.35 / 1.50 = 17603.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 13284.1 \text{ kN} \leq 17603.0 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (EC6, §6.1.3)

Από τη επίλυση πεπερασμένων στοιχείων προκύπτουν στις θέσεις έδρασης δοκών οι μέγιστες θλιπτικές τάσεις. Καθώς στο πάνω μέρος του τοίχου υπάρχει σενάζ ελέγχουμε τις τάσεις σε χαμηλότερη σειρά πεπερασμένων στοιχείων.  
 Μέγιστη θλιπτική τάση στην περιοχή συγκεντρωμένων φορτίων  $\sigma_{d\max} = 1.195 \text{ N/mm}^2$   
 Η μέγιστη αυτή τάση  $1.195 \text{ N/mm}^2$  είναι  $\leq f_k / \gamma_M = 7.920 / 2.00 = 3.960 \text{ N/mm}^2$   
 άρα ικανοποιείται ο έλεγχος αντοχής σύμφωνα με EC6 §6.1.3.εξ.(6.9)

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό  $4\Phi 16$  (συνδ.  $\Phi 8/15$ ) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου =  $1.140 \text{ mm}$   
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος =  $0.000 \text{ mm}$   
 $H = 3.50 \text{ m}$ ,  $L = 11.33 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $Med1 = (1000) \times 1.140 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 3.50^2) = 99.12 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (246.0 + 10756.4 + 3036.3/2) / (0.87 \times 48.75) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.295 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.295) \times 0.870^2 / 6 = 1312.09 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $Med1 = 99.12 \text{ kNm/m} \leq 1312.09 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου φορτία λόγω ανέμου (EC6, §6.3, Annex E)

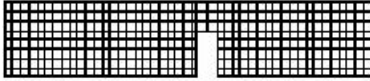
$H = 3.45 \text{ m}$ ,  $L = 11.33 \text{ m}$ , φορτίο ανέμου  $W = C_{pe} \times 1.00 = 0.80 \times 1.00 = 0.80 \text{ kN/m}^2$ ,  $1.50W = 1.50 \times 0.80 = 1.20 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (246.0 + 10756.4 + 3036.3/2) / (0.87 \times 48.75) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 2.00$ ,  $\sigma_d = 0.295 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 $f_{xk1} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ fN/mm}^2$ ,  $f_{xd2} = 15.16 / 2.00 = 7.579 \text{ N/mm}^2$   
 $t = 870 > 250 \text{ mm}$ ,  $H/L = 3.45 / 11.33 = 0.30$ ,  $Med1 = 0.083 \times w_{ed} \cdot H^2$ ,  $Med2 = 0$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = 0.083 \times 1.20 \times 3.45^2 = 1.19 \text{ kNm/m}$ ,  $Med2 = 0 \text{ kNm/m}$   
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (7.579 + 0.295) \times 0.870^2 / 6 = 993.31 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 Ροπή καμτικής αντοχής  $M_{rd2} = f_{xd2} t^2 / 6 = (1000) \times 7.579 \times 0.870^2 / 6 = 956.09 \text{ kNm/m}$   
 $Med1 = 1.19 \text{ kNm/m} \leq 993.31 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**Ισόγειο**

**T5**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν



Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vk0}= 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E= 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3)\times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_k h= 0.75\times 3.45= 2.59 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.59/0.87= 2.97<=27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου=  $0.870 >=0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda= 9.00<= 9$  (εντάξει)

$L/h$  πεσσών:  $10.40/2.20=4.73>0.50$ ,  $8.25/2.20=3.75>0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{v0}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1\times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024\times 1\times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24\times 800+30.0\times 1\times 70\times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

$E$  τοίχος+μανδύας  $E=(4.24\times 800+32.0\times 1\times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035\times 30^{2/3}=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70\times 70)\times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15\times 800+0.19\times 1\times 70\times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66\times 1\times 70\times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70)\times 500\times (2.50/1.15)\times 6\times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.35kg+1.50kg (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35\times 4325.2+1.50\times 1581.8)/19.85=413.69\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001\times 413.69/0.87=0.476\text{N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=0.99$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}= 0.11 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}= 0.11/413.69= 0.00026 \text{ m} = 0.00\times(\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}= 0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.59/450= 0.00575\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00026+0.00000+0.00575= 0.00601\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05\times 0.87= 0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2\times 0.04350/0.87= 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i.t.f_k/\gamma_M=1000\times 0.90\times 0.87\times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}= 413.7 <= 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 4926.2 + 1.50 \times 1581.8) / 18.65 = 483.81 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 483.81 / 0.87 = 0.556 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00026 \times 413.7 / 483.8 = 0.00004 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md}/N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00004 + 0.00000 + 0.00575 = 0.00579 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.97 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00579 + 0.00000 = 0.00579 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3097.4 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 483.8 \leq 3097.4 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 5827.7 + 1.50 \times 1581.8) / 18.65 = 549.07 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 549.07 / 0.87 = 0.631 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.00026 \times 413.7 / 549.1 = 0.00019 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00019 + 0.00000 + 0.00575 = 0.00594 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.907 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.907 = 789.4 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 789.4 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 4325.2 + 0.80 \times 1581.8) / 19.85 = 281.64 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 281.64 / 0.87 = 0.324 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 0.99$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 0.06 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id} = 0.06 / 281.64 = 0.00022 \text{ m} = 0.00 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00138 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00022 + 0.00138 + 0.00575 = 0.00735 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 281.6 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 4926.2 + 0.80 \times 1581.8) / 18.65 = 331.99 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 331.99 / 0.87 = 0.382 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00022 \times 281.6 / 332.0 = 0.00004 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00069 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md}/N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00004 + 0.00069 + 0.00575 = 0.00648 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.97 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00648 + 0.00000 = 0.00648 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4129.9 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 332.0 \leq 4129.9 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 5827.7 + 0.80 \times 1581.8) / 18.65 = 380.33 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{ed0} = 0.001 \times 380.33 / 0.87 = 0.437 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.00022 \times 281.6 / 380.3 = 0.00017 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00138 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00017 + 0.00138 + 0.00575 = 0.00729 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.512 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.512 = 1315.3 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1315.3 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 6871.0 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.589 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.548 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 14.89 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.548 = 2.599 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 14.89 / 1.50 = 8634.8 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 6871.0 \text{ kN} \leq 8634.8 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος 87x20 [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

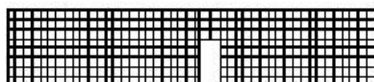
Ελεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου = 1.377 mm  
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος = 0.000 mm  
 $H = 3.50 \text{ m}$ ,  $L = 18.98 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = \delta \cdot E \cdot bt^3 / (4H^2)$ ,  $Med1 = (1000) \times 1.377 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 3.50^2) = 119.69 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (166.2 + 4159.0 + 1502.5 / 2) / (0.87 \times 19.85) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.294 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (10.106 + 0.294) \times 0.870^2 / 6 = 1311.96 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $Med1 = 119.69 \text{ kNm/m} \leq 1311.96 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Ισόγειο

T6

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm  
 Λιθοδομή M2 80 cm-εν



Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3, T.9.1)  
 Κατηγορία κατασκευής : I (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)  
 Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων : II (EC6 §3.1.1)  
 Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k = 7.92 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)  
 Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko} = 2.38 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)  
 Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xk2} = 15.16 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)  
 Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E = 6.47 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)

Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M = 2.00$  (EC6, §2.4.3)  
 Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M = (2/3) \times 2.00 (>= 1.50) = 1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))  
 Μήκος λυγισμού τοίχου  $h_{ef} = r \times h = 0.75 \times 3.45 = 2.59 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)  
 Λυγηρότητα  $\lambda = h_{ef} / t_{ef} = 2.59 / 0.87 = 2.97 \leq 27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.  
 Πάχος τοίχου = 0.870  $>= 0.350 \text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)  
 Λυγηρότητα  $\lambda = 9.00 \leq 9$  (εντάξει)  
 $L/h$  πεσσών:  $10.40 / 2.20 = 4.73 > 0.50$ ,  $8.25 / 2.20 = 3.75 > 0.50$  δεκτό



**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

$E$  τοίχος+μανδύας  $E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035 \times 30 \times 0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk}<0.30f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 5773.3+1.50 \times 1685.1)/19.85=519.98\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo}=0.001 \times 519.98/0.87=0.598\text{N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=0.99$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}=0.90\text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}=0.90/519.98=0.00173\text{ m}=0.00 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.59/450=0.00575\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00173+0.00000+0.00575=0.00748\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87=0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}=520.0 \leq 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md}=(1.35 \times 6374.3+1.50 \times 1685.1)/18.65=596.94\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo}=0.001 \times 596.94/0.87=0.686\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md}=0.20 \times 0.00173 \times 520.0/596.9=0.00030\text{ m}$

Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a=hef/450=2.59/450=0.00575\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m=M_{md}/N_{md}+e_{hm}+e_a=0.00030+0.00000+0.00575=0.00605\text{m}$  (EC6 εξ.6.7)

Η λυγηρότητα είναι  $2.97 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k=0$  (EC6 §6.1.2.2(2))

Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m=e_m+e_k=0.00605+0.00000=0.00605\text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)

Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m=(1-2e_m/t)\text{Exp}(-u^2/2)=0.90$  (EC 6 Παραρτ. Γ)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_m \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3097.4\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}=596.9 \leq 3097.4=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Έλεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id}=(1.35 \times 7275.8+1.50 \times 1685.1)/18.65=662.20\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo}=0.001 \times 662.20/0.87=0.761\text{N/mm}^2$

Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id}=0.00173 \times 520.0/662.2=0.00136\text{ m}$

Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.59/450=0.00575\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00136+0.00000+0.00575=0.00711\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87=0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\Phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n=-1.115\text{N/mm}^2$

Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed}=1000 \times 0.87 \times 1.115=970.3\text{ kN/m}$

$N_{ed}=970.3 \leq 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)



**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 5773.3 + 0.80 \times 1685.1) / 19.85 = 358.76 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 358.76 / 0.87 = 0.412 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4) = 0.99$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 0.53 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id} = 0.53/358.76 = 0.00149 \text{ m} = 0.00 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00138 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 2.59/450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00149 + 0.00138 + 0.00575 = 0.00862 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350/0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 358.8 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 6374.3 + 0.80 \times 1685.1) / 18.65 = 414.07 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 414.07 / 0.87 = 0.476 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md}/N_{md} = 0.20 \times 0.00149 \times 358.8 / 414.1 = 0.00026 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00069 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef}/450 = 2.59/450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md}/N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00026 + 0.00069 + 0.00575 = 0.00670 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.97 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m = e_m + e_k = 0.00670 + 0.00000 = 0.00670 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m/t) \text{Exp}(-u^2/2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. Γ)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4129.9 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 414.1 \leq 4129.9 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 7275.8 + 0.80 \times 1685.1) / 18.65 = 462.41 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 462.41 / 0.87 = 0.532 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id}/N_{id} = 0.00149 \times 358.8 / 462.4 = 0.00116 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00138 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef}/450 = 2.59/450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id}/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00116 + 0.00138 + 0.00575 = 0.00828 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350/0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.560 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.560 = 1356.9 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1356.9 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε διάτμηση, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.2)**

$V_{ed} = 6366.4 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.562 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.586 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 14.89 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.586 = 2.615 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 14.89 / 1.50 = 8634.8 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 6366.4 \text{ kN} \leq 8634.8 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

**Σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).**

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος  $87 \times 20$  [πλάτος x ύψος cm]  
 με ελάχιστο οπλισμό  $4\Phi 16$  (συνδ.  $\Phi 8/15$ ) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

**Έλεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)**

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου = 1.377 mm

Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος= 0.000 mm

H=3.50m, L=18.98m,  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xd1}=15.16/1.50=10.106\text{ N/mm}^2$

Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1=\delta \cdot E \cdot bt^3 / (4H^2)$ ,  $Med1=(1000) \times 1.377 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 3.50^2)=119.69\text{kNm/m}$   
 $\sigma_d=0.001 \times (157.2+5616.1+1502.5/2) / (0.87 \times 19.85) <= 0.2 f_{cd}=0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d=0.378\text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16))

Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1}=(f_{xd1}+\sigma_d)t^2/6=(1000) \times (10.106+0.378) \times 0.870^2/6=1322.56\text{kNm/m}$  (EC6, (6.15))  
 $Med1=119.69\text{kNm/m} <= 1322.56\text{kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

**Ισόγειο**

**T7**

Διαστάσεις μήκος=19.85m, ύψος=3.50m, πάχος=870mm

Λιθοδομή M2 80 cm-εν

Δομικό σύστημα: Αοπλη τοιχοποιία (Ευρωκ.8, §9.3,Τ.9.1)

Κατηγορία κατασκευής :1 (EC6, §2.4.3, Παρ. Α)

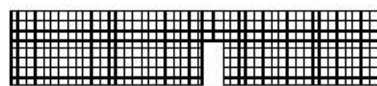
Κατηγορία ελέγχου παραγωγής λιθοσωμάτων :II (EC6 §3.1.1)

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_k=7.92\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.1.2)

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας:  $f_{vko}=2.38\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.2)

Καμπτική αντοχή :  $f_{xk1}=15.16\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=15.16\text{N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας:  $E=6.47\text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.7.2)



Επί μέρους συντ. ασφαλείας υλικού  $\gamma_M=2.00$  (EC6, §2.4.3)

Επί μέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού με σεισμό:  $\gamma_M=(2/3) \times 2.00 (>=1.50)=1.50$  (Ευρωκ-8, §9.6(3))

Μήκος λυγισμού τοίχου  $hef=r_{kh}=0.75 \times 3.45=2.59\text{ m}$  (EC6, §5.5.1.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=hef/tef=2.59/0.87=2.97 <= 27$  εντάξει (EC6, §5.5.1.4)

**Απαιτήσεις Εθνικού κειμένου εφαρμογής Ευρωκώδικα και Ευρωκώδικα 8 §9.3**

Τοιχοποιία Αοπλη με φυσικούς λίθους.

Πάχος τοίχου= 0.870  $>= 0.350\text{ m}$  (εντάξει) (Ευρωκ-8, Π.9.2)

Λυγηρότητα  $\lambda=9.00 <= 9$  (εντάξει)

L/h πεσσών:  $10.40/2.20=4.73 > 0.50$ ,  $8.25/2.20=3.75 > 0.50$  δεκτό

**Τοίχος με μανδύας οπλισμένου κονιάματος**

Μονός μανδύας 70 mm από C30/37 με οπλισμό  $\Phi 14/70\text{mm}$ ,  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$

Αντοχές τοίχου  $f_k=4.24\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vo}=0.15\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk1}=0.10\text{N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.20\text{N/mm}^2$ ,  $E=4.24\text{GPa}$ ,  $\gamma_M=2.50$

Αντοχές μανδύα  $f_{ck}=30.0\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=32.0\text{GPa}$ , οπλισμός  $A_s=153.9\text{mm}^2/70\text{mm}$ ,  $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$ ,  $E_s=200\text{GPa}$

Πάχος τοίχου με μανδύα  $800+1 \times 70=870\text{mm}$ , βάρος  $20.80+0.024 \times 1 \times 70=22.48\text{kN/m}^2$

$f_k$  τοίχος+μανδύας  $f_k=[4.24 \times 800+30.0 \times 1 \times 70 \times (2.50/1.50)]/870=3.90+4.02=7.93\text{N/mm}^2$

E τοίχος+μανδύας  $E=(4.24 \times 800+32.0 \times 1 \times 70)/870=3.90+2.57=6.48\text{GPa}$

Μανδύας  $v_{rd1}=0.035 \times 30^{3/4}=0.19\text{N/mm}^2$ ,  $v_{rd2}=153.9/(70 \times 70) \times (500/1.15)=13.66\text{N/mm}^2$

$f_{vk1}=(0.15 \times 800+0.19 \times 1 \times 70 \times 2.50)/870=0.18\text{N/mm}^2$ ,  $f_{vk2}=13.66 \times 1 \times 70 \times 2.50/870=2.75\text{N/mm}^2$

$f_{vk}$  τοίχου με μανδύα  $\max(f_{vk1}, f_{vk2})$ ,  $f_{vk} < 0.30 f_k=2.38\text{N/mm}^2$   $f_{vk}=2.38\text{N/mm}^2$

$f_{xk}$  τοίχου με μανδύα  $f_{xk1}=f_{xk2}=(153.9/70) \times 500 \times (2.50/1.15) \times 6 \times 800/870^2=15.16\text{N/mm}^2$

**Έλεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, Φόρτιση 1.35xq+1.50xq (EC6, §6.1)**

Έλεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id}=(1.35 \times 4275.2+1.50 \times 1488.3)/19.85=403.22\text{kN/m}$

Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{ed0}=0.001 \times 403.22/0.87=0.463\text{N/mm}^2$

Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1-k/4)=0.99$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))

Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id}=0.10\text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)

Εκκεντρότητα  $M_{id}/N_{id}=0.10/403.22=0.00024\text{ m}=0.00 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he}=0.00000\text{m}$

Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i=hef/450=2.59/450=0.00575\text{m}$  (EC6, §5.5.1.1)

Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e=M_{id}/N_{id}+e_{he}+e_i=0.00024+0.00000+0.00575=0.00599\text{m}$  (EC6 εξ.6.5)

Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e=0.05t=0.05 \times 0.87=0.04350\text{m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)

Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\phi_i=1-2e_e/t=1-2 \times 0.04350/0.87=0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)

Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd}=\phi_i \cdot t \cdot f_k/\gamma_M=1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92/2.00=3100.7\text{kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)

$N_{ed}=403.2 <= 3100.7=N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.35 \times 4876.2 + 1.50 \times 1488.3) / 18.65 = 472.67 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 472.67 / 0.87 = 0.543 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.00024 \times 403.2 / 472.7 = 0.00004 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00004 + 0.00000 + 0.00575 = 0.00579 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.97 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m + e_k = 0.00579 + 0.00000 = 0.00579 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3097.4 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 472.7 \leq 3097.4 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.35 \times 5777.7 + 1.50 \times 1488.3) / 18.65 = 537.93 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 537.93 / 0.87 = 0.618 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $M_{id} / N_{id} = 0.00024 \times 403.2 / 537.9 = 0.00018 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00000 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00018 + 0.00000 + 0.00575 = 0.00593 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 2.00 = 3100.7 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -0.887 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 0.887 = 771.4 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 771.4 \leq 3100.7 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

**Ελεγχος σε κατακόρυφο φορτίο, φόρτιση 1.00xq+0.80xq+Σεισμός (EC6, §6.1)**

Ελεγχος αντοχής στην κορυφή του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην κορυφή  $N_{id} = (1.00 \times 4275.2 + 0.80 \times 1488.3) / 19.85 = 275.36 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στην κορυφή  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 275.36 / 0.87 = 0.317 \text{ N/mm}^2$   
 Γίνεται μείωση της εκκεντρότητας κατά  $(1 - k/4) = 0.99$  (EC6 Παραρτ. Γ(3))  
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή  $M_{id} = 0.06 \text{ kNm/m}$  (EC6 Παρ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα  $M_{id} / N_{id} = 0.06 / 275.36 = 0.00021 \text{ m} = 0.00 \times (\text{πάχος τοίχου})$  (EC6 Παραρτ. Γ.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00138 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην κορυφή  $e_e = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00021 + 0.00138 + 0.00575 = 0.00734 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην κορυφή  $\Phi_i = 1 - 2e_e / t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 275.4 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στο μεσαίο πέμπτο του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $N_{md} = (1.00 \times 4876.2 + 0.80 \times 1488.3) / 18.65 = 325.30 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στο μεσαίο πέμπτο  $\sigma_{edo} = 0.001 \times 325.30 / 0.87 = 0.374 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στο μεσαίο πέμπτο  $M_{md} / N_{md} = 0.20 \times 0.00021 \times 275.4 / 325.3 = 0.00004 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{hm} = 0.00069 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα φορτίων  $e_m = M_{md} / N_{md} + e_{hm} + e_a = 0.00004 + 0.00069 + 0.00575 = 0.00647 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.7)  
 Η λυγηρότητα είναι  $2.97 \leq 15$ , εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού  $e_k = 0$  (EC6 §6.1.2.2(2))  
 Εκκεντρότητα στο μεσαίο πέμπτο  $e_m + e_k = 0.00647 + 0.00000 = 0.00647 \text{ m}$  (EC6, εξ.6.7)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_m = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2 εξ.6.6)  
 Μειωτικός συντελεστής στο μεσαίο πέμπτο  $\Phi_m = (1 - 2e_m / t) \text{Exp}(-u^2 / 2) = 0.90$  (EC 6 Παραρτ. G)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4129.9 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 $N_{ed} = 325.3 \leq 4129.9 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος αντοχής στη βάση του τοίχου

Κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στη βάση  $N_{id} = (1.00 \times 5777.7 + 0.80 \times 1488.3) / 18.65 = 373.64 \text{ kN/m}$   
 Μέση κατακόρυφη τάση σχεδιασμού στη βάση  $\sigma_{ed} = 0.001 \times 373.64 / 0.87 = 0.429 \text{ N/mm}^2$   
 Εκκεντρότητα φορτίου στη βάση  $Mid/N_{id} = 0.00021 \times 275.4 / 373.6 = 0.00016 \text{ m}$   
 Εκκεντρότητα στη βάση λόγω οριζοντίων φορτίων  $e_{he} = 0.00138 \text{ m}$   
 Τυχηματική εκκεντρότητα  $e_i = h_{ef} / 450 = 2.59 / 450 = 0.00575 \text{ m}$  (EC6, §5.5.1.1)  
 Εκκεντρότητα στην βάση  $e_e = Mid/N_{id} + e_{he} + e_i = 0.00016 + 0.00138 + 0.00575 = 0.00728 \text{ m}$  (EC6 εξ.6.5)  
 Ελάχιστη εκκεντρότητα  $\min e_e = 0.05t = 0.05 \times 0.87 = 0.04350 \text{ m}$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.5)  
 Μειωτικός συντελεστής στην βάση  $\Phi_i = 1 - 2e_e/t = 1 - 2 \times 0.04350 / 0.87 = 0.90$  (EC6 §6.1.2.2, εξ.6.4)  
 Κατακόρυφο φορτίο αντοχής  $N_{rd} = \Phi_i \cdot t \cdot f_k / \gamma_M = 1000 \times 0.90 \times 0.87 \times 7.92 / 1.50 = 4134.2 \text{ kN/m}$  (EC6 εξ.6.2)  
 Κατακόρυφη θλιπτική τάση από επίλυση πεπερασμένων στοιχείων  $\max \sigma_n = -1.490 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους  $N_{ed} = 1000 \times 0.87 \times 1.490 = 1296.6 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = 1296.6 \leq 4134.2 = N_{rd}$  Ικανοποιείται ο έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας (EC6 εξ.6.1)

Ελεγχος σε διάτμηση, Φόρτιση 1.00κq+0.80κq+Σεισμός (EC6, §6.2)

$V_{ed} = 6787.7 \text{ kN}$ ,  $\tau_{\max} = 0.581 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_d = 0.538 \text{ N/mm}^2$ ,  $L_c = 14.89 \text{ m}$   
 Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \times f_d$  (EC6 §3.6.2)  
 $f_{vk} = 2.380 + 0.40 \times 0.538 = 2.595 \text{ N/mm}^2$ ,  $\max f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vk} = 1.000 \text{ N/mm}^2$  (EC6 εξ.3.5)  
 Τιμή σχεδιασμού αντοχής έναντι τέμνουσας  $V_{rd} = f_{vk} \cdot t \cdot L_c / \gamma_M$  (EC6 §6.2, εξ.6.13)  
 $V_{rd} = 1000 \times 1.000 \times 0.87 \times 14.89 / 1.50 = 8634.8 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 6787.7 \text{ kN} \leq 8634.8 \text{ kN} = V_{rd}$ . (EC6 §6.2)  
 Ικανοποιείται ο έλεγχος τέμνουσας σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Σενάξ οπλισμένου σκυροδέματος (Εθν. Κείμ. εφαρμογής, EC6 §6.1.3.(7), §8.2, EC8 §9.5.3).

Στο πάνω μέρος του τοίχου και στο ύψος των υπερθύρων τυχόν μικρές εφελκυστικές τάσεις παραλαμβάνονται από σενάξ οπλισμένου σκυροδέματος 87x20 [πλάτος x ύψος cm] με ελάχιστο οπλισμό 4Φ16 (συνδ. Φ8/15) που ικανοποιεί τα ελάχιστα όρια του κανονισμού.

Ελεγχος σε οριζόντια εκτός επιπέδου τοίχου φορτία λόγω σεισμού (EC6, §3.6.3, §6.3)

Προσεγγιστική σχετική οριζόντια μετατόπιση ορόφου = 1.377 mm  
 Οριζόντια μετατόπιση λόγω παραμόρφωσης οριζοντίου διαφράγματος = 0.000 mm  
 $H = 3.50 \text{ m}$ ,  $L = 18.98 \text{ m}$ ,  $f_{xk1} = 15.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xd1} = 15.16 / 1.50 = 10.106 \text{ N/mm}^2$   
 Καμπτική ροπή σχεδιασμού  $Med1 = \delta \cdot E \cdot b t^3 / (4H^2)$ ,  $Med1 = (1000) \times 1.377 \times 6.47 \times 0.870^3 / (4 \times 3.50^2) = 119.69 \text{ kNm/m}$   
 $\sigma_d = 0.001 \times (155.5 + 4119.7 + 1502.5 / 2) / (0.87 \times 19.85) \leq 0.2 f_d = 0.2 \times 7.92 / 1.50$ ,  $\sigma_d = 0.291 \text{ N/mm}^2$  (EC6, (6.16)  
 Ροπή καμπτικής αντοχής  $M_{rd1} = (f_{xd1} + \sigma_d) t^2 / 6 = (1000) \times (10.106 + 0.291) \times 0.870^2 / 6 = 1311.58 \text{ kNm/m}$  (EC6, (6.15)  
 $Med1 = 119.69 \text{ kNm/m} \leq 1311.58 \text{ kNm/m} = M_{rd1}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται

Ελεγχος για απλά κτίρια τοιχοποιίας (Εθν. κείμενο εφαρμογής Ευρωκώδικα 6)

- (1) Οι υπέρ το έδαφος όροφοι είναι 5, και η σεισμικότητα  $I$ ,  $\alpha = 0.160g = 1.57 \text{ m/s}^2$ , άρα δέν ικανοποιούνται οι περιορισμοί στον αριθμό ορόφων του πίνακα 3.
- (2) α) Το σχήμα του κτιρίου είναι περίπου ορθογωνικό  
 β) Μικρότερη προς μεγαλύτερη πλευρά  $= 21.43 / 51.42 = 0.42 > 0.25$   
 γ) Οι εξοχές ή εσοχές, δεν έχουν μήκος μεγαλύτερο του 15% του μήκους της πλευράς που είναι παράλληλη προς αυτές.
- (3) α) Η ακαμψία του κτιρίου εξασφαλίζεται μέσω διατμητικών τοίχων που διατάσσονται περιμετρικά στις δύο κύριες κάθετες διευθύνσεις x-x και y-y του κτιρίου.  
 β) Σε κάθε μία από τις κύριες κατεύθυνσεις x-x και y-y υπάρχουν τουλάχιστον δύο τοίχοι με μήκος μεγαλύτερο του 30% του μήκους του κτιρίου κατά την διεύθυνση του τοίχου.  
 γ) Η απόσταση ανάμεσα στους παραπάνω τοίχους είναι μεγαλύτερη του 75% του μήκους του κτιρίου κατά την άλλη κατεύθυνση.  
 δ) Τουλάχιστον 75% των κατακόρυφων φορτίων του κτιρίου παραλαμβάνονται από τους διατμητικούς τοίχους.
- (5) Από όροφο σε όροφο η μεταβολή της μάζας και της οριζόντιας διατομής των τοίχων δεν ξεπερνά το 20% και στις δύο διευθύνσεις του κτιρίου.
- (6) Σε κάθε όροφο το εμβαδόν διατομής των διατμητικών τοίχων σε κάθε μία από τις κάθετες διευθύνσεις ως ποσοστό του συνολικού εμβαδού του ορόφου είναι μικρότερο από τα ποσοστά του πίνακα 4. που στην περίπτωση μας είναι  
 Αοπλη τοιχοποιία, σεισμός :  $I$ ,  $\alpha = 0.160g = 1.57 \text{ m/s}^2$ , ελάχιστο ποσοστό τοίχων 5%  
 x-x κατεύθυνση, ποσοστό τοίχων στο ισόγειο  $88.710 / 1015.993 = 0.087 > 0.05$   
 y-y κατεύθυνση, ποσοστό τοίχων στο ισόγειο  $88.769 / 1015.993 = 0.087 > 0.05$

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

1. ΥΠΟΣΤ-1, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 1.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 1.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
2. ΥΠΟΣΤ-2, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 2.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 2.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
3. ΥΠΟΣΤ-3, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 3.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 3.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
4. ΥΠΟΣΤ-4, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 4.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 4.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
5. ΥΠΟΣΤ-5, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 5.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 5.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
6. ΥΠΟΣΤ-6, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 6.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 6.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
7. ΥΠΟΣΤ-7, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 7.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 7.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
8. ΥΠΟΣΤ-8, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 8.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 8.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
9. ΥΠΟΣΤ-9, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 9.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 9.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
10. ΥΠΟΣΤ-10, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 10.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 10.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
11. ΥΠΟΣΤ-11, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 11.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 11.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
12. ΥΠΟΣΤ-12, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη

- 12.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
- 12.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 13. ΥΠΟΣΤ-25, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 13.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 13.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 14. ΥΠΟΣΤ-26, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 14.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 14.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 15. ΥΠΟΣΤ-27, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 15.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 15.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 16. ΥΠΟΣΤ-28, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 16.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 16.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 17. ΥΠΟΣΤ-29, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 17.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 17.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 18. ΥΠΟΣΤ-30, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 18.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 18.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 19. ΥΠΟΣΤ-31, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 19.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 19.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 20. ΥΠΟΣΤ-32, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 20.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 20.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 21. ΥΠΟΣΤ-33, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 21.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 21.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 22. ΥΠΟΣΤ-34, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 22.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 22.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 23. ΥΠΟΣΤ-35, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 23.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 23.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 24. ΥΠΟΣΤ-36, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 24.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων

- 24.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 25. ΥΠΟΣΤ-37, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 25.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 25.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 26. ΥΠΟΣΤ-38, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 26.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 26.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 27. ΥΠΟΣΤ-39, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 27.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 27.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 28. ΥΠΟΣΤ-40, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 28.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 28.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 29. ΥΠΟΣΤ-41, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 29.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 29.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 30. ΥΠΟΣΤ-42, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 30.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 30.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 31. ΥΠΟΣΤ-43, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 31.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 31.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 32. ΥΠΟΣΤ-44, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 32.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 32.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 33. ΥΠΟΣΤ-45, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 33.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 33.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 34. ΥΠΟΣΤ-166, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 34.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 34.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 35. ΥΠΟΣΤ-167, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 35.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 35.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- 36. ΥΠΟΣΤ-168, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
  - 36.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 36.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς

37. ΥΠΟΣΤ-169, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
- 37.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 37.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
38. ΥΠΟΣΤ-170, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
- 38.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 38.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
39. ΥΠΟΣΤ-171, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
- 39.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 39.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
40. ΥΠΟΣΤ-172, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
- 40.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 40.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
41. ΥΠΟΣΤ-173, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
- 41.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 41.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
42. ΥΠΟΣΤ-174, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
- 42.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 42.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
43. ΥΠΟΣΤ-175, ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη
- 43.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων
  - 43.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς



## 1. ΥΠΟΣΤ-1

**ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη**  
(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

### 1.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

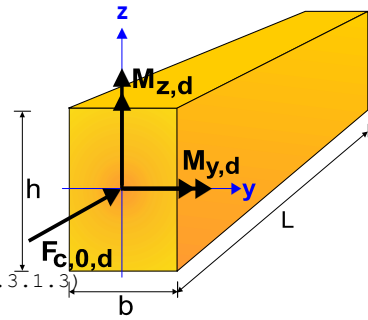
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{m0k}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{m0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{m0k} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-392.400\text{kN}$ ,  $M_{yd}=4.190\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

#### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 392.400 / 52900 = 7.42\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 4.190 / 2.028\text{E}+006 = 2.07\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.702 + 0.153 + 0.000 = 0.85 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.702 + 0.107 + 0.000 = 0.81 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 85%

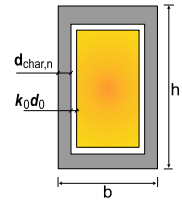
## 1.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι βn=0.80 mm/min (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης dchar,n=βn·t=0.80x20=16 mm (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



**Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης def=dchar,n+ko·do, do=7mm (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και t>=20 min, ko=1.00, (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

def=16+1.00x7=23 mm, απομένουσα διατομή BfxHf=184x184 mm

**Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

Kmod,fi=1.00, (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)), γM,fi=1.00 (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής kfi=1.25 (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

**Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή, bf=184mm, hf=184mm, A=3.386E+004mm<sup>2</sup>, Wγ=1.038E+006mm<sup>3</sup>, Wz=1.038E+006mm<sup>3</sup>

fc0k=20.00N/mm<sup>2</sup>, fc0d,fi=Kmod,fi.Kfi.fc0k/γM,fi=1.00x1.25x20.00/1.00=25.00N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

fmyk=22.00N/mm<sup>2</sup>, fmyd,fi=Kmod,fi.Kfi.fmyk/γM,fi=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

fmzk=22.00N/mm<sup>2</sup>, fmzd,fi=Kmod,fi.Kfi.fmzk/γM,fi=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup>

E005= 6700N/mm<sup>2</sup>, E005,fi=Kmod,fi.Kfi.E005/γM,fi=1.00x1.25x 6700/1.00= 8375N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

σc0d=Fc0d/Anetto=1000x392.400/33856=11.59 N/mm<sup>2</sup>

σmyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x4.190/1.038E+006= 4.04 N/mm<sup>2</sup>

σmzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/1.038E+006= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

Μήκη Λυγισμού Sk

Sky= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm, Skz= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm

Λυγηρότητες

iy=√(Iy/A)=0.289x 184= 53 mm, λy= 2800/ 53= 52.83

iz=√(Iz/A)=0.289x 184= 53 mm, λz= 2800/ 53= 52.83

Κρίσιμες τάσεις

σc,crity=π<sup>2</sup>E005/λy<sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λrel,y=√(fc0d,fi/σc,crity)= 0.82

σc,critz=π<sup>2</sup>E005/λz<sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λrel,z=√(fc0d,fi/σc,critz)= 0.82

βc=0.20 (φυσικό ξύλο)

ky=0.5[1+βc(λrel,y-0.3)+λrel,y<sup>2</sup>]= 0.89, Kcy=1/(ky+√(ky<sup>2</sup>-λrel,y<sup>2</sup>))=0.812

kz=0.5[1+βc(λrel,z-0.3)+λrel,z<sup>2</sup>]= 0.89, Kcz=1/(kz+√(kz<sup>2</sup>-λrel,z<sup>2</sup>))=0.812

σc0d/(Kcy·fc0d,fi)+σmyd/fmyd,fi+Km.σmzd/fmzd,fi=0.571+0.147+0.000= 0.72 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

σc0d/(Kcz·fc0d,fi)+Km.σmyd/fmyd,fi+σmzd/fmzd,fi=0.571+0.103+0.000= 0.67 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 2. ΥΠΟΣΤ-2

**ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη**

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

**2.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

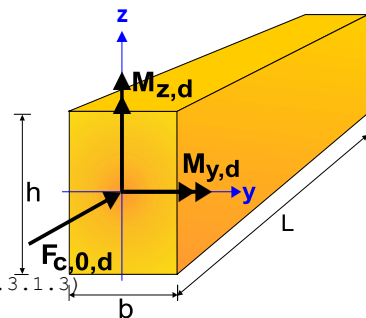
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας <=12% (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού γM=1.30 (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$   
Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$   
Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-392.400\text{kN}$ ,  $M_{yd}=4.190\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 392.400 / 52900 = 7.42\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 4.190 / 2.028\text{E}+006 = 2.07\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

### Μήκη λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel}y}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel}z}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.702 + 0.153 + 0.000 = 0.85 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.702 + 0.107 + 0.000 = 0.81 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 85%

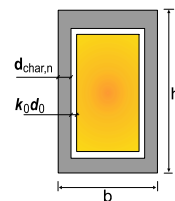
## 2.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density  $340\text{kg/m}^3$

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80\text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{char},n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16\text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{\text{char},n} + k_o \cdot d_o$ ,  $d_o = 7\text{mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20\text{ min}$ ,  $k_o = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23\text{ mm}$ , απομένουσας διατομή  $B_{\text{fx}} H_{\text{f}} = 184 \times 184\text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{\text{mod},fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M,fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f=184\text{mm}$ ,  $h_f=184\text{mm}$ ,  $A=3.386\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$   
 $f_{c0k}=20.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00=25.00\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{myk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{myd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00=27.50\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{mzk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00=27.50\text{N/mm}^2$   
 $E_{005}=6700\text{N/mm}^2$ ,  $E_{005}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00=8375\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000 \times 392.400 / 33856=11.59 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my}, netto=1\text{E}+06 \times 4.190 / 1.038\text{E}+006=4.04 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz}, netto=1\text{E}+06 \times 0.000 / 1.038\text{E}+006=0.00 \text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$S_{ky}=1.00 \times 2.800=2.800 \text{ m}=2800 \text{ mm}$ ,  $S_{kz}=1.00 \times 2.800=2.800 \text{ m}=2800 \text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y=\sqrt{(I_y/A)}=0.289 \times 184=53 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y=2800/53=52.83$   
 $i_z=\sqrt{(I_z/A)}=0.289 \times 184=53 \text{ mm}$ ,  $\lambda_z=2800/53=52.83$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c, crity}=\pi^2 E_{005} / \lambda_y^2=29.62 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, y}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_{c, crity})}=0.82$   
 $\sigma_{c, critz}=\pi^2 E_{005} / \lambda_z^2=29.62 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, z}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_{c, critz})}=0.82$

$\beta_c=0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, y}-0.3)+\lambda_{rel, y}^2]=0.89$ ,  $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel, y}^2)})=0.812$

$k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, z}-0.3)+\lambda_{rel, z}^2]=0.89$ ,  $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{(k_z^2-\lambda_{rel, z}^2)})=0.812$

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.571 + 0.147 + 0.000 = 0.72 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.571 + 0.103 + 0.000 = 0.67 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 3. ΥΠΟΣΤ-3

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

#### 3.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

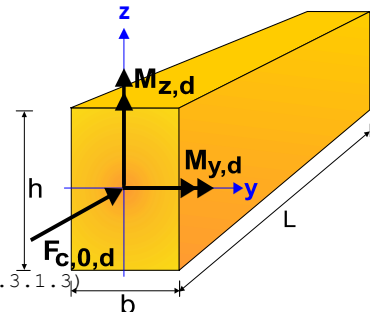
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας: Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας: Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{netto}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{mod}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M=0.80 \times 20.00 / 1.30=12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M=0.80 \times 22.00 / 1.30=13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M=0.80 \times 22.00 / 1.30=13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-392.400\text{kN}$ ,  $M_{yd}=4.190\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 392.400 / 52900 = 7.42 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 4.190 / 2.028 \times 10^6 = 2.07 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 2.028 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_{c, crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, crity})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$

$$\sigma_{c, critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, critz})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.702 + 0.153 + 0.000 = 0.85 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.702 + 0.107 + 0.000 = 0.81 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 85%

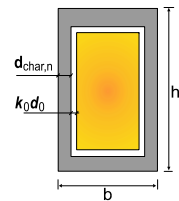
### 3.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_o \cdot d_o$ ,  $d_o = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_o = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένοσασ διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod, fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πινακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{005} = 6700 \text{ N/mm}^2, E_{005, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 392.400 / 33856 = 11.59 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 4.190 / 1.038 \times 10^6 = 4.04 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

#### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E 005 / \lambda_y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{crity})} = 0.82$$

$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E 005 / \lambda_z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{critz})} = 0.82$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.571 + 0.147 + 0.000 = 0.72 < 1 \quad (\text{EN1995-1-1, Εξ.6.23})$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.571 + 0.103 + 0.000 = 0.67 < 1 \quad (\text{EN1995-1-1, Εξ.6.24})$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 4. ΥΠΟΣΤ-4

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

#### 4.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

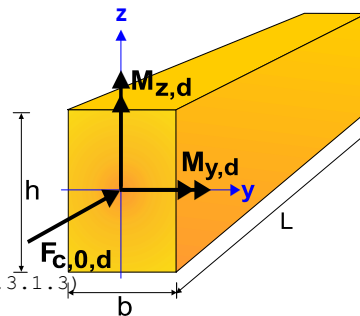
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας: Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας: Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b = 230 \text{ mm}$ ,  $h = 230 \text{ mm}$ ,  $A = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^2$ ,  $dW_y = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$ ,  $dW_z = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}} = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_{y, \text{netto}} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_{z, \text{netto}} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}} = 0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E 005 = 6700 \text{ MPa}$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d} = K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{EN1995-1-1, Εξ.2.14})$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd} = K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd} = K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$$

#### Φορτία διατομής

$$F_{c0d} = -400.500 \text{ kN}, M_{yd} = 4.320 \text{ kNm}, M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$$

#### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m = 0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{\text{netto}} = 1000 \times 400.500 / 52900 = 7.57 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, \text{netto}} = 1 \text{ E} + 06 \times 4.320 / 2.028 \text{ E} + 006 = 2.13 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, \text{netto}} = 1 \text{ E} + 06 \times 0.000 / 2.028 \text{ E} + 006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

#### Μήκη Λυγισμού

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

#### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$$

#### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, crity = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, crity)} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$
$$\sigma_c, critz = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, critz)} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.716 + 0.157 + 0.000 = 0.87 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.716 + 0.110 + 0.000 = 0.83 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 87%

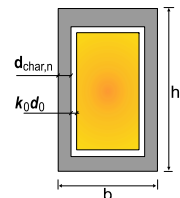
#### 4.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char,n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



#### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένοθσα διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184 \text{ mm}$

#### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod}, f_i = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_M, f_i = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

#### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d}, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_M, f_i = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd}, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_M, f_i = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd}, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_M, f_i = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E005 = 6700 \text{ N/mm}^2, E005, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot E005 / \gamma_M, f_i = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 400.500 / 33856 = 11.83 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my}, netto = 1 \times 10^6 \times 4.320 / 1.038 \times 10^6 = 4.16 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz}, netto = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

Μήκη Λυγισμού  $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

#### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

#### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, crity = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,y} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, crity)} = 0.82$$

$$\sigma_c, critz = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,z} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, critz)} = 0.82$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)}) = 0.812$$

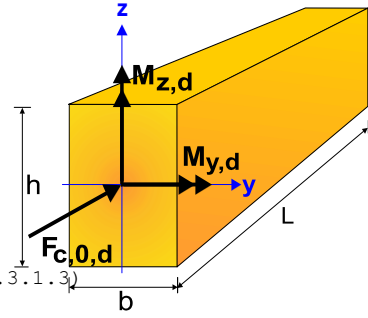
$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd}, f_i / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd}, f_i / f_{mzd}, f_i = 0.583 + 0.151 + 0.000 = 0.73 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd}, f_i / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd}, f_i / f_{mzd}, f_i = 0.583 + 0.106 + 0.000 = 0.69 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 5. ΥΠΟΣΤ-5

ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη  
(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)



### 5.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας <=12% (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού γM=1.30 (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)

#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή, b=230mm, h=230mm, A=5.290E+004mm<sup>2</sup>, Wy=2.028E+006mm<sup>3</sup>, Wz=2.028E+006mm<sup>3</sup>

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%, dA=0.000E+000mm<sup>2</sup>, dWy=0.000E+000mm<sup>3</sup>, dWz=0.000E+000mm<sup>3</sup>

Ενεργή διατομή Anetto=5.290E+004mm<sup>2</sup>, Wy,netto=2.028E+006mm<sup>3</sup>, Wz,netto=2.028E+006mm<sup>3</sup>

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής Kmod=0.80 (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού γM=1.30 (EC5 Πιν. 2.3)

E005=6700MPa

fc0k=20.00 N/mm<sup>2</sup>, fc0d=Kmod·fc0k/γM=0.80x20.00/1.30=12.31N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

fmyk=22.00 N/mm<sup>2</sup>, fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.80x22.00/1.30=13.54N/mm<sup>2</sup>

fmzk=22.00 N/mm<sup>2</sup>, fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.80x22.00/1.30=13.54N/mm<sup>2</sup>

#### Φορτία διατομής

Fc0d=-319.050kN, Myd=1.800kNm, Mzd=0.000kNm

#### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σc0d=Fc0d/Anetto=1000x319.050/52900= 6.03 N/mm<sup>2</sup>

σmyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x1.800/2.028E+006= 0.89 N/mm<sup>2</sup>

σmzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/2.028E+006= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

#### Μήκη Λυγισμού

Sky= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm

Skz= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm

#### Λυγηρότητες

iy=√(Iy/A)=0.289x 230= 66 mm, λy= 2800/ 66= 42.42

iz=√(Iz/A)=0.289x 230= 66 mm, λz= 2800/ 66= 42.42

#### Κρίσιμες τάσεις

σc,crity=π<sup>2</sup>E005/λy<sup>2</sup>= 36.75 N/mm<sup>2</sup>, λrel,y=√(fc0k/σc,crity)= 0.74 (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

σc,critz=π<sup>2</sup>E005/λz<sup>2</sup>= 36.75 N/mm<sup>2</sup>, λrel,z=√(fc0k/σc,critz)= 0.74 (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

βc=0.20 (φυσικό ξύλο)

ky=0.5[1+βc(λrel,y-0.3)+λrel,y<sup>2</sup>]= 0.82, Kcy=1/(ky+√(ky<sup>2</sup>-λrel,y<sup>2</sup>))=0.859 (Εξ.6.27 6.25)

kz=0.5[1+βc(λrel,z-0.3)+λrel,z<sup>2</sup>]= 0.82, Kcz=1/(kz+√(kz<sup>2</sup>-λrel,z<sup>2</sup>))=0.859 (Εξ.6.28 6.26)

σc0d/(Kcy·fc0d)+σmyd/fmyd+Km·σmzd/fmzd=0.570+0.066+0.000= 0.64 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

σc0d/(Kcz·fc0d)+Km·σmyd/fmyd+σmzd/fmzd=0.570+0.046+0.000= 0.62 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής =64%



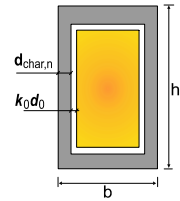
## 5.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι β<sub>n</sub>=0.80 mm/min (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης d<sub>char,n</sub>=β<sub>n</sub>·t=0.80x20=16 mm (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



**Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης def=d<sub>char,n</sub>+k<sub>0</sub>·d<sub>0</sub>, d<sub>0</sub>=7mm (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και t>=20 min, k<sub>0</sub>=1.00, (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

def=16+1.00x7=23 mm, απομένουσα διατομή B<sub>f</sub>xH<sub>f</sub>=184x184 mm

**Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

K<sub>mod</sub>,f<sub>i</sub>=1.00, (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)), γ<sub>M</sub>,f<sub>i</sub>=1.00 (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής k<sub>fi</sub>=1.25 (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

**Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή, b<sub>f</sub>=184mm, h<sub>f</sub>=184mm, A=3.386E+004mm<sup>2</sup>, W<sub>y</sub>=1.038E+006mm<sup>3</sup>, W<sub>z</sub>=1.038E+006mm<sup>3</sup>

f<sub>c0k</sub>=20.00N/mm<sup>2</sup>, f<sub>c0d</sub>,f<sub>i</sub>=K<sub>mod</sub>,f<sub>i</sub>.K<sub>fi</sub>.f<sub>c0k</sub>/γ<sub>M</sub>,f<sub>i</sub>=1.00x1.25x20.00/1.00=25.00N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

f<sub>myk</sub>=22.00N/mm<sup>2</sup>, f<sub>myd</sub>,f<sub>i</sub>=K<sub>mod</sub>,f<sub>i</sub>.K<sub>fi</sub>.f<sub>myk</sub>/γ<sub>M</sub>,f<sub>i</sub>=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

f<sub>mzk</sub>=22.00N/mm<sup>2</sup>, f<sub>mzd</sub>,f<sub>i</sub>=K<sub>mod</sub>,f<sub>i</sub>.K<sub>fi</sub>.f<sub>mzk</sub>/γ<sub>M</sub>,f<sub>i</sub>=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup>

E<sub>005</sub>= 6700N/mm<sup>2</sup>, E<sub>005</sub>,f<sub>i</sub>=K<sub>mod</sub>,f<sub>i</sub>.K<sub>fi</sub>.E<sub>005</sub>/γ<sub>M</sub>,f<sub>i</sub>=1.00x1.25x 6700/1.00= 8375N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

σ<sub>c0d</sub>=F<sub>c0d</sub>/A<sub>netto</sub>=1000x319.050/33856= 9.42 N/mm<sup>2</sup>

σ<sub>myd</sub>=M<sub>yd</sub>/W<sub>my</sub>,netto=1E+06x1.800/1.038E+006= 1.73 N/mm<sup>2</sup>

σ<sub>mzd</sub>=M<sub>zd</sub>/W<sub>mz</sub>,netto=1E+06x0.000/1.038E+006= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

Μήκη Λυγισμού S<sub>k</sub>

S<sub>ky</sub>= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm, S<sub>kz</sub>= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm

Λυγηρότητες

i<sub>y</sub>=√(I<sub>y</sub>/A)=0.289x 184= 53 mm, λ<sub>y</sub>= 2800/ 53= 52.83

i<sub>z</sub>=√(I<sub>z</sub>/A)=0.289x 184= 53 mm, λ<sub>z</sub>= 2800/ 53= 52.83

Κρίσιμες τάσεις

σ<sub>c,crity</sub>=π<sup>2</sup>E<sub>005</sub>/λ<sub>y</sub><sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λ<sub>rel,y</sub>=√(f<sub>c0d</sub>,f<sub>i</sub>/σ<sub>c,crity</sub>)= 0.82

σ<sub>c,critz</sub>=π<sup>2</sup>E<sub>005</sub>/λ<sub>z</sub><sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λ<sub>rel,z</sub>=√(f<sub>c0d</sub>,f<sub>i</sub>/σ<sub>c,critz</sub>)= 0.82

β<sub>c</sub>=0.20 (φυσικό ξύλο)

k<sub>y</sub>=0.5[1+β<sub>c</sub>(λ<sub>rel,y</sub>-0.3)+λ<sub>rel,y</sub><sup>2</sup>]= 0.89, K<sub>cy</sub>=1/(k<sub>y</sub>+√(k<sub>y</sub><sup>2</sup>-λ<sub>rel,y</sub><sup>2</sup>))=0.812

k<sub>z</sub>=0.5[1+β<sub>c</sub>(λ<sub>rel,z</sub>-0.3)+λ<sub>rel,z</sub><sup>2</sup>]= 0.89, K<sub>cz</sub>=1/(k<sub>z</sub>+√(k<sub>z</sub><sup>2</sup>-λ<sub>rel,z</sub><sup>2</sup>))=0.812

σ<sub>c0d</sub>/(K<sub>cy</sub>·f<sub>c0d</sub>,f<sub>i</sub>)+σ<sub>myd</sub>/f<sub>myd</sub>,f<sub>i</sub>+K<sub>m</sub>.σ<sub>mzd</sub>/f<sub>mzd</sub>,f<sub>i</sub>=0.464+0.063+0.000= 0.53 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

σ<sub>c0d</sub>/(K<sub>cz</sub>·f<sub>c0d</sub>,f<sub>i</sub>)+K<sub>m</sub>.σ<sub>myd</sub>/f<sub>myd</sub>,f<sub>i</sub>+σ<sub>mzd</sub>/f<sub>mzd</sub>,f<sub>i</sub>=0.464+0.044+0.000= 0.51 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 6. ΥΠΟΣΤ-6

**ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη**

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

**6.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

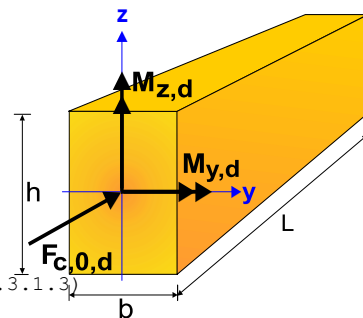
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας <=12% (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού γ<sub>M</sub>=1.30 (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$   
Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$   
Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{m0k}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{m0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{m0k} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-325.350\text{kN}$ ,  $M_{yd}=1.850\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 325.350 / 52900 = 6.15\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 1.850 / 2.028\text{E}+006 = 0.91\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

### Μήκη λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel}y}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel}z}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.582 + 0.067 + 0.000 = 0.65 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.582 + 0.047 + 0.000 = 0.63 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 65%

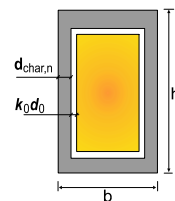
### 6.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density  $340\text{kg/m}^3$

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80\text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{char},n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16\text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{ef}} = d_{\text{char},n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7\text{mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20\text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$d_{\text{ef}} = 16 + 1.00 \times 7 = 23\text{ mm}$ , απομένουσα διατομή  $B_{\text{fx}} H_{\text{f}} = 184 \times 184\text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{\text{mod},fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M,fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

## Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f=184\text{mm}$ ,  $h_f=184\text{mm}$ ,  $A=3.386\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$   
 $f_{c0k}=20.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00=25.00\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{myk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{myd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00=27.50\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{mzk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00=27.50\text{N/mm}^2$   
 $E_{005}=6700\text{N/mm}^2$ ,  $E_{005}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00=8375\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000 \times 325.350 / 33856=9.61\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my}, netto=1\text{E}+06 \times 1.850 / 1.038\text{E}+006=1.78\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz}, netto=1\text{E}+06 \times 0.000 / 1.038\text{E}+006=0.00\text{ N/mm}^2$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$S_{ky}=1.00 \times 2.800=2.800\text{ m}=2800\text{ mm}$ ,  $S_{kz}=1.00 \times 2.800=2.800\text{ m}=2800\text{ mm}$

### Λυγηρότητες

$i_y=\sqrt{(I_y/A)}=0.289 \times 184=53\text{ mm}$ ,  $\lambda_y=2800/53=52.83$   
 $i_z=\sqrt{(I_z/A)}=0.289 \times 184=53\text{ mm}$ ,  $\lambda_z=2800/53=52.83$

### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c, crity}=\pi^2 E_{005} / \lambda_y^2=29.62\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, y}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_{c, crity})}=0.82$   
 $\sigma_{c, critz}=\pi^2 E_{005} / \lambda_z^2=29.62\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, z}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_{c, critz})}=0.82$

$\beta_c=0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, y}-0.3)+\lambda_{rel, y}^2]=0.89$ ,  $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel, y}^2)})=0.812$   
 $k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, z}-0.3)+\lambda_{rel, z}^2]=0.89$ ,  $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{(k_z^2-\lambda_{rel, z}^2)})=0.812$

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.473 + 0.065 + 0.000 = 0.54 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.473 + 0.045 + 0.000 = 0.52 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 7. ΥΠΟΣΤ-7

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

#### 7.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

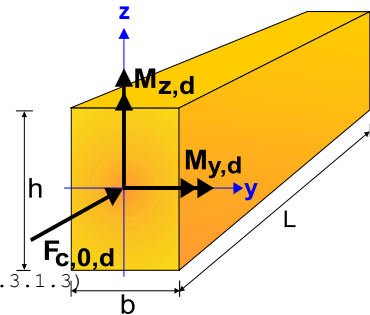
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας: Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας: Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{netto}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{mod}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M=0.80 \times 20.00 / 1.30=12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M=0.80 \times 22.00 / 1.30=13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M=0.80 \times 22.00 / 1.30=13.54\text{N/mm}^2$

### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-340.650\text{kN}$ ,  $M_{yd}=1.220\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 340.650 / 52900 = 6.44 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 1.220 / 2.028 \times 10^6 = 0.60 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 2.028 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_{c, crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, crity})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$

$$\sigma_{c, critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, critz})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.609 + 0.044 + 0.000 = 0.65 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.609 + 0.031 + 0.000 = 0.64 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 65%

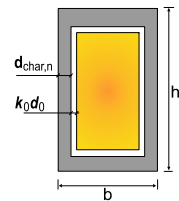
## 7.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένοσασ διατομή  $B_{fxHf} = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod, fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{005} = 6700 \text{ N/mm}^2, E_{005, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 340.650 / 33856 = 10.06 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 1.220 / 1.038 \times 10^6 = 1.18 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E 005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{crity})} = 0.82$$

$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E 005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{critz})} = 0.82$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.496 + 0.043 + 0.000 = 0.54 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.496 + 0.030 + 0.000 = 0.53 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 8. ΥΠΟΣΤ-8

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

#### 8.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

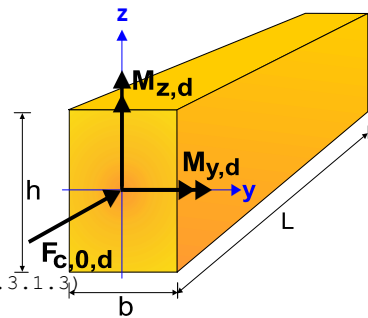
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b = 230 \text{ mm}$ ,  $h = 230 \text{ mm}$ ,  $A = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^2$ ,  $dW_y = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$ ,  $dW_z = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{netto} = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_{y,netto} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_{z,netto} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{mod} = 0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E 005 = 6700 \text{ MPa}$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d} = K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.2.14)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd} = K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd} = K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$$

### Φορτία διατομής

$$F_{c0d} = -347.400 \text{ kN}, M_{yd} = 1.260 \text{ kNm}, M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$$

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m = 0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 347.400 / 52900 = 6.57 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my,netto} = 1 \text{ E} + 06 \times 1.260 / 2.028 \text{ E} + 006 = 0.62 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz,netto} = 1 \text{ E} + 06 \times 0.000 / 2.028 \text{ E} + 006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, crity = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, crity)} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$
$$\sigma_c, critz = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, critz)} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.621 + 0.046 + 0.000 = 0.67 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.621 + 0.032 + 0.000 = 0.65 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 67%

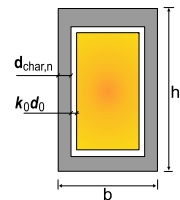
## 8.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char,n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένοθσα διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod}, f_i = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_M, f_i = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d}, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_M, f_i = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd}, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_M, f_i = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd}, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_M, f_i = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E005 = 6700 \text{ N/mm}^2, E005, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot E005 / \gamma_M, f_i = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 347.400 / 33856 = 10.26 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my}, netto = 1 \times 10^6 \times 1.260 / 1.038 \times 10^6 = 1.21 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz}, netto = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, crity = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,y} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, crity)} = 0.82$$

$$\sigma_c, critz = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,z} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, critz)} = 0.82$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.505 + 0.044 + 0.000 = 0.55 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.505 + 0.031 + 0.000 = 0.54 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 9. ΥΠΟΣΤ-9

ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη  
(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

### 9.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

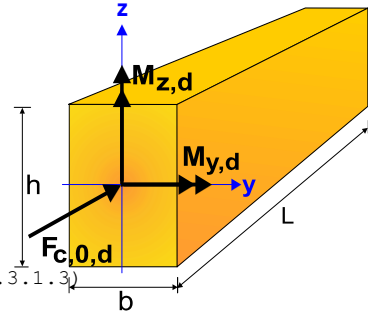
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-319.050\text{kN}$ ,  $M_{yd}=1.800\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

#### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 319.050 / 52900 = 6.03\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 1.800 / 2.028\text{E}+006 = 0.89\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{(I_y/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{(I_z/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.570 + 0.066 + 0.000 = 0.64 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.570 + 0.046 + 0.000 = 0.62 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 64%

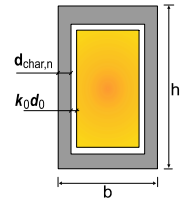
## 9.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι βn=0.80 mm/min (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης dchar,n=βn·t=0.80x20=16 mm (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



**Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης def=dchar,n+k0·d0, d0=7mm (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και t>=20 min, k0=1.00, (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

def=16+1.00x7=23 mm, απομένουσα διατομή BfxHf=184x184 mm

**Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

Kmod,fi=1.00, (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)), γM,fi=1.00 (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής kfi=1.25 (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

**Έλεγχος λυγισμού με κάμψη** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή, bf=184mm, hf=184mm, A=3.386E+004mm<sup>2</sup>, Wy=1.038E+006mm<sup>3</sup>, Wz=1.038E+006mm<sup>3</sup>

fc0k=20.00N/mm<sup>2</sup>, fc0d,fi=Kmod,fi.Kfi.fc0k/γM,fi=1.00x1.25x20.00/1.00=25.00N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

fmyk=22.00N/mm<sup>2</sup>, fmyd,fi=Kmod,fi.Kfi.fmyk/γM,fi=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

fmzk=22.00N/mm<sup>2</sup>, fmzd,fi=Kmod,fi.Kfi.fmzk/γM,fi=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup>

E005= 6700N/mm<sup>2</sup>, E005,fi=Kmod,fi.Kfi.E005/γM,fi=1.00x1.25x 6700/1.00= 8375N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

σc0d=Fc0d/Anetto=1000x319.050/33856= 9.42 N/mm<sup>2</sup>

σmyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x1.800/1.038E+006= 1.73 N/mm<sup>2</sup>

σmzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/1.038E+006= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

Μήκη λυγισμού Sk

Sky= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm, Skz= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm

Λυγηρότητες

iy=√(Iy/A)=0.289x 184= 53 mm, λy= 2800/ 53= 52.83

iz=√(Iz/A)=0.289x 184= 53 mm, λz= 2800/ 53= 52.83

Κρίσιμες τάσεις

σc,crity=π<sup>2</sup>E005/λy<sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λrel,y=√(fc0d,fi/σc,crity)= 0.82

σc,critz=π<sup>2</sup>E005/λz<sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λrel,z=√(fc0d,fi/σc,critz)= 0.82

βc=0.20 (φυσικό ξύλο)

ky=0.5[1+βc(λrel,y-0.3)+λrel,y<sup>2</sup>]= 0.89, Kcy=1/(ky+√(ky<sup>2</sup>-λrel,y<sup>2</sup>))=0.812

kz=0.5[1+βc(λrel,z-0.3)+λrel,z<sup>2</sup>]= 0.89, Kcz=1/(kz+√(kz<sup>2</sup>-λrel,z<sup>2</sup>))=0.812

σc0d/(Kcy·fc0d,fi)+σmyd/fmyd,fi+Km.σmzd/fmzd,fi=0.464+0.063+0.000= 0.53 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

σc0d/(Kcz·fc0d,fi)+Km.σmyd/fmyd,fi+σmzd/fmzd,fi=0.464+0.044+0.000= 0.51 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 10. ΥΠΟΣΤ-10

**ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, λυγισμός με κάμψη**

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

**10.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

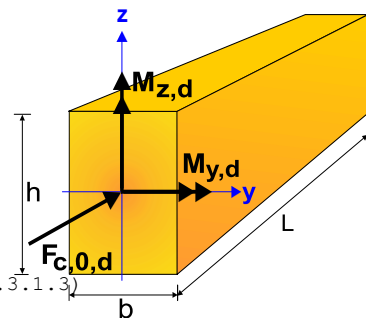
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας <=12% (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού γM=1.30 (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)





### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-325.800\text{kN}$ ,  $M_{yd}=1.800\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 325.800 / 52900 = 6.16\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 1.800 / 2.028\text{E}+006 = 0.89\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

### Μήκη λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.583 + 0.066 + 0.000 = 0.65 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.583 + 0.046 + 0.000 = 0.63 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 65%

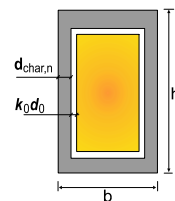
## 10.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα  $\text{density } 340\text{kg/m}^3$

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80\text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{char},n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16\text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{ef}} = d_{\text{char},n} + k_o \cdot d_o$ ,  $d_o = 7\text{mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20\text{ min}$ ,  $k_o = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$d_{\text{ef}} = 16 + 1.00 \times 7 = 23\text{ mm}$ , απομένουσας διατομή  $B_{\text{fx}} H_{\text{f}} = 184 \times 184\text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{\text{mod},fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M,fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πινακας 2.1)

## Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f=184\text{mm}$ ,  $h_f=184\text{mm}$ ,  $A=3.386\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$   
 $f_{c0k}=20.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00=25.00\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{myk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{myd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00=27.50\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{mzk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00=27.50\text{N/mm}^2$   
 $E_{005}=6700\text{N/mm}^2$ ,  $E_{005}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00=8375\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000 \times 325.800 / 33856=9.62\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1\text{E}+06 \times 1.800 / 1.038\text{E}+006=1.73\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 1.038\text{E}+006=0.00\text{ N/mm}^2$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$S_{ky}=1.00 \times 2.800=2.800\text{ m}=2800\text{ mm}$ ,  $S_{kz}=1.00 \times 2.800=2.800\text{ m}=2800\text{ mm}$

### Λυγηρότητες

$i_y=\sqrt{(I_y/A)}=0.289 \times 184=53\text{ mm}$ ,  $\lambda_y=2800/53=52.83$   
 $i_z=\sqrt{(I_z/A)}=0.289 \times 184=53\text{ mm}$ ,  $\lambda_z=2800/53=52.83$

### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,crity}=\pi^2 E_{005} / \lambda_y^2=29.62\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,y}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_{c,crity})}=0.82$   
 $\sigma_{c,critz}=\pi^2 E_{005} / \lambda_z^2=29.62\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,z}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_{c,critz})}=0.82$

$\beta_c=0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,y}-0.3)+\lambda_{rel,y}^2]=0.89$ ,  $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel,y}^2)})=0.812$   
 $k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,z}-0.3)+\lambda_{rel,z}^2]=0.89$ ,  $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{(k_z^2-\lambda_{rel,z}^2)})=0.812$

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_{mz} \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.474 + 0.063 + 0.000 = 0.54 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)  
 $\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_{my} \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.474 + 0.044 + 0.000 = 0.52 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)  
Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 11. ΥΠΟΣΤ-11

**ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη**  
(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

### 11.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

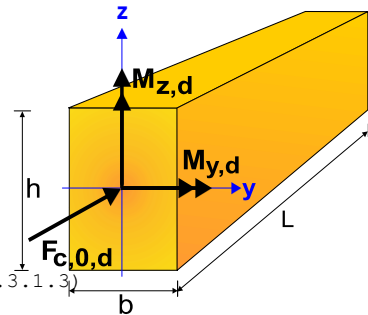
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας: Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας: Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{netto}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{mod}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M=0.80 \times 20.00 / 1.30=12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M=0.80 \times 22.00 / 1.30=13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M=0.80 \times 22.00 / 1.30=13.54\text{N/mm}^2$

### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-391.050\text{ kN}$ ,  $M_{yd}=4.100\text{ kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{ kNm}$

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 391.050 / 52900 = 7.39 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 4.100 / 2.028 \times 10^6 = 2.02 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 2.028 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_{c, crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, crity})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$

$$\sigma_{c, critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, critz})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.699 + 0.149 + 0.000 = 0.85 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.699 + 0.105 + 0.000 = 0.80 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 85%

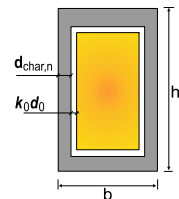
## 11.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340 kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_o \cdot d_o$ ,  $d_o = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_o = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένοσθα διατομή  $B_{fxHf} = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod, fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{005} = 6700 \text{ N/mm}^2, E_{005, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 391.050 / 33856 = 11.55 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 4.100 / 1.038 \times 10^6 = 3.95 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E 005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{crity})} = 0.82$$

$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E 005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{critz})} = 0.82$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.569 + 0.144 + 0.000 = 0.71 < 1 \quad (\text{EN1995-1-1, Εξ.6.23})$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.569 + 0.101 + 0.000 = 0.67 < 1 \quad (\text{EN1995-1-1, Εξ.6.24})$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 12. ΥΠΟΣΤ-12

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

#### 12.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

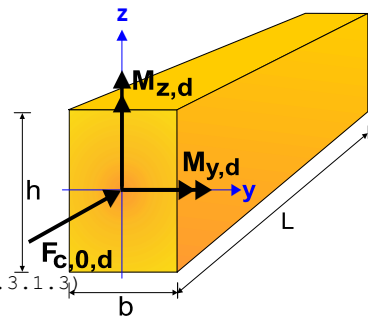
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b = 230 \text{ mm}$ ,  $h = 230 \text{ mm}$ ,  $A = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^2$ ,  $dW_y = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$ ,  $dW_z = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}} = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_{y, \text{netto}} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_{z, \text{netto}} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}} = 0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E 005 = 6700 \text{ MPa}$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d} = K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{EN1995-1-1, Εξ.2.14})$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd} = K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd} = K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$$

### Φορτία διατομής

$$F_{c0d} = -399.150 \text{ kN}, M_{yd} = 4.230 \text{ kNm}, M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$$

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m = 0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{\text{netto}} = 1000 \times 399.150 / 52900 = 7.55 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, \text{netto}} = 1 \text{ E} + 06 \times 4.230 / 2.028 \text{ E} + 006 = 2.09 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, \text{netto}} = 1 \text{ E} + 06 \times 0.000 / 2.028 \text{ E} + 006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, crity = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, crity)} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$
$$\sigma_c, critz = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, critz)} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.714 + 0.154 + 0.000 = 0.87 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.714 + 0.108 + 0.000 = 0.82 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 87%

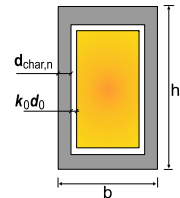
## 12.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένοσας διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod, fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E005 = 6700 \text{ N/mm}^2, E005, fi = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot E005 / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 399.150 / 33856 = 11.79 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 4.230 / 1.038 \times 10^6 = 4.07 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, crity = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0d, fi} / \sigma_c, crity)} = 0.82$$

$$\sigma_c, critz = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0d, fi} / \sigma_c, critz)} = 0.82$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d, fi}) + \sigma_{myd, fi} / f_{myd, fi} + K_m \cdot \sigma_{mzd, fi} / f_{mzd, fi} = 0.581 + 0.148 + 0.000 = 0.73 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d, fi}) + K_m \cdot \sigma_{myd, fi} / f_{myd, fi} + \sigma_{mzd, fi} / f_{mzd, fi} = 0.581 + 0.104 + 0.000 = 0.68 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

### 13. ΥΠΟΣΤ-25

ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη  
(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

#### 13.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

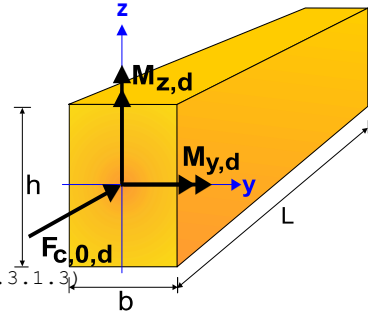
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-409.950\text{kN}$ ,  $M_{yd}=4.410\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

#### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 409.950 / 52900 = 7.75\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 4.410 / 2.028\text{E}+006 = 2.17\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{(I_y/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{(I_z/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.733 + 0.161 + 0.000 = 0.89 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.733 + 0.112 + 0.000 = 0.85 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 89%

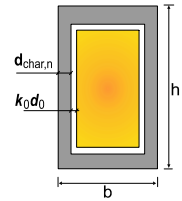
### 13.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι β<sub>n</sub>=0.80 mm/min (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης d<sub>char,n</sub>=β<sub>n</sub>·t=0.80x20=16 mm (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



**Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης def=d<sub>char,n</sub>+k<sub>0</sub>·d<sub>0</sub>, d<sub>0</sub>=7mm (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και t>=20 min, k<sub>0</sub>=1.00, (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

def=16+1.00x7=23 mm, απομένουσα διατομή B<sub>f</sub>xH<sub>f</sub>=184x184 mm

**Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

K<sub>mod</sub>,f<sub>i</sub>=1.00, (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)), γ<sub>M</sub>,f<sub>i</sub>=1.00 (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής k<sub>fi</sub>=1.25 (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

**Έλεγχος λυγισμού με κάμψη** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή, b<sub>f</sub>=184mm, h<sub>f</sub>=184mm, A=3.386E+004mm<sup>2</sup>, W<sub>y</sub>=1.038E+006mm<sup>3</sup>, W<sub>z</sub>=1.038E+006mm<sup>3</sup>

f<sub>c0k</sub>=20.00N/mm<sup>2</sup>, f<sub>c0d</sub>,f<sub>i</sub>=K<sub>mod</sub>,f<sub>i</sub>.K<sub>fi</sub>.f<sub>c0k</sub>/γ<sub>M</sub>,f<sub>i</sub>=1.00x1.25x20.00/1.00=25.00N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

f<sub>myk</sub>=22.00N/mm<sup>2</sup>, f<sub>myd</sub>,f<sub>i</sub>=K<sub>mod</sub>,f<sub>i</sub>.K<sub>fi</sub>.f<sub>myk</sub>/γ<sub>M</sub>,f<sub>i</sub>=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

f<sub>mzk</sub>=22.00N/mm<sup>2</sup>, f<sub>mzd</sub>,f<sub>i</sub>=K<sub>mod</sub>,f<sub>i</sub>.K<sub>fi</sub>.f<sub>mzk</sub>/γ<sub>M</sub>,f<sub>i</sub>=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup>

E<sub>005</sub>= 6700N/mm<sup>2</sup>, E<sub>005</sub>,f<sub>i</sub>=K<sub>mod</sub>,f<sub>i</sub>.K<sub>fi</sub>.E<sub>005</sub>/γ<sub>M</sub>,f<sub>i</sub>=1.00x1.25x 6700/1.00= 8375N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

σ<sub>c0d</sub>=F<sub>c0d</sub>/A<sub>netto</sub>=1000x409.950/33856=12.11 N/mm<sup>2</sup>

σ<sub>myd</sub>=M<sub>yd</sub>/W<sub>my</sub>,netto=1E+06x4.410/1.038E+006= 4.25 N/mm<sup>2</sup>

σ<sub>mzd</sub>=M<sub>zd</sub>/W<sub>mz</sub>,netto=1E+06x0.000/1.038E+006= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

Μήκη λυγισμού S<sub>k</sub>

S<sub>ky</sub>= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm, S<sub>kz</sub>= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm

Λυγηρότητες

i<sub>y</sub>=√(I<sub>y</sub>/A)=0.289x 184= 53 mm, λ<sub>y</sub>= 2800/ 53= 52.83

i<sub>z</sub>=√(I<sub>z</sub>/A)=0.289x 184= 53 mm, λ<sub>z</sub>= 2800/ 53= 52.83

Κρίσιμες τάσεις

σ<sub>c,crity</sub>=π<sup>2</sup>E<sub>005</sub>/λ<sub>y</sub><sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λ<sub>rel,y</sub>=√(f<sub>c0d</sub>,f<sub>i</sub>/σ<sub>c,crity</sub>)= 0.82

σ<sub>c,critz</sub>=π<sup>2</sup>E<sub>005</sub>/λ<sub>z</sub><sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λ<sub>rel,z</sub>=√(f<sub>c0d</sub>,f<sub>i</sub>/σ<sub>c,critz</sub>)= 0.82

β<sub>c</sub>=0.20 (φυσικό ξύλο)

k<sub>y</sub>=0.5[1+β<sub>c</sub>(λ<sub>rel,y</sub>-0.3)+λ<sub>rel,y</sub><sup>2</sup>]= 0.89, K<sub>cy</sub>=1/(k<sub>y</sub>+√(k<sub>y</sub><sup>2</sup>-λ<sub>rel,y</sub><sup>2</sup>))=0.812

k<sub>z</sub>=0.5[1+β<sub>c</sub>(λ<sub>rel,z</sub>-0.3)+λ<sub>rel,z</sub><sup>2</sup>]= 0.89, K<sub>cz</sub>=1/(k<sub>z</sub>+√(k<sub>z</sub><sup>2</sup>-λ<sub>rel,z</sub><sup>2</sup>))=0.812

σ<sub>c0d</sub>/(K<sub>cy</sub>·f<sub>c0d</sub>,f<sub>i</sub>)+σ<sub>myd</sub>/f<sub>myd</sub>,f<sub>i</sub>+K<sub>m</sub>.σ<sub>mzd</sub>/f<sub>mzd</sub>,f<sub>i</sub>=0.596+0.154+0.000= 0.75 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

σ<sub>c0d</sub>/(K<sub>cz</sub>·f<sub>c0d</sub>,f<sub>i</sub>)+K<sub>m</sub>.σ<sub>myd</sub>/f<sub>myd</sub>,f<sub>i</sub>+σ<sub>mzd</sub>/f<sub>mzd</sub>,f<sub>i</sub>=0.596+0.108+0.000= 0.70 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 14. ΥΠΟΣΤ-26

**ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, λυγισμός με κάμψη**

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

**14.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

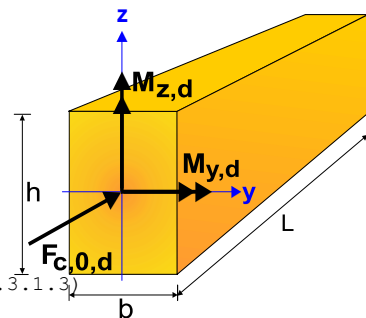
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας <=12% (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού γ<sub>M</sub>=1.30 (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$   
Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$   
Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{m y k}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{m y d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{m y k} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{m z k}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{m z d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{m z k} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-334.800\text{kN}$ ,  $M_{y d}=9.360\text{kNm}$ ,  $M_{z d}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 334.800 / 52900 = 6.33\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{m y d}=M_{y d} / W_{m y, \text{netto}}=1\text{E}+06 \times 9.360 / 2.028\text{E}+006 = 4.62\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{m z d}=M_{z d} / W_{m z, \text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

### Μήκη λυγισμού

$S_{k y}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{k z}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{I_y / A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{I_z / A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c, \text{crit} y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c, \text{crit} y}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c, \text{crit} z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c, \text{crit} z}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel} y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel} y}^2] = 0.82$ ,  $K_{c y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel} y}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel} z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel} z}^2] = 0.82$ ,  $K_{c z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel} z}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{c y} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{m y d} / f_{m y d} + K_m \cdot \sigma_{m z d} / f_{m z d} = 0.599 + 0.341 + 0.000 = 0.94 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{c z} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{m y d} / f_{m y d} + \sigma_{m z d} / f_{m z d} = 0.599 + 0.239 + 0.000 = 0.84 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 94%

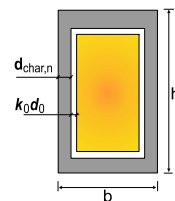
### 14.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density  $340\text{kg/m}^3$

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80\text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{char}, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16\text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{ef}} = d_{\text{char}, n} + k_o \cdot d_o$ ,  $d_o = 7\text{mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20\text{ min}$ ,  $k_o = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$d_{\text{ef}} = 16 + 1.00 \times 7 = 23\text{ mm}$ , απομένουσα διατομή  $B_{\text{fx}} H_{\text{f}} = 184 \times 184\text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{\text{mod}, fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)



## Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f=184\text{mm}$ ,  $h_f=184\text{mm}$ ,  $A=3.386\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$   
 $f_{c0k}=20.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00=25.00\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{myk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{myd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00=27.50\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{mzk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00=27.50\text{N/mm}^2$   
 $E_{005}=6700\text{N/mm}^2$ ,  $E_{005}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00=8375\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000 \times 334.800 / 33856=9.89\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my}, netto=1\text{E}+06 \times 9.360 / 1.038\text{E}+006=9.02\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz}, netto=1\text{E}+06 \times 0.000 / 1.038\text{E}+006=0.00\text{ N/mm}^2$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$S_{ky}=1.00 \times 2.800=2.800\text{ m}=2800\text{ mm}$ ,  $S_{kz}=1.00 \times 2.800=2.800\text{ m}=2800\text{ mm}$

### Λυγηρότητες

$i_y=\sqrt{(I_y/A)}=0.289 \times 184=53\text{ mm}$ ,  $\lambda_y=2800/53=52.83$   
 $i_z=\sqrt{(I_z/A)}=0.289 \times 184=53\text{ mm}$ ,  $\lambda_z=2800/53=52.83$

### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c, crity}=\pi^2 E_{005} / \lambda_y^2=29.62\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, y}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_{c, crity})}=0.82$   
 $\sigma_{c, critz}=\pi^2 E_{005} / \lambda_z^2=29.62\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, z}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_{c, critz})}=0.82$

$\beta_c=0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, y}-0.3)+\lambda_{rel, y}^2]=0.89$ ,  $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel, y}^2)})=0.812$

$k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, z}-0.3)+\lambda_{rel, z}^2]=0.89$ ,  $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{(k_z^2-\lambda_{rel, z}^2)})=0.812$

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_{mz} \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.487 + 0.328 + 0.000 = 0.81 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_{my} \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.487 + 0.229 + 0.000 = 0.72 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 15. ΥΠΟΣΤ-27

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

### 15.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

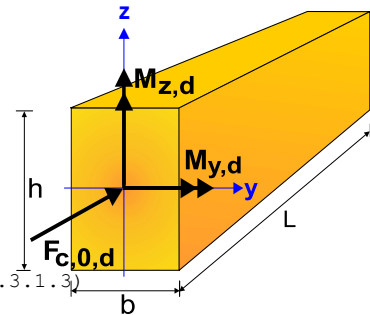
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας: Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας: Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{netto}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{mod}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M=0.80 \times 20.00 / 1.30=12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M=0.80 \times 22.00 / 1.30=13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M=0.80 \times 22.00 / 1.30=13.54\text{N/mm}^2$

### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-332.550\text{ kN}$ ,  $M_{yd}=1.890\text{ kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{ kNm}$

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 332.550 / 52900 = 6.29 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 1.890 / 2.028 \times 10^6 = 0.93 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 2.028 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_{c, crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, crity})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$

$$\sigma_{c, critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, critz})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.595 + 0.069 + 0.000 = 0.66 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.595 + 0.048 + 0.000 = 0.64 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 66%

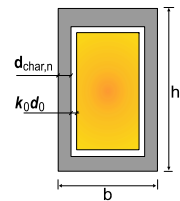
## 15.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340 kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένοσθα διατομή  $B_{fxHf} = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod, fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{005} = 6700 \text{ N/mm}^2, E_{005, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 332.550 / 33856 = 9.82 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 1.890 / 1.038 \times 10^6 = 1.82 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E 005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{crity})} = 0.82$$

$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E 005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{critz})} = 0.82$$

$$\beta_c = 0.20 \text{ (φυσικό ξύλο)}$$

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.484 + 0.066 + 0.000 = 0.55 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.484 + 0.046 + 0.000 = 0.53 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 16. ΥΠΟΣΤ-28

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

### 16.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

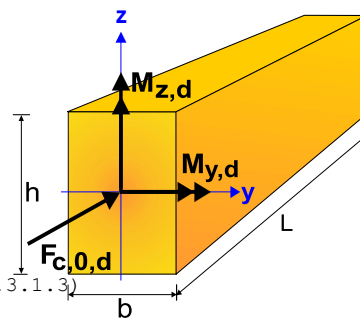
#### Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b = 230 \text{ mm}$ ,  $h = 230 \text{ mm}$ ,  $A = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^2$ ,  $dW_y = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$ ,  $dW_z = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}} = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_{y, \text{netto}} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_{z, \text{netto}} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}} = 0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E 005 = 6700 \text{ MPa}$

$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d} = K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31 \text{ N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd} = K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$

$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd} = K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d} = -382.500 \text{ kN}$ ,  $M_{yd} = 3.290 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$

#### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m = 0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{\text{netto}} = 1000 \times 382.500 / 52900 = 7.23 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, \text{netto}} = 1 \text{ E} + 06 \times 3.290 / 2.028 \text{ E} + 006 = 1.62 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, \text{netto}} = 1 \text{ E} + 06 \times 0.000 / 2.028 \text{ E} + 006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού

$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$

$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, crity = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, crity)} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$

$$\sigma_c, critz = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, critz)} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.684 + 0.120 + 0.000 = 0.80 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.684 + 0.084 + 0.000 = 0.77 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 80%

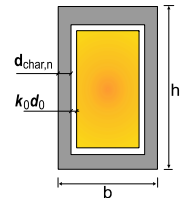
## 16.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char,n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένοσας διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod,fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M,fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d,fi} = K_{mod,fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M,fi} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd,fi} = K_{mod,fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M,fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd,fi} = K_{mod,fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M,fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E005 = 6700 \text{ N/mm}^2, E005,fi} = K_{mod,fi} \cdot K_{fi} \cdot E005 / \gamma_{M,fi} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 382.500 / 33856 = 11.30 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my,netto} = 1 \times 10^6 \times 3.290 / 1.038 \times 10^6 = 3.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz,netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, crity = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,y} = \sqrt{(f_{c0d,fi} / \sigma_c, crity)} = 0.82$$

$$\sigma_c, critz = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,z} = \sqrt{(f_{c0d,fi} / \sigma_c, critz)} = 0.82$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d,fi}) + \sigma_{myd} / f_{myd,fi} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd,fi} = 0.557 + 0.115 + 0.000 = 0.67 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d,fi}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd,fi} + \sigma_{mzd} / f_{mzd,fi} = 0.557 + 0.081 + 0.000 = 0.64 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 17. ΥΠΟΣΤ-29

ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη  
(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

### 17.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

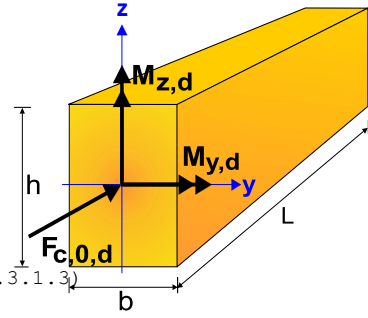
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-355.500\text{kN}$ ,  $M_{yd}=1.310\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

#### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 355.500 / 52900 = 6.72\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 1.310 / 2.028\text{E}+006 = 0.65\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{(I_y/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{(I_z/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c=0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.636 + 0.048 + 0.000 = 0.68 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.636 + 0.033 + 0.000 = 0.67 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 68%

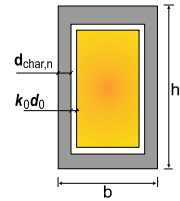
## 17.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι βn=0.80 mm/min (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης dchar,n=βn·t=0.80x20=16 mm (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



**Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης def=dchar,n+k<sub>0</sub>·d<sub>0</sub>, d<sub>0</sub>=7mm (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και t>=20 min, k<sub>0</sub>=1.00, (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

def=16+1.00x7=23 mm, απομένουσα διατομή Bf<sub>x</sub>Hf=184x184 mm

**Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

K<sub>mod</sub>,f<sub>i</sub>=1.00, (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)), γ<sub>M</sub>,f<sub>i</sub>=1.00 (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής k<sub>fi</sub>=1.25 (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

**Έλεγχος λυγισμού με κάμψη** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή, b<sub>f</sub>=184mm, h<sub>f</sub>=184mm, A=3.386E+004mm<sup>2</sup>, W<sub>y</sub>=1.038E+006mm<sup>3</sup>, W<sub>z</sub>=1.038E+006mm<sup>3</sup>

f<sub>c0k</sub>=20.00N/mm<sup>2</sup>, f<sub>c0d</sub>,f<sub>i</sub>=K<sub>mod</sub>,f<sub>i</sub>.K<sub>fi</sub>.f<sub>c0k</sub>/γ<sub>M</sub>,f<sub>i</sub>=1.00x1.25x20.00/1.00=25.00N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

f<sub>myk</sub>=22.00N/mm<sup>2</sup>, f<sub>myd</sub>,f<sub>i</sub>=K<sub>mod</sub>,f<sub>i</sub>.K<sub>fi</sub>.f<sub>myk</sub>/γ<sub>M</sub>,f<sub>i</sub>=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

f<sub>mzk</sub>=22.00N/mm<sup>2</sup>, f<sub>mzd</sub>,f<sub>i</sub>=K<sub>mod</sub>,f<sub>i</sub>.K<sub>fi</sub>.f<sub>mzk</sub>/γ<sub>M</sub>,f<sub>i</sub>=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup>

E<sub>005</sub>= 6700N/mm<sup>2</sup>, E<sub>005</sub>,f<sub>i</sub>=K<sub>mod</sub>,f<sub>i</sub>.K<sub>fi</sub>.E<sub>005</sub>/γ<sub>M</sub>,f<sub>i</sub>=1.00x1.25x 6700/1.00= 8375N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

σ<sub>c0d</sub>=F<sub>c0d</sub>/A<sub>netto</sub>=1000x355.500/33856=10.50 N/mm<sup>2</sup>

σ<sub>myd</sub>=M<sub>yd</sub>/W<sub>my</sub>,netto=1E+06x1.310/1.038E+006= 1.26 N/mm<sup>2</sup>

σ<sub>mzd</sub>=M<sub>zd</sub>/W<sub>mz</sub>,netto=1E+06x0.000/1.038E+006= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

Μήκη λυγισμού S<sub>k</sub>

S<sub>ky</sub>= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm, S<sub>kz</sub>= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm

Λυγηρότητες

i<sub>y</sub>=√(I<sub>y</sub>/A)=0.289x 184= 53 mm, λ<sub>y</sub>= 2800/ 53= 52.83

i<sub>z</sub>=√(I<sub>z</sub>/A)=0.289x 184= 53 mm, λ<sub>z</sub>= 2800/ 53= 52.83

Κρίσιμες τάσεις

σ<sub>c,crity</sub>=π<sup>2</sup>E<sub>005</sub>/λ<sub>y</sub><sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λ<sub>rel,y</sub>=√(f<sub>c0d</sub>,f<sub>i</sub>/σ<sub>c,crity</sub>)= 0.82

σ<sub>c,critz</sub>=π<sup>2</sup>E<sub>005</sub>/λ<sub>z</sub><sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λ<sub>rel,z</sub>=√(f<sub>c0d</sub>,f<sub>i</sub>/σ<sub>c,critz</sub>)= 0.82

β<sub>c</sub>=0.20 (φυσικό ξύλο)

k<sub>y</sub>=0.5[1+β<sub>c</sub>(λ<sub>rel,y</sub>-0.3)+λ<sub>rel,y</sub><sup>2</sup>]= 0.89, K<sub>cy</sub>=1/(k<sub>y</sub>+√(k<sub>y</sub><sup>2</sup>-λ<sub>rel,y</sub><sup>2</sup>))=0.812

k<sub>z</sub>=0.5[1+β<sub>c</sub>(λ<sub>rel,z</sub>-0.3)+λ<sub>rel,z</sub><sup>2</sup>]= 0.89, K<sub>cz</sub>=1/(k<sub>z</sub>+√(k<sub>z</sub><sup>2</sup>-λ<sub>rel,z</sub><sup>2</sup>))=0.812

σ<sub>c0d</sub>/(K<sub>cy</sub>·f<sub>c0d</sub>,f<sub>i</sub>)+σ<sub>myd</sub>/f<sub>myd</sub>,f<sub>i</sub>+K<sub>m</sub>.σ<sub>mzd</sub>/f<sub>mzd</sub>,f<sub>i</sub>=0.517+0.046+0.000= 0.56 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

σ<sub>c0d</sub>/(K<sub>cz</sub>·f<sub>c0d</sub>,f<sub>i</sub>)+K<sub>m</sub>.σ<sub>myd</sub>/f<sub>myd</sub>,f<sub>i</sub>+σ<sub>mzd</sub>/f<sub>mzd</sub>,f<sub>i</sub>=0.517+0.032+0.000= 0.55 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 18. ΥΠΟΣΤ-30

**ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, λυγισμός με κάμψη**

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

**18.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

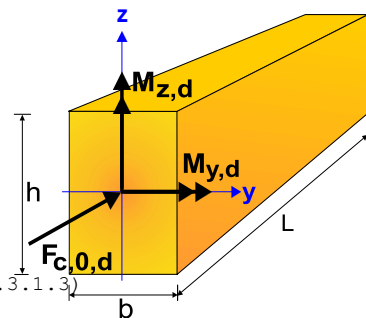
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας <=12% (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού γ<sub>M</sub>=1.30 (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-328.050\text{kN}$ ,  $M_{yd}=1.940\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 328.050 / 52900 = 6.20\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 1.940 / 2.028\text{E}+006 = 0.96\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

### Μήκη λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.587 + 0.071 + 0.000 = 0.66 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.587 + 0.049 + 0.000 = 0.64 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 66%

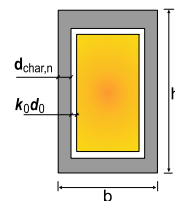
## 18.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density  $340\text{kg/m}^3$

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80\text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{char},n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16\text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{ef}} = d_{\text{char},n} + k_o \cdot d_o$ ,  $d_o = 7\text{mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20\text{ min}$ ,  $k_o = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$d_{\text{ef}} = 16 + 1.00 \times 7 = 23\text{ mm}$ , απομένουσα διατομή  $B_{\text{fx}} H_{\text{f}} = 184 \times 184\text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{\text{mod},fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M,fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f=184\text{mm}$ ,  $h_f=184\text{mm}$ ,  $A=3.386\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$   
 $f_{c0k}=20.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k}/\gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 20.00/1.00=25.00\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{myk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{myd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{myk}/\gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00/1.00=27.50\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{mzk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk}/\gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00/1.00=27.50\text{N/mm}^2$   
 $E_{005}=6700\text{N/mm}^2$ ,  $E_{005}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot E_{005}/\gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 6700/1.00=8375\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000 \times 328.050/33856=9.69\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my}, netto=1\text{E}+06 \times 1.940/1.038\text{E}+006=1.87\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz}, netto=1\text{E}+06 \times 0.000/1.038\text{E}+006=0.00\text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$S_{ky}=1.00 \times 2.800=2.800\text{ m}=2800\text{ mm}$ ,  $S_{kz}=1.00 \times 2.800=2.800\text{ m}=2800\text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y=\sqrt{(I_y/A)}=0.289 \times 184=53\text{ mm}$ ,  $\lambda_y=2800/53=52.83$   
 $i_z=\sqrt{(I_z/A)}=0.289 \times 184=53\text{ mm}$ ,  $\lambda_z=2800/53=52.83$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c, crity}=\pi^2 E_{005}/\lambda_y^2=29.62\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, y}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i/\sigma_{c, crity})}=0.82$   
 $\sigma_{c, critz}=\pi^2 E_{005}/\lambda_z^2=29.62\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, z}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i/\sigma_{c, critz})}=0.82$

$\beta_c=0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, y}-0.3)+\lambda_{rel, y}^2]=0.89$ ,  $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel, y}^2)})=0.812$   
 $k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, z}-0.3)+\lambda_{rel, z}^2]=0.89$ ,  $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{(k_z^2-\lambda_{rel, z}^2)})=0.812$

$\sigma_{c0d}/(K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i)+\sigma_{myd}/f_{myd}, f_i+K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd}, f_i=0.477+0.068+0.000=0.55 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)  
 $\sigma_{c0d}/(K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i)+K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd}, f_i+\sigma_{mzd}/f_{mzd}, f_i=0.477+0.048+0.000=0.52 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)  
Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 19. ΥΠΟΣΤ-31

**ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη**  
(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

### 19.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

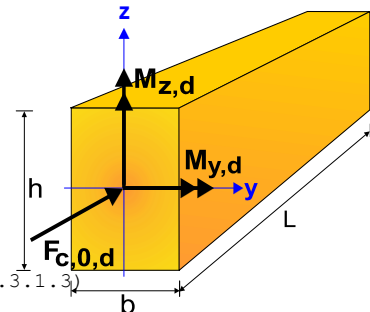
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας: Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας: Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{netto}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{mod}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k}/\gamma_M=0.80 \times 20.00/1.30=12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk}/\gamma_M=0.80 \times 22.00/1.30=13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk}/\gamma_M=0.80 \times 22.00/1.30=13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-333.000\text{kN}$ ,  $M_{yd}=1.850\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$



### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 333.000 / 52900 = 6.29 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 1.850 / 2.028 \times 10^6 = 0.91 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 2.028 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_{c, crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, crity})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$

$$\sigma_{c, critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, critz})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.595 + 0.067 + 0.000 = 0.66 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.595 + 0.047 + 0.000 = 0.64 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 66%

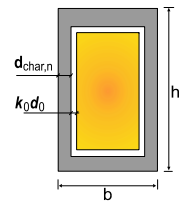
## 19.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340 kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένουσα διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod, fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{005} = 6700 \text{ N/mm}^2, E_{005, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 333.000 / 33856 = 9.84 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 1.850 / 1.038 \times 10^6 = 1.78 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E 005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0d, fi} / \sigma_c, \text{crity})} = 0.82$$

$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E 005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0d, fi} / \sigma_c, \text{critz})} = 0.82$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d, fi}) + \sigma_{myd} / f_{myd, fi} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd, fi} = 0.485 + 0.065 + 0.000 = 0.55 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d, fi}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd, fi} + \sigma_{mzd} / f_{mzd, fi} = 0.485 + 0.045 + 0.000 = 0.53 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 20. ΥΠΟΣΤ-32

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

### 20.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

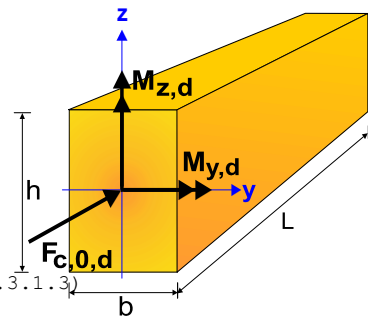
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b = 230 \text{ mm}$ ,  $h = 230 \text{ mm}$ ,  $A = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^2$ ,  $dW_y = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$ ,  $dW_z = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{netto} = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_{y,netto} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_{z,netto} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{mod} = 0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E 005 = 6700 \text{ MPa}$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d} = K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.2.14)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd} = K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd} = K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$$

### Φορτία διατομής

$$F_{c0d} = -327.150 \text{ kN}, M_{yd} = 1.980 \text{ kNm}, M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$$

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m = 0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 327.150 / 52900 = 6.18 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my,netto} = 1 \text{ E} + 06 \times 1.980 / 2.028 \text{ E} + 006 = 0.98 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz,netto} = 1 \text{ E} + 06 \times 0.000 / 2.028 \text{ E} + 006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E 005 / \lambda y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, \text{crity})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$
$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E 005 / \lambda z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, \text{critz})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.585 + 0.072 + 0.000 = 0.66 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.585 + 0.050 + 0.000 = 0.64 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 66%

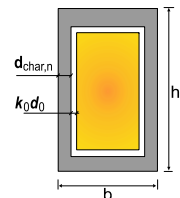
## 20.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένοσθα διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod}, f_i = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, f_i} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d}, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, f_i} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd}, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, f_i} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd}, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, f_i} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E 005 = 6700 \text{ N/mm}^2, E 005, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot E 005 / \gamma_{M, f_i} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{\text{netto}} = 1000 \times 327.150 / 33856 = 9.66 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my}, \text{netto} = 1 \text{ E} + 06 \times 1.980 / 1.038 \text{ E} + 006 = 1.91 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz}, \text{netto} = 1 \text{ E} + 06 \times 0.000 / 1.038 \text{ E} + 006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

Μήκη Λυγισμού  $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E 005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{crity})} = 0.82$$

$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E 005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{critz})} = 0.82$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.476 + 0.069 + 0.000 = 0.55 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.476 + 0.049 + 0.000 = 0.52 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 21. ΥΠΟΣΤ-33

ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη  
(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

### 21.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

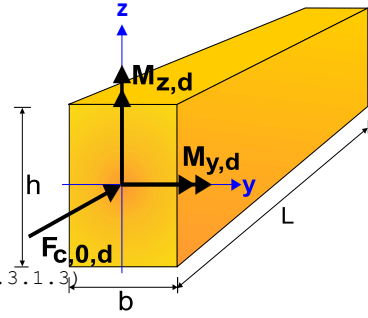
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-408.150\text{kN}$ ,  $M_{yd}=4.320\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

#### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 408.150 / 52900 = 7.72\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 4.320 / 2.028\text{E}+006 = 2.13\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{(I_y/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{(I_z/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c=0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.730 + 0.157 + 0.000 = 0.89 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.730 + 0.110 + 0.000 = 0.84 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 89%

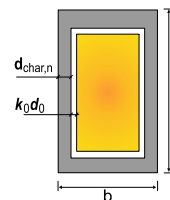
## 21.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι βn=0.80 mm/min (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης dchar,n=βn·t=0.80x20=16 mm (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



**Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης def=dchar,n+ko·do, do=7mm (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και t>=20 min, ko=1.00, (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

def=16+1.00x7=23 mm, απομένουσα διατομή BfxHf=184x184 mm

**Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

Kmod,fi=1.00, (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)), γM,fi=1.00 (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής kfi=1.25 (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

**Έλεγχος λυγισμού με κάμψη** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή, bf=184mm, hf=184mm, A=3.386E+004mm<sup>2</sup>, Wy=1.038E+006mm<sup>3</sup>, Wz=1.038E+006mm<sup>3</sup>

fc0k=20.00N/mm<sup>2</sup>, fc0d,fi=Kmod,fi.Kfi.fc0k/γM,fi=1.00x1.25x20.00/1.00=25.00N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

fmyk=22.00N/mm<sup>2</sup>, fmyd,fi=Kmod,fi.Kfi.fmyk/γM,fi=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

fmzk=22.00N/mm<sup>2</sup>, fmzd,fi=Kmod,fi.Kfi.fmzk/γM,fi=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup>

E005= 6700N/mm<sup>2</sup>, E005,fi=Kmod,fi.Kfi.E005/γM,fi=1.00x1.25x 6700/1.00= 8375N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

σc0d=Fc0d/Anetto=1000x408.150/33856=12.06 N/mm<sup>2</sup>

σmyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x4.320/1.038E+006= 4.16 N/mm<sup>2</sup>

σmzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/1.038E+006= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

Μήκη λυγισμού Sk

Sky= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm, Skz= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm

Λυγηρότητες

iy=√(Iy/A)=0.289x 184= 53 mm, λy= 2800/ 53= 52.83

iz=√(Iz/A)=0.289x 184= 53 mm, λz= 2800/ 53= 52.83

Κρίσιμες τάσεις

σc,crity=π<sup>2</sup>E005/λy<sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λrel,y=√(fc0d,fi/σc,crity)= 0.82

σc,critz=π<sup>2</sup>E005/λz<sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λrel,z=√(fc0d,fi/σc,critz)= 0.82

βc=0.20 (φυσικό ξύλο)

ky=0.5[1+βc(λrel,y-0.3)+λrel,y<sup>2</sup>]= 0.89, Kcy=1/(ky+√(ky<sup>2</sup>-λrel,y<sup>2</sup>))=0.812

kz=0.5[1+βc(λrel,z-0.3)+λrel,z<sup>2</sup>]= 0.89, Kcz=1/(kz+√(kz<sup>2</sup>-λrel,z<sup>2</sup>))=0.812

σc0d/(Kcy·fc0d,fi)+σmyd/fmyd,fi+Km.σmzd/fmzd,fi=0.594+0.151+0.000= 0.75 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

σc0d/(Kcz·fc0d,fi)+Km.σmyd/fmyd,fi+σmzd/fmzd,fi=0.594+0.106+0.000= 0.70 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 22. ΥΠΟΣΤ-34

**ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, λυγισμός με κάμψη**

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

**22.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

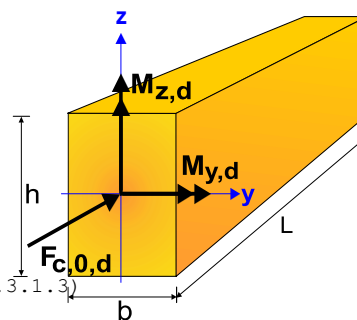
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας <=12% (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού γM=1.30 (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-394.650\text{kN}$ ,  $M_{yd}=4.230\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 394.650 / 52900 = 7.46\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 4.230 / 2.028\text{E}+006 = 2.09\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

### Μήκη λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel}y}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel}z}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.706 + 0.154 + 0.000 = 0.86 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.706 + 0.108 + 0.000 = 0.81 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 86%

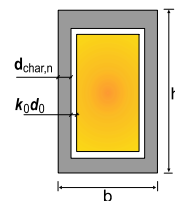
### 22.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα  $\text{density } 340\text{kg/m}^3$

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80\text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{char},n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16\text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{\text{char},n} + k_o \cdot d_o$ ,  $d_o = 7\text{mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20\text{ min}$ ,  $k_o = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23\text{ mm}$ , απομένουσας διατομή  $B_{fxHf} = 184 \times 184\text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{\text{mod},fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M,fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πινακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f=184\text{mm}$ ,  $h_f=184\text{mm}$ ,  $A=3.386\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$   
 $f_{c0k}=20.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00=25.00\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{myk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{myd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00=27.50\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{mzk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00=27.50\text{N/mm}^2$   
 $E_{005}=6700\text{N/mm}^2$ ,  $E_{005}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00=8375\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000 \times 394.650 / 33856=11.66 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my}, netto=1\text{E}+06 \times 4.230 / 1.038\text{E}+006=4.07 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz}, netto=1\text{E}+06 \times 0.000 / 1.038\text{E}+006=0.00 \text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$S_{ky}=1.00 \times 2.800=2.800 \text{ m}=2800 \text{ mm}$ ,  $S_{kz}=1.00 \times 2.800=2.800 \text{ m}=2800 \text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y=\sqrt{(I_y/A)}=0.289 \times 184=53 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y=2800/53=52.83$   
 $i_z=\sqrt{(I_z/A)}=0.289 \times 184=53 \text{ mm}$ ,  $\lambda_z=2800/53=52.83$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c, crity}=\pi^2 E_{005} / \lambda_y^2=29.62 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, y}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_{c, crity})}=0.82$   
 $\sigma_{c, critz}=\pi^2 E_{005} / \lambda_z^2=29.62 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, z}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_{c, critz})}=0.82$

$\beta_c=0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, y}-0.3)+\lambda_{rel, y}^2]=0.89$ ,  $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel, y}^2)})=0.812$

$k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, z}-0.3)+\lambda_{rel, z}^2]=0.89$ ,  $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{(k_z^2-\lambda_{rel, z}^2)})=0.812$

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_{mz} \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.574 + 0.148 + 0.000 = 0.72 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_{my} \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.574 + 0.104 + 0.000 = 0.68 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 23. ΥΠΟΣΤ-35

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

#### 23.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

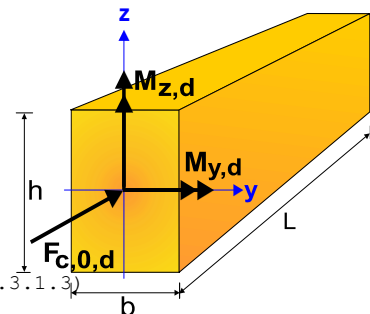
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας: Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας: Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{netto}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{mod}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M=0.80 \times 20.00 / 1.30=12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M=0.80 \times 22.00 / 1.30=13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M=0.80 \times 22.00 / 1.30=13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-342.900\text{kN}$ ,  $M_{yd}=9.590\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 342.900 / 52900 = 6.48 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 9.590 / 2.028 \times 10^6 = 4.73 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 2.028 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_{c, crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, crity})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$

$$\sigma_{c, critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, critz})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.613 + 0.349 + 0.000 = 0.96 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.613 + 0.245 + 0.000 = 0.86 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 96%

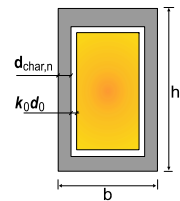
### 23.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340 kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένουσα διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod, fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{005} = 6700 \text{ N/mm}^2, E_{005, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 342.900 / 33856 = 10.13 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 9.590 / 1.038 \times 10^6 = 9.24 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$



### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E 005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{crity})} = 0.82$$

$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E 005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{critz})} = 0.82$$

$$\beta_c = 0.20 \text{ (φυσικό ξύλο)}$$

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.499 + 0.336 + 0.000 = 0.83 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.499 + 0.235 + 0.000 = 0.73 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 24. ΥΠΟΣΤ-36

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

#### 24.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

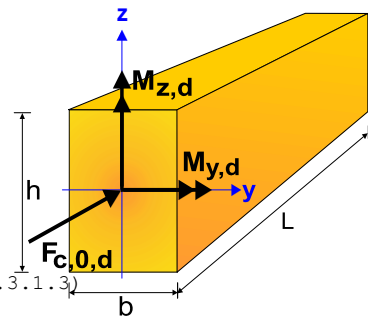
##### Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



##### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b = 230 \text{ mm}$ ,  $h = 230 \text{ mm}$ ,  $A = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^2$ ,  $dW_y = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$ ,  $dW_z = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}} = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_{y, \text{netto}} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_{z, \text{netto}} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

##### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}} = 0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E 005 = 6700 \text{ MPa}$

$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d} = K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31 \text{ N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd} = K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$

$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd} = K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$

##### Φορτία διατομής

$F_{c0d} = -391.500 \text{ kN}$ ,  $M_{yd} = 3.380 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$

##### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m = 0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{\text{netto}} = 1000 \times 391.500 / 52900 = 7.40 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, \text{netto}} = 1 \text{ E} + 06 \times 3.380 / 2.028 \text{ E} + 006 = 1.67 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, \text{netto}} = 1 \text{ E} + 06 \times 0.000 / 2.028 \text{ E} + 006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

##### Μήκη Λυγισμού

$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$

$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$

##### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, \text{crity})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$
$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, \text{critz})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.700 + 0.123 + 0.000 = 0.82 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.700 + 0.086 + 0.000 = 0.79 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 82%

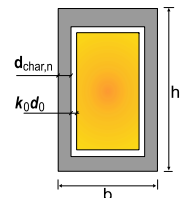
## 24.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80$  mm/min (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16$  mm (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_o \cdot d_o$ ,  $d_o = 7$  mm (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20$  min,  $k_o = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23$  mm, απομένοθα διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184$  mm

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod, fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184$  mm,  $h_f = 184$  mm,  $A = 3.386 \times 10^4$  mm<sup>2</sup>,  $W_y = 1.038 \times 10^6$  mm<sup>3</sup>,  $W_z = 1.038 \times 10^6$  mm<sup>3</sup>

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d, fi} = K_{mod, fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd, fi} = K_{mod, fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd, fi} = K_{mod, fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E005 = 6700 \text{ N/mm}^2, E005, fi = K_{mod, fi} \cdot k_{fi} \cdot E005 / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{\text{netto}} = 1000 \times 391.500 / 33856 = 11.56 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, \text{netto}} = 1 \times 10^6 \times 3.380 / 1.038 \times 10^6 = 3.26 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, \text{netto}} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

Μήκη Λυγισμού  $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0d, fi} / \sigma_c, \text{crity})} = 0.82$$

$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0d, fi} / \sigma_c, \text{critz})} = 0.82$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d, fi}) + \sigma_{myd} / f_{myd, fi} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd, fi} = 0.570 + 0.118 + 0.000 = 0.69 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d, fi}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd, fi} + \sigma_{mzd} / f_{mzd, fi} = 0.570 + 0.083 + 0.000 = 0.65 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 25. ΥΠΟΣΤ-37

ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη  
(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

### 25.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

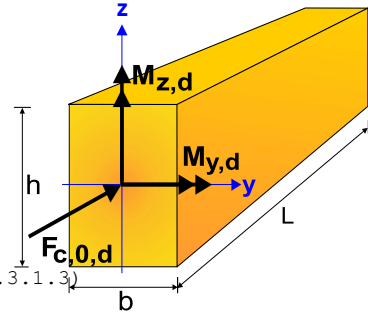
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-336.150\text{kN}$ ,  $M_{yd}=1.980\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

#### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 336.150 / 52900 = 6.35\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 1.980 / 2.028\text{E}+006 = 0.98\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{(I_y/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{(I_z/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c=0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.601 + 0.072 + 0.000 = 0.67 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.601 + 0.050 + 0.000 = 0.65 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 67%

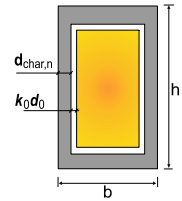
## 25.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι βn=0.80 mm/min (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης dchar,n=βn·t=0.80x20=16 mm (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



**Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης def=dchar,n+ko·do, do=7mm (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και t>=20 min, ko=1.00, (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

def=16+1.00x7=23 mm, απομένουσα διατομή BfxHf=184x184 mm

**Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

Kmod,fi=1.00, (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)), γM,fi=1.00 (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής kfi=1.25 (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

**Έλεγχος λυγισμού με κάμψη** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή, bf=184mm, hf=184mm, A=3.386E+004mm<sup>2</sup>, Wy=1.038E+006mm<sup>3</sup>, Wz=1.038E+006mm<sup>3</sup>

fc0k=20.00N/mm<sup>2</sup>, fc0d,fi=Kmod,fi.Kfi.fc0k/γM,fi=1.00x1.25x20.00/1.00=25.00N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

fmyk=22.00N/mm<sup>2</sup>, fmyd,fi=Kmod,fi.Kfi.fmyk/γM,fi=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

fmzk=22.00N/mm<sup>2</sup>, fmzd,fi=Kmod,fi.Kfi.fmzk/γM,fi=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup>

E005= 6700N/mm<sup>2</sup>, E005,fi=Kmod,fi.Kfi.E005/γM,fi=1.00x1.25x 6700/1.00= 8375N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

σc0d=Fc0d/Anetto=1000x336.150/33856= 9.93 N/mm<sup>2</sup>

σmyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x1.980/1.038E+006= 1.91 N/mm<sup>2</sup>

σmzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/1.038E+006= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

Μήκη λυγισμού Sk

Sky= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm, Skz= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm

Λυγηρότητες

iy=√(Iy/A)=0.289x 184= 53 mm, λy= 2800/ 53= 52.83

iz=√(Iz/A)=0.289x 184= 53 mm, λz= 2800/ 53= 52.83

Κρίσιμες τάσεις

σc,crity=π<sup>2</sup>E005/λy<sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λrel,y=√(fc0d,fi/σc,crity)= 0.82

σc,critz=π<sup>2</sup>E005/λz<sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λrel,z=√(fc0d,fi/σc,critz)= 0.82

βc=0.20 (φυσικό ξύλο)

ky=0.5[1+βc(λrel,y-0.3)+λrel,y<sup>2</sup>]= 0.89, Kcy=1/(ky+√(ky<sup>2</sup>-λrel,y<sup>2</sup>))=0.812

kz=0.5[1+βc(λrel,z-0.3)+λrel,z<sup>2</sup>]= 0.89, Kcz=1/(kz+√(kz<sup>2</sup>-λrel,z<sup>2</sup>))=0.812

σc0d/(Kcy·fc0d,fi)+σmyd/fmyd,fi+Km.σmzd/fmzd,fi=0.489+0.069+0.000= 0.56 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

σc0d/(Kcz·fc0d,fi)+Km.σmyd/fmyd,fi+σmzd/fmzd,fi=0.489+0.049+0.000= 0.54 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 26. ΥΠΟΣΤ-38

**ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, λυγισμός με κάμψη**

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

**26.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

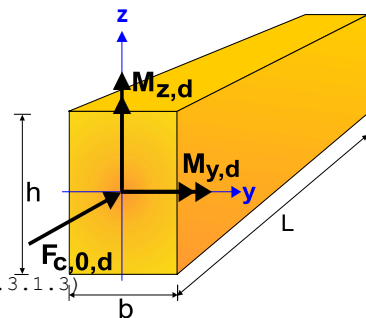
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας <=12% (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού γM=1.30 (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-334.800\text{kN}$ ,  $M_{yd}=2.030\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 334.800 / 52900 = 6.33\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 2.030 / 2.028\text{E}+006 = 1.00\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

### Μήκη λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{(I_y/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{(I_z/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.599 + 0.074 + 0.000 = 0.67 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.599 + 0.052 + 0.000 = 0.65 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 67%

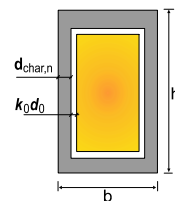
### 26.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density  $340\text{kg/m}^3$

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80\text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{char},n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16\text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{\text{char},n} + k_o \cdot d_o$ ,  $d_o = 7\text{mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20\text{ min}$ ,  $k_o = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23\text{ mm}$ , απομένουσα διατομή  $B_{\text{fxHf}} = 184 \times 184\text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{\text{mod},fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M,fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f=184\text{mm}$ ,  $h_f=184\text{mm}$ ,  $A=3.386\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$   
 $f_{c0k}=20.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00=25.00\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{myk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{myd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00=27.50\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{mzk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00=27.50\text{N/mm}^2$   
 $E_{005}=6700\text{N/mm}^2$ ,  $E_{005}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00=8375\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000 \times 334.800 / 33856=9.89\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my}, netto=1\text{E}+06 \times 2.030 / 1.038\text{E}+006=1.96\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz}, netto=1\text{E}+06 \times 0.000 / 1.038\text{E}+006=0.00\text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$S_{ky}=1.00 \times 2.800=2.800\text{ m}=2800\text{ mm}$ ,  $S_{kz}=1.00 \times 2.800=2.800\text{ m}=2800\text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y=\sqrt{(I_y/A)}=0.289 \times 184=53\text{ mm}$ ,  $\lambda_y=2800/53=52.83$   
 $i_z=\sqrt{(I_z/A)}=0.289 \times 184=53\text{ mm}$ ,  $\lambda_z=2800/53=52.83$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c, crity}=\pi^2 E_{005} / \lambda_y^2=29.62\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, y}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_{c, crity})}=0.82$   
 $\sigma_{c, critz}=\pi^2 E_{005} / \lambda_z^2=29.62\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, z}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_{c, critz})}=0.82$

$\beta_c=0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, y}-0.3)+\lambda_{rel, y}^2]=0.89$ ,  $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel, y}^2)})=0.812$   
 $k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, z}-0.3)+\lambda_{rel, z}^2]=0.89$ ,  $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{(k_z^2-\lambda_{rel, z}^2)})=0.812$

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.487 + 0.071 + 0.000 = 0.56 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)  
 $\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.487 + 0.050 + 0.000 = 0.54 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)  
Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 27. ΥΠΟΣΤ-39

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

#### 27.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

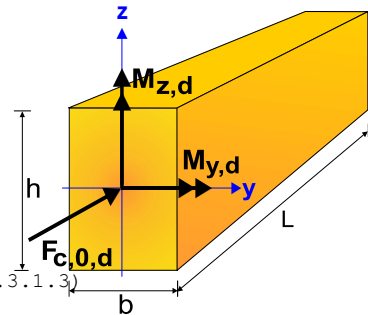
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας: Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας: Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{netto}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{mod}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M=0.80 \times 20.00 / 1.30=12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M=0.80 \times 22.00 / 1.30=13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M=0.80 \times 22.00 / 1.30=13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-403.650\text{ kN}$ ,  $M_{yd}=4.320\text{ kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{ kNm}$

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 403.650 / 52900 = 7.63 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 4.320 / 2.028 \times 10^6 = 2.13 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 2.028 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_{c, crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, crity})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$

$$\sigma_{c, critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, critz})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.722 + 0.157 + 0.000 = 0.88 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.722 + 0.110 + 0.000 = 0.83 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 88%

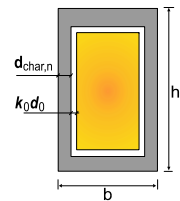
## 27.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340 kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένουσα διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod, fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{005} = 6700 \text{ N/mm}^2, E_{005, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 403.650 / 33856 = 11.92 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 4.320 / 1.038 \times 10^6 = 4.16 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E 005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{crity})} = 0.82$$

$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E 005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{critz})} = 0.82$$

$$\beta_c = 0.20 \text{ (φυσικό ξύλο)}$$

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.587 + 0.151 + 0.000 = 0.74 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.587 + 0.106 + 0.000 = 0.69 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 28. ΥΠΟΣΤ-40

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

### 28.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

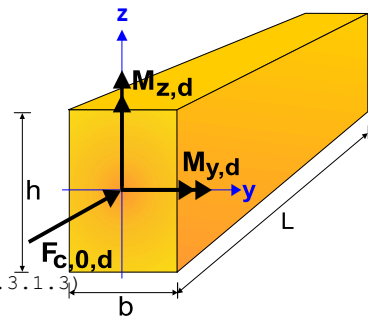
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b = 230 \text{ mm}$ ,  $h = 230 \text{ mm}$ ,  $A = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^2$ ,  $dW_y = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$ ,  $dW_z = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}} = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_{y, \text{netto}} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_{z, \text{netto}} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}} = 0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E 005 = 6700 \text{ MPa}$

$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d} = K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31 \text{ N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd} = K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$

$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd} = K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$

### Φορτία διατομής

$F_{c0d} = -403.650 \text{ kN}$ ,  $M_{yd} = 4.320 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m = 0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{\text{netto}} = 1000 \times 403.650 / 52900 = 7.63 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, \text{netto}} = 1 \text{ E} + 06 \times 4.320 / 2.028 \text{ E} + 006 = 2.13 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, \text{netto}} = 1 \text{ E} + 06 \times 0.000 / 2.028 \text{ E} + 006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

### Μήκη Λυγισμού

$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$

$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$

### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$



### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, \text{crity})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$
$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, \text{critz})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.722 + 0.157 + 0.000 = 0.88 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.722 + 0.110 + 0.000 = 0.83 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 88%

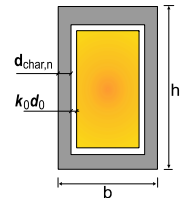
## 28.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_o \cdot d_o$ ,  $d_o = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_o = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένοσας διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod}, f_i = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_M, f_i = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \text{ E}+004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \text{ E}+006 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \text{ E}+006 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d}, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_M, f_i = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd}, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_M, f_i = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd}, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_M, f_i = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E005 = 6700 \text{ N/mm}^2, E005, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot E005 / \gamma_M, f_i = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{\text{netto}} = 1000 \times 403.650 / 33856 = 11.92 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my}, \text{netto} = 1 \text{ E}+06 \times 4.320 / 1.038 \text{ E}+006 = 4.16 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz}, \text{netto} = 1 \text{ E}+06 \times 0.000 / 1.038 \text{ E}+006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

Μήκη Λυγισμού  $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{crity})} = 0.82$$

$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{critz})} = 0.82$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.587 + 0.151 + 0.000 = 0.74 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.587 + 0.106 + 0.000 = 0.69 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 29. ΥΠΟΣΤ-41

ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη  
(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

### 29.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

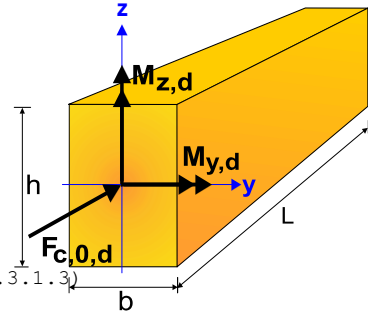
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-337.950\text{kN}$ ,  $M_{yd}=9.450\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

#### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 337.950 / 52900 = 6.39\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 9.450 / 2.028\text{E}+006 = 4.66\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{(I_y/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{(I_z/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c=0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.604 + 0.344 + 0.000 = 0.95 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.604 + 0.241 + 0.000 = 0.85 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 95%

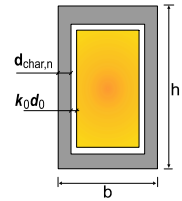
## 29.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι βn=0.80 mm/min (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης dchar,n=βn·t=0.80x20=16 mm (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



**Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης def=dchar,n+k0·do, do=7mm (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και t>=20 min, ko=1.00, (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

def=16+1.00x7=23 mm, απομένουσα διατομή BfxHf=184x184 mm

**Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

Kmod,fi=1.00, (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)), γM,fi=1.00 (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής kfi=1.25 (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

**Έλεγχος λυγισμού με κάμψη** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή, bf=184mm, hf=184mm, A=3.386E+004mm<sup>2</sup>, Wγ=1.038E+006mm<sup>3</sup>, Wz=1.038E+006mm<sup>3</sup>

fc0k=20.00N/mm<sup>2</sup>, fc0d,fi=Kmod,fi.Kfi.fc0k/γM,fi=1.00x1.25x20.00/1.00=25.00N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

fmyk=22.00N/mm<sup>2</sup>, fmyd,fi=Kmod,fi.Kfi.fmyk/γM,fi=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

fmzk=22.00N/mm<sup>2</sup>, fmzd,fi=Kmod,fi.Kfi.fmzk/γM,fi=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup>

E005= 6700N/mm<sup>2</sup>, E005,fi=Kmod,fi.Kfi.E005/γM,fi=1.00x1.25x 6700/1.00= 8375N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

σc0d=Fc0d/Anetto=1000x337.950/33856= 9.98 N/mm<sup>2</sup>

σmyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x9.450/1.038E+006= 9.10 N/mm<sup>2</sup>

σmzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/1.038E+006= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

Μήκη λυγισμού Sk

Skγ= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm, Skz= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm

Λυγηρότητες

iγ=√(Iγ/A)=0.289x 184= 53 mm, λγ= 2800/ 53= 52.83

iz=√(Iz/A)=0.289x 184= 53 mm, λz= 2800/ 53= 52.83

Κρίσιμες τάσεις

σc,critγ=π<sup>2</sup>E005/λγ<sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λrel,γ=√(fc0d,fi/σc,critγ)= 0.82

σc,critz=π<sup>2</sup>E005/λz<sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λrel,z=√(fc0d,fi/σc,critz)= 0.82

βc=0.20 (φυσικό ξύλο)

kγ=0.5[1+βc(λrelγ-0.3)+λrelγ<sup>2</sup>]= 0.89, Kcγ=1/(kγ+√(kγ<sup>2</sup>-λrelγ<sup>2</sup>))=0.812

kz=0.5[1+βc(λrelz-0.3)+λrelz<sup>2</sup>]= 0.89, Kcz=1/(kz+√(kz<sup>2</sup>-λrelz<sup>2</sup>))=0.812

σc0d/(Kcγ·fc0d,fi)+σmyd/fmyd,fi+Km.σmzd/fmzd,fi=0.492+0.331+0.000= 0.82 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

σc0d/(Kcz·fc0d,fi)+Km.σmyd/fmyd,fi+σmzd/fmzd,fi=0.492+0.232+0.000= 0.72 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 30. ΥΠΟΣΤ-42

**ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, λυγισμός με κάμψη**

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

**30.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

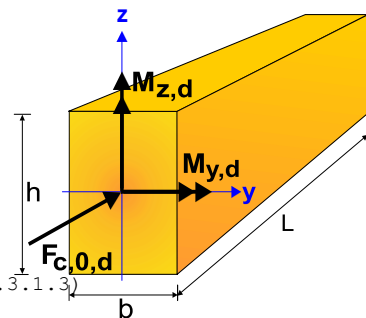
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας <=12% (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού γM=1.30 (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$   
Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$   
Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{m0k}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{m0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{m0k} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-386.100\text{kN}$ ,  $M_{yd}=3.330\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 386.100 / 52900 = 7.30\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 3.330 / 2.028\text{E}+006 = 1.64\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

### Μήκη λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.690 + 0.121 + 0.000 = 0.81 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.690 + 0.085 + 0.000 = 0.78 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 81%

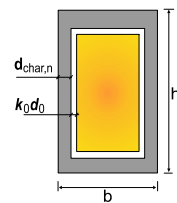
### 30.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density  $340\text{kg/m}^3$

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80\text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{char},n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16\text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{\text{char},n} + k_o \cdot d_o$ ,  $d_o = 7\text{mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20\text{ min}$ ,  $k_o = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23\text{ mm}$ , απομένουσας διατομή  $B_{\text{fxHf}} = 184 \times 184\text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{\text{mod},fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M,fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f=184\text{mm}$ ,  $h_f=184\text{mm}$ ,  $A=3.386\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$   
 $f_{c0k}=20.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k}/\gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 20.00/1.00=25.00\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{myk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{myd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{myk}/\gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00/1.00=27.50\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{mzk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk}/\gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00/1.00=27.50\text{N/mm}^2$   
 $E_{005}=6700\text{N/mm}^2$ ,  $E_{005}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot E_{005}/\gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 6700/1.00=8375\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000 \times 386.100/33856=11.40\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my}, netto=1\text{E}+06 \times 3.330/1.038\text{E}+006=3.21\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz}, netto=1\text{E}+06 \times 0.000/1.038\text{E}+006=0.00\text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$S_{ky}=1.00 \times 2.800=2.800\text{ m}=2800\text{ mm}$ ,  $S_{kz}=1.00 \times 2.800=2.800\text{ m}=2800\text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y=\sqrt{(I_y/A)}=0.289 \times 184=53\text{ mm}$ ,  $\lambda_y=2800/53=52.83$   
 $i_z=\sqrt{(I_z/A)}=0.289 \times 184=53\text{ mm}$ ,  $\lambda_z=2800/53=52.83$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c, crity}=\pi^2 E_{005}/\lambda_y^2=29.62\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, y}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i/\sigma_{c, crity})}=0.82$   
 $\sigma_{c, critz}=\pi^2 E_{005}/\lambda_z^2=29.62\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, z}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i/\sigma_{c, critz})}=0.82$

$\beta_c=0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, y}-0.3)+\lambda_{rel, y}^2]=0.89$ ,  $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel, y}^2)})=0.812$

$k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, z}-0.3)+\lambda_{rel, z}^2]=0.89$ ,  $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{(k_z^2-\lambda_{rel, z}^2)})=0.812$

$\sigma_{c0d}/(K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i)+\sigma_{myd}/f_{myd}, f_i+K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd}, f_i=0.562+0.117+0.000=0.68 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d}/(K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i)+K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd}, f_i+\sigma_{mzd}/f_{mzd}, f_i=0.562+0.082+0.000=0.64 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 31. ΥΠΟΣΤ-43

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

#### 31.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

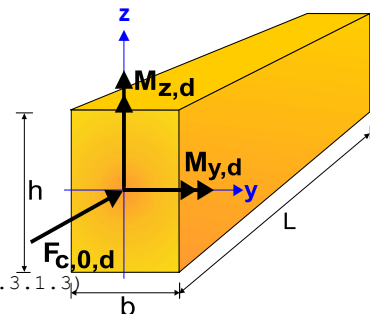
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας: Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας: Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{netto}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{mod}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k}/\gamma_M=0.80 \times 20.00/1.30=12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk}/\gamma_M=0.80 \times 22.00/1.30=13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk}/\gamma_M=0.80 \times 22.00/1.30=13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-331.200\text{kN}$ ,  $M_{yd}=3.330\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 331.200 / 52900 = 6.26 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 3.330 / 2.028 \times 10^6 = 1.64 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 2.028 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_{c, crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, crity})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$

$$\sigma_{c, critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, critz})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.592 + 0.121 + 0.000 = 0.71 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.592 + 0.085 + 0.000 = 0.68 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 71%

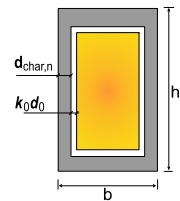
### 31.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένοσθα διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod, fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{005} = 6700 \text{ N/mm}^2, E_{005, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 331.200 / 33856 = 9.78 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 3.330 / 1.038 \times 10^6 = 3.21 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E 005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{crity})} = 0.82$$

$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E 005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{critz})} = 0.82$$

$$\beta_c = 0.20 \text{ (φυσικό ξύλο)}$$

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.482 + 0.117 + 0.000 = 0.60 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.482 + 0.082 + 0.000 = 0.56 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 32. ΥΠΟΣΤ-44

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

#### 32.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

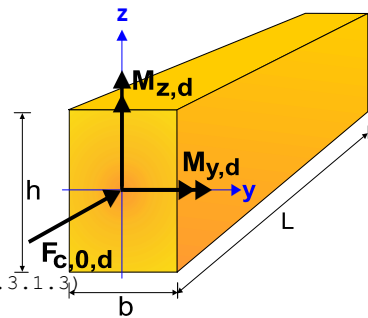
##### Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



##### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b = 230 \text{ mm}$ ,  $h = 230 \text{ mm}$ ,  $A = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^2$ ,  $dW_y = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$ ,  $dW_z = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}} = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_{y, \text{netto}} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_{z, \text{netto}} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

##### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}} = 0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E 005 = 6700 \text{ MPa}$

$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d} = K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31 \text{ N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd} = K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$

$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd} = K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$

##### Φορτία διατομής

$F_{c0d} = -329.850 \text{ kN}$ ,  $M_{yd} = 1.980 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$

##### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m = 0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{\text{netto}} = 1000 \times 329.850 / 52900 = 6.24 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, \text{netto}} = 1 \text{ E} + 06 \times 1.980 / 2.028 \text{ E} + 006 = 0.98 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, \text{netto}} = 1 \text{ E} + 06 \times 0.000 / 2.028 \text{ E} + 006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

##### Μήκη Λυγισμού

$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$

$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$

##### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, \text{crity})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$
$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, \text{critz})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.590 + 0.072 + 0.000 = 0.66 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.590 + 0.050 + 0.000 = 0.64 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 66%

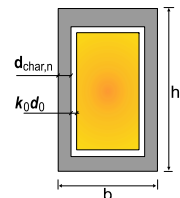
## 32.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένοσας διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod}, f_i = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, f_i} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \text{ E}+004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \text{ E}+006 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \text{ E}+006 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d}, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, f_i} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd}, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, f_i} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd}, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, f_i} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E005 = 6700 \text{ N/mm}^2, E005, f_i = K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot E005 / \gamma_{M, f_i} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{\text{netto}} = 1000 \times 329.850 / 33856 = 9.74 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my}, \text{netto} = 1 \text{ E}+06 \times 1.980 / 1.038 \text{ E}+006 = 1.91 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz}, \text{netto} = 1 \text{ E}+06 \times 0.000 / 1.038 \text{ E}+006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{crity})} = 0.82$$

$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{critz})} = 0.82$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.480 + 0.069 + 0.000 = 0.55 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.480 + 0.049 + 0.000 = 0.53 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται



### 33. ΥΠΟΣΤ-45

ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη  
(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

#### 33.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

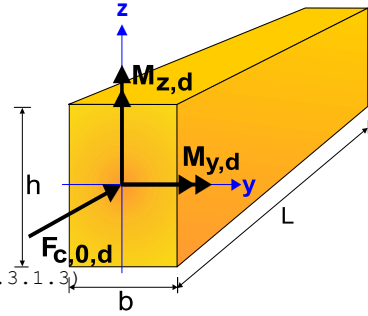
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-397.800\text{kN}$ ,  $M_{yd}=4.280\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

#### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 397.800 / 52900 = 7.52\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 4.280 / 2.028\text{E}+006 = 2.11\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{(I_y/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{(I_z/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.711 + 0.156 + 0.000 = 0.87 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.711 + 0.109 + 0.000 = 0.82 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 87%

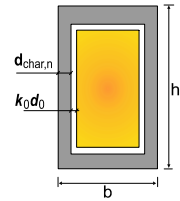
### 33.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι βn=0.80 mm/min (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης dchar,n=βn·t=0.80x20=16 mm (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



**Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης def=dchar,n+ko·do, do=7mm (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και t>=20 min, ko=1.00, (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

def=16+1.00x7=23 mm, απομένουσα διατομή BfxHf=184x184 mm

**Ελεγχος αντοχής απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

Kmod,fi=1.00, (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)), γM,fi=1.00 (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής kfi=1.25 (EN1995-1-2, Πινακας 2.1)

**Ελεγχος Λυγισμού με κάμψη** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή, bf=184mm, hf=184mm, A=3.386E+004mm<sup>2</sup>, Wγ=1.038E+006mm<sup>3</sup>, Wz=1.038E+006mm<sup>3</sup>

fc0k=20.00N/mm<sup>2</sup>, fc0d,fi=Kmod,fi.Kfi.fc0k/γM,fi=1.00x1.25x20.00/1.00=25.00N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

fmyk=22.00N/mm<sup>2</sup>, fmyd,fi=Kmod,fi.Kfi.fmyk/γM,fi=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

fmzk=22.00N/mm<sup>2</sup>, fmzd,fi=Kmod,fi.Kfi.fmzk/γM,fi=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup>

E005= 6700N/mm<sup>2</sup>, E005,fi=Kmod,fi.Kfi.E005/γM,fi=1.00x1.25x 6700/1.00= 8375N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

σc0d=Fc0d/Anetto=1000x397.800/33856=11.75 N/mm<sup>2</sup>

σmyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x4.280/1.038E+006= 4.12 N/mm<sup>2</sup>

σmzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/1.038E+006= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

Μήκη Λυγισμού Sk

Sky= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm, Skz= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm

Λυγηρότητες

iy=√(Iy/A)=0.289x 184= 53 mm, λy= 2800/ 53= 52.83

iz=√(Iz/A)=0.289x 184= 53 mm, λz= 2800/ 53= 52.83

Κρίσιμες τάσεις

σc,crity=π<sup>2</sup>E005/λy<sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λrel,y=√(fc0d,fi/σc,crity)= 0.82

σc,critz=π<sup>2</sup>E005/λz<sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λrel,z=√(fc0d,fi/σc,critz)= 0.82

βc=0.20 (φυσικό ξύλο)

ky=0.5[1+βc(λrel,y-0.3)+λrel,y<sup>2</sup>]= 0.89, Kcy=1/(ky+√(ky<sup>2</sup>-λrel,y<sup>2</sup>))=0.812

kz=0.5[1+βc(λrel,z-0.3)+λrel,z<sup>2</sup>]= 0.89, Kcz=1/(kz+√(kz<sup>2</sup>-λrel,z<sup>2</sup>))=0.812

σc0d/(Kcy·fc0d,fi)+σmyd/fmyd,fi+Km.σmzd/fmzd,fi=0.579+0.150+0.000= 0.73 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

σc0d/(Kcz·fc0d,fi)+Km.σmyd/fmyd,fi+σmzd/fmzd,fi=0.579+0.105+0.000= 0.68 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

### 34. ΥΠΟΣΤ-166

**ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη**

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

**34.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

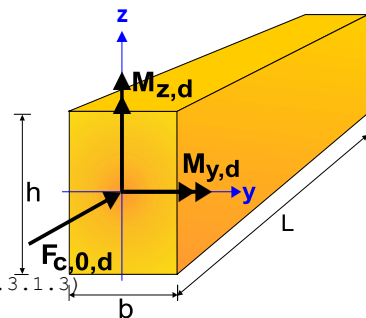
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας <=12% (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού γM=1.30 (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πινακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$   
Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$   
Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-397.800\text{kN}$ ,  $M_{yd}=4.190\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 397.800 / 52900 = 7.52\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 4.190 / 2.028\text{E}+006 = 2.07\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

### Μήκη λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.711 + 0.153 + 0.000 = 0.86 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.711 + 0.107 + 0.000 = 0.82 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 86%

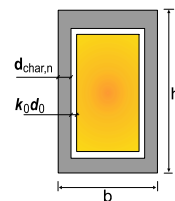
### 34.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα  $\text{density } 340\text{kg/m}^3$

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80\text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{char},n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16\text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{\text{char},n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7\text{mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20\text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23\text{ mm}$ , απομένουσα διατομή  $B_{\text{fx}} H_{\text{f}} = 184 \times 184\text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{\text{mod},fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M,fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f=184\text{mm}$ ,  $h_f=184\text{mm}$ ,  $A=3.386\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$   
 $f_{c0k}=20.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00=25.00\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{myk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{myd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00=27.50\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{mzk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00=27.50\text{N/mm}^2$   
 $E_{005}=6700\text{N/mm}^2$ ,  $E_{005}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00=8375\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000 \times 397.800 / 33856=11.75\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my}, netto=1\text{E}+06 \times 4.190 / 1.038\text{E}+006=4.04\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz}, netto=1\text{E}+06 \times 0.000 / 1.038\text{E}+006=0.00\text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$S_{ky}=1.00 \times 2.800=2.800\text{ m}=2800\text{ mm}$ ,  $S_{kz}=1.00 \times 2.800=2.800\text{ m}=2800\text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y=\sqrt{(I_y/A)}=0.289 \times 184=53\text{ mm}$ ,  $\lambda_y=2800/53=52.83$   
 $i_z=\sqrt{(I_z/A)}=0.289 \times 184=53\text{ mm}$ ,  $\lambda_z=2800/53=52.83$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c, crity}=\pi^2 E_{005} / \lambda_y^2=29.62\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, y}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_{c, crity})}=0.82$   
 $\sigma_{c, critz}=\pi^2 E_{005} / \lambda_z^2=29.62\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, z}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_{c, critz})}=0.82$

$\beta_c=0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, y}-0.3)+\lambda_{rel, y}^2]=0.89$ ,  $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel, y}^2)})=0.812$   
 $k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, z}-0.3)+\lambda_{rel, z}^2]=0.89$ ,  $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{(k_z^2-\lambda_{rel, z}^2)})=0.812$

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.579 + 0.147 + 0.000 = 0.73 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)  
 $\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.579 + 0.103 + 0.000 = 0.68 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)  
Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 35. ΥΠΟΣΤ-167

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

#### 35.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

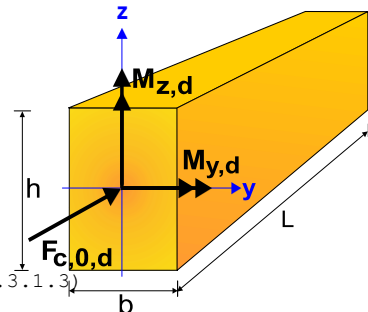
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας: Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας: Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{netto}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{mod}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M=0.80 \times 20.00 / 1.30=12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M=0.80 \times 22.00 / 1.30=13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M=0.80 \times 22.00 / 1.30=13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-429.750\text{kN}$ ,  $M_{yd}=4.590\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 429.750 / 52900 = 8.12 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 4.590 / 2.028 \times 10^6 = 2.26 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 2.028 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_{c, crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, crity})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$

$$\sigma_{c, critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, critz})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.768 + 0.167 + 0.000 = 0.94 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.768 + 0.117 + 0.000 = 0.89 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 94%

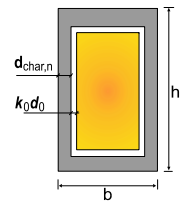
### 35.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένουσα διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod, fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{005} = 6700 \text{ N/mm}^2, E_{005, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 429.750 / 33856 = 12.69 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 4.590 / 1.038 \times 10^6 = 4.42 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E 005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{crity})} = 0.82$$

$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E 005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{critz})} = 0.82$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.625 + 0.161 + 0.000 = 0.79 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.625 + 0.113 + 0.000 = 0.74 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 36. ΥΠΟΣΤ-168

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

### 36.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

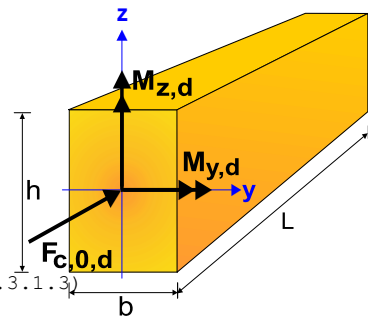
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b = 230 \text{ mm}$ ,  $h = 230 \text{ mm}$ ,  $A = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^2$ ,  $dW_y = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$ ,  $dW_z = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}} = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_{y, \text{netto}} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_{z, \text{netto}} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}} = 0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E 005 = 6700 \text{ MPa}$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d} = K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.2.14)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd} = K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd} = K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$$

### Φορτία διατομής

$$F_{c0d} = -324.900 \text{ kN}, M_{yd} = 1.800 \text{ kNm}, M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$$

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m = 0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{\text{netto}} = 1000 \times 324.900 / 52900 = 6.14 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, \text{netto}} = 1 \text{ E} + 06 \times 1.800 / 2.028 \text{ E} + 006 = 0.89 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, \text{netto}} = 1 \text{ E} + 06 \times 0.000 / 2.028 \text{ E} + 006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, crity = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, crity)} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$
$$\sigma_c, critz = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, critz)} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.581 + 0.066 + 0.000 = 0.65 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.581 + 0.046 + 0.000 = 0.63 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 65%

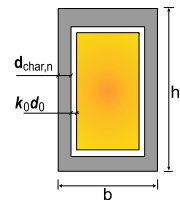
### 36.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



#### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_o \cdot d_o$ ,  $d_o = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_o = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένοθα διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184 \text{ mm}$

#### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod, fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

#### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E005 = 6700 \text{ N/mm}^2, E005, fi = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot E005 / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 324.900 / 33856 = 9.60 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 1.800 / 1.038 \times 10^6 = 1.73 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

Μήκη Λυγισμού  $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

#### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, crity = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0d, fi} / \sigma_c, crity)} = 0.82$$

$$\sigma_c, critz = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0d, fi} / \sigma_c, critz)} = 0.82$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d, fi}) + \sigma_{myd} / f_{myd, fi} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd, fi} = 0.473 + 0.063 + 0.000 = 0.54 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d, fi}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd, fi} + \sigma_{mzd} / f_{mzd, fi} = 0.473 + 0.044 + 0.000 = 0.52 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 37. ΥΠΟΣΤ-169

ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη  
(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

### 37.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

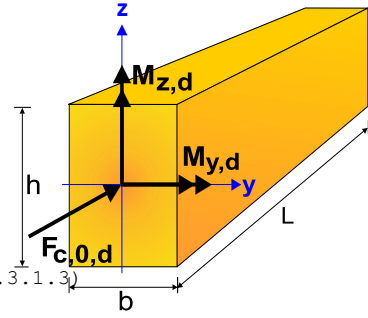
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-350.550\text{kN}$ ,  $M_{yd}=1.980\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

#### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 350.550 / 52900 = 6.63\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 1.980 / 2.028\text{E}+006 = 0.98\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{(I_y/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{(I_z/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c=0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.627 + 0.072 + 0.000 = 0.70 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.627 + 0.050 + 0.000 = 0.68 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 70%



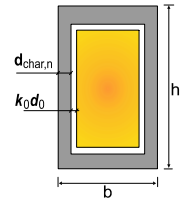
### 37.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι βn=0.80 mm/min (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης dchar,n=βn·t=0.80x20=16 mm (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



**Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης def=dchar,n+ko·do, do=7mm ( EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και t>=20 min, ko=1.00, (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

def=16+1.00x7=23 mm, απομένουσα διατομή BfxHf=184x184 mm

**Ελεγχος αντοχής απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

Kmod,fi=1.00, (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)), γM,fi=1.00 (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής kfi=1.25 (EN1995-1-2, Πινακας 2.1)

**Ελεγχος Λυγισμού με κάμψη** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή, bf=184mm, hf=184mm, A=3.386E+004mm<sup>2</sup>, Wγ=1.038E+006mm<sup>3</sup>, Wz=1.038E+006mm<sup>3</sup>

fc0k=20.00N/mm<sup>2</sup>, fc0d,fi=Kmod,fi.Kfi.fc0k/γM,fi=1.00x1.25x20.00/1.00=25.00N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

fmyk=22.00N/mm<sup>2</sup>, fmyd,fi=Kmod,fi.Kfi.fmyk/γM,fi=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

fmzk=22.00N/mm<sup>2</sup>, fmzd,fi=Kmod,fi.Kfi.fmzk/γM,fi=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup>

E005= 6700N/mm<sup>2</sup>, E005,fi=Kmod,fi.Kfi.E005/γM,fi=1.00x1.25x 6700/1.00= 8375N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

σc0d=Fc0d/Anetto=1000x350.550/33856=10.35 N/mm<sup>2</sup>

σmyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x1.980/1.038E+006= 1.91 N/mm<sup>2</sup>

σmzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/1.038E+006= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

Μήκη Λυγισμού Sk

Sky= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm, Skz= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm

Λυγηρότητες

iy=√(Iy/A)=0.289x 184= 53 mm, λy= 2800/ 53= 52.83

iz=√(Iz/A)=0.289x 184= 53 mm, λz= 2800/ 53= 52.83

Κρίσιμες τάσεις

σc,crity=π<sup>2</sup>E005/λy<sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λrel,y=√(fc0d,fi/σc,crity)= 0.82

σc,critz=π<sup>2</sup>E005/λz<sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λrel,z=√(fc0d,fi/σc,critz)= 0.82

βc=0.20 (φυσικό ξύλο)

ky=0.5[1+βc(λrel,y-0.3)+λrel,y<sup>2</sup>]= 0.89, Kcy=1/(ky+√(ky<sup>2</sup>-λrel,y<sup>2</sup>))=0.812

kz=0.5[1+βc(λrel,z-0.3)+λrel,z<sup>2</sup>]= 0.89, Kcz=1/(kz+√(kz<sup>2</sup>-λrel,z<sup>2</sup>))=0.812

σc0d/(Kcy·fc0d,fi)+σmyd/fmyd,fi+Km.σmzd/fmzd,fi=0.510+0.069+0.000= 0.58 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

σc0d/(Kcz·fc0d,fi)+Km.σmyd/fmyd,fi+σmzd/fmzd,fi=0.510+0.049+0.000= 0.56 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

### 38. ΥΠΟΣΤ-170

**ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη**

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

**38.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

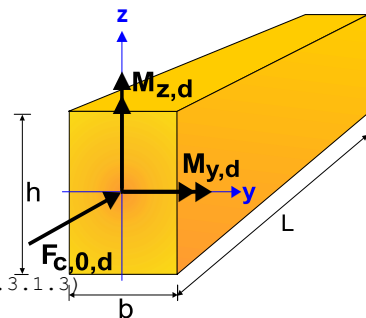
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας <=12% (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού γM=1.30 (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πινακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-346.500\text{kN}$ ,  $M_{yd}=1.260\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 346.500 / 52900 = 6.55\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 1.260 / 2.028\text{E}+006 = 0.62\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

### Μήκη λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel}y}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel}z}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.620 + 0.046 + 0.000 = 0.67 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.620 + 0.032 + 0.000 = 0.65 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 67%

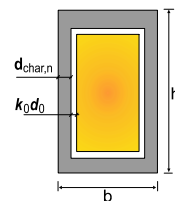
### 38.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα  $\text{density } 340\text{kg/m}^3$

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80\text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{char},n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16\text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{ef}} = d_{\text{char},n} + k_o \cdot d_o$ ,  $d_o = 7\text{mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20\text{ min}$ ,  $k_o = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$d_{\text{ef}} = 16 + 1.00 \times 7 = 23\text{ mm}$ , απομένουσας διατομή  $B_{\text{fx}} H_{\text{f}} = 184 \times 184\text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{\text{mod},fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M,fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f=184\text{mm}$ ,  $h_f=184\text{mm}$ ,  $A=3.386\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$   
 $f_{c0k}=20.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00=25.00\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{myk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{myd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00=27.50\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{mzk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00=27.50\text{N/mm}^2$   
 $E_{005}=6700\text{N/mm}^2$ ,  $E_{005}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00=8375\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000 \times 346.500 / 33856=10.23 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my}, netto=1\text{E}+06 \times 1.260 / 1.038\text{E}+006=1.21 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz}, netto=1\text{E}+06 \times 0.000 / 1.038\text{E}+006=0.00 \text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$S_{ky}=1.00 \times 2.800=2.800 \text{ m}=2800 \text{ mm}$ ,  $S_{kz}=1.00 \times 2.800=2.800 \text{ m}=2800 \text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y=\sqrt{(I_y/A)}=0.289 \times 184=53 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y=2800/53=52.83$   
 $i_z=\sqrt{(I_z/A)}=0.289 \times 184=53 \text{ mm}$ ,  $\lambda_z=2800/53=52.83$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c, crity}=\pi^2 E_{005} / \lambda_y^2=29.62 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, y}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_{c, crity})}=0.82$   
 $\sigma_{c, critz}=\pi^2 E_{005} / \lambda_z^2=29.62 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, z}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_{c, critz})}=0.82$

$\beta_c=0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, y}-0.3)+\lambda_{rel, y}^2]=0.89$ ,  $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel, y}^2)})=0.812$

$k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, z}-0.3)+\lambda_{rel, z}^2]=0.89$ ,  $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{(k_z^2-\lambda_{rel, z}^2)})=0.812$

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_{m} \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.504 + 0.044 + 0.000 = 0.55 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_{m} \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.504 + 0.031 + 0.000 = 0.54 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 39. ΥΠΟΣΤ-171

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

#### 39.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

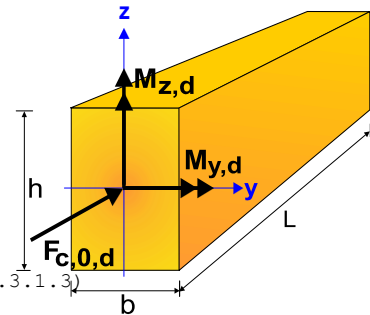
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας: Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας: Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{netto}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{mod}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M=0.80 \times 20.00 / 1.30=12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M=0.80 \times 22.00 / 1.30=13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M=0.80 \times 22.00 / 1.30=13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-373.950\text{kN}$ ,  $M_{yd}=1.400\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 373.950 / 52900 = 7.07 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 1.400 / 2.028 \times 10^6 = 0.69 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 2.028 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_{c, crit_y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, crit_y})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$

$$\sigma_{c, crit_z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, crit_z})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.669 + 0.051 + 0.000 = 0.72 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.669 + 0.036 + 0.000 = 0.70 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 72%

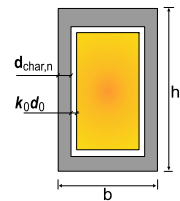
### 39.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένοσθα διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod, fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{005} = 6700 \text{ N/mm}^2, E_{005, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 373.950 / 33856 = 11.05 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 1.400 / 1.038 \times 10^6 = 1.35 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E 005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{crity})} = 0.82$$

$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E 005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0d}, f_i / \sigma_c, \text{critz})} = 0.82$$

$$\beta_c = 0.20 \text{ (φυσικό ξύλο)}$$

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i) + \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.544 + 0.049 + 0.000 = 0.59 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd}, f_i + \sigma_{mzd} / f_{mzd}, f_i = 0.544 + 0.034 + 0.000 = 0.58 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 40. ΥΠΟΣΤ-172

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

#### 40.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

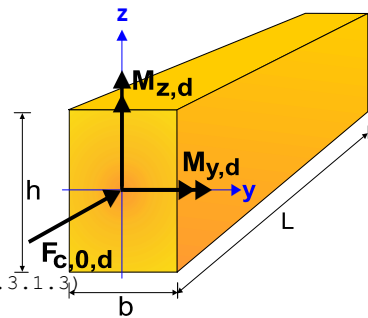
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b = 230 \text{ mm}$ ,  $h = 230 \text{ mm}$ ,  $A = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^2$ ,  $dW_y = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$ ,  $dW_z = 0.000 \text{ E} + 000 \text{ mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}} = 5.290 \text{ E} + 004 \text{ mm}^2$ ,  $W_{y, \text{netto}} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$ ,  $W_{z, \text{netto}} = 2.028 \text{ E} + 006 \text{ mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}} = 0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M = 1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E 005 = 6700 \text{ MPa}$

$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d} = K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31 \text{ N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd} = K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$

$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd} = K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54 \text{ N/mm}^2$

### Φορτία διατομής

$F_{c0d} = -324.450 \text{ kN}$ ,  $M_{yd} = 1.800 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m = 0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{\text{netto}} = 1000 \times 324.450 / 52900 = 6.13 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, \text{netto}} = 1 \text{ E} + 06 \times 1.800 / 2.028 \text{ E} + 006 = 0.89 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, \text{netto}} = 1 \text{ E} + 06 \times 0.000 / 2.028 \text{ E} + 006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

### Μήκη Λυγισμού

$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$

$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$

### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

#### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, \text{crity})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$
$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_c, \text{critz})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.580 + 0.066 + 0.000 = 0.65 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.580 + 0.046 + 0.000 = 0.63 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 65%

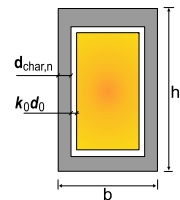
#### 40.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80$  mm/min (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16$  mm (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



#### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_o \cdot d_o$ ,  $d_o = 7$ mm (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20$  min,  $k_o = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23$  mm, απομένοσας διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184$  mm

#### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod, fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

#### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184$ mm,  $h_f = 184$ mm,  $A = 3.386E+004$ mm<sup>2</sup>,  $W_y = 1.038E+006$ mm<sup>3</sup>,  $W_z = 1.038E+006$ mm<sup>3</sup>

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E005 = 6700 \text{ N/mm}^2, E005, fi = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot E005 / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{\text{netto}} = 1000 \times 324.450 / 33856 = 9.58 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my}, \text{netto} = 1E+06 \times 1.800 / 1.038E+006 = 1.73 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz}, \text{netto} = 1E+06 \times 0.000 / 1.038E+006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

Μήκη Λυγισμού  $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

#### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

#### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_c, \text{crity} = \pi^2 E005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{(f_{c0d, fi} / \sigma_c, \text{crity})} = 0.82$$

$$\sigma_c, \text{critz} = \pi^2 E005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{(f_{c0d, fi} / \sigma_c, \text{critz})} = 0.82$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d, fi}) + \sigma_{myd, fi} / f_{myd, fi} + K_m \cdot \sigma_{mzd, fi} / f_{mzd, fi} = 0.472 + 0.063 + 0.000 = 0.54 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d, fi}) + K_m \cdot \sigma_{myd, fi} / f_{myd, fi} + \sigma_{mzd, fi} / f_{mzd, fi} = 0.472 + 0.044 + 0.000 = 0.52 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 41. ΥΠΟΣΤ-173

ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη  
(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

### 41.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

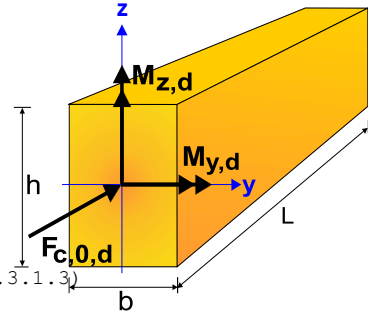
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-350.100\text{kN}$ ,  $M_{yd}=1.980\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

#### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 350.100 / 52900 = 6.62\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 1.980 / 2.028\text{E}+006 = 0.98\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{(I_y/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{(I_z/A)} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z})} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2)}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.626 + 0.072 + 0.000 = 0.70 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.626 + 0.050 + 0.000 = 0.68 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 70%

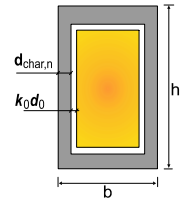
## 41.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι βn=0.80 mm/min (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης dchar,n=βn·t=0.80x20=16 mm (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



**Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης def=dchar,n+ko·do, do=7mm (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και t>=20 min, ko=1.00, (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

def=16+1.00x7=23 mm, απομένουσα διατομή BfxHf=184x184 mm

**Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής** (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

Kmod,fi=1.00, (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)), γM,fi=1.00 (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής kfi=1.25 (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

**Έλεγχος λυγισμού με κάμψη** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή, bf=184mm, hf=184mm, A=3.386E+004mm<sup>2</sup>, Wy=1.038E+006mm<sup>3</sup>, Wz=1.038E+006mm<sup>3</sup>

fc0k=20.00N/mm<sup>2</sup>, fc0d,fi=Kmod,fi.Kfi.fc0k/γM,fi=1.00x1.25x20.00/1.00=25.00N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

fmyk=22.00N/mm<sup>2</sup>, fmyd,fi=Kmod,fi.Kfi.fmyk/γM,fi=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.1)

fmzk=22.00N/mm<sup>2</sup>, fmzd,fi=Kmod,fi.Kfi.fmzk/γM,fi=1.00x1.25x22.00/1.00=27.50N/mm<sup>2</sup>

E005= 6700N/mm<sup>2</sup>, E005,fi=Kmod,fi.Kfi.E005/γM,fi=1.00x1.25x 6700/1.00= 8375N/mm<sup>2</sup> (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

σc0d=Fc0d/Anetto=1000x350.100/33856=10.34 N/mm<sup>2</sup>

σmyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x1.980/1.038E+006= 1.91 N/mm<sup>2</sup>

σmzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/1.038E+006= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

Μήκη λυγισμού Sk

Sky= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm, Skz= 1.00x2.800=2.800 m= 2800 mm

Λυγηρότητες

iy=√(Iy/A)=0.289x 184= 53 mm, λy= 2800/ 53= 52.83

iz=√(Iz/A)=0.289x 184= 53 mm, λz= 2800/ 53= 52.83

Κρίσιμες τάσεις

σc,crity=π<sup>2</sup>E005/λy<sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λrel,y=√(fc0d,fi/σc,crity)= 0.82

σc,critz=π<sup>2</sup>E005/λz<sup>2</sup>= 29.62 N/mm<sup>2</sup>, λrel,z=√(fc0d,fi/σc,critz)= 0.82

βc=0.20 (φυσικό ξύλο)

ky=0.5[1+βc(λrel,y-0.3)+λrel,y<sup>2</sup>]= 0.89, Kcy=1/(ky+√(ky<sup>2</sup>-λrel,y<sup>2</sup>))=0.812

kz=0.5[1+βc(λrel,z-0.3)+λrel,z<sup>2</sup>]= 0.89, Kcz=1/(kz+√(kz<sup>2</sup>-λrel,z<sup>2</sup>))=0.812

σc0d/(Kcy·fc0d,fi)+σmyd/fmyd,fi+Km.σmzd/fmzd,fi=0.509+0.069+0.000= 0.58 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

σc0d/(Kcz·fc0d,fi)+Km.σmyd/fmyd,fi+σmzd/fmzd,fi=0.509+0.049+0.000= 0.56 < 1 (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 42. ΥΠΟΣΤ-174

**ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, λυγισμός με κάμψη**

(EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

**42.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων** (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

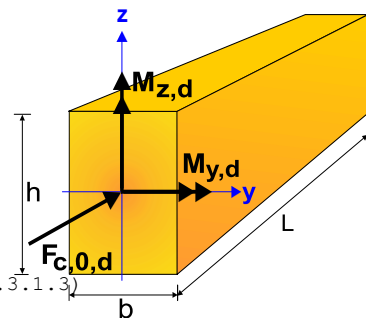
**Ιδιότητες υλικών** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας <=12% (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού γM=1.30 (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας : Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)





### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{\text{netto}}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z,\text{netto}}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{\text{mod}}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{\text{mod}} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 20.00 / 1.30 = 12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{\text{mod}} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.80 \times 22.00 / 1.30 = 13.54\text{N/mm}^2$

### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-399.600\text{kN}$ ,  $M_{yd}=4.280\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{\text{netto}}=1000 \times 399.600 / 52900 = 7.55\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 4.280 / 2.028\text{E}+006 = 2.11\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,\text{netto}}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.028\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$

### Μήκη λυγισμού

$S_{ky}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

$S_{kz}=1.00 \times 2.800 = 2.800\text{ m} = 2800\text{ mm}$

### Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$

$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 230 = 66\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$

### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c,\text{crit}y} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}y}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.21)

$\sigma_{c,\text{crit}z} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,\text{crit}z}} = 0.74$  (EN1995-1-1, Εξ.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}y}^2] = 0.82$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel}y}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}z}^2] = 0.82$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel}z}^2}) = 0.859$  (Εξ.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.714 + 0.156 + 0.000 = 0.87 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.714 + 0.109 + 0.000 = 0.82 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 87%

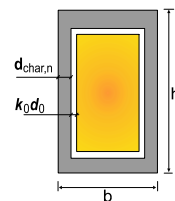
### 42.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα  $\text{density } 340\text{kg/m}^3$

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80\text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{char},n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16\text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $d_{\text{ef}} = d_{\text{char},n} + k_o \cdot d_o$ ,  $d_o = 7\text{mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20\text{ min}$ ,  $k_o = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$d_{\text{ef}} = 16 + 1.00 \times 7 = 23\text{ mm}$ , απομένουσας διατομή  $B_{\text{fxHf}} = 184 \times 184\text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{\text{mod},fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M,fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f=184\text{mm}$ ,  $h_f=184\text{mm}$ ,  $A=3.386\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=1.038\text{E}+006\text{mm}^3$   
 $f_{c0k}=20.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k}/\gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 20.00/1.00=25.00\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{myk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{myd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{myk}/\gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00/1.00=27.50\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.1)  
 $f_{mzk}=22.00\text{N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk}/\gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 22.00/1.00=27.50\text{N/mm}^2$   
 $E_{005}=6700\text{N/mm}^2$ ,  $E_{005}, f_i=K_{mod}, f_i \cdot K_{fi} \cdot E_{005}/\gamma_M, f_i=1.00 \times 1.25 \times 6700/1.00=8375\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-2, Εξ.2.2)

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000 \times 399.600/33856=11.80\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my}, netto=1\text{E}+06 \times 4.280/1.038\text{E}+006=4.12\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz}, netto=1\text{E}+06 \times 0.000/1.038\text{E}+006=0.00\text{ N/mm}^2$

#### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$S_{ky}=1.00 \times 2.800=2.800\text{ m}=2800\text{ mm}$ ,  $S_{kz}=1.00 \times 2.800=2.800\text{ m}=2800\text{ mm}$

#### Λυγηρότητες

$i_y=\sqrt{(I_y/A)}=0.289 \times 184=53\text{ mm}$ ,  $\lambda_y=2800/53=52.83$   
 $i_z=\sqrt{(I_z/A)}=0.289 \times 184=53\text{ mm}$ ,  $\lambda_z=2800/53=52.83$

#### Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{c, crity}=\pi^2 E_{005}/\lambda_y^2=29.62\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, y}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i/\sigma_{c, crity})}=0.82$   
 $\sigma_{c, critz}=\pi^2 E_{005}/\lambda_z^2=29.62\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, z}=\sqrt{(f_{c0d}, f_i/\sigma_{c, critz})}=0.82$

$\beta_c=0.20$  (φυσικό ξύλο)

$k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, y}-0.3)+\lambda_{rel, y}^2]=0.89$ ,  $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel, y}^2)})=0.812$   
 $k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel, z}-0.3)+\lambda_{rel, z}^2]=0.89$ ,  $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{(k_z^2-\lambda_{rel, z}^2)})=0.812$

$\sigma_{c0d}/(K_{cy} \cdot f_{c0d}, f_i)+\sigma_{myd}/f_{myd}, f_i+K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd}, f_i=0.581+0.150+0.000=0.73 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.23)

$\sigma_{c0d}/(K_{cz} \cdot f_{c0d}, f_i)+K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd}, f_i+\sigma_{mzd}/f_{mzd}, f_i=0.581+0.105+0.000=0.69 < 1$  (EN1995-1-1, Εξ.6.24)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

## 43. ΥΠΟΣΤ-175

### ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΕΝΤΑΣΗ, Λυγισμός με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

#### 43.1. Σχεδιασμός έναντι δομικών φορτίων (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

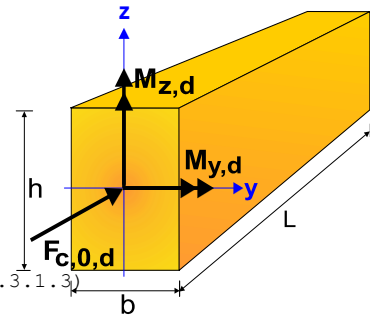
Ιδιότητες υλικών (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας: Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (§2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

Κλάσεις διάρκειας: Μεσοχρόνια (Πίνακας 2.1)



#### Στοιχεία διατομής

Ορθογωνική διατομή,  $b=230\text{mm}$ ,  $h=230\text{mm}$ ,  $A=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

Μείωση διατομής ξύλου 0.00%,  $dA=0.000\text{E}+000\text{mm}^2$ ,  $dW_y=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$ ,  $dW_z=0.000\text{E}+000\text{mm}^3$

Ενεργή διατομή  $A_{netto}=5.290\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_{y, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$ ,  $W_{z, netto}=2.028\text{E}+006\text{mm}^3$

#### Χαρακτηριστικές τιμές υλικού

Τροποποιητικός συντελεστής  $K_{mod}=0.80$  (EC5 Πιν.3.1)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

$E_{005}=6700\text{MPa}$

$f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k}/\gamma_M=0.80 \times 20.00/1.30=12.31\text{N/mm}^2$  (EN1995-1-1, Εξ.2.14)

$f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk}/\gamma_M=0.80 \times 22.00/1.30=13.54\text{N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk}/\gamma_M=0.80 \times 22.00/1.30=13.54\text{N/mm}^2$

#### Φορτία διατομής

$F_{c0d}=-431.550\text{kN}$ ,  $M_{yd}=4.680\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 431.550 / 52900 = 8.16 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 4.680 / 2.028 \times 10^6 = 2.31 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 2.028 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 66 = 42.42$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 230 = 66 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 66 = 42.42$$

### Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_{c, crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, crity})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.21)}$$

$$\sigma_{c, critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 36.75 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c, critz})} = 0.74 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.22)}$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, y} - 0.3) + \lambda_{rel, y}^2] = 0.82, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel, y}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.27 6.25)}$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel, z} - 0.3) + \lambda_{rel, z}^2] = 0.82, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel, z}^2)}) = 0.859 \text{ (Εξ.6.28 6.26)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.772 + 0.170 + 0.000 = 0.94 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.772 + 0.119 + 0.000 = 0.89 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ποσοστό εκμετάλλευσης διατομής = 94%

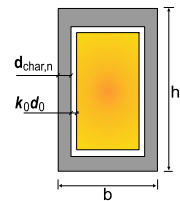
### 43.2. Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς (EC5 EN1995-1-2:2004)

Εκθεση σε πρότυπη πυρκαγιά για 20 λεπτά.

Συμπαγές ξύλο C22 με χαρακτηριστική πυκνότητα density 340 kg/m<sup>3</sup>

Η ταχύτητα απανθράκωσης είναι  $\beta_n = 0.80 \text{ mm/min}$  (EN1995-1-2, Πιν. 3.1)

Βάθος απανθράκωσης  $d_{char, n} = \beta_n \cdot t = 0.80 \times 20 = 16 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.3.2)



### Σχεδιασμός βασιζόμενος στη μέθοδο απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §4.2.2)

Ενεργό βάθος απανθράκωσης  $def = d_{char, n} + k_0 \cdot d_0$ ,  $d_0 = 7 \text{ mm}$  (EN1995-1-2, Εξ.4.1)

Για μη προστατευμένες επιφάνειες και  $t \geq 20 \text{ min}$ ,  $k_0 = 1.00$ , (EN1995-1-2, Πιν. 4.1)

$def = 16 + 1.00 \times 7 = 23 \text{ mm}$ , απομένοσθα διατομή  $B_f \times H_f = 184 \times 184 \text{ mm}$

### Έλεγχος αντοχής απομένουσας διατομής (EC5 EN1995-1-2:2004, §2.3)

$K_{mod, fi} = 1.00$ , (EN1995-1-2, §4.2.2 (5)),  $\gamma_{M, fi} = 1.00$  (§2.3 N. 2)

Συντελεστής για 20% απομένουσας αντοχής  $k_{fi} = 1.25$  (EN1995-1-2, Πίνακας 2.1)

### Έλεγχος Λυγισμού με κάμψη (EC5 EN1995-1-1:2009, §6.3.2)

Ορθογωνική διατομή,  $b_f = 184 \text{ mm}$ ,  $h_f = 184 \text{ mm}$ ,  $A = 3.386 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 1.038 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$$f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{c0k} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 20.00 / 1.00 = 25.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{myk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.1)}$$

$$f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot f_{mzk} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 22.00 / 1.00 = 27.50 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{005} = 6700 \text{ N/mm}^2, E_{005, fi} = K_{mod, fi} \cdot K_{fi} \cdot E_{005} / \gamma_{M, fi} = 1.00 \times 1.25 \times 6700 / 1.00 = 8375 \text{ N/mm}^2 \text{ (EN1995-1-2, Εξ.2.2)}$$

$$\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 431.550 / 33856 = 12.75 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1 \times 10^6 \times 4.680 / 1.038 \times 10^6 = 4.51 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 1.038 \times 10^6 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

### Μήκη Λυγισμού $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}, S_{kz} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$$

### Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_y = 2800 / 53 = 52.83$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0.289 \times 184 = 53 \text{ mm}, \lambda_z = 2800 / 53 = 52.83$$

Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_{c,crity} = \pi^2 E 005 / \lambda y^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,y} = \sqrt{(f_{c0d,fi} / \sigma_{c,crity})} = 0.82$$

$$\sigma_{c,critz} = \pi^2 E 005 / \lambda z^2 = 29.62 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,z} = \sqrt{(f_{c0d,fi} / \sigma_{c,critz})} = 0.82$$

$\beta_c = 0.20$  (φυσικό ξύλο)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.89, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)}) = 0.812$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.89, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)}) = 0.812$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d,fi}) + \sigma_{myd} / f_{myd,fi} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd,fi} = 0.628 + 0.164 + 0.000 = 0.79 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.23)}$$

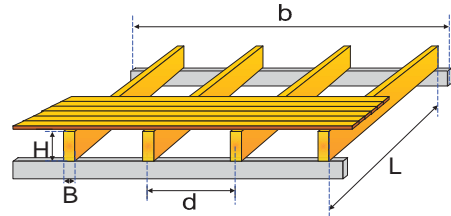
$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d,fi}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd,fi} + \sigma_{mzd} / f_{mzd,fi} = 0.628 + 0.115 + 0.000 = 0.74 < 1 \text{ (EN1995-1-1, Εξ.6.24)}$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

---

## 1. ΔΑΠΕ.-001

Δάπεδο ενός ανοίγματος



## 2. Τεχνική Περιγραφή, παραδοχές, υλικά φορτία

### 2.1. Τρόπος Κατασκευής

Εύλινο δάπεδο, από ξυλεία C24

Απόσταση μεταξύ δοκών πατώματος 0.400m, ελεύθερο άνοιγμα δοκών 4.000m

Διατομή δοκών πατώματος BxH=70mmx220mm. Πάχος πατώματος 15mm

### 2.2. Κανονισμοί

EN1990:2002 Δράσεις

EN1991-1-1:2002 Φορτία κατασκευής

EN1995-1-1:2009 Εύλινες κατασκευές

### 2.3. Μέθοδος υπολογισμού

Υπολογίζονται οι εσωτερικές δυνάμεις στα άκρα και στο μέσον των δοκών του πατώματος, καθώς και τα ελαστικά βέλη κάμψης, για όλους τους συνδυασμούς φορτίσεων σύμφωνα με τον Ευρ. 1 και Ευρ. 5, και γίνονται όλοι οι έλεγχοι φέρουσας ικανότητας (EC5 EN1995-1-1:2009, §6). Ελέγχονται επίσης τα βέλη σε κατάσταση λειτουργικότητας EC5 EN1995-1-1:2009, §7.2, καθώς και οι ταλαντώσεις σύμφωνα με (EC5 EN1995-1-1:2009, §7.3.3)

### 2.4. Ιδιότητες υλικών (ξυλεία) (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C24

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας  $\leq 12\%$  (EC5 §2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (EC5 Πιν. 2.3)

#### Χαρακτηριστικές ιδιότητες ξυλείας

$f_{mk} = 24.0$  MPa,  $f_{t0k} = 14.0$  MPa,  $f_{t90k} = 0.4$  MPa

$f_{c0k} = 21.0$  MPa,  $f_{c90k} = 5.3$  MPa,  $f_{vk} = 2.5$  MPa

$E_{0m} = 11000$  MPa,  $E_{005} = 7400$  MPa,  $E_{90m} = 370$  MPa

$G_m = 690$  MPa,  $\rho_k = 350$  Kg/m<sup>3</sup>

### 2.5. Κατανεμημένα φορτία δαπέδου

Επικάλυψη δαπέδου  $G_e = 1.000$  kN/m<sup>2</sup>

Ίδιο βάρος (μόνωση-δοκοί)  $G_w = 0.100$  kN/m<sup>2</sup>

Οροφή κάτω επιφάνειας  $G_c = 0.300$  kN/m<sup>2</sup>

Σύνολο μονίμων φορτίων  $G_e + G_w + G_c = G_s = 1.400$  kN/m<sup>2</sup>

Κινητό φορτίο δαπέδου  $Q_f = 5.000$  kN/m<sup>2</sup>

### 2.6. Φορτία ανά m δοκού δαπέδου

Μόνιμο φορτίο  $G_k = 0.400 \times 1.400 = 0.560$  kN/m

Κινητό φορτίο  $Q_k = 0.400 \times 5.000 = 2.000$  kN/m

### 2.7. Στοιχεία διατομής δοκών δαπέδου

Διατομή BxH=70mmx220mm,  $A=1.540E+004$ mm<sup>2</sup>,  $I=1.016E+008$ mm<sup>4</sup>,  $W=5.647E+005$ mm<sup>3</sup>

## 3. Εντατικά μεγέθη δοκού (L=4.000m)

Μόνιμο φορτία  $G_k = 0.560$  kN/m,  $\max V = 1.12$  kN,  $\max M = 1.12$  kNm,  $\max \Delta = 1.80$  mm

Κινητό φορτία  $Q_k = 2.000$  kN/m,  $\max V = 4.00$  kN,  $\max M = 4.00$  kNm,  $\max \Delta = 6.42$  mm

#### 4. Έλεγχος Οριακής Κατάστασης Λειτουργικότητας (EC5 EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)

##### Έλεγχος βέλους κάμψης στο μέσο της δοκού (EC5 §7.2)

Φόρτιση [kN/m]	u[mm]	Δράση	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	kdef
( G) Μόνιμο Gk = 0.560	1.797	Μόνιμη	1.00	1.00	1.00	0.60
( Qf) Κινητό Qk = 2.000	6.419	Μεσοχρόνια	0.70	0.50	0.30	0.60

Συνδυασμός φόρτισης	w.inst	w.fin [mm]
1 G	1.797	2.876
2 Q1	6.419	7.575
3 G + Q1	8.216	10.450

w.fin,g=w.inst,g(1+kdef), w.fin,q=w.inst,q(1+ $\psi_2$ ·kdef) (EC5 §2.2.3, Εξ.2.3, Εξ.2.4)

##### Μέγιστες τιμές βελών

w.inst = 8.216 mm, w.fin = 10.450 mm

##### Έλεγχος σύμφωνα με EC5 EN1995-1-1:2009 §7.2, Πιν.7.2

###### Έλεγχος τελικού βέλους κάμψης

w.inst = 8.216 mm < L/300=4000/300= 13.333 mm

w.net,fin = 10.450 mm < L/250=4000/250= 16.000 mm

w.fin = 10.450 mm < L/200=4000/200= 20.000 mm

Ο έλεγχος ικανοποιείται

#### 5. Ταλαντώσεις (EC5 EN1995-1-1:2009, §7.3.3)

Θεμελιώδης ιδιοσυχνότητα πατώματος  $f=(3.14/2L^2)\sqrt{(EI/M)}$  (EC5 EN1995-1-1:2009 §7.3.3)

L=4.000 m, E=1.100E+010 N/m<sup>2</sup>, I=1.016E-004 m<sup>4</sup>, M=57.08 kg, f=13.73 Hz

f=13.73 Hz > 8 Hz. Η θεμελιώδης ιδιοσυχνότητα είναι αποδεκτή

w/F=0.40x0.0208xL<sup>3</sup>/EI=0.477 <= a=1.0mm/kN, L=4.000m (EC5 Eq.7.3)

(EI)l/(EI)b=56, b/l=6.00/4.00=1.50, n40=6.77 (EC5 Εξ.7.7)

v=4x(0.4+0.6x6.77)/(57.08x6.00x4.00+200)=0.011 (EC5 Εξ.7.6)

ζ=0.01, vlim=120<sup>(13.73x0.01-1)</sup>=0.016, v=0.011<=0.016=vlim, a=1.0mm/kN, b=120m/Ns<sup>2</sup> (EC5 Eq.7.4)

Οι απαιτήσεις EN 1995 §7.3.3 για πατώματα κατοικιών ικανοποιούνται

#### 6. Έλεγχος Οριακής Κατάστασης Αστοχίας (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

Φόρτιση [kN/m]	Δράση	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_0$
( G) Μόνιμο Gk = 0.560	Μόνιμη	1.35	0.00	1.00
( Qf) Κινητό Qk = 2.000	Μεσοχρόνια	0.00	1.50	0.70

Σ.Φ.	Συνδυασμός φόρτισης	Ved	Med	Κλάση διάρκειας	kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	$\gamma_g \cdot G$	1.512	1.512	Μόνιμη	0.60	2.520	2.520
2	$\gamma_g \cdot G + \gamma_q \cdot Qf$	7.512	7.512	Μεσοχρόνια	0.80	9.390	9.390
	Μέγιστες τιμές					9.390	9.390

Συνδυασμός φόρτισης 2,  $\gamma_g \cdot G + \gamma_q \cdot Qf$  (Μέγιστες τιμές)

##### Έλεγχος διάτμησης, Fv=7.512 kN (EC5 §6.1.7)

Ορθογωνική διατομή, bef=0.67x70=47 mm, h=220 mm, A= 10 340 mm<sup>2</sup>

Τροποποιητικός συντελεστής Kmod=0.80 (Πιν.3.1), Συντελεστής ασφαλ. υλικού  $\gamma_M=1.30$  (Πιν. 2.3)

fvk=2.50 N/mm<sup>2</sup>, fvd=Kmod·fvk/ $\gamma_M=0.80 \times 2.50 / 1.30=1.54$ N/mm<sup>2</sup> (EC5 Εξ.2.14)

Fv=7.512 kN,  $\tau_{0d}=1.50Fv_{0d}/A_{netto}=1000 \times 1.50 \times 7.512 / 10340=1.09$ N/mm<sup>2</sup> < 1.54N/mm<sup>2</sup>=fv0d (Εξ.6.13)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

**Έλεγχος κάμψης, Myd=7.512 kNm, Mzd=0.000 kNm (EC5 §6.1.6)**

Ορθογωνική διατομή, b=70mm, h=220mm, A=1.540E+004mm<sup>2</sup>, Wy=5.647E+005mm<sup>3</sup>, Wz=1.797E+005mm<sup>3</sup>  
 Τροποποιητικός συντελεστής Kmod=0.80 (Πιν.3.1), Συντελεστής ασφαλ. υλικού γM=1.30 (Πιν. 2.3)  
 f<sub>yk</sub>=24.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>myd</sub>=Kmod·f<sub>yk</sub>/γM=0.80x24.00/1.30=14.77N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>zk</sub>=24.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>mzd</sub>=Kmod·f<sub>zk</sub>/γM=0.80x24.00/1.30=14.77N/mm<sup>2</sup>

Ορθογωνική διατομή Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σ<sub>myd</sub>=Myd/W<sub>my</sub>,netto=1E+06x7.512/5.647E+005=13.30 N/mm<sup>2</sup>

σ<sub>mzd</sub>=Mzd/W<sub>mz</sub>,netto=1E+06x0.000/1.797E+005= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

σ<sub>myd</sub>/f<sub>myd</sub>+K<sub>m</sub>.σ<sub>mzd</sub>/f<sub>mzd</sub>=0.901+0.000= 0.90 < 1 (EC5 Εξ.6.11)

K<sub>m</sub>.σ<sub>myd</sub>/f<sub>myd</sub>+σ<sub>mzd</sub>/f<sub>mzd</sub>=0.631+0.000= 0.63 < 1 (EC5 Εξ.6.12)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

**Έλεγχος κάμψης δοκών με κύρτωση, Myd=7.512 kNm, Mzd=0.000 kNm (EC5 §6.3.3)**

Ορθογωνική διατομή, b=70mm, h=220mm, A=1.540E+004mm<sup>2</sup>, Wy=5.647E+005mm<sup>3</sup>, Wz=1.797E+005mm<sup>3</sup>  
 Τροποποιητικός συντελεστής Kmod=0.80 (Πιν.3.1), Συντελεστής ασφαλ. υλικού γM=1.30 (Πιν. 2.3)  
 f<sub>c0k</sub>=21.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>c0d</sub>=Kmod·f<sub>c0k</sub>/γM=0.80x21.00/1.30=12.92N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>yk</sub>=24.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>myd</sub>=Kmod·f<sub>yk</sub>/γM=0.80x24.00/1.30=14.77N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>zk</sub>=24.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>mzd</sub>=Kmod·f<sub>zk</sub>/γM=0.80x24.00/1.30=14.77N/mm<sup>2</sup>

Ορθογωνική διατομή Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σ<sub>myd</sub>=Myd/W<sub>my</sub>,netto=1E+06x7.512/5.647E+005=13.30 N/mm<sup>2</sup>

σ<sub>mzd</sub>=Mzd/W<sub>mz</sub>,netto=1E+06x0.000/1.797E+005= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

Μήκη λυγισμού

Sk<sub>y</sub>= 1.00x4.000=4.000 m= 4000 mm

Sk<sub>z</sub>= 0.10x4.000=0.400 m= 400 mm

Λυγηρότητες

i<sub>y</sub>=√(I<sub>y</sub>/A)=0.289x 220= 64 mm, λ<sub>y</sub>= 4000/ 64= 62.50

i<sub>z</sub>=√(I<sub>z</sub>/A)=0.289x 70= 20 mm, λ<sub>z</sub>= 400/ 20= 20.00

σ<sub>m,crit</sub>=0.78·b<sup>2</sup>·E005/(h·I<sub>ef</sub>)=0.78x70<sup>2</sup>x 7400/(220x3600)= 35.71N/mm<sup>2</sup> (EC5 Εξ.6.32)

σ<sub>m,crit</sub>=0.78·b<sup>2</sup>·E005/(h·I<sub>ef</sub>)=0.78x220<sup>2</sup>x 7400/(70x400)=9977.31N/mm<sup>2</sup> (EC5 Εξ.6.32)

Κρίσιμες τάσεις

σ<sub>m,crity</sub>= 35.71 N/mm<sup>2</sup>, λ<sub>rel,my</sub>=√(f<sub>yk</sub>/σ<sub>m,crity</sub>)= 0.82 (EC5 Εξ.6.30)

σ<sub>m,critz</sub>= 9977.31 N/mm<sup>2</sup>, λ<sub>rel,mz</sub>=√(f<sub>mzk</sub>/σ<sub>m,critz</sub>)= 0.05 (EC5 Εξ.6.30)

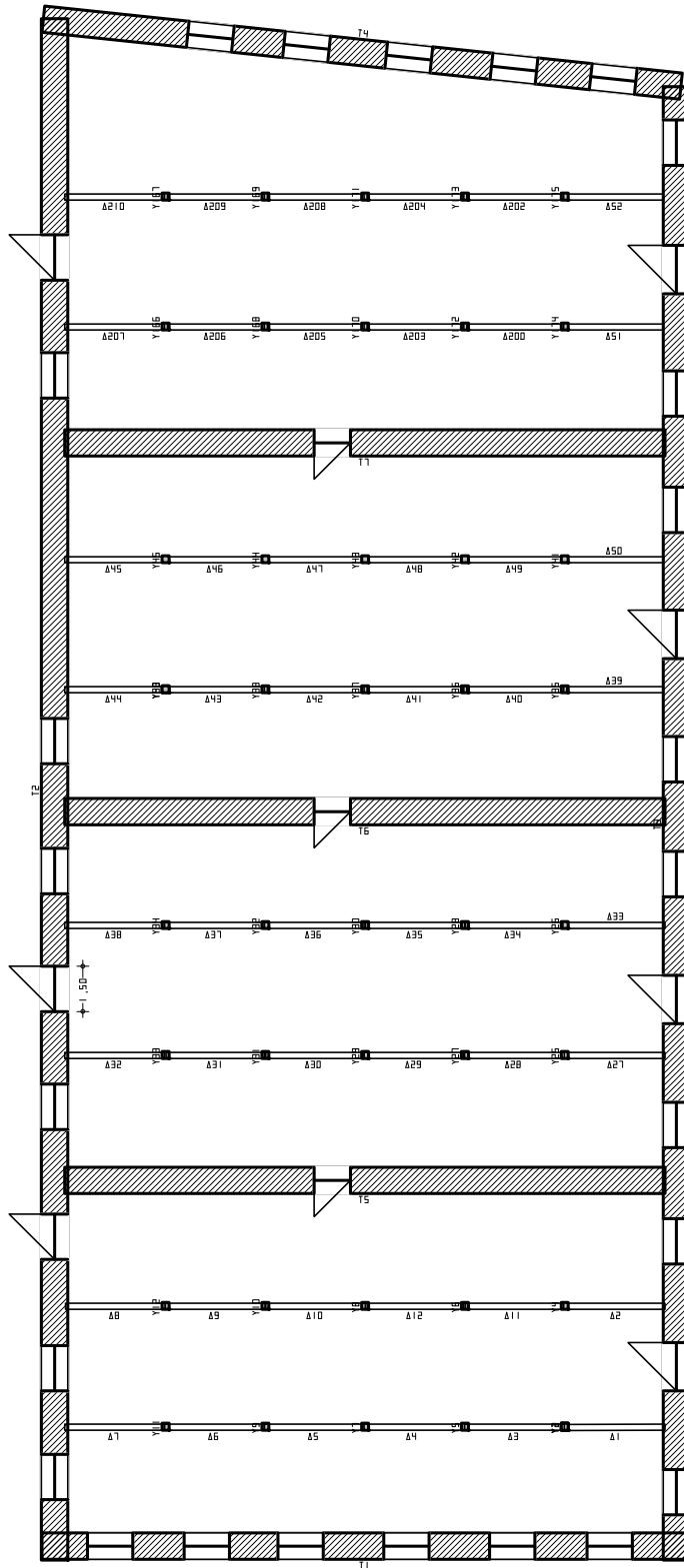
λ<sub>rel,my</sub>=0.82, (0.75<λ<sub>rel</sub><=1.40, K<sub>crit</sub>=1.56-0.75λ<sub>relm</sub>), K<sub>crity</sub>=0.95 (EC5 Εξ.6.34)

λ<sub>rel,mz</sub>=0.05, (λ<sub>rel</sub><=0.75), K<sub>critz</sub>=1.00 (EC5 Εξ.6.34)

σ<sub>myd</sub>/(K<sub>crity</sub>·f<sub>myd</sub>)+K<sub>m</sub>.σ<sub>mzd</sub>/(K<sub>critz</sub>·f<sub>mzd</sub>)=0.953+0.000= 0.95 < 1 (EC5 Εξ.6.33)

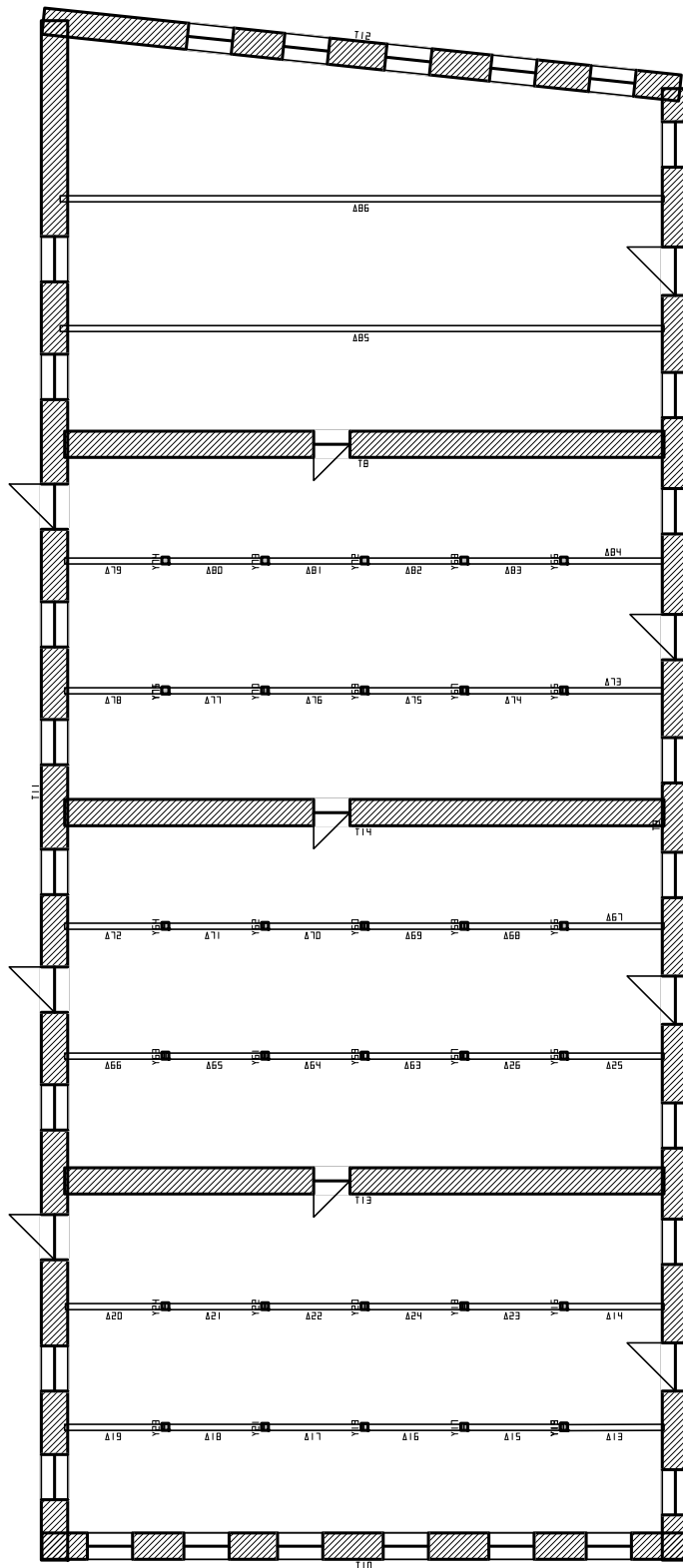
K<sub>m</sub>.σ<sub>myd</sub>/(K<sub>crity</sub>·f<sub>myd</sub>)+σ<sub>mzd</sub>/(K<sub>critz</sub>·f<sub>mzd</sub>)=0.667+0.000= 0.67 < 1 (EC5 Εξ.6.33)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

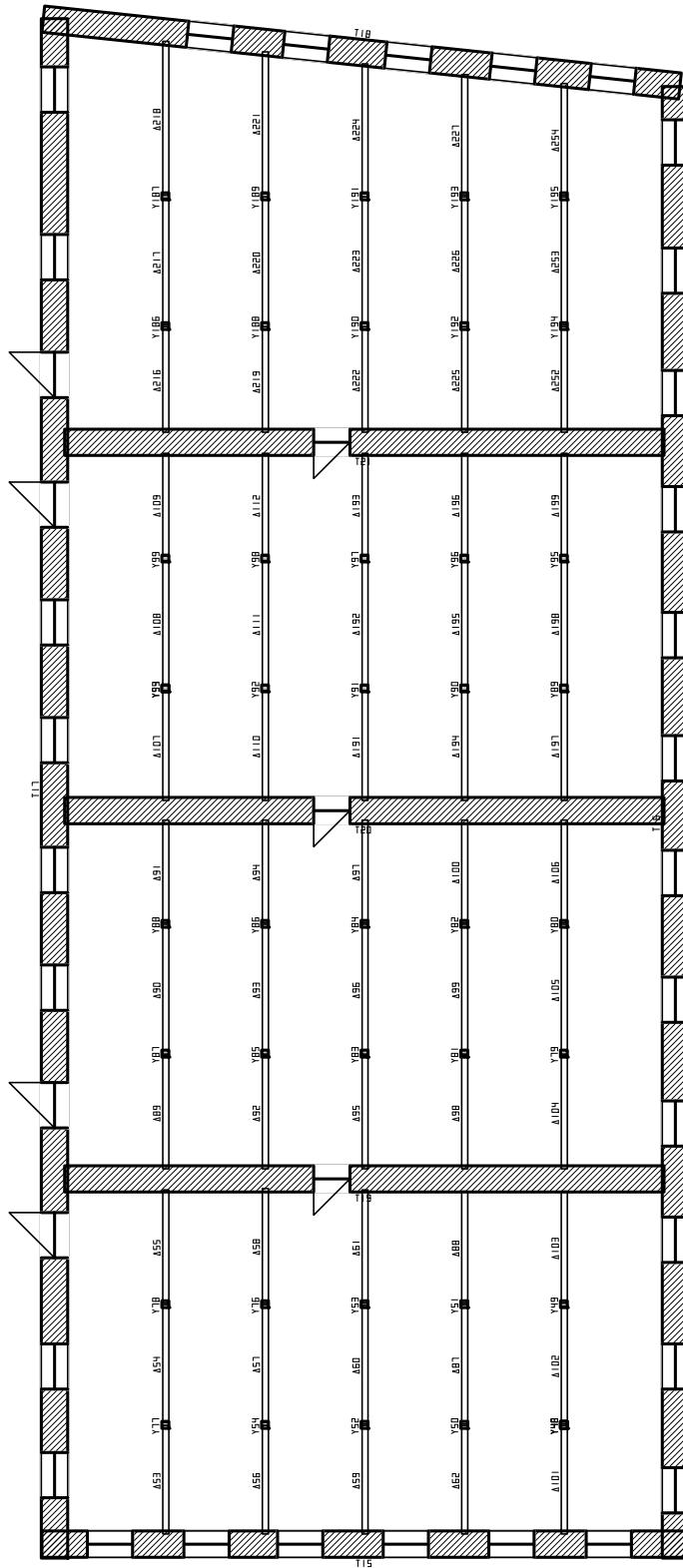


ΘΕΣΗ	ΚΑΣΣΑΝΔΡΟΥ - ΑΒΕΡΩΦ	ΘΕΜΑ	Κάτοψη Ισόγειου
ΕΡΓΟ	ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΚΑΠΝΑΠΟΘΗΚΗΣ	ΚΛΙΜΑΚΑ	1:250
ΜΕΛΕΤΗ	ΜΑΥΡΙΔΗΣ ΘΩΜΑΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	06/12/2018

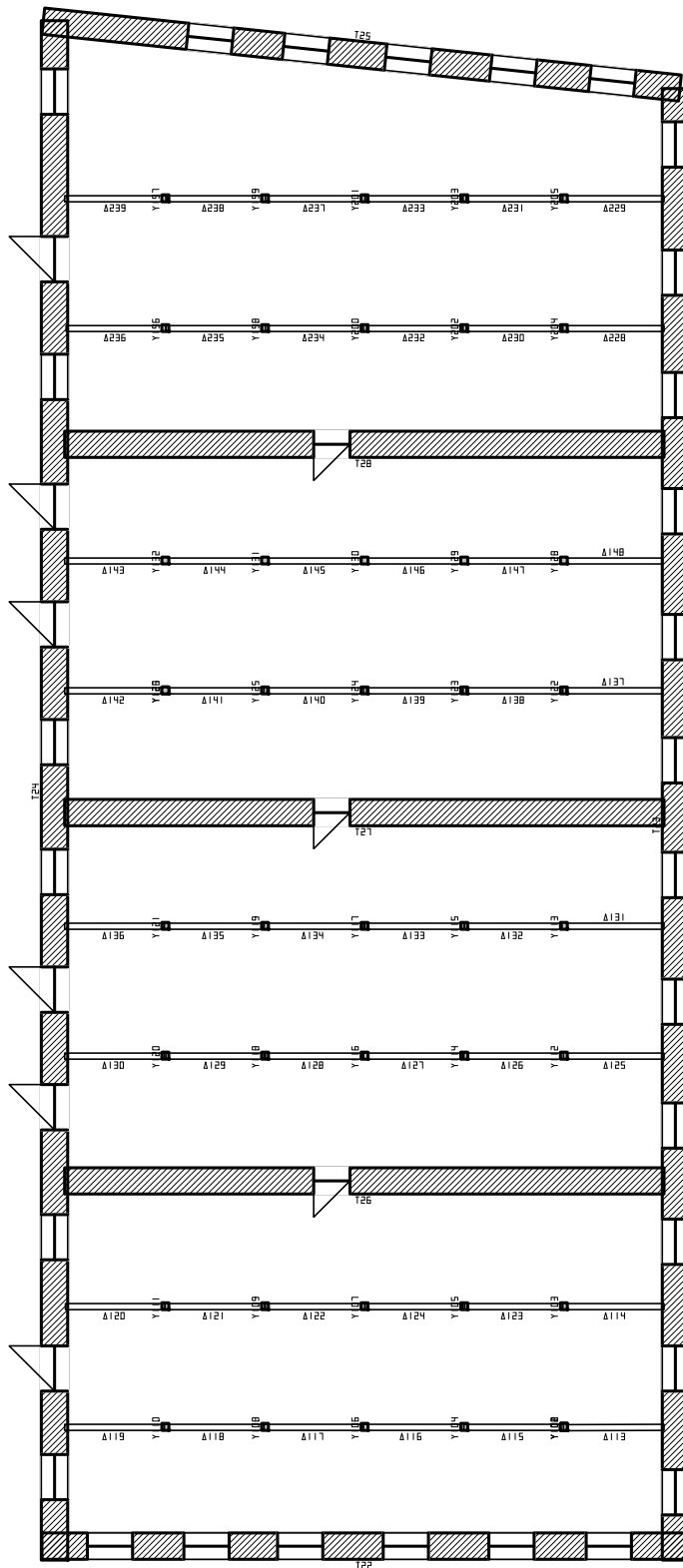




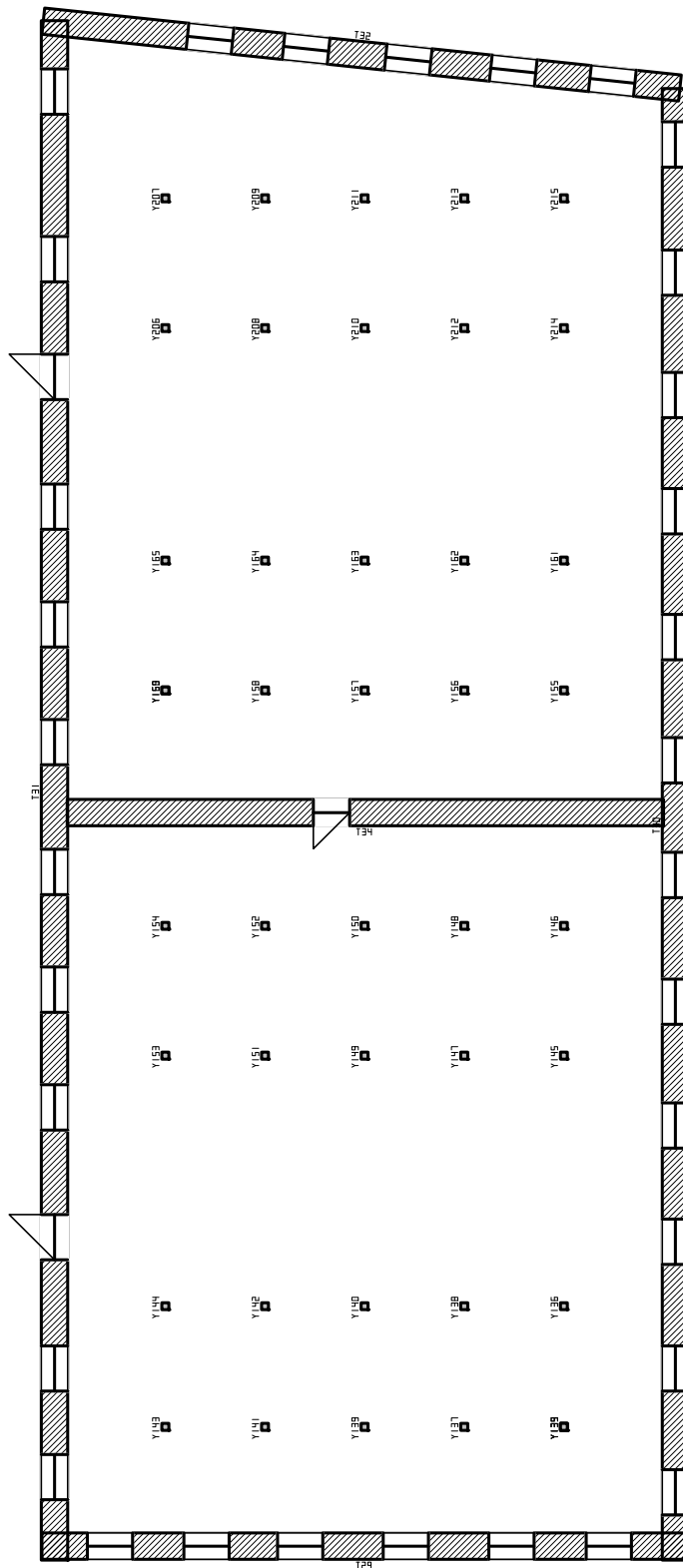
ΘΕΣΗ	ΚΑΣΣΑΝΔΡΟΥ - ΑΒΕΡΩΦ	ΘΕΜΑ	Κάτοψη 1ου Ορόφου
ΕΡΓΟ	ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΚΑΠΝΑΠΟΘΗΚΗΣ	ΚΛΙΜΑΚΑ	1:250
ΜΕΛΕΤΗ	ΜΑΥΡΙΔΗΣ ΘΩΜΑΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	06/12/2018



ΘΕΣΗ	ΚΑΣΣΑΝΔΡΟΥ - ΑΒΕΡΩΦ	ΘΕΜΑ	Κάτοψη 2ου Ορόφου
ΕΡΓΟ	ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΚΑΠΝΑΠΟΘΗΚΗΣ	ΚΛΙΜΑΚΑ	1:250
ΜΕΛΕΤΗ	ΜΑΥΡΙΔΗΣ ΘΩΜΑΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	06/12/2018



ΘΕΣΗ	ΚΑΣΣΑΝΔΡΟΥ - ΑΒΕΡΩΦ	ΘΕΜΑ	Κάτοψη 3ου Ορόφου
ΕΡΓΟ	ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΚΑΠΝΑΠΟΘΗΚΗΣ	ΚΛΙΜΑΚΑ	1:250
ΜΕΛΕΤΗ	ΜΑΥΡΙΔΗΣ ΘΩΜΑΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	06/12/2018



ΘΕΣΗ	ΚΑΣΣΑΝΔΡΟΥ - ΑΒΕΡΩΦ	ΘΕΜΑ	Κατόψη 4ου Ορόφου
ΕΡΓΟ	ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΚΑΠΝΑΠΟΘΗΚΗΣ	ΚΛΙΜΑΚΑ	1:250
ΜΕΛΕΤΗ	ΜΑΥΡΙΔΗΣ ΘΩΜΑΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	06/12/2018