

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Δέσποινα Κούρτελλου

Λεμεσός 2011

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Δέσποινα Κούρτελλου

Επιβλέπων καθηγητής: Κος. Δημήτρης Ανδρέου

Λεμεσός 2011

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Δέσποινα Κούρτελλου, 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.

,

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά 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 αντικείμενο το οποίο με ενδιαφέρει πραγματικά και θέλω πολύ να ασχοληθώ στο μέλλον. Η εμπειρία του, η άρτια επαγγελματική του κατάρτιση καθώς και η πολύ καλή συνεργασία που είχαμε με βοήθησε να τελειώσω την διπλωματική μου εργασία σε γρήγορο χρονικό διάστημα και να εμβαθύνω ακόμα περισσότερο τις γνώσεις μου σχετικά με το αντικείμενο σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την στατική μελέτη και τον σχεδιασμό μιας δόροφης πολυκατοικίας χωρίς την χρήση ειδικών προγραμμάτων απο τον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ο φέροντας οργανισμός του συγκεκριμένου κτηρίου συνίσταται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η ανάλυση έγινε βάση των αρχών που επιβάλλουν οι Ευρωκώδικες 0, 1, 2 και 8 , οι αγγλικοί κανονισμοί καθώς και ο National Annex της Κύπρου. Έχει γίνει η διαστασιολόγηση των πλακών, των δοκών, των υποστυλωμάτων, των τοιχωμάτων και των θεμελίων. Λήφθηκαν υπόψη οι οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας, όπου αποτελούσαν και τον πρωταρχικό στόχο. Μέσα απο μια σειρά διαδικασιών και ελέγχων όπου επιβάλλουν οι Ευρωκώδικες και εφαρμόστηκε στην συγκεκριμένη μελέτη πετυγχένεται μια κατασκευή να είναι ασφαλής και οικονομική. Ο σχεδιασμός οπλισμένου σκυροδέματος είναι μια σύνθετη διαδικασία η οποία απαιτεί γνώσεις και εμπειρία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iv
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	ix
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	x
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ	xii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	xiii
1 Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	1
1.1 Σκυρόδεμα.....	1
1.1.1 Πλεονεκτήματα του σκυροδέματος	1
1.1.2 Φαινόμενο βάρος του σκυροδέματος.....	2
1.1.3 Θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος.....	2
1.1.4 Κατηγορίες σκυροδέματος:	3
1.1.5 Εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος.....	3
1.1.6 Παραμόρφωση σκυροδέματος	4
1.2 Δομικός χάλυβας	5
1.2.1 Πλεονεκτήματα του χάλυβα	5
1.2.2 Εφελκυστική αντοχή του χάλυβα	6
1.2.3 Μέτρο ελαστικότητας	6
1.2.4 Συντελεστής θερμικής διαστολής	7
1.2.5 Διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων του χάλυβα	7
1.3 Βασικές αρχές ανάλυσης και σχεδιασμού.....	8
1.3.1 Οριακή κατάσταση	8
1.4 Ευρωκώδικες.....	8
2 Παραδοχές σχεδιασμού.....	10
2.1 Περιγραφή του κτηρίου.....	10
2.2 Σχεδιαστικοί/ χαρακτηριστικοί παράμετροι.....	11
2.2.1 Υπολογισμός μόνιμων και κινητών φορτίων στο κτήριο	11
2.2.2 Υπολογισμός των επικαλύψεων του οπλισμένου σκυροδέματος.....	14
3 Πλάκες	18
3.1 Γενικά για τις πλάκες	18
3.2 Φορτία που εξασκούνται στις πλάκες	19

3.3	Σχεδιασμός πλάκας	19
3.4	Διαδικασία διαστασιολόγησης πλάκας	28
3.4.1	Deflection control: (Έλεγχος παραμόρφωσης).....	38
3.4.2	Έλεγχος ρηγμάτωσης.....	40
4	Δοκοί.....	42
4.1	Μεταφορά φορτίων από τις πλάκες στις δοκούς	42
4.2	Συνδιασμοί φορτίσεων	46
4.3	ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΟΚΩΝ	62
4.3.1	Υπολογισμός της διάτμησης.....	76
5	Κολώνες.....	91
5.1	Υπολογισμός των φορτίων στις κολώνες.....	91
5.2	Σχεδιασμός των κολώνων:	92
6	Τοιχώματα.....	101
7	ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ:.....	107
7.1	Αγκύρωση	107
7.2	Διαστασιολόγηση θεμελίων	108
8	Στατικά Σχέδια και Κατασκευαστικές Λεπτομέρειες.....	117
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	123
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	124
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	125

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Ποσοστά υλικών σκυροδέματος	2
Εικόνα 2: Ευρωκώδικες(Ταντελε, 2009)	9
Εικόνα 3: Είδη πλακών (Παπαλοΐζου 2010).....	18
Εικόνα 4: Τοιχώμα	101

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Το κτήριο σε κάτοψη.....	11
Σχήμα 2: Το κτήριο σε τομή.....	10
Σχήμα 3: Πλάκες του κτηρίου που εξετάζουμε σε κάτοψη.....	19
Σχήμα 4: Type of panel and moments considered: two adjacent edges discontinuous .	19
Σχήμα 5: Type of panel and moments considered: one long edge discontinuous	21
Σχήμα 6: Type of panel and moments considered: one short edge discontinuous	22
Σχήμα 7: Type of panel and moments considered: interior panels	24
Σχήμα 8: Πλάκες και δοκοί του κτηρίου σε κάτοψη	44
Σχήμα 9: Τυπικό σχέδιο	91
Σχήμα 10: Κά τοψη κατακόρυφων στοιχείων	101

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διαγράμματα 1: Τάσεων παραμορφώσεων του σκυροδέματος (Ταντελέ 2009)	4
Διαγράμματα 2: Τάσεων –παραμορφώσεων του χάλυβα (Ταντελε, 2009).....	7

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

γ	Επιμέρους συντελεστής
γ_A	Επιμέρους συντελεστής για τις τυχαίες δράσεις, A
γ_C	Επιμέρους συντελεστής για το σκυρόδεμα
γ_F	Επιμέρους συντελεστής για τις δράσεις, F
$\gamma_{F, fat}$	Επιμέρους συντελεστής για τις δράσεις που προκαλούν κόπωση
γ_G	Επιμέρους συντελεστής για τις μόνιμες δράσεις, G
γ_Q	Επιμέρους συντελεστής για τις μεταβλητές δράσεις, Q
δ	Μικρό-μεταβολή
ϵ_c	Θλιπτική(ανοιγμένη) παραμόρφωση στο σκυρόδεμα
ϵ_{cl}	Θλιπτική παραμόρφωση στο σκυρόδεμα στη μέγιστη τάση, f_c
ϵ_{cu}	Θλιπτική παραμόρφωση αστοχίας στο σκυρόδεμα
θ	Γωνία
λ	Λόγος λυγιρότητας
ν	Λόγος Poisson
ρ	Πυκνότητα σκυροδέματος ξηραμένου σε φούρνο, σε kg/m^3
ρ_l	Ποσοστό διαμήκους οπλισμού
ρ_w	Ποσοστό οπλισμού διάτμησης
σ_c	Θλιπτική τάση στο σκυρόδεμα
τ	Διάτμητική τάση λόγω στρέψης
φ	Διάμετρος ράβδου οπλισμού
ψ	Συντελεστές που ορίζουν τις αντιπροσωπευτικές τιμές των μεταβλητών δράσεων
ψ_0	για τις τιμές συνδυασμού
ψ_1	για τις συχνές τιμές
ψ_2	για τις μόνιμες τιμές

ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

Trial and Error	Δοκιμή και Διόρθωση
Braced no Sway	Αμετάθετο Πλαίσιο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σχεδιασμός οπλισμένου σκυροδέματος περιλαμβάνει τα αναγκαία τεχνικά στοιχεία και οδηγίες, με σκοπό την ασφαλή τεχνικοοικονομική κατασκευή του φέροντος οργανισμού του κτιριακού έργου. Με βάση την διαδικασία αυτή μπορεί να κατασκευαστεί ένα κτήριο, στο οποίο θα ισχύουν οι οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας. Με βάση τους Ευρωκώδικες οι οποίοι παρέχουν κοινές τεχνικές μεθόδους και κανόνες στατικού σχεδιασμού για τον υπολογισμό της μηχανικής αντοχής των στοιχείων που έχουν δομικό ρόλο σε ένα κατασκευαστικό έργο ο σχεδιασμός οπλισμένου σκυροδέματος γίνεται μια όχι και τόσο σύνθετη διαδικασία.

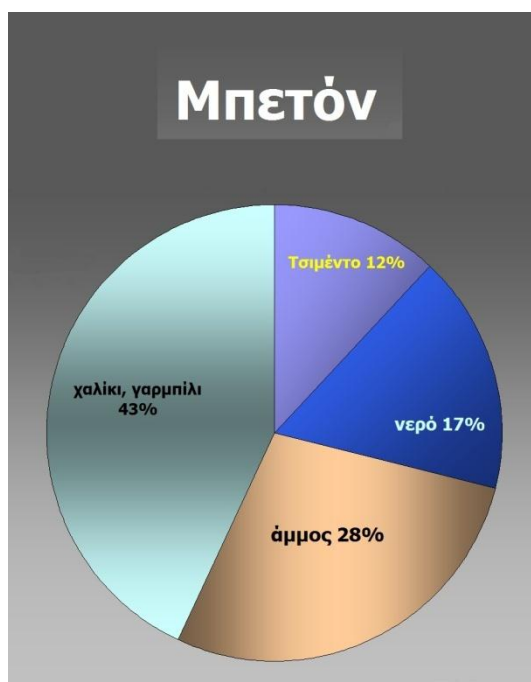
Η παρούσα εργασία αποτελείται συνολικά από 8 κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη εισαγωγή στο οπλισμένο σκυρόδεμα και τον δομικό χάλυβα. Παρουσιάζονται οι ιδιότητες, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του κάθε υλικού κατασκευής. Περιγράφονται επίσης, σύντομα οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας-αστοχίας και οι ευρωκώδικες, όπου βάση αυτών, γίνεται η ανάλυση και η διαστασιολόγηση της κατασκευής. Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στις παραδοχές του σχεδιασμού δηλαδή γίνεται μια συνοπτική περιγραφή της κατασκευής όπου μελετήθηκε και εύρεση των σχεδιαστικών/χαρακτηριστικών παραμέτρων όπως οι επικαλύψεις σχετικά με τις πλάκες, των δοκών και των υποστυλωμάτων. Επιπλέον γίνεται η εύρεση των φορτίων που ασκούνται στις πλάκες και θα κατανεμηθούν στις δοκούς, στις κολώνες, στα τοιχώματα και στα θεμέλια.

Στο τρίτο κεφάλαιο μέχρι το έβδομο κεφάλαιο γίνεται η διαστασιολόγηση των οριζόντιων και κατακόρυφων δομικών στοιχείων της κατασκευής, δηλαδή της πλάκας, των δοκών, των υποστυλωμάτων, των τοιχωμάτων και τέλος των θεμελίων. Στα τοιχώματα χρησιμοποιήσαμε τον Ευρωκώδικα 8 για αντισεισμικό σχεδιασμό. Το τελευταίο κεφάλαιο περιλαμβάνει τα στατικά σχέδια και τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες των πιο πάνω.

1 Θεωρητικό Υπόβαθρο

1.1 Σκυρόδεμα

Στην σύγχρονη πραγματικότητα το σκυρόδεμα αποτελεί το πλέον διαδεδομένο υλικό στην αγορά για πολλούς τύπους κατασκευών απο μικρά κτήρια μέχρι λιμενικά έργα και έργα οδοποιίας. Το σκυρόδεμα είναι ένα τεχνητό υλικό, συγκεκριμένα ένα είδος τεχνητής πέτρας όπου παρασκευάζεται με την ανάμιξη σε κατάλληλες αναλογίες τσιμέντου, νερού, άμμου και χαλικιών (Εικόνα 1). Το σκυρόδεμα σε στερεή μορφή επέρχεται μετα απο τα στάδια της συμπύκνωσης και της συντήρησης του νωπού σκυροδέματος έτσι ώστε να αποκτήσει τις τελικές του ιδιότητες σε αντοχή και ανθεκτικότητα.



Εικόνα 1: Ποσοστά υλικών σκυροδέματος

1.1.1 Πλεονεκτήματα του σκυροδέματος

Τα πλεονεκτήματα του σκυροδέματος συνοπτικά είναι τα εξής:

- Υψηλή αντοχή στη θλίψη`
- Με χαμηλό κόστος μπορούμε να κατασκευάσουμε στοιχεία από μπετόν σε όποιο σχήμα θέλουμε.
- Είναι πολύ στιβαρό

- Είναι ανθεκτικό στη φωτιά και στο νερό
- Είναι οικονομικό υλικό
- Δεν απαιτεί ιδιαίτερη συντήρηση και αντέχει αρκετά στο χρόνο
- Όταν μετά από πολλά χρόνια χρειαστεί να κατεδαφίσουν την κατασκευή που κατασκευάζεται σήμερα, το μπετόν είναι δυνατόν να ανακυκλωθεί.

Πλεονεκτήματα του σκυροδέματος σε σχέση με τον χάλυβα

- 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 πολύ ψηλές θερμοκρασίες (άνω των 100 °C). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μικρότερο κίνδυνο λόγω πυρκαγιών αλλά και μικρότερο κόστος προστασίας των κατασκευών
- Αντοχή σε λυγισμό η οποία είναι η πιο συχνή μορφή αστοχίας των μεταλλικών κατασκευών.

1.1.2 Φαινόμενο βάρος του σκυροδέματος

Το ειδικό βάρος του άοπλου σκυροδέματος είναι ίσο με 24KN/m^3 , ενώ το ειδικό βάρος του οπλισμένου σκυροδέματος είναι 25KN/m^3

1.1.3 Θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος

Είναι η πιο σημαντική ιδιότητα του σκυροδέματος και σε αυτή οφείλεται το γεγονός ότι το σκυρόδεμα χρησιμοποιείται σε μεγάλο εύρος κατασκευών. Η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος ταξινομείται σε κατηγορίες αντοχής που έχουν ως αναφορά την κυλινδρική θλιπτική αντοχή $f_{ck,cube}$ σύμφωνα με τον EN206. Η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος συμβολίζεται f_c όπου το c είναι το concrete. Η αντοχή του μετράται στις 28 ημέρες σε κυλινδρικά δοκίμια διαμέτρου 150 mm και ύψους 300mm ή εναλλακτικά σε κυβικά δοκίμια ακμής 150 mm σύμφωνα με τους κανονισμούς οπλισμένου σκυροδέματος όπου αναφέρεται στην μονοαξονική θλίψη.

1.1.4.1. Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή

Η χαρακτηριστική αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου f_{ck} ή κυβικού δοκιμίου $f_{ck,cube}$ θεωρείται εκείνη η τιμή αντοχής κάτω της οποίας υπάρχει 5% πιθανότητα να βρεθεί η τιμή της αντοχής ενός τυχαίου δοκιμίου. Σε ορισμένους υπολογισμούς, για παράδειγμα στην εκτίμηση του μέτρου ελαστικότητας, χρησιμοποιείται η μέση θλιπτική αντοχή η οποία μπορεί να προκύψει από τη χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή, μέσω της σχέσης: $f_{cm}=f_{ck}+8(\text{MPa})$ [πίνακας 2.1 EC2]. Η f_{cm} είναι η μέση τιμή των αντοχών δύο ή περισσότερων δοκιμών από το ίδιο δείγμα σκυροδέματος η οποία είναι μεγαλύτερη από την χαρακτηριστική αντοχή f_{ck} .

1.1.4 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
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Παρόλο που τα εργοστάσια παραγωγής σκυροδέματος μπορούν να παράγουν μια πολύ μεγάλη ποικιλία τύπων μπετόν, οι συνηθέστεροι τρεις τύποι που χρησιμοποιούνται στην πλειοψηφία των οικοδομών είναι: C12/15, C16/20 και C20/25. Ο συχνότερος τύπος μπετού που χρησιμοποιείται για κατοικίες και πολυώροφες πολυκατοικίες είναι ο C20/25 και δείχνει την αντοχή του μπετού 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.

1.1.5 Εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος

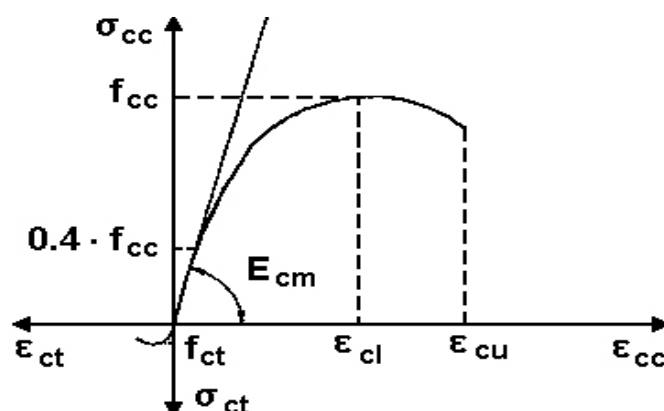
Η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος είναι πολύ μικρή σε σχέση με την εφελκυστική αντοχή του σιδήρου. Η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος αναφέρεται στην μέγιστη τάση που μπορεί να αναλάβει το σκυρόδεμα χωρίς το χάλυβα όταν υποβάλλεται σε μονοαξονικό εφελκυσμό μέχρι να ρηγματωθεί. Συμβολίζεται ως f_{ct}

και είναι πολύ μικρότερη η τιμή της σε σχέση με την αντοχή του σκυροδέματος σε θλίψη.Κι έτσι ενώ μπορούμε να κάνουμε μία κατασκευή από μπετόν που να αντέχει σημαντικά νεκρά (ή στατικά) φορτία, φορτία που δεν αλλάζουν θέση, το μπετόν απο μόνο του δεν αντέχει το ίδιο καλά ζωντανά φορτία (δυναμικά ή που αλλάζουν θέση και ισχύ). Την ώρα του σεισμού (αλλά και την ώρα που ένας ισχυρός άνεμος θα βάλει σε σοβαρό κίνδυνο μία πολυώροφη κατασκευή) τα φορτία είναι δυναμικά και θα υποβάλει την κολώνα διαδοχικά και με υψηλή συχνότητα σε αρκετά μεγάλα θλιπτικά και εφελκυστικά φορτία. Χάρης τον χαλύβδινο οπλισμό της η κολώνα θα αντέξει ενώ το άοπλο σκυρόδεμα σε ελάχιστο χρόνο θα μετατρέπονταν κυριολεκτικά σε άμμο και χαλίκι.

1.1.6 Παραμόρφωση σκυροδέματος

Η γενική μορφή των διαγραμμάτων τάσεων - παραμορφώσεων παρουσιάζεται στο διάγραμμα 1 όπου ϵ συμβολίζεται η θλίψη και t ο εφελκυσμός.Ανάλογα με τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά των συστατικών του σκυροδέματος και την ταχύτητα επιβολής των παραμορφώσεων, τις περισσότερες φορές 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 $0.75 f_c$ και $1.25 f_c$.

Σχετικώς, υπενθυμίζεται ότι η κρίσιμη ανηγμένη παραμόρφωση του σκυροδέματος υπό εφελκυσμό έχει τιμή +0.02 έως +0.04%, ίση περίπου με την ελάχιστη τιμή της. Το μέτρο ελαστικότητας E_{cm} είναι η κλίση της ευθείας του διαγράμματος τάσεων-παραμορφώσεων και συμπεραίνουμε οτι οδηγεί στο 40% της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος.



Διαγράμματα 1: Τάσεων παραμορφώσεων του σκυροδέματος (Ταντελέ 2009)

1.2 Δομικός χάλυβας

Με τον όρο "χάλυβας" εννοούμε όλα τα είδη κραμάτων του σιδήρου, εκτός από το μαντέμι. Το κυριότερο στοιχείο των κραμάτων αυτών είναι ο άνθρακας. Οι σημαντικότερες ιδιότητες του χάλυβα είναι οι εξής:

- Ο χάλυβας έχει την ιδιότητα να προσφύεται με το σκυρόδεμα. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται σημαντική δύναμη για να αποσπαστεί μία χαλύβδινη ράβδος από το σκυρόδεμα, που την περιβάλλει.
- Επίσης έχει την ιδιότητα να μην επηρεάζεται δυσμενώς από την επαφή του σκυροδέματος σε οποιαδήποτε κατάσταση (νωπό ή στερεό). Ο χάλυβας όχι μόνο δε σκουριάζει μέσα στο σκυρόδεμα, αλλά αντίθετα κατά την πήξη του τσιμέντου, απαλλάσσεται από τη σκουριά, η οποία πιθανόν να υπήρχε πάνω στην επιφάνειά του.
- Μία τρίτη ιδιότητα είναι ότι ο χάλυβας έχει περίπου τον ίδιο συντελεστή διαστολής με το σκυρόδεμα, περίπου ένα εκατοντάκις χιλιοστό (10^{-5}) για κάθε βαθμό Κελσίου. Συνεπώς η συνάφεια χάλυβα – σκυροδέματος δεν κινδυνεύει να λυθεί, έστω και σε περίπτωση, κατά την οποία παρουσιάζονται μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές.

Οι τρεις αυτές ιδιότητες είναι εκείνες, οι οποίες κυρίως επιτρέπουν να χρησιμοποιείται ο χάλυβας ως οπλισμός και συνεπώς να κατασκευάζεται το οπλισμένο σκυρόδεμα. Για το οπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται συνήθως χάλυβας με μορφή ράβδων κυκλικής διατομής.

1.2.1 Πλεονεκτήματα του χάλυβα

- Υψηλή αντοχή άρα 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 άλλωστε 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, η ιδιότητα του υλικού να μπορεί να αντέξει 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 ανατήνάζεως.

1.2.2 Εφελκυστική αντοχή του χάλυβα

Η αντοχή του χάλυβα σε εφελκυσμό είναι η πιο σημαντική του ιδιότητα αφού μπορεί να βοηθήσει στο να παραλάβει τις εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία. Ως χαρακτηριστική αντοχή f_{yk} θεωρείται εκείνη η τιμή του ορίου διαρροής f_y κάτω της οποίας υπάρχει 5% πιθανότητα να βρεθεί η τιμή αντοχής ενός τυχαίου δοκιμίου.

1.2.3 Μέτρο ελαστικότητας

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

1.3 Βασικές αρχές ανάλυσης και σχεδιασμού

1.3.1 Οριακή κατάσταση

Ένας φορέας θεωρείται ότι δεν εκπληρώνει τον σκοπό για τον οποίο έχει κατασκευαστεί όταν φτάσει στην οριακή του κατάσταση όπου πλέον δεν ανταποκρίνεται σε ένα από τα κριτήρια που αφορούν την φέρουσα ικανότητα του ή την λειτουργικότητα του. Για την εξασφάλιση μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα εξετάζουμε δύο κατηγορίες οριακών καταστάσεων:

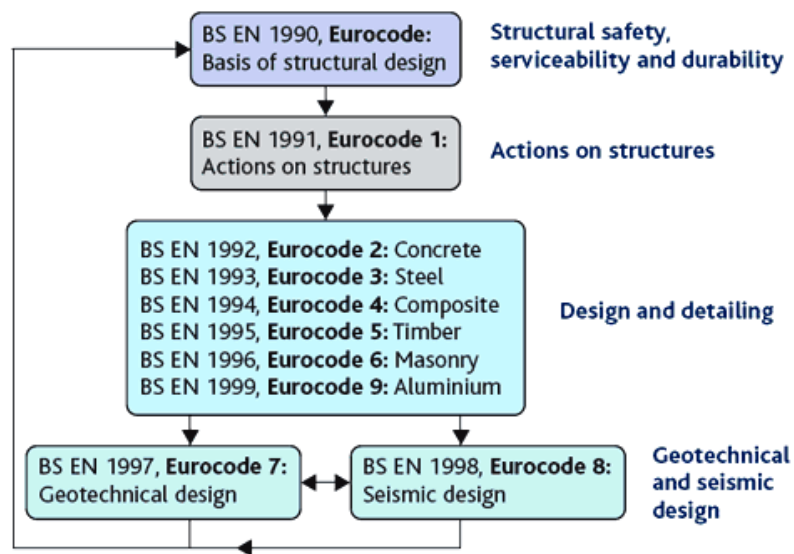
- Οριακές καταστάσεις αστοχίας που έχουν να κάνουν με την μέγιστη φέρουσα ικανότητα. Μερικές από αυτές είναι:
 - Απώλεια στατικής ισορροπίας ενός στοιχείου ή του συνόλου της κατασκευής θεωρούμενης ως στερεού σώματος
 - Μετατροπή του φορέα σε μηχανισμό
 - Οριακές καταστάσεις αντοχής σε κρίσιμες διατομές
 - Οριακές καταστάσεις λυγισμού και ύβωσης
 - Οριακές καταστάσεις κόπωσης
- Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας που έχουν να κάνουν με τα κριτήρια που διέπουν την κανονική χρήση και την ανθεκτικότητα. Μερικές από αυτές είναι :
 - Παραμόρφωση
 - Δονήσεις
 - Ρηγματώσεις

Στόχος είναι να εξασφαλιστούν ασφαλής και ανθεκτικές κατασκευές που να είναι ταυτόχρονα λειτουργικές και να δημιουργούν την αίσθηση της ασφάλειας στους χρήστες αφού θα είναι οικονομικές και πρακτικά εφαρμόσιμες.

1.4 Ευρωκώδικες

Η Ευρωπαϊκή επιτροπή ανέθεσε στην ευρωπαϊκή επιτροπή Τυποποίησης το έργο της εκπόνησης σειράς Ευρωπαϊκών προτύπων, των ευρωκωδίκων ,έτσι ώστε να επιτευχθεί η εναρμόνιση και όλων των κανονισμών των κρατών μελών που αφορούν τον υπολογισμό της στατικής επάρκειας των κατασκευών, καθώς και όλων των μερών. Οι ευρωκώδικες είναι σειρά δέκα ευρωπαϊκών 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. Οι ευρωκώδικες απαρτίζονται από 10 κύρια Ευρωπαϊκά πρότυπα συμπεριλαμβάνουν όλους τους τρόπους δόμησης από σκυρόδεμα, χάλυβα, ξύλο, τοιχοποιία, αλουμίνιο κτλπ και υποδιαιρούνται σε μέρη, λαμβάνοντας υπόψη και τη συμπεριφορά των κατασκευών κτιρίων, γεφύρων, δεξαμενών, φραγμάτων, πύργων, αγωγών, καπνοδόχων στο σεισμό ή και στην πυρκαγιά.

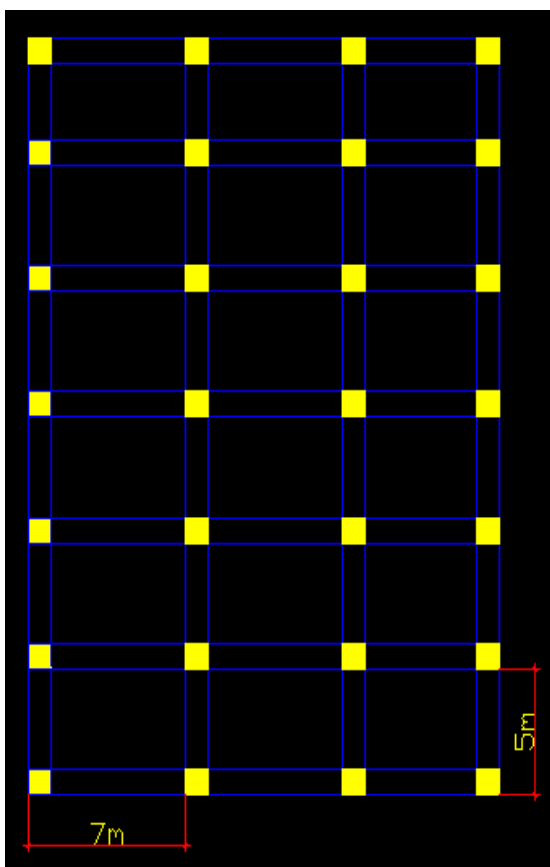


Εικόνα 2: Ευρωκώδικες(Ταντελε, 2009)

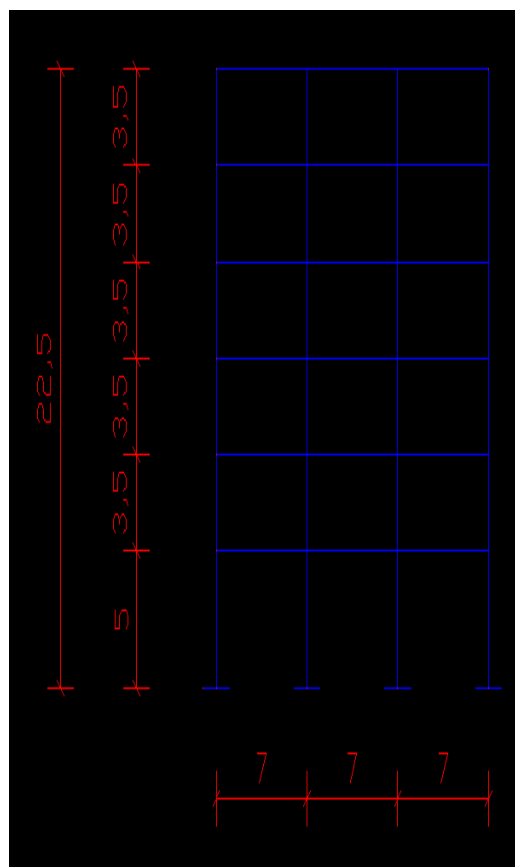
2 Παραδοχές σχεδιασμού

2.1 Περιγραφή του κτηρίου

Η κατασκευή που πρόκειται να μελετηθεί και στη συνέχεια να διαστασιολογηθεί είναι μια πολυκατοικία η οποία στεγάζει μέσα μοντέρνα γραφεία για μεγάλη εργοληπτική εταιρεία. Θα κτιστεί κοντά στη θάλασσα και αποτελείται από 6 ορόφους, συμπεριλαμβανομένου και του ισογείου. Ο φορέας είναι κατασκευασμένος με οπλισμένο σκυρόδεμα. Το κτήριο είναι ορθογωνικό σε κάτοψη, διαστάσεων 30×21m (σχήμα 1) Το συνολικό ύψος από τη στάθμη του ισογείου είναι 22.5 m(σχήμα 2) Το κτήριο θεμελιώνεται με εσχάρα πεδιλοδοκών.




Σχήμα 1: Το κτήριο σε κάτοψη



Σχήμα 2: Το κτήριο σε τομή

2.2 Σχεδιαστικοί/ χαρακτηριστικοί παράμετροι

2.2.1 Υπολογισμός μόνιμων και κινητών φορτίων στο κτήριο

Αναφορές	Υπολογισμοί	Αποτελέσματα
	<p><u>Όσον αφορά τον υπολογισμό των φορτίων στο εξωτερικό του κτηρίου:</u></p> <p><u>Τούβλα σε διπλό τοίχο:</u></p> <p>1 m² 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 2.28KN\m²</p>  <p><u>Επίχρησμα –σουβάς:</u></p> <p>25 mm σε κάθε πλευρά τοίχου, συνολικά 50mm.</p> <p>γ σουβάς:20KN\m³</p>	

<p>EC1 σελ 32: for movable partitions with a self- weight $>1 \leq 2 \text{KN/m}$</p>	<p>$0.05 \cdot 20 = 1 \text{KN/m}^2$</p> <p><u>Βάρος τούβλων:</u> $2.28 + 1 = 3.28 \text{KN/m}^2$</p> <p><u>Διπλά γυαλιά</u>(βαρετού τύπου): Γυαλιά 6mm το κάθε φύλλο άρα 12mm συνολικά από την μια πλευρά και από την άλλη. $\gamma \text{ γυαλιού} = 22 \text{KN/m}^3$ επομένως $12 \cdot 1000 \cdot 22 = 0.26 \text{KN/m}^2$</p> <p><u>Όσον αφορά τον υπολογισμό των φορτίων στο εσωτερικό του κτηρίου:</u></p> <p><u>Γυψοσανίδα:</u> $\gamma : 12-18 \text{KN/m}^3$ για να είμαστε καλυμμένοι παίρνουμε το $\gamma: 18 \text{KN/m}^3$. Παίρνουμε 15 mm από την μια πλευρά και 15 mm από την άλλη πλευρά της γυψοσανίδας συνολικά 30 mm. $30 \cdot 1000 \cdot 18 = 0.54 \text{KN/m}^2$</p> <p>Είναι γραμμικό σημειακό φορτίο και θα το μετατρέψουμε σε ομοιόμορφο κατανεμημένο. 3.3 το ύψος από την τομή</p>	<p><i>Gk τούβλων: 3.28 KN/m²</i></p> <p><i>Gk διπλών γυαλιών: 0.26 KN/m²</i></p>
--	---	--

<p>EC1 σελίδα 36</p>	<p>κάθε ορόφου επομένως $3.3 \cdot 0.54 = 1.78 \text{ KN/m}$ <u>Τελειώματα-επικαλύψεις:</u> <u>Ελαφροπετόν:</u> 12 cm για κάλυψη των σωλήνων του ηλεκτρολ. και του μηχανολ. Μηχανικού. γ ελαφροπετον = 6 KN/m^3 $0.12 \cdot 6 \text{ KN/m}^2 = 0.72 \text{ KN/m}^2$ <u>Screed:</u> 8-10 cm $0.1 \cdot 24 \text{ KN/m}^3 = 2.4 \text{ KN/m}^2$ <u>Βάρος τελειωμάτων:</u> $0.72 + 2.4 = 3.12 \text{ KN/m}^2$ <u>Για το ίδιο το βάρος της πλάκας:</u> Υπολογισμός h πλάκας: $5000 \cdot 30 + (30) + 6 = 200 \text{ mm}$ h πλάκας = 200 mm, γ σκυροδέματος = 25 KN/m^3 <u>Υπολογισμός των κινητών φορτίων που θα τοποθετηθούν στο κτήριο τα βρίσκουμε κατευθείαν από το EC1.</u></p>	<p>G_k γυψοσαν. = 0.8 KN/m^2</p> <p>$G_{k \text{ τελειωμάτων}} = 3.12 \text{ KN/m}^2$</p> <p>$G_{k \text{ ίδιου βάρους πλάκας}} = 5.0 \text{ KN/m}^2$</p> <p>$Q_k$ γραφείων = 3 KN/m^2</p>
----------------------	---	--

2.2.2 Υπολογισμός των επικαλύψεων του οπλισμένου σκυροδέματος

Για λόγους προστασίας του οπλισμού απο την διάβρωση έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ασφάλεια στο κτήριο η επικάλυψη του παίζει πολύ σημαντικό ρόλο. Η επικάλυψη των οπλισμών είναι η απόσταση μεταξύ της επιφάνειας του οπλισμού στην πιο κοντινή επιφάνεια του σκυροδέματος μαζί με τους συνδέσμους, τους συνδετήρες και επιφανειακό οπλισμό. Το κτήριο μας θεωρείται τύπος S4 λόγω του ότι ο χρόνος ζωής του αναμένεται να είναι περίπου 50 χρόνια. Η τελική επικάλυψη δίνεται απο τον τύπο

$$EC2 \ 4.4.1.4 \ c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \ \text{όπου} \ c_{min} = \max\{ c_{min,b} ; c_{min,dur} ; 10mm \}$$

2.2.2.1 Υπολογισμός του $c_{min,dur}$

EC2 πίνακας 4.1			Οι πλάκες χαρακτηρίζονται κλάσης τύπου XC1 λόγω του ότι το κτήριο είναι μοντέρνο και απευθύνεται στο εσωτερικό του κτηρίου. (EC2 4.1)	Κλάση πλακών XC1
Πίνακας 4.1: Κατηγορίες έκθεσης σχετιζόμενες με τις περιβαλλοντικές συνθήκες σύμφωνα με το EN 206-1				
Χαρακτηρισμός Κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφορικά παραδείγματα όπου οι κατηγορίες έκθεσης θα μπορούσαν να συμβούν		
1 Χωρίς διακινδυνεύση θάβρωσης ή προσβολής				
XC0	Για όσπλο σκυροδέμα ή σκυροδέμα χωρίς ενσωματωμένο μέταλλο: όλες οι συνθήκες έκθεσης εκτός περιπτώσεων όπου υπάρχουν υδρήλατα/μελή, επιφανειακή τριβή ή χημική προσβολή. Για οπλισμένο σκυροδέμα: πολύ ξηρό	Σκυροδέμα εντός κτιρίων με πολύ χαμηλή υγρασία αέρα		
2 Διάβρωση από ανενθρακισμό				
XC1	Ξηρό ή μόνιμα υγρό	Σκυροδέμα εντός κτιρίων με μέτρια ή υψηλή υγρασία αέρα Σκυροδέμα μόνιμα βυθισμένο στο νερό		
XC2	Υγρό, σπανίως ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος υπό μακροχρόνια επαφή με το νερό. Πληθώρα θεμελιωσεων.		
XC3	Μέτρια υγρασία	Σκυροδέμα εντός κτιρίων με πολύ χαμηλή υγρασία αέρα Εξωτερικό σκυροδέμα προσβαλλόμενο από τη βροχή		
XC4	Περιοδικά υγρό και ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος σε επαφή με το νερό, εκτός της κατηγορίας έκθεσης XC2.		
3 Διάβρωση από χλωριούχα				
XD1	Μέτρια υγρασία	Επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε αερωμεποφερόμενα χλωριούχα.		
XD2	Υγρό, σπανίως ξηρό	Πισίνες, Στοιχεία σκυροδέματος εκτεθειμένα σε βιομηχανικά απόβλητα που περιέχουν χλωριούχα.		
XD3	Περιοδικά υγρό και ξηρό	Τμήματα γεωρών εκτεθειμένα σε ψεκασμό χλωριούχων. Πέζοδρόμια. Πλάκες χυρίων στάθμευσης αυτοκινήτων.		
4 Διάβρωση από χλωριούχα θαλασσινού νερού				
XS1	Ρετινισμένο ή άλλο βελτιστό	Κατασκευές κοντά ή επί της ακτής		

EC2 συνέχεια του πιο πάνω πίνακα 4.1

Οι δοκοί και οι κολώνες χαρακτηρίζονται κλάσης τύπου XS1 λόγω του ότι το κτήριο θα είναι

4 Διαβρωση από χλωριούχα θαλασσινού νερού		
XS1	Εκτεθειμένο σε άλατα θαλάσσης αερομεταφερόμενα αλλά χωρίς άμεση επαφή με το θαλασσινό νερό.	Κατασκευές κοντά ή επί της ακτής
XS2	Μόνιμα βυθισμένο σε θαλασσινό νερό	Τμήματα λιμενικών έργων

EC2 πίνακας 4.3N

Κατηγορία Κατασκευής	Κατηγορία έκθεσης σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1						
	XC0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1	XD2 / XS1	XD3 / XS2 / XS3
Χρόνος ζωής σχεδιασμού 100 χρόνια	αλ/ηρη κατηγορίας από 2	αλ/ηρη κατηγορίας από 2	αλ/ηρη κατηγορίας από 2	αλ/ηρη κατηγορίας από 2	αλ/ηρη κατηγορίας από 2	αλ/ηρη κατηγορίας από 2	αλ/ηρη κατηγορίας από 2
Κατηγορία αντοχής ⁽⁶⁾	≥ C30/37 μείωση κατηγορίας από 1	≥ C30/37 μείωση κατηγορίας από 1	≥ C35/45 μείωση κατηγορίας από 1	≥ C40/50 μείωση κατηγορίας από 1	≥ C40/50 μείωση κατηγορίας από 1	≥ C40/50 μείωση κατηγορίας από 1	≥ C45/55 μείωση κατηγορίας από 1
Δομικό σπασμό με γεωμετρικά πλάγια ή θέση που οπτικά δεν επιβεβαιώνεται από τη διαδικασία κατασκευής	μείωση κατηγορίας από 1	μείωση κατηγορίας από 1	μείωση κατηγορίας από 1	μείωση κατηγορίας από 1	μείωση κατηγορίας από 1	μείωση κατηγορίας από 1	μείωση κατηγορίας από 1
Διασφάλιση ειδικού ελάχιστου ποσοστού παραγωγής σε υδροβέλος	μείωση κατηγορίας από 1	μείωση κατηγορίας από 1	μείωση κατηγορίας από 1	μείωση κατηγορίας από 1	μείωση κατηγορίας από 1	μείωση κατηγορίας από 1	μείωση κατηγορίας από 1

EC2 πίνακας 4.5

Πίνακας 4.5N: Αποπήσεις τιμών ελάχιστης επικάλυψης, $c_{min,dur}$, από όψη ανθεκτικότητας σε διάκριση για χάλυβα προέντασης

Περιβαλλοντολογική απαίτηση για την $c_{min,dur}$ (mm)							
Κατηγορία Κατασκευής	Κατηγορία έκθεσης σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1						
	XC0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	15	20	25	30	35	40
S2	10	15	25	30	35	40	45
S3	10	20	30	35	40	45	50
S4	10	25	35	40	45	50	55
S5	15	30	40	45	50	55	60
S6	20	35	45	50	55	60	65

(6) Η επικάλυψη των οπλισμών πρέπει να αυξάνεται κατά μια πρόσθετη παράμετρο ασφαλείας Δc_{min} .

πολύ κοντα σε θάλασσα και αυτό συνεπάγεται ψηλά ποσοστά υγρασίας και ύπαρξη ιόντων χλωρίου (EC2 4.1)

Κλάση κολωνών και δοκών XS1

Για τις κλάσεις που αναφερθήκαμε παραπάνω διαπιστώνουμε ότι θα τις μειώσουμε κατα μια κλάση για να βρούμε το $c_{min,dur}$ σύμφωνα με τον πίνακα 4.3N του EC2.

Μείωση της κατηγορίας της κατασκευής για τον υπολογισμό του $c_{min,dur}$

Βρίσκουμε ότι για τις πλάκες το $c_{min,dur} = 10\text{mm}$ ενώ για τις κολώνες και τις δοκούς είναι 30mm .απο τον πίνακα 4.5 EC2

*$c_{min,dur,πλάκες} = 10\text{mm}$
 $c_{min,dur,δοκοί-κολώνες} = 30\text{mm}$*

2.2.2.1.1 Υπολογισμός c_{nom}

<p>EC2 4.4.1.1(4.1)</p>	<p>$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$</p> <p>$c_{nom}$: ονομαστική επικάλυψη</p> <p>c_{min}: η ελάχιστη επικάλυψη</p> <p>Δc_{dev}: οι τυπικές αποκλίσεις στους υπολογισμούς μας το βάλουμε κατευθείαν 10.</p>	
<p>EC2 4.4.1.2(4.2)</p>	<p>$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur}; 10\text{mm}\}$</p>	
<p>EC2 4.4.1.2 (3)</p>	<p>$c_{min,b}$: ελάχιστη επικάλυψη βάση απαίτηση συνάφειας</p>	
<p>EC2 4.4.1.2 (5)</p>	<p>$c_{min,dur}$: ελάχιστη επικάλυψη λόγω περιβαλλοντολογικών συνθηκών</p> <p>$c_{min} = \max$ για πλάκες {8;10;10}</p> <p>c_{min} πλάκες=10mm</p> <p>c_{nom} για πλάκες=10+10=20mm</p> <p>$c_{min} = \max$ για δοκούς και κολώνες {20;30;10}</p> <p>c_{min} δοκοί και κολώνες =30 mm</p> <p>c_{nom} για κολώνες και δοκούς= 30+10=40mm</p>	<p>$c_{nom,πλάκας}=20\text{mm}$</p> <p>$c_{nom,κολώνες και δοκούς}=40\text{mm}$</p>

Λόγω του ότι θέλουμε να είμαστε συντηρητικοί και να κατασκευάσουμε μια ανθεκτική και ασφαλή κατασκευή η τελική επικάλυψη της πλάκας έγινε 30mm και η τελική επικάλυψη των δοκών και της κολώνας έγινε 45mm.

Στο τέλος συγκρίναμε τις επικαλύψεις των παραπάνω δομικών στοιχείων με το συντελεστή φωτιάς για 60 λεπτά. Απο τον πίνακα του EC2 η επικάλυψη $a=20\text{mm}$ ήδη καλύπτεται αφού η επικάλυψη για πλάκες και δοκούς-κολώνες είναι 30mm και 45mm αντίστοιχα.

Πίνακας 1: Εύρεση επικάλυψης για διάφορους συντελεστές φωτιάς (Παπαλοΐζου 2010)

Standard fire resistance		Minimum dimensions (mm)		
		One-way ^{a,b} spanning slab	Two-way spanning slab ^{a,b,c,d}	
			$l_y/l_x \leq 1.5^f$	$1.5 < l_y/l_x \leq 2^f$
REI 60	$h_s =$ $a =$	80 20	80 10^g	80 15^g
REI 90	$h_s =$ $a =$	100 30	100 15^g	100 20
REI 120	$h_s =$ $a =$	120 40	120 20	120 25
REI 240	$h_s =$ $a =$	175 65	175 40	175 50

Απο τον πίνακα E.1N του EC2 μπορούμε να πάρουμε ενδεικτικές κατηγορίες αντοχής για το σκυρόδεμα που θα τοποθετήσουμε στις πλάκες στις δοκούς και στις κολώνες. Απο τον πίνακα οι ενδεικτική τιμή για το σκυρόδεμα στις πλάκες είναι C20\25 ενώ για τις κολώνες και τις δοκούς είναι C30\37.

Πίνακας E.1N: Ενδεικτικές κατηγορίες αντοχής

Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1										
Διάβρωση	Διάβρωση οφειλόμενη σε ενανθράκωση				Διάβρωση οφειλόμενη σε χλωρίδια			Διάβρωση οφειλόμενη σε χλωρίδια από θαλάσσιο νερό		
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Ενδεικτική κατηγορία αντοχής	C20/25	C25/30	C30/37		C30/37		C35/45	C30/37	C35/45	
Βλάβες στο σκυρόδεμα										
	Κανένας κίνδυνος	Προσβολή από παγετό/επανυγροποίηση				Χημική προσβολή				
		X0	XF1	XF2	XF3	XA1	XA2	XA3		
Ενδεικτική κατηγορία αντοχής	C12/15	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37		C30/37		C35/45	

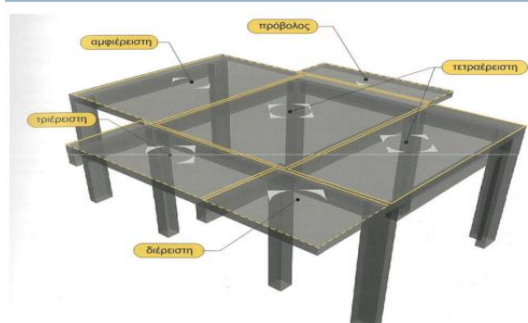
3 Πλάκες

3.1 Γενικά για τις πλάκες

Οι πλάκες είναι επίπεδοι επιφανειακοί φορείς που ο κύριος τους σκοπός είναι να παραλαμβάνουν τα φορτία που δρουν κάθετο στο επίπεδο της πλάκας και να τα μεταβιβάζουν σε άλλα δομικά στοιχεία του φορέα όπως για παράδειγμα των δοκών. Για την επίλυση των πλακών υπάρχουν διάφορες μέθοδοι. Στην υφιστάμενη μελέτη χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος από το Βρετανικό κανονισμό BS110, η οποία είναι πολύ απλή, καθόλου χρονοβόρα και δίνει ακριβή αποτελέσματα με την βοήθεια πινάκων. Οι πλάκες ανάλογα με την στατική τους λειτουργία διακρίνονται σε πλάκες με μονοαξονική και διαξονική καταπόνηση. Οι ορθογωνικές πλάκες ανάλογα με την στατική τους λειτουργία ταξινομούνται σε:

- Τετραέρειστες πλάκες: ή πλάκα στηρίζεται και στις τέσσερις πλευρές και ο λόγος των πλευρών της $l_y/l_x < 2$
- Τριέρειστες πλάκες: Στήριξη της πλάκας σε τρεις πλευρές και ή άλλη είναι ελεύθερη σε στρέψη
- Διέρειστες πλάκες: Στήριξη της πλάκας σε δυο συνεχόμενες πλευρές.
- Αμφιέρειστες πλάκες: Στήριξη της πλάκας σε δυο απέναντι πλευρές ή και σε περισσότερες με λόγο πλευρών > 2
- Πρόβολος: Στήριξη σε μια πλευρά δηλαδή πάκτωση

Στην περίπτωση του κτηρίου που εξετάζουμε $l_y/l_x = 7/5 = 1.4$, επομένως οι πλάκες είναι τετραέρειστες. Ο ασφαλέστερος τύπος στήριξης μιας πλάκας είναι αυτός της τετραέρειστης και ο ασθενέστερος τύπος, είναι αυτός του προβόλου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως αν, για οποιοδήποτε λόγο, εκφυλισθεί μια στήριξη τετραέρειστης πλάκας, αυτή μετατρέπεται σε τριέρειστη, ενώ στην περίπτωση του προβόλου, ο εκφυλισμός της μοναδικής του στήριξης συνεπάγεται κατάρρευση.



Εικόνα 3: Είδη πλακών (Παπαλοΐζου 2010)

3.2 Φορτία που εξασκούνται στις πλάκες

Μόνιμα φορτία που εξασκούνται στις πλάκες:

1) Γυψοσανίδα: 0.8 KN/m^2

2) Πατώματα: 3.12 KN/m^2

3) Ίδιο βάρος: 5.0 KN/m^2

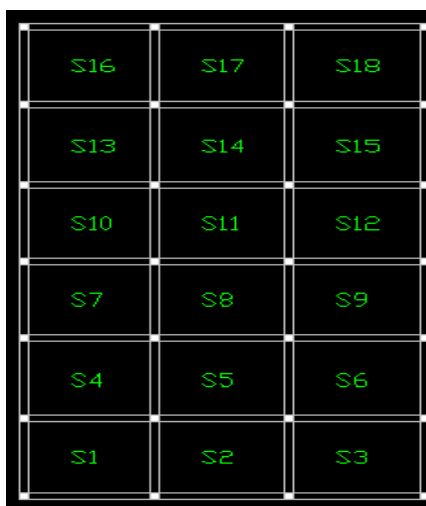
Συνολικό βάρος των μόνιμων φορτίων: 8.94 KN/m^2

Κινητά φορτία που εξασκούνται στις πλάκες

1) Γραφεία: 3 KN/m^2

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

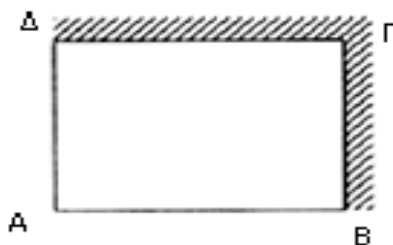
Ελάχιστο φορτίο σχεδιασμού: $1 \cdot 8.94 = 8.94 \text{ KN/m}^2$



Σχήμα 3: Πλάκες του κτηρίου που εξετάζουμε σε κάτοψη

3.3 Σχεδιασμός πλάκας

Για την S1,S3,S16,S18:



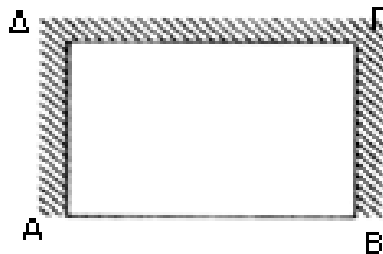
Σχήμα 4: Type of panel and moments considered: two adjacent edges discontinuous

- Negative moment at continuous edge: 0.074
 - Positive moment at mid-span: 0.055
- } Short span
β_{sx}
- Negative moment at continuous edge: 0.045
 - Positive moment at mid-span: 0.055
- } Long span β_{sy}

BSI1998	<p><u>Υπολογισμός των ροπών στις στηρίξεις: (short span)</u></p> $M_{sx} = \beta_{sx} l x^2$ $M_{sx} = 0.074 * n * 25$ $M_{sx} = 0.074 * 16.57 * 25$ <p>n = 16.57 KN/m² (μέγιστο φορτίο σχεδιασμού)</p> $M_{sx} = 30.6545 \text{ KNm}$ <p>(negative moment)</p> <p><u>Υπολογισμός ροπής στο μέσο: (short span)</u></p> $M_{sx} = \beta_{sx} l x^2$ $M_{sx} = 0.055 * 16.57 * 25$ $M_{sx} = 22.78 \text{ KNm (positive moment)}$ <p><u>Υπολογισμός των ροπών στις στηρίξεις: (long span):</u></p> $M_{sy} = \beta_{sy} n l x^2$ $M_{sy} = 0.045 * 16.57 * 25$ $M_{sy} = 18.64125 \text{ KNm}$ <p>(negative moment)</p> <p><u>Υπολογισμός ροπής στο μέσο: (long span)</u></p>	<p>$M_{sx} = 30.6545 \text{ KNm}$</p> <p>$M_{sx} = 22.78 \text{ KNm}$</p> <p>$M_{sy} = 18.64125 \text{ KNm}$</p>
----------------	--	---

	$M_{sy} = \beta_{sy} n l x^2$ $M_{sy} = 0.034 * 16.57 * 25$ $M_{sy} = 14.0845 \text{ KNm (positive moment)}$	$M_{sy} = 14.0845 \text{ KNm}$
--	--	--------------------------------

Για την πλάκα S2,S17:



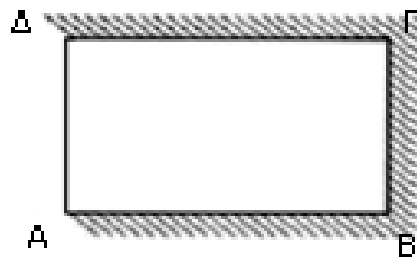
Σχήμα 5: Type of panel and moments considered: one long edge discontinuous

- Negative moment at continuous edge: 0.068
 - Positive moment at mid-span: 0.051
- } Short span
} β_{sx}
- Negative moment at continuous edge: 0.037
 - Positive moment at mid-span: 0.028
- } Long span β_{sy}

BSI1998	<u>Υπολογισμός των ροπών στις στηρίξεις: (short span)</u> $M_{sx} = \beta_{sx} l x^2$ $M_{sx} = 0.068 * n * 25$ $M_{sx} = 0.068 * 16.57 * 25$ $n = 16.57 \text{ KN/M}^2$ (μέγιστο φορτίο σχεδιασμού) $M_{sx} = 28.169 \text{ KNm}$ (negative moment)	$M_{sx} = 28.169 \text{ KNm}$
----------------	--	-------------------------------

	<p><u>Υπολογισμός ροπής στο μέσο:(short span)</u></p> $M_{sx}=\beta_{sx}lx^2$ $M_{sx}=0.051*16.57*25$ $M_{sx}=21.13\text{KNm}(\text{positive moment})$ <p><u>Υπολογισμός των ροπών στις στηρίξεις: (long span):</u></p> $M_{sy}=\beta_{sy}nlx^2$ $M_{sy}=0.037*16.57*25$ $M_{sy}=15.33 \text{ KNm (negative moment)}$ <p><u>Υπολογισμός ροπής στο μέσο:(long span)</u></p> $M_{sy}=\beta_{sy}nlx^2$ $M_{sy}=0.028*16.57*25$ $M_{sy}=11.599\text{KNM}(\text{positive moment})$	<p>$M_{sx}=21.13\text{KNm}$</p> <p>$M_{sy}=15.33 \text{ KNm}$</p> <p>$M_{sy}=11.599\text{KNM}$</p>
--	--	---

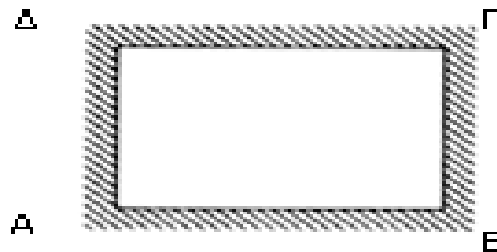
Για την πλάκα S4,S6,S7,S9,S10,S12,S13,S15:



Σχήμα 6:Type of panel and moments considered: one short edge discontinuous

	<u>μέσο: (long span)</u> $M_{sy} = \beta_{sy} n l x^2$ $M_{sy} = 0.028 * 16.57 * 25$ $M_{sy} = 11.599 \text{KNm}$ (positive moment)	$M_{sy} = 11.599 \text{KNm}$
--	--	------------------------------

Για την πλάκα S5,S8,S11,S14:



Σχήμα 7: Type of panel and moments considered: interior panels

- Negative moment at continuous edge: 0.050
 - Positive moment at mid-span: 0.037
- } Short span
β_{sx}
- Negative moment at continuous edge: 0.032
 - Positive moment at mid-span: 0.024
- } Long span β_{sy}

BSI1998	<u>Υπολογισμός των ροπών στις στηρίξεις: (short span)</u> $M_{sx} = \beta_{sx} l x^2$ $M_{sx} = 0.05 * n * 25$ $M_{sx} = 0.05 * 16.57 * 25$ $n = 16.57 \text{KN} \setminus \text{M}^2$ (μέγιστο φορτίο σχεδιασμού)	
---------	--	--

	<p>$M_{sx}=20.7125 \text{ KNm}$ (negative moment)</p> <p><u>Υπολογισμός ροπής στο μέσο:(short span)</u></p> <p>$M_{sx}=\beta_{sx}lx^2$ $M_{sx}=0.037*16.57*25$ $M_{sx}=15.33\text{KNm}$(positive moment)</p> <p><u>Υπολογισμός των ροπών στις στηρίξεις: (long span):</u></p> <p>$M_{sy}=\beta_{sy}nlx^2$ $M_{sy}=0.032*16.57*25$ $M_{sy}=13.256 \text{ KNm}$ (negative moment)</p> <p><u>Υπολογισμός ροπής στο μέσο:(long span)</u></p> <p>$M_{sy}=\beta_{sy}nlx^2$ $M_{sy}=0.024*16.57*25$ $M_{sy}=9.942 \text{ KNm}$(positive moment)</p>	<p>$M_{sx}=20.7125 \text{ KNm}$</p> <p>$M_{sx}=15.33\text{KNm}$</p> <p>$M_{sy}=13.256 \text{ KNm}$</p> <p>$M_{sy}=9.942 \text{ KNm}$</p>
--	---	--

Συνοψίζοντας καταλήγουμε στον εξής πίνακα:

Πίνακας 2: Ροπές στις πλάκες

Name of panels	Type of panel	Short span(- moment) Continuous edge	Msx(1) (-) kNm	Short span (+moment) Mid-span edge	Msx(2) (+) kNm	Long span (-moment) Continuous edge	Msy(1) (-) kNm	Long span (+) moment mid-span edge	Msy(+) kNm
S1,S3,S16, S18	2 adjacent edges discontinuous	0.074	30.65	0.055	22.78	0.045	18.64	0.034	14.08
S2,S17	1long edge Discontinuous	0.068	28.17	0.051	21.13	0.037	15.33	0.028	11.6
S4,S6,S7,S9 S10,S12,S13 S15	One short Edge discontinuous	0.055	22.78	0.041	16.98	0.037	15.33	0.028	11.6
S5,S8,S11, S14	Interior panels	0.05	20.17	0.037	15.33	0.032	13.26	0.024	9.94

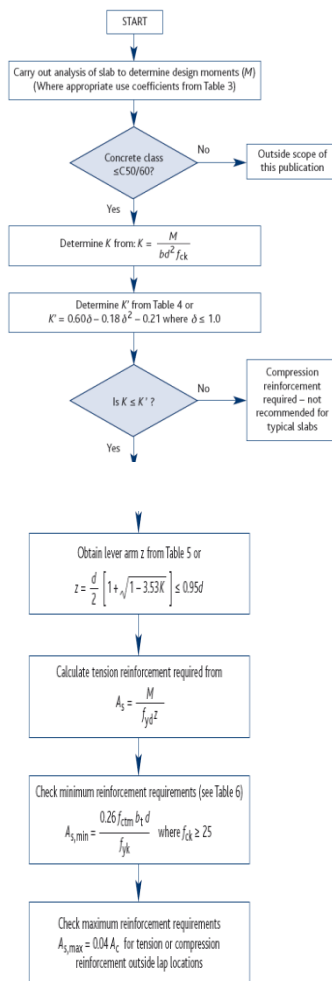
3.4 Διαδικασία διαστασιολόγησης πλάκας

EC2

Table 4
Values for K'

% redistribution	δ (redistribution ratio)	K'
0	1.00	0.208 ⁶
10	0.90	0.182 ⁶
15	0.85	0.168
20	0.80	0.153
25	0.75	0.137
30	0.70	0.120

Key
 a It is often recommended in the UK that K' should be limited to 0.168 to ensure ductile failure



Όσον αφορά την μικρή κατεύθυνση:

Λωρίδα: S1,S2,S3

Για το ακραίο άνοιγμα:

$$d_y = h - \text{cover} - \phi - \phi / 2 =$$

$$d_y = 200 - 30 - 12 - 6 = 152 \text{ mm}$$

$$K = M_{\text{Ed}} / (b d^2 f_{ck}) = (14.08 \cdot 10^6) / (1000 \cdot 152^2 \cdot 30) = 0.02$$

Για 15% redistribution $K' = 0.168$

$$K < K'$$

$0.02 < 0.168$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό

$$Z = d \sqrt{2(1 + \sqrt{1 - 3.53K})} \leq 0.95d$$

$$Z = 152 \sqrt{2[1 + \sqrt{(1 - 3.53 \cdot 0.02)}]} \leq 0.95 \cdot 152$$

$$Z = 76(1 + 0.9640) \leq 0.95 \cdot 152$$

$$Z = 149.268 \leq 144.4$$

$$A_s = M_{\text{Ed}} / (f_{yd} \cdot Z) =$$

$$(14.0845 \cdot 10^6) / (500 \cdot 1.15) \cdot 144.4 = 224.34$$

$$\text{mm}^2 / \text{m}$$

$$A_s = 224.34 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Για την στήριξη:

$$d_y = h - \text{cover} - \phi - \phi / 2 =$$

$$d_y = 200 - 30 - 12 - 6 = 152 \text{ mm}$$

$$K = M_{\text{Ed}} / (b d^2 f_{ck}) = (18.64 \cdot 10^6) / (1000 \cdot 152^2 \cdot 30)$$

$$= 0.027$$

$$K < K'$$

$0.027 < 0.168$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό

οπλισμό

$$Z = d \sqrt{2(1 + \sqrt{1 - 3.53K})} \leq 0.95d$$

$$Z = 152 \sqrt{2[1 + \sqrt{(1 - 3.53 \cdot 0.027)}]} \leq 0.95 \cdot 152$$

$$Z = 76(1 + 0.95) \leq 0.95 \cdot 152$$

$$Z = 148.3 \leq 144.4$$

$$A_s = M_{\text{Ed}} / (f_{yd} \cdot Z) = (18.64 \cdot 10^6) / (500 \cdot 1.15) \cdot 144.4$$

$$= 296.91 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$A_s = 296.9 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

EC2

Table 6

Minimum percentage of reinforcement required

f_{ck}	f_{ctm}	Minimum % ($0.26 f_{ctm} / f_{yk}^a$)
25	2.6	0.13%
28	2.8	0.14%
30	2.9	0.15%
32	3.0	0.16%
35	3.2	0.17%
40	3.5	0.18%
45	3.8	0.20%
50	4.1	0.21%

Key

^a Where $f_{yk} = 500$ MPa

Για το μεσαίο άνοιγμα:

$$d_y = h - \text{cover} - \phi - \phi / 2 =$$

$$d_y = 200 - 30 - 12 - 6 = 152 \text{ mm}$$

$$K = MEd / bd^2 f_{ck} = (11.6 * 10^6) / (1000 * 152^2 * 30) = 0.0167$$

$$K < K'$$

$0.0167 < 0.168$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό

$$Z = d \sqrt{2(1 + \sqrt{1 - 3.53k})} \leq 0.95d$$

$$Z = 152 \sqrt{2[1 + \sqrt{(1 - 3.53 * 0.0167)}]} \leq 0.95 * 152$$

$$Z = 149.72 \leq 144.4$$

$$A_s = MEd / f_{yd} * Z = (11.6 * 10^6) / (500 / 1.15) * 144.4 = 184.74 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$A_s = 184.74 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Έλεγχοι κανονισμού: (Ισχύουν για όλες τις πλάκες

$$A_{smin} = 0.15\% * h * 1000$$

$$A_{smin} = 0.15 * 200 * 1000 / 100 = 300 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Max απόσταση: 200 mm

Min ϕ : 8mm

Ισχύει επίσης η εξίσωση του EC2

$$A_{smin} = 0.26 b w * d * f_{ctm} / f_{yk} =$$

$$0.26 * 1000 * 164 * 2.5 / 500 = 213.2 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$A_{smin} = 300 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Όσον αφορά την μικρή κατεύθυνση:

Λωρίδα: S4,S5,S6

Για το ακραίο άνοιγμα:

$$d_y = h - \text{cover} - \phi - \phi / 2 =$$

$$d_y = 200 - 30 - 12 - 6 = 152 \text{ mm}$$

$$K = MEd / bd^2 f_{ck} = (11.599 * 10^6) / (1000 * 152^2 * 30) = 0.0167$$

$$K < K'$$

$0.02 < 0.168$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό

$$Z = d \sqrt{2(1 + \sqrt{1 - 3.53k})} \leq 0.95d$$

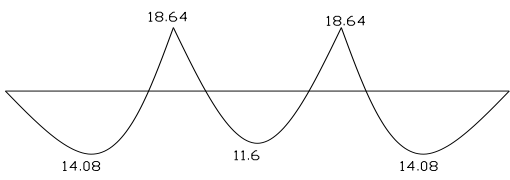
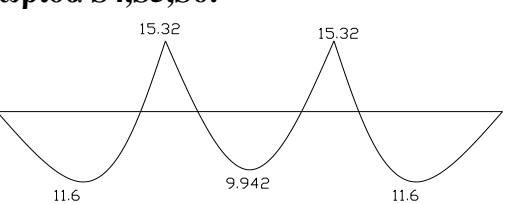
	<p> $dx = h - \text{cover} - \phi / 2 =$ $dx = 200 - 30 - 6 = 164 \text{ mm}$ $K = MEd / bd^2 f_{ck} = (22.78 * 10^6) / (1000 * 164^2 * 30)$ $= 0.028$ $K < K'$ $0.028 < 0.168$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό $Z = d \sqrt{2(1 + \sqrt{1 - 3.53k})} \leq 0.95d$ $Z = 82 [1 + \sqrt{(1 + \sqrt{3.53 * 0.028})}] \leq 0.95 * 152$ $Z = 159.842 \geq 115.8$ $A_s = MEd / f_{yd} * Z = (22.78 * 10^6) / (500 / 1.15) * 155.8$ $= 336.345 \text{ mm}^2 / \text{m}$ <u>Για την δεύτερη και έβδομη στήριξη:</u> $dy = h - \text{cover} - \phi / 2 =$ $dy = 200 - 30 - 6 = 164 \text{ mm}$ $K = MEd / bd^2 f_{ck} = (30.65 * 10^6) / (1000 * 164^2 * 30)$ $= 0.038$ $K < K'$ $0.038 < 0.168$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό $Z = d \sqrt{2(1 + \sqrt{1 - 3.53k})} \leq 0.95d$ $Z = 84 [1 + \sqrt{(1 - 3.53 * 0.038)}] \leq 0.95 * 164$ $Z = 158.3 \leq 155.8 \text{ mm}$ $A_s = MEd / f_{yd} * Z = (30.65 * 10^6) / (500 / 1.15) * 155.8$ $= 452.54 \text{ mm}^2 / \text{m}$ <u>Για τα μεσαία ανοίγματα:</u> $dy = h - \text{cover} - \phi / 2 =$ $dy = 200 - 30 - 6 = 164 \text{ mm}$ $K = MEd / bd^2 f_{ck} = (16.98 * 10^6) / (1000 * 164^2 * 30)$ $= 0.021$ $K < K'$ $0.021 < 0.168$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό $Z = d \sqrt{2(1 + \sqrt{1 - 3.53k})} \leq 0.95d$ </p>	<p> $A_s = 336.34$ mm^2 / m $A_s = 452.54$ mm^2 / m </p>
--	---	--

	<p> $Z=82[1+\sqrt{(1-3.53*0.0210)}]\leq 0.95*164$ $Z=160.902\leq 155.8\text{ mm}$ $A_s=MEd\backslash f_{yd}*Z = (16.98*10^6)\backslash(500\backslash 1.15)*155.8$ $=250.73\text{ mm}^2\backslash m$ </p> <p> <u>Για τις υπόλοιπες στηρίξεις:</u> $dy = h - \text{cover} - \phi\backslash 2 =$ $dy = 200 - 30 - 6 = 164\text{ mm}$ $K = MEd\backslash bd^2 f_{ck} = (22.78*10^6)\backslash(1000*164^2*30)$ $= 0.028$ $K < K'$ $0.028 < 0.168$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό $Z = d\backslash 2(1 + \sqrt{1 - 3.53k}) \leq 0.95d$ $Z = 82[1 + \sqrt{(1 + \sqrt{3.53*0.028})}] \leq 0.95*152$ $Z = 159.842 \geq 1155.8$ $A_s = MEd\backslash f_{yd}*Z = (22.78*10^6)\backslash(500\backslash 1.15)*155.8$ $= 336.345\text{ mm}^2\backslash m$ </p> <p> <u>Για την λωρίδα S2,S5,S8,S11,S14,S17</u> <u>Για το ακραίο άνοιγμα:</u> $dx = h - \text{cover} - \phi\backslash 2$ $dx = 200 - 30 - 6 = 164\text{ mm}$ $K = MEd\backslash bd^2 f_{ck} = (21.13*10^6)\backslash(1000*164^2*30)$ $= 0.026$ $K < K'$ $0.026 < 0.168$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό $Z = d\backslash 2(1 + \sqrt{1 - 3.53k}) \leq 0.95d$ $Z = 82[1 + \sqrt{(1 - 3.53*0.026)}] \leq 0.95*164$ $Z = 160.146 \leq 155.8\text{ mm}$ $A_s = MEd\backslash f_{yd}*Z = (21.13*10^6)\backslash(500\backslash 1.15)*155.8$ $= 311.88\text{ mm}^2\backslash m$ </p> <p> <u>Για την δεύτερη και έκτη στήριξη:</u> </p>	<p> $A_s = 250.73$ $\text{mm}^2\backslash m$ </p> <p> $A_s = 336.345$ $\text{mm}^2\backslash m$ </p> <p> $A_s = 311.88\text{mm}^2\backslash m$ </p>
--	--	--

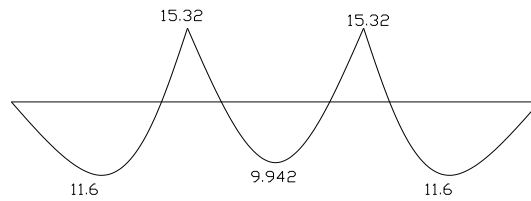
	<p> $dy = h - \text{cover} - \phi/2 =$ $dy = 200 - 30 - 6 = 164 \text{ mm}$ $K = MEd / (bd^2 f_{ck}) = (28.169 * 10^6) / (1000 * 164^2 * 30)$ $= 0.0349$ $K < K'$ $0.0349 < 0.168$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό $Z = d \sqrt{2(1 + \sqrt{1 - 3.53k})} \leq 0.95d$ $Z = 82 [1 + \sqrt{(1 - 3.53 * 0.0349)}] \leq 0.95 * 164$ $Z = 158.78 \leq 155.8 \text{ mm}$ $A_s = MEd / (f_{yd} * Z) = (28.169 * 10^6) / (500 * 1.15) * 155.8$ $= 415.845 \text{ mm}^2 / \text{m}$ <u>Για τις υπόλοιπες στηρίξεις:</u> $dx = h - \text{cover} - \phi/2 =$ $dx = 200 - 30 - 6 = 164 \text{ mm}$ $K = MEd / (bd^2 f_{ck}) = (20.7125 * 10^6) / (1000 * 164^2 * 30)$ $= 0.0257$ $K < K'$ $0.0257 < 0.168$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό $Z = d \sqrt{2(1 + \sqrt{1 - 3.53k})} \leq 0.95d$ $Z = 82 [1 + \sqrt{(1 - 3.53 * 0.0257)}] \leq 0.95 * 164$ $Z = 160.192 \leq 155.8 \text{ mm}$ $A_s = MEd / (f_{yd} * Z) =$ $(20.7125 * 10^6) / (500 * 1.15) * 155.8 = 305.786$ mm^2 / m <u>Για τα υπόλοιπα ανοίγματα:</u> $dx = h - \text{cover} - \phi/2 =$ $dx = 200 - 30 - 6 = 164 \text{ mm}$ $K = MEd / (bd^2 f_{ck}) = (15.32725 * 10^6) / (1000 * 164^2 * 30)$ $= 0.019$ $K < K'$ $0.019 < 0.168$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό </p>	<p> $A_s = 415.845$ mm^2 / m $A_s = 305.786$ mm^2 / m </p>
--	--	--

	$Z = d \sqrt{2(1 + \sqrt{1 - 3.53k})} \leq 0.95d$ $Z = 82[1 + \sqrt{(1 - 3.53 \cdot 0.019)}] \leq 0.95 \cdot 164$ $Z = 161.2 \leq 155.8 \text{ mm}$ $A_s = MEd / f_{yd} \cdot Z$ $= (15.32725 \cdot 10^6) / (500 \cdot 1.15) \cdot 155.8$ $= 226.269 \text{ mm}^2/\text{m}$	$A_s = 226.269$ mm^2/m
--	---	---

Συνοψίζοντας έχουμε τους εξής σπλισμούς στις πλάκες:

<p><u>Απο τους πιο πάνω υπολογισμούς οδηγόμαστε στα εξής:</u></p>	<p>Λωρίδα S1,S2,S3:</p>  <p><u>Για το ακραίο άνοιγμα:</u> $A_{s_{req}} = 224.3376 \text{ mm}^2/\text{m}$ $A_{s_{prov}} = 314.2 \text{ mm}^2/\text{m} [\phi 10/250]$</p> <p><u>Για την στήριξη:</u> $A_{s_{req}} = 296.9174 \text{ mm}^2/\text{m}$ $A_{s_{prov}} = 314.2 \text{ mm}^2/\text{m} [\phi 10/250]$</p> <p><u>Για το μεσαίο άνοιγμα:</u> $A_{s_{req}} = 184.7486 \text{ mm}^2/\text{m}$ $A_{s_{prov}} = 314.2 \text{ mm}^2/\text{m} [\phi 10/250]$</p> <p>Λωρίδα S4,S5,S6:</p>  <p><u>Για το ακραίο άνοιγμα:</u> $A_{s_{req}} = 184.75 \text{ mm}^2/\text{m}$ $A_{s_{prov}} = 314.2 \text{ mm}^2/\text{m} [\phi 10/250]$</p>	<p>$A_{s_{prov}}: 314 \text{ mm}^2/\text{m}$</p> <p>$A_{s_{prov}}: 314 \text{ mm}^2/\text{m}$</p> <p>$A_{s_{prov}}: 314 \text{ mm}^2/\text{m}$</p> <p>$A_{s_{prov}}: 314 \text{ mm}^2/\text{m}$</p>
---	--	---

Λωρίδα S10,S11,S12:



Για το ακραίο άνοιγμα: $A_{s_{req}}=184.75\text{mm}^2\text{m}$

$A_{s_{prov}}: 314.2\text{mm}^2\text{m}[\phi 10\setminus 250]$

Για την στήριξη: $A_{s_{req}}=244.132\text{mm}^2\text{m}$

$A_{s_{prov}}: 314.2\text{mm}^2\text{m}[\phi 10\setminus 250]$

Για το μεσαίο άνοιγμα: $A_{s_{req}}=158.356\text{mm}^2\text{m}$

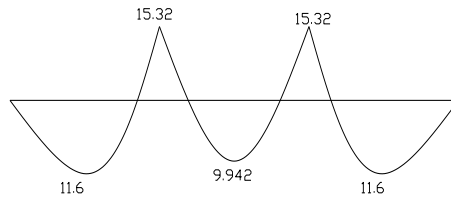
$A_{s_{prov}}: 314.2\text{mm}^2\text{m}[\phi 10\setminus 250]$

$A_{s_{prov}}: 314\text{mm}^2\text{m}$

$A_{s_{prov}}: 314\text{mm}^2\text{m}$

$A_{s_{prov}}: 314\text{mm}^2\text{m}$

Λωρίδα S13,S14,S15:



Για το ακραίο άνοιγμα: $A_{s_{req}}=184.75\text{mm}^2\text{m}$

$A_{s_{prov}} : 314.2\text{mm}^2\text{m}[\phi 10\setminus 250]$

Για την στήριξη: $A_{s_{req}}=244.132\text{mm}^2\text{m}$

$A_{s_{prov}} : 314.2\text{mm}^2\text{m}[\phi 10\setminus 250]$

Για το μεσαίο άνοιγμα: $A_{s_{req}}=158.356\text{mm}^2\text{m}$

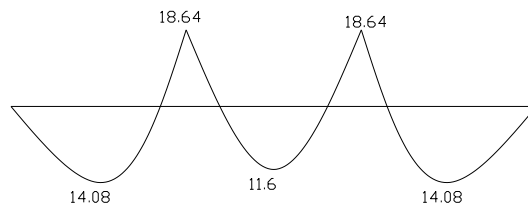
$A_{s_{prov}} : 314.2\text{mm}^2\text{m}[\phi 10\setminus 250]$

$A_{s_{prov}}: 314\text{mm}^2\text{m}$

$A_{s_{prov}}: 314\text{mm}^2\text{m}$

$A_{s_{prov}}: 314\text{mm}^2\text{m}$

Λωρίδα S16,S17,S18:



Για το ακραίο άνοιγμα: $A_{s_{req}}=224.3376\text{mm}^2\text{m}$

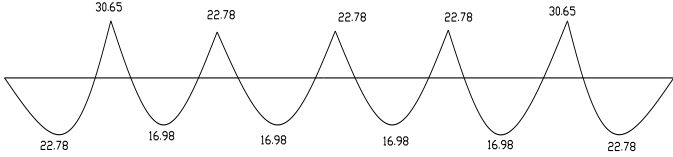
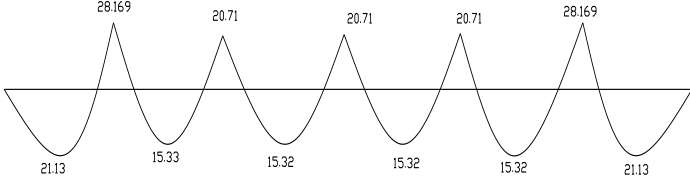
$A_{s_{prov}}: 314.2\text{mm}^2\text{m}[\phi 10\setminus 250]$

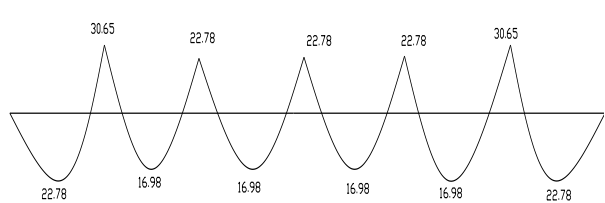
Για την στήριξη: $A_{s_{req}}=296.9174\text{mm}^2\text{m}$

$A_{s_{prov}}: 314.2\text{mm}^2\text{m}[\phi 10\setminus 250]$

$A_{s_{prov}}: 314\text{mm}^2\text{m}$

$A_{s_{prov}}: 314\text{mm}^2\text{m}$

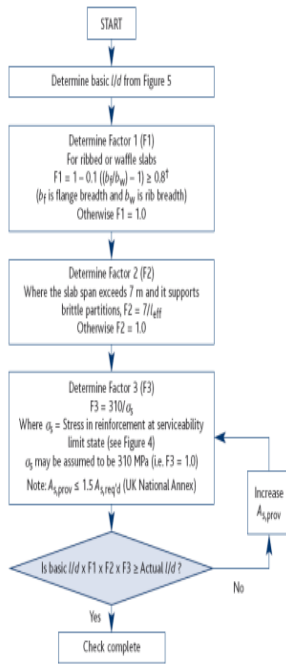
	<p><u>Για το μεσαίο άνοιγμα:</u> $A_{s_{req}}=184.7486\text{mm}^2\text{/m}$ $A_{s_{prov}}: 314.2\text{mm}^2\text{/m}[\phi 10\backslash 250]$</p> <p><u>Σχετικά με την μεγάλη κατεύθυνση:</u> Λωρίδα S3,S6,S9,S12,S15,S18</p>  <p><u>Για το ακραίο άνοιγμα:</u> $A_{s_{req}}= 336.345 \text{ mm}^2\text{/m}$ $A_{s_{prov}}: 341.5 \text{ mm}^2\text{/m} [\phi 10\backslash 230]$</p> <p><u>Για την δεύτερη και την έκτη στήριξη:</u> $A_{s_{req}}= 452.5376 \text{ mm}^2\text{/m}$ $A_{s_{prov}} 462\text{mm}^2\text{/m} [\phi 10\backslash 170]$</p> <p><u>Για τις υπόλοιπες στηρίξεις:</u> $A_{s_{req}}= 336.345 \text{ mm}^2\text{/m}$ $A_{s_{prov}} : 341.5 \text{ mm}^2\text{/m} [\phi 10\backslash 230]$</p> <p><u>Για τα μεσαία ανοίγματα:</u> $A_{s_{req}}= 250.730 \text{ mm}^2\text{/m}$ $A_{s_{prov}}=314.2 \text{ mm}^2\text{/m} [\phi 10\backslash 250]$</p> <p>Λωρίδα S2,S5,S8,S11,S14,S17:</p>  <p><u>Για το ακραίο άνοιγμα:</u> $A_{s_{req}}= 311.88 \text{ mm}^2\text{/m}$ $A_{s_{prov}}: 314.2 \text{ mm}^2\text{/m} [\phi 10\backslash 250]$</p> <p><u>Για την δεύτερη και την έκτη στήριξη:</u> $A_{s_{req}}= 415.845 \text{ mm}^2\text{/m}$ $A_{s_{prov}} 436.3\text{mm}^2\text{/m} [\phi 10\backslash 180]$</p> <p><u>Για τις υπόλοιπες στηρίξεις:</u> $A_{s_{req}}= 305.78 \text{ mm}^2\text{/m}$ $A_{s_{prov}}= 314.2 \text{ mm}^2\text{/m} [\phi 10\backslash 250]$</p>	<p>$A_{s_{prov}}:314\text{mm}^2\text{/m}$</p> <p>$A_{s_{prov}}: 341 \text{ mm}^2\text{/m}$</p> <p>$A_{s_{prov}} 462\text{mm}^2\text{/m}$</p> <p>$A_{s_{prov}}: 341 \text{ mm}^2\text{/m}$</p> <p>$A_{s_{prov}}: 341 \text{ mm}^2\text{/m}$</p> <p>$A_{s_{prov}}: 314.2 \text{ mm}^2\text{/m}$</p> <p>$A_{s_{prov}} 436.3\text{mm}^2\text{/m}$</p> <p>$A_{s_{prov}}= 314.2 \text{ mm}^2\text{/m}$</p>
--	---	--

	<p>Για τα μεσαία ανοίγματα: $A_{s_{req}}: 226.27 \text{ mm}^2/m$</p> <p>$A_{s_{prov}}=314.2 \text{ mm}^2/m[\phi 10\setminus 250]$</p> <p>Λωρίδα S1,S4,S7,S10,S13,S16</p>  <p>Για το ακραίο άνοιγμα: $A_{s_{req}}= 336.345 \text{ mm}^2/m$</p> <p>$A_{s_{prov}} : 341.5 \text{ mm}^2/m [\phi 10\setminus 230]$</p> <p>Για την δεύτερη και την έκτη στήριξη:</p> <p>$A_{s_{req}}= 452.54 \text{ mm}^2/m$</p> <p>$A_{s_{prov}} 462 \text{ mm}^2/m [\phi 10\setminus 170]$</p> <p>Για τις υπόλοιπες στηρίξεις: $A_{s_{req}}: 336.345 \text{ mm}^2/m$</p> <p>$A_{s_{prov}}: 341.5 \text{ mm}^2/m [\phi 10\setminus 230]$</p> <p>Για τα μεσαία ανοίγματα: $A_{s_{req}}: 250.730 \text{ mm}^2/m$</p> <p>$A_{s_{prov}} =314.2 \text{ mm}^2/m[\phi 10\setminus 250]$</p> <p><u>Έλεγχος: $A_{s_{min}}: 0.15\setminus 100 * 1000 * 200=300 \text{ mm}^2/m$</u></p>	<p>$A_{s_{prov}}=314.2 \text{ mm}^2/m$</p> <p>$A_{s_{prov}} : 341.5 \text{ mm}^2/m$</p> <p>$A_{s_{prov}}: 462 \text{ mm}^2/m$</p> <p>$A_{s_{prov}}:$</p> <p>$341.5 \text{ mm}^2/m$</p> <p>$A_{s_{prov}}:314.2 \text{ mm}^2/m$</p> <p>$A_{s_{min}}:300 \text{ mm}^2/m$</p>
--	---	--

3.4.1 Deflection control: (Έλεγχος παραμόρφωσης)

<p>EC2 πίνακας 7.4N</p> <p>Πίνακας 7.4N: Βασικά όρια ανοίγματος προς στατικό όρος για στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα χωρίς εφάρμοση σύνθλιψης</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Λόγος στήριξης</th> <th>κ'</th> <th>Με κεντρική καταπόνηση συρροήματος ($\mu=1.5\%$)</th> <th>Με ασυμμετρική καταπόνηση συρροήματος ($\mu=0.5\%$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Αμφικεκασμένος ή τριπλός κατά τη σταθερότητα επιλογή</td> <td>1.0</td> <td>14</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>Ακροί στήριξης δεκαί ή τεσσάρων πλευρών κατά τη σταθερότητα επιλογή (μόνο διεκδίνονται)</td> <td>1.3</td> <td>18</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>Μεσαία ανοίγματα συνεχούς δοκού ή τεσσάρων πλευρών επιλογή</td> <td>1.5</td> <td>23</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>Πλάκες επί υποστηλωμάτων χωρίς δοκούς (μεταβολή ή έλεγχος βάσει του μεγάλτερου σπασίματος)</td> <td>1.2</td> <td>17</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>Πρόβολος</td> <td>0.4</td> <td>6</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table> <p>Επεμπλήση 1: Οι τιμές των δίνονται έχουν επιλεγεί έτσι ώστε να είναι σφαιρικά συντηρητικές, και ο υπολογισμός μπορεί να γίνει με κάποιο από τους δύο ή με τον μικρότερο πάχος στήριξης.</p> <p>Επεμπλήση 2: Σε πλάκες σταθερότητας επιλεγμένες σε άλλες γέφυρες ή σταθερές ανοίγματα, Σε μικροσπασίσεις πλάκας βάσει του μεγάλτερου σπασίματος.</p> <p>Επεμπλήση 3: Το όριο που δίνεται για μικροσπασίσεις απαιτείται σε παραρτήρα ή άλλο χώρο που επιτρέπει τον έλεγχο της θέσεως κατά 1/250 του ανοίγματος. Η εμπεμπλήση είναι από έναν κεντροσπασμένο.</p>	Λόγος στήριξης	κ'	Με κεντρική καταπόνηση συρροήματος ($\mu=1.5\%$)	Με ασυμμετρική καταπόνηση συρροήματος ($\mu=0.5\%$)	Αμφικεκασμένος ή τριπλός κατά τη σταθερότητα επιλογή	1.0	14	23	Ακροί στήριξης δεκαί ή τεσσάρων πλευρών κατά τη σταθερότητα επιλογή (μόνο διεκδίνονται)	1.3	18	28	Μεσαία ανοίγματα συνεχούς δοκού ή τεσσάρων πλευρών επιλογή	1.5	23	33	Πλάκες επί υποστηλωμάτων χωρίς δοκούς (μεταβολή ή έλεγχος βάσει του μεγάλτερου σπασίματος)	1.2	17	24	Πρόβολος	0.4	6	8	<p>Για την S1:</p> <p>$310\setminus \sigma_s = 500\setminus (f_{yk} A_{s_{req}})\setminus A_{s_{prov}}$</p> <p>$310\setminus \sigma_s = 500 * 314.2\setminus (500 * 224.3376)$</p> <p>$\sigma_s = 221.338 \text{ MPa}$</p> <p>$L\setminus d = 26 * 310\setminus 221.33 = 36.4 \text{ m}$</p> <p>$5000\setminus dx = 5000\setminus 164 = 30.48 \text{ m}$</p> <p>Για την S2:</p>	<p>$30.48 \text{ m} < 36.4 \text{ m} (OK)$</p>
Λόγος στήριξης	κ'	Με κεντρική καταπόνηση συρροήματος ($\mu=1.5\%$)	Με ασυμμετρική καταπόνηση συρροήματος ($\mu=0.5\%$)																							
Αμφικεκασμένος ή τριπλός κατά τη σταθερότητα επιλογή	1.0	14	23																							
Ακροί στήριξης δεκαί ή τεσσάρων πλευρών κατά τη σταθερότητα επιλογή (μόνο διεκδίνονται)	1.3	18	28																							
Μεσαία ανοίγματα συνεχούς δοκού ή τεσσάρων πλευρών επιλογή	1.5	23	33																							
Πλάκες επί υποστηλωμάτων χωρίς δοκούς (μεταβολή ή έλεγχος βάσει του μεγάλτερου σπασίματος)	1.2	17	24																							
Πρόβολος	0.4	6	8																							

EC2 (διαδικ. R.C)



$$310 \setminus \sigma_s = 500 \setminus (f_{yk} A_{s_{req}}) \setminus A_{s_{prov}}$$

$$310 \setminus \sigma_s$$

$$= 500 * 314.2 \setminus (500 * 184.7486)$$

$$\sigma_s = 182.2790 \text{ MPa}$$

$$L_d = 26 * 310 \setminus 182.2790 = 44.21 \text{ m}$$

$$5000 \setminus dx = 5000 \setminus 164 = 30.48 \text{ m}$$

$$30.48 < 44.21 \text{ (OK)}$$

Για την S3:

$$310 \setminus \sigma_s = 500 \setminus (f_{yk} A_{s_{req}}) \setminus A_{s_{prov}}$$

$$310 \setminus \sigma_s = 500 * 314.2 \setminus (500 * 158.356)$$

$$\sigma_s = 156.2392 \text{ MPa}$$

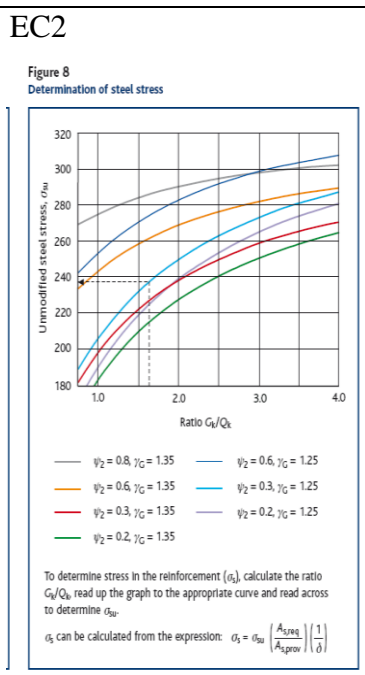
$$l \setminus d = 26 * 310 \setminus 156.2392 = 51.58 \text{ m}$$

$$5000 \setminus dx = 5000 \setminus 164 = 30.48 \text{ m}$$

$$30.48 < 51.58 \text{ (OK)}$$

Για την S5 και γενικά για όλες τις κεντρικές πλάκες δεν χρειάζεται να γίνει έλεγχος βέλους κάμψης αφού δεν υπάρχει περίπτωση να παραμορφωθούν

3.4.2 Έλεγχος ρηγμάτωσης



πίνακ 7.2N Μέγιστες διαμέτρων ράβδων ϵ_s για περιορισμό της ρηγμάτωσης¹

Τάση χάλυβα ² [MPa]	Μέγιστη διάμετρος ράβδων [mm]		
	$w_k = 0.4$ mm	$w_k = 0.3$ mm	$w_k = 0.2$ mm
180	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

Σημειώσεις: 1. Οι τιμές του Πίνακα βασίζονται στις εξής παραδοχές:
 $\sigma = 25$ mm; $f_{ct,eff} = 2.5$ MPa; $\rho_b = 0.5$; $(h-\sigma) = 0.1h$; $k_1 = 0.8$; $k_2 = 0.5$; $k_3 = 0.4$; $k = 1.0$;
 $k_4 = 0.4$ και $k = 1.0$
 2. Υπό τους κατάλληλους συνδυασμούς δράσεων

12

Πίνακας 7.3N Μέγιστη απόσταση ράβδων για περιορισμό της ρηγμάτωσης

Τάση χάλυβα ² [MPa]	Μέγιστη απόσταση ράβδων [mm]		
	$w_k = 0.4$ mm	$w_k = 0.3$ mm	$w_k = 0.2$ mm
180	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

Απο το figure 8 EC2

Ratio G_k (Μόνιμο φορτίο χωρίς τους συντελεστές)\

Q_k (Κινητό φορτίο χωρίς τους συντελεστές)

$$8.94/3 = 2.98 \approx 3$$

$$\psi_2 = 0.3$$

steel

$$\text{stress} = 260 \text{MPa}$$

$w_k = 0.3$ mm (περνούμε την ενδιάμεση τιμή του πίνακα για κτήριο με ζωή 50 χρόνια)

Η τάση μέσα στον οπλισμό είναι 260MPa

απο τις γραφικές παραστάσεις του EC2.

Επομένως απο τους 2

πίνακες για steel

$$\text{stress} = 260 \text{MPa}$$

επιλέγω τον πίνακα

7.2N αφού ισχυρεί οτι

το maximum bar

size(mm) είναι

ανάμεσα στο 12 και

στο 16 και στους

οπλισμούς των πλακών

Ισχυρεί οτι το

maximum bar

size(mm) είναι

ανάμεσα στο 12 και

στο 16 και στους

οπλισμούς των

πλακών έχω

χρησιμοποιήσει

10mm

	έχω χρησιμοποιήσει 10mm	
--	----------------------------	--

Name of panels	Type of panel	Short span β_{vz} cont. edge	Short span β_{vz} discontin. edge	V_{sx} (AB)	V_{sx} (ΓΔ)	Long span β_{vy} cont. edge	Short span β_{vz} discontin. edge	V_{sy} (ΑΔ)	V_{sy} (ΓΒ)
S1	2 adjacent edges discontinuous	0.52	0.34	28.169	43.082	0.4	0.26	21.541	33.14
S2	1 long edge Discontinuous	0.49	0.32	26.512	40.6	0.36	0.36	29.826	29.826
S4,S7, S10,S13	1 short Edge discontinuous	0.45	0.45	37.28	37.28	0.36	0.24	19.884	29.826
S5,S8,S11, S14	Interior panels	0.43	0.43	35.63	35.63	0.333	0.33	27.34	27.34
S16	2 adjacent edges discontinuous	0.34	0.52	43.082	28.169	0.4	0.26	21.541	33.14
S3	2 adjacent edges discontinuous	0.52	0.34	28.169	43.082	0.26	0.4	33.14	21.541
S18	2 adjacent edges discontinuous	0.34	0.52	43.082	28.169	0.26	0.4	33.14	21.541
S17	1 long edge Discontinuous	0.32	0.49	40.6	26.512	0.36	0.36	29.826	29.826
S6,S9,S12,	1 short	0.45	0.45	37.28	37.28	0.24	0.36	29.826	19.884

S15	Edge discontinuous								
-----	-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

4 Δοκοί

4.1 Μεταφορά φορτίων από τις πλάκες στις δοκούς

Πίνακας 3: Μεταφορά φορτίων από πλάκες στις δοκούς (1.35Gκ+1.5Qκ)

Πίνακας 4: Μεταφορά φορτίων από πλάκες στις δοκούς (1.0 Gκ)

Name of panels	Type of panel	Short span β_{vx} cont. edge	Short span β_{vx} discont. edge	Vsx (ΑΒ)	Vsx (ΓΔ)	Long span β_{vy} cont. edge	Short span β_{vx} discont. edge	Vsy (ΑΔ)	Vsy (ΓΒ)
S1	2 adjacent edges discontinuous	0.52	0.34	20.52	31.38	0.4	0.26	15.69	24.138
S2	1 long edge Discontinuous	0.49	0.32	19.31	29.569	0.36	0.36	21.72	21.72
S4,S7, S10,S13	1 short Edge discontinuous	0.45	0.45	27.16	27.16	0.36	0.24	14.48	21.72
S5,S8,S11, S14	Interior panels	0.43	0.43	25.95	25.95	0.33	0.33	19.91	19.91
S16	2 adjacent edges discontinuous	0.34	0.52	31.38	20.52	0.4	0.26	15.69	24.138
S3	2 adjacent edges discontinuous	0.52	0.34	20.52	31.38	0.26	0.4	24.138	15.69
S18	2 adjacent	0.34	0.52	31.38	20.52	0.26	0.4	24.138	15.69

	edges discontinuous								
S17	1 long edge Discontinuous	0.32	0.49	29.569	19.31	0.36	0.36	21.72	21.72
S6,S9,S12, S15	1 short Edge discontinuous	0.45	0.45	27.16	27.16	0.24	0.36	21.72	14.48

Ισχύουν και στις 2 περιπτώσεις οι παρακάτω τύποι για να βγουν τα αποτελέσματα των πινάκων 3 και 4 από αγγλικούς κανονισμούς

- $V_{sx} = \beta_{vx} * n * l_x$
- $V_{sy} = \beta_{vy} * n * l_x$

$$L_x = 5m$$

$n = 16.57 \text{ KN/m}$ για τον πίνακα 5(δεύτερη στήλη)

$n = 8.94 \text{ KN/m}$ για τον πίνακα 5(τρίτη στήλη)

		b43		b44		b45			
b24	S16	b16	b30	S17	b17	b36	S18	b18	b42
b23	S13	b13	b29	S14	b14	b35	S15	b15	b41
b22	S10	b10	b28	S11	b11	b34	S12	b12	b40
b21	S7	b7	b27	S8	b8	b33	S9	b9	b39
b20	S4	b4	b26	S5	b5	b32	S6	b6	b38
b19	S1	b1	b25	S2	b2	b31	S3	b3	b37

Σχήμα 8: Πλάκες και δοκοί του κτηρίου σε κάτοψη

Μεταφορά των φορτίων από τις πλάκες στις δοκούς συνοψίζονται στον πιο κάτω πίνακα 5:

Πίνακας 5: Μεταφορά των φορτίων από τις πλάκες στις δοκούς

Δοκοί	Max φορτίο (KN\m)	Min φορτίο (KN\m)
b1	28.169	20.52
b2	26.512	19.3104
b3	28.169	20.5173
b4	$43.08+37.28=80.36$	$27.16+31.38=58.53$
b5	$40.6+35.62=76.22$	$29.6+25.95=55.52$
b6	$43.08+37.28=80.36$	$27.16+31.38=58.53$
b7	$37.28+37.28=74.564$	$27.16+27.16=54.31$
b8	$35.63+35.63=71.251$	$25.95+25.95=51.9$
b9	$37.28+37.28=74.564$	$27.16+27.16=54.31$
b10	$37.28+37.28=74.564$	$27.16+27.16=54.31$
b11	$35.63+35.63=71.251$	$25.95+25.95=51.9$
b12	$37.28+37.28=74.564$	$27.16+27.16=54.31$
b13	$37.28+37.28=74.564$	$27.16+27.16=54.31$
b14	$35.63+35.63=71.251$	$25.95+25.95=51.9$
b15	$37.28+37.28=74.564$	$27.16+27.16=54.31$
b16	$43.08+37.28=80.36$	$27.16+31.38=58.53$
b17	$40.6+35.62=76.22$	$29.6+25.95=55.52$
b18	$43.08+37.28=80.36$	$27.16+31.38=58.53$
b19	21.541	15.6897

b20	19.884	14.48
b21	19.884	14.48
b22	19.884	14.48
b23	19.884	14.48
b24	21.541	15.6897
b25	33.14+29.826=62.966	24.138+21.72= 45.86
b26	29.826+27.3405=57.17	21.72+19.91=41.64
b27	29.826+27.3405=57.17	21.72+19.91=41.64
b28	29.826+27.3405=57.17	21.72+19.91=41.64
b29	29.826+27.3405=57.17	21.72+19.91=41.64
b30	33.14+29.826=62.966	24.138+21.72= 45.86
b31	33.14+29.826=62.966	24.138+21.72= 45.86
b32	29.826+27.3405=57.17	21.72+19.91=41.64
b33	29.826+27.3405=57.17	21.72+19.91=41.64
b34	29.826+27.3405=57.17	21.72+19.91=41.64
b35	29.826+27.3405=57.17	21.72+19.91=41.64
b36	33.14+29.826=62.966	24.138+21.72= 45.86
b37	21.541	15.6897
b38	19.884	14.48
b39	19.884	14.48
b40	19.884	14.48
b41	19.884	14.48
b42	21.541	15.6897
b43	28.169	20.52
b44	26.512	19.31
b45	28.169	20.52

Πρόσθεση του ειδικού βάρους των δοκών: $(25*0.5*0.3)=3.75$

$$1.35*3.75= 5.063 \text{ KN}\backslash\text{m}$$

Πρόσθεση τοιχοποιία στις εξωτερικές δοκούς: $3.28+0.3= 3.58$

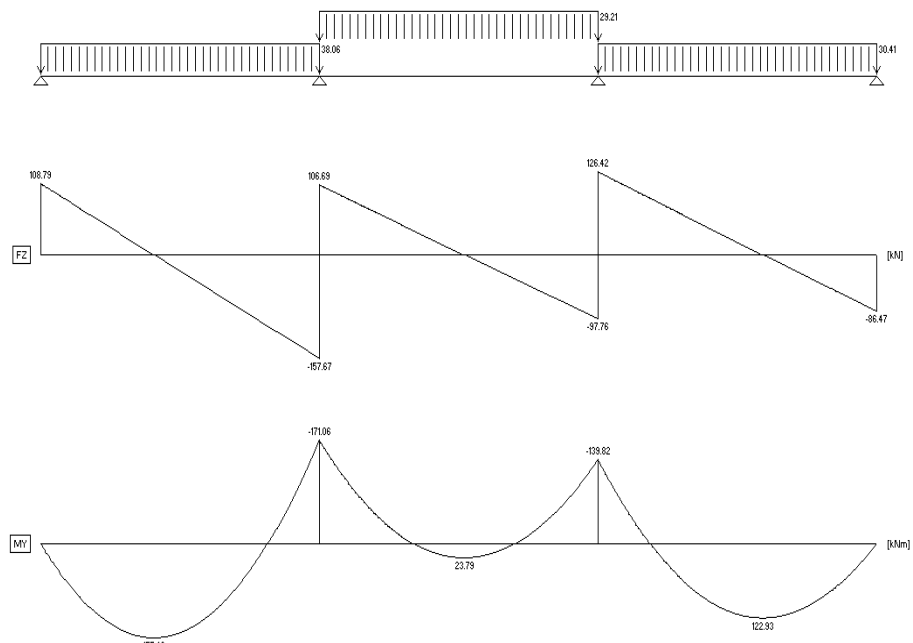
$$1.35*3.58=4.833\text{kN}\backslash\text{m}$$

4.2 Συνδιασμοί φορτίσεων

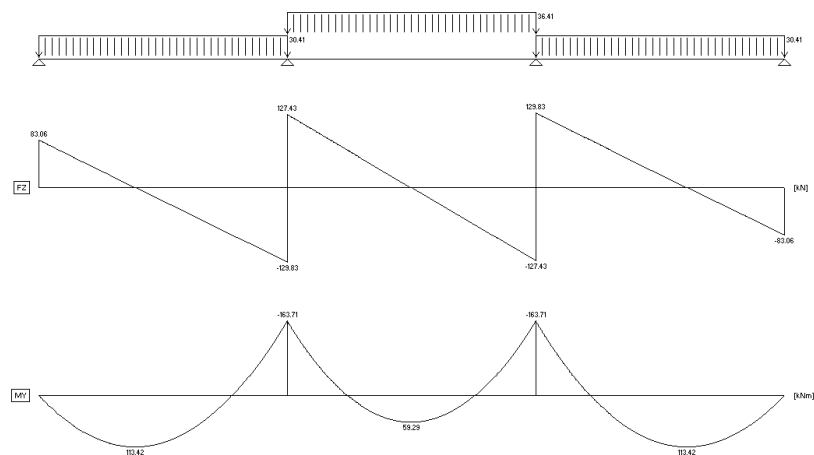
Συνδυασμοί φορτίσεων από BEAMAX για να καταλήξουμε στις περιβάλλουσες των ροπών και των τεμνουσών που χρειάζονται για την διαστασιολόγηση των δοκών

Για b1,b2,b3:

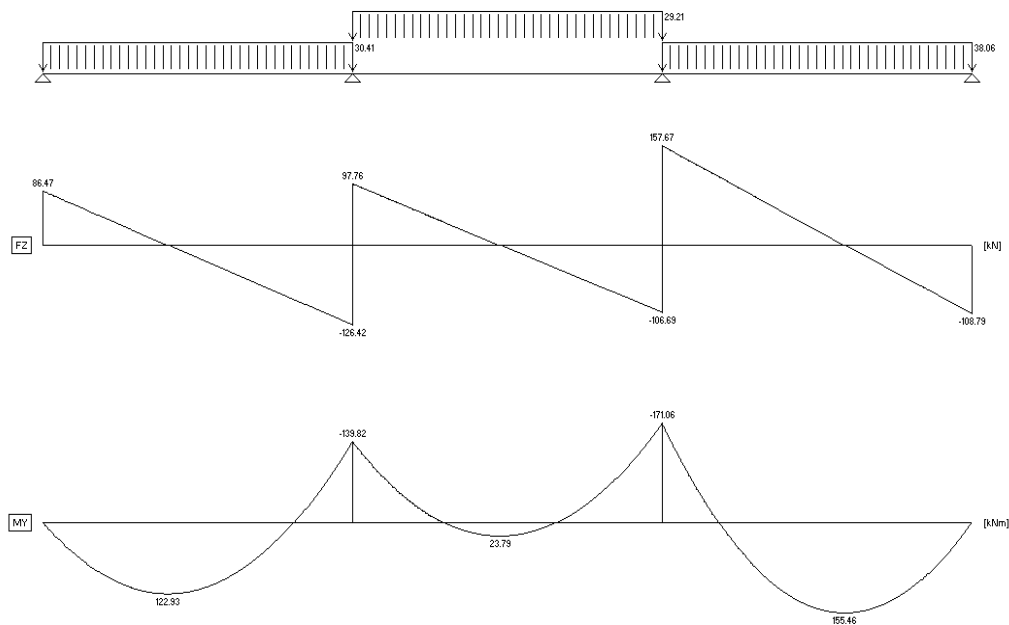
Πρώτη περίπτωση:



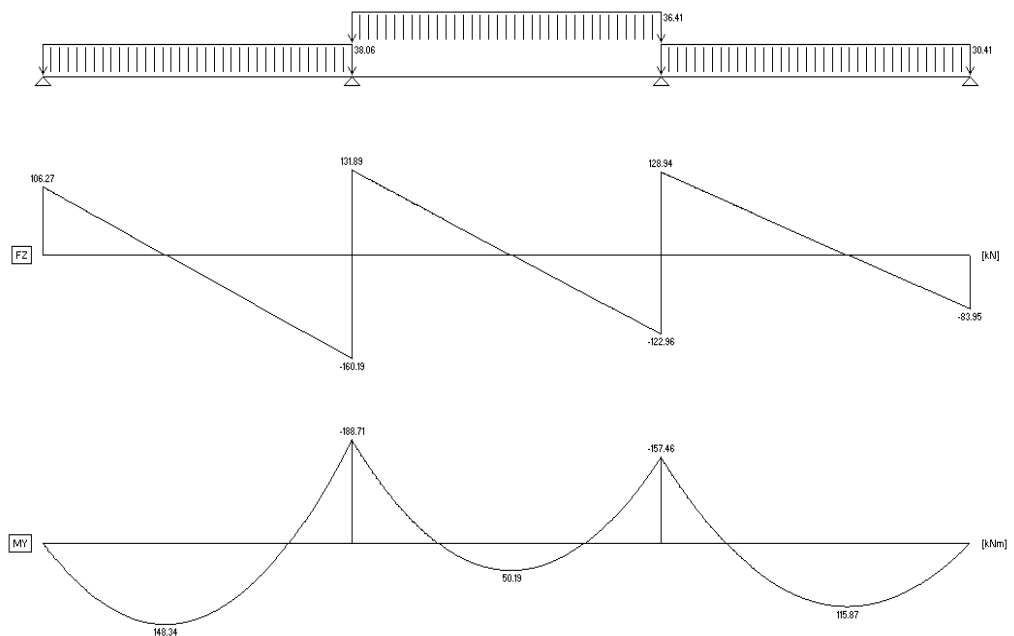
Δεύτερη περίπτωση:



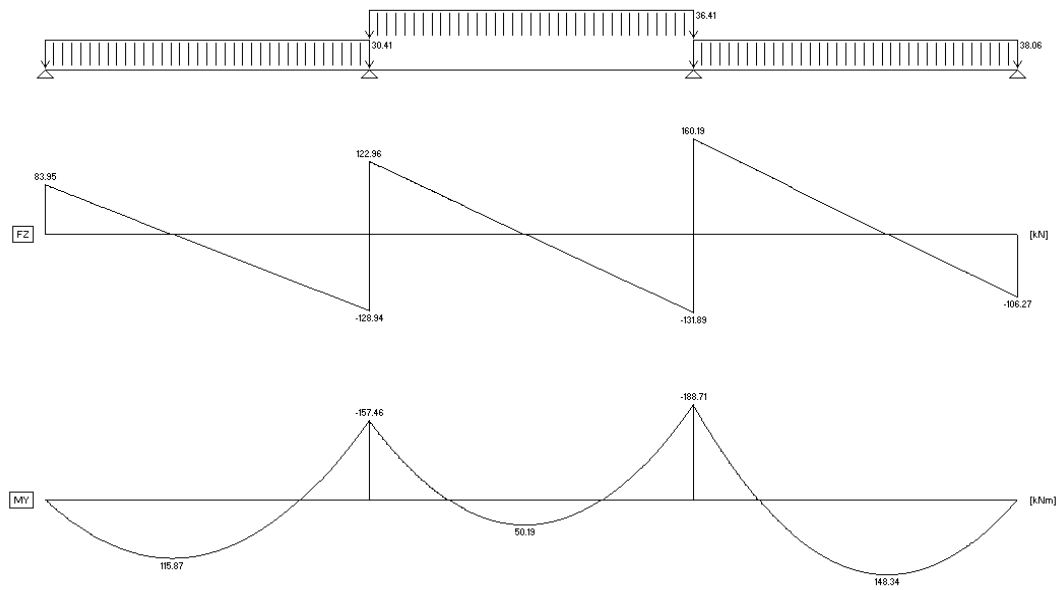
Τρίτη περίπτωση:



Τέταρτη περίπτωση:

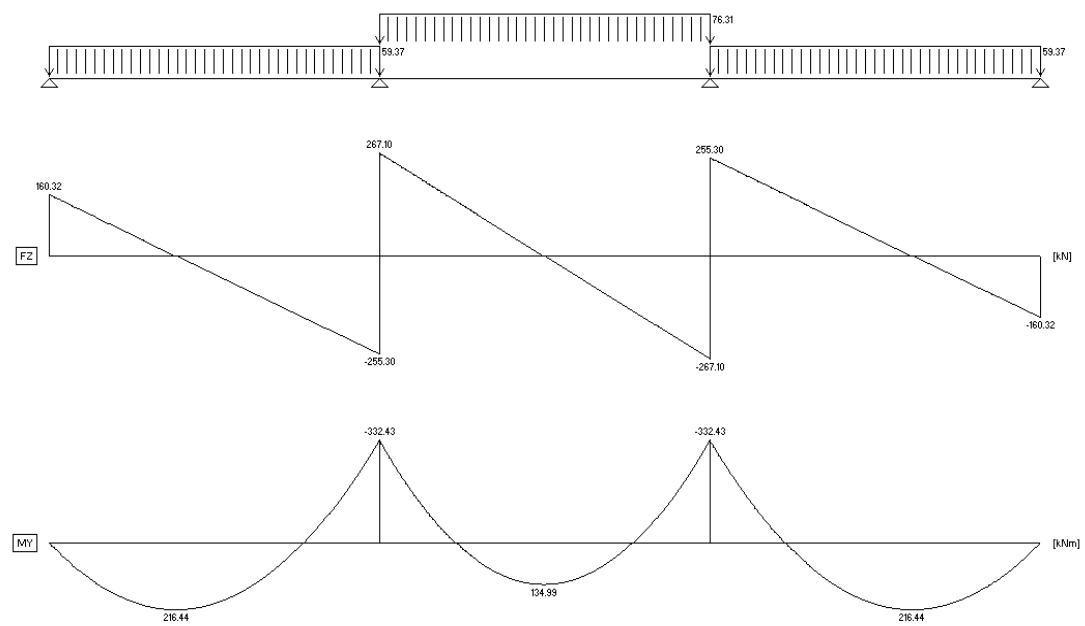


Πέμπτη περίπτωση:

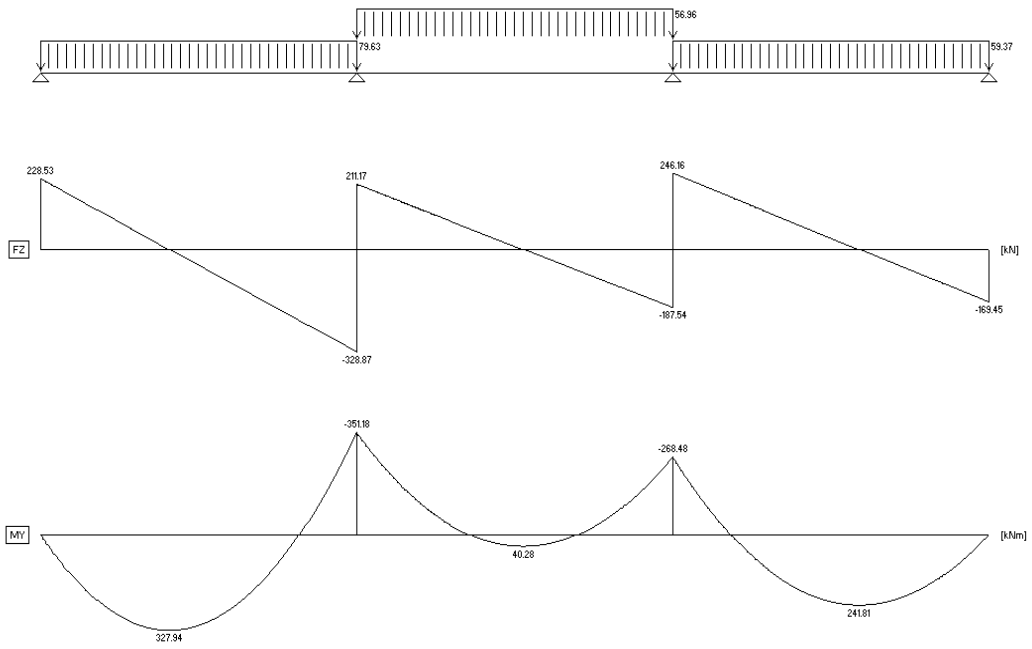


Για b10,b11,b12:

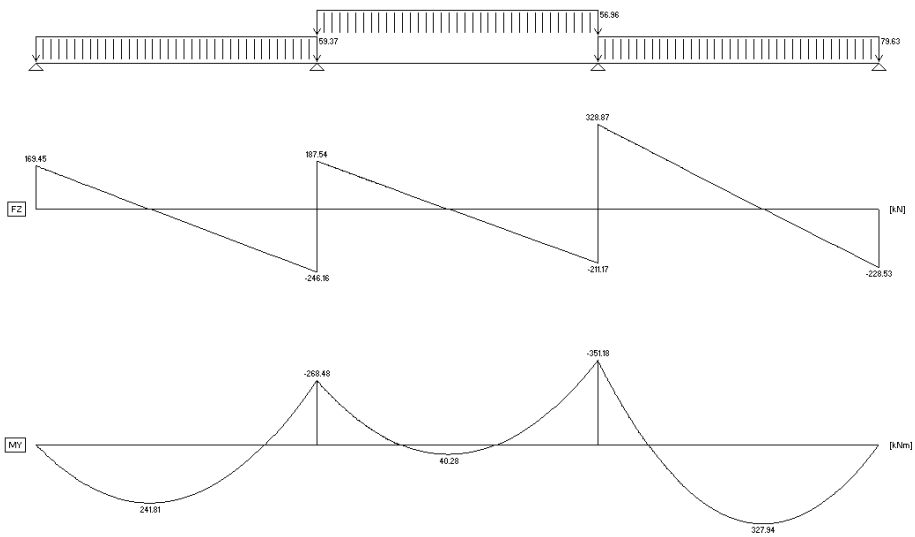
Πρώτη περίπτωση:



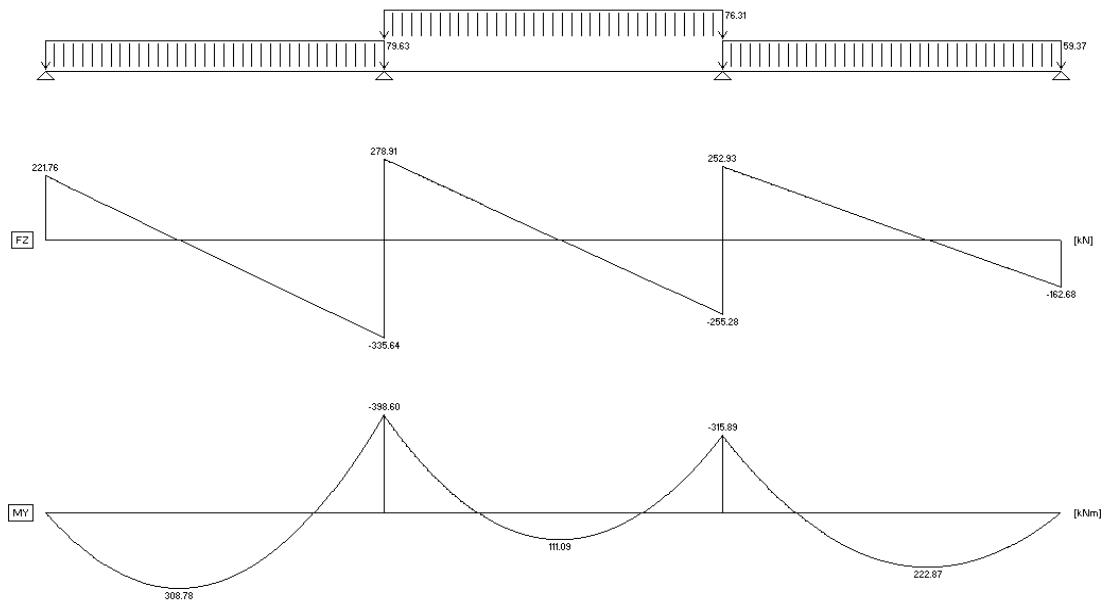
Δεύτερη περίπτωση:



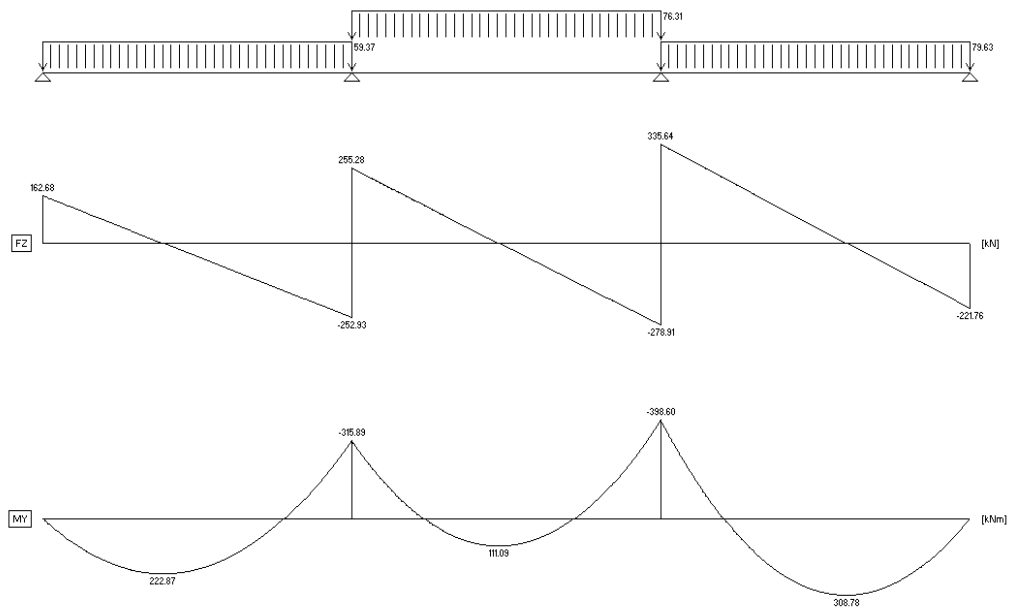
Τρίτη περίπτωση:



Τέταρτη περίπτωση:

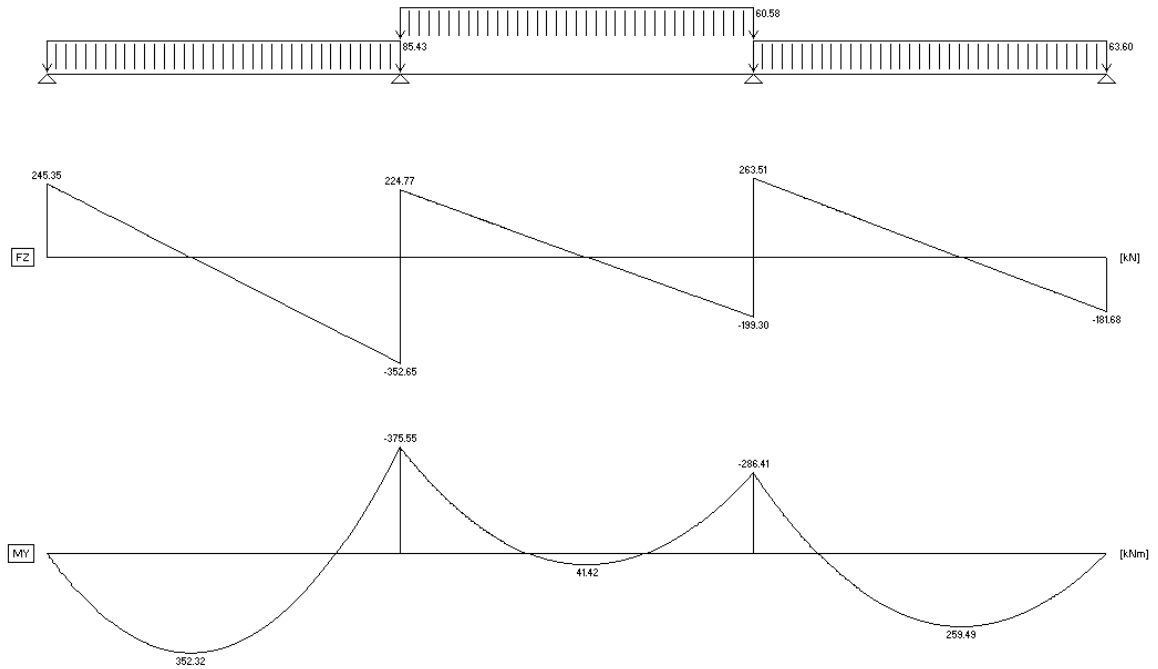


Πέμπτη περίπτωση:

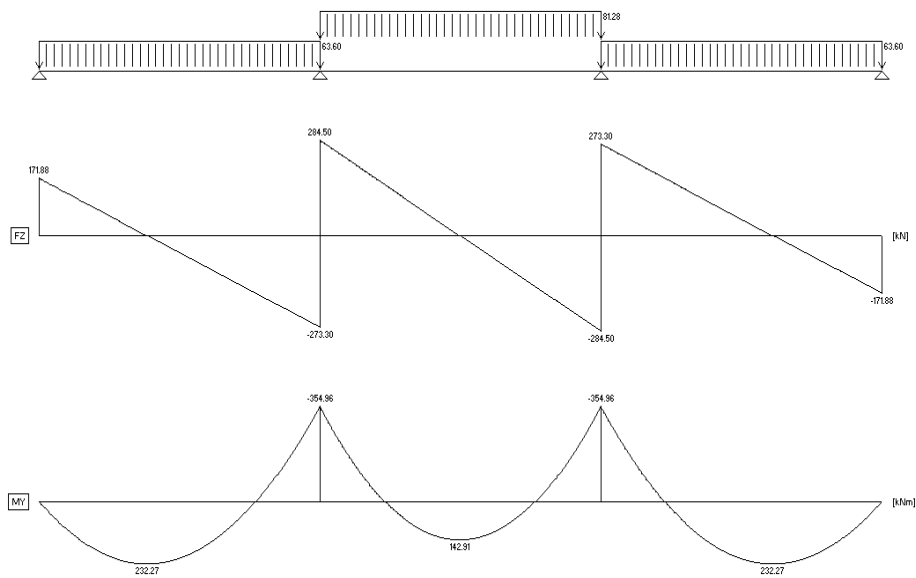


Για b16,b17,b18:

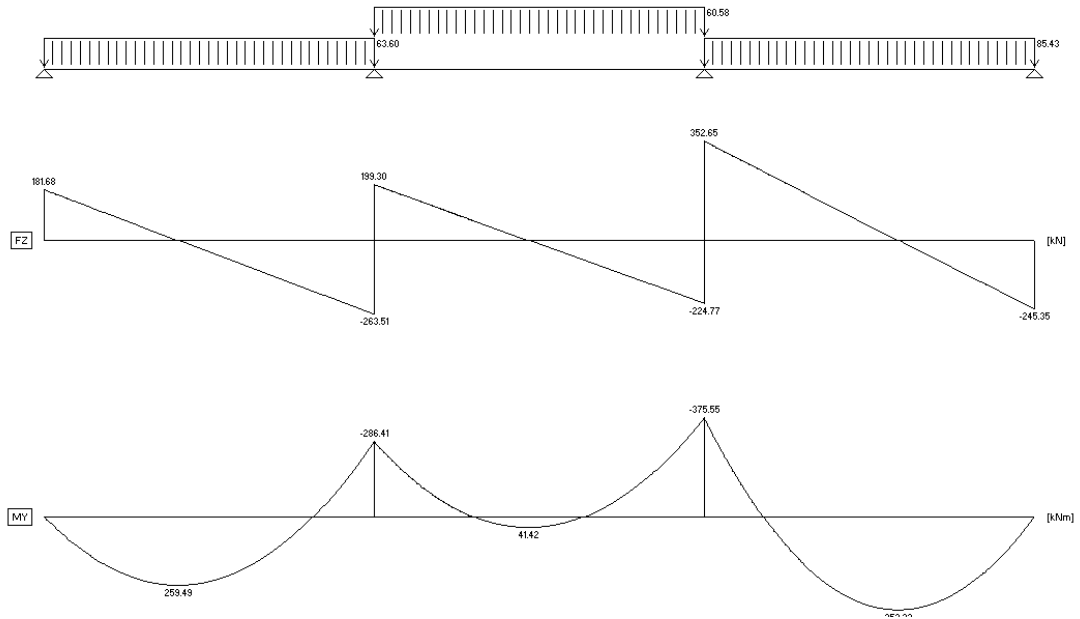
Πρώτη περίπτωση:



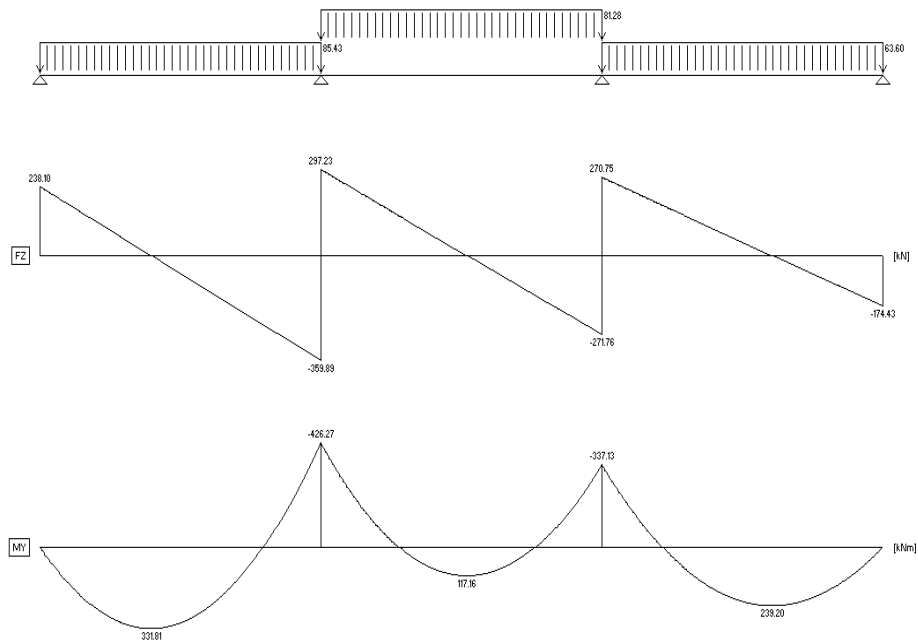
Δεύτερη περίπτωση:



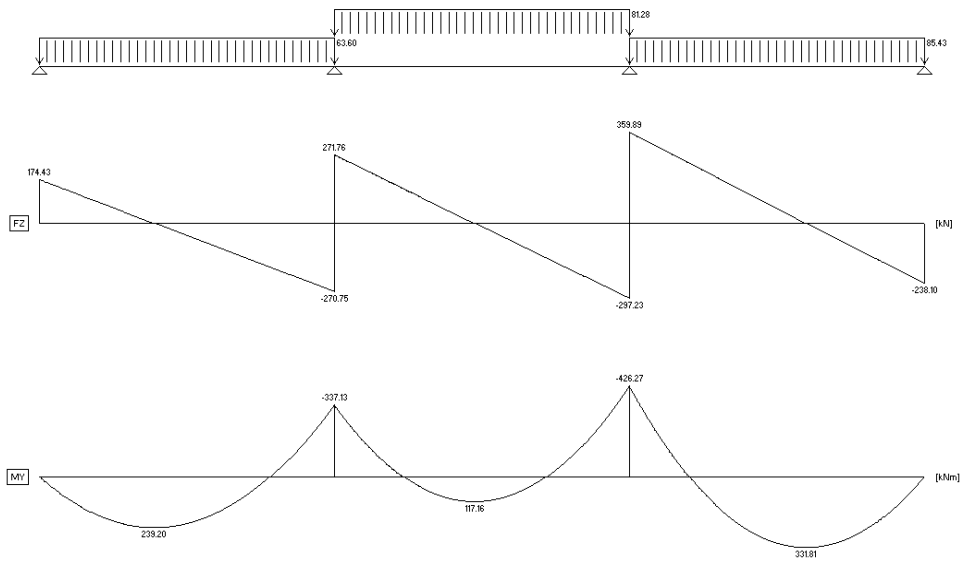
Τρίτη περίπτωση:



Τέταρτη περίπτωση:

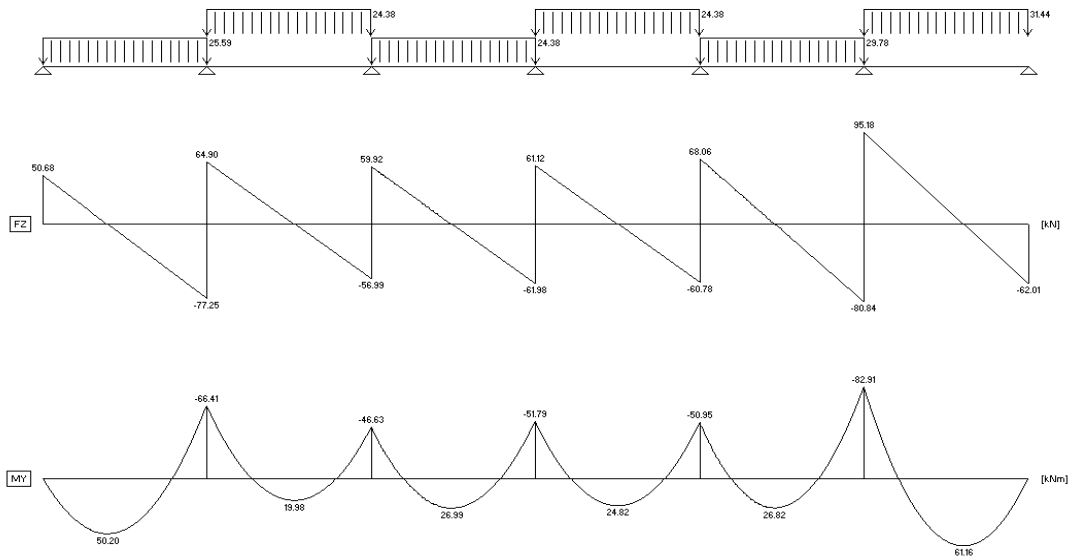


Πέμπτη περίπτωση:

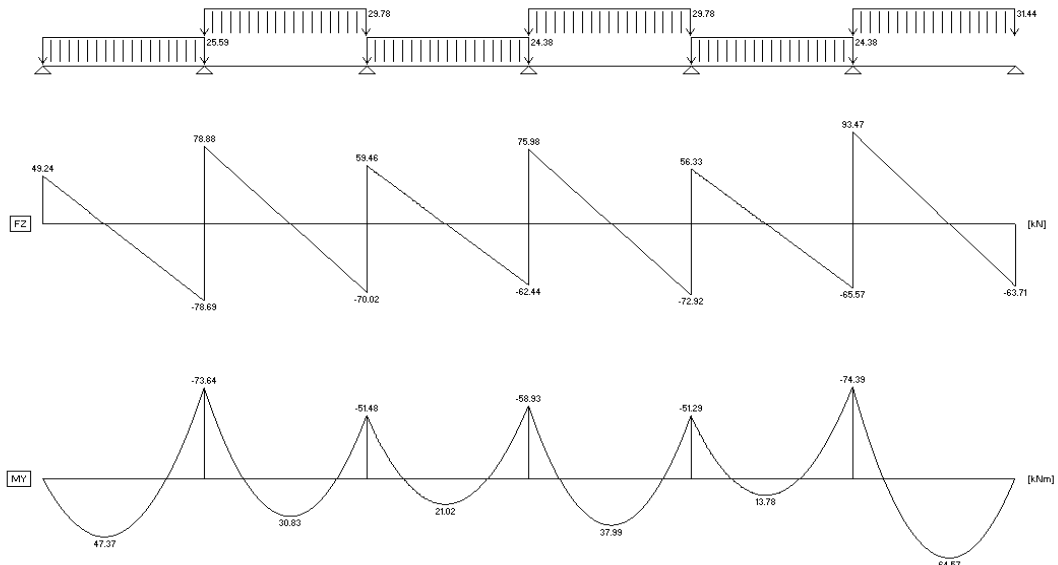


Για τις δοκούς b19,b20,b21,b22,b23,b24:

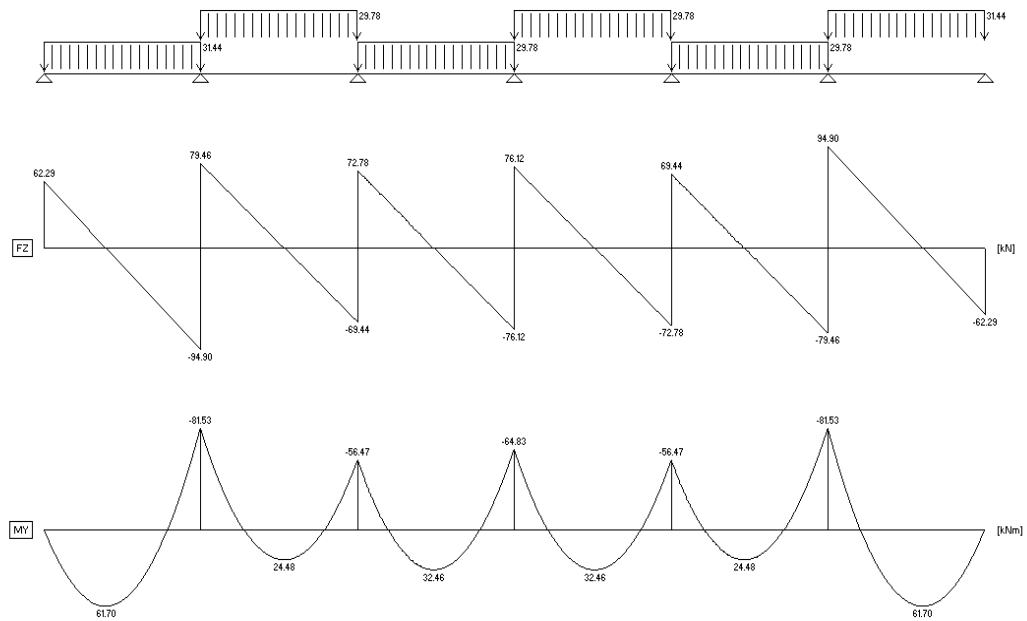
Πρώτη περίπτωση:



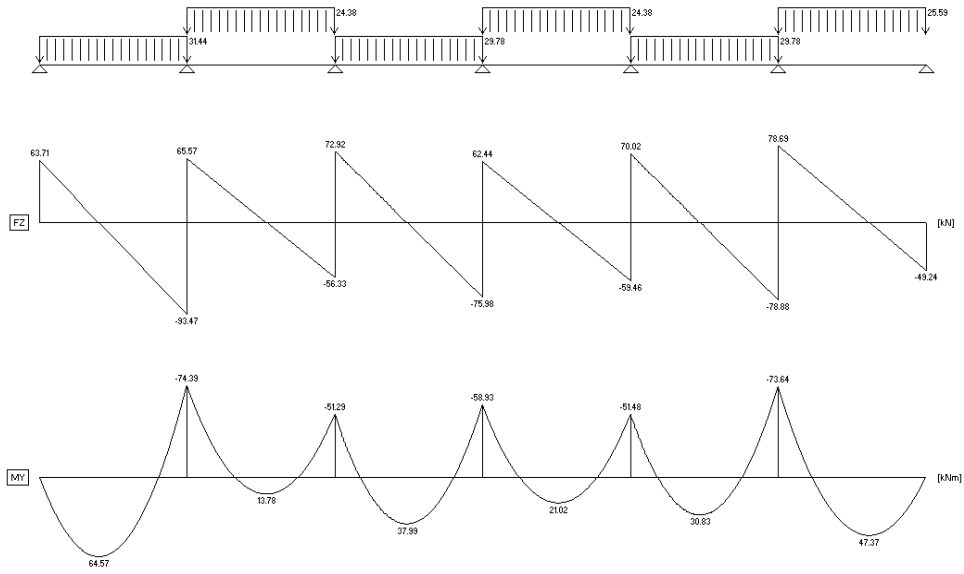
Δεύτερη περίπτωση:



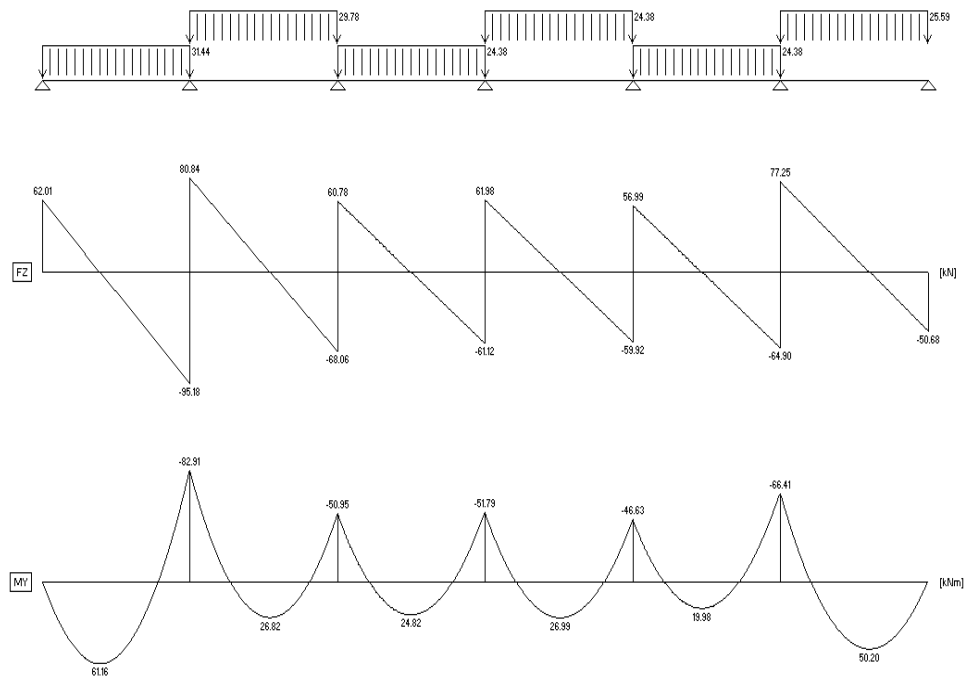
Τρίτη περίπτωση:



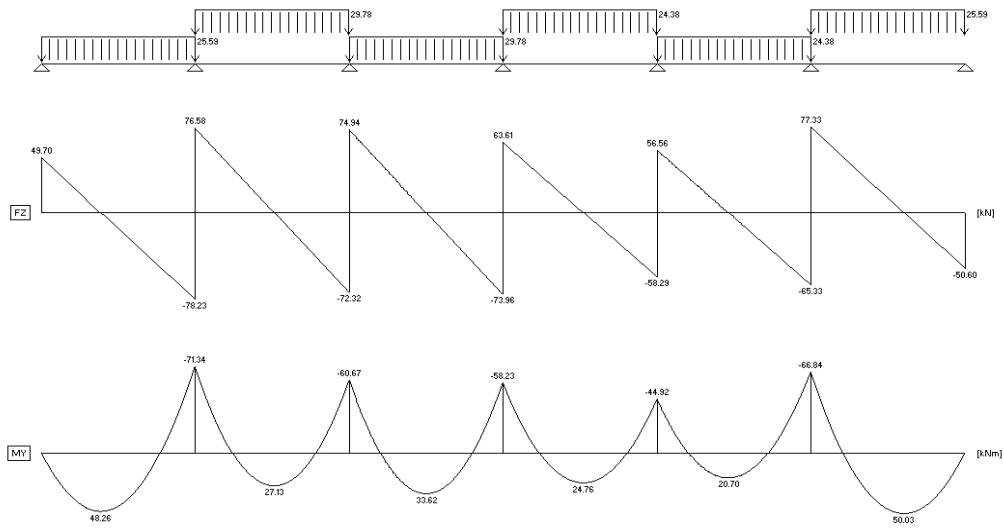
Τέταρτη περίπτωση:



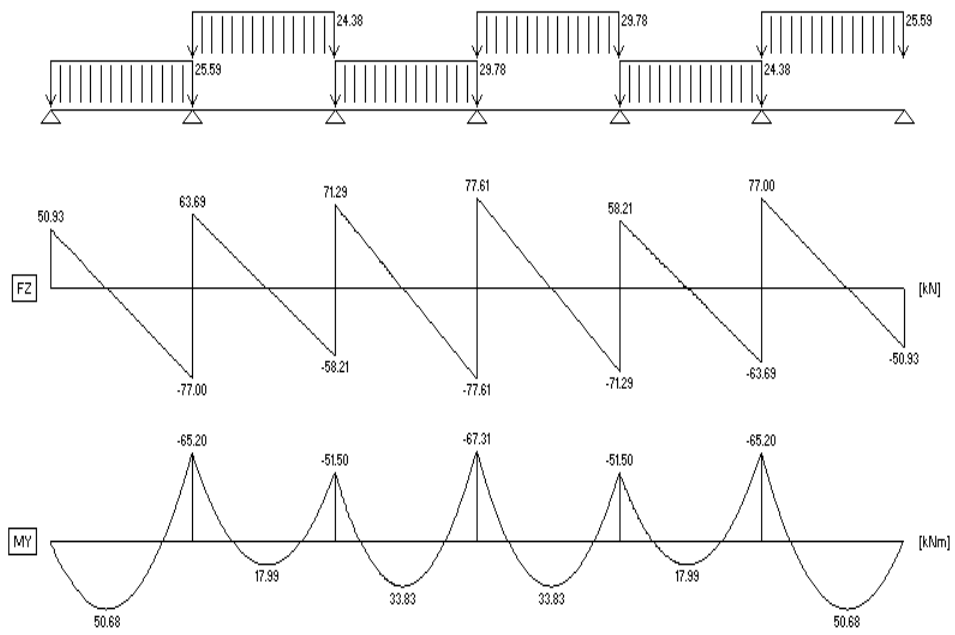
Πέμπτη περίπτωση:



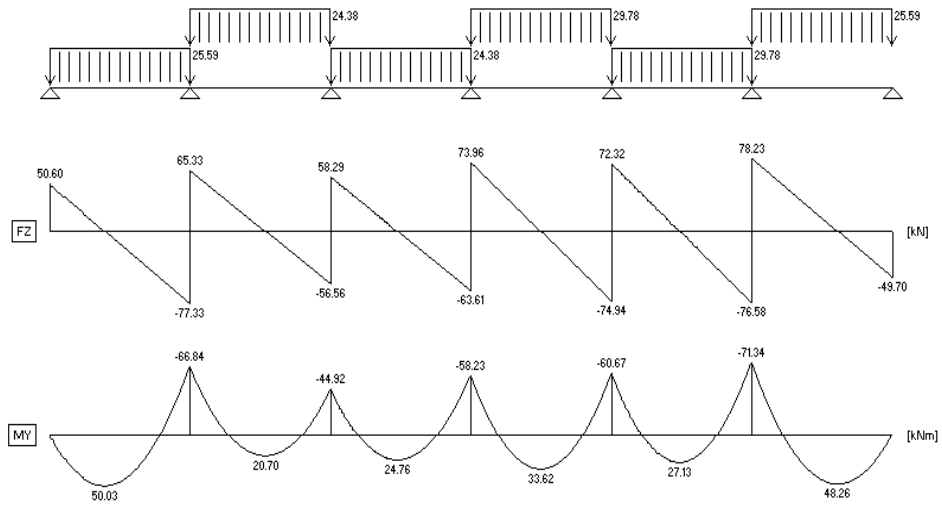
Έκτη περίπτωση:



Έβδομη περίπτωση:

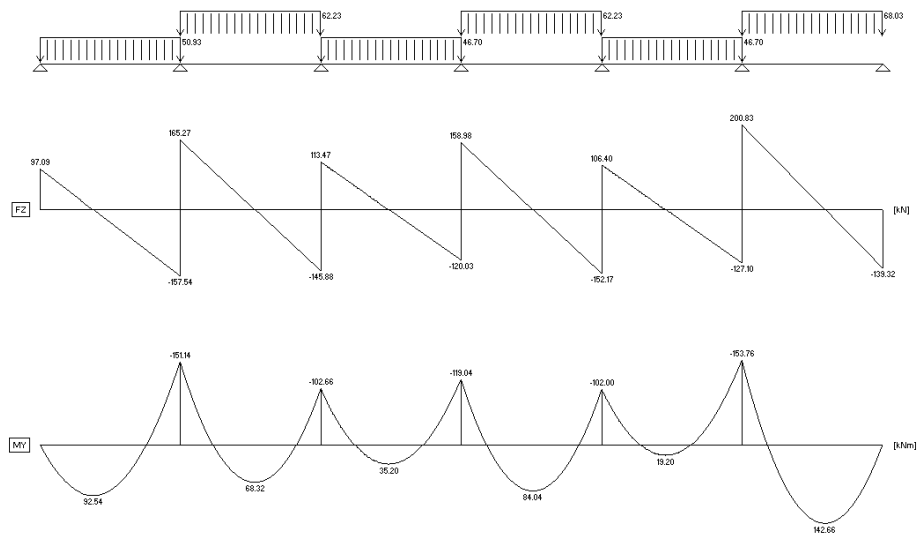


Όγδοη περίπτωση:

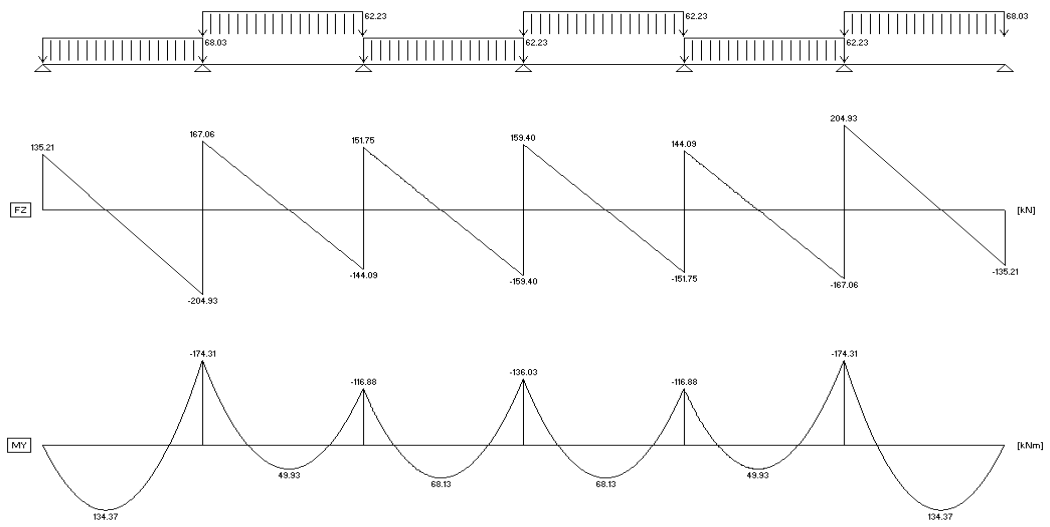


Για τις δοκούς b25,b26,b27,b28,b29,b30:

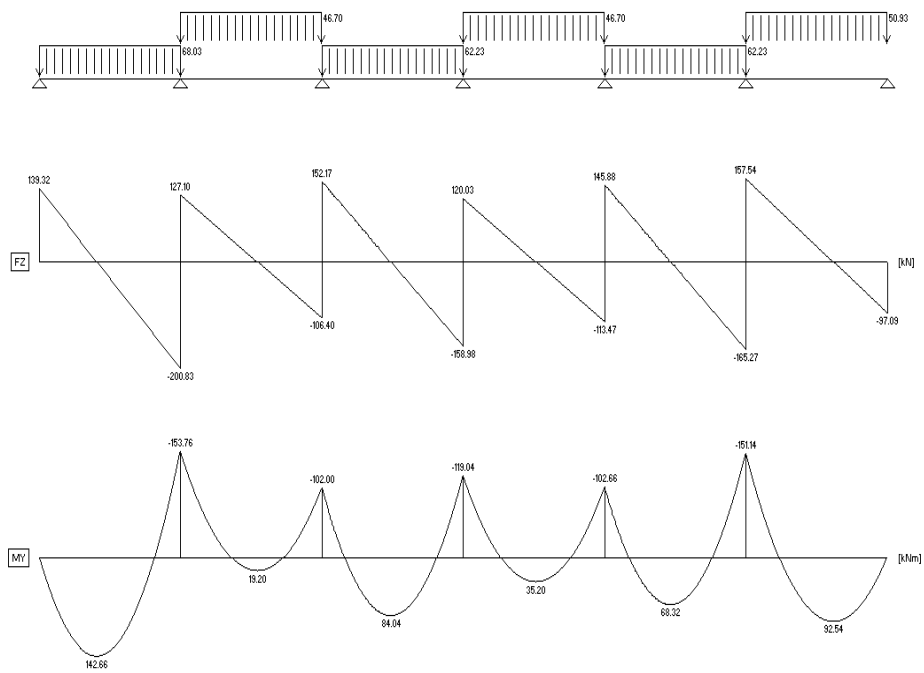
Πρώτη περίπτωση:



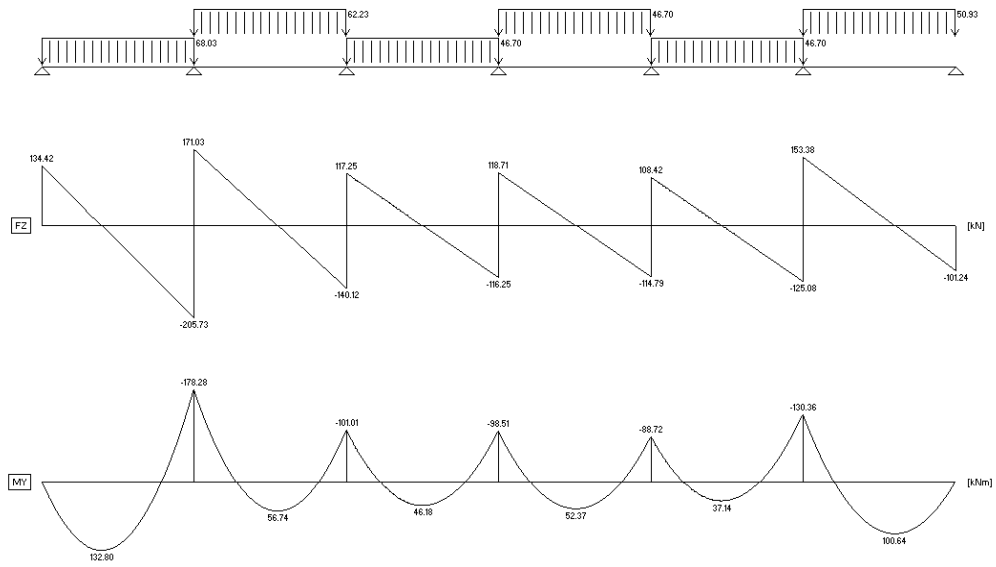
Δεύτερη περίπτωση:



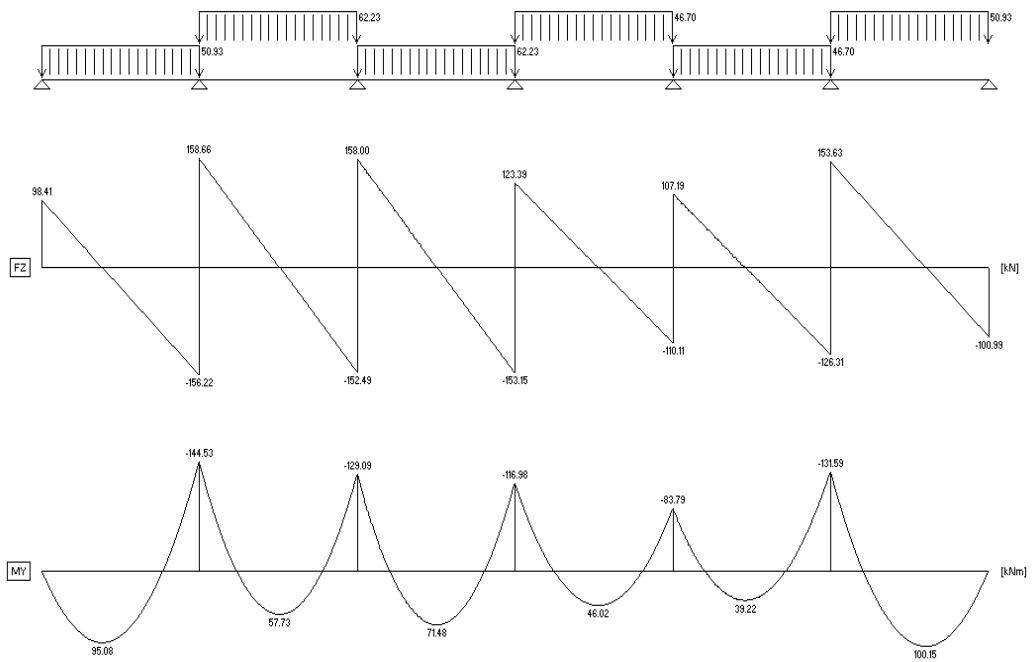
Τρίτη περίπτωση:



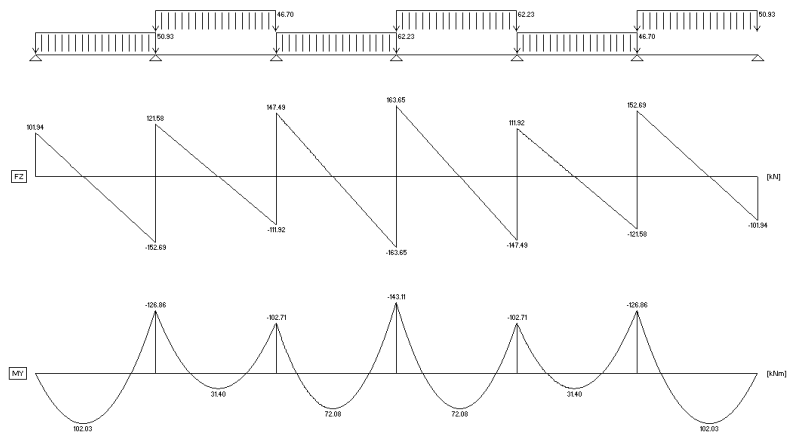
Τέταρτη περίπτωση:



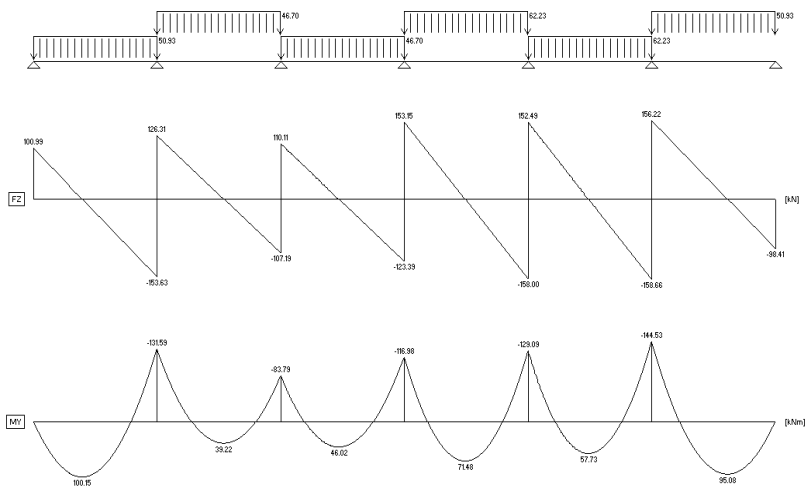
Πέμπτη περίπτωση:



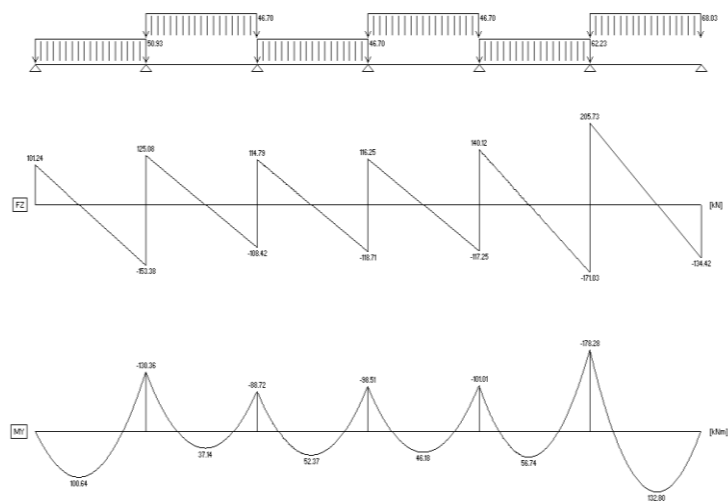
Έκτη περίπτωση:

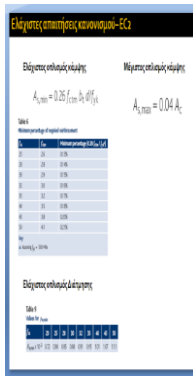


Έβδομη περίπτωση:



Ογδοη περίπτωση:





$53.75 \leq 250$ άρα ορθογωνική διατομή

$$A_s = M / f_{yd} * Z = 155.46 * 10^6 / (500 \cdot 1.15) * 415.5 = 860.55 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 860.55 \text{ mm}^2$$

Επομένως θα τοποθετηθεί 3Y20 στα ακραία ανοίγματα της δοκού b1, b2, b3

Έλεγχος όπου ισχύουν και για τις υπόλοιπες δοκούς:

$$A_{smin} : 0.15\% A_c = 0.0015 * 300 * 437 = 196.65 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$A_{smin} = 0.26 * f_{ctm} * b_{td} / f_{yk} = 0.26 * 2.9 * 300 * 500 / 500 = 226 \text{ mm}^2 / \text{m} \geq 196.65$$

$$A_{smax} = 0.04 * A_c = 0.04 * 300 * 437 = 5244 \text{ mm}^2$$

Όσον αφορά το ενδιάμεσο άνοιγμα:

$$M = 59.29 \text{ KNm}$$

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

$$b_1 = 4700 / 2 = 2350 \text{ mm}$$

$$l_0 = 0.7L_2 = 0.7 * 7000 = 4900 \text{ mm}$$

$$b_{eff1} = (0.2 * 2350) + (0.1 * 4900) \leq (0.2 * 4900) \leq 2350$$

$$b_{eff1} = 960 \leq 980 \leq 2350 \text{ (OK)}$$

$$b_{eff1} = b_{eff2}$$

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

$$b_{eff} = 300 + 960 + 960 = 2220 \text{ mm}$$

$$K = M / b d^2 f_{ck} =$$

$$59.29 * 10^6 / 2220 * d^2 * 30 = 4.66 * 10^{-3}$$

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

$$Z = 437 \sqrt{2[1 + \sqrt{(1 - 3.53 * 4.66 * 10^{-3})}]} \leq 0.95 * 437$$

$$Z = 435.19 \text{ mm} \leq 415.5 \text{ mm}$$

$$X = 2.5 * (d - Z)$$

$$X = 2.5 * (437 - 415.5) = 53.75 \text{ mm}$$

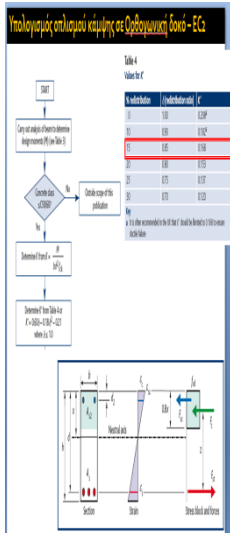
$X \leq 1.25hf$ $\begin{cases} \text{ναι άρα ορθογωνική διατομή} \\ \text{όχι πλακοδοκός} \end{cases}$

$$53.75 \leq 1.25 * 200$$

$53.75 \leq 250$ άρα ορθογωνική διατομή

$$A_s = M / f_{yd} * Z = 59.26 * 10^6 / (500 \cdot 1.15) * 415.5 = 328.201 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 328.01 \text{ mm}^2$$



Θα τοποθετήσω 2Y18= 508.9mm² στο ενδιάμεσο ανοίγματα της δοκού b1,b2,b3

Όσον αφορά την στήριξη:

Για όλες τις στηρίξεις ακολουθούμε το σχεδιάγραμμα υπολογισμών οπλισμού κάμψης σε ορθογωνική δοκό

$$M=188.71 \text{ KNm}$$

$$K=M/bd^2f_{ck}=188.71 \cdot 10^6 / (300 \cdot d^2 \cdot 30) = 0.11$$

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

$$K'=0.168 \text{ (απο πίνακα)}$$

$$K \leq K'$$

$$0.11 \leq 0.168 \text{ ναι}$$

$$Z=437 \sqrt{2[1+\sqrt{(1-3.53 \cdot 0.11)}]} \leq 0.95 \cdot 437$$

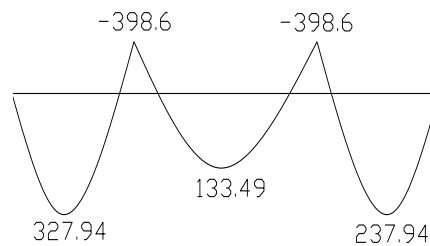
$$Z=389.39 \leq 415.5 \text{ mm}$$

$$A_s = M / (f_{yd} \cdot Z) = 188.71 \cdot 10^6 / (500 \cdot 1.15) \cdot 389.39 = 1114.65 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 1114.6 \text{ mm}^2$$

Θα τοποθετήσω 4Y20= 1256.6mm² στην στήριξη της δοκού b1,b2,b3

Για τις δοκούς b10,b11,b12:



Για τα ακραία ανοίγματα:

$$M=327.94 \text{ KNm}$$

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

$$b_1 = 4700 / 2 = 2350 \text{ mm}$$

$$l_0 = 0.85l_1 = 0.85 \cdot 7 = 5.95 \text{ m} = 5950 \text{ mm}$$

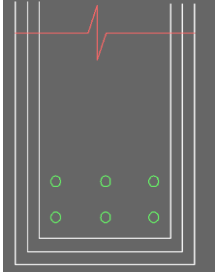
$$b_{eff1} = (0.2 \cdot 2350) + (0.1 \cdot 5950) \leq (0.2 \cdot 5950) \leq 2350$$

$$b_{eff1} = 1065 \leq 1190 \leq 2350 \text{ (OK)}$$

$$b_{eff1} = b_{eff2}$$

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

$$b_{eff} = 300 + 1065 + 1065 = 2430 \text{ mm}$$

	<p> $K = M \sqrt{bd^2 f_{ck}} = 327.94 * 10^6 \sqrt{2430 * d^2 * 30} = 0,023$ $d = 500 - 45 - 8 - 10 = 437 \text{ mm}$ $Z = 437 \sqrt{2[1 + \sqrt{(1 - 3.53 * 0.023)}]} \leq 0.95 * 437$ $Z = 427.94 \text{ mm} \leq 415.5 \text{ mm}$ $X = 2.5 * (d - Z)$ $X = 2.5 * (437 - 415.5) = 53.75 \text{ mm}$ $X \leq 1.25hf$ ↗ ναι αρά ορθογωνική διατομή ↘ όχι πλακοδοκός </p> <p> $53.75 \leq 1.25 * 200$ $53.75 \leq 250$ άρα ορθογωνική διατομή $A_s = M \sqrt{f_{yd}} * Z = 327.94 * 10^6 \sqrt{(500 \sqrt{1.15}) * 415.5} = 1815.32 \text{ mm}^2$ Θα τοποθετήσω 6Y20 = 1885 mm² στα ακραία ανοίγματα της δοκού b10, b11, b12 <u>Έλεγχος s: $[300 - (2 * 45) - (2 * 8) - (3 * 20)] \sqrt{2}$</u> $67 > 25 [h_{ag} + 5 = 25 \text{ mm}] \text{ OK}$ <u>Όσον αφορά το ενδιάμεσο άνοιγμα:</u> $M = 134.99 \text{ KNm}$ $b_{eff1} = (0.2b1 + 0.1l_0) \leq 0.2l_0 \leq b1$ $b1 = 4700 \sqrt{2} = 2350 \text{ mm}$ $l_0 = 0.7l_2 = 0.7 * 7000 = 4900 \text{ mm}$ $b_{eff1} = (0.2 * 2350) + (0.1 * 4900) \leq (0.2 * 4900) \leq 2350$ $b_{eff1} = 960 \leq 980 \leq 2350 \text{ (OK)}$ $b_{eff1} = b_{eff2}$ $b_{eff} = bw + b_{eff1} + b_{eff2}$ $b_{eff} = 300 + 960 + 960 = 2220 \text{ mm}$ $K = M \sqrt{bd^2 f_{ck}} = 134.99 * 10^6 \sqrt{2220 * d^2 * 30} = 0.011$ $d = 500 - 45 - 8 - 10 = 437 \text{ mm}$ $Z = 437 \sqrt{2[1 + \sqrt{(1 - 3.53 * 0.011)}]} \leq 0.95 * 437$ $Z = 432.72 \text{ mm} \leq 415.5 \text{ mm}$ $X = 2.5 * (d - Z)$ $X = 2.5 * (437 - 415.5) = 53.75 \text{ mm}$ $X \leq 1.25hf$ ↗ ναι αρά ορθογωνική διατομή ↘ όχι πλακοδοκός </p>	<p> $A_s = 1815.32 \text{ m}^2$ </p> 
--	---	--

$$53.75 \leq 1.25 * 200$$

53.75 ≤ 250 άρα ορθογωνική διατομή

$$A_s = M / f_{yd} * Z = 134.99 * 10^6 / (500 * 1.15) * 415.5 = 747.24 \text{ mm}^2$$

Θα τοποθετήσω 3Y20= 942.5mm² στο ενδιάμεσο ανοίγματα της δοκού b10,b11,b12

Όσον αφορά την στήριξη:

$$M = 398.6 \text{ KNm}$$

$$K = M / b d^2 f_{ck} = 398.6 * 10^6 / (300 * d^2 * 30) = 0.23$$

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

$$K' = 0.168$$

$$K \leq K'$$

0.23 ≤ 0.168 όχι άρα θα χρειαστούμε θλιπτικό οπλισμό

$$Z = 437 \sqrt{2 [1 + \sqrt{(1 - 3.53 * 0.168)}]} \leq 0.95 * 437$$

$$Z = 357.88 \text{ mm}$$

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

$$A_{s2} = (k - k') f_{cd} * b d_2 / f_{sc} (d - d_2) = (0.23 - 0.168) * 30 * 300 * 437^2 / (435 * (437 - 63))$$

$$X = (\delta - 0.4) * d$$

$$X = (0.85 - 0.4) * 437$$

$$X = 196.65 \text{ mm}$$

$$f_{sc} = 700 * (x - d_2) / x \leq f_{yd}$$

$$f_{sc} = 700 * (196.65 - 63) / 196.65 \leq 435$$

$$f_{sc} = 475 \leq 435 \text{ άρα } f_{sc} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{s2} = 655 \text{ mm}^2 \text{ θα βάλω επομένως 3Y18 (763.4 mm}^2)$$

θλιβόμενος οπλισμός

$$A_s = K' f_{ck} b d_2 / f_{ydz} + A_s f_{sc} / f_{yd} \text{ (εφελκόμενος οπλισμός άνω)}$$

$$A_s = [0.168 * 30 * 300 * 437^2 / (434.78 * 357.88) + 763.4 * 435 / 434.78]$$

$$A_s = 2619.099 \text{ άρα τοποθετούμε}$$

Θα τοποθετήσω 9Y20 (2827.4mm²) στην στήριξη

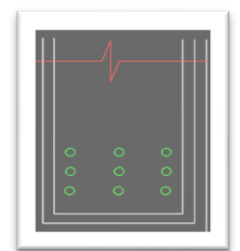
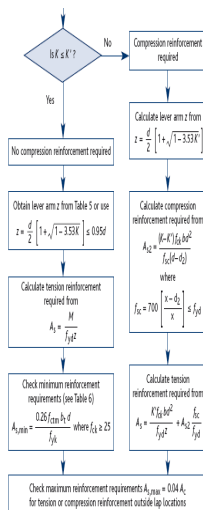
$$\text{Έλεγχος s: } [300 - (2 * 45) - (2 * 8) - (3 * 20)] / 2$$

$$67 > 25 [h_{ag} + 5 = 25 \text{ mm}] \text{ OK}$$

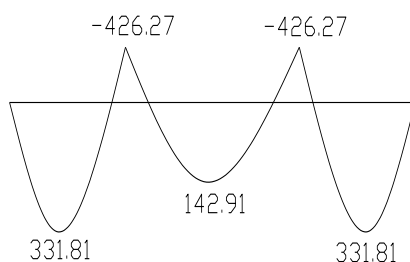
$$A_s = 747.24 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 655 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 2619.09 \text{ mm}^2$$



Για τις δοκούς b16,b17,b18:



Για τα ακραία ανοίγματα:

$$M=331.81 \text{ KNm}$$

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

$$b_1=4700\sqrt{2}=2350\text{mm}$$

$$l_0=0.85l_1=0.85*7=5.95\text{m}=5950\text{mm}$$

$$b_{\text{eff1}}=(0.2*2350)+(0.1*5950)\leq(0.2*5950)\leq 2350$$

$$b_{\text{eff1}}=1065\leq 1190\leq 2350 \text{ (OK)}$$

$$b_{\text{eff1}}=b_{\text{eff2}}$$

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

$$b_{\text{eff}}=300+1065+1065=2430\text{mm}$$

$$K=M\sqrt{bd^2}f_{ck}=331.8*10^6\sqrt{2430*d^2*30}=0.023$$

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

$$Z=437\sqrt{2[1+\sqrt{(1-3.53*0.023)}]}\leq 0.95*437$$

$$Z=427.94\text{mm}\leq 415.5\text{mm}$$

$$X=2.5*(d-Z)$$

$$X=2.5*(437-415.5)=53.75\text{mm}$$

$$X\leq 1.25h_f \quad \begin{cases} \swarrow \text{ναι ἀρὰ ορθογωνική διατομή} \\ \searrow \text{ὄχι πλακοδοκός} \end{cases}$$

$$53.75\leq 1.25*200$$

$$53.75\leq 250 \text{ ἀρὰ ορθογωνική διατομή}$$

$$A_s=M\sqrt{f_{yd}}*Z=331.81*10^6\sqrt{(500\sqrt{1.15})}*415.5=1835.76 \text{ mm}^2$$

$$A_s=1835.76\text{mm}^2$$

Θα τοποθετήσω 5Y22= 1900.7 mm² στα ακραία ανοίγματα της δοκού b16,b17,b18

Όσον αφορά το ενδιάμεσο άνοιγμα:

$$M=142.91 \text{ KNm}$$

	$b_{eff1}=(0.2b_1+0.1l_0)\leq 0.2l_0\leq b_1$ $b_1=4700\sqrt{2}=2350\text{mm}$ $l_0=0.7l_2=0.7*7000=4900\text{mm}$ $b_{eff1}=(0.2*2350)+(0.1*4900)\leq(0.2*4900)\leq 2350$ $b_{eff1}=960\leq 980\leq 2350 \text{ (OK)}$ $b_{eff1}=b_{eff2}$ $b_{eff}=b_w+b_{eff1}+b_{eff2}$ $b_{eff}=300+960+960=2220\text{mm}$ $K=M\sqrt{bd^2}f_{ck}=142.91*10^6\sqrt{2220*d^2*30}=0.011$ $d=500-45-8-10=437 \text{ mm}$ $Z=437\sqrt{2[1+\sqrt{(1-3.53*0.011)}]}\leq 0.95*437$ $Z=432.72\text{mm}\leq 415.5\text{mm}$ $X=2.5*(d-Z)$ $X=2.5*(437-415.5)=53.75\text{mm}$ $X\leq 1.25h_f \quad \begin{matrix} \swarrow \text{ναι άρα ορθογωνική διατομή} \\ \searrow \text{όχι πλακοδοκός} \end{matrix}$ $53.75\leq 1.25*200$ $53.75\leq 250 \text{ άρα ορθογωνική διατομή}$ $A_s=M\sqrt{f_{yd}}*Z=142.91*10^6\sqrt{(500\sqrt{1.15})}*415.5=790.68 \text{ mm}^2$ <p>Θα τοποθετήσω 3Y20= 942.5mm² στο ενδιάμεσο ανοίγματα της δοκού b10,b11,b12</p> <p><u>Όσον αφορά την στήριξη:</u></p> $M=426.2 \text{ KNm}$ $K=M\sqrt{bd^2}f_{ck}=426.27*10^6\sqrt{300*d^2*30}=0.25$ $d=500-45-8-10=437 \text{ mm}$ $K'=0.168 \text{ (απο πίνακα)}$ $K\leq K'$ $0.25\leq 0.168 \text{ οχι άρα θα χρειαστούμε θλιπτικό οπλισμό}$ $Z=437\sqrt{2[1+\sqrt{(1-3.53*0.168)}]}\leq 0.95*437$ $Z=357.88\text{mm}$ $d_2=C+\phi\sqrt{2}+\sigma\text{υν}\delta=45+10+8=63\text{mm}$ $A_{s2}=(k-k')f_{cd}*bd_2\sqrt{f_{sc}}(d-d_2)=(0.25-$	$A_s=790.68\text{mm}^2$
--	--	-------------------------

$$0.168) \cdot 30 \cdot 300 \cdot 437^2 \sqrt{435 \cdot (437 - 63)}$$

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

$$X = (0.85 - 0.4) \cdot 437$$

$$X = 196.65 \text{ mm}$$

$$f_{sc} = 700 \cdot (x - d) \sqrt{x} \leq f_{yd}$$

$$f_{sc} = 700 \cdot (196.65 - 63) \sqrt{196.65} \leq 435$$

$$f_{sc} = 475 \leq 435 \text{ άρα } f_{sc} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{s2} = 866.28 \text{ mm}^2 \text{ θα βάλω επομένως } 3Y20 (942.5 \text{ mm}^2)$$

θλιβόμενος οπλισμός

$$A_s = K' f_{ck} b d^2 \sqrt{f_{yd}} Z + A_{s2} f_{sc} \sqrt{f_{yd}} \text{ (εφελκούμενος οπλισμός άνω)}$$

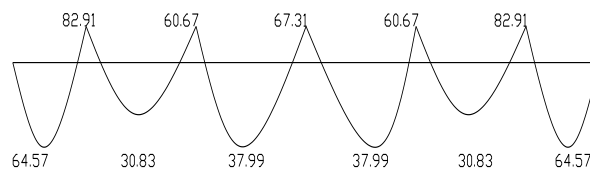
$$A_s = [0.168 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 437^2 \sqrt{434.78 \cdot 357.88}] +$$

$$942.5 \cdot 435 \sqrt{434.78}$$

$$A_s = 2797.261 \text{ mm}^2 \text{ άρα τοποθετούμε}$$

Θα τοποθετήσω 6Y25 (2954.2 mm²)

Όσον αφορά τις δοκούς b19, b20, b21, b22, b23, b24:



Για τα ακραία ανοίγματα:

$$M = 64.57 \text{ KNm}$$

$$b_{eff1} = (0.2b1 + 0.1l0) \leq 0.2l0 \leq b1$$

$$b1 = 6700 \sqrt{2} = 3350 \text{ mm}$$

$$l0 = 0.85l1 = 0.85 \cdot 5000 = 4250 \text{ mm}$$

$$b_{eff1} = (0.2 \cdot 3350) + (0.1 \cdot 4250) \leq (0.2 \cdot 4250) \leq 3350$$

$$b_{eff1} = 1095 \leq 850 \leq 3350 \text{ (OK)}$$

$$b_{eff1} = b_{eff2}$$

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

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


$$K = M \sqrt{b d^2} f_{ck} = 64.57 \cdot 10^6 \sqrt{2000 \cdot d^2 \cdot 30} = 0.00563$$

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

$$Z = 437 \sqrt{2 [1 + \sqrt{(1 - 3.53 \cdot 0.00563)}]} \leq 0.95 \cdot 437$$

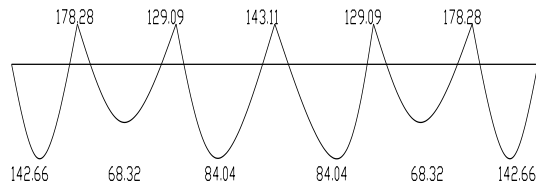
$$A_{s2} = 866.28 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 2797.26 \text{ mm}^2$$

	<p>ενδιάμεσο άνοιγμα των παραπάνω δοκών</p> <p><u>Για το δεύτερο ενδιάμεσο άνοιγμα:</u></p> <p>$M=37.99 \text{ KNm}$</p> <p>$b_{\text{eff1}}=(0.2b_1+0.1l_0)\leq 0.2l_0\leq b_1$</p> <p>$b_1=6700\sqrt{2}= 3350\text{mm}$</p> <p>$l_0=0.7l_2=0.7*5000=3500\text{mm}$</p> <p>$b_{\text{eff1}}=(0.2*3350)+(0.1*3500)\leq(0.2*3500)\leq 3350$</p> <p>$b_{\text{eff1}}=1020\leq 700\leq 3350 \text{ (OK)}$</p> <p>$b_{\text{eff1}}=b_{\text{eff2}}=700\text{mm}$</p> <p>$b_{\text{eff}}=b_w+b_{\text{eff1}}+b_{\text{eff2}}$</p> <p>$b_{\text{eff}}=300+700+700=1700\text{mm}$</p> <p>$K=M\sqrt{bd}^2 f_{ck}=37.99*10^6\sqrt{1700*d^2*30}=0.0039$</p> <p>$d=500-45-8-10=437 \text{ mm}$</p> <p>$Z=437\sqrt{2[1+\sqrt{(1-3.53*0.039)}]}\leq 0.95*437$</p> <p>$Z=435.49\text{mm}\leq 415.5\text{mm}$</p> <p>$X=2.5*(d-Z)$</p> <p>$X=2.5*(437-415.5)=53.75\text{mm}$</p> <p>$X\leq 1.25h_f$  ναι αρά ορθογωνική διατομή όχι πλακοδοκός</p> <p>$53.75\leq 1.25*200$</p> <p>$53.75\leq 250$ άρα ορθογωνική διατομή</p> <p>$A_s=M\sqrt{f_{yd}}*Z= 37.99*10^6\sqrt{(500\sqrt{1.15})}*415.5 = 210.19 \text{ mm}^2$</p> <p>Θα τοποθετήσω 2Y16= 402.1 mm² στο δεύτερο ενδιάμεσο άνοιγμα των παραπάνω δοκών</p> <p><u>Τοποθέτηση οπλισμού στην πρώτη στήριξη:</u></p> <p>$M=82.91 \text{ KNm}$</p> <p>$K=M\sqrt{bd}^2 f_{ck}=82.91*10^6\sqrt{300*d^2*30}=0.048$</p> <p>$b_1=3350\text{mm}$</p> <p>$d=500-45-8-10=437 \text{ mm}$</p> <p>$K'=0.168(\text{απο πίνακα})$</p> <p>$K\leq K'$</p> <p>$0.048\leq 0.168$ ναι</p> <p>$Z=437\sqrt{2[1+\sqrt{(1-3.53*0.048)}]}\leq 0.95*437$</p>	<p>$A_s=210.19\text{mm}^2$</p>
--	---	---

Τοποθέτηση οπλισμού στις δοκούς

b25,b26,b27,b28,b29,b30:



Για τα ακραία ανοίγματα:

$$M=142.66 \text{ KNm}$$

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

$$b_1=6700\sqrt{2}=3350\text{mm}$$

$$l_0=0.85l_1=0.85*5000=4250\text{mm}$$

$$b_{\text{eff1}}=(0.2*3350)+(0.1*4250)\leq(0.2*4250)\leq 3350$$

$$b_{\text{eff1}}=1095\leq 850\leq 3350 \text{ (OK)}$$

$$b_{\text{eff1}}=b_{\text{eff2}}=850 \text{ mm}$$

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

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

$$K=M\sqrt{bd}^2f_{ck}=142.66*10^6\sqrt{2000*d^2*30}=0.012$$

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

$$Z=437\sqrt{2[1+\sqrt{(1-3.53*0.012)}]}\leq 0.95*437$$

$$Z=432.32\text{mm}\leq 415.5\text{mm}$$

$$X=2.5*(d-Z)$$

$$X=2.5*(437-415.5)=53.75\text{mm}$$

$$X\leq 1.25h_f \quad \begin{cases} \text{ναι άρα ορθογωνική διατομή} \\ \text{όχι πλακοδοκός} \end{cases}$$

$$53.75\leq 1.25*200$$

$$53.75\leq 250 \text{ άρα ορθογωνική διατομή}$$

$$A_s=M\sqrt{f_{yd}}*Z=142.66*10^6\sqrt{(500\sqrt{1.15})}*415.5=789.3 \text{ mm}^2$$

$$A_s=789.3\text{mm}^2$$

Θα τοποθετήσω 3Y20= 942.5 mm² στα ακραία ανοίγματα των παραπάνω δοκών

Όσον αφορά το πρώτο ενδιάμεσο άνοιγμα:

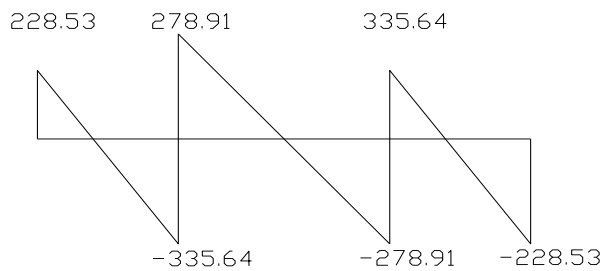
$$M=68.32 \text{ KNm}$$

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

	<p> $b_1=6700\sqrt{2}= 3350\text{mm}$ $l_0=0.7l_2=0.7*5000=3500\text{mm}$ $b_{\text{eff1}}=(0.2*3350)+(0.1*3500)\leq(0.2*3500)\leq 3350$ $b_{\text{eff1}}=1020\leq 700\leq 3350$ (OK) $b_{\text{eff1}}=b_{\text{eff2}}=700\text{mm}$ $b_{\text{eff}}=b_w+b_{\text{eff1}}+b_{\text{eff2}}$ $b_{\text{eff}}=300+700+700=1700\text{mm}$ $K=M\sqrt{bd}^2 f_{ck}=68.32*10^6\sqrt{1700*d^2*30}=0.007$ $d=500-45-8-10=437\text{ mm}$ $Z=437\sqrt{2[1+\sqrt{(1-3.53*0.007)}]}\leq 0.95*437$ $Z=434.28\text{mm}\leq 415.5\text{mm}$ $X=2.5*(d-Z)$ $X=2.5*(437-415.5)=53.75\text{mm}$ $X\leq 1.25h_f$ $\begin{cases} \swarrow \text{ναι άρα ορθογωνική διατομή} \\ \searrow \text{όχι πλακοδοκός} \end{cases}$ $53.75\leq 1.25*200$ $53.75\leq 250$ άρα ορθογωνική διατομή $A_s=M\sqrt{f_{yd}}*Z= 68.32*10^6\sqrt{(500\sqrt{1.15})*415.5} = 378\text{mm}^2$ Θα τοποθετήσω 2Y16= 402.1mm² στο πρώτο ενδιάμεσο άνοιγμα των παραπάνω δοκών <u>Για το δεύτερο ενδιάμεσο άνοιγμα:</u> $M=84.04\text{ KNm}$ $b_{\text{eff1}}=(0.2b_1+0.1l_0)\leq 0.2l_0\leq b_1$ $b_1=6700\sqrt{2}= 3350\text{mm}$ $l_0=0.7l_2=0.7*5000=3500\text{mm}$ $b_{\text{eff1}}=(0.2*3350)+(0.1*3500)\leq(0.2*3500)\leq 3350$ $b_{\text{eff1}}=1020\leq 700\leq 3350$ (OK) $b_{\text{eff1}}=b_{\text{eff2}}=700\text{mm}$ $b_{\text{eff}}=b_w+b_{\text{eff1}}+b_{\text{eff2}}$ $b_{\text{eff}}=300+700+700=1700\text{mm}$ $K=M\sqrt{bd}^2 f_{ck}=84.04*10^6\sqrt{1700*d^2*30}=0.00862$ $d=500-45-8-10=437\text{ mm}$ $Z=437\sqrt{2[1+\sqrt{(1-3.53*0.00862)}]}\leq 0.95*437$ $Z=433.65\text{mm}\leq 415.5\text{mm}$ </p>	<p>$A_s= 378\text{mm}^2$</p>
--	---	---

<p>EC2</p> <p>Διαδικασία διάτμησης</p>	<p>477.204 > 101.177 (OK)</p> <p>$V_{ed} = V_{ed,max} - d \cdot w = 101.77 - 0.437 \cdot 38.065 = 85.14 \text{ kN}$</p> <p>$A_{sw} \setminus s = V_{ed} \setminus 0.78 \cdot d f_{gk} \cot \theta =$</p> <p>$85.14 \cdot 10^3 \setminus 0.78 \cdot 437 \cdot 500 \cdot 2.5$</p> <p>$A_{sw} \setminus s = 0.2$</p> <p>$A_{sw,min} \setminus s = 0.08 f_{ck}^{0.5} \cdot b w \setminus f_{yk} = 0.08 \cdot 30^{0.5} \cdot 300 \setminus 500 = 0.26$</p> <p>$A_{sw,min} > A_{sw}$</p> <p>0.26 > 0.2 επομένως χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης</p> <p>Επιλέγω 2Y8 = 100.8</p> <p>$Y8 = 2 \cdot 50.4 = 100.8 \text{ mm}^2$</p> <p>$100.8 \setminus S = 0.26$</p> <p>$S = 387.69 \text{ mm}$</p> <p>$S_{max} = 3 \setminus 4 \cdot d = 0.57 \cdot 437 = 327,35 \text{ mm}$</p> <p>Επομένως χρησιμοποιώ Y8\300</p> <p>$V_{min} = (A_{sw,min} \setminus s) \cdot 0.78 d f_{yk} \cot \theta$</p> <p>$V_{min} = 0.26 \cdot 0.78 \cdot 437 \cdot 500 \cdot 2.5 = 110.78 \text{ kN}$</p> <p><u>Για 160.19kN:</u></p> <p>$V_{Rd,max} = 0.12 b_{wd} (1 - f_{ck} \setminus 250) \cdot f_{ck}$</p> <p>$V_{Rd,max} = 3.64 \cdot 300 \cdot 437 = 477.204 \text{ kN}$</p> <p>$V_{ed,max} = V - a \cdot w = 160.19 - 0.2 \cdot 38.065 = 152.577 \text{ kN}$</p> <p>$V_{Rd,max} > V_{ed,max}$</p> <p>477.204 > 152.577 (OK)</p> <p>$V_{ed} = V_{ed,max} - d \cdot w = 152.577 - 0.437 \cdot 38.065 = 135.95 \text{ kN}$</p> <p>$A_{sw} \setminus s = V_{ed} \setminus 0.78 \cdot d f_{gk} \cot \theta = 135.95 \cdot 10^3 \setminus 0.78 \cdot 437 \cdot 500 \cdot 2.5$</p> <p>$A_{sw} \setminus s = 0.319$</p> <p>$A_{sw,min} \setminus s = 0.08 f_{ck}^{0.5} \cdot b w \setminus f_{yk} = 0.08 \cdot 30^{0.5} \cdot 300 \setminus 500 = 0.26$</p> <p>$A_{sw,min} > A_{sw}$</p> <p>0.26 > 0.319 OXI επομένως χρησιμοποιώ το A_{sw} οπλισμό διάτμησης</p> <p>Επιλέγω 2Y8 = 100.8</p> <p>$Y8 = 2 \cdot 50.4 = 100.8 \text{ mm}^2$</p> <p>$100.8 \setminus S = 0.319$</p> <p>$S = 315.99 \text{ mm}$</p> <p>$S_{max} = 3 \setminus 4 \cdot d = 0.57 \cdot 437 = 327,35 \text{ mm}$</p>	<p>Y8\300</p>
--	--	---------------

Όσον αφορά τους δοκούς b10,b11,b12:



Για 228.53 kN:

$$VR_{d,max}: 0.12b_{wd}(1-\sqrt{f_{ck}/250}) * f_{ck}$$

$$VR_{d,max}=3.64*300*437=477.204\text{KN}$$

$$VE_{d,max}=V-a*w=228.53-0.2*79.63=212.604\text{kN}$$

$$VR_{d,max} > VE_{d,max}$$

$$477.204 > 212.604(\text{OK})$$

$$VE_{d,max}-dw=212.604-0.437*79.63=177.8\text{kN}$$

$$A_{sw}\backslash s=VE_{d,max}/(0.78df_{yk}\cot\theta)=177.8*10^3/(0.78*437*500*2.5)$$

$$A_{sw}\backslash s=0.42$$

$$A_{sw,min}\backslash s=0.08f_{ck}^{0.5}*b_w/f_{yk}=0.08*30^{0.5}*300/500=0.26$$

$$A_{sw,min} > A_{sw}$$

0.42 > 0.26 επομένως χρησιμοποιώ το A_{sw} οπλισμό διάτμησης

$$\text{Επιλέγω } 2Y8=100.8 \quad Y8=2*50.4=100.8\text{mm}^2$$

$$100.8\backslash s=0.42$$

$$S=240 \text{ mm}$$

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

Επομένως χρησιμοποιώ $Y8\backslash 200$

$$V_{min}=(A_{sw,min}\backslash s)*0.78df_{yk}\cot\theta$$

$$V_{min}=0.26*0.78*437*500*2.5=110.78\text{KN}$$

$$110.78=228.53-79.63x$$

$$110.78-228.53=-79.635x$$

$$-117.75=-79.635x$$

$$X=1.48\text{m}$$

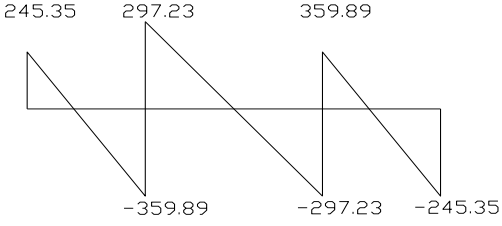
Για 335.64kN:

$$VR_{d,max}: 0.12b_{wd}(1-\sqrt{f_{ck}/250}) * f_{ck}$$

$$VR_{d,max}=3.64*300*437=477.204\text{KN}$$

$Y8\backslash 200$

	<p> $V_{Ed,max}=V-a*w=335.64-0.2*79.63=319.714\text{KN}$ $V_{Rd,max} > V_{Ed,max}$ $477.204 > 319.714(\text{OK})$ $V_{Ed}=V_{Ed,max}-dw=319.714-0.437*79.63=284.92\text{ kN}$ $A_{sw}\backslash s = V_{Ed}\backslash 0.78*df_{gk}\cot\theta = 284.52*10^3\backslash 0.78*437*500*2.5$ $A_{sw}\backslash s = 0.67$ $A_{sw,min}\backslash s = 0.08f_{ck}^{0.5}*bw\backslash f_{yk} = 0.08*30^{0.5}*300\backslash 500 = 0.26$ $A_{sw,min} > A_{sw}$ $0.67 > 0.26$ επομένως χρησιμοποιώ το A_{sw} οπλισμό διάτμησης Επιλέγω $2Y8=100.8$ $Y8=2*50.4=100.8\text{mm}^2$ $100.8\backslash S = 0.67$ $S = 150.4\text{mm}$ $S_{max} = 3\backslash 4*d = 0.57*437 = 327,35\text{mm}$ Επομένως χρησιμοποιώ $Y8\backslash 150$ $V_{min} = (A_{swmin}\backslash s)*0.78df_{yk}\cot\theta$ $V_{min} = 0.26*0.78*437*500*2.5 = 110.78\text{KN}$ $110.78 = 335.64 - 79.63x$ $110.78 - 335.64 = -79.63x$ $-224.86 = -79.63x$ $X = 2.82\text{m}$ </p> <p> <u>Για 278.91 kN:</u> $V_{Rd,max}: 0.12b_{wd}(1-f_{ck}\backslash 250)*f_{ck}$ $V_{Rd,max} = 3.64*300*437 = 477.204\text{KN}$ $V_{Ed,max} = V-a*w = 278.91 - 0.2*76.314 = 263.65\text{KN}$ $V_{Rd,max} > V_{Ed,max}$ $477.204 > 263.65(\text{OK})$ $V_{Ed} = V_{Ed,max} - dw = 263.65 - 0.437*76.314 = 230.3\text{ kN}$ $A_{sw}\backslash s = V_{Ed}\backslash 0.78*df_{gk}\cot\theta = 230.3*10^3\backslash 0.78*437*500*2.5$ $A_{sw}\backslash s = 0.54$ $A_{sw,min}\backslash s = 0.08f_{ck}^{0.5}*bw\backslash f_{yk} = 0.08*30^{0.5}*300\backslash 500 = 0.26$ $A_{sw,min} > A_{sw}$ $0.54 > 0.26$ επομένως χρησιμοποιώ το A_{sw} οπλισμό διάτμησης Επιλέγω $2Y8=100.8$ $Y8=2*50.4=100.8\text{mm}^2$ </p>	$Y8\backslash 150$
--	---	--------------------

	<p> $100.8 \setminus S = 0.54$ $S = 186.7 \text{ mm}$ $S_{\max} = 3 \setminus 4 * d = 0.57 * 437 = 327,35 \text{ mm}$ Επομένως χρησιμοποιώ Y8 \ 150 $V_{\min} = (A_{sw \setminus s}) * 0.78 d f_{yk} \cot \theta$ $V_{\min} = 0.26 * 0.78 * 437 * 500 * 2.5 = 110.78 \text{ KN}$ $110.78 = 278.91 - 76.314x$ $110.78 - 278.91 = -76.314x$ $-168.13 = -76.314x$ $X = 2.2 \text{ m}$ </p> <p><u>Όσον αφορά τους δοκούς b16, b17, b18:</u></p>  <p> <u>Για 245.35 kN:</u> $V_{Rd, \max} = 0.12 b_w d (1 - f_{ck} \setminus 250) * f_{ck}$ $V_{Rd, \max} = 3.64 * 300 * 437 = 477.204 \text{ KN}$ $V_{Ed, \max} = V - a * w = 245.35 - 0.2 * 85.4275 = 228.46 \text{ kN}$ $V_{Rd, \max} > V_{Ed, \max}$ $477.204 > 228.46 \text{ (OK)}$ $V_{Ed} = V_{Ed, \max} - d w = 228.46 - 0.437 * 85.4275 = 191.13 \text{ kN}$ $A_{sw \setminus s} = V_{Ed} \setminus 0.78 * d f_{gk} \cot \theta = 191.13 * 10^3 \setminus 0.78 * 437 * 500 * 2.5$ $A_{sw \setminus s} = 0.45$ $A_{sw, \min \setminus s} = 0.08 f_{ck} \setminus 0.5 * b_w \setminus f_{yk} = 0.08 * 30 \setminus 0.5 * 300 \setminus 500 = 0.26$ $A_{sw, \min} > A_{sw}$ $0.45 > 0.26$ επομένως χρησιμοποιώ το A_{sw} οπλισμό διάτμησης Επιλέγω 2Y8 = 100.8 Y8 = 2 * 50.4 = 100.8 mm² $100.8 \setminus S = 0.45$ $S = 224 \text{ mm}$ $S_{\max} = 3 \setminus 4 * d = 0.57 * 437 = 327,35 \text{ mm}$ </p>	<p>Y8 \ 150</p> <p>Y8 \ 200</p>
--	---	---------------------------------

	<p>Επομένως χρησιμοποιώ Y8\200</p> $V_{min}=(A_{swmin}\backslash s)*0.78df_{yk}\cot\theta$ $V_{min}= 0.26*0.78*437*500*2.5=110.78\text{KN}$ $110.78=245.35-85.4275x$ $110.78-245.35=-85.4275x$ $-134.57=-85.4275x$ $X=1.58\text{m}$ <p><u>Για 297.23kN:</u></p> $VR_{d,max}: 0.12b_{wd}(1-f_{ck}\backslash 250)*f_{ck}$ $VR_{d,max}=3.64*300*437=477.204\text{KN}$ $VE_{d,max}=V-a*w=297.23-0.2*79.63=280.973\text{KN}$ $VR_{d,max} > VE_{d,max}$ $477.204 > 280.973(\text{OK})$ $VE_{d,max}-dw=280.973-0.437*81.285=245.45 \text{ kN}$ $A_{sw}\backslash s=VE_{d,max}/(0.78*df_{gk}\cot\theta)=245.45*10^3/(0.78*437*500*2.5)$ $A_{sw}\backslash s=0.576$ $A_{sw,min}\backslash s=0.08f_{ck}^{\wedge}0.5*b_w\backslash f_{yk}=0.08*30^{\wedge}0.5*300\backslash 500=0.26$ $A_{sw,min} > A_{sw}$ $0.576 > 0.26 \text{ επομένως χρησιμοποιώ το } A_{sw} \text{ οπλισμό διάτμησης}$ $\text{Επιλέγω } 2Y8=100.8 \quad Y8=2*50.4=100.8\text{mm}^2$ $100.8\backslash S=0.576$ $S=175\text{mm}$ $S_{max}=3\backslash 4*d=0.57*437=327,35\text{mm}$ <p>Επομένως χρησιμοποιώ Y8\150</p> $V_{min}=(A_{swmin}\backslash s)*0.78df_{yk}\cot\theta$ $V_{min}= 0.26*0.78*437*500*2.5=110.78\text{KN}$ $110.78=297.23-81.285x$ $110.78-297.23=-81.285x$ $-186.45=-81.285x$ $X=2.29\text{m}$	<p style="text-align: center;">Y8\150</p>
--	---	---

Για 359.89 kN:

$$VR_{d,max}: 0.12b_{wd}(1-f_{ck}/250)*f_{ck}$$

$$VR_{d,max}=3.64*300*437=477.204\text{KN}$$

$$VE_{d,max}=V-a*w=359.89-0.2*85.4275=342.8\text{KN}$$

$$VR_{d,max} > VE_{d,max}$$

$$477.204 > 342.8(\text{OK})$$

$$VE_{d,max-dw}=342.8-0.437*85.4275=305.468\text{ kN}$$

$$A_{sw/s}=VE_{d,max-dw}/(0.78*df_{gk}\cot\theta)=305.468*10^3/(0.78*437*500*2.5)$$

$$A_{sw/s}=0.72$$

$$A_{sw,min/s}=0.08f_{ck}^{0.5}*b_w/f_{yk}=0.08*30^{0.5}*300/500=0.26$$

$$A_{sw,min} > A_{sw}$$

0.72 > 0.26 επομένως χρησιμοποιώ το A_{sw} οπλισμό διάτμησης

$$\text{Επιλέγω } 2Y8=100.8 \quad Y8=2*50.4=100.8\text{mm}^2$$

$$100.8/s=0.72$$

$$S=140\text{mm}$$

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

Επομένως χρησιμοποιώ $Y8/100$

$$V_{min}=(A_{swmin/s})*0.78df_{yk}\cot\theta$$

$$V_{min}=0.26*0.78*437*500*2.5=110.78\text{KN}$$

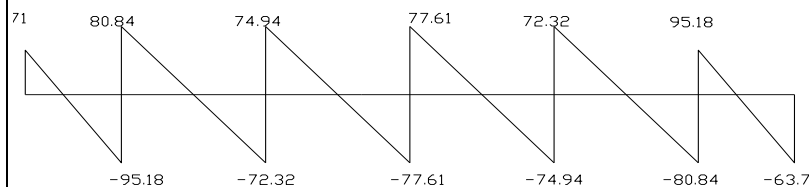
$$110.78=359.89-85.4275x$$

$$110.78-359.89=-85.4275x$$

$$-249.11=-85.4275x$$

$$X=2.92\text{m}$$

Όσον αφορά τους δοκούς b19,b20,b21,b22,b23,b24



Για 63.71kN:

$$VR_{d,max}: 0.12b_{wd}(1-f_{ck}/250)*f_{ck}$$

$$VR_{d,max}=3.64*300*437=477.204\text{KN}$$

$$VE_{d,max}=V-a*w=63.71-0.2*31.437=57.42\text{kN}$$

$$VR_{d,max} > VE_{d,max}$$

$Y8/100$

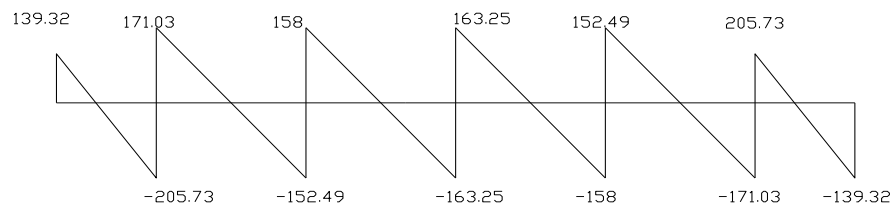
	<p>477.204 > 57.42 (OK)</p> <p>$V_{Ed} = V_{Ed, max-dw} = 57.42 - 0.437 * 31.437 = 43.68 \text{ kN}$</p> <p>$A_{sw} \leq V_{Ed} \cdot 0.78 \cdot d \cdot f_{gk} \cdot \cot \theta = 43.52 \cdot 10^3 \cdot 0.78 \cdot 437 \cdot 500 \cdot 2.5$</p> <p>$A_{sw} \leq 0.1$</p> <p>$A_{sw, min} \leq 0.08 f_{ck}^{0.5} \cdot b_w \cdot f_{yk} = 0.08 \cdot 30^{0.5} \cdot 300 \cdot 500 = 0.26$</p> <p>$A_{sw, min} > A_{sw}$</p> <p>0.26 > 0.1 επομένως χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης</p> <p>Επιλέγω 2Y8=100.8 Y8=2*50.4=100.8mm²</p> <p>100.8 \leq 0.26</p> <p>S=387.69mm</p> <p>$S_{max} = 3 \cdot 4 \cdot d = 0.57 \cdot 437 = 327,35 \text{ mm}$</p> <p>Επομένως χρησιμοποιώ Y8\300</p> <p><u>Για 95.18kN:</u></p> <p>$V_{Rd, max} = 0.12 b_{wd} (1 - f_{ck} / 250) \cdot f_{ck}$</p> <p>$V_{Rd, max} = 3.64 \cdot 300 \cdot 437 = 477.204 \text{ KN}$</p> <p>$V_{Ed, max} = V - a \cdot w = 95.18 - 0.2 \cdot 31.437 = 88.89 \text{ kN}$</p> <p>$V_{Rd, max} > V_{Ed, max}$</p> <p>477.204 > 88.89 (OK)</p> <p>$V_{Ed} = V_{Ed, max-dw} = 88.89 - 0.437 \cdot 31.437 = 75.15 \text{ kN}$</p> <p>$A_{sw} \leq V_{Ed} \cdot 0.78 \cdot d \cdot f_{gk} \cdot \cot \theta = 75.15 \cdot 10^3 \cdot 0.78 \cdot 437 \cdot 500 \cdot 2.5$</p> <p>$A_{sw} \leq 0.18$</p> <p>$A_{sw, min} \leq 0.08 f_{ck}^{0.5} \cdot b_w \cdot f_{yk} = 0.08 \cdot 30^{0.5} \cdot 300 \cdot 500 = 0.26$</p> <p>$A_{sw, min} > A_{sw}$</p> <p>0.26 > 0.18 επομένως χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης</p> <p>Επιλέγω 2Y8=100.8 Y8=2*50.4=100.8mm²</p> <p>100.8 \leq 0.26</p> <p>S=387.69mm</p> <p>$S_{max} = 3 \cdot 4 \cdot d = 0.57 \cdot 437 = 327,35 \text{ mm}$</p> <p>Επομένως χρησιμοποιώ Y8\300</p> <p><u>Για 80.84kN:</u></p> <p>$V_{Rd, max} = 0.12 b_{wd} (1 - f_{ck} / 250) \cdot f_{ck}$</p> <p>$V_{Rd, max} = 3.64 \cdot 300 \cdot 437 = 477.204 \text{ KN}$</p>	<p>Y8\300</p> <p>Y8\300</p>
--	--	-----------------------------

	<p> $V_{Ed,max}=V-a*w=80.84-0.2*29.78=74.884\text{kN}$ $VR_{d,max} > V_{Ed,max}$ $477.204 > 74.884(\text{OK})$ $V_{Ed}=V_{Ed,max}-d_w=74.884-0.437*29.78=61.87\text{kN}$ $A_{sw s}=V_{Ed} \cdot 0.78 \cdot df_{gk} \cdot \cot\theta = 61.87 \cdot 10^3 \cdot 0.78 \cdot 437 \cdot 500 \cdot 2.5$ $A_{sw s}=0.145$ $A_{sw,min s}=0.08f_{ck}^{0.5} \cdot b_w \cdot f_{yk} = 0.08 \cdot 30^{0.5} \cdot 300 \cdot 500 = 0.26$ $A_{sw,min} > A_{sw}$ $0.26 > 0.145$ επομένως χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης Επιλέγω $2Y8=100.8$ $Y8=2*50.4=100.8\text{mm}^2$ $100.8 \leq 0.26$ $S=387.69\text{mm}$ $S_{max}=3/4*d=0.57*437=327,35\text{mm}$ Επομένως χρησιμοποιώ $Y8 \setminus 300$ </p> <p> <u>Για 72.32kN:</u> $VR_{d,max}: 0.12b_{wd}(1-f_{ck}/250)*f_{ck}$ $VR_{d,max}=3.64*300*437=477.204\text{KN}$ $V_{Ed,max}=V-a*w=72.32-0.2*29.78=66.364\text{kN}$ $VR_{d,max} > V_{Ed,max}$ $477.204 > 66.364(\text{OK})$ $V_{Ed}=V_{Ed,max}-d_w=66.364-0.437*29.78=53.35\text{kN}$ $A_{sw s}=V_{Ed} \cdot 0.78 \cdot df_{gk} \cdot \cot\theta = 53.35 \cdot 10^3 \cdot 0.78 \cdot 437 \cdot 500 \cdot 2.5$ $A_{sw s}=0.125$ $A_{sw,min s}=0.08f_{ck}^{0.5} \cdot b_w \cdot f_{yk} = 0.08 \cdot 30^{0.5} \cdot 300 \cdot 500 = 0.26$ $A_{sw,min} > A_{sw}$ $0.26 > 0.125$ επομένως χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης Επιλέγω $2Y8=100.8$ $Y8=2*50.4=100.8\text{mm}^2$ $100.8 \leq 0.26$ $S=387.69\text{mm}$ $S_{max}=3/4*d=0.57*437=327,35\text{mm}$ Επομένως χρησιμοποιώ $Y8 \setminus 300$ </p>	<p>$Y8 \setminus 300$</p> <p>$Y8 \setminus 300$</p>
--	---	---

	<p><u>Για 74.94kN:</u></p> $VR_{d,max} = 0.12b_{wd}(1-f_{ck}/250)*f_{ck}$ $VR_{d,max} = 3.64*300*437 = 477.204\text{KN}$ $VE_{d,max} = V-a*w = 74.94 - 0.2*29.78 = 68.98\text{kN}$ $VR_{d,max} > VE_{d,max}$ $477.204 > 68.98 \text{(OK)}$ $VE_d = VE_{d,max} - d_w = 68.98 - 0.437*29.78 = 55.97 \text{ kN}$ $A_{sw}/s = VE_d / (0.78*df_{gk}*\cot\theta) = 55.97*10^3 / (0.78*437*500*2.5)$ $A_{sw}/s = 0.131$ $A_{sw,min}/s = 0.08f_{ck}^{0.5}*b_w/f_{yk} = 0.08*30^{0.5}*300/500 = 0.26$ $A_{sw,min} > A_{sw}$ $0.26 > 0.131 \text{ επομένως χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης}$ <p>Επιλέγω 2Y8=100.8 Y8=2*50.4=100.8mm²</p> $100.8/s = 0.26$ $S = 387.69\text{mm}$ $S_{max} = 3/4*d = 0.57*437 = 327,35\text{mm}$ <p>Επομένως χρησιμοποιώ Y8\300</p> <p><u>Για 77.61kN:</u></p> $VR_{d,max} = 0.12b_{wd}(1-f_{ck}/250)*f_{ck}$ $VR_{d,max} = 3.64*300*437 = 477.204\text{KN}$ $VE_{d,max} = V-a*w = 77.61 - 0.2*29.78 = 71.654\text{kN}$ $VR_{d,max} > VE_{d,max}$ $477.204 > 71.654 \text{(OK)}$ $VE_d = VE_{d,max} - d_w = 71.654 - 0.437*29.78 = 58.64\text{kN}$ $A_{sw}/s = VE_d / (0.78*df_{gk}*\cot\theta) = 58.64*10^3 / (0.78*437*500*2.5)$ $A_{sw}/s = 0.138$ $A_{sw,min}/s = 0.08f_{ck}^{0.5}*b_w/f_{yk} = 0.08*30^{0.5}*300/500 = 0.26$ $A_{sw,min} > A_{sw}$ $0.26 > 0.138 \text{ επομένως χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης}$ <p>Επιλέγω 2Y8=100.8 Y8=2*50.4=100.8mm²</p> $100.8/s = 0.26$ $S = 387.69\text{mm}$ $S_{max} = 3/4*d = 0.57*437 = 327,35\text{mm}$	<p>Y8\300</p> <p>Y8\300</p>
--	---	-----------------------------

Επομένως χρησιμοποιώ Y8\300

Για τις δοκούς b25,b26,b27,b28,b29,b30:



Για 139.32 kN:

$$VRd,max: 0.12b_wd(1-f_{ck}/250)*f_{ck}$$

$$VRd,max=3.64*300*437=477.204KN$$

$$VEd,max=V-a*w=139.32-0.2*68.029=125.71kN$$

$$VRd,max > VEd,max$$

$$477.204 > 125.71(OK)$$

$$VEd=VEd,max-d_w=125.71-0.437*68.029=95.98 kN$$

$$A_{sw}/s=VEd/0.78*df_{gk}cot\theta=95.98*10^3/0.78*437*500*2.5$$

$$A_{sw}/s=0.23$$

$$A_{sw,min}/s=0.08f_{ck}^{0.5}*b_w/f_{yk}=0.08*30^{0.5}*300/500=0.26$$

$$A_{sw,min} > A_{sw}$$

0.26 > 0.23 επομένως χρησιμοποιώ το A_{sw} οπλισμό διάτμησης

$$\text{Επιλέγω } 2Y8=100.8 \quad Y8=2*50.4=100.8mm^2$$

$$100.8/s=0.26$$

$$S=387.69mm$$

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

Επομένως χρησιμοποιώ Y8\300

Για 205.73kN:

$$VRd,max: 0.12b_wd(1-f_{ck}/250)*f_{ck}$$

$$VRd,max=3.64*300*437=477.204KN$$

$$VEd,max=V-a*w=205.73-0.2*68.029=192.12KN$$

$$VRd,max > VEd,max$$

$$477.204 > 192.12(OK)$$

$$VEd=VEd,max-d_w=192.12-0.437*68.029=162.39 kN$$

$$A_{sw}/s=VEd/0.78*df_{gk}cot\theta=162.39*10^3/0.78*437*500*2.5$$

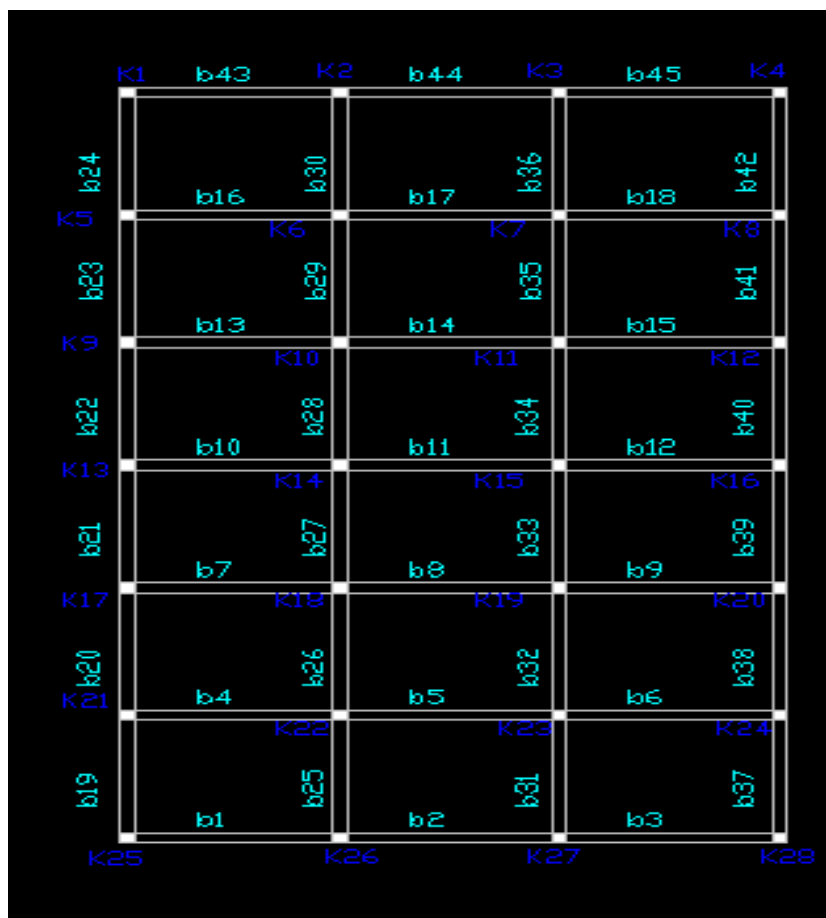
$$A_{sw}/s=0.38$$

Y8\300

	<p> $110.78=171.03-62.23x$ $110.78-171.03=-62.23x$ $-60.25=-62.23x$ $X=0.97m$ </p> <p> <u>Για 158kN:</u> $VRd,max=0.12b_{wd}(1-f_{ck}/250)*f_{ck}$ $VRd,max=3.64*300*437=477.204KN$ $Ved,max=V-a*w=158-0.2*62.23=145.55KN$ $VRd,max > Ved,max$ $477.204 > 145.55(OK)$ $VEd=Ved,max-d_w=145.55-0.437*62.23=118.36 kN$ $A_{sw}/s=VEd/(0.78*df_{gk}cot\theta)=118.36*10^3/(0.78*437*500*2.5)$ $A_{sw}/s=0.28$ $A_{sw,min}/s=0.08f_{ck}^{0.5}*b_w/f_{yk}=0.08*30^{0.5}*300/500=0.26$ $A_{sw,min} < A_{sw}$ $0.26 > 0.28$ επομένως χρησιμοποιώ το A_{sw} οπλισμό διάτμησης Επιλέγω $2Y8=100.8$ $Y8=2*50.4=100.8mm^2$ $100.8/s=0.28$ $S=360mm$ $S_{max}=3/4*d=0.57*437=327,35mm$ Επομένως χρησιμοποιώ $Y8/300$ $V_{min}=(A_{sw,min}/s)*0.78df_{yk}cot\theta$ $V_{min}=0.26*0.78*437*500*2.5=110.78KN$ $110.78=158-62.23x$ $110.78-158=-62.23x$ $-47.22=-62.23x$ $X=0.76m$ </p> <p> <u>Για 163.25 kN:</u> $VRd,max=0.12b_{wd}(1-f_{ck}/250)*f_{ck}$ $VRd,max=3.64*300*437=477.204KN$ $VEd,max=V-a*w=163.25-0.2*62.23=150.8KN$ $VRd,max > VEd,max$ </p>	<p style="text-align: center;">$Y8/300$</p>
--	--	--

	<p>477.204 > 150.8 (OK)</p> <p>$V_{Ed} = V_{Ed, max-d_w} = 150.8 - 0.437 * 62.23 = 123.61 \text{ kN}$</p> <p>$A_{sw/s} = V_{Ed} / (0.78 * d * f_{gk} * \cot \theta) = 123.61 * 10^3 / (0.78 * 437 * 500 * 2.5)$</p> <p>$A_{sw/s} = 0.290$</p> <p>$A_{sw, min/s} = 0.08 f_{ck}^{0.5} * b_w / f_{yk} = 0.08 * 30^{0.5} * 300 / 500 = 0.26$</p> <p>$A_{sw, min} < A_{sw}$</p> <p>0.26 > 0.29 επομένως χρησιμοποιώ το A_{sw} οπλισμό διάτμησης</p> <p>Επιλέγω 2Y8 = 100.8 Y8 = 2 * 50.4 = 100.8 mm²</p> <p>$100.8 / S = 0.29$</p> <p>$S = 347.59 \text{ mm}$</p> <p>$S_{max} = 3/4 * d = 0.57 * 437 = 327.35 \text{ mm}$</p> <p>Επομένως χρησιμοποιώ Y8/300</p> <p>$V_{min} = (A_{sw, min/s}) * 0.78 d f_{yk} \cot \theta$</p> <p>$V_{min} = 0.26 * 0.78 * 437 * 500 * 2.5 = 110.78 \text{ KN}$</p> <p>$110.78 = 163.25 - 62.23x$</p> <p>$110.78 - 163.25 = -62.23x$</p> <p>$-52.47 = -62.23x$</p> <p>$X = 0.84 \text{ m}$</p>	<p>Y8/300</p>
--	--	---------------

5. Κολώνες



Σχήμα 9: Τυπικό σχέδιο

5.1. Υπολογισμός των φορτίων στις κολώνες

$$K1=b43+b24=108.79+63.71= 172.5 \text{ KN}$$

$$K2= b43+b44+b30=160.19+131.89+139.32= 431.4 \text{ KN}$$

$$K3=b44+b45+b36=160.19+131.38+139.32=430.89 \text{ KN}$$

$$K4=b45+b42= 108.79+63.71=172.5 \text{ KN}$$

$$K5=b24+b16+b23=95.18+80.84+245.35=421.37 \text{ KN}$$

$$K6=b30+b29+b17+b16=297.23+359.89+205.73+171.03=1033.88 \text{ KN}$$

$$K7=b36+b35+b17+b18=205.73+171.03+359.89+297.23=1033.88 \text{ KN}$$

$$K8=b41+b42+b18=95.18+80.84+245.35=421.37 \text{ KN}$$

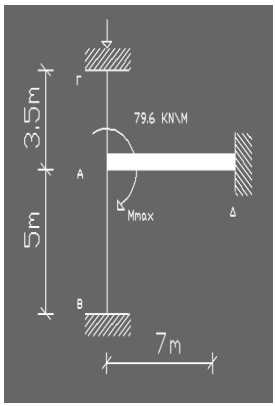
$$K9=b23+b22+b19=72.32+74.94+228.53=375.79 \text{ KN}$$

$$K10=b29+b28+b13+b14=278.91+335.64+152.49+158=925.04 \text{ KN}$$

$$K11=b14+b15+b35+b34=335+278.91+152.49+158=924.4 \text{ KN}$$

$K_{12}=b_{41}+b_{40}+b_{15}=72.32+74.94+228.53=375.79 \text{ KN}$
 $K_{13}=b_{22}+b_{21}+b_{10}=77.61+77.61+228.53=383.75 \text{ KN}$
 $K_{14}=b_{27}+b_{28}+b_{11}+b_{10}=278.91+335.64+163.25+163.25=941.05 \text{ KN}$
 $K_{15}=K_{14}=941.05 \text{ KN}$
 $K_{16}=K_{13}=383.75 \text{ KN}$
 $K_{17}=K_9=375.79 \text{ KN}$
 $K_{18}=K_{10}=925.04 \text{ KN}$
 $K_{19}=K_{11}=924.4 \text{ KN}$
 $K_{20}=K_{12}=375.79 \text{ KN}$
 $K_{21}=K_5=421.37 \text{ KN}$
 $K_{22}=K_6=1033.88 \text{ KN}$
 $K_{23}=K_7=1033.88 \text{ KN}$
 $K_{24}=K_8=421.37 \text{ KN}$
 $K_{25}=K_1=172.5 \text{ KN}$
 $K_{26}=K_2=431.4 \text{ KN}$
 $K_{27}=K_3=430.89 \text{ KN}$
 $K_{28}=K_4=172.5 \text{ KN}$
Σύνολο: 16087.22KN

5.2. Σχεδιασμός των κολώνων:

<p>Απο σημειώσεις μαθήματος Ανδρέου.Δ., 2011 "Οπλισμένο σκυρόδεμα Π."</p>	<p><u>Σχεδιασμός μιας ακριανής κολώνας:</u> <u>Για την K17:</u> <u>Στην κατεύθυνση x:</u> ΑΒ(διαστάσεις κολώνας):400*400mm ΑΓ(διαστάσεις κολώνας):400*400mm ΑΔ(διαστάσεις δοκού): 300*500mm $I_{AB}=bh^3/12=0.4^4/12=2.13*10^{-3}m^4$ $I_{AΓ}=I_{AB}=2.13*10^{-3}m^4$ $I_{AΔ}=0.3*0.5^3/12=3.125*10^{-3}m^4$ $K_{AB}=I/L=2.13*10^{-3}/5=4.26*10^{-4}$ $K_{AΓ}=I/L=2.13*10^{-3}/3.5=6.09*10^{-4}$</p>	
---	---	---

<p> $K\Delta=0.5*3.125*10^{-3}\sqrt{7}=2.23*10^{-4}$ $=2.23*10^{-4}$ $\Sigma K=12.58*10^{-4}$ Στον κόμβο A: $M=W*L^2\sqrt{12}=79.6*7^2\sqrt{12}=325\text{KNm}$ Ροπή στο υποστύλωμα AB: $M_{AB}=325*(4.26*10^{-4})\sqrt{12.58*10^{-4}}=$ 110.01KNm $N_{max}=6*375.79=2254.74\text{KN}$ Το φορτίο αυτό πρέπει να συνδυαστεί με μια ροπή M_{02} $L_0\sqrt{400}=0.85*5000\sqrt{400}=10.6\text{mm}$ $e_0=\max(h\sqrt{30},20)=(400\sqrt{30},30)=20\text{mm}$ $M_{ee}=(2254.74*20)\sqrt{1000}=45.1\text{KNm}$ $M_{02}=110.01+(2254.74*0.0106)\geq$ $2254.74*20\sqrt{1000}$ $M_{02}=133.91\geq45.1$ Επομένως $M_{ed}=133.91\text{KNm}$ $M\sqrt{bh^2f_{ck}}=133.91*10^6\sqrt{400*400^2*30}=0.07$ $N\sqrt{bhf_{ck}}=2254.74*10$ $\sqrt[3]{(400*400*30)}=0.47$ Απο την γραφική παράσταση $d_2\sqrt{h}=(45+8+12.5)\sqrt{400}=0.15$ $A_{s_x}=0.1*400*400*30\sqrt{500}=960\text{mm}^2$ Θα τοποθετήσω στις ακριανές κολώνες τον εξής οπλισμό[8Y16=1608.5mm²] <u>Στην κατεύθυνση y:</u> AB(διαστάσεις κολώνας):400*400mm ΑΓ(διαστάσεις κολώνας):400*400mm ΑΔ(διαστάσεις δοκού): 300*500mm ΑΕ(διαστάσεις δοκού): 300*500mm $I_{AB}=bh^3\sqrt{12}=0.4^4\sqrt{12}=2.13*10^{-3}\text{m}^4$ $I_{ΑΓ}=I_{AB}=2.13*10^{-3}\text{m}^4$ </p>	<p> $A_s=960\text{mm}^2$ </p>
---	--

$$IA\Delta=0.3*0.5^3\sqrt{12}=3.125*10^{-3}m^4$$

$$IAE=3.125*10^{-3}m^4$$

$$M=(W_1 L^2\sqrt{12})-(W_2 L^2\sqrt{12})=(29.78*5^2\sqrt{12})-24.38*5^2\sqrt{12}=62.04-50.79=11.25$$

$$KNm$$

$$K_{AB}=\frac{I}{L}=2.13*10^{-3}\sqrt{5}=4.26*10^{-4}$$

$$K_{AG}=\frac{I}{L}=2.13*10^{-3}\sqrt{3.5}=6.09*10^{-4}$$

$$K_{A\Delta}=0.5*3.125*10^{-3}\sqrt{5}=3.125*10^{-4}$$

$$K_{AE}=0.5*3.125*10^{-3}\sqrt{5}=3.125*10^{-4}$$

$$\Sigma K=16.6*10^{-4}$$

$$M_{AB}=11.25*4.26\sqrt{16.6}=2.88KNm$$

$$L_o\sqrt{400}=0.85*5000\sqrt{400}=10.6mm$$

$$e_0=\max(h\sqrt{30}, 20)=(400\sqrt{30}, 20)=20mm$$

$$N_{max}=6*375.79=2254.74KN$$

$$M_{ec}=2254.74*(20\sqrt{1000})=45.09KNm$$

$$M_{02}=2.88+(5550.24*0.0106) \geq$$

$$2254.74*20\sqrt{1000}$$

$$M_{02}=61.71 \leq 45.09KNm$$

Επομένως $M_{ed}=61.71 KNm$

$$M\sqrt{bh^2f_{ck}}=61.71*10^6\sqrt{400*400^2*30}=0.032$$

$$N\sqrt{bhf_{ck}}=2254.74*10^3\sqrt{(400*400*30)}=$$

$$0.46$$

Απο την γραφική παράσταση

$$d\sqrt{h}=(45+8+12.5)\sqrt{400}=0.15$$

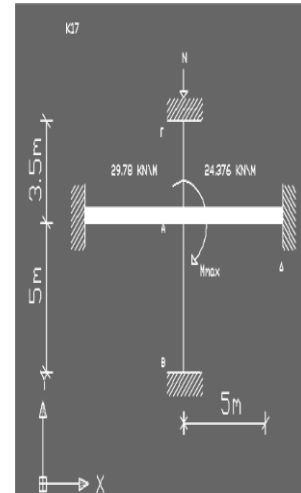
$$A_{s_y}=0*400*400*30\sqrt{500}=0$$

$A_{s_x} > A_{s_y}$ επομένως θα τοποθετηθεί ο οπλισμός που υπολογίστηκε στην κατεύθυνση x

$$A_{s\ min}=A_s\sqrt{bh}=p \rightarrow$$

$$A_s=0.01*400*400=1600mm^2 < A_s \text{ (OK)}$$

Σχεδιασμός κεντρικής κολώνας:



Για την κολώνα K18:

AB(διαστάσεις κολώνας):400*400mm

AΓ(διαστάσεις κολώνας):400*400mm

AΔ(διαστάσεις δοκού): 300*500mm

AE(διαστάσεις δοκού): 300*500mm

$$I_{AB}=bh^3/12=0.4^4/12=2.13*10^{-3}m^4$$

$$I_{AG}=I_{AB}=2.13*10^{-3}m^4$$

$$I_{AΔ}=0.3*0.5^3/12=3.125*10^{-3}m^4$$

$$I_{AE}=3.125*10^{-3}m^4$$

Ροπή στον κόμβο A:

$$M=(W_1 L^2/12)-(W_2 L^2/12)=(79.6*7^2/12)$$

$$-(57*7^2/12)= 325.03-$$

$$232.75=92.28KNm$$

$$K_{AB}=I/L=2.13*10^{-3}/5=4.26*10^{-4}$$

$$K_{AG}=I/L=2.13*10^{-3}/3.5=6.09*10^{-4}$$

$$K_{AΔ}=0.5*3.125*10^{-3}/7=2.23*10^{-4}$$

$$=2.23*10^{-4}$$

$$K_{AE}=0.5*3.125*10^{-3}/7=2.23*10^{-4}$$

$$=2.23*10^{-4}$$

$$\Sigma K=14.81$$

Ροπή στο υποστύλωμα AB:

$$M_{AB}=92.28*4.26/14.81=26.54KNm$$

$$L_0/400=0.85*5000/400= 10.6mm$$

$$e_0=\max(h/30, 20)=(400/30, 20)=20mm$$

$$N_{max}= 6*925.04=5550.24kN$$

Το φορτίο αυτό θα πρέπει να συνδυαστεί με μια ροπή M_{02}

$$M_{ee}=5550.24*(20/1000)= 111KNm$$

$$M_{02}=26.54+(5550.24*0.0106) \leq$$

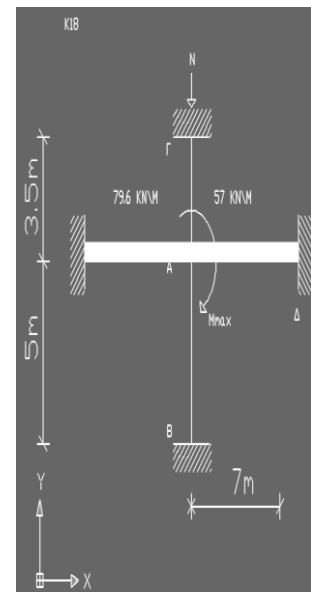
$$5550.24*20/1000$$

$$M_{02}=85.372 \leq 111KNm$$

Επομένως $M_{ed}=111KNm$

$$M/bh^2 f_{ck}=111*10^6/400*400^2*30=0.058$$

$$N/bhf_{ck}=5550.24*10^3/(400*400*30)=1.1$$



	<p>6</p> <p>Απο την γραφική παράσταση $d_2/h=(45+8+12.5)/400=0.15$ $A_s=0.92*400*400*30/500=8832\text{mm}^2$ [11Y32]</p> <p>Σε αυτή την περίπτωση προτιμώ στις κεντρικές κολώνες να μεγαλώσω τις διαστάσεις για να πέσω στο μισό του πίνακα και να μην χρειαστώ να βάλω οπλισμό 11Y32. Επομένως τοποθετώ 500*500 τις διαστάσεις των κεντρικών κολώνων.</p> <p><u>Επομένως επαναλαμβάνω την διαδικασία για την κεντρική κολώνα K18:</u></p> <p>ΑΒ(διαστάσεις κολώνας):500*500mm ΑΓ(διαστάσεις κολώνας):500*500mm ΑΔ(διαστάσεις δοκού): 300*500mm ΑΕ(διαστάσεις δοκού): 300*500mm $I_{AB}=bh^3/12=0.5^4/12=5.2*10^{-3}\text{m}^4$ $I_{AG}=I_{AB}=5.2*10^{-3}\text{m}^4$ $I_{AD}=0.3*0.5^3/12=3.125*10^{-3}\text{m}^4$ $I_{AE}=3.125*10^{-3}\text{m}^4$ $M=(W_1L^2/12)-(W_2L^2/12)=(79.6*7^2/12)-(57*49/12)=325.03-232.75=92.28\text{KNm}$ $K_{AB}=I/L=5.2*10^{-3}/5=1.04*10^{-3}$ $K_{AG}=I/L=5.2*10^{-3}/3.5=1.48*10^{-3}$ $K_{AD}=0.5*3.125*10^{-3}/7=2.23*10^{-4}$ $K_{AE}=0.5*3.125*10^{-3}/7=2.23*10^{-4}$ $\Sigma K=2.966*10^{-3}$ $M_{AB}=92.28*1.04/2.966=32.25\text{KNm}$ $L_0/400=0.85*5000/400=10.6\text{mm}$</p>	$A_s=8832\text{mm}^2$
--	--	-----------------------

$$e_0 = \max(h/30, 20) = (500/30, 20) = 20 \text{ mm}$$

$$N_{\max} = 6 \cdot 925.04 = 5550.24 \text{ kN}$$

$$M_{ee} = 5550.24 \cdot (20/1000) = 111 \text{ KNm}$$

$$M_{\max} = 32.35 + (5550.24 \cdot 0.0106) \leq$$

$$5550.24 \cdot 20/1000$$

$$M_{\max} = 91.18 \leq 111 \text{ KNm}$$

$$M/bh^2 f_{ck} = 111 \cdot 10^6 / (500 \cdot 500^2 \cdot 30) = 0.03$$

$$N/bhf_{ck} = 5550.24 \cdot 10$$

$$^3 / (500 \cdot 500 \cdot 30) = 0.74$$

Απο την γραφική παράσταση

$$d_2/h = (45 + 8 + 12.5)/500 = 0.13 \text{ άρα } 0.15$$

$$A_s = (0.3 \cdot 500 \cdot 500 \cdot 30) / 500 = 4500 \text{ mm}^2$$

Θα τοποθετήσω στις κεντρικές κολώνες τον εξής

$$\text{οπλισισμό [8Y32]} = 6434 \text{ mm}^2$$

Σχεδιασμός γωνιακής κολώνας Κ1:

Η Κ1 παραλαμβάνει διαξονική κάμψη

Για την b43

ΑΒ (διαστάσεις κολώνας): 400*400mm

ΑΓ (διαστάσεις κολώνας): 400*400mm

ΑΔ (διαστάσεις δοκού): 300*500mm

$$I_{AB} = bh^3/12 = 0.4^4/12 = 2.13 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_{AG} = I_{AB} = 2.13 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_{AD} = 0.3 \cdot 0.5^3/12 = 3.125 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$K_{AB} = I/L = 2.13 \cdot 10^{-3} / 5 = 4.26 \cdot 10^{-4}$$

$$K_{AG} = I/L = 2.13 \cdot 10^{-3} / 3.5 = 6.09 \cdot 10^{-4}$$

$$K_{AD} = 0.5 \cdot 3.125 \cdot 10^{-3} / 7 = 2.23 \cdot 10^{-4}$$

$$^4 = 2.23 \cdot 10^{-4}$$

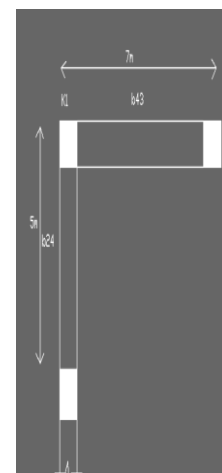
$$\Sigma K = 12.58 \cdot 10^{-4}$$

Ροπή στον κόμβο Α:

$$M = W \cdot L^2/12 = 38.065 \cdot 7^2/12 = 155.43 \text{ KNm}$$

Ροπή στο υποστύλωμα ΑΒ:

$$A_s = 4500 \text{ mm}^2$$



$$M_{AB}=155.43*(4.26*10^{-4})\sqrt{12.58*10^{-4}}=$$

$$52.63 \text{ KNm}=M_{yy}$$

$$M_{yy}\sqrt{b}=52.63\sqrt{0.4}=131.575 \text{ KN}\sqrt{\text{m}^2}$$

Για την b24:

AB(διαστάσεις κολώνας):400*400mm

AΓ(διαστάσεις κολώνας):400*400mm

AΔ(διαστάσεις δοκού): 300*500mm

$$I_{AB}=bh^3\sqrt{12}=0.4^4\sqrt{12}=2.13*10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_{AΓ}=I_{AB}=2.13*10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_{AΔ}=0.3*0.5^3\sqrt{12}=3.125*10^{-3} \text{ m}^4$$

$$K_{AB}=I\sqrt{L}=2.13*10^{-3}\sqrt{5}=4.26*10^{-4}$$

$$K_{AΓ}=I\sqrt{L}=2.13*10^{-3}\sqrt{3.5}=6.09*10^{-4}$$

$$K_{AΔ}=0.5*3.125*10^{-3}\sqrt{5}=3.125*10^{-4}$$

$$\Sigma K=13.475*10^{-4}$$

$$M=31.437*5^2\sqrt{12}=65.5 \text{ KNm}$$

$$M_{AB}=65.5*4.26*10^{-4}\sqrt{13.475*10^{-4}}=20.7 \text{ KNm}=M_{xx}$$

$$M_{xx}\sqrt{h}=20.7\sqrt{0.4}=51.768 \text{ KN}\sqrt{\text{m}^2}$$

$$M_{yy}\sqrt{b}>M_{xx}\sqrt{h}$$

$$\text{Άρα } M_y'y'=M_{yy}+*(\beta b'\sqrt{h}')*M_x$$

$$M_y'y'=52.63+3.22*20.7=119.284 \text{ KNm}$$

$$N_{sd}=6*172.5=1035 \text{ KN}$$

$$M\sqrt{bh^2}f_{ck}=119.284*10^6\sqrt{400*400^2*30}=0.06$$

$$N\sqrt{bh}f_{ck}=1035*10^3\sqrt{400*400*30}=0.22$$

Απο την γραφική παράσταση

$$d\sqrt{h}=(45+8+12.5)\sqrt{400}=0.15$$

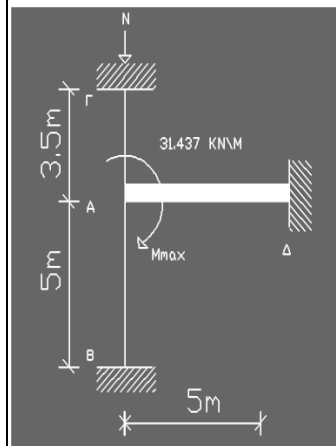
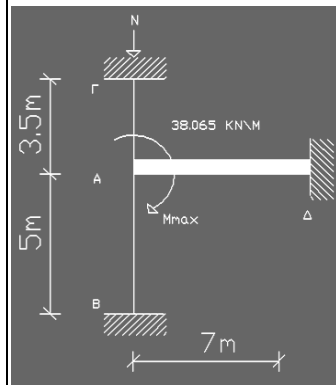
$$A_s=0.1*400*400*30\sqrt{500}=960 \text{ mm}^2$$

Θα τοποθετήσω στις γωνιακές κολώνες τον εξής

$$\text{οπλισμό [8Y16=1608.5mm}^2 \text{]}$$

Έλεγχος λυγρότητας στις κολώνες:

Τα υποστυλώματα σε αμετάθετο πλαίσιο



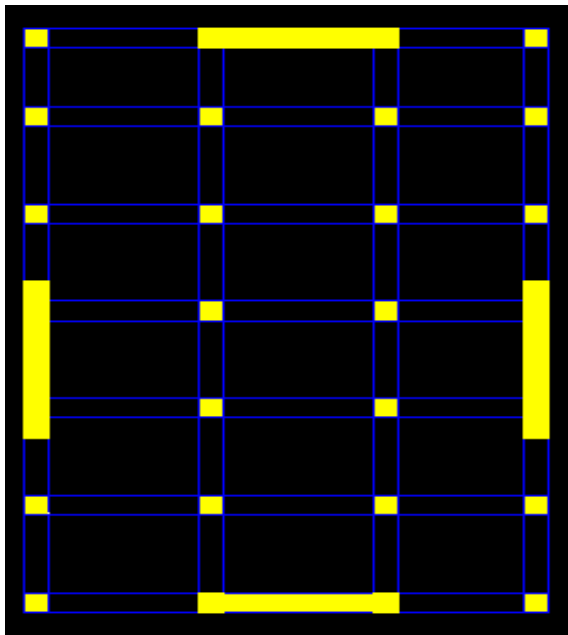
$$A_s=960 \text{ mm}^2$$

<p>EC2 figure 5.7</p> <p>EC2 5.8.3.2 (5.14)</p>	<p>μπορεί να είναι short or slender. Από τους πιο κάτω υπολογισμούς συμπεραίνουμε ότι οι κολώνες μας είναι short και αγνοούνται φαινόμενα 2^{ης} τάξης.</p> <p><u>Για την κεντρική κολώνα(500*500)</u></p> <p>$L_o=0.75L$</p> <p>$L_o=0.75*(5-0.5)$</p> <p>$L_o=0.75*4.5=3.375m=3375mm$</p> <p>$i=\sqrt{I/A}=\sqrt{bh^3/12/bh}=\sqrt{b^2/12}=b\sqrt{1/12}=500\sqrt{1/12}=144.4mm$</p> <p>$\lambda=L_o/i=3375/144.3=23.4$</p> <p>$\lambda_{min}=20ABC\sqrt{n}$</p> <p>$A=0.7$</p> <p>$B=1.1$</p> <p>$C=2.7$</p> <p>$\lambda_{min}=20 *0.7*1.1*2.7\sqrt{1.11} =39.6mm$</p> <p>$n=N_{max}/Acf_{cd}$</p> <p>$n=5550*10^3*1.5/500*500*30 = 1.11$</p> <p>$\lambda_{min}=39.6$</p> <p>$\lambda_{min}>\lambda(OK)$</p> <p><u>Για την ακριανή κολώνα(400*400)</u></p> <p>$L_o=0.75L$</p> <p>$L_o=0.75*(4-0.5)$</p> <p>$L_o=0.75*3.5=2.65m=2625mm$</p> <p>$i=\sqrt{I/A}=\sqrt{bh^3/12/bh}=\sqrt{b^2/12}=b\sqrt{1/12}=400\sqrt{1/12}=115.47mm$</p> <p>$\lambda=L_o/i=2625/115.47=22.73$</p> <p>$\lambda_{min}=20ABC\sqrt{n}$</p> <p>$A=0.7$</p> <p>$B=1.1$</p> <p>$C=2.7$</p> <p>$\lambda_{min}=20 *0.7*1.1*2.7\sqrt{0.7} =50.1mm$</p> <p>$n=N_{max}/Acf_{cd}$</p>	
---	---	--

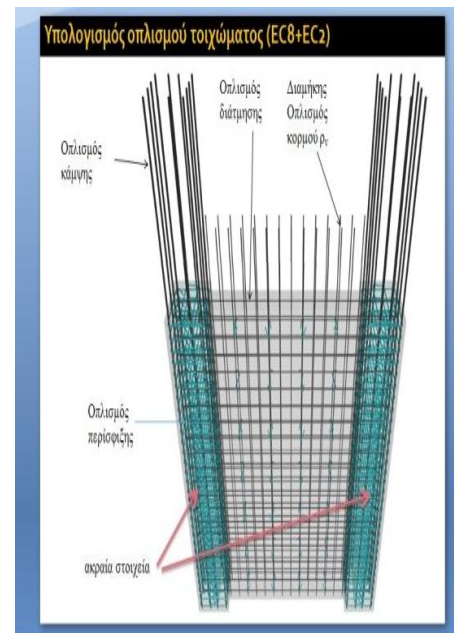
	$n = 2254.74 \cdot 10^3 \cdot 1.5 \sqrt{400 \cdot 400 \cdot 30} = 0.7$ $\lambda_{\min} = 50.1$ $\lambda_{\min} > \lambda \text{ (OK)}$ <u>Για την γωνιακή κολώνα (400*400)</u> $L_o = 0.75L$ $L_o = 0.75 \cdot (4 - 0.5)$ $L_o = 0.75 \cdot 3.5 = 2.65 \text{ m} = 2625 \text{ mm}$ $i = \sqrt{I/A} = \sqrt{bh^3/12} / bh = \sqrt{b^2/12} = b \sqrt{1/12} =$ $400 \sqrt{1/12} = 115.47 \text{ mm}$ $\lambda = L_o / i = 2625 / 115.47 = 22.73$ $\lambda_{\min} = 20 \sqrt{ABC/n}$ $A = 0.7$ $B = 1.1$ $C = 2.7$ $\lambda_{\min} = 20 \cdot 0.7 \cdot 1.1 \cdot 2.7 \sqrt{0.32} = 73.5 \text{ mm}$ $n = N_{\max} / A c f_{cd}$ $n = 1035 \cdot 10^3 \cdot 1.5 \sqrt{400 \cdot 400 \cdot 30} = 0.32$ $\lambda_{\min} = 73.5$ $\lambda_{\min} > \lambda \text{ (OK)}$	
--	--	--

6. Τοιχώματα

Τα τοιχώματα αποτελούν σίγουρα το σημαντικότερο δομικό στοιχείο στην αντισεισμική προστασία μιας κατασκευής. Στο συγκεκριμένο κτήριο υπάρχουν συνολικά 4 τοιχία δύο σε κάθε κατεύθυνση, με διαστάσεις 7m* 0,4 m.



Σχήμα 10: Κά τοψη κατακόρυφων στοιχείων



Εικόνα 4: Τοιχίωμα

Το κτήριο μας θέλουμε να είναι braced-no sway. Αυτός είναι ο σκοπός μας. Σε ένα αμετάθετο πλαίσιο όλες οι οριζόντιες δυνάμεις οι οποίες προέρχονται από τον αέρα ή τον σεισμό παραλαμβάνονται από τα τοιχώματα ή από πολύ ισχυρές κολώνες. Με την παρουσία των τοιχωμάτων απογεύγονται οι αυξήσεις στις ροπές στα κατακόρυφα μέλη λόγω μεγάλων πλευρικών παραμορφώσεων.

<p>EC2 εξίσωση 5.18</p>	<p>Για να ελέγξουμε αν το κτήριο μας είναι αμετάθετο:</p> $F_{v,ED} \leq [k_1 * n_s \setminus n_s + 1.6] * \Sigma E_{cd} I_c \setminus l^2$ <p>$F_{v,ED}$: το ολικό κατακόρυφο φορτίο n_s: ο αριθμός των ορόφων L: το ύψος του κτηρίου από τα θεμέλια E_{cd}: Μέτρο ελαστικότητας σχεδιασμού I_c: ροπή αδρανείας των τοιχωμάτων k_1: 0.31 ή $k_2 = 0.62$ αν τα τοιχώματα είναι μη ρηγματωμένα</p>	
---	---	--

Υπολογισμός της οριζόντιας δύναμης:

$$F_6 = (3739.93 * 22.5) / 82.5 = 1019,98 \text{ KN}$$

$$F_5 = (3739.93 * 19) / 82.5 = 861,32 \text{ KN}$$

$$F_4 = (3739.93 * 15.5) / 82.5 = 702,65 \text{ KN}$$

$$F_3 = (3739.93 * 12) / 82.5 = 543,98 \text{ KN}$$

$$F_2 = (3739.93 * 8.5) / 82.5 = 385,33 \text{ KN}$$

$$F_1 = (3739.93 * 5) / 82.5 = 226,66 \text{ KN}$$

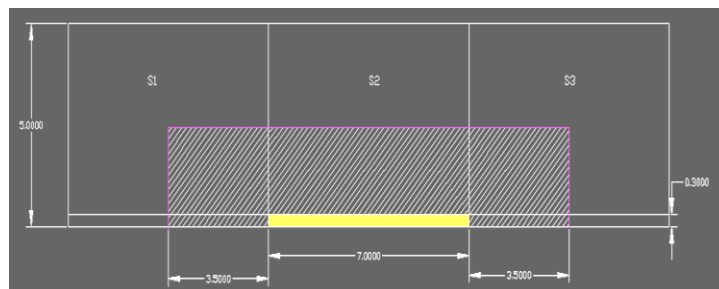
Συνολική δύναμη: 3739.93KN(OK)

$$M_{Ed} = F_6 * h_6 + F_5 * h_5 + F_4 * h_4 + F_3 * h_3 + F_2 * h_2 + F_1 * h_1$$

$$M_{Ed} = 1019.98 * 22.5 + 861.32 * 19 + 702.65 * 15.5 + 543.98 * 12 + 385.33 * 8.5 + 226.66 * 5$$

$$M_{Ed} = 61342.07 \text{ KNm}$$

Για τον υπολογισμό του N_{d} :



$$N_{Ed} = (14 * 2.5 * 6 * 9.7) + (7 * 0.4 * 25 * 22.5) + (0.3 * 0.5 * 25 * 12 * 6)$$

$$N_{Ed} = 3882 \text{ KN}$$

Απο τα παραπάνω συμπεραίνουμε:

$$M_{Ed} = 61342.07 \text{ KNm}$$

$$N_{Ed} = 3882 \text{ KN}$$

$$V_{Ed} = 3739.93 \text{ KN}$$

Ότι ισχύει στην κατεύθυνση x ισχυρεί και στην κατεύθυνση y αφού τα τοιχεία έχουν τις ίδιες διαστάσεις.

Υπολογισμός οπλισμού τοιχώματος:

Έλεγχος ανοιγμένου αξονικού φορτίου:

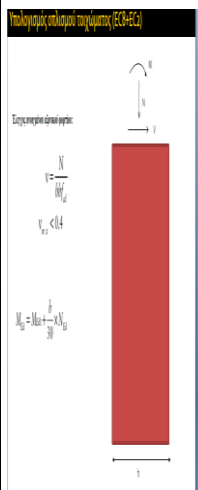
$$v = N / (b * h * f_{cd}) = 3739.93 * 10^3 / (400 * 7000 * (30 / 1.5)) = 0.066$$

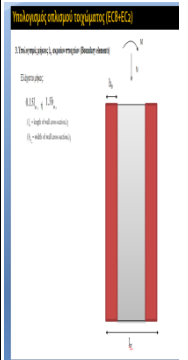
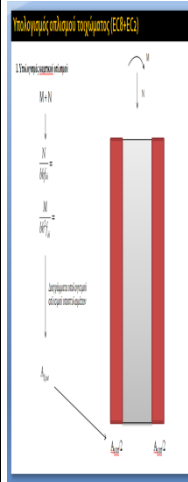
$$v_{\max} < 0.4$$

$$0.066 < 0.4 \text{ (ok)}$$

$$M_{ed}' = M_{ed} + (h / 30) * N_{ed}$$

$$M_{ed}' = 61342.07 + (7000 / 30) * 3882$$





$$Med' = 62247.87 \text{ KNm}$$

Υπολογισμός καμπτικού οπλισμού:

$$M+N$$

$$N \backslash bhf_{ck} = 3882 \cdot 10^3 \backslash 400 \cdot 7000 \cdot 30 = 0.046$$

$$M \backslash bh^2 f_{ck} = 62247.87 \cdot 10^6 \backslash 400 \cdot 7000^2 \cdot 30 = 0.1$$

Απο την καμπύλη $d \backslash h = 0.05$

$$As f_{yk} \backslash bhf_{ck} = 0.25$$

$$As f_{yk} = 0.25 \cdot 400 \cdot 7000 \cdot 30$$

$$As = 0.25 \cdot 400 \cdot 7000 \cdot 30 \backslash 500 = 42000 \text{ mm}^2$$

(συνολικός οπλισμός ακραίου στοιχείου)

$$As_{tot} \backslash 2 = 21000 \text{ mm}^2$$

Υπολογισμός κατακόρυφου οπλισμού κορμού

$$As_{vmin} = 0,002 A_c$$

$$As_{vmin} = 0,002 \cdot 400 \cdot 1000$$

$$As_{vmin} = 800 \text{ mm}^2$$

$$\text{Τοποθετούμε } 4Y12 \backslash 200 = 904.8 \text{ mm}^2 \backslash m$$

$$\rho_v = As_{v} \backslash A_c = 904.8 \backslash 400 \cdot 1000 = 2.262 \cdot 10^{-3}$$

$$\omega_v = \rho_v f_{yd,v} \backslash f_{cd}$$

$$\omega_v = (2.262 \cdot 10^{-3}) \cdot (500 \backslash 1.15) \backslash (30 \backslash 1.5) = 0.05$$

Υπολογισμός μήκους ακραίων στοιχείων:

$$Lc_{min} = \max(0.15lw, 1.5bw) = \max[(0.15 \cdot 7000), (1.5 \cdot 400)]$$

$$Lc_{min} = \max(1050, 600)$$

$$Lc_{min} = 1050 \text{ mm}$$

$$As_{tot} = 42000 \text{ mm}^2$$

$$As_{tot} \backslash 2 = 21000 \text{ mm}^2$$

Η max απόσταση οπλισμού είναι:

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

$$\min s = \max[\phi, dgts, 20 \text{ mm}] = \max[32, 30, 20]$$

$$s_{min} = 32 \text{ mm}$$

$$30Y32 = 24127.5 \text{ mm}^2$$

$$\min = 0.5\% \cdot A_c = 0.005 \cdot 2100 \cdot 400 = 4200 \text{ mm}^2$$

$$As = 42000 \text{ mm}^2$$

$$4Y12 \backslash 200 = 904.8 \text{ mm}^2 \backslash m$$

$$As_{tot} \backslash 2 = 21000 \text{ mm}^2$$



$$\max = 4\% \cdot A_c = 0.04 \cdot 2100 \cdot 400 = 33600 \text{ mm}^2$$

Οπλισμός διάτμησης:

$$V'_{ed} = 1.5 V_{ed} = 1.5 \cdot 3739.93 = 5609.9 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta)$$

$$\alpha_{cw} = 1$$

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

$$z = 0.9 \cdot h = 0.9 \cdot 7000 = 6300 \text{ mm}$$

$$v_1 = 0.6 [1 - f_{ck}/250] = 0.6 [1 - 30/250] = 0.528$$

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

$$V_{Rd,max} = \frac{1 \cdot 400 \cdot 6300 \cdot 0.528 \cdot \frac{30}{1.5}}{2.5 + 0.4} = 9180 \text{ kN}$$

$$\text{Av } V'_{ed} > V_{Rd,max} \quad \begin{matrix} \text{NAI} \\ \swarrow \end{matrix} \quad \cot\theta=1 \ \& \ \tan\theta=1$$

$$\quad \quad \quad \begin{matrix} \text{OXI} \\ \searrow \end{matrix} \quad \cot\theta=2.5 \ \& \ \tan\theta=0.4$$

$5609.9 < 9180 \rightarrow$ άρα $\cot\theta=2.5$ & $\tan\theta=0.4$

$$VR_{d,s} = \frac{A_s}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta \rightarrow \frac{A_s}{s} = \frac{VR_{d,s}}{z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta} =$$

$$\frac{9180 \cdot 10^3}{6300 \cdot 2.5 \cdot \frac{500}{1.15}} = 1.34 \text{ mm}$$

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

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

$$s = \frac{226.2}{1.56} = 144.7 \text{ mm (OK)}$$

Οπλισμός περίσφιξης:

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

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

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

$$\text{Άρα } s_{max} = 155 \text{ mm} \rightarrow \Phi 10/100$$

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

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b^2}{6 \cdot b_o \cdot h_o} = 1 - \frac{(300^2 + 300^2 + 300^2 + 200^2 + 300^2 + 300^2 + 300^2 + 250^2) \cdot 2}{6 \cdot 2010 \cdot 310} =$$

$$0.34$$

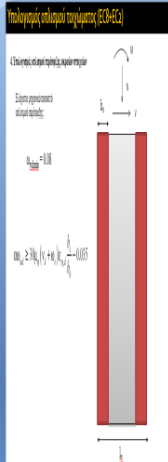
$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) = \left(1 - \frac{100}{2 \cdot 310}\right) \left(1 - \frac{100}{2 \cdot 2010}\right) = 0.83 \cdot 0.98 = 0.8$$

$$\alpha = 0.34 \cdot 0.8 = 0.27$$

Απο σημειώσεις μαθήματος Παπαλοΐζου Λ., 2010 «Οπλισμένο σκυρόδεμα II»

2Y12\200

Φ10/100

	<p><u>Όγκος συνδετήρων:</u> $(8 \cdot 300) + (2 \cdot 1950) + (2 \cdot 1350) + (2 \cdot 750) + (2 \cdot 150) = 10800 \text{ mm}$</p> <p>$10800 \cdot 62 = 669,6 \cdot 10^3$</p> <p><u>Όγκος σκυροδέματος εντός συνδετήρων:</u></p> <p>$1950 \cdot 310 \cdot 150 = 90,675 \cdot 10^6$</p> <p>$W_{\text{wd required}} = [669,6 \cdot 10^3 \cdot (90,675 \cdot 10^6)] \cdot (435 \cdot 20) = 0,16 > 0,08 \text{ ok}$</p> <p>$\alpha \cdot W_{\text{wd}} = 0,27 \cdot 0,16 = 0,04$</p> <p>$W_{\text{wd actual}} = \left(\frac{Asvx}{bo \cdot s} + \frac{Asvy}{ho \cdot s} \right) \cdot \frac{fyd}{fcd} = [157,1 \cdot (310 \cdot 100) + 628,3 \cdot (2010 \cdot 100)] \cdot (500 \cdot 1,15 \cdot 30 \cdot 1,5) = 0,17$</p> <p>$W_{\text{wd actual}} > W_{\text{wd required}}$</p> <p>$0,17 > 0,16 \text{ (ok)}$</p>	
---	---	--

7. ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ:

Ο ρόλος των θεμελιών είναι πολύ σημαντικός στην κατασκευή ενός κτηρίου αφού ο κύριος τους στόχος είναι να μεταφέρουν με ασφάλεια τα φορτία των κολωνών και να τα κατανέμουν μέσα στο έδαφος. Τα φορτία αυτά πρέπει να κατανέμονται σωστά στη βάση, για να είναι έτσι εξασφαλισμένη η σταθερότητα του κτίσματος. Η επιτρεπόμενη αντοχή του εδάφους δεν πρέπει να ξεπερνιέται διαφορετικά θα υπάρξουν μεγάλες καθιζήσεις στην κατασκευή και επομένως πολλές ζημιές. Στο κτήριο χρησιμοποιήσαμε μεμονωμένο πέδιλο, το οποίο είναι το πιο συνήθες στην κυπριακή αγορά, αφού το έδαφος θεμελίωσης το επέτρεπε. Το σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται είναι C30, ο χάλυβας οπλισμού S500 και η επικάλυψη είναι 50mm.

7.1. Αγκύρωση

Με τον έλεγχο της αγκύρωσης που κάνουμε προς το τέλος της μεθολογίας πιο κάτω θέλουμε να εξασφαλίσουμε και να δούμε πιο μήκος είναι ικανό να εξασφαλίσει την απαραίτητη συνάφεια μεταξύ του σιδήρου και του σκυροδέματος έτσι ώστε ο χάλυβας να μπορεί να εξαντλεί την τάση διαρροής σε προέκταση μιας ράβδου οπλισμού μέσα στο σκυρόδεμα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την συνάφεια είναι η ποιότητα του σκυροδέματος (υψηλή αντοχής σκυρόδεμα- υψηλή τάση συνάφειας), η θέση και η κλίση των ράβδων οπλισμού, η μορφή της επιφάνειας των ράβδων οπλισμού, η επίδραση υψηλών θερμοκρασιών και τέλος λόγω της εξίδρωσης δημιουργούνται θύλακες νερού γύρω από τις ράβδους στο πάνω μέρος του σκυροδέματος που εξασθενούν την συνάφεια. Η τιμή σχεδιασμού για την οριακή τάση συνάφειας f_{bd} , για ράβδους με νευρώσεις δίνεται από την σχέση:

$$f_{bd}=2,25*n1*n2*f_{ctd}$$

f_{ctd} είναι η τιμή σχεδιασμού της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος

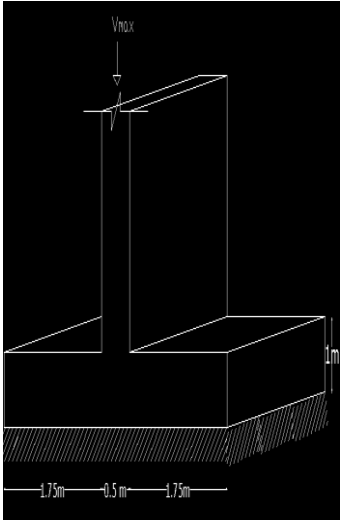
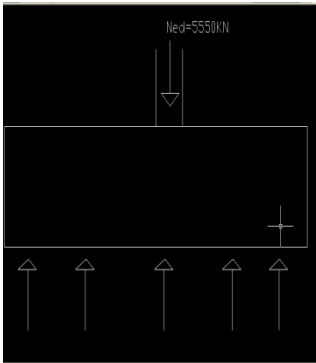
3.1.6(2)EC2

$n1=1$ για ευνοϊκές συνθήκες

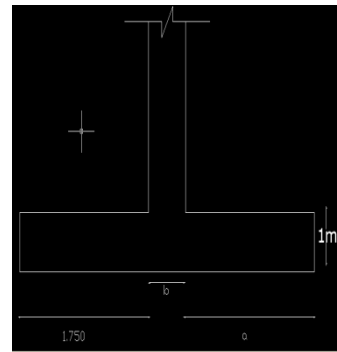
$n1=0,7$ για όλες τις άλλες περιπτώσεις και για ράβδους σε δομικά στοιχεία κατασκευασμένα με ολισθαίνοντες ξυλοτύπους

$n2$: σχετίζεται με την διάμετρο των ράβδων

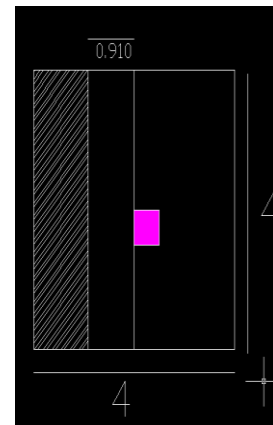
7.2. Διαστασιολόγηση θεμελίων

<p>Απο σημειώσεις μαθήματος Ανδρέου Δ., 2011 "Οπλισμένο Σκυρόδεμα 2."</p>	<p>Για την κεντρική κολώνα: (500*500) <u>Εμβαδόν της πλάκας:</u> $7*5=35\text{m}^2$ <u>Μήκος της δοκού:</u> $7+5=12\text{ m}$ <u>Φορτίο της δοκού:</u> $(0.3*5*25)=3.75\text{KN/m}$ <u>Φορτίο της κολώνας:</u>$(0.5*0.5*25) =6.25$ KN/m <u>Λειτουργικό φορτίο της πλάκας:</u> $8.94+3=$ 11.94 KN/m^2 <u>Υπολογισμός συνολικού λειτουργικού φορτίου:</u> $N=(35*11.94*6)+ (12*3.75*6)+$ $(22.5*6.25)= 2918\text{KN}$ Αγνοώντας το βάρος του πεδίου <u>Εμβαδό πεδίου:</u> $N/P=2918/200 =14.59\text{ m}^2$ Η επιτρεπόμενη πίεση εδάφους P είναι 200KN/m^2 $B=D= \sqrt{14.59}= 3.81\text{m}$ Αυξάνω τις διαστάσεις και επιλέγω πέδιλο $4\text{m}*4\text{m}*1$ <u>Το βάρος του πεδίου :</u> $4*4*1*25= 400\text{KN}$ <u>Ολικό βάρος:</u> $2918+400/16 =207 \approx 200$ (OK) Για τον έλεγχο της αντοχής του πεδίου το $N_{Ed}=5550\text{KN}$ της κεντρικής κολώνας απο προηγούμενους υπολογισμούς. Η πίεση κάτω απο το πέδιλο: $5550/16 =346.875 \approx 347\text{KN/m}^2$ (οριακή) Στον έλεγχο του πεδίου γίνονται 3 ελέγχοι <u>Κάμψη:</u> $M_{ed}=(1.750*4)*347*1.750/2$ $=2125.375\text{KNm}$</p>	 
---	---	---

$d = 1000 - 50 - 25 - 15 = 910 \text{ mm}$
 $K = M / (b d^2 f_{ck}) = 2125.375 \cdot 10^6 / (4000 \cdot 910^2 \cdot 30) = 0.021$
 $K < K' \quad 0.021 < 0.167 \text{ (OK)}$
 $Z = d \sqrt{2} [1 + \sqrt{(1 - 3.53 \cdot K)}] \leq 0.95 \cdot d$
 $Z = 910 \sqrt{2} [1 + 0.96] \leq 0.95 \cdot 910$
 $Z = 864.5 \text{ mm}$
 $A_s = M / (f_{yd} \cdot Z) = 2125.375 \cdot 10^6 / (500 \cdot 1.15) \cdot 864.5 = 5651.73 \text{ mm}^2$
 $A_{s_{\min}} = 0.15\% A_c = 0.0015 \cdot 910 \cdot 4000 = 5460 \text{ mm}^2$
 $A_{s_{\min}} < A_s$
 Επομένως χρησιμοποιώ $A_s = 5651.73 \text{ mm}^2$
 (10Y28) = 6157.5 mm^2
Διάτμηση:
 $V R_{d_{\max}} = 0.124 b_{wd} (1 - f_{ck} / 250) \cdot f_{ck}$
 $V R_d = 0.124 \cdot 4 \cdot 500 \cdot 910 (1 - 30 / 250) \cdot 30 = 5957.952 \text{ KN}$
 $V E_d = 5550 < 5957.952 \text{ (ok)}$
 Όπως και στις πλάκες ο έλεγχος γίνεται σε απόσταση $1d$ από το πρόσωπο του υποστυλώματος
 $V E_d = 4 \cdot (1.750 - 0.910) \cdot 347 = 1165.92 \text{ KN}$
 $\rho = 5890.5 \cdot 100 / (4000 \cdot 910) = 0.16\%$
 $k = 1 + \sqrt{200 / 910} = 1.47$
 $V R_{dc} = (0.18 \gamma_c) k (\rho \cdot f_{ck})^{0.333} b_w \cdot d$
 $V R_{dc} = (0.18 \cdot 1.5) \cdot 1.47 \cdot (0.16 \cdot 30)^{0.333} \cdot 4000 \cdot 910 = 1104.64 \text{ KN}$
 $V_{\min} = 0.035 K^{3/2} f_{ck} \cdot b \cdot d$
 $= 0.035 \cdot 1.47^{3/2} \cdot 30^{1/2} \cdot 4000 \cdot 910 = 1240 \text{ KN}$
 $V_{\min} > V E_d$
 $1240 > 1165 \text{ KN (OK)}$



$$A_s = 5651.73 \text{ mm}^2$$



$VR_{dc}=1104.64\text{KN}<1165.92$
 Επομένως αυξάνω τον σπλισμό
 Χρησιμοποιώ 12Y28(7289mm²)
 $\rho=7389*100/4000*910 =0.203$
 $VR_{dc}=(0.18/1.5) * 1.47*(0.203*30)^{0.333}$
 $*4000*910= 1172.57$
 $1172.57>1165.92$ (OK)

Διάτρηση:

Το σχήμα πρέπει να είναι τέτοιο που να ελαχιστοποιεί το μήκος της

$$U1= 4*500 + 2\pi(1820)$$

$$U1= 13429.6\text{mm}$$

$$A_o=16-A_i$$

$$A_i=[(1820*500*4)+(3.14*1820^2)+500^2]/10$$

$$A_i=14.290\text{m}^2$$

$$A_o=16-14.29=1.7\text{m}^2$$

$$V_{ed}=347*1.7=589.9\text{KN}$$

$$VR_{dc}=0.18/1.5*(0.203*30)^{0.333}$$

$$*(13429.6)*910= 2673.68= 2673.68\text{KN}$$

$$2673.68>589.9\text{KN}$$
 (ok)

Έλεγχος αγκύρωσης:

Στην περίπτωση μας: $f_{ck}=30\text{MPa}$, $f_{yk}=500$,

$$\phi= 28\text{mm}, \alpha=1$$

$$l_{bd}=l_{rqd}=1*\phi/4*\sigma_{sd}/f_{bd}$$

$$\sigma_{sd}=500*0.875=435\text{MPa}$$

$$f_{ctd}=a_{ct}*f_{ctk0,005}/\gamma_c$$

$$f_{ctd}=1*2/1.5=1.33$$

$$f_{bd}=2.25*f_{ctk0,005}/\gamma_c$$

$$f_{bd}=2.25*1.33= 3\text{MPa}$$

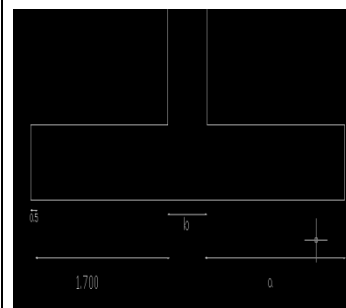
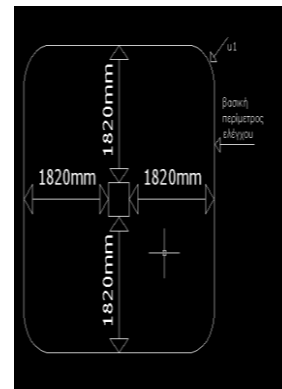
$$l_{bd}=l_{rqd}=1*(28/4)*435/3=1015$$

$$1015<1700$$
 (OK)

Για την ακριανή κολώνα: (400*400)

Εμβαδόν της πλάκας: 3.5*5=17.5m²

12Y28(7289mm²)



Μήκος της δοκού: $3.5+5=8.5 \text{ m}$

Φορτίο της δοκού: $(0.3*5*25)=3.75\text{KN/m}$

Φορτίο της κολώνας: $(0.4*0.4*25) =4$

KN/m

Λειτουργικό φορτίο της πλάκας: $8.94+3=$

11.94 KN/m^2

Υπολογισμός συνολικού λειτουργικού

αξονικού φορτίου:

$N=(17.5*11.94*6)+ (8.5*3.75*6)+$

$(22.5*4)= 1534.95\text{KN}$

Αγνοώντας το βάρος του πεδύλου

Εμβαδό πεδύλου: $N/P=1534.95/200 =7.67$

m^2

Η επιτρεπόμενη πίεση εδάφους P είναι

200KN/m^2

$B=D= \sqrt{7.67}= 2.77\text{m}$

Αυξάνω τις διαστάσεις και επιλέγω πέδιλο

$3\text{m}*3\text{m}*1$

Το βάρος του πεδύλου : $3*3*1*25= 225\text{KN}$

Ολικό βάρος: $1534.95+225/9 =196 \approx 200$

(OK)

Για τον έλεγχο της αντοχής του πεδύλου το

$N_{Ed}=2254.74\text{KN}$ της ακριανής κολώνας

απο προηγούμενους υπολογισμούς.

Η πίεση κάτω απο το πέδιλο: $2254.74/9$

$=250.52 \approx 251\text{KN/m}^2$ (οριακή)

Στον έλεγχο του πεδύλου γίνονται 3 ελέγχοι

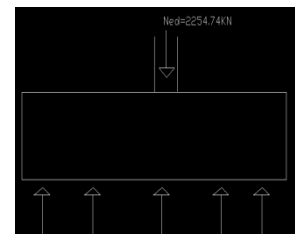
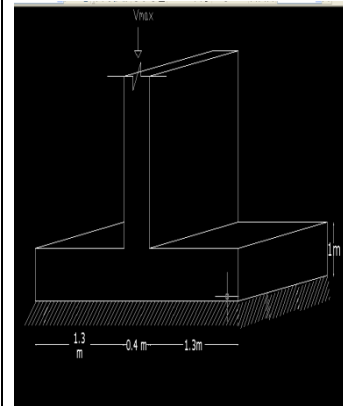
Κάμψη:

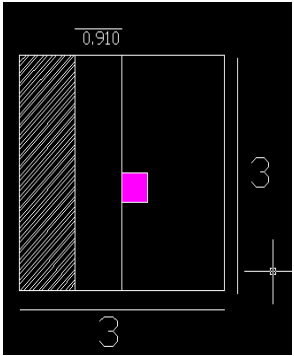
$M_{Ed}=(1.3*3)*251*1.3/2 =636.285\text{KNm}$

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

$K=M/bd^2 f_{ck}=636.285*10^6 /3000*910^2*30$

$=0.00853$



	<p> $K < K' \quad 0.00853 < 0.167 \text{ (ok)}$ $Z = d \sqrt{2} * [1 + \sqrt{(1 - 3.53 * k)}] \leq 0.95 * d$ $Z = 910 \sqrt{2} * [1 + 0.98] \leq 0.95 * 910$ $Z = 864.5 \text{ mm}$ $A_s = M / f_{yd} * Z = 636.285 * 10$ $\sqrt[6]{(500 \cdot 1.15) * 864.5} = 1692 \text{ mm}^2$ $A_{s \min} = 0.15\% A_c = 0.0015 * 910 * 3000 = 4095$ mm^2 $A_{s \min} > A_s$ Επομένως χρησιμοποιώ $A_{s \min} = 4095 \text{ mm}^2$ (7Y28) = 4310.3 mm^2 <u>Διάτμηση:</u> $V R_{d \max} = 0.124 b w d (1 - f_{ck} / 250) * f_{ck}$ $V R_{d \max} = 0.124 * 4 * 400 * 910 (1 - 30 / 250) * 30$ $= 4766.36 \text{ KN}$ $V E_d = 2254 < 4766.36 \text{ (OK)}$ Όπως και στις πλάκες ο έλεγχος γίνεται σε απόσταση $1d$ από το πρόσωπο του υποστυλώματος $V_{ed} = 4 * (1.3 - 0.910) * 251 = 391.56 \text{ KN}$ $\rho = 4310.3 * 100 / (3000 * 910) = 0.157\%$ $k = 1 + \sqrt{200 / 910} = 1.47$ $V R_{dc} = (0.18 \gamma_c) k (\rho * f_{ck})^{0.333} b w * d$ $V R_{dc} = (0.18 \cdot 1.5) * 1.47 * (0.157 * 30)^{0.333} * 3000 * 910 =$ $V R_{dc} = 806.82 \text{ KN} > 391.56 \text{ (OK)}$ $V_{\min} = 0.035 K^{3/2} f_{ck} * b * d$ $= 0.035 * 1.47^{3/2} * 30^{1/2} * 4000 * 910$ $= 1243.67$ <u>Διάτρηση</u> Δεν χρειάζεται έλεγχος διάτρησης αφού η βασική περίμετρος 1820 mm ($2d$) είναι μεγαλύτερη από την διάσταση του πεδίου $3000 - 400 \sqrt{2} = 1300 \text{ mm}$ </p>	<p> $A_s = 1692 \text{ mm}^2$ $A_{s \min} = 4095 \text{ mm}^2$ </p> 
--	--	--

Έλεγχος αγκύρωσης:

Στην περίπτωση μας $f_{ck}=30$, $f_{yk}=500$ $\varphi=25\text{mm}$ $a=1$

$$l_{bd}=l_{brqd}=1*\varphi\sqrt[4]{\sigma_{sd}}f_{bd}$$

$$\sigma_{sd}=500*0.875=435\text{MPa}$$

$$f_{ctd}=\alpha_{ct}*f_{ctk0,005}\gamma_c$$

$$f_{ctd}=1*2\sqrt[1.5]=1.33$$

$$f_{bd}=2.25*f_{ctk0,05}\gamma_c$$

$$f_{bd}=2.25*1.33=3\text{MPa}$$

$$l_{bd}=l_{breq}=1*(25\sqrt[4]{435})\sqrt[3]{3}=906.25$$

$$906.25 < 1250$$

Για την γωνιακή κολώνα:

Εμβαδόν της πλάκας: $3.5*2.5=8.75\text{m}^2$

Μήκος της δοκού: $2.5+3.5=6\text{ m}$

Φορτίο της δοκού: $(0.3*5*25)=3.75\text{KN/m}$

Φορτίο της κολώνας: $(0.4*0.4*25) = 4\text{ KN/m}$

Λειτουργικό φορτίο της πλάκας: $8.94+3=11.94\text{ KN/m}^2$

Υπολογισμός συνολικού λειτουργικού αξονικού φορτίου:

$$N=(8.75*11.94*6)+ (6*3.75*6)+ (22.5*4)=851.85\text{KN}$$

Αγνοώντας το βάρος του πεδίου

Εμβαδό πεδίου: $N/P=851.75\sqrt[200]=4.26\text{ m}^2$

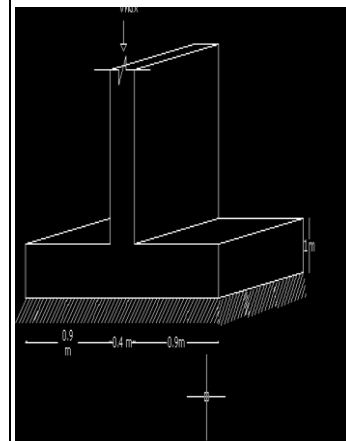
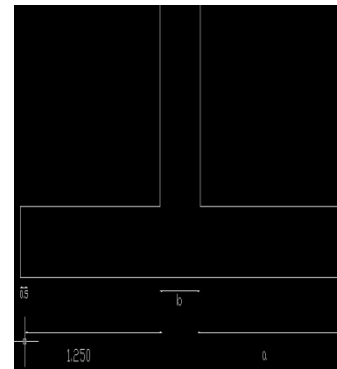
Η επιτρεπόμενη πίεση εδάφους P είναι 200KN/m^2

$$B=D=\sqrt[4.26]=2.06\text{m}$$

Αυξάνω τις διαστάσεις και επιλέγω πέδιλο $2.2\text{m}*2.2\text{m}*1\text{m}$

Το βάρος του πεδίου : $2.2*2.2*1*25=121\text{KN}$

Ολικό βάρος: $(851.85+121)\sqrt[4.85]=200.6 \approx 200\text{ (OK)}$



Για τον έλεγχο της αντοχής του πεδύλου το $N_{ed}=1035\text{KN}$ της γωνιακής κολώνας απο προηγούμενους υπολογισμούς.

Η πίεση κάτω απο το πέδιλο: $1035/4.85 = 213.4\text{KN/m}^2$ (οριακή)

Στον έλεγχο του πεδύλου γίνονται 3 έλεγχοι:

Κάμψη:

$$M_{ed}=(0.9*2.2)*213.4*0.9/2 = 190.14\text{KNm}$$

$$K=M/b*d^2*f_{ck}=190.14*10^6/2200*910^2*30 = 0.0035$$

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

$$K < K' \quad 0.0035 < 0.167(\text{ok})$$

$$Z=d/2 [1+\sqrt{(1-3.53*k)}] \leq 0.95*d$$

$$Z=910/2*[1+1] \leq 0.95*910$$

$$Z=864.5\text{mm}$$

$$A_s=M/f_{yd}*Z= 190.14*10$$

$$\sqrt[6]{(500/1.15)*864.5} = 505.62 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{min}}=0,15\% A_c=0,0015*910*2200= 3003 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{min}} > A_s$$

Επομένως χρησιμοποιώ $A_{s_{min}}= 3003\text{mm}^2$ (7Y25=3436.1mm²)

Διάτμηση:

$$VRd_{max}=0.124bw*d(1-f_{ck}/250)*f_{ck}$$

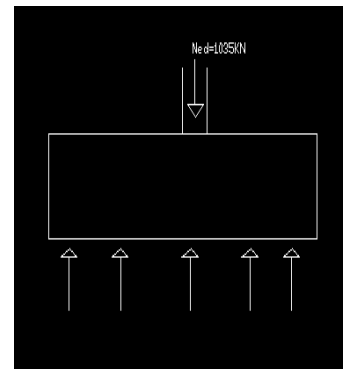
$$VRd_{max}= 0.124*4*400*910(1-30/250)*30 = 4766.36 \text{ KN}$$

$$VEd=1035 < 4766.36\text{KN}(\text{OK})$$

Όπως και στις πλάκες ο έλεγχος γίνεται σε απόσταση 1d από το πρόσωπο του υποστυλώματος

$$V_{ed}=2.2*(0.900-0.910)*213.4=-4.7\text{KN}$$

$$\rho=3436.1*100/2200*910 = 0.172\%$$



Χρησιμοποιώ $A_{s_{min}}= 3003\text{mm}^2$ (7Y25=3436.1mm²)

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

$$VR_{dc}=(0.18/\gamma_c)k(\rho*f_{ck})^{0.333}b_w*d$$

$$VR_{dc}=(0.18/1.5)*$$

$$1.47*(0.172*30)^{0.333}*2200*910$$

$$=609.92\text{KN}$$

$$V_{min}=0.035K^{3/2}f_{ck}*b*d$$

$$=0.035*1.47^{3/2}*30^{1/2}*2200*910$$

$$=684.019\text{KN} > V_{ed} \text{ (OK)}$$

Διάτρηση

Δεν χρειάζεται έλεγχος διάτρησης αφού η βασική περίμετρος 1820mm (2d)είναι μεγαλύτερη απο την διάσταση του πεδύλου (2200-400)/2=900mm

Έλεγχος αγκύρωσης:

Στην περίπτωση μας $f_{ck}=30\text{MPa}$, $f_{yk}=500$,
 $\varphi=18\text{mm}$ $\alpha=1$

$$l_{bd}=l_{brqd}=1*\varphi/4*\sigma_{sd}/f_{bd}$$

$$\sigma_{sd}=500*0.875=435\text{MPa}$$

$$f_{ctd}=\alpha_{ct}*f_{ctk0,05}/\gamma_c$$

$$f_{ctd}=1*2/1.5=1.33$$

$$f_{bd}=2.25*f_{ctk0,05}/\gamma_c$$

$$f_{bd}=2.25*1.33=3\text{MPa}$$

$$l_{bd}=l_{brqd}=1*(18/4)*435/3=652.5 < 850 \text{ (OK)}$$

Για το τοιχίο του θεμελίου:

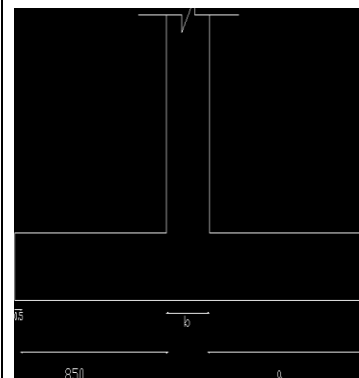
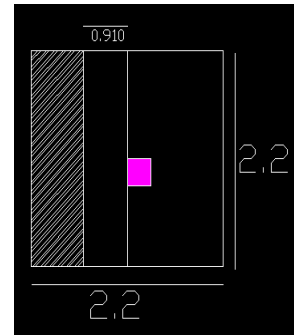
Απο τους υπολογισμούς που προέκυψαν απο τα τοιχώματα πιο πάνω:

$$M_{ed}=61342.07\text{KNm}$$

$$N_{ed}=3882\text{KN}$$

Κάνουμε την εξής παραδοχή: Υποθέτουμε ότι το πέδιλο του κάθε τοιχίου μας θα έχει διαστάσεις 15*6,4*2.5.

Η Ροπή επαναφοράς υπολογίζεται:



	<p>$(15 \cdot 6,4 \cdot 2,5 \cdot 25) = 6000 \text{KNm}$ $(6000 \cdot 7.5) + (3882 \cdot 7.5) = 74115 \text{KNm}$.</p> <p>Άρα η ροπή επαναφοράς είναι μεγαλύτερη απο την ροπή ανατροπής άρα (OK) αφού $74115 \text{KNm} > 61342.07 \text{KNm}$</p>	
--	--	--

8. Στατικά Σχέδια και Κατασκευαστικές Λεπτομέρειες

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την παρούσα διπλωματική εργασία διαπίστωνα ότι ο σχεδιασμός οπλισμένου σκυροδέματος αποτελεί την σημαντικότερη διαδικασία για την κατασκευή ενός κτηρίου. Για να πραγματοποιηθεί μια ορθή στατική μελέτη συνιστάται πολύ καλή γνώση των Ευρωκωδίκων καθώς και πλήρη κατανόηση τους. Μόνο με την σωστή χρήση τους μπορούμε να φτάσουμε στο σωστό και επιθυμητό αποτέλεσμα.

Μέσα από τις γνώσεις μου , ήταν λίγο δύσκολο να εξοικειωθώ με τους Ευρωκώδικες αφού είναι κάτι καινούριο και πρωτόγνωρο για όλους τους μηχανικούς.Υπάρχουν σημεία στα οποία οι Ευρωκώδικες αφήνουν στην κρίση του μηχανικού να πάρει κάποιες αποφάσεις και πρωτοβουλίες και αυτό είναι κάτι πολύ δύσκολο για ένα νέο μηχανικό ο οποίος σαφώς υστερεί σε εμπειρία. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να διαφαίνεται ο ρόλος του μηχανικού που είναι ο σπουδαιότερος για την εκπόνηση μιας στατικής μελέτης.

Μέσω της παρακολούθησης διαφόρων μαθημάτων όπως Οπλισμένο σκυρόδεμα, στατική , σεισμική, ανάλυση κατασκευών , θεμελιώσεις ήταν πιο εύκολο να κατανοήσω το θέμα της διπλωματικής εργασίας και να εφαρμόσω στην πράξη αυτά που έχω μάθει στην θεωρία. Η καλή γνώση των μαθημάτων αυτών αποτελούν τις θεμελιώδεις βάσεις για να γίνει κάποιος σπουδαίος μηχανικός. Η εμπειρία που απόκτησα από τις πρακτικές εξασκήσεις των καλοκαιριών με βοήθησαν πάρα πολύ να αντιληφθώ και να καταλάβω δύσκολα σημεία της μελέτης, Η εμπειρία αποτελεί σίγουρα απαραίτητο προσόν ενός άρτια καταρτισμένου μηχανικού αφού μέσω αυτής μαθαίνει και αντιλαμβάνεται πράγματα που δεν μπορούν να κατανοηθούν στην θεωρία.

Τέλος, αυξήθηκε το ενδιαφέρον για το αντικείμενο των σπουδών μου αφού ο σχεδιασμός οπλισμένου μέσω των Ευρωκωδίκων , των διαδικασιών και των πολλαπλών ελέγχων που ακολουθούνται έχει ως στόχο να πετύχει μια ασφαλή και οικονομική κατασκευή, όπου και αυτός είναι ο βασικότερος στόχος ενός πετυχημένου πολιτικού μηχανικού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ανδρέου, Δ., (2011). «Οπλισμένο Σκυρόδεμα ΙΙ - 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).

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

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

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

«Τι είναι το μπετόν, λίγη ιστορία και θεωρία:»,http://alpha6.gr/wp/?page_id=175(2011)

«Στατική αντισεισμική μελέτη και σχεδιασμός κτηρίου Διοίκησης Α.Π»,
<http://nemertes.lis.upatras.gr/dspace/bitstream/123456789/1309/10/nemertes_kartsakas.pdf> (Οκτώβριος, 2008)

«Ελληνική απόδοδοση Ευρωκώδικα 2»,
<<http://www.scribd.com/doc/43734246/Eurocode-2-Part-1-1-En1992-1-1-Oct2004-GR>>(Οκτώβριος,2004)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

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	β_{vx} for values of l_y/l_x								β_{vy}
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.75	2.0	
Four edges continuous									
Continuous edge	0.33	0.36	0.39	0.41	0.43	0.45	0.48	0.50	0.33
One short edge discontinuous									
Continuous edge	0.36	0.39	0.42	0.44	0.45	0.47	0.50	0.52	0.36
Discontinuous edge	—	—	—	—	—	—	—	—	0.24
One long edge discontinuous									
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	—
Two adjacent edges discontinuous									
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
Two short edges discontinuous									
Continuous edge	0.40	0.43	0.45	0.47	0.48	0.49	0.52	0.54	—
Discontinuous edge	—	—	—	—	—	—	—	—	0.26
Two long edges discontinuous									
Continuous edge	—	—	—	—	—	—	—	—	0.40
Discontinuous edge	0.26	0.30	0.33	0.36	0.38	0.40	0.44	0.47	—
Three edges discontinuous (one long edge discontinuous)									
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
Three edges discontinuous (one short edge discontinuous)									
Continuous edge	—	—	—	—	—	—	—	—	0.45
Discontinuous edge	0.29	0.33	0.36	0.38	0.40	0.42	0.45	0.48	0.30
Four edges discontinuous									
Discontinuous edge	0.33	0.36	0.39	0.41	0.43	0.45	0.48	0.50	0.33

Table 3.14 Bending moment coefficients for rectangular panels supported on four sides with provision for torsion at corners									
Type of panel and moments considered	Short span coefficients, β_{sx}								Long span coefficients, β_{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	
Interior panels									
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
One short edge discontinuous									
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
One long edge discontinuous									
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
Two adjacent edges discontinuous									
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
Two short edges discontinuous									
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
Two long edges discontinuous									
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
Three edges discontinuous (one long edge continuous)									
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
Three edges discontinuous (one short edge continuous)									
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
Four edges discontinuous									
Positive moment at mid-span	0.055	0.065	0.074	0.081	0.087	0.092	0.103	0.111	0.056

Αριθμός ράβδων	mm ²											
	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 = 804.2mm²

Απόσταση ράβδων	mm ² / 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 = 714.0mm²/m

ΠΙΝΑΚΑΣ 61 - 3

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΒΑΣΙΚΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ l_b (cm)

S₅₀₀

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

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	48	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