

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

*Παναγιώτου Μάγδα*

Λεμεσός 2011



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

Παναγιώτου Μάγδα

Επιβλέπων καθηγητής: κος Δημήτρης Ανδρέου

Λεμεσός 2011

## **Πνευματικά δικαιώματα**

Copyright © Παναγιώτου Μάγδα, 2011

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας μου κύριο Δημήτρη Ανδρέου, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου αυτή την εργασία, για την καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκειά της και κυρίως για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα ενδιαφέρον αντικείμενο.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή εργασία έχει ως θέμα το στατικό και αντισεισμικό σχεδιασμό εξώροφης πολυκατοικίας, σύμφωνα με τους ευρωκώδικες, καθώς και με τους αγγλικούς κανονισμούς. Για την διεκπεραίωση της πτυχιακής εργασίας, εργάστηκα κυρίως με τον ευρωκώδικα 2, ο οποίος περιέχει κανονισμούς για τον σχεδιασμό κατασκευών από σκυρόδεμα και με τον ευρωκώδικα 8, ο οποίος περιέχει προβλέψεις για την αντοχή των κατασκευών σε συνθήκες σεισμού. Η πτυχιακή εργασία αποτελείται από το θεωρητικό μέρος που σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος-μπετόν και του οπλισμού-χάλυβα, το υπολογιστικό μέρος που σχετίζεται με το στατικό σχεδιασμό των στοιχείων της κατασκευής και το σχεδιαστικό μέρος όπου παρουσιάζονται οι κατασκευάστηκες λεπτομέρειες των στοιχείων. Γενικός στόχος της εργασίας αυτής, ήταν ο σχεδιασμός της στατικής μελέτης κτιρίου με τους ευρωκώδικες. Ως κύριο συμπέρασμα της πτυχιακής εργασίας είναι ότι η εμπειρία και η διαβίου μάθηση είναι το πιο σπουδαιότερο και απαραίτητο εργαλείο για τον πολιτικό μηχανικό.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	iii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΕΔΙΩΝ .....	vi
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	viii
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ.....	xi
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	xii
1 Θεωρητικό υπόβαθρο.....	1
1.1 Σκυρόδεμα.....	1
1.1.1 Ιδιότητες .....	1
1.1.2 Πλεονεκτήματα Σκυροδέματος σε σχέση με το Δομικό Χάλυβα .....	2
1.1.3 Συνεργασία Χάλυβα και Σκυροδέματος .....	2
1.2 Δομικός Χάλυβας .....	3
1.2.1 Ιδιότητες .....	3
1.2.2 Πλεονεκτήματα δομικού χάλυβα .....	3
1.3 Οριακές Καταστάσεις .....	4
1.3.1 Οριακή κατάσταση αστοχίας .....	5
1.3.2 Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας.....	5
1.4 Ευρωκώδικες.....	5
2 Παραδοχές Σχεδιασμού .....	8
2.1 Περιγραφή κτιρίου .....	8
2.2 Σχεδιαστικοί/Χαρακτηριστικοί παράμετροι .....	9
3 Πλάκες .....	10
4 Δοκοί.....	17
5 Υποστυλώματα .....	27
6 Τοιχώματα.....	34
7 Θεμέλια .....	39
8 Σχέδια – Κατασκευάστρες Λεπτομέρειες.....	46
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	56
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	58
1. Παραδοχές Σχεδιασμού.....	58

2.	Διαστασιολόγηση Πλάκας .....	60
3.	Διαστασιολόγηση Δοκών .....	70
4.	Έλεγχος Διάτμησης (Τέμνουσα) .....	78
5.	Συνδυασμός Δράσεων .....	84



## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

Πίνακας 1: Ευρωκώδικες .....	6
Πίνακας 2: Παράμετροι Σχεδιασμού.....	9

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Σχηματικό διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων σκυροδέματος ή οπλισμένου σκυροδέματος ( $\epsilon$ =θλίψη, $t$ = εφελκυσμός).....	1
Διάγραμμα 2: Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων χάλυβα .....	3
Διάγραμμα 3: Ευρωκώδικες .....	7
Διάγραμμα 4: Μορφή κτιρίου .....	8

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

$A$	Τυχαία δράση ή Εμβαδόν διατομής
$A_c$	Εμβαδόν διατομής σκυροδέματος
$A_s$	Εμβαδόν διατομής οπλισμού
$A_{s,min}$	Ελάχιστο εμβαδόν διατομής οπλισμού
$A_{sw}$	Εμβαδόν διατομής οπλισμού διάτμησης
$E$	Εντατικό μέγεθος
$E_{c,eff}$	Ισοδύναμο μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος
$E_{cd}$	Τιμή σχεδιασμού του μέτρου ελαστικότητας του σκυροδέματος
$E_{cm}$	Επιβατικό μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος
$E_s$	Τιμή σχεδιασμού του μέτρου ελαστικότητας του χάλυβα του οπλισμού
$F$	Δράση / Δύναμη
$F_d$	Τιμή σχεδιασμού μιας δράσης
$F_k$	Χαρακτηριστική τιμή δράσης
$G_k$	Χαρακτηριστική τιμή μόνιμης δράσης
$I$	Ροπή αδρανείας διατομής σκυροδέματος
$L$	Μήκος
$M$	Ροπή κάμψης
$M_{Ed}$	Τιμή σχεδιασμού της δρώσας (στη διατομή) ροπής κάμψης
$N$	Αξονική δύναμη
$N_{Ed}$	Τιμή σχεδιασμού της δρώσας αξονικής δύναμης (εφελκυστικής ή θλιπτικής)
$Q_k$	Χαρακτηριστική τιμή μεταβλητής δράσης
$V$	Τέμνουσα δύναμη
$V_{Ed}$	Τιμή σχεδιασμού της δρώσας τέμνουσας (δύναμης)

### Λατινικά πεζά

$b$	Συνολικό πλάτος διατομής, ή το πραγματικό πλάτος του πέλματος σε πλακοδοκούς(μορφής T ή Γ)
$b_w$	Πλάτος του κορμού σε δοκούς μορφής T,I ή Γ
$d$	Στατικό ύψος διατομής
$d_g$	Η μεγαλύτερη ονομαστική τιμή του μέγιστου κόκκου αδρανούς
$e$	Εκκεντρότητα
$f_c$	Θλιπτική αντοχή σκυροδέματος
$f_{cd}$	Τιμή σχεδιασμού της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος

$f_{ck}$	Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή κυλίνδρου σκυροδέματος στις 28 ημέρες
$f_{cm}$	Μέση θλιπτική αντοχή κυλίνδρου σκυροδέματος
$f_{ctk}$	Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος σε καθαρό εφελκυσμό
$f_{ctm}$	Μέση τιμή αντοχής σκυροδέματος σε καθαρό εφελκυσμό
$f_t$	Εφελκυστική αντοχή οπλισμού
$f_{tk}$	Χαρακτηριστική τιμή της εφελκυστικής αντοχής του οπλισμού
$f_y$	Όριο διαρροής του οπλισμού
$f_{yd}$	Τιμή σχεδιασμού του ορίου διαρροής του οπλισμού
$f_{yk}$	Χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του οπλισμού
$f_{ywd}$	Τιμή σχεδιασμού του ορίου διαρροής του οπλισμού διάτμησης
$h$	Ύψος
$h$	Συνολικό ύψος διατομής
$i$	Ακτίνα αδρανείας
$k$	Συντελεστής / Δείκτης
$l$ (ή $L$ )	Μήκος / Άνοιγμα
$m$	Μάζα
$r$	Ακτίνα
$u$	Περίμετρος της διατομής του σκυροδέματος, εμβαδού $A_c$
$u, v, w$	Συνιστώσες της μετακίνησης σε ένα σημείο
$x$	Ύψος ουδέτερου άξονα
$x, y, z$	Συντεταγμένες
$z$	Μοχλοβραχίονας εσωτερικών δυνάμεων

### Ελληνικά πεζά

$\gamma$	Επιμέρους συντελεστής
$\gamma_A$	Επιμέρους συντελεστής για τις τυχαίες δράσεις, A
$\gamma_C$	Επιμέρους συντελεστής για το σκυρόδεμα
$\gamma_F$	Επιμέρους συντελεστής για τις δράσεις, F
$\gamma_{F, fat}$	Επιμέρους συντελεστής για τις δράσεις που προκαλούν κόπωση
$\gamma_G$	Επιμέρους συντελεστής για τις μόνιμες δράσεις, G
$\gamma_Q$	Επιμέρους συντελεστής για τις μεταβλητές δράσεις, Q
$\delta$	Μικρό-μεταβολή
$\varepsilon_c$	Θλιπτική(ανοιγμένη) παραμόρφωση στο σκυρόδεμα
$\varepsilon_{c1}$	Θλιπτική παραμόρφωση στο σκυρόδεμα στη μέγιστη τάση, $f_c$
$\varepsilon_{cu}$	Θλιπτική παραμόρφωση αστοχίας στο σκυρόδεμα

$\theta$	Γωνία
$\lambda$	Λόγος λυγιρότητας
$\nu$	Λόγος Poisson
$\rho$	Πυκνότητα σκυροδέματος ξηραμένου σε φούρνο, σε $\text{kg/m}^3$
$\rho_l$	Ποσοστό διαμήκους οπλισμού
$\rho_w$	Ποσοστό οπλισμού διάτμησης
$\sigma_c$	Θλιπτική τάση στο σκυρόδεμα
$\tau$	Διάτμητική τάση λόγω στρέψης
$\varphi$	Διάμετρος ράβδου οπλισμού
$\psi$	Συντελεστές που ορίζουν τις αντιπροσωπευτικές τιμές των μεταβλητών δράσεων
$\psi_0$	για τις τιμές συνδυασμού
$\psi_1$	για τις συχνές τιμές
$\psi_2$	για τις μόνιμες τιμές

## **ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ**

Trial and Error      Δοκιμή και Διόρθωση

Braced no Sway      Αμετάθετο Πλαίσιο

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Καθ' όλη τη διάρκεια της παρουσίας του στη γη, ο άνθρωπος χρειάστηκε να δημιουργήσει διάφορες **κατασκευές**, προκειμένου να καλύψει τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες του. Ως “κατασκευή”, βλέποντάς την από τη σκοπιά της Μηχανικής των Κατασκευών, ορίζεται εκείνη η **διευθέτηση των υλικών που εξυπηρετεί** στην ανάληψη μηχανικών φορτίων. Ο όρος “διευθέτηση των υλικών”, υπονοεί ότι στο εξής δεν υφίσταται διαχωρισμός των υλικών από τη μία και των κατασκευών από την άλλη, καθώς τα ίδια τα υλικά, διευθετημένα κατά τον κατάλληλο τρόπο (σχεδιασμός), αποτελούν την κατασκευή στο σύνολό της. Οι βασικές απαιτήσεις που τίθενται γενικά για μία κατασκευή, είναι αυτές της αντοχής και της λειτουργικότητας. Η λέξη “εξυπηρετεί” στον παραπάνω ορισμό, έχει την έννοια της αντοχής και της λειτουργικότητας. Ο ορισμός αυτός είναι ιδιαίτερα γενικός, συμπεριλαμβάνει όλα τα γνωστά μας είδη κατασκευών, όπως κτίρια, γέφυρες, αεροσκάφη, σκελετούς ζώντων οργανισμών κ.α. Σκοπός του μηχανικού, ήταν ανέκαθεν η αυστηρή τήρηση των παραπάνω περιορισμών, σε συνδυασμό όμως με την ικανοποίηση κατά το δυνατό και άλλων, κυρίως οικονομικής φύσεως απαιτήσεων με τελικό στόχο τη μέγιστη δυνατή απόδοση του έργου. Παραδοσιακά ο σχεδιασμός μιας κατασκευής βασιζόταν στην εμπειρία του μηχανικού, σε παραμετρικές διερευνήσεις “δοκιμής και διόρθωσης” (trial and error) και τους μέχρι τότε κατασκευαστικούς κανονισμούς κάθε χώρας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την στατική και αντισεισμική μελέτη, και σχεδιασμό εξώροφης πολυκατοικίας. Ο φέροντας οργανισμός της κατασκευής είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η ανάλυση έγινε βάση των αρχών που επιβάλλουν οι Ευρωκώδικες 1,2,8 και ο Αγγλικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος. Η εργασία αποτελείται από οκτώ κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη εισαγωγή στο οπλισμένο σκυρόδεμα και τον δομικό χάλυβα. Παρουσιάζονται οι δυνατότητες καθώς και οι αδυναμίες του κάθε υλικού κατασκευής. Επίσης, γίνεται μια μικρή αναφορά στις οριακές καταστάσεις των κατασκευών και στους Ευρωκώδικες.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική περιγραφή της κατασκευής που πρόκειται να αναλυθεί. Γίνεται η εύρεση των απαραίτητων στοιχείων σύμφωνα με τις αρχές που δίνονται στους ευρωκώδικες. Έπειτα, προσδιορίζονται κατασκευαστικά στοιχεία όπως το πάχος πλακών, προσδιορίζονται τα φορτία λόγω ίδιου βάρους, φορτία επικαλύψεων και τοιχοποιίας, ωφέλιμα φορτία και κινητά φορτία.

Στα κεφάλαια 3, 4, 5, 6, και 7 γίνεται ο υπολογισμός, η επίλυση και η διαστασιολόγηση των στοιχείων του φέροντα οργανισμού. Συγκεκριμένα γίνεται η επιλογή της γεωμετρίας των στοιχείων, οι απαραίτητοι έλεγχοι κτλ. Η επίλυσή τους έγινε στο χέρι. Στο κεφάλαιο 8 παρουσιάζονται στατικά σχέδια και κατασκευάστηκες λεπτομέρειες του κτιρίου μας, οι οποίες σχεδιάστηκαν στο λογισμικό πρόγραμμα AutoCAD.



# 1 Θεωρητικό υπόβαθρο

## 1.1 Σκυρόδεμα

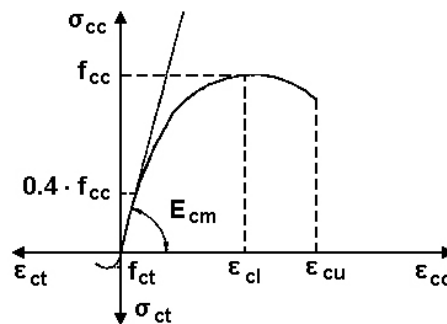
Το σκυρόδεμα είναι ένα τεχνητό υλικό που παρασκευάζεται με την ανάμειξη σε κατάλληλες αναλογίες τσιμέντου, αδρανών υλικών (άμμου, σκύρων κτλ.), νερού και πρόσθετων. Μετά την στερεοποίηση του, το μείγμα αποκτά ορισμένες ιδιότητες, που το έχουν καθιερώσει ως το πιο βασικό οικοδομικό υλικό στην εποχή μας.

Το ειδικό βάρος του άοπλου σκυροδέματος είναι  $24 \text{ kN/m}^3$  ενώ του οπλισμένου σκυροδέματος  $25 \text{ kN/m}^3$ .

### 1.1.1 Ιδιότητες

Οι ιδιότητες του σκυροδέματος είναι: η μεγάλη αντοχή του στη θλίψη, η ικανότητα του να συνεργάζεται με άλλα υλικά, η αντοχή του στη φωτιά, η ικανότητα του να παίρνει οποιαδήποτε μορφή, με τη μορφή των τύπων (καλουπιών), η ευκολία παρασκευής και τοποθέτησης του, η μακροζωία του και τέλος το χαμηλό του κόστος.

Παρά τα μεγάλα προτερήματα του σκυροδέματος, το υλικό παρουσιάζει ένα μεγάλο μειονέκτημα, οι εφελκύστηκες τάσεις που μπορεί να δεχτεί είναι πολύ μικρές σε σχέση με τις θλιπτικές τάσεις που δέχεται.



Διάγραμμα 1: Σχηματικό διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων σκυροδέματος ή οπλισμένου σκυροδέματος (c=θλίψη, t= εφελκυσμός)

Η γενική μορφή των διαγραμμάτων τάσεων - παραμορφώσεων παρουσιάζεται στο διάγραμμα 1.1. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των συστατικών του σκυροδέματος και την ταχύτητα επιβολής των παραμορφώσεων, για συνήθεις περιπτώσεις, η τετμημένη της κορυφής του διαγράμματος κυμαίνεται μεταξύ  $-0.2\%$  και  $-0.25\%$ , η συμβατική παραμόρφωση θραύσης μεταξύ  $-0.35\%$  και  $-0.7\%$  και η τάση θραύσης μεταξύ  $0.75f_c$  και  $1.25f_c$ . Η κρίσιμη ανοιγμένη παραμόρφωση του σκυροδέματος υπό εφελκυσμό έχει τιμή  $+0.02$  έως  $+0.04\%$ , δηλαδή

περίπου ίση με την ελάχιστη τιμή της συστολής ξήρανσης. Έτσι, και μόνο η συστολή ξήρανσης θα μπορούσε να οδηγήσει σε ρηγμάτωση.

### 1.1.2 Κατηγορίες Σκυροδέματος

Στην διαστασιολόγηση των δομικών στοιχείων μιας κατασκευής παίζει καθοριστικό ρόλο η κατηγορία του σκυροδέματος που θα χρησιμοποιηθεί η οποία αντιστοιχεί σε καθορισμένη τιμή χαρακτηριστικής αντοχής. Οι κατηγορίες σκυροδέματος είναι οι ακόλουθες:

C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Οι συνηθέστεροι τύποι που χρησιμοποιούνται στην πλειοψηφία των οικοδομών είναι: C16/20 και C20/25. Ο συχνότερος τύπος μπετόν που χρησιμοποιείται για κατοικίες και πολυώροφες πολυκατοικίες είναι ο C20/25 και δείχνει την αντοχή του μπετόν στη θλίψη με βάση το αμερικανικό και το ευρωπαϊκό πρότυπο τεστ αντοχής. Πιο συγκεκριμένα ο πρώτος από τους δύο αριθμούς ορίζει την χαρακτηριστική αντοχή κυλίνδρου διαμέτρου 15 cm και ύψους 30 cm, ενώ ο δεύτερος την χαρακτηριστική αντοχή κύβου 15\*15\*15 cm σε MPa στις 28 ημέρες.

### 1.1.3 Πλεονεκτήματα Σκυροδέματος σε σχέση με το Δομικό Χάλυβα

Τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα του σκυροδέματος σε σχέση με τον δομικό χάλυβα είναι τα εξής:

- Το κόστος συντήρησης του σκυροδέματος είναι μικρότερο από το αντίστοιχο του δομικού χάλυβα ο οποίος λόγω σκουριάς θα πρέπει να βάφεται περιοδικά.
- Μεγαλύτερη αντοχή σε ακραίες θερμοκρασίες (άνω των 100 °C). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μικρότερο κίνδυνο λόγω πυρκαγιών αλλά και μικρότερο κόστος προστασίας των κατασκευών.
- Αντοχή σε λυγισμό που είναι ίσως η συνηθέστερη μορφή αστοχίας των μεταλλικών κατασκευών.

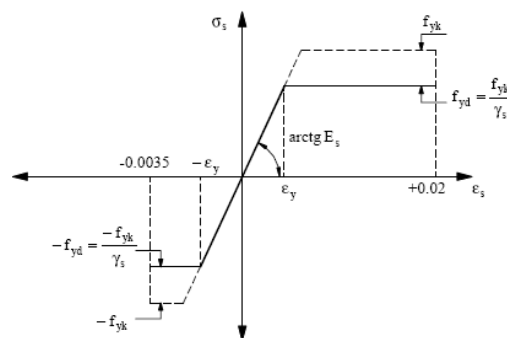
### 1.1.4 Συνεργασία Χάλυβα και Σκυροδέματος

Η συνεργασία του χάλυβα και του σκυροδέματος οφείλεται στο ότι ο χάλυβας παρουσιάζει μέγιστη αντοχή στον εφελκυσμό και το σκυροδέμα στη θλίψη, έχουν περίπου τον ίδιο συντελεστή γραμμικής διαστολής, έχουν συνάφεια μεταξύ τους και τέλος το τσιμέντο που βρίσκεται στο σκυροδέμα προστατεύει το χάλυβα από την οξείδωση.

## 1.2 Δομικός Χάλυβας

### 1.2.1 Ιδιότητες

Βασική πηγή πληροφοριών για τις περισσότερες μηχανικές ιδιότητες του δομικού χάλυβα αποτελεί το διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων που προκύπτει από το πείραμα μονοαξονικού εφελκυσμού δοκιμίου μέχρι της θραύσεως του. Ένα τυπικό τέτοιο διάγραμμα (1.2.) φαίνεται πιο κάτω. Το διάγραμμα αυτό δίνει πληροφορίες όπως το όριο αναλογίας, το όριο ελαστικότητας και το όριο διαρροής. Επίσης από το διάγραμμα καθορίζεται η ολκιμότητα του χάλυβα σαν ποσοστό της μόνιμης ανοιγμένης παραμόρφωσης. Άλλες ιδιότητες που μπορούν να προσδιοριστούν από το διάγραμμα είναι η ελαστικότητα και η ανθεκτικότητα που είναι μέτρα της ικανότητας του μετάλλου να απορροφά μηχανική ενέργεια. Άλλες ιδιότητες του δομικού χάλυβα είναι η σκληρότητα, δηλαδή η ικανότητα αντιστάσεως της επιφάνειας του υλικού στη διείδυση ξένου σώματος, η δυσθραυστότητα, δηλαδή η ικανότητα του υλικού να μη θραύεται σε απότομες κρουστικές επενέργειες, το ελατό, δηλαδή η ικανότητα του σιδήρου να γίνεται μαλακός και εύπλαστος όταν ερυθροπυρώνεται και το σύντηκτο, δηλαδή η ικανότητα του υλικού να συνενώνεται με διάφορα άλλα τεμάχια σ' ένα ενιαίο σώμα με σφυρηλάτηση, συγκόλληση κ.ά.



Διάγραμμα 2: Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων χάλυβα

### 1.2.2 Πλεονεκτήματα δομικού χάλυβα

Η όλο και πιο συχνή χρήση του χάλυβα στις κατασκευές οφείλεται στο ότι παρουσιάζει σοβαρά πλεονεκτήματα έναντι άλλων δομικών υλικών. Τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα του είναι:

- Υψηλή αντοχή που συνεπάγεται ότι η κατασκευή θα έχει μικρά νεκρά φορτία, γεγονός σημαντικό για γέφυρες μεγάλου ανοίγματος, υψηλά κτίρια και κατασκευές που πρέπει να θεμελιωθούν σε ασθενή εδάφη.

- Ομοιομορφία, που σημαίνει ότι οι ιδιότητες του δεν μεταβάλλονται σημαντικά με τον χρόνο όπως συμβαίνει με το οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Ελαστικότητα, που σημαίνει ότι συμπεριφέρεται πολύ κοντά στις παραδοχές του μελετητή μιας και ακολουθεί τον νόμο του Hook μέχρι σχετικά υψηλές τάσεις.
- Ολκιμότητα, δηλαδή η ιδιότητα του υλικού να μπορεί να υποφέρει εκτεταμένη παραμόρφωση χωρίς αστοχία κάτω από υψηλές εφελκυστικές τάσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο χάλυβας να διαρρέει τοπικά σε σημεία συγκέντρωσης τάσεων και έτσι να προλαβαίνει πρόωρες αστοχίες, ή να υφίσταται μεγάλες παραμορφώσεις κάτω από υψηλά φορτία που είναι ορατή απόδειξη επικείμενης αστοχίας. Η ολκιμότητα του χάλυβα έχει μεγάλη σημασία σε κατασκευές κάτω από δυναμικές καταπονήσεις (π.χ. σεισμό) γιατί τότε ο χάλυβας έχει την ικανότητα να απορροφά μεγάλα ποσοστά ενέργειας αποτρέποντας έτσι την κατάρρευση της κατασκευής, γεγονός που δεν συμβαίνει σε ψαθυρά υλικά όπως το σκυρόδεμα.
- Μονιμότητα, που σημαίνει ότι οι σιδηρές κατασκευές κάτω από κατάλληλη συντήρηση έχουν απεριόριστη διάρκεια ζωής.
- Προσθέσεις σε υπάρχουσες κατασκευές μπορούν να γίνουν γρήγορα και εύκολα.
- Ταχύτητα ανέγερσης κατασκευών.
- Ευκολία προκατασκευής.
- Συγκολλητικές ιδιότητες.
- Σκληρότητα και αντοχή σε κόπωση.
- Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης τμημάτων της κατασκευής όταν αυτή αποσυνδεθεί.
- Χρήση άχρηστων σιδηρών κατασκευών ή τμημάτων αυτών για τη δημιουργία νέων σιδηρών μελών μέσω ανατήξεως.

### 1.3 Μέτρο Ελαστικότητας

Όλοι οι χάλυβες έχουν κοινό μέτρο ελαστικότητας  $E_s$ , σταθερό μέχρι την διαρροή τους, το οποίο είναι ίσο με 200 GPa.

### 1.4 Οριακές Καταστάσεις

Ένας φορέας θεωρείται ότι δεν εκπληρώνει τον σκοπό για τον οποίο κατασκευάστηκε όταν φθάσει σε μια ειδική κατάσταση - οριακή κατάσταση όπου παύει να ανταποκρίνεται σε ένα από τα κριτήρια που σχετίζονται με τη φέρουσα ικανότητα του ή τη λειτουργικότητα του.

### 1.4.1 Οριακή κατάσταση αστοχίας

Οι οριακές καταστάσεις αστοχίας ή ωφέλειας, αντιστοιχούν στη μέγιστη φέρουσα ικανότητα και αφορούν την ασφάλεια των ατόμων και την ασφάλεια των κτιρίων. Ως τέτοιες θεωρούνται οι ακόλουθες:

- Απώλεια στατικής ισορροπίας ενός στοιχείου ή συνόλου της κατασκευής θεωρούμενης ως στερεού σώματος
- Μετατροπή του φορέα σε μηχανισμό
- Οριακές καταστάσεις αντοχής σε κρίσιμες περιοχές
- Οριακές καταστάσεις λυγισμού, κύρτωσης και κόπωσης.

### 1.4.2 Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας

Οι οριακές καταστάσεις λειτουργίας, συνδέονται με τα κριτήρια που διέπουν την κανονική χρήση και ανθεκτικότητα. Οι οριακές καταστάσεις λειτουργίας αφορούν τη λειτουργικότητα, την άνεση των ανθρώπων και την εμφάνιση των κατασκευών (αισθητική). Ως τέτοιες θεωρούνται οι ακόλουθες:

- Παραμόρφωση
- Δονήσεις
- Άλλες ζημίες (π.χ. ρωγμάτωση)

## 1.5 Ευρωκώδικες

Από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα έχουν αρχίσει να εκδίδονται οι πρώτοι κανονισμοί βάσει των οποίων θα σχεδιάζονται οι κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ο πρώτος κανονισμός εκδόθηκε στη Γαλλία το 1904, στη συνέχεια στη Γερμανία το 1907 και στις Η.Π.Α. το 1909. Οι κανονισμοί αυτοί βασίζονταν στη μέθοδο των επιτρεπόμενων τάσεων, η οποία είχε ως βασική προϋπόθεση την παραδοχή γραμμικής συνάρτησης τάσεων-παραμορφώσεων και κατά συνέπεια γραμμική σχέση μεταξύ φορτίων – εσωτερικών δυνάμεων – τάσεων. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή η υφιστάμενη τάση  $\sigma_{υφ}$  έπρεπε να είναι μικρότερη από μία επιτρεπόμενη τάση  $\sigma_{επ}$  που καθορίζονταν ως η οριακή (τελική) τάση  $\sigma_{ορ}$  διαιρεμένη με τον κατάλληλο επιτρεπόμενο συντελεστή ασφάλειας  $\nu_{επ}$ .

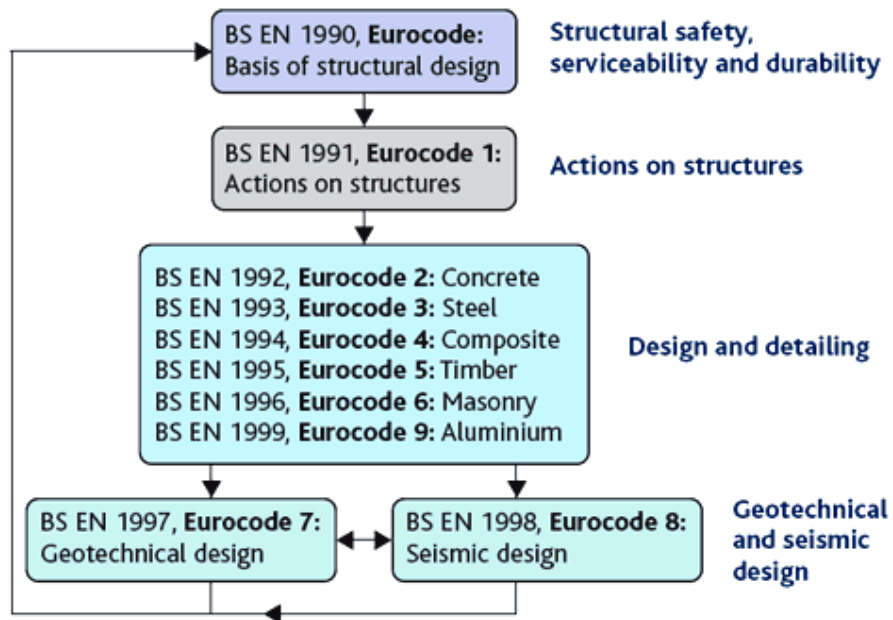
$$\sigma_{υφ} \leq \frac{\sigma_{ορ}}{\nu_{επ}} = \sigma_{επ}$$

Η μέθοδος των επιτρεπόμενων τάσεων εφαρμόστηκε παγκόσμια κατά το μεγαλύτερο τμήμα του 20<sup>ου</sup> αιώνα για να αντικατασταθεί στη συνέχεια από τη μέθοδο των οριακών καταστάσεων η οποία εφαρμόζεται μέχρι σήμερα. Στον ελληνικό και κυπριακό χώρο η χρήση της έφτασε μέχρι και τις αρχές της δεκαετίας του '90.

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μια προσπάθεια στην Ευρωπαϊκή Ένωση να καταργηθούν όλοι οι εθνικοί κανονισμοί των χωρών-μελών της και να αντικατασταθούν από τους αντίστοιχους Ευρωκώδικες οι οποίοι θα εφαρμόζονται σε όλη της την επικράτεια. Οι ευρωκώδικες είναι σειρά προτύπων που παρέχουν κοινές τεχνικές μεθόδους και κανόνες στατικού σχεδιασμού για τον υπολογισμό της μηχανικής αντοχής των στοιχείων που έχουν δομικό ρόλο σε ένα κατασκευαστικό έργο. Πιο κάτω παρουσιάζονται οι δέκα ευρωκώδικες που αφορούν έργα πολιτικού μηχανικού.

**Πίνακας 1: Ευρωκώδικες**

Ευρωκώδικας 0	Βάσεις σχεδιασμού δομημάτων
Ευρωκώδικας 1	Βάση μελέτης και δράσεων στις κατασκευές
Ευρωκώδικας 2	Σχεδιασμό κατασκευών από σκυρόδεμα
Ευρωκώδικας 3	Σχεδιασμό κατασκευών από χάλυβα (μεταλλικών κατασκευών)
Ευρωκώδικας 4	Σχεδιασμό συμμείκτων κατασκευών από χάλυβα και σκυρόδεμα
Ευρωκώδικας 5	Σχεδιασμό ξύλινων κατασκευών
Ευρωκώδικας 6	Σχεδιασμό των κατασκευών από τοιχοποιία
Ευρωκώδικας 7	Γεωτεχνικός σχεδιασμός
Ευρωκώδικας 8	Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών
Ευρωκώδικας 9	Σχεδιασμός κατασκευών από κράματα αλουμινίου

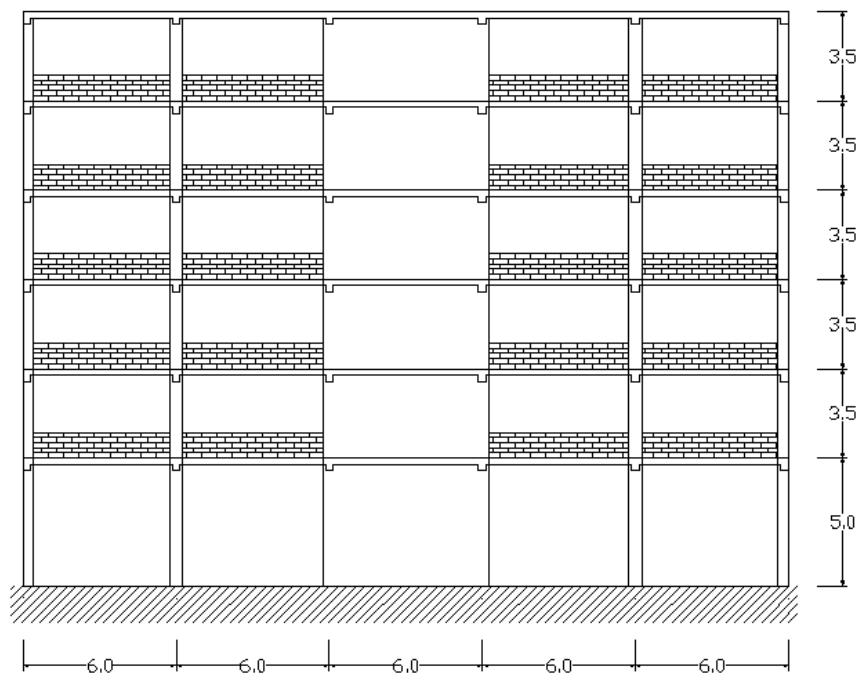


Διάγραμμα 3: Ευροκώδικες

## 2 Παραδοχές Σχεδιασμού

### 2.1 Περιγραφή κτιρίου

Η πολυκατοικία που πρόκειται να κατασκευαστεί βρίσκεται στη παραλιακή περιοχή Λεμέσου. Το οικοπέδο έχει έκταση  $500\text{m}^2$ , είναι επίπεδο με σχεδόν μηδενική κλίση, ενώ το υπέδαφος είναι βραχώδες. Ο προσανατολισμός του είναι δυτικός με θέα προς τη θάλασσα. Η πολυκατοικία πρόκειται να αναπτυχθεί σε έξι βασικές στάθμες, συμπεριλαμβανομένου του ισόγειου. Το κτήριο είναι ορθογώνιο σε κάτοψη με συνολικό εμβαδόν  $450\text{m}^2$ , διαστάσεων  $30\text{m} \times 15\text{m}$ . Το συνολικό ύψος από τη στάθμη του ισόγειου είναι  $22.5\text{m}$ . Το ισόγειο έχει ύψος  $5.00\text{m}$  ενώ οι υπόλοιποι όροφοι έχουν ύψος  $3.5\text{m}$ . Το κτήριο θεμελιώνεται με μεμονωμένα πέδιλα. Ο δομικός σκελετός του κτιρίου είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι εξωτερικοί τοίχοι έχουν ύψος  $1\text{m}$ , ενώ στο υπόλοιπο ύψος πρόκειται να τοποθετηθεί διπλό γυαλί. Ο εσωτερικός διαχωρισμός των δωματίων πρόκειται να γίνει με γυψοσανίδες, μιας και η χρήση της πολυκατοικίας αναμένεται να είναι, η εγκατάσταση γραφείων εταιρίας. Το κτήριο μας είναι κανονικό σε κάτοψη και καθ' ύψος. Σκοπός μας είναι η δημιουργία ενός κτηρίου braced no sway (πλαστιμότητα).



Διάγραμμα 4: Μορφή κτιρίου




## 2.2 Σχεδιαστικοί/Χαρακτηριστικοί παράμετροι

Πίνακας 2: Παράμετροι Σχεδιασμού

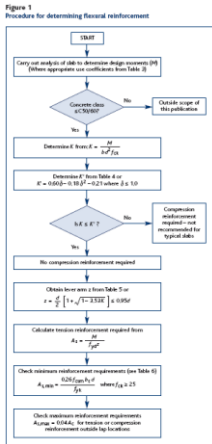
<p>Γυψοσανίδα - 0.8 kN/m<sup>2</sup></p> <p>Πατώματα - 2.64 kN/m<sup>2</sup></p> <p>Ίδιο βάρος - 5.5 kN/m<sup>2</sup></p>	Μόνιμα φορτία σχεδιασμού
Γραφεία - 3 kN/m <sup>2</sup>	Κινητά φορτία σχεδιασμού
<p><math>f_{ck} = 30 \text{ MPa}</math></p> <p><math>f_{yk} = 500 \text{ MPa}</math></p> <p><math>E_{cm} = 33 \text{ GPa}</math></p> <p><math>\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3</math></p>	Στοιχεία Υλικού
<p><math>(1.35 \cdot 8.94) + (1.5 \cdot 3) = 16.57 \text{ KN/m}^2</math></p> <p><math>1 \cdot 8.94 = 8.94 \text{ KN/m}^2</math></p>	<p>max φορτίο σχεδιασμού</p> <p>min φορτίο σχεδιασμού</p>
1 ώρα σε όλους τους ορόφους	Αντίσταση σε φωτιά
<p><math>c_{nom} = \max \{ c_{min,b}, c_{min,dur}, 10 \text{ mm} \}</math></p> <p><math>c_{nom} = 45 \text{ mm}</math></p> <p><math>c_{nom} = 30 \text{ mm}</math></p> <p><math>c_{nom} = 50 \text{ mm}</math></p>	<p>Επικαλύψεις</p> <p>Κολόνων και δοκών</p> <p>Πλάκας</p> <p>Πέδιλο</p>
C30/37	Ο οπλισμός που θα χρησιμοποιήσουμε.

(για περισσότερες πληροφορίες βλ. παράρτημα 1)

### 3 Πλάκες

Αναφορές	Υπολογισμοί	Αποτελέσματα
BSI 1998 Page 122 Table 3.14 (παράρτημα 2)	<p><b><u>Υπολογισμός ροπών στις πλάκες:</u></b>  <math>l_y/l_x = 6/5 = 1.2</math> οι πλάκες μας είναι τετραέρειστες ολικό φορτίο πλάκας 16.57 kN/m</p> <p><b><u>Πλάκες S1, S5, S11 &amp; S15:</u></b>  <math>M_x \text{ άκρα} = 0.063 \cdot 16.57 \cdot 5^2 = 26.098 \text{ kNm}</math>  <math>M_x \text{ κέντρο} = 0.047 \cdot 16.57 \cdot 5^2 = 19.469 \text{ kNm}</math>  <math>M_y \text{ άκρα} = 0.045 \cdot 16.57 \cdot 5^2 = 18.642 \text{ kNm}</math>  <math>M_y \text{ κέντρο} = 0.034 \cdot 16.57 \cdot 5^2 = 14.085 \text{ kNm}</math></p> <p><b><u>Πλάκες S7, S8 &amp; S9:</u></b>  <math>M_x \text{ άκρα} = 0.042 \cdot 16.57 \cdot 5^2 = 17.399 \text{ kNm}</math>  <math>M_x \text{ κέντρο} = 0.032 \cdot 16.57 \cdot 5^2 = 13.256 \text{ kNm}</math>  <math>M_y \text{ άκρα} = 0.032 \cdot 16.57 \cdot 5^2 = 13.256 \text{ kNm}</math>  <math>M_y \text{ κέντρο} = 0.024 \cdot 16.57 \cdot 5^2 = 9.942 \text{ kNm}</math></p> <p><b><u>Πλάκες S2, S3, S4, S12, S13 &amp; S14:</u></b>  <math>M_x \text{ άκρα} = 0.056 \cdot 16.57 \cdot 5^2 = 23.198 \text{ kNm}</math>  <math>M_x \text{ κέντρο} = 0.042 \cdot 16.57 \cdot 5^2 = 17.399 \text{ kNm}</math>  <math>M_y \text{ άκρα} = 0.037 \cdot 16.57 \cdot 5^2 = 15.327 \text{ kNm}</math>  <math>M_y \text{ κέντρο} = 0.028 \cdot 16.57 \cdot 5^2 = 11.599 \text{ kNm}</math></p> <p><b><u>Πλάκες S6 &amp; S10:</u></b>  <math>M_x \text{ άκρα} = 0.048 \cdot 16.57 \cdot 5^2 = 19.884 \text{ kNm}</math>  <math>M_x \text{ κέντρο} = 0.036 \cdot 16.57 \cdot 5^2 = 14.913 \text{ kNm}</math>  <math>M_y \text{ άκρα} = 0.037 \cdot 16.57 \cdot 5^2 = 15.327 \text{ kNm}</math>  <math>M_y \text{ κέντρο} = 0.028 \cdot 16.57 \cdot 5^2 = 11.599 \text{ kNm}</math></p>	
	<p><b><u>Υπολογισμός Οπλισμού Πλάκας:</u></b></p> <p><b><u>Πλάκες S1, S5, S11, S15:</u></b></p> <p><math>h=200\text{mm}</math>  <math>c=30\text{mm}</math>  <math>\phi=12\text{mm}</math></p>	

Book  
Page 19  
Figure 1



**Για 1<sup>ο</sup> & 5<sup>ο</sup> άνοιγμα:**

$d = h - c - \phi/2$   
 $d = 200 - 30 - 12/2 = 164 \text{ mm}$

$k = \frac{M}{bd^2f_{ck}} = \frac{14.085 \cdot 10^6}{1000 \cdot 164^2 \cdot 30} = 0.0175$

$z = \frac{d}{2} [1 + \sqrt{1 - 3.53k}] \leq 0.95d$   
 $z = 164/2 * [1 + \sqrt{1 - 3.53 * 0.0175}] \leq 0.95 * 164$   
 $z = 161.43 \text{ mm} > 155.8 \text{ mm}$   
 άρα  $z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$

$A_s = \frac{M}{f_{yd} * z} = \frac{14.085 \cdot 10^6}{\frac{500}{1.15} * 156} = 207.66 \text{ mm}^2 / \text{m}$

**Έλεγχος:**

$A_{s \min} = 0.15\% * h * 1000 = 0.0015 * 200 * 1000 = 300 \text{ mm}^2 / \text{m}$   
 Οπότε χρησιμοποιώ:  $A_s = 300 \text{ mm}^2 / \text{m}$

**Για 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> & 4<sup>ο</sup> άνοιγμα:**

$k = \frac{M}{bd^2f_{ck}} = \frac{11.599 \cdot 10^6}{1000 \cdot 164^2 \cdot 30} = 0.0143$

$z = \frac{d}{2} [1 + \sqrt{1 - 3.53k}] \leq 0.95d$   
 $z = 164/2 * [1 + \sqrt{1 - 3.53 * 0.0143}] \leq 0.95 * 164$   
 $z = 161.89 \text{ mm} > 155.8 \text{ mm}$   
 άρα  $z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$

$A_s = \frac{M}{f_{yd} * z} = \frac{11.599 \cdot 10^6}{\frac{500}{1.15} * 156} = 171.02 \text{ mm}^2 / \text{m}$

**Για 1<sup>η</sup> & 4<sup>η</sup> στήριξη:**

$k = \frac{M}{bd^2f_{ck}} = \frac{18.642 \cdot 10^6}{1000 \cdot 164^2 \cdot 30} = 0.023$

$z = \frac{d}{2} [1 + \sqrt{1 - 3.53k}] \leq 0.95d$   
 $z = 164/2 * [1 + \sqrt{1 - 3.53 * 0.023}] \leq 0.95 * 164$   
 $z = 160 \text{ mm} > 155.8 \text{ mm}$   
 άρα  $z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$

$A_s = \frac{M}{f_{yd} * z} = \frac{18.642 \cdot 10^6}{\frac{500}{1.15} * 156} = 274.85 \text{ mm}^2 / \text{m}$

$A_s = 300 \text{ mm}^2 / \text{m}$   
**Y10/250 = 314.2**  
 $\text{mm}^2 / \text{m}$

$A_s = 300 \text{ mm}^2 / \text{m}$   
**Y10/250 = 314.2**  
 $\text{mm}^2 / \text{m}$

$A_s = 300 \text{ mm}^2 / \text{m}$   
**Y10/250 = 314.2**  
 $\text{mm}^2 / \text{m}$

	<p><b>Για 2<sup>η</sup> &amp; 3<sup>η</sup> στήριξη:</b></p> $k = \frac{M}{bd^2f_{ck}} = \frac{15.327 \cdot 10^6}{1000 \cdot 164^2 \cdot 30} = 0.019$ $z = \frac{d}{2} [1 + \sqrt{1 - 3.53k}] \leq 0.95d$ $z = 164/2 \cdot [1 + \sqrt{1 - 3.53 \cdot 0.019}] \leq 0.95 \cdot 164$ $z = 161.2 \text{ mm} > 155.8 \text{ mm}$ <p>άρα <math>z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}</math></p> $A_s = \frac{M}{f_{yd} \cdot z} = \frac{15.327 \cdot 10^6}{\frac{500}{1.15} \cdot 156} = 225.975 \text{ mm}^2 / \text{m}$ <p>Με τον ίδιο τρόπο διαστασιολογήθηκαν και οι υπόλοιπες πλάκες (παράρτημα 3).</p>	<p><b><math>A_s = 300 \text{ mm}^2 / \text{m}</math></b></p> <p><b><math>Y10/250 = 314.2 \text{ mm}^2 / \text{m}</math></b></p>
<p>EC2 Table 7.4N Εξ. 7.17</p>	<p><b>Έλεγχος βέλου κάμψης:</b></p> <p><b>Πλάκες S1, S5, S11, S15:</b></p> <p>Δεδομένα: <math>K = 1.3</math> <math>\rho = 0.5\% \rightarrow 26</math></p> <p>Υπολογισμοί: <math>\rho_o = 10^{-3} \cdot \sqrt{f_{ck}}</math> <math>\rho_o = 10^{-3} \cdot \sqrt{30} = 5.477 \cdot 10^{-3}</math></p> $\sigma_s = 310 \frac{A_{s, req}}{A_{s, prov}}$ $\frac{310}{\sigma_s} = \frac{500 \cdot 314.2}{500 \cdot 287.04} \rightarrow \sigma_s = 283.2 \text{ MPa}$ <p>επιτρεπόμενο <math>\frac{1}{d} \geq</math> πραγματικό <math>\frac{1}{d}</math></p> $26 \cdot \frac{310}{283.2} = 28.46$ $\frac{1}{d} = \frac{5000}{164} = 30.48$ <p>28.46 &lt; 30.48 άρα, πρέπει να αυξήσω τον οπλισμό → οπότεν πρέπει να τοποθετήσω Y10/200 (35.57 &gt; 30.48)</p>	<p><b>Y10/200 mm</b></p>

**Πλάκες S6 & S10:**

Δεδομένα:  $K = 1.5$   
 $\rho = 0.5\% \rightarrow 30$

Υπολογισμοί:  $\rho_o = 10^{-3} * \sqrt{f_{ck}}$   
 $\rho_o = 10^{-3} * \sqrt{30} = 5.477 * 10^{-3}$

$$\frac{310}{\sigma_s} = \frac{500 * 314.2}{500 * 219.87} \rightarrow \sigma_s = 216.9 \text{ MPa}$$

επιτρεπόμενο  $\frac{l}{d} \geq$  πραγματικό  $\frac{l}{d}$

$$\left. \begin{aligned} 30 * \frac{310}{216.9} &= 42.87 \\ \frac{l}{d} = \frac{5000}{164} &= 30.48 \end{aligned} \right\} 42.87 > 30.48, \text{ οπότεν είμαι (ok)}$$

**Πλάκες S2, S3, S4, S12, S13 & S14:**

Δεδομένα:  $K = 1.5$   
 $\rho = 0.5\% \rightarrow 30$

Υπολογισμοί:  $\rho_o = 10^{-3} * \sqrt{f_{ck}}$   
 $\rho_o = 10^{-3} * \sqrt{30} = 5.477 * 10^{-3}$

$$\frac{310}{\sigma_s} = \frac{500 * 314.2}{500 * 256.52} \rightarrow \sigma_s = 253.09 \text{ MPa}$$

επιτρεπόμενο  $\frac{l}{d} \geq$  πραγματικό  $\frac{l}{d}$

$$\left. \begin{aligned} 30 * \frac{310}{253.09} &= 36.75 \\ \frac{l}{d} = \frac{5000}{164} &= 30.48 \end{aligned} \right\} 36.75 > 30.46, \text{ οπότεν είμαι (ok)}$$

**Πλάκες S7, S8 & S9:**

$$\frac{310}{\sigma_s} = \frac{500 * 314.2}{500 * 195.44} \rightarrow \sigma_s = 192.82 \text{ MPa}$$

επιτρεπόμενο  $\frac{l}{d} \geq$  πραγματικό  $\frac{l}{d}$

$$30 * \frac{310}{192.82} = 48.23$$

$$\frac{1}{d} = \frac{5000}{164} = 30.48$$

$$\left. \begin{array}{l} 48.23 > 30.46, \text{ οπότεν είμαι (ok)} \end{array} \right\}$$

**Επιπλέον έλεγχος για τον ελάχιστο οπλισμό για πλάκες:**

$$A_{smin} = 0.26 * b_w * d * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$$

$$0.26 * b_w * d * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 0.26 * 1000 * 164 * \frac{2.5}{500} = 213.2 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0.15\% * h * 1000 = 0.0015 * 200 * 1000 = 300 \text{ mm}^2/m$$

$$A_{smin} = 213.2 \text{ mm}^2 \text{ (Y10/200)}$$

**Y10 /200**

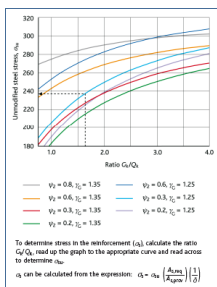
EC 2  
Table 7.2N  
Table 7.3N

Page 20

Book

Figure 4

Figure 4  
Determination of steel stress



**Έλεγχος Ρηγμάτωσης**

Ο έλεγχος ρηγμάτωσης μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους:

i) είτε με τη μέγιστη διάμετρο των ράβδων

ii) είτε με την απόσταση s των οπλισμών σε σχέση με την τάση του οπλισμού.

$$\frac{G_k}{Q_k} = \frac{8.94}{3} = 2.98 \approx 3$$

$$\sigma_{su} = 260 \text{ MPa}$$

$$\psi_2 = 0.3 * \gamma_G = 1.35$$

$$w_k = 0.3 \text{ mm}$$

maximum bar size  $14 > 10$  (ok)

BSI 1998

Page 124

Table 3.15  
(παράρτημα 2)

**Μεταφορά φορτίων πλάκας στις δοκούς:**

**Πλάκες S1, S5, S11 & S15:**

max φορτίο:

$$AB = 0.31 * 16.57 * 5 = 25.7 \text{ kN/m}$$

$$A\Delta = 0.26 * 16.57 * 5 = 21.54 \text{ kN/m}$$

$$B\Gamma = 0.40 * 16.57 * 5 = 33.14 \text{ kN/m}$$

$$\Delta\Gamma = 0.47 * 16.57 * 5 = 38.94 \text{ kN/m}$$

min φορτίο:

$$AB = 0.31 * 12.069 * 5 = 18.71 \text{ kN/m}$$

$$A\Delta = 0.26 * 12.069 * 5 = 15.69 \text{ kN/m}$$

$$B\Gamma = 0.40 * 12.069 * 5 = 24.14 \text{ kN/m}$$

$$\Delta\Gamma = 0.47 * 12.069 * 5 = 28.36 \text{ kN/m}$$

**Πλάκες S2, S3, S4, S12, S13 & S14:**

max φορτίο:

$$AB = 0.29 * 16.57 * 5 = 24 \text{ kN/m}$$

$$A\Delta = 0.36 * 16.57 * 5 = 29.83 \text{ kN/m}$$

$$B\Gamma = 0.36 * 16.57 * 5 = 29.83 \text{ kN/m}$$

$$\Delta\Gamma = 0.44 * 16.57 * 5 = 36.5 \text{ kN/m}$$

min φορτίο:

$$AB = 0.29 * 12.069 * 5 = 17.5 \text{ kN/m}$$

$$A\Delta = 0.36 * 12.069 * 5 = 21.72 \text{ kN/m}$$

$$B\Gamma = 0.36 * 12.069 * 5 = 21.72 \text{ kN/m}$$

$$\Delta\Gamma = 0.44 * 12.069 * 5 = 26.55 \text{ kN/m}$$

**Πλάκες S6 & S10:**

max φορτίο:

$$AB = 0.42 * 16.57 * 5 = 34.8 \text{ kN/m}$$

$$A\Delta = 0.24 * 16.57 * 5 = 19.88 \text{ kN/m}$$

$$B\Gamma = 0.36 * 16.57 * 5 = 29.83 \text{ kN/m}$$

$$\Delta\Gamma = 0.42 * 16.57 * 5 = 34.8 \text{ kN/m}$$

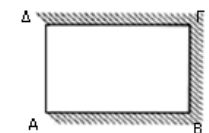
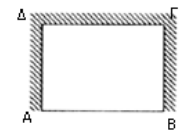
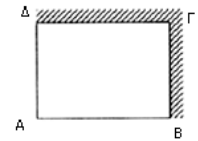
min φορτίο:

$$AB = 0.42 * 12.069 * 5 = 25.35 \text{ kN/m}$$

$$A\Delta = 0.24 * 12.069 * 5 = 14.48 \text{ kN/m}$$

$$B\Gamma = 0.36 * 12.069 * 5 = 21.72 \text{ kN/m}$$

$$\Delta\Gamma = 0.42 * 12.069 * 5 = 25.35 \text{ kN/m}$$



**Πλάκες S7, S8 & S19:**

max φορτίο:

$$AB = 0.39 * 16.57 * 5 = 32.31 \text{ kN/m}$$

$$A\Delta = 0.33 * 16.57 * 5 = 27.34 \text{ kN/m}$$

$$B\Gamma = 0.33 * 16.57 * 5 = 27.34 \text{ kN/m}$$

$$\Delta\Gamma = 0.39 * 16.57 * 5 = 32.31 \text{ kN/m}$$

min φορτίο:

$$AB = 0.39 * 12.069 * 5 = 23.53 \text{ kN/m}$$

$$A\Delta = 0.33 * 12.069 * 5 = 19.91 \text{ kN/m}$$

$$B\Gamma = 0.33 * 12.069 * 5 = 19.91 \text{ kN/m}$$

$$\Delta\Gamma = 0.39 * 12.069 * 5 = 23.53 \text{ kN/m}$$

**Υπολογισμός ίδιου βάρους της δοκού:**

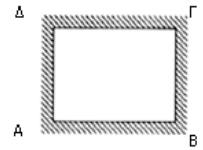
$$\gamma = 25 * 0.50 * 0.30 = 3.75 \text{ kN/m}$$

$$3.75 * 1.35 = 5.063 \text{ kn/m}$$

**Εξωτερικά φορτία:**

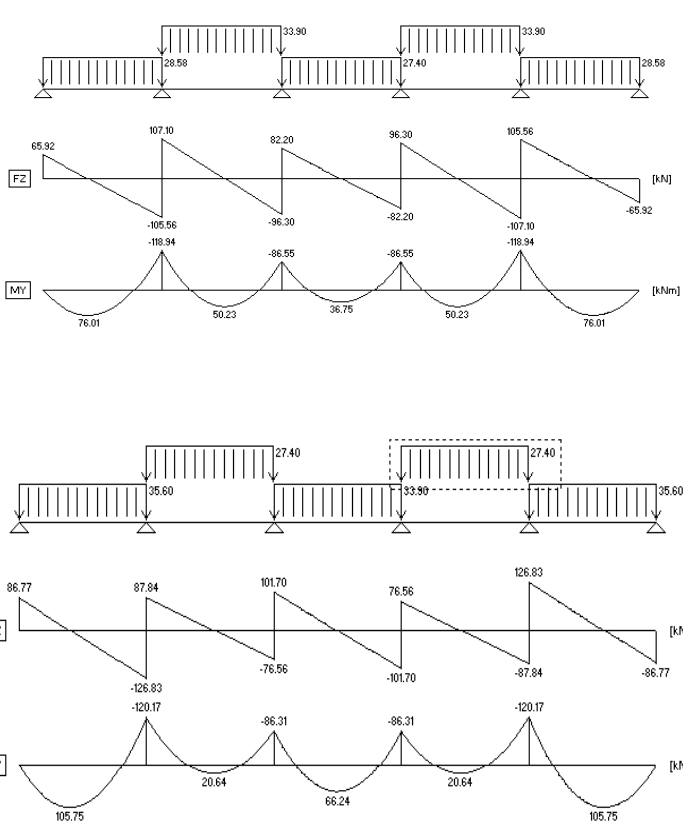
$$3.28 + 0.3 = 3.58 \text{ kN/m}$$

$$3.58 * 1.35 = 4.833 \text{ kN/m}$$

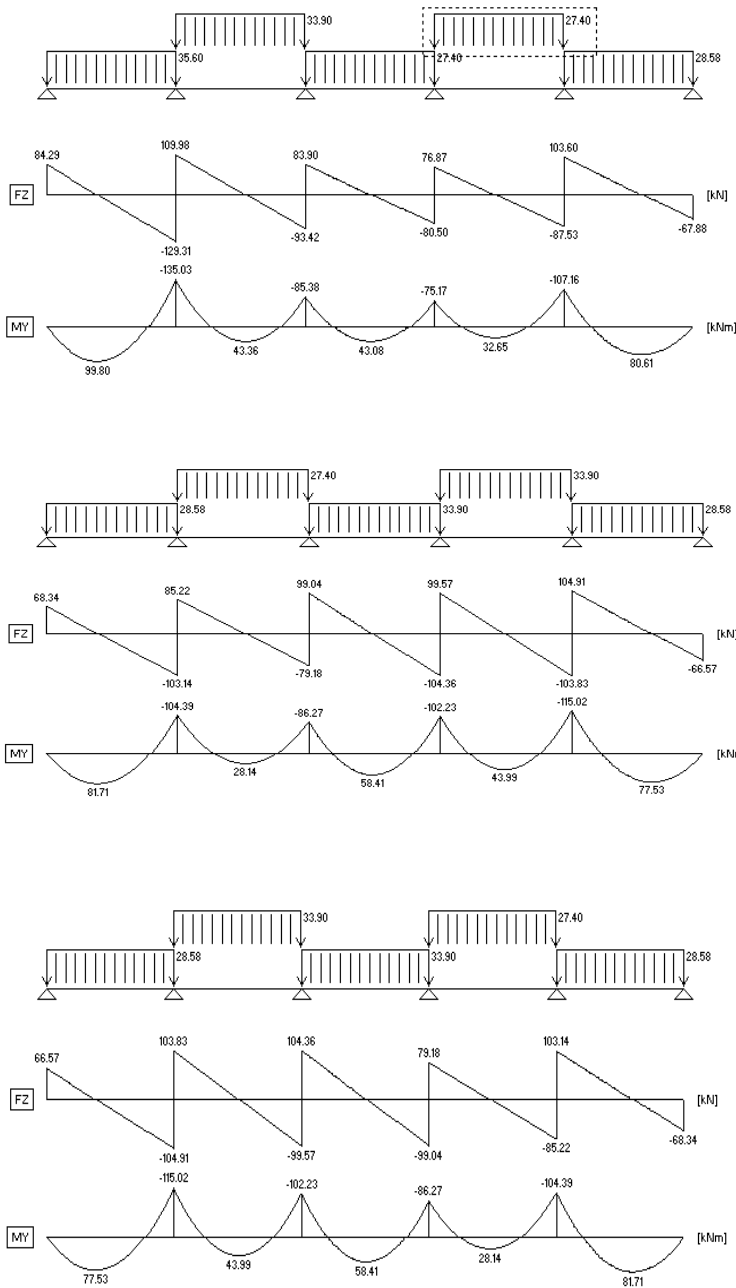




## 4 Δοκοί

Αναφορές	Υπολογισμοί	Αποτελέσματα
Λογισμικό πρόγραμμα Beamax	<p><b><u>Συνδυασμός Δράσεων:</u></b></p> <p><b><u>Δοκοί b1- b5, b16 – b20:</u></b></p> <p>b1: <math>\max = 25.7 + 5.063 + 4.833 = 35.6 \text{ kN/m}</math>  <math>\min = 18.7 + 5.063 + 4.833 = 28.58 \text{ kN/m}</math></p> <p>b2: <math>\max = 24 + 5.063 + 4.833 = 33.9 \text{ kN/m}</math>  <math>\min = 17.5 + 5.063 + 4.833 = 27.4 \text{ kN/m}</math></p> <p>b3: <math>\max = 24 + 5.063 + 4.833 = 33.9 \text{ kN/m}</math>  <math>\min = 17.5 + 5.063 + 4.833 = 27.4 \text{ kN/m}</math></p> <p>b4: <math>\max = 24 + 5.063 + 4.833 = 33.9 \text{ kN/m}</math>  <math>\min = 17.5 + 5.063 + 4.833 = 27.4 \text{ kN/m}</math></p> <p>b5: <math>\max = 25.7 + 5.063 + 4.833 = 35.6 \text{ kN/m}</math>  <math>\min = 18.7 + 5.063 + 4.833 = 28.58 \text{ kN/m}</math></p> <p><b><u>Εναλλάξ φορτία:</u></b></p>  <p>The diagrams illustrate the load distributions and reactions for two different loading scenarios on a continuous beam with five supports. The top diagram shows a beam with four spans. The load distributions are: 28.58 kN/m (span 1), 33.90 kN/m (span 2), 27.40 kN/m (span 3), and 33.90 kN/m (span 4). Reactions are: 65.92 kN (left), 107.10 kN (1st support), 82.20 kN (2nd support), 96.30 kN (3rd support), 105.56 kN (4th support), and 65.92 kN (right). The bottom diagram shows a beam with five spans. The load distributions are: 35.60 kN/m (span 1), 27.40 kN/m (span 2), 33.90 kN/m (span 3), 27.40 kN/m (span 4), and 35.60 kN/m (span 5). Reactions are: 86.77 kN (left), 87.84 kN (1st support), 101.70 kN (2nd support), 76.56 kN (3rd support), 126.83 kN (4th support), and 86.77 kN (right).</p>	

**Δύο διαδογικά φορτία:**



Με τον ίδιο τρόπο γίνονται και οι συνδυασμοί φορτίσεων υπόλοιπων δοκών (παράρτημα 5).

**Φορτία δοκών:**

Δοκός	Φορτία (kN/m)	
	max	min
b1 b5 b16 b20	35.60	28.58
b2 b3 b4 b17 b18 b19	33.90	27.40
b6 b10 b11 b15	78.803	58.77
b7 b8 b9 b12 b13 b14	73.873	55.143
b21 b23 b24 b26	31.436	25.586
b22 b25	29.776	24.376
b27 b29 b36 b38	68.033	50.923
b28 b37	62.233	46.693
b30 b32 b33 b35	64.723	48.503
b31 b34	59.743	44.883

EC 2  
Paragraph 9

Book  
Figure 9.2

**Περιβάλλουσα:**

Αφού υπολογίσω από τους συνδυασμούς φορτίσεων τα διαγράμματα των ροπών και των τεμνουσών δυνάμεων κατασκευάζω την περιβάλλουσα των δράσεων. Το διάγραμμα της περιβάλλουσας δημιουργείται από τις μέγιστες τιμές στην θέση των στηρίξεων και των ανοιγμάτων του στοιχείου των διαφόρων συνδυασμών.

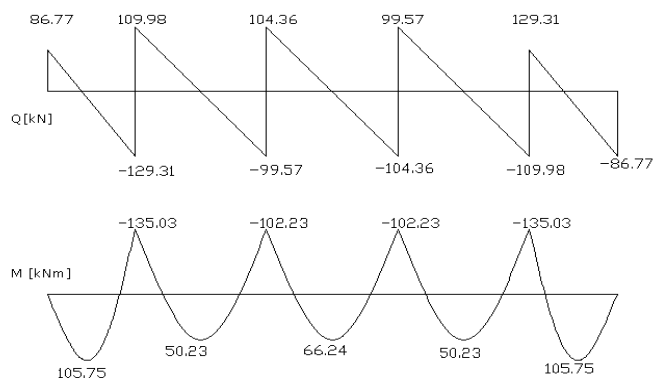
**Δοκοί b1 –b5, b16 – b20:**

Figure 11  
Procedure for determining flexural capacity of flanged beams

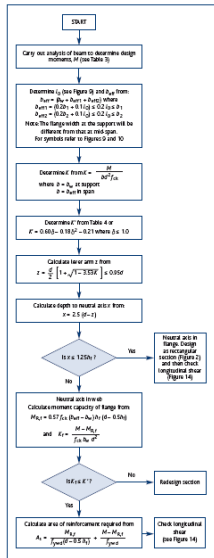
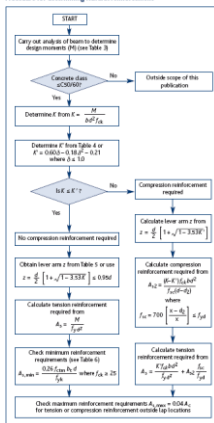
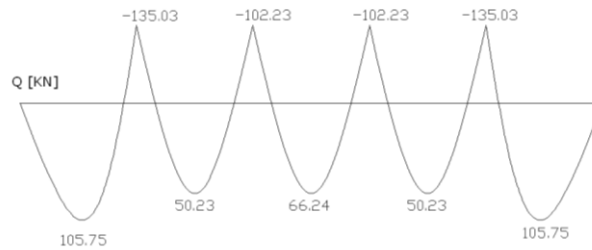


Figure 2  
Procedure for determining flexural reinforcement



**Διαστασιολόγηση Δοκών:**

**Δοκοί b1-b5, b16 – b20:**



**1<sup>ο</sup> άνοιγμα:**

$M = 105.75 \text{ kNm}$

$b_{eff} = b_w + b_{eff1} + b_{eff2}$

$b_w = 300 \text{ mm}$

$b_{eff1} = b_{eff2} = (0.2b_1 + 0.1l_0) \leq 0.2 l_0 \leq b_1$

$b_1 = b_2 = (5 - 0.3) / 2 = 2350 \text{ mm}$

$l_0 = 0.85 \cdot l_1 = 0.85 \cdot 6000 = 5100 \text{ mm}$

$b_{eff1} = (0.2 \cdot 2350 + 0.1 \cdot 5100) \leq (0.2 \cdot 5100) \leq 2350$

$b_{eff1} = 980 \leq 1020 \leq 2350$

$b_{eff1} = 980 \text{ mm}$

$b_{eff} = 300 + 980 + 980 = 2260 \text{ mm}$

$d = h - \Phi_{nor} - \Phi_{συνδετήρων} - \Phi_{κύριου \text{ οπλισμού}} / 2$

$d = 500 - 45 - 8 - 10 = 437 \text{ mm}$

$k = \frac{M}{bd^2f_{ck}}$

$k = \frac{105.75}{2260 \cdot 437^2 \cdot 30} \cdot 10^6 = 0.008$

$k \leq k' \text{ (ok)}$

$k' = 0.168$

$0.008 \leq 0.168 \text{ άρα δεν}$

χρειάζομαι θλιπτικό οπλισμό

$z = \frac{d}{2} [1 + \sqrt{1 - 3.53k}] \leq 0.95d$

$z = \frac{437}{2} \cdot [1 + \sqrt{1 - (3.53 \cdot 0.008)}] \leq 0.95 \cdot 437$

$z = 434 \leq 415.15$

$z = 415.15 \text{ mm}$

**Ουδέτερος άξονας :**

$x = 2.5 (d - z) = 2.5 (437 - 420) = 42.5 \text{ mm}$

$x \leq 1.25 h_f$

$h_f = 200 \text{ mm}$

$42.5 \leq 250 \text{ άρα ορθογωνική διατομή}$

**Οπλισμός:**

$$A_s = \frac{M}{f_{yd} \cdot z} = \frac{105.75 \cdot 10^6}{\frac{500}{1.15} \cdot 420} = 579 \text{ mm}^2 \quad [2Y20 (628.3 \text{ mm}^2)]$$

$$A_{s\min} = 0.15\% \cdot A_c = 0.0015 \cdot 437 \cdot 300 = 197 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\max} = 4\% \cdot A_c = 0.04 \cdot 437 \cdot 300 = 5244 \text{ mm}^2$$

**Ενδιάμεση Στήριξη:**

(στις ενδιάμεσες στηρίξεις χρησιμοποιείται πάντα ορθογωνική διατομή)

$$M = 135.03 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{135.03}{300 \cdot 437^2 \cdot 30} \cdot 10^6 = 0.078 \quad \left. \vphantom{k} \right\} \quad k \leq k' \text{ (ok)}$$

$$k' = 0.168$$

$$z = \frac{437}{2} \cdot [1 + \sqrt{1 - (3.53 \cdot 0.078)}] \leq 0.95 \cdot 437$$

$$z = 404.5 \leq 415.15$$

$$z = 404.5 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{135.03}{\frac{500}{1.15} \cdot 404.5} \cdot 10^6 = 768 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow 3Y20 (942.5 \text{ mm}^2)$$

**2° άνοιγμα:**

$$M = 50.23 \text{ kNm}$$

$$b_{\text{eff}} = b_w + b_{\text{eff}1} + b_{\text{eff}2}$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}1} = b_{\text{eff}2} = (0.2b_1 + 0.1l_o) \leq 0.2l_o \leq b_1$$

$$b_1 = b_2 = (5 - 0.3) / 2 = 2350 \text{ mm}$$

$$l_o = 0.7 \cdot l_2 = 0.7 \cdot 6000 = 4200 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}1} = (0.2 \cdot 2350 + 0.1 \cdot 4200) \leq (0.2 \cdot 4200) \leq 2350$$

$$b_{\text{eff}1} = 890 \leq 840 \leq 2350$$

$$b_{\text{eff}1} = 940 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = 300 + 840 + 840 = 1980 \text{ mm}$$

$$d = 437 \text{ mm}$$

$$k = \frac{50.23}{1980 \cdot 437^2 \cdot 30} \cdot 10^6 = 0.004 \leq 0.168 \text{ άρα δεν χρειάζομαι}$$

θλιπτικό οπλισμό

$$z = \frac{437}{2} \cdot [1 + \sqrt{1 - (3.53 \cdot 0.004)}] \leq 0.95 \cdot 437$$

$$z = 435.5 \leq 415.15$$

$$z = 415.15 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{50.23}{\frac{500}{1.15} \cdot 415.15} \cdot 10^6 = 278 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow 2Y20 (628.3 \text{ mm}^2)$$

**2Y20 (628.3mm<sup>2</sup>)****3Y20 (942.5mm<sup>2</sup>)****2Y20 (628mm<sup>2</sup>)**

**Ενδιάμεση Στήριξη:**

(στις ενδιάμεσες στηρίξεις χρησιμοποιείται πάντα ορθογωνική διατομή)

$$M = 102.23 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{102.23}{300 \cdot 437^2 \cdot 30} \cdot 10^6 = 0.06 \quad \left. \vphantom{k} \right\} \quad k \leq k' \text{ (ok)}$$

$$k' = 0.168$$

$$z = \frac{437}{2} \cdot [1 + \sqrt{1 - (3.53 \cdot 0.06)}] \leq 0.95 \cdot 437$$

$$z = 412.5 \leq 415.15$$

$$z = 412.5 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{102.23}{\frac{500}{1.15} \cdot 412.5} \cdot 10^6 = 570 \text{ mm}^2 \rightarrow 2Y20 (628.3 \text{ mm}^2)$$

**2Y20 (628mm<sup>2</sup>)****Μεσαίο άνοιγμα:**

$$M = 66.24 \text{ kNm}$$

$$b_{\text{eff}} = b_w + b_{\text{eff1}} + b_{\text{eff2}}$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff1}} = b_{\text{eff2}} = (0.2b_1 + 0.1l_o) \leq 0.2 l_o \leq b_1$$

$$b_1 = b_2 = (5 - 0.3) / 2 = 2350 \text{ mm}$$

$$l_o = 0.7 \cdot l_2 = 0.7 \cdot 6000 = 4200 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff1}} = (0.2 \cdot 2350 + 0.1 \cdot 4200) \leq (0.2 \cdot 4200) \leq 2350$$

$$b_{\text{eff1}} = 890 \leq 840 \leq 2350$$

$$b_{\text{eff1}} = 940 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = 300 + 840 + 840 = 1980 \text{ mm}$$

$$k = \frac{66.24}{1980 \cdot 437^2 \cdot 30} \cdot 10^6 = 0.005 \leq 0.168 \text{ άρα δεν χρειάζομαι θλιπτικό οπλισμό}$$

$$z = \frac{437}{2} \cdot [1 + \sqrt{1 - (3.53 \cdot 0.005)}] \leq 0.95 \cdot 437$$

$$z = 435 \leq 415.15$$

$$z = 415.15 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{66.24}{\frac{500}{1.15} \cdot 415.15} \cdot 10^6 = 367 \text{ mm}^2 \rightarrow 2Y20 (628.3 \text{ mm}^2)$$

**2Y20 (628.3mm<sup>2</sup>)**

**Ακραίες Στηριζέις:**

$$\max = \left[ \begin{array}{l} 15\% \text{ του οπλισμού ανοίγματος} \\ 2Y16 \end{array} \right]$$

$$\max = \left[ \begin{array}{l} 15\% * 628.3 = 94.25 \text{ mm}^2 \\ 2Y16 = 100.5 \text{ mm}^2 \end{array} \right]$$

→ άρα ο οπλισμός των ακραίων στηριζέων είναι 2Y16 (402.1 mm<sup>2</sup>)

**2Y16 (402.1 mm<sup>2</sup>)**

EC2

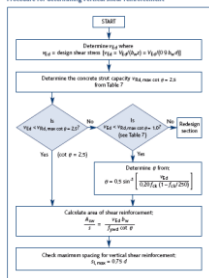
Paragraph 6

Book

Page 28

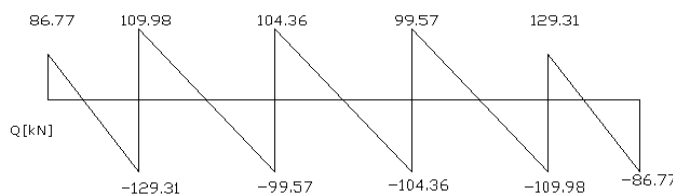
Figure 5

Figure 5 Procedure for determining vertical shear reinforcement



**Έλεγχος διάτμησης (τέμνουσα):**

**Δοκοί b1-b5, b16 – b20:**



**V = 86.77 kN**

$$V_{Ed,max} = V - W_u * a$$

$$V_{Ed,max} = 86.77 - 0.2 * 35.6 = 79.65 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 0.12 * b_w * d * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) * f_{ck}$$

$$= 0.12 * 300 * 437 * \left(1 - \frac{30}{250}\right) * 30$$

$$= 415$$

$$V_{Rd,max} \gg V_{Ed,max} \text{ (ok)}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - w * d$$

$$V_{Ed} = 79.65 - (0.437 * 35.6) = 64.1 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{ed}}{0.78 * d * f_{gk} * \cot\theta}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{64.1 * 10^3}{0.78 * 437 * 500 * 2.5} = 0.15$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = \frac{0.08 * b_w}{f_{yk}} * f_{ck} / 2$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = \frac{0.08 * 300}{500} * 30 / 2 = 0.26$$

$$A_{sw,min} > A_{sw} \rightarrow 0.26 > 0.15$$

άρα χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης

$$\text{Επιλέγω } 2Y8=100.8$$

$$Y8=2*50.3=100.5 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.26 \rightarrow \frac{100.5}{s} = 0.26 \rightarrow s = 387 \text{ mm (Y8/350)}$$

$$s_{max}=3/4*d=0.57*437=327,35\text{mm}$$

→ επομένως χρησιμοποιώ Y8/300

**Y8/300**

### **V = 129.31 kN**

$$V_{Ed,max} = V - W_u * a$$

$$V_{Ed,max} = 129.31 - 0.2 * 35.6 = 122.19 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 415 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \gg V_{Ed,max} \text{ (ok)}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - w * d$$

$$V_{Ed} = 122.19 - (0.437 * 35.6) = 105.46 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{105.46 * 10^3}{0.78 * 437 * 500 * 2.5} = 0.25$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = 0.26$$

$A_{sw,min} > A_{sw} \rightarrow 0.26 > 0.25$  άρα χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης

$$\text{Επιλέγω } 2Y8=100.5$$

$$Y8=2*50.3=100.5 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.26 \rightarrow \frac{100.5}{s} = 0.26 \rightarrow s = 387 \text{ mm (Y8/350)}$$

$$s_{max}=3/4*d=0.57*437=327,35\text{mm}$$

**Y8/300**

### **V = 109.98 kN**

$$V_{Ed,max} = V - W_u * a$$

$$V_{Ed,max} = 109.98 - 0.2 * 33.9 = 103.2 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_{Rd,max} &= 0.12 * b_w * d * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) * f_{ck} \\ &= 0.12 * 300 * 437 * \left(1 - \frac{30}{250}\right) * 30 \\ &= 415 \end{aligned}$$

$$V_{Rd,max} \gg V_{Ed,max} \text{ (ok)}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - w * d$$

$$V_{Ed} = 103.2 - (0.437 * 33.9) = 88.4 \text{ kN}$$



$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{ed}}{0.78 * d * f_{gk} * \cot\theta}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{88.4 * 10^3}{0.78 * 437 * 500 * 2.5} = 0.20$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = \frac{0.08 * b_w}{f_{yk}} * f_{ck} / 2$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = \frac{0.08 * 300}{500} * 30 / 2 = 0.26$$

$$A_{sw,min} > A_{sw} \rightarrow 0.26 > 0.15$$

άρα χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης

### V = 99.57 kN

$$V_{Ed,max} = V - W_u * a$$

$$V_{Ed,max} = 99.57 - 0.2 * 33.9 = 92.79 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{ed}}{0.78 * d * f_{gk} * \cot\theta}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{92.79 * 10^3}{0.78 * 437 * 500 * 2.5} = 0.21$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = \frac{0.08 * b_w}{f_{yk}} * f_{ck} / 2$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = \frac{0.08 * 300}{500} * 30 / 2 = 0.26$$

$$A_{sw,min} > A_{sw} \rightarrow 0.26 > 0.15$$

άρα χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης

### V = 104.36 kN

$$V_{Ed,max} = V - W_u * a$$

$$V_{Ed,max} = 104.36 - 0.2 * 33.9 = 97.58 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{ed}}{0.78 * d * f_{gk} * \cot\theta}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{97.58 * 10^3}{0.78 * 437 * 500 * 2.5} = 0.23$$

$A_{sw,min} > A_{sw} \rightarrow$  άρα χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης

**Y8/300**

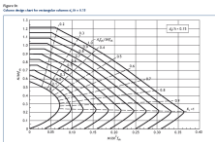
**Y8/300**

**Y8/300**

<p>EC2 Paragraph 9.4.3</p>	<p>Ο οπλισμός διάτμησης που έχουμε υπολογίσει είναι σωστός, σύμφωνα όμως με τον ευρωκώδικα η απόσταση των συνδετήρων (s), που πρόκειται να τοποθετηθούν σε απόσταση <math>2h_c</math> από την παρειά της δοκού, πρέπει να είναι:</p> $s_{max} = 3/4 * d = 0.57 * 437 = 327,35 \approx 300 \text{mm}$ $\min = \left( \begin{array}{l} 200 \text{mm} \\ 20Y = 20 * 10 = 200 \text{mm} \\ 10Y = 10 * 20 = 200 \text{mm} \\ h/3 = 500/3 = 166 \approx 150 \text{mm} \end{array} \right)$ <p>Με βάση αυτά τα στοιχεία, ο οπλισμός που πρόκειται να χρησιμοποιήσω για τα κρίσιμα ανοίγματα είναι Y8/150.</p> <p><math>2h_c = 2 * 500 = 1000 \text{mm}</math> (κρίσιμη περιοχή-πύκνωση συνδετήρων)</p> <p>Με τον ίδιο τρόπο έγινε και οι διαστασιολόγηση των υπόλοιπων δοκών (βλέπε παράρτημα 4).</p>	<p><b>Y8/150</b></p>
	<p><b><u>Έλεγχος τοποθέτησης οπλισμού:</u></b></p> <p>Πιο πάνω έχουμε υπολογίσει τον απαιτούμενο οπλισμό που πρέπει να τοποθετήσουμε στην δοκό, πρέπει όμως να ελέγξουμε αν ο οπλισμός αυτό «χωρεί» στη δοκό.</p> $\frac{b - 2 * c_{nor} - 2Y - Y}{n \text{ ανοιγμάτων}} \geq h_g + 5$ $\frac{300 - 2 * 45 - 2 * 8 - 2 * 20}{1} \geq 20 + 5$ <p style="text-align: center;">154 &gt; 25 (ok)</p> $\frac{300 - 2 * 45 - 2 * 8 - 3 * 20}{2} \geq 20 + 5$ <p style="text-align: center;">67 &gt; 25 (ok)</p> $\frac{300 - 2 * 45 - 2 * 8 - 2 * 16}{1} \geq 20 + 5$ <p style="text-align: center;">162 &gt; 25 (ok)</p>	

## 5 Υποστυλώματα

Αναφορές	Υπολογισμοί	Αποτελέσματα						
<p>Σημειώσεις οπλισμένου σκυροδέματος Ι και ΙΙ</p>	<p><b><u>Φορτία Υποστυλωμάτων:</u></b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>C_1 = C_6 = C_{19} = C_{24} = 86.77 + 64.64 = 151.41 \text{ kN}</math></td> </tr> <tr> <td><math>C_2 = C_5 = C_{20} = C_{23} = 109.98 + 129.31 + 141.4 = 380.69 \text{ kN}</math></td> </tr> <tr> <td><math>C_3 = C_4 = C_{21} = C_{22} = 104.36 + 99.57 + 134.41 = 338.34 \text{ kN}</math></td> </tr> <tr> <td><math>C_7 = C_{12} = C_{13} = C_{18} = 193.72 + 76.88 + 94.38 = 364.98 \text{ kN}</math></td> </tr> <tr> <td><math>C_8 = C_{11} = C_{14} = C_{17} = 241.71 + 286.23 + 162.71 + 204.07 = 894.72 \text{ kN}</math></td> </tr> <tr> <td><math>C_9 = C_{10} = C_{15} = C_{16} = 229.28 + 261.52 + 156.12 + 194.28 = 841.2 \text{ kN}</math></td> </tr> </table>	$C_1 = C_6 = C_{19} = C_{24} = 86.77 + 64.64 = 151.41 \text{ kN}$	$C_2 = C_5 = C_{20} = C_{23} = 109.98 + 129.31 + 141.4 = 380.69 \text{ kN}$	$C_3 = C_4 = C_{21} = C_{22} = 104.36 + 99.57 + 134.41 = 338.34 \text{ kN}$	$C_7 = C_{12} = C_{13} = C_{18} = 193.72 + 76.88 + 94.38 = 364.98 \text{ kN}$	$C_8 = C_{11} = C_{14} = C_{17} = 241.71 + 286.23 + 162.71 + 204.07 = 894.72 \text{ kN}$	$C_9 = C_{10} = C_{15} = C_{16} = 229.28 + 261.52 + 156.12 + 194.28 = 841.2 \text{ kN}$	
$C_1 = C_6 = C_{19} = C_{24} = 86.77 + 64.64 = 151.41 \text{ kN}$								
$C_2 = C_5 = C_{20} = C_{23} = 109.98 + 129.31 + 141.4 = 380.69 \text{ kN}$								
$C_3 = C_4 = C_{21} = C_{22} = 104.36 + 99.57 + 134.41 = 338.34 \text{ kN}$								
$C_7 = C_{12} = C_{13} = C_{18} = 193.72 + 76.88 + 94.38 = 364.98 \text{ kN}$								
$C_8 = C_{11} = C_{14} = C_{17} = 241.71 + 286.23 + 162.71 + 204.07 = 894.72 \text{ kN}$								
$C_9 = C_{10} = C_{15} = C_{16} = 229.28 + 261.52 + 156.12 + 194.28 = 841.2 \text{ kN}$								
<p>Book page 27 EC2: Paragraph 5.8.3.2</p>	<p><b><u>Διαστασιολόγηση Υποστυλωμάτων:</u></b></p> <p><b><u>Ροπή αδρανείας:</u></b></p> $I_{AB} = I_{B\Gamma} = \frac{bh^3}{12} = \frac{0.4^4}{12} = 2.14 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$ $I_{B\Delta} = \frac{bh^3}{12} = \frac{0.3 \cdot 0.5^3}{12} = 3.13 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$ <p><b><u>Δυσκαμψία:</u></b></p> $K_{AB} = I_{AB} / L_{AB} = \frac{2.14}{3.5} \cdot 10^{-3} = 6.11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ $K_{B\Gamma} = I_{B\Gamma} / L_{B\Gamma} = \frac{2.14}{5} \cdot 10^{-3} = 4.28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ $K_{B\Delta X} = \frac{1}{2} I_{B\Delta} / L_{B\Delta} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3.13}{5} \cdot 10^{-3} = 3.13 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ $K_{B\Delta Y} = \frac{1}{2} I_{B\Delta} / L_{B\Delta} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3.13}{6} \cdot 10^{-3} = 2.6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ $\Sigma K_{ολικόx} = 13.52 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ $\Sigma K_{ολικόy} = 13 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ $d_2 = C_{nom} + \Phi_{συνδετήρων} + \Phi_{κύριου σπλισμού} / 2 = 45 + 8 + 12.5 = 65.5 \text{ mm}$ $d_2 / h = 65.5 / 400 = 0.15$ $h' = b' = 400 - 65.5 = 334.5 \text{ mm}$	<p><b><math>d_2 = 65.5 \text{ mm}</math></b></p>						



EC2:

Paragraph 5.8.9

Σημειώσεις  
οπλισμένου  
σκυροδέματος II

**Εξωτερικές κολώνες μεταξύ δύο ανοιγμάτων:**

Στα περισσότερα υποστυλώματα λόγω σύνδεσης με τις δοκούς σε δύο κάθετες κατευθύνσεις, εκτός από το αξονικό φορτίο υπόκεινται και σε ροπή δύο κατευθύνσεων δηλαδή σε διαξονική κάμψη. Λόγω της περιπλοκότητας του προβλήματος ο EC2 επιτρέπει τον ξεχωριστό σχεδιασμό της διαξονικής θλίψης και στις δύο κατευθύνσεις. Η ροπή που εξετάζεται είναι αυτή με την πιο μεγάλη επίδραση.

**Υπολογισμός  $M_{max}$  &  $V_{max}$  στην κατεύθυνση x:**

$$M_{max} = M_{B\Delta} * K_{B\Delta} / K_{ολικό} =$$

$$(wl^2 / 12) * \frac{3.13}{13.52} = \frac{78.803 * 6^2}{12} * \frac{3.13}{13.52} = 56 \text{ kNm}$$

$$V_{max} = 6 * P_{εξωτερικών κολώνων} = 6 * 380.69 = 2284.14 \text{ kN}$$

$$l_o / 400 = 0.85 * 5000 / 400 = 10.6 \text{ mm}$$

$$e_o = \max(h/30, 20) = (400/30, 20) = 20 \text{ mm}$$

$$M_{ce} = 2284.14 * 20 / 1000 = 45.68 \text{ kNm}$$

$$M_{o2} = 56 + (2284.14 * 0.0106) \geq M_{ce}$$
$$= 80.22 > 45.68 \text{ kNm άρα}$$

$$M_{o2} = 80.22 \text{ kNm}$$

$$\frac{M}{bh^2 f_{ck}} = \frac{80.22}{400^3 * 30} 10^6 = 0.05 \text{ kNm}$$

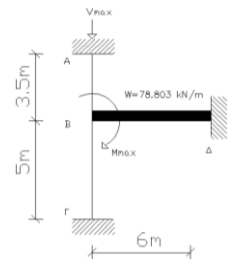
$$\frac{N}{bh f_{ck}} = \frac{2284.14}{400^2 * 30} 10^3 = 0.47 \text{ kN}$$

$\frac{A_s}{bh f_{ck}} = 0 \rightarrow$  σύμφωνα με την γραφική παράσταση χρειάζομαι τον min οπλισμό.

$$0.01 < p < 0.04$$

$$A_s / bh = p \rightarrow A_s = 0.02 * 400 * 400 = 3200 \text{ mm}^2$$

(8Y25 – 3927mm<sup>2</sup>)



**8Y25**

**Υπολογισμός  $M_{max}$  &  $V_{max}$  στην κατεύθυνση y:**

$$M_{max} = (M_{ΓΒ} * K_{ΓΒ} - M_{ΒΔ} * K_{ΒΔ}) / K_{ολικό} =$$
$$[(w_{ΓΒ} l^2 / 12) * \frac{4.28}{13}] - [(w_{ΒΔ} l^2 / 12) * \frac{2.6}{13}] =$$
$$[(31.436 * 5^2 / 12) * \frac{4.28}{13}] - [(24.376 * 5^2 / 12) * \frac{2.6}{13}] =$$
$$21.56 - 10.16 = 11.4 \text{ kNm}$$

$$l_o / 400 = 0.85 * 5000 / 400 = 10.6 \text{ mm}$$

$$e_o = \max(h/30, 20) = (400/30, 20) = 20 \text{ mm}$$

$$V_{max} = 6 * P_{εξωτερικών \text{ κολώνων}} = 6 * 380.69 = 2284.14 \text{ kN}$$

$$M_{ce} = 2284.14 * 20 / 1000 = 45.68 \text{ kNm}$$

$$M_{o2} = 11.4 + (2284.14 * 0.0106) \geq M_{ce}$$
$$= 35.61 < 45.68 \text{ kNm άρα}$$

$$M_{o2} = 45.68 \text{ kNm}$$

$$\frac{M}{bh^2 f_{ck}} = \frac{45.68}{400^3 * 30} 10^6 = 0.02 \text{ kNm}$$

$$\frac{N}{bh f_{ck}} = \frac{2284.14}{400^2 * 30} 10^3 = 0.47 \text{ kN}$$

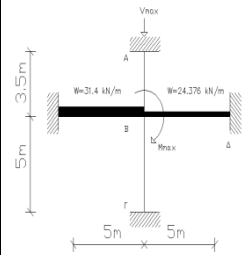
$\frac{A_s}{bh f_{ck}} = 0 \rightarrow$  σύμφωνα με την γραφική παράσταση χρειάζομαι τον min οπλισμό.

$$0.01 < p < 0.04$$

$$A_s / bh = p \rightarrow A_s = 0.02 * 400 * 400 = 3200 \text{ mm}^2$$

(8Y25 – 3927mm<sup>2</sup>)

Η εξωτερική κολώνα υπολογιστική και στις δύο κατευθύνσεις, θα σχεδιαστεί όμως σύμφωνα με τον μέγιστο οπλισμό. Στην περίπτωση μας και οι δύο κολώνες χρειάζονται τον ελάχιστο οπλισμό.



**8Y25**

### Σχεδιασμός γωνιακών κολώνων:

Οι γωνιακές κολώνες παραλαμβάνουν διαξονική κάμψη, έτσι για τον υπολογισμό του σπλισμού των ακραίων κολώνων χρειάζεται να υπολογίσουμε τα:

$$\frac{M_{xx}}{h} \text{ \& \ } \frac{M_{yy}}{b}$$

Διαστάσεις εσωτερικής κολώνας: 500\*500mm

Διαστάσεις εξωτερικής κολώνας: 400\*400mm

Διαστάσεις δοκού: 300\*500mm

#### Υπολογισμός $M_{yy}$

$$M = 35.6 \cdot 6^2 / 12 = 106.8 \text{ kNm}$$

$$M_{yy} = M_{AB} = 106.8 \cdot 6.11 \cdot 10^{-4} / 13 \cdot 10^{-4} = 50.2 \text{ kNm}$$

$$M_{yy}/b = 50.2 / 0.4 = 125.5 \text{ kN}$$

#### Υπολογισμός $M_{xx}$

$$M = 31.436 \cdot 5^2 / 12 = 65.5 \text{ kNm}$$

$$M_{xx} = M_{AB} = 65.5 \cdot 6.11 \cdot 10^{-4} / 13.52 \cdot 10^{-4} = 29.6 \text{ kNm}$$

$$M_{xx}/h = 29.6 / 0.4 = 74 \text{ kN}$$

Έλεγχος  $M_{yy}/b \geq M_{xx}/h \rightarrow 125.5 > 74$

άρα  $M_{y'y'} = M_{yy} + \beta \cdot b'/h' \cdot M_{xx}$

$$M_{y'y'} = 50.2 + 3.22 \cdot 1 \cdot 29.6 = 145.5 \text{ kNm}$$

$$N_{sd} = 6 \cdot P_{\text{κολώνας}} = 6 \cdot 151.41 = 908.46 \text{ kN}$$

$$\frac{M}{bh^2 f_{ck}} = \frac{145.5}{400^3 \cdot 30} \cdot 10^6 = 0.08 \text{ kNm}$$

$$\frac{N}{bh f_{ck}} = \frac{908.46}{400^2 \cdot 30} \cdot 10^3 = 0.2 \text{ kN}$$

από την γραφική παράσταση

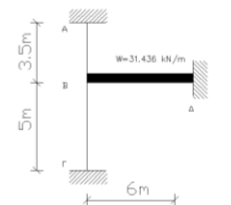
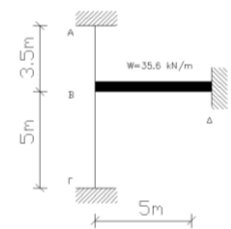
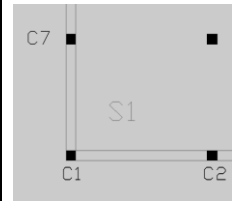
$$\frac{A_s \cdot f_{yk}}{bh f_{ck}} = 0.05$$

$$A_s = 0.05 \cdot 400 \cdot 400 \cdot 30 / 500 = 480 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 1\% \cdot A_c = 0.01 \cdot 400 \cdot 400 = 1600 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax} = 4\% \cdot A_c = 0.04 \cdot 400 \cdot 400 = 6400 \text{ mm}^2$$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε τον min σπλισμό  $A_s = 1600 \text{ mm}^2 \rightarrow$   
(4Y25 – 1963.5mm<sup>2</sup>)



**4Y25**

**Εσωτερικές κολώνες:**

**Υπολογισμός  $M_{max}$  &  $V_{max}$ :**

$$M_{max} = M + eN$$

$$e = \max \left[ \frac{h}{30}, 20 \right] = \left[ \frac{500}{30}, 20 \right] = [16.7, 20] = 20 \text{ mm}$$

$$M = \left( \frac{w_1 \cdot l^2}{12} - \frac{w_2 \cdot l^2}{12} \right) \cdot \frac{K_{AB}}{\Sigma K}$$

$$M = \left( \frac{78.803 \cdot 5^2}{12} - \frac{55.143 \cdot 5^2}{12} \right) \cdot \frac{6.11}{13.52} = (164.18 - 114.88) \cdot 0.45 = 22.2 \text{ kNm}$$

$$N_{max} = 6 \cdot PC_8 = 6 \cdot 894.72 = 5368.32 \text{ kN}$$

$$M_{max} = 22.2 + (5368.32 \cdot 0.02) = 129.6 \text{ kNm}$$

**Έλεγχος:**

$$M_{max} = [M + e_1 N] \leq eN$$

$$e_1 = \frac{l_0}{400} = \frac{0.85 \cdot 5000}{400} = 10.6 \text{ mm}$$

$$M_{max} = 49.3 + (5368.32 \cdot 0.0106) \leq 5368.32 \cdot 0.02$$

$$M_{max} = 106.2 \leq 107.4 \text{ (ok)}$$

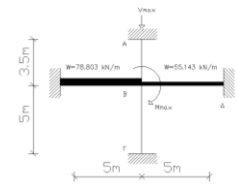
$$\frac{M}{bh^2 f_{ck}} = \frac{129.6}{500^3 \cdot 30} \cdot 10^6 = 0.03 \text{ kNm}$$

$$\frac{N}{bh f_{ck}} = \frac{5368.32}{500^2 \cdot 30} \cdot 10^3 = 0.7 \text{ kN}$$

από τη καμπύλη (0.15) προκύπτει  $A_s = 0.1 \text{ mm}$

$$\frac{A_s \cdot f_{yk}}{bh f_{ck}} = 0.1$$

$$A_s = 0.1 \cdot 500 \cdot 500 \cdot 30 / 500 = 1500 \text{ mm}^2 \text{ (4Y25 - 1963.5 mm}^2\text{)}$$



**4Y25**

EC2

Paragraph 5.8.3

**Έλεγχος λυγιρότητας στις κολώνες:**

**Για εξωτερική κολώνα(400\*400):**

$$\lambda_{\min} = \frac{20ABC}{\sqrt{n}}$$

$$A=0.7$$

$$B=1.1$$

$$C=2.7$$

$$n = \frac{N_{\max}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{6 \cdot 380.69 \cdot 10^3}{400 \cdot 400 \cdot \frac{30}{1.5}} = 0.71$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad I = \frac{bh^3}{12} \quad A = b \cdot h$$

$$l_0 = 0.75l$$

$$l_0 = 0.75 \cdot (5000 - 500) = 0.75 \cdot 4500 = 3375 \text{ mm}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{400^4}{12 \cdot 400^2}} = 115.47$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = 3375 / 115.47 = 29$$

$$\lambda_{\min} = \frac{20 \cdot 0.7 \cdot 1.1 \cdot 2.7}{\sqrt{0.71}} = 49$$

$$\lambda \leq \lambda_{\min} =$$

29 < 49 άρα είμαστε (ok)

Για γωνιακή κολώνα (400\*400) ακολουθείται ο ίδιος τρόπος  
 $\lambda \leq \lambda_{\min} = 29 < 78$  (ok)

**Για την κεντρική κολώνα(500\*500):**

$$\lambda_{\min} = \frac{20ABC}{\sqrt{n}}$$

$$A=0.7$$

$$B=1.1$$

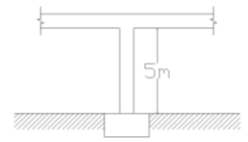
$$C=2.7$$

$$n = \frac{N_{\max}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{6 \cdot 151.41 \cdot 10^3}{500 \cdot 500 \cdot \frac{30}{1.5}} = 0.18$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad I = \frac{bh^3}{12} \quad A = b \cdot h$$

$$l_0 = 0.75l$$

$$l_0 = 0.75 \cdot (5000 - 500) = 0.75 \cdot 4500 = 3375 \text{ mm}$$





$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{500^4}{12 \cdot 500^2}} = 144.34$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = 3375 / 144.34 = 24$$

$$\lambda_{\min} = \frac{20 \cdot 0.7 \cdot 1.1 \cdot 2.7}{\sqrt{0.18}} = 78.6$$

$$\left. \begin{array}{l} \lambda = 24 \\ \lambda_{\min} = 78.6 \end{array} \right\} \lambda \leq \lambda_{\min} =$$

24 < 78.6 άρα είμαστε (ok)

EC2

Paragraph 9

**Κρίσιμο ύψος υποστυλώματος:**

$$h_{\text{critical}} = \max \left( h_c, \frac{l_{\text{clear}}}{6}, 450 \right) = \max \left( 400, \frac{3100}{6}, 450 \right) = 516 \text{ mm}$$

**$h_{\text{critical}} = 520 \text{ mm}$**

EC8

Paragraph 7.6.4

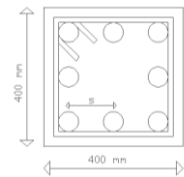
**Κανονισμοί:**

$S_{\min} = 3$  οπλισμοί ανά πλευρά

$$S_{\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{b_0}{2} = \frac{(400 - 2 \cdot 25 + 10)}{2} = 180 \text{ mm} \\ 8 d_{\text{BL}} = 8 \cdot 25 = 200 \text{ mm} \\ 175 \text{ mm} \end{array} \right\}$$

$S_{\max} = 175 \text{ mm}$  άρα Y10/170 για τις μη κρίσιμη περιοχή

Για την κρίσιμη περιοχή επιλέγω να τοποθετήσω συνδετήρες Y10/150.



**Y10/170**

**Y10/150**

## 6 Τοιχώματα

Αναφορές	Υπολογισμοί	Αποτελέσματα
<p>EC8: Paragraph 5.2</p> <p>Σημειώσεις μαθήματος Αντισεισμικού Σχεδιασμού</p> <p>National annex</p>	<p><b><u>Το κτήριο μας θέλουμε να είναι braced-no sway.</u></b></p> <p><b><u>Έλεγχος για τοιχώματα:</u></b></p> $F_{v,ed} \leq k_1 \frac{n_s}{n_s + 1.6} \frac{\sum E_{cd} * I_c}{L^2}$ $E_{cd} = \frac{E_{cm}}{\gamma_{ce}} = \frac{33}{1.2} = 27.5 \text{ GPa}$ $I_c = \frac{bh^3}{12} = \frac{0.4 * 6^3}{12} = 7.2 \text{ m}^4$ $I_{\text{κολι.}} = 7.2 * 2 = 14.4 \text{ m}^4$ $L^2 = [(3.5+5) + 5]^2 = 22.5^2 = 506.25 \text{ m}^2$ <p><b><math>k_1 = 0.31</math></b></p> <p><math>n_s = 6</math> (όροφοι)</p> $k_1 \frac{n_s}{n_s + 1} = 0.31 \frac{6}{6 + 1.6} = 0.25$ $\frac{\sum E_{cd} * I_c}{L^2} = \frac{27.5 * 10^9 * 10.8}{506.25} = 586.67 * 10^3 \text{ kN}$ $F_{v,ed} = \sum C_{ol} * 6 = 11885.36 * 6 = 71312.16 \text{ kN}$ $71312.16 \leq 0.25 * 586.67 * 10^3$ $71312.16 \leq 146667.5 \text{ άρα είμαι (ok)}$ <p><b><u>Παραδοχή:</u></b></p> <p>Για στατικούς λόγους, χοντρικά το φορτίο των υποστυλωμάτων το υπολογίζω:</p> $71312.16 / 6 * 30 * 15 = 26.42 \text{ kN}$	
<p>Example EC 8</p>	<p><b><u>Υπολογισμός κατανομής σεισμικής δύναμης:</u></b></p> <p>Το κτίριο είναι κανονικό σε κάτοψη και καθ' ύψος, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ισοδύναμη στατική μέθοδος.</p> <p>Κατηγορία εδάφους C: <math>S=1.15</math></p> <p><math>\frac{a_u}{a_1} = 1</math> σύστημα τοιχωμάτων με μόνο 2 ασυζευκτα τοιχώματα για κάθε οριζόντια κατεύθυνση</p> $q = q_0 * \frac{a_u}{a_1} = 3 * 1 = 3$ $S_{dx} = a_g * S * \frac{2.5}{q} = 0.25g * 1.15 * \frac{2.5}{3} = 0.24g$	

**Τέμνουσα βάση:**

Μόνιμο φορτίο  $G = 5.50 + 2.64 + 0.8 = 8.94 \text{ kN/m}^2$

Κινητό φορτίο  $\psi_2 * Q = 0.3 * 3 = 0.9 \text{ kN/m}^2$

Ολικό φορτίο  $= 9.84 \text{ kN/m}^2$

$A = 30 * 15 * 6 = 2700 \text{ m}^2$

Μάζα  $= 2700 * 9.84 = 26568 \text{ kN}$

$V = 26568 * S_{dx} * \lambda = 26568 * 0.24 * 0.85 = 5420 \text{ kN}$  (συνολική τέμνουσα βάσης)

$5420 / 2 = 2710 \text{ kN}$  (τέμνουσα βάσης ανά τοιχίο)

**$V_d = 5420 \text{ kN}$**

**$V_d/2 = 2710 \text{ kN}$**

**Κατανομή σεισμικής δύναμης:**

Κατανομή δυνάμεων καθ' ύψος

$F_6 = \frac{2710 * 22.5}{82.5} = 739 \text{ kN}$

$F_5 = \frac{2710 * 19}{82.5} = 624 \text{ kN}$

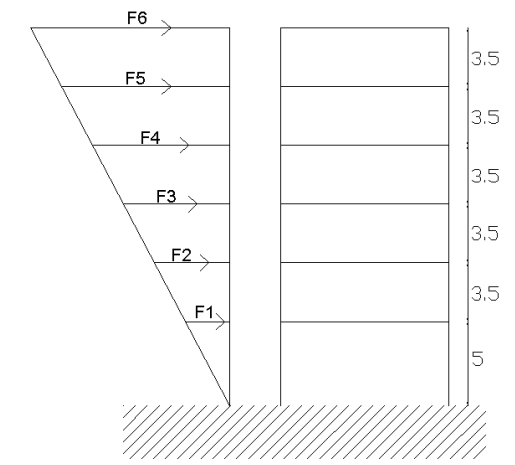
$F_4 = \frac{2710 * 15.5}{82.5} = 509.1 \text{ kN}$

$F_3 = \frac{2710 * 12}{82.5} = 394.2 \text{ kN}$

$F_2 = \frac{2710 * 8.5}{82.5} = 279.3 \text{ kN}$

$F_1 = \frac{2710 * 5}{82.5} = 164.4 \text{ kN}$

$\Sigma F = V = 2710 \text{ kN}$



**Υπολογισμός ροπής σχεδιασμού:**

$M = F_6 * h_6 + F_5 * h_5 + F_4 * h_4 + F_3 * h_3 + F_2 * h_2 + F_1 * h_1$

$M = (739 * 22.5) + (624 * 19) + (509.1 * 15.5) + (394.2 * 12) + (279.3 * 8.5) + (164.4 * 5) = 44301 \text{ kNm}$

**$M_d = 44301 \text{ kNm}$**

**Υπολογισμός αξονικού φορτίου:**

$$N = (12 \cdot 2.5 \cdot 6 \cdot 9.84) + (6 \cdot 0.4 \cdot 25 \cdot 22.5) + (6 \cdot 0.3 \cdot 0.5 \cdot 25 \cdot 11) = 3369 \text{ kN}$$

$$N_d = 3369 \text{ kN}$$

**Υπολογισμός Οπλισμού:**

$$V_d = \frac{N}{b h f_{cd}} < 0.4$$

$$V_d = \frac{3369}{300 \cdot 6000 \cdot \frac{30}{1.5}} = 0.094 < 0.4 \text{ (ok)}$$

$$M'_{ed} = M_{ed} + \frac{\text{χορόφου}}{30} \cdot N = 44301 + \frac{6}{30} \cdot 3369 = 44974.8 \text{ kNm}$$

$$M_{ed} = 44975 \text{ kNm}$$

**Οπλισμός κάμψης:**

$$d_2 = 45 + 12.5 + 8 = 65.5, \quad b = 400$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{N}{b h f_{ck}} &= \frac{3369 \cdot 10^3}{400 \cdot 6000 \cdot 30} = 0.046 \\ \frac{M}{b h^2 f_{ck}} &= \frac{44974.8 \cdot 10^6}{400 \cdot 6000^2 \cdot 30} = 0.10 \end{aligned} \right\} d_2/h = 0.55 \text{ άρα καμπύλη } 0.2$$

$$A_{stot} \cdot f_{yk} / b h f_{ck} = 0.2$$

$$A_{stot} = 400 \cdot 6000 \cdot \frac{30}{500} \cdot 0.2 = 28800 \text{ mm}^2 \text{ (συνολικός οπλισμός ακραίων στοιχείων)}$$

**Υπολογισμός κατακόρυφου οπλισμού:**

$$\left. \begin{aligned} A_{s,v} &= 0.002 \cdot A_c = 0.002 \cdot 400 \cdot 1000 = 800 \text{ mm}^2 \\ \Phi_{min} &= \Phi 10 \\ S_{max} &= 200 \text{ mm} \end{aligned} \right\} 4Y12/200 (A = 452.4 \text{ mm}^2)$$

$$\text{άρα } 2 \cdot 452.4 = 904.8 \text{ mm}^2$$

$$p_v = \frac{A_{s,v}}{A_c} = \frac{904.8}{400 \cdot 1000} = 2.262 \cdot 10^{-3}$$

$$w_v = p_v \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{500}{\frac{1.15}{30}} \cdot 0.002262 = 0.05$$

**4Y12/200 (στην κάθε πλευρά)**

**Υπολογισμός μήκους ακραίων στοιχείων:**

$$l_{c,min} = \max \left\{ \begin{aligned} 0.15 l_w \\ 1.5 b_w \end{aligned} \right\} = \max \left\{ \begin{aligned} 0.15 \cdot 6000 = 900 \\ 1.5 \cdot 400 = 600 \end{aligned} \right\}$$

$$\text{άρα } l_{c,min} = 900 \text{ mm}$$

**Τοποθέτηση οπλισμού κάμψης στα ακραία στοιχεία:**

$$A_{stot} = 400 * 6000 * \frac{30}{500} * 0.2 = 28800 \text{ mm}^2$$

$$A_{stot} = 28800/2 = 14400 \text{ mm}^2 \quad (18Y32 - 14476.5 \text{ mm}^2)$$

$$\min = 0.5\% * A_c = 0.005 * 1200 * 400 = 2400 \text{ mm}^2$$

$$\max = 4\% * A_c = 0.04 * 1200 * 400 = 19200 \text{ mm}^2$$

**18Y32**

**Η max απόσταση οπλισμού είναι:**

$$S_{max} = 200 \text{ mm}$$

$$S_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} \Phi \\ d_g + 5 \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 32 \text{ mm} \\ 20 + 5 = 25 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right\} \rightarrow S_{min} = 32 \text{ mm}$$

**S<sub>min</sub> = 32mm**

**Οπλισμός διάτμησης:**

$$V'_{ed} = 1.5 V_{ed} = 1.5 * 2710 = 4065 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} * b_w * z * f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta)$$

$$\alpha_{cw} = 1$$

$$b_w = 400 \text{ mm}$$

$$z = 0.9 * h = 0.9 * 6000 = 5400 \text{ mm}$$

$$V_1 = 0.6 \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[ 1 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

Δοκιμή για  $\cot\theta=2.5$  και  $\tan\theta=0.4$

$$V_{Rd,max} = \frac{1 * 400 * 5400 * 0.528 * \frac{30}{1.5}}{2.5 + 0.4} = 7865.38 \text{ kN}$$

$$\text{Av } V'_{ed} > V_{Rd,max} \begin{array}{l} \text{NAI} \rightarrow \cot\theta=1 \ \& \ \tan\theta=1 \\ \text{OXI} \rightarrow \cot\theta=2.5 \ \& \ \tan\theta=0.4 \end{array}$$

$$4065 < 7865.38 \rightarrow \text{άρα } \cot\theta=2.5 \ \& \ \tan\theta=0.4$$

$$V_{Rd} = \frac{A_s}{s} * z * f_{ywd} * \cot\theta \rightarrow$$

$$\frac{A_s}{s} = \frac{V_{Rd}}{z * f_{ywd} * \cot\theta} = \frac{4065 * 10^3}{5400 * 2.5 * \frac{500}{1.15}} = 0.7 \text{ mm}$$

$$A_{smin} = 0.001 * 400 * 1000 = 400 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$2\Phi 12 \rightarrow A_s = 226.2 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{226.2}{0.7} = 322 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$$

**2Y12/200  
(226.2mm<sup>2</sup>)**

(οπότεν χρησιμοποιώ το  $s_{max}$ )

**Οπλισμός περίσφιξης:**

$$s_{max} = \min\left(\frac{b_o}{2}, 175\text{mm}, 8d_{bl}\right)$$

$$\frac{b_o}{2} = \frac{310}{2} = 155\text{mm}$$

$$8d_{bl} = 8 \cdot 32 = 256\text{mm}$$

Άρα  $s_{max} = 155\text{mm} \rightarrow Y10/150$

**Y10/150**

**$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$**

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b^2}{6 \cdot b_o \cdot h_o} = 1 - \frac{(300^2 + 150^2 + 200^2 + 150^2 + 300^2 + 250^2) \cdot 2}{6 \cdot 1100 \cdot 310} = 0.32$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) = \left(1 - \frac{100}{2 \cdot 310}\right) \left(1 - \frac{100}{2 \cdot 1100}\right) = 0.83 \cdot 0.96 = 0.8$$

$$\alpha = 0.32 \cdot 0.8 = 0.26$$

**Όγκος συνδετήρων:**

$$(6 \cdot 310) + (2 \cdot 1100) + (2 \cdot 500) + (2 \cdot 200) = 5460\text{mm}$$

$$5460 \cdot 78.5 = 428610\text{mm}^3$$

Όγκος σκυροδέματος εντός συνδετήρων:

$$1100 \cdot 310 \cdot 150 = 51.15 \cdot 10^6$$

$$W_{wd}^{\text{required}} = \frac{428610}{51.15 \cdot 10^6} \cdot \frac{\frac{500}{30}}{1.5} = 0.18 > 0.08 \text{ (ok)}$$

$$\alpha \cdot W_{wd} = 0.26 \cdot 0.27 = 0.07$$

**Actual:**

$$W_{wd}^{\text{actual}} = \left(\frac{Asv_x}{b_o \cdot s} + \frac{Asv_y}{h_o \cdot s}\right) \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \left(\frac{157.1}{310 \cdot 100} + \frac{471.2}{1100 \cdot 100}\right) \cdot \frac{\frac{500}{30}}{1.5} = 0.2$$

$$W_{wd}^{\text{actual}} > W_{wd}^{\text{required}}$$

$$0.2 > 0.18 \text{ (ok)}$$

## 7 Θεμέλια

<p>EC2: Paragraph 6.4 &amp; 10.9.6.3</p> <p>Σημειώσεις Θεμελίων Οπλισμένου Σκυροδέματος 2</p>	<p><b><u>Εσωτερικό Πέδιλο:</u></b>          Δοκοί:          Περίμετρος: <math>6+5=11</math> m          Φορτίο: <math>0.3*0.5*25=3.75</math> kN          Κολώνες:          Φορτίο: <math>0.5*0.5*25= 6.25</math> kN          Πλάκα:          Φορτίο: <math>8.94+3=11.94</math> kN/ m<sup>2</sup>          Εμβαδόν: <math>6*5=30</math> m<sup>2</sup></p> <p><b><u>Υπολογισμός συνολικού αξονικού φορτίου:</u></b>  <math>N=[(30 *11.94 +3.75*11)*6]+22.5*6.25</math>  <math>N=2396.7+140.625=2537.33</math> kN          Το φορτίο του πέδιλου είναι <math>N=2537.33</math>kN          Αγνοώντας το βάρος του πέδιλου</p> <p><math>A= N / \rho</math> πίεση εδάφους επιτρεπόμενη=<math>2537.33/200= 12.68</math> m<sup>2</sup>  <math>B=D= \sqrt{12.68} =3.56</math>m → άρα αυξάνω το πέδιλο και επιλέγω πέδιλο με διαστάσεις <math>4*4*1</math>(εμπειρικά το πάχος του πέδιλου)</p> <p>Βάρος πέδιλου: <math>4*4*1*25=400</math> kN</p> <p>Ολικό βάρος: <math>\frac{2537.33+400}{16} = 183.6 \approx 200</math> kN          Το πέδιλο έχει διαστάσεις <math>4*4*1</math></p> <div data-bbox="422 1227 1045 1556" data-label="Diagram"> </div> <p>Για τον έλεγχο της αντοχής του πέδιλου χρησιμοποιήθηκε φορτίο συμπεριλαμβανομένων των συνδυασμών φόρτισης :  <math>N_{ed} = 6 * P_{c8} = 6*894.72=5368.32</math>KN          ↑          με τους συντελεστές φορτίο (1.5+1.35)</p> <p>Πίεση κάτω από το πέδιλο:  <math>\rho_{οριακή} = \frac{5368.32}{4^2} = \frac{5368.32}{16} = 336</math> kN/m<sup>2</sup> (οριακή πίεση)</p>	<p><b>Διαστάσεις πέδιλου: <math>4*4*1</math></b></p> <p><b>Ροριακή = <math>336</math>kN/m<sup>2</sup></b></p>
---	---	---

**Για τον έλεγχο του πέδιλου χρειάζονται τρεις έλεγχοι:**

**Κάμψη:**

$$M_{ed} = (1.750 \cdot 4) \cdot 336 \cdot (1.750/2) = 2058 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{M_{ed}}{bd^2 f_{ck}} = \frac{2058 \cdot 10^6}{4000 \cdot 910^2 \cdot 30} = 0.021$$

$$d = 1000 - 50 - 25 - 15 = 910 \text{ mm}$$

$$k < k' \rightarrow 0.021 < 0.168 \text{ (τύποι από δοκούς ok)}$$

$$z = \frac{d}{2} [1 + \sqrt{1 - 3.53 \cdot k}] \leq 0.95 \cdot d$$

$$z = \frac{910}{2} [1 + \sqrt{1 - 3.53 \cdot 0.021}] \leq 0.95 \cdot d$$

$$892.8 \leq 864.5 \text{ mm} \text{ άρα το } z = 864.5 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{M}{f_{yd} \cdot z} = \frac{2058 \cdot 10^6}{\frac{500}{1.15} \cdot 864.5} = 5475 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0.15\% A_c = 0.0015 \cdot 910 \cdot 4000 = 5460 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax} = 0.04 A_c = 0.04 \cdot 910 \cdot 4000 = 145600 \text{ mm}^2$$

Επομένως χρησιμοποιώ:  $A_s = 5475 \text{ mm}^2$   
(12Y28 - 7389  $\text{mm}^2$ )

12Y28

**Διάτμηση:**

$$V_{Rd,max} = 0.124 \cdot b_w \cdot d \cdot (1 - \frac{f_{ck}}{250}) \cdot f_{ck} \rightarrow$$

$$0.124 \cdot 4 \cdot 500 \cdot 910 \cdot (1 - \frac{30}{250}) \cdot 30 = 5957.952 \text{ kN}$$

$V_{ed} = 5368.32 < 5957.952$  (ok) όπως στις πλάκες ο έλεγχος γίνεται σε απόσταση  $1d$  από το πρόσωπο της κολώνας.

$$V_{ed} = 4 \cdot (1.750 - 0.910) \cdot 336 = 1128.96 \text{ kN}$$

$$\rho = 7389 \cdot 100 / 4000 \cdot 910 = 0.203$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.47$$

$$V_{Rdc} = (0.18 / \gamma_c) \cdot k \cdot (\rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rdc} = (0.18 / 1.5) \cdot 1.47 \cdot (0.203 \cdot 30)^{1/3} \cdot 4000 \cdot 910$$

$$V_{Rdc} = 1172.57 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0.035 \cdot (1.47)^{3/2} \cdot 30^{1/2} \cdot 4000 \cdot 0.1 = 13.67$$

$$1172.57 > 1128.96 \text{ (ok)}$$

**Έλεγχος διάτμησης :**

$$d = 910 \text{ mm}$$

$$2d = 1820 \text{ mm}$$

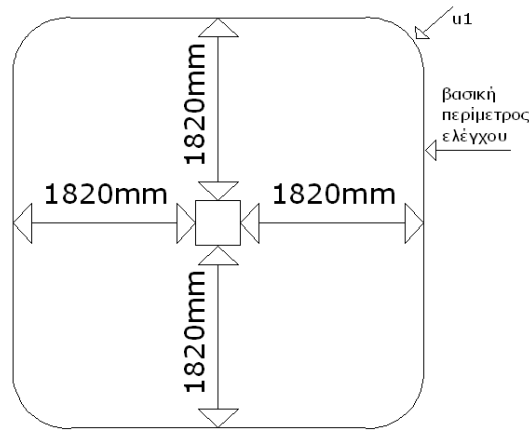
$$u_1 = 4 \cdot 500 + 2\pi \cdot (1820) = 13429.6 \text{ mm}$$

$$A_o = 4^2 \cdot A_i = 16 \cdot A_i$$

$$A_i = (1820 \cdot 500 \cdot 4) + [3.14 \cdot (1820)^2] + 500^2 = 14.29 \text{ m}^2$$

$$A_o = 16 \cdot 14.29 = 1.71 \text{ m}^2$$





$$V_{ed} = 336 \cdot 1.7 = 571.2 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} = (0.18/1.5) \cdot (0.203 \cdot 30)^{1/3} \cdot (13429.6) \cdot 910/1000$$

$$V_{Rdc} > V_{ed} \rightarrow 26767.6 > 571.2 \text{ kN}$$

### Έλεγχος αγκύρωσης:

$$f_{ck} = 30$$

$$f_{yk} = 500$$

$$\Phi = 28 \text{ mm}$$

$$a = 1$$

$$l_{bd} = l_{brq} \cdot d = 1 \cdot \Phi / 4 \cdot \sigma_{sd} / f_{bd}$$

$$\sigma_{sd} = 500 \cdot 0.87 = 435 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = (a_c \cdot f_{ctk0.05}) / \gamma_c = 1 \cdot 2 / 1.5 = 1.33$$

$$f_{bd} = (2.25 \cdot f_{ctk0.05}) / 1.5 = (2.25 \cdot 2) / 1.5 = 3 \text{ MPa}$$

$$l_{bd} = 1 \cdot (28/4) \cdot (435/3) = 1015$$

$$1015 < 1700 \quad 1750 - 50 = 1700 \text{ mm}$$

### Εξωτερικό μη γωνιακό πέδιλο:

Δοκοί:

$$\text{Περίμετρος: } 5 + 3 = 8 \text{ m}$$

$$\text{Φορτίο: } 0.3 \cdot 0.5 \cdot 25 = 3.75 \text{ kN}$$

Κολώνα:

$$\text{Φορτίο: } 0.4 \cdot 0.4 \cdot 25 = 4 \text{ kN}$$

Πλάκα:

$$\text{Φορτίο: } 8.94 + 3 = 11.94 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Εμβαδόν: } 3 \cdot 5 = 15 \text{ m}^2$$

### Υπολογισμός συνολικού αξονικού φορτίου:

$$N = [(15 \cdot 11.94 + 3.75 \cdot 8) \cdot 6] + 22.5 \cdot 4 = 1344.6 \text{ kN φορτίο πέδιλου}$$

$$A = N / \rho \text{ πίεση εδάφους επιτρεπόμενη} = 1344.6 / 200 = 6.73 \text{ m}^2$$

$B = D = \sqrt{6.73} = 2.6 \text{ m} \rightarrow$  άρα αυξάνω το πέδιλο και επιλέγω πέδιλο με διαστάσεις  $3 \cdot 3 \cdot 1$  (εμπειρικά το πάχος του πέδιλου)

$$\text{Βάρος πέδιλου: } 3 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 25 = 225 \text{ kN}$$

$$\text{Ολικό βάρος: } \frac{1344.6+225}{9} = 174.4$$

$$A=3^2$$

Διαστάσεις πέλδλου 3\*3\*1

$$N_{ed} = 6 * P_{c8} = 6 * 380.69 = 2284.14 \text{ KN}$$

πίεση κάτω από το πέλδλο:

$$p_{\text{οριακή}} = \frac{2284.14}{3^2} = \frac{2284.14}{9} = 253 \text{ kN/m}^2 \text{ (οριακή πίεση)}$$

**Για τον έλεγχο του πέλδλου χρειάζονται τρεις έλεγχοι:**

**Κάμψη:**

$$M_{ed} = (1.3*3)*253*(1.3/2) = 641.36 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{M_{ed}}{bd^2 f_{ck}} = \frac{641.36 * 10^6}{3000 * 910^2 * 30} = 0.009$$

$$d = 1000 - 50 - 25 - 15 = 910 \text{ mm}$$

$$k < k'$$

$$0.009 < 0.168 \text{ (τύποι από δοκούς ok)}$$

$$z = \frac{d}{2} [1 + \sqrt{1 - 3.53 * k}] \leq 0.95 * d$$

$$z = \frac{910}{2} [1 + \sqrt{1 - 3.53 * 0.009}] \leq 0.95 * d$$

$$902.7 \leq 864.5 \text{ mm άρα το } z = 864.5 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{M}{f_{yd} * z} = \frac{641.36 * 10^6}{\frac{500}{1.15} * 864.5} = 1706.34 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0.15\% * A_c = 0.0015 * 910 * 3000 = 4095 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax} = 0.04 * A_c = 0.04 * 910 * 3000 = 109200 \text{ mm}^2$$

Χρησιμοποιώ επομένως χρησιμοποιώ:  $A_s = 4095 \text{ mm}^2$   
(8Y28 – 4926mm<sup>2</sup>)

**Διάτμηση:**

$$V_{Rdmax} = 124 * b_w * d * (1 - \frac{f_{ck}}{250}) * f_{ck} \rightarrow$$

$$0.124 * 4 * 400 * 910 * (1 - \frac{30}{250}) * 30 = 4766.36 \text{ kN}$$

2284.14 < 4766.36 (ok) όπως στις πλάκες ο έλεγχος γίνεται σε απόσταση 1d από το πρόσωπο της κολώνας.

$$V_{ed} = 4 * (1.30 - 0.910) * 253 = 394.68 \text{ kN}$$

$$p = 4095 * 100 / 3000 * 910 = 0.15$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{910}} = 1.47$$

$$V_{Rdc} = (0.18 / \gamma_c) * k * (\rho_1 * f_{ck})^{1/3} * b_w * d =$$

$$(0.18 / 1.5) * 1.47 * (0.15 * 30)^{1/3} * 3000 * 910 = 795.06 \text{ kN}$$

$$795.06 > 394.68 \text{ (ok)}$$

**Διαστάσεις  
πέδλου:  
3\*3\*1**

**Ροριακή=  
253kN/m<sup>2</sup>**

**8Y28**

**Διάτρηση:**

$$d=910\text{mm}$$

$$2d=1820\text{mm}$$

$$d_{\text{πέδιλου}} = \frac{3000-400}{2} = 1300 \text{ mm}$$

Ο έλεγχος διάτρησης δεν χρειάζεται να γίνει σε αυτή την περίπτωση γιατί τα  $2d$  (βασική περίμετρος) είναι μεγαλύτερη από τη διάσταση  $d_{\text{πέδιλου}}$ .

**Αγκύρωση:**

$$f_{ck}=30$$

$$f_{yk}=500$$

$$\Phi=28\text{mm}$$

$$a=1$$

$$f_{ctk0.05} \text{ (απο pinaka 60)}$$

$$l_{bd} = l_{brq} * d = 1 * \Phi / 4 * \sigma_{sd} / f_{bd}$$

$$\sigma_{sd} = 500 * 0.87 = 435 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = (a_c * f_{ctk0.05}) / \gamma_c = 1 * 2 / 1.5 = 1.33$$

$$f_{bd} = (2.25 * f_{ctk0.05}) / 1.5 = (2.25 * 2) / 1.5 = 3 \text{ MPa}$$

$$l_{bd} = 1 * (28/4) * (435/3) = 1015$$

$$1015 < 1250 \quad (\text{ok})$$

$$1300 - 50 = 1250 \text{ mm}$$

**Εξωτερικό γωνιακό πέδιλο:**

Δοκοί:

$$\text{Περίμετρος: } 2.5 + 3 = 5.5 \text{ m}$$

$$\text{Φορτίο: } 0.3 * 0.5 * 25 = 3.75 \text{ kN}$$

Κολώνα:

$$\text{Φορτίο: } 0.4 * 0.4 * 25 = 4 \text{ kN}$$

Πλάκα:

$$\text{Φορτίο: } 8.94 + 3 = 11.94 \text{ kN/ m}^2$$

$$\text{Εμβαδόν: } 3 * 2.5 = 7.5 \text{ m}^2$$

**Υπολογισμός συνολικού αξονικού φορτίου:**

$$N = [(7.5 * 11.94 + 3.75 * 5.5) * 6] + 22.5 * 4 = 751.05 \text{ kN φορτίο πέδιλου}$$

$$A = N / \rho_{\text{πίεση εδάφους επιτρεπόμενη}} = 751.05 / 200 = 3.76 \text{ m}^2$$

$$B = D = \sqrt{3.76} = 2 \text{ m} \rightarrow \text{άρα αυξάνω το πέδιλο και επιλέγω πέδιλο με διαστάσεις } 2 * 2 * 1 \text{ (εμπειρικά το πάχος του πέδιλου)}$$

$$\text{Βάρος πέδιλου: } 2 * 2 * 1 * 25 = 100 \text{ kN}$$

$$\text{Ολικό βάρος: } \frac{751.05 + 100}{4} = 212.76 \text{ kN}$$

$$A = 2^2$$

$$\text{Διαστάσεις πέδιλου } 2 * 2 * 1$$

$$N_{ed} = 6 * P_{c8} = 6 * 151.41 = 908.46 \text{ KN}$$

**Διαστάσεις  
πέδιλου:  
2\*2\*1**

πίεση κάτω από το πέδιλο:

$$p_{\text{οριακή}} = \frac{908.46}{2^2} = \frac{908.46}{4} = 227.12 \text{ kN/m}^2 \text{ (οριακή πίεση)}$$

**Για τον έλεγχο του πέδιλου χρειάζονται τρεις έλεγχοι:**

**Κάμψη:**

$$M_{\text{ed}} = (1.3 \cdot 3) \cdot 227.12 \cdot (1.3/2) = 575.75 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{M_{\text{ed}}}{b d^2 f_{\text{ck}}} = \frac{575.75 \cdot 10^6}{3000 \cdot 910^2 \cdot 30} = 0.007$$

$$d = 1000 - 50 - 25 - 15 = 910 \text{ mm}$$

$$k < k'$$

$$0.007 < 0.168 \text{ (τύποι από δοκούς ok)}$$

$$z = \frac{d}{2} [1 + \sqrt{1 - 3.53 \cdot k}] \leq 0.95 \cdot d$$

$$z = \frac{910}{2} [1 + \sqrt{1 - 3.53 \cdot 0.007}] \leq 0.95 \cdot d$$

$$904.34 \leq 864.5 \text{ mm άρα το } z = 864.5 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{M}{f_{\text{yd}} \cdot z} = \frac{575.75 \cdot 10^6}{\frac{500}{1.15} \cdot 864.5} = 1531.78 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{smin}} = 0.15\% A_c = 0.0015 \cdot 910 \cdot 3000 = 4095 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{smax}} = 0.04 A_c = 0.04 \cdot 910 \cdot 3000 = 109200 \text{ mm}^2$$

Χρησιμοποιώ επομένως χρησιμοποιώ:  $A_s = 4095 \text{ mm}^2$   
(8Y28 – 4926mm<sup>2</sup>)

**Διάτμηση:**

$$V_{\text{Rdmax}} = 0.124 \cdot b_w \cdot d \cdot (1 - \frac{f_{\text{ck}}}{250}) \cdot f_{\text{ck}} = 0.124 \cdot 4 \cdot 400 \cdot 910 \cdot (1 - \frac{30}{250}) \cdot 30 = 4766.36 \text{ kN}$$

908.46 < 4766.36 (ok) όπως στις πλάκες ο έλεγχος γίνεται σε απόσταση 1d από το πρόσωπο της κολώνας.

$$V_{\text{ed}} = 4 \cdot (1.3 - 0.910) \cdot 227.12 = 354.31 \text{ kN}$$

$$p = 4926 \cdot 100 / 3000 \cdot 910 = 0.18$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{910}} = 1.47$$

$$V_{\text{Rdc}} = (0.18 / \gamma_c) \cdot k \cdot (\rho_1 \cdot f_{\text{ck}})^{1/3} \cdot b_w \cdot d = (0.18 / 1.5) \cdot 1.47 \cdot (0.18 \cdot 30)^{1/3} \cdot 3000 \cdot 910$$

$$V_{\text{Rdc}} = 8448.75 \text{ kN}$$

$$8448.75 > 354.31 \text{ (ok)}$$

**Διάτρηση:**

$$d = 910 \text{ mm}$$

$$2d = 1820 \text{ mm}$$

$$d_{\text{πέδιλου}} = \frac{3000 - 400}{2} = 1300 \text{ mm}$$

Ο έλεγχος διάτρησης δεν χρειάζεται να γίνει σε αυτή την περίπτωση γιατί τα 2d (βασική περίμετρος) είναι μεγαλύτερη από τη διάσταση  $d_{\text{πέδιλου}}$ .

$$p_{\text{οριακή}} = 227.12 \text{ kN/m}^2$$

8Y28

	<p><b><u>Αγκύρωση:</u></b>  <math>f_{ck}=30</math>  <math>f_{yk}=500</math>  <math>\Phi=28\text{mm}</math>  <math>a=1</math>  <math>f_{ctk0.05}</math> (απο πίνακα 60)</p> <p><math>l_{bd} = l_{brq} * d = 1 * \Phi / 4 * \sigma_{sd} / f_{bd}</math>  <math>\sigma_{sd} = 500 * 0.87 = 435 \text{ MPa}</math>  <math>f_{ctd} = (a_c * f_{ctk0.05}) / \gamma_c = 1 * 2 / 1.5 = 1.33</math>  <math>f_{bd} = (2.25 * f_{ctk0.05}) / 1.5 = (2.25 * 2) / 1.5 = 3 \text{ MPa}</math></p> <p><math>l_{bd} = 1 * (28/4) * (435/3) = 1015</math></p> <p><math>1015 &gt; 1250</math> (ok)  <math>1300 - 50 = 1250 \text{ mm}</math></p>	
	<p><b><u>Πέδιλο Τοιχώματος:</u></b>  Τιμές σχεδιασμού για την κατασκευή του πέδιλου:  <math>N_d = 3369 \approx 3400 \text{ kN}</math>  <math>M_{ed} = 44974.8 \approx 45000 \text{ kNm}</math> (ροπή ανατροπής)</p> <p>Ροπή επαναφοράς &gt; Ροπή ανατροπής</p> <p><b><u>1<sup>η</sup> παραδοχή:</u></b>  Το πέδιλο θα έχει διαστάσεις <math>12 * 4.4 * 2</math>  <math>12 * 4.4 * 2 * 25 = 2640 \text{ kN}</math>  Ροπή επαναφοράς:  <math>2640 * 6 + 3400 * 6 = 36240 \text{ kNm} &lt; 45000 \text{ kNm}</math> (οπότεν πρέπει να μεγαλώσω το πέδιλο)</p> <p><b><u>2<sup>η</sup> παραδοχή:</u></b>  Το πέδιλο θα έχει διαστάσεις <math>14 * 5.4 * 2.5</math>  <math>14 * 5.4 * 2.5 * 25 = 4725 \text{ kN}</math>  Ροπή επαναφοράς:  <math>4725 * 6 + 3400 * 6 = 48750 \text{ kNm} &gt; 45000 \text{ kNm}</math></p>	<p><b>Διαστάσεις πέδιλου:</b>  <b><math>14 * 5.4 * 22.5</math></b></p>

## **8 Σχέδια – Κατασκευάσιμες Λεπτομέρειες**



















## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ένα δόμημα πρέπει να μελετάται και να κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο, ώστε κατά την διάρκεια ζωής του: να παραμένει κατάλληλο για την χρήση για την οποία προορίζεται, να αναλαμβάνει όλες τις δράσεις και επιρροές, οι οποίες ενδεχόμενος να συμβούν κατά τη διάρκεια κατασκευής και χρήσης του με κατάλληλους βαθμούς αξιοπιστίας και με οικονομικό τρόπο. Αυτό επιτυγχάνεται με τον σωστό υπολογισμό και σχεδιασμό του οπλισμένου σκυροδέματος, που είναι και ο βασικότερος στόχος ενός επιτυχημένου μηχανικού.

Για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας μου χρειάστηκε να ανατρέξω και να συνδέσω αρκετά από τα μαθήματα τα οποία είχα κάνει κατά την διάρκεια των σπουδών μου, όπως Ανάλυση Κατασκευών, Οπλισμένο Σκυρόδεμα I και II, Σεισμική Μηχανική και Στατική. Αυτό με βοήθησε γιατί αντιλήφθηκα στην πράξη, την θεωρία όλων αυτών των μαθημάτων και είδα την πρακτική τους εφαρμογή.

Μέσω της πτυχιακής εργασίας μου χρειάστηκε να έρθω σε επαφή με τους Ευρωκώδικες οι οποίοι είναι πρωτόγνωροι τόσο για τους νέους όσο και για τους παλιούς μηχανικούς. Αυτό με βοήθησε πρώτα από όλα γιατί εξοικειώθηκα με τους κώδικες και δεύτερον γιατί αντιλήφθηκα ότι οι κώδικες δίνουν κατευθυντήριες γραμμές, για το πώς θα εργαστεί ένας μηχανικός για την υλοποίηση ενός έργου όμως σε καμία περίπτωση δεν δίνουν άμεση απάντηση για το πώς λύνεται ένα πρόβλημα. Αφήνουν στην κρίση του μηχανικού το τελικό τρόπο επίλυσης του κατασκευαστικού προβλήματος. Γεγονός που προκαλεί δυσκολίες στους νέους μηχανικούς κατά την εφαρμογή τους λόγω έλλειψη εμπειρίας. Για αυτό η εμπειρία είναι ένα σημαντικό και απαραίτητο εργαλείο για τον μηχανικό. Η εμπειρία είναι η γνώση και η δεξιότητα που στηρίζεται στην παρατήρηση και στην πρακτική εξάσκηση και αποκτάται με την πάροδο του χρόνου. Με τον καιρό ο μηχανικός βελτιώνεται, μαθαίνει καινούρια πράγματα και διδάσκεται πολλές φορές από τα λάθη του.

Η συγκεκριμένη πτυχιακή μελέτη με βοήθησε να αντιληφθώ, ότι στόχος του πολιτικού μηχανικού είναι η δημιουργία ανθεκτικών και ασφαλών κατασκευών, που ταυτόχρονα πρέπει να είναι λειτουργικές και να δημιουργούν την αίσθηση της ασφάλειας στους χρήστες. Τέλος όπως σε όλα τα επαγγέλματα έτσι και στο επάγγελμα του πολιτικού μηχανικού η δια βίου εκπαίδευση είναι απαραίτητη, κάτι που αποδεικνύεται σήμερα με την εκμάθηση των νέων κωδίκων (ευρωκώδικες).

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Βιβλίο: How to design concrete structures using Eurocode 2.

Αγγλικοί κανονισμοί. BSI 1998

Ανδρέου, Δ., (2011). «Οπλισμένο Σκυρόδεμα II - Σημειώσεις Μαθήματος», Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου (ΤΕΠΑΚ).

Ευρωκώδικας 0. «Βάσεις Σχεδιασμού Δομημάτων», (EN 1990).

Ευρωκώδικας 1. «Βάση Μελέτης και Δράσεων στις Κατασκευές», (EN 1991).

Ευρωκώδικας 2. «Σχεδιασμός Κατασκευών από Σκυρόδεμα», (EN 1992).

National annex

Παπαλοΐζου, Λ., (2010). «Οπλισμένο Σκυρόδεμα II – Σημειώσεις Μαθήματος», Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου (ΤΕΠΑΚ).

Ταντελέ, Έ., (2009). «Οπλισμένο Σκυρόδεμα I – Σημειώσεις Μαθήματος», Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου (ΤΕΠΑΚ).

Χρισοστόμου, Κ., (2010). «Σεισμική Μηχανική - Σημειώσεις Μαθήματος», Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου (ΤΕΠΑΚ).



Ταντελέ, Έ., (2008). «Στατική – Σημειώσεις Μαθήματος», Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου (ΤΕΠΙΑΚ).

“Ελληνική Απόδοση του Ευρωκώδικα 2”, <<http://www.scribd.com/doc/43734246/Eurocode-2-Part-1-1-En1992-1-1-Oct2004-GR>> (Οκτώβριος 2004)

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

## 1. Παραδοχές Σχεδιασμού

Όσον αφορά τον υπολογισμό των φορτίων στο εξωτερικό του κτηρίου:

Τούβλα σε διπλό τοίχο: 1m<sup>2</sup> τοίχου κτισμένο με τούβλα διαστάσεων 20cm\*30cm\*10cm τοποθετημένο κατά μήκος 20cm χωρεί 10\*3.33 (100cm/30cm)=33.3 τούβλα. Το κάθε τούβλο ζυγίζει 7 kg. επομένως 33.3\*7= 233kg ή 2.28 kN/m<sup>2</sup>

Επίχρισμα /σουβάς: 25 mm σε κάθε πλευρά τοίχου, συνολικά 50mm.

γσουβά:20kN/m<sup>3</sup>

0.005\*20= 1kN/m<sup>2</sup>

Τούβλα μόνιμο βάρος: 2.28+1= 3.28 kN/m<sup>2</sup>

Διπλά γυαλιά(βαρετού τύπου): Γυαλιά 6mm το κάθε φύλλο άρα 12mm συνολικά από την μια πλευρά και από την άλλη.

γ γυαλιού=22 kN/m<sup>3</sup>

0.12 \*22 = 0.26 kN/m<sup>2</sup>

(EC1 page 35)

Όσον αφορά τον υπολογισμό των φορτίων στο εσωτερικό του κτηρίου:

Γυψοσανίδα:

γ=12-18 kN/m<sup>3</sup>

Παίρνουμε 15 mm από την μια πλευρά και 15 mm από την άλλη πλευρά της γυψοσανίδας (ξύλο και από τις 2 πλευρές), επομένως συνολικά 30 mm. 30/1000 \* 18 = 0.54 kN/m<sup>2</sup>. Είναι γραμμικό σημειακό φορτίο επομένως θα το μετατρέψουμε σε ομοιόμορφο κατανεμημένο. 3.3 το ύψος από την τομή κάθε ορόφου επομένως 3.3\*0.54=1.78kN/m (EC1 page 32)

Τελειώματα-Επικαλύψεις:

Ελαφροπετόν: 12 cm για κάλυψη σωλήνων του ηλεκτρολόγου και του μηχανολόγου μηχανικού. γελαφροπετον= 6 kN/m<sup>3</sup>

0.12\*6= 0.72 kN/m<sup>2</sup>

Screed: 6-8 cm  $0.08 \cdot 24 = 1.92 \text{ kN/m}^2$

γελενωμάτων:  $0.72 + 1.92 = 2.64 \text{ kN/m}^2$

Για το ίδιο το βάρος: h πλάκας=220 mm, βάρος πλάκας:  $0.22 \cdot 25 = 5.5 \text{ kN/m}^2$

$\gamma$  σκυροδέματος=25 KN/m<sup>2</sup> (EC2 page 36)

Το κτήριο μας θεωρείται τύπου S4 λόγω του ότι ο χρόνος ζωής του αναμένεται να είναι περίπου 50 χρόνια. Ο ευρωκώδικας 2 μας δίνει ενδεικτικές τιμές για τον συγκεκριμένο τύπο κατασκευής στον (πίνακα 4.1) του EC2. Οι πλάκες του κτιρίου μας χαρακτηρίζονται τύπου XC1. Οι δοκοί και οι κολώνες χαρακτηρίζονται κλάσης XS1 λόγω του ότι το κτήριο είναι πολύ κοντά σε θάλασσα και αυτό συνεπάγεται με ψηλά ποσοστά υγρασίας.

Υπολογισμός πάχους: (EC2 σελίδα 49 - 51)

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta_{cdev}$$

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}, c_{min,dur}, 10\text{mm} \}$$

$$c_{nom} \text{ για πλάκες} = 10 + 20 = 30\text{mm}$$

$$c_{nom} \text{ για δοκούς} = 35 + 10 = 45\text{mm}$$

Φορτία:

Μόνιμα φορτία:

Γυψοσανίδα:  $0.8 \text{ kN/m}^2$

Πατώματα:  $2.64 \text{ kN/m}^2$

Ίδιο βάρος:  $5.5 \text{ kN/m}^2$

Συνολικό βάρος των μόνιμων φορτίων:  $8.94 \text{ kN/m}^2$

Κινητά φορτία:

Γραφεία:  $3 \text{ kN/m}^2$  (EC1 σελίδα 22)

Μέγιστο φορτίο σχεδιασμού:  $(1.35 \cdot 8.94) + (1.5 \cdot 3) = 16.57 \text{ kN/m}^2$

Ελάχιστο φορτίο σχεδιασμού:  $1 \cdot 8.94 = 8.94 \text{ kN/m}^2$

## 2. Πίνακες

Type of panel and moments considered	Short span coefficients, $\beta_{sx}$								Long span coefficients, $\beta_{sy}$ for all values of $l_y/l_x$
	Values of $l_y/l_x$								
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.75	2.0	
<b>Interior panels</b>									
Negative moment at continuous edge	0.031	0.037	0.042	0.046	0.050	0.053	0.059	0.063	0.032
Positive moment at mid-span	0.024	0.028	0.032	0.035	0.037	0.040	0.044	0.048	0.024
<b>One short edge discontinuous</b>									
Negative moment at continuous edge	0.039	0.044	0.048	0.052	0.055	0.058	0.063	0.067	0.037
Positive moment at mid-span	0.029	0.033	0.036	0.039	0.041	0.043	0.047	0.050	0.028
<b>One long edge discontinuous</b>									
Negative moment at continuous edge	0.039	0.049	0.056	0.062	0.068	0.073	0.082	0.089	0.037
Positive moment at mid-span	0.030	0.036	0.042	0.047	0.051	0.055	0.062	0.067	0.028
<b>Two adjacent edges discontinuous</b>									
Negative moment at continuous edge	0.047	0.056	0.063	0.069	0.074	0.078	0.087	0.093	0.045
Positive moment at mid-span	0.036	0.042	0.047	0.051	0.055	0.059	0.065	0.070	0.034
<b>Two short edges discontinuous</b>									
Negative moment at continuous edge	0.046	0.050	0.054	0.057	0.060	0.062	0.067	0.070	—
Positive moment at mid-span	0.034	0.038	0.040	0.043	0.045	0.047	0.050	0.053	0.034
<b>Two long edges discontinuous</b>									
Negative moment at continuous edge	—	—	—	—	—	—	—	—	0.045
Positive moment at mid-span	0.034	0.046	0.056	0.065	0.072	0.078	0.091	0.100	0.034
<b>Three edges discontinuous (one long edge continuous)</b>									
Negative moment at continuous edge	0.057	0.065	0.071	0.076	0.081	0.084	0.092	0.098	—
Positive moment at mid-span	0.043	0.048	0.053	0.057	0.060	0.063	0.069	0.074	0.044
<b>Three edges discontinuous (one short edge continuous)</b>									
Negative moment at continuous edge	—	—	—	—	—	—	—	—	0.058
Positive moment at mid-span	0.042	0.054	0.063	0.071	0.078	0.084	0.096	0.105	0.044
<b>Four edges discontinuous</b>									
Positive moment at mid-span	0.055	0.065	0.074	0.081	0.087	0.092	0.103	0.111	0.056

**Table 3.15 Shear force coefficient for uniformly loaded rectangular panels supported on four sides with provision for torsion at corners**

Type of panel and location	$\beta_{vx}$ for values of $l_y/l_x$								$\beta_{vy}$
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.75	2.0	
<b>Four edges continuous</b>									
Continuous edge	0.33	0.36	0.39	0.41	0.43	0.45	0.48	0.50	0.33
<b>One short edge discontinuous</b>									
Continuous edge	0.36	0.39	0.42	0.44	0.45	0.47	0.50	0.52	0.36
Discontinuous edge	—	—	—	—	—	—	—	—	0.24
<b>One long edge discontinuous</b>									
Continuous edge	0.36	0.40	0.44	0.47	0.49	0.51	0.55	0.59	0.36
Discontinuous edge	0.24	0.27	0.29	0.31	0.32	0.34	0.36	0.38	—
<b>Two adjacent edges discontinuous</b>									
Continuous edge	0.40	0.44	0.47	0.50	0.52	0.54	0.57	0.60	0.40
Discontinuous edge	0.26	0.29	0.31	0.33	0.34	0.35	0.38	0.40	0.26
<b>Two short edges discontinuous</b>									
Continuous edge	0.40	0.43	0.45	0.47	0.48	0.49	0.52	0.54	—
Discontinuous edge	—	—	—	—	—	—	—	—	0.26
<b>Two long edges discontinuous</b>									
Continuous edge	—	—	—	—	—	—	—	—	0.40
Discontinuous edge	0.26	0.30	0.33	0.36	0.38	0.40	0.44	0.47	—
<b>Three edges discontinuous (one long edge discontinuous)</b>									
Continuous edge	0.45	0.48	0.51	0.53	0.55	0.57	0.60	0.63	—
Discontinuous edge	0.30	0.32	0.34	0.35	0.36	0.37	0.39	0.41	0.29
<b>Three edges discontinuous (one short edge discontinuous)</b>									
Continuous edge	—	—	—	—	—	—	—	—	0.45
Discontinuous edge	0.29	0.33	0.36	0.38	0.40	0.42	0.45	0.48	0.30
<b>Four edges discontinuous</b>									
Discontinuous edge	0.33	0.36	0.39	0.41	0.43	0.45	0.48	0.50	0.33

Αριθμός ράβδων	mm <sup>2</sup>											
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	25	28	32
1	50.3	78.5	113.1	153.9	201.1	254.5	314.2	380.1	452.4	490.9	615.8	804.2
2	100.5	157.1	226.2	307.9	402.1	508.9	628.3	760.3	904.8	981.7	1231.5	1608.5
3	150.8	235.6	339.3	461.8	603.2	763.4	942.5	1140.4	1357.2	1472.6	1847.3	2412.7
4	201.1	314.2	452.4	615.8	804.2	1017.9	1256.6	1520.5	1809.6	1963.5	2463.0	3217.0
5	251.3	392.7	565.5	769.7	1005.3	1272.3	1570.8	1900.7	2261.9	2454.4	3078.8	4021.2
6	301.6	471.2	678.6	923.6	1206.4	1526.8	1885.0	2280.8	2714.3	2945.2	3694.5	4825.5
7	351.9	549.8	791.7	1077.6	1407.4	1781.3	2199.1	2660.9	3166.7	3436.1	4310.3	5629.7
8	402.1	628.3	904.8	1231.5	1608.5	2035.8	2513.3	3041.1	3619.1	3927.0	4926.0	6434.0
9	452.4	706.9	1017.9	1385.4	1809.6	2290.2	2827.4	3421.2	4071.5	4417.9	5541.8	7238.2
10	502.7	785.4	1131.0	1539.4	2010.6	2544.7	3141.6	3801.3	4523.9	4908.7	6157.5	8042.5
11	552.9	863.9	1244.1	1693.3	2211.7	2799.2	3455.8	4181.5	4976.3	5399.6	6773.3	8846.7
12	603.2	942.5	1357.2	1847.3	2412.7	3053.6	3769.9	4561.6	5428.7	5890.5	7389.0	9651.0

← Διάμετρος (mm)

Παράδειγμα:  
4Φ16 = 804.2mm<sup>2</sup>

Απόσταση ράβδων mm	mm <sup>2</sup> /m											
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	25	28	32
70	718.1	1122.0	1615.7	2199.1	2872.3	3635.3	4488.0	5430.5	6462.7	7012.5	8796.5	11489.3
80	628.3	981.7	1413.7	1924.2	2513.3	3180.9	3927.0	4751.7	5654.9	6135.9	7696.9	10053.1
90	558.5	872.7	1256.6	1710.4	2234.0	2827.4	3490.7	4223.7	5026.5	5454.2	6841.7	8936.1
100	502.7	785.4	1131.0	1539.4	2010.6	2544.7	3141.6	3801.3	4523.9	4908.7	6157.5	8042.5
110	457.0	714.0	1028.2	1399.4	1827.8	2313.4	2856.0	3455.8	4112.6	4462.5	5597.7	7311.3
120	418.9	654.5	942.5	1282.8	1675.5	2120.6	2618.0	3167.8	3769.9	4090.6	5131.3	6702.1
130	386.7	604.2	870.0	1184.1	1546.6	1957.5	2416.6	2924.1	3479.9	3776.0	4736.6	6186.5
140	359.0	561.0	807.8	1099.6	1436.2	1817.6	2244.0	2715.2	3231.4	3506.2	4398.2	5744.6
150	335.1	523.6	754.0	1026.3	1340.4	1696.5	2094.4	2534.2	3015.9	3272.5	4105.0	5361.7
160	314.2	490.9	706.9	962.1	1256.6	1590.4	1963.5	2375.8	2827.4	3068.0	3848.5	5026.5
170	295.7	462.0	665.3	905.5	1182.7	1496.9	1848.0	2236.1	2661.1	2887.5	3622.1	4730.9
180	279.3	436.3	628.3	855.2	1117.0	1413.7	1745.3	2111.8	2513.3	2727.1	3420.8	4468.0
190	264.6	413.4	595.2	810.2	1058.2	1339.3	1653.5	2000.7	2381.0	2583.5	3240.8	4232.9
200	251.3	392.7	565.5	769.7	1005.3	1272.3	1570.8	1900.7	2261.9	2454.4	3078.8	4021.2
210	239.4	374.0	538.6	733.0	957.4	1211.8	1496.0	1810.2	2154.2	2337.5	2932.2	3829.8
220	228.5	357.0	514.1	699.7	913.9	1156.7	1428.0	1727.9	2056.3	2231.2	2798.9	3655.7
230	218.5	341.5	491.7	669.3	874.2	1106.4	1365.9	1652.8	1966.9	2134.2	2677.2	3496.7
240	209.4	327.2	471.2	641.4	837.8	1060.3	1309.0	1583.9	1885.0	2045.3	2565.6	3351.0
250	201.1	314.2	452.4	615.8	804.2	1017.9	1256.6	1520.5	1809.6	1963.5	2463.0	3217.0

← Διάμετρος (mm)

Παράδειγμα:  
Φ10/110 = 714.0mm<sup>2</sup>/m

### ΠΙΝΑΚΑΣ 61 - 3

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΒΑΣΙΚΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ l<sub>b</sub> (cm)

S<sub>500</sub>

$$l_b = \frac{\sigma_s}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} = a \cdot \sigma$$

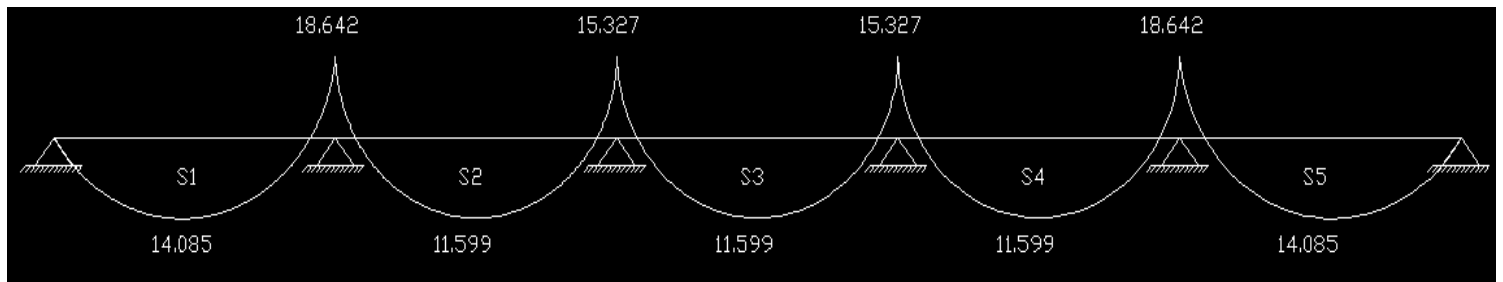
Σκυρό- δεμα	Περιοχές Συνάφειας	a	Διάμετροι ράβδων											
			5	6	8	10	12	14	16	18	20	25	28	32
C12/15	Περιοχή I	66	33	40	53	66	79	92	105	119	132	165	184	211
	Περιοχή II	94	47	56	75	94	113	132	151	169	188	235	264	301
C16/20	Περιοχή I	56	28	33	45	56	67	78	89	100	111	139	156	178
	Περιοχή II	80	40	48	64	80	96	111	127	143	159	199	223	255
C20/25	Περιοχή I	48	24	29	39	48	58	68	77	87	97	121	135	155
	Περιοχή II	69	35	41	55	69	83	97	110	124	138	173	193	221
C25/30	Περιοχή I	40	20	24	32	40	48	56	64	72	81	101	113	129
	Περιοχή II	58	29	35	46	58	69	81	92	104	115	144	161	184
C30/37	Περιοχή I	36	18	22	29	36	43	51	58	65	72	91	101	116
	Περιοχή II	52	26	31	41	52	62	72	83	93	104	129	145	166
C35/45	Περιοχή I	33	16	20	26	33	40	46	53	59	66	82	92	105
	Περιοχή II	47	24	28	38	47	56	66	75	85	94	118	132	151
C40/50	Περιοχή I	29	14	17	23	29	35	41	46	52	58	72	81	93
	Περιοχή II	41	21	25	33	41	50	58	66	75	83	104	116	133
C45/55	Περιοχή I	27	13	16	21	27	32	38	43	48	54	67	75	86
	Περιοχή II	38	19	23	31	38	46	54	61	69	77	96	107	123
C50/60	Περιοχή I	25	12	15	20	25	30	35	40	45	50	62	70	80
	Περιοχή II	36	18	21	29	36	43	50	57	64	71	89	100	114

### 3. Διαστασιολόγηση Πλάκας

Δεδομένα: για να υπολογίσουμε τον απαιτούμενο οπλισμό της πλάκας χρησιμοποιήσαμε τον μέρος του eurocode 2 (παράρτημα 2)

h=200mm  
c=30mm  
f<sub>ck</sub> =30MPa  
f<sub>yk</sub> =500MPa  
φ=12mm

#### Πλάκες S1, S2, S3, S4 & S5:



#### Για 1<sup>ο</sup> & 5<sup>ο</sup> άνοιγμα:

$$d = h - c - \varphi/2$$

$$d = 200 - 30 - 12/2 = 164 \text{ mm}$$

$$k = 14.085 \cdot 10^6 / 1000 \cdot 164^2 \cdot 30$$

$$k = 0.0175$$

$$z = 164/2 [1 + \sqrt{1 - 3.53 \cdot 0.0175}] \leq 0.95 \cdot 164$$

$$z = 161.43 \text{ mm} \leq 155.8 \text{ mm}$$

$$\text{άρα } z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$$

$$A_s = [14.085 \cdot 10^6 / (500/1.15 \cdot 156)] = 207.66 \text{ mm}^2/\text{m}$$

#### Έλεγχος:

$$A_{s \text{ min}} = 0.15\% \cdot h \cdot 1000 = 0.0015 \cdot 200 \cdot 1000 = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{Οπότε χρησιμοποιώ: } A_s = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$Y10/250 = 314.2 \text{ mm}^2/\text{m}$$

#### Για 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> & 4<sup>ο</sup> άνοιγμα:

$$d = h - c - \varphi/2$$

$$d = 200 - 30 - 12/2 = 164 \text{ mm}$$

$$k = 11.599 \cdot 10^6 / 1000 \cdot 164^2 \cdot 30$$

$$k = 0.0143$$

$$z = 164/2 [1 + \sqrt{1 - 3.53 \cdot 0.0143}] \leq 0.95 \cdot 164$$

$$z = 161.89 \text{ mm} \leq 155.8 \text{ mm}$$

$$\text{άρα } z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$$

$$K = \frac{M}{bd^2 f_{ct}}$$

$$z = \frac{d}{2} [1 + \sqrt{1 - 3.53K}] \leq 0.95d$$

$$A_s = M / f_{yd} \cdot z$$

$$A_s = [11.599 \cdot 10^6 / (500/1.15 \cdot 156)] = 171.02 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχος:

$$\min = 0.15\% \cdot h \cdot 1000 = 0.0015 \cdot 200 \cdot 1000 = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Οπότε χρησιμοποιώ:  $A_s = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$

$$Y10/250 = 314.2 \text{ mm}^2/\text{m}$$

### **Για 1<sup>η</sup> & 4<sup>η</sup> στήριξη:**

$$d = h - c - \varphi/2$$

$$d = 200 - 30 - 12/2 = 164 \text{ mm}$$

$$k = 18.642 \cdot 10^6 / 1000 \cdot 164^2 \cdot 30$$

$$k = 0.023$$

$$z = 164/2 [1 + \sqrt{1 - 3.53 \cdot 0.023}] \leq 0.95 \cdot 164$$

$$z = 160 \text{ mm} \leq 155.8 \text{ mm}$$

$$\text{άρα } z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$$

$$A_s = [18.642 \cdot 10^6 / (500/1.15 \cdot 156)] = 274.85 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχος:

$$\min = 0.15\% \cdot h \cdot 1000 = 0.0015 \cdot 200 \cdot 1000 = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Οπότε χρησιμοποιώ:  $A_s = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$

$$Y10/250 = 314.2 \text{ mm}^2/\text{m}$$

### **Για 2<sup>η</sup> & 3<sup>η</sup> στήριξη:**

$$d = h - c - \varphi/2$$

$$d = 200 - 30 - 12/2 = 164 \text{ mm}$$

$$k = 15.327 \cdot 10^6 / 1000 \cdot 164^2 \cdot 30 \quad k = 0.019$$

$$z = 164/2 [1 + \sqrt{1 - 3.53 \cdot 0.019}] \leq 0.95 \cdot 164$$

$$z = 161.2 \text{ mm} \leq 155.8 \text{ mm}$$

$$\text{άρα } z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$$

$$A_s = [15.327 \cdot 10^6 / (500/1.15 \cdot 156)] = 225.975 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχος:

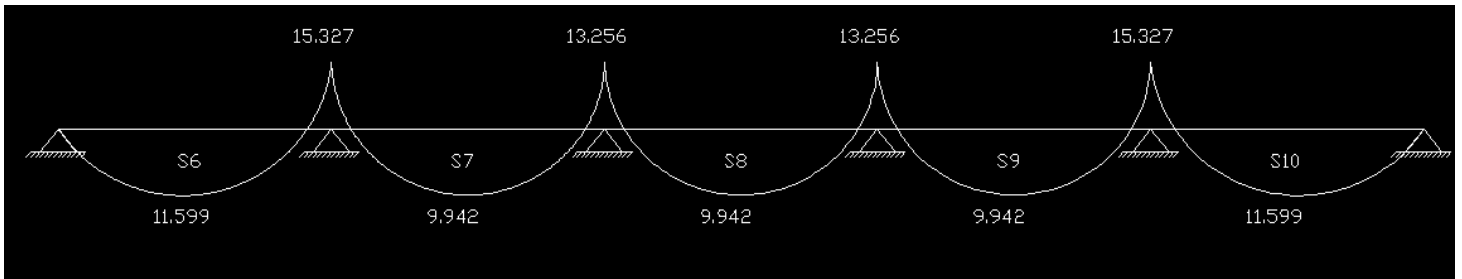
$$\min = 0.15\% \cdot h \cdot 1000 = 0.0015 \cdot 200 \cdot 1000 = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Οπότε χρησιμοποιώ:  $A_s = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$

$$Y10/250 = 314.2 \text{ mm}^2/\text{m}$$



### Πλάκες S6, S7, S8, S9 & S10:



#### Για 1<sup>ο</sup> & 5<sup>ο</sup> άνοιγμα:

$$d = h - c - \varphi/2$$

$$d = 200 - 30 - 12/2 = 164 \text{ mm}$$

$$k = 11.599 \cdot 10^6 / 1000 \cdot 164^2 \cdot 30$$

$$k = 0.0143$$

$$z = 164/2 [1 + \sqrt{1 - 3.53 \cdot 0.0143}] \leq 0.95 \cdot 164$$

$$z = 161.89 \text{ mm} \leq 155.8 \text{ mm}$$

$$\text{άρα } z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$$

$$A_s = [11.599 \cdot 10^6 / (500/1.15 \cdot 156)] = 171.02 \text{ mm}^2/\text{m}$$

#### Έλεγχος:

$$\min = 0.15\% \cdot h \cdot 1000 = 0.0015 \cdot 200 \cdot 1000 = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Οπότε χρησιμοποιώ:  $A_s = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$

$$Y10/250 = 314.2 \text{ mm}^2/\text{m}$$

#### Για 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> & 4<sup>ο</sup> άνοιγμα:

$$d = h - c - \varphi/2$$

$$d = 200 - 30 - 12/2 = 164 \text{ mm}$$

$$k = 9.942 \cdot 10^6 / 1000 \cdot 164^2 \cdot 30$$

$$k = 0.0123$$

$$z = 164/2 [1 + \sqrt{1 - 3.53 \cdot 0.0123}] \leq 0.95 \cdot 164$$

$$z = 162.2 \text{ mm} \leq 155.8 \text{ mm}$$

$$\text{άρα } z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$$

$$A_s = [9.942 \cdot 10^6 / (500/1.15 \cdot 156)] = 146.58 \text{ mm}^2/\text{m}$$

#### Έλεγχος:

$$\min = 0.15\% \cdot h \cdot 1000 = 0.0015 \cdot 200 \cdot 1000 = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Οπότε χρησιμοποιώ:  $A_s = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$

$$Y10/250 = 314.2 \text{ mm}^2/\text{m}$$

**Για 1<sup>η</sup> & 4<sup>η</sup> στήριξη:**

$$d = h - c - \varphi/2$$

$$d = 200 - 30 - 12/2 = 164 \text{ mm}$$

$$k = 15.327 * 10^6 / 1000 * 164^2 * 30$$

$$k = 0.019$$

$$z = 164/2 [1 + \sqrt{1 - 3.53 * 0.019}] \leq 0.95 * 164$$

$$z = 161.2 \text{ mm} \leq 155.8 \text{ mm}$$

$$\text{άρα } z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$$

$$A_s = [15.327 * 10^6 / (500/1.15 * 156)] = 225.975 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχος:

$$\min = 0.15\% * h * 1000 = 0.0015 * 200 * 1000 = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Οπότε χρησιμοποιώ:  $A_s = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$

$$Y10/250 = 314.2 \text{ mm}^2/\text{m}$$

**Για 2<sup>η</sup> & 3<sup>η</sup> στήριξη:**

$$d = h - c - \varphi/2$$

$$d = 200 - 30 - 12/2 = 164 \text{ mm}$$

$$k = 13.256 * 10^6 / 1000 * 164^2 * 30$$

$$k = 0.016$$

$$z = 164/2 [1 + \sqrt{1 - 3.53 * 0.016}] \leq 0.95 * 164$$

$$z = 161.58 \text{ mm} \leq 155.8 \text{ mm}$$

$$\text{άρα } z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$$

$$A_s = [13.256 * 10^6 / (500/1.15 * 156)] = 195.44 \text{ mm}^2/\text{m}$$

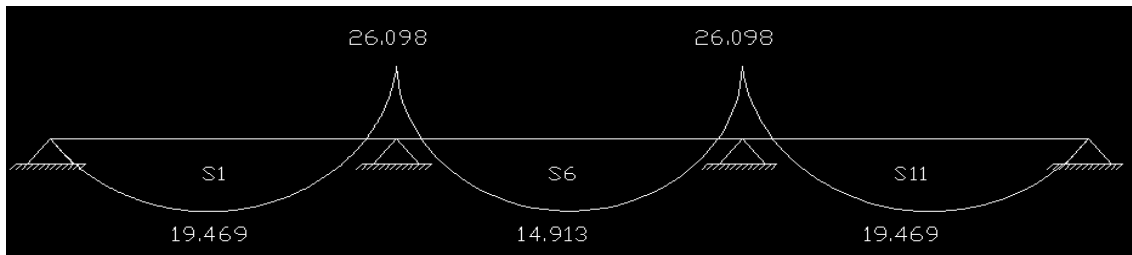
**Έλεγχος:**

$$\min = 0.15\% * h * 1000 = 0.0015 * 200 * 1000 = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Οπότε χρησιμοποιώ:  $A_s = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$

$$Y10/250 = 314.2 \text{ mm}^2/\text{m}$$

### Πλάκες S1, S6 & S11:



### Για 1<sup>ο</sup> & 3<sup>ο</sup> άνοιγμα:

$$d = h - c - \varphi/2$$

$$d = 200 - 30 - 12/2 = 164 \text{ mm}$$

$$k = 19.469 * 10^6 / 1000 * 164^2 * 30$$

$$k = 0.0241$$

$$z = 164/2 [1 + \sqrt{1 - 3.53 * 0.0241}] \leq 0.95 * 164$$

$$z = 160 \text{ mm} \leq 155.8 \text{ mm}$$

$$\text{άρα } z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$$

$$A_s = [19.469 * 10^6 / (500/1.15 * 156)] = 287.04 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχος:

$$\min = 0.15\% * h * 1000 = 0.0015 * 200 * 1000 = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Οπότε χρησιμοποιώ:  $A_s = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$

$$Y10/250 = 314.2 \text{ mm}^2/\text{m}$$

### Για μεσαίο άνοιγμα:

$$d = h - c - \varphi/2$$

$$d = 200 - 30 - 12/2 = 164 \text{ mm}$$

$$k = 14.913 * 10^6 / 1000 * 164^2 * 30$$

$$k = 0.018$$

$$z = 164/2 [1 + \sqrt{1 - 3.53 * 0.018}] \leq 0.95 * 164$$

$$z = 161.27 \text{ mm} \leq 155.8 \text{ mm}$$

$$\text{άρα } z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$$

$$A_s = [14.913 * 10^6 / (500/1.15 * 156)] = 219.87 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχος:

$$\min = 0.15\% * h * 1000 = 0.0015 * 200 * 1000 = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Οπότε χρησιμοποιώ:  $A_s = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$

$$Y10/250 = 314.2 \text{ mm}^2/\text{m}$$

**Για τις στηρίξεις:**

$$d = h - c - \varphi/2$$

$$d = 200 - 30 - 12/2 = 164 \text{ mm}$$

$$k = 26.098 * 10^6 / 1000 * 164^2 * 30$$

$$k = 0.0323$$

$$z = 164/2 [1 + \sqrt{1 - 3.53 * 0.0323}] \leq 0.95 * 164$$

$$z = 159 \text{ mm} \leq 155.8 \text{ mm}$$

$$\text{άρα } z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$$

$$A_s = [26.098 * 10^6 / (500/1.15 * 156)] = 384.78 \text{ mm}^2/\text{m}$$

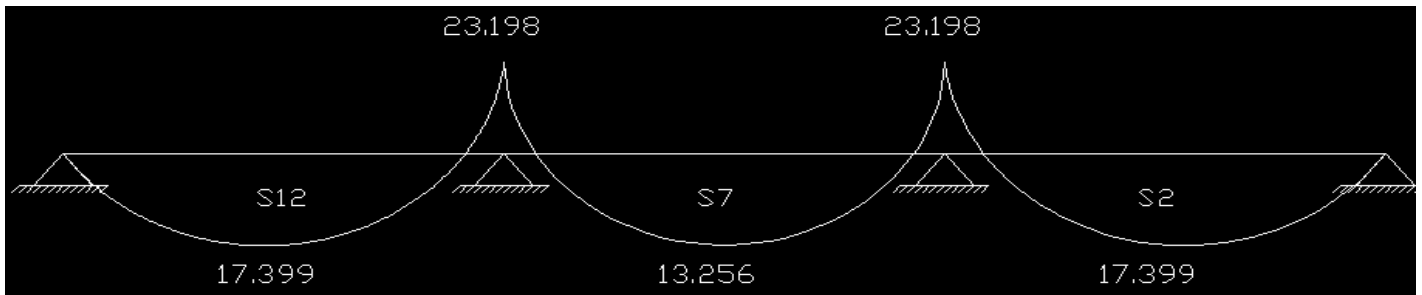
Έλεγχος:

$$\text{min} = 0.15\% * h * 1000 = 0.0015 * 200 * 1000 = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Οπότε χρησιμοποιώ:  $A_s = 384.78 \text{ mm}^2/\text{m}$

$$Y10/200 = 392.7 \text{ mm}^2/\text{m}$$

**Πλάκες S12, S7 & S2:**



**Για 1<sup>ο</sup> & 3<sup>ο</sup> άνοιγμα:**

$$d = h - c - \varphi/2$$

$$d = 200 - 30 - 12/2 = 164 \text{ mm}$$

$$k = 17.399 * 10^6 / 1000 * 164^2 * 30$$

$$k = 0.021$$

$$z = 164/2 [1 + \sqrt{1 - 3.53 * 0.021}] \leq 0.95 * 164$$

$$z = 160 \text{ mm} \leq 155.8 \text{ mm}$$

$$\text{άρα } z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$$

$$A_s = [17.399 * 10^6 / (500/1.15 * 156)] = 256.52 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχος:

$$\text{min} = 0.15\% * h * 1000 = 0.0015 * 200 * 1000 = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Οπότε χρησιμοποιώ:  $A_s = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$        $Y10/250 = 314.2 \text{ mm}^2$

**Για μεσαίο άνοιγμα:**

$$d = h - c - \varphi/2$$

$$d = 200 - 30 - 12/2 = 164 \text{ mm}$$

$$k = 13.256 * 10^6 / 1000 * 164^2 * 30$$

$$k = 0.016$$

$$z = 164/2 [1 + \sqrt{1 - 3.53 * 0.016}] \leq 0.95 * 164$$

$$z = 161.5 \text{ mm} \leq 155.8 \text{ mm}$$

$$\text{άρα } z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$$

$$A_s = [13.256 * 10^6 / (500/1.15 * 156)] = 219.87 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχος:

$$\min = 0.15\% * h * 1000 = 0.0015 * 200 * 1000 = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Οπότε χρησιμοποιώ:  $A_s = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$

$$Y10/250 = 314.2 \text{ mm}^2/\text{m}$$

**Για τις στηρίξεις:**

$$d = h - c - \varphi/2$$

$$d = 200 - 30 - 12/2 = 164 \text{ mm}$$

$$k = 23.198 * 10^6 / 1000 * 164^2 * 30$$

$$k = 0.029$$

$$z = 164/2 [1 + \sqrt{1 - 3.53 * 0.029}] \leq 0.95 * 164$$

$$z = 159.7 \text{ mm} \leq 155.8 \text{ mm}$$

$$\text{άρα } z = 155.8 \approx 156 \text{ mm}$$

$$A_s = [23.198 * 10^6 / (500/1.15 * 156)] = 342.02 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχος:

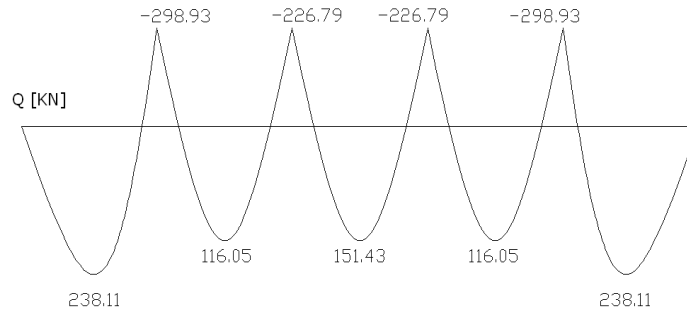
$$\min = 0.15\% * h * 1000 = 0.0015 * 200 * 1000 = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Οπότε χρησιμοποιώ:  $A_s = 342.02 \text{ mm}^2/\text{m}$

$$Y10-/00 = 392.7 \text{ mm}^2/\text{m}$$

## 4. Διαστασιολόγηση Δοκών

### Δοκοί (b6 – b10)



#### 1<sup>ο</sup> άνοιγμα

$$M = 238.11 \text{ kNm}$$

$$d = 437 \text{ mm}$$

$$k = \frac{238.11}{2260 \cdot 437^2 \cdot 30} \cdot 10^6 = 0.018 \leq 0.168 \text{ άρα δεν χρειάζομαι θλιπτικό οπλισμό}$$

$$z = \frac{437}{2} \cdot [1 + \sqrt{1 - (3.53 \cdot 0.018)}] \leq 0.95 \cdot 437$$

$$z = 430 \leq 415.15$$

$$z = 415.15 \text{ mm}$$

#### Οπλισμός :

$$A_s = \frac{238.11}{\frac{500}{1.15} \cdot 415.15} \cdot 10^6 = 1319 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.15\% \cdot A_c = 0.0015 \cdot 437 \cdot 300 = 197 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\max} = 4\% \cdot A_c = 0.04 \cdot 437 \cdot 300 = 5244 \text{ mm}^2$$

άρα 5Y20 (1570.8 mm<sup>2</sup>)

#### Ενδιάμεση Στήριξη:

(στις ενδιάμεσες στηρίξεις χρησιμοποιείται πάντα ορθογωνική διατομή)

$$M = 298.93 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{298.93}{300 \cdot 437^2 \cdot 30} \cdot 10^6 = 0.17$$

$$k' = 0.168$$

$k \geq k'$  (άρα χρειάζομαι και θλιβόμενο οπλισμό)

$$z = \frac{437}{2} \cdot [1 + \sqrt{1 - (3.53 \cdot 0.17)}] \leq 0.95 \cdot 437$$

$$z = 357 \leq 415.15$$

$$z = 357 \text{ mm}$$

#### Θλιβόμενος οπλισμός:

$$x = (\delta - 0.4) \cdot d$$

$$x = (0.85 - 0.4) \cdot 437 = 197 \text{ mm}$$

$$f_{sc} = 700 \left[ \frac{x-d_2}{x} \right] \leq f_{yd}$$

$$(d_2 = c + \phi/2 + \phi = 45 + 10 + 8 = 63 \text{ mm})$$

$$f_{sc} = 700 \left[ \frac{199-63}{199} \right] = 478.4$$

$$f_{yd} = 500 / 1.15 = 435$$

άρα παίρνω το  $f_{sc} = 435 \text{ kN/mm}^2$

$$A_{s2} = \frac{(k-k') \cdot f_{ck} \cdot b \cdot d^2}{f_{sc} \cdot (d-d2)} = \frac{(0.17-0.168) \cdot 30 \cdot 300 \cdot 437^2}{435 \cdot (437-63)} = 21.13 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 198.9 \rightarrow \text{άρα } 2Y12 \text{ (226.2 mm}^2\text{)}$$

### Εφελκνόμενος οπλισμός:

$$A_s = \frac{k \cdot f_{ck} \cdot b \cdot d^2}{f_{sc} \cdot z} + A_{s2} \frac{f_{sc}}{f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{0.168 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 437^2}{\frac{500}{1.15} \cdot 357} + 21.13 \cdot \frac{435}{\frac{500}{1.15}} = 1860.26 + 21.14 = 1881.4 \text{ mm}^2$$

→ άρα 6Y20 (1885mm<sup>2</sup>)

### 2° άνοιγμα:

$$M = 116.05 \text{ kNm}$$

$$b_{eff} = b_w + b_{eff1} + b_{eff2}$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$b_{eff1} = b_{eff2} = (0.2b_1 + 0.1l_0) \leq 0.2 l_0 \leq b_1$$

$$b_1 = b_2 = (5 - 0.3) / 2 = 2350 \text{ mm}$$

$$l_0 = 0.7 \cdot l_2 = 0.7 \cdot 6000 = 4200 \text{ mm}$$

$$b_{eff1} = (0.2 \cdot 2350 + 0.1 \cdot 4200) \leq (0.2 \cdot 4200) \leq 2350$$

$$b_{eff1} = 890 \leq 840 \leq 2350$$

$$b_{eff1} = 940 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 300 + 840 + 840 = 1980 \text{ mm}$$

$$d = 437 \text{ mm}$$

$$k = \frac{116.05}{1980 \cdot 437^2 \cdot 30} \cdot 10^6 = 0.01 \leq 0.168 \text{ άρα δεν χρειάζομαι θλιπτικό οπλισμό}$$

$$z = \frac{437}{2} \cdot [1 + \sqrt{1 - (3.53 \cdot 0.01)}] \leq 0.95 \cdot 437$$

$$z = 433 \leq 415.15$$

$$z = 415.15 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{116.05}{\frac{500}{1.15} \cdot 415.15} \cdot 10^6 = 642.9 \text{ mm}^2 \rightarrow 3Y20 \text{ (942.5 mm}^2\text{)}$$

### Ενδιάμεση Στήριξη:

(στις ενδιάμεσες στηρίξεις χρησιμοποιείται πάντα ορθογωνική διατομή)

$$M = 226.79 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{226.79}{300 \cdot 437^2 \cdot 30} \cdot 10^6 = 0.13$$

$$k' = 0.168$$

$$k \leq k' \text{ (ok)}$$

$$z = \frac{437}{2} \cdot [1 + \sqrt{1 - (3.53 \cdot 0.13)}] \leq 0.95 \cdot 437$$

$$z = 379 \leq 415.15$$

$$z = 379 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{226.79}{\frac{500}{1.15} \cdot 379} \cdot 10^6 = 1376.3 \text{ mm}^2 \rightarrow 5Y20 \text{ (1570.8 mm}^2\text{)}$$

### 3° άνοιγμα:

$$M = 151.43 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{151.43}{1980 \cdot 437^2 \cdot 30} \cdot 10^6 = 0.013$$

$$k' = 0.168$$

$$k \leq k' \text{ (ok)}$$

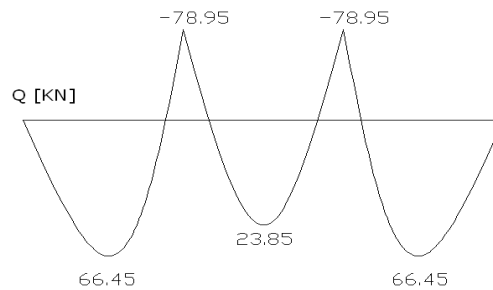
$$z = \frac{437}{2} * [1 + \sqrt{1 - (3.53 * 0.013)}] \leq 0.95 * 437$$

$$z = 432 \leq 415.15$$

$$z = 415.15 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{151.43}{\frac{500}{1.15} * 415.15} 10^6 = 838.9 \text{ mm}^2 \rightarrow 3Y20 (942.5 \text{ mm}^2)$$

### Λοκοί (b21- b23)



### Ακραία ανοίγματα:

$$M = 66.45 \text{ kNm}$$

$$b_{\text{eff}} = b_w + b_{\text{eff1}} + b_{\text{eff2}}$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff1}} = b_{\text{eff2}} = (0.2b_1 + 0.1l_o) \leq 0.2 l_o \leq b_1$$

$$b_1 = b_2 = (6000 - 300) / 2 = 2850 \text{ mm}$$

$$l_o = 0.85 * l_1 = 0.85 * 5000 = 4250 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff1}} = (0.2 * 2850 + 0.1 * 4250) \leq (0.2 * 4250) \leq 2850$$

$$b_{\text{eff1}} = 995 \leq 850 \leq 2850$$

$$b_{\text{eff1}} = 850 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = 850 + 850 + 300 = 2000 \text{ mm}$$

$$d = h - c_{\text{nor}} - \text{Φσυνδετήρων} - \text{Φκύριου οπλισμού} / 2$$

$$d = 500 - 45 - 8 - 10 = 437 \text{ mm}$$

$$k = \frac{66.45}{2000 * 437^2 * 30} * 10^6 = 0.006$$

$$k' = 0.168$$

$$k \leq k' \text{ (ok)}$$

$$z = \frac{437}{2} * [1 + \sqrt{1 - (3.53 * 0.006)}] \leq 0.95 * 437$$

$$z = 434.7 \leq 415.15$$

$$z = 434.7 \text{ mm}$$

### Οπλισμός:

$$A_s = \frac{66.45}{\frac{500}{1.15} * 415.15} 10^6 = 368.14 \text{ mm}^2 \rightarrow 2Y20 (628.3 \text{ mm}^2)$$



### Ενδιάμεσες στηρίξεις:

$$M = 78.95 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{78.95}{300 \cdot 437^2 \cdot 30} \cdot 10^6 = 0.046 \quad \left. \vphantom{k} \right\} \quad k \leq k' \text{ (ok)}$$

$$k' = 0.168$$

$$z = \frac{437}{2} \cdot [1 + \sqrt{1 - (3.53 \cdot 0.046)}] \leq 0.95 \cdot 437$$

$$z = 418.5 \leq 415.15$$

$$z = 415.5 \text{ mm}$$

### Οπλισμός:

$$A_s = \frac{78.95}{\frac{500}{1.15} \cdot 415.15} \cdot 10^6 = 437.4 \text{ mm}^2 \rightarrow 2Y20 (628.3 \text{ mm}^2)$$

### Ενδιάμεσο άνοιγμα:

$$M = 23.85 \text{ kNm}$$

$$b_{\text{eff1}} = (0.2b_1 + 0.1l_o) \leq 0.2l_o \leq b_1$$

$$b_1 = (6000 - 300) / 2 = 2850 \text{ mm}$$

$$l_o = 0.7 \cdot 5000 = 3500 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff1}} = b_{\text{eff2}} = (0.2 \cdot 2850) + (0.1 \cdot 3500) \leq (0.2 \cdot 3500) \leq 2850$$

$$b_{\text{eff1}} = 920 \leq 700 \leq 2850 \text{ (OK)}$$

$$b_{\text{eff1}} = b_{\text{eff2}} = 700 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = b_w + b_{\text{eff1}} + b_{\text{eff2}}$$

$$b_{\text{eff}} = 300 + 700 + 700 = 1700 \text{ mm}$$

$$k = \frac{23.85}{1700 \cdot 437^2 \cdot 30} \cdot 10^6 = 0.0024 \quad \left. \vphantom{k} \right\} \quad k \leq k' \text{ (ok)}$$

$$k' = 0.168$$

$$z = \frac{437}{2} \cdot [1 + \sqrt{1 - (3.53 \cdot 0.0024)}] \leq 0.95 \cdot 437$$

$$z = 435 \leq 415.15$$

$$z = 415.5 \text{ mm}$$

### Οπλισμός:

$$A_s = \frac{23.85}{\frac{500}{1.15} \cdot 415.15} \cdot 10^6 = 165.17 \text{ mm}^2 \rightarrow 2Y12 (226.2 \text{ mm}^2)$$

### Ακραίες Στηρίξεις:

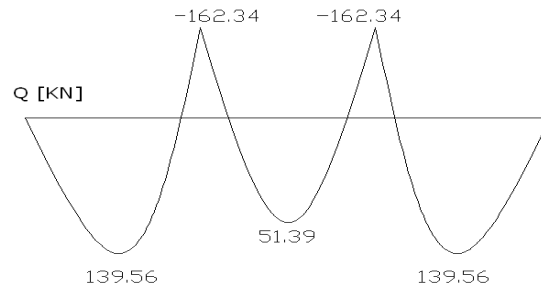
$$\max = \left[ \begin{array}{l} 15\% \text{ του οπλισμού ανοίγματος} \\ 2Y16 \end{array} \right]$$

$$\max = \left[ \begin{array}{l} 15\% \cdot 628.3 = 94.25 \text{ mm}^2 \\ 2Y16 = 100.5 \text{ mm}^2 \end{array} \right]$$

→ άρα ο οπλισμός των ακραίων στηρίξεων είναι

$$2Y16 (402.1 \text{ mm}^2)$$

### Δοκοί (b30 – b32):



### Ακραία ανοίγματα:

$$M = 139.56 \text{ kNm}$$

$$b_{\text{eff}} = b_w + b_{\text{eff1}} + b_{\text{eff2}}$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff1}} = b_{\text{eff2}} = (0.2b_1 + 0.1l_o) \leq 0.2 l_o \leq b_1$$

$$b_1 = b_2 = (6000 - 300) / 2 = 2850 \text{ mm}$$

$$l_o = 0.85 * l_1 = 0.85 * 5000 = 4250 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff1}} = (0.2 * 2850 + 0.1 * 4250) \leq (0.2 * 4250) \leq 2850$$

$$b_{\text{eff1}} = 995 \leq 850 \leq 2850$$

$$b_{\text{eff1}} = 850 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = 850 + 850 + 300 = 2000 \text{ mm}$$

$$d = h - c_{\text{nor}} - \varphi_{\text{συνδετήρων}} - \varphi_{\text{κύριου οπλισμού}} / 2$$

$$d = 500 - 45 - 8 - 10 = 437 \text{ mm}$$

$$k = \frac{139.56}{2000 * 437^2 * 30} * 10^6 = 0.012$$

$$k \leq k' \text{ (ok)}$$

$$k' = 0.168$$

$$z = \frac{437}{2} * [1 + \sqrt{1 - (3.53 * 0.012)}] \leq 0.95 * 437$$

$$z = 432.32 \leq 415.15$$

$$z = 415.15 \text{ mm}$$

### Οπλισμός:

$$A_s = \frac{139.56}{\frac{500}{1.15} * 415.15} * 10^6 = 773.19 \text{ mm}^2 \rightarrow 3Y20 (942.5 \text{ mm}^2)$$

$$A_{s\text{min}} = 0.15\% * A_c = 0.0015 * 300 * 437 = 196.65 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{max}} = 0.04 * A_c = 0.04 * 300 * 437 = 5244 \text{ mm}^2$$

### Ενδιάμεσες στηρίξεις:

$$M = 162.34 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{162.34}{300 * 437^2 * 30} * 10^6 = 0.09$$

$$k \leq k' \text{ (ok)}$$

$$k' = 0.168$$

$$z = \frac{437}{2} * [1 + \sqrt{1 - (3.53 * 0.09)}] \leq 0.95 * 437$$

$$z = 398.98 \leq 415.15$$

$$z = 398.98 \text{ mm}$$

### Οπλισμός:

$$A_s = \frac{162.34}{\frac{500}{1.15} * 398.98} 10^6 = 935.84 \text{ mm}^2 \rightarrow 3Y20 (942.5 \text{ mm}^2)$$

### Ενδιάμεσο άνοιγμα:

$$M = 51.39 \text{ kNm}$$

$$b_{\text{eff1}} = (0.2b_1 + 0.1l_o) \leq 0.2l_o \leq b_1$$

$$b_1 = (6000 - 300) / 2 = 2850 \text{ mm}$$

$$l_o = 0.7 * 5000 = 3500 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff1}} = b_{\text{eff2}} = (0.2 * 2850) + (0.1 * 3500) \leq (0.2 * 3500) \leq 2850$$

$$b_{\text{eff1}} = 920 \leq 700 \leq 2850 \text{ (ok)}$$

$$b_{\text{eff1}} = b_{\text{eff2}} = 700 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = b_w + b_{\text{eff1}} + b_{\text{eff2}}$$

$$b_{\text{eff}} = 300 + 700 + 700 = 1700 \text{ mm}$$

$$k = \frac{51.39}{1700 * 437^2 * 30} * 10^6 = 0.005$$

$$k' = 0.168$$

$$k \leq k' \text{ (ok)}$$

$$z = \frac{437}{2} * [1 + \sqrt{1 - (3.53 * 0.005)}] \leq 0.95 * 437$$

$$z = 435.06 \leq 415.15$$

$$z = 415.5 \text{ mm}$$

### Οπλισμός:

$$A_s = \frac{51.39}{\frac{500}{1.15} * 415.15} 10^6 = 284.7 \text{ mm}^2 \rightarrow 2Y20 (628.3 \text{ mm}^2)$$

### Ακραίες Στηρίξεις:

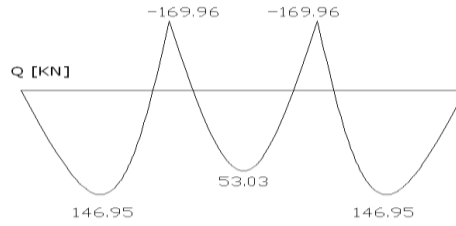
$$\max = \left[ \begin{array}{l} 15\% \text{ του οπλισμού ανοίγματος} \\ 2Y16 \end{array} \right]$$

$$\max = \left[ \begin{array}{l} 15\% * 628.3 = 94.25 \text{ mm}^2 \\ 2Y16 = 100.5 \text{ mm}^2 \end{array} \right]$$

→ άρα ο οπλισμός των ακραίων στηρίξεων είναι

$$2Y16 (402.1 \text{ mm}^2)$$

### Δοκοί (b27 –b29) :



### Ακραία ανοίγματα:

$$M = 146.95 \text{ kNm}$$

$$b_{\text{eff}} = b_w + b_{\text{eff1}} + b_{\text{eff2}}$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff1}} = b_{\text{eff2}} = (0.2b_1 + 0.1l_o) \leq 0.2 l_o \leq b_1$$

$$b_1 = b_2 = (6000 - 300) / 2 = 2850 \text{ mm}$$

$$l_o = 0.85 * l_1 = 0.85 * 5000 = 4250 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff1}} = (0.2 * 2850 + 0.1 * 4250) \leq (0.2 * 4250) \leq 2850$$

$$b_{\text{eff1}} = 995 \leq 850 \leq 2850$$

$$b_{\text{eff1}} = 850 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = 850 + 850 + 300 = 2000 \text{ mm}$$

$$d = h - c_{\text{nor}} - \text{Φ συνδετήρων} - \text{Φ κύριου οπλισμού} / 2$$

$$d = 500 - 45 - 8 - 10 = 437 \text{ mm}$$

$$k = \frac{146.95}{2000 * 437^2 * 30} * 10^6 = 0.012$$

$$k' = 0.168$$

$$k \leq k' \text{ (ok)}$$

$$z = \frac{437}{2} * [1 + \sqrt{1 - (3.53 * 0.012)}] \leq 0.95 * 437$$

$$z = 432 \leq 415.15$$

$$z = 415.15 \text{ mm}$$

### Οπλισμός:

$$A_s = \frac{146.95}{\frac{500}{1.15} * 415.15} 10^6 = 814.13 \text{ mm}^2 \rightarrow 3Y20 (942.5 \text{ mm}^2)$$

$$A_{s\text{min}} = 0.15\% * A_c = 0.0015 * 300 * 437 = 196.65 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{max}} = 0.04 * A_c = 0.04 * 300 * 437 = 5244 \text{ mm}^2$$

### Ενδιάμεσες στηρίξεις:

$$M = 196.96 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{196.96}{300 * 437^2 * 30} * 10^6 = 0.11$$

$$k' = 0.168$$

$$k \leq k' \text{ (ok)}$$

$$z = \frac{437}{2} * [1 + \sqrt{1 - (3.53 * 0.11)}] \leq 0.95 * 437$$

$$z = 389.39 \leq 415.15$$

$$z = 389.39 \text{ mm}$$

### Οπλισμός:

$$A_s = \frac{196.96}{\frac{500}{1.15} * 389.39} 10^6 = 879.7 \text{ mm}^2 \rightarrow 3Y20 (942.5 \text{ mm}^2)$$

### Ενδιάμεσο άνοιγμα:

$$M = 53.03 \text{ kNm}$$

$$b_{\text{eff1}} = (0.2b_1 + 0.1l_o) \leq 0.2l_o \leq b_1$$

$$b_1 = (6000 - 300) / 2 = 2850 \text{ mm}$$

$$l_o = 0.7 * 5000 = 3500 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff1}} = b_{\text{eff2}} = (0.2 * 2850) + (0.1 * 3500) \leq (0.2 * 3500) \leq 2850$$

$$b_{\text{eff1}} = 920 \leq 700 \leq 2850 \text{ (OK)}$$

$$b_{\text{eff1}} = b_{\text{eff2}} = 700 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = b_w + b_{\text{eff1}} + b_{\text{eff2}}$$

$$b_{\text{eff}} = 300 + 700 + 700 = 1700 \text{ mm}$$

$$k = \frac{53.03}{1700 * 437^2 * 30} * 10^6 = 0.005$$

$$k' = 0.168$$

$$k \leq k' \text{ (ok)}$$

$$z = \frac{437}{2} * [1 + \sqrt{1 - (3.53 * 0.005)}] \leq 0.95 * 437$$

$$z = 435.06 \leq 415.15$$

$$z = 415.5 \text{ mm}$$

### Οπλισμός:

$$A_s = \frac{53.03}{\frac{500}{1.15} * 415.15} 10^6 = 293.79 \text{ mm}^2 \rightarrow 2Y20 (628.3 \text{ mm}^2)$$

### Ακραίες Στηρίξεις:

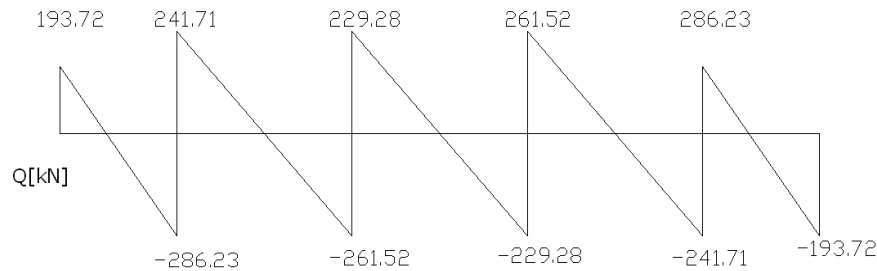
$$\max = \left[ \begin{array}{l} 15\% \text{ του οπλισμού ανοίγματος} \\ 2Y16 \end{array} \right]$$

$$\max = \left[ \begin{array}{l} 15\% * 628.3 = 94.25 \text{ mm}^2 \\ 2Y16 = 100.5 \text{ mm}^2 \end{array} \right]$$

→ άρα ο οπλισμός των ακραίων στηρίξεων είναι 2Y16 (402.1 mm<sup>2</sup>)

## Έλεγχος Διάτμησης (Τέμνουσα)

### Δοκοί b6 –b10, b11 – b15:



### V = 193.72 kN

$$V_{Ed,max} = V - W_u \cdot a$$

$W_u$  (fortio dokou)

$$V_{Ed,max} = 193.72 - 0.2 \cdot 78.803 = 178 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 415 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \gg V_{Ed,max} \text{ (ok)}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - w \cdot d$$

$$V_{Ed} = 178 - (0.437 \cdot 78.803) = 143.6 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{143.6 \cdot 10^3}{0.78 \cdot 437 \cdot 500 \cdot 2.5} = 0.33$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = 0.26$$

$$A_{sw,min} < A_{sw} \rightarrow 0.26 < 0.33. \frac{A_{sw}}{s} = 0.33 \rightarrow \frac{150.8}{s} = 0.33 \rightarrow s = 457 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 3/4 \cdot d = 0.57 \cdot 437 = 327,35 \text{ mm} \rightarrow \text{επομένως χρησιμοποιώ Y8/300}$$

άρα επιλέγω Y8=150.8

$$Y8 = 3 \cdot 50.3 = 150.8 \text{ mm}^2$$

$$V_{min} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot 0.78d \cdot f_{yk} \cdot \cot\theta$$

$$V_{min} = 0.26 \cdot 0.78 \cdot 437 \cdot 500 \cdot 2.5 \cdot 10^{-3} = 110.78 \text{ kN}$$

$$110.78 = 193.72 - x \cdot 78.803 \rightarrow x = 1.05 \text{ m}$$

### V = 286.23 kN

$$V_{Ed,max} = V - W_u \cdot a$$

$W_u$  (fortio dokou)

$$V_{Ed,max} = 286.23 - 0.2 \cdot 78.803 = 270.5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 415 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \gg V_{Ed,max} \text{ (ok)}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - w \cdot d$$

$$V_{Ed} = 270.5 - (0.437 \cdot 78.803) = 236.06 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{236.06 \cdot 10^3}{0.78 \cdot 437 \cdot 500 \cdot 2.5} = 0.55$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = 0.26$$

$$A_{sw,min} < A_{sw} \rightarrow 0.26 < 0.55 \rightarrow \text{επομένως χρησιμοποιώ Y8/300}$$

$$V_{min} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.78d * f_{yk} * \cot\theta$$

$$V_{min} = 0.26 * 0.78 * 437 * 500 * 2.5 * 10^{-3} = 110.78 \text{ kN}$$

$$110.78 = 286.23 - x * 78.803 \rightarrow x = 2.22 \text{ m}$$

### V = 241.71 kN

$$V_{Ed,max} = V - W_u * a$$

$W_u$  (fortio dokou)

$$V_{Ed,max} = 241.71 - 0.2 * 73.873 = 227 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 415 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \gg V_{Ed,max} \text{ (ok)}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - w * d$$

$$V_{Ed} = 227 - (0.437 * 73.873) = 194.72 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{194.72 * 10^3}{0.78 * 437 * 500 * 2.5} = 0.46$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = 0.26$$

$$A_{sw,min} < A_{sw} \rightarrow 0.26 < 0.46 \rightarrow \text{επομένως χρησιμοποιώ Y8/300}$$

$$V_{min} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.78d * f_{yk} * \cot\theta$$

$$V_{min} = 0.26 * 0.78 * 437 * 500 * 2.5 * 10^{-3} = 110.78 \text{ kN}$$

$$110.78 = 241.71 - x * 73.873 \rightarrow x = 1.77 \text{ m}$$

### V = 261.52 kN

$$V_{Ed,max} = V - W_u * a$$

$W_u$  (fortio dokou)

$$V_{Ed,max} = 261.52 - 0.2 * 73.873 = 246.75 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 415 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \gg V_{Ed,max} \text{ (ok)}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - w * d$$

$$V_{Ed} = 246.75 - (0.437 * 73.873) = 214.5 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{214.5 * 10^3}{0.78 * 437 * 500 * 2.5} = 0.5$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = 0.26$$

$$A_{sw,min} < A_{sw} \rightarrow 0.26 < 0.5 \rightarrow \text{επομένως χρησιμοποιώ Y8/300}$$

$$V_{min} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.78d * f_{yk} * \cot\theta$$

$$V_{min} = 0.26 * 0.78 * 437 * 500 * 2.5 * 10^{-3} = 110.78 \text{ kN}$$

$$110.78 = 261.52 - x * 73.873 \rightarrow x = 1.91 \text{ m}$$

### V = 229.28 kN

$$V_{Ed,max} = V - W_u * a$$

$W_u$  (fortio dokou)

$$V_{Ed,max} = 229.28 - 0.2 * 73.873 = 214.5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 415 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \gg V_{Ed,max} \text{ (ok)}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - w * d$$

$$V_{Ed} = 214.5 - (0.437 * 73.873) = 182.2 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{182.2 * 10^3}{0.78 * 437 * 500 * 2.5} = 0.43$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = 0.26$$

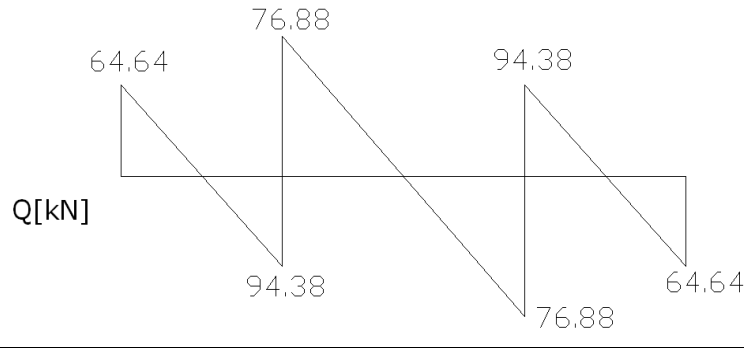
$$A_{sw,min} < A_{sw} \rightarrow 0.26 < 0.43 \rightarrow \text{επομένως χρησιμοποιώ Y8/300}$$

$$V_{\min} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.78d * f_{yk} * \cot\theta$$

$$V_{\min} = 0.26 * 0.78 * 437 * 500 * 2.5 * 10^{-3} = 110.78 \text{ kN}$$

$$110.78 = 229.28 - x * 73.873 \rightarrow x = 1.6 \text{ m}$$

**Δοκοί b21- b23, b24 – b26:**



**V = 64.64 kN**

$$V_{Ed,max} = V - W_u * a \quad W_u \text{ (fortio dokou)}$$

$$V_{Ed,max} = 64.64 - 0.2 * 31.436 = 58.4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 415 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \gg V_{Ed,max} \text{ (ok)}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - w * d$$

$$V_{Ed} = 58.4 - (0.437 * 31.436) = 44.6 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{44.6 * 10^3}{0.78 * 437 * 500 * 2.5} = 0.1$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = 0.26$$

$$A_{sw,min} > A_{sw} \rightarrow 0.26 > 0.1 \rightarrow \text{επομένως χρησιμοποιώ Y8/300}$$

**V = 94.38 kN**

$$V_{Ed,max} = V - W_u * a \quad W_u \text{ (fortio dokou)}$$

$$V_{Ed,max} = 94.38 - 0.2 * 31.436 = 88.1 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 415 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \gg V_{Ed,max} \text{ (ok)}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - w * d$$

$$V_{Ed} = 88.1 - (0.437 * 31.436) = 74.36 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{74.36 * 10^3}{0.78 * 437 * 500 * 2.5} = 0.17$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = 0.26$$

$$A_{sw,min} > A_{sw} \rightarrow 0.26 > 0.17 \rightarrow \text{επομένως χρησιμοποιώ Y8/300}$$

**V = 76.88 kN**

$$V_{Ed,max} = V - W_u * a \quad W_u \text{ (fortio dokou)}$$

$$V_{Ed,max} = 76.88 - 0.2 * 29.776 = 71 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 415 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \gg V_{Ed,max} \text{ (ok)}$$



$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - w \cdot d$$

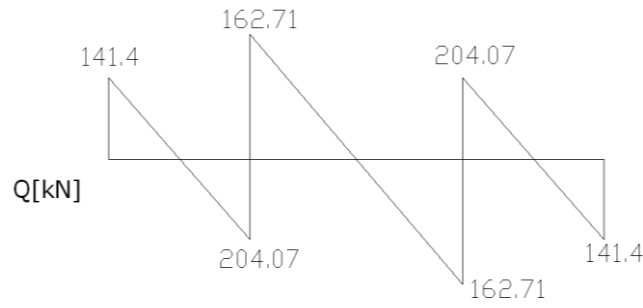
$$V_{Ed} = 71 - (0.437 \cdot 29.776) = 58 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{58 \cdot 10^3}{0.78 \cdot 437 \cdot 500 \cdot 2.5} = 0.14$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = 0.26$$

$$A_{sw,min} > A_{sw} \rightarrow 0.26 > 0.14 \rightarrow \text{επομένως χρησιμοποιώ Y8/300}$$

### Δοκοί b27 – b29, b36 – b38:



#### V = 141.4 kN

$$V_{Ed,max} = V - W_u \cdot a$$

$W_u$  (fortio dokou)

$$V_{Ed,max} = 141.41 - 0.2 \cdot 68.033 = 127.8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 415 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \gg V_{Ed,max} \text{ (ok)}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - w \cdot d$$

$$V_{Ed} = 127.8 - (0.437 \cdot 68.033) = 97.6 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{97.6 \cdot 10^3}{0.78 \cdot 437 \cdot 500 \cdot 2.5} = 0.23$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = 0.26$$

$$A_{sw,min} > A_{sw} \rightarrow 0.26 > 0.23 \rightarrow \text{επομένως χρησιμοποιώ Y8/300}$$

#### V = 204.7 kN

$$V_{Ed,max} = V - W_u \cdot a$$

$W_u$  (fortio dokou)

$$V_{Ed,max} = 204.7 - 0.2 \cdot 68.033 = 191.1 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 415 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \gg V_{Ed,max} \text{ (ok)}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - w \cdot d$$

$$V_{Ed} = 191.1 - (0.437 \cdot 68.033) = 161.4 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{161.4 \cdot 10^3}{0.78 \cdot 437 \cdot 500 \cdot 2.5} = 0.38$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = 0.26$$

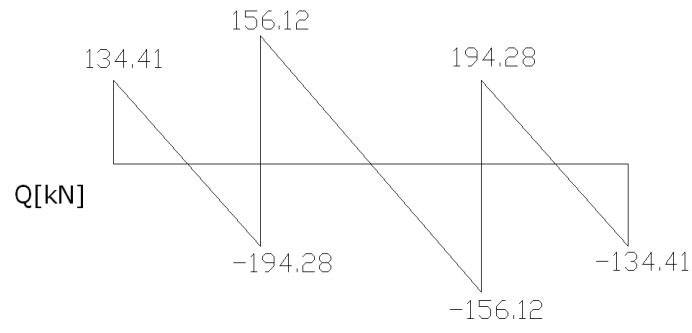
$$A_{sw,min} < A_{sw} \rightarrow 0.26 < 0.38 \rightarrow \text{επομένως χρησιμοποιώ Y8/300}$$

$$V_{min} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot 0.78d \cdot f_{yk} \cdot \cot\theta$$

$$V_{min} = 0.26 \cdot 0.78 \cdot 437 \cdot 500 \cdot 2.5 \cdot 10^{-3} = 110.78 \text{ kN}$$

$$110.78 = 204.7 - x \cdot 68.033 \rightarrow x = 1.38 \text{ m}$$

### Δοκοί b30 –b32, b33 – b35:



#### V = 134.41 kN

$$V_{Ed,max} = V - W_u * a$$

$W_u$  (fortio dokou)

$$V_{Ed,max} = 134.41 - 0.2 * 64.723 = 121.5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 415 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \gg V_{Ed,max} \text{ (ok)}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - w * d$$

$$V_{Ed} = 121.5 - (0.437 * 64.723) = 93.22 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{93.22 * 10^3}{0.78 * 437 * 500 * 2.5} = 0.21$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = 0.26$$

$$A_{sw,min} > A_{sw} \rightarrow 0.26 > 0.21 \rightarrow \text{επομένως χρησιμοποιώ Y8/300}$$

#### V = 194.28 kN

$$V_{Ed,max} = V - W_u * a$$

$W_u$  (fortio dokou)

$$V_{Ed,max} = 194.28 - 0.2 * 64.723 = 181.34 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 415 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \gg V_{Ed,max} \text{ (ok)}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - w * d$$

$$V_{Ed} = 181.34 - (0.437 * 64.723) = 153.06 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{153.06 * 10^3}{0.78 * 437 * 500 * 2.5} = 0.36$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = 0.26$$

$$A_{sw,min} < A_{sw} \rightarrow 0.26 < 0.36 \rightarrow \text{επομένως χρησιμοποιώ Y8/300}$$

$$V_{min} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.78d * f_{yk} * \cot\theta$$

$$V_{min} = 0.26 * 0.78 * 437 * 500 * 2.5 * 10^{-3} = 110.78 \text{ kN}$$

$$110.78 = 194.28 - x * 64.723 \rightarrow x = 1.3 \text{ m}$$

#### V = 156.12 kN

$$V_{Ed,max} = V - W_u * a$$

$W_u$  (fortio dokou)

$$V_{Ed,max} = 156.12 - 0.2 * 59.743 = 144.17 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 415 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \gg V_{Ed,max} \text{ (ok)}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - w*d$$

$$V_{Ed} = 144.17 - (0.437*59.743) = 118.06 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{118.06 * 10^3}{0.78*437*500*2.5} = 0.27$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = 0.26$$

$A_{sw,min} < A_{sw} \rightarrow 0.26 < 0.27 \rightarrow$  επομένως χρησιμοποιώ Y8/300

$$V_{min} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.78d * f_{yk} * \cot\theta$$

$$V_{min} = 0.27*0.78*437*500*2.5*10^{-3} = 110.78 \text{ kN}$$

$$110.78 = 156.12 - x*59.743 \rightarrow x = 0.75\text{m}$$

## 5. Συνδυασμός Δράσεων

### Δοκοί b21- b23, b24 – b26:

$$\begin{aligned} \text{b21:} \quad & \max = 21.54 + 5.063 + 4.833 = 31.436 \text{ kN/m} \\ & \min = 15.69 + 5.063 + 4.833 = 25.586 \text{ kN/m} \\ \text{b22:} \quad & \max = 19.88 + 5.063 + 4.833 = 29.776 \text{ kN/m} \\ & \min = 14.48 + 5.063 + 4.833 = 24.376 \text{ kN/m} \\ \text{b23:} \quad & \max = 21.54 + 5.063 + 4.833 = 31.436 \text{ kN/m} \\ & \min = 15.69 + 5.063 + 4.833 = 25.586 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

### Δοκοί b27 –b29, b36 – b38:

$$\begin{aligned} \text{b27:} \quad & \max = 62.97 + 5.063 = 68.033 \text{ kN/m} \\ & \min = 45.86 + 5.063 = 50.923 \text{ kN/m} \\ \text{b28:} \quad & \max = 57.17 + 5.063 = 62.233 \text{ kN/m} \\ & \min = 41.63 + 5.063 = 46.693 \text{ kN/m} \\ \text{b29:} \quad & \max = 62.97 + 5.063 = 68.033 \text{ kN/m} \\ & \min = 45.86 + 5.063 = 50.923 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

### Δοκοί b30 –b32, b33 – b35:

$$\begin{aligned} \text{b30:} \quad & \max = 59.66 + 5.063 = 64.723 \text{ kN/m} \\ & \min = 43.44 + 5.063 = 48.503 \text{ kN/m} \\ \text{b31:} \quad & \max = 54.68 + 5.063 = 59.743 \text{ kN/m} \\ & \min = 39.82 + 5.063 = 44.883 \text{ kN/m} \\ \text{b32:} \quad & \max = 59.66 + 5.063 = 64.723 \text{ kN/m} \\ & \min = 43.44 + 5.063 = 48.503 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

### Δοκοί b6 –b10, b11 – b15:

$$\begin{aligned} \text{b6:} \quad & \max = 73.74 + 5.063 = 78.803 \text{ kN/m} \\ & \min = 53.71 + 5.063 = 58.773 \text{ kN/m} \\ \text{b7:} \quad & \max = 68.81 + 5.063 = 73.873 \text{ kN/m} \\ & \min = 50.08 + 5.063 = 55.143 \text{ kN/m} \\ \text{b3:} \quad & \max = 68.81 + 5.063 = 73.873 \text{ kN/m} \\ & \min = 50.08 + 5.063 = 55.143 \text{ kN/m} \\ \text{b4:} \quad & \max = 68.81 + 5.063 = 73.873 \text{ kN/m} \\ & \min = 50.08 + 5.063 = 55.143 \text{ kN/m} \\ \text{b5:} \quad & \max = 73.74 + 5.063 = 78.803 \text{ kN/m} \\ & \min = 53.71 + 5.063 = 58.773 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

ο συνδυασμός δράσεων έγινε στο λογισμικό πρόγραμμα Beamax.

