

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΩΡΟΦΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ
ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ
ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 2

Γοργόνα Αντωνίου

Λεμεσός 2011

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΩΡΟΦΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ
ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ
ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 2

Γοργόνα Αντωνίου

Επιβλέπων καθηγητής κος Μιχαλάκης Πουλλαΐδης

Λεμεσός 2011

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Γοργόνα Αντωνίου 2011

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας μου κύριο Μιχαλάκη Πουλλαΐδη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου αυτή την εργασία, για την καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκειά της και κυρίως για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα ενδιαφέρον αντικείμενο. Επίσης ευχαριστώ την Quality Group και τον καθηγητή κύριο Λοίζο Παπαλοΐζου για τις παρατηρήσεις και τις υποδείξεις τους στη βελτίωση της εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή εργασία έχει θέμα το σχεδιασμό μίας διώροφης κατοικίας με οπλισμένο σκυρόδεμα σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2. Πραγματεύεται την στατική μελέτη και σχεδιασμό ενός κτιρίου που ο φέροντας οργανισμός του συνίσταται από οπλισμένο σκυρόδεμα, σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2. Η εργασία περιλαμβάνει μία αρχική μελέτη σε ένα γενικότερο θεωρητικό υπόβαθρο και στη συνέχεια την ανάλυση και σχεδιασμό πλάκας, δοκών, υποστυλωμάτων και θεμελίων του κτιρίου. Επίσης παρουσιάζεται η στατική μελέτη της διώροφης κατοικίας με τη χρήση του στατικού λογισμικού προγράμματος Fespa και μια μικρή σύγκριση των αποτελεσμάτων. Ο στόχος της εργασίας είναι η ουσιαστική επαφή με τον Ευρωκώδικα 2, η εκμάθηση του και η καλύτερη κατανόηση του. Τα επιτεύγματα της πτυχιακής εργασίας είναι η ανάπτυξη ικανότητας σχεδιασμού ενός κτιρίου ακολουθώντας τις οδηγίες του Ευρωπαϊκού Προτύπου και η καλύτερη κατανόηση του γνωστικού αντικείμενο του κλάδου της Πολιτικής Μηχανικής. Από την ολοκλήρωση της στατικής μελέτης και του σχεδιασμού της διώροφης κατοικίας διεξάγονται μερικά κύρια συμπεράσματα που αφορούν τις στατικές μελέτες και γενικότερα το σχεδιασμό μιας κατασκευής.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vi
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	xiii
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ.....	xiv
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	xvi
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΓΙΑ ΤΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	1
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ:.....	1
1.2 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	3
1.2.1 ΣΥΝΑΦΕΙΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ – ΧΑΛΥΒΑ:	4
1.3 ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.....	4
1.4 ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΛΥΒΑ	5
1.5 ΒΑΣΙΚΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	5
1.5.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ:	6
1.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΑ	8
1.6.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ:	8
1.7 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	8
1.8 ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	10
1.8.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	10
1.9 ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ:	11
1.9.1 ΣΤΟΧΟΣ:.....	12
1.9.2 ΔΡΑΣΕΙΣ.....	13
1.9.3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ:	13

1.10	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 2.....	13
2	ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΛΑΚΑΣ:	16
2.1	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΥΨΟΥΣ ΠΛΑΚΑΣ ΟΡΟΦΟΥ:	16
2.2	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΥΨΟΥΣ ΠΛΑΚΑΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ:	17
2.3	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΒΑΡΟΥΣ	17
2.3.1	Υπολογισμός φορτίων βάρους - μόνιμα φορτία ισογείου.....	17
2.3.2	Υπολογισμός φορτίων βάρους - μόνιμα φορτία ορόφου	18
2.4	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΙΩΤΙΚΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	19
2.5	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	22
2.6	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΙΩΤΙΚΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΟΡΟΦΟΥ.....	29
2.7	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	31
3	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΑΚΑΣ.....	32
3.1	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΑΚΑΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	32
3.2	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΑΚΑΣ ΟΡΟΦΟΥ	60
3.3	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΚΑΛΑΣ.....	60
4	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΟΚΩΝ.....	63
4.1	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΠΟ ΠΛΑΚΕΣ ΣΕ ΔΟΚΟΥΣ.....	66
4.2	ΣΥΝΕΧΟΜΕΝΕΣ ΔΟΚΟΙ.....	67
4.2.1	Συνδυασμοί δράσεων για συνεχόμενες δοκούς:	67
4.2.2	Σχεδιασμός σε κάμψη και διάτμηση:	71
4.3	ΔΟΚΟΙ ΕΝΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (ONE SPAN BEAMS)	79
5	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ.....	85
5.1	ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ.....	85
5.2	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ.....	86
6	ΘΕΜΕΛΙΑ	93
6.1	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΟΥ ΠΕΔΙΛΟΥ	94

7	ΣΤΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ FESPA.....	101
7.1	ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ FESPA	102
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ/ ΕΠΙΛΟΓΟΣ	109
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	111
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	113
8	ΠΛΑΚΑ	113
8.1	ΤΕΤΡΑΕΡΕΙΣΤΕΣ ΠΛΑΚΕΣ.....	113
8.2	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	116
8.3	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΤΟΝ ΟΡΟΦΟ	122
9	ΔΟΚΟΙ.....	145
9.1	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΠΟ ΠΛΑΚΕΣ ΣΕ ΔΟΚΟΥΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ.....	145
9.2	ΔΟΚΟΙ ΕΝΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (ONE SPAN BEAMS)	166
9.3	ΣΥΝΕΧΟΜΕΝΕΣ ΔΟΚΟΙ.....	179
10	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ	188
11	ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΑ ΠΕΔΙΛΑ.....	192
12	ΣΧΕΔΙΑ	199

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Μειωτικοί συντελεστές ισογείου.....	20
Πίνακας 2: Συνδυασμοί φόρτισης στον άξονα x.....	23
Πίνακας 3: Συνδυασμοί φόρτισης στον άξονα y.....	25
Πίνακας 4: Μειωτικοί συντελεστές ορόφου	29
Πίνακας 5: Μεταφορά φορτίων σε δοκούς Δ3.1-Δ3.2.....	66
Πίνακας 6: Οπλισμός πλάκας.....	103
Πίνακας 7: Οπλισμός πλάκας.....	104
Πίνακας 8: Οπλισμός δοκών	105
Πίνακας 9: Οπλισμός δοκών	106
Πίνακας 10: Οπλισμός δοκών	107
Πίνακας 11: Οπλισμός Υποστυλωμάτων.....	108
Πίνακας 12: Συνδυασμοί φόρτισης στον άξονα x.....	116
Πίνακας 13: Συνδυασμοί φόρτισης στον άξονα y.....	118
Πίνακας 14: Μεταφορά φορτίων από πλάκες σε δοκούς.....	145
Πίνακας 15: Οπλισμός συνεχόμενων δοκών.....	179

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Διάρθρωση Ευρωκωδίκων.....	14
Εικόνα 2: Διάρθρωση Ευρωκωδίκων.....	15
Εικόνα 3: Μέθοδος Marcus.....	19
Εικόνα 4: Κάτοψη πλάκας ισογείου με μειωτικούς συντελεστές.....	22
Εικόνα 5: Κάτοψη πλάκας ορόφου με μειωτικούς συντελεστές.....	31
Εικόνα 6: Ελάχιστος απαιτούμενος οπλισμός (Minimum areas of reinforcement).....	61
Εικόνα 7: Basic span effective depth ratios.....	61
Εικόνα 8: Σκάλα υποστηριζόμενη από δοκούς.....	62
Εικόνα 9: Κάτοψη ισογείου με τα εμβαδά που αντιστοιχούν σε κάθε δοκό.....	64
Εικόνα 10: Κάτοψη ορόφου με τα εμβαδά που αντιστοιχούν σε κάθε δοκό.....	65
Εικόνα 11: 1 ^{ος} συνδυασμός δράσεων.....	68
Εικόνα 12: 2 ^{ος} συνδυασμός δράσεων.....	69
Εικόνα 13: 3 ^{ος} συνδυασμός δράσεων.....	70
Εικόνα 14: Οριζόντια τομή.....	71
Εικόνα 15: Συντελεστές κατανομής ροπής.....	82
Εικόνα 16: Πραγματικό μήκος υποστυλώματος.....	85
Εικόνα 17: Τιμές για τον συντελεστή β.....	91
Εικόνα 18: Τμήμα υποστυλώματος (Column section).....	91
Εικόνα 19: Ορθογώνια υποστυλώματα με $d'/h=0,20$ (Rectangular columns).....	92
Εικόνα 20: Μεμονωμένο πέδιλο – Κατανομή πίεσης (Pad footing – pressure distribution)...	93
Εικόνα 21: Διατμητική αντοχή των πλακών χωρίς διατμητικό οπλισμό $,v_{Rd,c}$ N/mm ² (Class C30/35).....	97
Εικόνα 22: Συντελεστής τροποποίησης αντοχής του σκυροδέματος.....	97
Εικόνα 23: Μέγιστη διάμετρος ράβδου.....	97

Εικόνα 24: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας κατά την οριακή κατάσταση αστοχίας.....	98
Εικόνα 25: Κρίσιμα σημεία για το σχεδιασμό	98
Εικόνα 26: Lever arm curve	99
Εικόνα 27: Τετραέρειστες πλάκες με ελεύθερη έδραση των τεσσάρων παρυφών	113
Εικόνα 28: Τετραέρειστες πλάκες, με πλήρη πάκτωση μίας παρυφής και ελεύθερη έδραση των τριών άλλων	113
Εικόνα 29: Τετραέρειστες πλάκες, με πλήρη πάκτωση μιας παρυφής και ελεύθερη έδραση των τριών άλλων	114
Εικόνα 30: Τετραέρειστες πλάκες με πλήρη πάκτωση δυο απέναντι πλευρών και ελεύθερη έδραση των δυο άλλων.....	114
Εικόνα 31: Τετραέρειστες πλάκες, με πλήρη πάκτωση δυο απέναντι πλευρών και ελεύθερη έδραση των δυο άλλων.....	114
Εικόνα 32: Τετραέρειστες πλάκες, με πλήρη πάκτωση δυο γειτονικών παρυφών και ελεύθερη έδραση των δυο άλλων.....	115
Εικόνα 33: Τετραέρειστες πλάκες, με πλήρη πάκτωση των τριών παρυφών και ελεύθερη έδραση της άλλης.....	115
Εικόνα 34: Τετραέρειστες πλάκες, με πλήρη πάκτωση των τριών παρυφών και μία ελεύθερη έδραση.....	115
Εικόνα 35: Τετραέρειστες πλάκες, με πλήρη πάκτωση των τεσσάρων παρυφών	116
Εικόνα 36: Κανόνες σχεδιασμού για πλάκες	199
Εικόνα 37: Κανόνες σχεδιασμού για δοκούς	200

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Περιβάλλουσα ροπών	27
Διάγραμμα 2: Περιβάλλουσα ροπών	28
Διάγραμμα 3: Περιβάλλουσα ροπών	29
Διάγραμμα 4: Περιβάλλουσα ροπών συνεχόμενων δοκών Δ3.1-Δ3.2	71
Διάγραμμα 5: Περιβάλλουσα ροπών	121
Διάγραμμα 6: Περιβάλλουσα ροπών	122

ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

Variable load	Μεταβλητό φορτίο
Ultimate load	Μέγιστο φορτίο
Limiting span effective depth ratio	Περιοριστικός λόγος βάθους
Span effective depth ratio	Λόγος βάθους
Actual span effective depth ratio	Πραγματικός λόγος βάθους
Transverse distribution steel	Εγκάρσια διανομή χάλυβα
Minimum areas of reinforcement	Ελάχιστος απαιτούμενος οπλισμός
Shear links	Συνδετήρες για διάτμηση
Maximum bar spacing	Μέγιστη απόσταση ράβδων
Maximum design shear	Μέγιστη σχεδιαστική τιμή διάτμησης
Frames	Αμετάθετα πλαίσια
Short	Κοντό-μη λυγρό
Slender	Λυγρό
Effective column height	Ύψος υποστυλώματος
Slenderness ratio	Λόγος λυγηρότητας
Radius of gyration	Ακτίνα περιστροφής
Distribution factor for the column	Συντελεστής κατανομής
Biaxial bending	Διαξονική Κάμψη
Column section	Τμήμα υποστυλώματος
Rectangular columns	Ορθογώνια υποστυλώματα

Pad footing	Μεμονωμένο πέδιλο
Pressure distribution	Κατανομή πίεσης
Characteristic axial loads	Αξονικά χαρακτηριστικά φορτία
Serviceability limit state	Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας
Ultimate limit state	Οριακή κατάσταση αστοχίας
Punching shear	Διάτρηση σε διάτμηση
Critical perimeter	Κρίσιμη περίμετρος
Area within perimeter	Εμβαδόν – Περιοχή με περίμετρο
Punching shear force	Τέμνουσα διάτρησης
Punching shear stress	Διατμητική τάση σε διάτρηση
Ultimate shear stress	Οριακή διατμητική τάση
Shear resistance	Αντοχή σε διάτμηση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πτυχιακή εργασία πραγματεύεται την στατική μελέτη και σχεδιασμό ενός κτιρίου που ο φέρωντας οργανισμός του συνίσταται από οπλισμένο σκυρόδεμα.. Το αντικείμενο της εργασίας είναι η ανάλυση και σχεδιασμός μιας διώροφης κατοικίας με οπλισμένο σκυρόδεμα σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2. Η στατική ανάλυση της κατοικίας υπολογίζεται με βάση το Ευρωπαϊκό Πρότυπο και όλοι οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται χωρίς τη χρήση κάποιου στατικού λογισμικού προγράμματος, παρά μόνο στο τέλος όπου συγκρίνονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν. Ο σκοπός της εργασίας είναι η καλύτερη επαφή με τον Ευρωκώδικα 2 και η ανάπτυξη ικανότητας του φοιτητή να χειρίζεται τον Ευρωκώδικα 2 που εφαρμόζεται αναγκαστικά στα γραφεία μελετών από το 2011. Η μεθοδολογία της έρευνας που ακολουθήθηκε για να εκπονηθεί η εργασία ήταν μια αρχική μελέτη σε ένα γενικότερο θεωρητικό υπόβαθρο και στη συνέχεια η ανάλυση και σχεδιασμός πλάκας, δοκών, υποστυλωμάτων και θεμελίων. Οι πηγές πληροφόρησης και το γνωσιολογικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο στηρίζεται η εργασία πέρα από τον Ευρωκώδικα 2 είναι σημειώσεις από διαλέξεις των μαθημάτων Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος I και II και τα βιβλία «Reinforced concrete design to Eurocode 2, sixth Edition, Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse» και «How to Design Concrete Structures using Eurocode 2, The Concrete Centre». Κατά την ετοιμασία της πτυχιακής εργασίας δεν παρουσιάστηκαν σημαντικά προβλήματα και ο σκοπός της εργασίας πραγματοποιήθηκε επιτυχώς. Η εργασία αποτελείται από επτά κεφάλαια που αναλύονται σε επιμέρους μέρη. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ένα θεωρητικό υπόβαθρο που αφορά το οπλισμένο σκυρόδεμα, τα χαρακτηριστικά του όπως και τον Ευρωκώδικα 2. Στο δεύτερο και τρίτο κεφάλαιο φαίνονται οι υπολογισμοί για την ανάλυση και σχεδιασμό πλάκας αντίστοιχα. Ακολουθεί το τέταρτο κεφάλαιο με το σχεδιασμό δοκών της διώροφης κατοικίας, το πέμπτο ασχολείται με το σχεδιασμό υποστυλωμάτων και στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο σχεδιασμός θεμελίων και συγκεκριμένα μεμονωμένων πεδίων. Στο έβδομο κεφάλαιο πραγματοποιείται η στατική ανάλυση με το πρόγραμμα fespa και ακολουθούν τα συμπεράσματα και παραρτήματα με περαιτέρω υπολογισμούς και σχέδια.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΓΙΑ ΤΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ:

Το permissible stress design είναι μια σχεδιαστική φιλοσοφία που χρησιμοποιείται από τους πολιτικούς μηχανικούς. Ο σχεδιαστής εξασφαλίζει ότι οι τάσεις που αναπτύσσονται σε μια κατασκευή από τα φορτία, δεν υπερβαίνουν το όριο ελαστικότητας. Έχει γενικά αντικατασταθεί σε διεθνές επίπεδο από το limit state design όσον αφορά κατασκευές στη μηχανική εκτός από κάποιες μεμονωμένες περιπτώσεις.

Το limit state design έχει αντικαταστήσει την παλαιότερη έννοια του σχεδιασμού permissible state design στις περισσότερες μορφές του πολιτικού μηχανικού. Αξιοσημείωτες εξαιρέσεις αποτελούν η γεωτεχνική μηχανική και συγκοινωνιακή μηχανική. Η μέθοδος αυτή είναι στην πραγματικότητα ένας εκσυγχρονισμός και ορθολογισμός των γνώσεων μηχανικού. Ένα κριτήριο σχεδιασμού που διευκρινίζει ότι με αποδεκτές πιθανότητες μια κατασκευή δεν θα φτάσει στην οριακή κατάσταση στην οποία θα είναι ακατάλληλη για τη χρήση για την οποία σχεδιάστηκε ή η οριακή κατάσταση θα αποτύχει. Πέρα από την έννοια του limit state design (LSD), το LSD είναι η εφαρμογή των στατιστικών στοιχείων για τον προσδιορισμό του επιπέδου ασφαλείας που απαιτείται από τη διαδικασία σχεδιασμού ή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σχεδιασμού. Το limit state design απαιτεί μια κατασκευή, που να πληρεί δυο βασικά κριτήρια: την οριακή κατάσταση αστοχίας (ULS) και την οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS). Το limit state είναι ένα σύνολο κριτηρίων απόδοσης (π.χ. επίπεδα δονήσεων, παραμορφώσεων, λυγισμός), που πρέπει να πληρούνται όταν η δομή υπόκειται σε φορτία.

Το limit state design ενός έργου μηχανικής πρέπει να εξασφαλίζει ότι υπό τις χειρότερες φορτίσεις η κατασκευή θα είναι ασφαλής και υπό κανονικές συνθήκες εργασίας η παραμόρφωση των μελών δεν μειώνει την αντοχή ή την απόδοση της δομής. Παρά τις δυσκολίες για την αξιολόγηση της ακριβούς φόρτισης και τις διαφοροποιήσεις στην αντοχή του σκυροδέματος και του χάλυβα, οι απαιτήσεις αυτές πρέπει να πληρούνται.

Οι τρεις βασικές μέθοδοι που χρησιμοποιούν συντελεστές ασφαλείας για να επιτύχουν ασφαλή και λειτουργικές δομές εδώ και πολλά χρόνια είναι:

- Permissible stress μέθοδος όπου η τελική αντοχή του υλικού διαιρείται με έναν παράγοντα ασφάλειας για την εξασφάλιση τάσεων σχεδιασμού στην ελαστική περιοχή.
- Η load factor μέθοδος (συντελεστή φορτίου) κατά την οποία τα εργάσιμα φορτία πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή ασφαλείας.
- Η limit state μέθοδος η οποία πολλαπλασιάζει τα φορτία με τους επιμέρους συντελεστές ασφαλείας και διαιρεί τις τελευταίες αντοχές υλικών με περαιτέρω παράγοντες ασφαλείας.

Η permissible stress μέθοδος έχει αποδειχθεί ότι είναι απλή και χρήσιμη, αλλά έχει κάποιες σοβαρές ανακολουθίες και γενικά δεν χρησιμοποιείται πλέον διότι βασίζεται σε μια ελαστική κατανομή των τάσεων που δεν ισχύει πραγματικά για ένα ημιπλαστικό υλικό, όπως σκυρόδεμα και δεν είναι κατάλληλη όταν οι παραμορφώσεις δεν είναι ανάλογες με το φορτίο, όπως στις λεπτές κολώνες. Επίσης, έχει διαπιστωθεί ότι είναι επισφαλής όταν ασχολείται με τη σταθερότητα των δομών που υπόκεινται σε ανατροπή των δυνάμεων.

Στην load factor μέθοδο η τελευταία αντοχή των υλικών πρέπει να χρησιμοποιηθεί στους υπολογισμούς. Δεν μπορεί να λάβει υπόψη άμεσα τη μεταβλητότητα των υλικών και επίσης δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογίσει τις παραμορφώσεις ή το ράγισμα. Είναι μια μέθοδος σχεδιασμού που έχει πλέον ουσιαστικά αντικατασταθεί από τις σύγχρονες μεθόδους σχεδιασμού (limit state design).

Η limit state μέθοδος, ακολουθείται ευρέως σε όλη την Ευρώπη και σε πολλά άλλα μέρη του κόσμου και ξεπερνά πολλά από τα μειονεκτήματα των δύο προηγούμενων μεθόδων. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή επιμέρους συντελεστών ασφαλείας, για τα φορτία και τις αντοχές των υλικών και το μέγεθος των παραγόντων μπορεί να ποικίλλει, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σε πλαστικές συνθήκες στην τελική αντοχή ή με την πιο ελαστική περιοχή. Η ευελιξία αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική εάν τα πλήρη οφέλη πρόκειται να ληφθούν από την ανάπτυξη των βελτιωμένων ιδιοτήτων σκυροδέματος και χάλυβα.

Όλα τα κριτήρια σχεδιασμού των μηχανικών έχουν ένα κοινό στόχο. Την εξασφάλιση ενός ασφαλούς έργου και τη διασφάλιση της λειτουργικότητας του συστήματος.

1.2 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Το σκυρόδεμα είναι ένας τεχνητός λίθος, ο οποίος παρασκευάζεται με την ανάμιξη κατάλληλων αναλογιών τσιμέντου, αδρανών και νερού. Οι αναλογίες τσιμέντου, αδρανών και νερού αναμιγνύονται, δίνοντας ένα νωπό σκυρόδεμα που συμπυκνώνεται και συντηρείται μέχρι την τελική του μορφή (στερεό σώμα) και μέχρι να αποκτήσει τις προδιαγεγραμμένες ιδιότητες αντοχής και ανθεκτικότητας.

Η διαδικασία παραγωγής του σκυροδέματος από την παρατεταμένη νωπή και μεταβατική κατάσταση του πριν τη σκλήρυνση του, αποτελεί επανάληψη της αρχικής δημιουργίας του γήινου φλοιού και τεχνητή προέκταση στις κατασκευές από σκυρόδεμα. Το σκυρόδεμα χαρακτηρίζεται από αυξημένη αντοχή σε συμπίεση, αυξημένη θλιπτική αντοχή και αμελητέα ικανότητα τάνυσης, αμελητέα εφελκυστική αντοχή. Στην πρώτη φάση δημιουργίας του εμφανίζει μεγάλη ανθεκτικότητα στο χρόνο.

Οι πρώτες εφαρμογές του σκυροδέματος μιμήθηκαν φυσικούς σχηματισμούς (π.χ. φυσικών λίθων, λόφων, σπηλιών). Ήταν κατακόρυφα στοιχεία ή θολωτά κτίσματα και αργότερα από τη σύνθεση τους κωνοειδή κτίσματα. Στη συνέχεια οι κατασκευές άρχισαν να ορθογωνοποιούνται. Εξαιτίας της οριζοντίωσης των μελών της κατασκευής η ροή των φορτίων αποκλίνει από τη φυσική κατακόρυφη τροχιά της. Η απόκλιση αυτής της ροής των φορτίων θέτει σε λειτουργία το νόμο της εξισορρόπησης, όπου αναπτύσσονται ελκτικές-εφελκυστικές δυνάμεις οι οποίες τείνουν να επαναφέρουν τη ροή των φορτίων στην κατακόρυφη φυσική τροχιά της.

Το σκυρόδεμα σαν τεχνητός λίθος μπορεί να συμπιεστεί, να θλιβεί αλλά δεν μπορεί να εκταθεί, να εφελκυστεί. Η εφελκυστική ικανότητα του είναι αμελητέα και συγκεκριμένα μικρότερη από το 1/10 της θλιπτικής ικανότητας του. Για την εφαρμογή του σε οριζόντιους καμπτόμενους φορείς το σκυρόδεμα οπλίζεται με το χάλυβα, ένα υλικό με μεγάλη εφελκυστική αντοχή, ο οποίος ενσωματώνεται στις εφελκυσόμενες περιοχές του φορέα με τη μορφή ράβδων και το σκυρόδεμα μεταλλάσσεται σε οπλισμένο σκυρόδεμα. Η ενσωμάτωση του χάλυβα γίνεται κατά τη νωπή φάση και πρέπει να εξασφαλιστεί ότι οι ράβδοι θα κολλήσουν στο σκυρόδεμα ώστε να παρακολουθήσουν την έκταση του και να ενταθούν. Η κόλληση αυτή, η συνάφεια, σκυροδέματος με χάλυβα επιτυγχάνεται με την παρουσία τσιμεντοπολτού γύρω από τις ράβδους.

1.2.1 ΣΥΝΑΦΕΙΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ – ΧΑΛΥΒΑ:

Οι κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα βασίζονται στη συνεργασία του σκυροδέματος και του ενσωματωμένου σιδηρού οπλισμού. Η επιτυχής συνεργασία των δυο υλικών εξασφαλίζεται μέσω μιας συνδυασμένης δράσης μηχανισμών που παρεμποδίζουν την σχετική ολίσθηση μεταξύ των ράβδων οπλισμού και του περιβάλλοντος σκυροδέματος. Η δράση αυτή αποδίδεται με τον όρο συνάφεια και προσομοιάζεται με τη δημιουργία διατμητικών τάσεων στη διεπιφάνεια χάλυβα-σκυροδέματος, των τάσεων συνάφειας.

Η συνάφεια του οπλισμού στο σκυρόδεμα είναι μια από τις βασικές παραμέτρους που επιτρέπει τη χρήση του οπλισμένου σκυροδέματος σαν δομικό υλικό μελών των κατασκευών. Η μεταφορά δύναμης από τους οπλισμούς στο γύρω σκυρόδεμα γίνεται μέσω της συνάφειας χάλυβα-σκυροδέματος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή της δύναμης του χάλυβα κατά μήκος του καθώς και τη μεταβολή της δύναμης στο σκυρόδεμα στο ίδιο μήκος. Η ανάπτυξη της συνάφειας συνοδεύεται από σχετική ολίσθηση του χάλυβα εν σχέση προς το σκυρόδεμα και επομένως στη διαφάνεια στη διεπιφάνεια χάλυβα-σκυροδέματος οι παραμορφώσεις του χάλυβα και οι παραμορφώσεις του γειτονικού σκυροδέματος δεν είναι εν γένει ίδιες. Η συνάφεια επηρεάζει μια σειρά από δομικές λειτουργίες στο οπλισμένο σκυρόδεμα. Στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας, η συνάφεια εισέρχεται περιορισμό του εύρους των ρωγμών και των βελών. Στην οριακή κατάσταση αστοχίας, η αντοχή των αγκυρώσεων και παραθέσεων οπλισμών εξαρτάται από τη συνάφεια.

Το οπλισμένο σκυρόδεμα, ως το συνδυασμένο αποτέλεσμα σκυροδέματος και χάλυβα επιδεικνύει σε σημαντικό βαθμό τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των δυο συστατικών του. Ένα από τα κυριότερα μειονεκτήματα του χάλυβα είναι η διαβρωσιμότητα του. Η μικρή ανθεκτικότητα του και το μεγάλο σχετικά ειδικό βάρος. Τα πλεονεκτήματα του είναι η προσαρμοστικότητα, μονολιθικότητα, ευρύτητα εφαρμογών.

1.3 ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Το σκυρόδεμα ταυτοποιείται με βάση τη συμβατική θλιπτική αντοχή του και κατατάσσεται σε κατηγορίες συμβολισμένο ως Ca/β (π.χ. C12/16, C16/20, C20/25, C25/30, C30/35). Η κατηγορία C12/16 επιτρέπεται μόνον για μη φέρουσες κατασκευές. Στο συμβολισμό της κατηγορίας το γράμμα C προέρχεται από το Concrete δηλώνοντας το είδος του υλικού. Οι αριθμοί α και β δηλώνουν τη συμβατική αντοχή σε MPa μετρούμενη

συμβατικά σε συμβατικό κυλινδρικό δοκίμιο και συμβατικό κυβικό δοκίμιο αντίστοιχα. Όταν στην ταυτοποίηση αναφέρεται μια μόνον τιμή π.χ.C20, αντιστοιχεί στην αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου που λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό των φορέων.

1.4 ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΛΥΒΑ

Ο χάλυβας ταυτοποιείται βάσει της συμβατικής εφελκυστικής αντοχής του η οποία είναι ίδια με τη θλιπτική αντοχή του. Διακρίνονται οι κατηγορίες S220 για λείο χάλυβα και S500 για χάλυβα με νευρώσεις. Στο συμβολισμό το γράμμα S δηλώνει το υλικό του (Steel) και ο αριθμός την αντοχή του σε MPa.

1.5 ΒΑΣΙΚΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Η αντοχή του σκυροδέματος προσδιορίζεται με το ειδικό βάρος του οπλισμένου σκυροδέματος που είναι ίσο με 2500 Kg/m³.

Η πιο σημαντική ιδιότητα του σκυροδέματος είναι η θλιπτική αντοχή. Η θλιπτική του αντοχή ακόμη και σε άοπλο σκυρόδεμα είναι ο λόγος για τον οποίο γίνεται η τόση χρήση του υλικού στις κατασκευές. Η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος καθορίζεται με τη βοήθεια τυποποιημένων μεθόδων δοκιμασίας και ταξινομείται σε κατηγορίες αντοχής με αναφορά την κυλινδρική θλιπτική αντοχή $f_{ck,cyl}$ ή τη θλιπτική αντοχή $f_{ck,cube}$ σύμφωνα με τον EN 206. Συμβολίζεται ως f_c στους κανονισμούς οπλισμένου σκυροδέματος και αναφέρεται στην μονοαξονική θλιπτική αντοχή. Η αντοχή μετράται στις 28 ημέρες σε κυλινδρικά δοκίμια διαμέτρου 150mm και ύψους 300mm ή κυβικά δοκίμια ακμής 150mm. Ο Ευρωπαϊκός Κανονισμός EN 206-1 οπλισμένου σκυροδέματος ορίζει ως βάση τη χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή f_{ck} όπου θεωρείται εκείνη η τιμή αντοχής κάτω της οποίας υπάρχει πιθανότητα 5% να βρεθεί η τιμή αντοχής ενός τυχαίου δοκιμίου. Η μέση θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος f_{cm} συνδέεται με τη χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή f_{ck} με τη σχέση:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ (MPa)}$$

Ο έλεγχος θλιπτικής αντοχής με κριτήρια συμμορφώσεων του Ευρωπαϊκού Κανονισμού:

ο έλεγχος συνοπτικά έχει ως εξής: αρχικός έλεγχος των 35 πρώτων δοκιμίων ανά 3, με βάση τα κριτήρια:

- για μέσο όρο 3 δοκιμίων $\geq f_{ck} + 4$ και
- για κάθε μεμονωμένο δοκίμιο $x_i \geq f_{ck} - 4$

Από τα δοκίμια αυτά προσδιορίζεται και η τυπική απόκλιση της παραγωγής σ . Ακολουθεί συνεχής έλεγχος με τα κριτήρια:

- για μέσο όρο 15 δοκιμίων $\geq f_{ck} + 1.48\sigma$ και
- για κάθε μεμονωμένο δοκίμιο $\geq f_{ck} - 4$

Η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος f_{ct} , η μέγιστη τάση που μπορεί να αναλάβει το άοπλο σκυρόδεμα όταν υποβάλλεται σε μονοαξονικό εφελκυσμό μέχρι να ρηγματωθεί, είναι σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη αντοχή σε θλίψη. Η μικρή τιμή της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος είναι ένα σημαντικό πρόβλημα του ως δομικό υλικό και για να αντιμετωπιστεί τοποθετούνται στο σκυρόδεμα οπλισμοί από χάλυβα, οι οποίοι καλούνται να παραλάβουν τις εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία. Ο κανονισμός υπολογίζει τη μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος f_{ctm} με βάση τη χαρακτηριστική τιμή της θλιπτικής αντοχής από τη σχέση:

$$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3} \text{ (MPa)}$$

1.5.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ:

Οι τιμές των ιδιοτήτων του δομικού υλικού, αναγκαίες για τον υπολογισμό των άμεσων στιγμιαίων και των χρόνιων παραμορφώσεων του σκυροδέματος, πέρα από την κατηγορία αντοχής του σκυροδέματος, εξαρτώνται από τις ιδιότητες των αδρανών του σκυροδέματος και από τις συνθήκες περιβάλλοντος. Για τον ακριβή υπολογισμό, οι τιμές πρέπει να καθορίζονται με βάση γνωστά στοιχεία για το κάθε ένα από τα δομικά υλικά και τις συνθήκες χρησιμοποίησής τους.

Παραμορφωσιακή συμπεριφορά:

Η παραμορφωσιακή συμπεριφορά του σκυροδέματος δηλώνεται με τη μορφή διαγράμματος των ορθών τάσεων σ και των ορθών παραμορφώσεων ϵ συμβατικού δοκιμίου επιπονούμενου σε κεντρική θλίψη. Το διάγραμμα αυτό είναι γνωστό ως ο καταστατικός νόμος του υλικού.

Μέτρο Ελαστικότητας:

Η μέση τιμή του μέτρου ελαστικότητας E_{cm} εκτιμάται βάσει της χαρακτηριστικής θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος. Το μέτρο ελαστικότητας E_{cm} είναι η κλίση της ευθείας του διαγράμματος σ - ϵ που οδηγεί στο 40% της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος.

Συντελεστής εγκάρσιας μήκυνσης/ λόγος του Poisson:

Για το λόγο του Poisson μπορεί να ληφθεί μια τιμή μεταξύ 0.00 και 0.20. Στην περιοχή ελαστικών παραμορφώσεων ο λόγος του Poisson λαμβάνεται ίσος με 0.20. Μπορεί να ληφθεί μηδέν (0) όταν επιτρέπεται η ρηγμάτωση του εφελκόμενου σκυροδέματος.

Συντελεστής θερμικής μήκυνσης / διαστολής: Ο συντελεστής θερμικής διαστολής μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 10×10^{-6} ανά $^{\circ}\text{C}$.

Ερπυσμός και συστολή ξήρανσης: ερπυσμός λέγεται το φαινόμενο κατά το οποίο σε στερεό σώμα στο οποίο ασκείται μια σταθερή δύναμη εκδηλώνεται αργή και συνεχής παραμόρφωση παρότι η τάση η οποία το καταπονεί είναι μικρότερη από το όριο διαρροής του υλικού. Το φαινόμενο εκδηλώνεται σε ψηλές θερμοκρασίες και όταν ασκούνται μηχανικές καταπονήσεις για παρατεταμένο χρόνο. Στον ερπυσμό η παραμόρφωση δίνεται σε συνάρτηση με τον χρόνο επιβολής της τάσης, το μέγεθος της τάσης και τη θερμοκρασία, $\epsilon = f(t, \sigma, T)$. Σαν προσεγγιστικός κανόνας, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια πρώτη εκτίμηση της περιοχής ερπυσμού για πολλά υλικά, έχει παρατηρηθεί ότι ο ερπυσμός συμβαίνει σε θερμοκρασίες πάνω από περίπου 1/3 της θερμοκρασίας τήξης του υλικού.

Συστολή ξήρανσης: η συστολή ξήρανσης του σκυροδέματος είναι ένα φυσικό φαινόμενο, το οποίο από μόνο του δεν συνιστά πρόβλημα. Προβλήματα ανακύπτουν όταν η συστολή ξήρανσης επέρχεται στην περιοχή ακλόνητων στοιχείων, όπως τοιχία, υποστυλώματα, παρακείμενες πλάκες, υποκείμενες στρώσεις σκυροδέματος ή στην διεπιφάνεια με το έδαφος έδρασης της κατασκευής. Όταν η συστολή ξήρανσης είναι παρεμποδιζόμενη αναπτύσσονται εφελκυστικές τάσεις στο σκυρόδεμα και μόλις αυτές υπερβούν την εφελκυστική του αντοχή δημιουργούνται ρωγμές. Επομένως το πρόβλημα δεν είναι η συστολή ξήρανσης αλλά οι ρηγματώσεις λόγω της συστολής ξήρανσης.

1.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΑ

Δομικός χάλυβας: Τα μηχανικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά των χαλύβων που χρησιμοποιούνται στο οπλισμένο σκυρόδεμα καθορίζονται από τον κανονισμό πρότυπο EN10080. Ο Ευρωκώδικας 2 ισχύει για εύρος αντοχής διαρροής f_{yk} από 400 έως 600 MPa και για χάλυβες με νευρώσεις και συγκολλίσιμους. Η μέση τιμή της πυκνότητας μπορεί να θεωρείται ίση προς 7850 kg/m^3 .

Χαρακτηριστική αντοχή: Η αντοχή του χάλυβα σε εφελκυσμό είναι σημαντική και βοηθά στην παραλαβή των εφελκυστικών τάσεων που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία. Ως χαρακτηριστική αντοχή f_{yk} θεωρείται η τιμή του ορίου διαρροής f_y ή του συμβατικού ορίου διαρροής $f_{0.2}$ για παραμένουσα παραμόρφωση 0.2% κάτω της οποίας υπάρχει 5% πιθανότητα να βρεθεί η τιμή αντοχής ενός τυχαίου δοκιμίου.

1.6.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ:

Μέτρο ελαστικότητας:

Όλοι οι χάλυβες έχουν κοινό μέτρο ελαστικότητας E_s σταθερό μέχρι τη διαρροή τους, το οποίο μπορεί να λαμβάνεται ίσο με 200 GPa.

Συντελεστής θερμικής διαστολής:

Ο συντελεστής θερμικής διαστολής του χάλυβα μπορεί να λαμβάνεται ίσος με $12 \cdot 10^{-6}$ ανά $^{\circ}\text{C}$. Πρακτικά είναι ο ίδιος με αυτόν του σκυροδέματος και η κοινή τους αυτή ιδιότητα βοηθά σημαντικά στην συνεργασία των δυο υλικών καθώς δεν αναπτύσσονται διαφορετικές παραμορφώσεις με τις μεταβολές της θερμοκρασίας, κάτι που θα μπορούσε να οδηγήσει στην απώλεια της συνεργασίας τους.

1.7 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Στο σχεδιασμό μιας κατασκευής πρέπει να ορίζονται τα πάντα και να δίνονται λύσεις και απαντήσεις για τη λειτουργικότητα, οικονομία και ασφάλεια. Ο σκοπός του σχεδιασμού είναι η επίτευξη μιας αποδεκτής πιθανότητας ότι η κατασκευή δε θα φτάσει σε καμιά οριακή κατάσταση κατά τη διάρκεια της ζωής της. Η μέθοδος σχεδιασμού με βάσει τους

Ευρωκώδικες είναι η μέθοδος των οριακών καταστάσεων σε συνδυασμό με τη χρήση επιμέρους συντελεστών ασφαλείας. Ένα δόμημα πρέπει να μελετάται και να κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο, ώστε κατά τη σκοπούμενη διάρκεια της ζωής του να παραμένει κατάλληλο για τη χρήση την οποία προορίζεται, να αναλαμβάνει όλες τις δράσεις και επιρροές. Για την παραγωγή ασφαλών, λειτουργικών και ανθεκτικών κατασκευών πέρα από τους αριθμητικούς υπολογισμούς, απαιτείται η ύπαρξη ικανού και έμπειρου προσωπικού, επαρκής επίβλεψη και έλεγχος ποιότητας, επαρκής συντήρηση της κατασκευής και η χρήση της κατασκευής να είναι αυτή που προβλέπεται από τις παραδοχές σχεδιασμού.

Όλα τα φέροντα μέλη της κατασκευής πρέπει να είναι σε θέση να μπορούν να μεταφέρουν όλα τα φορτία (μόνιμα, κατακόρυφα, μεταβλητά, ανέμου κ.τ.λ.) με ένα καθαρό και σύντομο τρόπο στα θεμέλια. Η κατασκευή δεν πρέπει να είναι ευάλωτη σε αστοχία τύπου ντόμινου λόγω ζημιάς σε ένα μέλος της λόγω τυχηματικής φόρτισης. Ο μηχανικός πρέπει να εξετάζει πιθανούς περιορισμούς που υπάρχουν στο οικοπέδο, την ευκολία κατασκευής, ευκολία συντήρησης ακόμη και την ευκολία κατεδάφισης.

Σταθερότητα: Πλευρική σταθερότητα πρέπει να εξασφαλίζεται από ένα σύστημα τοιχίων συμμετρικό ως προς το κέντρο βάρους της κατασκευής και αρκετά άκαμπτο που να αποφεύγονται φαινόμενα 2^{ης} τάξης στην κατασκευή σαν σύνολο. Όπου δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθούν συμμετρικά τοιχία οι στρεπτικές ροπές πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην κατανομή των φορτίων στα διάφορα τοιχία. Τα τοιχία όπου είναι δυνατόν πρέπει να είναι συνεχόμενα σε όλο το ύψος της κατασκευής και για λόγους κατασκευαστικούς δεν πρέπει να έχουν πάχος μικρότερο από 200mm. Όπου υπάρχουν αρμοί διαστολής τα επιμέρους μέρη της κατασκευής πρέπει να έχουν το δικό τους σύστημα τοιχίων που να προσφέρουν σταθερότητα.

Αρμοί διαστολής: ο σκοπός των αρμών διαστολής είναι για να ελαττώσουν τις επιπτώσεις των μετακινήσεων που προκαλούνται από θερμοκρασιακές αλλαγές, ερπυσμό, καθιζήσεις και συστολή ξήρανσης. Η αποτελεσματικότητα των αρμών διαστολής εξαρτάται από τη θέση τους. Πρέπει να περνούν από όλο το ύψος της κατασκευής και να χωρίζουν την κατασκευή σε απλά σχήματα. Στις συνθήκες της Κύπρου αρμοί διαστολής χρειάζονται περίπου κάθε 30m. Πρέπει να έχουμε υπόψη ότι η πρόνοια αρμών διαστολής είναι μια εξειδικευμένη εργασία αρκετά δαπανηρή και με πολλά προβλήματα αν δεν γίνει σωστά.

Αντίσταση στη φωτιά: Για τη προδιαγραφόμενη περίοδο αντίσταση στη φωτιά η κατασκευή πρέπει να έχει ικανοποιητική φέρουσα ικανότητα, να περιορίζει την άνοδο της θερμοκρασίας

στην απέναντι πλευρά, να έχει ικανοποιητική συνοχή για να αποφευχθεί η δημιουργία ρωγμών μέσω των οποίων να επιτραπεί η διόδος της φωτιάς και αερίων.

Ανθεκτικότητα: ο σχεδιασμός πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη πιθανή αποσάθρωση λόγω έκθεσης σε περιβαλλοντικές συνθήκες λαμβάνοντας υπόψη πιθανά προγράμματα συντήρησης. Οι πιο κάτω εμπλεκόμενοι παράγοντες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι λειτουργικές απαιτήσεις, αναμενόμενες συνθήκες περιβάλλοντος, η σύνθεση και οι ιδιότητες των υλικών, το σχήμα και οι λεπτομέρειες οπλισμού των διαφόρων μελών, η ποιότητα κατασκευής, πιθανά συστήματα εξωτερικής προστασίας.

1.8 ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

1.8.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Ένας φορέας δεν εκπληρώνει το σκοπό για τον οποίο κατασκευάστηκε, όταν φθάσει σε μια ειδική κατάσταση που λέγεται οριακή κατάσταση. Όταν ο φορέας φτάσει στην οριακή κατάσταση παύει να ανταποκρίνεται σε ένα από τα κριτήρια του σχετικά με τη φέρουσα ικανότητα του ή τη λειτουργικότητα του. Για την εξασφάλιση μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα εξετάζονται δυο κατηγορίες οριακών καταστάσεων.

Οι οριακές καταστάσεις αστοχίας που αντιστοιχούν στη μέγιστη φέρουσα ικανότητα και αφορά την ασφάλεια των ανθρώπων και των κτιρίων. Ως οριακές καταστάσεις αστοχίας θεωρούνται οι ακόλουθες:

- 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

Οριακή κατάσταση αστοχίας από τέμνουσα:

Διάτμηση: η διάτμηση είναι παρούσα σχεδόν σε όλους τους φορείς. Στους γραμμικούς φορείς, εφόσον η ροπή M του φορέα μεταβάλλεται κατά μήκος, τότε ο φορέας επιπονείται

επιπλέον με τέμνουσα δύναμη V . Το πρόβλημα είναι έντονο κυρίως στις δοκούς, αλλά λόγω πλαισιακής λειτουργίας και σεισμικών δράσεων παρουσιάζεται αστοχία από διάτμηση και σε κατακόρυφα στοιχεία, όπως υποστυλώματα και τοιχώματα. Επιπλέον των γραμμικών φορέων, έντονες διατμητικές τάσεις παρουσιάζονται από την επίδραση στατικών και δυναμικών φορτίων και σε επιφανειακούς φορείς, όπως σε υψίκορμες δοκούς, υψίκορμα τοιχώματα και πλείστους άλλους δισκοειδείς φορείς. Ακόμη και ιδιόμορφα δομικά στοιχεία, όπως κόμβοι πλαισίων καταπονούνται σε διάτμηση. Η διατμητική αστοχία δε συμβαίνει με τον ίδιο τρόπο σε όλους τους φορείς. Ο μηχανισμός και η αιτία της διατμητικής αστοχίας διαφέρει από φορέα σε φορέα, αλλά και για το ίδιο είδος φορέα η διατμητική αστοχία μπορεί να συμβεί με διαφορετικό τρόπο. Στις δοκούς, ο τρόπος αστοχίας εξαρτάται από το άνοιγμα της δοκού (λεπτές ή κοντές δοκοί), από τη διατομή της δοκού (ορθογωνική, πλακοδοκός), από το είδος της φόρτισης (συγκεντρωμένα ή κατανεμημένα φορτία), από την ύπαρξη προέντασης ή αξονικής δύναμης. Στα υποστυλώματα και τοιχώματα η αλλαγή του ύψους του φορέα και/ή το μέγεθος της αξονικής φόρτισης επηρεάζει σημαντικά τον τρόπο της διατμητικής αστοχίας.

1.9 ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ:

Οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας συνδέονται με τα κριτήρια που διέπουν την κανονική χρήση και ανθεκτικότητα και αφορά τη λειτουργικότητα της κατασκευής, την άνεση των ανθρώπων και την εμφάνιση των κατασκευαστικών έργων. Ως οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας θεωρούνται οι ακόλουθες:

- Παραμόρφωση
- Δονήσεις
- Άλλες ζημιές

Περιορισμός τάσεων: η θλιπτική τάση στο σκυρόδεμα πρέπει να περιορίζεται ώστε να αποφεύγεται η διαμήκης ρηγμάτωση, η μικρορηγμάτωση, ή τα υψηλά επίπεδα ερπυσμού, όπου αυτά μπορεί να επιφέρουν μη ανεκτές συνέπειες στη λειτουργία της κατασκευής. Οι εφελκυστικές τάσεις στον οπλισμό πρέπει να περιορίζονται ώστε να αποφεύγεται η ανάπτυξη ανελαστικών παραμορφώσεων και μη ανεκτής ρηγμάτωσης ή παραμόρφωσης.

Ρηγμάτωση: η ρηγμάτωση είναι πρακτικώς αναπόφευκτη στις κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος. Η εμφάνιση ρωγμών όμως δεν οδηγεί στην έλλειψη λειτουργικότητας ή ανθεκτικότητας της κατασκευής. Το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι το μόνο υλικό που υπολογίζεται αλλά και που μπορεί να λειτουργεί σε κατάσταση ρηγμάτωσης. Μια προχωρημένη ρηγμάτωση όμως προκαλεί καταστάσεις που πρέπει να αποφεύγονται. Ο έλεγχος της οριακής κατάστασης λειτουργικότητας από ρηγμάτωση γίνεται για να ικανοποιηθούν οι παρακάτω απαιτήσεις:

- Η λειτουργία της κατασκευής δεν πρέπει να εμποδίζεται λόγω σχηματισμού ρωγμών
- Η ανθεκτικότητα σε διάρκεια της κατασκευής πρέπει να εξασφαλίζεται με μείωση διαπερατότητας, αποφυγή διάβρωσης οπλισμών
- Η εμφάνιση της κατασκευής δεν πρέπει να επηρεάζεται δυσμενώς λόγω αύξησης παραμορφώσεων, προκαλώντας αισθητική και ψυχολογική ενόχληση
- Η πλαστιμότητα των δομικών στοιχείων δεν πρέπει να επηρεάζεται δυσμενώς

Κριτήρια σχεδιασμού: Για περιορισμό της εγκάρσιας ρηγμάτωσης κάθετα στις ράβδους του οπλισμού πρέπει να γίνεται ταυτόχρονα έλεγχος-περιορισμός του ανοίγματος των ρωγμών και κατά συνέπεια και η ανάγκη του υπολογισμού του εύρους των ρωγμών για να μπορούμε να το κρατάμε μικρότερο από κατάλληλα όρια και τοποθέτηση του ελάχιστου οπλισμού. Για περιορισμό της διαμήκου ρηγμάτωσης παράλληλα στις ράβδους του οπλισμού πρέπει να γίνεται κατάλληλη εκλογή της επικάλυψης σκυροδέματος ώστε να εξασφαλιστεί η πλήρης ανάπτυξη της συνάφειας και περιορισμός των τάσεων του σκυροδέματος.

Παραμορφώσεις: Ο έλεγχος περιορισμός των παραμορφώσεων σε κατάσταση λειτουργίας πρέπει να γίνεται ώστε να εξασφαλιστεί η χρήση για την οποία προβλέπεται το έργο, να αποφευχθούν οι βλάβες και να παραβλεφθούν στη φάση της κατασκευής αρνητικά βέλη όταν αυτό κρίνεται σκόπιμο.

1.9.1 ΣΤΟΧΟΣ:

Η δημιουργία ασφαλών και ανθεκτικών κατασκευών που ταυτόχρονα είναι λειτουργικές και δημιουργούν την αίσθηση ασφάλειας στους χρήστες.

1.9.2 ΔΡΑΣΕΙΣ

Δράση F είναι μια δύναμη φορτίο που εμφανίζεται στο φορέα (άμεση δράση), ή μια επιβαλλόμενη παραμόρφωση (καταναγκασμός, έμμεση δράση π.χ. λόγω θερμοκρασιακών επιδράσεων ή υποχωρήσεων στηρίξεων).

Οι δράσεις διαιρούνται:

- Ανάλογα με τη μεταβολή τους στο χρόνο σε:
 - Μόνιμες δράσεις (G), π.χ. ίδιο βάρος φερουσών κατασκευών, εξοπλισμού, βοηθητικών εγκαταστάσεων και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.
 - Μεταβλητές δράσεις (Q), π.χ. ωφέλιμα φορτία, φορτία ανέμου ή φορτία χιονιού.
 - Ασυνήθεις (συμπτωματικές, τυχηματικές) δράσεις, π.χ. εκρήξεις ή πρόσκρουση οχημάτων.
- Ανάλογα με τη μεταβολή τους στο χώρο, σε:
 - Σταθερές δράσεις, π.χ. ίδιο βάρος.
 - Ελεύθερες (μεταβλητής θέσης) δράσεις που προκύπτουν από διαφορετικές διατάξεις των δράσεων, π.χ. κινητά ωφέλιμα φορτία, φορτία ανέμου, φορτία χιονιού.

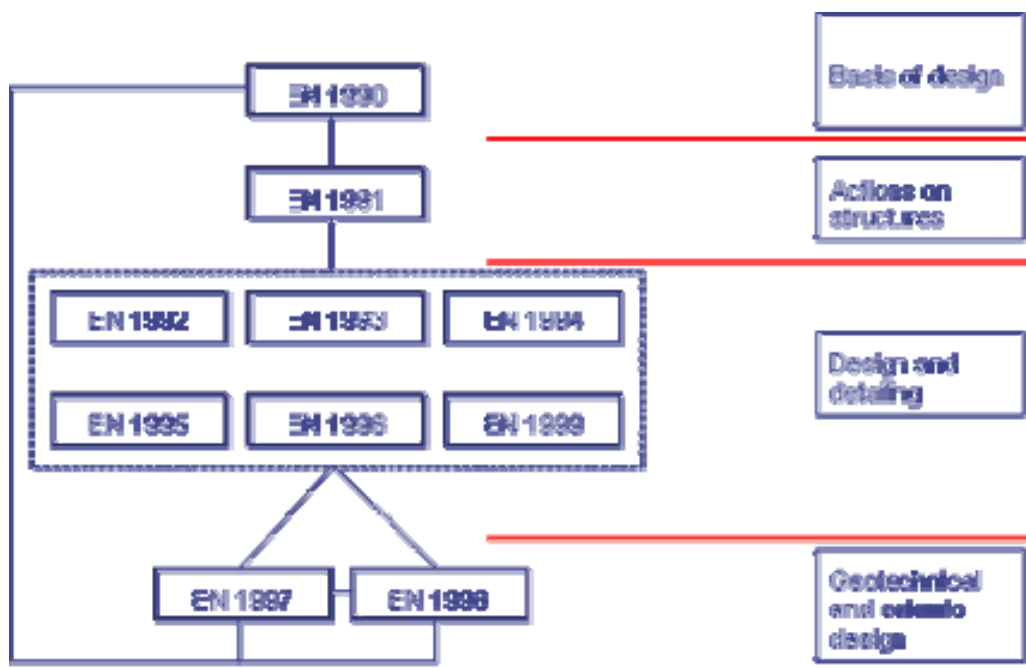
1.9.3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ:

Μια δράση όταν λόγω της θέσεως της και της έντασης της προκαλεί τη δυσμενέστερη επίπτωση στο εξεταζόμενο μέγεθος λέγεται δυσμενή. Ευμενής είναι η δράση όταν προκαλεί την αντίθετη περίπτωση. Στην περίπτωση που δρουν ταυτόχρονα περισσότερες της μιας μεταβλητές δράσεις πρέπει να εξετασθούν διάφοροι συνδυασμοί δράσεων ώστε να προσδιορισθεί η δυσμενέστερη τιμή E_d .

1.10 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 2

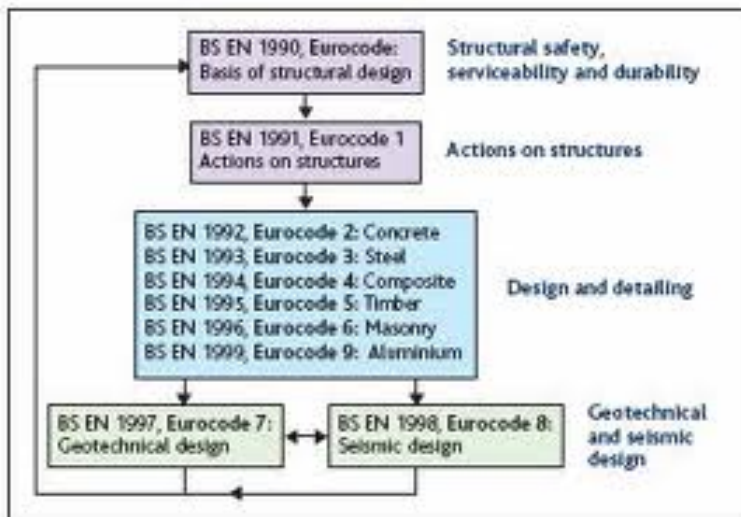
Το οπλισμένο σκυρόδεμα τις τελευταίες δεκαετίες έχει κυριαρχήσει ως το επικρατέστερο δομικό υλικό στην Κύπρο για την πλειοψηφία των κατασκευών.

Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιείται μια προσπάθεια στην Ευρωπαϊκή Ένωση με σκοπό την κατάργηση όλων των εθνικών κανονισμών κρατών – μελών και να αντικατασταθούν με αντίστοιχους Ευρωκώδικες οι οποίοι θα εφαρμόζονται σε όλη την επικράτεια. Οι Ευρωκώδικες είναι μια 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. Για τον σχεδιασμό κατασκευών από σκυρόδεμα χρησιμοποιείται ο Ευρωκώδικας 2, EN1992.



Εικόνα 1: Διάρθρωση Ευρωκωδίκων

Πηγή: Κυπριακός οργανισμός τυποποίησης < www.cvs.org.cy >



Εικόνα 2: Διάρθρωση Ευρωκωδίκων

Πηγή: DTI, British Cement Association, Members of the Steering Group, Members of the Concrete Industry Eurocode 2 Group, 2006.

2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΛΑΚΑΣ:

Η διάρκεια ζωής της πλάκας θα είναι 50 χρόνια (Πίνακας 2.1 CYS EN 1990:2002 σελ 26, δηλαδή κατηγορίας 4).

Κάλυψη οπλισμού: η ονομαστική κάλυψη οπλισμού ορίζεται $c_{nom} = c_{min} + \Delta C_{dev}$ (Εξίσωση 4.1 EN 1990-1-1:2004) όπου c_{min} η μέγιστη κάλυψη που να ικανοποιεί:

- $c_{min,dur}$

2.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΥΨΟΥΣ ΠΛΑΚΑΣ ΟΡΟΦΟΥ:

Από πλάκα 1(S1):

$$l_{lid,min} = \alpha \times I$$

$$l_{lid,min} = 0.8 \times 4.50 = 3.60 \text{ m}$$

$$d_{min} > l_{lid,min} / 30$$

$$d_{min} > 3.60 / 30 = 0.120 \text{ m}$$

$$h = 17 \text{ cm} = 170 \text{ mm}$$

Από πρόβολο 6(S6):

$$l_{lid,min} = \alpha \times I$$

$$l_{lid,min} = 2.4 \times 0.6 = 1.44 \text{ m}$$

$$d_{min} > l_{lid,min} / 30$$

$$d_{min} > 1.44 / 30 = 0.048 \text{ m}$$

$$h = 17 \text{ cm} = 170 \text{ mm}$$

2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΥΨΟΥΣ ΠΛΑΚΑΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ:

Από πλάκα 3(S3):

$$l_{\text{lid,min}} = \alpha \times I$$

$$l_{\text{lid,min}} = 0,8 \times 5,7 = 4,56 \text{ m}$$

$$d_{\text{min}} > l_{\text{lid,min}}/30$$

$$d_{\text{min}} > 4,56 / 30 = 0,152 \text{ m}$$

Από πρόβολο 11(S11):

$$l_{\text{lid,min}} = \alpha \times I$$

$$l_{\text{lid,min}} = 2,4 \times 6,3 = 15,12 \text{ m}$$

$$d_{\text{min}} > l_{\text{lid,min}}/30$$

$$d_{\text{min}} > 15,12/30 = 0,504 \text{ m}$$

$$\mathbf{h = 20\text{cm} = 200\text{mm}}$$

2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΒΑΡΟΥΣ

Υλικό: Οπλισμένο Σκυρόδεμα: C25/30, ειδικό βάρος $\gamma=25\text{KN/m}^3$

Φορτία: Στις περιμετρικές δοκούς εδράζεται μπατική τοιχοποιία σε όλους τους ορόφους $3,6 \text{ KN/m}^2$. Κατά μήκος των εσωτερικών δοκών υπάρχει δρομική τοιχοποιία $2,1 \text{ KN/m}^2$. Όλα τα δάπεδα έχουν επίστρωση από μάρμαρο βάρους $1,3 \text{ KN/m}^2$. Το ωφέλιμο φορτίο (Q) να θεωρηθεί κατανεμημένο $2,0 \text{ KN/m}^2$ για όλους τους ορόφους και $2,5 \text{ KN/m}^2$ για τους προβόλους.

2.3.1 Υπολογισμός φορτίων βάρους - μόνιμα φορτία ισογείου

$$\text{πλάκα: } 0,2 \times 25 = 5 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{ελαφρομπετόν: } 0,12 \times 6 = 0,72 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{screed 5εκατοστών: } 0,05 \times 22 = 1,1 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{μάρμαρο: } 1,3 \text{ KN/m}^2$$

τοιχοποιία: $2,1 \text{ KN/m}^2$

(Παραδοχή: κατανέμουμε το βάρος των τοίχων σε όλη την πλάκα

δρομική τοιχοποιία = $2,10 \text{ KN/m}^2$)

Συνολικό βάρος πλάκας: $10,22 \text{ KN/m}^2$

2.3.2 Υπολογισμός φορτίων βάρους - μόνιμα φορτία ορόφου

ξύλινες τεγίδες: $0,12 \times 0,05 \times 1 \times 10 = 0,12 \text{ KN/m}^2$

κεραμίδια: $0,04 \times 1 \times 1 \times 18 = 1,44 \text{ KN/m}^2$

πλάκα: $0,17 \times 25 = 4,25 \text{ KN/m}^2$

πλάκες πεζ.: $0,04 \times 1 \times 1 \times 20 = 0,8 \text{ KN/m}^2$

ηχομόνωση+υγραμόνωση κλπ: $0,5 \text{ KN/m}^2$

Συνολικό βάρος πλάκας: $7,11 \text{ KN/m}^2$

2.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΙΩΤΙΚΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

Με δεδομένα τα φορτία από τις πλάκες πιο κάτω υπολογίζονται οι μέγιστες ροπές στα ανοίγματα και στηρίξεις. Μέθοδος ανάλυσης χρησιμοποιείται η μέθοδος των λωρίδων σε συνδυασμό με τους μειωτικούς συντελεστές Marcus. Για κάθε λωρίδα ανάλυσης λαμβάνονται υπόψη όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί φόρτισης.

Οι πλάκες της διώροφης κατοικίας είναι τετραέρειστες αφού ο λόγος $l_y/l_x < 2.0$ (εξαιρείται ένα μέρος της πλάκας όπου $l_y/l_x > 2.0$ επομένως είναι αμφιέριστη).

Marcus									
Support conditions	Load factors		Span moments without Marcus correction		Marcus correction factors		Support moments		
Simply supported	Continuous edge		M_{px}	M_{py}	$C_x = \frac{M'_{px}}{M_{px}}$	$C_y = \frac{M'_{py}}{M_{py}}$	M_{ax}	M_{ay}	
	$w_{fx} = \frac{w_x}{w}$	$w_{fy} = \frac{w_y}{w}$							
$\frac{l_x}{l_y} > 2$ 	$\frac{r^4}{1+r^4}$	$\frac{1}{1+r^4}$	$\frac{w_x l_x^2}{8}$	$\frac{w_y l_y^2}{8}$	$1 - \frac{5}{6} \frac{r^2}{1+r^4}$	$1 - \frac{5}{6} \frac{r^2}{1+r^4}$	0	0	
$\frac{l_x}{l_y} > 2$ 	$\frac{5r^4}{2+5r^4}$	$\frac{2r^4}{2+5r^4}$	$\frac{9}{128} w_x l_x^2$	$\frac{w_y l_y^2}{8}$	$1 - \frac{75}{32} \frac{r^2}{2+5r^4}$	$1 - \frac{5r^2}{35+2r^4}$	$\frac{w_x l_x^2}{8}$	0	
$\frac{l_x}{l_y} > 2$ 	$\frac{5r^4}{1+5r^4}$	$\frac{1}{1+5r^4}$	$\frac{w_x l_x^2}{24}$	$\frac{w_y l_y^2}{8}$	$1 - \frac{25}{18} \frac{r^2}{1+5r^4}$	$1 - \frac{5}{6} \frac{r^2}{1+5r^4}$	$\frac{w_x l_x^2}{12}$	0	
$\frac{l_x}{l_y} > 2$ 	$\frac{r^4}{1+r^4}$	$\frac{1}{1+r^4}$	$\frac{9}{128} w_x l_x^2$	$\frac{9}{128} w_y l_y^2$	$1 - \frac{15}{32} \frac{r^2}{1+r^4}$	$1 - \frac{15}{32} \frac{r^2}{1+r^4}$	$\frac{w_x l_x^2}{8}$	$\frac{w_y l_y^2}{8}$	
$\frac{l_x}{l_y} > 2$ 	$\frac{2r^4}{1+2r^4}$	$\frac{1}{1+2r^4}$	$\frac{w_x l_x^2}{24}$	$\frac{9}{128} w_y l_y^2$	$1 - \frac{5}{9} \frac{r^2}{1+2r^4}$	$1 - \frac{15}{32} \frac{r^2}{1+2r^4}$	$\frac{w_x l_x^2}{12}$	$\frac{w_y l_y^2}{8}$	
$\frac{l_x}{l_y} > 2$ 	$\frac{r^4}{1+r^4}$	$\frac{1}{1+r^4}$	$\frac{w_x l_x^2}{24}$	$\frac{w_y l_y^2}{24}$	$1 - \frac{5}{18} \frac{r^2}{1+r^4}$	$1 - \frac{5}{18} \frac{r^2}{1+r^4}$	$\frac{w_x l_x^2}{12}$	$\frac{w_y l_y^2}{12}$	

Εικόνα 3: Μέθοδος Marcus

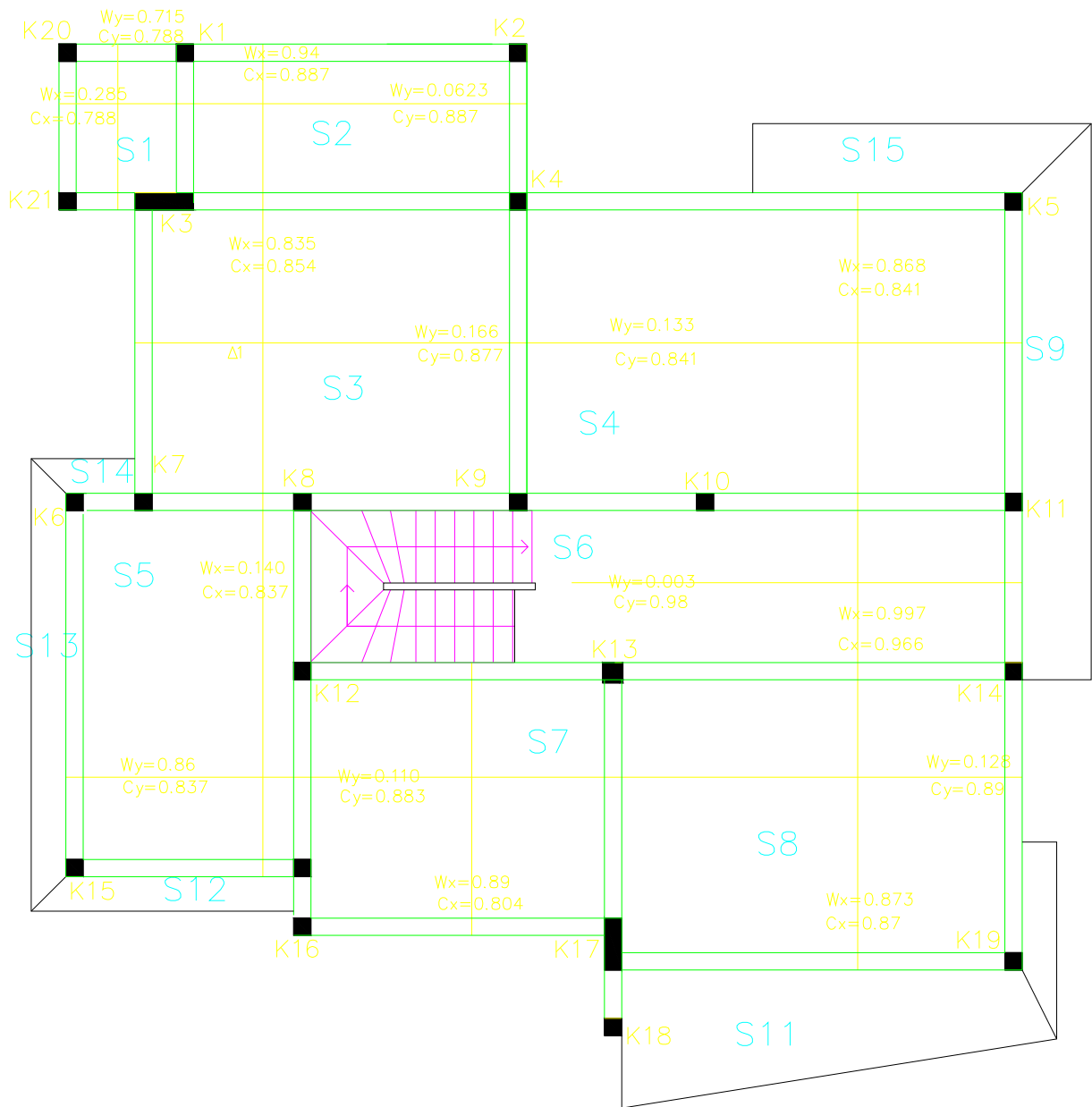
Πηγή: Παπαλοΐζου Α. 2010, Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος II

Υπολογίζονται οι μειωτικοί συντελεστές όπου ποικίλλουν σύμφωνα με την πλήρη πάκτωση και ελεύθερη έδραση των πλευρών (βλ. Εικόνα 4).

Πίνακας 1: Μειωτικοί συντελεστές ισογείου

S1		
x=	1,95	
y=	2,45	
r=x/y=	0,79	
$Cx=1-15/32*(r^2/(1+r^4))=$		<u>0,79</u>
$Cy=1-15/32*(r^2/(1+r^4))=$		<u>0,79</u>
$Wx=r^4/(1+r^4)=$		<u>0,29</u>
$Wy=1/(1+r^4)=$		<u>0,71</u>
S2		
x=	4,83	
y=	2,45	
r=x/y=	1,97	
$Cx=1-15/32*(r^2/(1+r^4))=$		<u>0,89</u>
$Cy=1-15/32*(r^2/(1+r^4))=$		<u>0,89</u>
$Wx=r^4/(1+r^4)=$		<u>0,94</u>
$Wy=1/(1+r^4)=$		<u>0,06</u>
S3		
x=	5,60	
y=	4,45	
r=x/y=	1,26	
$Cx=1-5/9*(r^2/(1+2r^4))=$		<u>0,85</u>
$Cy=1-15/32*(r^2/(1+2r^4))=$		<u>0,88</u>
$Wx=2r^4/(1+2r^4)=$		<u>0,83</u>
$Wy=1/(1+2r^4)=$		<u>0,17</u>
S4		
x=	7,20	
y=	4,50	
r=x/y=	1,60	
$Cx=1-15/32*(r^2/(1+r^4))=$		<u>0,84</u>
$Cy=1-15/32*(r^2/(1+r^4))=$		<u>0,84</u>
$Wx=r^4/(1+r^4)=$		<u>0,87</u>
$Wy=1/(1+r^4)=$		<u>0,13</u>

S5		
x=	3,50	
y=	5,50	
r=x/y=	0,64	
$Cx=1-15/32*(r^2/(1+r^4))=$		<u>0,84</u>
$Cy=1-15/32*(r^2/(1+r^4))=$		<u>0,84</u>
$Wx=r^4/(1+r^4)=$		<u>0,14</u>
$Wy=1/(1+r^4)=$		<u>0,86</u>
S6		
x=	7,10	
y=	2,50	
r=x/y=	2,84	
$Cx=1-25/18*(r^2/(1+5r^4))=$		<u>0,97</u>
$Cy=1-5/6*(r^2/(1+5r^4))=$		<u>0,98</u>
$Wx=5*r^4/(1+5*r^4)=$		<u>1,00</u>
$Wy=1/(1+5r^4)=$		<u>0,0031</u>
S7		
x=	4,50	
y=	4,00	
r=x/y=	1,13	
$Cx=1-25/18*(r^2/(1+5r^4))=$		<u>0,80</u>
$Cy=1-5/6*(r^2/(1+5r^4))=$		<u>0,88</u>
$Wx=5*r^4/(1+5*r^4)=$		<u>0,89</u>
$Wy=1/(1+5r^4)=$		<u>0,1110</u>
S8		
x=	5,90	
y=	4,35	
r=x/y=	1,36	
$Cx=1-5/9*(r^2/(1+2r^4))=$		<u>0,87</u>
$Cy=1-15/32*(r^2/(1+2r^4))=$		<u>0,89</u>
$Wx=2r^4/(1+2r^4)=$		<u>0,87</u>
$Wy=1/(1+2r^4)=$		<u>0,13</u>



Εικόνα 4: Κάτοψη πλάκας ισογείου με μειωτικούς συντελεστές

2.5 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

Οι πιθανοί συνδυασμοί φόρτισης των λωρίδων στηρίζονται στην εξίσωση οριακού-μέγιστου φορτίου σχεδιασμού $n_{max} = 1.35G_k + 1.5Q_k$ και υπολογίζονται πιο κάτω:

Πίνακας 2: Συνδυασμοί φόρτισης στον άξονα x

<i>Λορίδα</i>	<i>S3(5,60m)</i>	<i>S4(7,20m)</i>	<i>S9(1,00m)</i>
1η περ.	max	Max	min
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,17=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,133=$	
	2,86	2,23	10,22
2η περ.	min	Max	max
	$10,22*0,17=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,133=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	1,74	2,23	17,547
3η περ.	max	Min	max
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,17=$	$10,22*0,133=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	2,86	1,36	17,547
4η περ.	min	Max	min
	$10,22*0,17=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,133=$	
	1,74	2,23	10,22
5η περ.	min	Min	max
	$10,22*0,17=$	$10,22*0,133=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	1,74	1,36	17,547
6η περ.	max	Min	min
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,17=$	$10,22*0,133=$	
	2,86	1,36	10,22
7η περ.	max	Max	max
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,17=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,133=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	2,86	2,23	17,547

<i>Λορίδα</i>	<i>S1(1,947m)</i>	<i>S2(4,825m)</i>	
1η περ.	max	Min	
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,715=$	$10,22*0,0623=$	
	12,01	0,64	
2η περ.	min	Max	
	$10,22*0,715=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,0623=$	
	7,31	1,05	
3η περ.	max	Max	
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,715=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,0623=$	
	12,01	1,05	

<i>Λωρίδα</i>	<i>S13(0,5m)</i>	<i>S5(3,5m)</i>
1η περ.	max	Min
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$10,22*0,86=$
	17,55	8,79
2η περ.	min	Max
		$(1,35*10,22+1,5*2)*0,86=$
	10,22	14,45
3η περ.	max	Max
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,86=$
	17,55	14,45

<i>Λωρίδα</i>	<i>S6(7,1m)</i>	<i>S9(1,00m)</i>
1η περ.	max	Min
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,003=$	
	0,05	10,22
2η περ.	min	Max
	$10,22*0,003=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	0,03	17,55
3η περ.	max	Max
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,003=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	0,05	17,55

<i>Λωρίδα</i>	<i>S13(0,50m)</i>	<i>S5(3,50m)</i>	<i>S7(4,50m)</i>	<i>S8(5,90m)</i>	<i>S10(0,50m)</i>
1η περ.	max	Max	max	max	Min
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,86=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,11=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,128=$	
	17,55	14,45	1,85	2,15	10,22
2η περ.	max	Max	max	min	Max
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,86=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,11=$	$10,22*0,128=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	17,55	14,45	1,85	1,30816	17,55
3η περ.	max	Max	min	max	Max
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,86=$	$10,22*0,11=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,128=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	17,55	14,45	1,1242	2,15	17,55
4η περ.	max	Min	max	max	Max

	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$10,22*0,86=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,11=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,128=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	17,55	8,79	1,85	2,15	17,55
5η περ.	min	Max	max	max	Max
		$(1,35*10,22+1,5*2)*0,86=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,11=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,128=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	10,22	14,45	1,85	2,15	17,55
6η περ.	max	Min	min	min	Max
		$10,22*0,86=$	$10,22*0,11=$	$10,22*0,128=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	10,22	8,79	1,1242	1,30816	17,55
7η περ.	max	Max	max	max	Max
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,86=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,11=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,128=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	17,55	14,45	1,85	2,15	17,55

Πίνακας 3: Συνδυασμοί φόρτισης στον άξονα y

<i>Λωρίδα</i>	<i>S1(2,45m)</i>	
1η περ.	max	
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,285=$	
	4,79	

<i>Λωρίδα</i>	<i>S12(0,50m)</i>	<i>S5(5,50m)</i>	<i>S3(4,45m)</i>	<i>S2(2,45m)</i>
1η περ.	max	Min	max	min
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$10,22*0,14=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,835=$	$10,22*0,94=$
	17,55	1,43	14,03	9,61
2η περ.	min	Max	min	max
		$(1,35*10,22+1,5*2)*0,14=$	$10,22*0,835=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,94=$
	10,22	2,35	8,53	15,79
3η περ.	max	Max	max	min
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,14=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,835=$	$10,22*0,94=$
	17,55	2,35	14,03	9,61
4η περ.	max	Max	min	max
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,14=$	$10,22*0,835=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,94=$
	17,55	2,35	8,53	15,79
5η περ.	max	Min	max	max
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$10,22*0,14=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,835=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,94=$
	17,55	1,43	14,03	9,61

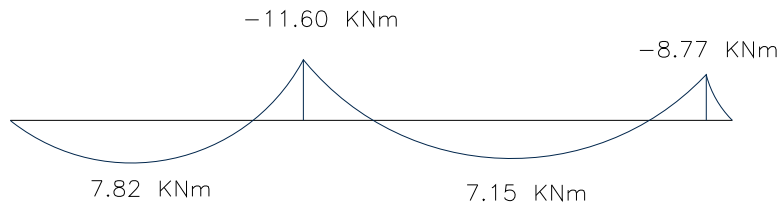
	17,55	1,43	14,03	15,79
6η περ.	min	Max	max	max
		$(1,35*10,22+1,5*2)*0,14=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,835=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,94=$
	10,22	2,35	14,03	15,79
7η περ.	max	Max	max	max
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,14=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,835=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,94=$
	17,55	2,35	14,03	15,79

<u>Λορίδα</u>	<u>S7(4,00m)</u>
1η περ.	max
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,89=$
	14,95

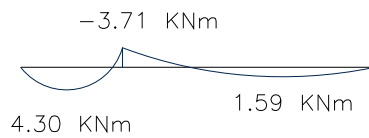
<u>Λορίδα</u>	<u>S11(1,00m)</u>	<u>S8(4,35m)</u>	<u>S6(2,50m)</u>	<u>S4(4,50m)</u>	<u>S15(1,00m)</u>
1η περ.	max	Min	max	min	Max
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$10,22*0,88=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,997=$	$10,22*0,868=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	17,55	8,99	16,75	8,87096	17,55
2η περ.	min	Max	Min	max	Min
		$(1,35*10,22+1,5*2)*0,88=$	$10,22*0,997=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,868=$	
	10,22	14,78	10,18934	14,58	10,22
3η περ.	max	Max	Max	max	Min
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,88=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,997=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,868=$	
	17,55	14,78	16,75	14,58	10,22
4η περ.	max	Max	Max	min	Max
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,88=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,997=$	$10,22*0,868=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	17,55	14,78	16,75	8,87096	17,55
5η περ.	min	Max	Min	max	Max
		$(1,35*10,22+1,5*2)*0,88=$	$10,22*0,997=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,868=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	10,22	14,78	10,18934	14,58	17,55
6η περ.	max	Min	Max	max	Max
		$10,22*0,88=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,997=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,868=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	10,22	8,99	16,75	14,58	17,55

Για όλους τους παραπάνω συνδυασμούς δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα ροπών και τεμνουσών με τη βοήθεια του προγράμματος beamax. Από τους συνδυασμούς αυτούς προκύπτουν οι περιβάλλουσες ροπών (μέγιστες τιμές ροπών).

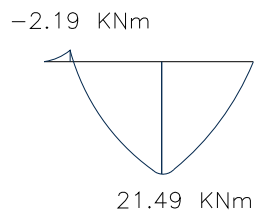
S3-S4-S9



S1-S2

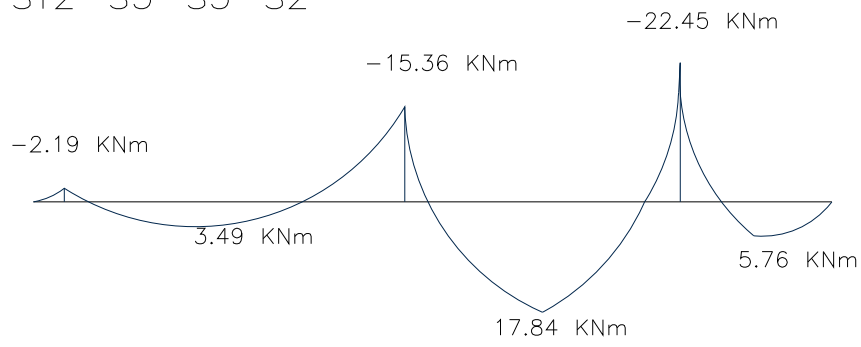


S13-S5

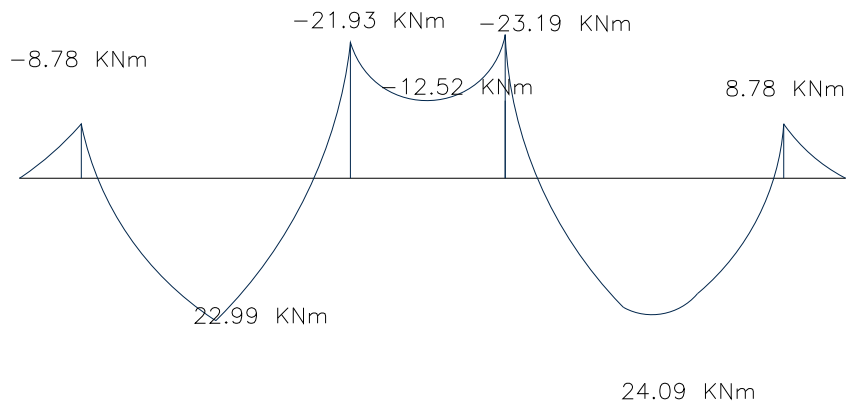


Διάγραμμα 1: Περιβάλλουσα ροπών

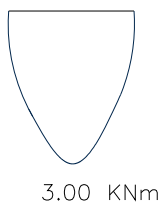
S12-S5-S3-S2



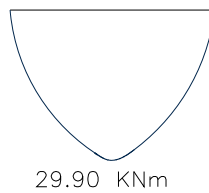
S11-S8-S6-S4-S15



S1

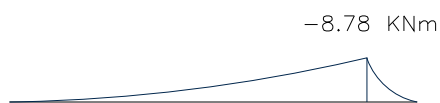


S7

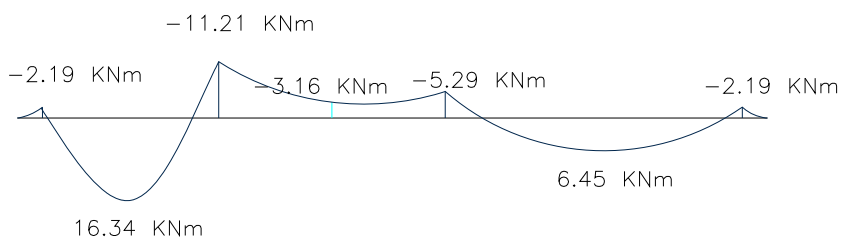


Διάγραμμα 2: Περιβάλλουσα ροπών

S6–S9



S13–S5–S7–S8–S10



Διάγραμμα 3: Περιβάλλουσα ροπών

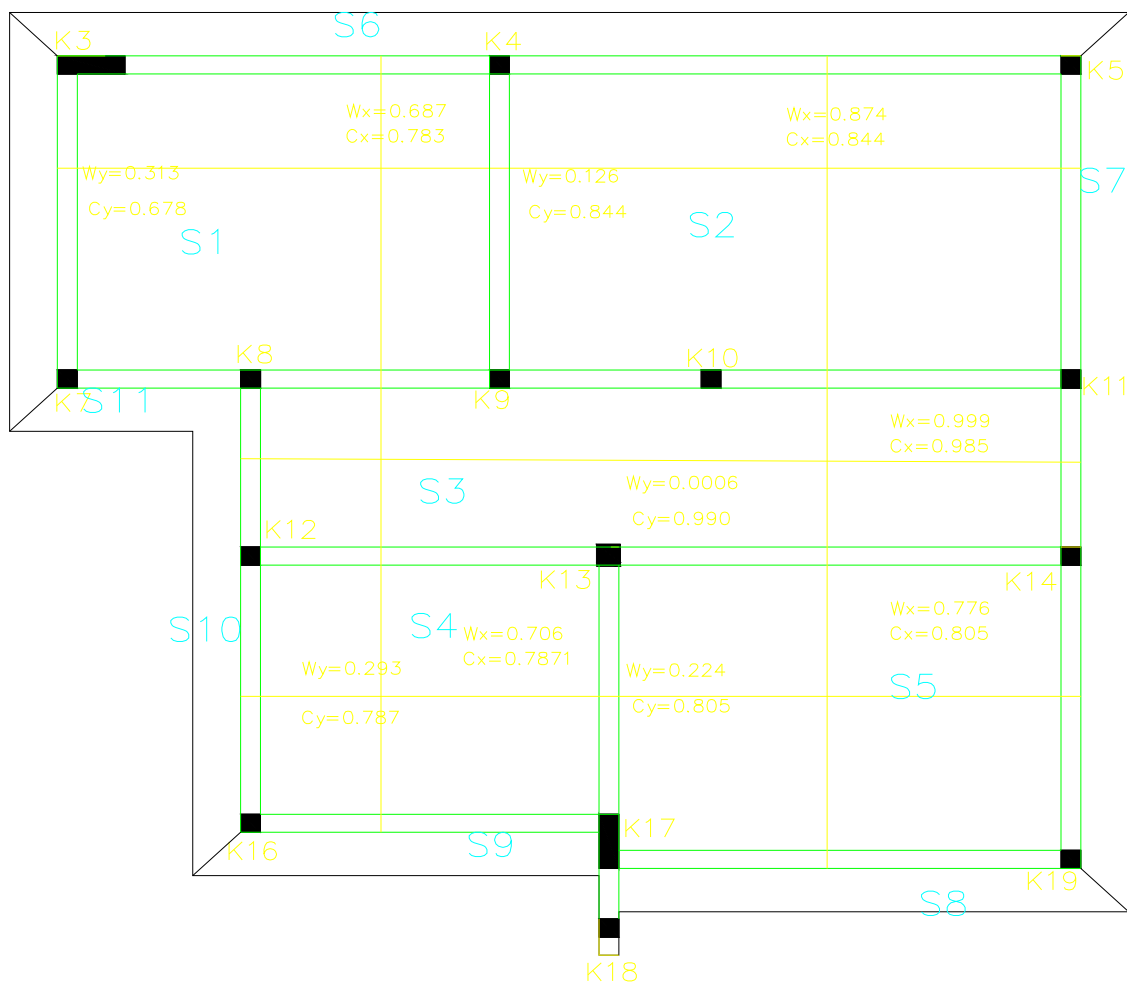
2.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΙΩΤΙΚΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΟΡΟΦΟΥ

Υπολογίζονται οι μειωτικοί συντελεστές όπου ποικίλλουν σύμφωνα με την πλήρη πάκτωση και ελεύθερη έδραση των πλευρών (βλ. Εικόνα 5).

Πίνακας 4: Μειωτικοί συντελεστές ορόφου

S1		
x=	5,60	
y=	4,60	
r=x/y=	1,22	
$Cx=1-15/32*(r^2/(1+r^4))=$		0,78
$Cy=1-15/32*(r^2/(1+r^4))=$		0,78
$Wx=r^4/(1+r^4)=$		0,69
$Wy=1/(1+r^4)=$		0,31
S2		
x=	7,30	
y=	4,50	
r=x/y=	1,62	
$Cx=1-15/32*(r^2/(1+r^4))=$		0,84

$Cy=1-15/32*(r^2/(1+r^4))=$		0,84
$Wx=r^4/(1+r^4)=$		0,87
$Wy=1/(1+r^4)=$		0,13
S3		
x=	10,60	
y=	2,50	
r=x/y=	4,24	
$Cx=1-25/18*(r^2/(1+5r^4))=$		0,98
$Cy=1-5/6*(r^2/(1+5r^4))=$		0,99
$Wx=5*r^4/(1+5*r^4)=$		1,00
$Wy=1/(1+5r^4)=$		0,0006
S4		
x=	4,80	
y=	3,85	
r=x/y=	1,25	
$Cx=1-15/32*(r^2/(1+r^4))=$		0,79
$Cy=1-15/32*(r^2/(1+r^4))=$		0,79
$Wx=r^4/(1+r^4)=$		0,71
$Wy=1/(1+r^4)=$		0,29
S5		
x=	6,00	
y=	4,40	
r=x/y=	1,36	
$Cx=1-15/32*(r^2/(1+r^4))=$		0,80
$Cy=1-15/32*(r^2/(1+r^4))=$		0,80
$Wx=r^4/(1+r^4)=$		0,78
$Wy=1/(1+r^4)=$		0,22



Εικόνα 5: Κάτοψη πλάκας ορόφου με μειωτικούς συντελεστές

2.7 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Οι πιθανοί συνδυασμοί φόρτισης των λωρίδων στηρίζονται στην εξίσωση οριακού-μέγιστου φορτίου σχεδιασμού $n_{max} = 1.35G_k + 1.5Q_k$ και φαίνονται στο Παράρτημα 8.2

3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΑΚΑΣ

3.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΑΚΑΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

Ως προς τον άξονα x:

$$h = 200\text{mm}$$

$$c_{\text{nom}} = 25 \text{ mm}$$

$$\Phi/2 = 10/2 = 5$$

$$d = h - c_{\text{nom}} - \Phi/2$$

$$d = 200 - 25 - 5 = 170 \text{ mm}$$

Λορίδα S3-S4-S9

Ανοιγμα S3

$$K = M_{\text{ed}} / (b \times d^2 \times f_{\text{ck}})$$

$$M_{\text{ed}} = 7,82 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{\text{ck}} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,01082353$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 168,360386 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133\text{mm}$$

$$A_s = M_{\text{ed}} / (f_{\text{yd}} \times z)$$

$$A_s = 135,233083 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/250K 314,2mm²/m**

Έλεγχος βέλους κάμψης:

Λανοίγματος = 5,6 m

$$K = 1,3$$

$$l/d = [11 + 1,5\sqrt{f_{ck}} \times \rho_o / \rho + 3,2 \times \sqrt{f_{ck}} (\rho_o / \rho - 1)^{3/2}] \text{ (Εξίσωση 7.16α EN 1992-1-1:2004)}$$

$\rho \leq \rho_o$:

$$\rho = 0,21\%$$

$$\rho_o = \sqrt{f_{ck}} \times 10^{-3} = 0,0055 = 0,5\%$$

$$\rho = 0,21\% \leq \rho_o$$

$$l/d = 11 + 17,85 + 25,97 = 54,814$$

$$F1 = 1$$

$$F2 = 1$$

$$F3 = 310/\sigma_s = 1$$

$$\text{Επιτρεπόμενο } l/d = 54,814 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1,3 = 71,26$$

$$\text{Πραγματικό } l/d = 5600/170 = 32,94 < 71,26 \rightarrow \text{Εντάξει}$$

Στήριξη

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 11,6 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,01605536$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 167,556163 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 200,601504 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/250A 314,2mm²/m**

Ανοιγμα S4

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 7,15 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,00989619$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 168,502126 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 123,646617 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/250K 314,2mm²/m**

Έλεγχος βέλους κάμψης

$$L_{\text{ανοίγματ.}} = 5,60 \text{ m}$$

$$K = 1,5$$

$$l/d = [11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \times \rho_o / \rho + 3,2 \times \sqrt{f_{ck}} (\rho_o / \rho - 1)^{3/2}] \text{ (Εξίσωση 7.16α EN 1992-1-1:2004)}$$

$$\rho \leq \rho_o:$$

$$\rho = 0,21\%$$

$$\rho_o = \sqrt{f_{ck}} \times 10^{-3} = 0,0055 = 0,5\%$$

$$\rho = 0,21\% \leq \rho_o$$

$$l/d = 11 + 17,85 + 25,97 = 54,814$$

$$F1 = 1$$

$$F2 = 1$$

$$F3 = 310 / \sigma_s = 1$$

$$\text{Επιτρεπόμενο } l/d = 54,814 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1,5 = 82,221$$

$$\text{Πραγματικό } l/d = 5600 / 170 = 32,94 < 82,221 \rightarrow \text{Εντάξει}$$

Πρόβολος S9

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 8,77 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,01213841$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 168,158998 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 151,661654 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{min } \Phi: 8\text{mm}$$

} **Y10/250A 314,2mm²/m**

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχος διάτμησης:

$$\text{Μέγιστη } V_d = 17,55\text{KN}$$

Σε απόσταση 1.0d

$$V_{ed} = 17,55 - 10,22 (1 \times 0,17 + 0,25/2) = 14,54\text{KN}$$

$$\rho = 100 \times A_{sreq} / (b_t \times d) = 100 \times 151,66 / (100 \times 170) = 0,89\%$$

$$K = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2,0$$

$$K = 1 + \sqrt{(200/170)} = 2,08$$

$$K = 2,0$$

$$V_{rdmin} = 0,035 \times 2^{1,5} \times 25^{0,5} \times 1000 \times 170 = 84,145\text{KN}$$

$$V_{rd,c} = 0,18/1,5 \times 2 \times (100 \times 0,89\% \times 25)^{1/3} \times 1000 \times 170 = 114,75\text{KN} > 84,145 \rightarrow \text{Εντάξει}$$

Λορίδα S1-S2

Ανοιγμα S1

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 4,3 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,00595156$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 169,102378 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 74,3609023 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

} **Y10/250K 314,2mm²/m**

Στήριξη

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 3,71 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,00513495$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 169,226106 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 64,1578947 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{min } \Phi: 8\text{mm}$$

} **Y10/250A 314,2mm²/m**

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Άνοιγμα S2

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 1,59 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,00220069$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 169,669197 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 27,4962406 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

} **Y10/250K 314,2mm²/m**

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Λοφίδα S13-S5

Πρόβολος S13

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 2,19 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,00303114$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 169,54403 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 37,8721805 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{min } \Phi: 8\text{mm}$$

} **Y10/250A 314,2mm²/m**

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Άνοιγμα S5

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 21,49 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,02974394$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 165,413948 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 371,631579 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/250K 314,2mm²/m**

Λοφίδα S6-S9

Στήριξη

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 8,78 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,01215225$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 168,156876 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 151,834586 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/250A 314,2mm²/m**

min Φ :8mm

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Λογίδα S13-S5-S7-S8-S10

Πρόβολος S13

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 2,19 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,00303114$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 169,54403 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 37,8721805 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ :8mm

} **Y10/250A 314,2mm²/m**

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ανοιγμα S5

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 16,34 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,02261592$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 166,536483 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 282,571429 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{min } \Phi: 8\text{mm}$$

} **Y10/200K 392,7mm²/m**

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Στήριξη

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 11,21 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,01551557$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 167,6395 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 193,857143 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

} **Y10/250A 314,2mm²/m**

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ανοιγμα S7

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 3,16 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,0043737$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 169,341283 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 54,6466165 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/250K 314,2mm²/m**

Στήριξη

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 5,29 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,0073218$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 168,894356 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 91,481203 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/200A 392,7mm²/m**

Ανοιγμα S8

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 6,46 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,00894118$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 168,647845 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 111,714286 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/200K 392,7mm²/m**

Πρόβολος S10

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 2,19 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,00303114$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 169,54403 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 37,8721805 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ: 8mm

} **Y10/250A 314,2mm²/m**

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ως προς τον άξονα y:

Λωρίδα S1

Ανοιγμα S1

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 3 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,00415225$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 169,374759 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 51,8796992 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

} **Y10/150A+K (523,6mm²/m A+K)**

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Λοφίδα S12-S5-S3-S2

Πρόβολος S12

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 2,19 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,00303114$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 169,54403 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 37,8721805 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/250A 314,2mm²/m**

Ανοιγμα S5

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 3,49 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,00483045$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 169,272196 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 60,3533835 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{min } \Phi: 8\text{mm}$$

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/250K 314,2mm²/m**

Στήριξη

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 15,36 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,02125952$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 166,748346 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 265,62406 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{min } \Phi: 8\text{mm}$$

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{\text{ctm}} b_t d / f_{\text{yk}} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/200A 392,7mm²/m**

Άνοιγμα S3

$$K = M_{\text{ed}} / (b \times d^2 \times f_{\text{ck}})$$

$$M_{\text{ed}} = 17,84 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{\text{ck}} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,02469204$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 166,211132 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{\text{ed}} / (f_{\text{yd}} * z)$$

$$A_s = 308,511278 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{min } \Phi: 8\text{mm}$$

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{\text{ctm}} b_t d / f_{\text{yk}} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/200K 392,7mm²/m**

Στήριξη

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 22,45 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,03107266$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 165,202961 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 388,233083 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

} **Y10/150A 523,6mm²/m**

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Άνοιγμα S2

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 5,76 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,00797232$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 168,795418 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 99,6090226 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

} **Y10/250K 314,2mm²/m**

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Λοφίδα S7

Άνοιγμα S7

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 29,9 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,04138408$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 163,546356 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 517,067669 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/150K 523,6mm²/m**

Λωρίδα S11-S8-S6-S4-S15

Πρόβολος S11

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 8,78 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,01215225$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 168,156876 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 151,834586 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/150A 523,6mm²/m**

Ανοιγμα S8

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 22,99 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,03182007$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 165,084037 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 397,571429 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/150K 523,6mm²/m**

min Φ :8mm

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Στήριξη

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 21,93 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,03035294$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 165,317314 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 379,240602 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/150A 523,6mm²/m**

min Φ :8mm

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ανοιγμα S6

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 12,52 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,01732872$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 167,359237 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 216,511278 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/250K 314,2mm²/m**

Στήριξη

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 3,43 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,0047474$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 169,284761 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 59,3157895 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/150A 523,6mm²/m**

Ανοιγμα S4

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 24,09 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,03334256$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 164,841236 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 416,593985 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ: 8mm

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/150K 523,6mm²/m**

Πρόβολος S15

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 8,78 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,01215225$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 168,156876 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 151,834586 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Έλεγχοι:

Κανονισμοί:

$$\left. \begin{array}{l} \text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m} \\ \mathbf{392,7\text{mm}^2/\text{m}} \\ \text{min } \Phi: 8\text{mm} \\ A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m} \end{array} \right\} \mathbf{Y10/200A}$$

3.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΑΚΑΣ ΟΡΟΦΟΥ

Βλ. Παράρτημα 8.3

3.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΚΑΛΑΣ

Τα στοιχεία της σκάλας είναι:

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{span} = 3,0\text{m}$$

$$q = 3,0 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{πλάτος σκάλας} = 1\text{m}$$

$$\text{ηπλάκας} = 140\text{mm}$$

$$\text{ησκαλιού} = 260\text{mm}$$

$$h = 1,5\text{m}$$

$$L = 3\text{m}$$

$$L' (\text{μήκος-κλίση της σκάλας}) = \sqrt{(L^2 + h^2)}$$

$$\text{Ίδιο βάρος} = (\text{ηπλάκας} \times L' + \text{ησκαλιού} \times h/2) \times 25/L = (0,14 \times 3,35 + 0,26 \times 1,5/2) \times 25 = 16,60\text{KN}$$

$$\text{Μεταβλητό φορτίο (Variable load)} = 3,0 \times 3 = 9,0 \text{ KN}$$

$$\text{Μέγιστο φορτίο (Ultimate load), } F = 1,35 \times 16,60 + 1,5 \times 9 = 35,91\text{KN}$$

$$M = FL / 8 = 35,91 \times 3,0 / 8 = 13,46 \text{ KNm}$$

Οπλισμός κάμψης

$$M/bd^2f_{ck} = 13,46 \times 10^6 / 1000 \times 115^2 \times 30 = 0,034$$

$$A_s = M / f_{yd} \times z = 13,46 \times 10^6 / (500/1,15 \times 0,95 \times 115) = 283\text{mm}^2/\text{m}$$

Μέγιστη απόσταση ράβδων: $3h = 3 \times 140 = 420 \text{ mm}$

Y12/300 area=377mm²/m

Λόγος βάθους (Span effective depth ratio)

Στο κέντρο του ανοίγματος:

$$100A_{s,prov}/bd = 100 \times 377 / (1000 \times 115) = 0,33 > 0,15 \text{ για C30 (βλ.Εικόνα 6)}$$

Tension reinforcement in beams and slabs	Concrete class ($f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$)			
	C25/30	C30/35	C40/50	C50/60
$\frac{A_{s,min}}{b_1d} > 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} (> 0,0013)$	0,0013	0,0015	0,0018	0,0021
Secondary reinforcement > 20% main reinforcement				
Longitudinal reinforcement in columns $A_{s,min} > 0,10N_{sd}/0,87f_{yk} > 0,002A_c$ where N_{sd} is the axial compression force				
Vertical reinforcement in walls $A_{s,min} > 0,002A_c$				

Εικόνα 6: Ελάχιστος απαιτούμενος οπλισμός (Minimum areas of reinforcement)

Πηγή: Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, 2007

Table 6.10 Basic span-effective depth ratios ($f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$, C30/35 concrete)

Structural system	Factor for structural system K	Basic span-effective depth ratio	
		Concrete highly stressed ($\rho = 1.5\%$)	Concrete lightly stressed ($\rho = 0.5\%$)
1. Simply supported beam or one/two-way spanning simply supported slab	1.0	14	20
2. End span of continuous beam or one-way continuous slab or two-way slab continuous over one-long-side	1.3	18	26
3. Interior span of continuous beam or one-way or two-way spanning slab	1.5	20	30
4. Slab on columns without beams (flat slab) based on longer span	1.2	17	24
5. Cantilever	0.4	6	8

Εικόνα 7: Basic span effective depth ratios

Πηγή: Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, 2007

$\rho_{req} = 0,5\% = 20$ (βλ. Εικόνα 7, Πίνακας 7.4N EN 1992-1-1:2004)

περιοριστικός λόγος βάθους (limiting span effective depth ratio) = $20 \times A_{s,prov} / A_{s,req} = 20 \times 377/283 = 26,6$

πραγματικός λόγος βάθους (actual span effective depth ratio) = $3000 / 115 = 26,09$

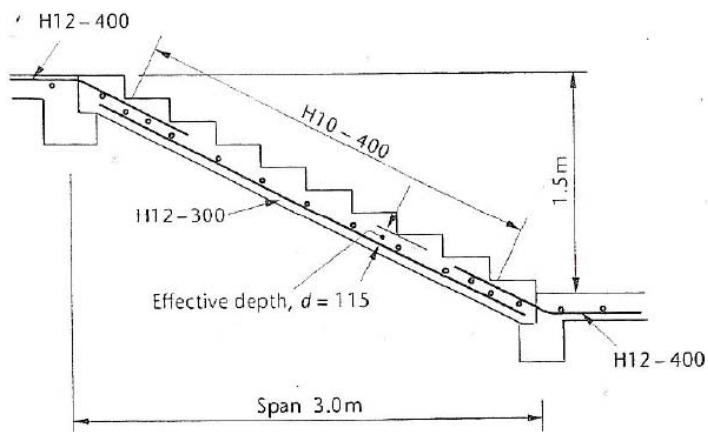
άρα το πραγματικό βάθος της πλάκας είναι αποδεκτό.

Δευτερέων οπλισμός

Εγκάρσια διανομή χάλυβα (transverse distribution steel) $\geq 0,2 A_{s,min} = 0,2 \times 377 = 75,4 \text{mm}^2/\text{m}$

Είναι πολύ μικρή και καλύπτεται επαρκώς **Y10/400** = $174 \text{mm}^2/\text{m}$

Οι ράβδοι συνεχίζονται και στο πάνω και κάτω μέρος της σκάλας. Το 50% του κύριου οπλισμού θα ήταν λογικό όμως η μέγιστη απόσταση είναι 400mm για αυτό επιλέγεται **Y12/400mm**.



Εικόνα 8: Σκάλα υποστηριζόμενη από δοκούς

Πηγή: Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, 2007

4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΟΚΩΝ

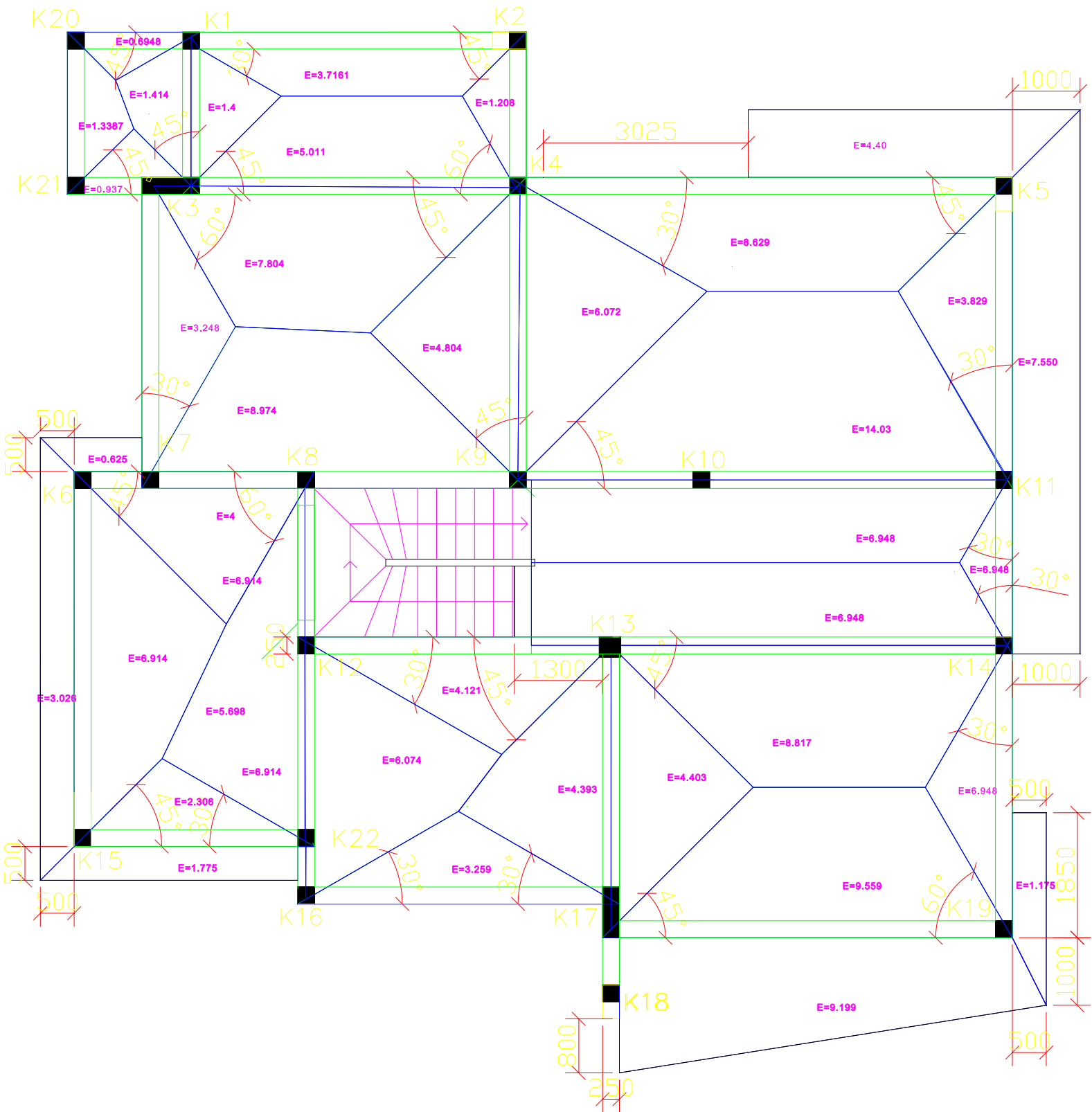
Η διάρκεια ζωής των δοκών είναι 50 χρόνια.

Η μεταφορά των φορτίων από τις πλάκες στις δοκούς υπολογίζεται με τη χρήση εμβαδών, τα οποία δημιουργούνται αναλόγως της περίπτωση της πλάκας. Οι περιπτώσεις είναι τετραέριστες πλάκες:

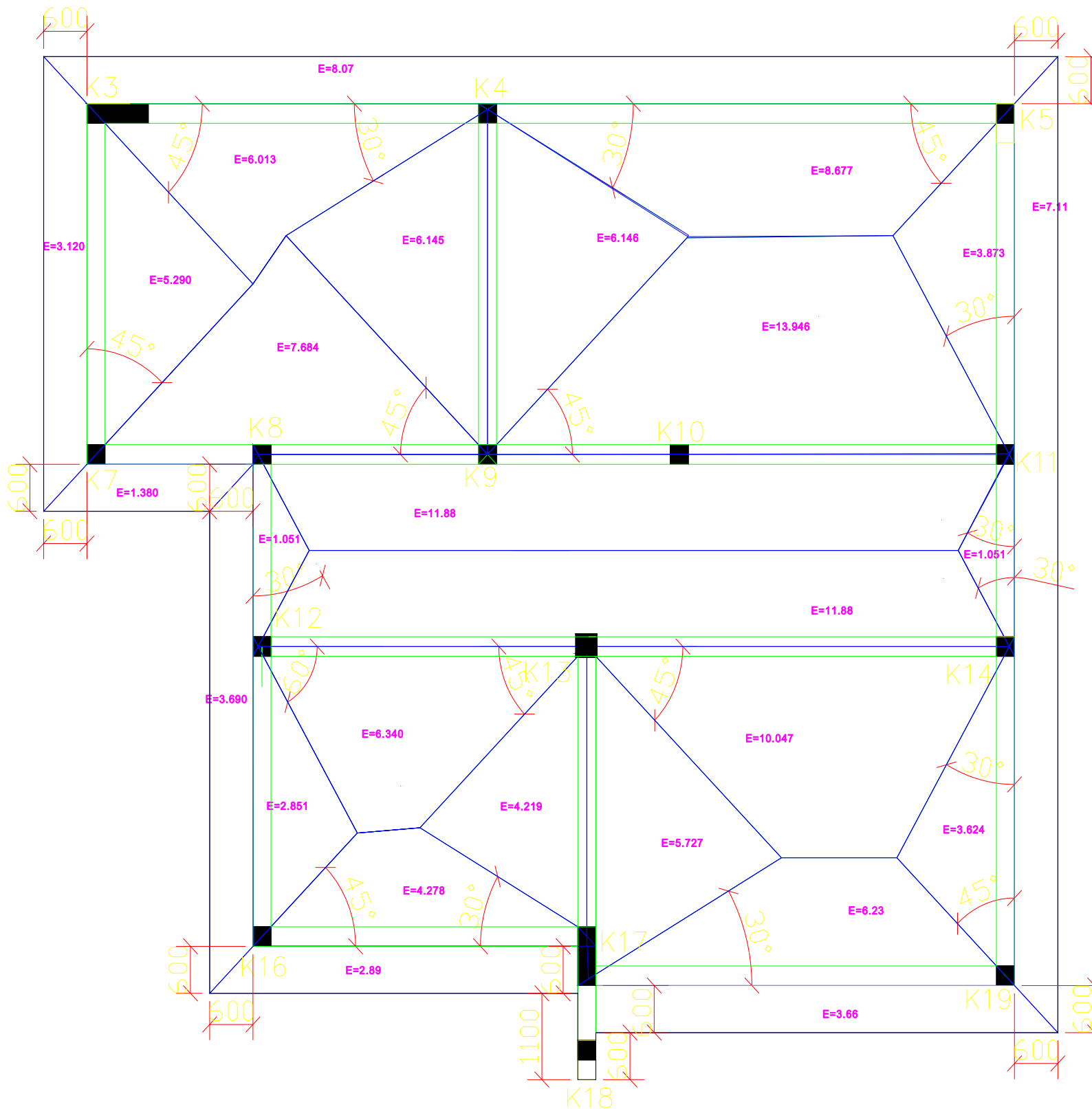
- με ελεύθερη έδραση των τεσσάρων παρυφών,
- με πλήρη πάκτωση μιας παρυφής και ελεύθερη έδραση των τριών άλλων,
- με πλήρη πάκτωση δυο απέναντι πλευρών και ελεύθερη έδραση των δυο άλλων,
- με πλήρη πάκτωση δυο γειτονικών παρυφών και ελεύθερη έδραση των δυο άλλων,
- με πλήρη πάκτωση τριών παρυφών και ελεύθερη έδραση της άλλης,
- με πλήρη πάκτωση τεσσάρων παρυφών

Με βάση αυτές δημιουργούνται και οι απαραίτητες γωνίες και ακολούθως τα εμβαδά τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά φορτίων από πλάκες σε δοκούς (βλ. Παράρτημα 8.1).

Πιο κάτω φαίνονται οι δυο κατόψεις της διώροφης κατοικίας σύμφωνα με τις πιο πάνω περιπτώσεις.



Εικόνα 9: Κάτοψη ισογείου με τα εμβαδά που αντιστοιχούν σε κάθε δοκό



Εικόνα 10: Κάτοψη ορόφου με τα εμβαδά που αντιστοιχούν σε κάθε δοκό

4.1 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΠΟ ΠΛΑΚΕΣ ΣΕ ΔΟΚΟΥΣ

Συνολικό φορτίο δοκών:

Ίδιο βάρος δοκών: $25 \text{ KN/m}^3 \times 0,6 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} = 3,75 \text{ KN/m}$

Εξωτερικοί δοκοί: στις εξωτερικές δοκούς θα προστεθούν επιπλέον το βάρος τοιχοποιίας:

- θέτουμε το φορτίο του τοίχου γτ:

$$g_t = (h \times L \times \text{φορτίο τοίχου})/L$$

$$h = 2,70 - (0,60 - 0,17) = 2,27 \text{ m}$$

$$g_t = 2,27 \text{ m} \times 3,6 \text{ KN/m}^2 = 8,172 \text{ KN/m (εξωτερική τοιχοποιία)}$$

$$g_t = 2,27 \text{ m} \times 2,1 \text{ KN/m}^2 = 4,767 \text{ KN/m (εσωτερική τοιχοποιία)}$$

$$\text{συνολικά εσωτερικά} = 4,767 + 3,75 = \mathbf{8,517 \text{ KN/m}}$$

$$\text{συνολικά εξωτερικά} = 8,172 + 3,75 = \mathbf{11,922 \text{ KN/m}}$$

Η μεταφορά φορτίων σε δοκούς Δ3.1-Δ3.1 φαίνεται στον πίνακα 5. Η μεταφορά φορτίων σε δοκούς φαίνεται στο Παράρτημα 9.1

Πίνακας 5: Μεταφορά φορτίων σε δοκούς Δ3.1-Δ3.2

3.1					
από πλάκα S3					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ3	=	11,88	7,11	4,65	18,16
qπ3	=	11,88	2	4,65	5,11
από πλάκα S4					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ4	=	6,34	7,11	4,65	9,69
qπ4	=	6,34	2	4,65	2,73

				ολικό g =	27,86
				ολικό q =	7,84
3.2					
από πλάκα S3					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ3	=	11,88	7,11	6,00	14,08
qπ3	=	11,88	2	6,00	3,96
από πλάκα S5					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ5	=	10,047	7,11	6,00	11,91
qπ5	=	10,047	2	6,00	3,35
				ολικό g =	25,98
				ολικό q =	7,31

Από την παραπάνω μεταφορά φορτίων πλακών σε δοκούς υπολογίζονται οι συνδυασμοί δράσεων για κάθε πλαίσιο (συνεχόμενες δοκοί) του κτιρίου. Ακολούθως υπολογίζονται τα μέγιστα εντατικά μεγέθη για κάθε δοκό (διαγράμματα M-Q).

4.2 ΣΥΝΕΧΟΜΕΝΕΣ ΔΟΚΟΙ

4.2.1 Συνδυασμοί δράσεων για συνεχόμενες δοκούς:

Δ3.1-Δ3.2 όροφος

Δ3.1:L = 4,80, g = 27,86 KN/m, q = 7,84KN/m

max: 1,35 x 27,86 + 1,5 x 7,84 = 49,37KN/m

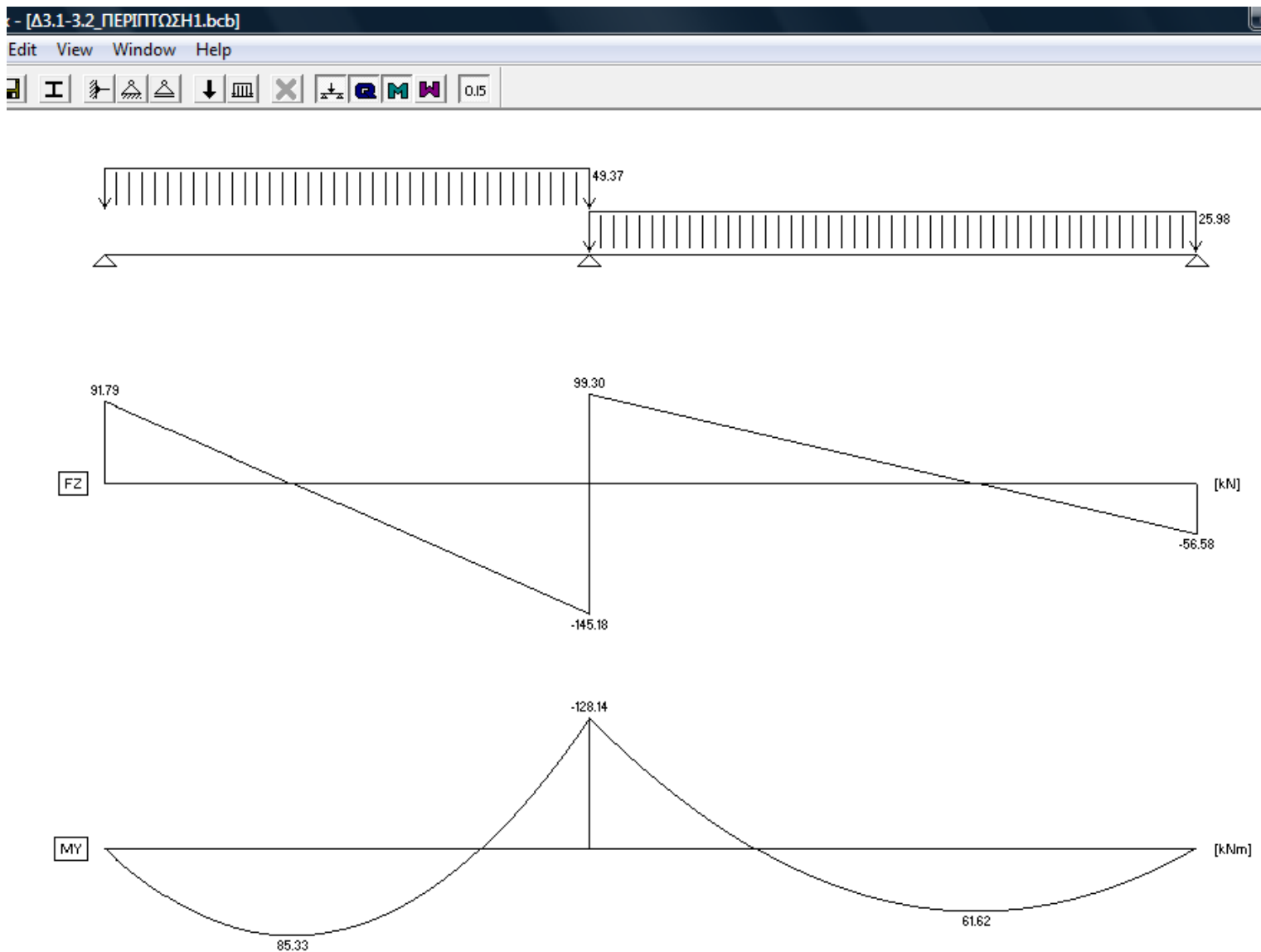
min: 27,86KN/m

$\Delta 3.2:L = 6,00, g= 25,98 \text{ KN/m}, q = 7,31\text{KN/m}$

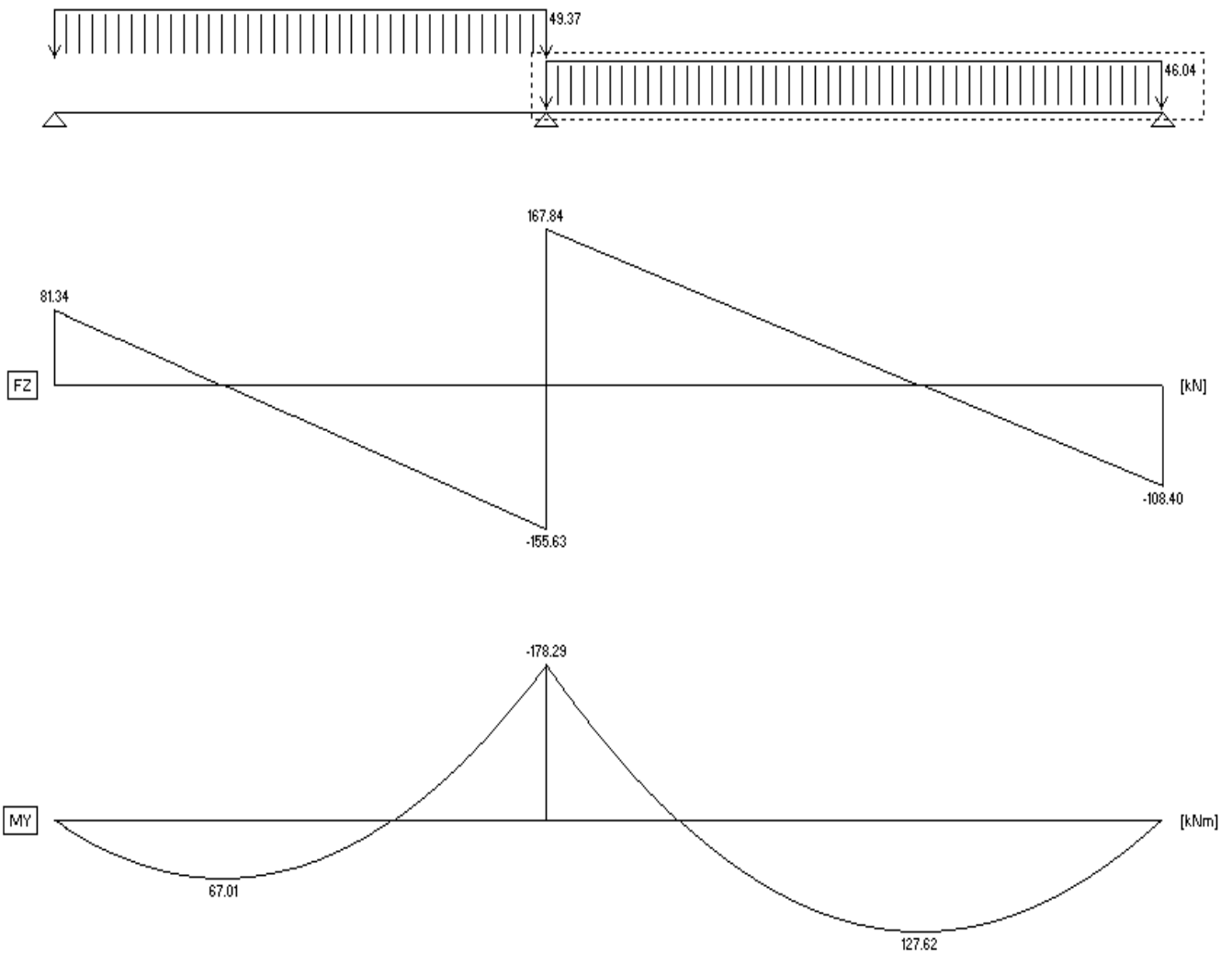
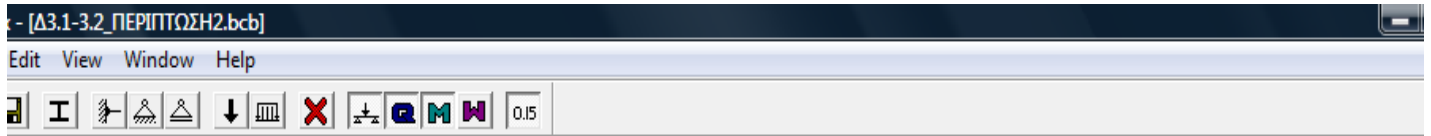
max: $1,35 \times 25,98 + 1,5 \times 7,31 = 46,04\text{KN/m}$

min: 25,98KN/m

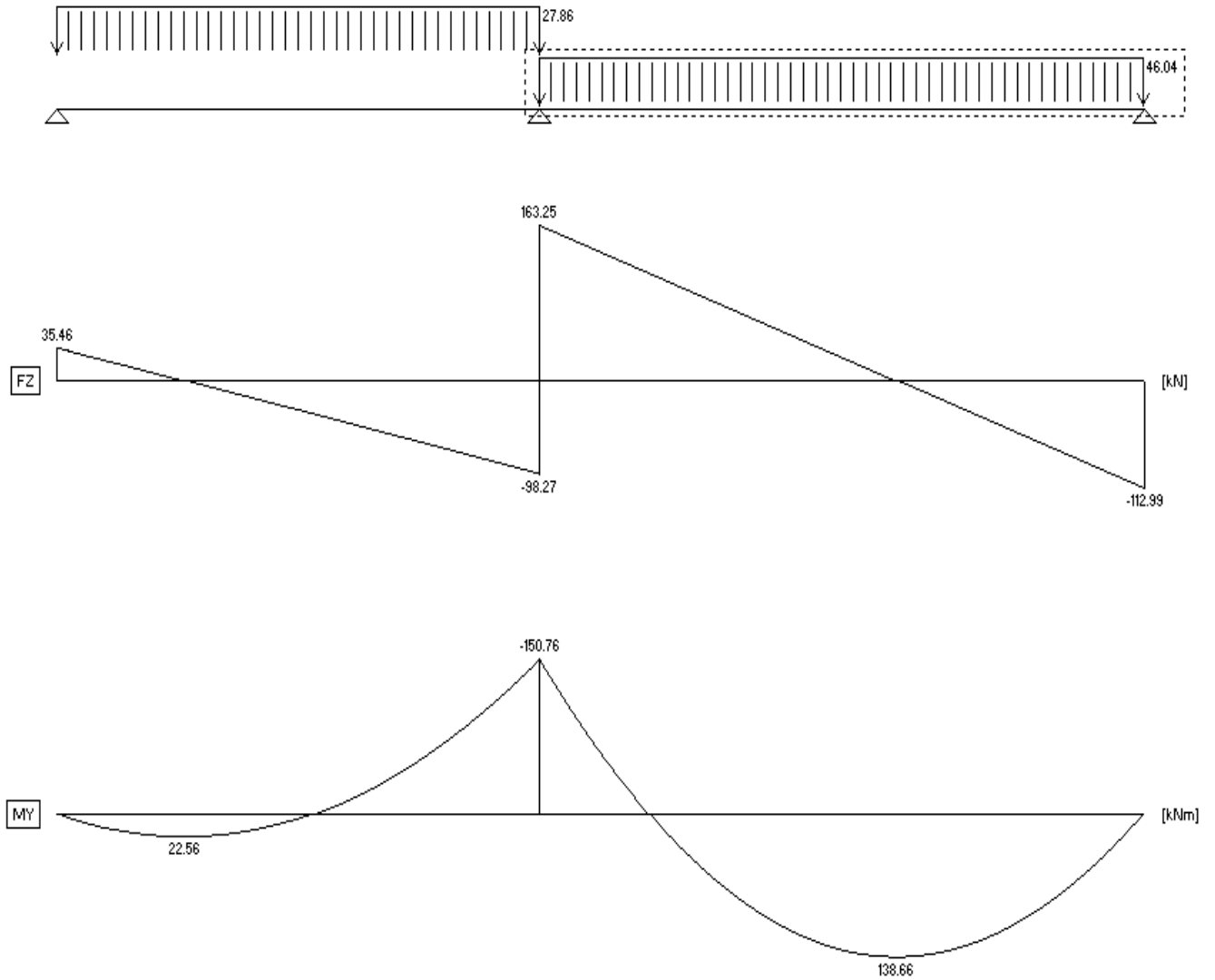
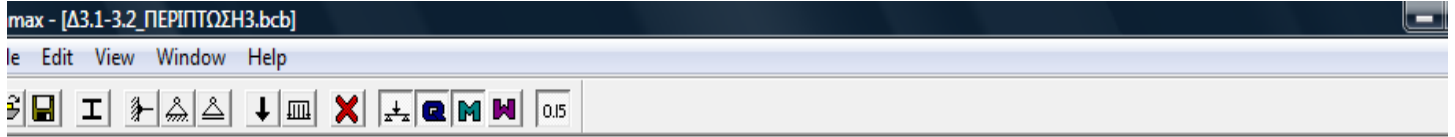
Από τους συνδυασμούς δράσεων υπολογίζονται τα διαγράμματα ροπών για κάθε περίπτωση (βλ. Εικόνα 11, 11, 12) και στη συνέχεια το διάγραμμα περιβάλλουσας ροπών με τις μέγιστες ροπές (βλ. Διάγραμμα 4).



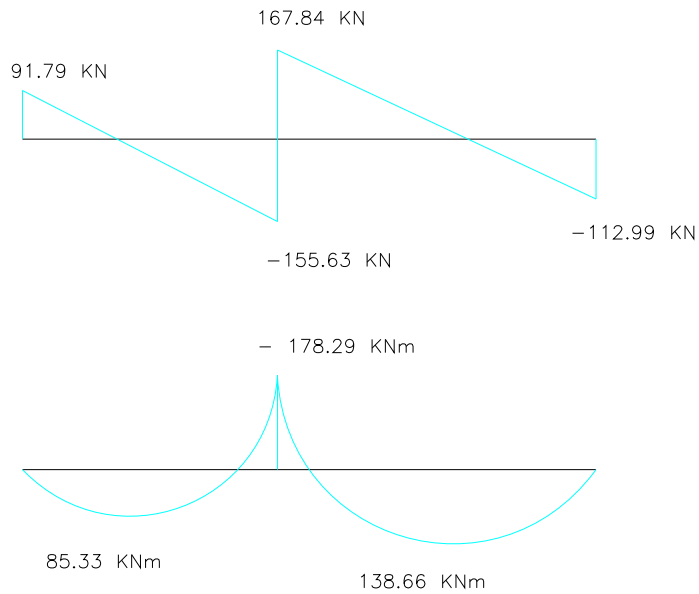
Εικόνα 11: 1^{ος} συνδυασμός δράσεων



Εικόνα 12: 2^{ος} συνδυασμός δράσεων



Εικόνα 13: 3^{ος} συνδυασμός δράσεων



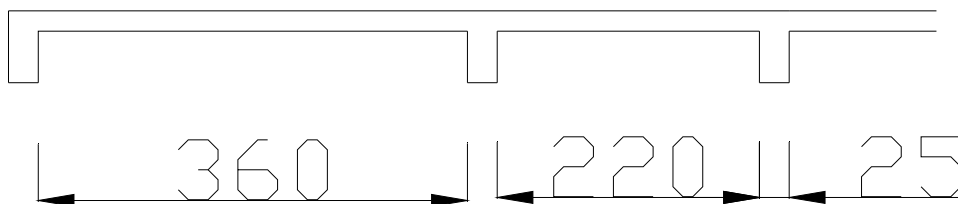
Διάγραμμα 4: Περιβάλλουσα ροπών συνεχόμενων δοκών Δ3.1-Δ3.2

4.2.2 Σχεδιασμός σε κάμψη και διάτμηση:

Σχεδιασμός σε κάμψη

Α) Ακραία ανοίγματα

Για να βρω το l_0 κάνω οριζόντια τομή:



Εικόνα 14: Οριζόντια τομή

$$b_{\text{eff}} = (0,2 \times b_1 + 0,1 \times l_0) \leq 0,2l_0 \leq b_1 \text{ (Εξίσωση 5.7α, 5.7β, EN 1992-1-1:2004)}$$

$$b_1 = 3600/2 = 1800\text{mm}$$

$$b_2 = 2200/2 = 1100\text{mm}$$

Για ακραία ανοίγματα:

$$l_o = 0.85 \times l$$

$$\Delta 3.1: l_o = 0,85 \times 4,80 = 4,08 = 4080\text{mm}$$

$$\Delta 3.2: l_o = 0,85 \times 6,00 = 5,10 = 5100\text{mm}$$

$$b_{\text{eff1}} = 0,2 \times 1800 + 0,1 \times 4080 = 768 \leq 0,2 \times l_o = 0,2 \times 4080 = 816\text{mm} \rightarrow b_{\text{eff1}} = 768\text{mm}$$

$$b_{\text{eff2}} = 0,2 \times 1100 + 0,1 \times 5100 = 730 \leq 0,2 \times l_o = 0,2 \times 5100 = 1020\text{mm} \rightarrow b_{\text{eff2}} = 730\text{mm}$$

$$b_{\text{eff}} = 768 + 250 + 730 = 1748\text{mm}$$

\Delta 3.1:

$$M = 85,33\text{KNm}$$

$$K = M / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$K = 85,33 \times 10^6 / (1748 \times (600 - 2 \times 30)^2 \times 25) = 0,00696\text{N/mm}$$

$$z = d / 2 [1 + \sqrt{(1 - 3,53 \times K)}] = 540 / 2 \times [1 + \sqrt{(1 - 3,53 \times 0,00696)}] = 536,79 \geq 0,95 \times 540 = 513$$

$$z = 513\text{mm}$$

Ουδέτερος άξονας (υπολογισμός εκεί που μηδενίζεται η τάση)

$$x = 2,5(d - z) = 2,5 \times (540 - 513) = 67,5\text{mm}$$

$$x \leq 1,25 hf$$

$$67,5 \leq 1,25 \times 170 = 212,5 \rightarrow \text{Εντάξει ορθογωνική διατομή}$$

$$A_s = M / (f_{yd} \times z) = 85,33 \times 10^6 / (500 / 1,15 \times 513) = 382,57\text{mm}^2$$

(οπλισμός κάτω ανοίγματος)

$$A_{s\text{min}} = 0,15\% A_c = 0,0015 \times 250 \times 540 = 202,5\text{mm}^2$$

$$A_{s\text{max}} = 4\% A_c = 0,04 \times 250 \times 540 = 5400\text{mm}^2 \text{ (Παράγραφος 9.2.1.1 (3) EN1992-1-1:2004)}$$

$$\text{Συγκρίνω με το } A_s \rightarrow \mathbf{3Y/16=603,2\text{mm}^2}$$

$$s = (250 - 2 \times 35 - 2 \times 10 - 3 \times 16) / 2 = 76 \text{ mm} > 20 + 5 = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Εντάξει (EN 1992-1-1:2004 8.2 (2))}$$

Δ3.2:

$$M = 138,66 \text{ KNm}$$

$$K = M / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$K = 138,66 \times 10^6 / (1748 \times (600 - 2 \times 30)^2 \times 25) = 0,0108 \text{ N/mm}$$

$$z = d / 2 [1 + \sqrt{(1 - 3,53 \times K)}] = 540 / 2 \times [1 + \sqrt{(1 - 3,53 \times 0,0108)}] = 534,80 \geq 0,95 \times 540 = 513$$

$$z = 513 \text{ mm}$$

Ουδέτερος άξονας (υπολογισμός εκεί που μηδενίζεται η τάση)

$$x = 2,5(d - z) = 2,5 \times (540 - 513) = 67,5 \text{ mm}$$

$$x \leq 1,25 hf$$

$$67,5 \leq 1,25 \times 170 = 212,5 \rightarrow \text{Εντάξει} \rightarrow \text{ορθογωνική διατομή}$$

$$A_s = M / (f_{yd} \times z) = 138,66 \times 10^6 / (500 / 1,15 \times 513) = 621,67 \text{ mm}^2$$

(οπλισμός κάτω ανοίγματος)

$$A_{smin} = 0,15\% A_c = 0,0015 \times 250 \times 540 = 202,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax} = 4\% A_c = 0,04 \times 250 \times 540 = 5400 \text{ mm}^2 \text{ (Παράγραφος 9.2.1.1 (3) EN1992-1-1:2004)}$$

$$\text{Συγκρίνω με το } A_s \rightarrow \mathbf{3Y/18 = 763,4 \text{ mm}^2}$$

$$s = (250 - 2 \times 35 - 2 \times 10 - 3 \times 16) / 2 = 76 \text{ mm} > 20 + 5 = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Εντάξει (EN 1992-1-1:2004 8.2 (2))}$$

B) Ενδιάμεση στήριξη

$$M = 178,29 \text{ KN/m}$$

(εφελκυσμός πάνω, θλίψη κάτω)

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$d = 600 - 2 \times 30 - 20 = 520 \text{ mm}$$

$$K = M / (b \times d^2 \times f_{ck}) = 178,29 \times 10^6 / (250 \times 520^2 \times 25) = 0,105$$

$$K' = 0,168$$

$K \geq K' \rightarrow$ χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό

$K \leq K' \rightarrow$ δε χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό $0,105 \leq 0,168$

$$z = d/2[1 + \sqrt{(1 - 3,53 \times K)}] = 520/2 \times [1 + \sqrt{(1 - 3,53 \times 0,105)}] = 466,26 \leq 0,95 \times 520 = 494$$

$$z = 466,27 = 467 \text{ mm}$$

$$A_s = M / (f_{yd} \times z) = 178,29 \times 10^6 / (500/1,15 \times 467) = 878,09 \text{ mm}^2$$

(οπλισμός κάτω ανοίγματος)

$$A_{s\min} = 0,15\% A_c = 0,0015 \times 250 \times 520 = 195 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\max} = 4\% A_c = 0,04 \times 250 \times 520 = 5200 \text{ mm}^2 \text{ (Παράγραφος 9.2.1.1 (3) EN1992-1-1:2004)}$$

Συγκρίνω με το $A_s \rightarrow 3Y/20 = 942,5 \text{ mm}^2$

$$s = (250 - 2 \times 35 - 2 \times 10 - 3 \times 20) / 2 = 50 \text{ mm} > 20 + 5 = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Εντάξει (EN 1992-1-1:2004 8.2 (2) σελ131)}$$

Γ) Ακραίες στηρίξεις

Στις ακραίες στηρίξεις τοποθετώ το min οπλισμό:

$$\max \{ \min D15\% A_c = 0,015 A_c = 202,5 \text{ mm}^2, 25\% 804,2 = 201,05 \text{ mm}^2, 2Y18 = 100 \text{ mm}^2 \}$$

$$\text{Επιλέγω } 2Y18 \rightarrow A_s = 508,9 \text{ mm}^2$$

Σχεδιασμός σε διάτμηση:

Για 91,79KN/m

$$\text{Crushing strength, } V_{Rd,\max} = 0,12 \times b_w \times d (1 - f_{ck}/250) \times f_{ck}$$

$$V_{Rd,\max} = 3,64 \times 250 \times 540 = 491400 \text{ N} = 491,4 \text{ KN}$$

$$\text{Σχεδιαστική τιμή διάτμησης στο πρόσωπο της στήριξης, } V_{Ed\max} = V - a \times w = 91,79 - 0,2 \times 27,86 = 86,218 \text{ KN}$$

$$V_{Rd\max} > V_{Ed\max} \rightarrow 491,4 \text{ KN} > 86,218 \text{ KN} \rightarrow \text{Εντάξει}$$

Συνδετήρες για διάτμηση (shear links), $V_{Ed} = V_{Edmax} - d \times w = 86,21 - 0,54 \times 27,86 = 71,18\text{KN}$

$$A_{sw} / s = V_{ed} / (0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot\theta)$$

$$A_{sw} / s = 71,18 \times 10^3 / (0,78 \times 540 \times 500 \times 2,5) = 0,135$$

$$A_{sw,min} / s = 0,08 f_{ck} 0,5 b_w / f_{yk} = 0,08 \times 25 \times 0,5 \times 250 / 500 = 0,2$$

$A_{sw,min} > A_s \rightarrow 0,2 > 0,135 \rightarrow$ Επομένως χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης

Επιλέγω 2Y8=100,8mm² ($A_{sw} = 2Y8 = 2 \times 50,4 = 100,8\text{mm}^2$)

$$100,8 / s = 0,2$$

$$s = 504 \text{ mm } \mathbf{Y8/400}$$

έλεγχος: $s_{max} = 3/4 d = 0,75 \times 540 = 405 \text{ mm}$

Η διατμητική αντοχή των συνδετήρων, $V_{min} = A_{sw,min} / s \times 0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot\theta = 0,2 \times 0,78 \times 540 \times 500 \times 2,5 \times 10^{-3} = 105,3 \text{ KN}$

Για 155,63 KN/m

Crushing strength, $V_{Rd,max} = 0,12 \times b_w \times d (1 - f_{ck}/250) \times f_{ck}$

$$V_{Rd,max} = 3,64 \times 250 \times 520 = 473200\text{N} = 473,2\text{KN}$$

Σχεδιαστική τιμή διάτμησης στο πρόσωπο της στήριξης, $V_{Edmax} = V - a \times w = 155,63 - 0,2 \times 27,86 = 150,06\text{KN}$

$$V_{Rdmax} > V_{Edmax}$$

$473,2\text{KN} > 150,06\text{KN} \rightarrow$ Εντάξει

Συνδετήρες για διάτμηση (shear links), $V_{ed} = V_{Edmax} - d \times w = 150,06 - 0,52 \times 25,98 = 136,55\text{KN}$

$$A_{sw} / s = V_{ed} / (0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot\theta)$$

$$A_{sw} / s = 136,55 \times 10^3 / (0,78 \times 520 \times 500 \times 2,5) = 0,27$$

$$A_{sw,min} / s = 0,08 f_{ck} 0,5 b_w / f_{yk} = 0,08 \times 25 \times 0,5 \times 250 / 500 = 0,2$$

$$A_{sw,min} < A_s$$

$0,27 > 0,2$ Επομένως χρησιμοποιώ τον A_{sw} οπλισμό διάτμησης

$$\text{Επιλέγω } 2Y8=100,8\text{mm}^2 (A_{sw} = 2Y8 = 2 \times 50,4 = 100,8\text{mm}^2)$$

$$100,8 / s = 0,27$$

$$s = 373,33 \text{ mm } Y8/300$$

$$\text{έλεγχος : } s_{\max} = 3/4 d = 0,75 \times 520 = 390 \text{ mm}$$

$$\text{Η διατμητική αντοχή των συνδετήρων, } V_{\min} = A_{sw,\min} / s \times 0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot\theta = 0,27 \times 0,78 \times 520 \times 500 \times 2,5 \times 10^{-3} = 136,89 \text{ KN}$$

Η έκταση των συνδετήρων διάτμησης είναι σε κάθε άκρο της δοκού από το πρόσωπο της στήριξης είναι:

$$V_{ed}=136,55 = 155,63 - 25,98x$$

$$x = 0,74 \text{ m}$$

Για 167,84 KN/m

$$\text{Crushing strength, } V_{Rd,\max} = 0,12 \times b_w \times d (1 - f_{ck}/250) \times f_{ck}$$

$$V_{Rd,\max} = 3,64 \times 250 \times 520 = 473200\text{N} = 473,2\text{KN}$$

$$\text{Σχεδιαστική τιμή διάτμησης στο πρόσωπο της στήριξης, } V_{Ed\max} = V - a \times w = 167,84 - 0,2 \times 25,98 = 162,65\text{KN}$$

$$V_{Rd\max} > V_{Ed\max}$$

$$473,2\text{KN} > 162,65\text{KN} \rightarrow \text{Εντάξει}$$

$$\text{Συνδετήρες για διάτμηση (shear links), } V_{ed} = V_{ed\max} - d \times w = 162,65 - 0,52 \times 25,98 = 149,14\text{KN}$$

$$A_{sw} / s = V_{ed} / (0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot\theta)$$

$$A_{sw} / s = 149,14 \times 10^3 / (0,78 \times 520 \times 500 \times 2,5) = 0,294$$

$$A_{sw,\min} / s = 0,08 f_{ck} 0,5 b_w / f_{yk} = 0,08 \times 25 \times 0,5 \times 250 / 500 = 0,2$$

$$A_{sw,\min} < A_s$$

0,294 > 0,2 Επομένως χρησιμοποιώ τον A_{sw} οπλισμό διάτμησης

$$\text{Επιλέγω } 2Y8=100,8\text{mm}^2 (A_{sw} = 2Y8 = 2 \times 50,4 = 100,8\text{mm}^2)$$

$$100,8 / s = 0,294$$

$$s = 342,86 \text{ mm}$$

$$\text{έλεγχος : } s_{\max} = 3/4 d = 0,75 \times 520 = 390 \text{ mm}$$

Y8/350

$$\text{Η διατμητική αντοχή των συνδετήρων, } V_{\min} = A_{sw,\min} / s \times 0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot\theta = 0,294 \times 0,78 \times 520 \times 500 \times 2,5 \times 10^{-3} = 149,06 \text{ KN}$$

Η έκταση των συνδετήρων διάτμησης είναι σε κάθε άκρο της δοκού από το πρόσωπο της στήριξης είναι:

$$V_{ed} = 149,06 = 167,84 - 25,98x$$

$$x = 0,73 \text{ m}$$

Για 112,99 KN/m

$$\text{Crushing strength, } V_{Rd,\max} = 0,12 \times b_w \times d (1 - f_{ck}/250) \times f_{ck}$$

$$V_{Rd,\max} = 3,64 \times 250 \times 540 = 491400\text{N} = 491,4\text{KN}$$

$$\text{Σχεδιαστική τιμή διάτμησης στο πρόσωπο της στήριξης, } V_{ed\max} = V - a \times w = 122,99 - 0,2 \times 25,98 = 107,794\text{KN}$$

$$V_{Rd\max} > V_{ed\max}$$

$$491,4\text{KN} > 107,794\text{KN} \rightarrow \text{Εντάξει}$$

$$\text{Συνδετήρες για διάτμηση (shear links), } V_{ed} = V_{ed\max} - d \times w = 107,794 - 0,54 \times 25,98 = 93,77\text{KN}$$

$$A_{sw} / s = V_{ed} / (0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot\theta)$$

$$A_{sw} / s = 93,77 \times 10^3 / (0,78 \times 540 \times 500 \times 2,5) = 0,178$$

$$A_{sw,\min} / s = 0,08 f_{ck} 0,5 b_w / f_{yk} = 0,08 \times 25 \times 0,5 \times 250 / 500 = 0,2$$

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

0,178 < 0,2 Επομένως χρησιμοποιώ τον $A_{sw,\min}$ οπλισμό διάτμησης

$$\text{Επιλέγω } 2Y8=100,8\text{mm}^2 (A_{sw} = 2Y8 = 2 \times 50,4 = 100,8\text{mm}^2)$$

$$100,8 / s = 0,2$$

$$s = 504 \text{ mm Y8/400}$$

$$\text{έλεγχος : } s_{\max} = 3/4 d = 0,75 \times 540 = 405 \text{ mm}$$

$$\text{Η διατμητική αντοχή των συνδετήρων, } V_{\min} = A_{s,w,\min} / s \times 0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot\theta = 0,2 \times 0,78 \times 540 \times 500 \times 2,5 \times 10^{-3} = 105,3 \text{ KN}$$

Έλεγχος εύρους ρωγμής

Έλεγχος στο άνοιγμα AB (Δ3.1):

$$\sigma_s = 310 \times 383/603 = 196,90 \text{ Mpa}$$

$$W_x = 0,3 \text{ mm (EN 1992-1-1:2004 table 7.3N)}$$

$$\text{maximum bar spacing} = 250 \text{ mm}$$

$$76 < 250 \rightarrow \text{Εντάξει}$$

Έλεγχος βέλους κάμψης:

Ελέγχουμε το ακραίο άνοιγμα

$$K = 1,3 \text{ (EN 1992-1-1:2004 table 7.4N)}$$

$$\rho_o = \sqrt{25 \times 10^{-3}} = 5 \times 10^{-3} = 0,5 \%$$

$$\text{ρανοίγματος} = 100 \times A_{s,\text{req}} / bd = 100 \times 383 / (250 \times 540) = 0,28\%$$

$$\rho \leq \rho_o \text{ (EN 1992-1-1:2004, 7.16α)}$$

$$\text{Βασικό } l/d = K [11 + 1,5\sqrt{f_{ck}} \times \rho_o / \rho + 3,2\sqrt{f_{ck}} (\rho_o/\rho - 1)^{3/2}] \text{ (Εξίσωση 7.16α EN 1992-1-1:2004)}$$

$$l/d = 1,3 [11 + 1,5\sqrt{25} \times 0,5/0,28 + 3,2\sqrt{25} (0,5/0,28 - 1)^{3/2}] = 46,197$$

$$F1 = 1 - 0,1 (b_{\text{eff}}/b_w - 1) \geq 0,8$$

$$F1 = 1 - 0,1 (1748/250 - 1) = 0,4 < 0,8$$

$$F1 = 0,8$$

$$F2 = 7/4,8 = 1,46$$

$$F3 = 310/\sigma_s = 310 / (310 \times 383 / 603) = 1,58 > 1,5$$

$$F3 = 1,5$$

Επιτρεπόμενο $l/d = 46,197 \times 0,8 \times 1,46 \times 1,5 = 81$

Πραγματικό $l/d = 4800/540 = 8,88 < 81 \rightarrow$ Εντάξει

4.3 ΔΟΚΟΙ ΕΝΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (ONE SPAN BEAMS)

Δ5.1

Τα στοιχεία της δοκού Δ5.1 είναι:

$$b = 250,00 \text{ mm}$$

$$h = 600,00 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2$$

$$g = 23,51 \text{ KN/m}$$

$$q = 2,51 \text{ KN/m}$$

$$L = 3,30 \text{ m}$$

$$d = 600 - 30 - 30 = 540,00 \text{ mm}$$

Μέγιστο φορτίο (ultimate load) και Μέγιστη ροπή σχεδιασμού (maximum design moment):

$$W = 1,35g + 1,5q = 35,50 \text{ KN/m}$$

$$M = WL^2/8 = 48,33 \text{ KNm}$$

Υπολογισμός οπλισμού λόγο κάμψης

$$K = M/bd^2f_{ck} = 0,03$$

$$K < K' = 0,167$$

$0,03 < 0,167 \rightarrow$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό

$$z = d/2[1 + \sqrt{(1 - 3,53K)}] \leq 0,95d$$

$$z = 527,05 \text{ mm και } 0,95d = 513,00\text{mm}$$

$$\rightarrow z = 513,00\text{mm}$$

$$A_s = M/0,87 (f_{yk} \times z) = 216,57 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{2Y16(401,1\text{mm}^2)}$$

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} \times b_t \times d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 250 \times 540 / 500 = 182,52 \text{ mm}^2 \text{ (Εξίσωση 9.1N EN 1992-1-1:2004)}$$

$$\text{Span effective depth ratio: } \rho = 100A_{s,req} / bd = 0,16 \%$$

$$\text{basic span effective ratio} = 20 \text{ (βλ. Εικόνα 7)}$$

$$\text{modified ratio} = 20 \times (401,1/257,74) = 31,13$$

$$\text{span effective depth ratio provided} = 3600/540 = 6,666667 < \text{από το επιτρεπτό όριο}$$

→ τα κριτήρια παραμόρφωσης ικανοποιούνται

Υπολογισμός οπλισμού λόγο διάτμησης

Έλεγχος μέγιστης διάτμησης στο πρόσωπο της στήριξης:

$$\text{Μέγιστη σχεδιαστική τιμή διάτμησης (Maximum design shear), } V = W \times L/2 = 58,58 \text{ KN}$$

$$\text{Σχεδιαστική τιμή διάτμησης στο πρόσωπο της στήριξης, } V_{Ed \max} = V - a \times W = 58,58 - 0,2 \times 35,50 = 51,48 \text{ KN}$$

$$\text{Crushing strength, } V_{Rdmax} = 3,64 \times 250 \times 540 \times 10^{-3} = 491,40 \text{ KN}$$

$$V_{Rdmax} > V_{Ed} \text{ (}\theta=22^\circ, \cot\theta=2,5\text{)}$$

$$\text{Συνδετήρες για διάτμηση (shear links), } V_{Ed} = V_{Edmax} - d \times W = 32,31 \text{ KN}$$

$$A_{sw}/s = V_{ed} / 0,78d f_{yk} \cot\theta = 0,06$$

$$A_{sw,min}/s = 0,08 f_{ck}^{0,50} b_w / f_{yk} = 0,22$$

$$A_{sw,min}/s > A_s$$

0,22 > 0,06 → Χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης

$$\text{Επιλέγω } 2Y8 = 100,8$$

$$100,8/s = 0,22$$

$$s = 460,1059 \text{ Y8/400}$$

$$\text{Έλεγχος } s_{max} = 0,75d = 0,75 \times 540 = 405 \text{ Y8/400}$$

Η διατμητική αντοχή των συνδετήρων, $V_{min} = A_{sw,min}/s \times 0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot\theta = 115,83 \text{ KN}$

Δ7.1

Τα στοιχεία της δοκού Δ7.1 είναι:

$$b = 250,00 \text{ mm}$$

$$h = 600,00 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2$$

$$g = 43,35 \text{ KN/m}$$

$$q = 6,90 \text{ KN/m}$$

$$L = 6,00 \text{ m}$$

$$d = 600 - 30 - 30 = 540,00 \text{ mm}$$

Μέγιστο φορτίο (ultimate load) και Μέγιστη ροπή σχεδιασμού (maximum design moment):

$$\mathbf{W = 1,35g + 1,5q = 68,87 \text{ KN/m}}$$

$$\mathbf{M = WL^2/8 = 309,93 \text{ KNm}}$$

Υπολογισμός οπλισμού λόγο κάμψης

$$K = M/bd^2f_{ck} = 0,17$$

$$K < K' = 0,167$$

$0,17 > 0,167 \rightarrow$ **χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό**

Table 7.1 Moment redistribution factors for concrete classes \leq C50/60

Redistribution (%)	δ	x_{bal}/d	z_{bal}/d	K_{bal}	d'/d
<i>According to EC2, $k_1 = 0.44$ and $k_2 = 1.25$</i>					
0	1.0	0.448	0.821	0.167	0.171
10	0.9	0.368	0.853	0.142	0.140
15	0.85	0.328	0.869	0.129	0.125
20 ^a	0.8	0.288	0.885	0.116	0.109
25	0.75	0.248	0.900	0.101	0.094
30 ^b	0.70	0.206	0.917	0.087	0.079
<i>According to EC2, UK Annex, $k_1 = 0.4$ and $k_2 = 1.0$</i>					
0	1.0	0.45	0.82	0.167	0.171
10	0.9	0.45	0.82	0.167	0.171
15	0.85	0.45	0.82	0.167	0.171
20 ^a	0.8	0.40	0.84	0.152	0.152
25	0.75	0.35	0.86	0.137	0.133
30 ^b	0.70	0.30	0.88	0.120	0.114

Εικόνα 15: Συντελεστές κατανομής ροπής

Πηγή: Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, 2007

$$d'/d = 50 / 540 = 0,092 < 0,171 \text{ (βλ. Εικόνα 15)}$$

$$\text{compression steel: } A_s' = (K - K') f_{ck} b d^2 / f_{sc} (d - d') = (0,18 - 0,167) \times 25 \times 250 \times 540^2 / (0,87 \times 500(540 - 50)) = 111,1541168 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow \mathbf{2Y16 (A_s' = 402 \text{ mm}^2)}$$

$$z = d/2[1 + \sqrt{(1 - 3,53K)}] \leq 0,95d \text{ mm}$$

$$z = 440,70 \text{ mm και } 0,95d = 513,00 \text{ mm}$$

$$\rightarrow z = 440,70 \text{ mm}$$

$$\text{Tension steel, } A_s = 0,167 f_{ck} b d^2 / 0,87 f_{yk} z + A_s'$$

$$\mathbf{A_s = 1.710,77}$$

$$\rightarrow \mathbf{4Y25 (1963,5 \text{ mm}^2)}$$

$$\text{span effective depth ratio: } \rho = 100 A_{s,req} / b d = 1,27 \%$$

$$\text{basic span effective ratio} = 14 \text{ (βλ. Εικόνα 7)}$$

$$\text{modified ratio} = 14 \times (1963,5/1599,62) = 17,18471$$

span effective depth ratio provided = $3600/540 = 6,666667 < \text{από το επιτρεπτό όριο}$

→ τα κριτήρια παραμόρφωσης ικανοποιούνται

Υπολογισμός οπλισμού λόγο διάτμησης

Έλεγχος μέγιστης διάτμησης στο πρόσωπο της στήριξης:

Μέγιστη σχεδιαστική τιμή διάτμησης (Maximum design shear), $V = W \times L/2 = 206,62 \text{ KN}$

Σχεδιαστική τιμή διάτμησης στο πρόσωπο της στήριξης, $V_{Ed \max} = V - a \times W = 192,84 \text{ KN}$

Crushing strength, $V_{Rd \max} = 3,64 \times 250 \times 540 \times 10^{-3} = 491,40 \text{ KN}$

$V_{Rd \max} > V_{Ed}$ ($\theta = 22^\circ, \cot \theta = 2,5$)

Συνδετήρες για διάτμηση (shear links), $V_{ed} = V_{ed \max} - d \times W = 155,65 \text{ KN}$

$A_{sw}/s = V_{ed} / 0,78 d f_{yk} \cot \theta = 0,30$

Επιλέγω $2Y8 = 100,8$

$100,8/s = 0,30$

$s = 340,96 \text{ Y8/300}$ (στις άκρες)

$A_{sw, \min}/s = 0,08 f_{ck}^{0,50} b_w / f_{yk} = 0,22$

$A_{sw, \min}/s > A_s$

$0,22 < 0,30 \rightarrow$ Χρησιμοποιώ τον A_{sw} οπλισμό διάτμησης

Επιλέγω $2Y8 = 100,8$

$100,8/s = 0,3$

$s = 460,1059 \text{ Y8/400}$

Έλεγχος $s_{\max} = 0,75d = 0,75 \times 540 = 405 \text{ Y8/400}$

Η διατμητική αντοχή των συνδετήρων, $V_{\min} = A_{sw, \min}/s \times 0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot \theta = 115,83 \text{ KN}$

Η έκταση των συνδετήρων διάτμησης είναι σε κάθε άκρο της δοκού από το πρόσωπο της στήριξης είναι:

$$x = V_{ed} - V_{min} / W = (150,1 - 115,83) / 68,87 = 0,497604\text{m}$$

Στο Παράρτημα 9.2 και 9.3 υπάρχουν οι υπόλοιπες συνεχόμενες δοκοί και δοκοί ενός ανοίγματος.

5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

Για τον υπολογισμό αξονικών φορτίων υποστυλωμάτων θεωρούμε ότι βρίσκονται σε αμετάθετα πλαίσια (frame) και η ανάλυση χαρακτηρίζεται από τον τύπο braced, όπου όλες οι οριζόντιες δυνάμεις παραλαμβάνονται από τοιχώματα ή άλλες μορφές αντιστήριξης.

5.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ

Braced: Short(κοντό-μη λυγρό) ή Slender(λυγρό) Column

Για κολώνα K10:

$f_{ck} = 25\text{N/mm}^2$, δοκοί = 250x600mm, υποστυλώματα = 250x250mm, ultimate axial load=503KN

1) Ύψος υποστυλώματος (effective column height) l_0 :

$$I_{col} = 250 \times 250^3 / 12 = 326 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{beam} = 250 \times 600^3 / 12 = 4500 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$k_1 = k_2 = (I_{col}/L_{col}) / \Sigma(2 I_{beam}/L_{beam}) =$$

$$= (326 \times 10^6 / 2,90 \times 10^3) / 2 (2 \times 4500 \times 10^6 / 7,25 \times 10^3) = 0,045$$

Table 9.1 Column effective lengths

$\frac{1}{4} \frac{(I/l_{column})}{(I/l_{beam})} = k$	0 (fixed end)	0.0625	0.125	0.25	0.50	1.0	1.5	2.0
l_0 – braced (equation 9.2) {x/}	0.5	0.56	0.61	0.68	0.76	0.84	0.88	0.91
l_0 – unbraced (equation 9.3(a) and 9.3(b)). Use greater value {x/}	1.0	1.14	1.27	1.50	1.87	2.45	2.92	3.32
	1.0	1.12	1.13	1.44	1.78	2.25	2.56	2.78

Εικόνα 16: Πραγματικό μήκος υποστυλώματος

Πηγή: Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, 2007

Από Εικόνα 16:

$$l_0 = 0,55 \times 2,90 = 1,60 \text{ m}$$

2) Λόγος λυγηρότητας (Slenderness ratio) λ :

$$\text{Ακτίνα περιστροφής (Radius of gyration), } i = \sqrt{(L_{\text{col}} / A_{\text{col}})} = \sqrt{(bh^3/12/bh)} =$$

$$= \sqrt{(h / 3,46)} = 2,90/3,46 = 83,81 \text{ m}$$

$$\text{Slenderness ratio } \lambda = \lambda_0 / i = 1,60 \times 10^3 / 83,81 = 19,10 \text{ (Εξίσωση 5.14N EN 1992-1-1:2004)}$$

Για ένα υποστύλωμα (braced) η ελάχιστη οριακή τιμή λ δίνεται ως εξής:

$$\lambda_{\text{lim}} = 26,2 / \sqrt{(N_{\text{ed}} / A_c f_{\text{cd}})}$$

$$N_{\text{ed}} / A_c f_{\text{cd}} = 503 \times 10^3 / (250 \times 250 \times 25 / 1,5) = 0,483$$

$$\lambda_{\text{lim}} = 26,2 / 0,483 = 54,25 > 19,10 = \lambda$$

Συνεπώς το υποστύλωμα είναι μη λυγρό (**short**) και δεν χρειάζονται να ληφθούν υπόψη επιπρόσθετες ροπές.

5.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

Σχεδιασμός υποστυλώματος K10:

$$f_{\text{ck}} = 25 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{\text{yk}} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$g = 10,22 \text{ KN/mm}^2$$

$$q = 2 \text{ KN/mm}^2$$

- Μέγιστο φορτίο σε κάθε όροφο (maximum ultimate load at each floor) =
= $3,5\text{m} \times (1,35g + 1,5q) = 3,5 \times (1,35 \times 10,22 + 1,5 \times 2) = 59 \text{ KN/m}$
- Ελάχιστο φορτίο σε κάθε όροφο (minimum ultimate load at each floor) =
= $3,5\text{m} \times 1,35g = 3,5 \times 1,35 \times 10,22 = 49 \text{ KN/m}$

Τα φορτία στο υποστύλωμα (column loads) προέρχονται από:

- δεύτερο όροφο = $59 \text{ KN/m} \times 3,70\text{m} = 218,3 \text{ KN}$
- πρώτο όροφο = $59\text{KN/m} \times 4,6/2\text{m} + 49\text{KN/m} \times 2,80/2\text{m} = 204,3 \text{ KN}$
- ίδιο βάρος δοκών = $0,25\text{m} \times 0,60\text{m} \times 25\text{KN/m}^3 \times 1,35 \times (4,60/2 + 2,80/2)\text{m} \times 2(\text{ορόφοι}) = 37,46 \text{ KN}$
- ίδιο βάρος υποστυλωμάτων = $0,25\text{m} \times 0,25\text{m} \times 25\text{KN/m}^3 \times 1,35 \times 2,90\text{m} \times 2 (\text{ορόφο}) = 13 \text{ KN}$
- φορτίο τοίχων = $5 \text{ KN/m} \times 1,35 \times (4,6+2,8)/2 = 25 \text{ KN}$

Επομένως το $N_{ed} = 499\text{KN}$

Ροπές υποστυλωμάτων (column moments):

- Μέλη δυσκαμψίας:

$$k_{AB}/2 = 1/2 \times bh^3/12L_{AB} = 1/2 \times 0,25 \times 0,6^3 / (12 \times 4,6) = 4,982 \times 10^{-4}$$

$$k_{BC}/2 = 1/2 \times bh^3/12L_{BC} = 1/2 \times 0,25 \times 0,6^3 / (12 \times 2,8) = 8,04 \times 10^{-4}$$

$$k_{col} = 0,25 \times 0,25^3 / (12 \times 2,90) = 1,122 \times 10^{-4}$$

$$\Sigma k = 4,982 \times 10^{-4} + 8,04 \times 10^{-4} + 2 \times 1,122 \times 10^{-4} = 1,52 \times 10^{-3}$$

Συντελεστής κατανομής (distribution factor for the column) =

$$= k_{col} / \Sigma k = 1,122 \times 10^{-4} / 1,52 \times 10^{-3} = 0,074$$

- Ροπές στο σημείο B (Fixed end moments at B are):

$$F.E.M_{BA} = 59 \times 4,6^2 / 12 = 104 \text{ KNm}$$

$$F.E.M_{BC} = 49 \times 2,8^2 / 12 = 32 \text{ KNm}$$

Ροπή υποστυλώματος (column moments): $M_{ed} = 0,074 \times (104 - 32) = 6 \text{ KNm}$

Cover = 50mm

$$d'/h = 60 / 300 = 0,20$$

Ελάχιστος απαιτούμενος οπλισμός (minimum area reinforcement) $A_s = 0,002bh = 0,002 \times 250 \times 250 = 125 \text{ mm}^2$

Μέγιστος απαιτούμενος οπλισμός (maximum area reinforcement) $A_s = 0,08bh = 0,08 \times 250 \times 250 = 5000 \text{ mm}^2$

$$N_{ed} / bhf_{ck} = 499 \times 10^3 / (250 \times 250 \times 25) = 0,032$$

$$M_{ed} / bh^2f_{ck} = 6 \times 10^6 / (250 \times 250^2 \times 25) = 0,154$$

$$A_s f_{yk} / bhf_{ck} = 0,40 \text{ (βλ. Εικόνα 25)}$$

$$A_s = 0,4 \times 250 \times 250 \times 25 / 500 = 1250 \text{ mm}^2$$

Ο οπλισμός που θα τοποθετηθεί στο υποστύλωμα είναι: **4Y22(1520,5mm²)**

Σχεδιασμός υποστυλώματος K5:

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$g = 10,22 \text{ KN/mm}^2$$

$$q = 2 \text{ KN/mm}^2$$

- Μέγιστο φορτίο σε κάθε όροφο (maximum ultimate load at each floor) = $(4,6/2 + 1)m \times (1,35g + 1,5 q) = 3,3 \times (1,35 \times 10,22 + 1,5 \times 2) = 56 \text{ KN/m}$
- Ελάχιστο φορτίο σε κάθε όροφο (minimum ultimate load at each floor) = $3,3m \times 1,35g = 3,2 \times 1,35 \times 10,22 = 46 \text{ KN/m}$

Τα φορτία στο υποστύλωμα (column loads) προέρχονται από:

- δεύτερο όροφο = $56 \text{ KN/m} \times 7,3/2m = 204,4 \text{ KN}$
- πρώτο όροφο = $56 \text{ KN/m} \times 7,3/2m = 204,4 \text{ KN}$
- ίδιο βάρος δοκών = $0,25m \times 0,60m \times 25 \text{ KN/m}^3 \times 1,35 \times (4,60/2 + 2,80/2)m \times 2(\text{ορόφοι}) = 37,46 \text{ KN}$
- ίδιο βάρος υποστυλωμάτων = $0,25m \times 0,25m \times 25 \text{ KN/m}^3 \times 1,35 \times 2,90m \times 2(\text{ορόφο}) = 13 \text{ KN}$
- φορτίο τοίχων = $5 \text{ KN/m} \times 1,35 \times (7,3)/2 = 25 \text{ KN}$

Επομένως το $N_{ed} = 485 \text{ KN}$

Ροπές υποστυλωμάτων (column moments):

- Μέλη δυσκαμψίας:

$$k_{AB}/2 = 1/2 \times bh^3/12L_{AB} = 1/2 \times 0,25 \times 0,63 / (12 \times 7,3) = 3,08 \times 10^{-4}$$

$$k_{col} = 0,25 \times 0,25^3 / (12 \times 2,90) = 1,12 \times 10^{-4}$$

$$\Sigma k = 3,08 \times 10^{-4} + 2 \times 1,12 \times 10^{-4} = 5,324 \times 10^{-4}$$

Συντελεστής κατανομής (distribution factor for the column) =

$$= k_{col} / \Sigma k = 1,122 \times 10^{-4} / 5,324 \times 10^{-4} = 0,21$$

- Ροπές στο σημείο B (Fixed end moments at B are):

$$F.E.M_{BA} = 56 \times 7,3^2 / 12 = 249 \text{ KNm}$$

Ροπή υποστυλώματος (column moments): $M_{ed} = 0,21 \times 249 = 53 \text{ KNm} = M_y$

Cover = 50mm

$$d'/h = 60 / 300 = 0,20$$

Ελάχιστος απαιτούμενος οπλισμός (minimum area reinforcement) $A_s = 0,002bh = 0,002 \times 250 \times 250 = 125 \text{ mm}^2$

Μέγιστος απαιτούμενος οπλισμός (maximum area reinforcement) $A_s = 0,08bh = 0,08 \times 250 \times 250 = 5000 \text{ mm}^2$

Διαξονική Κάμψη (Biaxial bending)

- Μέγιστο φορτίο σε κάθε όροφο (maximum ultimate load at each floor) =
 $= (7,3/2 + 1)m \times (1,35g + 1,5 q) = 4,65 \times (1,35 \times 10,22 + 1,5 \times 2) = 79 \text{ KN/m}$
- Ελάχιστο φορτίο σε κάθε όροφο (minimum ultimate load at each floor)=
 $= 4,65 \text{ m} \times 1,35g = 4,65 \times 1,35 \times 10,22 = 65 \text{ KN/m}$

Τα φορτία στο υποστύλωμα (column loads) προέρχονται από:

- δεύτερο όροφο = $79 \text{ KN/m} \times 4,5/2 \text{ m} = 355,5 \text{ KN}$
- πρώτο όροφο = $79 \text{ KN/m} \times 4,5/2 \text{ m} = 355,5 \text{ KN}$
- ίδιο βάρος δοκών = $0,25m \times 0,60m \times 25\text{KN/m}^3 \times 1,35 \times (4,60/2 + 2,80/2)m \times 2(\text{ορόφοι}) = 37,46 \text{ KN}$
- ίδιο βάρος υποστυλωμάτων = $0,25m \times 0,25m \times 25\text{KN/m}^3 \times 1,35 \times 2,90m \times 2 (\text{ορόφο}) = 13 \text{ KN}$

- φορτίο τοίχων = $5 \text{ KN/m} \times 1,35 \times 4,5/2 \text{ m} = 16 \text{ KN}$

Επομένως το $N_{ed} = 422 \text{ KN}$

Ροπές υποστυλωμάτων (column moments):

- Μέλη δυσκαμψίας:

$$k_{AB}/2 = 1/2 \times bh^3/12L_{AB} = 1/2 \times 0,25 \times 0,6^3 / (12 \times 4,5) = 5 \times 10^{-4}$$

$$k_{col} = 0,25 \times 0,25^3 / (12 \times 2,90) = 1,122 \times 10^{-4}$$

$$\Sigma k = 5 \times 10^{-4} + 2 \times 1,12 \times 10^{-4} = 7,244 \times 10^{-4}$$

Συντελεστής κατανομής (distribution factor for the column) =

$$= k_{col} / \Sigma k = 1,122 \times 10^{-4} / 7,244 \times 10^{-4} = 0,16$$

- Ροπές στο σημείο B (Fixed end moments at B are):

$$F.E.M_{BA} = 79 \times 4,5^2 / 12 = 134 \text{ KNm}$$

Ροπή υποστυλώματος (column moments): $M_{ed} = 0,16 \times 134 = 22 \text{ KNm} = M_z$

Cover = 50mm

$$d'/h = 60 / 300 = 0,20$$

Ελάχιστος απαιτούμενος οπλισμός (minimum area reinforcement) $A_s = 0,002bh = 0,002 \times 250 \times 250 = 125 \text{ mm}^2$

Μέγιστος απαιτούμενος οπλισμός (maximum area reinforcement) $A_s = 0,08bh = 0,08 \times 250 \times 250 = 5000 \text{ mm}^2$

$$N_{ed} = 422 + 485 - 13 - 37,46 = 857 \text{ KN}$$

$$e_z = M_z / N_{ed} = 22 \times 10^6 / 857 \times 10^3 = 26 \text{ mm}$$

$$e_y = M_y / N_{ed} = 53 \times 10^6 / 857 \times 10^3 = 62 \text{ mm}$$

$$e_z/h / e_y/b = 26/250 / 62 / 250 = 0,419 > 0,2$$

$$e_y/b / e_z/h = 62/250 / 26/250 = 2,384 > 0,2 \text{ (Εξίσωση 5.38β EN 1992-1-1:2004)}$$

Επομένως το υποστυλώμα πρέπει να σχεδιαστεί για διαξονική κάμψη.

$$M_z/h' = 22 / (250-50) = 0,12$$

$$M_y/b' = 53 / (250-50) = 0,28$$

$$M_z/h' < M_y/b'$$

$$M'y = M_y + \beta b'/h' \times M_z$$

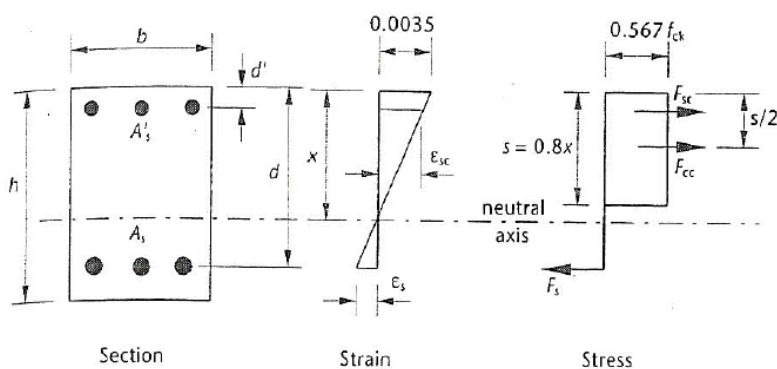
$$N_{ed} / bhf_{ck} = 857 \times 10^3 / (250 \times 250 \times 25) = 0,548$$

Table 9.3 Values of coefficient β for biaxial bending

$\frac{N_{Ed}}{bhf_{ck}}$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	≥ 0.7
β	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3

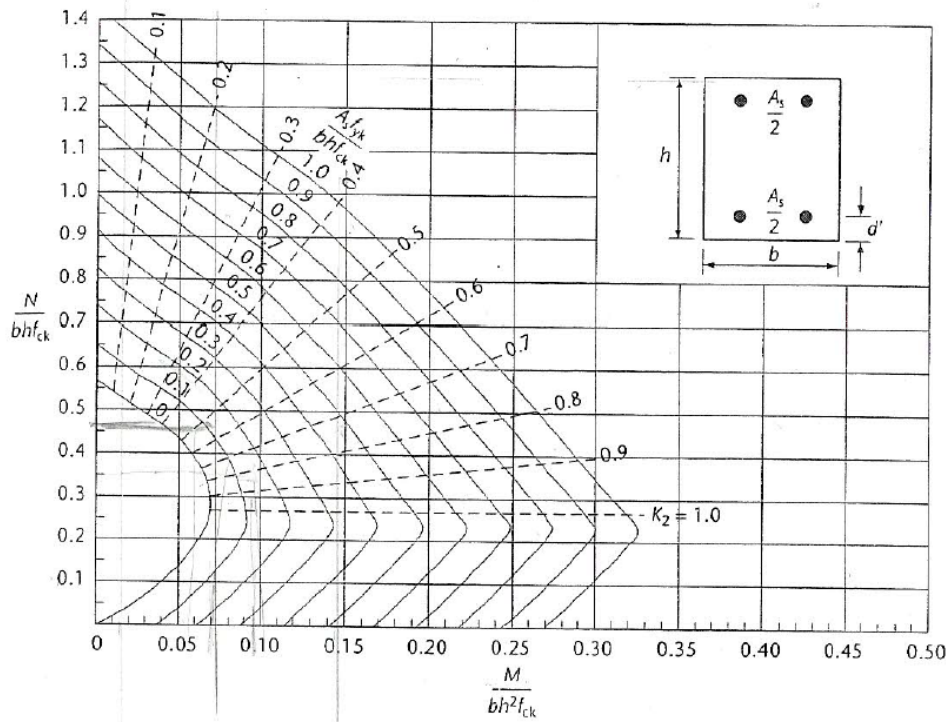
Εικόνα 17: Τιμές για τον συντελεστή β

Πηγή: Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, 2007



Εικόνα 18: Τμήμα υποστυλώματος (Column section)

Πηγή: Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, 2007



Εικόνα 19: Ορθογώνια υποστυλώματα με $d'/h=0,20$ (Rectangular columns)

Πηγή: Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, 2007

Από Εικόνα 17: $\beta = 0,46$

$$M'y = 53 + 0,46 \times 1 \times 22 = 64 \text{ KNm}$$

$$M_{ed} / bh^2 f_{ck} = 64 \times 10^6 / (250 \times 250^2 \times 25) = 0,164$$

$$A_s f_{yk} / bh f_{ck} = 0,60 \text{ (βλ. Εικόνα 19)}$$

$$A_s = 0,6 \times 250 \times 250 \times 25 / 500 = 1875 \text{ mm}^2$$

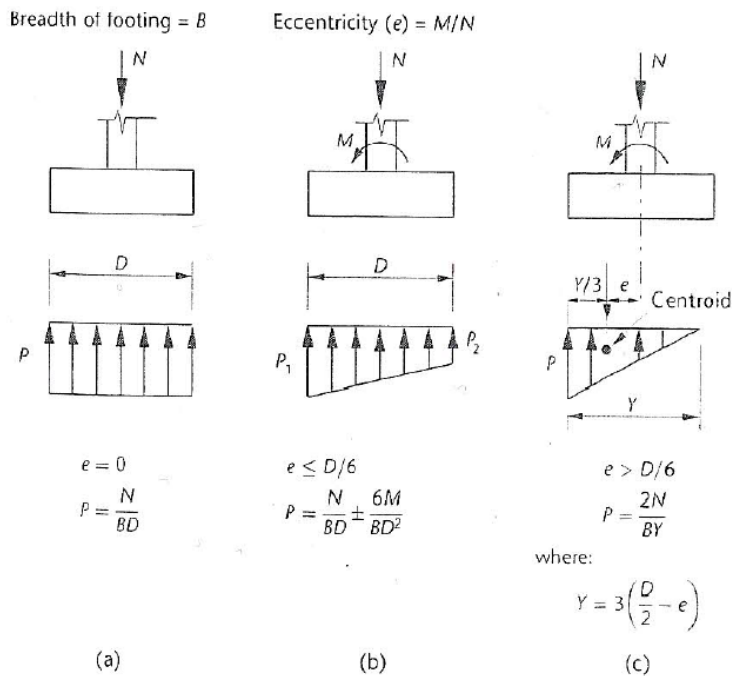
Ο οπλισμός που θα τοποθετηθεί στο υποστυλώμα είναι **8Y18(2035,8mm²)**.

Στο Παράρτημα 10 φαίνεται και ο υπολογισμός Υποστυλωμάτος K13.

6 ΘΕΜΕΛΙΑ

Τα θεμέλια μεταφέρουν με ασφάλεια τα φορτία των υποστυλωμάτων και τα κατανέμουν μέσα στο έδαφος. Πρέπει η επιτρεπόμενη αντοχή του εδάφους να μην ξεπερνιέται έτσι ώστε να αποφεύγονται μεγάλες καθιζήσεις με μεγάλες ζημιές.

Υπάρχουν αρκετοί τύποι θεμελίων αλλά στην περίπτωση της διώροφης κατοικίας χρησιμοποιούνται τα μεμονωμένα πέδιλα. Σε ένα μεμονωμένο πέδιλο με γραμμική κατανομή η πίεση του εδάφους ακολουθεί μια από τις τρεις μορφές κατανομής που φαίνονται πιο κάτω.



Εικόνα 20: Μεμονωμένο πέδιλο – Κατανομή πίεσης (Pad footing – pressure distribution)

Πηγή: Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, 2007

6.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΟΥ ΠΕΔΙΛΟΥ

Για K13:

Αξονικά χαρακτηριστικά φορτία (characteristic axial loads):

Μόνιμο φορτίο (permanent load):

- Φορτίο πλάκας: $10,22\text{KN/m}^2 \times (10,6/2 \times 6,4/2)\text{m}^2 = 174 \text{ KN}$
- Από τοιχοποιία:
 - $8,517 \text{ KN/m} \times (10,5 + 4)/2\text{m} = 62 \text{ KN}$
 - $11,922 \text{ KN/m} \times 10,6/2\text{m} = 63,18 \text{ KN}$
- Ίδιο βάρος δοκών: $37,46\text{KN}$
- Ίδιο βάρος υποστυλωμάτων: 18KN

Συνολικό φορτίο = 292KN

Μεταβλητό φορτίο (variable load) :

- $2\text{KN/m}^2 \times (10,6 \times 6,4 /4) \text{m}^2 = 17 \text{ KN}$

Βάρος πεδύλου (footing weight = 150 KN)

Συνολικό μόνιμο φορτίο (total permanent load) = $292 + 150\text{KN} = 442 \text{ KN}$

Επιτρεπόμενη πίεση εδάφους (safe bearing pressure) = 200 KN/m^2

1) Για την οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (serviceability limit state): Το συνολικό αξονικό φορτίο (total design axial load) ισούται με: $1.0G_k + 1.0Q_k = 442 + 17 = 459 \text{ KN}$

Απαιτούμενο εμβαδόν πεδύλου (required base area) = $459/200 = 2,3 \text{ m}^2$

Επιλέγω πέδιλο $1,90 \times 1,90\text{m} = 3,61\text{m}^2$

2) Για την οριακή κατάσταση αστοχίας (ultimate limit state):

- Ο συνδυασμός φόρτισης για τον έλεγχο της αντοχής του πεδύλου είναι: (column design axial load), $N_{ed} = 1.35G_k + 1.5Q_k = 1,35 \times 292 + 1,5 \times 17 = 420\text{KN}$

Πίεση κάτω από το πέδιλο (Earth pressure) = $420\text{KN}/1,9^2 = 117 \text{ KN/m}^2$

3) Επιλέγω πάχος πεδύλου 500mm και κάλυψη οπλισμού 50mm. Προκύπτει d(effective depth) = $500 - 50 - 20 - 10 = 420\text{mm}$.

- Maximum shear resistance, $V_{Rdmax} = 0,5 \text{ ud } [0,6 (1-f_{ck}/250)] f_{ck}/1,5$
 $= 0,5 \times (4 \times 300) \times 420 \times [0,6 (1-25/250)] 25/1,5 \times 10^{-3} = 2268 > N_{ed} = 420\text{KN}$

4) Punching shear (διάτρηση σε διάτμηση):

Το κρίσιμο τμήμα για τον έλεγχο της διάτρησης σε διάτμηση είναι σε απόσταση 2d από το πρόσωπο του υποστυλώματος.

- Κρίσιμη περίμετρος (critical perimeter) = περίμετρος κολώνας + $4\pi d$
 $= 4 \times 300 + 4\pi \times 420 = 6475,2 \text{ KN}$.

Εμβαδόν – Περιοχή με περίμετρο area within perimeter = $(300 + 4d)^2 - (4-\pi)(2,0d)^2 =$
 $(300 + 4 \times 420)^2 - (4 - 3,14) (2,0 \times 420)^2 = 3,32 \times 10^6 \text{ mm}^2$

Συνεπώς η τέμνουσα διάτρησης (punching shear force), $V_{ed} = 117 \times (1,9^2 - 3,32) = 34 \text{ KN}$

Η διατμητική τάση σε διάτμηση (punching shear stress), $v_{ed} = V_{ed} / (\text{perimeter} \times d) = 34 \times 10^3 / (6475,2 \times 420) = 0,0125 \text{ N/mm}^2$

Η οριακή διατμητική τάση (ultimate shear stress) δεν είναι υπερβολική ως εκ τούτου το $h = 500 \text{ mm}$ θα είναι μια κατάλληλη εκτίμηση

5) Κάμψη: το κρίσιμο τμήμα είναι στο πρόσωπο του υποστυλώματος δηλαδή η ροπή κάμψης υπολογίζεται σε μια τομή που περνά από το πρόσωπο της κολώνας.

$$(1,90-0,3) / 2 = 0,80$$

$$M_{ed} = (117 \times 1,9 \times 0,8) \times 0,8/2 = 72 \text{ KNm}$$

Για το σκυρόδεμα, $M_{bal} = 0,167 f_{ck} b d^2 = 0,167 \times 25 \times 1900 \times 420^2 \times 420 \times 10^{-6} = 1400 \text{ KNm}$ ($> 72\text{KNm} = M_{ed}$)

$$A_s = M_{ed} / 0,87 f_{ck} z = 72 \times 10^6 / (0,87 \times 500 \times 0,95 \times 420) = 415 \text{ mm}^2$$

$$100A_s / b d = 100 \times 415 / (1900 \times 420) = 0,052 < 0,13$$

Επομένως, η ελάχιστη απαίτηση του χάλυβα δεν είναι ικανοποιείται.

$$100A_{s_{\min}} / bd = 0,13$$

$$A_{s_{\min}} = 0,13 \times b \times d / 100 = 0,13 \times 1900 \times 420 / 100 = 1037,4 \text{ mm}^2$$

Επιλέγω το $A_{s_{\min}}$.

12Y12(1357,2 mm²)

- Έλεγχος κατανομής οπλισμού:

$$\alpha = 0,800$$

$$\alpha < 0,75b + 2,25d$$

$$800\text{mm} < 0,75 \times 300 + 2,25 \times 420 = 1170\text{mm}$$

ομοιόμορφη κατανομή

Μέγιστο μέγεθος ράβδου (maximum bar size): $f_s = f_{yk} (G_k + 0,3Q_k) / 1,15 (1,35G_k + 1,5Q_k)$
 $= 500 \times (292 + 0,3 \times 17) / 1,15(1,35 \times 292 + 1,5 \times 17) = 308 \text{ N/mm}^2$

Συνεπώς, το μέγιστο επιτρεπόμενο μέγεθος μπαρ είναι 12mm. Ως εκ τούτου το απαιτούμενο εμβαδόν και μέγεθος ράβδου όπως ορίζονται από τον κώδικα για τον έλεγχο των ρωγμών πληρούνται.

Table 8.2 Shear resistance of slabs without shear reinforcement $v_{Rd,c}$ N/mm² (Class C30/35 concrete)

$\rho_1 = A_s/bd$	Effective depth, d (mm)								
	≤ 200	225	250	300	350	400	500	600	750
0.25%	0.54	0.52	0.50	0.47	0.45	0.43	0.40	0.38	0.36
0.50%	0.59	0.57	0.56	0.54	0.52	0.51	0.48	0.47	0.45
0.75%	0.68	0.66	0.64	0.62	0.59	0.58	0.55	0.53	0.51
1.00%	0.75	0.72	0.71	0.68	0.65	0.64	0.61	0.59	0.57
1.25%	0.80	0.78	0.76	0.73	0.71	0.69	0.66	0.63	0.61
1.50%	0.85	0.83	0.81	0.78	0.75	0.73	0.70	0.67	0.65
2.00%	0.94	0.91	0.89	0.85	0.82	0.80	0.77	0.74	0.71
k	2.000	1.943	1.894	1.816	1.756	1.707	1.632	1.577	1.516

Εικόνα 21: Διατμητική αντοχή των πλακών χωρίς διατμητικό οπλισμό, $v_{Rd,c}$ N/mm² (Class C30/35)

Πηγή: Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, 2007

Table 8.3 Concrete strength modification factor

f_{ck} (N/mm ²)	25	30	35	40	45	50
Modification factor	0.94	1.00	1.05	1.10	1.14	1.19

Εικόνα 22: Συντελεστής τροποποίησης αντοχής του σκυροδέματος

Πηγή: Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, 2007

Table 6.9 Maximum bar diameters (0.3 mm crack width)

Steel stress (N/mm ²)	Maximum bar size (mm)
160	32
200	25
240	16
280	12
320	10
360	8
400	6
450	5

Εικόνα 23: Μέγιστη διάμετρος ράβδου

Πηγή: Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, 2007

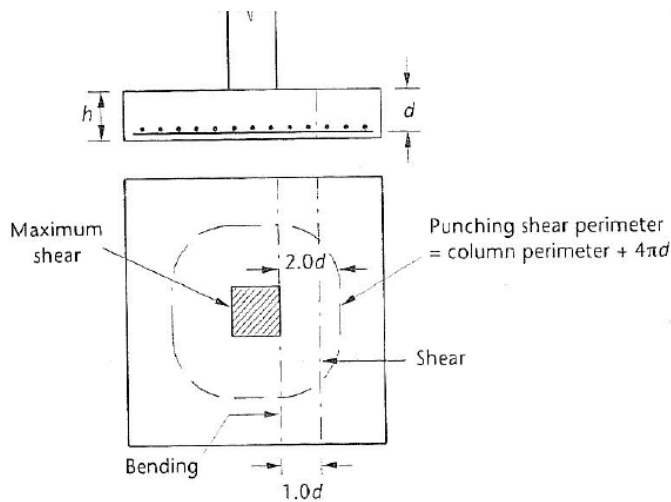
Table 10.1 Partial safety factors at the ultimate limit state

Persistent or transient design situation	Permanent actions (G_k)		Leading variable action ($Q_{k,1}$)		Accompanying variable action ($Q_{k,i}$)	
	Unfavourable	Favourable	Unfavourable	Favourable	Unfavourable	Favourable
(a) for consideration of structural or geotechnical failure: combination 1 (STR) & (GEO)	1.35	1.00*	1.50	0	1.50	0
(b) for consideration of structural or geotechnical failure: combination 2 (STR) & (GEO)	1.00	1.00*	1.30	0	1.30	0
(c) for checking static equilibrium (EQU)	1.1	0.9	1.50	0	1.50	0

* To be applied to bearing, sliding and earth resistance forces.

Εικόνα 24: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας κατά την οριακή κατάσταση αστοχίας

Πηγή: Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, 2007

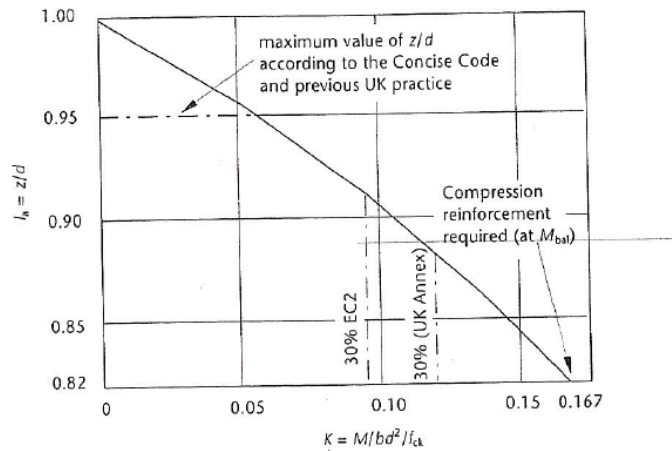


Εικόνα 25: Κρίσιμα σημεία για το σχεδιασμό

Πηγή: Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, 2007

$K = M/bd^2 f_{ck}$	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.167
$l_a = z/d$	0.954	0.945	0.934	0.924	0.913	0.902	0.891	0.880	0.868	0.856	0.843	0.830	0.820

Figure 4.5
Lever-arm curve



The percentage values on the K axis mark the limits for singly reinforced sections with moment redistribution applied (see Section 4.7 and Table 4.2)

Εικόνα 26: Lever arm curve

Πηγή: Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, 2007

6) Τελικός έλεγχος της διατμητικής διάτρησης (Final check of punching shear)

$\rho_1 = A_s / bd = 1357,2 / (1900 \times 420) = 0,0017 = 0,17\% < 2\%$ (Παράγραφος 6.2.2 EN 1992-1-1:2004)

$$v_{Rd,c} = 0,94 \times 0,40 = 0,376 \text{ N/mm}^2$$

Αντοχή σε διάτμηση (shear resistance), $V_{Rd,c} = v_{rd,c} u d = 0,376 \times 6475,2 \times 420 \times 10^{-3} = 1022,56 = 1023 \text{ KN} (> V_{ed} = 34 \text{ KN})$

7) Μέγιστη δύναμη διάτμησης (maximum shear force) σε απόσταση $1.0d$ από το πρόσωπο του υποστυλώματος.

$$(1,90 - 0,3) / 2 - 0,42 = 0,38$$

$$\text{Design shear } V_{ed} = 117 \times 1,90 \times 0,38 = 85 \text{ KN}$$

$$v_{Rd,c} = 0,376 \times 1900 \times 420 \times 10^{-3} = 300 \text{ KN} > 85 \text{ KN}$$

Επομένως, δεν απαιτείται ενίσχυση σε διάτμηση.

Έλεγχος αγκύρωσης

$$l_{bd} = l_{brgd} = 1,0 \times \Phi/4 \times \sigma_{sd} / f_{bd} \text{ (Εξίσωση 8.3 EN 1992-1-1:2004)}$$

$$\sigma_{sd} = 0,87 \times 500 = 435 \text{ Mpa}$$

$$f_{bd} = 2,25 \times 1 \times 1 \times f_{ctd} = 2,25 \times 2,2/1,5 = 3,3$$

$$l_{bd} = 1 \times 16/4 \times 435/3,3 = 527 < (1900-300)/2 - 50 = 750 \text{ mm}$$

Το μήκος των 750 mm είναι μεγαλύτερο από το l_{bd} , άρα ο οπλισμός μπορεί να αναπτύξει τη δύναμη διαρροής στο σημείο της μέγιστης ροπής (στο πρόσωπο του υποστυλώματος) και δεν χρειάζεται κάποια αγκύρωση.

Στο Παράρτημα 11 υπάρχουν ακόμη δυο περιπτώσεις σχεδιασμού μεμονωμένων πεδίων.

7 ΣΤΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ FESPA

Η επιρροή της Τεχνολογίας του Λογισμικού μαζί με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές έχει αλλάξει ριζικά την εκπόνηση μιας Στατικής Μελέτης. Σήμερα οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές με τα εξελιγμένα προγράμματα υποστηρίζουν πολύ σύνθετες μοντελοποιήσεις και πραγματοποιούν στατικές και δυναμικές επιλύσεις μεγάλης ακρίβειας, που αποτελούν θετικές εξελίξεις για την επιστήμη του Μηχανικού και τον ίδιο. Η LH Λογισμική κατασκεύασε το Fespa έτσι ώστε να δώσει την ευκαιρία και την δυνατότητα στον μηχανικό να εφαρμόσει τους Ευρωκώδικες EC2 και EC8 .

Το FESPA για Windows είναι ένα πρόγραμμα υπολογισμού και σχεδίασης δομικών έργων. Είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα λογισμικού, που χρησιμοποιείται για ανάλυση, διαστασιολόγηση, απεικόνιση, έλεγχο και σχεδίαση δομημάτων τριών διαστάσεων. Βασίζεται στις αρχές του ελεύθερου σχεδιασμού, πλήρως εκμεταλλευόμενο τις δυνατότητες των Microsoft Windows, για τα οποία είναι γραμμένο. Μπορεί να δημιουργήσει το προσομοίωμα της κατασκευής, να το ελέγξει γραφικά, να το αναλύσει, να το οπλίσει, να επιθεωρήσει τα αποτελέσματα, να δημιουργήσει τα τεύχη υπολογισμών και τα σχέδια μιας κατασκευής μέσα στο ίδιο σύστημα και με όμοια λογική. Με ενεργή βάση δεδομένων στο κέντρο του, το Fespa ελέγχει και διαχειρίζεται όλες αυτές τις διαδικασίες.

Ο χωρικός φορέας επιλύεται με μητρική μέθοδο, και ο αντισεισμικός υπολογισμός εφαρμόζει τη μέθοδο της φασματικής επαλληλίας ή της ισοδύναμης στατικής ανάλυσης.

Το FESPA είναι ένα εξελιγμένο ασφαλές στατικό πρόγραμμα για τους πολιτικούς μηχανικούς και διαθέτει ανάλυση με όλους τους Κανονισμούς Αντισεισμικού και Σκυροδέματος και Κυπριακούς. Δέχεται φορείς σύμμεικτους από σκυρόδεμα, χάλυβα, τοιχοποιία. Διαστασιολογεί και διαμορφώνει κατασκευαστικά τις διατομές, έτσι ώστε να προκύπτουν πλάστιμες κατασκευές ικανές να αντιστέκονται σε σεισμούς μεγάλου εύρους εντάσεων. Το FESPA δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να επέμβει ώστε να επιτύχει την βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς της κατασκευής.

Το στατικό πρόγραμμα Fespa:

- κερδίζει χρόνο, χρήμα και γνώση αφού με μία πρωτοποριακή μέθοδο το πρόγραμμα οδηγεί τον μελετητή να εντοπίζει και να διορθώνει τις αστοχίες της μελέτης,

- εκτιμά την αγορά με τη δυνατότητα σωστής αντιμετώπισης κάθε προβλήματος. Είναι δοκιμασμένο στο χρόνο σε διαφορετικές και πολύ απαιτητικές περιπτώσεις. Ο σύγχρονος επαγγελματίας ξεχωρίζει με το Fespa γιατί μπορεί και αντιμετωπίζει σωστά, τεκμηριωμένα και προπαντός ταχύτατα κάθε πρόβλημα,
- υπολογίζει τους αναγκαίους οπλισμούς κάμψης και διάτμησης,
- είναι ασφαλές και σέβεται το νόμο,
- εξυπηρετεί στη συνεργασία με αρχιτεκτονικές μελέτες αφού το πρόγραμμα μπορεί να ενσωματώσει ολόκληρο το αρχιτεκτονικό πρόγραμμα προσφέροντας ταυτόχρονη επεξεργασία στατικής και αρχιτεκτονικής μελέτης, κοινό σχεδιαστικό περιβάλλον και ενιαία βάση δεδομένων,
- επιτρέπει τη διαχείριση και εκτύπωση του τεύχους μελέτης.

7.1 ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ FESPA

Στο στατικό πρόγραμμα έγινε η εισαγωγή της αρχιτεκτονικής κάτοψης, των υποστλωμάτων που επιλέχθηκαν πιο πάνω και καταχωρήθηκαν όλα τα ζητούμενα στοιχεία όπως τα φορτία και οι χαρακτηριστικές τιμές. Πραγματοποιήθηκε η ανάλυση και διαστασιολόγηση με βάση μόνον τον Ευρωκώδικα 2 (EC2). Πιο κάτω ακολουθούν οι κυριότεροι πίνακες που περιγράφουν τον οπλισμό που απαιτείται να τοποθετηθεί.

Πίνακας 6: Οπλισμός πλάκας

Εντατικά μεγέθη - Οπλισμοί πλάκων

Πλάκα	Τύπος	Στ.	Διε	dx d d	mfx max mr max mer	asx asr aser	asx' asr' aser'	dz	mfx	asz	asz'
[/]	[/]	[/]	[/]	[m]	[kNm]	[cm ²]	[cm ²]	[m]	[kNm]	[cm ²]	[cm ²]
1	4	4	x-z	0.165	1.51	0.27	0.00	0.175	5.53	0.93	0.00
5	4	4	x-z	0.175	11.39	1.92	0.00	0.165	3.84	0.68	0.00
6	4	6	x-z	0.165	1.97	0.35	0.00	0.175	7.82	1.31	0.00
7	4	5	x-z	0.165	6.96	1.24	0.00	0.175	9.84	1.66	0.00
8	4	5	x-z	0.165	6.23	1.11	0.00	0.175	13.81	2.34	0.00
19	4	2	x-z	0.175	2.31	0.39	0.00	0.165	1.20	0.21	0.00
20	4	5	x-z	0.165	8.10	1.45	0.00	0.175	14.23	2.41	0.00
21	4	4	x-z	0.165	7.62	1.36	0.00	0.175	21.24	3.62	0.00

Στις πλάκες zoellner ή sandwich, τα εντατικά μεγέθη και οι οπλισμοί έχουν αναχθεί ανά διαδοκίδα

Ράβδοι σιδηρού οπλισμού πλάκων

Πλάκα	Διεύθυνση	x	Διεύθυνση	z	Ελεύθερη	παρειά	Οπλισ	συστροφής
[/]	Κάτω	Άνω	Κάτω	Άνω	Κάτω	Άνω	Κάτω	Άνω
1								
5	Φ8/25		Φ8/19					
6	Φ8/25		Φ8/19					
7	Φ8/20		Φ8/19					
8	Φ8/20		Φ8/19					
9		Φ8/25						
10				Φ8/25				
11				Φ8/25				
12				Φ8/25				
13		Φ8/25						
14		Φ8/25						
15				Φ8/25				
16		Φ8/25						
19	Φ8/19		Φ8/20					
20	Φ8/20		Φ8/19					
21	Φ8/20		Φ8/13					

Ροπές και οπλισμοί στηρίξεων

Πλάκα	Πλάκα	d	Ms1	Ms2	Msd	ase	ase'	Άνω	Κάτω
[/]	[/]	[m]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[cm ²]	[cm ²]		
1 (Αρ)	19 (Δε)	0.165	5.97	4.63	5.30	0.94	0.00		+ Φ8/40
1 (Κα)	20 (Αν)	0.175	8.67	24.45	18.34	3.12	0.00		+ Φ8/16
5 (Δε)	7 (Αρ)	0.165	19.12	17.70	18.41	3.33	0.00		+ Φ8/15
5 (Αν)	20 (Κα)	0.165	14.06	24.45	19.25	3.48	0.00		+ Φ8/14
6 (Αρ)	5 (Δε)	0.165	6.56	19.12	14.34	2.58	0.00		+ Φ8/19
6 (Δε)	11 (Αρ)	0.165	6.56	8.25	7.76	3.00	0.00	Πλ	+ Φ8/16
6 (Αν)	21 (Κα)	0.175	9.57	36.34	27.25	4.67	0.00		+ Φ8/10
6 (Κα)	8 (Αν)	0.175	9.57	21.75	16.31	2.77	0.00		+ Φ8/18
7 (Δε)	8 (Αρ)	0.165	17.70	15.88	16.79	3.03	0.00		+ Φ8/16
7 (Αν)	6 (Κα)	0.175	18.26	9.57	13.91	2.35	0.00		+ Φ8/21
8 (Κα)	9 (Αν)	0.175	21.75	18.56	20.15	3.43	0.00	Πλ	+ Φ8/14
10 (Αρ)	8 (Δε)	0.165	2.06	0.00	1.84	3.00	0.00	Πλ	+ Φ8/16
12 (Αρ)	12 (Δε)	0.175	8.25	8.25	8.25	3.00	0.00	Πρ	+ Φ8/16
13 (Κα)	13 (Αν)	0.175	8.25	8.25	8.25	3.00	0.00	Πρ	+ Φ8/16
14 (Κα)	14 (Αν)	0.175	2.06	2.06	2.06	3.00	0.00	Πρ	+ Φ8/16
15 (Δε)	5 (Αρ)	0.175	2.06	0.00	2.06	3.00	0.00	Πρ	+ Φ8/16
16 (Αν)	5 (Κα)	0.175	2.06	0.00	2.06	3.00	0.00	Πρ	+ Φ8/16
20 (Δε)	21 (Αρ)	0.165	19.04	27.16	23.10	4.20	0.00		+ Φ8/12
20 (Κα)	6 (Αν)	0.175	24.45	9.57	18.34	3.12	0.00		+ Φ8/16

Πίνακας 7: Οπλισμός πλάκας

Εντατικά μεγέθη - Οπλισμοί πλάκων

Πλάκα	Τύπος	Στ.	Διε	dx d d	mfx max mr max mer	asx asr aser	asx' asr' aser'	dz	mfx	asz	asz'
[/]	[/]	[/]	[/]	[m]	[kNm]	[cm ²]	[cm ²]	[m]	[kNm]	[cm ²]	[cm ²]
6	4	3	x-z	0.135	2.02	0.44	0.00	0.145	7.34	1.49	0.00
7	4	4	x-z	0.135	6.50	1.42	0.00	0.145	9.92	2.03	0.00
8	4	4	x-z	0.135	6.53	1.43	0.00	0.145	13.73	2.82	0.00
21	4	4	x-z	0.135	8.65	1.90	0.00	0.145	13.99	2.88	0.00
22	4	4	x-z	0.135	7.21	1.58	0.00	0.145	19.01	3.94	0.00

Στις πλάκες zoellner ή sandwich, τα εντατικά μεγέθη και οι οπλισμοί έχουν αναχθεί ανά διαδοκίδα

Ράβδοι σιδηρού οπλισμού Πλάκων

Πλάκα	Διεύθυνση	x	Διεύθυνση	z	Ελεύθερη	παρειά	Οπλισ	συστροφής
[/]	Κάτω	Άνω	Κάτω	Άνω	Κάτω	Άνω	Κάτω	Άνω
3		Φ8/25						
6			Φ8/20					
7	Φ8/20		Φ8/20					
8	Φ8/20		Φ8/17					
9				Φ8/25				
10				Φ8/25				
11				Φ8/25				
12		Φ8/25						
13		Φ8/25						
14				Φ8/25				
15				Φ8/25				
16		Φ8/25						
17				Φ8/25				
20								
21	Φ8/20	Φ8/25	Φ8/17					
22	Φ8/20		Φ8/12					

Ροπές και οπλισμοί στηρίξεων

Πλάκα	Πλάκα	d	Ms1	Ms2	Msd	ase	ase'		Άνω	Κάτω
[/]	[/]	[m]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[cm ²]	[cm ²]			
3 (Κα)	3 (Αν)	0.145	2.77	2.77	2.77	2.55	0.00	Πρ	+ Φ8/19	
6 (Αν)	22 (Κα)	0.145	8.88	33.06	24.79	5.19	0.00		+ Φ10/15	
6 (Κα)	8 (Αν)	0.145	8.88	25.51	19.13	3.96	0.00		+ Φ8/12	
7 (Δε)	8 (Αρ)	0.135	17.43	20.41	18.92	4.23	0.00		+ Φ8/11	
7 (Αν)	6 (Κα)	0.145	19.88	8.88	14.91	3.07	0.00		+ Φ8/16	
9 (Αρ)	9 (Δε)	0.145	2.77	2.77	2.77	2.55	0.00	Πρ	+ Φ8/19	
10 (Αρ)	6 (Δε)	0.135	2.77	0.00	2.60	2.55	0.00	Πλ	+ Φ8/19	
11 (Αρ)	8 (Δε)	0.135	2.77	0.00	2.47	2.55	0.00	Πλ	+ Φ8/19	
12 (Αν)	8 (Κα)	0.145	2.77	0.00	2.77	2.55	0.00	Πρ	+ Φ8/19	
13 (Αν)	7 (Κα)	0.145	2.77	0.00	2.77	2.55	0.00	Πρ	+ Φ8/19	
14 (Δε)	7 (Αρ)	0.135	2.77	0.00	2.40	2.55	0.00	Πλ	+ Φ8/19	
15 (Δε)	6 (Αρ)	0.135	2.77	0.00	2.60	2.55	0.00	Πλ	+ Φ8/19	
16 (Αν)	16 (Κα)	0.145	5.55	5.55	5.55	2.55	0.00	Πρ	+ Φ8/19	
17 (Δε)	17 (Αρ)	0.145	2.77	2.77	2.77	2.55	0.00	Πρ	+ Φ8/19	
20 (Κα)	20 (Αν)	0.145	2.77	2.77	2.77	2.55	0.00	Πρ	+ Φ8/19	
21 (Δε)	22 (Αρ)	0.135	23.87	25.16	24.51	5.54	0.00		+ Φ10/14	
21 (Κα)	6 (Αν)	0.145	27.56	8.88	20.67	4.29	0.00		+ Φ8/11	

Πίνακας 8: Οπλισμός δοκών

Πίνακας οπλισμών δοκών ορόφου -1

[/] Δοκός	b [cm]	h [cm]	ΚΑΤΩ	ΑΝΩ	Σίδερα Πλευρικά	ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ Άνοιγμα	ΚΟΜΒΟΣ [/]	Πρ. οπλ. Άνω	Λορ [m]	Λδε [m]	Πρ. οπλ. Κάτω	Λορ [m]	Λδε [m]	ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ Κρίσιμοι	Κρίσιμο Μήκος
Δ1.1	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/15	AK24							2τμ.ΣΦ10/13	0.73
Δ1.1							AK1							2τμ.ΣΦ10/13	0.73
Δ1.2	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/15	AK1							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ1.2							AK2							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ2.1	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/15	AK25							2τμ.ΣΦ10/13	0.43
Δ2.1							AK3							2τμ.ΣΦ10/13	0.43
Δ2.2	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/15	AK3							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ2.2							AK4							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ2.3	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/20	AK4							2τμ.ΣΦ10/13	1.73
Δ2.3							AK5							2τμ.ΣΦ10/13	1.73
Δ3.1	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/15	AK6							2τμ.ΣΦ10/13	0.38
Δ3.1							AK7							2τμ.ΣΦ10/13	0.38
Δ3.2	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/15	AK7							2τμ.ΣΦ10/13	1.03
Δ3.2							AK8							2τμ.ΣΦ10/13	1.03
Δ3.3	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/15	AK8							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ3.3							AK9							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ3.4	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/15	AK9							2τμ.ΣΦ10/13	1.24
Δ3.4							AK10							2τμ.ΣΦ10/13	1.24
Δ3.5	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/20	AK10							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ3.5							AK11							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ4.1	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/20	AK12							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ4.1							AK13							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ4.2	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/20	AK13							2τμ.ΣΦ10/13	1.39
Δ4.2							AK14							2τμ.ΣΦ10/13	1.39
Δ5.1	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/20	AK15							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ5.1							AK21							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ6.1	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/20	AK16							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ6.1							AK17							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ7.1	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/20	AK17							2τμ.ΣΦ10/13	1.39
Δ7.1							AK19							2τμ.ΣΦ10/13	1.39
Δ8.1	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/20	AK15							2τμ.ΣΦ10/13	1.26
Δ8.1							AK6							2τμ.ΣΦ10/13	1.26
Δ9.1	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/20	AK7							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ9.1							AK3							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ10.1	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/15	AK3							2τμ.ΣΦ10/13	1.09
Δ10.1							AK1							2τμ.ΣΦ10/13	1.09
Δ11.1	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/15	AK16							2τμ.ΣΦ10/13	0.30
Δ11.1							AK21							2τμ.ΣΦ10/13	0.30
Δ11.2	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/15	AK21							2τμ.ΣΦ10/13	1.23
Δ11.2							AK12							2τμ.ΣΦ10/13	1.23
Δ11.3	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/20	AK12							2τμ.ΣΦ10/13	1.23
Δ11.3							AK8							2τμ.ΣΦ10/13	1.23
Δ12.1	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/20	AK9							2τμ.ΣΦ10/13	1.08
Δ12.1							AK4							2τμ.ΣΦ10/13	1.08
Δ12.2	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/15	AK4							2τμ.ΣΦ10/13	1.08
Δ12.2							AK2							2τμ.ΣΦ10/13	1.08
Δ13.1	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/15	AK18							2τμ.ΣΦ10/13	0.48
Δ13.1							AK17							2τμ.ΣΦ10/13	0.48
Δ13.2	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/20	AK17							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ13.2							AK13							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ14.1	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/20	AK19							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ14.1							AK14							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ14.2	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/15	AK14							2τμ.ΣΦ10/13	1.10
Δ14.2							AK11							2τμ.ΣΦ10/13	1.10
Δ14.3	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/20	AK11							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ14.3							AK5							2τμ.ΣΦ10/13	1.20
Δ15.1	25	60	3Φ16	3Φ16		2τμ.ΣΦ10/15	AK25							2τμ.ΣΦ10/13	1.08
Δ15.1							AK24							2τμ.ΣΦ10/13	1.08
Π1 - Δ16	190	190	14Φ12				AK37								
Π1 - Δ17	190	190	14Φ12				AK38								
Π2 - Δ18	190	190	14Φ12				AK41								
Π2 - Δ19	190	190	14Φ12				AK42								
Π3 - Δ20	190	190	14Φ12				AK45								
Π3 - Δ21	190	190	14Φ12				AK46								
Π4 - Δ22	190	190	14Φ12				AK49								
Π4 - Δ23	190	190	14Φ12				AK50								
Π5 - Δ24	190	190	14Φ12				AK53								
Π5 - Δ25	190	190	14Φ12				AK54								

Πίνακας 10: Οπλισμός δοκών

Έργο Διώροφη κατοικία / Πίνακας οπλισμένων δοκών

Δ11.1																	2τμ.ΣΦ8/10	0.30
Δ11.2	25	60	4Φ12	2Φ12			2τμ.ΣΦ8/16	K22									2τμ.ΣΦ8/10	1.23
Δ11.2								K12									2τμ.ΣΦ8/10	1.23
Δ11.3	25	60	4Φ12	2Φ12			2τμ.ΣΦ8/16	K12									2τμ.ΣΦ8/10	1.23
Δ11.3								K8	1Φ16	1.10							2τμ.ΣΦ8/10	1.23
Δ12.1	25	60	5Φ14	2Φ12			2τμ.ΣΦ8/16	K9	1Φ16		1.20						2τμ.ΣΦ8/10	1.08
Δ12.1								K4									2τμ.ΣΦ8/10	1.08
Δ12.2	25	60	4Φ14	2Φ12			2τμ.ΣΦ8/16	K4									2τμ.ΣΦ8/10	1.08
Δ12.2								K2	1Φ16	0.95							2τμ.ΣΦ8/10	1.08
Δ13.1	25	60	4Φ12	2Φ12			2τμ.ΣΦ8/12	K18	1Φ16		0.50						2τμ.ΣΦ8/10	0.48
Δ13.1								K17									2τμ.ΣΦ8/10	0.48
Δ13.2	25	60	4Φ12	2Φ12			2τμ.ΣΦ8/16	K17	1Φ14	0.50	1.20						2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ13.2								K13	1Φ16	1.20							2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ14.1	25	60	4Φ12	2Φ12			2τμ.ΣΦ8/20	K19	1Φ16		1.20						2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ14.1								K14									2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ14.2	25	60	4Φ12	2Φ12			2τμ.ΣΦ8/16	K14									2τμ.ΣΦ8/10	1.10
Δ14.2								K11									2τμ.ΣΦ8/10	1.10
Δ14.3	25	60	4Φ12	2Φ12			2τμ.ΣΦ8/16	K11									2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ14.3								K5	1Φ16	1.20							2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ15.1	25	60	4Φ12	2Φ12			2τμ.ΣΦ8/16	K25	1Φ16		0.95						2τμ.ΣΦ8/10	1.08
Δ15.1								K24	1Φ16	0.95							2τμ.ΣΦ8/10	1.08

Πίνακας οπλισμένων δοκών ορόφου 1

[/]	b	h			Σίδηρα	ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ	ΚΟΜΒΟΣ	Πρ. οπλ.	Lop	Lδε	Πρ. οπλ.	Lop	Lδε	ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ	Κρίσιμο
Δοκός	[cm]	[cm]	ΚΑΤΩ	ΑΝΩ	Πλευρικά	Ανοίγματα	[/]	Άνω	[m]	[m]	Κόττω	[m]	[m]	Κρίσιμοι	Μήκος
Δ1.1	25	60	4Φ12	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/20	K3	1Φ16		1.35				2τμ.ΣΦ8/10	1.29
Δ1.1							K4							2τμ.ΣΦ8/10	1.29
Δ1.2	25	60	5Φ14	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/20	K4	2Φ12	1.35	1.80				2τμ.ΣΦ8/10	1.73
Δ1.2							K5	1Φ16	1.80					2τμ.ΣΦ8/10	1.73
Δ2.1	25	60	4Φ12	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/16	K7	1Φ16		1.05				2τμ.ΣΦ8/10	1.03
Δ2.1							K8							2τμ.ΣΦ8/10	1.03
Δ2.2	25	60	4Φ12	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/16	K8							2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ2.2							K9							2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ2.3	25	60	4Φ12	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/16	K9							2τμ.ΣΦ8/10	1.24
Δ2.3							K10							2τμ.ΣΦ8/10	1.24
Δ2.4	25	60	4Φ12	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/16	K10							2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ2.4							K11	1Φ16	1.20					2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ3.1	25	60	4Φ12	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/20	K12	1Φ16		1.20				2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ3.1							K13							2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ3.2	25	60	5Φ14	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/16	K13	1Φ14	1.20	1.45				2τμ.ΣΦ8/10	1.39
Δ3.2							K14	1Φ16	1.45					2τμ.ΣΦ8/10	1.39
Δ4.1	25	60	4Φ12	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/20	K16	1Φ16		1.20				2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ4.1							K17	1Φ16	1.20					2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ5.1	25	60	4Φ12	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/20	K17	1Φ16		1.45				2τμ.ΣΦ8/10	1.39
Δ5.1							K19	1Φ16	1.45					2τμ.ΣΦ8/10	1.39
Δ6.1	25	60	4Φ12	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/16	K7	1Φ16		1.20				2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ6.1							K3	1Φ16	1.20					2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ7.1	25	60	4Φ12	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/20	K16	1Φ16		1.20				2τμ.ΣΦ8/10	1.23
Δ7.1							K12							2τμ.ΣΦ8/10	1.23
Δ7.2	25	60	4Φ12	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/16	K12							2τμ.ΣΦ8/10	1.23
Δ7.2							K8	1Φ16	1.10					2τμ.ΣΦ8/10	1.23
Δ8.1	25	60	4Φ14	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/16	K9	1Φ16		1.20				2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ8.1							K4	1Φ16	1.20					2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ9.1	25	60	4Φ12	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/16	K18	1Φ16		0.50				2τμ.ΣΦ8/10	0.48
Δ9.1							K17							2τμ.ΣΦ8/10	0.48
Δ9.2	25	60	4Φ12	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/20	K17							2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ9.2							K13	1Φ16	1.20					2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ10.1	25	60	4Φ12	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/16	K19	1Φ16		1.20				2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ10.1							K14							2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ10.2	25	60	4Φ12	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/16	K14							2τμ.ΣΦ8/10	1.10
Δ10.2							K11							2τμ.ΣΦ8/10	1.10
Δ10.3	25	60	4Φ12	2Φ12		2τμ.ΣΦ8/16	K11							2τμ.ΣΦ8/10	1.20
Δ10.3							K5	1Φ16	1.20					2τμ.ΣΦ8/10	1.20

Πίνακας 11: Οπλισμός Υποστυλωμάτων

Πίνακας Οπλισμών Κατακορύφων μελών

α/α	Ορ.	Διατομή	Ο π λ ι σ μ ο ι	Εσχάρες - Συνδετήρες
K1	Ορ.0	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K2	Ορ.0	25/25	8Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K3	Ορ.0	85/25	8Φ20 +6Φ14	5τμ. ΣΦ8/11
K3	Ορ.1	25/25	4Φ18	2τμ. ΣΦ8/11
K4	Ορ.0	25/25	4Φ18	2τμ. ΣΦ8/11
K4	Ορ.1	25/25	4Φ18	2τμ. ΣΦ8/11
K5	Ορ.0	25/25	8Φ18	2τμ. ΣΦ8/11
K5	Ορ.1	25/25	8Φ18	2τμ. ΣΦ8/11
K6	Ορ.0	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K7	Ορ.0	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K7	Ορ.1	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K8	Ορ.0	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K8	Ορ.1	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K9	Ορ.0	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K9	Ορ.1	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K10	Ορ.0	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K10	Ορ.1	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K11	Ορ.0	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K11	Ορ.1	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K12	Ορ.0	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K12	Ορ.1	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K13	Ορ.0	30/30	4Φ16+2Φ14+2Φ14	2τμ. ΣΦ8/14
K13	Ορ.1	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K14	Ορ.0	25/25	4Φ20	2τμ. ΣΦ8/11
K14	Ορ.1	25/25	4Φ20	2τμ. ΣΦ8/11
K15	Ορ.0	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K16	Ορ.0	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K16	Ορ.1	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K17	Ορ.0	25/75	8Φ18+2Φ16+6Φ16	5τμ. ΣΦ8/11
K17	Ορ.1	25/75	8Φ18 +6Φ14	5τμ. ΣΦ8/11
K18	Ορ.0	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K18	Ορ.1	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K19	Ορ.0	25/25	4Φ18	2τμ. ΣΦ8/11
K19	Ορ.1	25/25	4Φ18	2τμ. ΣΦ8/11
K20	Ορ.0	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K21	Ορ.0	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11
K22	Ορ.0	25/25	4Φ16	2τμ. ΣΦ8/11

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ/ ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν με το πέρας της πτυχιακής εργασίας είναι τα ακόλουθα:

- Οι κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα βασίζονται στη συνεργασία του σκυροδέματος και του ενσωματωμένου σιδηρού οπλισμού. Η συνάφεια του οπλισμού στο σκυρόδεμα είναι μια από τις βασικές παραμέτρους που επιτρέπει τη χρήση του οπλισμένου σκυροδέματος σαν δομικό υλικό.
- Στο σχεδιασμό μιας κατασκευής πρέπει να ορίζονται τα πάντα και να δίνονται λύσεις και απαντήσεις για τη λειτουργικότητα, οικονομία και ασφάλεια. Ο σκοπός του σχεδιασμού είναι η επίτευξη μιας αποδεκτής πιθανότητας ότι η κατασκευή δε θα φτάσει σε καμιά οριακή κατάσταση κατά τη διάρκεια της ζωής της και η δημιουργία ασφαλών και ανθεκτικών κατασκευών που ταυτόχρονα είναι λειτουργικές και δημιουργούν την αίσθηση ασφάλειας στους χρήστες.
- Ένα δόμημα πρέπει να μελετάται και να κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο, ώστε κατά τη σκοπούμενη διάρκεια της ζωής του να παραμένει κατάλληλο για τη χρήση την οποία προορίζεται, να αναλαμβάνει όλες τις δράσεις και επιρροές.
- Όλα τα φέροντα μέλη της κατασκευής πρέπει να είναι σε θέση να μπορούν να μεταφέρουν όλα τα φορτία με ένα καθαρό και σύντομο τρόπο στα θεμέλια.
- Το οπλισμένο σκυρόδεμα τις τελευταίες δεκαετίες έχει κυριαρχήσει ως το επικρατέστερο δομικό υλικό στην Κύπρο για την πλειοψηφία των κατασκευών.
- Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιείται μια προσπάθεια στην Ευρωπαϊκή Ένωση με σκοπό την κατάργηση όλων των εθνικών κανονισμών κρατών – μελών και αντικατάστασή τους, με αντίστοιχους Ευρωκώδικες οι οποίοι θα εφαρμόζονται σε όλη την επικράτεια.
- Ο Ευρωκώδικας 2, EN1992 είναι ένα ευρωπαϊκό πρότυπο που παρέχει κοινές τεχνικές μεθόδους και κανόνες στατικού σχεδιασμού για τον υπολογισμό της μηχανικής αντοχής των στοιχείων που έχουν δομικό ρόλο σε ένα κατασκευαστικό έργο.
- Μέσα από μια μικρή σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τους υπολογισμούς και με τη στατική επίλυση μέσα από το στατικό πρόγραμμα παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα πλησιάζουν μεταξύ τους αφού χρησιμοποιήθηκαν και τα ίδια στοιχεία. Επομένως φαίνεται ότι ένα στατικό πρόγραμμα όπως και κάθε

πρόγραμμα επεξεργάζεται δεδομένα και δίνει αποτελέσματα με βάση τα στοιχεία που παίρνει. Η χρήση των στατικών προγραμμάτων απαιτεί τις γνώσεις του Πολιτικού Μηχανικού και τα στατικά λογισμικά προγράμματα χρησιμοποιούνται για να εξασφαλίζουν χρόνο και κόπο.

Η στατική ανάλυση της κατοικίας ολοκληρώθηκε με βάση το Ευρωπαϊκό Πρότυπο και ο σκοπός της εργασίας για καλύτερη επαφή και χειρισμό του Ευρωκώδικα 2 επιτεύχθηκε. Η πτυχιακή εργασία αποτελεί μια σημαντική συνιστώσα της σπουδής των Πολιτικών Μηχανικών, αφού μέσα από αυτήν γίνεται ικανός να αναλάβει και να μελετήσει ένα θέμα που τον ενδιαφέρει σε βάθος, αναπτύσσει πρωτοβουλία, κοινή λογική και επιμονή για να πραγματοποιήσει τον στόχο του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

CYS EN 1990-2002, Eurocode – Basis of structural design

CYS EN 1991-1-1:2002, Eurocode 1: Actions on structures-Part1-1: General actions – Densities, self-weight, imposed loads for buildings.

CYS EN 1992-1-1:2004, Eurocode 2: Design of concrete structures-Part 1-1: General rules and rules for buildings.

Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, 2007, *Reinforced concrete design to Eurocode 2*, sixth Edition, New York: Palgrave Macmillan.

DTI, British Cement Association, Members of the Steering Group, Members of the Concrete Industry Eurocode 2 Group, 2006, *How to Design Concrete Structures using Eurocode 2*, Surrey: The Concrete Centre.

Ταντελέ Ε., 2009, Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος Ι, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Παπαλοΐζου Λ., 2010, Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος ΙΙ, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Κ.Γ. Τρέζος, Δ.Θ. Σαγιάς, Εργαστήριο οπλισμένου σκυροδέματος Ε.Μ.Π., Επίδραση υψηλών θερμοκρασιών στη συνάφεια χάλυβα σκυροδέματος, [online] <http://library.tee.gr/digital/m2173/m2173_trezos3.pdf>

Π.Ι. Γιαννόπουλος, 2006, Συνάφεια ράβδων οπλισμού στο σκυρόδεμα, [online] <http://library.tee.gr/digital/m2173/m2173_giannopoulos.pdf>

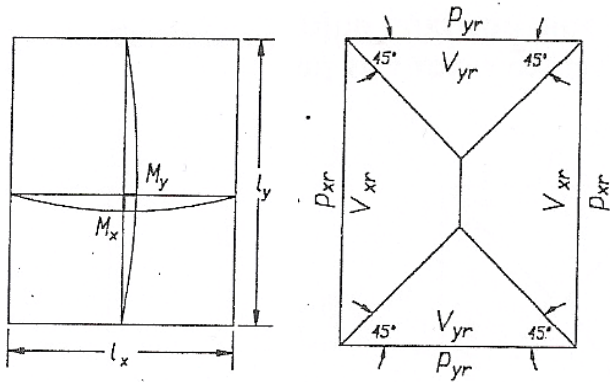
Κυπριακός Οργανισμός Τυποποίησης, [online], <www.cys.org.cy>

ΛΗ Λογισμική, 2003, [online], <www.lhlogismiki.gr/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

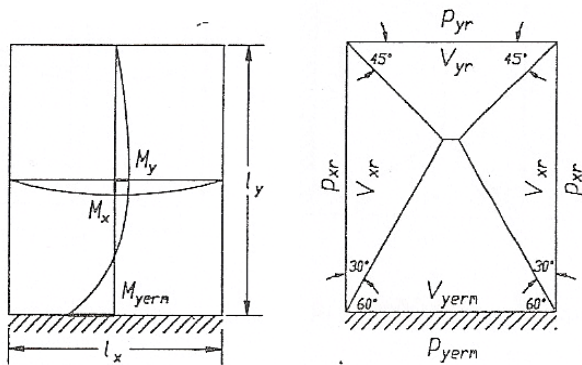
8 ΠΛΑΚΑ

8.1 ΤΕΤΡΑΕΡΕΙΣΤΕΣ ΠΛΑΚΕΣ



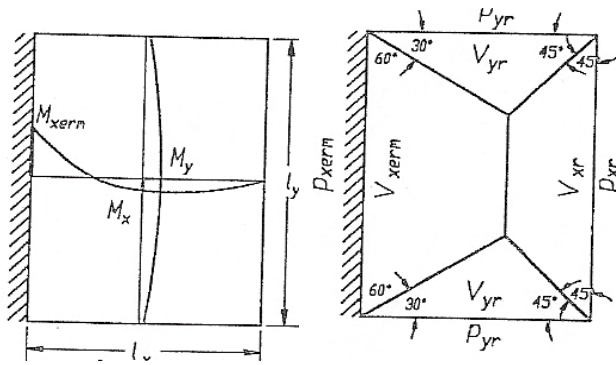
Εικόνα 27: Τετραέρειστες πλάκες με ελεύθερη έδραση των τεσσάρων παρυφών

Πηγή: Παπαλοΐζου Α. 2010, Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος II



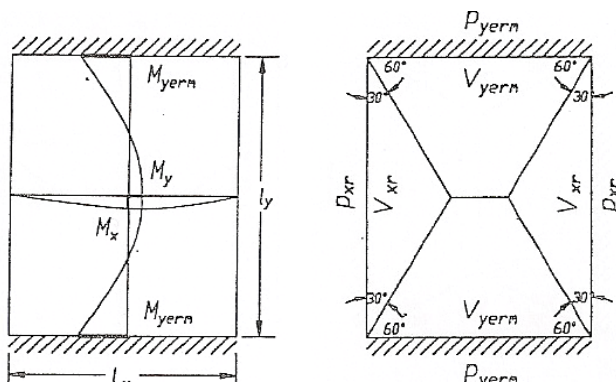
Εικόνα 28: Τετραέρειστες πλάκες, με πλήρη πάκτωση μίας παρυφής και ελεύθερη έδραση των τριών άλλων

Πηγή: Παπαλοΐζου Α. 2010, Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος II



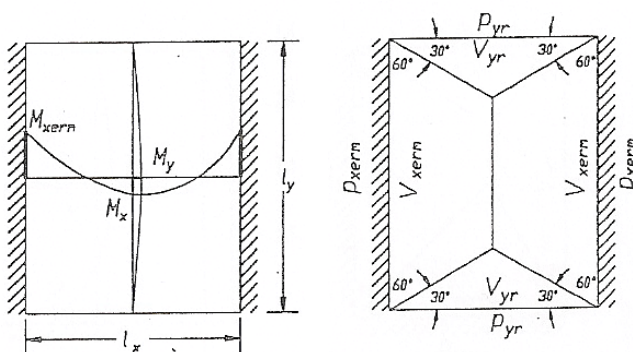
Εικόνα 29: Τετραέριστες πλάκες, με πλήρη πάκτωση μιας παρυφής και ελεύθερη έδραση των τριών άλλων

Πηγή: Παπαλοΐζου Α. 2010, Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος II



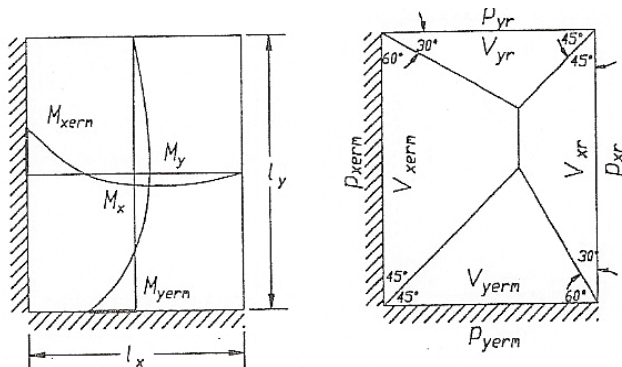
Εικόνα 30: Τετραέριστες πλάκες με πλήρη πάκτωση δυο απέναντι πλευρών και ελεύθερη έδραση των δυο άλλων

Πηγή: Παπαλοΐζου Α. 2010, Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος II



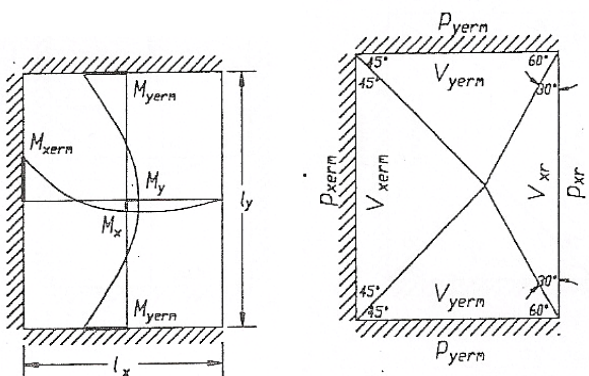
Εικόνα 31: Τετραέριστες πλάκες, με πλήρη πάκτωση δυο απέναντι πλευρών και ελεύθερη έδραση των δυο άλλων

Πηγή: Παπαλοΐζου Α. 2010, Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος II



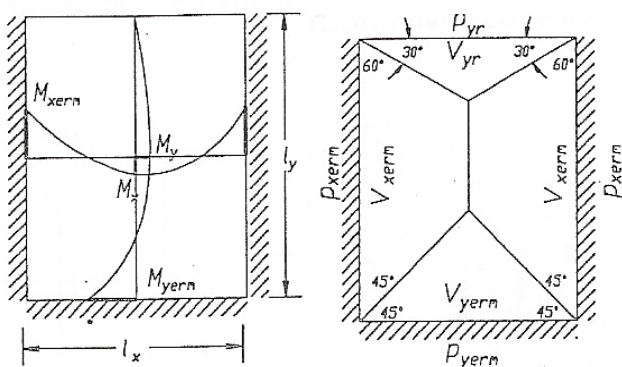
Εικόνα 32: Τετραέρειστες πλάκες, με πλήρη πάκτωση δυο γειτονικών παρυφών και ελεύθερη έδραση των δυο άλλων

Πηγή: Παπαλοΐζου Α. 2010, Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος ΙΙ



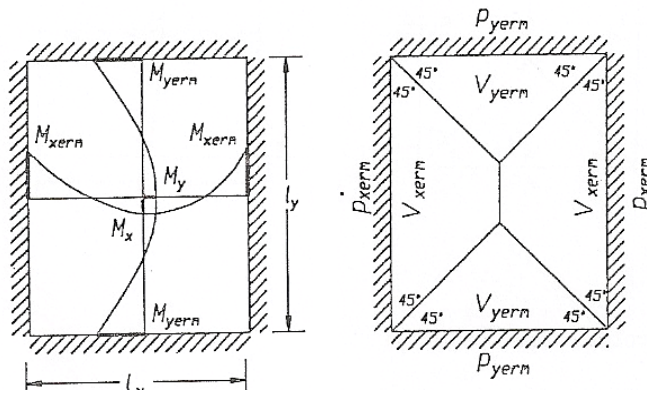
Εικόνα 33: Τετραέρειστες πλάκες, με πλήρη πάκτωση των τριών παρυφών και ελεύθερη έδραση της άλλης

Πηγή: Παπαλοΐζου Α. 2010, Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος ΙΙ



Εικόνα 34: Τετραέρειστες πλάκες, με πλήρη πάκτωση των τριών παρυφών και μία ελεύθερη έδραση

Πηγή: Παπαλοΐζου Α. 2010, Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος ΙΙ



Εικόνα 35: Τετραέριστες πλάκες, με πλήρη πάκτωση των τεσσάρων παρυφών

Πηγή: Παπαλοΐζου Α. 2010, Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος II

8.2 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Πίνακας 12: Συνδυασμοί φόρτισης στον άξονα x

Λορίδα	S3(5,60m)	S4(7,20m)	S9(1,00m)
1η περ.	max	Max	min
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,17=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,133=$	
	2,86	2,23	10,22
2η περ.	min	Max	max
	$10,22*0,17=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,133=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	1,74	2,23	17,547
3η περ.	max	Min	max
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,17=$	$10,22*0,133=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	2,86	1,36	17,547
4η περ.	min	Max	min
	$10,22*0,17=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,133=$	
	1,74	2,23	10,22
5η περ.	min	Min	max
	$10,22*0,17=$	$10,22*0,133=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	1,74	1,36	17,547
6η περ.	max	Min	min
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,17=$	$10,22*0,133=$	
	2,86	1,36	10,22

7η περ.	max	Max	max
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,17=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,133=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	2,86	2,23	17,547

<i>Λωρίδα</i>	<u><i>S1(1,947m)</i></u>	<u><i>S2(4,825m)</i></u>	
1η περ.	max	Min	
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,715=$	$10,22*0,0623=$	
	12,01	0,64	
2η περ.	min	Max	
	$10,22*0,715=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,0623=$	
	7,31	1,05	
3η περ.	max	Max	
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,715=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,0623=$	
	12,01	1,05	

<i>Λωρίδα</i>	<u><i>S13(0,5m)</i></u>	<u><i>S5(3,5m)</i></u>
1η περ.	max	Min
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$10,22*0,86=$
	17,55	8,79
2η περ.	min	Max
		$(1,35*10,22+1,5*2)*0,86=$
	10,22	14,45
3η περ.	max	Max
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,86=$
	17,55	14,45

<i>Λωρίδα</i>	<u><i>S6(7,1m)</i></u>	<u><i>S9(1,00m)</i></u>
1η περ.	max	Min
	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,003=$	
	0,05	10,22
2η περ.	min	Max
	$10,22*0,003=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	0,03	17,55

3η περ.	max	Max
	$(1,35*10,22+1,5*2)=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	0,05	17,55

<i>Λωρίδα</i>	<i>S13(0,50m)</i>	<i>S5(3,50m)</i>	<i>S7(4,50m)</i>	<i>S8(5,90m)</i>	<i>S10(0,50m)</i>
1η περ.	max	Max	Max	max	Min
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,86=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,11=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,128=$	
	17,55	14,45	1,85	2,15	10,22
2η περ.	max	Max	Max	min	Max
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,86=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,11=$	$10,22*0,128=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	17,55	14,45	1,85	1,30816	17,55
3η περ.	max	Max	Min	max	Max
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,86=$	$10,22*0,11=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,128=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	17,55	14,45	1,1242	2,15	17,55
4η περ.	max	Min	Max	max	Max
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$10,22*0,86=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,11=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,128=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	17,55	8,79	1,85	2,15	17,55
5η περ.	min	Max	Max	max	Max
		$(1,35*10,22+1,5*2)*0,86=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,11=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,128=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	10,22	14,45	1,85	2,15	17,55
6η περ.	max	Min	Min	min	Max
		$10,22*0,86=$	$10,22*0,11=$	$10,22*0,128=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	10,22	8,79	1,1242	1,30816	17,55
7η περ.	max	Max	Max	max	Max
	$1,35*10,22+1,5*2,5=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,86=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,11=$	$(1,35*10,22+1,5*2)*0,128=$	$1,35*10,22+1,5*2,5=$
	17,55	14,45	1,85	2,15	17,55

Πίνακας 13: Συνδυασμοί φόρτισης στον άξονα γ

<i>Λωρίδα</i>	<i>S9(0,60m)</i>	<i>S4(3,85m)</i>	<i>S3(2,50m)</i>	<i>S1(4,60m)</i>	<i>S6(0,60m)</i>
1η περ.	max	Max	Max	max	min
	$1,35*7,11+1,5*2,5=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,706=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,999=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,874=$	
	13,35	8,89	12,59	11,01	7,11
2η περ.	min	Max	Max	max	max

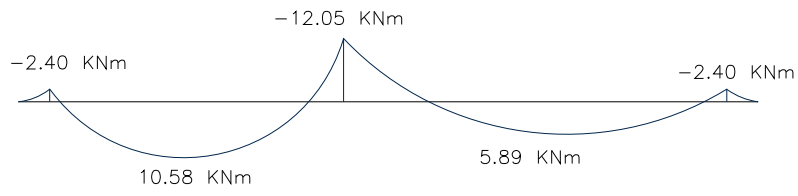
		$(1,35*7,11+1,5*2)*0,706=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,999=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,874=$	$1,35*7,11+1,5*2,5=$
	7,11	8,89	12,59	11,01	13,3485
3η περ.	max	Max	Max	min	min
	$1,35*7,11+1,5*2,5=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,706=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,999=$	$7,11*0,874=$	
	13,35	8,89	12,59	6,21	7,11
4η περ.	min	Min	Min	max	max
		$7,11*0,706=$	$7,11*0,999=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,874=$	$1,35*7,11+1,5*2,5=$
	7,11	5,02	7,10	11,01	13,3485
5η περ.	max	Min	Max	min	max
	$1,35*7,11+1,5*2,5=$	$7,11*0,706=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,999=$	$7,11*0,874=$	$1,35*7,11+1,5*2,5=$
	13,35	5,02	12,59	6,21	13,3485
6η περ.	min	Max	Min	max	min
		$(1,35*7,11+1,5*2)*0,706=$	$7,11*0,999=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,874=$	
	7,11	8,89	7,10	11,01	7,11
7η περ.	max	Max	Max	min	min
	$1,35*7,11+1,5*2,5=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,706=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,999=$	$7,11*0,874=$	
	13,35	8,89	12,59	6,21	7,11
8η περ.	min	Min	Max	max	max
		$7,11*0,706=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,999=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,874=$	$1,35*7,11+1,5*2,5=$
	8,11	5,02	12,59	11,01	13,3485
9η περ.	max	Min	Max	max	max
	$1,35*7,11+1,5*2,5=$	$7,11*0,706=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,999=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,874=$	$1,35*7,11+1,5*2,5=$
	13,35	5,02	12,59	11,01	13,3485
10η περ.	max	Max	Max	max	max
	$1,35*7,11+1,5*2,5=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,706=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,999=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,874=$	$1,35*7,11+1,5*2,5=$
	13,35	8,89	12,59	11,01	13,3485

<i>Λωρίδα</i>	<i>S8(0,60m)</i>	<i>S5(4,40m)</i>	<i>S3(2,50m)</i>	<i>S2(4,50m)</i>	<i>S6(0,60m)</i>
1η περ.	max	Max	Max	max	min
	$1,35*7,11+1,5*2,5=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,776=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,999=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,874=$	
	13,35	9,78	12,59	11,01	7,11

2η περ.	min	Max	Max	max	max
		$(1,35*7,11+1,5*2)*0,776=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,999=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,874=$	$1,35*7,11+1,5*2,5=$
	7,11	9,78	12,59	11,01	13,3485
3η περ.	max	Min	Max	min	max
	$1,35*7,11+1,5*2,5=$	$7,11*0,776=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,999=$	$7,11*0,874=$	$1,35*7,11+1,5*2,5=$
	13,35	5,52	12,59	6,21	13,3485
4η περ.	min	Max	Min	max	min
		$(1,35*7,11+1,5*2)*0,776=$	$7,11*0,999=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,874=$	
	7,11	9,78	7,10	11,01	7,11
5η περ.	max	Max	Max	min	max
	$1,35*7,11+1,5*2,5=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,776=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,999=$	$7,11*0,874=$	$1,35*7,11+1,5*2,5=$
	13,35	9,78	12,59	6,21	13,3485
6η περ.	max	Max	Min	min	max
	$1,35*7,11+1,5*2,5=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,776=$	$7,11*0,999=$	$7,11*0,874=$	$1,35*7,11+1,5*2,5=$
	13,35	9,78	7,10	6,21	13,3485
7η περ.	max	Max	Max	min	min
	$1,35*7,11+1,5*2,5=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,776=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,999=$	$7,11*0,874=$	
	13,35	9,78	12,59	6,21	7,11
8η περ.	min	Min	Max	max	max
		$7,11*0,776=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,999=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,874=$	$1,35*7,11+1,5*2,5=$
	7,11	5,52	12,59	11,01	13,3485
9η περ.	min	Min	Max	max	min
		$7,11*0,776=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,999=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,874=$	
	7,11	5,52	12,59	11,01	7,11
10η περ.	max	Max	Max	max	max
	$1,35*7,11+1,5*2,5=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,776=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,999=$	$(1,35*7,11+1,5*2)*0,874=$	$1,35*7,11+1,5*2,5=$
	13,35	9,78	12,59	11,01	13,3485

Για όλους τους παραπάνω συνδυασμούς δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα ροπών και τεμνουσών με τη βοήθεια του προγράμματος beamax. Από τους συνδυασμούς αυτούς προκύπτουν οι περιβάλλουσες ροπών (μέγιστες τιμές ροπών).

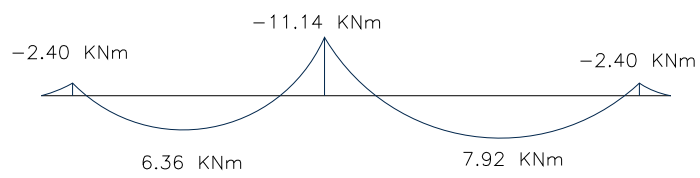
S12-S1-S2-S7



S10-S3-S7

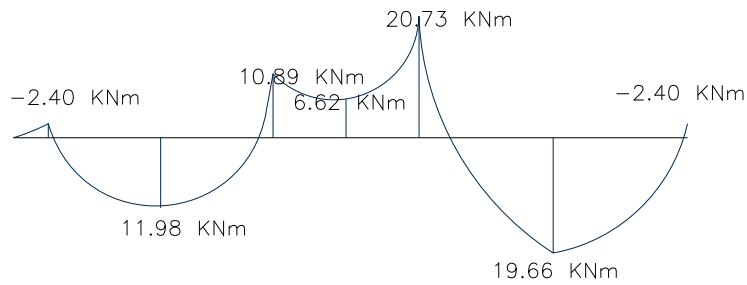


S10-S4-S5-S7

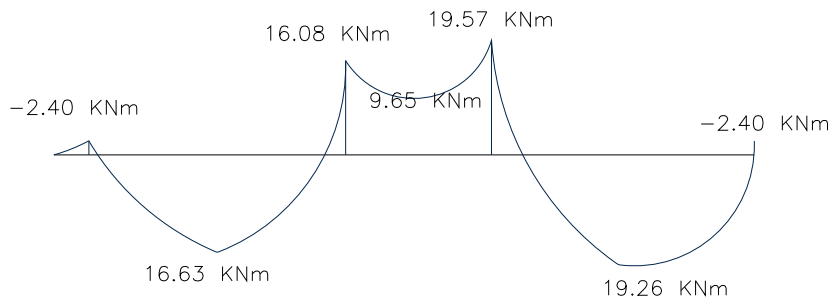


Διάγραμμα 5: Περιβάλλουσα ροπών

S9-S4-S3-S1-S6



S8-S5-S3-S2-S6



Διάγραμμα 6: Περιβάλλουσα ροπών

8.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΤΟΝ ΟΡΟΦΟ

$$h = 170 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = 25 \text{ mm}$$

$$\Phi/2 = 10/2 = 5$$

$$d = h - c_{\text{nom}} - \Phi/2$$

$$d = 170 - 25 - 5 = 140 \text{ mm}$$

Λωρίδα S12-S1-S2-S7

Πρόβολος S12

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 2,4 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,004897959$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 139,3922186 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 41,5037594 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\text{Κανονισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m} \quad \left. \vphantom{\text{Κανονισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}} \right\} \mathbf{Y10/250A (314,2\text{mm}^2/\text{m})}$$

min Φ : 8mm

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Άνοιγμα S1

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 10,5 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,021428571$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 137,3004458 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 181,5789474 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\text{Κανονισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{min } \Phi: 8 \text{ mm}$$

Y10/250K (314,2mm²/m)

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Στήριξη

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 12,05 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,024591837$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 136,8927126 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 208,3834586 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\text{Κανοντισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/250A (314,2mm²/m)**

Άνοιγμα S2

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 5,89 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,012020408$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 138,498781 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 101,8571429 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\text{Κανοντισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/250K (314,2mm²/m)**

min Φ :8mm

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Πρόβολος S7

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 2,4 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,004897959$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 139,3922186 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 41,5037594 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\text{Κανονισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ :8mm

} **Y10/250A (314,2mm²/m)**

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Λορίδα S10-S3-S7

Πρόβολος S10

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 2,4 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,004897959$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 139,3922186 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 41,5037594 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\text{Κανοντισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

(314,2mm²/m)

min Φ:8mm

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Άνοιγμα S3

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 2,34 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,00477551$$

Y10/250A

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 139,407478 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 40,46616541 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\text{Κανονισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m} \quad \left. \vphantom{\text{Κανονισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}} \right\} \text{Y10/250K (314,2mm}^2/\text{m)}$$

min Φ: 8mm

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Πρόβολος S7

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 2,4 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,004897959$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 139,3922186 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 41,5037594 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Κανονισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m} \\ \text{min } \Phi: 8\text{mm} \end{array} \right\} \mathbf{Y10/250A (314,2\text{mm}^2/\text{m})}$$

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Λογίδα S10-S4-S5-S7

Πρόβολος S10

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 2,4 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,004897959$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 139,3922186 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 41,5037594 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

Κανονισμοί:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m} \end{array} \right\} \mathbf{Y10/250A (314,2\text{mm}^2/\text{m})}$$

min Φ :8mm

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Άνοιγμα S4

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 6,36 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,012979592$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 138,3775694 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 109,9849624 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ :8mm

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/250K (314,2mm²/m)**

Στήριξη

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 11,14 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,022734694$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 137,1323916 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 192,6466165 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

} **Y10/250A (314,2mm²/m)**

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Άνοιγμα S5

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 7,92 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,016163265$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 137,9737008 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 136,962406 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/250K (314,2mm²/m)**

Πρόβολος S7

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 2,4 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,004897959$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 139,3922186 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 41,5037594 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

} **Y10/250A (314,2mm²/m)**

Λωρίδα S9-S4-S3-S1-S6

Πρόβολος S9

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 2,4 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,004897959$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 139,3922186 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 41,5037594 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Κανοντισμοί: } \min: 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m} \\ \min \Phi: 8\text{mm} \end{array} \right\} \mathbf{Y10/250A (314,2\text{mm}^2/\text{m})}$$

$$A_{s\min} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Άνοιγμα S4

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 11,98 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,02444898$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 136,9111799 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 207,1729323 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Κανοντισμοί: } \min: 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m} \\ \min \Phi: 8\text{mm} \end{array} \right\} \mathbf{Y10/250K (314,2\text{mm}^2/\text{m})}$$

$$A_{s\min} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Στήριξη

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 10,9 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,022244898$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 137,1954612 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 188,4962406 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\text{Κανοντισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m} \quad \left. \vphantom{\text{Κανοντισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}} \right\} \mathbf{Y10/250A (314,2\text{mm}^2/\text{m})}$$

min Φ: 8mm

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Άνοιγμα S3

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 6,62 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,013510204$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1-3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 138,3104238 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 114,481203 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\text{Κανονισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

Y10/250K (314,2mm²/m)

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Στήριξη

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 20,73 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,042306122$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1-3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 134,5618386 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 358,4887218 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\text{Κανονισμοί: } \min: 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$\min \Phi: 8\text{mm}$



Y10/150A (523,6mm²/m)

$$A_{s\min} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ανοιγμα S1

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 19,66 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,040122449$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 134,8536969 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 339,9849624 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\text{Κανονισμοί: } \min: 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$\min \Phi: 8\text{mm}$



Y10/150K (523,6mm²/m)

$$A_{s\min} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Πρόβολος S6

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 2,4 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,004897959$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 139,3922186 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 41,5037594 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\text{Κανονισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m} \quad \left. \vphantom{\text{Κανονισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}} \right\} \text{Y10/250A (314,2mm}^2/\text{m)}$$

min Φ: 8mm

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Λωρίδα S8-S5-S3-S2-S6

Πρόβολος S8

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 2,4 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,004897959$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 139,3922186 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 41,5037594 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Κανονισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m} \\ \text{min } \Phi: 8\text{mm} \end{array} \right\} \mathbf{Y10/250A (314,2\text{mm}^2/\text{m})}$$

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ανοιγμα S5

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 16,63 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,033938776$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 135,6731376 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 287,5864662 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\text{Κανονισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m} \left. \vphantom{\text{Κανονισμοί}} \right\} \text{Y10/200K (392,7mm}^2/\text{m)}$$

$$\text{min } \Phi: 8\text{mm}$$

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Στήριξη

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 16,08 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,032816327$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 135,820787 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 278,075188 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\text{Κανονισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m} \left. \vphantom{\text{Κανονισμοί}} \right\} \text{Y10/200A (392,7mm}^2/\text{m)}$$

min Φ :8mm

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Άνοιγμα S3

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 9,65 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,019693878$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 137,5229961 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 166,8796992 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ :8mm

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Στήριξη

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 19,57 \text{ KNm}$$

} **Y10/250K (314,2mm²/m)**

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,039938776$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 134,8781859 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 338,4285714 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

$$\text{Κανονισμοί: min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

} **Y10/150A (523,6mm²/m)**

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ανοιγμα S2

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 19,26 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,039306122$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 134,9624661 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 333,0676692 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{min } \Phi: 8\text{mm}$$

} **Y10/150K (523,6mm²/m)**

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Πρόβολος S6

$$K = M_{ed} / (b \times d^2 \times f_{ck})$$

$$M_{ed} = 2,4 \text{ KNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

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

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K = 0,004897959$$

$$K < K' = 0.168$$

$$z = d/2 \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{1/2}]$$

$$z = 139,3922186 \text{ mm}$$

$$z \geq 0.95 d$$

$$z \geq 133 \text{ mm}$$

$$z = 133 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{ed} / (f_{yd} \times z)$$

$$A_s = 41,5037594 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ελέγχοι:

Κανονισμοί:

$$\text{min: } 0.15\% = 0.0015 \times 140 \times 1000 = 210 \text{ mm}^2/\text{m}$$

min Φ : 8mm

} **Y10/250A (314,2mm²/m)**

$$A_{s\text{min}} = 0,26 f_{\text{ctm}} b_t d / f_{\text{yk}} = 0,26 \times 2,6 \times 1000 \times 170 / 500 = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

9 ΔΟΚΟΙ

9.1 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΠΟ ΠΛΑΚΕΣ ΣΕ ΔΟΚΟΥΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

Πίνακας 14: Μεταφορά φορτίων από πλάκες σε δοκούς

	L σε m				
1.1	1,947				
από πλάκα S1					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ1	=	0,6948	10,22	1,947	3,65
qπ1	=	0,6948	2	1,947	0,71
ολικό g =					15,57
1.2	4,85				
από πλάκα S2					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ2	=	3,7161	10,22	4,850	7,83
qπ2	=	3,7161	2	4,85	1,53
ολικό g =					19,75
2.1	1,55				
από πλάκα S1					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ1	=	0,937	10,22	1,550	6,18
qπ1	=	0,937	2	1,55	1,21
ολικό g =					18,10

2.2	5,4				
από πλάκα S2					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ2	=	5,011	10,22	5,400	9,48
qπ2	=	5,011	2	5,4	1,86
από πλάκα S3					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ3	=	7,804	10,22	5,400	14,77
qπ3	=	7,804	2	5,4	2,89
				ολικό g =	32,77
				ολικό q =	4,75
2.3	7,2				
από πλάκα S4					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ4	=	8,629	10,22	7,200	12,25
qπ4	=	8,629	2	7,2	2,40
από πλάκα S8					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ8	=	4,4	10,22	4,000	11,24
qπ8	=	4,4	2,5	4	2,75
				ολικό g =	35,41
				ολικό q =	5,15

3.1	1,2				
από πλάκα S14					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ14	=	0,625	10,22	1,200	5,32
qπ14	=	0,625	2,5	1,2	1,30
από πλάκα S5					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ5	=	4	10,22	1,200	34,07
qπ5	=	4	2	1,2	6,67
				ολικό g =	51,31
				ολικό q =	7,97
3.2	2,25				
από πλάκα S3					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ3	=	8,974	10,22	2,250	40,76
qπ3	=	8,974	2	2,25	7,98
από πλάκα S5					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ5	=	4	10,22	2,250	18,17
qπ5	=	4	2	2,25	3,56
				ολικό g =	67,45

				ολικό q =	11,53
3.3	3,15				
από πλάκα S3					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ3	=	8,974	10,22	3,150	29,12
qπ3	=	8,974	2	3,15	5,70
ολικό g =					37,63
3.4	2,9				
από πλάκα S4					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ4	=	14,03	10,22	2,900	49,44
qπ4	=	14,03	2	2,9	9,68
από πλάκα S6					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ6	=	6,948	10,22	2,900	24,49
qπ6	=	6,948	2	2,9	4,79
				ολικό g =	82,45
				ολικό q =	14,47
3.5	4,6				
από πλάκα S4					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ4	=	14,03	10,22	4,600	31,17

qπ4	=	14,03	2	4,6	6,10
από πλάκα S6					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ6	=	6,948	10,22	4,600	15,44
qπ6	=	6,948	2	4,6	3,02
				ολικό g =	55,12
				ολικό q =	9,12
4.1	4,7				
από πλάκα S7					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ7	=	4,121	10,22	4,700	8,96
qπ7	=	4,121	2	4,7	1,75
ολικό g =					17,48
4.2	5,95				
από πλάκα S6					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ6	=	6,948	10,22	5,950	11,93
qπ6	=	6,948	2	5,95	2,34
από πλάκα S8					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ8	=	8,817	10,22	5,950	15,14

qπ8	=	8,817	2	5,95	2,96
				ολικό g =	35,60
				ολικό q =	5,30
5.1	3,6				
από πλάκα S5					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ5	=	2,306	10,22	3,600	6,55
qπ5	=	2,306	2	3,6	1,28
από πλάκα S12					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ12	=	1,775	10,22	3,600	5,04
qπ12	=	1,775	2,5	3,6	1,23
				ολικό g =	23,51
				ολικό q =	2,51
6.1	4,8				
από πλάκα S7					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ7	=	3,259	10,22	4,800	6,94
qπ7	=	3,259	2	4,8	1,36
ολικό g =					18,86
7.1	6,1				

από πλάκα S8					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ8	=	9,559	10,22	6,100	16,02
qπ8	=	9,559	2	6,1	3,13
από πλάκα S11					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ11	=	9,199	10,22	6,100	15,41
qπ11	=	9,199	2,5	6,1	3,77
				ολικό g =	43,35
				ολικό q =	6,90
8.1	5,5				
από πλάκα S13					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ13	=	3,026	10,22	5,500	5,62
qπ13	=	3,026	5	5,5	2,75
από πλάκα S5					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ5	=	6,914	10,22	5,500	12,85
qπ5	=	6,914	2	5,5	2,51
				ολικό g =	30,39
				ολικό q =	5,27
8.2	2,4				

από πλάκα S1					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ1	=	1,3387	10,22	2,400	5,70
qπ1	=	1,3387	2	2,4	1,12
ολικό g =					17,62
9.1	4,15				
από πλάκα S14					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ14	=	0,625	10,22	4,150	1,54
qπ14	=	0,625	2	4,15	0,30
από πλάκα S3					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ3	=	3,248	10,22	4,150	8,00
qπ3	=	3,248	2	4,15	1,57
				ολικό g =	21,46
				ολικό q =	1,87
10.1	2,4				
από πλάκα S1					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ1	=	1,414	10,22	2,400	6,02
qπ1	=	1,414	2	2,4	1,18

από πλάκα S2					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ2	=	1,4	10,22	2,400	5,96
qπ2	=	1,4	2	2,4	1,17
				ολικό g =	20,50
				ολικό q =	2,35
11.1	4				
από πλάκα S5					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ5	=	5,698	10,22	4,000	14,56
qπ5	=	5,698	2	4	2,85
από πλάκα S7					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ7	=	6,074	10,22	4,000	15,52
qπ7	=	6,074	2	4	3,04
				ολικό g =	38,59
				ολικό q =	5,89

11.2	2,5				
από πλάκα S5					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ5	=	5,698	10,22	2,500	23,29342
qπ5	=	5,698	2	2,5	4,5584

				ολικό g =	31,81042
				ολικό q =	4,5584

12.1	4,5				
από πλάκα S3					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ3	=	4,804	10,22	4,500	10,91
qπ3	=	4,804	2	4,5	2,14
από πλάκα S4					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ4	=	6,072	10,22	4,500	13,79
qπ4	=	6,072	2	4,5	2,70
				ολικό g =	33,22
				ολικό q =	4,83
12.2	2,3				
από πλάκα S2					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ2	=	1,208	10,22	2,300	5,37
qπ2	=	1,208	2	2,3	1,05
				ολικό g =	13,88
13.1	1,6				
από πλάκα S8					

		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ8	=	4,403	10,22	1,600	28,12
qπ8	=	4,403	2	1,6	5,50
από πλάκα S11					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ11	=	9,199	10,22	1,600	58,76
qπ11	=	9,199	2	1,6	11,50
				ολικό g =	98,80
				ολικό q =	17,00
13.2	4,2				
από πλάκα S7					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ7	=	4,393	10,22	4,200	10,69
qπ7	=	4,393	2	4,2	2,09
από πλάκα S8					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ8	=	4,403	10,22	4,200	10,71
qπ8	=	4,403	2	4,2	2,10
				ολικό g =	29,92
				ολικό q =	4,19
14.1	4,3				

από πλάκα S8					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ8	=	6,94	10,22	4,300	16,49
qπ8	=	6,94	2	4,3	3,23
από πλάκα S10					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ10	=	1,175	10,22	4,300	2,79
qπ10	=	1,175	2,5	4,3	0,68
				ολικό g =	31,21
				ολικό q =	3,91
14.2	2,5				
από πλάκα S6					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ6	=	1,052	10,22	2,500	4,30
qπ6	=	1,052	2	2,5	0,84
από πλάκα S9					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ9	=	7,55	10,22	2,500	30,86
qπ9	=	7,55	2,5	2,5	7,55
				ολικό g =	47,09
				ολικό q =	8,39
14.3	4,75				

από πλάκα S4					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ4	=	3,829	10,22	4,750	8,24
qπ4	=	3,829	2	4,75	1,61
από πλάκα S9					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ9	=	7,55	10,22	4,750	16,24
qπ9	=	7,55	2,5	4,75	3,97
				ολικό g =	36,40
				ολικό q =	5,59

Μεταφορά φορτίων από πλάκες σε δοκούς ορόφου

	L σε m				
1.1	5,75				
από πλάκα S1					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ1	=	6,013	7,11	5,750	7,44
qπ1	=	6,013	2	5,75	2,09
από πλάκα S6					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ6	=	8,07	7,11	5,750	9,98

gπ6	=	8,07	2,5	5,75	3,51
				ολικό g =	17,41
				ολικό q =	5,60
1.2	7,2				
από πλάκα S2					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ2	=	8,677	7,11	7,200	8,57
qπ2	=	8,677	2	7,2	2,41
από πλάκα S6					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ6	=	8,07	7,11	7,200	7,97
qπ6	=	8,07	2,5	7,2	2,80
				ολικό g =	16,54
				ολικό q =	5,21
2.1	2,5				
από πλάκα S1					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ1	=	7,684	7,11	2,500	21,85
qπ1	=	7,684	2	2,5	6,15
από πλάκα S11					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ11	=	1,38	7,11	2,500	3,92

gπ11	=	1,38	2,5	2,5	1,38
				ολικό g =	25,78
				ολικό q =	7,53
2.2	3				
από πλάκα S1					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ1	=	7,684	7,11	3,000	18,21
qπ1	=	7,684	2	3	5,12
από πλάκα S3					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ3	=	11,88	7,11	3,000	28,16
qπ3	=	11,88	2	3	7,92
				ολικό g =	46,37
				ολικό q =	13,04
2.3	2,9				
από πλάκα S2					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ2	=	13,946	7,11	2,900	34,19
qπ2	=	13,946	2	2,9	9,62
από πλάκα S3					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m

gπ3	=	11,88	7,11	4,000	21,12
qπ3	=	11,88	2	4	5,94
				ολικό g =	55,31
				ολικό q =	15,56
2.4	4,6				
από πλάκα S2					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ2	=	13,946	7,11	4,600	21,56
qπ2	=	13,946	2	4,6	6,06
από πλάκα S3					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ3	=	11,88	7,11	4,000	21,12
qπ3	=	11,88	2	4	5,94
				ολικό g =	42,67
				ολικό q =	12,00
4.1	4,8				
από πλάκα S4					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ4	=	4,278	7,11	4,800	6,34
qπ4	=	4,278	2	4,8	1,78
από πλάκα S9					

		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ9	=	2,89	7,11	4,800	4,28
qπ9	=	2,89	2,5	4,8	1,51
				ολικό g =	10,62
				ολικό q =	3,29
5.1	6,1				
από πλάκα S5					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ5	=	6,23	7,11	6,100	7,26
qπ5	=	6,23	2	6,1	2,04
από πλάκα S8					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ8	=	3,66	7,11	6,100	4,27
qπ8	=	3,66	2,5	6,1	1,50
				ολικό g =	11,53
				ολικό q =	3,54
6.1	4,65				
από πλάκα S1					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ1	=	5,29	7,11	4,650	8,09
qπ1	=	5,29	2	4,65	2,28

από πλάκα S12					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ12	=	3,12	7,11	4,650	4,77
qπ12	=	3,12	2,5	4,65	1,68
				ολικό g =	12,86
				ολικό q =	3,95
7.1	4				
από πλάκα S4					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ4	=	2,851	7,11	4,000	5,07
qπ4	=	2,851	2	4	1,43
από πλάκα S10					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ10	=	3,69	7,11	4,000	6,56
qπ10	=	3,69	2,5	4	2,31
				ολικό g =	11,63
				ολικό q =	3,73
7.2	2,5				
από πλάκα S3					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ3	=	1,051	7,11	2,500	2,99
qπ3	=	1,051	2	2,5	0,84

από πλάκα S10					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ10	=	3,69	7,11	2,500	10,49
qπ10	=	3,69	2,5	2,5	3,69
				ολικό g =	13,48
				ολικό q =	4,53
8.1	4,65				
από πλάκα S1					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ1	=	6,145	7,11	4,650	9,40
qπ1	=	6,145	2	4,65	2,64
από πλάκα S2					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ2	=	6,146	7,11	4,650	9,40
qπ2	=	6,146	2	4,65	2,64
				ολικό g =	18,79
				ολικό q =	5,29
9.1	1,5				
από πλάκα S8					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ8	=	3,66	7,11	1,500	17,35

qπ8	=	3,66	2,5	1,5	6,10
ολικό g =					17,35
9.2	4,2				
από πλάκα S4					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ4	=	4,219	7,11	4,200	7,14
qπ4	=	4,219	2	4,2	2,01
από πλάκα S5					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ5	=	5,727	7,11	4,200	9,69
qπ5	=	5,727	2	4,2	2,73
				ολικό g =	16,84
				ολικό q =	4,74
10.1	4,25				
από πλάκα S5					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ5	=	3,624	7,11	4,250	6,06
qπ5	=	3,624	2	4,25	1,71
από πλάκα S7					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ7	=	7,11	7,11	4,250	11,89

qπ7	=	7,11	2,5	4,25	4,18
				ολικό g =	17,96
				ολικό q =	5,89
10.2	2,5				
από πλάκα S3					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ3	=	1	7,11	2,500	2,99
qπ3	=	1,051	2	2,5	0,84
από πλάκα S7					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ7	=	7,11	7,11	2,500	20,22
qπ7	=	7,11	2,5	2,5	7,11
				ολικό g =	23,21
				ολικό q =	7,95
10.3	4,65				
από πλάκα S2					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m
gπ2	=	3,873	7,11	4,650	5,92
qπ2	=	3,873	2	4,65	1,67
από πλάκα S7					
		m ²	KN/m ²	L	KN/m

gπ7	=	7,11	7,11	4,650	10,87
qπ7	=	7,11	2,5	4,65	3,82
				ολικό g =	16,79
				ολικό q =	5,49

9.2 ΔΟΚΟΙ ΕΝΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (ONE SPAN BEAMS)

Δ6.1

$$b = 250,00 \text{ mm}$$

$$h = 600,00 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2$$

$$g = 18,86 \text{ KN/m}$$

$$q = 1,36 \text{ KN/m}$$

$$L = 4,50 \text{ m}$$

$$W = 1,35g + 1,5q = 27,50 \text{ KN/m}$$

$$M = WL^2/8 = 69,61 \text{ KNm}$$

$$d = 600 - 30 - 30 = 540,00 \text{ mm}$$

$$K = M/bd^2f_{ck} = 0,04$$

$$K < K' = 0,167$$

$0,038195833 < 0,167 \rightarrow$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό

$$z = d/2[1 + \sqrt{(1 - 3,53K)}] \leq 0,95d \text{ mm}$$

$$z = 521,14 \text{ mm}$$

$$0,95d = 513,00 \text{ mm}$$

$$z = 513,00 \text{ mm}$$

$$A_s = M / 0,87 f_{yk} \times z = 311,94 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} \times b_t \times d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 250 \times 540 / 500 = 182,52 \text{ mm}^2$$

2Y16(401,1mm²)

$$\text{span effective depth ratio: } \rho = 100 A_{s,req} / bd = 0,23 \%$$

$$\text{basic span effective ratio} = 14$$

$$\text{modified ratio} = 14 \times (401,1 / 354,92) = 18,0013$$

$$\text{span effective depth ratio provided} = 3600 / 540 = 6,666667 < \text{από το επιτρεπτό όριο}$$

→ τα κριτήρια παραμόρφωσης ικανοποιούνται

$$\text{Maximum design shear } V = W \times L / 2 = 61,88 \text{ KN}$$

$$V_{edmax} = V - a \times W = 56,38$$

$$V_{rdmax} = 3,64 \times 250 \times 540 \times 10^{-3} = 491,40 \text{ KN}$$

$$V_{rdmax} > V_{ed}$$

$$\theta = 22^\circ, \cot \theta = 2,5$$

$$V_{ed} = V_{edmax} - d \times W = 53,95 \text{ KN}$$

$$A_{sw}/s = V_{ed} / 0,78 d f_{yk} \cot \theta = 0,10$$

$$A_{sw,min}/s = 0,08 f_{ck}^{0,50} b_w / f_{yk} = 0,22$$

$$A_{sw,min}/s > A_s = 0,22 > 0,10 \rightarrow \text{Χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης}$$

$$\text{Επιλέγω } 2Y8 = 100,8$$

$$100,8 / s = 0,22$$

$$s = 460,1059 \rightarrow Y8/400$$

$$\text{Έλεγχος } s_{max} = 0,75 d = 0,75 \times 540 = 405 \rightarrow Y8/400$$

$$V_{min} = A_{sw,min}/s \times 0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot \theta = 115,83 \text{ KN}$$

Δ8.1

$$b = 250,00 \text{ mm}$$

$$h = 600,00 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2$$

$$g = 30,39 \text{ KN/m}$$

$$q = 5,27 \text{ KN/m}$$

$$L = 5,30 \text{ m}$$

$$W = 1,35g + 1,5q = 48,93 \text{ KN/m}$$

$$M = WL^2/8 = 171,81 \text{ KNm}$$

$$d = 600 - 30 - 30 = 540,00 \text{ mm}$$

$$K = M/bd^2f_{ck} = 0,09$$

$$K < K' = 0,167$$

$0,09 < 0,167 \rightarrow$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό

$$z = d/2[1 + \sqrt{(1 - 3,53K)}] \leq 0,95d \text{ mm}$$

$$z = 490,55 \text{ mm}$$

$$0,95d = 513,00 \text{ mm}$$

$$z = 490,55 \text{ mm}$$

$$A_s = M/0,87f_{yk} \times z = 805,56 \text{ mm}^2$$

3Y20(942,5mm²)

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} \times b_t \times d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 250 \times 540 / 500 = 182,52 \text{ mm}^2$$

$$\text{span effective depth ratio: } \rho = 100A_{s,req} / bd = 0,60 \%$$

$$\text{basic span effective ratio} = 14$$

$$\text{modified ratio} = 14 \times (942,5/2911,41) = 16,37988$$

span effective depth ratio provided = $3600/540 = 6,666667 <$ από το επιτρεπτό όριο \rightarrow τα κριτήρια παραμόρφωσης ικανοποιούνται

$$\text{Maximum design shear } V = W \times L/2 = 129,67 \text{ KN}$$

$$V_{edmax} = V - a \times W = 119,88$$

$$V_{rdmax} = 3,64 \times 250 \times 540 \times 10^{-3} = 491,40 \text{ KN}$$

$$V_{rdmax} > V_{ed}$$

$$\theta = 22^\circ, \cot\theta = 2,5$$

$$V_{ed} = V_{edmax} - d \times W = 93,46 \text{ KN}$$

$$A_{sw}/s = V_{ed} / 0,78d f_{yk} \cot\theta = 0,18$$

$$A_{sw,min}/s = 0,08 f_{ck}^{0,50} b_w / f_{yk} = 0,22$$

$A_{sw,min}/s > A_s = 0,22 > 0,18 \rightarrow$ Χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης

$$\text{Επιλέγω } 2Y8 = 100,8$$

$$100,8/s = 0,22$$

$$s = 460,1059$$

$$Y8/400$$

$$\text{Έλεγχος } s_{max} = 0,75d = 0,75 \times 540 = 405$$

$$Y8/400$$

$$V_{min} = A_{sw,min}/s \times 0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot\theta = 115,83 \text{ KN}$$

Δ8.2

$$b = 250,00 \text{ mm}$$

$$h = 600,00 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2$$

$$g = 17,62 \text{ KN/m}$$

$$q = 1,12 \text{ KN/m}$$

$$L = 2,10 \text{ m}$$

$$W = 1,35g + 1,5q = 25,47 \text{ KN/m}$$

$$M = WL^2/8 = 14,04 \text{ KNm}$$

$$d = 600 - 30 - 30 = 540,00 \text{ mm}$$

$$K = M/bd^2 f_{ck} = 0,01$$

$$K < K' = 0,167$$

$0,01 < 0,167 \rightarrow$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό

$$z = d/2[1+\sqrt{(1-3,53K)}] \leq 0.95d \text{ mm}$$

$$z = 536,30 \text{ mm}$$

$$0,95d = 513,00 \text{ mm}$$

$$z = 513,00 \text{ mm}$$

$$A_s = M/0,87f_{yk} \times z = 62,94 \text{ mm}^2$$

2Y16(401,1 mm²)

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} \times b_t \times d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 250 \times 540 / 500 = 182,52 \text{ mm}^2$$

$$\text{span effective depth ratio: } \rho = 100A_{s,req} / bd = 0,05 \%$$

$$\text{basic span effective ratio} = 14$$

$$\text{modified ratio} = 14 \times (401,1/82,21) = 68,30556$$

span effective depth ratio provided = $3600/540 = 6,666667 <$ από το επιτρεπτό όριο \rightarrow τα κριτήρια παραμόρφωσης ικανοποιούνται

$$\text{Maximum design shear } V = W \times L/2 = 26,74 \text{ KN}$$

$$V_{ed \max} = V - a \times W = 21,65$$

$$V_{rd \max} = 3,64 \times 250 \times 540 \times 10^{-3} = 491,40 \text{ KN}$$

$$V_{rd \max} > V_{ed}$$

$$\theta = 22^\circ, \cot \theta = 2,5$$

$$V_{ed} = V_{ed \max} - d \times W = 7,89 \text{ KN}$$

$$A_{sw}/s = V_{ed} / 0,78df_{yk}\cot\theta = 0,01$$

$$A_{sw, \min}/s = 0,08f_{ck}^{0,50}b_w / f_{yk} = 0,22$$

$$A_{sw, \min}/s > A_s$$

$0,22 > 0,01 \rightarrow$ Χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης

$$\text{Επιλέγω } 2Y8 = 100,8$$

$$100,8/s = 0,22$$

$$s = 460,1059$$

Y8/400

$$\text{Έλεγχος } s_{\max} = 0,75d = 0,75 \times 540 = 405$$

Y8/400

$$V_{\min} = A_{s_{w,\min}}/s \times 0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot\theta = 115,83 \text{ KN}$$

Δ9.1

$$b = 250,00 \text{ mm}$$

$$h = 600,00 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2$$

$$g = 21,46 \text{ KN/m}$$

$$q = 1,90 \text{ KN/m}$$

$$L = 4,35 \text{ m}$$

$$W = 1,35g + 1,5q = 31,82 \text{ KN/m}$$

$$M = WL^2/8 = 75,27 \text{ KNm}$$

$$d = 600 - 30 - 30 = 540,00 \text{ mm}$$

$$K = M/bd^2f_{ck} = 0,04$$

$$K < K' = 0,167$$

$0,04 < 0,167 \rightarrow$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό

$$z = d/2[1 + \sqrt{(1 - 3,53K)}] \leq 0,95d \text{ mm}$$

$$z = 519,54 \text{ mm}$$

$$0,95d = 513,00 \text{ mm}$$

$$z = 513,00 \text{ mm}$$

$$A_s = M/0,87f_{yk}z = 337,45 \text{ mm}^2$$

2Y16(401,1 mm²)

$$A_{s_{\min}} = 0,26 f_{ctm} \times b_t \times d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 250 \times 540 / 500 = 182,52 \text{ mm}^2$$

span effective depth ratio: $\rho = 100A_{s,req} / bd = 0,25 \%$

basic span effective ratio = 14

modified ratio = $14 \times (401,1/385,6) = 14,56276$

span effective depth ratio provided = $3600/540 = 6,666667 < \text{από το επιτρεπτό όριο} \rightarrow \text{τα κριτήρια παραμόρφωσης ικανοποιούνται}$

Maximum design shear $V = W \times L/2 = 69,21 \text{ KN}$

$V_{ed \max} = V - a \times W = 62,85$

$V_{rd \max} = 3,64 \times 250 \times 540 \times 10^{-3} = 491,40 \text{ KN}$

$V_{rd \max} > V_{ed}$

$\theta = 22^\circ, \cot \theta = 2,5$

$V_{ed} = V_{ed \max} - d \times W = 45,66 \text{ KN}$

$A_{sw}/s = V_{ed} / 0,78d f_{yk} \cot \theta = 0,09$

$A_{sw, \min}/s = 0,08 f_{ck}^{0,50} b_w / f_{yk} = 0,22$

$A_{sw, \min}/s > A_s = 0,22 > 0,09 \rightarrow \text{Χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης}$

Επιλέγω 2Y8=100,8

$100,8/s = 0,22$

$s = 460,1059$

Y8/400

Έλεγχος $s_{\max} = 0,75d = 0,75 \times 540 = 405$

Y8/400

$V_{\min} = A_{sw, \min}/s \times 0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot \theta = 115,83 \text{ KN}$

Δ10.1

$b = 250,00 \text{ mm}$

$h = 600,00 \text{ mm}$

$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2$$

$$g = 15,73 \text{ KN/m}$$

$$q = 2,35 \text{ KN/m}$$

$$L = 2,10 \text{ m}$$

$$W = 1,35g + 1,5q = 24,76 \text{ KN/m}$$

$$M = WL^2/8 = 13,65 \text{ KNm}$$

$$d = 600 - 30 - 30 = 540,00 \text{ mm}$$

$$K = M/bd^2f_{ck} = 0,01$$

$$K < K' = 0,167$$

$0,01 < 0,167 \rightarrow$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό

$$z = d/2[1 + \sqrt{(1 - 3,53K)}] \leq 0,95d \text{ mm}$$

$$z = 536,41 \text{ mm}$$

$$0,95d = 513,00 \text{ mm}$$

$$z = 513,00 \text{ mm}$$

$$A_s = M/0,87f_{yk} \times z = 61,20 \text{ mm}^2$$

2Y16(401,1 mm²)

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} \times b_t \times d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 250 \times 540 / 500 = 182,52 \text{ mm}^2$$

$$\text{span effective depth ratio: } \rho = 100A_{s,req} / bd = 0,05 \%$$

$$\text{basic span effective ratio} = 14$$

$$\text{modified ratio} = 14 \times (401,1/79,93) = 70,25397$$

span effective depth ratio provided = $3600/540 = 6,666667 <$ από το επιτρεπτό όριο \rightarrow τα κριτήρια παραμόρφωσης ικανοποιούνται

$$\text{Maximum design shear } V = W \times L/2 = 26,00 \text{ KN}$$

$$V_{edmax} = V - a \times W = 21,05$$

$$V_{rdmax} = 3,64 \times 250 \times 540 \times 10^{-3} = 491,40 \text{ KN}$$

$$V_{rdmax} > V_{ed}$$

$$\theta=22^\circ, \cot\theta=2,5$$

$$V_{ed}=V_{edmax}-d \times W = 7,68 \text{ KN}$$

$$A_{sw}/s = V_{ed} / 0,78d f_{yk} \cot\theta = 0,01$$

$$A_{sw,min}/s = 0,08 f_{ck}^{0,50} b_w / f_{yk} = 0,22$$

$A_{sw,min}/s > A_s = 0,22 > 0,01 \rightarrow$ Χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης

Επιλέγω 2Y8=100,8

$$100,8/s=0,22$$

$$s = 460,1059$$

Y8/400

Έλεγχος $s_{max}=0,75d = 0,75 \times 540 = 405$

Y8/400

$$V_{min}=A_{sw,min}/s \times 0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot\theta = 115,83 \text{ KN}$$

Όροφος

Δ6.1

$$b = 250,00 \text{ mm}$$

$$h = 600,00 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2$$

$$g = 12,86 \text{ KN/m}$$

$$q = 3,95 \text{ KN/m}$$

$$L = 4,30 \text{ m}$$

$$W = 1,35g + 1,5q = 23,29 \text{ KN/m}$$

$$M = WL^2/8 = 53,82 \text{ KNm}$$

$$d = 600-30-30 = 540,00 \text{ mm}$$

$$K = M/bd^2 f_{ck} = 0,03$$

$$K < K' = 0,167$$

$$0,03 < 0,167 \rightarrow$$

δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό

$$z = d/2[1 + \sqrt{(1 - 3,53K)}] \leq 0,95d \text{ mm}$$

$$z = 525,54 \text{ mm}$$

$$0,95d = 513,00 \text{ mm}$$

$$z = 513,00 \text{ mm}$$

$$A_s = M/0,87f_{yk} \times z = 241,30 \text{ mm}^2$$

2Y16(401,1mm²)

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} \times b_t \times d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 250 \times 540 / 500 = 182,52 \text{ mm}^2$$

$$\text{span effective depth ratio: } \rho = 100A_{s,req} / bd = 0,18 \%$$

$$\text{basic span effective ratio} = 14$$

$$\text{modified ratio} = 14 \times (401,1/276,14) = 20,33534$$

span effective depth ratio provided = $3600/540 = 6,666667 <$ από το επιτρεπτό όριο \rightarrow τα κριτήρια παραμόρφωσης ικανοποιούνται

$$\text{Maximum design shear } V = W \times L/2 = 50,06 \text{ KN}$$

$$V_{edmax} = V - a \times W = 45,41$$

$$V_{rdmax} = 3,64 \times 250 \times 540 \times 10^{-3} = 491,40 \text{ KN}$$

$$V_{rdmax} > V_{ed}$$

$$\theta = 22^\circ, \cot\theta = 2,5$$

$$V_{ed} = V_{edmax} - d \times W = 32,83 \text{ KN}$$

$$A_{sw}/s = V_{ed} / 0,78df_{yk}\cot\theta = 0,06$$

$$A_{sw,min}/s = 0,08f_{ck}^{0,50}b_w / f_{yk} = 0,22$$

$A_{sw,min}/s > A_s = 0,22 > 0,06 \rightarrow$ Χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης

$$\text{Επιλέγω } 2Y8 = 100,8$$

$$100,8/s = 0,22$$

$$s = 460,1059$$

Y8/400

$$\text{Έλεγχος } s_{\max} = 0,75d = 0,75 \times 540 = 405$$

Y8/400

$$V_{\min} = A_{sw,\min}/s \times 0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot\theta = 115,83 \text{ KN}$$

Δ8.1

$$b = 250,00 \text{ mm}$$

$$h = 600,00 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2$$

$$g = 18,79 \text{ KN/m}$$

$$q = 5,29 \text{ KN/m}$$

$$L = 4,30 \text{ m}$$

$$W = 1,35g + 1,5q = 33,30 \text{ KN/m}$$

$$M = WL^2/8 = 76,97 \text{ KNm}$$

$$d = 600 - 30 - 30 = 540,00 \text{ mm}$$

$$K = M/bd^2f_{ck} = 0,04$$

$$K < K' = 0,167$$

$0,04 < 0,167 \rightarrow$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό

$$z = d/2[1 + \sqrt{(1 - 3,53K)}] \leq 0,95d \text{ mm}$$

$$z = 519,06 \text{ mm}$$

$$0,95d = 513,00 \text{ mm}$$

$$z = 513,00 \text{ mm}$$

$$A_s = M/0,87f_{yk} \times z = 345,08 \text{ mm}^2$$

2Y16(401,1mm²)

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} \times b_t \times d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 250 \times 540 / 500 = 182,52 \text{ mm}^2$$

$$\text{span effective depth ratio: } \rho = 100 A_{s,req} / bd = 0,26 \%$$

$$\text{basic span effective ratio} = 14$$

$$\text{modified ratio} = 14 \times (401,1/394,91) = 14,21944$$

span effective depth ratio provided = $3600/540 = 6,666667 <$ από το επιτρεπτό όριο \rightarrow τα κριτήρια παραμόρφωσης ικανοποιούνται

$$\text{Maximum design shear } V = W \times L/2 = 71,60 \text{ KN}$$

$$V_{edmax} = V - a \times W = 64,94$$

$$V_{rdmax} = 3,64 \times 250 \times 540 \times 10^{-3} = 491,40 \text{ KN}$$

$$V_{rdmax} > V_{ed}$$

$$\theta = 22^\circ, \cot\theta = 2,5$$

$$V_{ed} = V_{edmax} - d \times W = 46,96 \text{ KN}$$

$$A_{sw}/s = V_{ed} / 0,78 d f_{yk} \cot\theta = 0,09$$

$$A_{sw,min}/s = 0,08 f_{ck}^{0,50} b_w / f_{yk} = 0,22$$

$A_{sw,min}/s > A_s = 0,22 > 0,09 \rightarrow$ Χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης

$$\text{Επιλέγω } 2Y8 = 100,8$$

$$100,8/s = 0,22$$

$$s = 460,1059$$

$$Y8/400$$

$$\text{Έλεγχος } s_{max} = 0,75d = 0,75 \times 540 = 405$$

$$Y8/400$$

$$V_{min} = A_{sw,min}/s \times 0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot\theta = 115,83 \text{ KN}$$

Δ5.1

$$b = 250,00 \text{ mm}$$

$$h = 600,00 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2$$

$$g = 18,79 \text{ KN/m}$$

$$q = 5,29 \text{ KN/m}$$

$$L = 5,80 \text{ m}$$

$$W = 1,35g + 1,5q = 33,30 \text{ KN/m}$$

$$M = WL^2/8 = 140,03 \text{ KNm}$$

$$d = 600 - 30 - 30 = 540,00 \text{ mm}$$

$$K = M/bd^2f_{ck} = 0,08$$

$$K < K' = 0,167$$

$0,08 < 0,167 \rightarrow$ δεν χρειαζόμαστε θλιπτικό οπλισμό

$$z = d/2[1 + \sqrt{(1 - 3,53K)}] \leq 0,95d \text{ mm}$$

$$z = 500,49 \text{ mm}$$

$$0,95d = 513,00 \text{ mm}$$

$$z = 500,49 \text{ mm}$$

$$A_s = M/0,87f_{yk} \times z = 643,52 \text{ mm}^2$$

3Y20(942,5mm²)

$$A_{smin} = 0,26 f_{ctm} \times b_t \times d / f_{yk} = 0,26 \times 2,6 \times 250 \times 540 / 500 = 182,52 \text{ mm}^2$$

$$\text{span effective depth ratio: } \rho = 100A_{s,req} / bd = 0,48 \%$$

$$\text{basic span effective ratio} = 14$$

$$\text{modified ratio} = 14 \times (942,5/718,41) = 18,36695$$

span effective depth ratio provided = $3600/540 = 6,666667 <$ από το επιτρεπτό όριο \rightarrow τα κριτήρια παραμόρφωσης ικανοποιούνται

$$\text{Maximum design shear } V = W \times L/2 = 96,57 \text{ KN}$$

$$V_{edmax} = V - a \times W = 89,91$$

$$V_{rdmax} = 3,64 \times 250 \times 540 \times 10^{-3} = 491,40 \text{ KN}$$

$$V_{rdmax} > V_{ed}$$

$$\theta = 22^\circ, \cot\theta = 2,5$$

$$V_{ed} = V_{edmax} - d \times W = 71,93 \text{ KN}$$

$$A_{sw}/s = V_{ed} / 0,78d f_{yk} \cot\theta = 0,14$$

$$A_{sw,min}/s = 0,08 f_{ck}^{0,50} b_w / f_{yk} = 0,22$$

$A_{sw,min}/s > A_s = 0,22 > 0,14 \rightarrow$ Χρησιμοποιώ τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης

Επιλέγω 2Y8=100,8

$$100,8/s = 0,22$$

$$s = 460,1059$$

Y8/400

Έλεγχος $s_{max} = 0,75d = 0,75 \times 540 = 405$

Y8/400

$$V_{min} = A_{sw,min}/s \times 0,78 \times d \times f_{yk} \times \cot\theta = 115,83 \text{ KN}$$

9.3 ΣΥΝΕΧΟΜΕΝΕΣ ΔΟΚΟΙ

Πίνακας 15: Οπλισμός συνεχόμενων δοκών

		<i>Left</i>	<i>Centre</i>	<i>Right</i>
ΙΣΟΓΕΙΟ				
Δ1.1-Δ1.2				
	Span1			
	Asreg (mm ²) :	6	25	188
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	408	408	408
	Link	Y12/300	Y12/300	Y12/300
	Span2			
	Asreg (mm ²) :	175	277	75

	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	283	283	283
	Link	Y10/275	Y10/275	Y10/275
Λ2.1-Λ2.2-Λ2.3				
	Span1			
	Asreg (mm ²) :	8	32	231
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	408	408	408
	Link	Y12/300	Y12/300	Y12/300
	Span2			
	Asreg (mm ²) :	211	345	995
	Top steel	2Y16	2Y16	3Y22
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y20
	sreq(mm) :	283	283	241
	Link	Y10/275	Y10/275	Y10/225
	Span3			
	Asreg (mm ²) :	1273	1007	522
	Top steel	3Y25	2Y16	3Y16
	Bottom steel	2Y20	3Y22	2Y16
	sreq(mm) :	132	283	158
	Link	Y10/125	Y10/250	Y10/150
Λ3.1-Λ3.2-Λ3.3-Λ3.4-Λ3.5				
	Span1			
	Asreg (mm ²) :	35	24	101
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom	2Y16	2Y16	2Y16

	steel			
	sreq(mm) :	408	408	408
	Link	Y12/300	Y12/300	Y12/300
	Span2			
	Asreg (mm ²) :	84	196	174
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	283	283	283
	Link	Y10/275	Y10/275	Y10/275
	Span3			
	Asreg (mm ²) :	228	162	240
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	283	283	283
	Link	Y10/275	Y10/275	Y10/275
	Span4			
	Asreg (mm ²) :	215	273	656
	Top steel	2Y16	2Y16	3Y18
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	119	181	82
	Link	Y8/115	Y8/175	Y8/80
	Span5			
	Asreg (mm ²) :	772	661	192
	Top steel	3Y20	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	3Y18	2Y16
	sreq(mm) :	121	283	165
	Link	Y10/100	Y10/275	Y10/150
Δ4.1-Δ4.2				
	Span1			

	Asreg (mm ²) :	63	118	561
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	408	408	408
	Link	Y12/300	Y12/300	Y12/300
	Span2			
	Asreg (mm ²) :	523	826	299
	Top steel	2Y25	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y20	3Y20	2Y16
	sreq(mm) :	182	283	192
	Link	Y10/175	Y10/250	Y10/175
Δ11.1-Δ11.2				
	Span1			
	Asreg (mm ²) :	20	81	100
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	408	408	408
	Link	Y12/300	Y12/300	Y12/300
	Span2			
	Asreg (mm ²) :	76	133	33
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	283	283	283
	Link	Y10/275	Y10/275	Y10/275
Δ12.1-Δ12.2				
	Span1			
	Asreg (mm ²) :	222	411	259
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16

	Bottom steel	2Y16	3Y16	2Y16
	sreq(mm) :	408	408	408
	Link	Y12/300	Y12/300	Y12/300
	Span2			
	Asreg (mm ²) :	285	33	8
	Top steel	2Y18	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	283	283	283
	Link	Y10/275	Y10/275	Y10/275
Δ13.1-Δ13.2				
	Span1			
	Asreg (mm ²) :	134	121	231
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	408	408	319
	Link	Y12/300	Y12/275	Y12/275
	Span2			
	Asreg (mm ²) :	262	322	81
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	283	283	283
	Link	Y10/275	Y10/275	Y10/275
Δ14.1-Δ14.2-Δ14.3				
	Span1			
	Asreg (mm ²) :	199	342	226
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	408	408	408

	Link	Y12/300	Y12/300	Y12/300
	Span2			
	Asreg (mm ²) :	246	-6	403
	Top steel	2Y16	3Y20	2Y20
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	283	283	283
	Link	Y10/275	Y10/275	Y10/275
	Span3			
	Asreg (mm ²) :	476	462	148
	Top steel	2Y20	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	3Y16	2Y16
	sreq(mm) :	220	283	283
	Link	Y10/200	Y10/275	Y10/275
ΟΡΟΦΟΣ				
Δ1.1-Δ1.2				
	Span1			
	Asreg (mm ²) :	136	357	521
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	408	408	408
	Link	Y12/300	Y12/300	Y12/300
	Span2			
	Asreg (mm ²) :	516	639	179
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	283	283	283
	Link	Y10/275	Y10/275	Y10/275
Δ2.1-Δ2.2-Δ2.3-Δ2.4				
	Span1			

	Asreg (mm ²) :	62	93	168
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	408	408	408
	Link	Y12/300	Y12/300	Y12/300
	Span2			
	Asreg (mm ²) :	153	285	244
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	283	283	283
	Link	Y10/275	Y10/275	Y10/275
	Span3			
	Asreg (mm ²) :	237	180	577
	Top steel	2Y16	2Y16	3Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	283	283	188
	Link	Y10/275	Y10/275	Y10/175
	Span4			
	Asreg (mm ²) :	630	619	152
	Top steel	3Y18	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	3Y18	2Y16
	sreq(mm) :	95	181	139
	Link	Y8/90	Y8/175	Y8/125
Δ3.1-Δ3.2				
	Span1			
	Asreg (mm ²) :	158	366	540
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom	2Y16	2Y16	2Y16

	steel			
	sreq(mm) :	408	408	382
	Link	Y12/300	Y12/275	Y12/275
	Span2			
	Asreg (mm ²) :	535	699	170
	Top steel	3Y18	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	3Y18	2Y16
	sreq(mm) :	224	283	283
	Link	Y10/200	Y10/275	Y10/275
Δ7.1-Δ7.2				
	Span1			
	Asreg (mm ²) :	65	143	98
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	408	408	408
	Link	Y12/300	Y12/300	Y12/300
	Span2			
	Asreg (mm ²) :	99	49	12
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	283	283	283
	Link	Y10/275	Y10/275	Y10/275
Δ9.1-Δ9.2				
	Span1			
	Asreg (mm ²) :	3	13	149
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	408	408	408
	Link	Y12/300	Y12/300	Y12/300

	Span2			
	Asreg (mm ²) :	145	230	57
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	283	283	283
	Link	Y10/275	Y10/275	Y10/275
Δ10.1-Δ10.2-Δ10.3				
	Span1			
	Asreg (mm ²) :	116	252	159
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	408	408	408
	Link	Y12/300	Y12/300	Y12/300
	Span2			
	Asreg (mm ²) :	173	0	229
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	283	283	283
	Link	Y10/275	Y10/275	Y10/275
	Span3			
	Asreg (mm ²) :	249	263	66
	Top steel	2Y16	2Y16	2Y16
	Bottom steel	2Y16	2Y16	2Y16
	sreq(mm) :	283	283	283
	Link	Y10/275	Y10/275	Y10/275

10 ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

Σχεδιασμός υποστυλώματος K13:

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$g = 10,22 \text{ KN/mm}^2$$

$$q = 2 \text{ KN/mm}^2$$

- Μέγιστο φορτίο σε κάθε όροφο (maximum ultimate load at each floor) =
= $(3,9 + 3,5)/2 \text{m} \times (1,35g + 1,5 q) = 3,2 \times (1,35 \times 10,22 + 1,5 \times 2) = 54 \text{ KN/m}$
- Ελάχιστο φορτίο σε κάθε όροφο (minimum ultimate load at each floor) = $3,2 \text{m} \times 1,35g$
= $3,2 \times 1,35 \times 10,22 = 45 \text{ KN/m}$

Τα φορτία στο υποστύλωμα (column loads) προέρχονται από:

- δεύτερο όροφο = $54 \text{ KN/m} \times 10,65/2 \text{m} = 288 \text{ KN}$
- πρώτο όροφο = $54 \text{ KN/m} \times 6/2 \text{m} + 45 \text{ KN/m} \times 4,65/2 \text{m} = 267 \text{ KN}$
- ίδιο βάρος δοκών = $0,25 \text{m} \times 0,60 \text{m} \times 25 \text{ KN/m}^3 \times 1,35 \times (4,60/2 + 2,80/2) \text{m} \times 2$ (ορόφοι) = $37,46 \text{ KN}$
- ίδιο βάρος υποστυλωμάτων = $0,3 \text{m} \times 0,3 \text{m} \times 25 \text{ KN/m}^3 \times 1,35 \times 2,90 \text{m} \times 2$ (όροφο) = 18 KN
- φορτίο τοίχων = $5 \text{ KN/m} \times 1,35 \times (10,65)/2 = 36 \text{ KN}$

Επομένως το $N_{ed} = 647 \text{ KN}$

Ροπές υποστυλωμάτων (column moments):

- Μέλη δυσκαμψίας:

$$k_{AB}/2 = 1/2 \times bh^3/12L_{AB} = 1/2 \times 0,25 \times 0,63 / (12 \times 6) = 3,75 \times 10^{-4}$$

$$k_{BC}/2 = 1/2 \times bh^3/12L_{BC} = 1/2 \times 0,25 \times 0,63 / (12 \times 4,65) = 5,04 \times 10^{-4}$$

$$k_{col} = 0,3 \times 0,33 / (12 \times 2,90) = 2,33 \times 10^{-4}$$

$$\Sigma k = 3,75 \times 10^{-4} + 5,04 \times 10^{-4} + 2 \times 2,33 \times 10^{-4} = 1,345 \times 10^{-3}$$

Συντελεστής κατανομής (distribution factor for the column) =
 $= k_{col} / \Sigma k = 2,33 \times 10^{-4} / 1,345 \times 10^{-4} = 0,18$

- Ροπές στο σημείο B (Fixed end moments at B are):

$$F.E.M_{BA} = 54 \times 6^2 / 12 = 162 \text{ KNm}$$

$$F.E.M_{BC} = 45 \times 4,65^2 / 12 = 81,08 \text{ KNm}$$

Ροπή υποστυλώματος (column moments): $M_{ed} = 0,18 \times (162 - 81,08) = 15 \text{ KNm} = M_y$

Cover = 50mm

$$d'/h = 60 / 300 = 0,20$$

Ελάχιστος απαιτούμενος οπλισμός (minimum area reinforcement) $A_s = 0,002bh = 0,002 \times 300 \times 300 = 180 \text{ mm}^2$

Μέγιστος απαιτούμενος οπλισμός (maximum area reinforcement) $A_s = 0,08bh = 0,08 \times 300 \times 300 = 7200 \text{ mm}^2$

Διαξονική Κάμψη (Biaxial bending)

- Μέγιστο φορτίο σε κάθε όροφο (maximum ultimate load at each floor) =
 $= (10,65)/2m \times (1,35g + 1,5 q) = 10,65/2 \times (1,35 \times 10,22 + 1,5 \times 2) = 90 \text{ KN/m}$
- Ελάχιστο φορτίο σε κάθε όροφο (minimum ultimate load at each floor) =
 $= 10,65/2 \text{ m} \times 1,35g = 10,65/2 \times 1,35 \times 10,22 = 74 \text{ KN/m}$

Τα φορτία στο υποστύλωμα (column loads) προέρχονται από:

- second floor = $90 \text{ KN/m} \times 4,1/2m = 185 \text{ KN}$
- first floor = $90 \text{ KN/m} \times 4,1/2m = 185 \text{ KN}$
- ίδιο βάρος δοκών = $0,25m \times 0,60m \times 25 \text{ KN/m}^3 \times 1,35 \times (4,60/2 + 2,80/2)m \times 2(\text{ορόφοι}) = 37,46 \text{ KN}$
- ίδιο βάρος υποστυλωμάτων = $0,3m \times 0,3m \times 25 \text{ KN/m}^3 \times 1,35 \times 2,90m \times 2(\text{όροφο}) = 18 \text{ KN}$
- φορτίο τοίχων = $5 \text{ KN/m} \times 1,35 \times 4,1/2 \text{ m} = 14 \text{ KN}$

Επομένως το $N_{ed} = 440\text{KN}$

Ροπές υποστυλωμάτων (column moments):

- Μέλη δυσκαμψίας:

$$k_{AB}/2 = 1/2 \times bh^3/12L_{AB} = 1/2 \times 0,25 \times 0,63 / (12 \times 4,1) = 5,49 \times 10^{-4}$$

$$k_{col} = 0,3 \times 0,33 / (12 \times 2,90) = 2,33 \times 10^{-4}$$

$$\Sigma k = 5,49 \times 10^{-4} + 2 \times 2,33 \times 10^{-4} = 1,016 \times 10^{-3}$$

Συντελεστής κατανομής (distribution factor for the column) =

$$= k_{col} / \Sigma k = 2,33 \times 10^{-4} / 1,016 \times 10^{-3} = 0,23$$

- Ροπές στο σημείο B (Fixed end moments at B are):

$$F.E.M_{BA} = 90 \times 4,1^2 / 12 = 126 \text{ KNm}$$

Ροπή υποστυλώματος (column moments): $M_{ed} = 0,23 \times 126 = 29 \text{ KNm} = M_z$

Cover = 50mm

$$d'/h = 60 / 300 = 0,20$$

Ελάχιστος απαιτούμενος οπλισμός (minimum area reinforcement) $A_s = 0,002bh = 0,002 \times 300 \times 300 = 180 \text{ mm}^2$

Μέγιστος απαιτούμενος οπλισμός (maximum area reinforcement) $A_s = 0,08bh = 0,08 \times 300 \times 300 = 7200 \text{ mm}^2$

$$N_{ed} = 647 + 440 - 18 - 37,46 = 1032 \text{ KN}$$

$$e_z = M_z / N_{ed} = 29 \times 10^6 / 1032 \times 10^3 = 28,10 \text{ mm}$$

$$e_y = M_y / N_{ed} = 15 \times 10^6 / 1032 \times 10^3 = 14,54 \text{ mm}$$

$$e_z/h / e_y/b = 28,10/300 / 14,54/300 = 1,932 > 0,2$$

$$e_y/b / e_z/h = 14,54/300 / 28,10/300 = 0,517 > 0,2$$

Επομένως το υποστύλωμα πρέπει να σχεδιαστεί για διαξονική κάμψη.

$$M_z/h' = 29 / (300-60) = 0,12$$

$$M_y/b' = 15 / (300-60) = 0,0625$$

$$M_y/b' < M_z/h'$$

$$M'z = M_z + \beta b'/h' \times M_y$$

$$N_{ed} / bhf_{ck} = 1032 \times 10^3 / (300 \times 300 \times 25) = 0,46$$

$$\beta = 0,54 \text{ (βλ. Εικόνα 17)}$$

$$M'z = 29 + 0,54 \times 1 \times 15 = 37,1 \text{ KNm}$$

$$M_{ed} / bh^2 f_{ck} = 37,1 \times 10^6 / (300 \times 300^2 \times 25) = 0,054$$

$$Asf_{yk} / bhf_{ck} = 0,1$$

$$As = 0,15 \times 300 \times 300 \times 25 / 500 = 675 \text{ mm}^2$$

Ο οπλισμός που θα τοποθετηθεί στο υποστύλωμα είναι 4Y18(1017,9mm²).

11 ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΑ ΠΕΔΙΛΙΑ

Για K2:

Αξονικά χαρακτηριστικά φορτία (characteristic axial loads):

Μόνιμο φορτίο (permanent load):

- Φορτίο πλάκας: $10,22\text{KN/m}^2 \times (5,1/2 \times 2,4/2)\text{m}^2 = 32 \text{ KN}$
- Από τοιχοποιία: $11,922 \text{ KN/m} \times (5,1/2 + 2,4/2)\text{m} = 45 \text{ KN}$
- Ίδιο βάρος δοκών: $37,46\text{KN}$
- Ίδιο βάρος υποστυλωμάτων: 13KN

Συνολικό φορτίο = 128KN

Μεταβλητό φορτίο (variable load) :

- $2\text{KN/m}^2 \times (5,1/2 + 2,4/2) \text{ m}^2 = 7 \text{ KN}$

Βάρος πεδύλου (footing weight = 150 KN)

Συνολικό μόνιμο φορτίο (total permanent load) = $128 + 150\text{KN} = 278 \text{ KN}$

Επιτρεπόμενη πίεση εδάφους (safe bearing pressure) = 200 KN/m^2

1) Για την οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (serviceability limit state): Το συνολικό αξονικό φορτίο (total design axial load) ισούται με: $1.0G_k + 1.0Q_k = 278 + 7 = 285 \text{ KN}$

Απαιτούμενο εμβαδόν πεδύλου (required base area) = $285/200 = 1,425 \text{ m}^2$

Επιλέγω πέδιλο $1,90 \times 1,90\text{m} = 3,61\text{m}^2$

2) Για την οριακή κατάσταση αστοχίας (ultimate limit state):

Ο συνδυασμός φόρτισης για τον έλεγχο της αντοχής του πεδύλου είναι: (column design axial load), $N_{ed} = 1.35G_k + 1.5Q_k = 1,35 \times 128 + 1,5 \times 7 = 184\text{KN}$

- Πίεση κάτω από το πέδιλο (Earth pressure) = $184\text{KN}/1,9^2 = 51 \text{ KN/m}^2$

3) Επιλέγω πάχος πεδίου 500mm και κάλυψη οπλισμού 50mm. Προκύπτει d(effective depth) = 500 – 50 – 20 -10 = 420mm.

- Maximum shear resistance, $V_{Rdmax} = 0,5 \text{ ud } [0,6 (1-f_{ck}/250)] f_{ck}/1,5$
 $= 0,5 \times (4 \times 250) \times 420 \times [0,6 (1-25/250)] 25/1,5 \times 10^{-3} = 1890 > N_{ed} = 190\text{KN}$

4) Punching shear (διάτρηση σε διάτμηση):

Το κρίσιμο τμήμα για τον έλεγχο της διάτρησης σε διάτμηση είναι σε απόσταση 2d από το πρόσωπο του υποστυλώματος.

- Κρίσιμη περίμετρος (critical perimeter) = περίμετρος κολώνας + 4πd
 $= 4 \times 250 + 4\pi \times 420 = 6475,2 \text{ KN.}$

$$\text{Εμβαδόν – Περιοχή με περίμετρο area within perimeter} = (300 + 4d)^2 - (4-\pi)(2.0d)^2 = (250 + 4 \times 420)^2 - (4 - 3,14) (2.0 \times 420)^2 = 3,11 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

Συνεπώς η τέμνουσα διάτρησης (punching shear force), $V_{ed} = 51 \times (1,9^2 - 3,11) = 25,5 \text{ KN}$

Η διατμητική τάση σε διάτμηση punching shear stress $v_{ed} = V_{ed} / (\text{perimeter} \times d) = 25,5 \times 10^3 / (6275,2 \times 420) = 0,009 \text{ N/mm}^2$

Η οριακή διατμητική τάση (ultimate shear stress) δεν είναι υπερβολική ως εκ τούτου το h= 500 mm θα είναι μια κατάλληλη εκτίμηση

5) Κάμψη: το κρίσιμο τμήμα είναι στο πρόσωπο του υποστυλώματος δηλαδή η ροπή κάμψης υπολογίζεται σε μια τομή που περνά από το πρόσωπο της κολώνας.

$$(1,90-0,25) / 2 = 0,825$$

$$M_{ed} = (51 \times 1,9 \times 0,825) \times 0,825/2 = 33\text{KNm}$$

$$\text{Για το σκυρόδεμα } M_{bal} = 0,167 f_{ck} b d^2 = 0,167 \times 25 \times 1900 \times 420^2 \times 420 \times 10^{-6} = 1400 \text{ KNm} (> 33\text{KNm} = M_{ed})$$

$$A_s = M_{ed} / 0,87 f_{ck} z = 33 \times 10^6 / (0,87 \times 500 \times 0,95 \times 420) = 191 \text{ mm}^2$$

$$100A_s / b d = 100 \times 191 / (1900 \times 420) = 0,023 < 0,13$$

Επομένως, η ελάχιστη απαίτηση του χάλυβα δεν είναι ικανοποιείται.

$$100A_{smin} / b d = 0,13$$

$$A_{s_{\min}} = 0,13 \times b \times d / 100 = 0,13 \times 1900 \times 420 / 100 = 1037,4 \text{ mm}^2$$

Επιλέγω το $A_{s_{\min}}$.

12Y12(1357,2 mm²)

- Έλεγχος κατανομής οπλισμού:

$$\alpha = 0,800$$

$$\alpha < 0,75b + 2,25d$$

$$800\text{mm} < 0,75 \times 750 + 2,25 \times 420 = 1507,5\text{mm}$$

ομοιόμορφη κατανομή

Μέγιστο μέγεθος ράβδου (maximum bar size): $f_s = f_{yk} (G_k + 0,3Q_k) / 1,15 (1,35G_k + 1,5Q_k)$
 $= 500 \times (128 + 0,3 \times 7) / 1,15(1,35 \times 128 + 1,5 \times 7) = 309 \text{ N/mm}^2$

Συνεπώς, το μέγιστο επιτρεπόμενο μέγεθος μπαρ είναι 12mm. Ως εκ τούτου το απαιτούμενο εμβαδόν και μέγεθος ράβδου όπως ορίζονται από τον κώδικα για τον έλεγχο των ρωγμών πληρούνται.

6) Τελικός έλεγχος της διατμητικής διάτρησης (Final check of punching shear)

$$\rho_1 = A_s / bd = 1357,2 / (1900 \times 420) = 0,0017 = 0,17\% < 2\%$$

$$v_{Rd,c} = 0,94 \times 0,40 = 0,376 \text{ N/mm}^2$$

Αντοχή σε διάτμηση (shear resistance), $V_{Rd,c} = v_{rd,c} u d = 0,376 \times 6275,2 \times 420 \times 10^{-3} = 991 \text{ KN} (> V_{ed} = 32 \text{ KN})$

7) Μέγιστη δύναμη διάτμησης (maximum shear force) σε απόσταση $1.0d$ από το πρόσωπο του υποστυλώματος.

$$(1,90 - 0,25) / 2 - 0,42 = 0,405$$

$$\text{Design shear } V_{ed} = 51 \times 1,90 \times 0,405 = 39 \text{ KN}$$

$$v_{Rd,c} = 0,376 \times 1900 \times 420 \times 10^{-3} = 300 \text{ KN} > 39 \text{ KN}$$

Επομένως, δεν απαιτείται ενίσχυση σε διάτμηση.

Έλεγχος αγκύρωσης

$$l_{bd} = l_{brgd} = 1,0 \times \Phi/4 \times \sigma_{sd} / f_{bd}$$

$$\sigma_{sd} = 0,87 \times 500 = 435 \text{ Μpa}$$

$$f_{bd} = 2,25 \times 1 \times 1 \times f_{ctd} = 2,25 \times 2,2/1,5 = 3,3$$

$$l_{bd} = 1 \times 16/4 \times 435/3,3 = 527 < (1900-250)/2 - 50 = 775 \text{ mm}$$

Το μήκος των 775 mm είναι μεγαλύτερο από το l_{bd} , άρα ο οπλισμός μπορεί να αναπτύξει τη δύναμη διαρροής στο σημείο της μέγιστης ροπής (στο πρόσωπο του υποστυλώματος) και δεν χρειάζεται κάποια αγκύρωση.

Για K17:

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$$

Αξονικά χαρακτηριστικά φορτία (characteristic axial loads):

Μόνιμο φορτίο (permanent load) :

- Φορτίο πλάκας:

$$10,22 \text{ KN/m}^2 \times (4/2 \times 4,8/2 + 6,1/2 \times 4,6/2) \text{ m}^2 = 120,75 \text{ KN}$$

- Από τοιχοποιία:

$$8,517 \text{ KN/m} \times 4,10/2 \text{ m} = 18 \text{ KN}$$

$$11,922 \text{ KN/m} \times 10,6/2 \text{ m} = 63,18 \text{ KN}$$

- Ίδιο βάρος δοκών: 37,46KN
- Ίδιο βάρος υποστυλωμάτων: 37KN

$$\text{Συνολικό φορτίο} = 277 \text{ KN}$$

Μεταβλητό φορτίο (variable load) :

- $2 \text{ KN/m}^2 \times 12,19 \text{ m}^2 + 2,5 \text{ KN/m}^2 \times (6,3/2 \times 1,6/2) \text{ m}^2 = 31 \text{ KN}$

Βάρος πεδύλου (footing weight = 150 KN)

$$\text{Συνολικό μόνιμο φορτίο (total permanent load)} = 277 + 150 \text{ KN} = 427 \text{ KN}$$

$$\text{Επιτρεπόμενη πίεση εδάφους (safe bearing pressure)} = 200 \text{ KN/m}^2$$

1) Για την οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (serviceability limit state):

Το συνολικό αξονικό φορτίο (total design axial load) ισούται με :

$$1.0G_k + 1.0Q_k = 427 + 31 = 458 \text{ KN}$$

Απαιτούμενο εμβαδόν πεδίου (required base area) = $458/200 = 2,29 \text{ m}^2$

Επιλέγω πέδιλο $1,90 \times 1,90 \text{ m} = 3,61 \text{ m}^2$

2) Για την οριακή κατάσταση αστοχίας (ultimate limit state):

- Ο συνδυασμός φόρτισης για τον έλεγχο της αντοχής του πεδίου είναι: (column design axial load) $N_{ed} = 1.35G_k + 1.5Q_k = 1,35 \times 277 + 1,5 \times 31 = 421 \text{ KN}$

- Πίεση κάτω από το πέδιλο (earth pressure) = $421 \text{ KN}/1,9^2 = 117 \text{ KN/m}^2$

3) Επιλέγω πάχος πεδίου 500mm και κάλυψη οπλισμού 50mm. Προκύπτει d(effective depth) = $500 - 50 - 20 - 10 = 420 \text{ mm}$.

- Maximum shear resistance, $V_{Rdmax} = 0,5 \text{ ud} [0,6 (1-f_{ck}/250)] f_{ck}/1,5$

$$= 0,5 \times (2 \times 250 + 2 \times 750) \times 420 \times [0,6 (1-25/250)] 25/1,5 \times 10^{-3} = 3780 \text{ KN} >$$

$N_{ed}=395 \text{ KN}$

4) Punching shear (διάτρηση σε διάτμηση):

Το κρίσιμο τμήμα για τον έλεγχο της διάτρησης σε διάτμηση είναι σε απόσταση $2d$ από το πρόσωπο του υποστρώματος.

- Κρίσιμη περίμετρος (critical perimeter) = περίμετρος κολώνας + $4\pi d$

$$= 2 \times 250 + 2 \times 750 + 4\pi \times 420 = 7275,2 \text{ KN}.$$

$$\begin{aligned} \text{Εμβαδόν - Περιοχή με περίμετρο} &= \text{area within perimeter} = (250 + 4d)^2 - (4-\pi)(2.0d)^2 = \\ &= (250 + 4 \times 420)^2 - (4 - 3,14) (2.0 \times 420)^2 = 3,12 \times 10^6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Συνεπώς η τέμνουσα διάτρησης (punching shear force),

$$V_{ed} = 117 \times (1,9^2 - 3,12) = 57,33 \text{ KN}$$

Η διατμητική τάση σε διάτμηση (punching shear stress),

$$v_{ed} = V_{ed} / (\text{perimeter} \times d) = 57,33 \times 10^3 / (7275,2 \times 420) = 0,018 \text{ N/mm}^2$$

Η οριακή διατμητική τάση (ultimate shear stress) δεν είναι υπερβολική ως εκ τούτου το $h = 500 \text{ mm}$ θα είναι μια κατάλληλη εκτίμηση.

- 5) Κάμψη: το κρίσιμο τμήμα είναι στο πρόσωπο του υποστυλώματος δηλαδή η ροπή κάμψης υπολογίζεται σε μια τομή που περνά από το πρόσωπο της κολώνας.

$$(1,90 - 0,75) / 2 = 0,575$$

$$M_{ed} = (117 \times 1,9 \times 0,575) \times 0,575 / 2 = 100 \text{ KNm}$$

$$\begin{aligned} \text{Για το σκυρόδεμα } M_{bal} &= 0,167 f_{ck} b d^2 = 0,167 \times 25 \times 1900 \times 420^2 \times 420 \times 10^{-6} \\ &= 1400 \text{ KNm} (> 100 \text{ KNm} = M_{ed}) \end{aligned}$$

$$A_s = M_{ed} / 0,87 f_{ck} z = 100 \times 10^6 / (0,87 \times 500 \times 0,95 \times 420) = 576,15 \text{ mm}^2$$

$$100 A_s / b d = 100 \times 576,15 / (1900 \times 420) = 0,072 < 0,13$$

Επομένως, η ελάχιστη απαίτηση του χάλυβα δεν είναι ικανοποιείται.

$$100 A_{s_{min}} / b d = 0,13$$

$$A_{s_{min}} = 0,13 \times b \times d / 100 = 0,13 \times 1900 \times 420 / 100 = 1037,4 \text{ mm}^2$$

Επιλέγω το $A_{s_{min}}$.

12Y12(1357,2 mm²)

- Έλεγχος κατανομής οπλισμού:

$$\alpha = 0,800$$

$$\alpha < 0,75b + 2,25d$$

$$800 \text{ mm} < 0,75 \times 750 + 2,25 \times 420 = 1507,5 \text{ mm}$$

Θα τοποθετηθεί ομοιόμορφη κατανομή.

$$\text{Μέγιστο μέγεθος ράβδου: } f_s = f_{yk} (G_k + 0,3Q_k) / 1,15 (1,35G_k + 1,5Q_k)$$

$$= 500 \times (277 + 0,3 \times 31) / 1,15(1,35 \times 277 + 1,5 \times 31) = 296 \text{ N/mm}^2$$

Συνεπώς, το μέγιστο επιτρεπόμενο μέγεθος μπαρ είναι 12mm (βλ. Εικόνα 29). Ως εκ τούτου το απαιτούμενο εμβαδόν και μέγεθος ράβδου όπως ορίζονται από τον κώδικα για τον έλεγχο των ρωγμών πληρούνται.

6) Τελικός έλεγχος της διατμητικής διάτρησης:

$$\rho_1 = A_s / b d = 1357,2 / (1900 \times 420) = 0,0017 = 0,17\% < 2\%$$

$$\text{Από Εικόνα 27: } v_{Rd,c} = 0,94 \times 0,40 = 0,376 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Αντοχή σε διάτμηση (shear resistance), } V_{Rd,c} &= v_{rd,c} u d = 0,376 \times 7275,2 \times 420 \times 10^{-3} \\ &= 1149 \text{ KN } (> V_{ed} = 32 \text{ KN}) \end{aligned}$$

7) Μέγιστη δύναμη διάτμησης (maximum shear force) σε απόσταση 1.0d από το πρόσωπο του υποστυλώματος.

$$(1,90 - 0,75) / 2 - 0,42 = 0,155$$

$$V_{ed} = 117 \times 1,90 \times 0,155 = 35 \text{ KN}$$

$$v_{Rd,c} = 0,376 \times 1900 \times 420 \times 10^{-3} = 300 \text{ KN} > 35 \text{ KN}$$

Επομένως, δεν απαιτείται ενίσχυση σε διάτμηση.

Έλεγχος αγκύρωσης

$$l_{bd} = l_{brgd} = 1,0 \times \Phi / 4 \times \sigma_{sd} / f_{bd}$$

$$\sigma_{sd} = 0,87 \times 500 = 435 \text{ Mpa}$$

$$f_{bd} = 2,25 \times 1 \times 1 \times f_{ctd} = 2,25 \times 2,2 / 1,5 = 3,3$$

$$l_{bd} = 1 \times 16 / 4 \times 435 / 3,3 = 527 < (1900 - 750) / 2 - 50 = 525 \text{ mm}$$

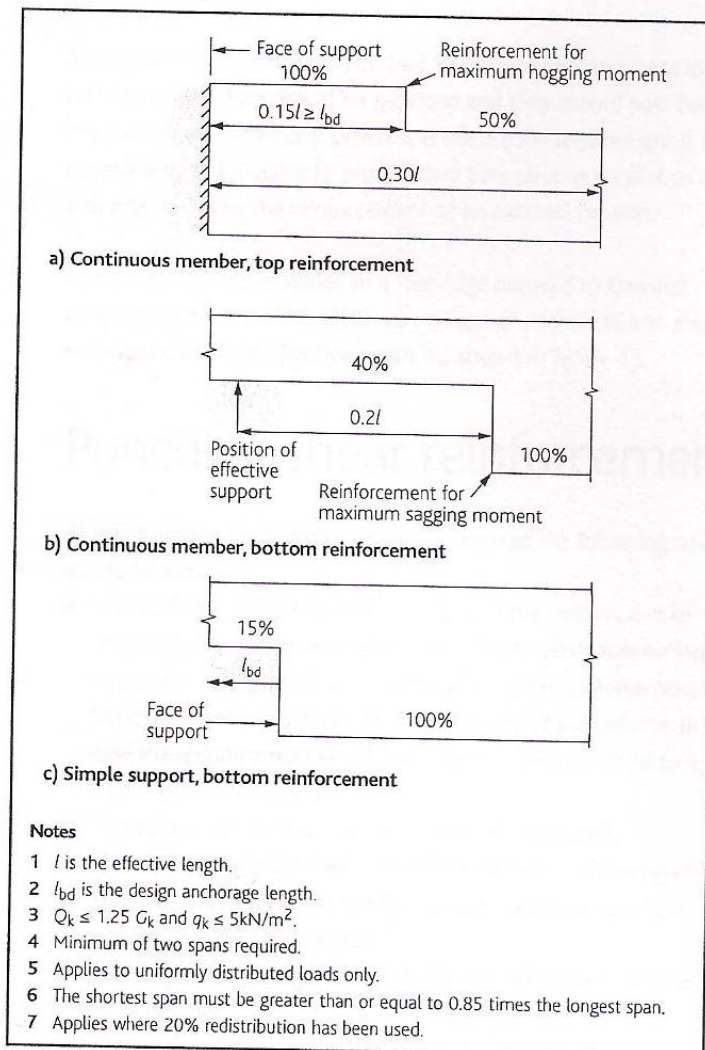
Το μήκος των 525 mm είναι μικρότερο από το l_{bd} , άρα ο σπλισμός δεν μπορεί να αναπτύξει τη δύναμη διαρροής στο σημείο της μέγιστης ροπής (στο πρόσωπο του υποστυλώματος) και χρειάζεται άγκιστρο 90°.

12 ΣΧΕΔΙΑ

Ο σχεδιασμός οπλισμών σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2 παρουσιάζεται στα σχέδια που βρίσκονται στο τέλος.

Ο σχεδιασμός οπλισμών στηρίχτηκε στα ακόλουθα.

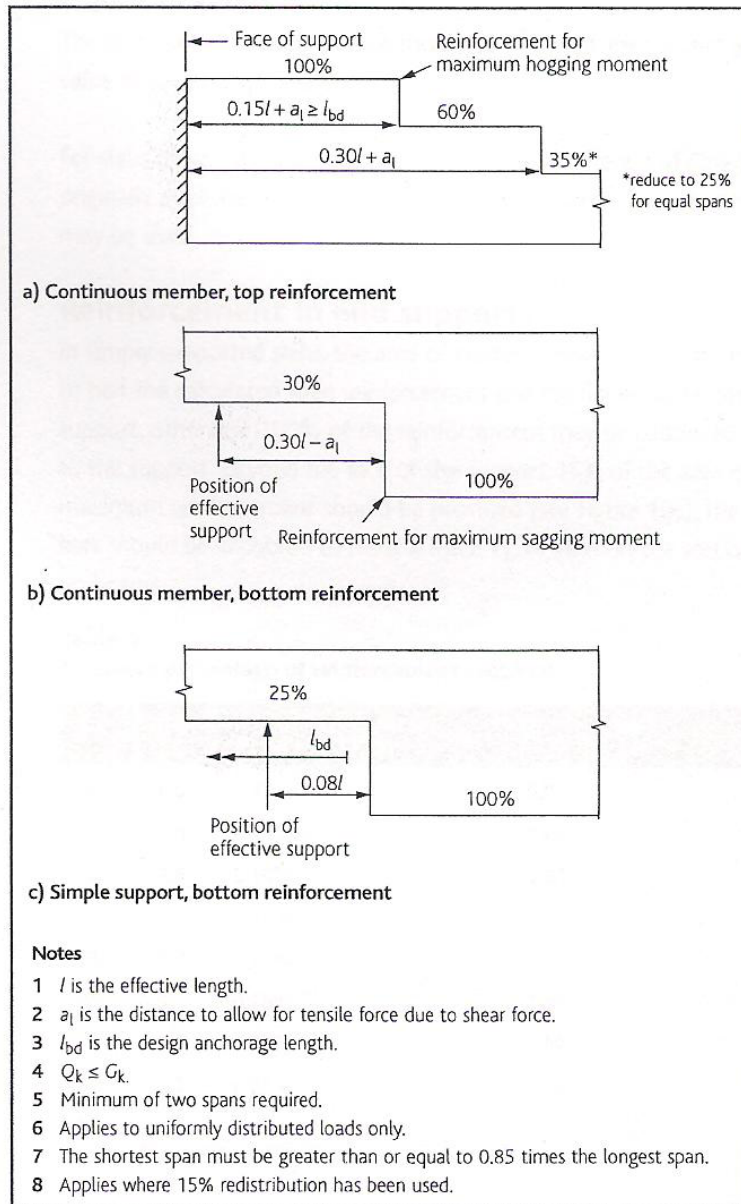
Figure 10
Simplified detailing rules for slabs



Εικόνα 36: Κανόνες σχεδιασμού για πλάκες

Πηγή: DTI, British Cement Association, Members of the Steering Group, Members of the Concrete Industry Eurocode 2 Group, 2006.

Figure 8
Simplified detailing rules for beams



Εικόνα 37: Κανόνες σχεδιασμού για δοκούς

Πηγή: Πηγή: DTI, British Cement Association, Members of the Steering Group, Members of the Concrete Industry Eurocode 2 Group, 2006.