



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“Διερεύνηση της Αποτελεσματικότητας Εφαρμογής
των Διατάξεων Ε.Κ.Ω.Σ. - Ε.Α.Κ. στη Διαστασιολόγηση
Κοντών Υποστυλωμάτων”

ΚΑΛΛΙΟΠΗ ΖΩΓΡΑΦΟΠΟΥΛΟΥ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.:	7421/1
Ημερ. Εισ.:	30-07-2009
Δωρεά:	Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός:	ΠΤ – ΠΜ
	2009
	ΖΩΓ

Στους γονείς μου,
Κώστα και Κατερίνα

Περιεχόμενα

	Σελ.
Εισαγωγή.....	3
ΜΕΡΟΣ Α΄	
Κεφάλαιο 1 ^ο : Λόγος διάτμησης.....	7
Κεφάλαιο 2 ^ο : Κοντά υποστυλώματα	
Χαρακτηριστικά - Συμπεριφορά - Ιδιότητες.....	15
Κεφάλαιο 3 ^ο : Διατάξεις Ε.Κ.Ω.Σ. για τα κοντά υποστυλώματα.....	23
α) Διατάξεις Ε.Κ.Ω.Σ. § 18.4.9.1 και 18.4.9.2.....	25
β) Σχολιασμός των διατάξεων της § 18.4.9.1.....	32
ΜΕΡΟΣ Β΄	
Κεφάλαιο 4 ^ο : Εμφάνιση κοντών υποστυλωμάτων σε κτήρια οπλισμένου σκυροδέματος.....	41
Κεφάλαιο 5 ^ο : Επιλύσεις κτηρίων για τον προσδιορισμό κοντών υπ/των	
α) Προσομοιώματα κτηρίων.....	65
β) Εναλλακτικές επιλύσεις - μέθοδοι διαστασιολόγησης κοντών υποστυλωμάτων.....	69
Κεφάλαιο 6 ^ο : Προσομοίωμα δικτυώματος Global Truss.....	135
Κεφάλαιο 7 ^ο : Αποτελέσματα ανάλυσης κοντών υποστυλωμάτων μέσω του προσομοιώματος Global Truss.....	141
Κεφάλαιο 8 ^ο : Πίνακες - Διαγράμματα αποτελεσμάτων.....	209
Διαγράμματα $a_s = 1,00$	229
Διαγράμματα $a_s = 1,50$	273
Κεφάλαιο 9 ^ο : Συμπεράσματα.....	317
Επίλογος.....	325
Βιβλιογραφία.....	327

Εισαγωγή

Στον σεισμό της Αθήνας το 1999, παρατηρήθηκε πως κύρια αιτία κατάρρευσης αρκετών κτηρίων οπλισμένου σκυροδέματος ήταν η παρουσία “κοντών υποστυλωμάτων” που αστόχησαν διατμητικά κατά την σεισμική καταπόνηση. Ο συγκεκριμένος τύπος αστοχίας κτηρίων που περιελάμβαναν κοντά υποστυλώματα είχε ήδη απασχολήσει τους μελετητές μηχανικούς από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα σε έντονα σεισμογενείς περιοχές, όπως η Ιαπωνία, αποτελώντας και αντικείμενο έρευνας, τόσο θεωρητικής όσο και πειραματικής.

“Κοντό” είναι ένα υποστυλώματα που έχει σχετικά μικρή σχέση ύψους ως προς τις διαστάσεις της διατομής του, είτε λόγω του αρχικού σχεδιασμού του (“φύσει” κοντό υποστυλώμα), είτε λόγω μετέπειτα επεμβάσεων που περιορίζουν το καθαρό ύψος του, όπως τοιχοπληρώσεις που δεν συνεχίζονται καθ’ όλο το ύψος του ορόφου (“θέσει” κοντό υποστυλώμα). Τα κοντά υποστυλώματα παρουσιάζουν έντονα διατμητική συμπεριφορά και εκρηκτική ψαθυρή αστοχία, και η παρουσία τους σε φορείς που αναμένεται να συμπεριφερθούν πλάστιμα, μπορεί να οδηγήσει συχνά στην κατάρρευσή τους. Ο χαρακτηρισμός ενός κοντού υποστυλώματος γίνεται μέσω του λόγου *διάτμησης* a_s , ο οποίος υποδεικνύει αν το υποστυλώμα καταπονείται κατά κύριο λόγο καμπικά ή διατμητικά.

Μετά τον σεισμό της Αθήνας, και την κατάρρευση κτηρίων με κοντά υποστυλώματα κρίθηκε αναγκαία η εισαγωγή πρόσθετων διατάξεων στον Ελληνικό Κανονισμό Οπλισμένου Σκυροδέματος για να αποφευχθούν στο μέλλον ανάλογα αποτελέσματα. Οι πρόσθετες διατάξεις αφορούν τον ορισμό των κοντών υποστυλωμάτων, ορίζουν το πεδίο εφαρμογής αυτών, και καθορίζουν τον τρόπο διαστασιολόγησης τους.

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής των διατάξεων των ελληνικών κανονισμών Ε.Κ.Ω.Σ 2000 και Ε.Α.Κ. 2000 στη διαστασιολόγηση των κοντών υποστυλωμάτων.

Στο α' μέρος παρουσιάζονται αναλυτικά

- ο λόγος διάτμησης,
- τα χαρακτηριστικά, η συμπεριφορά και οι ιδιαιτερότητες των κοντών υποστυλωμάτων και
- οι πρόσθετες διατάξεις του Ε.Κ.Ω.Σ. για τα κοντά υποστυλώματα.

Στο β' μέρος, εξετάζεται

- η συχνότητα εμφάνισης των κοντών υποστυλωμάτων σε κτήρια οπλισμένου σκυροδέματος
- οι εναλλακτικοί τρόποι επίλυσης και διαστασιολόγησης των κοντών υποστυλωμάτων σύμφωνα με τους ισχύοντες ελληνικούς κανονισμούς και
- ελέγχεται η αποτελεσματικότητα της κάθε επίλυσης μέσω του προσομοιώματος Global Truss.

Τέλος εξάγονται συμπεράσματα για το σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση τόσο των κοντών υποστυλωμάτων όσο και των κτηρίων που περιλαμβάνουν κοντά υποστυλώματα. Συγκρίνονται οι εναλλακτικοί τρόποι επίλυσης, και σχολιάζονται τα σφάλματα που υπεισέρχονται σε κάθε διαστασιολόγηση, στοχεύοντας στον ορθότερο και ασφαλέστερο σχεδιασμό των κοντών υποστυλωμάτων και κατ' επέκταση των κτηρίων στα οποία συμμετέχουν.

Κλείνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω, την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, Δρ. Μαρίνα Μωρέττη, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή της κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, καθώς επίσης και για την ευχάριστη ατμόσφαιρα καθ' όλη τη διάρκεια της εποικοδομητικής συνεργασίας μας.

ΜΕΡΟΣ Α'

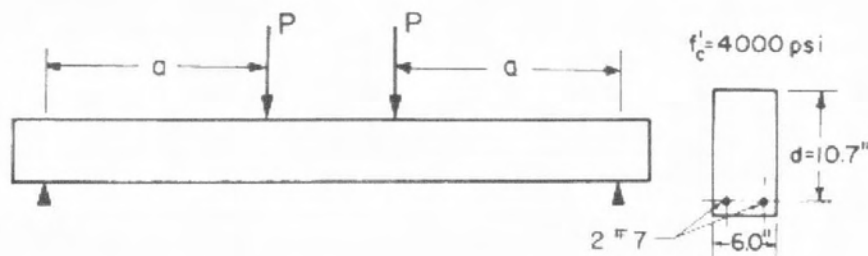
Κεφάλαιο 1^ο : Λόγος Διάτμησης

Από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα, είχε παρατηρηθεί πως σε δοκούς οπλισμένου σκυροδέματος, σημαντική επιρροή στην τιμή του φορτίου αστοχίας αλλά και στον τρόπο αστοχίας, είχε το «*shear arm ratio*» της φόρτισης

$$a/d = M/Vd,$$

δηλ. ο λόγος της απόστασης του φορτίου από την στήριξη, προς το ύψος της διατομής (σχήμα 1.1)

Έτσι προστέθηκε ακόμη μία παράμετρος στις ήδη υπάρχουσες (θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος f_c , ποσοστό του διαμήκους οπλισμού ρ_s , ποσοστό του οπλισμού διατμήσεως ρ_w) για τον προσδιορισμό της αντοχής μιας δοκού οπλισμένου σκυροδέματος.

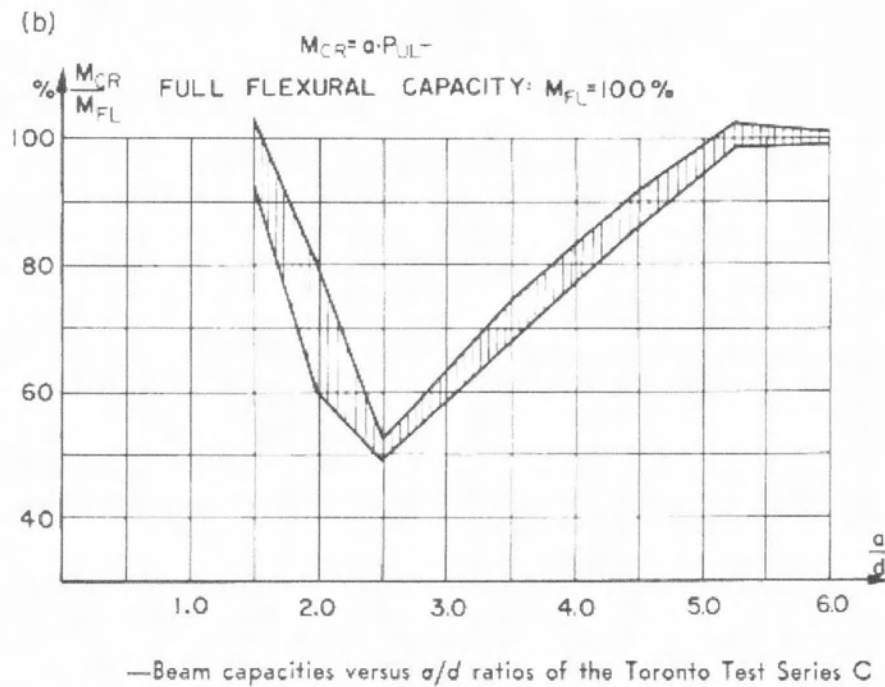


Σχήμα 1.1 Διάταξη φόρτισης δοκού [6]

Ο Ferguson (1951), παρουσίασε ένα διάγραμμα στο οποίο έδειχνε πως η διατμητική δύναμη (shear) εξαρτιόταν από τον λόγο a/d . Στο διάγραμμα φαινόταν πως για μια δοκό με συγκεκριμένη διατομή, ποιότητα σκυροδέματος και ποσοστό οπλισμού η διατμητική τάση κατά την αστοχία διέφερε κατά 225% αν ο λόγος a/d της φόρτισης άλλαζε από 2,35 σε 1,17.

Τον Απρίλιο του 1964, ο G.N.J. Kanni, έχοντας στη διάθεσή του και τα αποτελέσματα πειραμάτων που έγιναν Πανεπιστήμιο του Toronto, δημοσίευσε ένα διάγραμμα στο οποίο παρουσιαζόταν η διακύμανση της αντοχής μιας δοκού

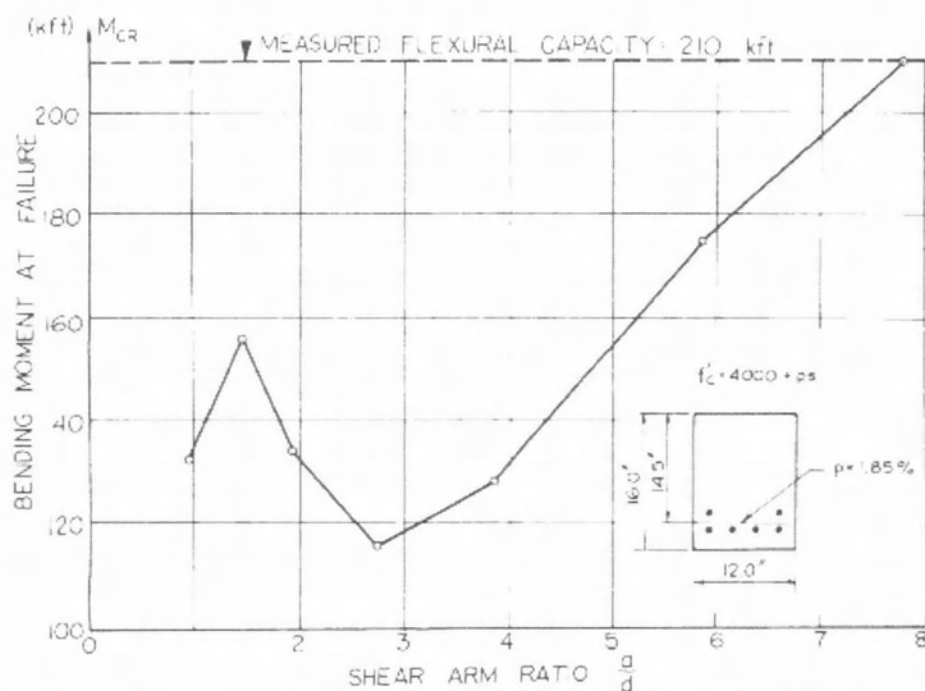
οπλισμένου σκυροδέματος μέσα σε ένα εύρος τιμών του λόγου a/d από 1.5 έως 6.0 . Στο διάγραμμα (σχήμα 1.2) η τιμή του φορτίου αστοχίας παρουσιάζεται ως ποσοστό της πλήρους καμπτικής αντοχής (M_{FL}) της διατομής.



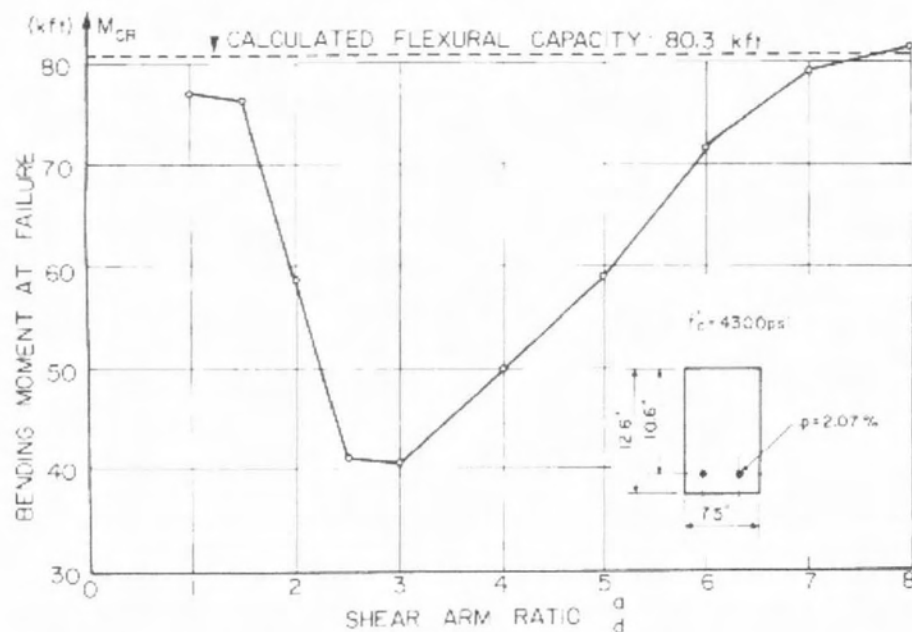
Σχήμα 1.2 Φέρουσα ικανότητα δοκού προς τον λόγο a/d [6]

Ελάχιστη τιμή παρουσιάζεται για τιμή του λόγου $a/d = 2,50$. Για λόγο 1,5 και για λόγους μεγαλύτερους του 5,0 έχουμε ανάπτυξη της πλήρους καμπτικής αντοχής της δοκού. Η διατμητική τάση κατά την αστοχία κυμαίνεται από $v=181$ psi για λόγο $a/d = 5,25$ έως $v=690$ psi για λόγο 1,50. (1 psi = 6,894757 kPa)

Παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα πειραμάτων των Morrow - Viest στο πανεπιστήμιο του Illinois (σχήμα 1.3) , και των Leonhard - Walter στο Technical University of Stuttgart (σχήμα 1.4).



Σχήμα 1.3 Φέρουσα ικανότητα δοκού προς τον λόγο a/d από σειρά πειραμάτων στο University of Illinois [6]



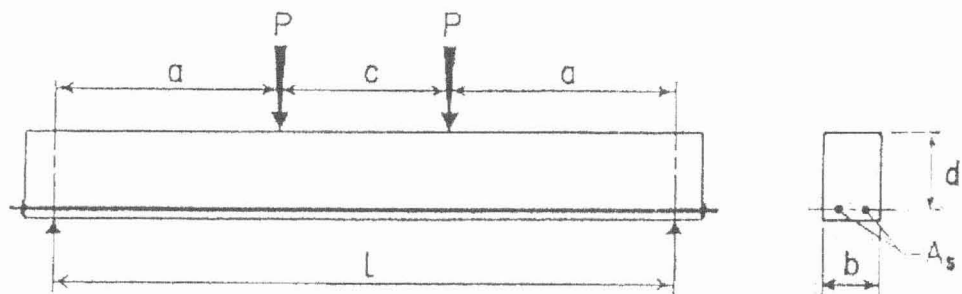
Σχήμα 1.4 Φέρουσα ικανότητα δοκού προς τον λόγο a/d από σειρά πειραμάτων στο University of Stuttgart [6]

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων, προέρχονταν από διαφορετικές πηγές και όλα συνέκλιναν στη θεώρηση πως είναι σημαντική η επιρροή του λόγου a/d στην αντοχή μίας δοκού.

Ο Kanni συνέχισε την έρευνά του με μία σειρά πειραμάτων μέσα από τα οποία ήθελε να εξετάσει πιο εμπεριστατωμένα την επιρροή αυτή. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι παράμετροι που επηρεάζουν την συνολική αντοχή μιας δοκού οπλισμένου σκυροδέματος είναι:

- η ποιότητα και το ποσοστό του διαμήκους οπλισμού,
- η ποιότητα του σκυροδέματος,
- το σχήμα της διατομής (ορθογωνική, διπλό T κτλ),
- οι διαστάσεις της,
- ο τύπος, το ποσοστό και η θέση του διατμητικού οπλισμού,
- το είδος της φόρτισης και οι συνθήκες στήριξης,
- και ο λόγος a/d .

Δοκιμάστηκαν 133 δοκοί για να μελετηθεί η επιρροή τριών μόνο παραμέτρων (ποιότητα σκυροδέματος, ποσοστό οπλισμού και του λόγου a/d). Η πειραματική διάταξη φόρτισης των δοκών φαίνεται στο σχήμα 1.5.

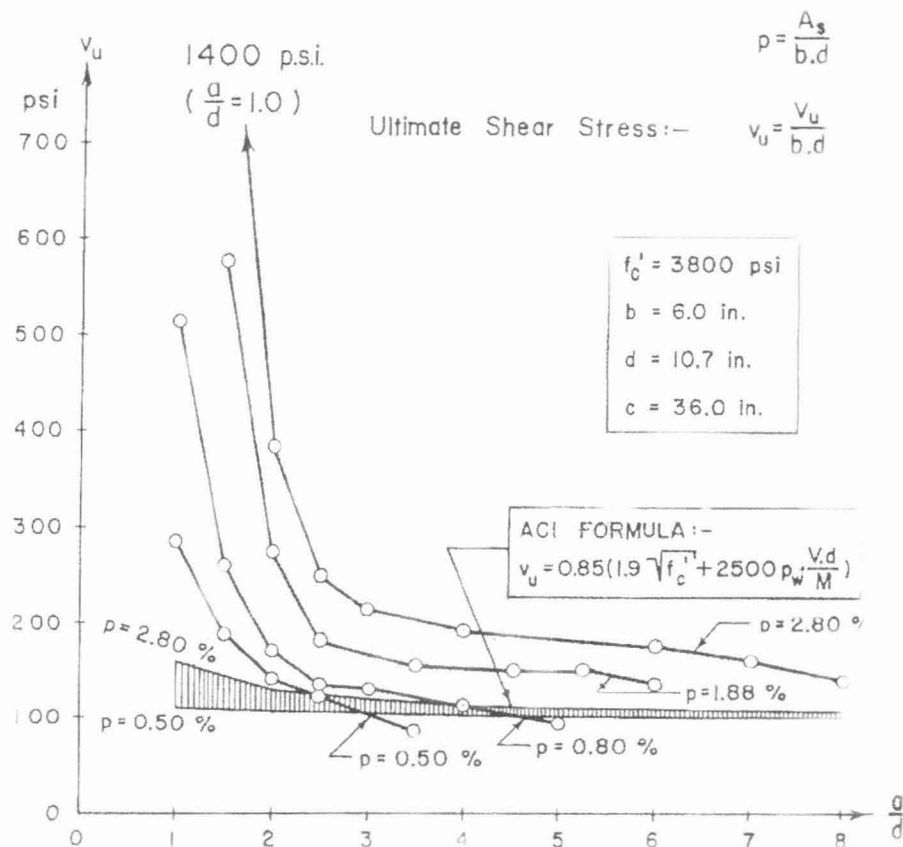


Σχήμα 1.5 Πειραματική διάταξη φόρτισης δοκού για τη σειρά πειραμάτων του Kanni [7]

Για την φόρτιση αυτή, ισχύει

$$\frac{M}{Vd} = \frac{Va}{Vd} = \frac{a}{d}$$

Το διάγραμμα στο σχήμα 1.6 δείχνει πώς μεταβάλλεται η διατμητική τάση στη δοκό κατά την αστοχία συναρτήσει του λόγου a/d για διαφορετικά ποσοστά διαμήκους οπλισμού.



Σχήμα 1.6 Διατμητική τάση κατά την αστοχία ως προς τον λόγο a/d [7]

$$1 \text{ psi} = 6,894757 \text{ kPa}$$

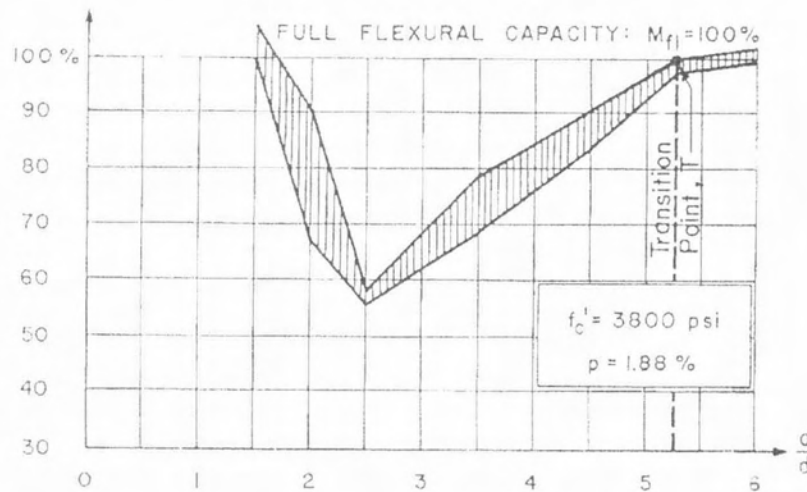
$$1 \text{ in} = 0,0254 \text{ m}$$

Παρατηρείται πως για λόγο a/d κοντά στο 1.0 η διατμητική τάση στην αστοχία είναι 700% μεγαλύτερη απ' ότι για λόγο 5.0. Η διαφορά αυτή εντείνεται όσο μεγαλώνει το ποσοστό του διαμήκους οπλισμού.

Αλλάζοντας την ποιότητα του σκυροδέματος, δεν παρατηρήθηκε ιδιαίτερη μεταβολή στην μορφή των διαγραμμάτων.

Για καλύτερη εποπτεία και απλούστερους υπολογισμούς αντί της διατμητικής τάσης επιλέχθηκε να παρουσιαστεί ο λόγος της ροπής M_u κατά την αστοχία ως προς τη μέγιστη ροπή αντοχής της διατομής M_{FI} , η οποία παρουσιάζεται για πλήρη καμπτική αστοχία της δοκού (και συνεπώς πλήρη εκμετάλλευση της διατομής). Με αυτόν τον τρόπο παρουσίασης φαίνεται αμέσως με ποιόν τρόπο αστοχεί η διατομή, καθιστώντας ταυτόχρονα και την τιμή a/d ως ένας δείκτη που μπορεί να προσδιορίσει την μορφή της αστοχίας (καμπτική ή διαγώνια-διατμητική αστοχία).

Τα διαγράμματα που προέκυψαν από τα πειράματα είχαν τη μορφή του σχήματος 1.7.



Σχήμα 1.7 Πλήρης καμπτική φέρουσα ικανότητα δοκού ως προς τον λόγο a/d
Όπως προέκυψε από τα πειραματικά αποτελέσματα [7]

Στο διάγραμμα του σχήματος 1.7

M_u η ροπή της δοκού κατά την αστοχία όπως προκύπτει από το πείραμα.

M_{fi} είναι η μέγιστη ροπή κάμψης που μπορεί να αναλάβει η δοκός και προκύπτει από τον τύπο $M_{fi} = f_y A_s z$ (σχήμα 1.5)

Από το διάγραμμα προκύπτει ότι:

- Για λόγο $a/d \leq 1,0$ επιτυγχάνεται η πλήρης καμπτική αντοχή της διατομής
- Αυξάνοντας τον λόγο a/d η αντοχή της δοκού μειώνεται απότομα και φτάνει στην ελάχιστη τιμή της στην περιοχή γύρω από το $a/d = 2,5$.
- Για $a/d > 2,5$ αρχίζει και αυξάνει πάλι η αντοχή της δοκού και φτάνει στο 100% της καμπτικής αντοχής από το σημείο T (Transition point) και μετά.
- Μετά το σημείο T η διατομή φαίνεται πως δεν μπορεί να αστοχήσει πλέον διατμητικά.

Από τα αποτελέσματα των παραπάνω μελετών προκύπτει το συμπέρασμα ότι ο λόγος a/d έχει μεγάλη σημασία για το φαινόμενο της διατμητικής αστοχίας και πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν η συμβολή του στη συμπεριφορά ενός φέροντος δομικού

στοιχείου. Πρέπει να σημειωθεί πως τα παραπάνω συμπεράσματα αφορούν δοκούς χωρίς οπλισμό διάτμησης και χωρίς θλιβόμενο διαμήκη οπλισμό. Η σημασία όμως των αποτελεσμάτων είναι μεγάλη όταν η αντοχή και η αστοχία της δοκού διέπεται από την διάτμηση και κυρίως από την συμπεριφορά των θλιπτέρων σκυροδέματος.

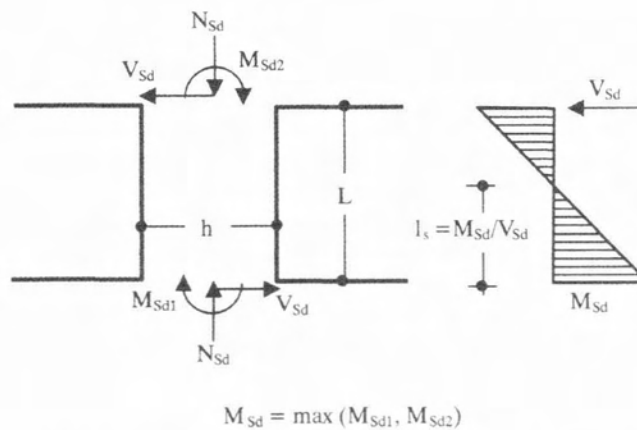
Κεφάλαιο 2^ο : Κοντά υποστυλώματα

“Κοντά” χαρακτηρίζονται τα υποστυλώματα που έχουν χαμηλό λόγο διάτμησης και παρουσιάζουν, ιδιάζουσα συμπεριφορά, συγκριτικά με εκείνη των κανονικών υποστυλωμάτων.

Κατά τον Ελληνικό Κανονισμό Ωπλισμένου Σκυροδέματος § 18.4.9.1 , “κοντά” χαρακτηρίζονται τα υποστυλώματα που έχουν λόγο διάτμησης

$$a_s = \frac{M}{Vh} \leq 2.50 \quad (2.1)$$

όπου M_{sd} , V_{sd} τα εντατικά μεγέθη ροπής και τέμνουσας του δυσμενέστερου σεισμικού συνδυασμού, στην κρίσιμη διατομή του άκρου του υποστυλώματος, όπου εμφανίζεται η μέγιστη τιμή της ροπής M_{sd} και h είναι η διάσταση της διατομής στη διεύθυνση της τέμνουσας V_{sd} , σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1 Εντατικά μεγέθη για τον προσδιορισμό του λόγου διάτμησης, [ΕΚΩΣ 2000]

Η σχέση 2.1 στην περίπτωση αμφίπακτου υποστυλώματος εκφράζεται ως

$$a_s = \frac{M}{Vh} = \frac{V \frac{L}{2}}{Vh} = \frac{L}{2h} = a_s \quad (2.2)$$

Από την σχέση (2.2) προκύπτει και μία ακόμη έκφραση του λόγου διάτμησης, για συνθήκες αμφίπακτου υποστυλώματος (όπου $M=VL/2$), η οποία αφορά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του στοιχείου, και αποτελεί τον *γεωμετρικό λόγο διάτμησης* του υποστυλώματος.

$$a_s = \frac{L}{2h} \quad (2.3)$$

Τα γεωμετρικά μεγέθη των σχέσεων (2.1) και (2.2) παρουσιάζονται στο σχήμα 2.1.

Ανάλογα με τον λόγο διάτμησης τα κοντά υποστυλώματα μπορούν να χωρισθούν σε δύο κατηγορίες:

- Κοντά υποστυλώματα με $a_s \leq 1,50$ και πολύ έντονη ψαθυρή συμπεριφορά
- Κοντά υποστυλώματα με $1,50 < a_s \leq 2,50$ με ψαθυρή αλλά πιο ήπια συμπεριφορά.

Χαρακτηριστικά κοντών υποστυλωμάτων

Το κύριο χαρακτηριστικό των κοντών υποστυλωμάτων είναι πως σε σχέση με τα κανονικά υποστυλώματα, παρουσιάζουν έντονα ψαθυρή συμπεριφορά. Έχουν μικρότερη δυνατότητα παραμόρφωσης και ικανότητα απορροφήσης ενέργειας μετά την επίτευξη της μέγιστης διατμητικής αντοχής τους. Η αστοχία τους είναι απότομη, με την δημιουργία έντονων ρωγμών καθ' όλο το ύψος τους με ταυτόχρονη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος.

Ο τρόπος αστοχίας και η γενικότερη συμπεριφορά τους οφείλεται στην ίδια την φύση του στοιχείου. Τα κοντά υποστυλώματα συχνά προσομοιώνονται ως γραμμικά στοιχεία στα μαθηματικά μοντέλα των κτηρίων. Στην πραγματικότητα η μορφή τους πλησιάζει περισσότερο αυτή του επιφανειακού στοιχείου παρά του γραμμικού. Ο

λόγος του μήκους τους L ως προς το στατικό ύψους h της διατομής είναι πολύ μικρότερος από την τιμή που ισχύει για τα γραμμικά στοιχεία, (δηλ. κοντά στο 10). Στα κοντά υποστυλώματα ισχύει $h/L < 3 \sim 4$, π.χ. ένα υποστυλώμα διατομής 50/50 με καθαρό ύψος 1,50 m έχει λόγο $L/h = 1,50/0,50 = 3$. Κατά συνέπεια η θεώρηση της ίδιας καμπτικής θεωρίας, τρόπου συμπεριφοράς και αστοχίας για ένα κοντό υποστυλώμα, έχει ως αποτέλεσμα την εσφαλμένη διαστασιολόγηση του και συνήθως την πρόωρη αστοχία του.

Τα κοντά υποστυλώματα αναλαμβάνουν πολύ μεγαλύτερη τέμνουσα, σε σχέση με τα κανονικά, εξαιτίας της μεγαλύτερης αρχικής δυσκαμψίας τους. Δύο υποστυλώματα με την ίδια διατομή, όπλιση και ροπή αντοχής αναλαμβάνουν τέμνουσα αντιστρόφως ανάλογη του λόγου διατμήσεως τους.

$$V = \frac{M_R}{h} \times \frac{1}{a_s} \quad (2.4)$$

Όσο πιο μικρός είναι ο λόγος διάτμησης, τόσο μεγαλύτερη τέμνουσα αναλαμβάνει το υποστυλώμα. Άρα για να επιτευχθεί η μέγιστη καμπτική αντοχή, και να αστοχήσει το υποστυλώμα καμπτικά, οφείλει να έχει πολύ μεγαλύτερη διατμητική αντοχή.

Ένα σφάλμα που συμβάλλει στην προβληματική συμπεριφορά των κοντών υποστυλωμάτων είναι ο τρόπος υπολογισμού της αντοχής του υποστυλώματος. Η χρήση της ίδιας μεθόδου προσδιορισμού της αντοχής για κοντά και κανονικά υποστυλώματα οδηγεί σε εσφαλμένα αποτελέσματα, αφού στα κοντά υποστυλώματα – επιφανειακά στοιχεία δεν είναι δυνατός ο διαχωρισμός μεταξύ της καμπτικής και διατμητικής αντοχής.

Επομένως, σε ένα κοντό υποστυλώμα είναι δυνατόν να έχουμε ταυτόχρονα εσφαλμένη εκτίμηση των εντατικών μεγεθών, λόγω της γραμμικής θεώρησης του στο στατικό μοντέλο, αλλά και της φέρουσας ικανότητας του, με συνέπεια την πρόωρη αστοχία τους κατά την σεισμική φόρτιση.

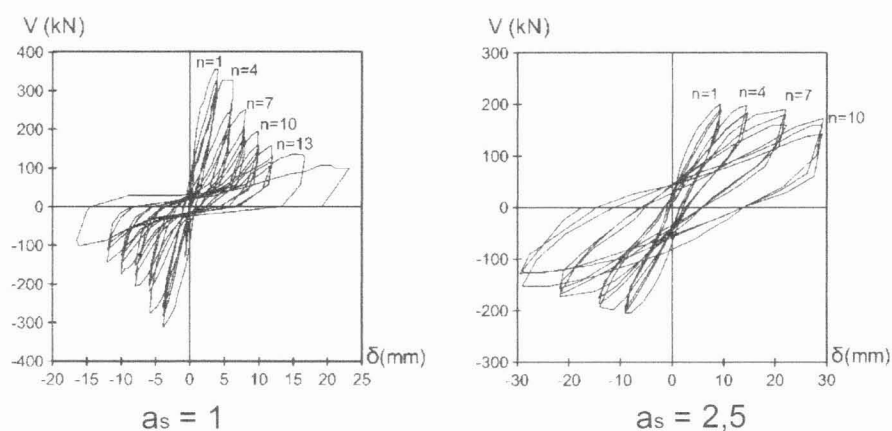
Παρακάτω παρουσιάζονται πιο αναλυτικά οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την συμπεριφορά των κοντών υποστυλωμάτων.

α) Λόγος διάτμησης a_s

Όπως είδαμε και πιο πάνω ο λόγος διάτμησης του υποστυλώματος επηρεάζει σε πολύ μεγάλο βαθμό τη συμπεριφορά του.

Σε περιπτώσεις μονοτονικής φόρτισης τα υποστυλώματα που έχουν χαμηλότερο λόγο διάτμησης παρουσιάζουν μεγαλύτερη αρχική δυσκαμψία, η οποία παραμένει σταθερή μέχρι τη μέγιστη αντοχή του στοιχείου και μετά χωρίς να υπάρχει φαινόμενο διαρροής ή κράτυνσης, έχουμε απότομη πτώση της αντοχής και αστοχία. Το υποστυλώμα αστοχεί ψαθυρά χωρίς να έχει την δυνατότητα να παραλάβει μεγάλες παραμορφώσεις μετά την επίτευξη της μέγιστης αντοχής. Το φαινόμενο γίνεται πιο έντονο, όσο μειώνεται ο λόγος διάτμησης.

Στην περίπτωση σεισμικής φόρτισης, το υποστυλώμα όπως και στην μονοτονική φόρτιση παρουσιάζει πολύ μεγάλη αρχική δυσκαμψία που παραμένει σταθερή μέχρι την μέγιστη αντοχή. Για μεγαλύτερες όμως μετακινήσεις από αυτές που αντιστοιχούν στην μέγιστη αντοχή, παρατηρείται μεγάλη πτώση της αποκρίσεως, πτώση της ακαμψίας και πολύ μικρή απόσβεση ενέργειας.



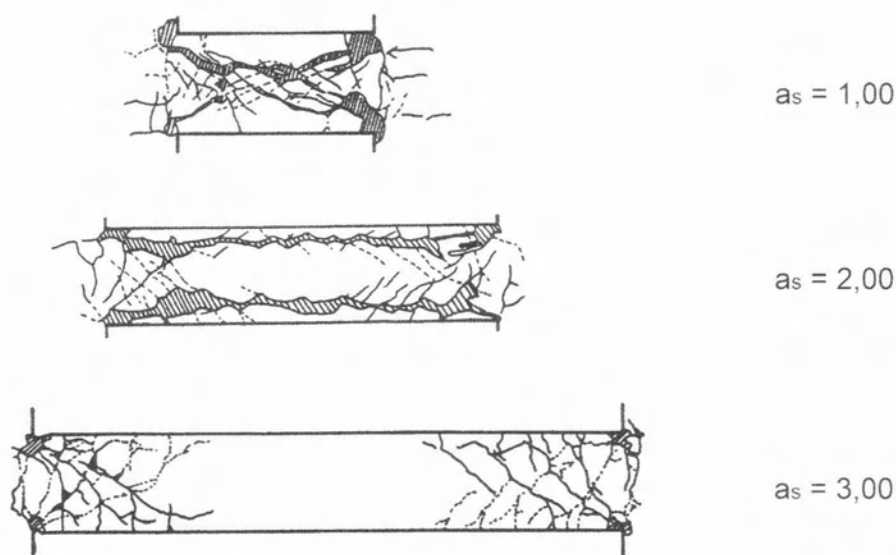
Σχήμα 2.2 Μορφή βρόχων υστέρησης για κοντό και κανονικό υποστυλώμα [5]

Στο σχήμα 2.2 φαίνεται η διαφορά στη μορφή των βρόχων υστέρησης ενός κοντού υποστυλώματος και ενός κανονικού. Το κοντό υποστυλώμα ($a_s=1$) αποσβένει πολύ λιγότερη ενέργεια (υστερητικοί βρόχοι μορφής S) σε σύγκριση με το κανονικό

υποστώλωμα ($a_s = 2,5$), που αστοχεί καμπτικά έχοντας μεγαλύτερη δυνατότητα παραμόρφωσης και απόσβεσης ενέργειας.

Από πειραματικά αποτελέσματα (Minami - Wakabayashi, Yamada), έχει παρατηρηθεί πως η μείωση του λόγου διάτμησης αυξάνει την διατμητική τάση στο υποστώλωμα κατά την αστοχία, και μειώνει την ροπή αντοχής της διατομής [...].

Επίσης, ο λόγος διάτμησης επηρεάζει την μορφή ρηγματώσης του υποστυλώματος. Στο σχήμα 2.3 παρουσιάζεται η μορφή ρηγματώσης υποστυλωμάτων με λόγους διάτμησης, 1, 2, 3. (B.R.I. Japan Report No.31,1978).



Σχήμα 2.3 Μορφή ρηγματώσης υποστυλωμάτων με $a_s = 1,00, 2,00, 3,00$ [4]

β) Αξονικό φορτίο "v"

Αύξηση του ανηγμένου αξονικού φορτίου στα υποστυλώματα με χαμηλό λόγο διάτμησης οδηγεί σε περισσότερο ψαθυρή συμπεριφορά.

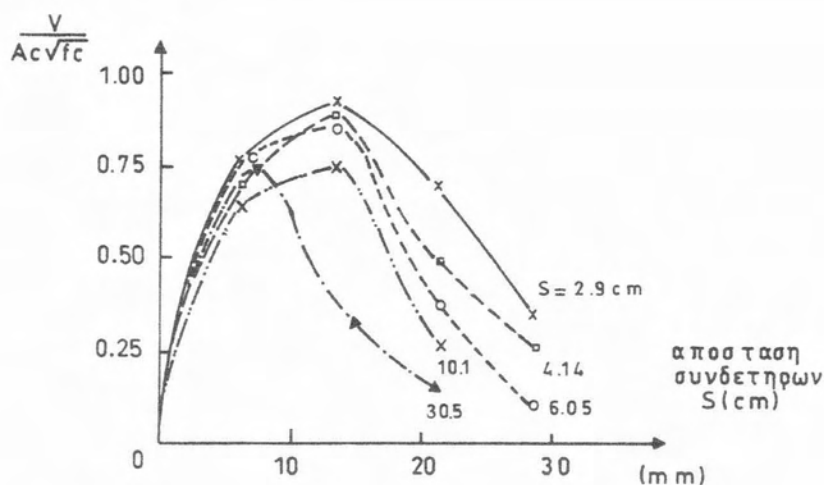
Τα υποστυλώματα στα οποία ασκείται μεγάλη θλιπτική δύναμη έχουν μεγαλύτερη αρχική δυσκαμψία και μικρότερες μετακινήσεις που αντιστοιχούν στην

μέγιστη διατμητική αντοχή. Μετά την επίτευξη της μέγιστης αντοχής έχουν μεγαλύτερη πτώση της αποκρίσεως και μικρότερη ικανότητα απόσβεσης ενέργειας όσο μειώνεται ο λόγος διάτμησης. Με την πρόοδο της επαναλαμβανόμενης φόρτισης, οι υστερητικοί βρόχοι μικραίνουν, το στοιχείο αποκτά σχεδόν μηδενική ακαμψία για μικρές τιμές φορτίου με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται μεγάλες μετακινήσεις που οδηγούν στην αποδιοργάνωση της διατομής και την τελική αστοχία του υποστυλώματος.

γ) Ποσοστό οπλισμού διάτμησης ρ_w

Η παρουσία οπλισμού διάτμησης βελτιώνει σημαντικά την συμπεριφορά και την διατμητική αντοχή του υποστυλώματος. Οι συνδετήρες περιορίζουν την διαγώνια ρηγμάτωση και την αποδιοργάνωση του σκυροδέματος της διατομής, δημιουργώντας συνθήκες τριαξονικής θλίψης στο σκυρόδεμα που περικλείουν.

Η αύξηση του ποσοστού των συνδετήρων " ρ_w " οδηγεί σε αύξηση της μέγιστης τέμνουσας V_{max} και της μέγιστης μετακίνησης διu καθώς και του συνολικού αριθμού κύκλων φόρτισης ως την αστοχία, δεν βελτιώνει όμως αισθητά τον ρυθμό μείωσης της αποκρίσεως μετά την επίτευξη της φέρουσας ικανότητας. Στο σχήμα 2.4 παρουσιάζεται η επιρροή της απόστασης s των συνδετήρων στην συμπεριφορά του υποστυλώματος. Η μείωση της απόστασης των συνδετήρων από 30,5 εκ. σε 2,9 εκ. αύξησε την μέγιστη τέμνουσα κατά 20% και την μετακίνηση κατά 100%. Μετά την επίτευξη της μέγιστης αντοχής, όμως, δεν βελτιώθηκε η απόκριση του υποστυλώματος.



Σχήμα 2.4 Επίρροή της απόστασης s των συνδετήρων [3]

Οι συνδετήρες διαρρέουν για μετακινήσεις μεγαλύτερες από τις μετακινήσεις της μέγιστης τέμνουσας. Η παρουσία μεγάλης θλιπτικής δύναμης εντείνει τον ρυθμό διαρροής τους με την πρόοδο των κύκλων φόρτισης, μειώνοντας σταδιακά τη συνεισφορά τους στην αντοχή του υποστυλώματος.

Το ποσοστό των διατμητικών συνδετήρων επηρεάζει και τον τρόπο αστοχίας των υποστυλωμάτων. Απουσία συνδετήρων το υποστυλώμα αστοχεί εκρηκτικά με την δημιουργία διαγώνιας ρωγμής στο σκυρόδεμα.

δ) Ποσοστό διαμήκους οπλισμού.

Η παρουσία διαμήκους οπλισμού αυξάνει την καμπτική αντοχή ενός στοιχείου και συμβάλει στην πλάστιμη συμπεριφορά του, εφ' όσον το ποσοστό του κυμαίνεται σε επίπεδα που του επιτρέπουν να φτάσει στο σημείο διαρροής του. Αν το ποσοστό του διαμήκους οπλισμού είναι μεγάλο, τότε αυτός παραμένει στην ελαστική περιοχή και τελικά οδηγεί σε ψαθυρή αστοχία. Στον Ελληνικό Κανονισμό Ωπλισμένου Σκυροδέματος το επιτρεπόμενο ποσοστό για τον διαμήκη οπλισμό στα υποστυλώματα κυμαίνεται μεταξύ 1% και 4% .

Όπως είναι αναμενόμενο όσο μεγαλύτερο είναι το θλιπτικό φορτίο, τόσο πιο δύσκολα διαρρέει ο εφελκυσμένος οπλισμός και δυσχεραίνεται η πλάστιμη συμπεριφορά του υποστυλώματος. Από πειράματα σε κοντά υποστυλώματα έχει

βρεθεί πως ο διαμήκης οπλισμός διαρρέει σε υποστυλώματα με $a_s \geq 2$ και ότι δεν διαρρέει σε υποστυλώματα με $a_s < 2$.

Σχετικά με τις μετακινήσεις και την απόκριση των υποστυλωμάτων σε ανακυκλιζόμενη φόρτιση όσο μικρότερο είναι το ποσοστό του διαμήκους οπλισμού τόσο μικρότερη είναι η πτώση της απόκρισης και της δυσκαμψίας, με αποτέλεσμα την πλαστιμότερη συμπεριφορά του υποστυλώματος.

Κεφάλαιο 3^ο : Διατάξεις Ε.Κ.Ω.Σ. για τα κοντά υποστυλώματα

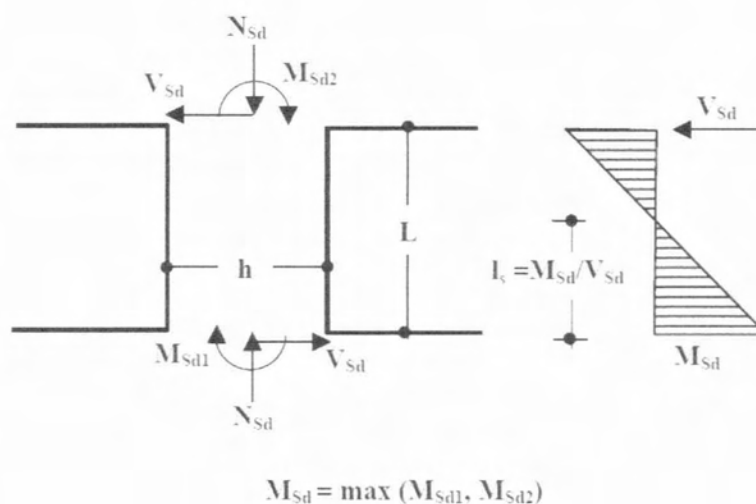
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι διατάξεις του Ελληνικού Κανονισμού Οπλισμένου Σκυροδέματος, που σχετίζονται με την διαστασιολόγηση των κοντών υποστυλωμάτων.

Στο πρώτο μέρος παρουσιάζονται οι διατάξεις όπως ακριβώς περιγράφονται στις παραγράφους 18.4.9.1 και 18.4.9.2 του Ε.Κ.Ω.Σ. Στην παράγραφο 18.4.9.1 δίνεται ο ορισμός του κοντού υποστυλώματος και στη συνέχεια οι δύο συνθήκες που όταν ικανοποιούνται, τα κοντά υποστυλώματα απαλλάσσονται από την εφαρμογή των πρόσθετων διατάξεων της παραγράφου 18.4.9.2. Οι διατάξεις αυτές αφορούν την διαστασιολόγηση του κοντού υποστυλώματος και τον τρόπο επίλυσης του κτηρίου στο οποίο βρίσκεται. Για το ίδιο το υποστυλώμα αλλάζει το κρίσιμο μήκος του, η επιτρεπόμενη ανηγμένη θλιπτική δύναμη, μειώνεται η V_{Rd2} και η V_{Rd3} με χρήση κατάλληλων συντελεστών, απαιτείται κατά περιπτώσεις η χρήση διαδιαγώνιου οπλισμού κ.α. Για το κτήριο αλλάζει ο συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς q όταν αυτό περιλαμβάνει κοντά υποστυλώματα που δεν ικανοποιούν τις συνθήκες της § 18.4.9.1.

Στο δεύτερο μέρος του κεφαλαίου, ακολουθεί σχολιασμός των διατάξεων για τα κοντά υποστυλώματα, σχετικά με τον ορισμό του λόγου διάτμησης και τις συνθήκες α και β που απαλλάσσουν το κοντό υποστυλώμα από την εφαρμογή των πρόσθετων διατάξεων της § 18.4.9.2.

Σχόλια

18.4.9.1 Ορισμός και Περιοχή Εφαρμογής (Σχόλια)



Η συνθήκη α είναι δύσκολο να τηρηθεί αξιόπιστα με τις συνήθεις διαστάσεις υποστυλωμάτων, όταν τα κοντά υποστυλώματα δημιουργούνται από την παρεμβολή δύσκαμπτων πετασμάτων πλήρωσης, είτε από σκυρόδεμα είτε από τοιχοποιία, στα φανώματα μεταξύ των δοκών. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να τηρείται απαραίτητα η συνθήκη β.

Η συνθήκη β συνεπάγεται ότι οι πρόσθετες διατάξεις του άρθρου αυτού δεν έχουν εφαρμογή όταν $q \leq 1,5$.

α) Διατάξεις Ε.Κ.Ω.Σ.

18.4.9 Κοντά Υποστυλώματα

18.4.9.1 Ορισμός και Περιοχή Εφαρμογής

Υποστυλώματα με λόγο διατμήσεως

$$\alpha_s \leq 2,5 \quad (3.1)$$

χαρακτηρίζονται ως "κοντά". Για τον παραπάνω χαρακτηρισμό ο λόγος διατμήσεως:

$$\alpha_s = M_{sd} / (V_{sd} h) \quad (3.2)$$

υπολογίζεται από τα εντατικά μεγέθη ροπής M_{sd} και τέμνουσας V_{sd} του δυσμενέστερου σεισμικού συνδυασμού, στην κρίσιμη διατομή του άκρου του υποστυλώματος, όπου εμφανίζεται η μέγιστη τιμή της ροπής M_{sd} , και h είναι η διάσταση της διατομής στην διεύθυνση της τέμνουσας V_{sd} .

Σε κοντά υποστυλώματα που υπόκεινται σε μετελαστική επιπόνηση πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ουσιαστική μείωση της διαθέσιμης πλαστιμότητας, που οφείλεται στην σημαντική αλληλεπίδραση κάμψης και διάτμησης. Η μείωση αυτή γίνεται εντονότερη όσο μικρότερος είναι ο λόγος διατμήσεως. Οι διατάξεις αυτού του άρθρου έχουν εφαρμογή σε περιοχές υποστυλωμάτων στις οποίες, κατά την σεισμική επιπόνηση σχεδιασμού και για την επίτευξη της πλαστιμότητας που αντιστοιχεί στον συντελεστή συμπεριφοράς q που χρησιμοποιείται, είναι δυνατόν να αναπτυχθεί πλαστική άρθρωση.

Για τις ανάγκες αυτού του άρθρου μπορεί να θεωρηθεί ότι η παραπάνω δυνατότητα δεν υπάρχει, και επομένως δεν είναι αναγκαία η εφαρμογή καμίας από τις πρόσθετες διατάξεις αυτού του άρθρου, όταν ισχύει μια από τις ακόλουθες συνθήκες:

α. Όταν, και στους δύο κόμβους στους οποίους συντρέχει το υποστυλώμα, εξασφαλίζεται μέσω ικανοτικών ελέγχων, σύμφωνα με τις [1] έως [4] του άρθρου 4.1.4.1 του ΕΑΚ 2000, ότι οι πλαστικές αρθρώσεις θα αναπτυχθούν μόνον στις δοκούς.

β. Όταν και στις δύο ακραίες διατομές του υποστυλώματος ικανοποιείται η σχέση:

$$M_v + \frac{q}{1,5} M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad (3.3)$$

όπου

M_v είναι η συμβολή των μη-σεισμικών φορτίων στην ροπή $M_{sd} = M_v + M_{Ed}$,

M_{Ed} είναι η σεισμική ροπή που αντιστοιχεί στην M_{sd} , και

M_{Rd} είναι η αντοχή σχεδιασμού της διατομής με τον τελικό διαμήκη οπλισμό της και υπό την αξονική δύναμη N_{sd} του ίδιου σεισμικού συνδυασμού

Οι δυσμενείς συνέπειες εξαιτίας των κοντών υποστυλωμάτων αμβλύνονται αρκετά όταν ο φορέας περιλαμβάνει σημαντικά τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Η διαθέσιμη πλαστιμότητα των κοντών υποστυλωμάτων συνεχίζει να είναι μειωμένη παρά την λήψη των μέτρων που συνιστώνται. Γι' αυτό απαιτείται αυτή η μείωση της $\max v_d$.

Ο διοδιαγώνιος οπλισμός αποσκοπεί στην μείωση του ρυθμού απώλειας της πλαστιμότητας του κοντού υποστυλώματος. Τοποθετείται κατά το επίπεδο ή τα επίπεδα κατά τα οποία το υποστυλώμα έχει λόγο διατμήσεως $a_s < 1,5$.

Ο διοδιαγώνιος οπλισμός είναι αποδοτικότερος όταν το σημείο μηδενισμού των ροπών κάμψης βρίσκεται κοντά στο μέσον του ύψους του υποστυλώματος.

Οι διαγώνιες ράβδοι (συνήθως $\emptyset < 20$) μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιαδήποτε θέση μέσα στο πλάτος της διατομής (καθώς όλο το πλάτος της διατομής συμμετέχει στην μεταφορά των δυνάμεων μέσω των θλιπτήρων), πάντως όμως σε θέσεις συμμετρικές.

18.4.9.2 Πρόσθετες Διατάξεις

Κατά τον μορφολογικό σχεδιασμό του φορέα συνιστάται να αποφεύγονται τα κοντά υποστυλώματα. Όπου τούτο δεν είναι δυνατόν, θα γίνονται σεβαστές και οι ακόλουθες πρόσθετες διατάξεις.

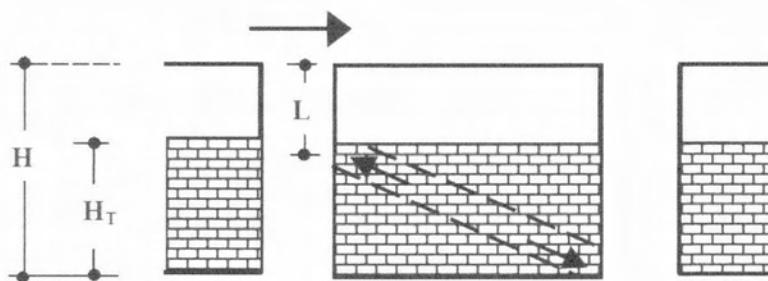
- 1) Ολόκληρο το μήκος του υποστυλώματος θεωρείται κρίσιμο. Η απαιτούμενη στις κρίσιμες περιοχές περίσφιγξη (βλ. §18.4.5) θα επεκτείνεται σ' όλο το μήκος του υποστυλώματος.
- 2) Η μέγιστη ανεκτή τιμή ανηγμένου αξονικού φορτίου περιορίζεται σε $\max v_d = 0,40$, για τον σεισμικό συνδυασμό δράσεων.
- 3) Για την μεταφορά των δυνάμεων σε κοντό υποστυλώμα στην μετελαστική περιοχή δεν ισχύει ο συνηθής μηχανισμός μεταφοράς διατμητικών δυνάμεων (βλ. §11.2.1). Το σύνολο των δυνάμεων μεταφέρεται μέσω διαγώνιου θυσάνου θλιπτήρων και αντίστοιχων εγκάρσιων ελκυστήρων οπλισμού.
- 4) Παρά ταύτα, είναι πρακτικώς δυνατόν να γίνεται χρήση των εξισώσεων διατμητικής αντοχής διατομών των συνηθών υποστυλωμάτων, με μειωτικό συντελεστή $\gamma_{Rd} = 0,80$ για τον υπολογισμό των VRd2 και VRd3 (με αμετάβλητες τις τιμές γ_c, γ_s).
- 5) Όταν $\alpha_s < 1,5$, τότε εκτός του διαμήκους οπλισμού και των συνδετήρων που προκύπτουν κατά τα ανωτέρω, απαιτείται και η τοποθέτηση δισδιαγώνιου οπλισμού, με σκοπό τη διατήρηση φέρουσας ικανότητας λοξού θλιπτήρα μετά την εξάντληση της αντοχής του σκυροδέματός του (μείωση του ρυθμού απώλειας της πλαστιμότητας). Για λόγους πρακτικούς, συνιστάται να προβλέπεται συνολικός δισδιαγώνιος οπλισμός: (A_{sd}) σε ποσοστό περίπου 30% του συνολικού διαμήκους οπλισμού.
- 6) Ο οπλισμός αυτός θα συνυπολογίζεται στον διαμήκη οπλισμό κατά το τμήμα της προβολής του στην διεύθυνση του διαμήκους οπλισμού. Επίσης η τέμνουσα δύναμη που πρέπει να αναληφθεί από συνδετήρες μπορεί να μειωθεί κατά την συμβολή του διαγώνιου οπλισμού, δηλαδή κατά

$$V_d = \gamma_{Rd} f_{sd} A_{sd} \cos\varphi \quad (3.4)$$

όπου φ είναι η γωνία κλίσης του διαγώνιου οπλισμού ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Οι διαγώνιες ράβδοι πρέπει να αγκυρώνονται πλήρως πέραν των ακραίων διατομών του υποστυλώματος.

- 7) Ανάλογη μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται και για τις περιπτώσεις των "θέσει" κοντών υποστυλωμάτων, τα οποία προκύπτουν όταν ο τοίχος πληρώσεως που βρίσκεται σε επαφή με το υποστυλώμα, δεν συνεχίζεται, σε όλο το ύψος του ορόφου, είτε από την μία είτε και από τις δύο πλευρές του υποστυλώματος. Αν δεν μπορούν να αποφευχθούν αυτές οι διαμορφώσεις θα πρέπει να εφαρμόζονται οι ακόλουθες διατάξεις:

Η συντηρητική αυτή παραδοχή εφαρμόζεται μόνον για τον έλεγχο των «θέσει» κοντών υποστυλωμάτων. Τα λοιπά στοιχεία του δομικού συστήματος ελέγχονται με βάση αποτελέσματα ανάλυσης με προσομοίωμα το οποίο λαμβάνει υπόψη ολόκληρο το μήκος των υποστυλωμάτων ως παραμορφώσιμο.



Οι πολλαπλώς ανεπιθύμητες συνέπειες της ψαθυρής συμπεριφοράς των κοντών υποστυλωμάτων (ενδεχόμενες τοπικές καταρρεύσεις, απρόβλεπτη ασυμμετρία, κ.α.) δεν επιτρέπουν την ασφαλή αξιοποίηση της πλαστιμότητας που διαθέτουν όλα τα άλλα δομικά στοιχεία.

Η μετακίνηση $\delta_{ελ}$ μπορεί να υπολογιστεί και από τα μεγέθη M_{sd} , V_{sd} και την απόσταση $l_s = M_{sd}/V_{sd}$ του σημείου μηδενισμού της ροπής από την κρίσιμη διατομή, ως εξής:

$$\delta_{ελ} = \frac{M_{sd} l_s^2}{3EI} + \frac{V_{sd} l_s}{AG}$$

όπου

E και G είναι αντίστοιχα τα μέτρα ελαστικότητας και διάτμησης, και I και A η ροπή αδράνειας και η ενεργός διατομή διάτμησης, που χρησιμοποιήθηκαν για το εξεταζόμενο υποστυλόμενο κατά την σεισμική ανάλυση.

Η μετακίνηση αστοχίας δ_u μπορεί να εκτιμηθεί από τις «στροφές χορδής» θ ως εξής:

$$\delta_u = l_s(\theta_y + \theta_{pe})$$

όπου

$\theta_y \approx 0.008$ είναι η στροφή στην διαρροή και

$\theta_{pe} = \alpha_s 10^{-2} / \gamma_{0d}$ είναι η διαθέσιμη δυνατότητα πλαστικής στροφής, όπου $\gamma_{0d} = 1,3$, ενώ όταν $\alpha_s < 1$ τίθεται $\alpha_s = 1$.

- α) Τα υποστυλώματα αυτά θα ελέγχονται με εντατικά μεγέθη που προκύπτουν από προσομοίωμα για την ανάλυση στο οποίο το κατώτερο τμήμα του υποστυλώματος μήκους H_T είναι πρακτικώς अपαραμόρφωτο κατά την σεισμική απόκριση.
- β) Θα εφαρμόζονται όλες οι προαναφερθείσες (1 έως 6) πρόσθετες διατάξεις θεωρώντας ως μήκος «κοντού» υποστυλώματος το μήκος $L = H - H_T$
- γ) Ο διαμήκης οπλισμός κάμψης και ο εγκάρσιος οπλισμός διάτμησης του «κοντού» τμήματος του υποστυλώματος θα διατηρούνται σταθεροί σε ολόκληρο το μήκος του υποστυλώματος.
- 8) Ο δείκτης συμπεριφοράς δομημάτων που περιλαμβάνουν "φύσει" ή "θέσει" κοντά υποστυλώματα θα λαμβάνεται για ολόκληρο το δόμημα ίσος με

$$q' = \max \{1,5 \text{ ή } \alpha_s + 1,0\} \leq q \quad (5)$$

όπου:

α_s ο λόγος διατμήσεως των υποστυλωμάτων αυτών, και

q οι τιμές του Πιν.2.6 του ΕΑΚ.

Από την διάταξη αυτή εξαιρούνται τα δομήματα με επαρκή σε αριθμό και διάταξη τοιχώματα, τέτοια ώστε η σχετική σεισμική μετακίνηση $\delta = \gamma \theta q \cdot \delta_{ελ}$ του σημείου μηδενισμού της ροπής ως προς την κάθετο στην διατομή του άκρου του υποστυλώματος από το οποίο καθορίζεται το α_{sd} , να μην υπερβαίνει τη μετακίνηση αστοχίας $\delta_{u,,}$ όπου $\delta_{ελ}$ είναι η τιμή της ίδιας μετακίνησης όπως προκύπτει από την ανάλυση με βάση τον δείκτη συμπεριφοράς q . Η συνθήκη αυτή πρέπει να ισχύει για όλα τα κοντά υποστυλώματα.

Ο αυξητικός συντελεστής γ_d καλύπτει διόρθωση της μετακίνησης που είναι αναγκαία λόγω των απλοποιητικών παραδοχών που επιτρέπει η παράγραφος 3.2.3 [2] του ΕΑΚ για τη δυσκαμψία των κατακόρυφων στοιχείων, και έχει τις ακόλουθες τιμές:

$\gamma_d = 1,50$ εφόσον χρησιμοποιούνται οι απλοποιητικές παραδοχές του 3.2.3 [2] του ΕΑΚ.

$\gamma_d = 1,20$ εφόσον γίνεται ακριβέστερη εκτίμηση της δυσκαμψίας όλων των στοιχείων

Η απαίτηση της παραγράφου 9 μπορεί να θεωρηθεί ότι καλύπτεται όταν μεταξύ τοίχου και υποστυλώματος παρεμβάλλεται σε ολόκληρο το ύψος του τοίχου αρμός, που επιτρέπει ελεύθερη σχετική μετακίνηση

$$\delta_T = 2\gamma_d q \delta_{ελ} \frac{H_T}{H} + 10 \text{ (mm)}$$

Ο αρμός αυτός μπορεί να σφραγιστεί με ενδόσιμο υλικό με δυστένεια ανά μέτρο μήκους επαφής τοίχου-υποστυλώματος μικρότερη από V_{sd}/δ_T

Στις πιο πάνω εκφράσεις, q , $\delta_{ελ}$ και γ_d έχουν οριστεί στο 8 παραπάνω,

H_T είναι το ύψος του τοίχου, και

H το ύψος του διακένου μεταξύ φερόντων στοιχείων των ορόφων.

Παράλληλα πρέπει να διασφαλίζεται επαρκής αντοχή των τοίχων, σε διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο τους.

9) Δεν δημιουργούνται «θέσει» κοντά υποστυλώματα, με την έννοια της παραγράφου 7, όταν λαμβάνονται ειδικά κατασκευαστικά μέτρα για την διαμόρφωση αρμού μεταξύ τοίχων πλήρωσης και υποστυλωμάτων. Τα μέτρα αυτά πρέπει να εξασφαλίζουν ότι κατά την σεισμική παραμόρφωση του κτιρίου δεν αναπτύσσονται σημαντικές δυνάμεις κατά μήκος του αρμού μέσα στο επίπεδο του τοίχου.

β) Σχολιασμός των διατάξεων της § 18.4.9.1

α) Ορισμός του λόγου διάτμησης και περιοχή εφαρμογής

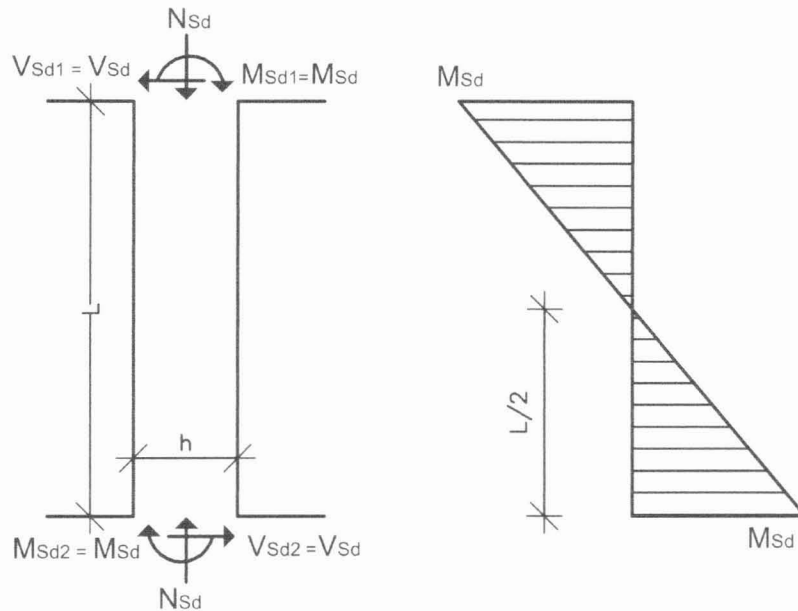
Ο Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος (Ε.Κ.Ω.Σ.) χαρακτηρίζει ως κοντά τα υποστυλώματα που έχουν λόγο διάτμησης

$$\alpha_s = M_{Sd} / (V_{Sd} h) \leq 2,5 \quad (3.1)$$

όπου M , V η μέγιστη ροπή και η τέμνουσα στην κρίσιμη διατομή του στοιχείου από τον δυσμενέστερο σεισμικό συνδυασμό, και h η διάσταση της διατομής στην κατεύθυνση ελέγχου. Η τιμή του α_s , επομένως, καθορίζεται κυρίως από τα εντατικά μεγέθη της διατομής σε συνδυασμό με το ύψος h .

Η τιμή 2,5, όμως, προέρχεται από πειράματα σχετικά με την συμπεριφορά αμφίπακτων υποστυλωμάτων οπλισμένου σκυροδέματος υπό αντισυμμετρική σεισμική φόρτιση όπου ο α_s είναι ίσος με τον γεωμετρικό λόγο διάτμησης $\alpha_s = L/2h$, ο οποίος καθορίζεται μόνο από τα γεωμετρικά μεγέθη του στοιχείου (σχήμα 3.2). Το 2,5 οριοθετεί το μεταβατικό σημείο μεταξύ ψαθυρής διατμητικής αστοχίας και πλάστιμης καμπτικής αστοχίας. Για τιμές του α_s μικρότερες του 2,5 το στοιχείο αστοχεί διατμητικά και για μεγαλύτερες τιμές καμπτικά.

Επομένως, ο κανονισμός κάνει χρήση ενός ορίου για τη σχέση $\alpha_s = M/Vh$ (εξισ. 3.1) που στην πραγματικότητα αφορά την σχέση $\alpha_s = L/2h$ (εξισ. 3.2). Οι δύο αυτές σχέσεις συμπίπτουν μόνο στην περίπτωση αμφίπακτου υποστυλώματος υπό αντισυμμετρική φόρτιση. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.2 σε αμφίπακτο υποστυλώμα με αντισυμμετρική φόρτιση λόγω σεισμού ισχύει:



Σχήμα 3.2 Διάγραμμα ροπών κάμψεως αμφίπακτου υποστυλώματος

$$M_{Sd1} = M_{Sd2} = M_{Sd}$$

$$V_{Sd1} = V_{Sd2} = V_{Sd}$$

$$M_{Sd} = V_{Sd} \times L/2$$

$$\alpha_s = \frac{M_{Sd}}{V_{Sd} \times h} = \frac{V_{Sd} \frac{L}{2}}{V_{Sd} \times h} = \frac{L}{2h} = \alpha_s$$

Επίσης, για το αμφίπακτο υποστυλώμα με αντισυμμετρικό διάγραμμα ροπών ο λόγος διάτμησης με την μορφή της εξίσ. 3.1 γίνεται ελάχιστος. Ο κανονισμός ορίζει πως για τον υπολογισμό του λόγου διάτμησης, χρησιμοποιείται η μέγιστη τιμή $\max(M_{Sd1}, M_{Sd2})$, μεταξύ των δύο ροπών στα άκρα του υποστυλώματος. Η τιμή αυτή γίνεται ελάχιστη για αντισυμμετρικό διάγραμμα ροπών με $M_{Sd1} = M_{Sd2}$. Γι' αυτό και ο λόγος διάτμησης γίνεται ελάχιστος στη συγκεκριμένη περίπτωση. Σε ένα υποστυλώμα που βρίσκεται σε ένα κτήριο συνήθως δεν είναι $M_{Sd1} = M_{Sd2}$. Για οποιαδήποτε άλλη κατανομή ροπών, ο λόγος διάτμησης είναι πάντα μεγαλύτερος. Άρα στη γενική περίπτωση ενός υποστυλώματος, ο λόγος διάτμησης του κανονισμού προκύπτει μεγαλύτερος ή ίσος του γεωμετρικού λόγου διάτμησης $L/2h$. Επομένως, τα όρια που

έχουν προκύψει από τη μελέτη του γεωμετρικού λόγου διάτμησης a_s , ίσως να είναι συντηρητικά όταν εφαρμόζονται σε συνδυασμό με τον λόγο διάτμησης a_s όπως ορίζεται από τον ΕΚΩΣ.

β) Εξαίρεση από την εφαρμογή των πρόσθετων διατάξεων

Στα κοντά υποστυλώματα οφείλεται να εφαρμόζονται οι πρόσθετες διατάξεις της § 18.4.9.2. Από την εφαρμογή αυτών των πρόσθετων διατάξεων μπορούν να εξαιρεθούν κοντά υποστυλώματα στα οποία ισχύει μία από τις δύο συνθήκες που περιγράφονται στη § 18.4.9.1 του ΕΚΩΣ.

Συνθήκη α)

Η πρώτη συνθήκη αφορά στον *ικανοτικό σχεδιασμό* του υποστυλώματος. Εάν στο υποστυλώμα ικανοποιούνται οι ικανοτικοί έλεγχοι όπως περιγράφονται στις παραγράφους [1] έως [4] του άρθρου 4.1.4.1 του ΕΑΚ, το υποστυλώμα θεωρείται ασφαλές. Μέσω του ικανοτικού σχεδιασμού στον κόμβο εξασφαλίζεται ότι κατά την μετελαστική φάση δεν θα αναπτυχθούν πλαστικές αρθρώσεις στο υποστυλώμα πριν αναπτυχθούν στις συντρέχουσες δοκούς και ο φορέας θα συμπεριφερθεί πλάστιμα έχοντας τη δυνατότητα απόσβεσης ενέργειας. Παράλληλα μέσω του ελέγχου αποφυγής ψαθυρών μορφών αστοχίας - ικανοτικός τέμνουσας - εξασφαλίζεται ότι το υποστυλώμα δεν θα αστοχήσει διατμητικά πριν από την επίτευξη της μέγιστης καμπτικής - πλαστικής αντοχής του.

Οι ανωτέρω ικανοτικοί έλεγχοι οφείλουν να εφαρμόζονται όταν γίνεται σχεδιασμός Με Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας (Μ.Α.Α.Π.). Άρα σε έναν φορέα που διαστασιολογείται με αυτό τον τρόπο, εξ' ορισμού ικανοποιείται η συνθήκη α της παραγράφου 18.4.9.1 σε όλα τα υποστυλώματα που βρίσκονται σε στάθμη όπου εκτελούνται οι ικανοτικοί έλεγχοι. Από τους ικανοτικούς ελέγχους δύναται να εξαιρεθούν

- ο ανώτατος όροφος του κτηρίου, και
- οι φορείς με κατάλληλη διάταξη αντισεισμικών τοιχωμάτων για τους οποίους ικανοποιείται η συνθήκη $\eta_v > 0.60$, όπου η_v είναι ο λόγος της τέμνουσας τοιχωμάτων στη βάση δια της συνολικής τέμνουσας στη βάση (ΕΑΚ 4.1.4.2.β.[2]).

Σχετικά με τις εξαιρέσεις από τους ικανοτικούς ελέγχους, από τα μέχρι τώρα δεδομένα δεν έχει αναφερθεί διατμητική αστοχία κοντού υποστυλώματος στον ανώτατο όροφο κτηρίου. Επίσης, η παρουσία αντισεισμικών τοιχωμάτων μειώνει τις δράσεις που επιβάλλονται στα υπόλοιπα υποστυλώματα του φορέα και περιορίζει τις μετακινήσεις των διαφραγμάτων οπότε και οι δυσμενείς συνέπειες εξαιτίας των κοντών υποστυλωμάτων αμβλύνονται αρκετά. Άρα γενικά όταν γίνεται διαστασιολόγηση Με Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας έχει γίνει κατάλληλος σχεδιασμός στο κτήριο ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος ψαθυρής αστοχίας στα κοντά υποστυλώματα, και να είναι ασφαλής η κατασκευή.

Συνθήκη β)

Η δεύτερη συνθήκη που απαλλάσσει κοντά υποστυλώματα από την εφαρμογή των πρόσθετων διατάξεων είναι η ικανοποίηση της σχέσης

$$M_v + \frac{q}{1,5} M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

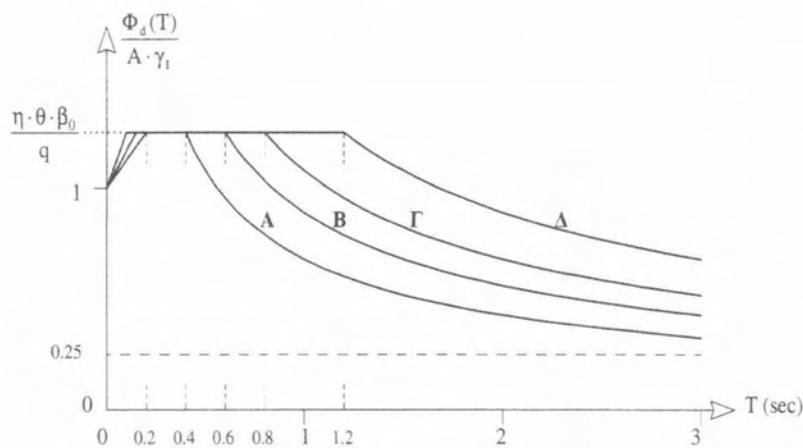
και στις δύο ακραίες διατομές του υποστυλώματος.

Ο κανονισμός θεωρεί πως η συνθήκη α, δηλαδή η ορθή εφαρμογή των ικανοτικών ελέγχων, είναι δύσκολο να τηρηθεί αξιόπιστα στις κατασκευές με τις συνηθείς διαστάσεις των υποστυλωμάτων, όταν τα κοντά υποστυλώματα δημιουργούνται από την παρεμβολή δύσκαμπτων πετασμάτων πλήρωσης, είτε από σκυρόδεμα είτε από τοιχοποιία, στα φατνώματα μεταξύ των δοκών.

Με τη συνθήκη β παρακάμπτεται η ανάγκη εφαρμογής των ικανοτικών ελέγχων στα κοντά υποστυλώματα σε μια επίλυση Με Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας, επειδή με την χρήση της μαθηματικής σχέσης 3.2 ουσιαστικά διαστασιολογείται το

υποστύλωμα Χωρίς Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας. Αυτό συμβαίνει επειδή πολλαπλασιάζεται η σεισμική ροπή του υποστυλώματος με τον όρο $q/1,5$.

Σύμφωνα με τον Ε.Α.Κ 2000 για να καθοριστούν οι σεισμικές διεγέρσεις και κατ' επέκταση τα φορτία που επιβάλλονται σε ένα κτήριο, χρησιμοποιείται το φάσμα σχεδιασμού και οι εξισώσεις 2.1.α,β,γ. της § 2.3.1 του Ε.Α.Κ. 2000



Περιοχή Περιόδων Εξίσωση

$$0 \leq T < T_1: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \left[1 + \frac{T}{T_1} \left(\frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} - 1 \right) \right] \dots\dots\dots (2.1.α)$$

$$T_1 \leq T \leq T_2: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \dots\dots\dots (2.1.β)$$

$$T_2 < T: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \cdot \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.1.γ)$$

Σχήμα 3.3 Φάσμα Σχεδιασμού και εξισώσεις υπολογισμού Φασματικής επιτάχυνσης Φ_d [ΕΑΚ 2000].

Τα τελικά σεισμικά φορτία που επιβάλλονται σε έναν φορέα εξαρτώνται από την φασματική επιτάχυνση Φ_d , η τιμή της οποίας μεταξύ άλλων καθορίζεται και από τον δείκτη σεισμικής συμπεριφοράς q . Ο συντελεστής q εισάγει την μείωση των σεισμικών επιταχύνσεων της πραγματικής κατασκευής λόγω μετελαστικής συμπεριφοράς, σε σχέση με τις επιταχύνσεις που προκύπτουν υπολογιστικά σε απειριόριστα ελαστικό σύστημα.

Για σχεδιασμό Με Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας ο δείκτης q σε κτήρια οπλισμένου σκυροδέματος με πλαίσιακό φέροντα οργανισμό ή με μεικτά συστήματα παίρνει την τιμή 3,5 και μειώνει κατά 3,5 φορές τις σεισμικές δράσεις βάσει των οποίων διαστασιολογούνται οι διατομές των στοιχείων.

Για σχεδιασμό Χωρίς Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας ο δείκτης q λαμβάνει την τιμή 1,5, μειώνοντας σε πολύ μικρότερο βαθμό τις σεισμικές δράσεις σχεδιασμού, θεωρώντας ότι το κτήριο παραμένει εντός της ελαστικής περιοχής.

Άρα για το ίδιο κτήριο όταν σχεδιάζουμε

- Με Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας οι σεισμικές δράσεις λόγω σεισμού είναι $E_{d,ΜΑΑΠ} = E_o/q = E_o/3,5$ και
- Χωρίς Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας οι σεισμικές δράσεις είναι $E_{d,ΧΑΑΠ} = E_o/q = E_o/1,5$.

Επομένως όταν πολλαπλασιάζουμε τις σεισμικές δράσεις μιας επίλυσης Με Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας (ΜΑΑΠ) με τον όρο $q/1,5$, οι δράσεις που προκύπτουν είναι ίδιες με τις δράσεις μιας επίλυσης Χωρίς Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας (ΧΑΑΠ).

$$E_{d,ΜΑΑΠ} \times \frac{q}{1,5} = \frac{E_o}{q} \times \frac{q}{1,5} = \frac{E_o}{1,5} = E_{d,ΧΑΑΠ}$$

Σύμφωνα με τον κανονισμό όταν η επίλυση και η διαστασιολόγηση ενός φορέα γίνεται Χωρίς Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας, με δείκτη σεισμικής συμπεριφοράς $q=1,5$ δεν είναι υποχρεωτική η εφαρμογή των πρόσθετων διατάξεων της § 18.4.9.2 του ΕΚΩΣ. Όταν ένας φορέας σχεδιάζεται με αυτόν τον τρόπο θεωρείται πως κατά την σεισμική φόρτιση θα αποκριθεί ελαστικά. Έτσι δεν υπάρχει απαίτηση για ικανότητα πλαστιμότητας από τα μέλη που τον συνθέτουν, αφού και οι αντίστοιχες παραμορφώσεις που καλούνται να αναλάβουν είναι σχετικά μικρές.

Σε έναν φορέα που επιλύεται και διαστασιολογείται εξ' αρχής Χωρίς Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας, τα διαφράγματα έχουν μικρές σχετικά μικρές μετακινήσεις, και τα μέλη που συνδέονται σε αυτά μπορούν να τις ακολουθήσουν χωρίς να έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις πλαστιμότητας. Σε έναν φορέα, όμως, που επιλύεται Με Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας, και που αναμένεται να έχει

σχετικά μεγαλύτερες μετακινήσεις στην μετελαστική του φάση, ένα στοιχείο που διαστασιολογείται Χωρίς Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας, δηλ. το κοντό υποστυλώμα στο οποίο $M_v + q/1,5 M_E \leq M_{Rd}$, είναι πολύ πιθανό να μην μπορέσει να ακολουθήσει τις μετακινήσεις του διαφράγματος χωρίς να αστοχήσει ψαθυρά.

Από την ανάλυση των κοντών υποστυλωμάτων στο 7^ο κεφάλαιο προκύπτει πως τα κοντά υποστυλώματα δεν έχουν τη δυνατότητα να παρακολουθήσουν ένα διάφραγμα με μετακινήσεις μετελαστικής φάσης, επειδή η ικανότητα στροφής τους είναι μικρή και βρίσκεται εξ' ολοκλήρου εντός της ελαστικής περιοχής.

ΜΕΡΟΣ Β'

Κεφάλαιο 4^ο : Εμφάνιση κοντών υποστυλωμάτων σε κτήρια Ο/Σ

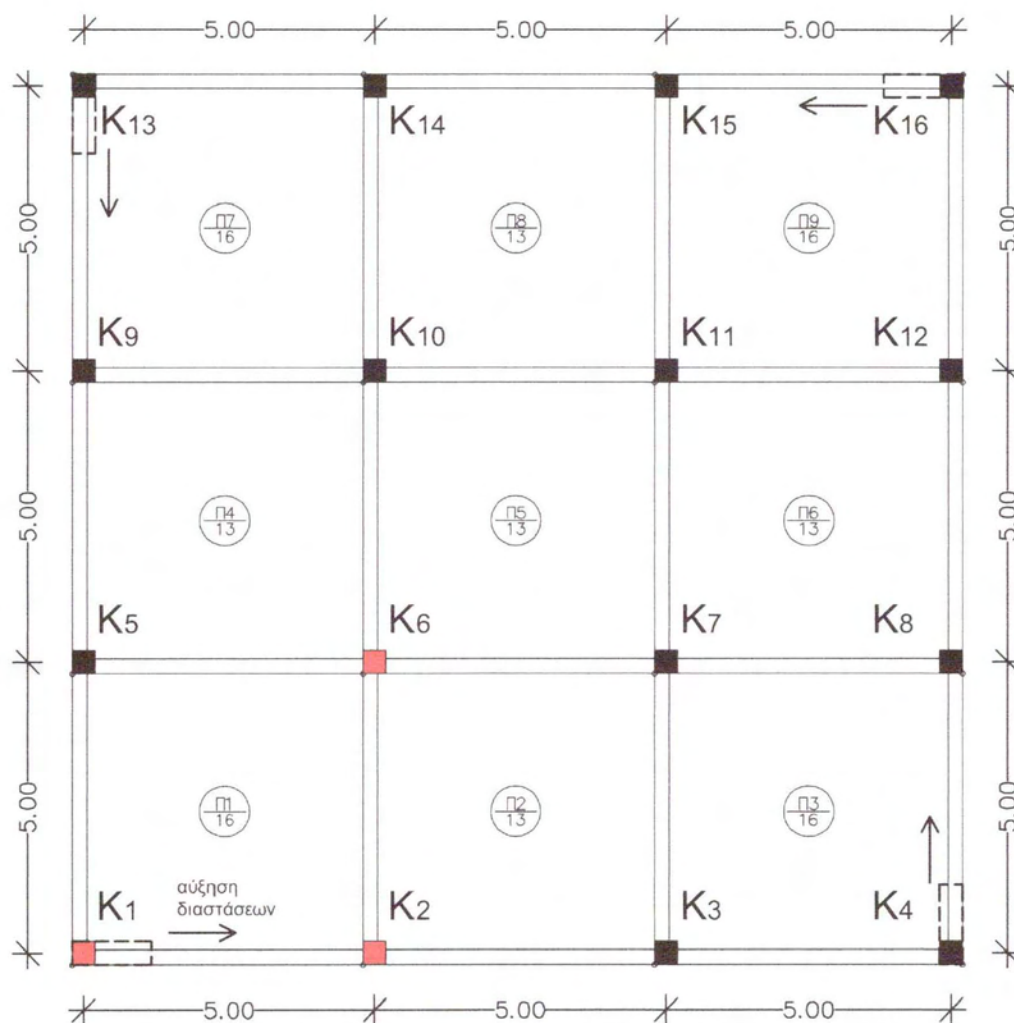
Σύμφωνα με τον Ελληνικό Κανονισμό Οπλισμένου Σκυροδέματος *κοντά* είναι τα υποστυλώματα τα οποία έχουν λόγο διάτμησης

$$\alpha_s = \frac{M}{Vh} \leq 2,5$$

Για την μελέτη των κοντών υποστυλωμάτων που παρουσιάζονται σε κτήρια οπλισμένου σκυροδέματος και διαστασιολογούνται με τον ελληνικό κανονισμό, πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις προσομοιωμάτων, με τη χρήση κατάλληλων προγραμμάτων στατικής ανάλυσης που διατίθενται στην ελληνική αγορά. Κατά τις επιλύσεις όμως τυπικών κτηρίων οπλισμένου σκυροδέματος, δεν εμφανίστηκε κανένα κοντό υποστυλώμα, και η εξέλιξη αυτή οδήγησε στην διερεύνηση της *“συχνότητας εμφάνισης κοντών υποστυλωμάτων σε κτήρια οπλισμένου σκυροδέματος”*.

Για την μελέτη του παραπάνω θέματος επελέγη να γίνουν αναλύσεις σε κανονικά κτήρια τετραγωνικής κάτοψης διαστάσεων 15m x 15m, σχήμα 4.1. Οι λοιπές παράμετροι των αναλύσεων ήταν οι εξής:

- Ο φέρων οργανισμός ήταν πλαισιακό σύστημα, μόνο υποστυλώματα, οι διαστάσεις των οποίων είχαν ως άνω όριο τις τιμές που θέτει ο Ε.Α.Κ. για τον χαρακτηρισμό αντισεισμικών τοιχωμάτων.
- Όροφοι n =1, 3, 5, 7.
- Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας III.



Σχήμα 4.1 Τυπική κάτοψη προσομοιωμάτων 15m x 15m.

Υλικά	: C20/25, B500C
Φορτία	: I.B. σκυροδέματος = 25 kN/m ³ , Επικάλυψη $g' = 2$ kN/m ² , Κινητά $q = 3$ kN/m ²
Σπουδαιότητα κτηρίου	: Σ2 ($\gamma = 1,00$)
Κατηγορία εδάφους	: B
Συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς	: $q = 3,5$ $\psi_2 = 0,30$
Μέθοδος ανάλυσης	: Ισοδύναμη στατική Τα κτήρια θεωρούνται πακτωμένα στη βάση τους.

Τα μοντέλα που αναλύθηκαν επιλέχθηκε να έχουν φέροντα οργανισμό **πλαισιακό** διότι η ύπαρξη των αντισεισμικών τοιχωμάτων μειώνει σε πολύ μεγάλο βαθμό το ποσοστό της τέμνουσας που αναλαμβάνουν τα υπόλοιπα υποστυλώματα του φορέα. Η μείωση αυτή φαίνεται και κατά την ανάλυση των μοντέλων που είχαν υποστυλώματα με μεγάλες διαστάσεις που πλησιάζουν αυτές των αντισεισμικών τοιχωμάτων.

Σε κάθε μοντέλο που μελετήθηκε, ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία. Η αρχική διατομή των υποστυλωμάτων επιλέχθηκε να είναι η ελάχιστη τετραγωνική που απαιτείται για την ικανοποίηση όλων των ελέγχων του Ε.Κ.Ω.Σ. 2000 και του Ε.Α.Κ. 2000 στη στάθμη του ισογείου. Στη συνέχεια ελέγχθηκε ο λόγος $\alpha_s = M/Vh$ των αντιπροσωπευτικών υποστυλωμάτων K1, K2, K6 (σχήμα 4.1) και σημειώθηκε η ύπαρξη ή όχι «κοντών». Στην επόμενη επίλυση, αυξήθηκε η διάσταση ταυτοχρόνως όλων των γωνιακών υποστυλωμάτων (K1, K4, K13, K16) κατά την διεύθυνση που σημειώνεται στο σχήμα 4.1, ενώ τα υπόλοιπα υποστυλώματα διατήρησαν την αρχική τους διάσταση. Σε κάθε επίλυση καταγράφονταν η μεταβολή του λόγου α_s στα τρία ενδεικτικά υποστυλώματα K1, K2, K6.

Από τα υποστυλώματα που ελέγχθηκαν το ένα είναι γωνιακό (K1), του οποίου οι διαστάσεις μεταβάλλονταν σε κάθε επίλυση, ενώ τα άλλα δύο (K2, K6) διατηρούσαν την αρχική τους διατομή. Η διάσταση h των υποστυλωμάτων αυξήθηκε σταδιακά μέχρι το όριο μήκους που θέτει ο Ε.Α.Κ. για την θεώρηση αντισεισμικού τοιχώματος, έτσι ώστε τυπικά το κατακόρυφο στοιχείο να θεωρείται υποστυλώμα κατά ΕΑΚ. Σύμφωνα με την § Σ.Β.4.[1](iv) του Ε.Α.Κ. αντισεισμικά τοιχώματα θεωρούνται τα στοιχεία με μήκος $h \geq 1,50m$ σε κτήρια που έχουν ή προβλέπεται να αποκτήσουν μέχρι και 4 υπέργειους ορόφους, και $h \geq 2,00m$ σε κτήρια με περισσότερους από 4 ορόφους. Η διάσταση των γωνιακών υποστυλωμάτων παραμένει σε τιμές μικρότερες των ανώτερων ορίων.

Η αύξηση των διαστάσεων επιλέχθηκε να γίνει στα γωνιακά υποστυλώματα, γιατί η θέση τους είναι μια τυπική θέση τοποθέτησης αντισεισμικών τοιχωμάτων στην κάτοψη ενός κτηρίου. Με τις επιλύσεις των μοντέλων που περιλαμβάνουν τα μεγαλύτερα γωνιακά υποστυλώματα, ελέγχεται η 'τάση' που υπάρχει στη μεταβολή του λόγου διάτμησης α_s , καθώς μεταβαίνουμε από ένα αμιγώς πλαισιακό σύστημα σε

ένα πιο “μεικτό” , που περιλαμβάνει τοιχώματα και υποστυλώματα. Τα στοιχεία αυτά μπορεί τυπικά να μην θεωρούνται αντισεισμικά τοιχώματα από τον Ε.Α.Κ., αλλά ένα στοιχείο με διαστάσεις π.χ. 145/30 δεν συμπεριφέρεται ως υποστυλώμα αλλά ως καμπιτικός πρόβολος οπότε η θεώρηση μεικτού συστήματος δεν απέχει πολύ από την πραγματικότητα. Βέβαια, δεν θεωρείται πως υπάρχει “Κατάλληλα Διαμορφωμένο Μεικτό Σύστημα” κατά την § 4.1.4.2. γι’ αυτό και εκτελούνται οι ικανοτικοί έλεγχοι στα μέλη του φορέα. Εκτός από την επιρροή της μορφής του στατικού συστήματος στην τιμή του λόγου διάτμησης και στην συχνότητα εμφάνισης κοντών υποστυλωμάτων, ελέγχεται και η επιρροή που έχει η διάσταση h του υποστυλώματος στην τιμή του λόγου διάτμησης, αφού ένα από τα υποστυλώματα που εξετάζονται σε κάθε επίλυση είναι το γωνιακό (Κ1).

Η στάθμη που μας ενδιέφερε περισσότερο ήταν η στάθμη του ισογείου, στην οποία παρατηρείται και η μέγιστη τέμνουσα στα υποστυλώματα. Επιπλέον, αυτή είναι και η στάθμη με την μεγαλύτερη πιθανότητα διατμητικής αστοχίας των υποστυλωμάτων εξαιτίας του επιπρόσθετου λόγου έλλειψης τοιχοπληρώσεων σε πολλά κτήρια (καταστήματα, PILOTIS).

Υπενθυμίζεται ότι οι λόγοι διάτμησης α_s που υπολογίστηκαν και ελέγχονται σε κάθε επίλυση, προέρχονται από τα μεγέθη M_{sd} , V_{sd} του **δυσμενέστερου σεισμικού συνδυασμού**, όπως ορίζει ο Ε.Κ.Ω.Σ. στην §18.4.9.1 και όχι από τον συνδυασμό που έδινε τον μικρότερο λόγο α_s . Ο έλεγχος γίνεται στην κρίσιμη διατομή του άκρου του υποστυλώματος, όπου εμφανίζεται η μέγιστη τιμή της ροπής M_{sd} και h είναι η διάσταση της διατομής στην διεύθυνση της τέμνουσας V_{sd} .

Παρακάτω παρουσιάζεται το κάθε μοντέλο που εξετάσθηκε, τα αποτελέσματά της στατικής ανάλυσης καθώς και ο σχολιασμός τους.

α) Όροφοι $n = 1$

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
n=1	Υπ/μα	h / b	H_l	h	M_κ	M_π	V	M_{max}/V	α_s= M_{max}/Vh	Κοντό (ΕΚΩΣ)	a_s = H_l/2h
1η Επίλωση	K1	30/30	2,40	0,30	-32	59	-38	1,55	5,18	όχι	4,00
	K2	30/30	2,40	0,30	36	-61	40	1,53	5,04	όχι	4,00
	K6	30/30	2,40	0,30	34	-55	37	1,49	4,98	όχι	4,00
2η Επίλωση	K1	60/30	2,40	0,60	-41	209	-104	2,01	3,35	όχι	2,00
	K2	30/30	2,40	0,30	27	-43	21	2,05	6,86	όχι	4,00
	K6	30/30	2,40	0,30	24	-38	26	1,46	4,94	όχι	4,00
3η Επίλωση	K1	90/30	2,40	0,90	5	383	157	2,44	2,71	όχι	1,33
	K2	30/30	2,40	0,30	-16	27	19	1,42	4,64	όχι	4,00
	K6	30/30	2,40	0,30	16	-26	18	1,44	4,86	όχι	4,00

- (1) Ονομασία υπ/τος
- (2) Διαστάσεις διατομής
- (3) Καθαρό ύψος υπ/τος
- (4) Η διάσταση του υποστυλώματος στην διεύθυνση ελέγχου
- (5) Ροπή κάμψης στην κεφαλή του υπ/τος από την στατική ανάλυση
- (6) Ροπή κάμψης στον πόδα του υπ/τος από την στατική ανάλυση
- (7) Τέμνουσα του υπ/τος από την στατική ανάλυση
- (8) Απόλυτη τιμή του λόγου μέγιστη ροπή ($\max(|M_{\kappa}|, |M_{\pi}|)$) προς τέμνουσα δύναμη V
- (9) Ο λόγος διάτμησης όπως ορίζεται από τον ΕΚΩΣ 2000 $\alpha_s = (9) / (5)$, ($\alpha_s = M/Vh$)
- (10) Έλεγχος υπ/τος βάσει του ορισμού α_s του ΕΚΩΣ
- (11) Ο λόγος διάτμησης βάσει των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του υπ/τος $a_s = H_l / 2h$

Στο ισόγειο κτήριο σε καμία από τις τρεις επιλύσεις δεν εμφανίστηκε υποστύλωμα που να έχει λόγο $\alpha_s < 2,50$.

Στην 1^η επίλυση ο λόγος διάτμησης α_s ήταν > 2.50 σε όλα τα υποστυλώματα. Όλα είχαν διαστάσεις διατομής 30/30.

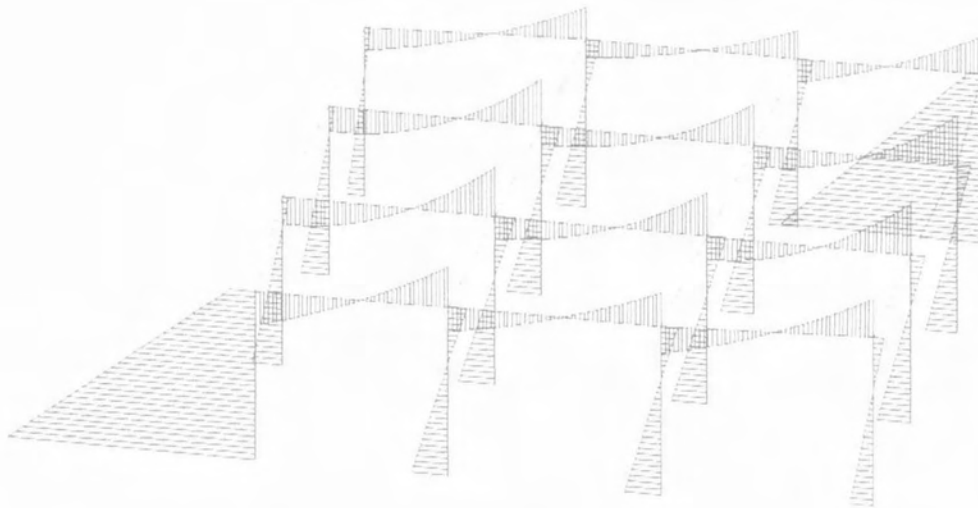
Στην 2^η επίλυση η διάσταση των γωνιακών υποστυλωμάτων αυξήθηκε με την φορά που φαίνεται στο σχήμα 4.1 από 30/30 σε 60/30. Με την μεταβολή αυτή μειώθηκε ο λόγος α_s από 5,18 σε 3,35 στο υποστύλωμα K1 (στο οποίο έγινε αύξηση των διαστάσεων). Στο K2 αυξήθηκε από 5,04 σε 6,86 και στο K6 έμεινε σχεδόν σταθερός, από $\alpha_s=4,98$ σε $\alpha_s=4,94$. Στο πρώτο υποστύλωμα η μείωση του α_s οφείλεται στην αύξηση του ποσοστού της τέμνουσας βάσης που αναλαμβάνει το υποστύλωμα, λόγω της αύξησης των διαστάσεων του. Παρόλο όμως που στο συγκεκριμένο μέλος αυξάνεται και η ροπή κάμψεως, σχεδόν τριπλασιάζεται, με ταυτόχρονη αύξηση και του λόγου M/V , ο λόγος διατμήσεως α_s τελικά μειώνεται επειδή διπλασιάζεται η διάσταση ελέγχου h του υποστυλώματος.

Στην 3^η επίλυση αυξήθηκε ακόμη περισσότερο η διάσταση των γωνιακών υποστυλωμάτων σε 30/90. Στο υποστύλωμα K1 μειώθηκε περαιτέρω η τιμή του α_s από 3,35 σε 2,71. Στο υποστύλωμα K2, ο α_s μειώθηκε συγκριτικά και με τις δύο προηγούμενες επιλύσεις. Στο υποστύλωμα K6 η τιμή του λόγου διάτμησης παρέμεινε σχεδόν σταθερή (4,86).

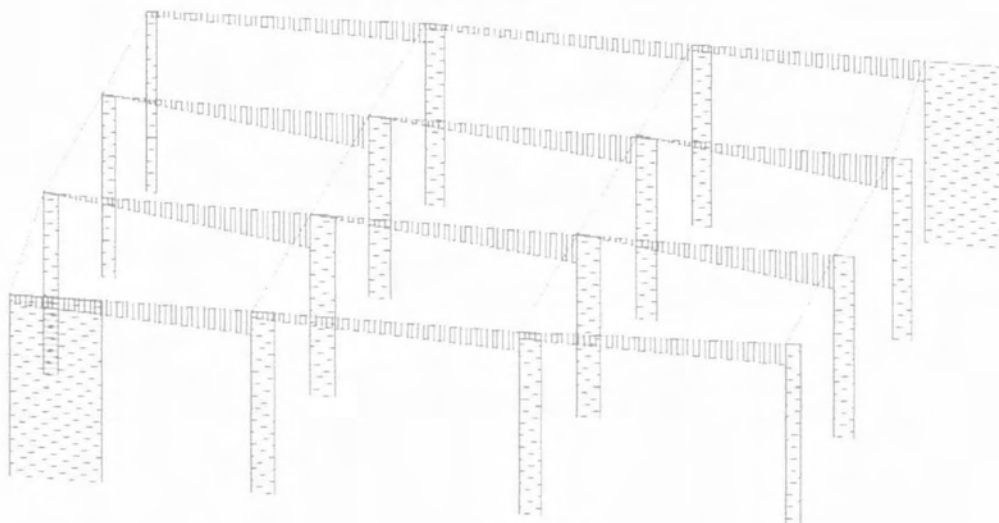
Στο K1 η ροπή αυξήθηκε κατά 650% συγκριτικά με την 1^η επίλυση και κατά 413% η τέμνουσα δύναμη, που οδήγησαν στην αύξηση του λόγου της ροπής προς την τέμνουσα από 1,55 σε 2,44. Ο λόγος διάτμησης, όμως, μειώθηκε από 5,18 σε 2,71, λόγω της αύξησης της διάστασης ελέγχου του υποστυλώματος από 0,30 σε 0,90m, παρόλο που αυξήθηκε ο λόγος M/V .

Στο υποστύλωμα K2, υπάρχει μείωση του α_s επειδή η ροπή που αναλαμβάνει μειώθηκε πολύ παραπάνω από την τέμνουσα δύναμη. Τα μεγέθη όμως είναι πολύ μικρά για να εξαχθούν περεταίρω συμπεράσματα για τον λόγο διάτμησης.

Το υποστύλωμα K6 (στο εσωτερικό της κάτοψης), δεν παρουσιάζει αλλαγή στην τιμή του α_s , όπως επίσης και στον λόγο M/V , επειδή δεν ανήκει στο πλαίσιο όπου συμμετέχει το υποστύλωμα K1 με την ισχυρή του διεύθυνση.



Σχήμα 4.2 Διάγραμμα ροπών κάμψεως υπό σεισμική φόρτιση προσομοιώματος $n=1$, επίλυση 3^η.



Σχήμα 4.3 Διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων υπό σεισμική φόρτιση προσομοιώματος $n=1$, επίλυση 3^η.

β) Όροφοι n = 3

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
n=3	Υπ/μα	h / b	H_I	h	M_K	M_Π	V	M_{max}/V	α_s= M_{max}/Vh	Κοντό (ΕΚΩΣ)	α_s = H_I/2h
Επίλυση 1η	K1	50/50	2,40	0,50	-23	243	-111	2,19	4,38	όχι	2,40
	K2	50/50	2,40	0,50	-109	246	-134	1,84	3,67	όχι	2,40
	K6	50/50	2,40	0,50	67	-242	129	1,88	3,76	όχι	2,40
Επίλυση 2η	K1	100/50	2,40	1,00	272	1079	-336	3,21	3,21	όχι	1,20
	K2	50/50	2,40	0,50	-36	189	-93	2,03	4,06	όχι	2,40
	K6	50/50	2,40	0,50	44	-177	91	1,95	3,89	όχι	2,40
Επίλυση 3η	K1	145/50	2,40	1,45	828	2091	-526	3,98	2,74	όχι	0,83
	K1B*	145/50	2,40	1,45	-91	651	309	2,11	1,45	κοντό	0,83
	K2	50/50	2,40	0,50	-20	132	-64	2,08	4,15	όχι	2,40
	K6	50/50	2,40	0,50	28	-127	65	1,97	3,93	όχι	2,40
Επίλυση 4η	K1	145/30	2,40	1,45	337	1256	-382	3,29	2,27	κοντό	0,83
	K1B	145/30	2,40	1,45	-191	283	-197	1,44	0,99	κοντό	0,83
	K2	50/50	2,40	0,50	-35	187	-92	2,02	4,05	όχι	2,40
	K6	50/50	2,40	0,50	44	-176	92	1,92	3,84	όχι	2,40

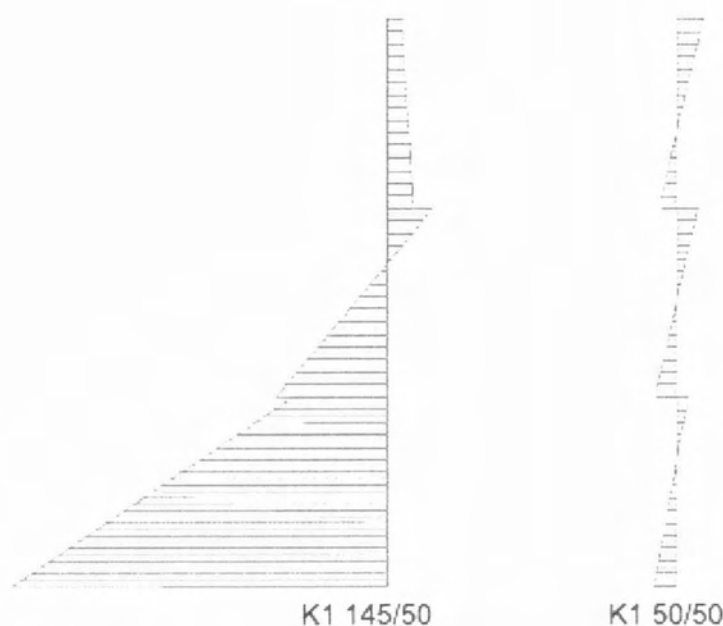
* Το σύμβολο Β δίπλα από το υποστυλώμα δηλώνει τον όροφο στο οποίο βρίσκεται (Β= Στάθμη 2, Γ=Στάθμη 3, κ.ο.κ)

Στην 1^η επίλυση με διαστάσεις όλων των υποστυλωμάτων 50/50 δεν εμφανίστηκε υποστυλώμα με α_s < 2,50.

Στην 2^η επίλυση, αυξήθηκε η διάσταση των γωνιακών υποστυλωμάτων από 50/50 σε 100/50. Στο υποστυλώμα K1 ο λόγος διάτμησης α_s μειώθηκε αλλά δεν έπεσε κάτω

από την τιμή 2,50. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως ενώ ο λόγος M/V αυξήθηκε, ο λόγος α_s μειώθηκε πάνω από 1 μονάδα, αποτέλεσμα που οφείλεται στη συνεισφορά της διάστασης h του υποστυλώματος στην τιμή του α_s . Το υποστυλώμα Κ2, εμφανίζει μεγαλύτερο α_s γιατί αυξήθηκε ο λόγος M/V , και η τιμή του h έμεινε αμετάβλητη. Το υποστυλώμα Κ6 εμφάνισε ελαφρώς μεγαλύτερη τιμή του λόγου διάτμησης.

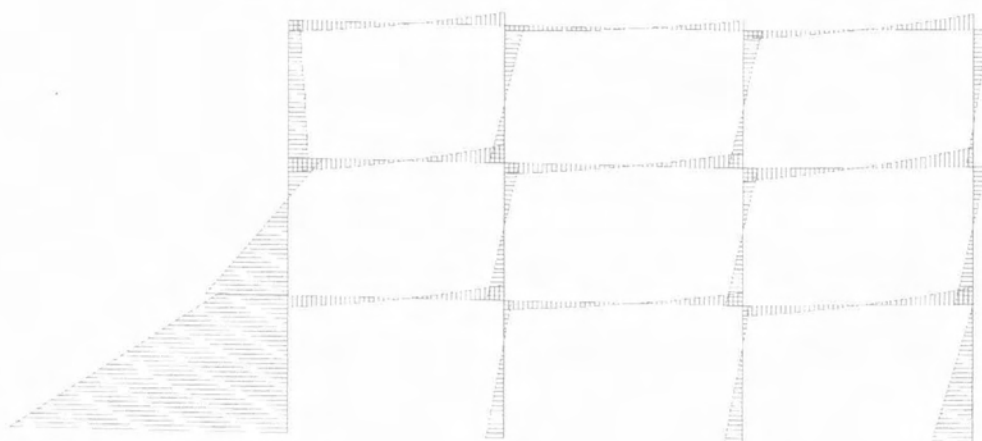
Στην 3^η επίλυση, όπως και στο μονώροφο μοντέλο, τα γωνιακά στοιχεία λόγω των μεγαλύτερων διαστάσεων τους (145/50) δεν συμπεριφέρονται ως τυπικά υποστυλώματα. Στο σχήμα 4.4 φαίνεται το διάγραμμα ροπών ενός υποστυλώματος με διαστάσεις 145/50 (Κ1, επίλυση 3^η) που συμπεριφέρεται ως καμπτικός πρόβολος με ομόσημο διάγραμμα ροπών μέχρι το μέσον του ύψους του, και το αντίστοιχο διάγραμμα ροπών ενός τυπικού υποστυλώματος με την χαρακτηριστική πριονωτή μορφή, με ετερόσημες τιμές ροπών μεταξύ κεφαλής και πόδα.



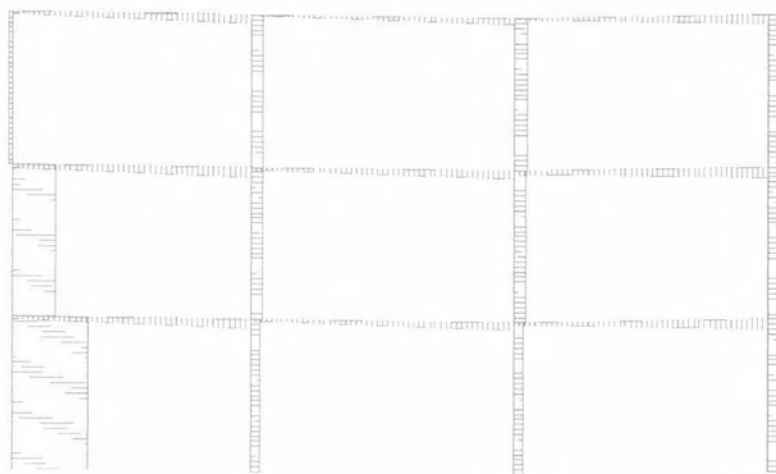
Σχήμα 4.4 Μορφή διαγράμματος ροπών καμπτικού προβόλου 145/50 και τυπικού υποστυλώματος 50/50 υπό σεισμική φόρτιση.

Η μορφή του διαγράμματος των ροπών κάμψης του στοιχείου Κ1 (σχήμα 4.5), δηλώνει πως το μέλος λειτουργεί πλέον σαν καμπτικός πρόβολος, η ύπαρξη του

οποίου έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή του στατικού συστήματος από αμιγώς πλαισιακό σε μεικτό.



Σχήμα 4.5 Μορφή διαγράμματος ροπών κάμψεως πλαισίου υπό σεισμική φόρτιση προσομοιώματος $n=3$, επίλυση 3^η.



Σχήμα 4.6 Μορφή διαγράμματος τεμνουσών δυνάμεων πλαισίου υπό σεισμική φόρτιση προσομοιώματος $n=3$, επίλυση 3^η.

Σύμφωνα με τον κανονισμό, από τη στιγμή που το στοιχείο θεωρείται υποστύλωμα, απαιτείται κατά τη διαστασιολόγηση του φορέα να ελεγχθεί ο λόγος $\alpha_s = M/Vh$ αν είναι μικρότερος του 2,50. Δηλαδή απαιτείται να γίνει ένας έλεγχος ο οποίος αφορά μόνο υποστυλώματα που έχουν την τυπική ή σχεδόν την τυπική κατανομή των

ροπών ενός αμφίπακτου υποστυλώματος. Όπως έχει αναφερθεί και στο δεύτερο κεφάλαιο η έννοια του λόγου διάτμησης και της οριακής τιμής 2,50 προέρχεται από το στατικό μοντέλο του αμφίπακτου υποστυλώματος. Αρχικά ο λόγος διάτμησης εισήχθηκε ως ένα καθαρά γεωμετρικό μέγεθος με την διατύπωση :

$$a_s = \frac{L}{2h} \quad (4.1)$$

όπου L το μήκος του υποστυλώματος και h η εξεταζόμενη διάσταση της διατομής. Η ισότητα 4.2 ισχύει μόνο για το αμφίπακτο υποστυλώμα με το αντισυμμετρικό διάγραμμα ροπών.

$$\alpha_s = \frac{M}{Vh} = \frac{V \frac{L}{2}}{Vh} = \frac{L}{2h} = a_s \quad (4.2)$$

Επιπρόσθετα, η τιμή 2,50 προέρχεται από πειράματα σε υποστυλώματα και αφορά τα γεωμετρικά μεγέθη της διατομής. Επομένως, ίσως να μην είναι ορθή η εφαρμογή του ελέγχου του λόγου διάτμησης και του ορίου 2,5 σε στοιχεία που δεν παρουσιάζουν το συγκεκριμένο αντισυμμετρικό διάγραμμα ροπών και ακόμη περισσότερο αν τελικά πρόκειται για ένα διαφορετικό στατικό σύστημα, όπως τον πρόβολο.

Στο μοντέλο της 3^{ης} επίλυσης, δεν παρουσιάστηκε υποστυλώμα με $a_s < 2,50$ στο ισόγειο.

Στο μοντέλο της 4^{ης} επίλυσης, οι διαστάσεις των γωνιακών υποστυλωμάτων έγιναν 145/30. Το υποστυλώμα K1 είχε λόγο $a_s = 2,27 < 2,50$ αλλά δεν πρόκειται για κοντό υποστυλώμα αφού οι διαστάσεις του στοιχείου αλλά και το διάγραμμα ροπών κάμψεως δείχνουν πως πρόκειται για ένα επιφανειακό στοιχείο που συμπεριφέρεται ως καμπτικός πρόβολος (σχήμα 4.8) και όχι ως αμφίπακτο υποστυλώμα. Αν η διάστασή του ήταν 5cm μεγαλύτερη θα ήταν και τυπικά αντισεισμικό τοίχωμα σύμφωνα με τον Ε.Α.Κ.

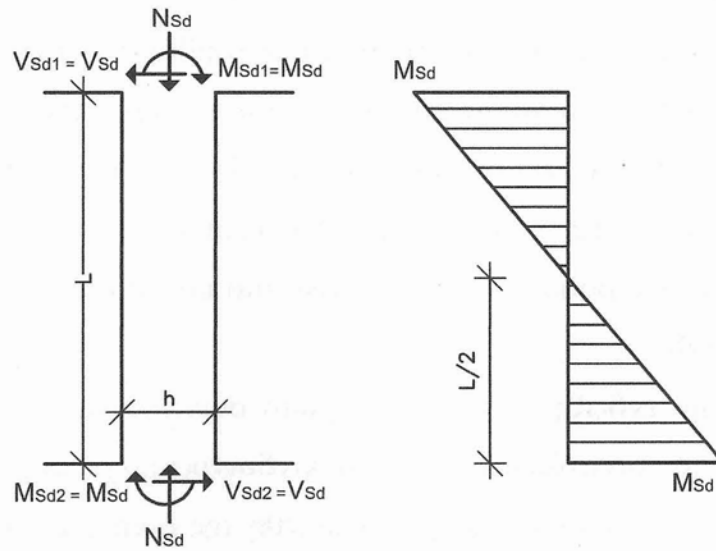
Ένα δεύτερο ενδιαφέρον στοιχείο που παρουσιάστηκε στις επιλύσεις 3 και 4 είναι ότι στο υποστυλώμα K1 ο λόγος διάτμησης είναι $a_s < 2,5$ στον 1^ο όροφο όπου

παρουσιάζονται κοντά υποστυλώματα, ενώ στο ισόγειο παρόλο που παρουσιάζεται η μέγιστη τέμνουσα βάσης, δεν εμφανίζονται κοντά υποστυλώματα.

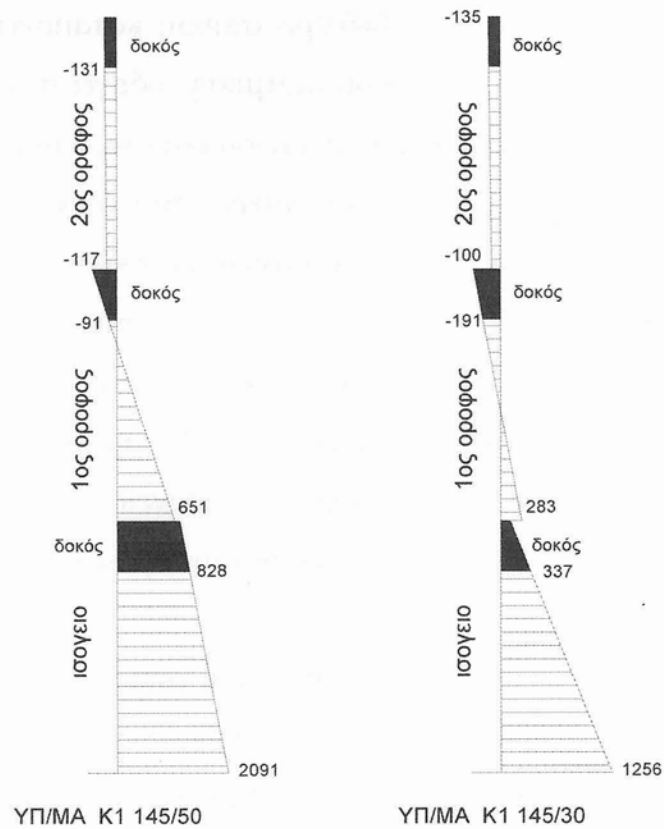
Πιο συγκεκριμένα, στην επίλυση 3 το υποστυλώμα Κ1 εμφανίζεται ως κανονικό στο ισόγειο, αλλά ως κοντό στον όροφο, ενώ οι διαστάσεις της διατομής παραμένουν σταθερές (145/50) καθ' όλο το ύψος του κτηρίου. Αυτό που αλλάζει είναι ο λόγος M/V , που από 3,98 στη στάθμη του ισογείου, στη στάθμη του 1^{ου} ορόφου γίνεται 2,11 και οδηγεί και στην ανάλογη μείωση του α_s . Το ίδιο φαινόμενο ακόμα πιο έντονα παρατηρείται στην 4^η επίλυση όπου, ο λόγος α_s στο ισόγειο είναι 2,27 και στον 1^ο όροφο γίνεται 0,99 δηλώνοντας πως πρόκειται για ένα στοιχείο με έντονη διατμητική συμπεριφορά.

Η αιτία που οδηγεί σε αυτό το αποτέλεσμα είναι πως στη 2^η στάθμη, το διάγραμμα ροπών πλησιάζει περισσότερο στην αντισυμμετρική μορφή του διαγράμματος ροπών του αμφίπακτου υποστυλώματος, η οποία δίνει το δυσμενέστερο λόγο α_s για σταθερή τιμή της διάστασης h του υποστυλώματος. Όπως παρουσιάζεται αναλυτικά και στο κεφάλαιο 3.Β, η μέγιστη ροπή στο άκρο του υποστυλώματος, απ' όπου υπολογίζεται και ο λόγος α_s , λαμβάνει την ελάχιστη τιμή της -που οδηγεί και σε μικρότερο λόγο διάτμησης-, όταν το διάγραμμα ροπών είναι πλήρως αντισυμμετρικό με σημείο μηδενισμού των ροπών στο μέσον του ύψους του υποστυλώματος, και παίρνει την τιμή

$$M_m = VL/2 \quad (4.3)$$



Σχήμα 4.7 Διάγραμμα ροπών κάμψεως αμφίτακτου υποστυλώματος



Σχήμα 4.8 Διάγραμμα ροπών κάμψεως υποστυλωμάτων Κ1 για επίλυση 3 και 4.

Όταν το σημείο μηδενισμού μετακινηθεί λίγο πιο πάνω η πιο κάτω από το μέσον του ύψους τότε η μέγιστη ροπή στο υποστυλωμα λαμβάνει μια τιμή VxL' , όπου $L' > L/2$ και συνεπώς δίνει και μεγαλύτερο λόγο διάτμησης αφού αυτός υπολογίζεται από την μέγιστη ροπή που ασκείται στο υποστυλωμα. Γι αυτό και στον 1^ο όροφο έχουμε μικρότερους λόγους α_s στα υποστυλώματα K1, ειδικά στην επίλυση 4 όπου και το σημείο μηδενισμού των ροπών βρίσκεται πολύ πιο κοντά στο μέσον του ύψους του στοιχείου (σχήμα 4.8).

Βλέποντας, την ένδειξη $\alpha_s < 2,5$ το πρώτο συμπέρασμα που βγαίνει για τον μελετητή είναι ότι το υποστυλωμα, ως κοντό, κινδυνεύει ή έχει μεγάλη πιθανότητα να αστοχήσει διατμητικά. Όμως αν δούμε τα μεγέθη της ροπής και της τέμνουσας που δρουν στη διατομή θα διαπιστώσουμε πως η ροπή M_{sd} από 2091 kNm στο ισόγειο μειώθηκε σε 651kNm στον όροφο και η τέμνουσα V_{sd} από 526kN σε 309kN στην επίλυση 3. Στην επίλυση 4 η ροπή από 1256 σε 283 kNm ροπή και η τέμνουσα από 382 σε 197kN, ενώ οι διαστάσεις του υποστυλώματος παραμένουν ίδιες σε ισόγειο και όροφο. Δηλαδή το υποστυλωμα στην δεύτερη στάθμη καταπονείται πολύ λιγότερο από ότι στο ισόγειο. Ο έλεγχος του λόγου διάτμησης οδηγεί σε πιθανώς εσφαλμένα συμπεράσματα για την συμπεριφορά του στοιχείου και στις 2 παραπάνω περιπτώσεις αφού ο λόγος διάτμησης α_s προκύπτει δυσμενέστερος στον όροφο απ' ότι στο ισόγειο.

Ο συνδυασμός M,V για τον υπολογισμό του α_s προέκυψε από τον δυσμενέστερο συνδυασμό, όπως υποδεικνύει ο ΕΚΩΣ αλλά δεν ήταν ο κρίσιμος για την διαστασιολόγηση της διατομής. Ο κρίσιμος έλεγχος για την διαστασιολόγηση ήταν ο "Ικανοτικός Έλεγχος Κόμβου" ο οποίος αύξησε την M_{sd} της διατομής κατά 245% στην δεύτερη στάθμη, έναντι 34,5% στην στάθμη του ισογείου, μέσω των συντελεστών ικανοτικής μεγέθυνσης α_{CD} , οι οποίοι είναι 3,50 για τον όροφο και 1,35 για το ισόγειο ($M_{sd} = \alpha_{CD} \times M_E$).

Επομένως η διατομή διαστασιολογείται τελικά από φορτία που απέχουν πολύ από τις τιμές M,V απ' όπου υπολογίζεται ο λόγος διάτμησης, με αποτέλεσμα η αστοχία της διατομής να μην προσδιορίζεται από αυτόν. Μόνο αν διατηρηθεί η ίδια αναλογία M/V στον λόγο διάτμησης και στον κρίσιμο συνδυασμό για την διαστασιολόγηση της διατομής, μπορούμε να πούμε πως ο λόγος διάτμησης, έτσι όπως ορίζεται από τον ΕΚΩΣ, υποδεικνύει και τον πιθανό τρόπο αστοχίας του στοιχείου.

Το υποστύλωμα Κ2 ξεκίνησε με λόγο διάτμησης 3,67 στην 1^η επίλυση, και μετά την αύξηση των διαστάσεων των γωνιακών υποστυλωμάτων η τιμή του α_s κυμάνθηκε μεταξύ των τιμών 4,05÷4,15.

Το υποστύλωμα Κ6 δεν επηρεάστηκε σχεδόν καθόλου από την μεταβολή των διαστάσεων των γωνιακών υποστυλωμάτων επειδή βρίσκεται στο εσωτερικό της κάτοψης και δεν ανήκει σε πλαίσιο που επηρεάζεται άμεσα από την αλλαγή των διαστάσεων των γωνιακών υποστυλωμάτων . Η τιμή του στην 1^η επίλυση ήταν 3,76, όπου όλα τα υποστυλώματα είχαν ίδιες διαστάσεις, και στη συνέχεια αυξήθηκε πολύ λίγο, μέχρι την τιμή 3,93 όταν αυξήθηκαν οι διαστάσεις των γωνιακών στοιχείων.

γ) Οροφοι n = 5

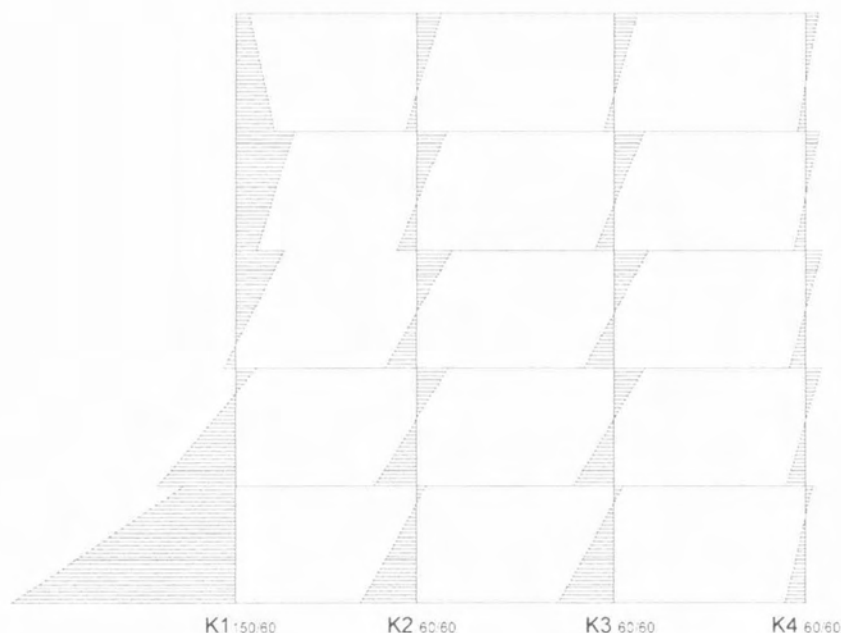
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
n=5	Υπ/μσ	h / b	H_I	h	M_κ	M_π	V	M_{max}/V	α_s = M_{max}/Vh	Κοντό (ΕΚΩΣ)	a_s = H_I/2h
Επίλυση 1η	K1	60/60	2,40	0,60	73	535	-192	2,79	4,64	όχι	2,00
	K2	60/60	2,40	0,60	12	575	-234	2,46	4,10	όχι	2,00
	K6	60/60	2,40	0,60	4	-523	226	2,31	3,86	όχι	2,00
Επίλυση 2η	K1	100/60	2,40	1,00	648	1751	-459	3,81	3,81	όχι	1,20
	K1B	100/60	2,40	1,00	-23	649	-279	2,33	2,33	ΚΟΝΤΟ	1,20
	K2	60/60	2,40	0,60	26	469	-184	2,55	4,25	όχι	2,00
	K6	60/60	2,40	0,60	59	-435	182	2,39	3,97	όχι	2,00
Επίλυση 3η	K1	150/60	2,40	1,50	2013	3943	-805	4,90	3,27	όχι	0,80
	K1B	150/60	2,40	1,50	435	1749	-547	3,20	2,13	ΚΟΝΤΟ	0,80
	K1Γ	150/60	2,40	1,50	189	-620	-337	1,84	1,23	ΚΟΝΤΟ	0,80
	K2	60/60	2,40	0,60	33	341	-128	2,66	4,44	όχι	2,00
	K6	60/60	2,40	0,60	122	-324	121	2,68	4,46	όχι	2,00
Επίλυση 4η	K1	190/60	2,40	1,90	3436	5902	-1027	5,75	3,02	όχι	0,63
	K1B	190/60	2,40	1,90	1154	2996	-767	3,91	2,06	ΚΟΝΤΟ	0,63
	K1Γ	190/60	2,40	1,90	-242	935	-490	1,91	1,00	ΚΟΝΤΟ	0,63
	K2	60/60	2,40	0,60	32	263	-96	2,74	4,57	όχι	2,00
	K6	60/60	2,40	0,60	-11	-255	101	2,52	4,21	όχι	2,00
Επίλυση 5η (μετ. διατ.)	K1	150/60	2,40	1,50	1853	3871	-841	4,60	3,07	όχι	0,80
	K1B	130/60	2,40	1,30	333	1559	-511	3,05	2,35	ΚΟΝΤΟ	0,92
	K1Γ	110/60	2,40	1,10	-219	321	-225	1,43	1,30	ΚΟΝΤΟ	1,09
	K2	60/60	2,40	0,60	43	325	-117	2,78	4,63	όχι	2,00
	K6	60/60	2,40	0,60	-14	-300	122	2,46	4,10	όχι	2,00
Επίλυση 6η	K1	150/30	2,40	1,50	714	1907	-497	3,84	2,56	όχι	0,80
	K1B	150/30	2,40	1,50	294	685	-293	2,34	1,56	ΚΟΝΤΟ	0,80
	K1Γ	150/30	2,40	1,50	-373	125	-187	1,99	1,33	ΚΟΝΤΟ	0,80
	K2	60/60	2,40	0,60	-20	-470	188	2,50	4,17	όχι	2,00
	K2B	60/60	2,40	0,60	127	-354	210	1,69	2,81	όχι	2,00
	K6	60/60	2,40	0,60	8	-445	189	2,35	3,92	όχι	2,00
	K6B	60/60	2,40	0,60	313	368	233	1,58	2,63	όχι	2,00

Στο πενταόροφο κτήριο έγιναν 5 διαφορετικές επιλύσεις.

1. Στην 1^η επίλυση όλα τα υποστυλώματα είχαν τετραγωνική διατομή 60/60.
2. Στην 2^η επίλυση τα γωνιακά υποστυλώματα αυξήθηκαν σε 100/60
3. Στην 3^η επίλυση τα γωνιακά υποστυλώματα αυξήθηκαν σε 150/60
4. Στην 4^η επίλυση τα γωνιακά υποστυλώματα αυξήθηκαν σε 190/60
5. Στην 5^η επίλυση τα γωνιακά υποστυλώματα είχαν στο ισόγειο διάσταση 150/60 η οποία μειώνονταν καθ' ύψος με βήμα 0,20m ανά όροφο κατά την κύρια διεύθυνση x.

Σε καμία από τις 5 επιλύσεις δεν παρουσιάστηκε κοντό υποστυλώμα στο ισόγειο του κτηρίου, ακόμη και για κατακόρυφο στοιχείο διαστάσεων 190/60.

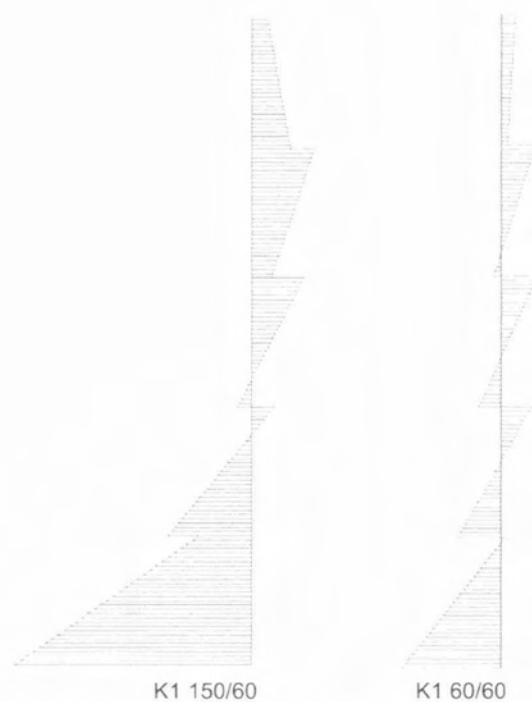
Στο υποστυλώμα K2 παρατηρήθηκε μια μικρή αύξηση του α_s . Από 4,10 στην πρώτη επίλυση αυξήθηκε σχεδόν αναλογικά με το βήμα της αύξησης των διαστάσεων των γωνιακών υποστυλωμάτων μέχρι την τιμή 4,63. Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις μειώθηκε η τέμνουσα που ασκείται στο υποστυλώμα λόγω της μεγαλύτερης ακαμψίας του γειτονικού K1. Η σημαντική επίδραση ενός υποστυλώματος αυξημένων διαστάσεων ή ενός αντισεισμικού τοιχώματος σε ένα πλαίσιο φαίνεται στο σχήμα 4.9.



Σχήμα 4.9 Διάγραμμα ροπών κάμψεως κατακόρυφων στοιχείων πλαισίου με αντισεισμικό τοίχωμα υπό σεισμική φόρτιση.

Στο υποστυλώμα Κ6, η τιμή του α_s κυμάνθηκε από 3,86 έως 4,46. Η μεταβολή των διαστάσεων γενικά αύξησε την τιμή του α_s , η οποία ήταν αρκετά μεγαλύτερη του 2,5 ήδη από την αρχική επίλυση.

Το υποστυλώμα Κ1 δεν εμφάνισε λόγο διάτμησης μικρότερο του 2,5 στο ισόγειο. Η τιμή του α_s μειώθηκε με την αύξηση των διαστάσεων του, λόγω της επιρροής της διάστασης h του υποστυλώματος στην τιμή του α_s , αφού ενώ αυξάνεται ο λόγος M/V από 2,79 σε 5,75, ο λόγος διάτμησης μειώνεται από 4,64 σε 3,02. Τιμή μικρότερη του 2,5 εμφανίστηκε μόνο στη δεύτερη και τρίτη στάθμη του μοντέλου. Η αιτία για την εμφάνιση τιμών του λόγου διάτμησης μικρότερων του 2,5 στους ορόφους είναι η μορφή του διαγράμματος των ροπών κάμψης του υποστυλώματος, όπως φαίνεται και στο σχ.4.10.



Σχήμα 4.10 Διάγραμμα Ροπών κάμψης του υπ/τος Κ1 καθ' όλο το ύψος του πενταόροφου κτηρίου.

Το διάγραμμα καμπτικών ροπών του μέλους Κ1 150/60 είναι ουσιαστικά διάγραμμα ροπών αντισεισμικού τοιχώματος, που δρα ως καμπτικός πρόβολος με

ομόσημες τιμές των ροπών κάμψης μέχρι το μέσον του μεσαίου ορόφου που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι ο δεύτερος όροφος (τρίτη στάθμη). Γι αυτό και στον δεύτερο όροφο εμφανίζονται και οι μικρότεροι λόγοι α_s για όλες τις επιλύσεις. Σ' αυτή την στάθμη το διάγραμμα του υποστυλώματος προσεγγίζει τη μορφή του διαγράμματος αμφίπακτου υποστυλώματος δίνοντας και την μικρότερη σχέση M/V . Σπάνια όμως έχει αναφερθεί διατμητική αστοχία υποστυλώματος σε μέσες στάθμες κτηρίου αφού όπως αναφέραμε και πιο πάνω στις ανώτερες στάθμες οι τιμές της σχέση M/V απέχουν σημαντικά από τις τελικές τιμές M , V με τις οποίες διαστασιολογείται το υποστυλώμα.. Στην στάθμη του ισογείου που παρατηρούνται κατά πλειοψηφία οι συγκεκριμένοι τύποι αστοχίας, οι τιμές του δείκτη α_s είναι μεγαλύτερες του 2,5 υποδηλώνοντας πως τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία του ισογείου δεν έχουν μεγάλο κίνδυνο να αστοχήσουν διατμητικά..

δ) Όροφοι n = 7

n=7	(1) Υπ/μσ	(2) h / b	(3) H _l	(4) h	(5) Μ _κ	(6) Μ _π	(7) V	(8) M _{max} /V	(9) α _s = M _{max} /Vh	(10) Κοντό (ΕΚΩΣ)	(11) a _s = H _l /2h
Επίλυση 1η	K1	70/70	2,40	0,70	307	980	-280	3,50	5,00	όχι	1,71
	K1B	70/70	2,40	0,70	-39	507	-227	2,23	3,19	όχι	1,71
	K2	70/70	2,40	0,70	227	1033	-335	3,08	4,41	όχι	1,71
	K2B	70/70	2,40	0,70	-153	679	-346	1,96	2,80	όχι	1,71
	K6	70/70	2,40	0,70	-161	-951	239	3,98	5,68	όχι	1,71
	K6B	70/70	2,40	0,70	191	-691	327	2,11	3,02	όχι	1,71
Επίλυση 2η	K1	140/70	2,40	1,40	2786	4980	-914	5,45	3,89	όχι	0,86
	K1B	140/70	2,40	1,40	956	2536	-650	3,90	2,79	όχι	0,86
	K1Γ	140/70	2,40	1,40	-93	978	-446	2,19	1,57	κοντό	0,86
	K2	70/70	2,40	0,70	211	752	-225	3,34	4,77	όχι	1,71
	K2B	70/70	2,40	0,70	-85	592	-281	2,11	3,01	όχι	1,71
	K6	70/70	2,40	0,70	-158	-713	232	3,07	4,39	όχι	1,71
	K6B	70/70	2,40	0,70	122	-602	301	2,00	2,86	όχι	1,71
Επίλυση 3η	K1	140/30	2,40	1,40	798	1916	-465	4,12	2,94	όχι	0,86
	K1B	140/30	2,40	1,40	100	867	-320	2,71	1,94	κοντό	0,86
	K1Γ	140/30	2,40	1,40	-207	357	-235	1,52	1,09	κοντό	0,86
	K2	70/70	2,40	0,70	-214	-965	313	3,08	4,40	όχι	1,71
	K2B	70/70	2,40	0,70	140	-644	326	1,98	2,82	όχι	1,71
	K6	70/70	2,40	0,70	-158	-918	317	2,90	4,14	όχι	1,71
	K6B	70/70	2,40	0,70	181	-673	356	1,89	2,70	όχι	1,71

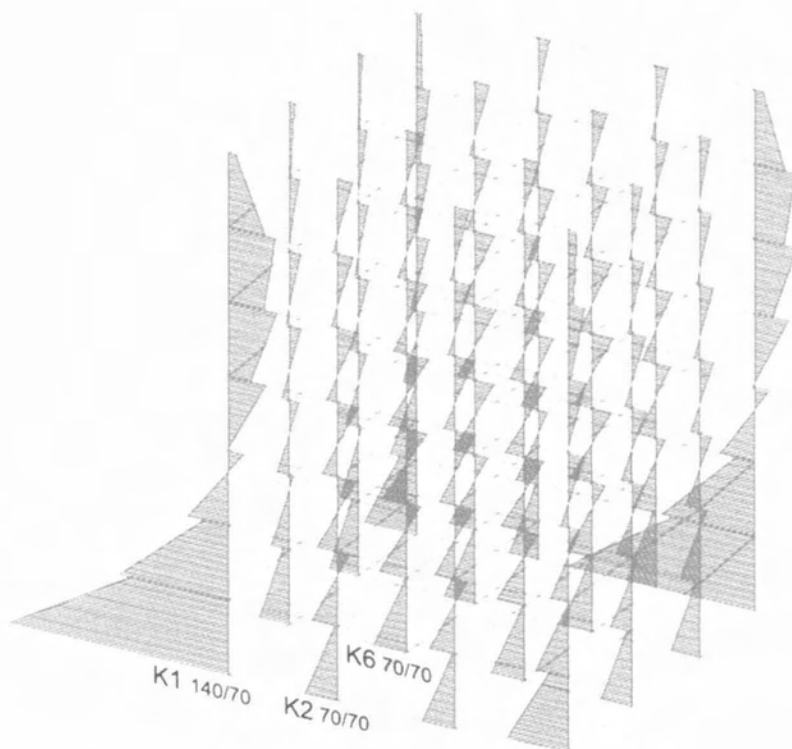
Στο επταώροφο κτήριο έγιναν τρεις επιλύσεις.

1. Επίλυση με τετραγωνικά υποστυλώματα διαστάσεων 70/70 σε όλη την κάτοψη του κτηρίου.
2. Αύξηση των τεσσάρων γωνιακών υποστυλωμάτων από 70/70 σε 140/70 με διατήρηση της διατομής των υπόλοιπων υποστυλωμάτων σε 70/70.
3. Αύξηση των τεσσάρων γωνιακών υποστυλωμάτων από 70/70 σε 140/30 με διατήρηση της διατομής των υπόλοιπων υποστυλωμάτων σε 70/70.

Όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα, στην 1^η επίλυση δεν παρουσιάστηκε κανένα κοντό υποστυλώμα. Στην δεύτερη και στην τρίτη επίλυση παρουσιάστηκε κοντό υποστυλώμα στην τρίτη στάθμη, στην οποία αλλάζει πρόσημο το διάγραμμα ροπών του υποστυλώματος K1, όπως αντίστοιχα συνέβη και στο πενταώροφο και στο τριώροφο κτήριο. Στο σχήμα 4.11 φαίνεται και το αντίστοιχο διάγραμμα ροπών του κτηρίου.

Ο δείκτης α_s μειώθηκε στο υποστυλώμα K1 στη στάθμη του ισόγειου στις επιλύσεις 2 και 3, λόγω της αύξησης της διάστασης h του στοιχείου από 0,70 σε 1,40m παρόλο που αυξήθηκε ο λόγος M/V .

Στο υποστυλώμα K2 αυξήθηκε κατά ένα μικρό ποσοστό, και στο υποστυλώμα K6 μειώθηκε επειδή ενώ μειώθηκε η τιμή της ροπής κάμψεως, η τιμή της τέμνουσας έμεινε σχεδόν σταθερή στο ισόγειο. Παρά την μείωση αυτή η τιμή του α_s δεν ήταν μικρότερη από 2,5.



Σχήμα 4.11 Διάγραμμα Ρολών κάμψης υπ/των καθ' όλο το ύψος του επταώροφου κτηρίου για τον δυσμενέστερο σεισμικό συνδυασμό, για το γωνιακό υπ/μα K1 140/70.

Συμπεράσματα

- Από όλες τις επιλύσεις όλων των μοντέλων μόνο ένα υποστυλώμα στη στάθμη του ισογείου εμφάνισε λόγο διάτμησης $\alpha_s = 2,27 < 2,5$, και ήταν το υποστυλώμα K1 145/30 στο τριώροφο κτήριο. Στην πραγματικότητα όμως ένα στοιχείο τέτοιων διαστάσεων δεν μπορεί να θεωρηθεί υποστυλώμα, αλλά τοίχωμα. Αυτό φαίνεται και από το διάγραμμα των καμπτικών ροπών (σχήμα 4.8) που είναι ομόσημο μέχρι και το μέσο της δεύτερης στάθμης. Άρα στην ουσία **δεν εμφανίστηκε κανένα κοντό υποστυλώμα στην στάθμη του ισογείου.**
- Η διάσταση h του υποστυλώματος έχει σημαντική επιρροή στην εμφάνιση ή όχι κοντού υποστυλώματος. Με την αύξηση της διάστασης h της διατομής, ενώ ο λόγος M/V παρουσίαζε αύξηση σε αρκετά υποστυλώματα, ο λόγος διάτμησης α_s τελικά μειωνόταν. Όμως η υπερβολικά μεγάλη αύξηση του h εμφανίζει ως κοντά υποστυλώματα στοιχεία με χαρακτηριστικά τοιχώματος,
- Ο λόγος διάτμησης α_s αν χρησιμοποιηθεί ως δείκτης για τον εντοπισμό υποστυλωμάτων που έχουν μεγαλύτερο κίνδυνο να αστοχήσουν διατμητικά, προσεγγίζει περισσότερο την πραγματικότητα μόνο αν αναφέρεται στη διατομή του πόδα του υποστυλώματος στη στάθμη του ισογείου όπου ο συντελεστής ικανοτικής μεγέθυνσης είναι $\alpha_{CD} = 1,35$. Μόνο στη διατομή αυτή οι τιμές των φορτίων διατομής M, V που προσδιορίζουν τον λόγο διάτμησης, δεν απέχουν πολύ από τις τιμές M_{sd}, V_{sd} με τις οποίες τελικά διαστασιολογείται η διατομή. Έτσι αν η σχέση ροπή προς τέμνουσα (M/V) διατηρείται και στην τελική αντοχή της διατομής, τότε ίσως προσδιορίζεται ως ένα βαθμό και ο πιο πιθανός τρόπος αστοχίας της. Στους ανώτερους ορόφους, όπου οι συντελεστές α_{CD} έχουν μεγαλύτερες τιμές η αναλογία M/V δεν διατηρείται κατά την διαστασιολόγηση και ο λόγος διάτμησης δεν είναι ενδεικτικός του πιθανού τρόπου αστοχίας της διατομής.

- Οι μικρότεροι λόγοι διάτμησης α_s παρατηρούνται στους μεσαίους ορόφους κτηρίων με τοιχώματα ή γενικότερα κατακόρυφα στοιχεία μεγάλων διαστάσεων και συγκεκριμένα στον όροφο όπου έχουμε αλλαγή στο πρόσημο της τιμής του διαγράμματος των ροπών κάμψης. Εκεί το διάγραμμα ροπών του υποστυλώματος έχει την αντισυμμετρική μορφή του διαγράμματος ροπών αμφίπακτου υποστυλώματος, το οποίο οδηγεί και στον **μικρότερο** λόγο διάτμησης με τιμή $L/2h$. Όμως τελικά ο υπολογισμός του λόγου διατμήσεως μπορεί να μην έχει καμία χρησιμότητα αφού δεν είναι ενδεικτικός του τρόπου αστοχίας του κατακόρυφου στοιχείου, όταν αυτό βρίσκεται σε ανώτερες στάθμες.

Κεφάλαιο 5ο : Επιλύσεις κτηρίων για τον προσδιορισμό κοντών υποστυλωμάτων

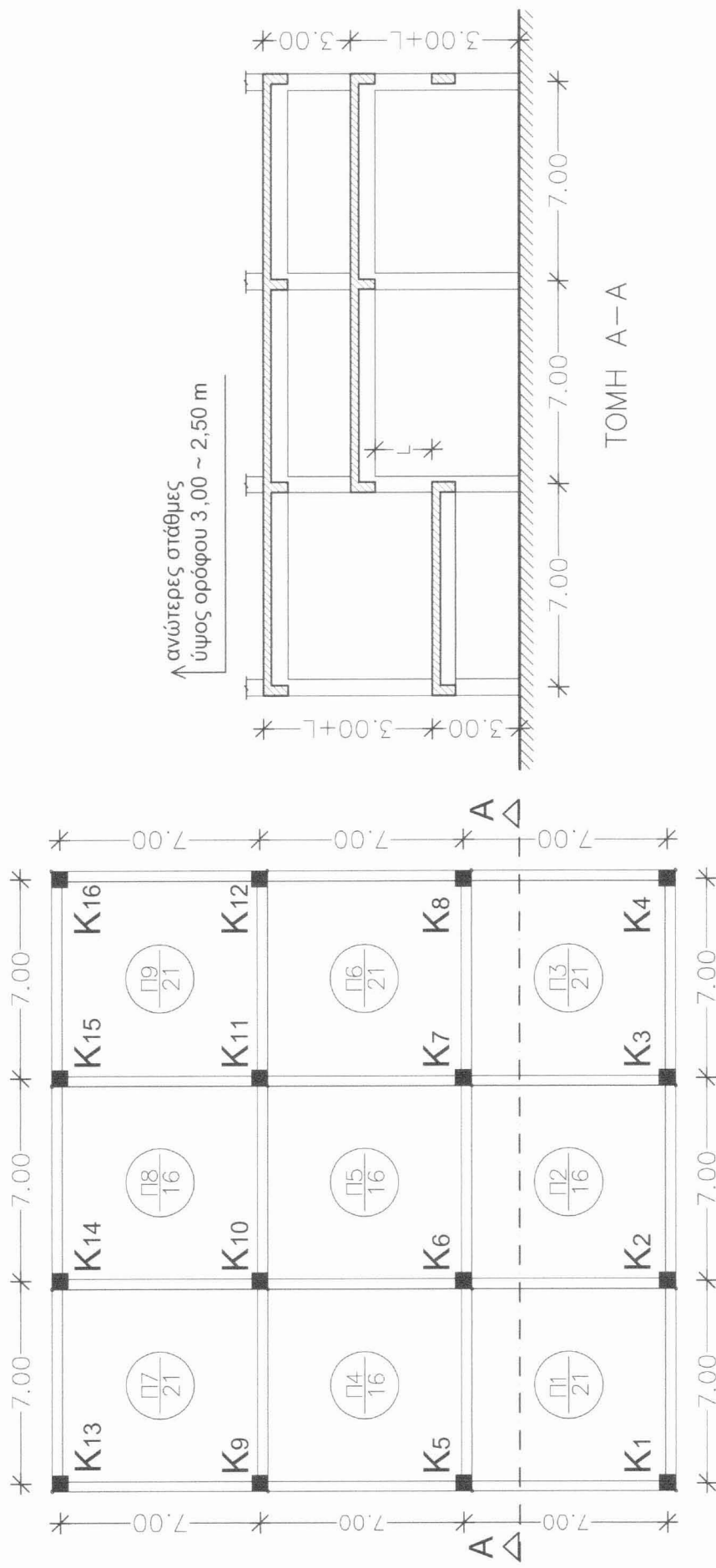
α) Προσομοιώματα κτηρίων

Η συχνότητα εμφάνισης κοντών υποστυλωμάτων σε κανονικά κτήρια οπλισμένου σκυροδέματος είναι πολύ μικρή, σχεδόν μηδενική, όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο όπου και παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα των αναλύσεων που έγιναν σε διάφορα προσομοιώματα. Τα κοντά υποστυλώματα, που εμφανίστηκαν ήταν ελάχιστα, τα δε περισσότερα από αυτά είχαν διατομές με μεγάλες διαστάσεις που απέιχαν πολύ από τις διαστάσεις των υποστυλωμάτων που συνήθως απαντώνται στις κατασκευές.

Ένα υποστυλώμα για να έχει λόγο διάτμησης $\alpha_s < 2,50$, πρέπει είτε να έχει μεγάλη διάσταση διατομής h , είτε να έχει σχετικά μικρό ύψος L . Αν αυξηθεί όμως αρκετά η διάσταση της h της διατομής, το στοιχείο γίνεται τοίχωμα (επιφανειακό στοιχείο) και η προσομοίωση του σε ένα μοντέλο ως υποστυλώμα (γραμμικό στοιχείο) εισάγει αρκετά σφάλματα, τόσο στην ανάλυση, όσο και στη διαστασιολόγησή του. Περιορισμός υπάρχει και στην τιμή του ύψους ενός υποστυλώματος. Σε ένα κανονικό κτήριο το ύψος L του υποστυλώματος καθορίζεται από το ύψος του ορόφου στον οποίο βρίσκεται, και δεν μπορεί να πάρει τιμή τέτοια που να καταλύει την λειτουργικότητα του κτηρίου, θέτοντας ως κάτω όριο την τιμή 2,20m που είναι και το ελάχιστο ελεύθερο ύψος πρόσβασης.

Κατά την ανάλυση κανονικών κτηρίων στα οποία ικανοποιούνταν οι παραπάνω περιορισμοί για το ύψος και τις διαστάσεις των κατακόρυφων στοιχείων, δεν εμφανίστηκαν κοντά υποστυλώματα. Επειδή, οι διαστάσεις της διατομής των στοιχείων δεν γινόταν να αυξηθούν υπέρμετρα, η μόνη παράμετρος που μπορούσε να αλλάξει ήταν αυτή του ύψους των υποστυλωμάτων. Ένας τρόπος για να μειωθεί το ύψος χωρίς να επηρεασθεί η λειτουργικότητα του κτηρίου ήταν η δημιουργία ανισοσταθμίας μεταξύ δύο γειτονικών πλακών, με συνέπεια τον σχηματισμό κοντών υποστυλωμάτων στη θέση της ανισοσταθμίας, με ύψος όσο και η διαφορά στάθμης

των δύο πλακών. Η κάτοψη και η τομή της μορφής των κτηρίων που μελετήθηκαν φαίνεται στο σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1 Κάτοψη και σχηματική τομή προσομοιωμάτων με ανισοσταθμία για τον προσδιορισμό κοντών υλοτολωμάτων.

β) Εναλλακτικές επιλύσεις – μέθοδοι διαστασιολόγησης κοντών υποστυλωμάτων

Για να μην είναι υποχρεωτική η εφαρμογή των πρόσθετων διατάξεων της § 18.4.9.2 στα κοντά υποστυλώματα, υπάρχουν τρεις τρόποι για την επίλυση - διαστασιολόγηση τους.

A) Επίλυση του φορέα Με Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας ($q=3,5$) και ικανοποίηση της **συνθήκης α** της § 18.4.9.1. Κατά την επίλυση και την διαστασιολόγηση γίνονται οι ικανοτικοί έλεγχοι κόμβου και τέμνουσας.

B) Επίλυση του φορέα Με Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας ($q=3,5$) και ικανοποίηση της **συνθήκης β** της §18.4.9.1.

$$M_v + \frac{q}{1,5} M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

Κατά την επίλυση και την διαστασιολόγηση γίνονται οι ικανοτικοί έλεγχοι κόμβου και τέμνουσας.

Γ) Επίλυση του φορέα Χωρίς Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας ($q=1,5$).

Μετά από πολλές δοκιμές, μεταβάλλοντας τις διαστάσεις και το ύψος των υποστυλωμάτων, τον αριθμό και το ύψος των υπέργειων ορόφων, την ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας προέκυψαν συνολικά 12 κοντά υποστυλώματα σε τέσσερα προσομοιώματα κτηρίων, το καθένα από τα οποία διαστασιολογήθηκε για τις τρεις επιλύσεις Α, Β, Γ.

Αρχικά κάθε προσομοίωμα διαστασιολογήθηκε για επίλυση Α με στόχο τον οικονομικότερο σχεδιασμό του φορέα και ελέγχθηκε ο λόγος διάτμησης των υποστυλωμάτων για τον εντοπισμό των κοντών.

Στη συνέχεια, τα κοντά υποστυλώματα του προσομοιώματος διαστασιολογήθηκαν για επίλυση Β, διατηρώντας τις ίδιες διαστάσεις διατομής με αλλαγές στον οπλισμό όπου ήταν απαραίτητο, λόγω των προσαυξημένων δράσεων.

Για την επίλυση Γ, το κτήριο διαστασιολογήθηκε από την αρχή. Λόγω των διαφορετικών επιβαλλόμενων σεισμικών φορτίων στο κτήριο για $q=1,5$ αλλά και του διαφορετικού τρόπου διαστασιολόγησης των διατομών για επίλυση Χωρίς Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας, η διατήρηση των ίδιων διατομών στο κτήριο δεν θα οδηγούσε στον ορθότερο σχεδιασμό. Όλες οι διατομές των υποστυλωμάτων διαστασιολογήθηκαν από την αρχή, εκτός από αυτές των κοντών υποστυλωμάτων υπό εξέταση. Οι διαστάσεις των διατομών των κοντών υποστυλωμάτων παρέμεναν σταθερές, για να μπορούν να συγκριθούν τα αποτελέσματα μεταξύ των επιλύσεων Α, Β, Γ χωρίς να επηρεάζονται τα αποτελέσματα από τις διαστάσεις της διατομής.

Τα 4 προσομοιώματα των κτηρίων και τα κοντά υποστυλώματα που εμφάνισε το καθένα παρουσιάζονται στα επόμενα σχήματα. Τα χαρακτηριστικά και οι επιλύσεις του κάθε υποστυλώματος, καθώς και οι επιλύσεις τους με βάση το προσομοίωμα Global Truss παρουσιάζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 7.

Προσομοίωμα κτηρίου 1

Όροφοι 5

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας III

Ύψος ανισοσταθμίας 2,50 m

Κοντά υποστυλώματα 3

Στάθμη 2 **K15** [ομάδα II υποστ. (6)]*

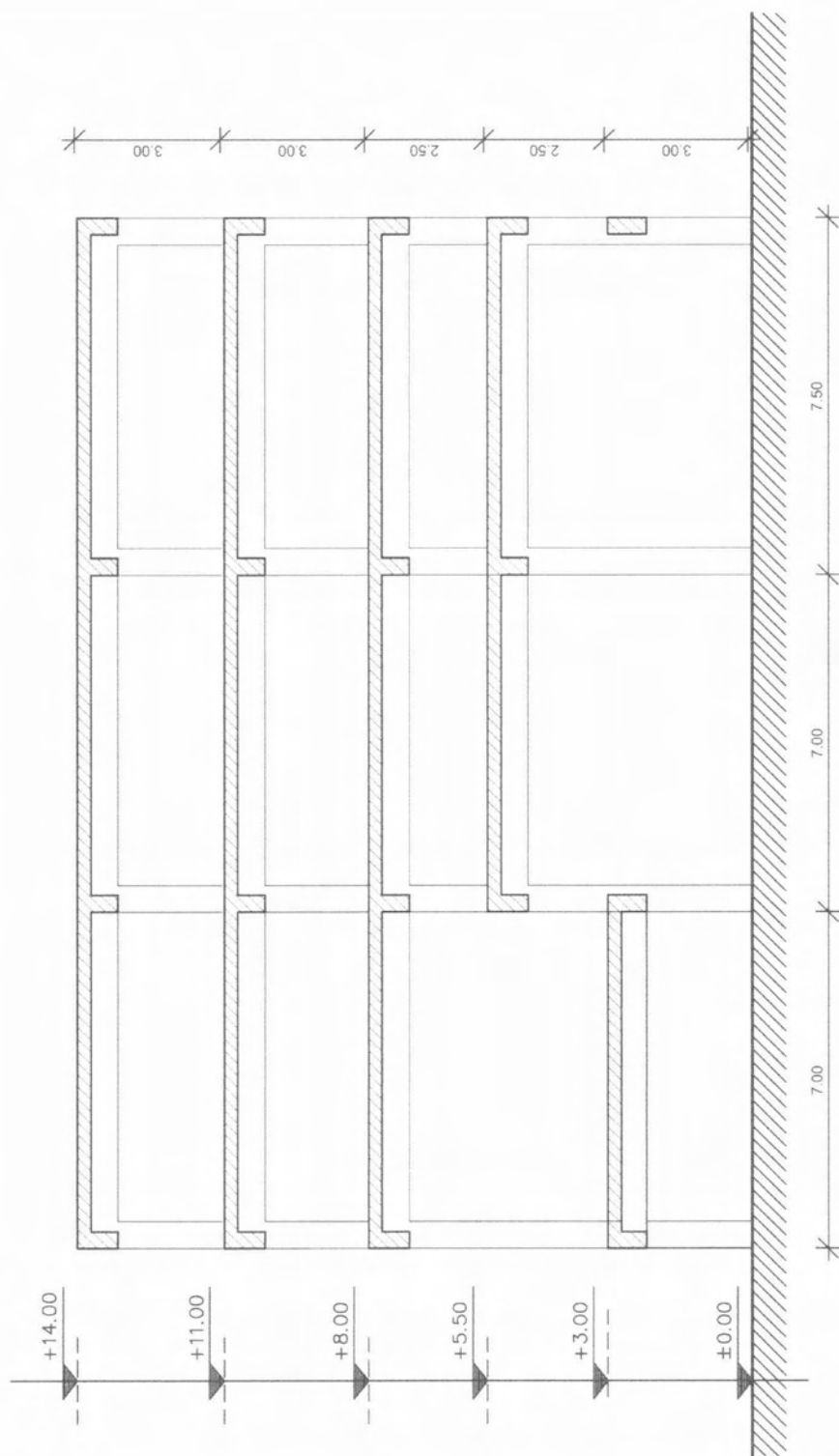
Στάθμη 3 **K3, K7** [ομάδα II υποστ. (1), ομάδα II υποστ. (2)]*

* Τα κοντά υποστυλώματα που προσδιορίστηκαν από τα μοντέλα των κτηρίων διαιρέθηκαν σε δύο ομάδες (I, II) αναλόγως της τιμής του γεωμετρικού λόγου διάτμησης, βάσει των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τους.

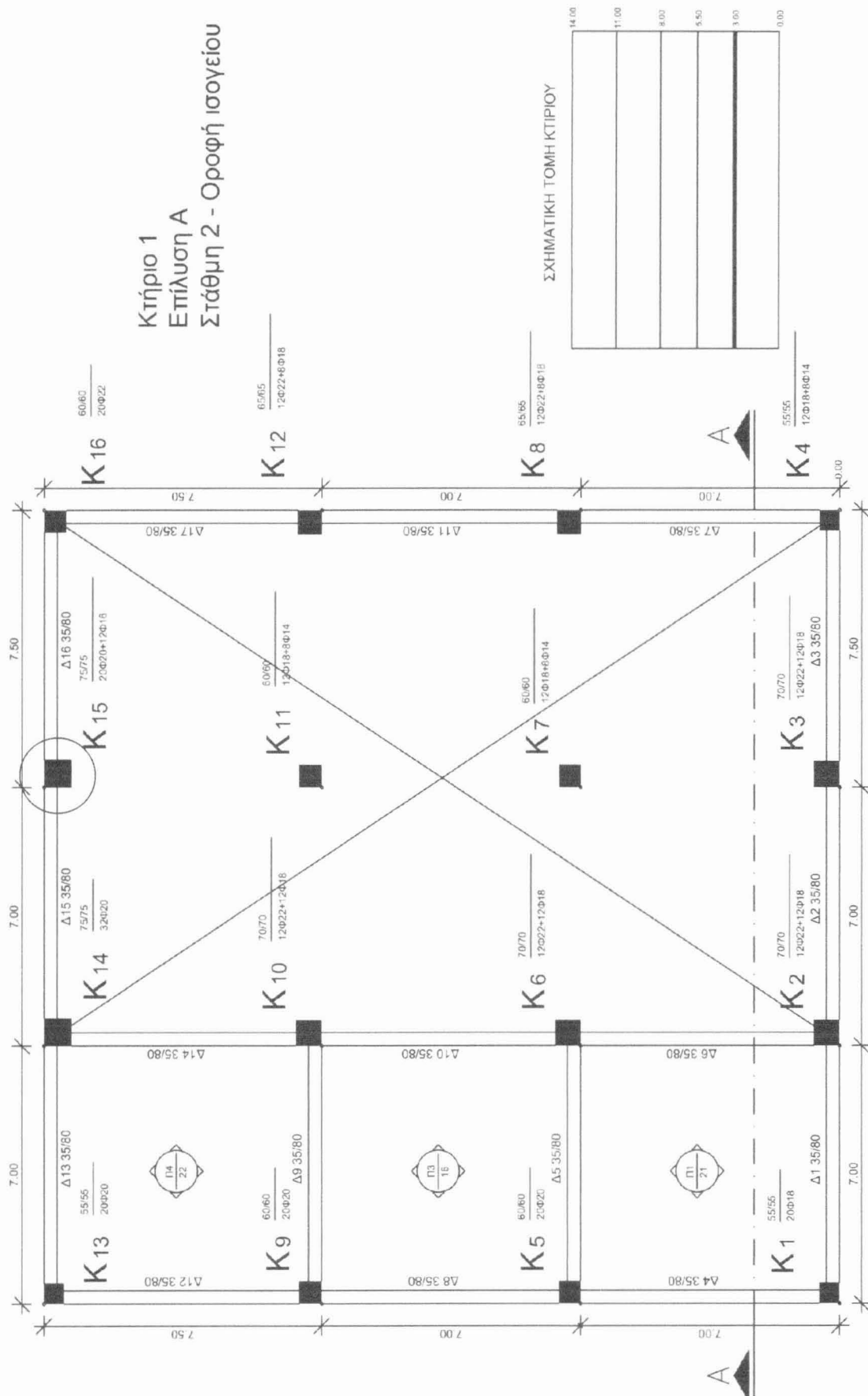
Ομάδα I $a_s \approx 1,00$

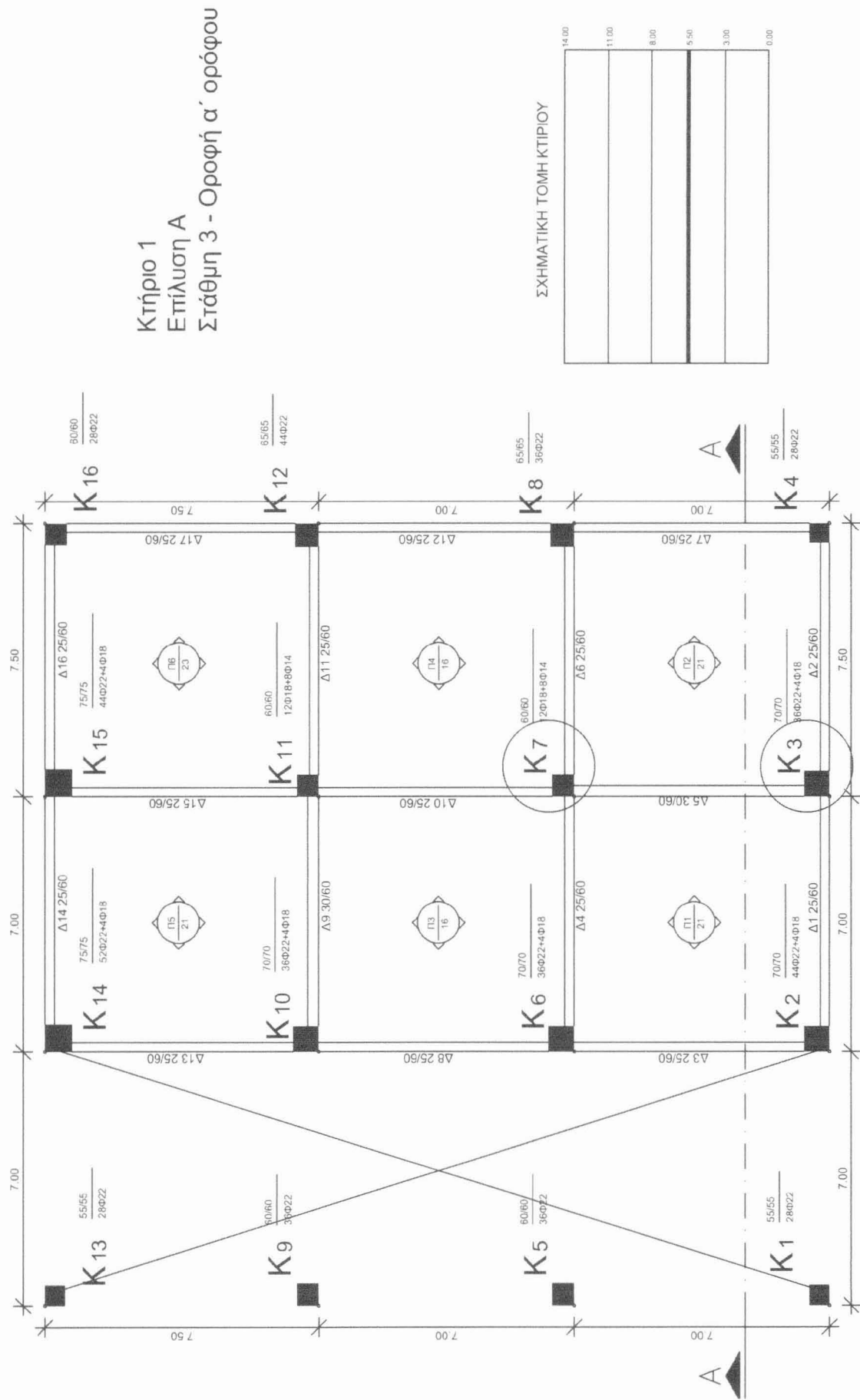
Ομάδα II $a_s \approx 1,50$

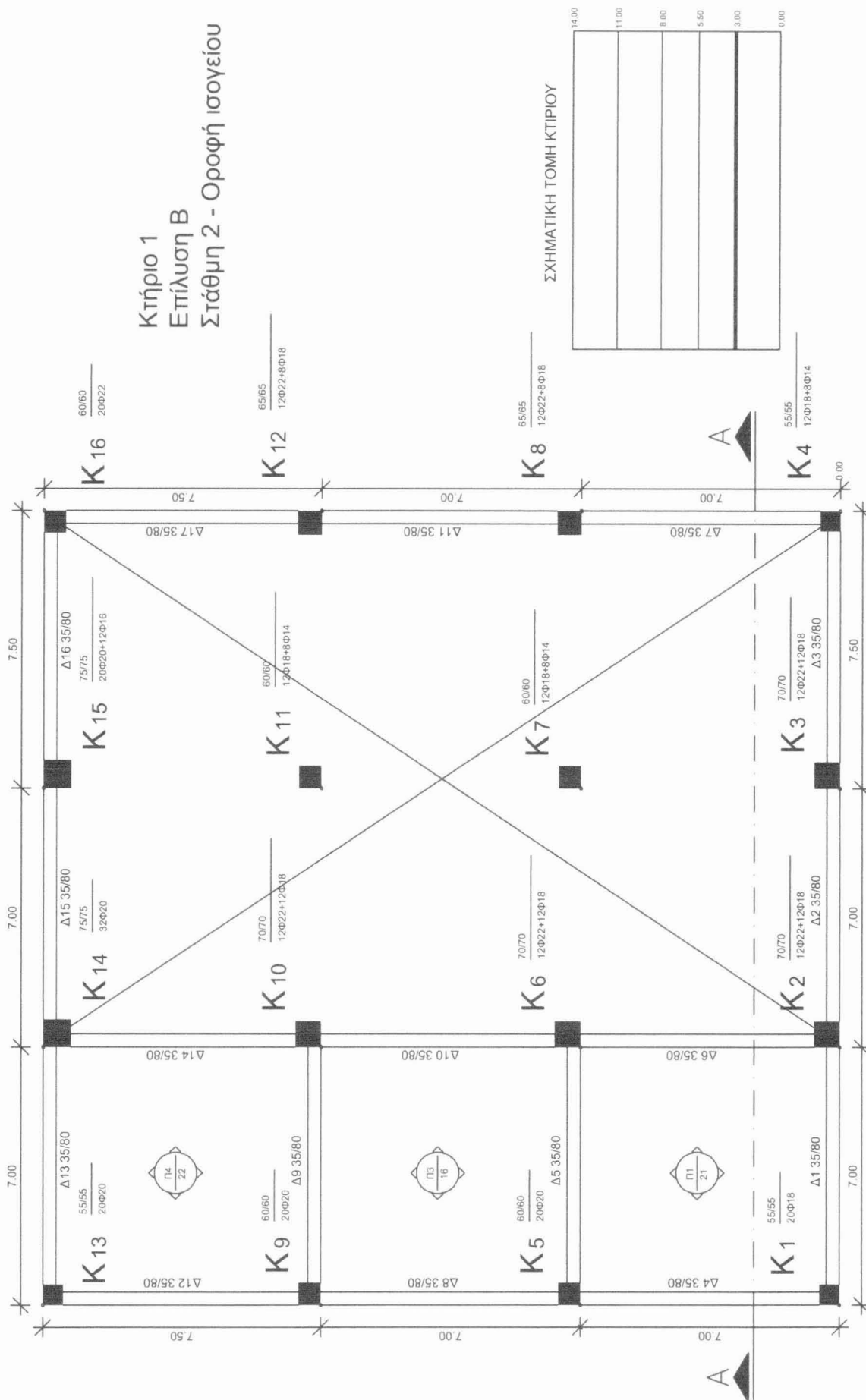
Η λεπτομερής παρουσίαση και ανάλυση των κοντών υποστυλωμάτων βάσει ΕΚΩΣ και Global Truss γίνεται στο κεφάλαιο 7.

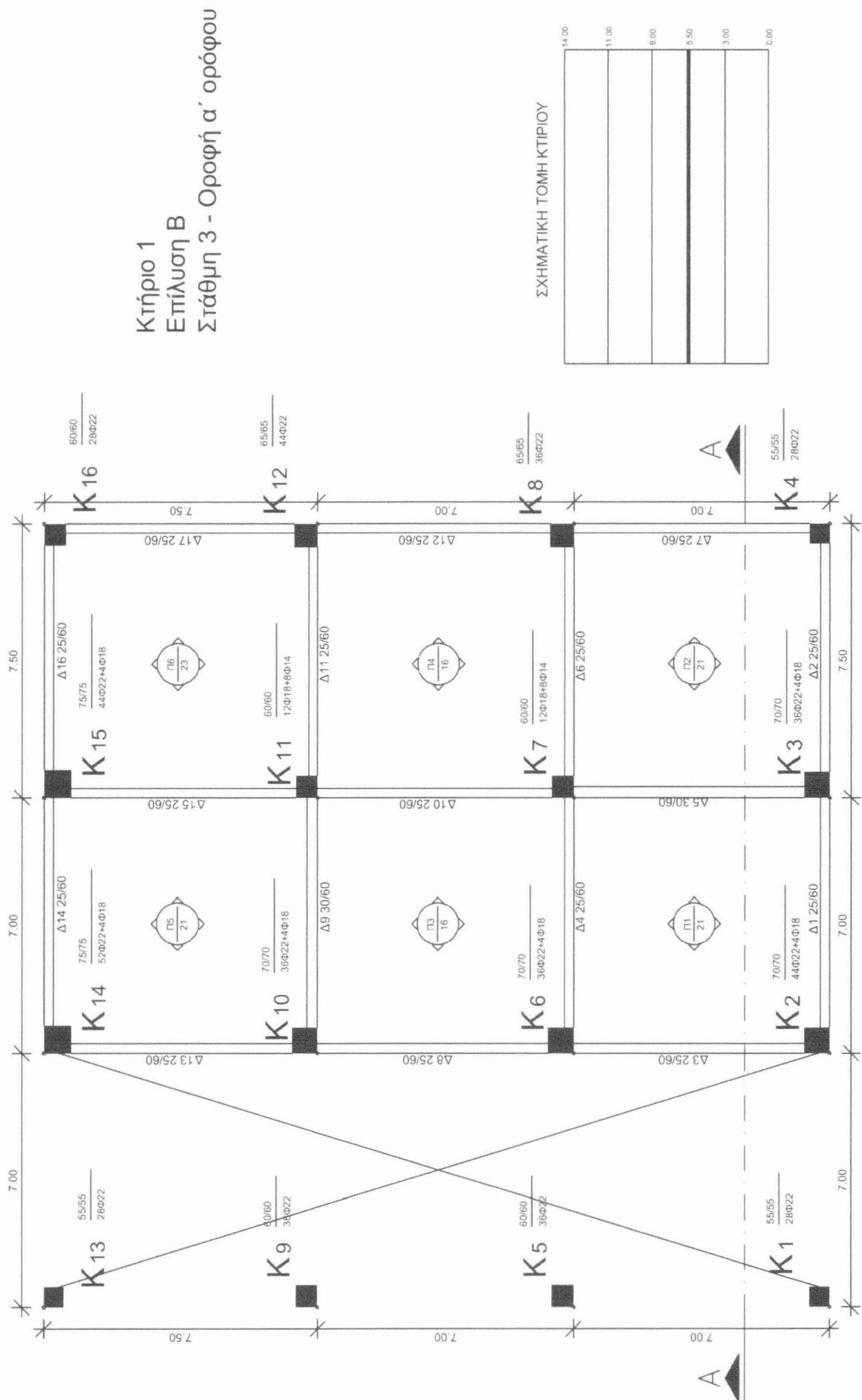


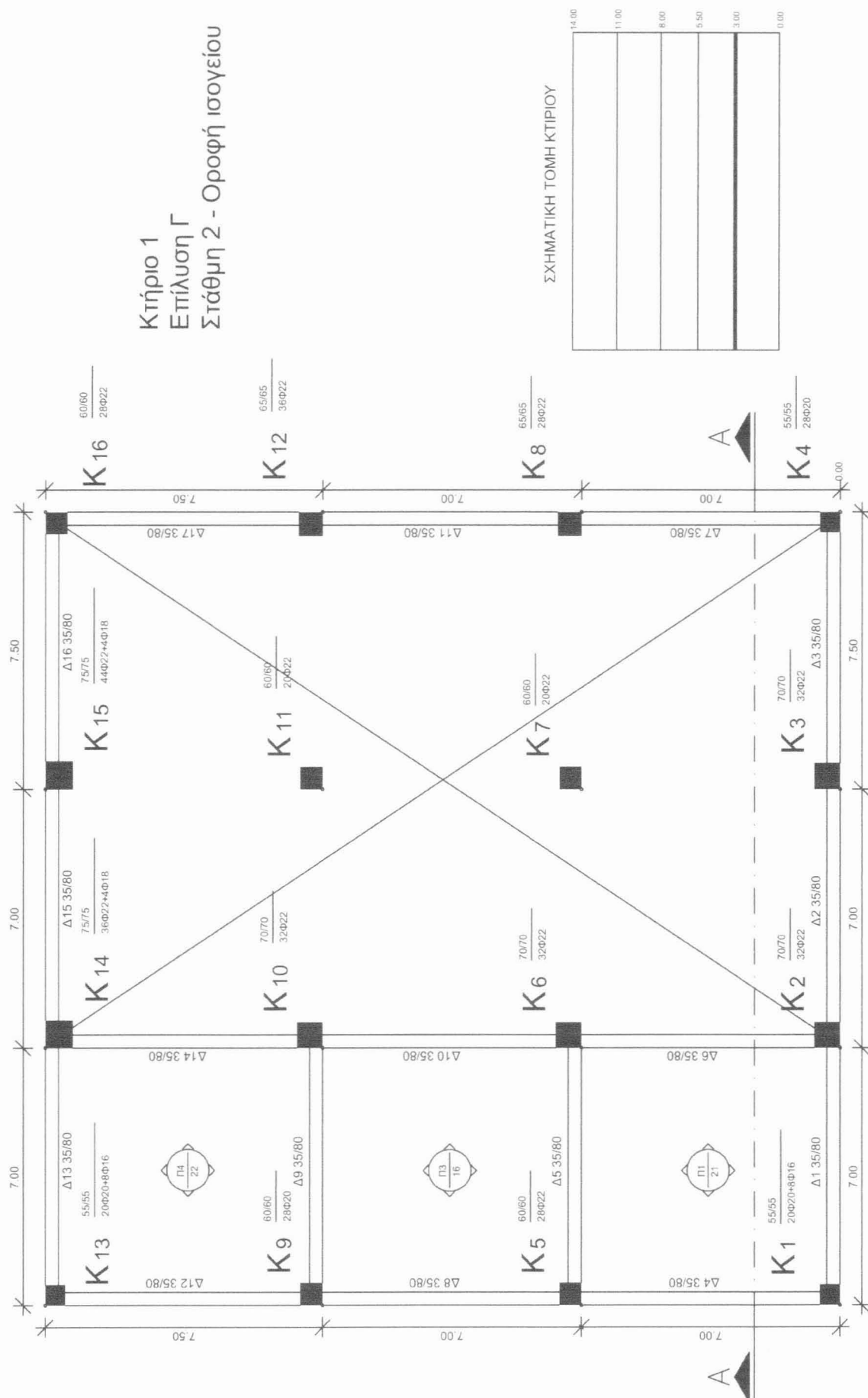
ΚΤΗΡΙΟ 1 ΤΟΜΗ Α-Α

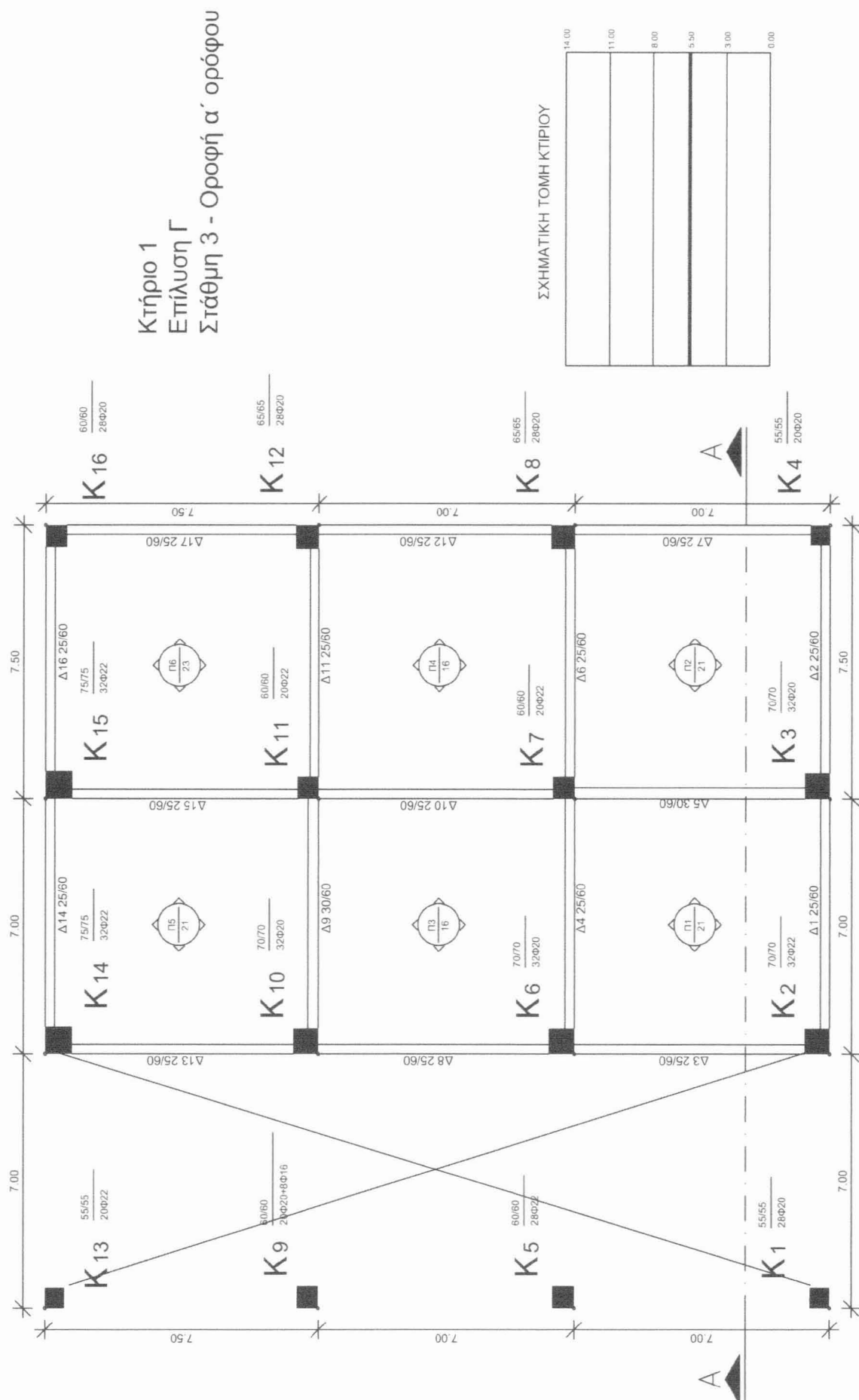












Προσομοίωμα κτηρίου 2

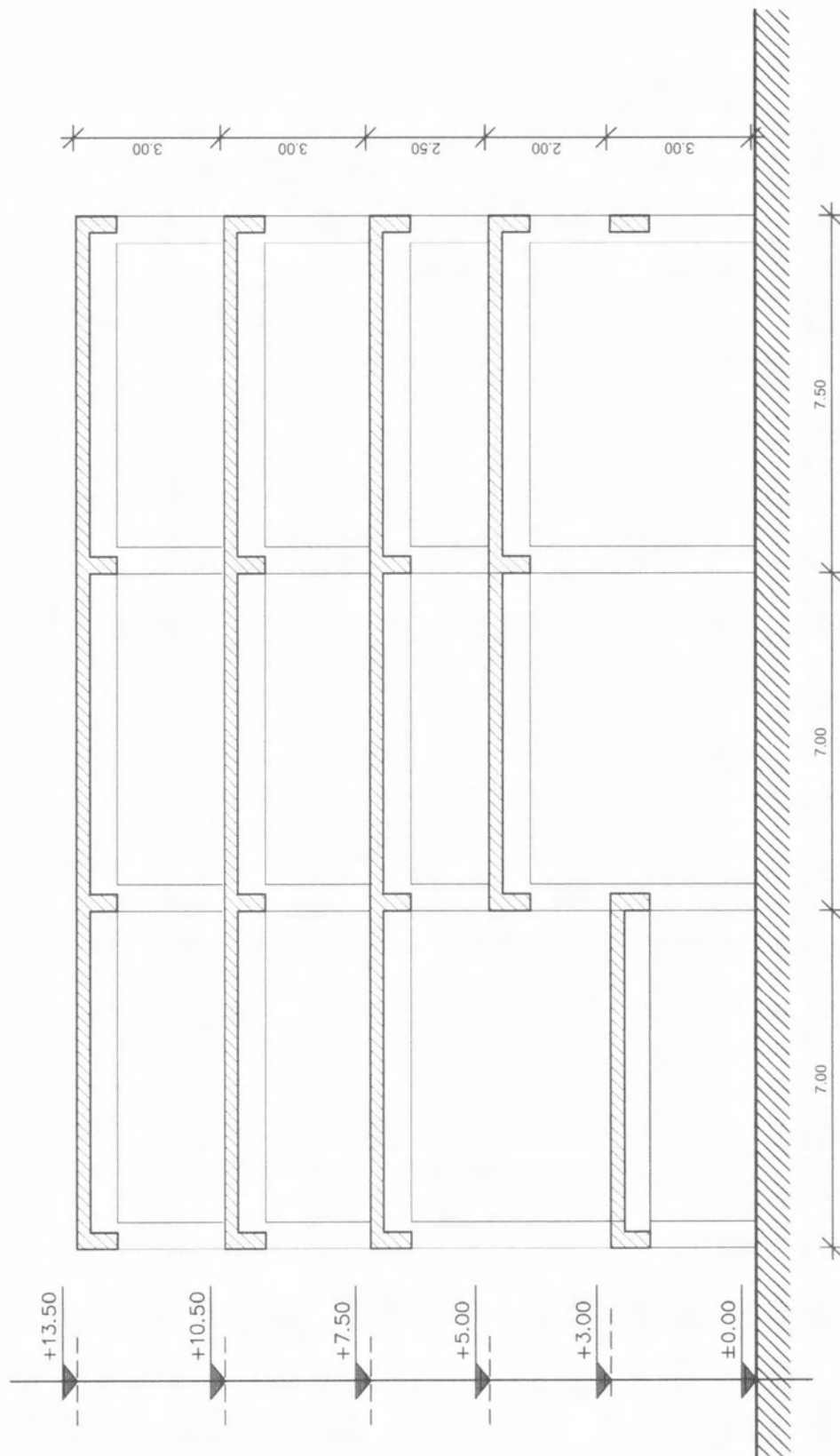
Όροφοι 5

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας III

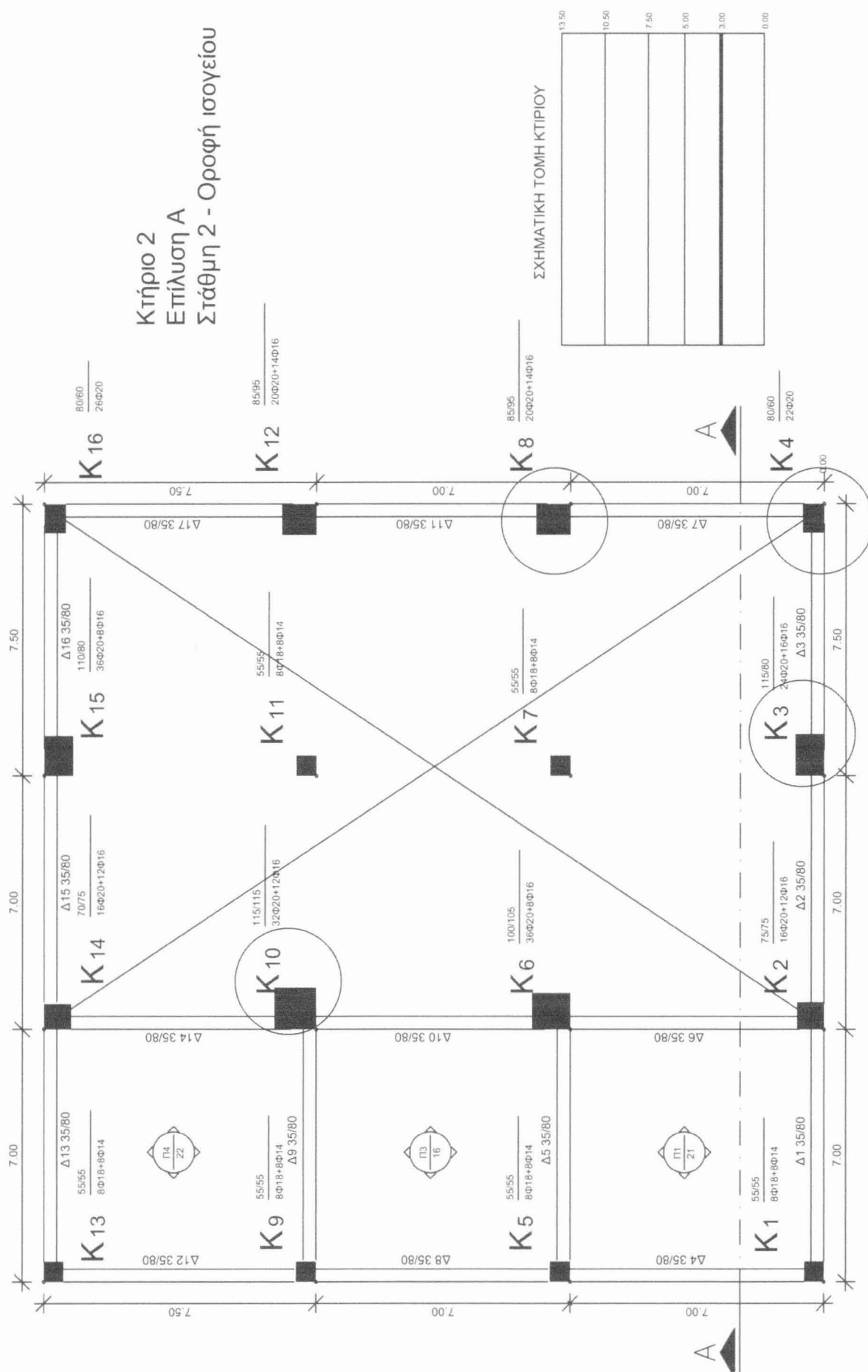
Ύψος ανισοσταθμίας 2,00 m

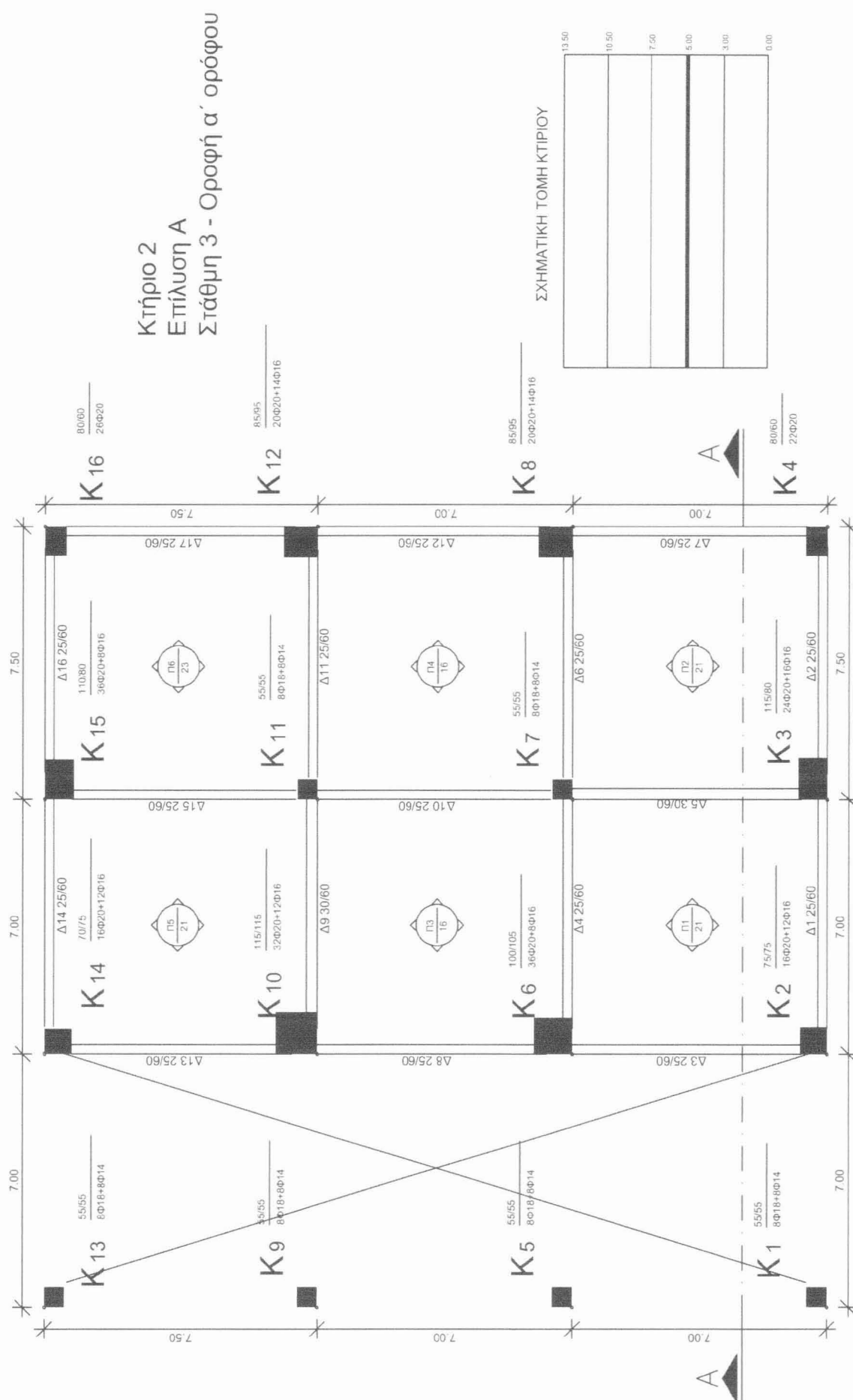
Κοντά υποστυλώματα 4

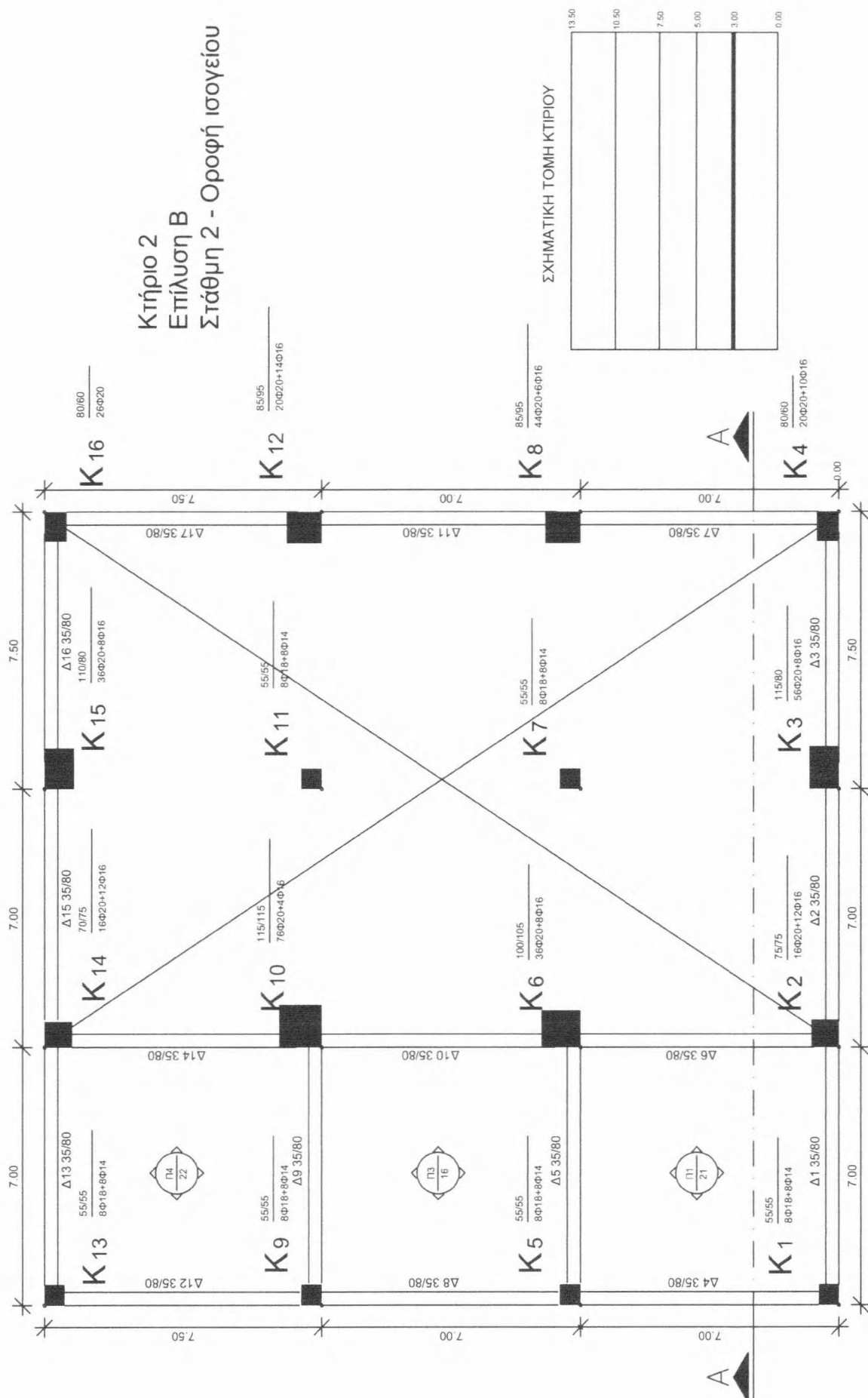
Στάθμη 2 **K3, K4, K8, K10** [ομάδα I υποστ. (4), ομάδα II υποστ. (7),
ομάδα I υποστ. (3), ομάδα I υποστ. (5)]

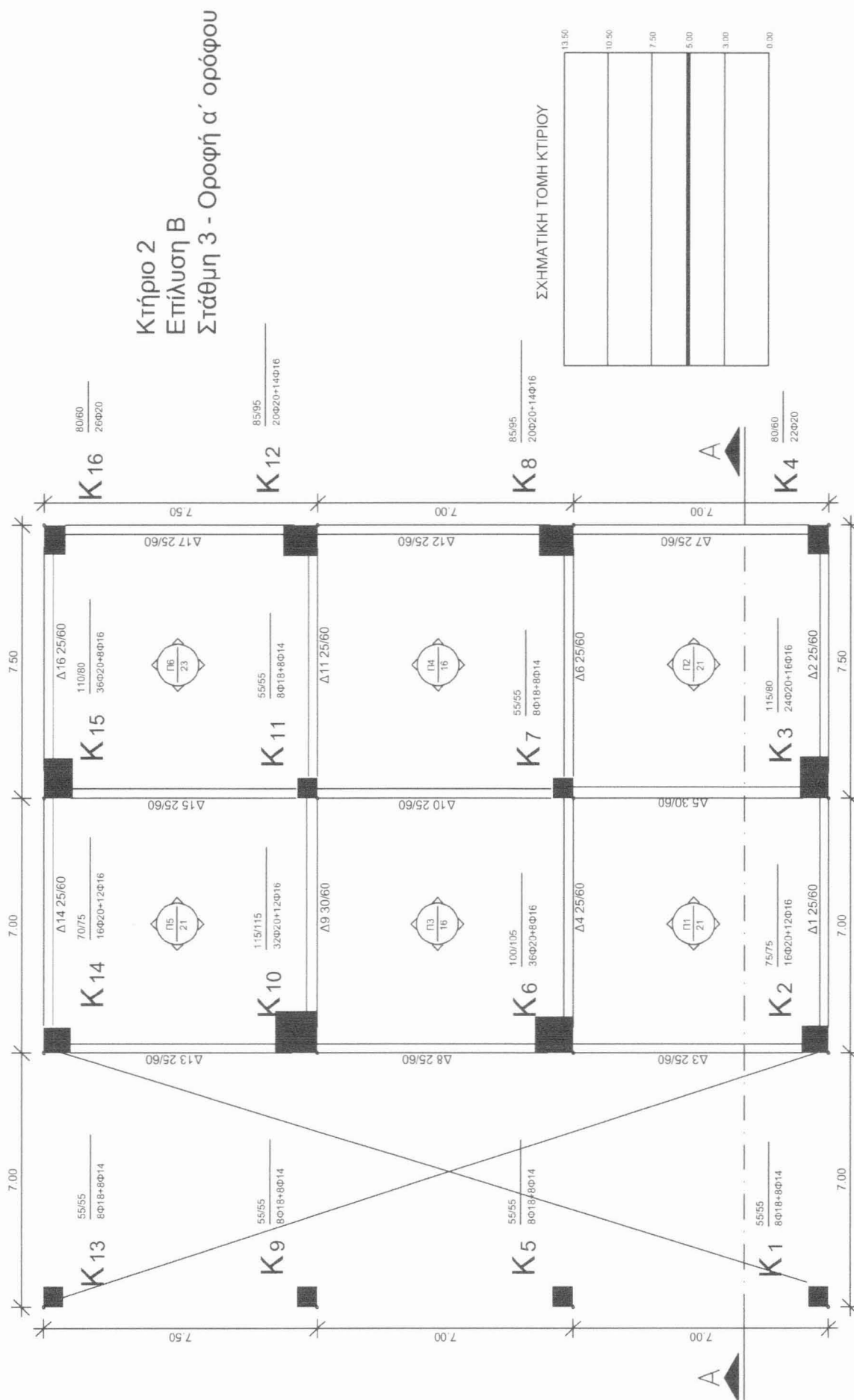


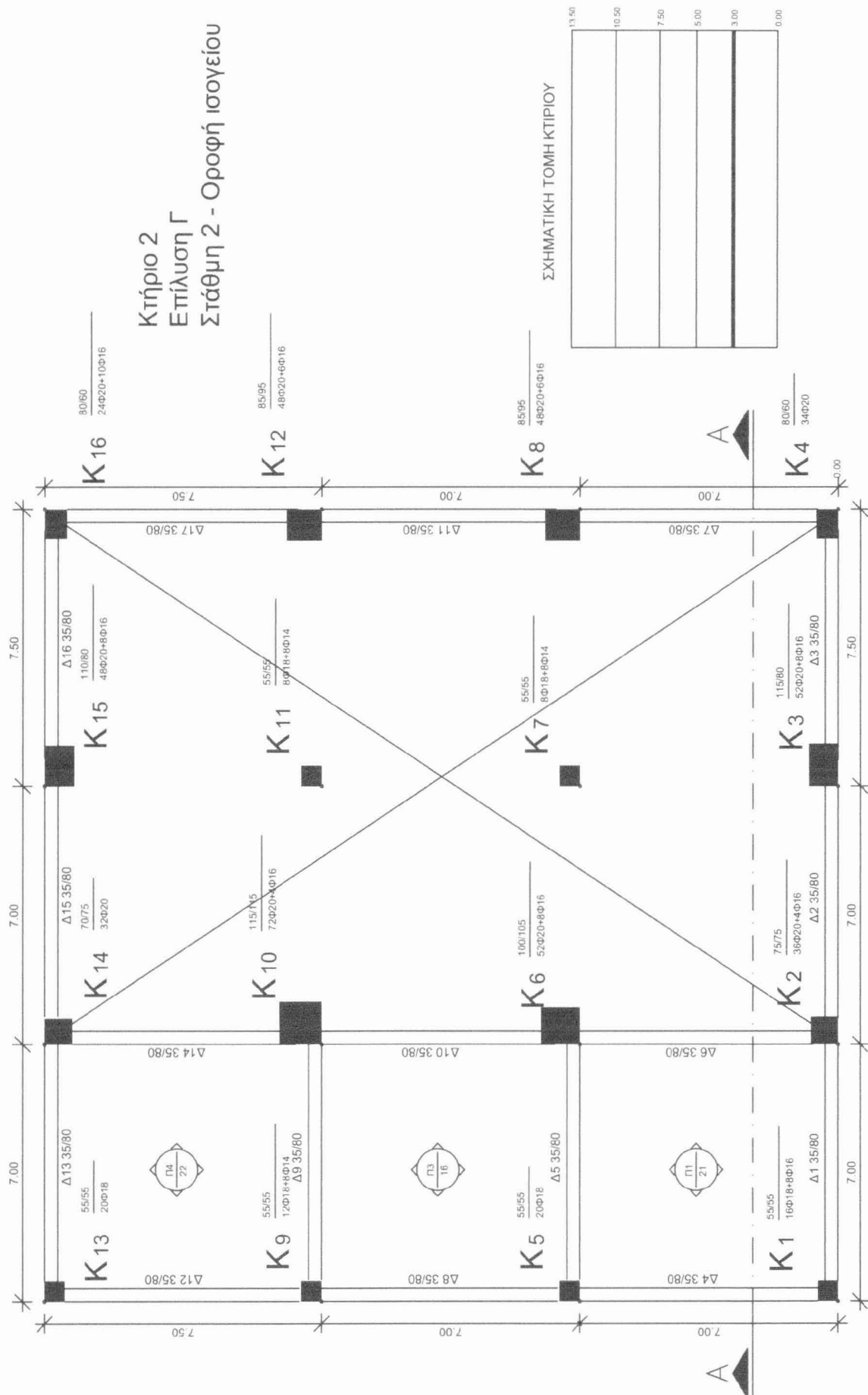
ΚΤΗΡΙΟ 2 ΤΟΜΗ Α-Α

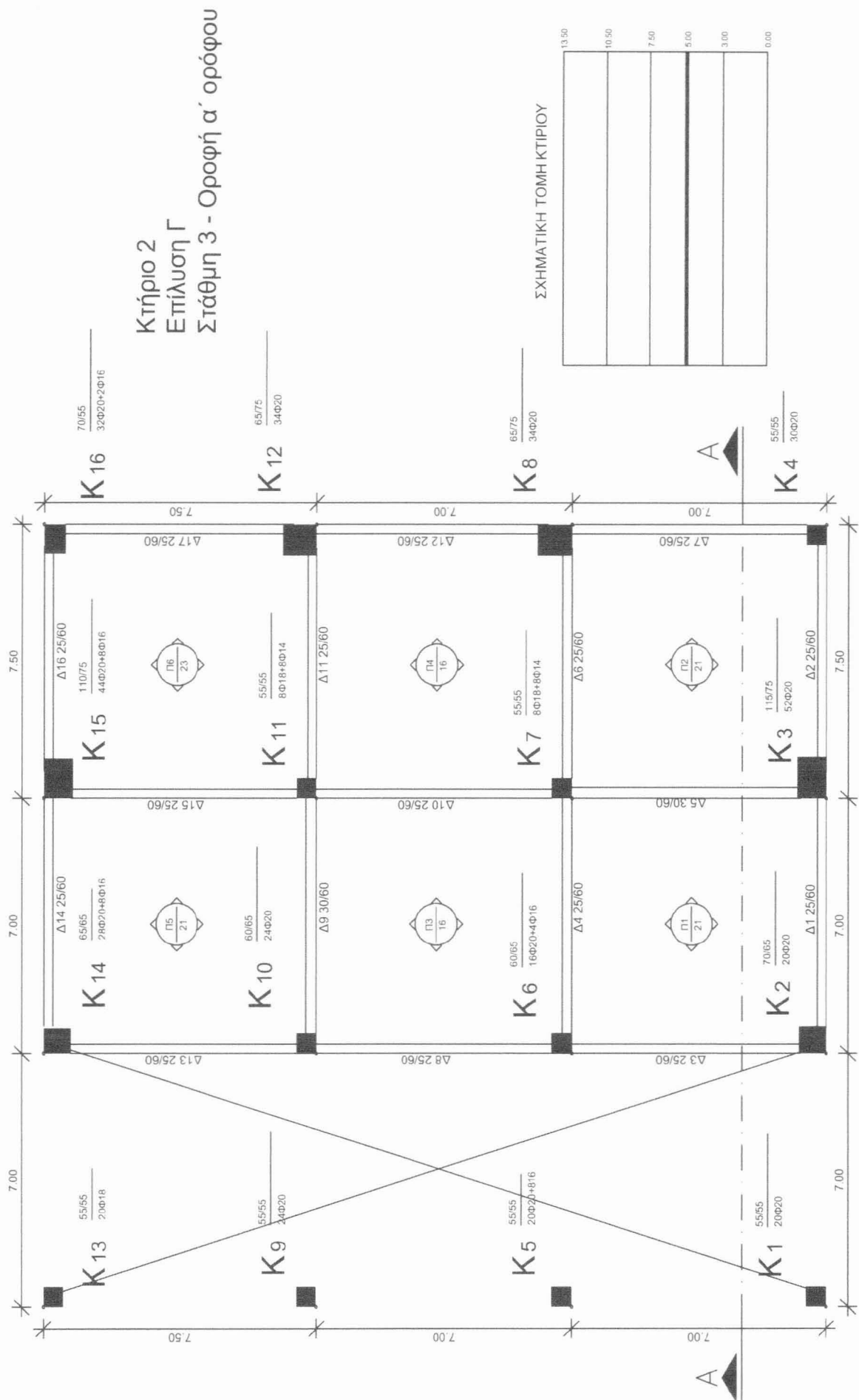












Προσομοίωμα κτηρίου 3

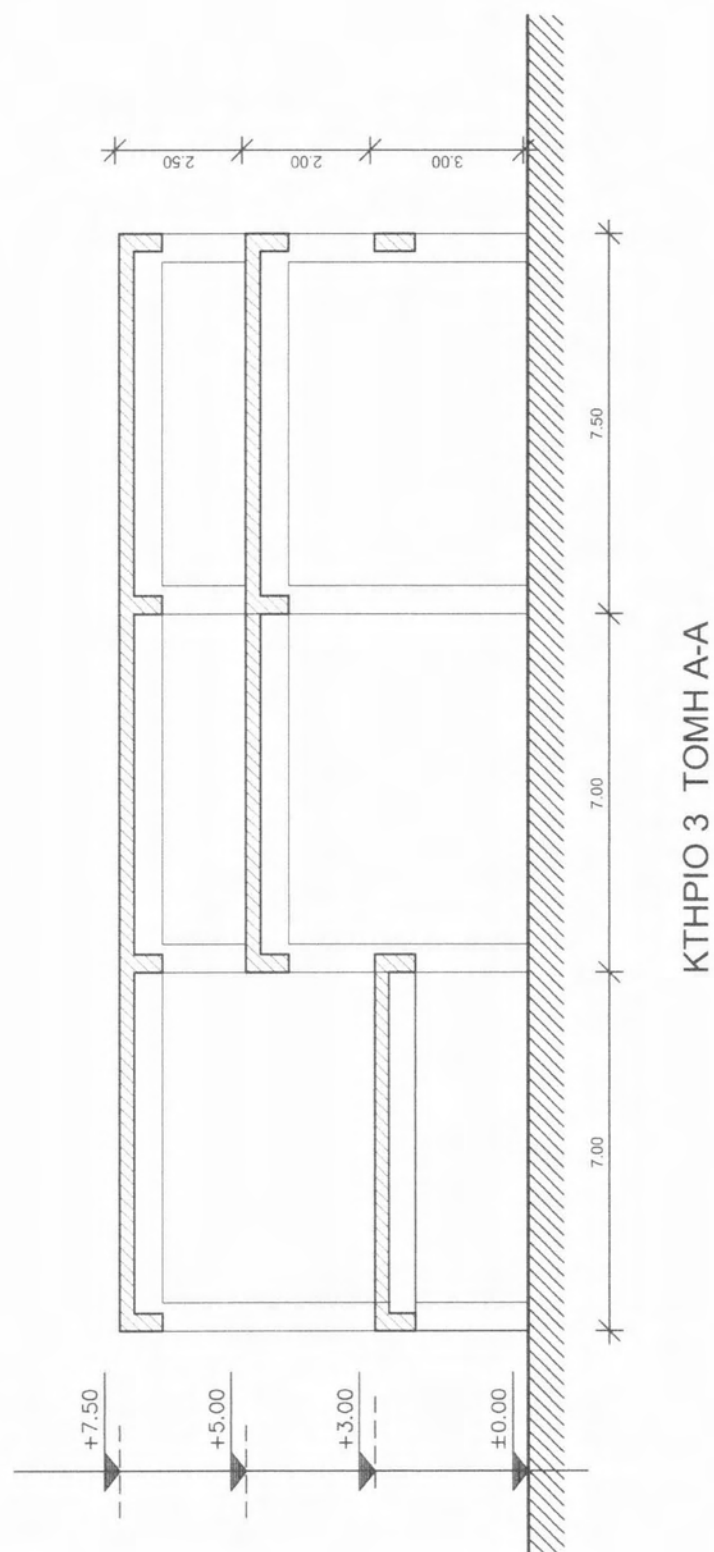
Όροφοι 3

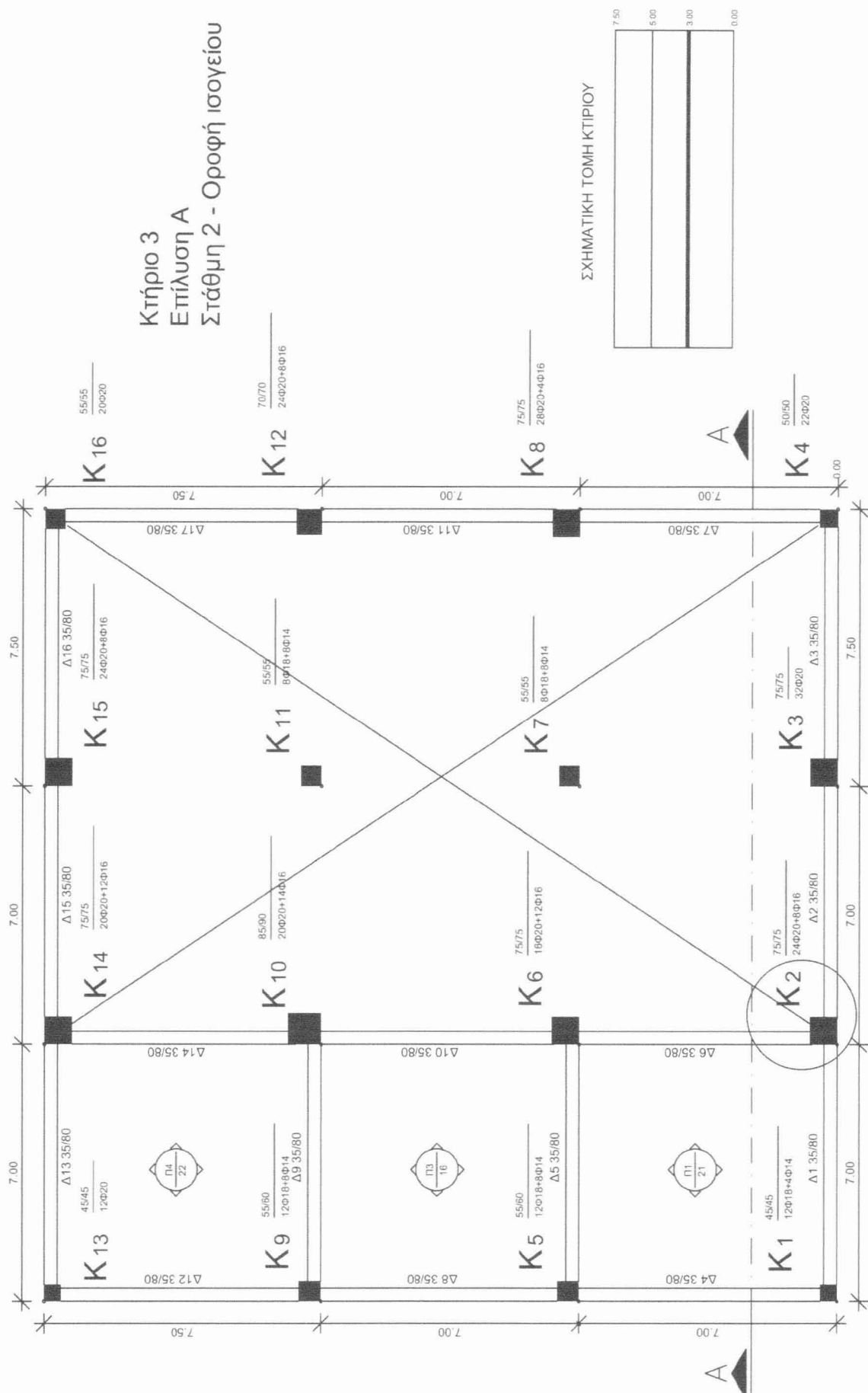
Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας III

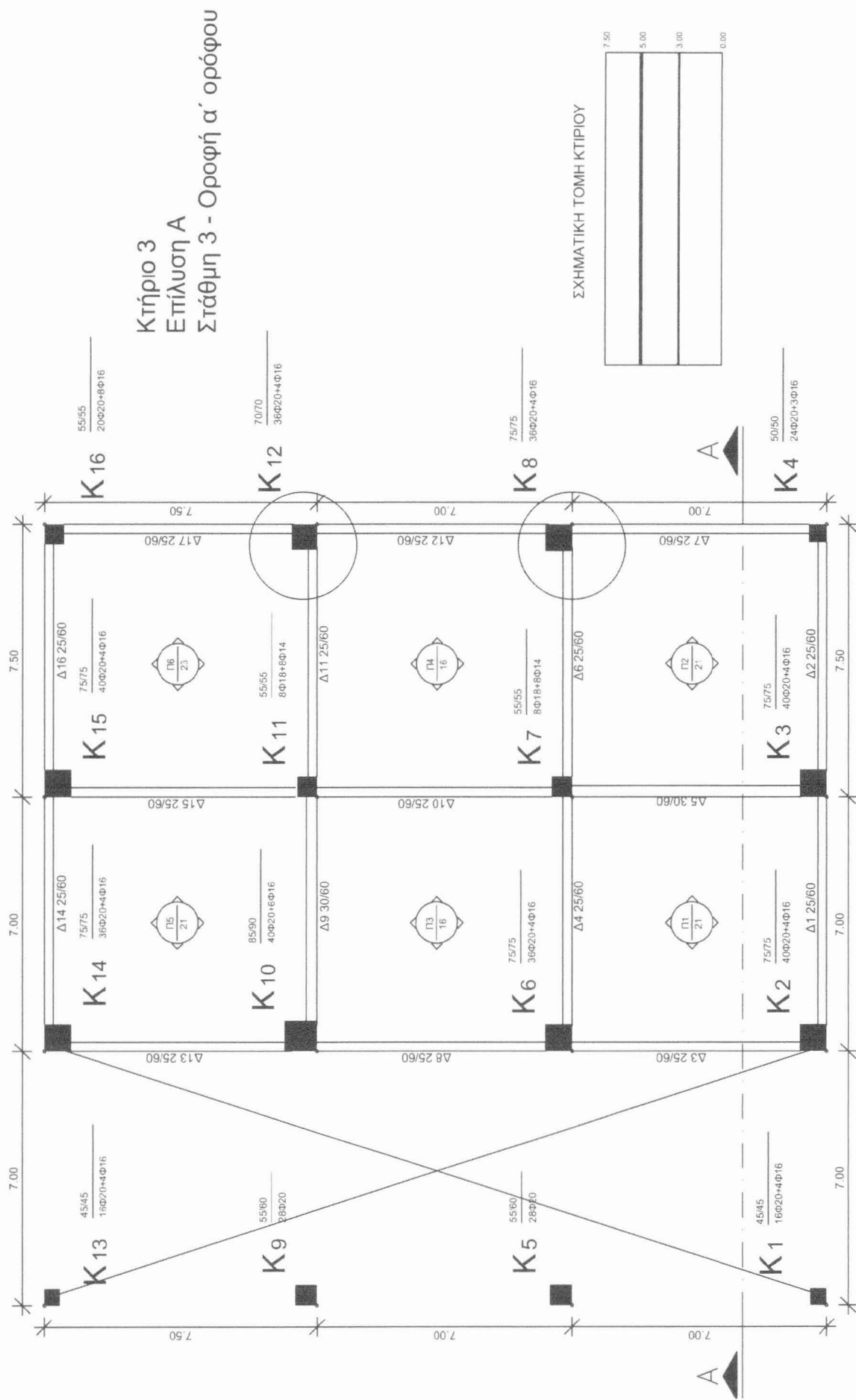
Ύψος ανισοσταθμίας 2,00 m

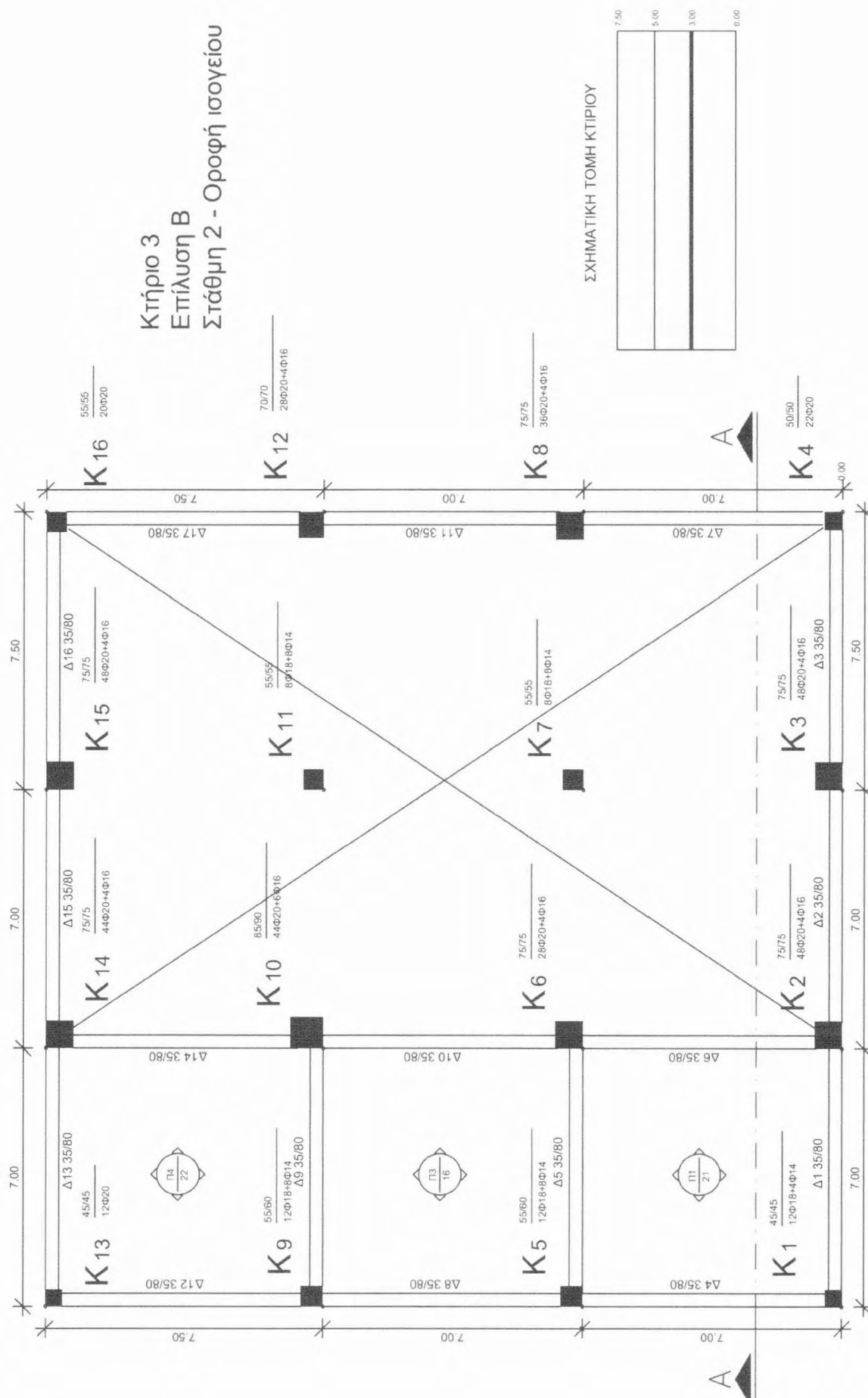
Κοντά υποστυλώματα 2

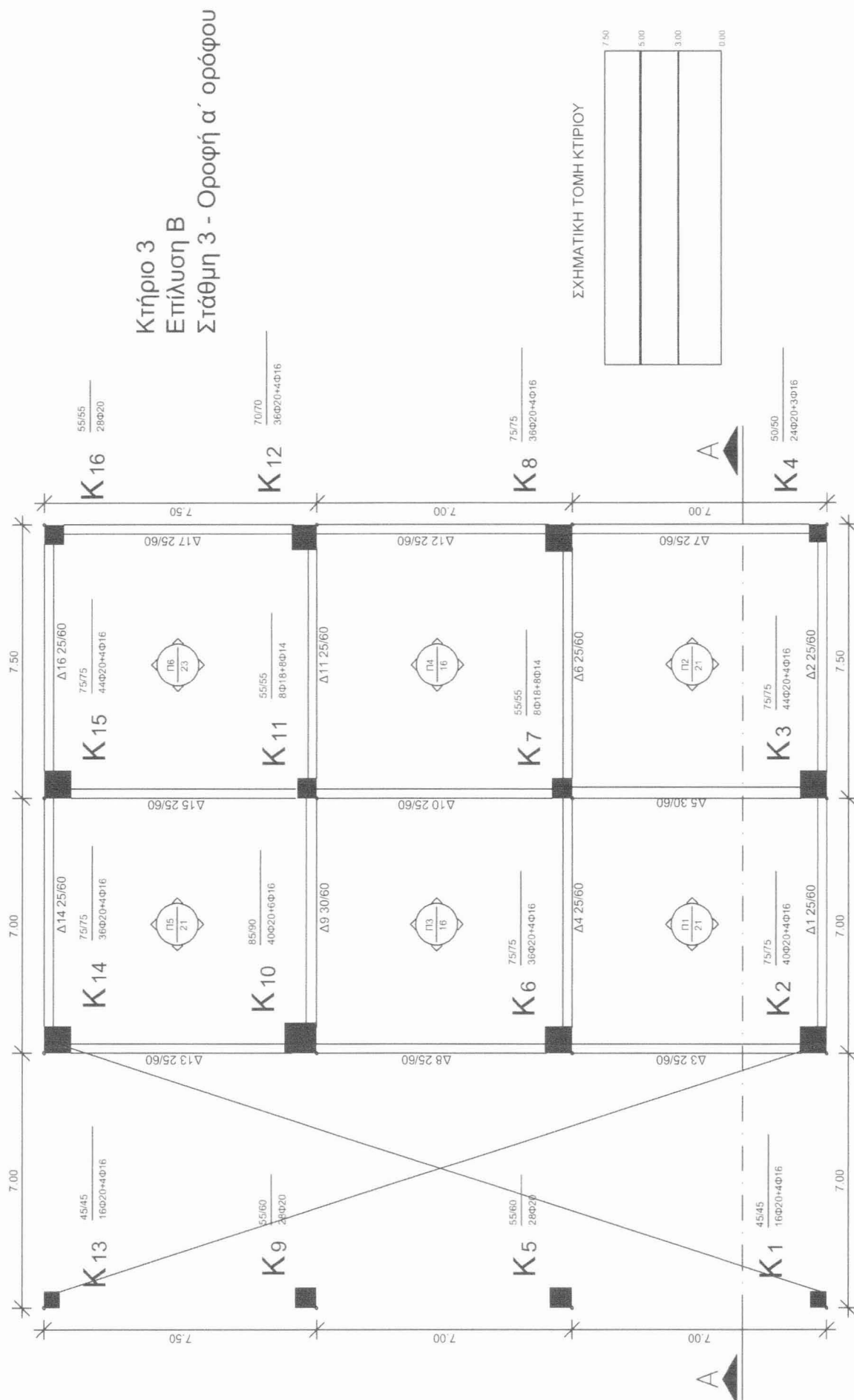
Στάθμη 2 **K2, K8** [ομάδα II υποστ. (4), ομάδα II υποστ. (5)]

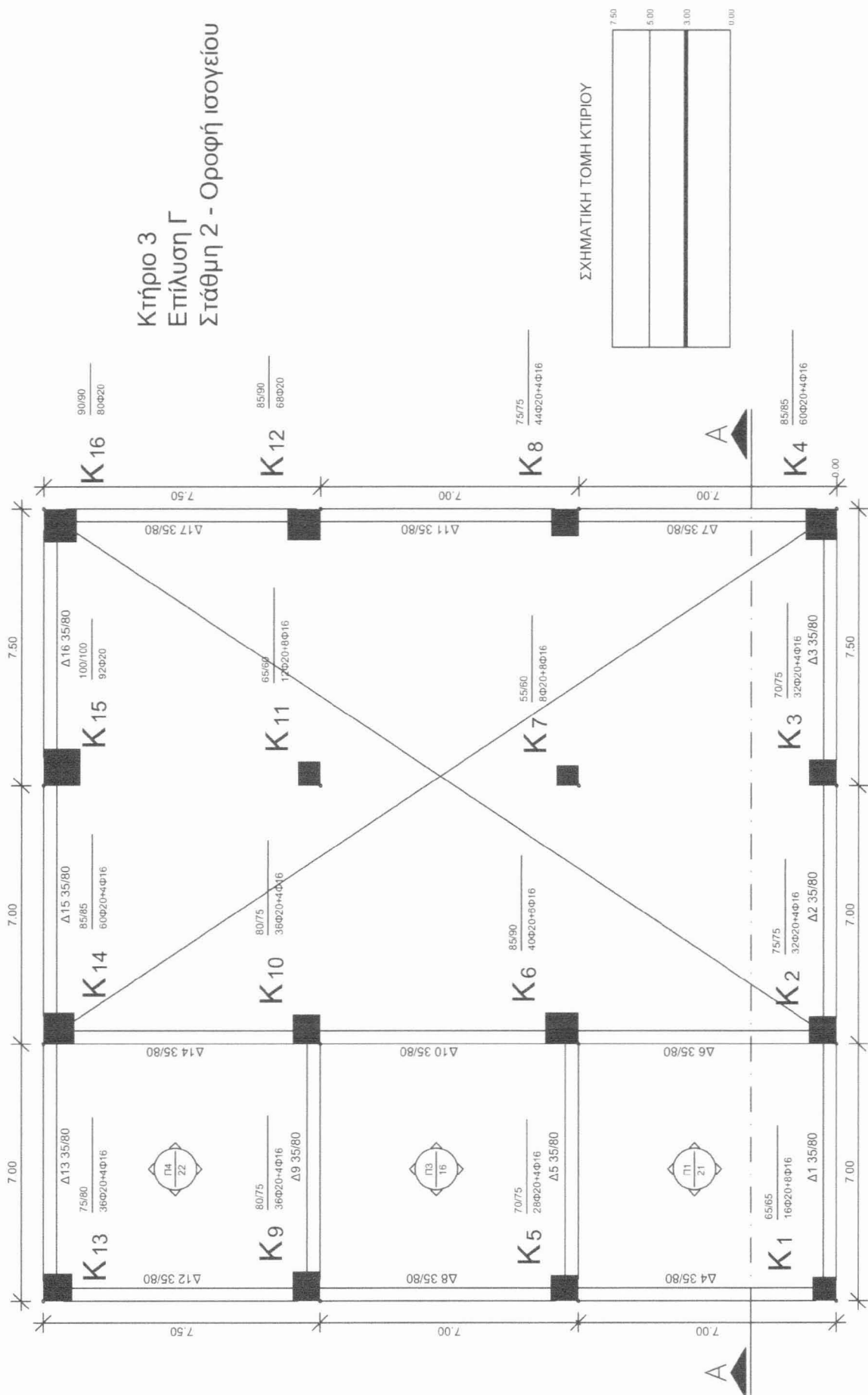


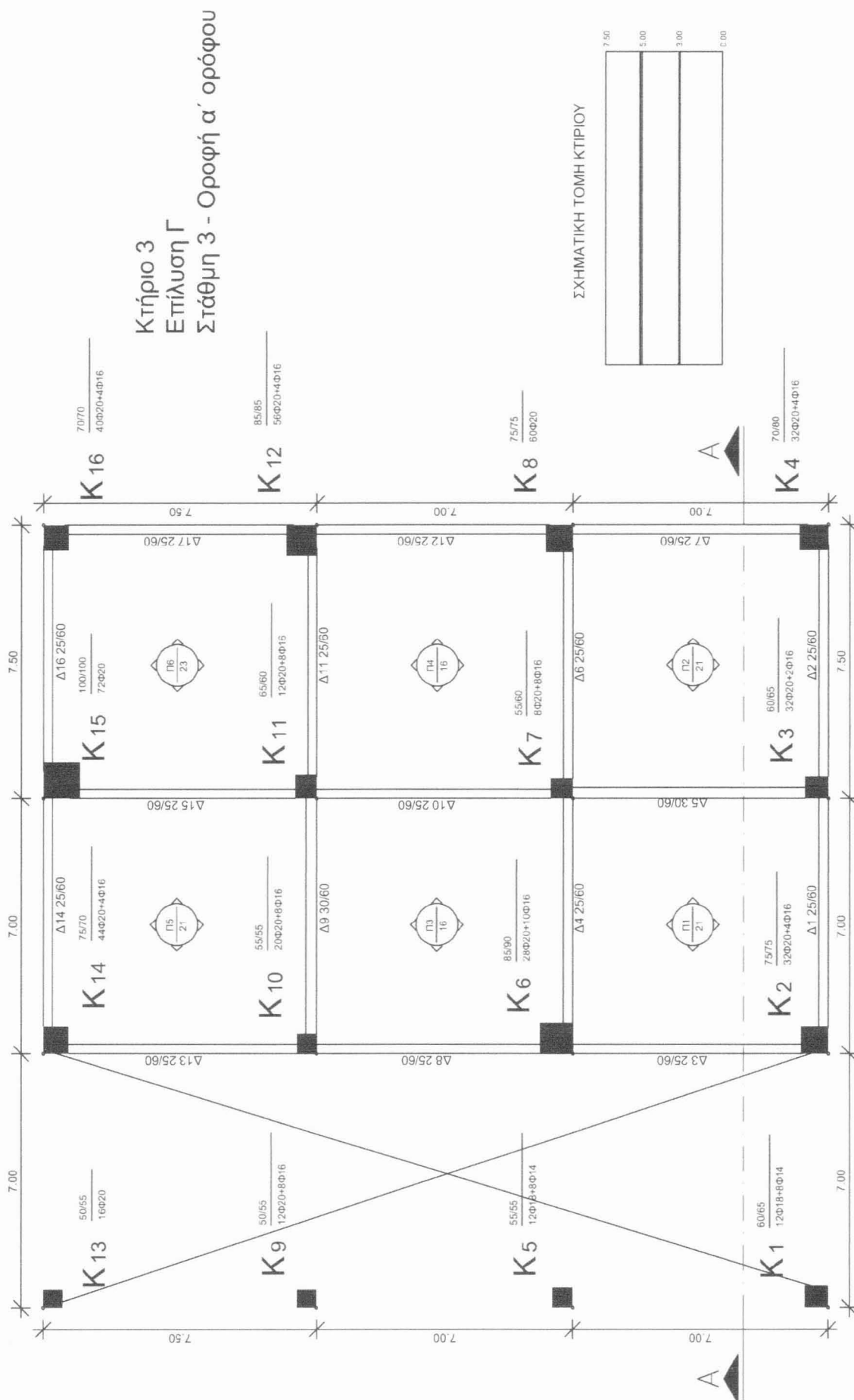












Προσομοίωμα κτηρίου 4

Όροφοι 3

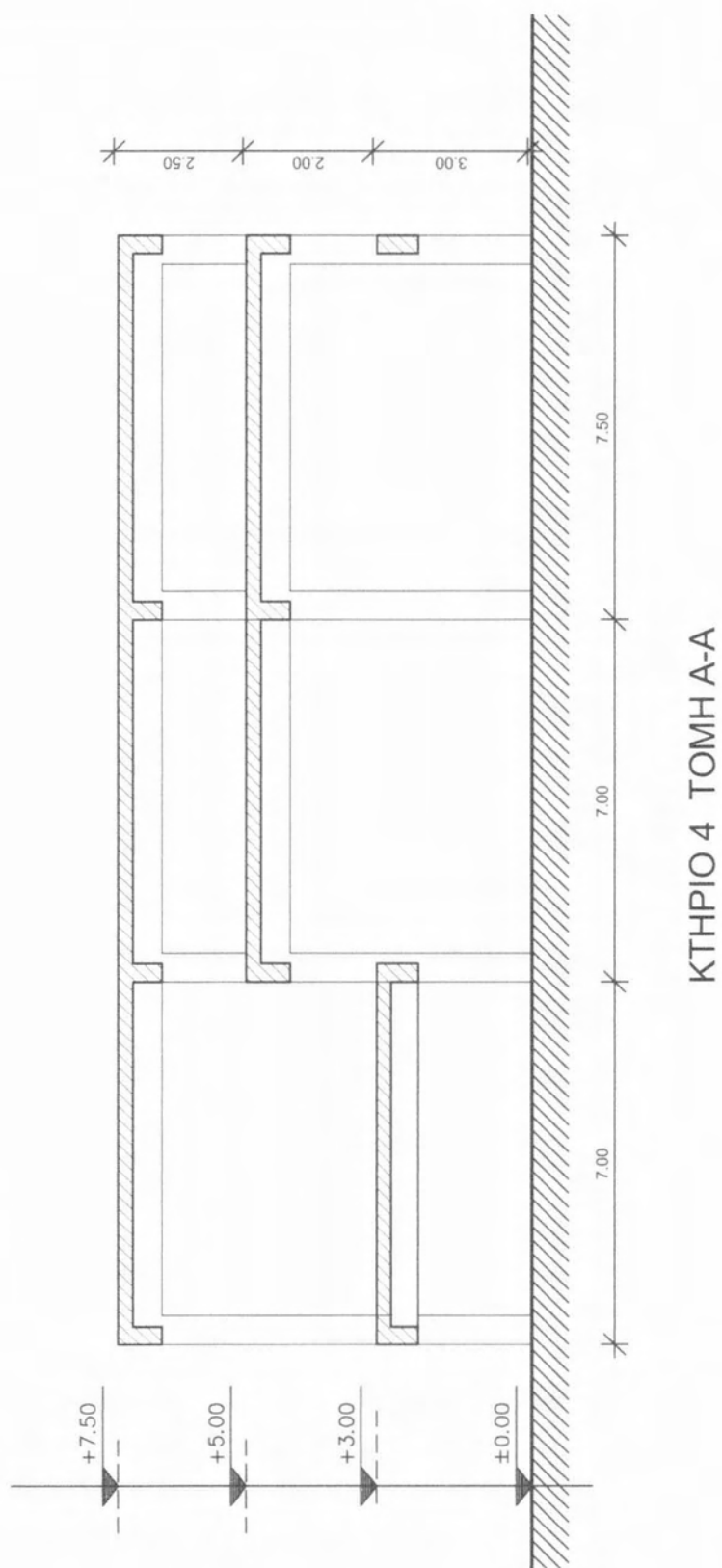
Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας III

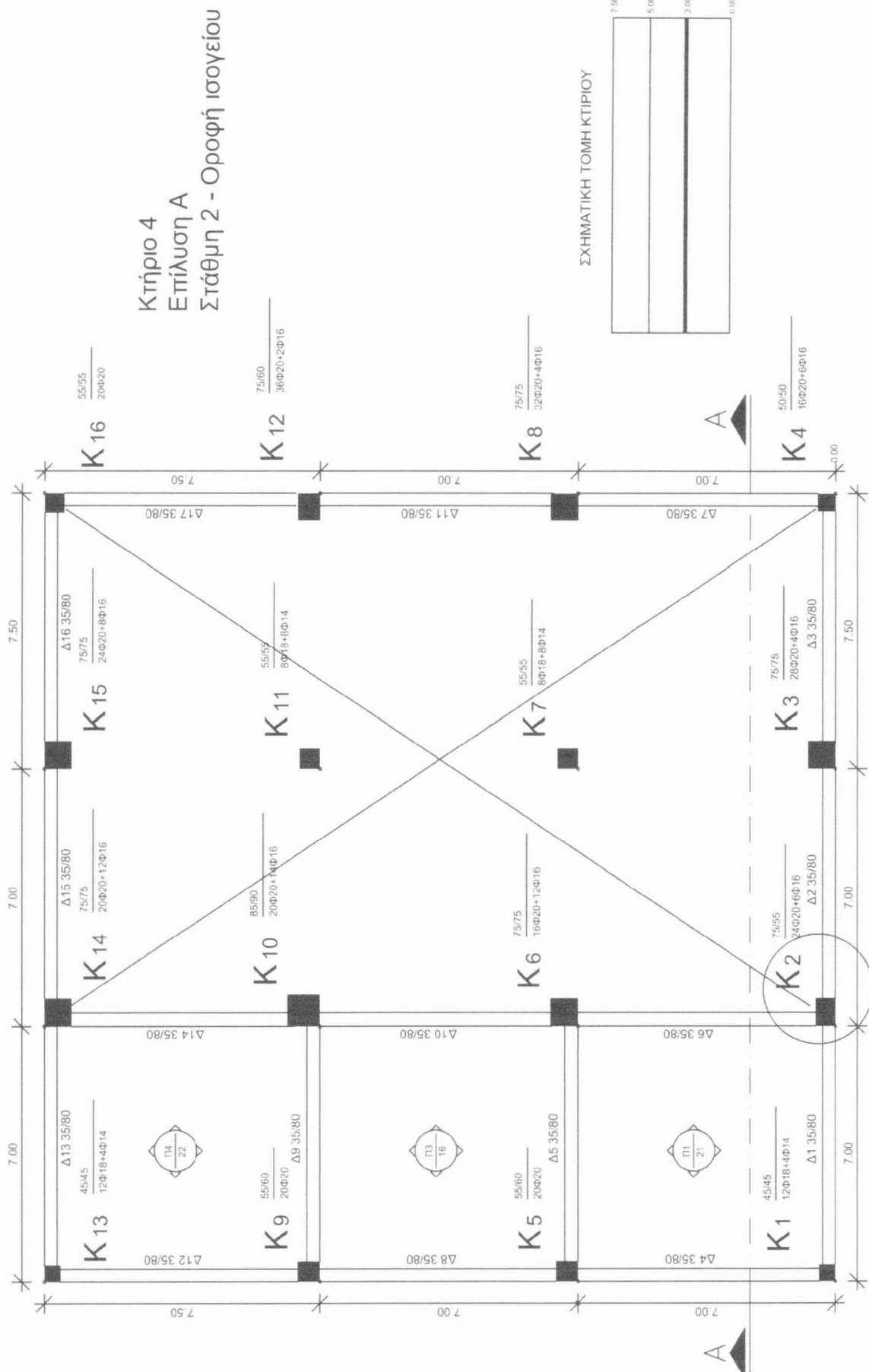
Ύψος ανισοσταθμίας 2,00 m

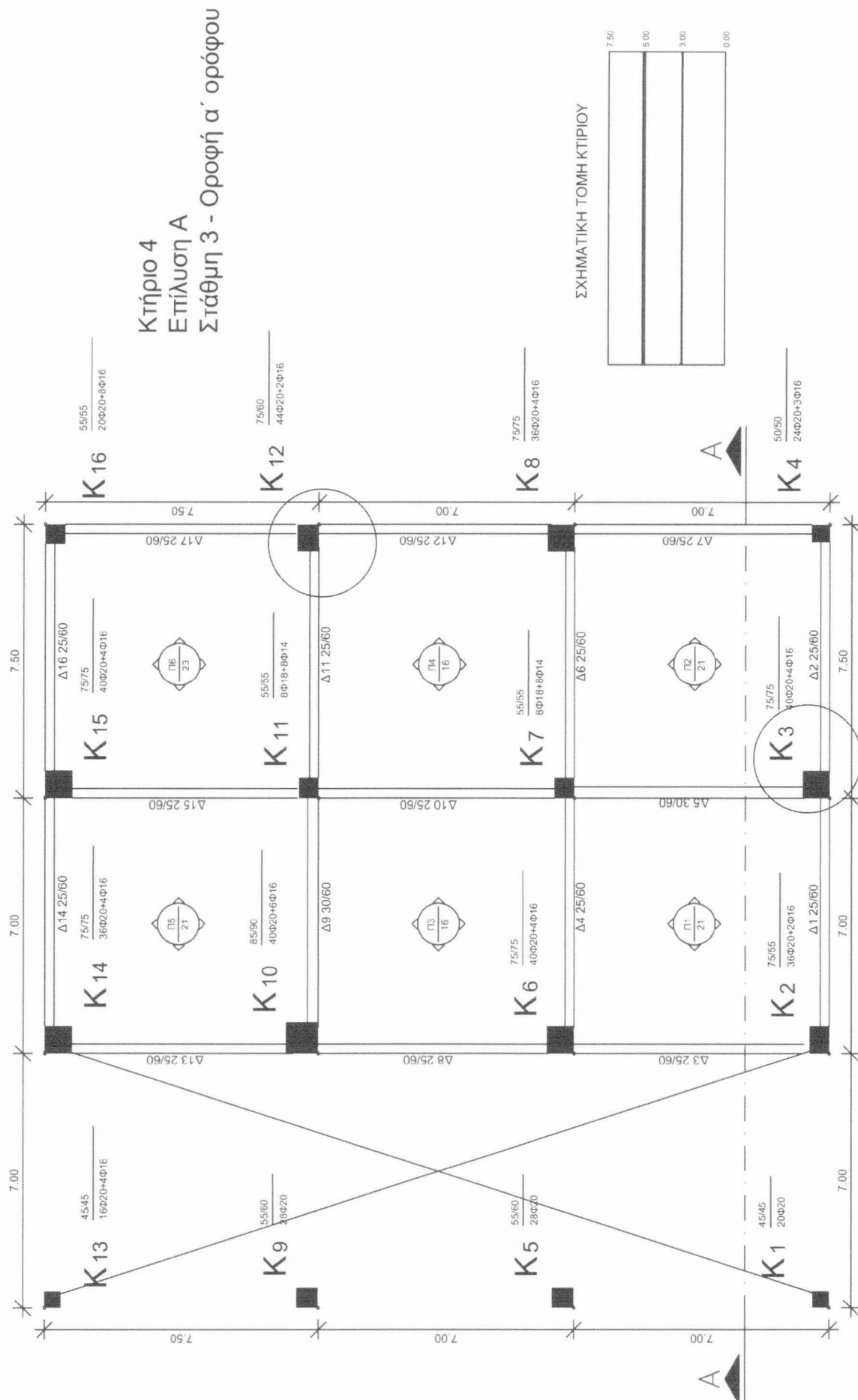
Κοντά υποστυλώματα 3

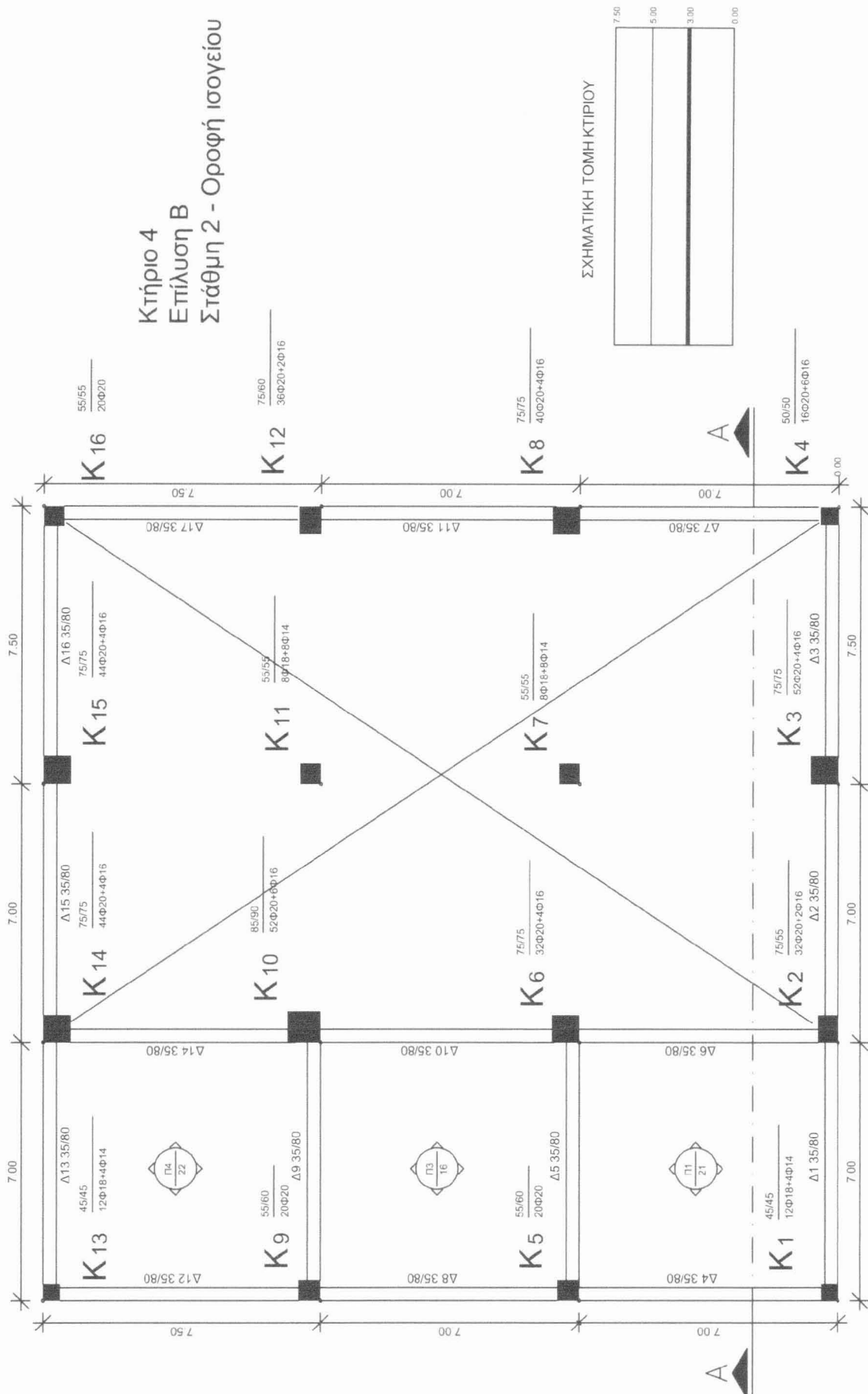
Στάθμη 2 **K2** [ομάδα II υποστ. (3),]

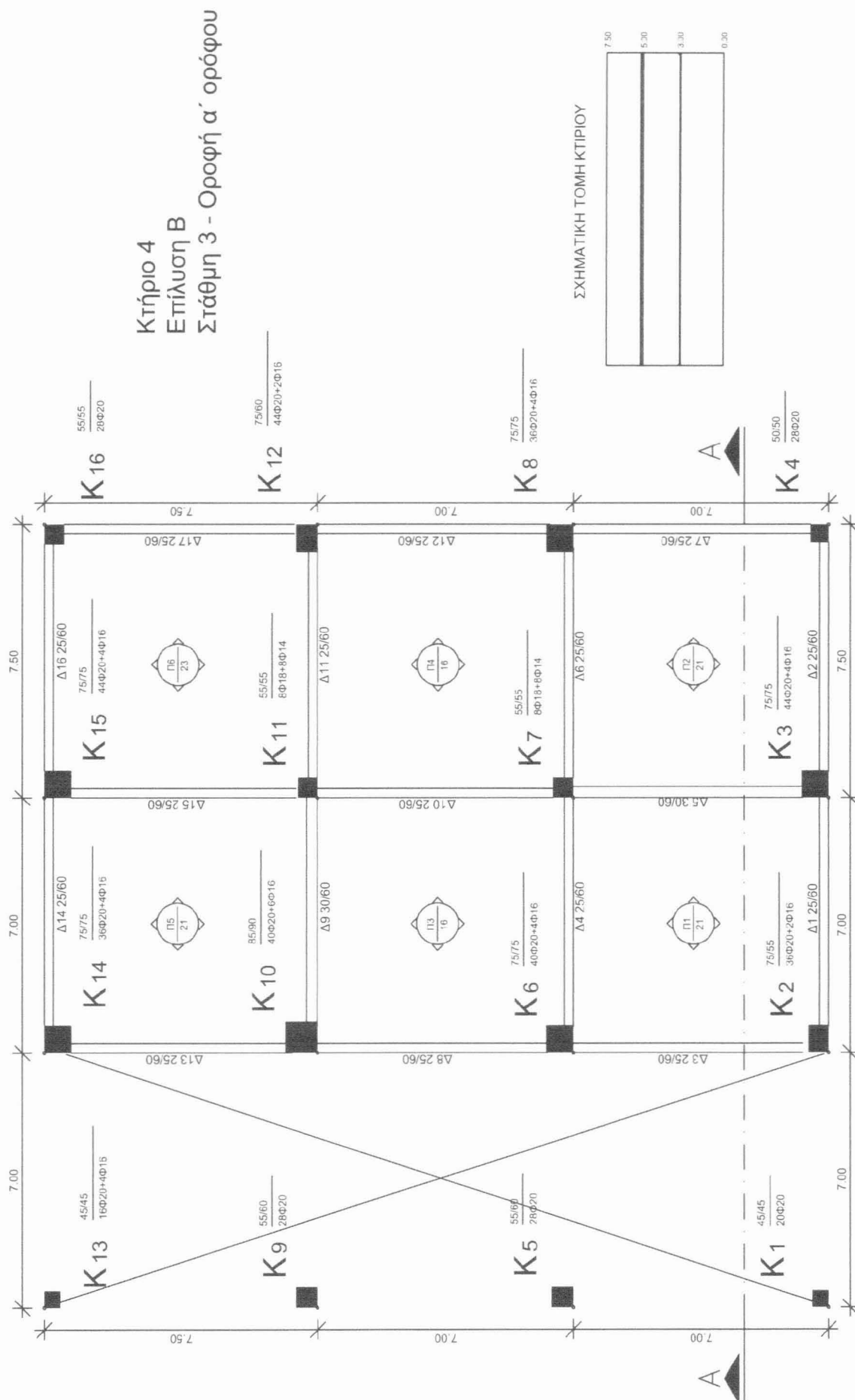
Στάθμη 3 **K8, K12** [ομάδα II υποστ. (2), ομάδα I υποστ. (1)]

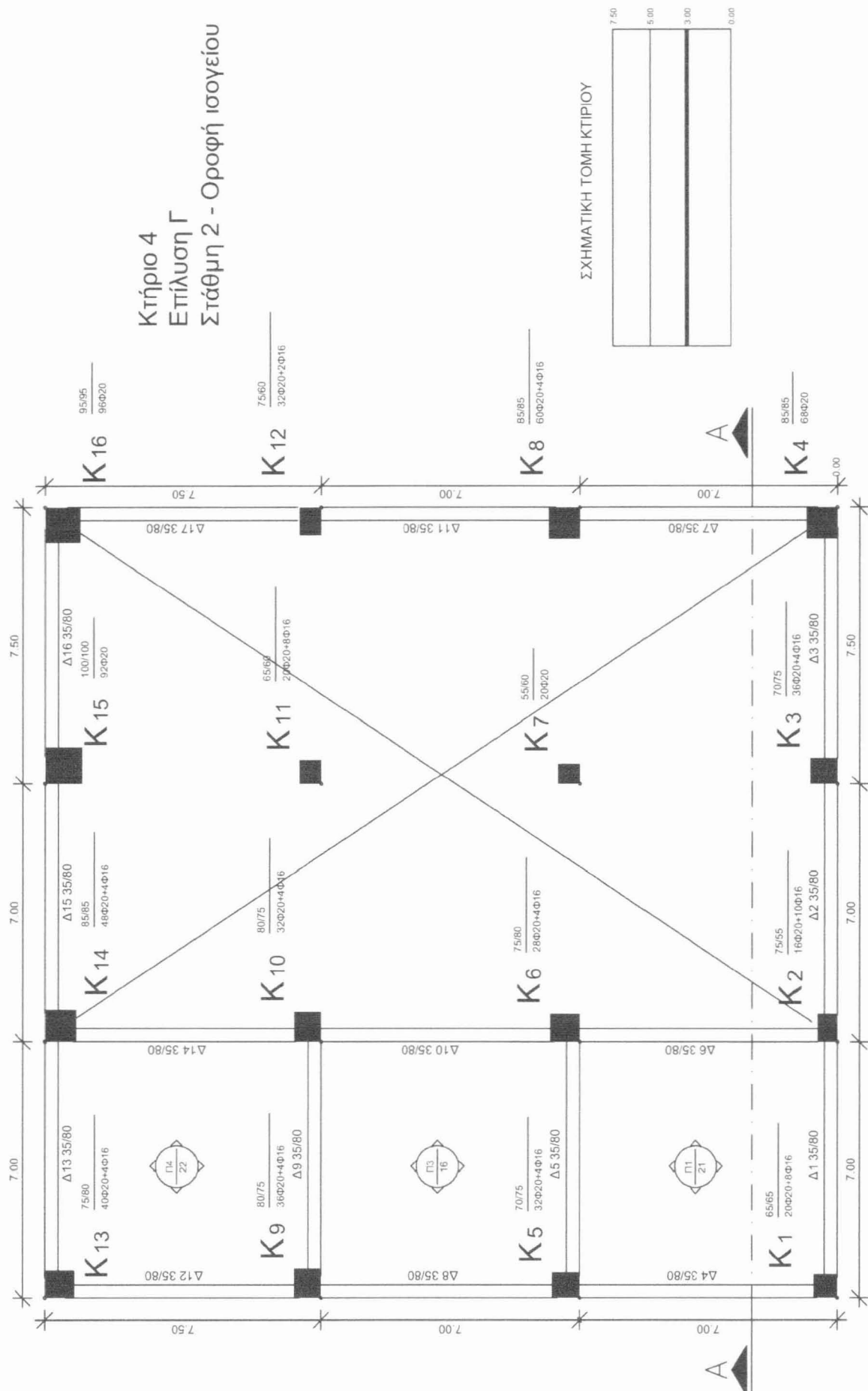


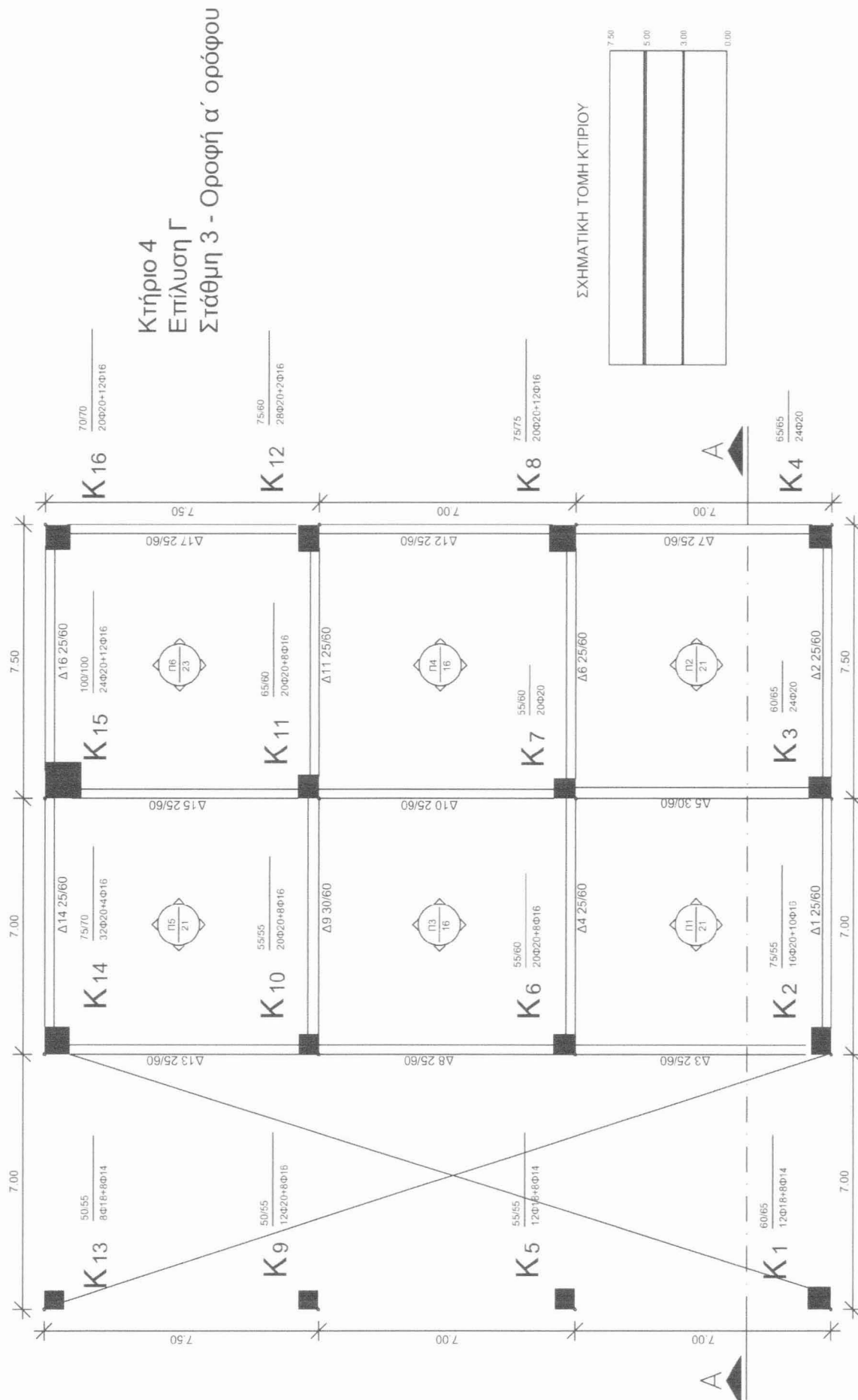












Κεφάλαιο 6^ο : Προσομοίωμα δικτυώματος Global Truss

Οι ιδιαιτερότητες που παρουσιάζουν τα “κοντά” υποστυλώματα, σε σχέση με τα κοινά υποστυλώματα, οφείλονται μεταξύ άλλων και στον τρόπο που προσομοιώνονται και στη συνέχεια διαστασιολογούνται στα στατικά μοντέλα. Σε ένα κοντό υποστυλώμα δεν ισχύει η σχέση $L/h > 10$, όπου L είναι το μήκος του στοιχείου και h το στατικό ύψος της διατομής, και συνεπώς εσφαλμένα προσομοιώνονται στο στατικό μοντέλο με γραμμικά στοιχεία. Στα κοντά υποστυλώματα δεν ισχύει η επιπεδότητα των διατομών, μια παραδοχή βάση της οποίας γίνεται ο σχεδιασμός έναντι κάμψης, ούτε το δικτύωμα Moersch που χρησιμοποιείται για την ανάλυση και τον σχεδιασμό έναντι τέμνουσας των γραμμικών στοιχείων. Υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ ροπής κάμψης και τέμνουσας και γι’ αυτό ο διαχωρισμός τους στην διαστασιολόγηση της διατομής οδηγεί σε λανθασμένα αποτελέσματα.

Η πλειοψηφία των αναλυτικών μοντέλων για τα κοντά υποστυλώματα δέχονται την ταυτόχρονη δράση δύο ανεξάρτητων μηχανισμών μεταφοράς δυνάμεων:

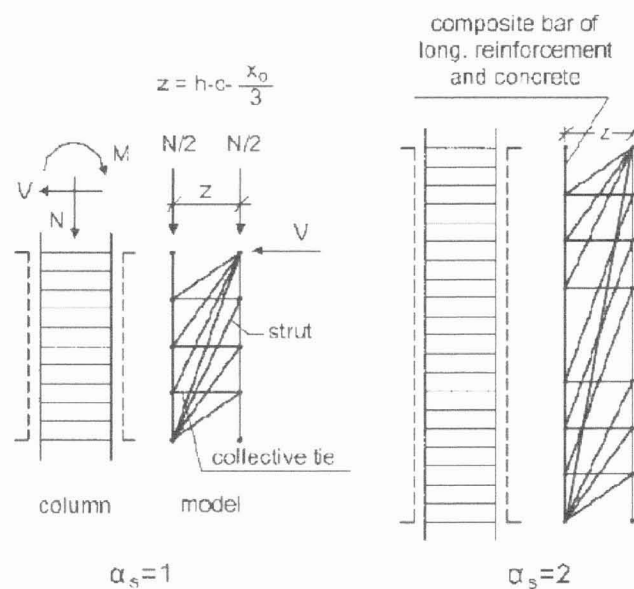
- α) Έναν μηχανισμό δικτυώματος που προσομοιώνει τη δράση του διαμήκους και του διατμητικού οπλισμού και
- β) Ένα μηχανισμό διαγώνιου θλιπτήρα.

Η μέγιστη τιμή της διατμητικής δράσης στο υπό εξέταση στοιχείο, προέρχεται από το άθροισμα των φερουσών ικανοτήτων των δύο παραπάνω μηχανισμών. Η θεώρηση αυτή όμως δεν είναι εντελώς σωστή γιατί γίνεται η παραδοχή ότι διαρρέει ταυτόχρονα ο διαμήκης οπλισμός και όλοι οι διατμητικοί συνδετήρες, μία κατάσταση που δεν ισχύει στα κοντά υποστυλώματα. Ακόμη, δεν υπάρχει συμβατότητα ανάμεσα στις παραμορφώσεις που θεωρεί ο μηχανισμός του δικτυώματος και ο μηχανισμός του διαγώνιου θλιπτήρα.

Μια τρίτη θεώρηση είναι η εύρεση των διαγραμμάτων αλληλεπίδρασης ροπής – τέμνουσας μιας διατομής λαμβάνοντας υπ’ όψιν την ελαστοπλαστική συμπεριφορά των υλικών. Σε όλες όμως τις παραπάνω περιπτώσεις, δεν προβλέπεται με σαφήνεια η ψαθυρή συμπεριφορά των κοντών υποστυλωμάτων.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, για την προσομοίωση και την ανάλυση της συμπεριφοράς των κοντών υποστυλωμάτων χρησιμοποιήθηκε το “Global Truss Model”, ένα μοντέλο δικτύωματος, έτσι όπως προτάθηκε από τους Μωρέττη και Τάσιο [5]. Στο συγκεκριμένο μοντέλο, λαμβάνεται υπ’ όψιν η ταυτόχρονη δράση όλων των υλικών του κοντού υποστυλώματος, χάλυβα και σκυροδέματος, και υπολογίζονται σε κάθε βήμα φόρτισης τα φορτία που φέρει το καθένα, μέχρι την κατάρρευση του φορέα. Έτσι στο μοντέλο δεν γίνεται ούτε η παραδοχή της επαλληλίας των δύο ανεξάρτητων μηχανισμών, δικτύωματος και διαγώνιου θλιπτήρα, ούτε η ταυτόχρονη διαρροή των υλικών που συνθέτουν το στοιχείο.

Το “Global Truss Model” έχει διαφορετική μορφή ανάλογα με τον λόγο διάτμησης $a_s = L/2h$, που χαρακτηρίζει το υποστυλόμετρο. Η κλίση των θλιπτήρων εξαρτάται από τον ίδιο μέγεθος. Στο σχήμα 6.1 παρουσιάζεται η μορφή του δικτύωματος για $a_s=1$ και $a_s=2$.



Σχήμα 6.1 Μορφή δικτύωματος για $a_s=1$ $a_s=2$ αντίστοιχα.[5]

Το δίκτυωμα στη γενική του μορφή αποτελείται από δύο παράλληλα πέλματα που αποτελούνται από σκυρόδεμα και χάλυβα. Η διατομή των μελών του χάλυβα υποκαθιστά τη συνολική διατομή των ράβδων που τοποθετούνται σε κάθε πλευρά του υποστυλώματος. Ο τρόπος υπολογισμού της διατομής των μελών του σκυροδέματος παρουσιάζεται παρακάτω.

Ανάλογα με την τιμή του a_s καθορίζεται ο αριθμός των διαγώνιων θλιπτήρων σκυροδέματος, και των συλλεκτικών συνδετήρων που αποτελούν το δίκτυωμα. Η

διατομή των συλλεκτικών συνδετήρων, είναι ανάλογη της διατομής των πραγματικών συνδετήρων που υποκαθιστά το κάθε μέλος.

Τα διαγώνια μέλη του δικτυώματος αποτελούνται από τους διαγώνιους θλιπτήρες σκυροδέματος. Η κλίση τους μεταβάλλεται από 26° έως 55° μοίρες, ανάλογα με την κλίση των καμπτοδιατμητικών ρωγμών που παρουσιάζονται σε υποστυλώματα που έχουν τον σχετικό λόγο διάτμησης. Ακόμη και αν αυτές οι ρωγμές δεν είναι κρίσιμες για την τελική αστοχία του υποστυλώματος, οι διαγώνιοι θλιπτήρες ουσιαστικά υποκαθιστούν την συνισταμένη θλιπτική δύναμη των τάσεων που δρουν στην περιοχή του σκυροδέματος.

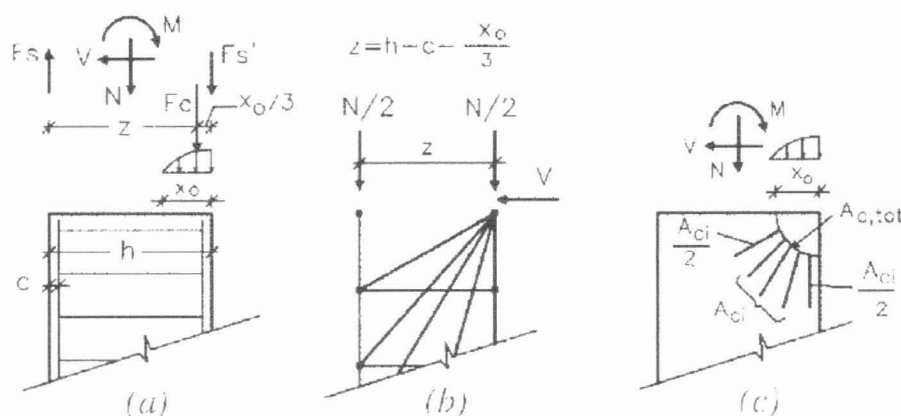
Η ολική διατομή των μελών του σκυροδέματος που συντρέχουν στο άκρο του υποστυλώματος θεωρείται περίπου ίση με

$$A_{c,tot} = 1,5 \times x_o \times b \quad \text{όπου}$$

x_o είναι το πλάτος της θλιβόμενης ζώνης όπως υπολογίζεται από την κλασική θεωρία κάμψης

b είναι η κάθετη διάσταση του υποστυλώματος.

Η διατομή των ακραίων μελών του σκυροδέματος θεωρείται περίπου η μισή των εσωτερικών διαγώνιων μελών, γιατί η συνισταμένη δύναμη από την τέμνουσα και την αξονική έχει διαγώνια κατεύθυνση (σχήμα 6.2).



Σχήμα 6.2. α) Δυνάμεις που δρουν στο άκρο του υποστυλώματος,
 β) Δυνάμεις που επιβάλλονται στο άκρο του μοντέλου,
 γ) διατομές των μελών σκυροδέματος που συντρέχουν στο άκρο του δικτυώματος. [5]

Το δικτύωμα θεωρείται πακτωμένο στην βάση του, και το άλλο του άκρο είναι ελεύθερο, αλλά κατά την μετακίνηση του πάντα παραμένει παράλληλο προς τη βάση του μοντέλου.

Η επίλυση του δικτυώματος, δίνει την αξονική δύναμη που ασκείται σε κάθε μέλος για κάθε τιμή του φόρτισης (N,V). Θεωρείται ότι η αστοχία του δικτυώματος συμβαίνει όταν σε κάποιο μέλος η αξονική δύναμη, ξεπεράσει το όριο της αντοχής του με βάση την διατομή που έχουμε θεωρήσει. Αυτό μπορεί να είναι αστοχία του διαμήκους οπλισμού, ή των θλιπτήρων σκυροδέματος. Η φέρουσα ικανότητα του κάθε μέλους υπολογίζεται ως εξής:

- Συλλεκτικός διαμήκης οπλισμός : $R_{sli,d} = A_{sli} \times f_{yd}$
- Συλλεκτικός συνδετήρας : $R_{swi,d} = A_{swi} \times f_{yd}$
- Διαγώνιος θλιπτήρας σκυροδέματος : $R_{cdi} = A_{ci} \times f_{cd}$
- Παράλληλα πέλματα σκυροδέματος : $R_{cdi,p} = A_{ci,p} \times f_{cd}'$

Όπου

A_{sli} η συνολική διατομή του διαμήκους οπλισμού στην μία πλευρά του υποστυλώματος

A_{swi} η διατομή των συνδετήρων που υποκαθιστά ο συλλεκτικός συνδετήρας

A_{ci} η διατομή του θλιπτήρα όπως ορίστηκε παραπάνω

$A_{ci,p}$ η διατομή του παράλληλου θλιπτήρα ίση με $A_{ci}/2$

f_{yd} η τάση διαρροής σχεδιασμού του χάλυβα ίση με $f_{yk}/1,15$

f_{cd} η θλιπτική τάση σχεδιασμού του σκυροδέματος ίση με $f_{ck}/1,50$

f_{cd}' η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος λαμβάνοντας υπ' όψιν και την περίσφιξη ίση με $f_{cc}'/1,50$.

$$\left. \begin{aligned} f_{cc}' &= (1,000 + 2,5 \alpha_n \alpha_s \omega_w) \times f_{ck} , \sigma_2 < 0,05 f_{ck} \\ f_{cc}' &= (1,150 + 1,5 \alpha_n \alpha_s \omega_w) \times f_{ck} , \sigma_2 > 0,05 f_{ck} \end{aligned} \right\} \text{ Από MC- 90}$$

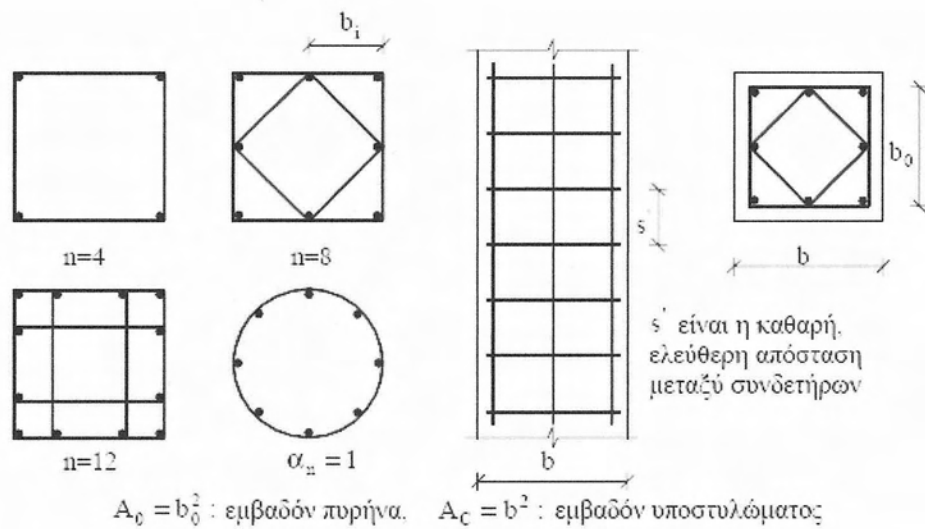
όπου

$$\alpha_n = 1 - (\Sigma b_i^2) / (6b_o)$$

$$\alpha_s = (1 - 0,5s/b_o)(1 - 0,5s/d_o)$$

ω_w το μηχανικό ογκομετρικό συνδετήρων =

$$(\text{όγκος κλειστών συνδετήρων}) / (\text{όγκος σκυροδέματος πυρήνα}) \times f_{yd} / f_{cd}$$



Σχήμα 6.3. Χαρακτηριστικά περίσφιγξης [ΕΚΩΣ2000]
 (οι διαστάσεις b_i και d_i μετρώνται στα κέντρα των διαμηκών ράβδων)

Επίσης υπολογίζονται οι συντελεστές οι συντελεστές ασφαλείας του κάθε μέλους $\gamma_i = R_i/F_i$, όπου R_i η φέρουσα ικανότητα του κάθε μέλους και F_i η αξονική δύναμη του μέλους όπως προκύπτει από την επίλυση του δικτύωματος. Για $\gamma < 1$ το μέλος έχει αστοχήσει, και για $\gamma > 1$ το μέλος έχει ακόμα διαθέσιμη αντοχή. Το φορτίο κατάρρευσης είναι αυτό για το οποίο κάποιο μέλος θα εξαντλήσει όλη την αντοχή του, και ο συντελεστής γ θα πάρει την τιμή 1. Η τιμή V για την οποία συμβαίνει αυτό είναι η μέγιστη τέμνουσα που μπορεί να παραλάβει το δίκτυωμα και ονομάζεται V_t (ή V_u).

Κάνοντας χρήση του συγκεκριμένου μοντέλου, εκτός από την τιμή της μέγιστης τέμνουσας, ταυτόχρονα βλέπουμε και τον τρόπο με τον οποίο αστοχεί το δίκτυωμα. Καμπικά αν αστοχήσει ο διαμήκης οπλισμός ή η διατομή του σκυροδέματος που βρίσκεται στη θέση του άνω ή κάτω πέλματος, και διατμητικά αν αστοχήσει κάποιος θλιπτήρας ή συλλεκτικός συνδετήρας.

Κεφάλαιο 7^ο : Αποτελέσματα ανάλυσης κοντών υποστυ- λωμάτων μέσω του προσομοιώματος Global Truss

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα κοντά υποστυλώματα, όπως διαστασιολογήθηκαν βάσει των τριών εναλλακτικών επιλύσεων Α, Β, Γ που παρουσιάστηκαν στο 5^ο κεφάλαιο, μαζί με τα αποτελέσματα του ελέγχου τους στο προσομοίωμα Global Truss.

Στην ονομασία του κάθε υποστυλώματος αναφέρεται ο κωδικός αριθμός του υποστυλώματος που θα χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια στους πίνακες και τα διαγράμματα των αποτελεσμάτων, οι διαστάσεις της διατομής, και ο τρόπος επίλυσης Α, Β, Γ, και Α/Β όταν προκύπτει ίδιος οπλισμός από τις δύο επιλύσεις.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του κάθε υποστυλώματος. Ο γεωμετρικός λόγος διάτμησης και ο λόγος διάτμησης όπως περιγράφεται από τον ΕΚΩΣ, οι διαστάσεις και ο οπλισμός του στοιχείου. Για τον διαμήκη οπλισμό υπολογίζεται το ποσοστό $\rho_s = A_s / (b \times h)$ και για τον οπλισμό διάτμησης το ποσοστό $\rho_w = A_w / (b \times s)$, όπου s η απόσταση μεταξύ των συνδετήρων.

Ακολουθούν, οι δράσεις και οι αντοχές του κάθε υποστυλώματος όπως περιγράφονται από τους ελληνικούς κανονισμούς για την διατομή και τον οπλισμό που προκύπτει από την κάθε διαστασιολόγηση, διατηρώντας τον συμβολισμό των κανονισμών.

Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης του στοιχείου στο προσομοίωμα Global Truss. Ο συμβολισμός που χρησιμοποιείται είναι ο εξής :

Vu	το διατμητικό φορτίο αστοχίας του υποστυλώματος
b, h	οι διαστάσεις της διατομής
c	η επικάλυψη των οπλισμών
z	ο μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων της διατομής
x₀	το ύψος της θλιβόμενης ζώνης βάσει της § 10.4.2 του ΕΚΩΣ 2000
A_s	η διατομή των μελών του διαμήκους οπλισμού του προσομοιώματος
A_{swi}	η διατομή των μελών του οπλισμού διάτμησης του προσομοιώματος

- A_{ci} η διατομή των μελών σκυροδέματος του προσομοιώματος
- R_s η αντοχή των μελών του διαμήκους οπλισμού του προσομοιώματος
- R_w η αντοχή των μελών του οπλισμού διάτμησης του προσομοιώματος
- R_c η αντοχή των μελών σκυροδέματος του προσομοιώματος
- F_s η μέγιστη δύναμη των μελών του διαμήκους οπλισμού του προσομοιώματος κατά το φορτίο αστοχίας
- F_w η μέγιστη δύναμη των μελών του οπλισμού διάτμησης του προσομοιώματος κατά το φορτίο αστοχίας
- F_c η μέγιστη δύναμη των μελών του σκυροδέματος του προσομοιώματος κατά το φορτίο αστοχίας
- γ_i ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας του μέλους = R_i/F_i για το φορτίο αστοχίας. Για $\gamma = 1,00$ το μέλος αστοχεί, για $\gamma > 1,00$ το μέλος έχει παραμένουσα αντοχή.

ΟΜΑΔΑ I

$$a_s \approx 1,00$$

(1) 60/75 A/B

$$a_s = 1,16 = (L/2h)$$

$$a_s = 1,59 = (M/Vh)$$

$$h = 0,60 \text{ m}$$

$$b = 0,75 \text{ m}$$

$$H_I = 1,40 \text{ m}$$

Υλικά

C20/25 B500C

Οπλισμός

Διαμήκης

$$\rho_s = 3,16\%$$

Διατμήσεως

$$\rho_w = 0,52\%$$

5ΣΦ10/10

Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000

(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
V_{Sd}	$V_{CD,C}$	M_{Sd}	N_{Sd}	v_d	μ_d
317	1009	1413	539	0,09	0,39

(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
M_{Rd}	V_{Rd2}	V_{wd}	V_{Rd3}
1470	1512	861	1120

Global Truss

Συλλεκτικοί συνδετήρες = 3

$$V_u = 455 \text{ kN}$$

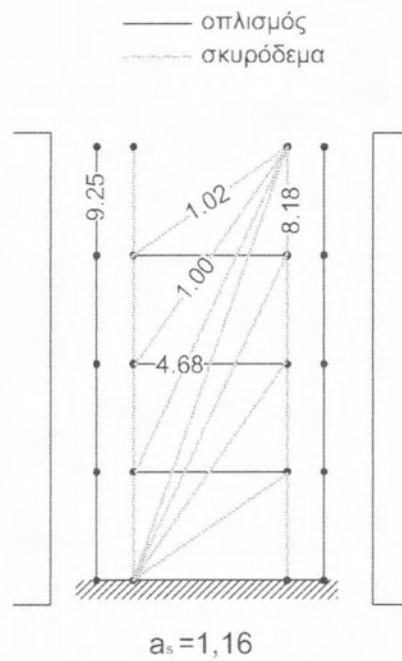
b	h	c	z	x_0	(m)
0,75	0,60	0,04	0,527	0,100	

A_s	A_{swi}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m ²)
0,006912	0,001700	0,028125	0,014063	0,014063	

R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
3005	740	263	131	229	

F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
325	158	-263	-129	-28	

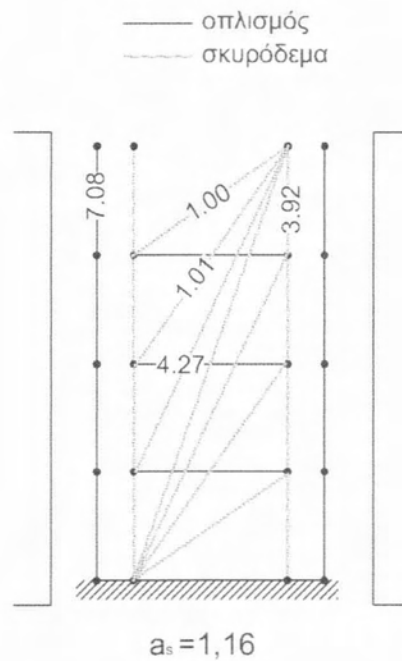
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
9,25	4,68	1,00	1,02	8,18	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 455 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,41$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 9,25$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 4,68$

(1) 60/75 Γ					
		$a_s = 1,16$	$= (L/2h)$		
		$a_s = 1,81$	$= (M/Vh)$		
$h = 0,60 \text{ m}$					
$b = 0,75 \text{ m}$		Υλικά			
$H_l = 1,40 \text{ m}$		C20/25 B500C			
Οπλισμός					
Διαμήκης	$\rho_s =$	2,04%			
Διατμήσεως	$\rho_w =$	0,48%	5ΣΦ8/7		
Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000					
(kN) V_{Sd}	(kN) $V_{CD,C}$	(kN) M_{Sd}	(kN) N_{Sd}	v_d	μ_d
925	-	1004	728	0,12	0,28
	(kN) M_{Rd}	(kN) V_{Rd2}	(kN) V_{wd}	(kN) V_{Rd3}	
	1095	1512	787	1014	
Global Truss					
Συλλεκτικοί συνδετήρες = 3					
$V_u = 481 \text{ kN}$					
b	h	C	z	x_0	(m)
0,75	0,60	0,04	0,525	0,104	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m^2)
0,004398	0,001590	0,029250	0,014625	0,014625	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
1912	692	273	137	239	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
270	162	-269	-137	-61	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
7,08	4,27	1,01	1,00	3,92	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 481 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,47$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 7,08$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 4,27$

(2) 75/75 A/B

$$a_s = 0,93 = (L/2h)$$

$$a_s = 2,27 = (M/Vh)$$

$$h = 0,75 \text{ m}$$

$$b = 0,75 \text{ m}$$

$$H_I = 1,40 \text{ m}$$

Υλικά

C20/25 B500C

Οπλισμός

Διαμήκης

$$\rho_s = 2,15\%$$

Διατμήσεως

$$\rho_w = 0,48\%$$

5ΣΦ8/7

Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000

(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
V_{Sd}	$V_{CD,C}$	M_{Sd}	N_{Sd}	v_d	μ_d
367	1238	1563	519	0,07	0,28

(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
M_{Rd}	V_{Rd2}	V_{wd}	V_{Rd3}
1723	1917	998	1301

Global Truss

Συλλεκτικοί συνδετήρες = 3

$$V_u = 515 \text{ kN}$$

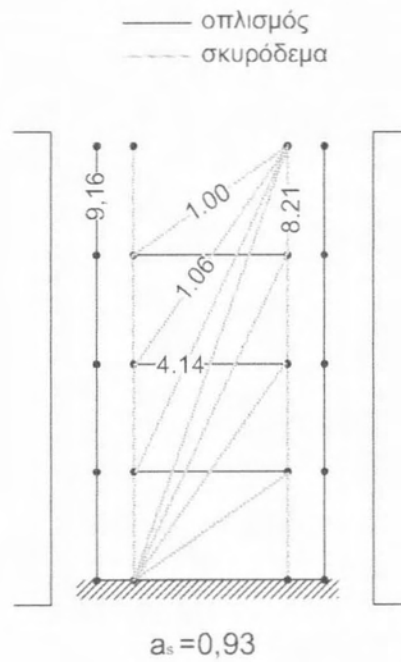
b	h	c	z	x_0	(m)
0,75	0,75	0,04	0,676	0,102	

A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m ²)
0,005855	0,001590	0,028687	0,014344	0,014344	

R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
2546	692	268	134	238	

F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
278	167	-252	-134	-29	

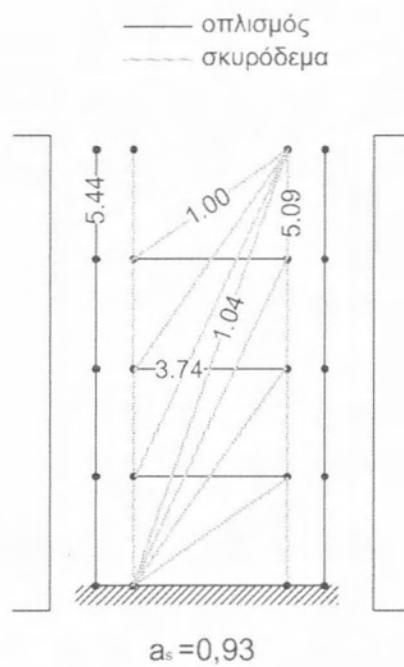
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
9,16	4,14	1,06	1,00	8,21	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 515 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,40$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 9,16$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 4,14$

(2) 75/75 Γ					
$a_s = 0,93$		$= (L/2h)$			
$a_s = 1,49$		$= (M/Vh)$			
$h = 0,75 \text{ m}$					
$b = 0,75 \text{ m}$		Υλικά			
$H_I = 1,40 \text{ m}$		C20/25 B500C			
Οπλισμός					
Διαμήκης	$\rho_s = 1,55\%$				
Διατμήσεως	$\rho_w = 0,48\%$	5ΣΦ8/7			
Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000					
(kN) V_{Sd}	(kN) $V_{CD,C}$	(kN) M_{Sd}	(kN) N_{Sd}	v_d	μ_d
1105	-	1231	614	0,08	0,28
	(kN) M_{Rd}	(kN) V_{Rd2}	(kN) V_{wd}	(kN) V_{Rd3}	
	1353	1917	998	1260	
Global Truss					
Συλλεκτικοί συνδετήρες = 3					
$V_u = 580 \text{ kN}$					
b	h	c	z	x_0	(m)
0,75	0,75	0,04	0,671	0,116	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m^2)
0,003743	0,001590	0,032625	0,016313	0,016313	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
1627	692	305	152	270	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
299	185	-293	-152	-53	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
5,44	3,74	1,04	1,00	5,09	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 580 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,46$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 5,44$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 3,74$

(3) 95/85 A

$$a_s = 1,16 = (l/2h)$$

$$a_s = 1,91 = (M/Vh)$$

$$h = 0,95 \text{ m}$$

$$b = 0,85 \text{ m}$$

$$H_1 = 2,20 \text{ m}$$

Υλικά

C20/25 B500C

Οπλισμός

Διαμήκης

$$\rho_s = 1,13\%$$

Διατμήσεως

$$\rho_w = 0,51\%$$

5ΣΦ10/9

Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000

(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
V_{Sd}	$V_{CD,C}$	M_{Sd}	N_{Sd}	v_d	μ_d
730	1969	2091	1319	0,12	0,2

(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
M_{Rd}	V_{Rd2}	V_{wd}	V_{Rd3}
2100	2785	1554	2014

Global Truss

Συλλεκτικοί συνδετήρες = 3

$$V_u = 630 \text{ kN}$$

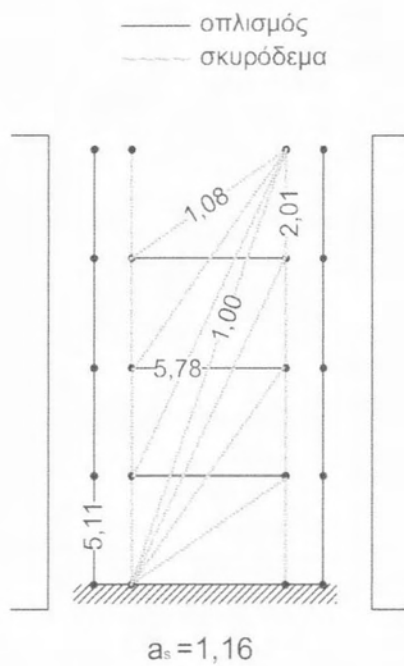
b	h	c	z	x_0	(m)
0,85	0,95	0,04	0,870	0,125	

A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m ²)
0,003745	0,002620	0,039844	0,019922	0,019922	

R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
1628	1138	372	186	339	

F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-319	197	-371	-173	-169	

γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
5,11	5,78	1,00	1,08	2,01	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 630kN$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,31$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 5,11$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 5,78$

(3) 95/85 B

$$a_s = 1,16 = (L/2h)$$

$$a_s = 1,91 = (M/Vh)$$

$$h = 0,95 \text{ m}$$

$$b = 0,85 \text{ m}$$

$$H_1 = 2,20 \text{ m}$$

Υλικά

C20/25 B500C

Οπλισμός

Διαμήκης

$$\rho_s = 2,02\%$$

Διατμήσεως

$$\rho_w = 0,74\%$$

5ΣΦ12/9

Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000

(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
V_{sd}	$V_{CD,C}$	M_{sd}	N_{sd}	v_d	μ_d
730	2500	3074	1319	0,12	0,30

(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
M_{Rd}	V_{Rd2}	V_{wd}	V_{Rd3}
3177	2787	2234	2761

Global Truss

Συλλεκτικοί συνδετήρες = 3

$$V_u = 785 \text{ kN}$$

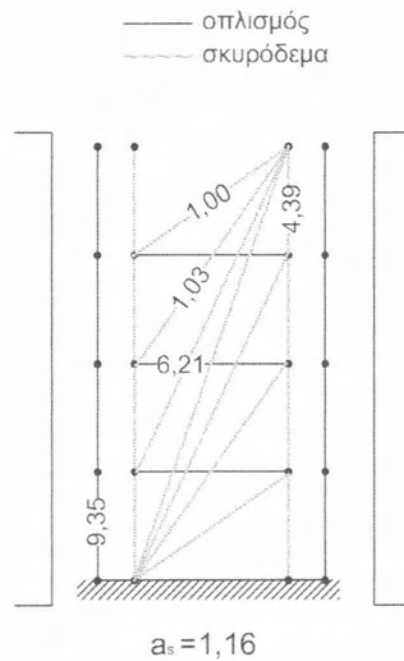
b	h	c	z	x_0	(m)
0,85	0,95	0,04	0,861	0,147	

A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m ²)
0,007741	0,003770	0,046856	0,023428	0,023428	

R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
3366	1639	437	219	479	

F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-360	264	-425	-219	-109	

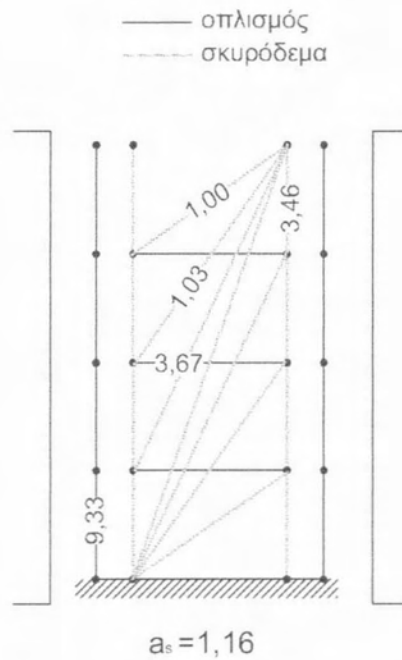
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
9,35	6,21	1,03	1,00	4,39	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 785kN$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,28$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 9,35$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 6,21$

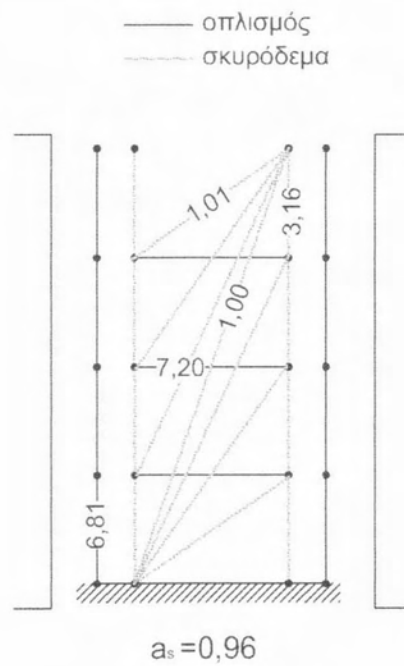
(3) 95/85 Γ					
$a_s = 1,16$		$= (L/2h)$			
$a_s = 2,03$		$= (M/Vh)$			
$h = 0,95 \text{ m}$					
$b = 0,85 \text{ m}$		Υλικά			
$H_I = 2,20 \text{ m}$		C20/25		B500C	
Οπλισμός					
Διαμήκης	$\rho_s = 2,02\%$				
Διατμήσεως	$\rho_w = 0,42\%$		5ΣΦ8/7		
Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000					
(kN) V_{Sd}	(kN) $V_{CD,C}$	(kN) M_{Sd}	(kN) N_{Sd}	v_d	μ_d
1627	-	3133	1321	0,12	0,31
	(kN) M_{Rd}	(kN) V_{Rd2}	(kN) V_{wd}	(kN) V_{Rd3}	
	3177	2787	1278	1790	
Global Truss					
Συλλεκτικοί συνδετήρες = 3					
$V_u = 785 \text{ kN}$					
b	h	c	z	x_0	(m)
0,85	0,95	0,04	0,861	0,147	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m^2)
0,007540	0,002180	0,046856	0,023428	0,023428	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
3278	947	437	219	377	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-352	258	-425	-219	-109	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
9,33	3,67	1,03	1,00	3,46	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 785 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,44$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 9,33$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 3,67$

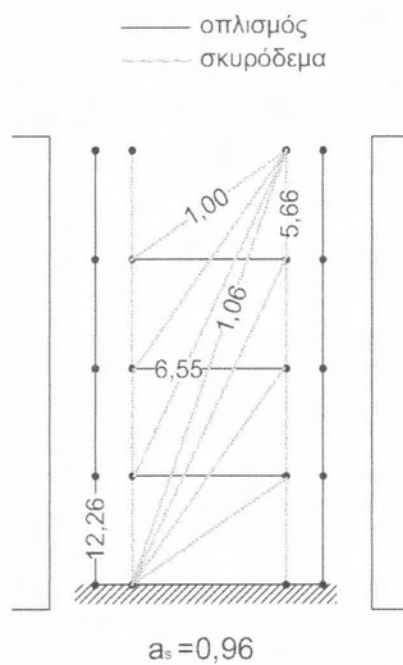
(4) 115/80 A					
		$a_s = 0,96$	$= (L/2h)$		
		$a_s = 1,94$	$= (M/Vh)$		
$h = 1,15 \text{ m}$					
$b = 0,80 \text{ m}$		Υλικά			
$H_I = 2,20 \text{ m}$		C20/25 B500C			
Οπλισμός					
Διαμήκης	$\rho_s = 1,17\%$				
Διατμήσεως	$\rho_w = 0,70\%$	5ΣΦ10/7			
Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000					
(kN) V_{Sd}	(kN) $V_{CD,C}$	(kN) M_{Sd}	(kN) N_{Sd}	v_d	μ_d
812	2680	2426	1193	0,10	0,17
	(kN) M_{Rd}	(kN) V_{Rd2}	(kN) V_{wd}	(kN) V_{Rd3}	
	2854	3197	2437	2920	
Global Truss					
Συλλεκτικοί συνδετήρες = 3					
$V_u = 765 \text{ kN}$					
b	h	c	z	x_0	(m)
0,80	1,15	0,04	1,060	0,143	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m^2)
0,004373	0,003930	0,042900	0,021450	0,021450	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
1901	1707	400	200	433	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-279	237	-400	-199	-137	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
6,81	7,20	1,00	1,01	3,16	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 765 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,26$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 6,81$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 7,20$

(4) 115/80 B					
		$a_s = 0,96$	$= (L/2h)$		
		$a_s = 1,94$	$= (M/Vh)$		
$h = 1,15 \text{ m}$					
$b = 0,80 \text{ m}$		Υλικά			
$H_I = 2,20 \text{ m}$		C20/25 B500C			
Οπλισμός					
Διαμήκης	$\rho_s =$	2,09%			
Διατμήσεως	$\rho_w =$	0,70%	5ΣΦ10/7		
Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000					
(kN) V_{Sd}	(kN) $V_{CD,C}$	(kN) M_{Sd}	(kN) N_{Sd}	v_d	μ_d
812	2799	4211	1193	0,10	0,30
	(kN) M_{Rd}	(kN) V_{Rd2}	(kN) V_{wd}	(kN) V_{Rd3}	
	4447	3197	2437	2989	
Global Truss					
Συλλεκτικοί συνδετήρες = 3					
$V_u = 865 \text{ kN}$					
b	h	c	z	x_0	(m)
0,80	1,15	0,04	1,056	0,161	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m^2)
0,008997	0,003930	0,048300	0,024150	0,024150	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
3912	1707	451	225	487	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-319	261	-425	-225	-86	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
12,26	6,55	1,06	1,00	5,66	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 865 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,29$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 12,26$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 6,55$

(4) 115/80 Γ

$a_s = 0,96$	$= (L/2h)$
$a_s = 1,99$	$= (M/Vh)$
$h = 1,15 \text{ m}$	
$b = 0,80 \text{ m}$	Υλικά
$H_I = 2,20 \text{ m}$	C20/25 B500C

Οπλισμός

Διαμήκης	$\rho_s = 1,95\%$	
Διατμήσεως	$\rho_w = 0,39\%$	5ΣΦ8/8

Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000

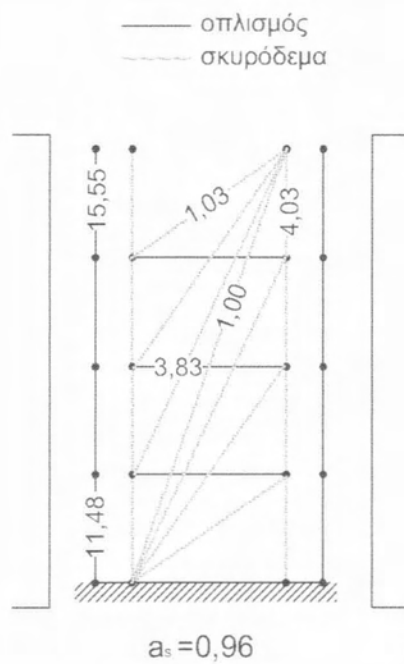
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
V_{Sd}	$V_{CD,C}$	M_{Sd}	N_{Sd}	v_d	μ_d
1790	-	4104	1273	0,10	0,29
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
M_{Rd}	V_{Rd2}	V_{wd}	V_{Rd3}		
4249	3197	1365	1898		

Global Truss

Συλλεκτικοί συνδετήρες = 3

$V_u = 800 \text{ kN}$

b	h	c	z	x_0	(m)
0,80	1,15	0,04	1,059	0,152	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m ²)
0,008369	0,002180	0,045600	0,022800	0,022800	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
3639	947	426	213	347	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-317	247	-426	-207	-86	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
11,48	3,83	1,00	1,03	4,03	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 800 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,42$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 11,48$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 3,83$

(5) 115/115 A

$$a_s = 1,00 = (L/2l_l)$$

$$a_s = 2,40 = (M/Vl_l)$$

$$h = 1,15 \text{ m}$$

$$b = 1,15 \text{ m}$$

$$H_l = 2,20 \text{ m}$$

Υλικά
C20/25 B500C

Οπλισμός

Διαμήκης	$\rho_s = 1,00\%$	
Διατμήσεως	$\rho_w = 0,53\%$	7ΣΦ10/9

Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000

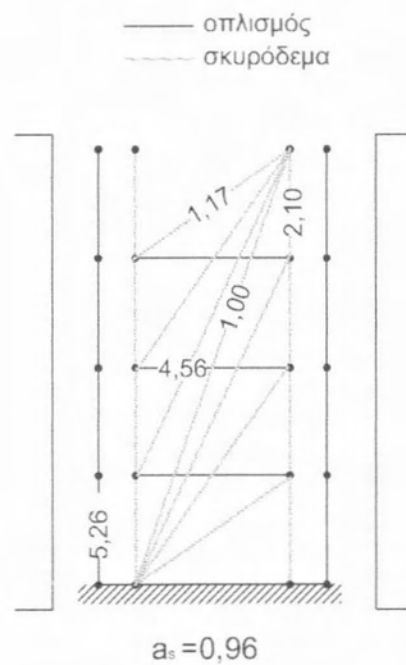
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
V_{Sd}	$V_{CD,C}$	M_{Sd}	N_{Sd}	v_d	μ_d
977	3312	3898	2444	0,14	0,19
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
	M_{Rd}	V_{Rd2}	V_{wd}	V_{Rd3}	
	3937	4595	2653	3439	

Global Truss

Συλλεκτικοί συνδετήρες = 3

$$V_u = 1385 \text{ kN}$$

b	h	c	z	x_0	(m)
1,15	1,15	0,04	1,041	0,205	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m ²)
0,005830	0,004210	0,088406	0,044203	0,044203	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
2535	1833	825	413	768	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-482	402	-825	-352	-366	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
5,26	4,56	1,00	1,17	2,10	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 1385 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,40$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 5,26$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 4,56$

(5) 115/115 B

$$a_s = 0,96 = (L/2h)$$

$$a_s = 2,40 = (M/Vh)$$

$$h = 1,15 \text{ m}$$

$$b = 1,15 \text{ m}$$

$$H_I = 2,20 \text{ m}$$

Υλικά

C20/25 B500C

Οπλισμός

Διαμήκης

$$\rho_s = 1,87\%$$

Διατμήσεως

$$\rho_w = 0,53\%$$

7ΣΦ10/9

Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000

(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
V_{Sd}	$V_{CD,C}$	M_{Sd}	N_{Sd}	v_d	μ_d
977	3312	5468	2444	0,14	0,27

(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
M_{Rd}	V_{Rd2}	V_{wd}	V_{Rd3}
5980	4595	2653	3439

Global Truss

Συλλεκτικοί συνδετήρες = 3

$$V_u = 1335 \text{ kN}$$

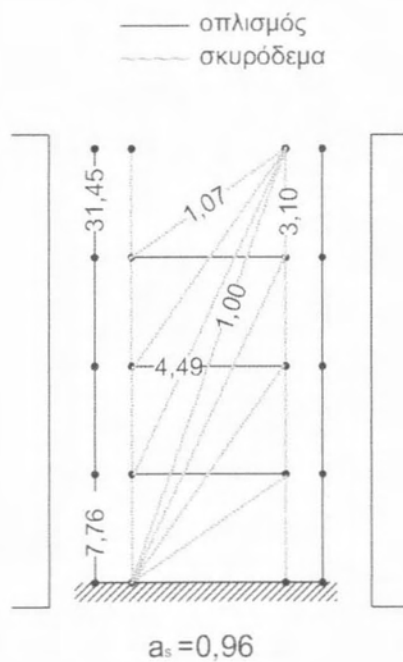
b	h	c	z	x_0	(m)
1,15	1,15	0,04	1,049	0,182	

A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m ²)
0,011938	0,004210	0,078488	0,039244	0,039244	

R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
5190	1833	733	366	682	

F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-669	408	-733	-343	-220	

γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
7,76	4,49	1,00	1,07	3,10	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 1335 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,39$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 7,76$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 4,49$

(5) 115/115 Γ

$a_s = 0,96$	$= (L/2h)$
$a_s = 2,15$	$= (M/Vh)$
$h = 1,15 \text{ m}$	
$b = 1,15 \text{ m}$	Υλικά
$H_I = 2,20 \text{ m}$	C20/25 B500C

Οπλισμός

Διαμήκης	$\rho_s = 1,77\%$	
Διατμήσεως	$\rho_w = 0,30\%$	7ΣΦ8/10

Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000

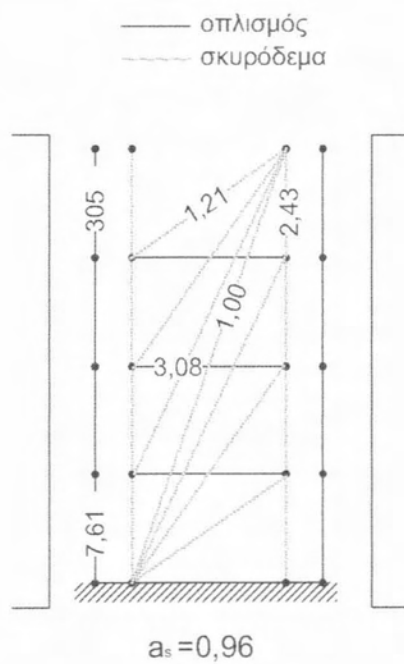
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
V_{Sd}	$V_{CD,C}$	M_{Sd}	N_{Sd}	v_d	μ_d
2156	-	5340	2498	0,14	0,26
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
M_{Rd}	V_{Rd2}	V_{wd}	V_{Rd3}		
5788	4595	1528	2399		

Global Truss

Συλλεκτικοί συνδετήρες = 3

$V_u = 1220 \text{ kN}$

b	h	c	z	x_0	(m)
1,15	1,15	0,04	1,048	0,186	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m ²)
0,011938	0,002460	0,080213	0,040107	0,040107	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
5190	1071	749	374	556	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-682	348	-749	-308	-229	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
7,61	3,08	1,00	1,21	2,43	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 1220 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,51$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 7,61$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 3,08$

ΟΜΑΔΑ II

$$a_s \approx 1,50$$

(1) 55/55 A/B

$a_s = 1,73$	$= (l/2h)$
$a_s = 2,35$	$= (M/Vh)$
$h = 0,55 \text{ m}$	
$b = 0,55 \text{ m}$	
$H_l = 1,90 \text{ m}$	
	Υλικά
	C20/25 B500C

Οπλισμός

Διαμήκης	$\rho_s = 2,51\%$	
Διατμήσεως	$\rho_w = 0,45\%$	4ΣΦ8/8

Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000

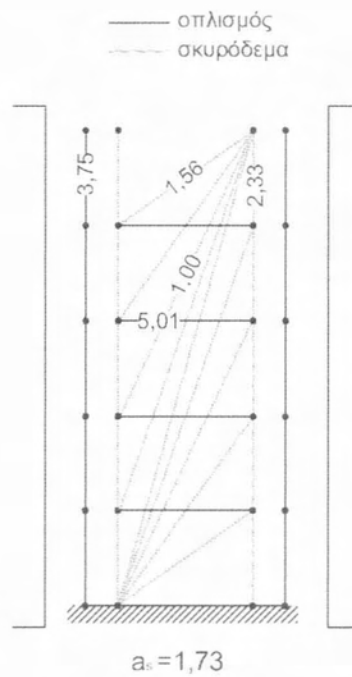
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
V_{Sd}	$V_{CD,C}$	M_{Sd}	N_{Sd}	v_d	μ_d
197	671	657	770	0,17	0,16
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
M_{Rd}	V_{Rd2}	V_{wd}	V_{Rd3}		
794	1010	502	722		

Global Truss

Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4

$V_u = 366 \text{ kN}$

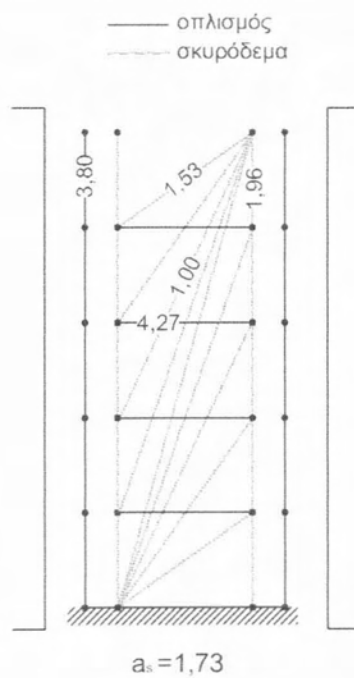
b	h	c	z	x_0	(m)
0,55	0,55	0,04	0,455	0,164	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m^2)
0,003040	0,001110	0,027060	0,013530	0,013530	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
1322	481	253	126	210	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
353	96	-253	-81	-90	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
3,75	5,01	1,00	1,56	2,33	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 366kN$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,51$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 3,75$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 5,01$

(1) 55/55 Γ					
		$a_s = 1,73$	$= (L/2h)$		
		$a_s = 2,34$	$= (M/Vh)$		
$h = 0,55 \text{ m}$					
$b = 0,55 \text{ m}$		Υλικά			
$H_l = 1,90 \text{ m}$		C20/25 B500C			
Οπλισμός					
Διαμήκης	$\rho_s = 2,08\%$				
Διατμήσεως	$\rho_w = 0,36\%$	4ΣΦ8/10			
Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000					
(kN) V_{Sd}	(kN) $V_{CD,C}$	(kN) M_{Sd}	(kN) N_{Sd}	v_d	μ_d
401	-	516	768	0,19	0,30
	(kN) M_{Rd}	(kN) V_{Rd2}	(kN) V_{wd}	(kN) V_{Rd3}	
	706	1010	401	601	
Global Truss					
Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4					
$V_u = 355 \text{ kN}$					
b	h	c	z	x_0	(m)
0,55	0,55	0,04	0,458	0,157	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m^2)
0,002826	0,000900	0,025905	0,012953	0,012953	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
1229	393	242	121	180	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
323	92	-242	-79	-92	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
3,80	4,27	1,00	1,53	1,96	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 355 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,59$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 3,80$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 4,27$

(2) 55/55 A/B

$$a_s = 1,73 \quad =(L/2l)$$

$$a_s = 2,31 \quad =(M/Vl)$$

$$h = 0,55 \text{ m}$$

$$b = 0,55 \text{ m}$$

$$H_I = 1,90 \text{ m}$$

Υλικά

C20/25 B500C

Οπλισμός

Διαμήκης

$$\rho_s = 3,52\%$$

Διατμήσεως

$$\rho_w = 0,52\%$$

4ΣΦ8/7

Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000

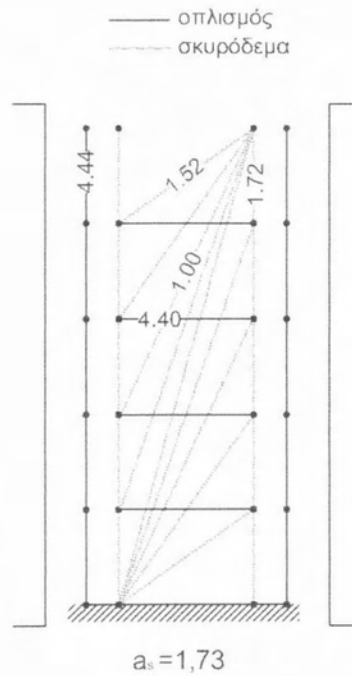
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
V_{Sd}	$V_{CD,C}$	M_{Sd}	N_{Sd}	v_d	μ_d
226	762	817	1598	0,40	0,37
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
	M_{Rd}	V_{Rd2}	V_{wd}	V_{Rd3}	
	1050	1010	573	910	

Global Truss

Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4

$$V_u = 513 \text{ kN}$$

b	h	c	z	x_0	(m)
0,55	0,55	0,04	0,430	0,239	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m ²)
0,004580	0,001310	0,039435	0,019718	0,019718	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
1991	568	368	184	330	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-448	129	-368	-121	-192	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
4,44	4,40	1,00	1,52	1,72	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 513 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,56$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 4,44$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 4,40$

(2) 55/55 Γ

$$a_s = 1,73 = (L/2h)$$

$$a_s = 2,35 = (M/Vh)$$

$$h = 0,55 \text{ m}$$

$$b = 0,55 \text{ m}$$

$$H_I = 1,90 \text{ m}$$

Υλικά
C20/25 B500C

Οπλισμός

Διαμήκης	$\rho_s = 2,51\%$	
Διατμήσεως	$\rho_w = 0,36\%$	4ΣΦ8/10

Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000

(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
V_{Sd}	$V_{CD,C}$	M_{Sd}	N_{Sd}	v_d	μ_d
458	-	592	817	0,20	0,27

(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
M_{Rd}	V_{Rd2}	V_{wd}	V_{Rd3}
832	1010	401	734

Global Truss

Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4

$$V_u = 537 \text{ kN}$$

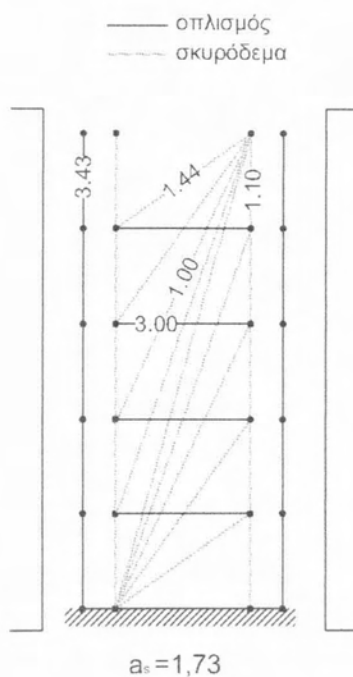
b	h	c	z	x_0	(m)
0,55	0,55	0,04	0,429	0,242	

A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m ²)
0,003040	0,000900	0,039930	0,019965	0,019965	

R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
1322	393	373	186	278	

F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-385	131	-372	-129	-253	

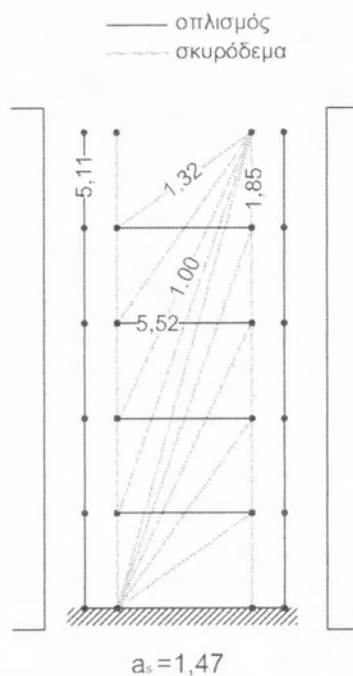
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
3,43	3,00	1,00	1,44	1,10	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 537kN$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,73$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 3,43$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 3,00$

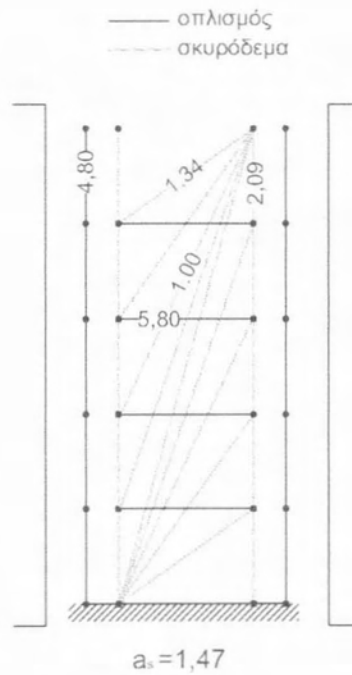
(3) 75/55 A					
<div><div><div><div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div></div></div></div>					



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 650 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,46$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 5,11$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 5,52$

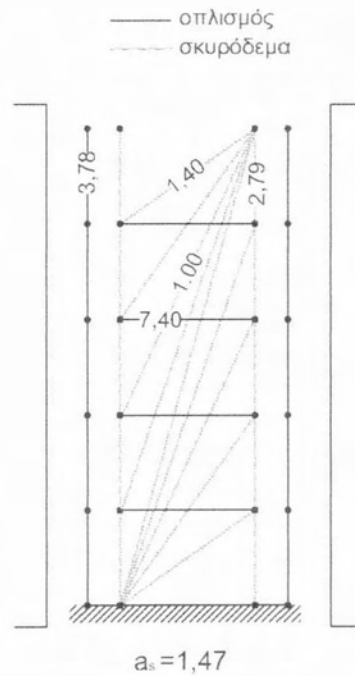
(3) 75/55 B					
		$a_s = 1,47$	$= (L/2h)$		
		$a_s = 2,29$	$= (M/Vh)$		
$h = 0,75 \text{ m}$					
$b = 0,55 \text{ m}$		Υλικά			
$H_I = 2,20 \text{ m}$		C20/25 B500C			
Οπλισμός					
Διαμήκης	$\rho_s =$	2,53 %			
Διατμήσεως	$\rho_w =$	0,71 %	4ΣΦ10/8		
Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000					
(kN) V_{Sd}	(kN) $V_{CD,C}$	(kN) M_{Sd}	(kN) N_{Sd}	v_d	μ_d
392	1326	1556	1558	0,28	0,38
	(kN) M_{Rd}	(kN) V_{Rd2}	(kN) V_{wd}	(kN) V_{Rd3}	
	1643	1406	1091	1407	
Global Truss					
Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4					
$V_u = 610 \text{ kN}$					
b	h	c	z	x_0	(m)
0,55	0,75	0,04	0,634	0,227	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m^2)
0,005024	0,020400	0,037455	0,018728	0,018728	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
2184	888	350	175	356	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-455	153	-350	-131	-170	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
4,80	5,80	1,00	1,34	2,09	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 610 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,43$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 4,80$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 5,80$

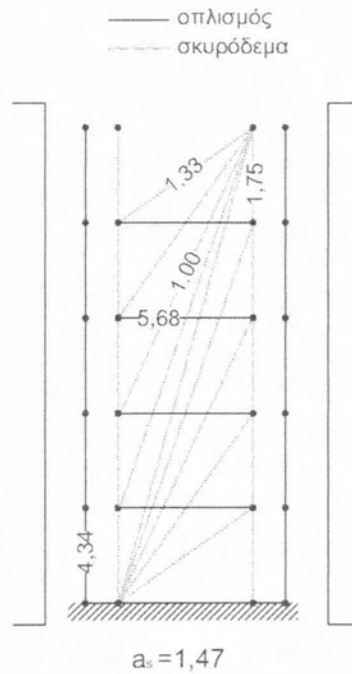
(3) 75/55 Γ					
		$a_s = 1,47$	$= (L/2l)$		
		$a_s = 3,24$	$= (M/Vh)$		
$h = 0,75 \text{ m}$					
$b = 0,55 \text{ m}$		Υλικά			
$H_I = 2,20 \text{ m}$		C20/25 B500C			
Οπλισμός					
Διαμήκης	$\rho_s = 2,01 \%$				
Διατμήσεως	$\rho_w = 0,36 \%$	4ΣΦ8/10			
Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000					
(kN) V_{Sd}	(kN) $V_{CD,C}$	(kN) M_{Sd}	(kN) N_{Sd}	v_d	μ_d
411	-	1001	830	0,28	0,38
	(kN) M_{Rd}	(kN) V_{Rd2}	(kN) V_{wd}	(kN) V_{Rd3}	
	1308	1406	559	761	
Global Truss					
Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4					
$V_u = 458 \text{ kN}$					
b	h	c	z	x_0	(m)
0,55	0,75	0,04	0,651	0,176	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m^2)
0,003144	0,020400	0,029040	0,014520	0,014520	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
1367	888	271	136	276	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
362	120	-271	-97	-99	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
3,78	7,40	1,00	1,40	2,79	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 458kN$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,60$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 3,78$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 7,40$

(4) 75/75 A					
$a_s = 1,47$	$= (L/2h)$				
$a_s = 2,41$	$= (M/Vh)$				
$h = 0,75 \text{ m}$					
$b = 0,75 \text{ m}$		Υλικά			
$H_I = 2,20 \text{ m}$		C20/25 B500C			
Οπλισμός					
Διαμήκης	$\rho_s = 1,63\%$				
Διατμήσεως	$\rho_w = 0,58\%$	5ΣΦ10/9			
Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000					
(kN) V_{Sd}	(kN) $V_{CD,C}$	(kN) M_{Sd}	(kN) N_{Sd}	v_d	μ_d
455	1511	1369	1613	0,22	0,24
	(kN) M_{Rd}	(kN) V_{Rd2}	(kN) V_{wd}	(kN) V_{Rd3}	
	1593	1917	1212	1580	
Global Truss					
Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4					
$V_u = 695 \text{ kN}$					
b	h	c	z	x_0	(m)
0,75	0,75	0,04	0,647	0,189	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m^2)
0,004172	0,002260	0,042525	0,021263	0,021263	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
1814	982	397	198	373	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-418	173	-397	-149	-213	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
4,34	5,68	1,00	1,33	1,75	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 695kN$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,44$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 4,34$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 5,68$

(4) 75/75 B

$$a_s = 1,47 = (L/2h)$$

$$a_s = 2,41 = (M/Vh)$$

$$h = 0,75 \text{ m}$$

$$b = 0,75 \text{ m}$$

$$H_1 = 2,20 \text{ m}$$

Υλικά

C20/25 B500C

Οπλισμός

Διαμήκης

$$\rho_s = 2,82\%$$

Διατμήσεως

$$\rho_w = 0,58\%$$

5ΣΦ10/9

Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000

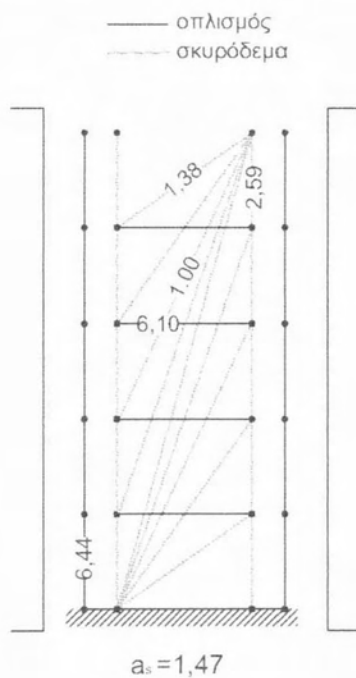
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
V_{Sd}	$V_{CD,C}$	M_{Sd}	N_{Sd}	v_d	μ_d
455	1534	1894	1613	0,22	0,34
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
	M_{Rd}	V_{Rd2}	V_{wd}	V_{Rd3}	
	2261	1917	1212	1599	

Global Truss

Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4

$$V_u = 630 \text{ kN}$$

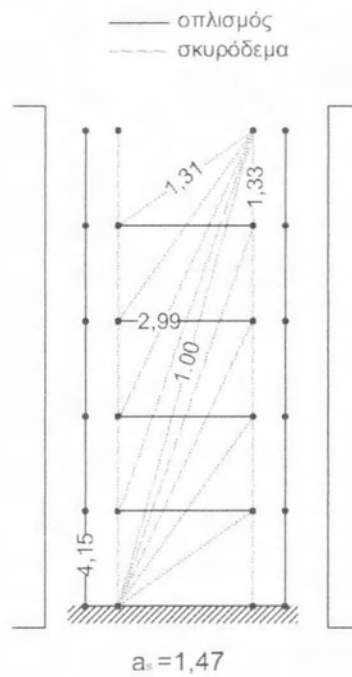
b	h	c	z	x_0	(m)
0,75	0,75	0,04	0,651	0,176	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m ²)
0,007741	0,002260	0,039600	0,019800	0,019800	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
3366	982	370	185	347	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-523	161	-370	-134	-134	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
6,44	6,10	1,00	1,38	2,59	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 630 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,39$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 6,44$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 6,10$

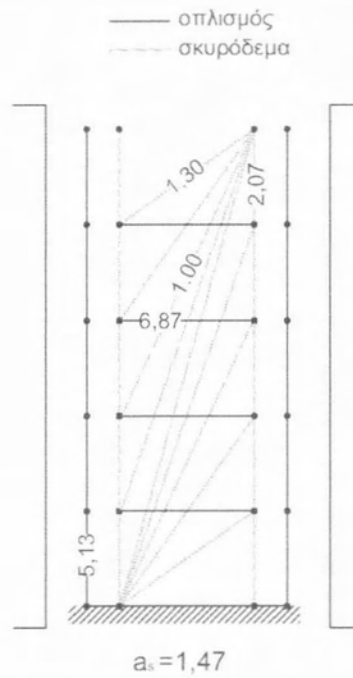
(4) 75/75 Γ					
$a_s = 1,47$	$= (L/2li)$				
$a_s = 2,49$	$= (M/Vli)$				
$h = 0,75 \text{ m}$					
$b = 0,75 \text{ m}$		Υλικά			
$H_l = 2,20 \text{ m}$	C20/25	B500C			
Οπλισμός					
Διαμήκης	$\rho_s = 1,93\%$				
Διατμήσεως	$\rho_w = 0,33\%$	5ΣΦ8/10			
Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000					
(kN) V_{Sd}	(kN) $V_{CD,C}$	(kN) M_{Sd}	(kN) N_{Sd}	v_d	μ_d
739	-	1384	2035	0,27	0,25
	(kN) M_{Rd}	(kN) V_{Rd2}	(kN) V_{wd}	(kN) V_{Rd3}	
	1835	1917	698	1025	
Global Truss					
Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4					
$V_u = 795 \text{ kN}$					
b	h	c	z	x_0	(m)
0,75	0,75	0,04	0,638	0,215	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m^2)
0,005227	0,001320	0,048375	0,024188	0,024188	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
2273	574	452	226	337	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-548	192	-452	-172	-253	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
4,15	2,99	1,00	1,31	1,33	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 795kN$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,78$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 4,15$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 2,99$

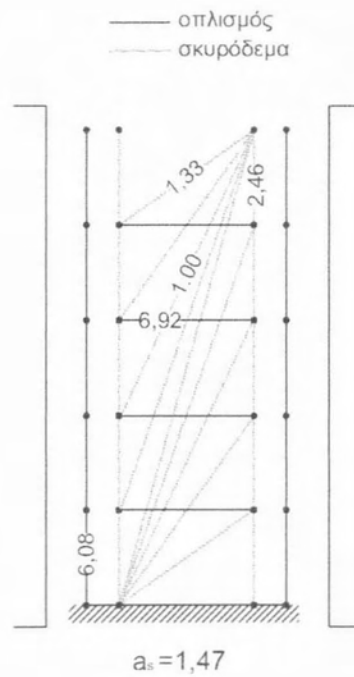
(5) 75/75 A					
		$a_s = 1,47$	$= (L/2h)$		
		$a_s = 2,24$	$= (M/Vh)$		
$h = 0,75 \text{ m}$					
$b = 0,75 \text{ m}$		Υλικά			
$H_I = 2,20 \text{ m}$		C20/25 B500C			
Οπλισμός					
Διαμήκης	$\rho_s =$	1,71%			
Διατμήσεως	$\rho_w =$	0,58%	5ΣΦ10/9		
Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000					
(kN) V_{Sd}	(kN) $V_{CD,C}$	(kN) M_{Sd}	(kN) N_{Sd}	v_d	μ_d
439	1499	1546	1349	0,18	0,27
	(kN) M_{Rd}	(kN) V_{Rd2}	(kN) V_{wd}	(kN) V_{Rd3}	
	1611	1917	1212	1605	
Global Truss					
Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4					
$V_u = 575 \text{ kN}$					
b	h	c	z	x_0	(m)
0,75	0,75	0,04	0,659	0,152	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m^2)
0,004599	0,002260	0,034200	0,017100	0,017100	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
2000	982	319	160	300	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-390	143	-319	-123	-145	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
5,13	6,87	1,00	1,30	2,07	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 575 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1.00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0.36$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 5.13$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 6.87$

(5) 75/75 B					
		$a_s = 1,47$	$= (L/2h)$		
		$a_s = 2,24$	$= (M/Vh)$		
$h = 0,75 \text{ m}$					
$b = 0,75 \text{ m}$		Υλικά			
$H_1 = 2,20 \text{ m}$		C20/25 B500C			
Οπλισμός					
Διαμήκης	$\rho_s = 2,15\%$				
Διατμήσεως	$\rho_w = 0,58\%$	5ΣΦ10/9			
Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000					
(kN) V_{Sd}	(kN) $V_{CD,C}$	(kN) M_{Sd}	(kN) N_{Sd}	v_d	μ_d
439	1499	1708	1349	0,18	0,30
	(kN) M_{Rd}	(kN) V_{Rd2}	(kN) V_{wd}	(kN) V_{Rd3}	
	1877	1917	1212	1620	
Global Truss					
Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4					
$V_u = 565 \text{ kN}$					
b	h	C	z	x_0	(m)
0,75	0,75	0,04	0,659	0,152	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m^2)
0,005855	0,002260	0,034200	0,017100	0,017100	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
2546	982	319	160	300	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-419	142	-319	-120	-122	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
6,08	6,92	1,00	1,33	2,46	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 565 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,35$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 6,08$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 6,92$

(5) 75/75 Γ

$$a_s = 1,47 = (L/2h)$$

$$a_s = 2,48 = (M/Vh)$$

$$h = 0,75 \text{ m}$$

$$b = 0,75 \text{ m}$$

$$H_1 = 2,20 \text{ m}$$

Υλικά

C20/25 B500C

Οπλισμός

Διαμήκης

$$\rho_s = 2,60\%$$

Διατμήσεως

$$\rho_w = 0,42\%$$

5ΣΦ8/8

Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000

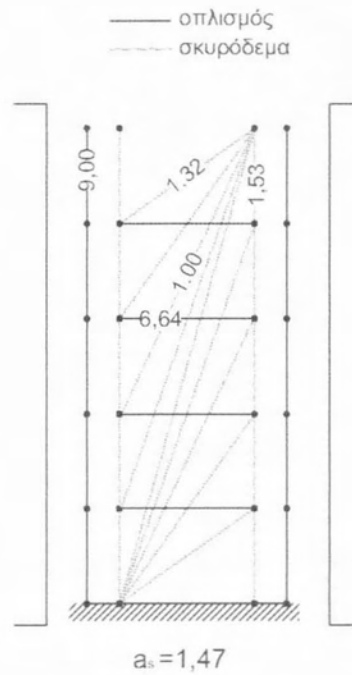
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
V_{Sd}	$V_{CD,C}$	M_{Sd}	N_{Sd}	v_d	μ_d
1178	-	1992	1298	0,17	0,35
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
M_{Rd}	V_{Rd2}	V_{wd}	V_{Rd3}		
2121	1917	873	1251		

Global Truss

Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4

$$V_u = 590 \text{ kN}$$

b	h	c	Z	x_0	(m)
0,75	0,75	0,04	0,656	0,163	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m ²)
0,006912	0,001630	0,036675	0,018338	0,018338	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
3005	710	342	171	283	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
334	153	-342	-130	-185	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
9,00	4,64	1,00	1,32	1,53	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 590 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,47$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 9,00$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 4,64$

(6) 75/75 A/B

$a_s = 1,27$	$= (L/2h)$
$a_s = 2,38$	$= (M/Vh)$
$h = 0,75 \text{ m}$	
$b = 0,75 \text{ m}$	Υλικά
$H_I = 1,90 \text{ m}$	C20/25 B500C

Οπλισμός

Διαμήκης	$\rho_s = 3,15\%$	
Διατμήσεως	$\rho_w = 0,48\%$	5ΣΦ8/7

Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000

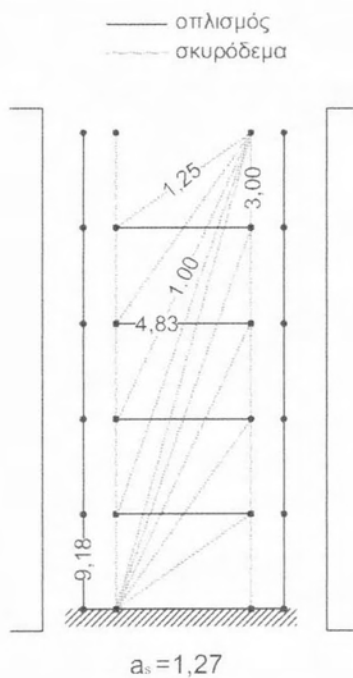
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
V_{sd}	$V_{CD,C}$	M_{sd}	N_{sd}	v_d	μ_d
379	1314	2349	1200	0,16	0,42
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
	M_{Rd}	V_{Rd2}	V_{wd}	V_{Rd3}	
	2436	1917	998	1360	

Global Truss

Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4

$V_u = 580 \text{ kN}$

b	h	c	z	x₀	(m)
0,75	0,75	0,04	0,664	0,138	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	A_{c,conf}	(m²)
0,008616	0,001630	0,031050	0,015525	0,015525	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	R_{c,conf}	(kN)
3746	710	290	145	219	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	F_{c,conf}	(kN)
-408	147	-290	-116	-73	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	γ_{c,conf}	
9,18	4,83	1,00	1,25	3,00	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 580 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,43$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 9,18$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 4,83$

(6) 75/75 Γ

$$a_s = 1,27 = (L/2h)$$

$$a_s = 2,39 = (M/Vh)$$

$$h = 0,75 \text{ m}$$

$$b = 0,75 \text{ m}$$

$$H_1 = 1,90 \text{ m}$$

Υλικά
C20/25 B500C

Οπλισμός

Διαμήκης	$\rho_s = 2,16\%$	
Διατμήσεως	$\rho_w = 0,33\%$	5ΣΦ8/10

Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000

(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
V_{sd}	$V_{CD,C}$	M_{sd}	N_{sd}	v_d	μ_d
782	-	1400	1305	0,17	0,25

(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
M_{Rd}	V_{Rd2}	V_{wd}	V_{Rd3}
1886	1917	698	1029

Global Truss

Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4

$$V_u = 835 \text{ kN}$$

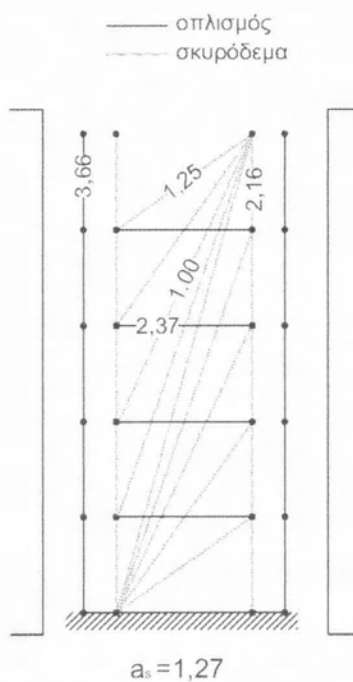
b	h	c	z	x_0	(m)
0,75	0,75	0,04	0,643	0,202	

A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m ²)
0,004940	0,001130	0,045450	0,022725	0,022725	

R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
2148	492	424	212	317	

F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
587	208	-424	-170	-147	

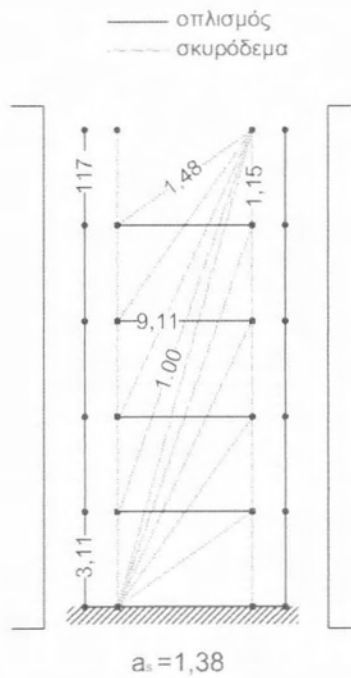
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
3,66	2,37	1,00	1,25	2,16	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 835 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,81$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 3,66$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 2,37$

(7) 80/60 A					
		$a_s = 1,38$	$= (L/2h)$		
		$a_s = 2,12$	$= (M/Vh)$		
$h = 0,80 \text{ m}$					
$b = 0,60 \text{ m}$		Υλικά			
$H_1 = 2,20 \text{ m}$		C20/25 B500C			
Οπλισμός					
Διαμήκης	$\rho_s = 1,20\%$				
Διατημήσεως	$\rho_w = 0,39\%$	4ΣΦ10/10			
Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000					
(kN) V_{Sd}	(kN) $V_{CD,C}$	(kN) M_{Sd}	(kN) N_{Sd}	v_d	μ_d
371	1102	804	1085	0,17	0,16
	(kN) M_{Rd}	(kN) V_{Rd2}	(kN) V_{wd}	(kN) V_{Rd3}	
	1142	1642	934	1171	
Global Truss					
Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4					
$V_u = 360 \text{ kN}$					
b	h	c	Z	x_0	(m)
0,60	0,80	0,04	0,715	0,136	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m^2)
0,001885	0,001650	0,024480	0,012240	0,012240	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
820	717	228	114	197	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
-264	79	-228	-77	-171	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
3,11	9,11	1,00	1,48	1,15	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 360 \text{ kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,31$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 3,11$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 9,11$

(7) 80/60 B

$$a_s = 1,38 = (L/2h)$$

$$a_s = 2,12 = (M/Vh)$$

$$h = 0,80 \text{ m}$$

$$b = 0,60 \text{ m}$$

$$H_I = 2,20 \text{ m}$$

Υλικά

C20/25 B500C

Οπλισμός

Διαμήκης

$$\rho_s = 1,73\%$$

Διατμήσεως

$$\rho_w = 0,44\%$$

4ΣΦ10/9

Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000

(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
V_{Sd}	$V_{CD,C}$	M_{Sd}	N_{Sd}	v_d	μ_d
371	1210	1423	1085	0,17	0,28

(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
M_{Rd}	V_{Rd2}	V_{wd}	V_{Rd3}
1481	1642	1038	1298

Global Truss

Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4

$$V_u = 608 \text{ kN}$$

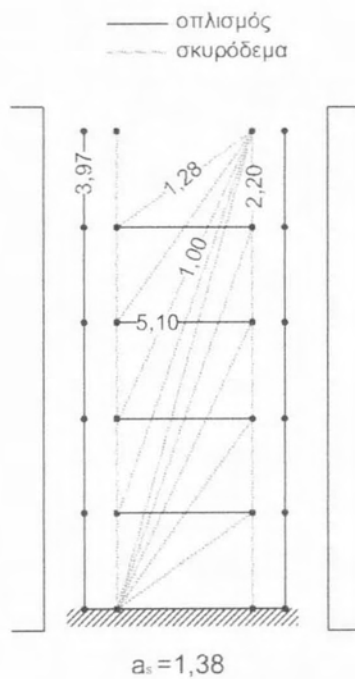
b	h	c	Z	x_0	(m)
0,60	0,80	0,04	0,696	0,191	

A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m ²)
0,003544	0,001810	0,034380	0,017190	0,017190	

R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
1541	785	321	160	293	

F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
388	154	-321	-125	-133	

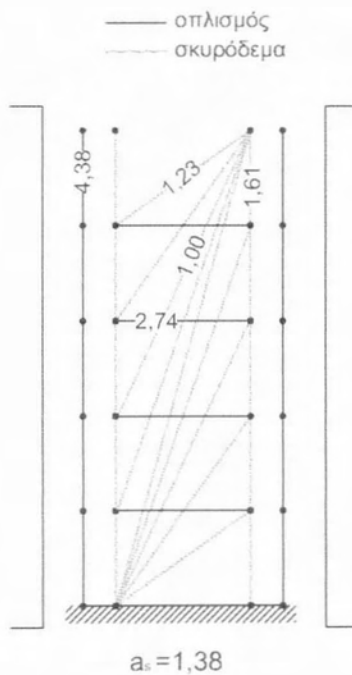
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
3,97	5,10	1,00	1,28	2,20	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 608kN$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,47$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 3,97$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 5,10$

(7) 80/60 Γ					
		$a_s = 1,38$	$= (L/2h)$		
		$a_s = 2,17$	$= (M/Vh)$		
$h = 0,80 \text{ m}$					
$b = 0,60 \text{ m}$		Υλικά			
$H_I = 2,20 \text{ m}$		C20/25 B500C			
Οπλισμός					
Διαμήκης	$\rho_s = 2,23\%$				
Διατμήσεως	$\rho_w = 0,28\%$	4ΣΦ8/9			
Ανάλυση - Διαστασιολόγηση βάσει ΕΚΩΣ 2000					
(kN) V_{Sd}	(kN) $V_{CD,C}$	(kN) M_{Sd}	(kN) N_{Sd}	v_d	μ_d
800	-	1394	1463	0,23	0,27
	(kN) M_{Rd}	(kN) V_{Rd2}	(kN) V_{wd}	(kN) V_{Rd3}	
	1812	1642	664	878	
Global Truss					
Συλλεκτικοί συνδετήρες = 4					
$V_u = 747 \text{ kN}$					
b	h	c	Z	x_0	(m)
0,60	0,80	0,04	0,684	0,227	
A_s	A_{sw}	A_{c1}	A_{c2}	$A_{c,conf}$	(m^2)
0,004172	0,001160	0,040860	0,020430	0,020430	
R_s	R_w	R_{c1}	R_{c2}	$R_{c,conf}$	(kN)
1814	503	381	191	292	
F_s	F_w	F_{c1}	F_{c2}	$F_{c,conf}$	(kN)
414	-184	-381	-155	-181	
γ_s	γ_w	γ_{c1}	γ_{c2}	$\gamma_{c,conf}$	
4,38	2,74	1,00	1,23	1,61	



Συντελεστές ασφαλείας γ_i για φορτίο αστοχίας $V_u = 747\text{kN}$.

- Αστοχία Διατμητική (Λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος) $\gamma_c = 1,00$
- $V_u / V_{Rd3} = 0,85$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = 4,38$
- Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = 2,74$

Κεφάλαιο 8^ο : Πίνακες – Διαγράμματα αποτελεσμάτων

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται

- οι συνοπτικοί πίνακες της διαστασιολόγησης των κοντών υποστυλωμάτων βάσει του Ε.Κ.Ω.Σ. και της ανάλυσής τους στο προσομοίωμα Global Truss.
- Τα τελικά διαγράμματα καμπτικών ροπών, τεμνουσών δυνάμεων και συντελεστών ασφαλείας των μελών του Global Truss.

Τα αποτελέσματα σχολιάζονται στο κεφάλαιο 9.

Υπενθυμίζονται οι τρεις εναλλακτικές επιλύσεις που εφαρμόστηκαν για την διαστασιολόγηση των κοντών υποστυλωμάτων:

A) Επίλυση του φορέα Με Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας ($q=3,5$) και ικανοποίηση η συνθήκη α της § 18.4.9.1. Κατά την επίλυση και την διαστασιολόγηση γίνονται οι ικανοτικοί έλεγχοι κόμβου και τέμνουσας.

B) Επίλυση του φορέα Με Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας ($q=3,5$) και ικανοποίηση της συνθήκης β της §18.4.9.1.

$$M_v + \frac{q}{1,5} M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

Κατά την επίλυση και την διαστασιολόγηση γίνονται οι ικανοτικοί έλεγχοι κόμβου και τέμνουσας.

Γ) Επίλυση του φορέα Χωρίς Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας ($q=1,5$).

ΠΙΝΑΚΕΣ

(1) ΟΜΑΔΑ Ι	(2) $a_s = H_1/2h$	(3) $a_s = M/V$ h	(4) h (m)	(5) H ₁ (m)	(6) ρ_s ‰	(7) Συνδ.τ	(8) ρ_w ‰	(9) V _{Sd} (kN)	(10) V _{CD,c} (kN)	(11) M _{Sd} (kNm)	(12) N _{Sd} (kN)	(13) M _{Rd} (kNm)	(14) V _{Rd2} (kN)	(15) V _{wd} (kN)	(16) V _{Rd3} (kN)	(17) v _d	(18) μ_d	(19) Εντόπιση Α, Β, Γ
Υψηλά	$a_s = H_1/2h$	h	h	H ₁	ρ_s ‰	Συνδ.τ	ρ_w ‰	V _{Sd}	V _{CD,c}	M _{Sd}	N _{Sd}	M _{Rd}	V _{Rd2}	V _{wd}	V _{Rd3}	v _d	μ_d	Εντόπιση Α, Β, Γ
(1) 60/75	1,16	1,59	0,60	1,40	3,16	5ΣΦ10/10	0,52	317	1009	1413	539	1470	1512	861	1120	0,09	0,39	A/B
(1) 60/75	1,16	1,81	0,60	1,40	2,04	5ΣΦ8/7	0,48	925	-	1004	728	1095	1512	787	1014	0,12	0,28	Γ
(2) 75/75	0,93	2,27	0,75	1,40	2,15	5ΣΦ8/7	0,48	367	1238	1563	519	1732	1917	998	1301	0,07	0,28	A/B
(2) 75/75	0,93	1,49	0,75	1,40	1,55	5ΣΦ8/7	0,48	1105	-	1231	614	1353	1917	998	1260	0,08	0,22	Γ
(3) 95/85	1,16	1,91	0,95	2,20	1,13	5ΣΦ10/9	0,51	730	1969	2091	1319	2100	2785	1554	2014	0,12	0,20	A
(3) 95/85	1,16	1,91	0,95	2,20	2,02	5ΣΦ12/9	0,74	730	2500	3074	1319	3177	2785	2237	2761	0,12	0,30	B
(3) 95/85	1,16	2,03	0,95	2,20	2,02	5ΣΦ8/7	0,42	1627	-	3133	1321	3177	2785	1278	1790	0,12	0,31	Γ
(4) 115/80	0,96	1,94	1,15	2,20	1,17	5ΣΦ10/7	0,70	812	2680	2426	1193	2854	3197	2437	2920	0,10	0,17	A
(4) 115/80	0,96	1,94	1,15	2,20	2,09	5ΣΦ10/7	0,70	812	2799	4211	1193	4447	3197	2437	2989	0,10	0,30	B
(4) 115/80	0,96	1,99	1,15	2,20	1,95	5ΣΦ8/8	0,39	1790	-	4104	1273	4249	3197	1365	1898	0,10	0,29	Γ
(5) 115/115	0,96	2,40	1,15	2,20	1,00	7ΣΦ10/9	0,53	976	3312	3898	2444	3937	4595	2653	3439	0,14	0,19	A
(5) 115/115	0,96	2,40	1,15	2,20	1,87	7ΣΦ10/9	0,53	977	3312	5468	2440	5980	4595	2653	3439	0,14	0,20	B
(5) 115/115	0,96	2,15	1,15	2,20	1,77	7ΣΦ8/10	0,30	2156	-	5340	2498	5788	4595	1528	2399	0,14	0,26	Γ

Πίνακας 1, Αποτελέσματα Στατικής Ανάλυσης- Διαστασιολόγηση και υπολογισμός Αντοχών βάσει ΕΚΩΣ 2000
 $a_s \approx 1,00$

- (1) Ονομασία υποστυλώματος
- (2) a_s Γεωμετρικός λόγος διάτμησης $a_s = H_1 / 2h$
- (3) α_s Λόγος διάτμησης όπως ορίζεται από τον ΕΚΩΣΣ $\alpha_s = M / Vh$ (M, V τα μεγέθη από τον δοσμενέστερο σεισμικό συνδυασμό)
- (4) h Η διάσταση του υποστυλώματος ως προς την οποία γίνεται ο έλεγχος έναντι τέμνουσας
- (5) H_1 Το καθαρό ύψος του υποστυλώματος
- (6) ρ_s Το ποσοστό του διαμήκους οπλισμού $\rho_s = A_{s, tot} / (b h) \times 100$
- (7) Ο οπλισμός διάτμησης της διατομής
- (8) ρ_w Το ποσοστό του οπλισμού διάτμησης $\rho_w = A_w / (s h) \times 100$
- (9) V_{sd} Δρώσα Τέμνουσα από τον δοσμενέστερο σεισμικό συνδυασμό
- (10) $V_{CD, \varepsilon}$ Ικανοτική Τέμνουσα $V_{CD, \varepsilon} = 1,40 \times 2M_{Rd} / H \leq q V_E$
- (11) M_{sd} Ροπή Κάμψης για την διαστασιολόγηση της διατομής
- (12) N_{sd} Αξονική δύναμη σεισμικού συνδυασμού
- (13) M_{Rd} Ροπή Αντοχής βάσει ΕΚΩΣΣ 2000
- (14) V_{Rd2} βάση ΕΚΩΣΣ 2000
- (15) V_{wd} βάση ΕΚΩΣΣ 2000
- (16) V_{Rd3} βάση ΕΚΩΣΣ 2000
- (17) v_d Ανηγμένη ροπή $\mu_d = M_{sd} / (b h^2 f_{cd})$
- (18) μ_d Ανηγμένη αξονική $v_d = N_{sd} / (b h f_{cd})$
- (19) Επίλυση Α (Επίλυση Με Αδξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας)
 Β (ΜΑΑΠ και ικανοποίηση του ελέγχου $M_{Rd} \geq M_v + q / 1,50 M_E$ στα κοντά υποστυλώματα)
 Γ (Επίλυση Χωρίς Αδξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας)
 Α/Β δηλώνει πως με την εφαρμογή της Επίλυσης Α ικανοποιείται ταυτόχρονα και ο έλεγχος $M_{Rd} \geq M_v + q / 1,50 M_E$ στα κοντά υποστυλώματα, οπότε οι Επίλυσεις Α και Β δίνουν ακριβώς τον ίδιο οπλισμό για το υποτύλωμα.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)
ΟΜΑΔΑ Ι	$a_s = \frac{H_i}{2h}$	$\alpha_s = \frac{M}{Vh}$	H	b	H _i	$\rho_s \%$	$\rho_w \%$	N _{Sd}	v _d	V _u	M _u = $\frac{V^2 H_i}{2}$	Y _s	Y _w	Y _c	V_w / V_{Rd3}	M_w / M_{Rd}	Επίλυση A, B, Γ	Τόπος Αστοχίας
Υπ/πα																		
(1) 60/75	1,16	1,59	0,60	0,75	1,40	3,16	0,52	539	0,09	455	319	9,24	4,68	1,00	0,41	0,22	A/B	Δ
(1) 60/75	1,16	1,81	0,60	0,75	1,40	2,04	0,48	728	0,12	481	337	7,08	4,27	1,00	0,47	0,31	Γ	Δ
(2) 75/75	0,93	2,27	0,75	0,75	1,40	2,15	0,48	519	0,07	515	361	6,16	4,14	1,00	0,40	0,21	A/B	Δ
(2) 75/75	0,93	1,49	0,75	0,75	1,40	1,55	0,48	614	0,08	580	406	5,44	3,74	1,00	0,46	0,30	Γ	Δ
(3) 95/85	1,16	1,91	0,95	0,85	2,20	1,13	0,51	1319	0,12	630	693	5,11	5,78	1,00	0,31	0,33	A	Δ
(3) 95/85	1,16	1,91	0,95	0,85	2,20	2,02	0,74	1319	0,12	785	864	9,35	6,20	1,00	0,28	0,27	B	Δ
(3) 95/85	1,16	2,03	0,95	0,85	2,20	2,02	0,42	1321	0,12	785	864	9,33	3,67	1,00	0,44	0,27	Γ	Δ
(4) 115/80	0,96	1,94	1,15	0,80	2,20	1,17	0,70	1193	0,10	765	842	6,81	7,20	1,00	0,26	0,29	A	Δ
(4) 115/80	0,96	1,94	1,15	0,80	2,20	2,09	0,70	1193	0,10	865	952	12,26	6,56	1,00	0,29	0,21	B	Δ
(4) 115/80	0,96	1,99	1,15	0,80	2,20	1,95	0,39	1273	0,10	800	880	11,48	3,83	1,00	0,42	0,21	Γ	Δ
(5) 115/115	0,96	2,40	1,15	1,15	2,20	1,00	0,53	2444	0,14	1385	1524	5,26	4,56	1,00	0,40	0,39	A	Δ
(5) 115/115	0,96	2,40	1,15	1,15	2,20	1,87	0,53	2440	0,14	1335	1469	7,76	4,49	1,00	0,39	0,25	B	Δ
(5) 115/115	0,96	2,15	1,15	1,15	2,20	1,77	0,30	2498	0,14	995	1095	7,23	3,88	1,00	0,41	0,19	Γ	Δ

Πίνακας 2, Αποτελέσματα Ανάλυσης προσομοιώματος Global Truss ,
 $a_s \approx 1,00$

- (1) Ονομασία υποστυλώματος
 - (2) a_s Γεωμετρικός λόγος διάτμησης $a_s = H_I / 2h$
 - (3) α_s Λόγος διάτμησης όπως ορίζεται από τον ΕΚΩΣΣ $\alpha_s = M / Vh$ (M, V τα μεγέθη από τον δοσμενέστερο σεισμικό συνδυασμό)
 - (4) h Η διάσταση του υποστυλώματος ως προς την οποία γίνεται ο έλεγχος έναντι τέμνουσας
 - (5) b Η διάσταση του υποστυλώματος στην κάθετη διεύθυνση
 - (6) H_I Το καθαρό ύψος του υποστυλώματος
 - (7) ρ_s Το ποσοστό του διαμήκους οπλισμού $\rho_s = A_{s, \text{tot}} / (b h) \times 100$
 - (8) ρ_w Το ποσοστό του οπλισμού διάτμησης $\rho_w = A_w / (s h) \times 100$
 - (9) N_{sd} Αξονική δύναμη σεισμικού συνδυασμού
 - (10) v_d Ανηγγμένη αξονική $v_d = N_{sd} / (b h f_{cd})$
 - (11) V_u Τέμνουσα Αστοχίας όπως υπολογίστηκε από το προσομοίωμα - Global Truss
 - (12) M_u Ροπή Αστοχίας $M_u = V_u \times H_I / 2$
 - (13) γ_s Ελάχιστος Συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = \min(R_s / F_{sy})$ - Global Truss
 - (14) γ_w Ελάχιστος Συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = \min(R_w / F_{wy})$ - Global Truss
 - (15) γ_c Ελάχιστος Συντελεστής ασφαλείας διαγώνιου θλιπτήρα σκοροδέματος $\gamma_c = \min(R_c / F_{cd})$ - Global Truss
 - (16) Λόγος της Τέμνουσας Αστοχίας του προσομοιώματος V_u προς την Τέμνουσα Αντοχής V_{Rd3}
 - (17) Λόγος της Ροπής Αστοχίας του προσομοιώματος M_u προς την Ροπή Αντοχής M_{Rd}
 - (18) Επίλυση A (Επίλυση Με Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας)

B (ΜΑΑΠ και ικανοποίηση του ελέγχου $M_{Rd} \geq M_v + q/1,50 M_E$ στα κοντά υποστυλώματα)

Γ (Επίλυση Χωρίς Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας)
- A/B δηλώνει πως με την εφαρμογή της Επίλυσης A ικανοποιείται ταυτόχρονα και ο έλεγχος $M_{Rd} \geq M_v + q/1,50 M_E$ στα κοντά υποστυλώματα,
- οπότε οι Επίλυσεις A και B δίνουν ακριβώς τον ίδιο οπλισμό για το υποστέλωμα.
- (19) Τύπος Αστοχίας του προσομοιώματος - $\Delta =$ Διατμητική, $K =$ Καμπτική

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
OMAAA I	$\frac{H_I}{2h}$	$\alpha_s = \frac{M}{V}$	h	H _I	M _{sd}	V _{sd}	I _s	$\delta_{\bar{\epsilon}_s}$	θ_v	θ_{pe}	δ_u	$\delta_{\delta u_{opp}}$	$\delta_{\delta_{russ}}$	θ_u	$\theta_{\delta u_{opp}}$	θ_{russ}
			(m)	(m)	(kNm)	(kN)	(m)	(m)			(m)	(m)	(m)			
Υη/μα																
(1) 60/75	1,16	1,59	0,60	1,40	302	317	0,954	0,00029	0,008	0,01223	0,01930	0,00222	0,00192	0,01379	0,00159	0,00137
(1) 60/75	1,16	1,81	0,60	1,40	1005	925	1,086	0,00119	0,008	0,01392	0,02381	0,00706	0,00203	0,01701	0,00504	0,00145
(2) 75/75	0,93	2,27	0,75	1,40	625	367	1,703	0,00088	0,008	0,01746	0,04335	0,00222	0,00176	0,03096	0,00159	0,00126
(2) 75/75	0,93	1,49	0,75	1,40	1235	1105	1,118	0,00085	0,008	0,01146	0,02175	0,00706	0,00195	0,01553	0,00504	0,00139
(3) 95/85	1,16	1,91	0,95	2,20	1325	730	1,815	0,00096	0,008	0,01469	0,04118	0,00380	0,00237	0,01872	0,00173	0,00108
(3) 95/85	1,16	1,91	0,95	2,20	1325	730	1,815	0,00096	0,008	0,01469	0,04118	0,00380	0,00167	0,01872	0,00173	0,00076
(3) 95/85	1,16	2,03	0,95	2,20	3138	1627	1,929	0,00253	0,008	0,01562	0,04554	0,00763	0,00167	0,02070	0,00347	0,00076
(4) 115/80	0,96	1,94	1,15	2,20	1812	812	2,231	0,00118	0,008	0,01492	0,05114	0,00245	0,00236	0,02325	0,00111	0,00107
(4) 115/80	0,96	1,94	1,15	2,20	1812	812	2,231	0,00118	0,008	0,01492	0,05114	0,00245	0,00241	0,02325	0,00111	0,00110
(4) 115/80	0,96	1,99	1,15	2,20	4096	1790	2,289	0,00280	0,008	0,01531	0,05334	0,00618	0,00246	0,02425	0,00281	0,00112
(5) 115/115	0,96	2,40	1,15	2,20	2694	976	2,760	0,00179	0,008	0,01846	0,07303	0,00147	0,00211	0,03320	0,00067	0,00096
(5) 115/115	0,96	2,40	1,15	2,20	2697	977	2,760	0,00179	0,008	0,01846	0,07303	0,00147	0,00213	0,03320	0,00067	0,00097
(5) 115/115	0,96	2,15	1,15	2,20	5331	2156	2,473	0,00290	0,008	0,01654	0,06067	0,00337	0,00202	0,02758	0,00153	0,00092

Πίνακας 3, Αποτελέσματα μετακινήσεων – στρεφών υποστυλομάτων βάσει ΕΚΩΣ 2000
 $\alpha_s \approx 1,00$

- (1) Ονομασία υποστυλώματος
- (2) a_s Γεωμετρικός λόγος διάτμησης $a_s = H_1 / 2h$
- (3) α_s Λόγος διάτμησης όπως ορίζεται από τον ΕΚΩΣ $\alpha_s = M/Vh$ (M, V τα μεγέθη από τον δυσμενέστερο σεισμικό συνδυασμό)
- (4) h Η διάσταση του υποστυλώματος ως προς την οποία γίνεται ο έλεγχος έναντι τέμνουσας
- (5) H_1 Το καθαρό ύψος του υποστυλώματος
- (6) M_{sd} Δρώσα Ροπή Κάμψης από τον δυσμενέστερο σεισμικό συνδυασμό
- (7) V_{sd} Δρώσα Τέμνουσα από τον δυσμενέστερο σεισμικό συνδυασμό
- (8) I_s Το σημείο μηδενισμού της ροπής από την κρίσιμη διατομή $= M_{sd}/V_{sd}$ [ΕΚΩΣ 18.9.4.2. (8)]
- (9) $\delta_{ελ}$ $= (M_{sd} I_s^2)/(3EI) + (V_{sd} I_s/AG)$, I = ροπή αδρανείας, E = μέτρο ελαστικότητας, G = μέτρο διάτμησης [ΕΚΩΣ 18.9.4.2. (8)]
- (10) θ_y = 0.008 στροφή στη διαρροή [ΕΚΩΣ 18.9.4.2. (8)]
- (11) θ_{pe} $= \alpha_s 10.2/1.3$ είναι η διαθέσιμη δυνατότητα πλαστικής στροφής [ΕΚΩΣ 18.9.4.2. (8)]
- (12) δ_u $= I_s (\theta_y + \theta_{pe})$ [ΕΚΩΣ 18.9.4.2. (8)]
- (13) $\delta_{διαφ}$ Μέγιστη ελαστική μετακίνηση διαφράγματος από την ανάλυση του μοντέλου του κτηρίου
- (14) δ_{truss} Μετακίνηση καφαλής υποστυλώματος κατά την ασοχία στο προσομοίωμα Global Truss
- (15) θ_u $= \delta_u / H_1$
- (16) $\theta_{διαφ}$ $= \delta_{διαφ} / H_1$
- (17) θ_{truss} $= \delta_{truss} / H_1$

(1) ΟΜΑΔΑ II Υψηλός	(2) $a_s = H_i/2h$	(3) $\alpha_s = M/Vh$	(4) h (m)	(5) H _i (m)	(6) ρ_s %	(7) Συνδετ	(8) ρ_w %	(9) (kN) V _{Sd}	(10) (kN) V _{CD,C}	(11) (kNm) M _{Sd}	(12) (kN) N _{Sd}	(13) (kNm) M _{Rd}	(14) (kN) V _{Rd2}	(15) (kN) V _{wd}	(16) (kN) V _{Rd3}	(17) V _d	(18) μ_d	(19) Επίδοση A, B, Γ
(1) 55/55	1,73	2,35	0,55	1,90	2,51	4ΣΦ8/8	0,45	197	671	657	770	794	1010	502	722	0,17	0,16	A/B
(1) 55/55	1,73	2,34	0,55	1,90	2,08	4ΣΦ8/10	0,36	401	-	516	768	706	1010	401	601	0,19	0,30	Γ
(2) 55/55	1,73	2,31	0,55	1,90	3,52	4ΣΦ8/7	0,52	226	762	817	1598	1050	1010	573	910	0,40	0,37	A/B
(2) 55/55	1,73	2,35	0,55	1,90	2,51	4ΣΦ8/10	0,36	458	-	592	817	832	1010	401	734	0,20	0,27	Γ
(3) 75/55	1,47	2,29	0,75	2,20	2,12	4ΣΦ10/8	0,71	392	1326	1314	1558	1458	1406	1091	1407	0,15	0,24	A
(3) 75/55	1,47	2,29	0,75	2,20	2,53	4ΣΦ10/8	0,71	392	1326	1556	1558	1643	1406	1091	1407	0,28	0,38	B
(3) 75/55	1,47	3,24	0,75	2,20	2,01	4ΣΦ8/10	0,36	411	-	1001	830	1308	1406	559	761	0,28	0,38	Γ
(4) 75/75	1,47	2,41	0,75	2,20	1,63	5ΣΦ10/9	0,58	455	1511	1369	1613	1593	1917	1212	1580	0,22	0,24	A
(4) 75/75	1,47	2,41	0,75	2,20	2,82	5ΣΦ10/9	0,58	455	1534	1894	1613	2261	1917	1212	1599	0,22	0,34	B
(4) 75/75	1,47	2,49	0,75	2,20	1,93	5ΣΦ8/10	0,33	739	-	1384	2035	1835	1917	1212	1025	0,27	0,25	Γ
(5) 75/75	1,47	2,24	0,75	2,20	1,71	5ΣΦ10/9	0,58	439	1499	1546	1349	1611	1917	1212	1605	0,18	0,27	A
(5) 75/75	1,47	2,24	0,75	2,20	2,15	5ΣΦ10/9	0,58	439	1499	1708	1349	1877	1917	1212	1620	0,18	0,30	B
(5) 75/75	1,47	2,48	0,75	2,20	2,60	5ΣΦ8/8	0,42	1178	-	1992	1298	2121	1917	873	1251	0,17	0,35	Γ
(6) 75/75	1,27	2,38	0,75	1,90	3,15	5ΣΦ8/7	0,48	379	1314	2349	1200	2436	1917	998	1360	0,16	0,42	A/B
(6) 75/75	1,27	2,39	0,75	1,90	2,16	5ΣΦ8/10	0,33	782	-	1400	1305	1886	1917	698	1029	0,17	0,25	Γ
(7) 80/60	1,38	2,12	0,80	2,20	1,20	4ΣΦ10/10	0,39	371	1102	804	1085	1142	1642	934	1171	0,17	0,16	A
(7) 80/60	1,38	2,12	0,80	2,20	1,73	4ΣΦ10/9	0,44	371	1210	1423	1085	1481	1642	1038	1298	0,17	0,28	B
(7) 80/60	1,38	2,17	0,80	2,20	2,23	4ΣΦ8/9	0,28	800	-	1394	1463	1812	1642	664	878	0,23	0,27	Γ

Πίνακας 4, Αποτελέσματα Στατικής Ανάλυσης- Διαστασιολόγηση και υπολογισμός Αυτοχών βίαια ΕΚΣΣ 2000
 $a_s \approx 1,50$

- (1) Ονομασία υποστωλώματος
- (2) a_s Γεωμετρικός λόγος διάτμησης $a_s = H_I / 2h$
- (3) α_s Λόγος διάτμησης όπως ορίζεται από τον ΕΚΩΣΣ $\alpha_s = M/Vh$ (M, V τα μεγέθη από τον δοσμενέστερο σεισμικό συνδυασμό)
- (4) h Η διάσταση του υποστωλώματος ως προς την οποία γίνεται ο έλεγχος έναντι τέμνουσας
- (5) H_I Το καθαρό ύψος του υποστωλώματος
- (6) ρ_s Το ποσοστό του διαμήκους οπλισμού $\rho_s = A_{s, \text{tot}} / (b h) \times 100$
- (7) Ο οπλισμός διάτμησης της διατομής
- (8) ρ_w Το ποσοστό του οπλισμού διάτμησης $\rho_w = A_w / (s h) \times 100$
- (9) V_{sd} Δρώσα Τέρνουσα από τον δοσμενέστερο σεισμικό συνδυασμό
- (10) $V_{CD, \epsilon}$ Ικανοτική Τέρνουσα $V_{CD, \epsilon} = 1,40 \times 2M_{Rd} / H \leq q V_E$
- (11) M_{sd} Ροπή Κάμψης για την διαστασιολόγηση της διατομής
- (12) N_{sd} Αξονική δύναμη σεισμικού συνδυασμού
- (13) M_{Rd} Ροπή Αντοχής βάσει ΕΚΩΣΣ 2000
- (14) V_{Rd2} βάσει ΕΚΩΣΣ 2000
- (15) V_{wd} βάσει ΕΚΩΣΣ 2000
- (16) V_{Rd3} βάσει ΕΚΩΣΣ 2000
- (17) v_d Ανηγμένη ροπή $\mu_d = M_{sd} / (b h^2 f_{cd})$
- (18) μ_d Ανηγμένη αξονική $v_d = N_{sd} / (b h f_{cd})$
- (19) Επίλυση A (Επίλυση Με Αοξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας)

B (ΜΑΑΠ και ικανοποίηση του ελέγχου $M_{Rd} \geq M_v + q/1,50 M_E$ στα κοντά υποστωλώματα)

Γ (Επίλυση Χωρίς Αοξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας)

A/B δρλώνει πως με την εφαρμογή της Επίλυσης A ικανοποιείται ταυτόχρονα και ο έλεγχος $M_{Rd} \geq M_v + q/1,50 M_E$ στα κοντά υποστωλώματα, οπότε οι Επίλυσεις A και B δίνουν ακριβώς τον ίδιο οπλισμό για το υποστώμα.

(1) ΟΜΑΔΑ II	(2) $a_s =$ $H_1/2h$	(3) $a_s =$ M/Vh	(4) (m)	(5) (m)	(6) (m)	(7) $\rho_s \%$	(8) $\rho_w \%$	(9) (kN)	(10) v_d	(11) (kN)	(12) (kNm) $M_d =$ $V \cdot H_1/2$	(13) Y_s	(14) Y_w	(15) Y_c	(16) V_u/V_{Rd3}	(17) M_u/M_{Rd}	(18) Ενίσχυση Α, Β, Γ	(19) Τόπος Αστοχίας
Υπ/μσ	$H_1/2h$	$a_s =$ M/Vh	h	b	H_1	$\rho_s \%$	$\rho_w \%$	N_{sd}	v_d	V_u	$M_d =$ $V \cdot H_1/2$	Y_s	Y_w	Y_c	V_u/V_{Rd3}	M_u/M_{Rd}	Ενίσχυση Α, Β, Γ	Τόπος Αστοχίας
(1) 55/55	1,73	2,35	0,55	0,55	1,90	2,51	0,45	770	0,17	366	348	3,75	5,01	1,00	0,51	0,44	A/B	Δ
(1) 55/55	1,73	2,34	0,55	0,55	1,90	2,08	0,36	768	0,19	355	337	3,80	4,27	1,00	0,59	0,48	Γ	Δ
(2) 55/55	1,73	2,31	0,55	0,55	1,90	3,52	0,52	1598	0,40	513	487	4,44	4,40	1,00	0,56	0,46	A/B	Δ
(2) 55/55	1,73	2,35	0,55	0,55	1,90	2,51	0,36	817	0,20	537	510	3,43	3,00	1,00	0,73	0,61	Γ	Δ
(3) 75/55	1,47	2,29	0,75	0,55	2,20	2,12	0,71	1558	0,15	650	715	5,11	5,51	1,00	0,46	0,49	A	Δ
(3) 75/55	1,47	2,29	0,75	0,55	2,20	2,53	0,71	1558	0,28	610	671	4,48	5,80	1,00	0,43	0,41	B	Δ
(3) 75/55	1,47	3,24	0,75	0,55	2,20	2,01	0,36	830	0,28	458	504	3,78	7,40	1,00	0,60	0,39	Γ	Δ
(4) 75/75	1,47	2,41	0,75	0,75	2,20	1,63	0,58	1613	0,22	695	765	4,34	5,68	1,00	0,44	0,48	A	Δ
(4) 75/75	1,47	2,41	0,75	0,75	2,20	2,82	0,58	1613	0,22	630	693	6,44	5,76	1,00	0,39	0,31	B	Δ
(4) 75/75	1,47	2,49	0,75	0,75	2,20	1,93	0,33	2035	0,27	795	875	4,15	2,99	1,00	0,78	0,48	Γ	Δ
(5) 75/75	1,47	2,24	0,75	0,75	2,20	1,71	0,58	1349	0,18	575	633	5,13	6,87	1,00	0,36	0,39	A	Δ
(5) 75/75	1,47	2,24	0,75	0,75	2,20	2,15	0,58	1349	0,18	565	622	6,08	6,92	1,00	0,35	0,33	B	Δ
(5) 75/75	1,47	2,48	0,75	0,75	2,20	2,60	0,42	1298	0,17	590	649	9,00	4,64	1,00	0,47	0,31	Γ	Δ
(6) 75/75	1,27	2,38	0,75	0,75	1,90	3,15	0,48	1200	0,16	580	551	9,18	4,83	1,00	0,43	0,22	A/B	Δ
(6) 75/75	1,27	2,39	0,75	0,75	1,90	2,16	0,33	1305	0,17	835	793	3,66	2,37	1,00	0,81	0,42	Γ	Δ
(7) 80/60	1,38	2,12	0,80	0,60	2,20	1,20	0,39	1085	0,17	360	396	3,11	9,11	1,00	0,31	0,35	A	Δ
(7) 80/60	1,38	2,12	0,80	0,60	2,20	1,73	0,44	1085	0,17	608	669	3,97	5,09	1,00	0,51	0,44	B	Δ
(7) 80/60	1,38	2,17	0,80	0,60	2,20	2,23	0,28	1463	0,23	747	822	4,38	2,74	1,00	0,85	0,45	Γ	Δ

Πίνακας 5, Αποτελέσματα Ανάλυσης προσομοιώματος Global Truss ,
 $a_s = 1,50$

- (1) Ονομασία υποστολώματος
- (2) a_s Γεωμετρικός λόγος διάτμησης $a_s = H_1 / 2h$
- (3) α_s Λόγος διάτμησης όπως ορίζεται από τον ΕΚΩΣ $\alpha_s = M / Vh$ (M, V τα μεγέθη από τον δοσμενέστερο σεισμικό συνδυασμό)
- (4) h Η διάσταση του υποστολώματος ως προς την οποία γίνεται ο έλεγχος έναντι τέρμνουσας
- (5) b Η διάσταση του υποστολώματος στην κάθετη διεύθυνση
- (6) H_1 Το καθαρό ύψος του υποστολώματος
- (7) ρ_s Το ποσοστό του διαμήκους οπλισμού $\rho_s = A_{s, tot} / (b h) \times 100$
- (8) ρ_w Το ποσοστό του οπλισμού διάτμησης $\rho_w = A_w / (s h) \times 100$
- (9) N_{sd} Αξονική δύναμη σεισμικού συνδυασμού
- (10) v_d Ανηγμένη αξονική $v_d = N_{sd} / (b h f_{cd})$
- (11) V_u Τέρμνοσα Αστοχίας όπως υπολογίστηκε από το προσομοίωμα - Global Truss
- (12) M_u Ροπή Αστοχίας $M_u = V_u \times H_1 / 2$
- (13) γ_s Ελάχιστος Συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = \min (R_s / F_s) - \text{Global Truss}$
- (14) γ_w Ελάχιστος Συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = \min (R_w / F_w) - \text{Global Truss}$
- (15) γ_c Ελάχιστος Συντελεστής ασφαλείας διαγώνιου θλιπτήρα σκυροδέματος $\gamma_c = \min (R_c / F_c) - \text{Global Truss}$
- (16) Λόγος της Τέρμνουσας Αστοχίας του προσομοιώματος V_u προς την Τέρμνοσα Αντοχής V_{Rd3}
- (17) Λόγος της Ροπής Αστοχίας του προσομοιώματος M_u προς την Ροπή Αντοχής M_{Rd}
- (18) Επίλυση A (Επίλυση Με Αδξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας)

B (ΜΑΑΠ και ικανοποίηση του ελέγχου $M_{Rd} \geq M_v + q/1,50 M_E$ στα κοντά υποστολώματα)

Γ (Επίλυση Χωρίς Αδξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας)

A/B δηλώνει πως με την εφαρμογή της Επίλυσης A ικανοποιείται ταυτόχρονα και ο έλεγχος $M_{Rd} \geq M_v + q/1,50 M_E$ στα κοντά υποστολώματα,
- (19) Τύπος Αστοχίας του προσομοιώματος - $\Delta =$ Διατηρητική, $K =$ Καμπτική

οπότε οι Επίλυσεις A και B δίνουν ακριβώς τον ίδιο οπλισμό για το υποτόλωμα.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
OMAAA II	$\alpha_s = H_I/2h$	$\alpha_s = h$	h	H_I	M_{sd}	V_{sd}	l_s	δ_{ϵ_s}	θ_v	θ_{pe}	δ_u	$\delta_{\sigma_{uop}}$	δ_{truss}	θ_u	$\theta_{\sigma_{uop}}$	θ_{truss}
(1) 55/55	1,73	2,35	0,55	1,90	255	197	1,293	0,00071	0,0080	0,01808	0,03370	0,00674	0,00398	0,01774	0,00355	0,00209
(1) 55/55	1,73	2,34	0,55	1,90	516	401	1,287	0,00143	0,0080	0,01800	0,03346	0,01174	0,00406	0,01761	0,00618	0,00214
(2) 55/55	1,73	2,31	0,55	1,90	287	226	1,271	0,00078	0,0080	0,01777	0,03274	0,00674	0,00331	0,01723	0,00355	0,00174
(2) 55/55	1,73	2,35	0,55	1,90	592	458	1,293	0,00165	0,0080	0,01808	0,03370	0,01174	0,00425	0,01774	0,00618	0,00224
(3) 75/55	1,47	2,29	0,75	2,20	673	392	1,718	0,00132	0,0080	0,01762	0,04399	0,00245	0,00332	0,02000	0,00111	0,00151
(3) 75/55	1,47	2,29	0,75	2,20	673	392	1,718	0,00132	0,0080	0,01762	0,04399	0,00245	0,00288	0,02000	0,00111	0,00131
(3) 75/55	1,47	3,24	0,75	2,20	999	411	2,430	0,00371	0,0080	0,02492	0,08000	0,00618	0,00400	0,03637	0,00281	0,00182
(4) 75/75	1,47	2,41	0,75	2,20	822	455	1,808	0,00129	0,0080	0,01854	0,04797	0,00230	0,00346	0,02180	0,00105	0,00157
(4) 75/75	1,47	2,41	0,75	2,20	822	455	1,808	0,00129	0,0080	0,01854	0,04797	0,00230	0,00266	0,02180	0,00105	0,00121
(4) 75/75	1,47	2,49	0,75	2,20	1380	739	1,868	0,00230	0,0080	0,01915	0,05071	0,00508	0,00320	0,02305	0,00231	0,00145
(5) 75/75	1,47	2,24	0,75	2,20	738	439	1,680	0,00102	0,0080	0,01723	0,04239	0,00234	0,00309	0,01927	0,00106	0,00140
(5) 75/75	1,47	2,24	0,75	2,20	738	439	1,680	0,00102	0,0080	0,01723	0,04239	0,00234	0,00268	0,01927	0,00106	0,00122
(5) 75/75	1,47	2,48	0,75	2,20	2191	1178	1,860	0,00363	0,0080	0,01908	0,05036	0,00518	0,00507	0,02289	0,00235	0,00230
(6) 75/75	1,27	2,38	0,75	1,90	677	379	1,785	0,00104	0,0080	0,01831	0,04696	0,00571	0,00220	0,02472	0,00301	0,00116
(6) 75/75	1,27	2,39	0,75	1,90	1402	782	1,793	0,00217	0,0080	0,01838	0,04729	0,01154	0,00362	0,02489	0,00607	0,00191
(7) 80/60	1,38	2,12	0,80	2,20	629	371	1,696	0,00092	0,0080	0,01631	0,04123	0,00126	0,00126	0,01874	0,00057	0,00057
(7) 80/60	1,38	2,12	0,80	2,20	629	371	1,696	0,00092	0,0080	0,01631	0,04123	0,00126	0,00384	0,01874	0,00057	0,00175
(7) 80/60	1,38	2,17	0,80	2,20	1389	800	1,736	0,00212	0,0080	0,01669	0,04287	0,00287	0,00377	0,01948	0,00130	0,00171

Πίνακας 6, Αποτελέσματα μετακινήσεων – στρεφών υποστολωμάτων βίαιη ΕΚΩΣ 2000

$\alpha_s \approx 1,50$

- (1) Ονομασία υποστωλώματος
- (2) a_s Γεωμετρικός λόγος διάτμησης $a_s = H_1 / 2h$
- (3) α_s Λόγος διάτμησης όπως ορίζεται από τον ΕΚΩΣ $\alpha_s = M/Vh$ (M, V τα μεγέθη από τον δορυμενέστερο σεισμικό συνδυασμό)
- (4) h Η διάσταση του υποστωλώματος ως προς την οποία γίνεται ο έλεγχος έναντι τέμνουσας
- (5) H_1 Το καθαρό ύψος του υποστωλώματος
- (6) M_{sd} Δρώσα Ροπή Κάμψης από τον δορυμενέστερο σεισμικό συνδυασμό
- (7) V_{sd} Δρώσα Τέμνουσα από τον δορυμενέστερο σεισμικό συνδυασμό
- (8) I_s Το σημείο μηδενισμού της ροπής από την κρίσιμη διατομή $= M_{sd}/V_{sd}$ [ΕΚΩΣ 18.9.4.2. (8)]
- (9) δ_A $= (M_{sd} I_s^2)/(3EI) + (V_{sd} I_s/AG)$, I = ροπή αδρανείας, E = μέτρο ελαστικότητας, G = μέτρο διάτμησης [ΕΚΩΣ 18.9.4.2. (8)]
- (10) θ_y $= 0,008$ στρεφόμενη διαρροή [ΕΚΩΣ 18.9.4.2. (8)]
- (11) θ_{pe} $= \alpha_s 10^{-2}/1,3$ είναι η διαθόκιμη δυνατότητα πλαστικής στρέφησης [ΕΚΩΣ 18.9.4.2. (8)]
- (12) δ_u $= I_s (\theta_v + \theta_{pw})$ [ΕΚΩΣ 18.9.4.2. (8)]
- (13) δ_{diapp} Μέγιστη ελαστική μετακίνηση διαφράγματος από την ανάλυση του μοντέλου του κτηρίου
- (14) δ_{truss} Μετακίνηση καφαλής υποστωλώματος κατά την αστοχία στο προσομοίωμα Global Truss
- (15) θ_u $= \delta_u / H_1$
- (16) θ_{diapp} $= \delta_{diapp} / H_1$
- (17) θ_{truss} $= \delta_{truss} / H_1$

Διαγράμματα Αποτελεσμάτων

Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζονται τα διαγράμματα με τα αποτελέσματα των αναλύσεων των κοντών υποστυλωμάτων για τις εναλλακτικές επιλύσεις Α,Β,Γ που μελετήθηκαν.

Τα διαγράμματα παρουσιάζονται ξεχωριστά για κάθε ομάδα υποστυλωμάτων

$a_s \approx 1,00$ (ΟΜΑΔΑ Ι) (Διαγράμματα Α-1 έως Α-20)

$a_s \approx 1,50$ (ΟΜΑΔΑ ΙΙ) (Διαγράμματα Β-1 έως Β-20)

Για κάθε ομάδα παρουσιάζονται 20 διαγράμματα που αφορούν

- Τους συντελεστές ασφαλείας των μελών του υποστυλώματος από την ανάλυσή του στο προσομοίωμα Global Truss (Διαγράμματα 1 έως 5)
- Τις Τέμνουσες των υποστυλωμάτων (Δράσεις και Αντοχές)
(Διαγράμματα 6 έως 10)
- Τις Ροπές Κάμψεως των υποστυλωμάτων (Δράσεις και Αντοχές)
(Διαγράμματα 11 έως 15)
- Στροφές Χορδής των υποστυλωμάτων (Διαγράμματα 16 έως 18)
- 2 διαγράμματα που παρουσιάζουν σε αύξουσα σειρά τους λόγους αντοχή Global Truss προς Αντοχή ΕΚΩΣ όλων των επιλύσεων για όλα τα υποστυλώματα (Διαγράμματα 19, 20).

Συντελεστές Ασφαλείας

Στα διαγράμματα 1 έως 5 παρουσιάζονται οι συντελεστές ασφαλείας των μελών του δικτύωματος Global Truss για κάθε υποστύλωμα.

Οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται είναι οι ίδιοι που υπάρχουν και στους πίνακες όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων.

- ρ_s Το ποσοστό του διαμήκους οπλισμού $\rho_s = A_{s,tot} / (b h) \times 100$
- ρ_w Το ποσοστό του οπλισμού διάτμησης $\rho_w = A_w / (s h) \times 100$
- γ_s Ελάχιστος Συντελεστής ασφαλείας διαμήκους οπλισμού $\gamma_s = \min (R_s / F_s)$
Global Truss
- γ_w Ελάχιστος Συντελεστής ασφαλείας οπλισμού διάτμησης $\gamma_w = \min(R_w / F_w)$
Global Truss
- γ_c Ελάχιστος Συντελεστής ασφαλείας διαγώνιου θλιπτήρα σκυροδέματος
 $\gamma_c = \min(R_c / F_c)$ - Global Truss

Στα διαγράμματα 1 έως 3 παρουσιάζονται ξεχωριστά τα αποτελέσματα για κάθε επίλυση Α, Β, Γ και στα διαγράμματα 4 και 5 οι συντελεστές ασφαλείας διαμήκους οπλισμού και οπλισμού διάτμησης αντίστοιχα για όλες τις επιλύσεις μαζί.

Τέμνουσες

Στα διαγράμματα 6 ,7, 8 παρουσιάζονται οι δράσεις και οι αντοχές για κάθε επίλυση ξεχωριστά. Στο διάγραμμα 9 παρουσιάζονται οι τρεις επιλύσεις μαζί και στο διάγραμμα 10 οι λόγοι της αντοχής που υπολογίζεται από το Global Truss προς την αντοχή που υπολογίζεται βάσει του ΕΚΩΣ.

Συμβολισμοί:

- V_{Rd2} Τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω λοξής θλίψης κορμού (βασίζεται στην παραδοχή ότι η γωνία κλίσης των θλιβόμενων διαγωνίων είναι $\theta=45^\circ$ ΕΚΩΣ § 11.2.3.1)
- V_{Rd3} Τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω οπλισμού διάτμησης (ΕΚΩΣ § 11.2.3.2)
- $V_{CD,c}$ Ικανοτική Τέμνουσα $= 1,40 (M_{R,c1}+M_{R,c2}) / l_c \leq q V_E$

- V_{sd} Τέμνουσα Δράσης από την στατική ανάλυση
- V_u Η τέμνουσα αστοχίας όπως υπολογίζεται βάσει του προσομοιώματος Global Truss

Ροπές Κάμψεως

Στα διαγράμματα 11 ,12, 13 παρουσιάζονται οι δράσεις και οι αντοχές για κάθε επίλυση ξεχωριστά. Στο διάγραμμα 14 όλες οι επιλύσεις μαζί και στο διάγραμμα 15 οι λόγοι της αντοχής που υπολογίζεται από το Global Truss προς την αντοχή που υπολογίζεται βάσει του ΕΚΩΣ.

Συμβολισμοί:

- M_{Rd} Ροπή αντοχής σχεδιασμού βάσει ΕΚΩΣ § 10.1)
- M_{sd} Ροπή Δράσης για τη διαστασιολόγηση της διατομής
- M_u Η ροπή αστοχίας όπως υπολογίζεται βάσει του προσομοιώματος Global Truss

Στροφή Χορδής υποστυλωμάτων

Στα διαγράμματα 16, 17, 18 παρουσιάζονται οι στροφές των υποστυλωμάτων όπως υπολογίζονται από το στατικό μοντέλο, τον ΕΚΩΣ και το προσομοίωμα Global Truss για κάθε επίλυση ξεχωριστά.

Συμβολισμοί:

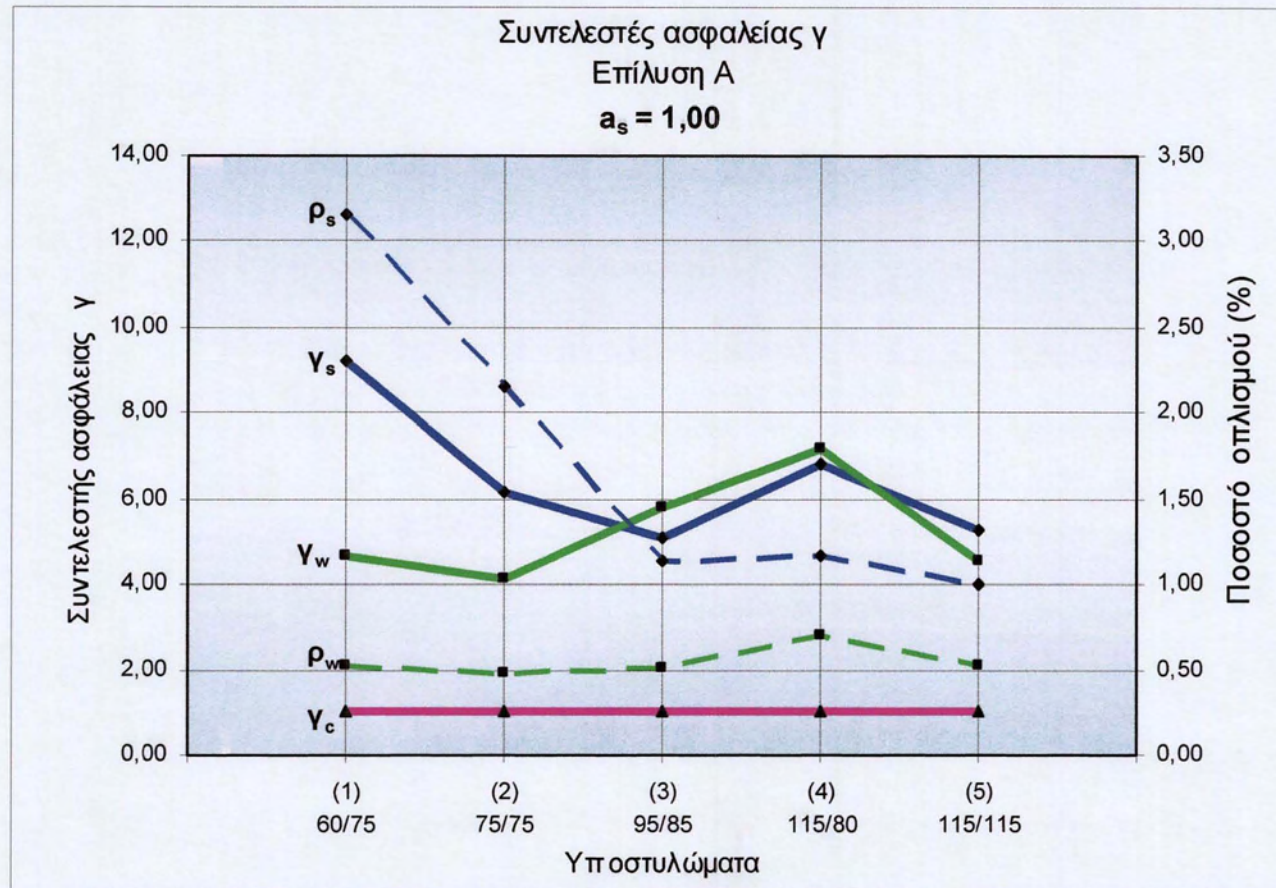
- θ_u στροφή αστοχίας κατά ΕΚΩΣ [ΕΚΩΣ 18.9.4.2. (8)]
- $\theta_{\text{διαφρ}}$ στροφή υποστυλώματος λόγω ελαστικής μετακίνησης διαφράγματος
- θ_{truss} στροφή υποστυλώματος κατά το φορτίο αστοχίας που υπολογίζεται μέσω προσομοιώματος Global Truss
- $\theta_y = 0,008$ στροφή στη διαρροή [ΕΚΩΣ 18.9.4.2. (8)]

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

$a_s \approx 1,00$ (ΟΜΑΔΑ Ι)

Πίνακας Διαγραμμάτων

- A - 1. Συντελεστές ασφαλείας Επίλυση A
- A - 2. Συντελεστές ασφαλείας Επίλυση B
- A - 3. Συντελεστές ασφαλείας Επίλυση Γ
- A - 4. Συντελεστές ασφαλείας και ποσοστά διαμήκους οπλισμού για επιλύσεις A, B, Γ
- A - 5. Συντελεστές ασφαλείας και ποσοστά οπλισμού διάτμησης για επιλύσεις A, B, Γ
- A - 6. Τέμνουσες Επίλυση A
- A - 7. Τέμνουσες Επίλυση B
- A - 8. Τέμνουσες Επίλυση Γ
- A - 9. Τέμνουσα Αντοχής (V_{Rd3}) και Τέμνουσα Αστοχίας Global Truss (V_u) για επιλύσεις A, B, Γ
- A - 10. Λόγος Τέμνουσας Αστοχίας Global Truss (V_u) προς Τέμνουσα Αντοχής (V_{Rd3}) για επιλύσεις A, B, Γ
- A - 11. Ροπές Κάμψης για Επίλυση A
- A - 12. Ροπές Κάμψης για Επίλυση B
- A - 13. Ροπές Κάμψης για Επίλυση Γ
- A - 14. Ροπή Αντοχής (M_{Rd}) και Ροπή Αστοχίας Global Truss (M_u) για επιλύσεις A, B, Γ
- A - 15. Λόγος Ροπής Αστοχίας Global Truss (M_u) προς Ροπή Αντοχής (M_{Rd}) για επιλύσεις A, B, Γ
- A - 16. Στροφές χορδής υποστυλωμάτων Επίλυση A
- A - 17. Στροφές χορδής υποστυλωμάτων Επίλυση B
- A - 18. Στροφές χορδής υποστυλωμάτων Επίλυση Γ
- A - 19. Λόγος Τέμνουσα Αστοχίας Global Truss (V_u) προς Τέμνουσα Αντοχής (V_{Rd3}) για επιλύσεις A, B, Γ σε αύξουσα σειρά
- A - 20. Λόγος Ροπής Αστοχίας Global Truss (M_u) προς Ροπή Αντοχής (M_{Rd}) για επιλύσεις A, B, Γ σε αύξουσα σειρά



Διάγραμμα Α-1

Figure 1. Schematic diagram of the experimental setup.

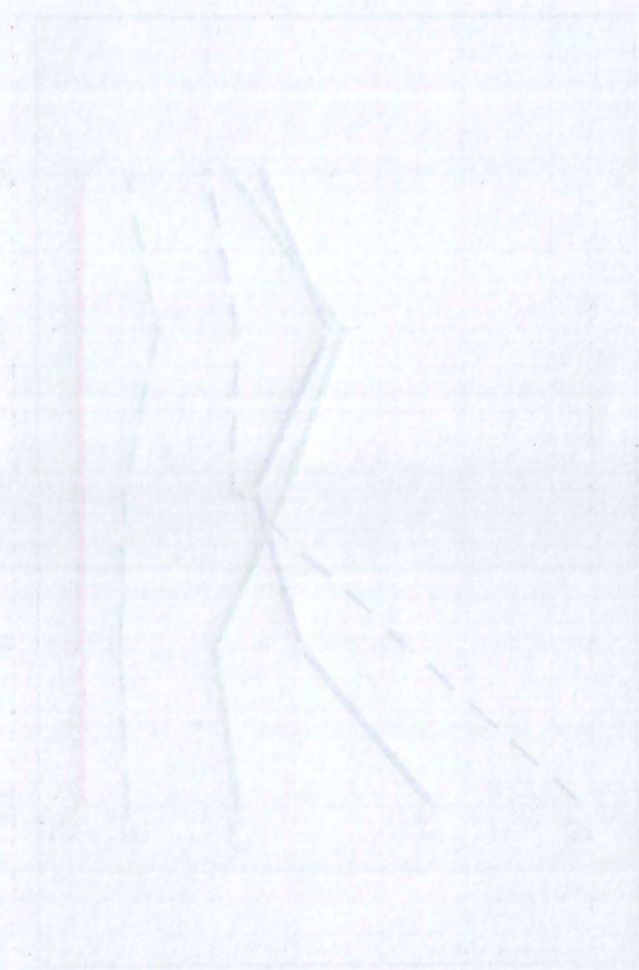
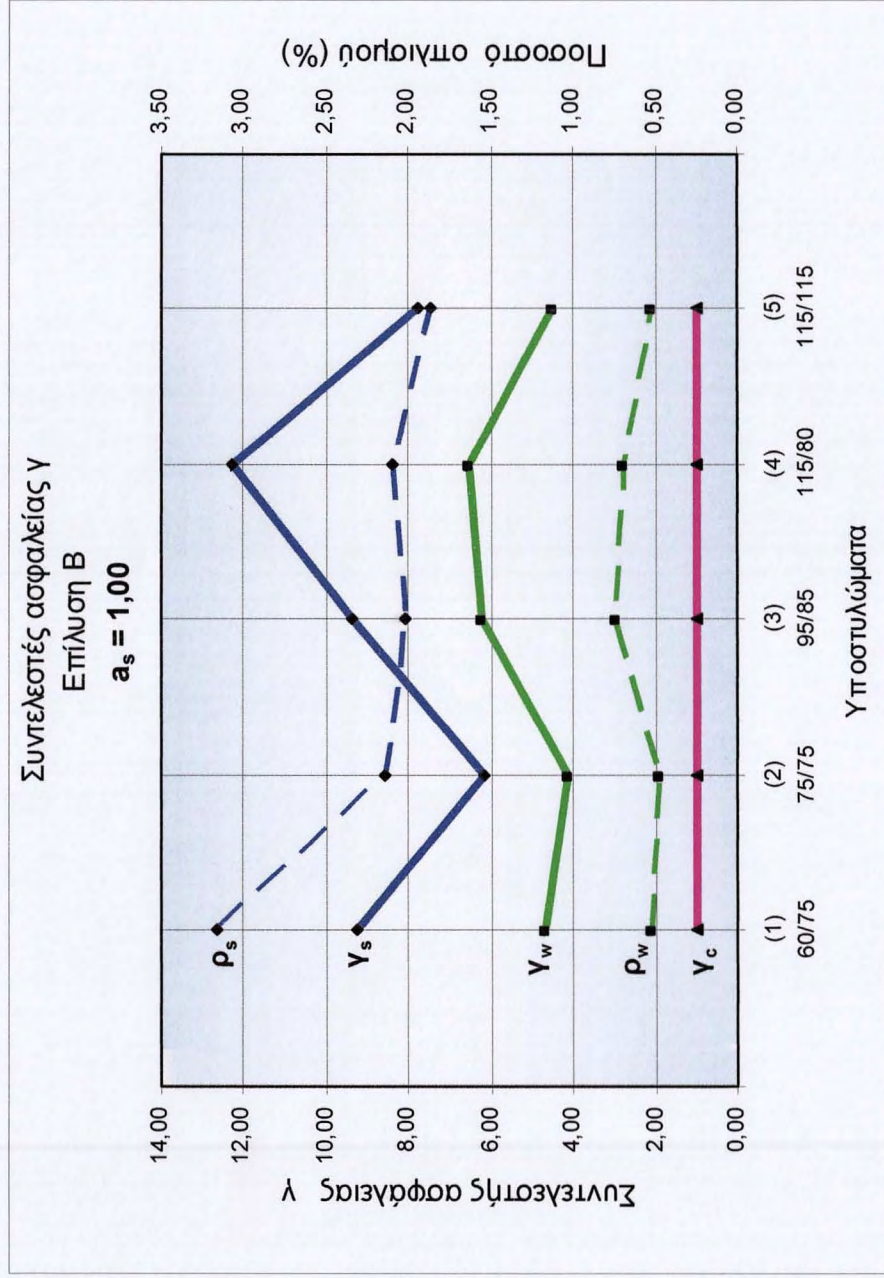
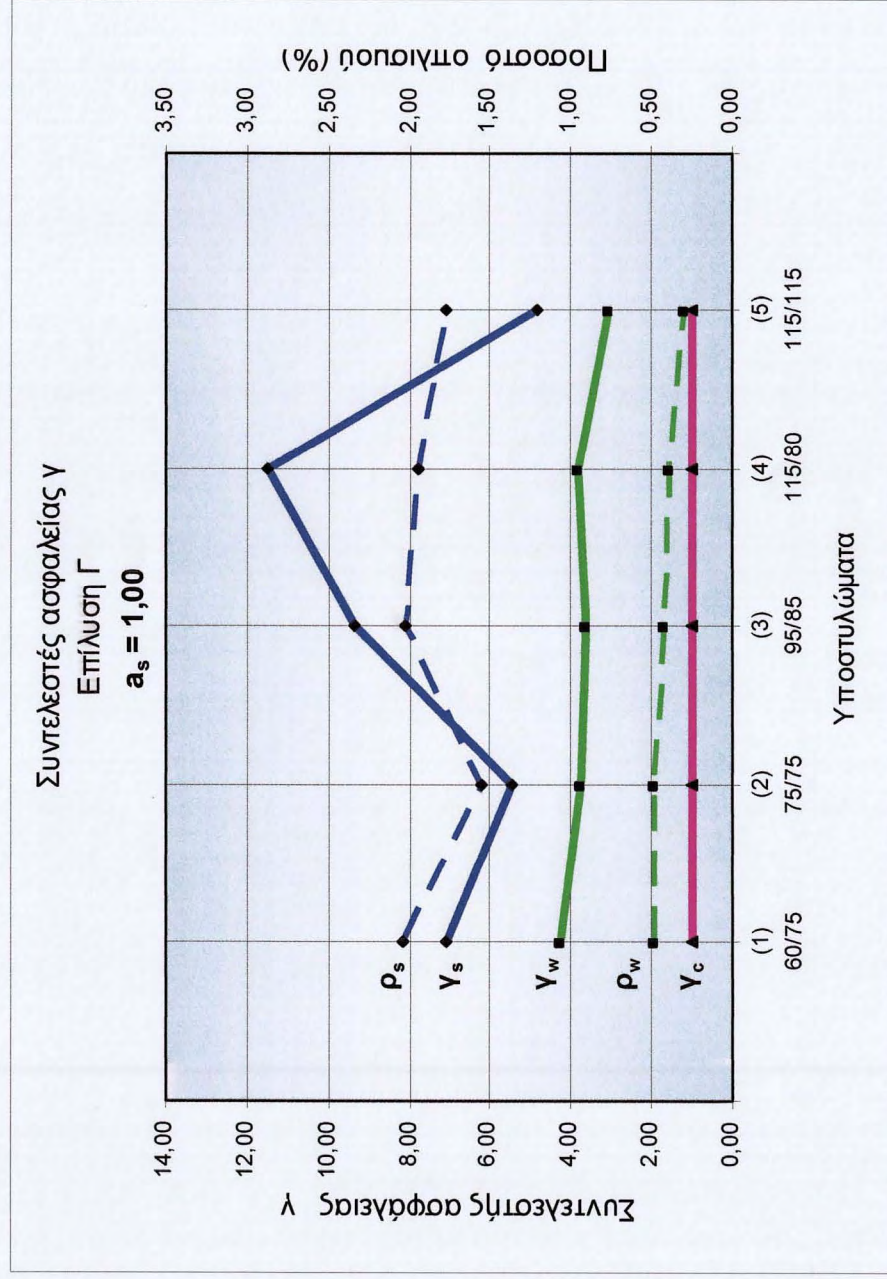


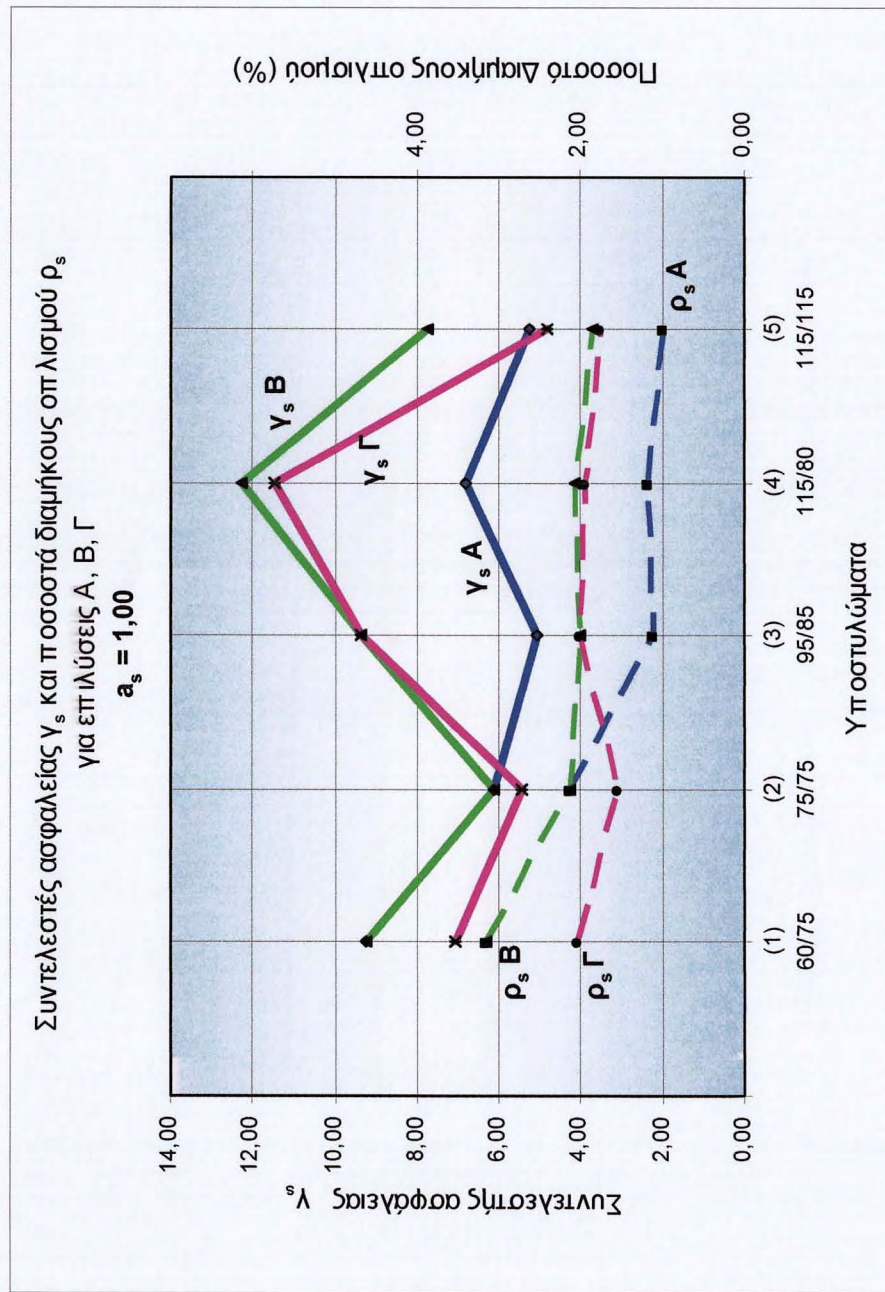
Figure 2. Schematic diagram of the experimental setup.



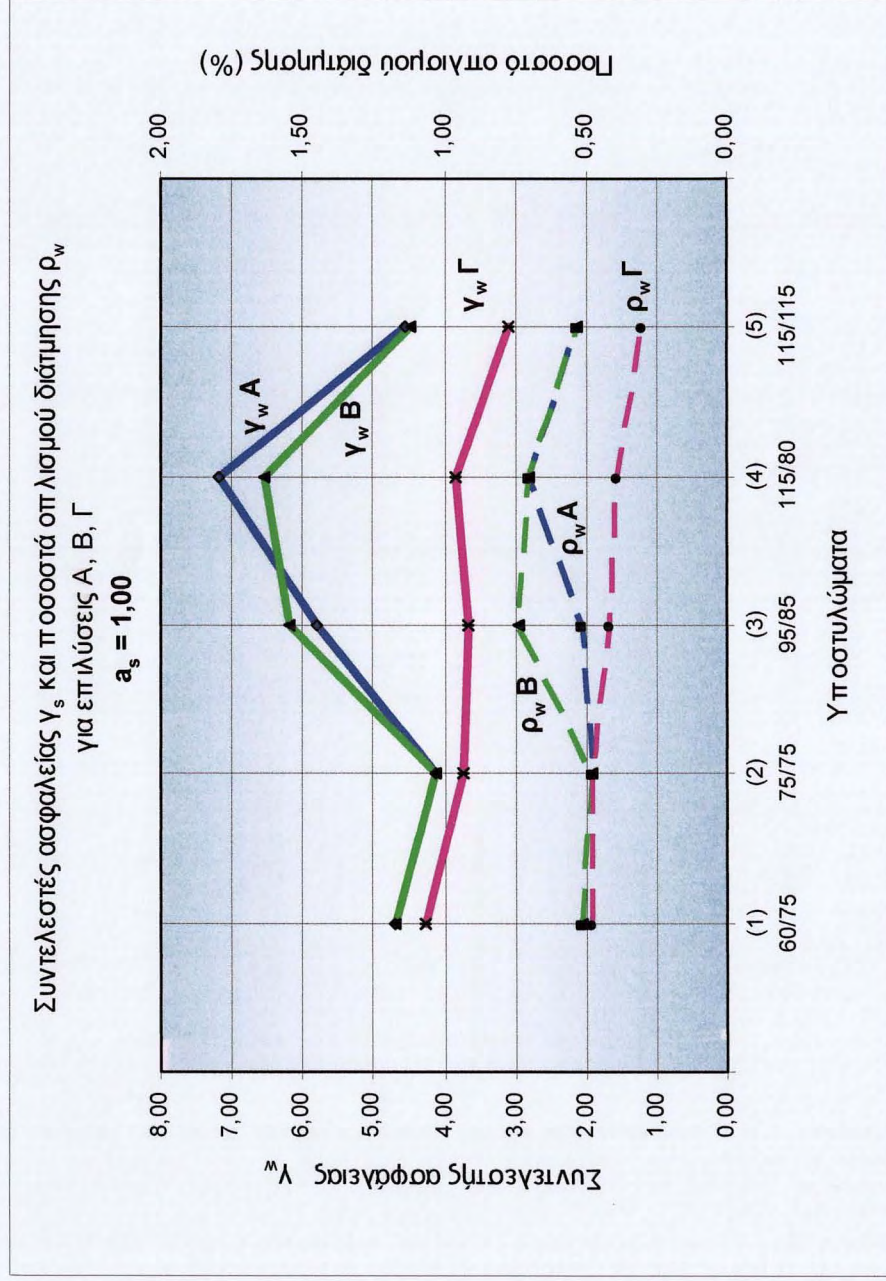
Διάγραμμα Α-2



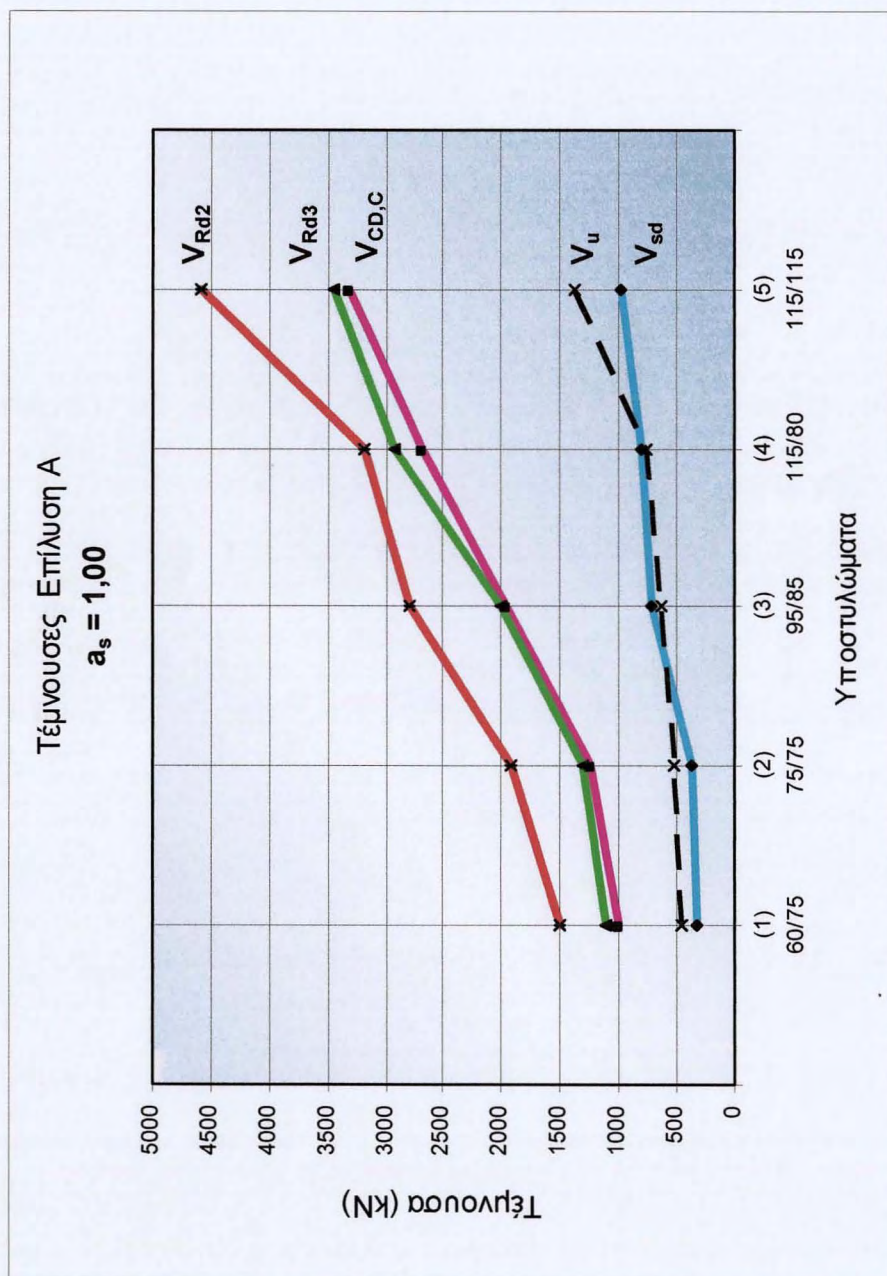
Διάγραμμα Α-3



Διάγραμμα A-4

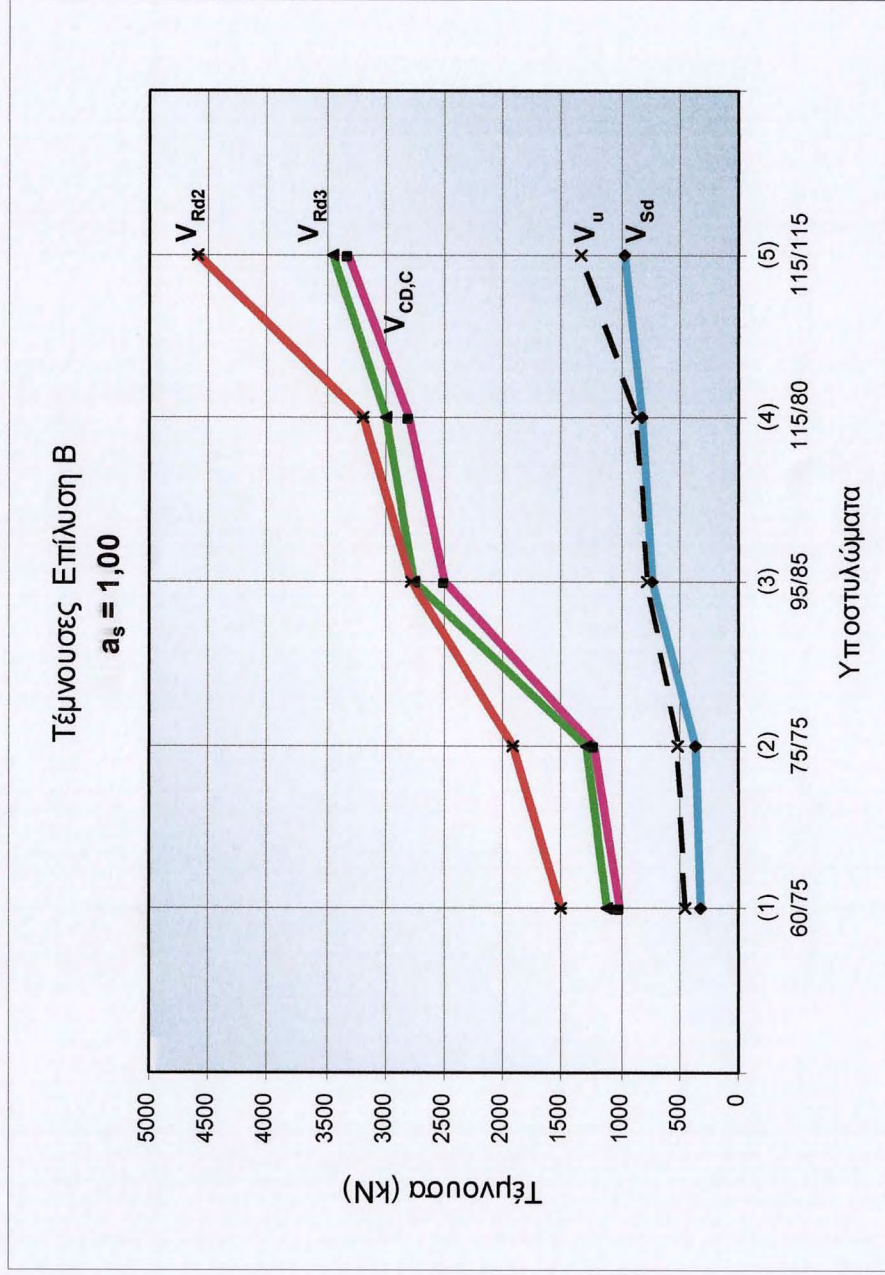


Διάγραμμα A-5



Διάγραμμα Α-δ

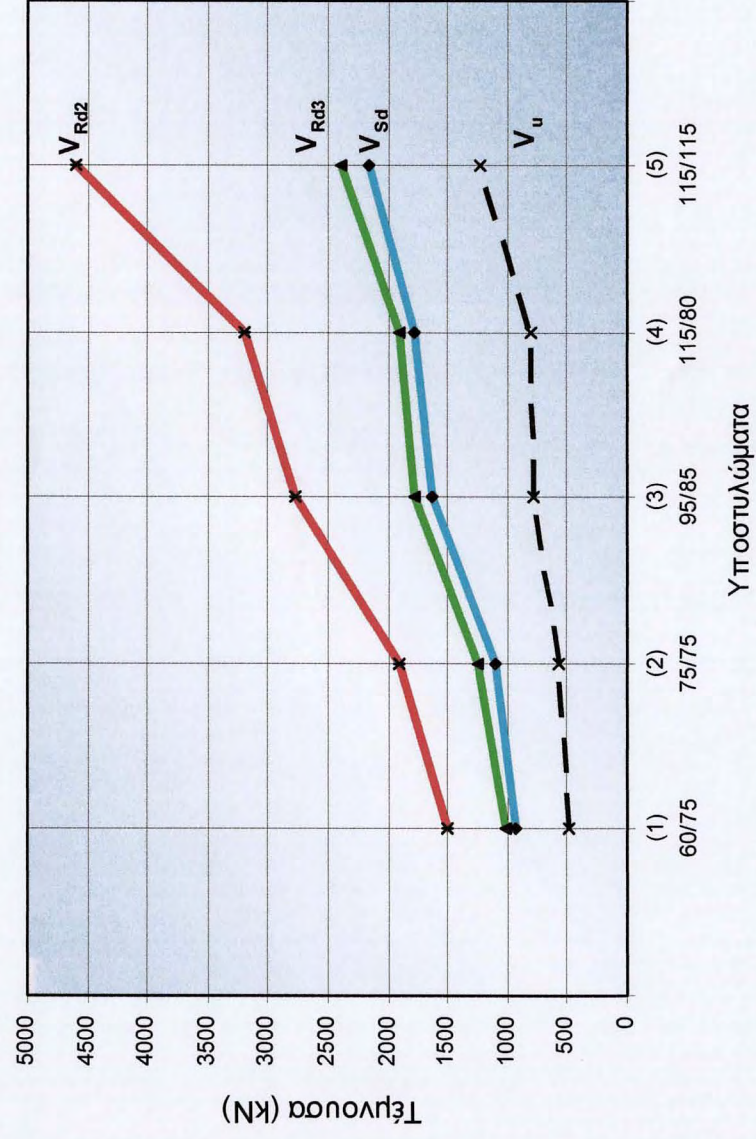




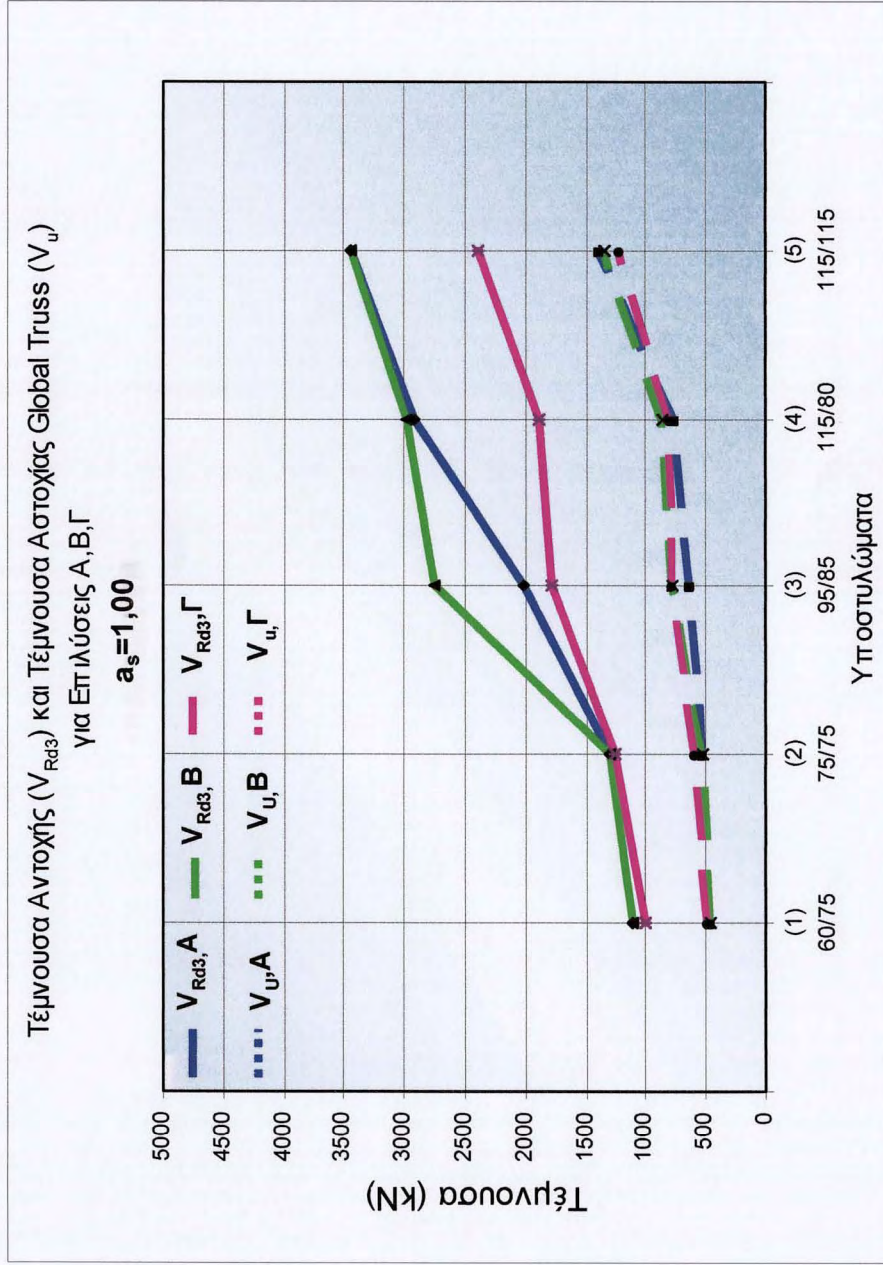
Διάγραμμα Α-7



Τέμνουσες Επίλυση Γ
 $a_s = 1,00$



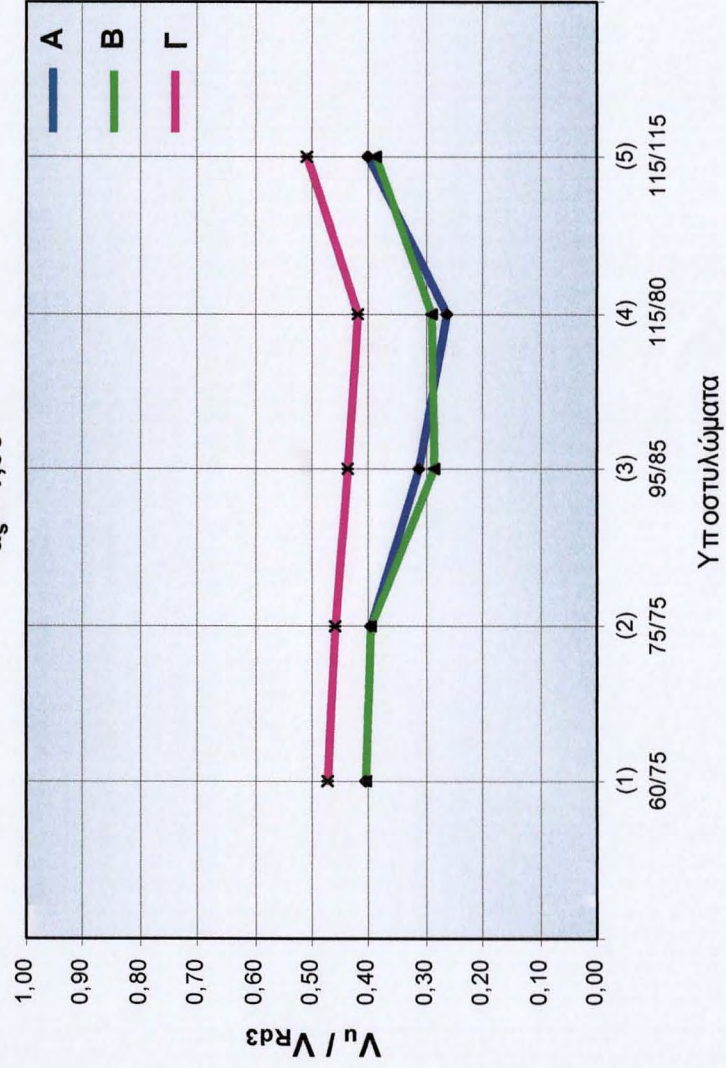
Διάγραμμα A-8



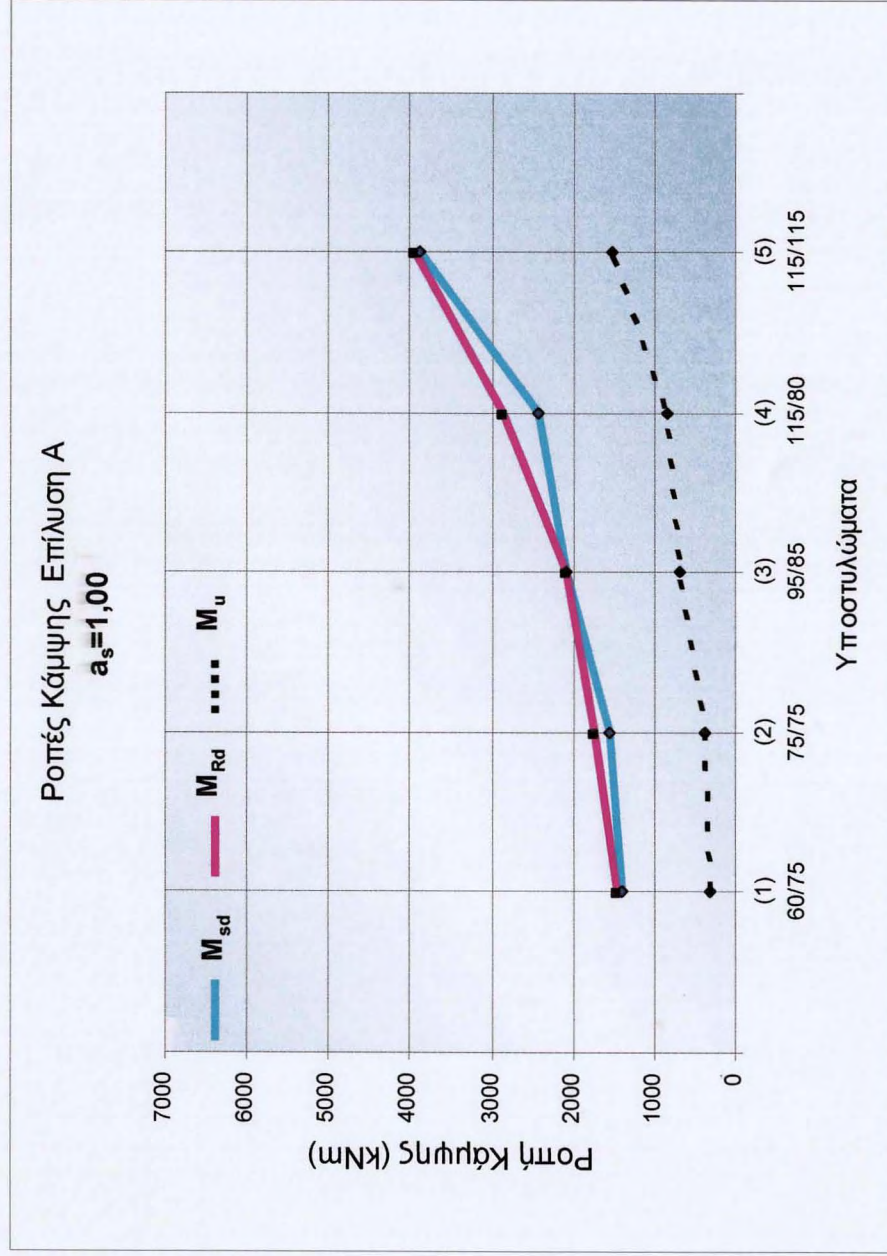
Διάγραμμα Α-9

Λόγος Τέμνουσας Αστοχίας Global Truss (V_u) προς Τέμνουσα Αντοχής (V_{Rd3})
για Επίλυσεις Α, Β, Γ

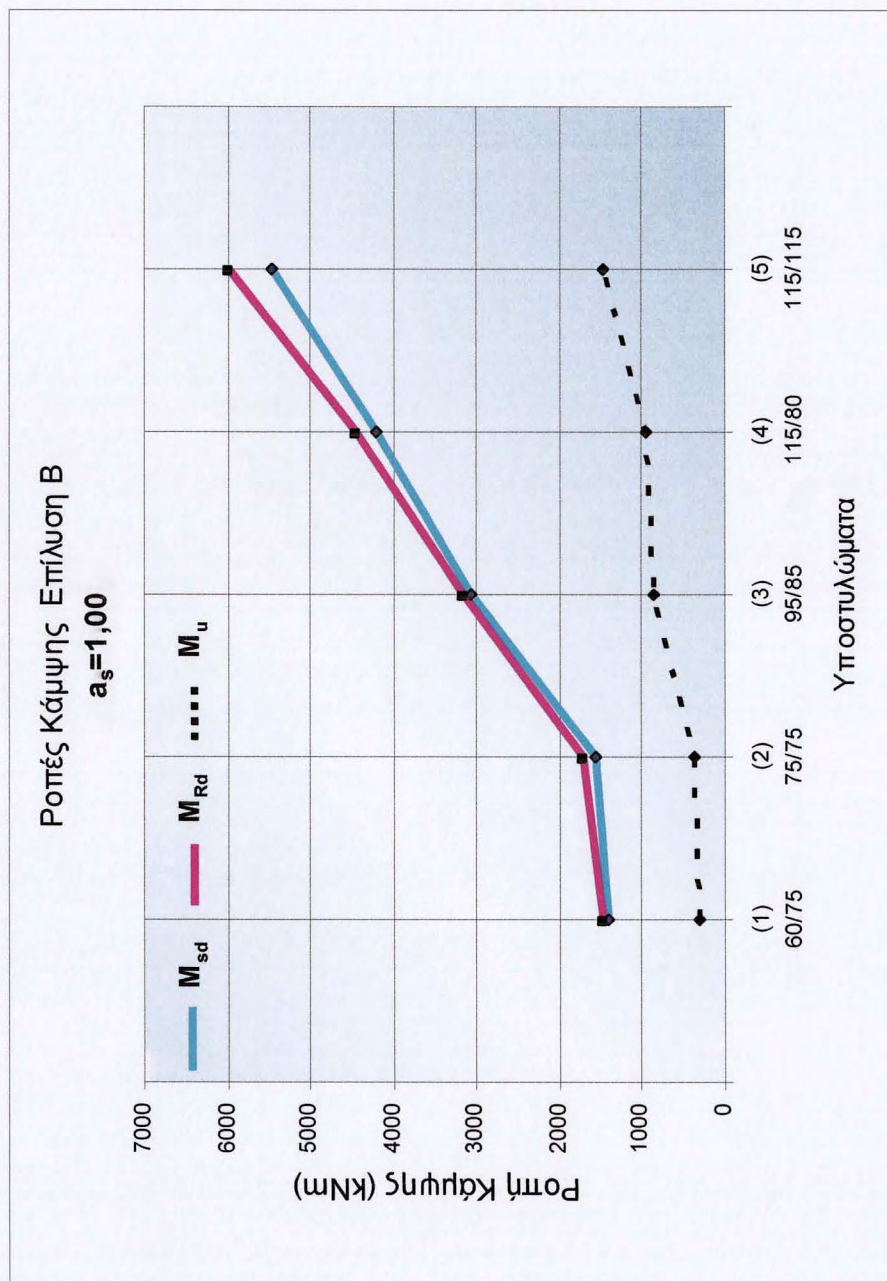
$a_s = 1,00$



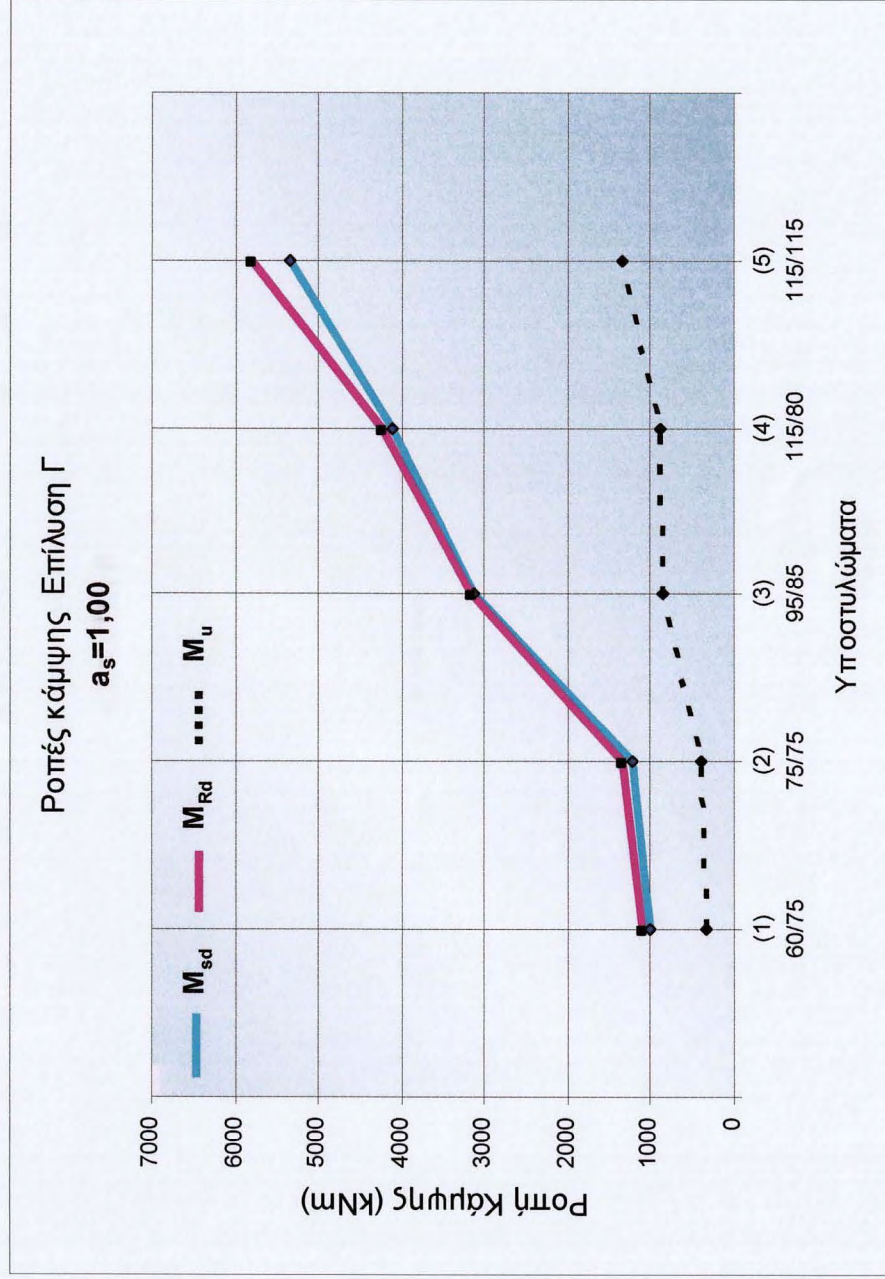
Διάγραμμα Α-10



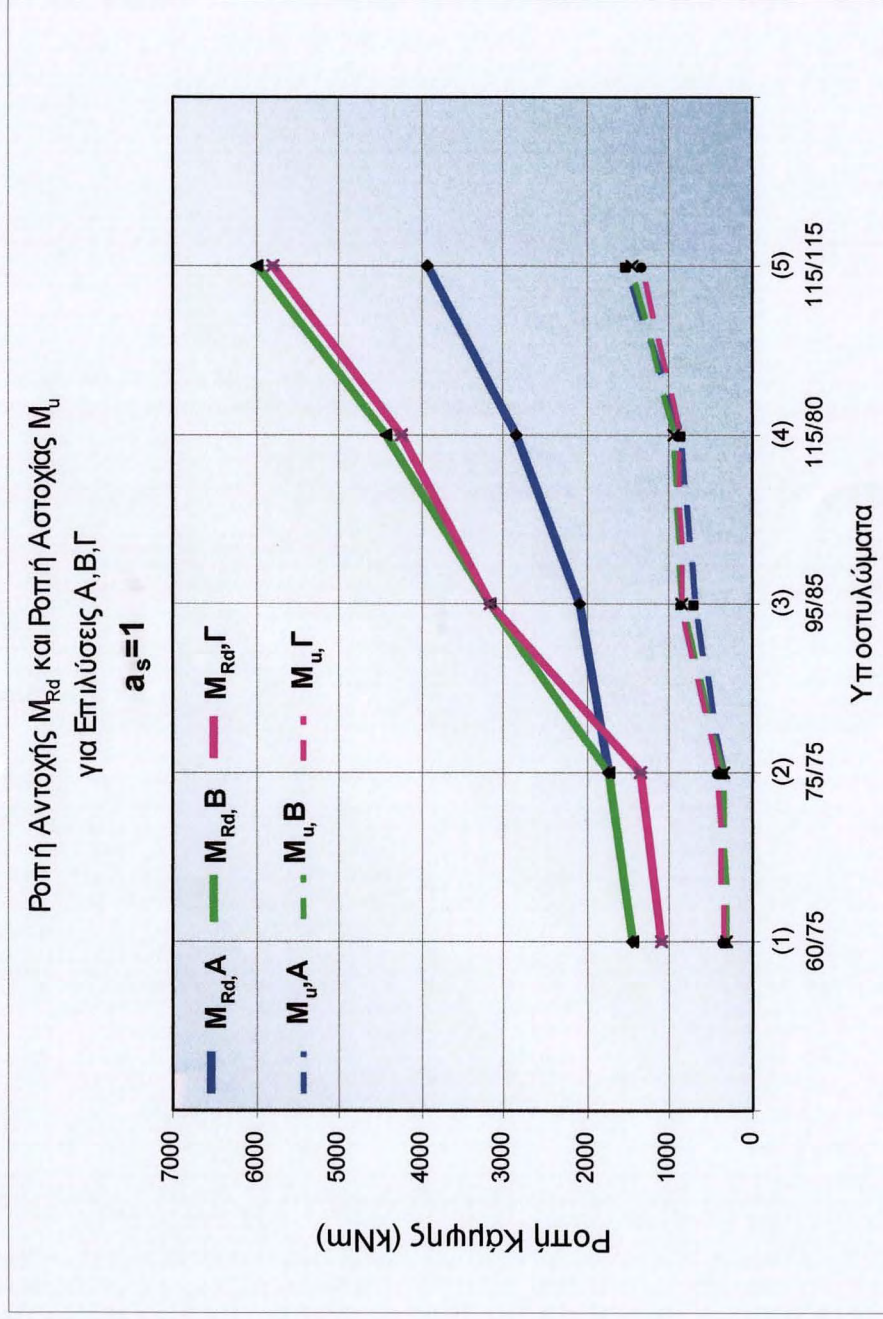
Διάγραμμα Α-11



Διάγραμμα A-12



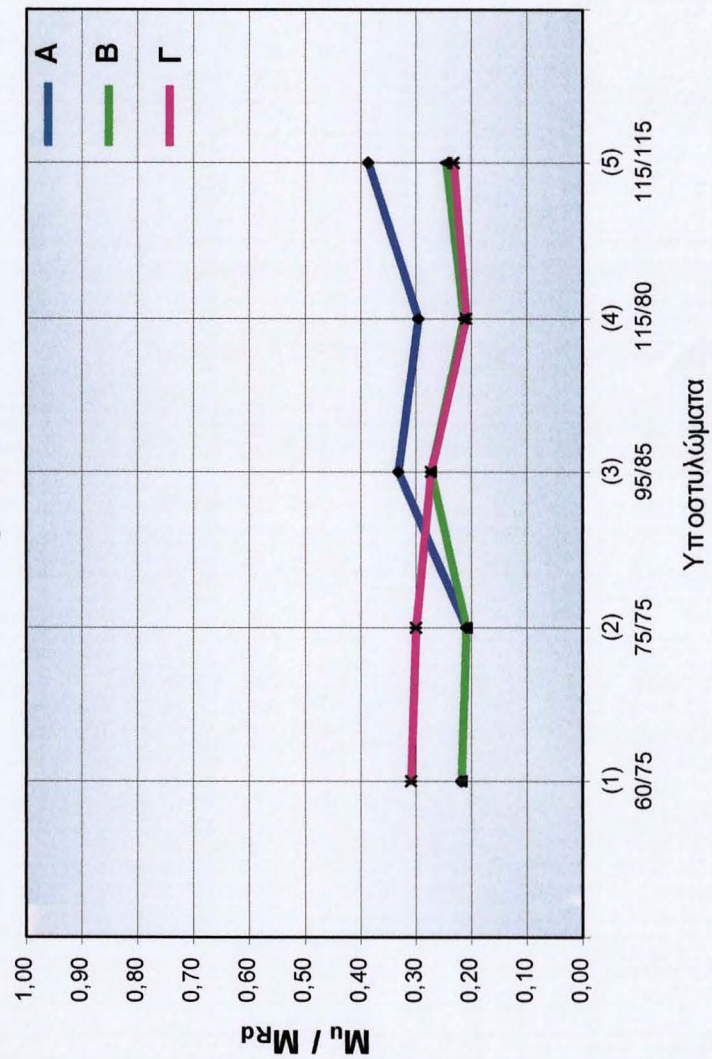
Διάγραμμα A-13



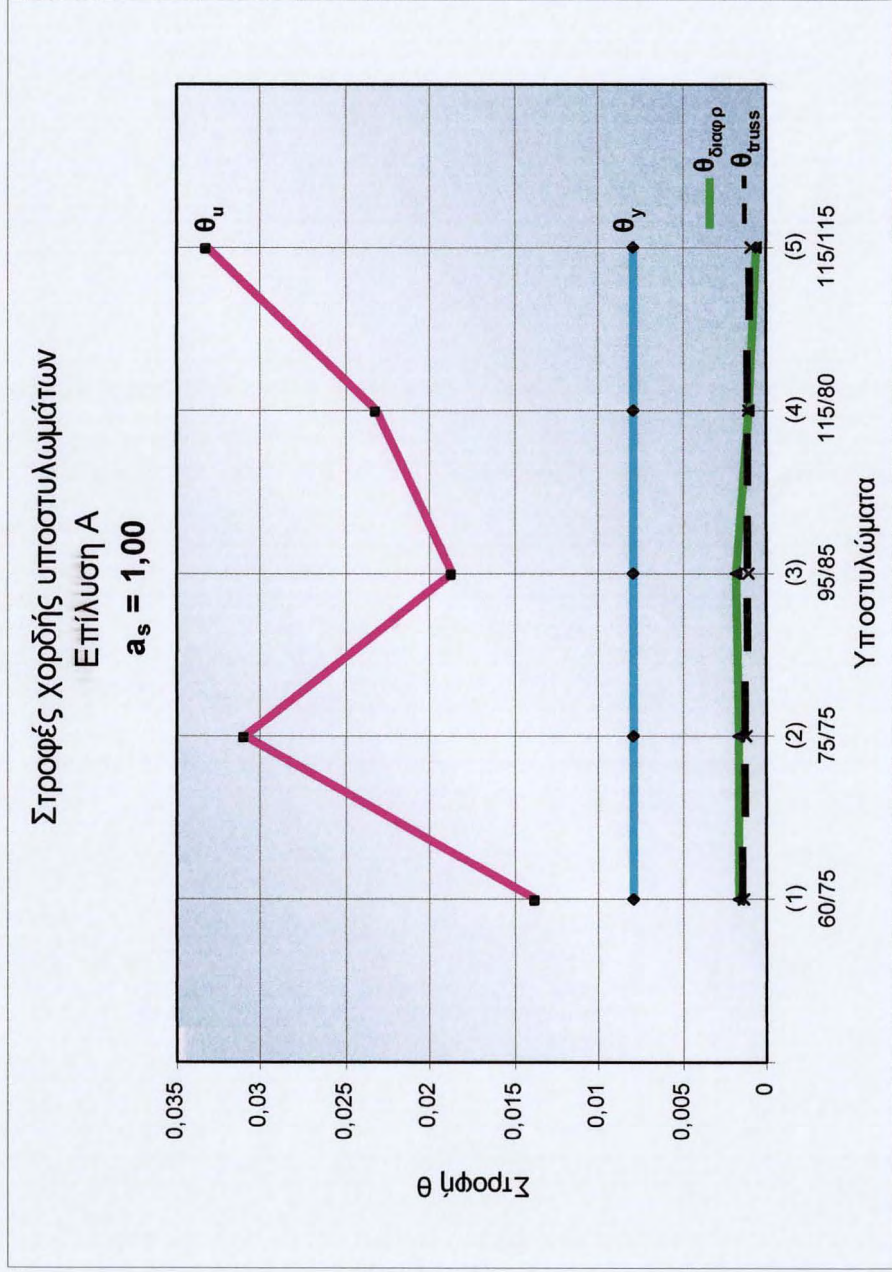
Διάγραμμα A-14

Λόγος Ροπής Αστοχίας Global Truss (M_u) προς Ροπή Ανοχής (M_{Rd})
για Επίλυσεις Α, Β, Γ

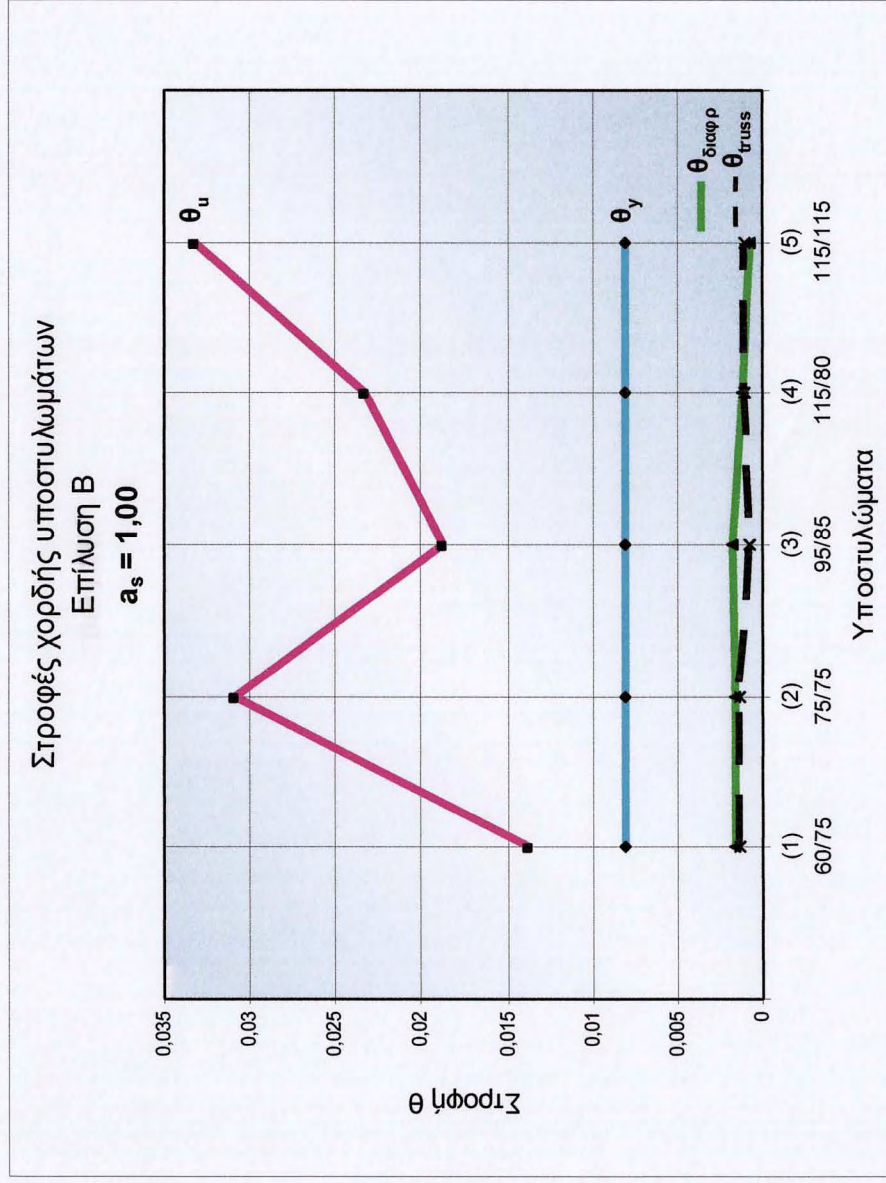
$a_s = 1,00$



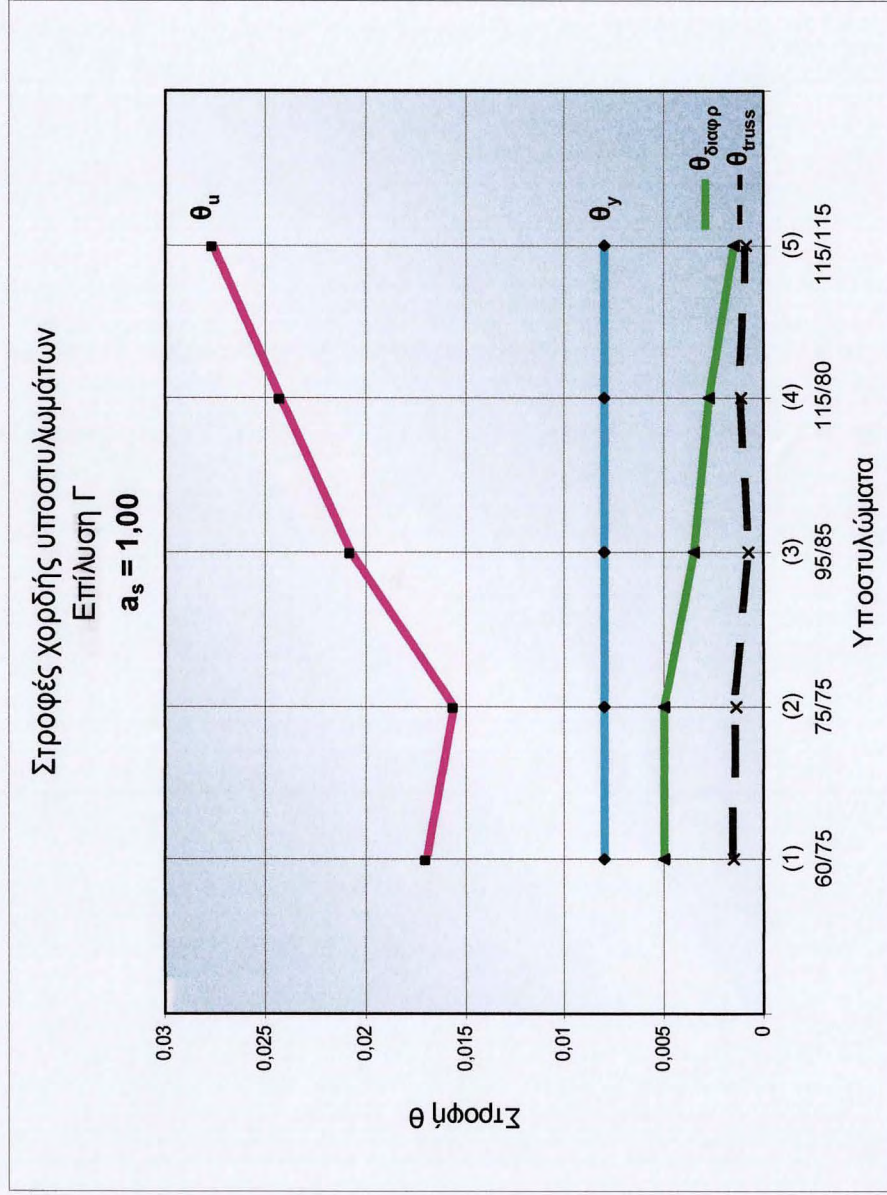
Διάγραμμα Α-15



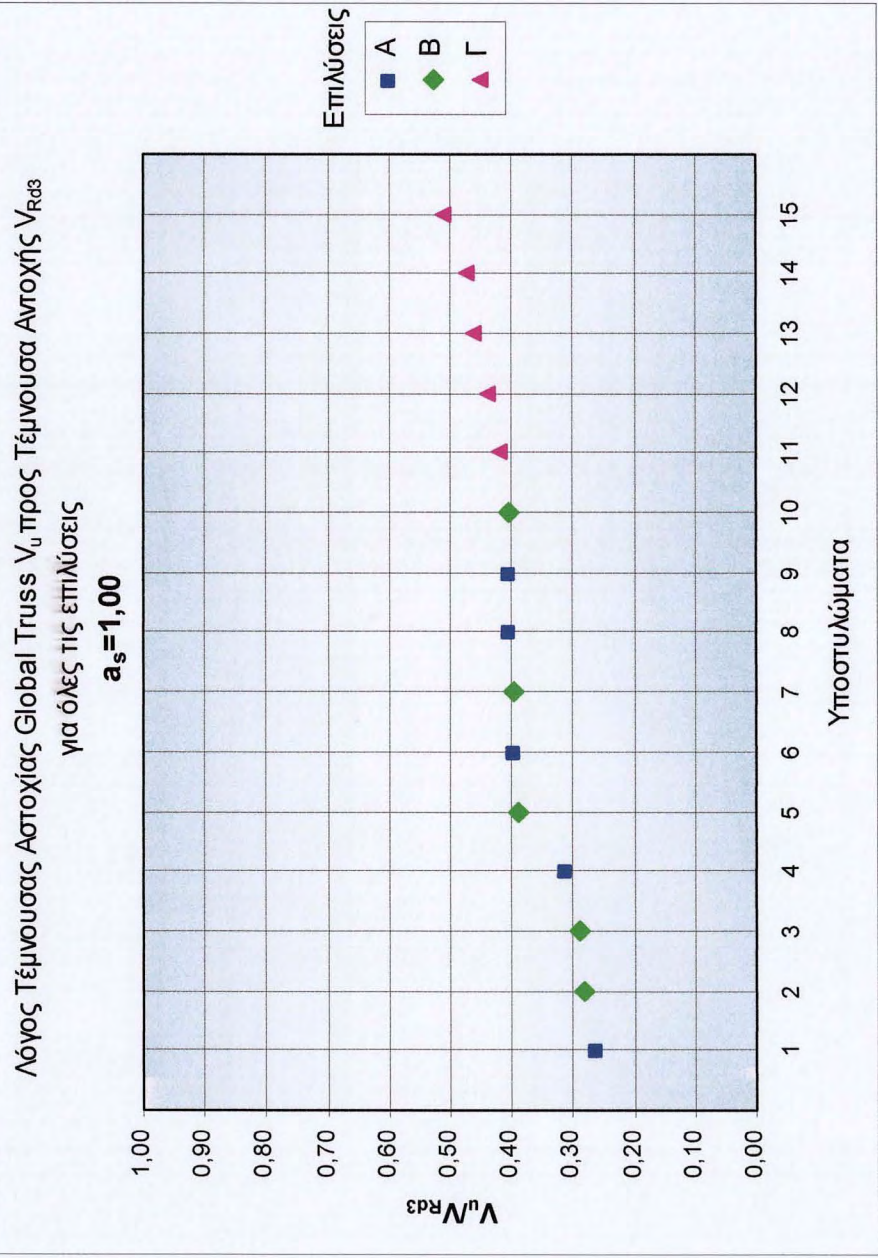
Διάγραμμα A-16



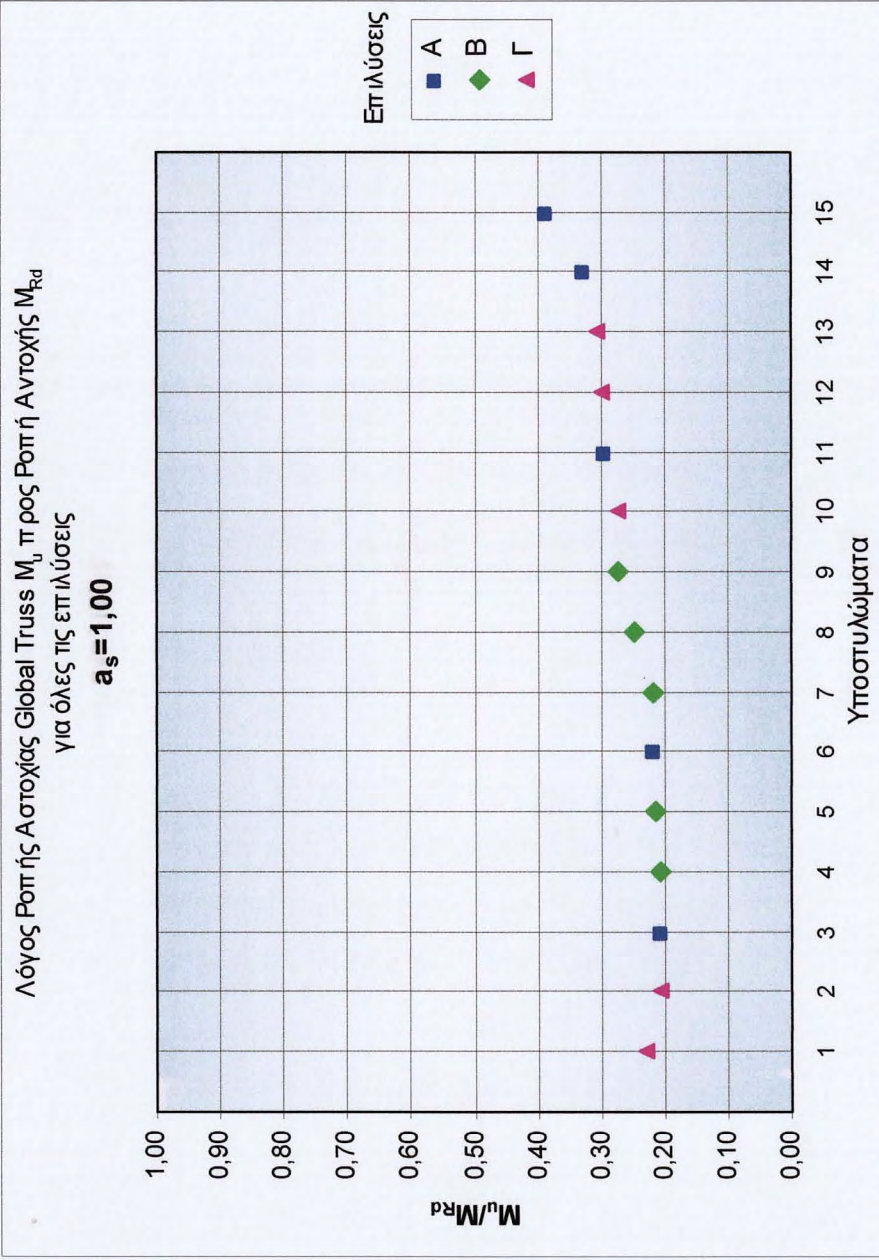
Διάγραμμα Α-17



Διάγραμμα A-18



Διάγραμμα A-19



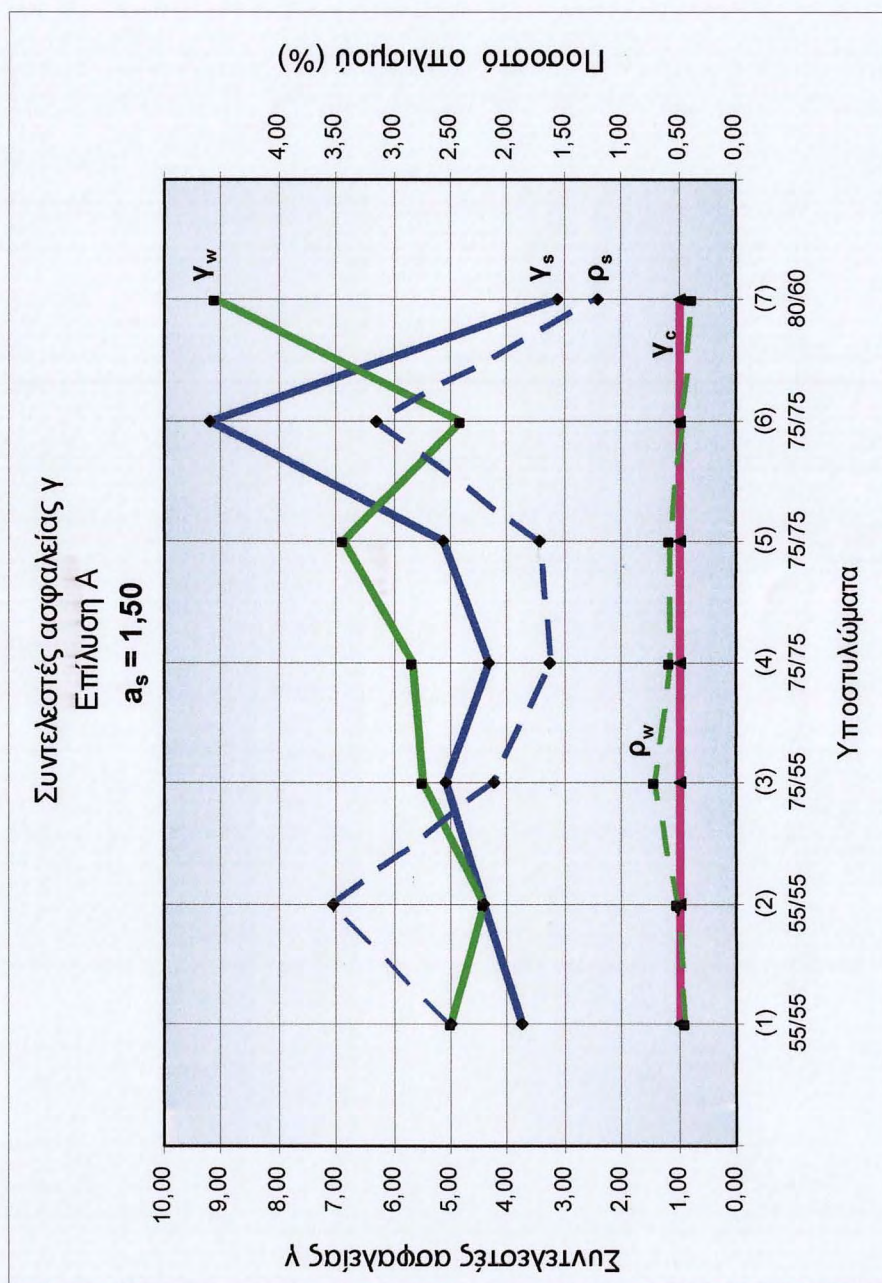
Διάγραμμα A-20

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

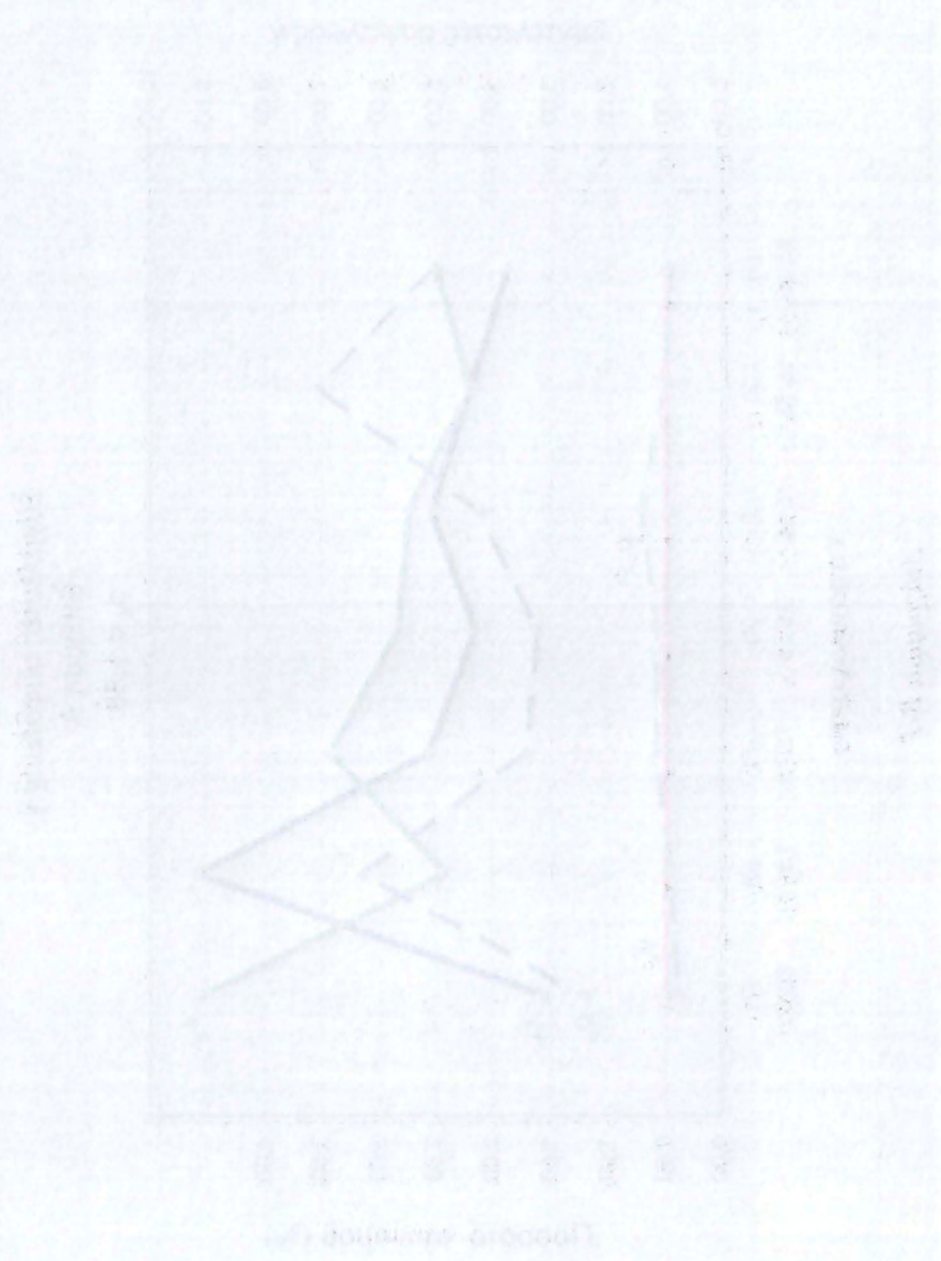
$a_s \approx 1,50$ (ΟΜΑΔΑ II)

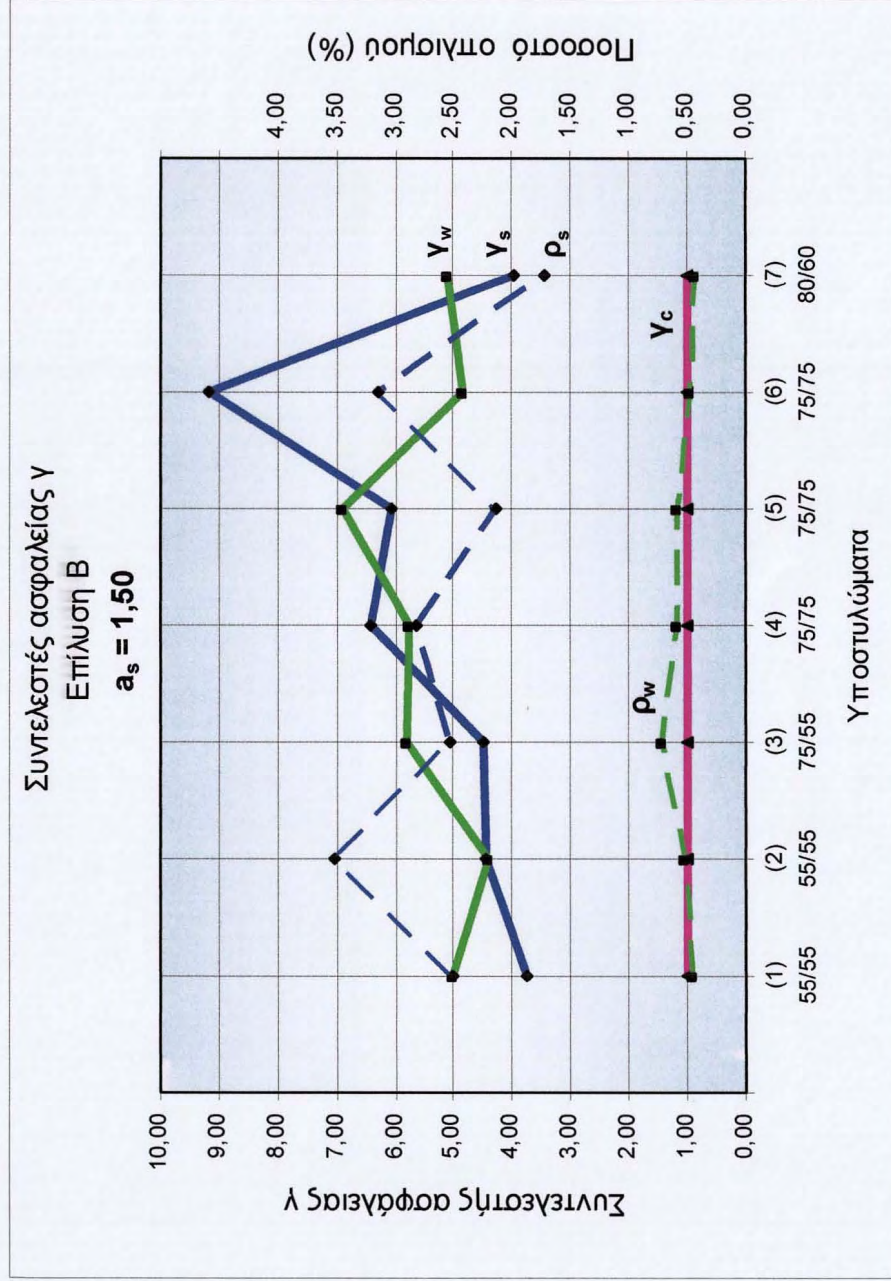
Πίνακας Διαγραμμάτων

- B - 1.** Συντελεστές ασφαλείας Επίλυση Α
- B - 2.** Συντελεστές ασφαλείας Επίλυση Β
- B - 3.** Συντελεστές ασφαλείας Επίλυση Γ
- B - 4.** Συντελεστές ασφαλείας και ποσοστά διαμήκους οπλισμού για επιλύσεις Α, Β, Γ
- B - 5.** Συντελεστές ασφαλείας και ποσοστά οπλισμού διάτμησης για επιλύσεις Α, Β, Γ
- B - 6.** Τέμνουσες Επίλυση Α
- B - 7.** Τέμνουσες Επίλυση Β
- B - 8.** Τέμνουσες Επίλυση Γ
- B - 9.** Τέμνουσα Αντοχής (V_{Rd3}) και Τέμνουσα Αστοχίας Global Truss (V_u) για επιλύσεις Α, Β, Γ
- B - 10.** Λόγος Τέμνουσας Αστοχίας Global Truss (V_u) προς Τέμνουσα Αντοχής (V_{Rd3}) για επιλύσεις Α, Β, Γ
- B - 11.** Ροπές Κάμψης για Επίλυση Α
- B - 12.** Ροπές Κάμψης για Επίλυση Β
- B - 13.** Ροπές Κάμψης για Επίλυση Γ
- B - 14.** Ροπή Αντοχής (M_{Rd}) και Ροπή Αστοχίας Global Truss (M_u) για επιλύσεις Α, Β, Γ
- B - 15.** Λόγος Ροπής Αστοχίας Global Truss (M_u) προς Ροπή Αντοχής (M_{Rd}) για επιλύσεις Α, Β, Γ
- B - 16.** Στροφές χορδής υποστυλωμάτων Επίλυση Α
- B - 17.** Στροφές χορδής υποστυλωμάτων Επίλυση Β
- B - 18.** Στροφές χορδής υποστυλωμάτων Επίλυση Γ
- B - 19.** Λόγος Τέμνουσα Αστοχίας Global Truss (V_u) προς Τέμνουσα Αντοχής (V_{Rd3}) για επιλύσεις Α, Β, Γ σε αύξουσα σειρά
- B - 20.** Λόγος Ροπής Αστοχίας Global Truss (M_u) προς Ροπή Αντοχής (M_{Rd}) για επιλύσεις Α, Β, Γ σε αύξουσα σειρά



Διάγραμμα Β-1





Διάγραμμα Β-2

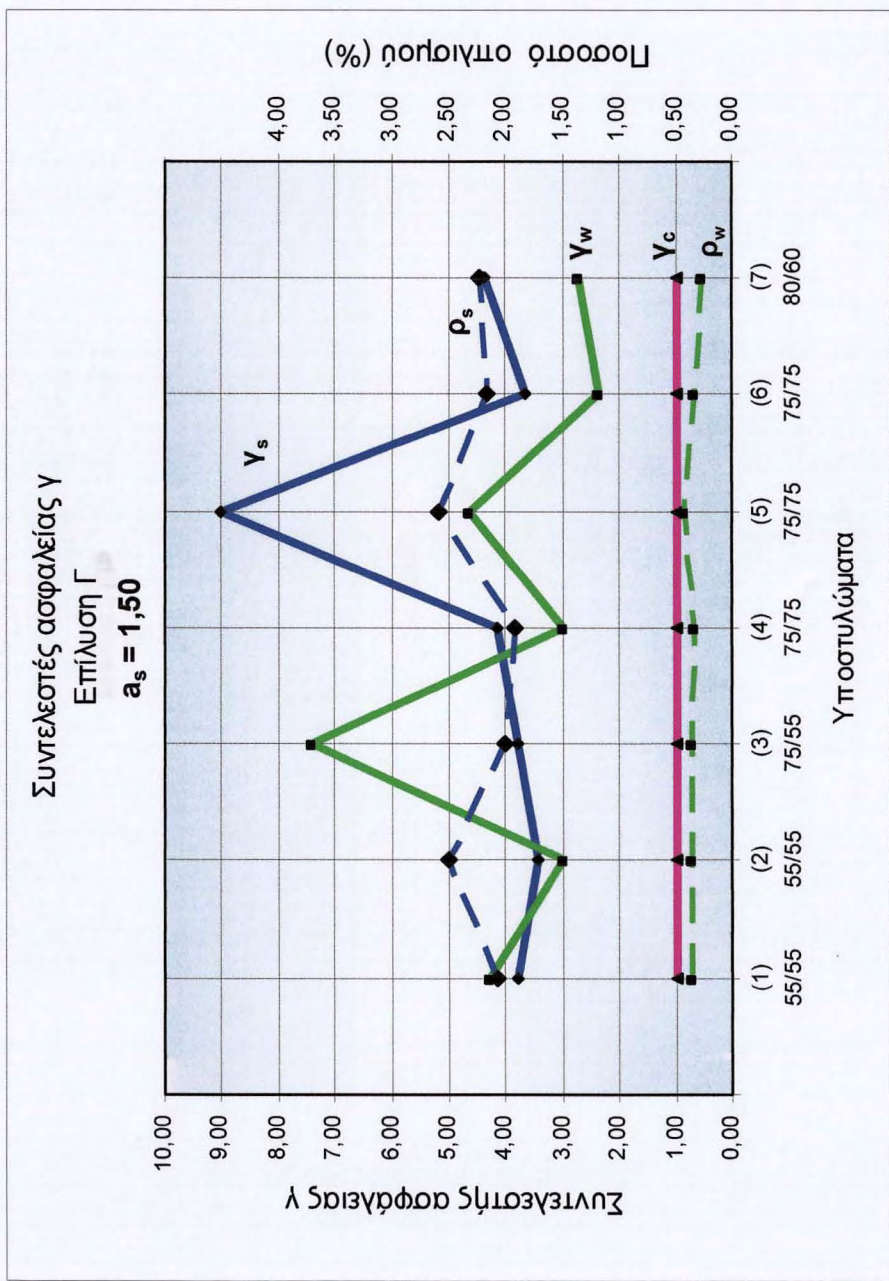
PROBLEM 1

Let $f(x) = x^2 + 1$ and $g(x) = x^2 - 1$. Find the area of the region bounded by the curves $y = f(x)$ and $y = g(x)$ from $x = -2$ to $x = 2$.



The area of the region is $\frac{16}{3}$.

(The area is $\frac{16}{3}$.)

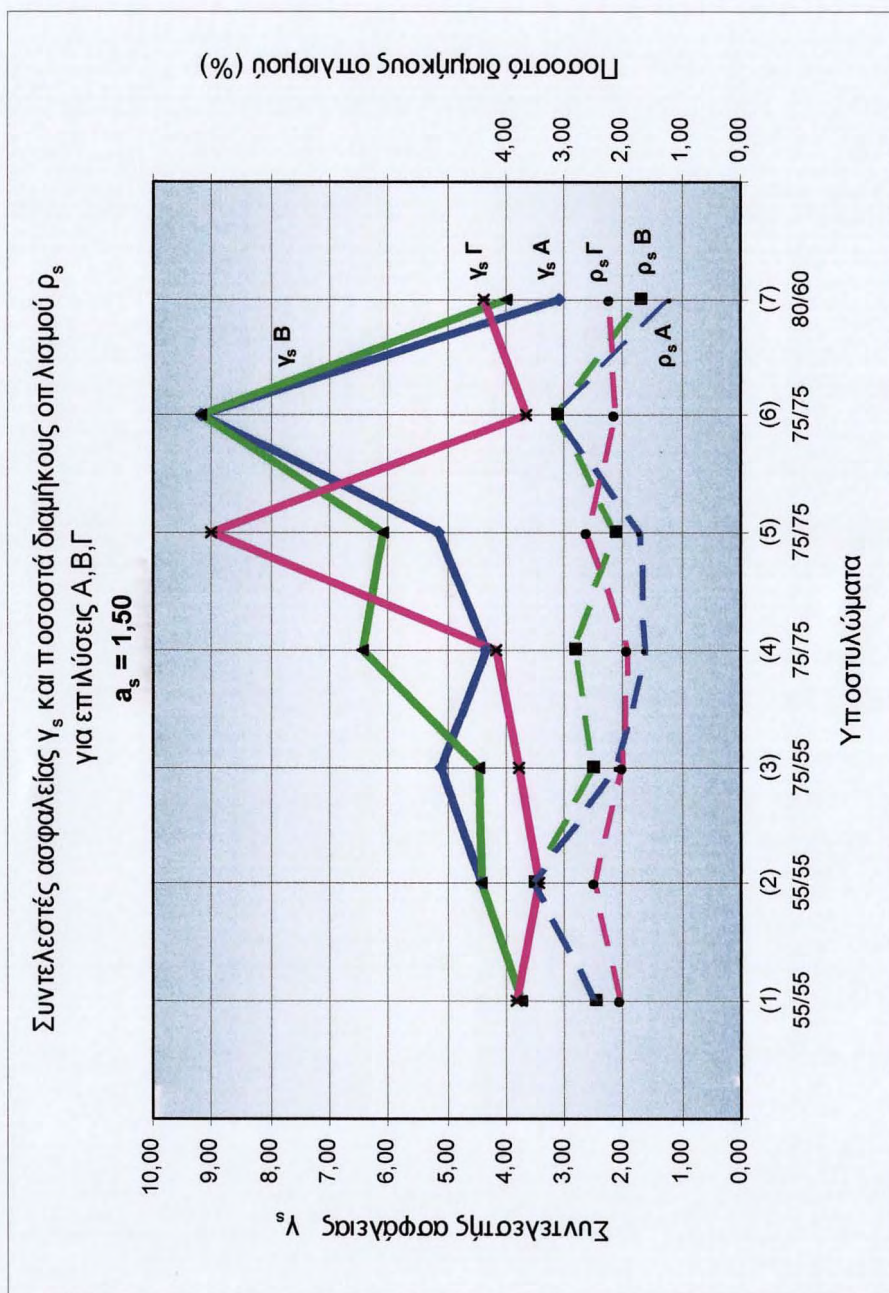


Διάγραμμα B-3

Figure 1: A line graph showing the relationship between the number of hours spent studying and the score on a test.



Figure 1: A line graph showing the relationship between the number of hours spent studying and the score on a test.



Διάγραμμα B-4

Figure 10.10

Figure 10.11

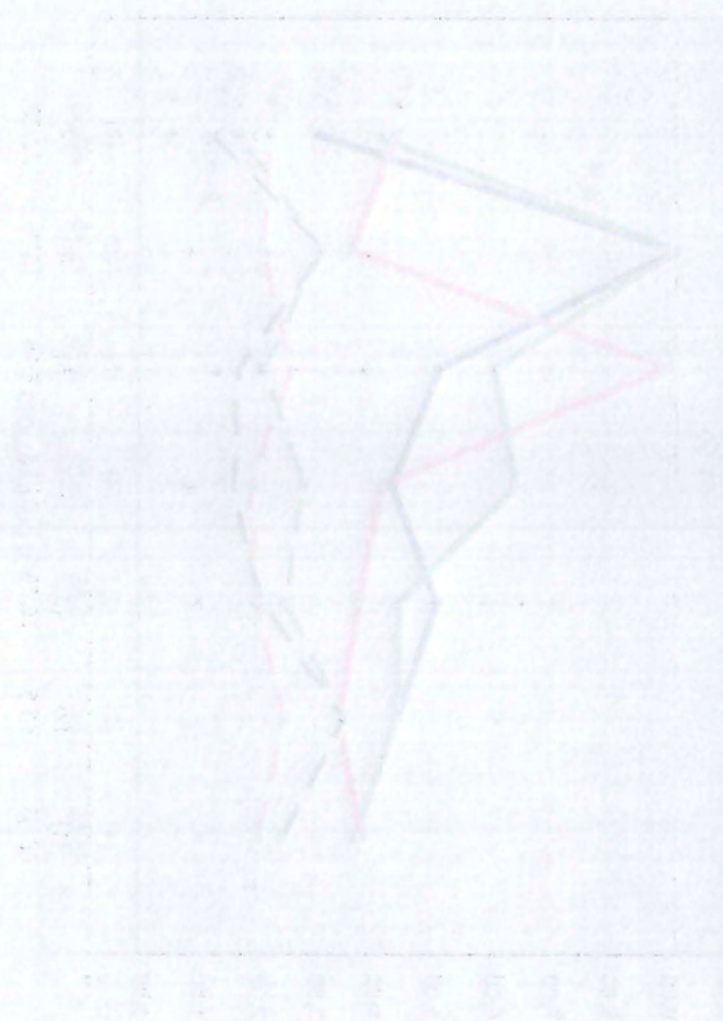
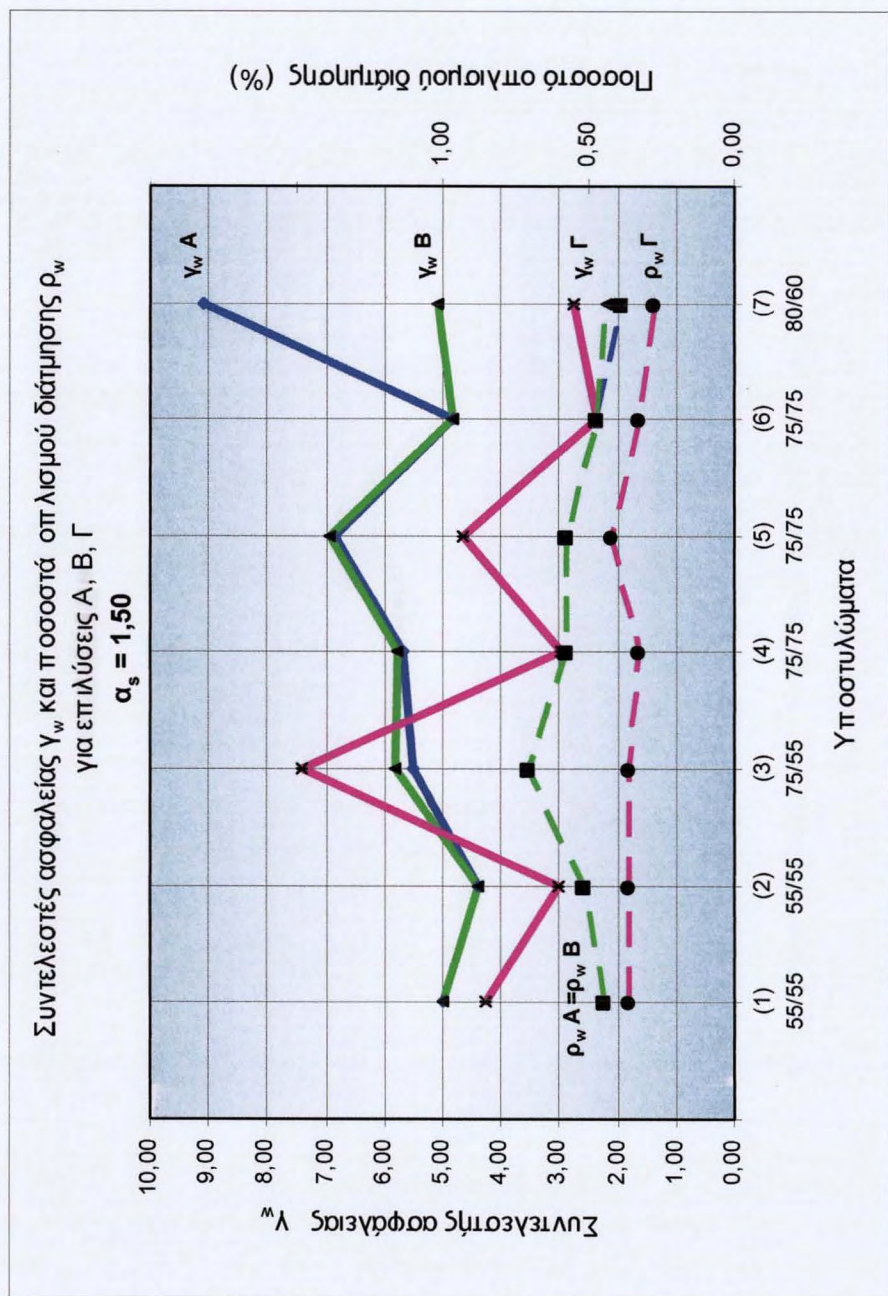


Figure 10.11: A 3D plot showing the relationship between variables X1, X2, and Y.

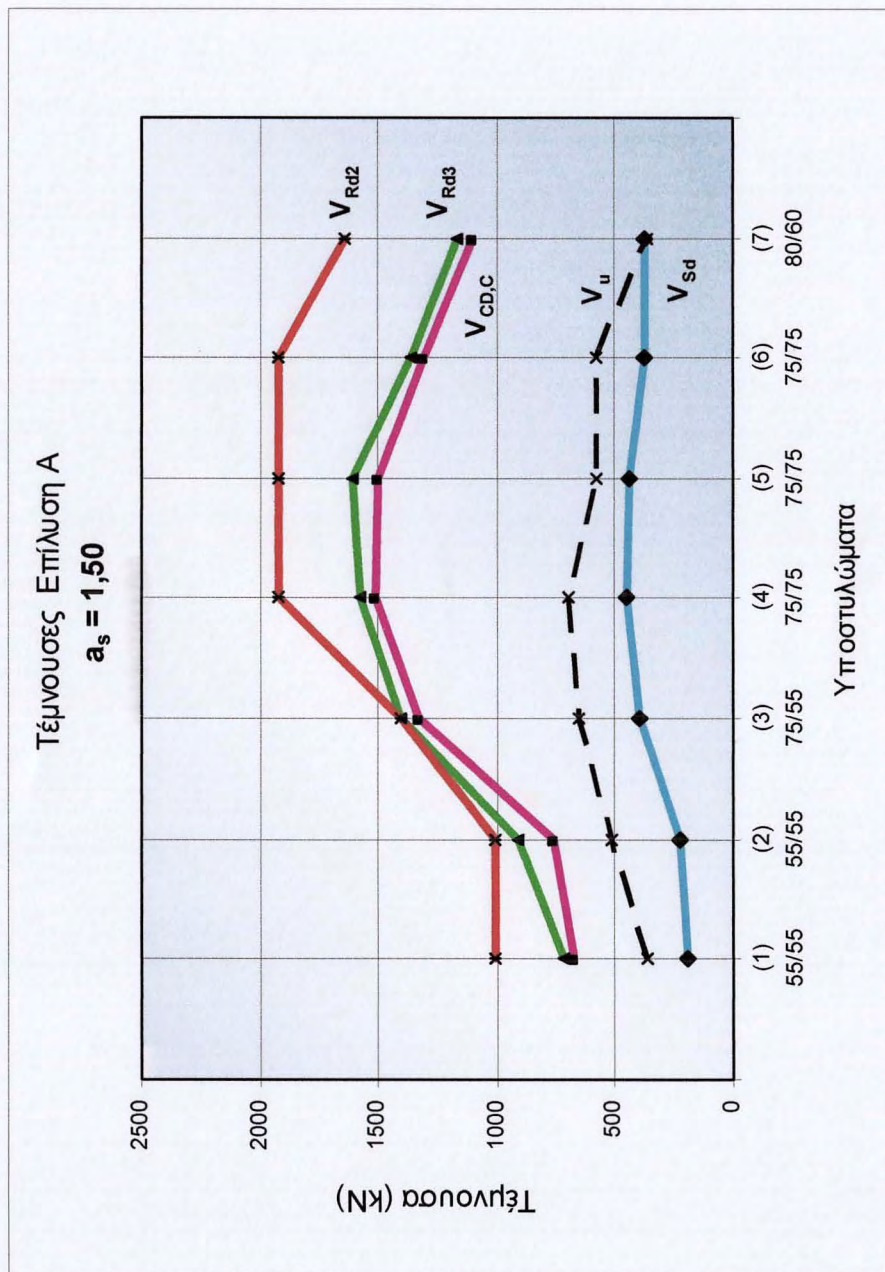


Διάγραμμα B-5

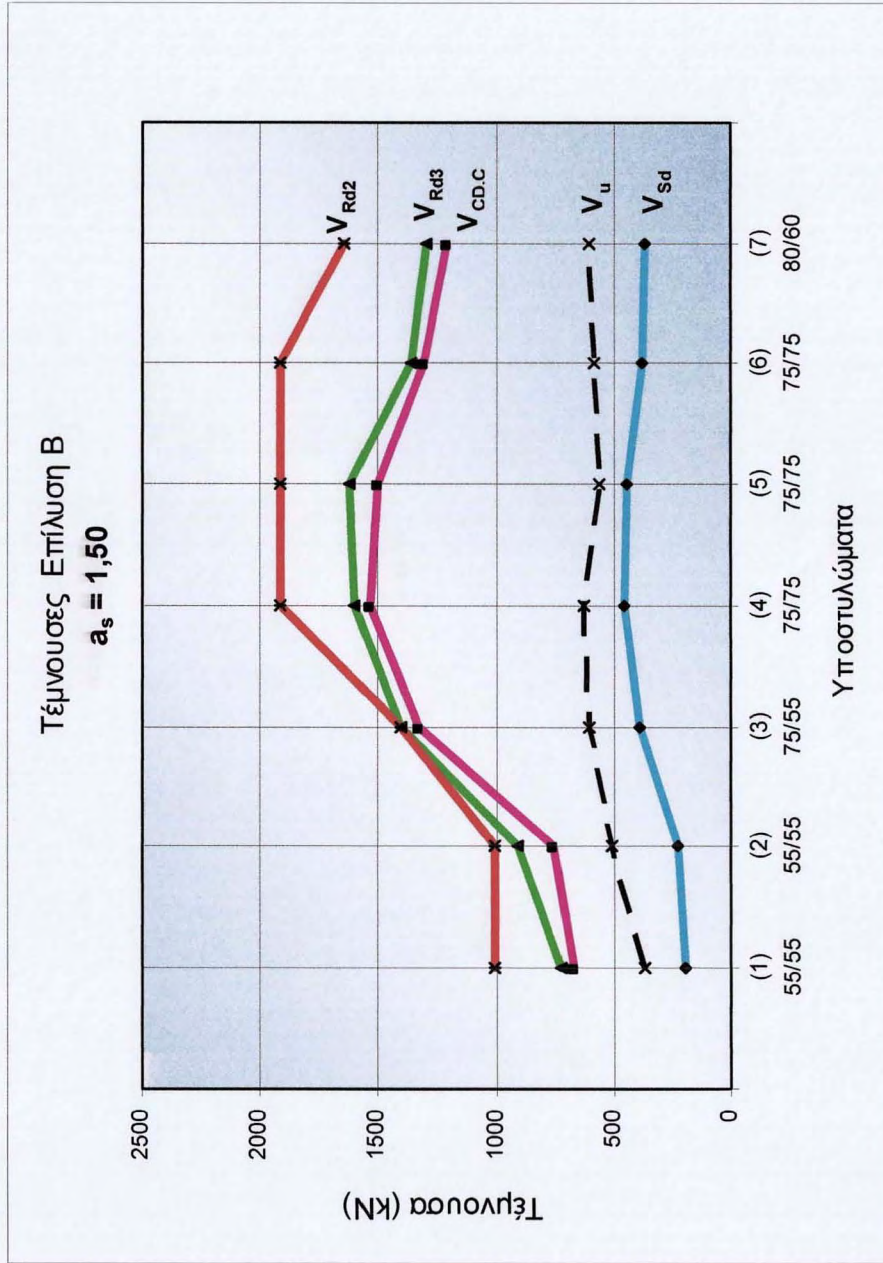
Figure 1. Comparison of the results of the two methods.



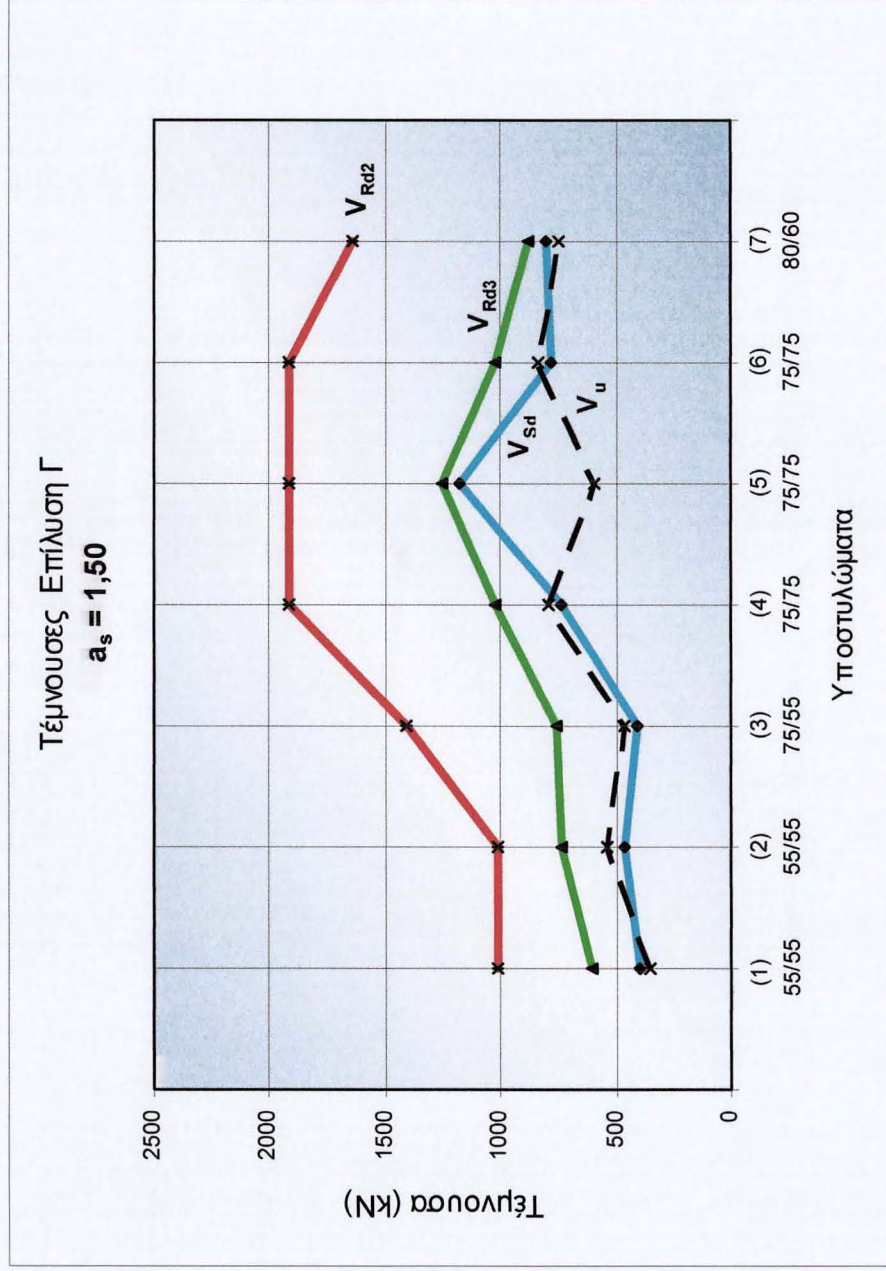
Figure 2. Comparison of the results of the two methods.



Διάγραμμα Β-6

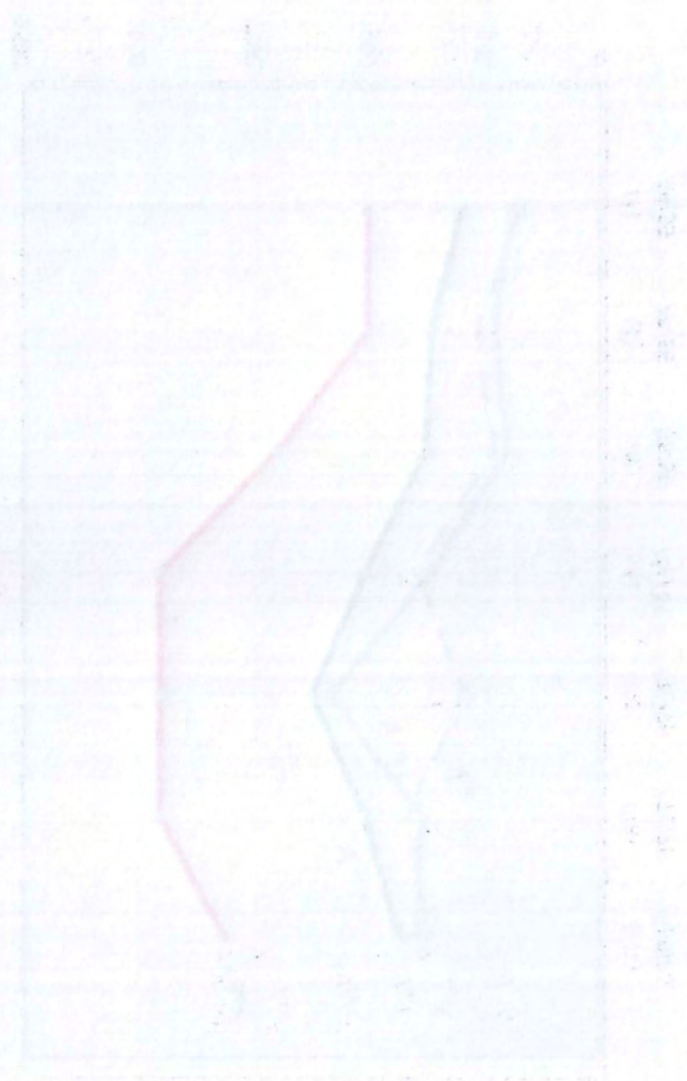


Διάγραμμα Β-7



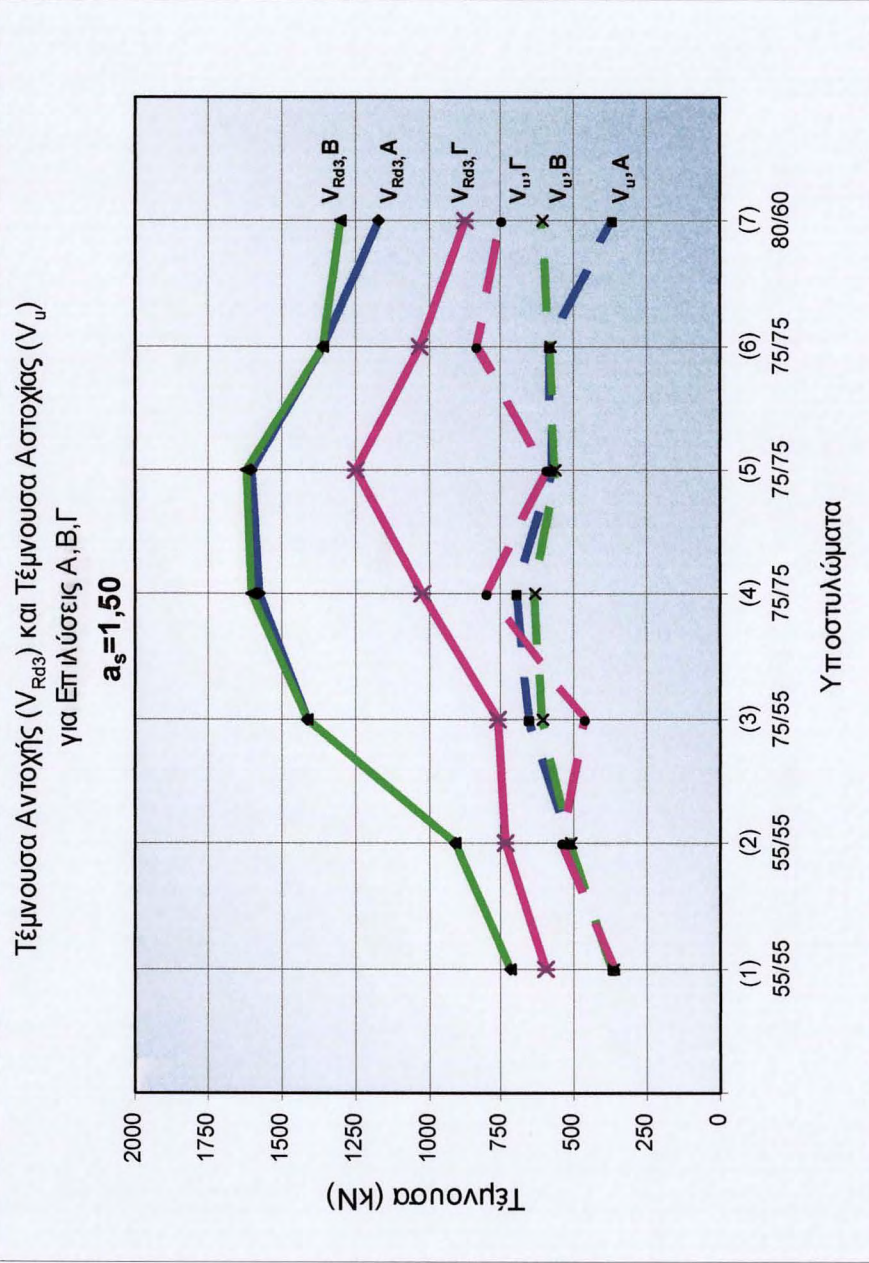
Διάγραμμα B-8

(b) (continued)



100

100



Διάγραμμα Β-9

Figure 1. (a) Time series of the monthly mean precipitation (mm) over the study area (1979-2000).

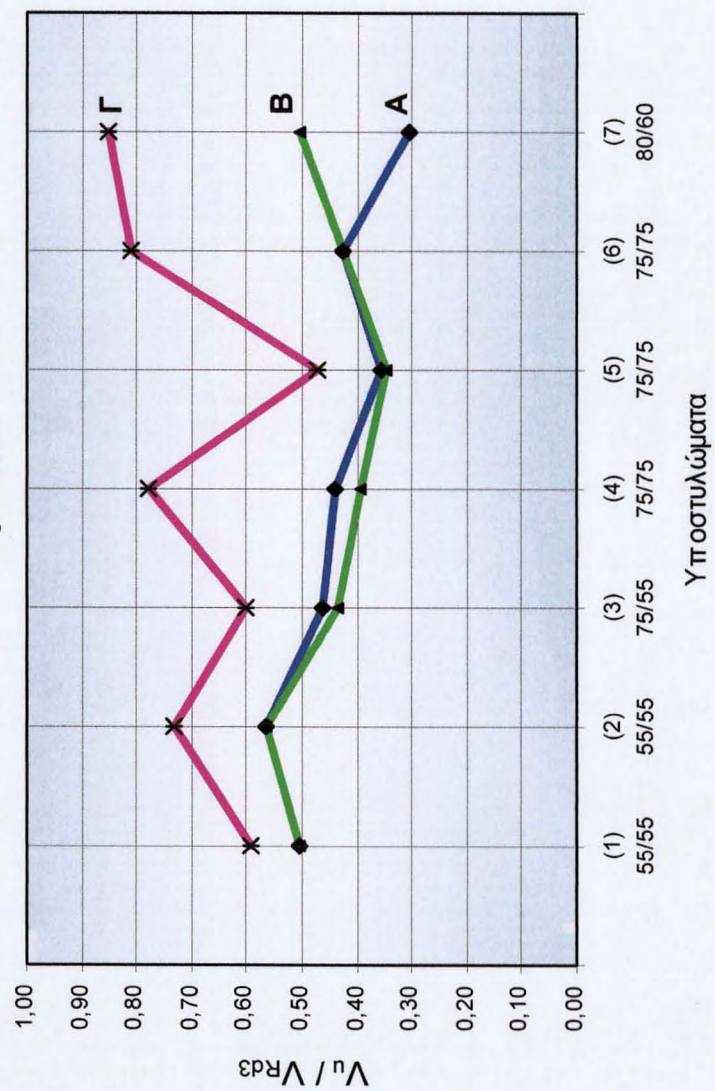


Figure 2. (b) Time series of the monthly mean precipitation (mm) over the study area (1979-2000).

The figure shows a line plot of precipitation over time, with a shaded area representing the confidence interval. The x-axis is labeled 'Year' and ranges from 1979 to 2000. The y-axis is labeled 'Precipitation (mm)' and ranges from 0 to 100. The line shows a general upward trend, starting around 20 mm in 1979 and reaching approximately 80 mm by 2000. The shaded area is wider in the later years, indicating greater uncertainty.

Λόγος Τέμνουσας Αστοχίας (V_u) προς Τέμνουσα Αντοχής (V_{Rd3})
για Επίλυσεις Α, Β, Γ

$a_s = 1,50$

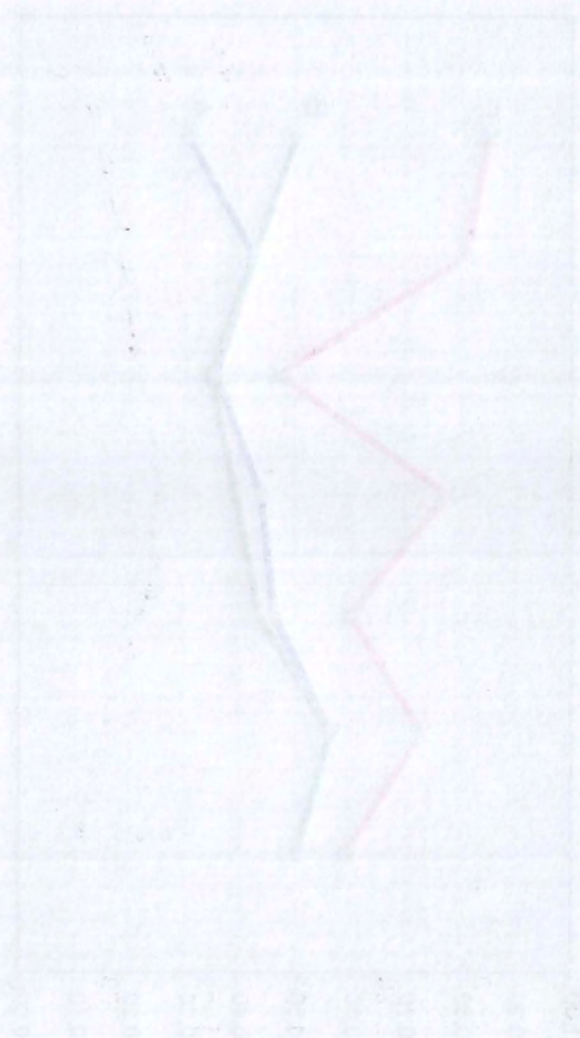


Διάγραμμα Β-10

15. 10. 1994

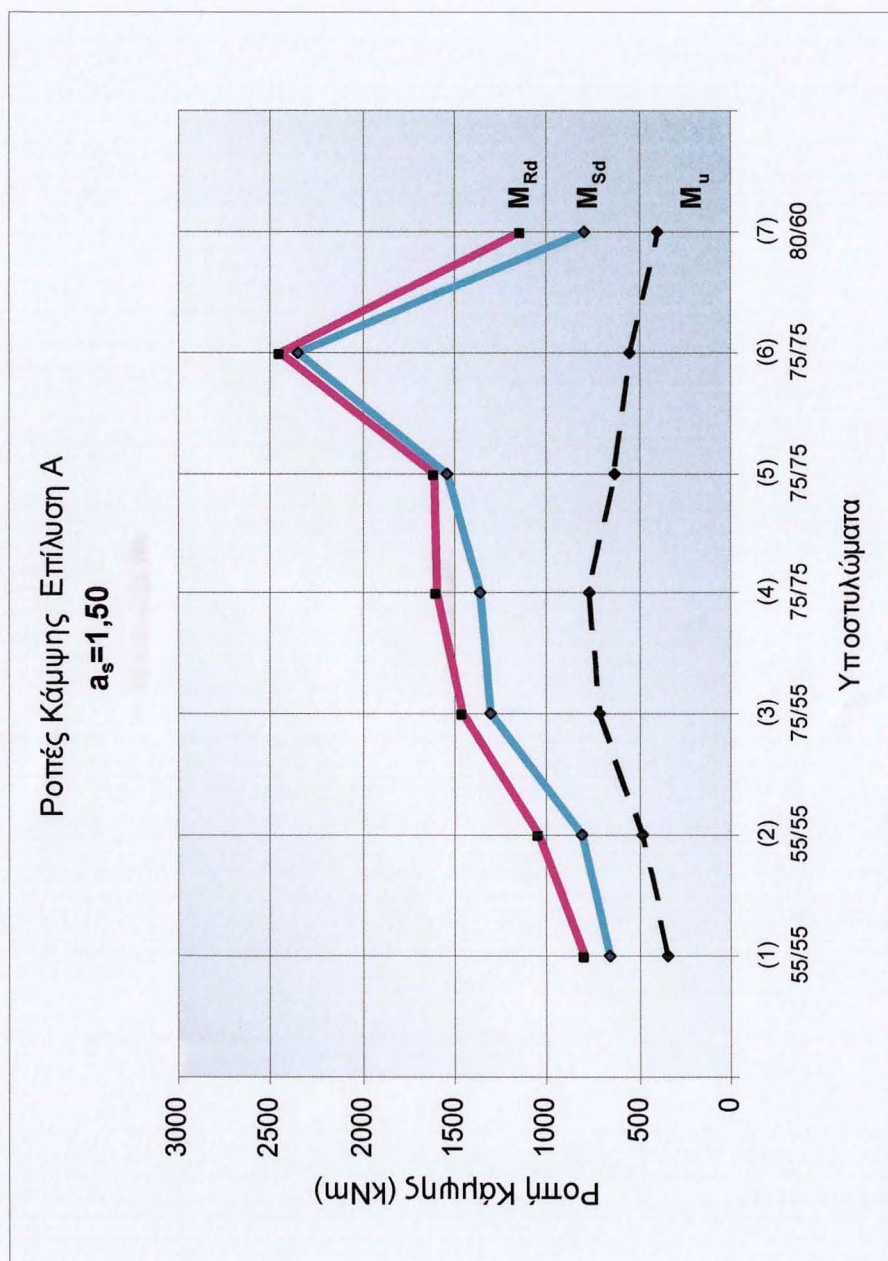
10. 10. 1994

10. 10. 1994



10. 10. 1994

10. 10. 1994

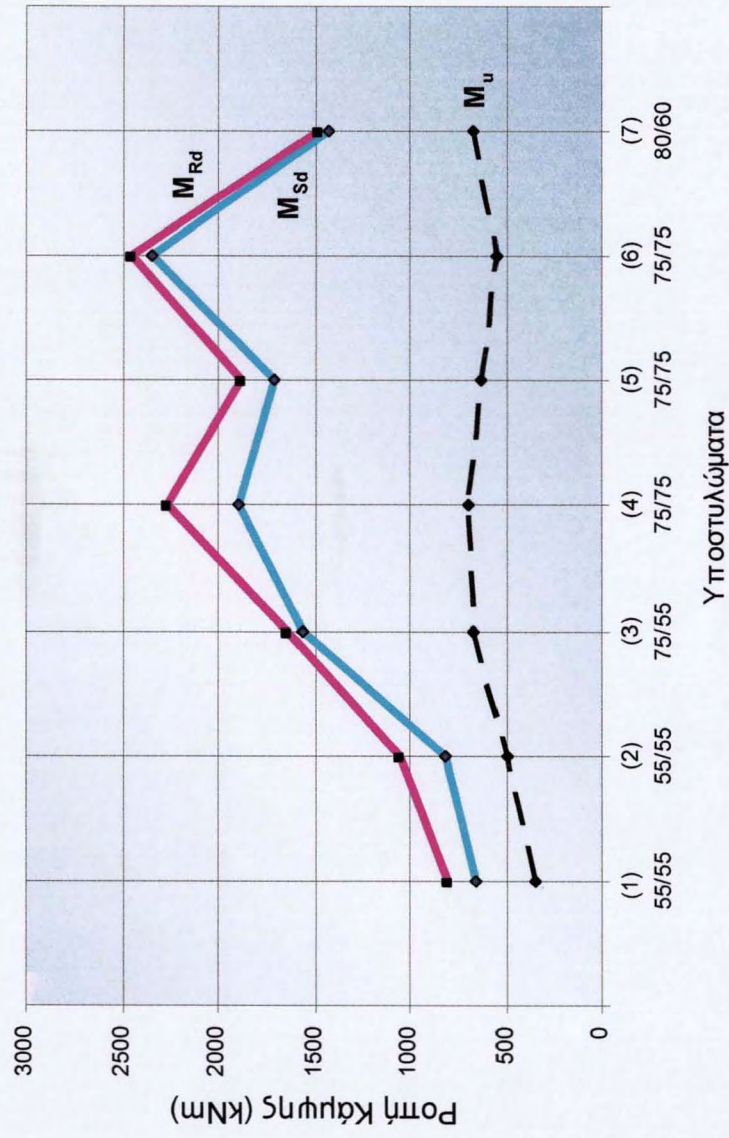


Διάγραμμα Β-11



Graph of the function $y = 1 - e^{-x}$

Ροπές Κάμψης Επίλυση Β
 $a_s=1,50$



Διάγραμμα Β-12

Figure 1

Figure 2

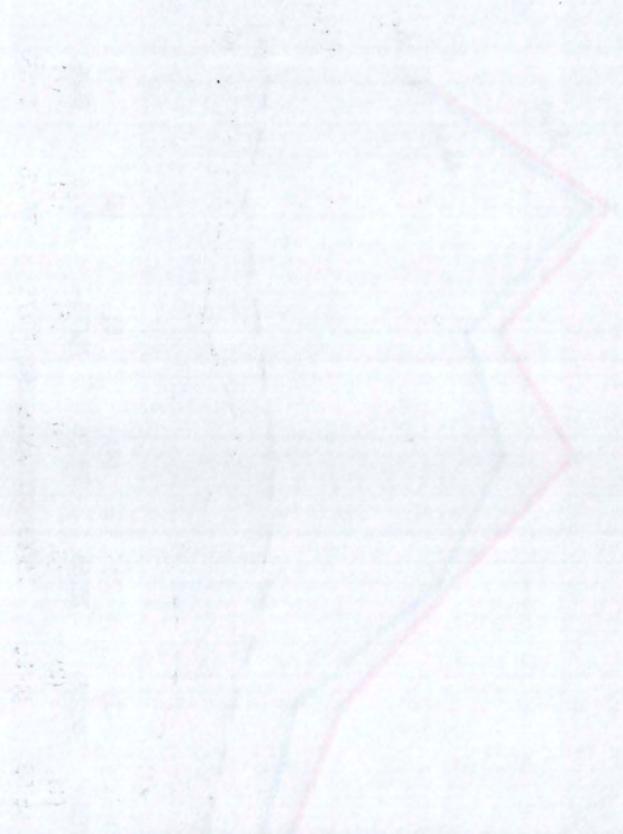
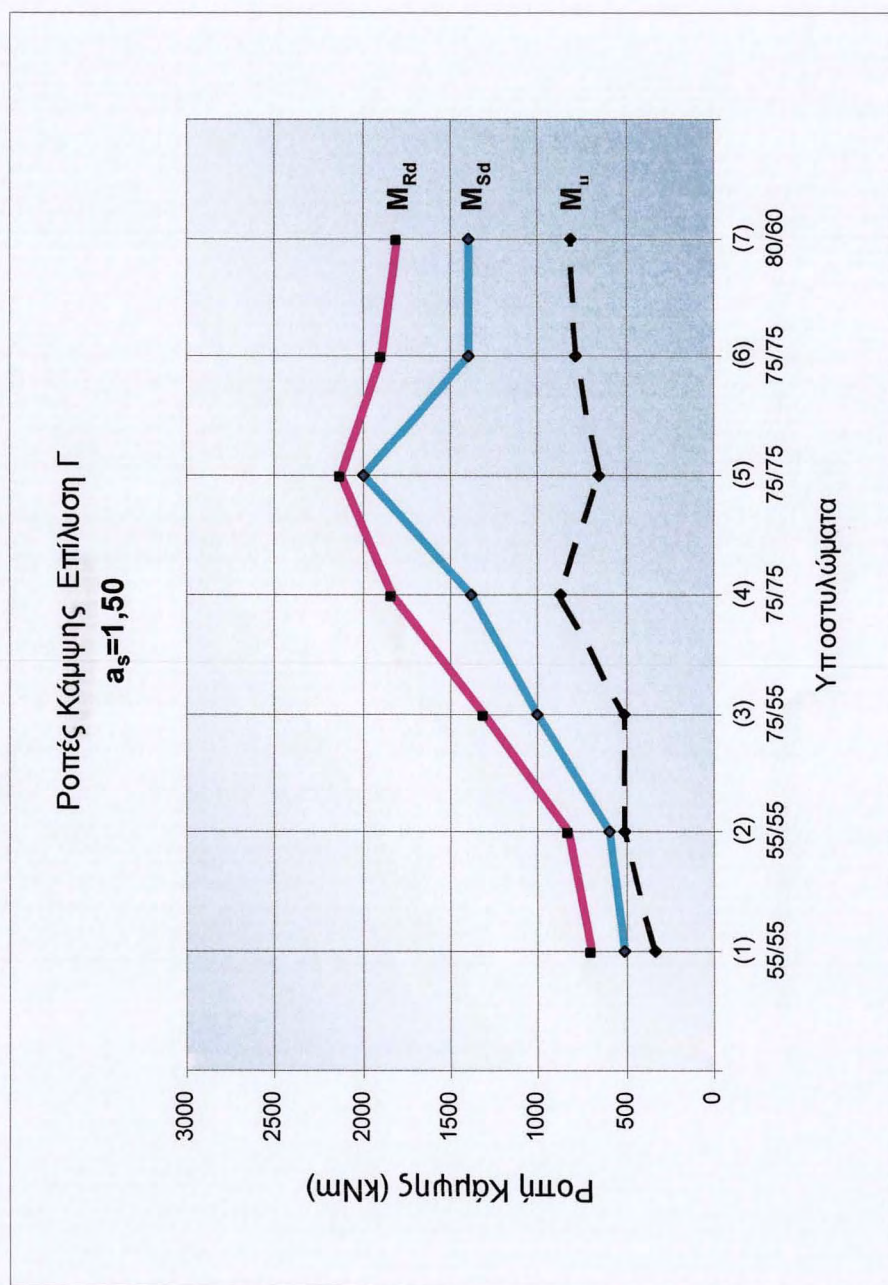


Figure 3

Figure 4



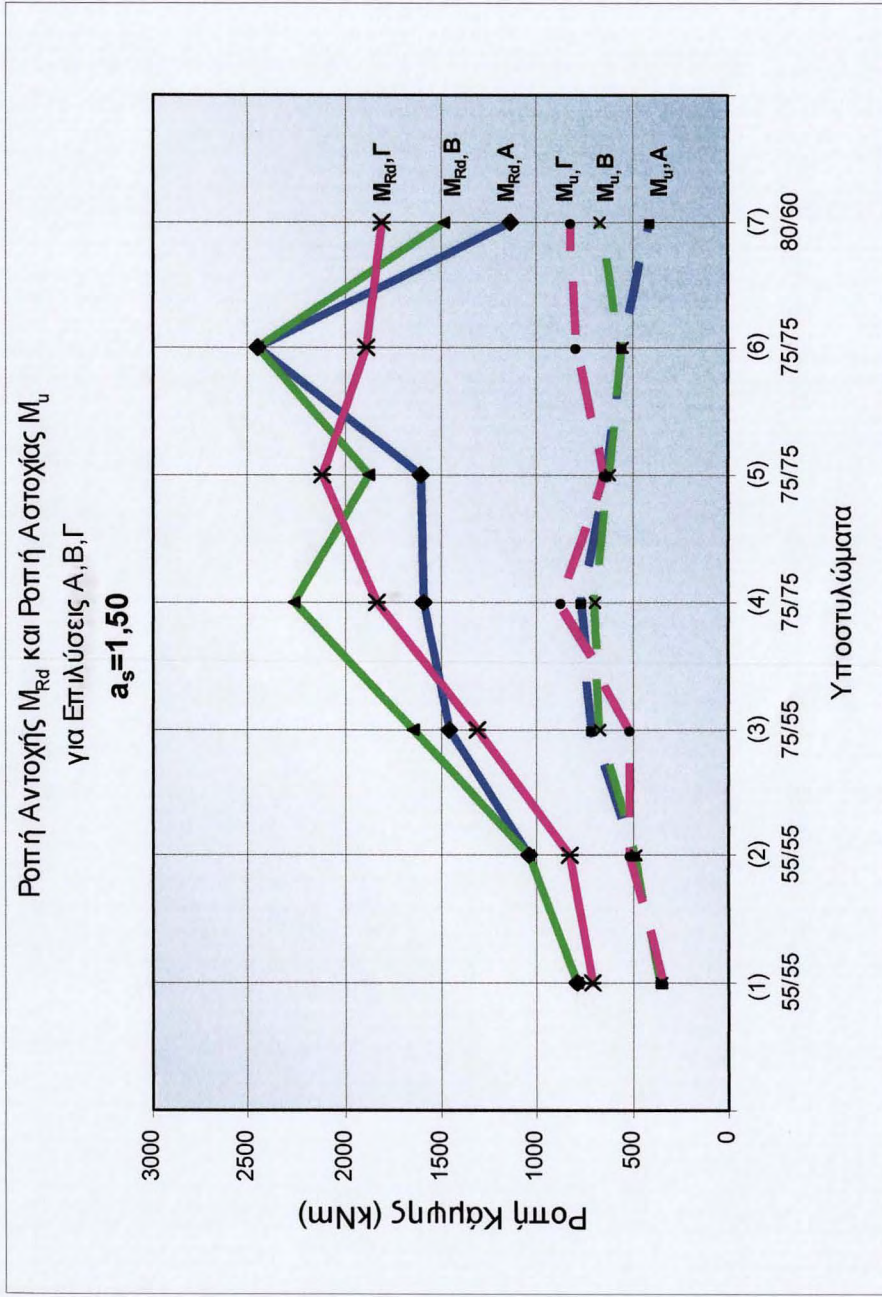
Διάγραμμα B-13

10.3.2017

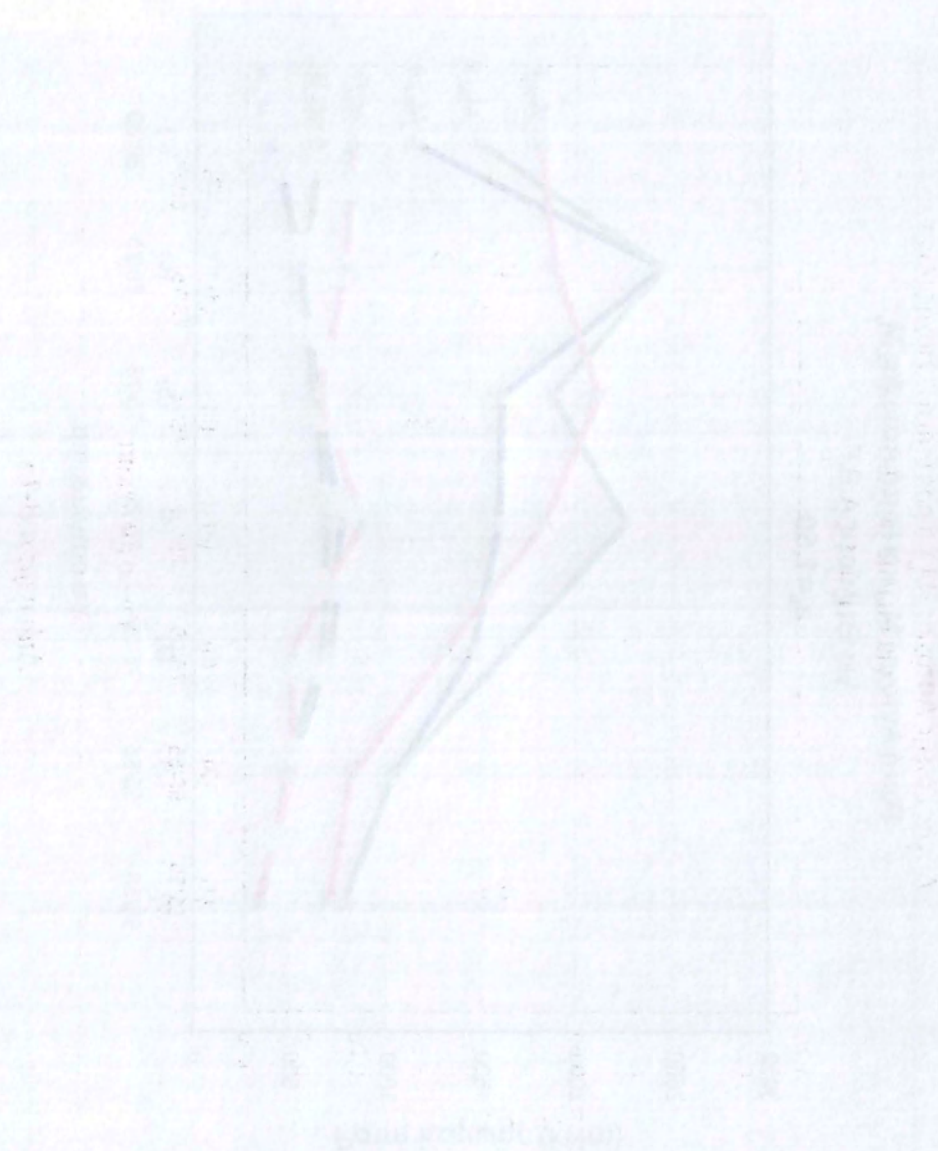
10.3.2017



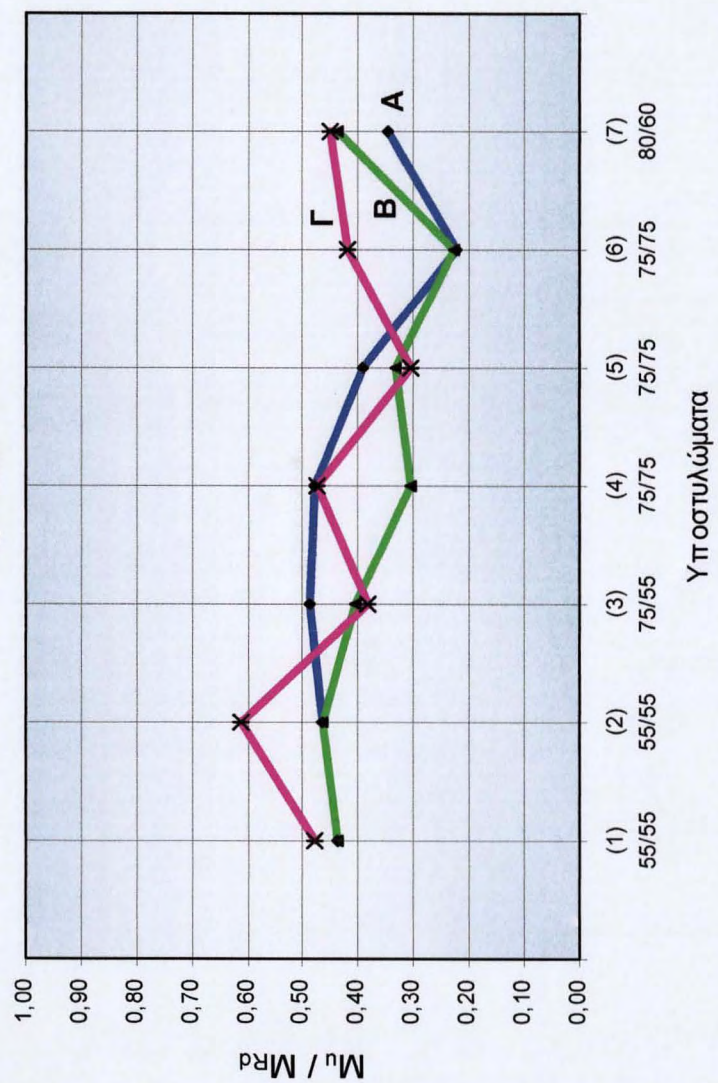
10.3.2017



Διάγραμμα B-14

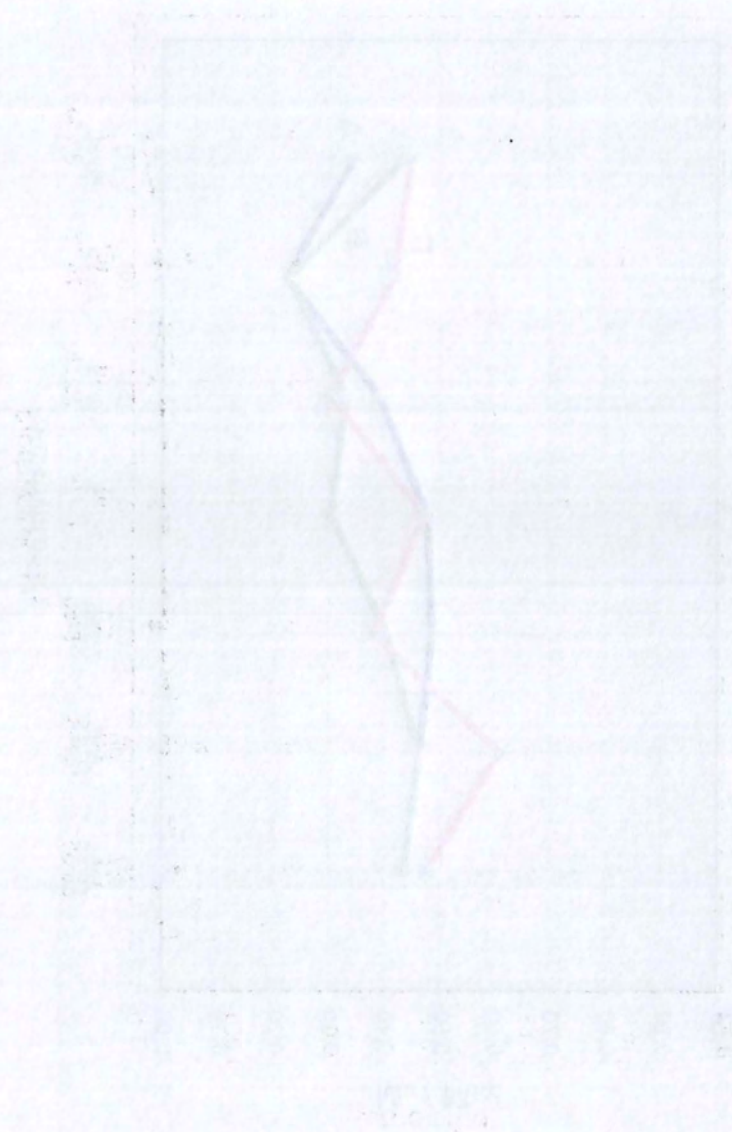


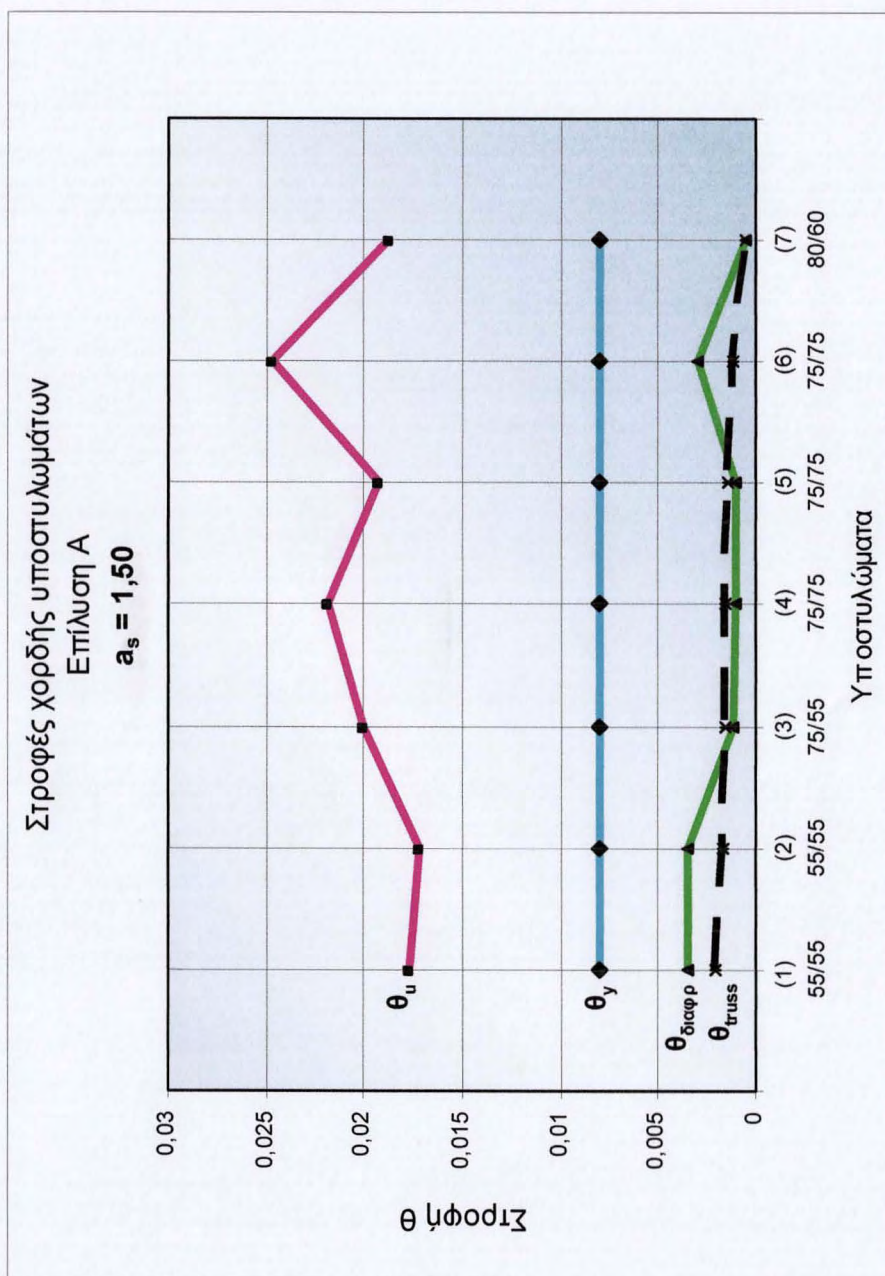
Λόγος Ροπής Αστοχίας (M_u) προς Ροπή Αντοχής (M_{Rd})
για Επίλυσεις Α, Β, Γ
 $a_s = 1,50$



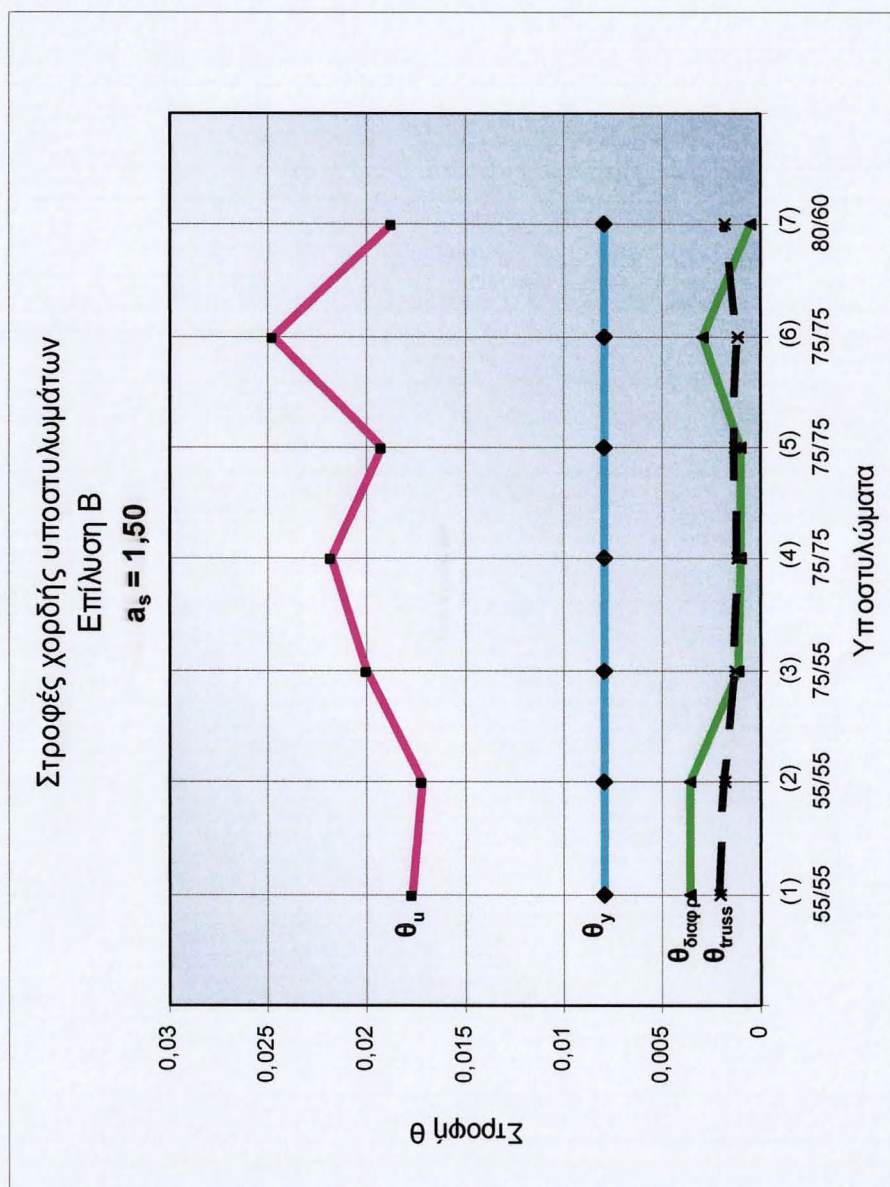
Διάγραμμα Β-15

Figure 10

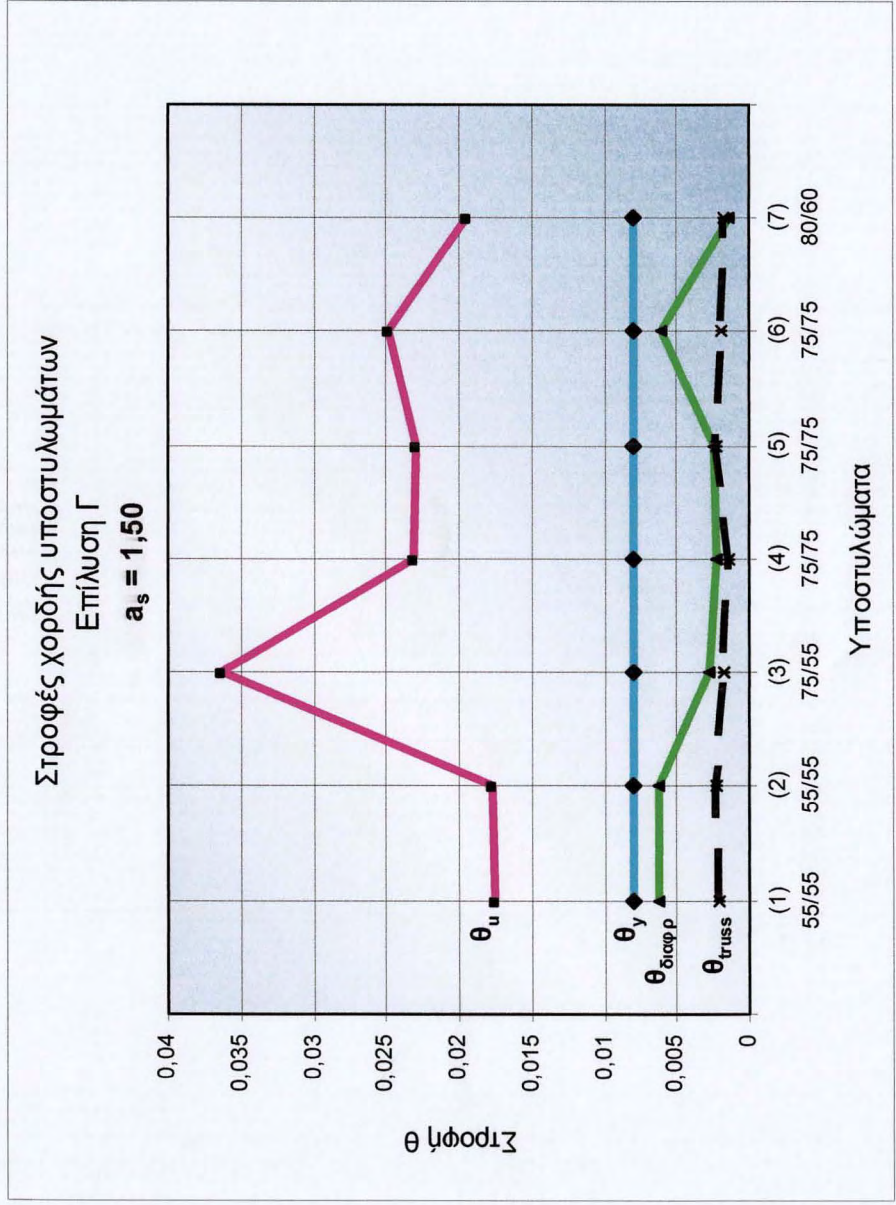




Διάγραμμα B-16



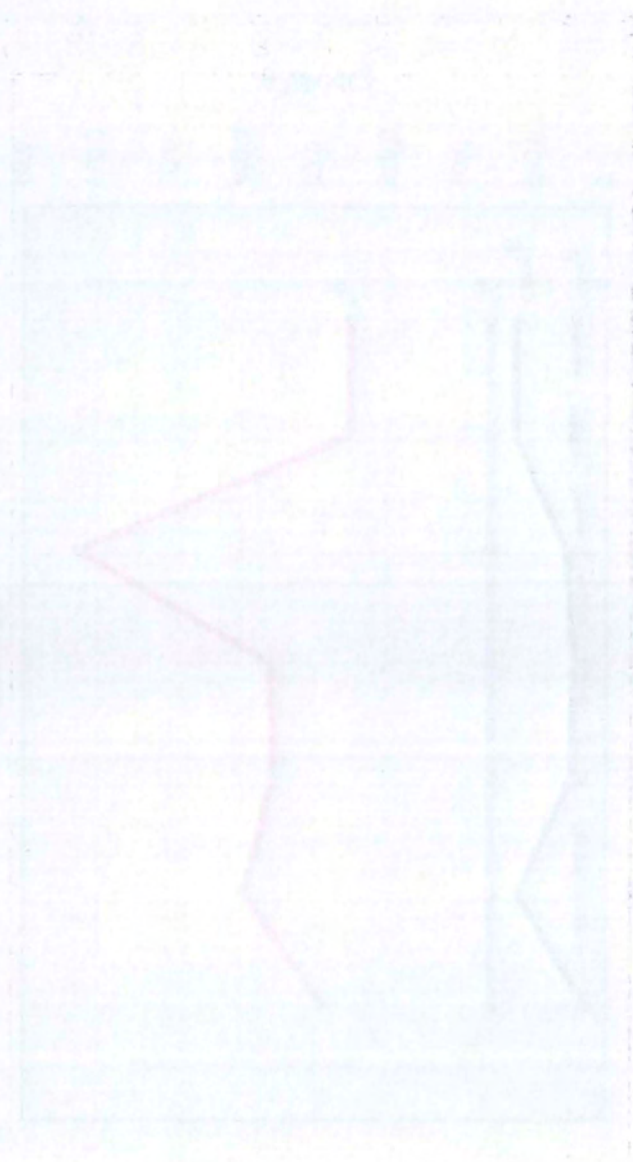
Διάγραμμα Β-17



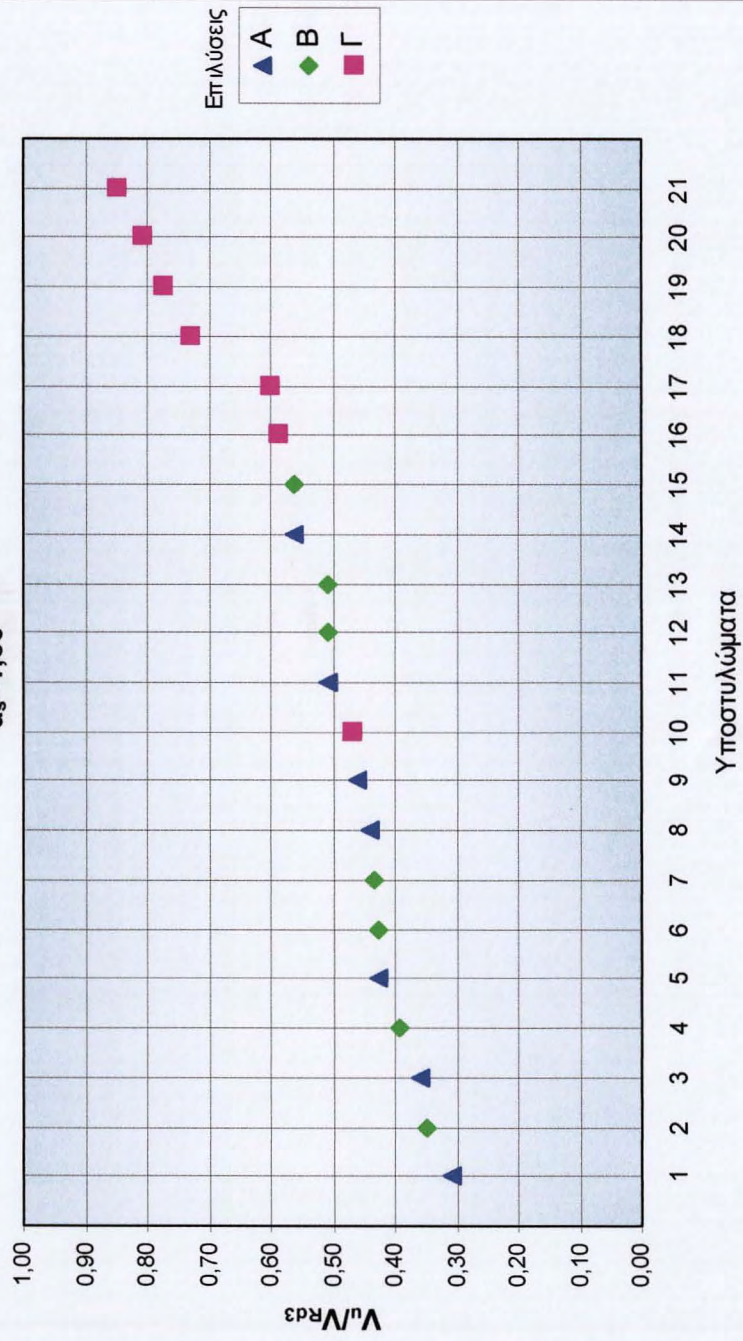
Διάγραμμα B-18

Figure 10-19

Figure 10-19



Λόγος Τέμνουσας Αστοχίας Global Truss V_u προς Τέμνουσα Αντοχής V_{Rd3}
για όλες τις επιλύσεις
 $a_s=1,50$



Διάγραμμα B-19

Figure 1. The effect of the concentration of the inhibitor on the rate of polymerization.



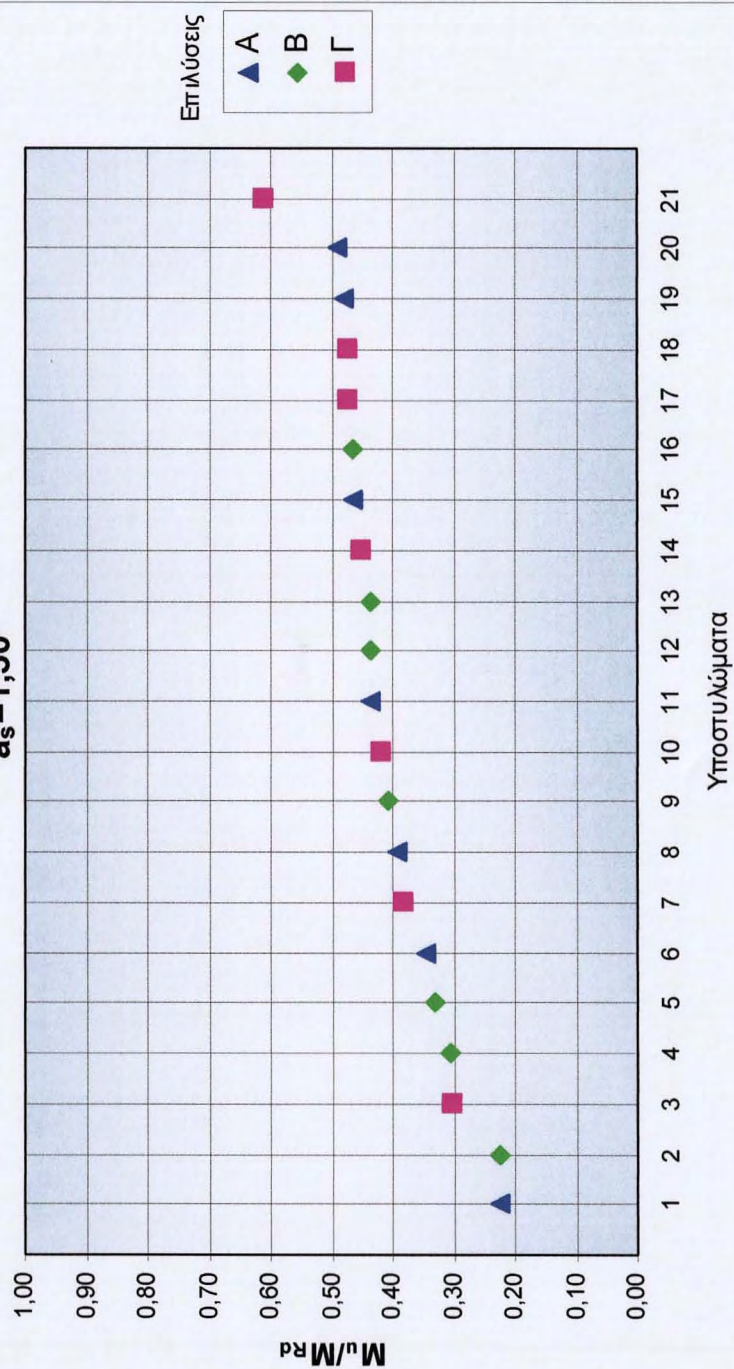
Figure 1. The effect of the concentration of the inhibitor on the rate of polymerization.

Figure 1. The effect of the concentration of the inhibitor on the rate of polymerization.

Λόγος Ροπής Αστοχίας Global Tuss M_u προς Ροπή Αντοχής M_{Rd}

για όλες τις επιλύσεις

$a_s = 1,50$



Διάγραμμα B-20

Figure 1

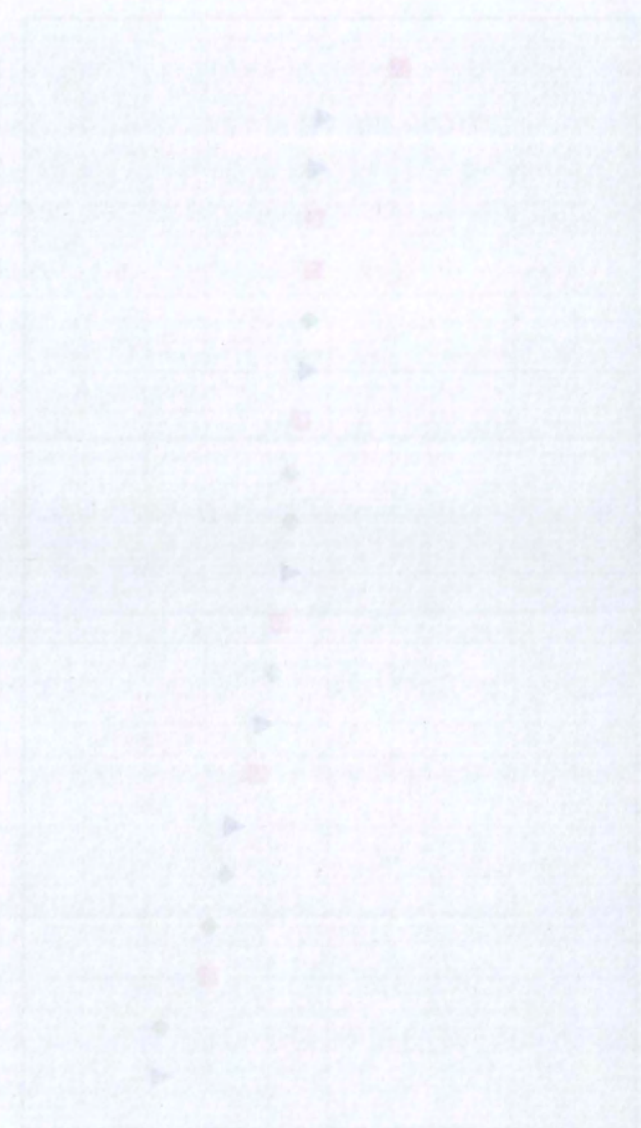


Figure 1

Figure 1

Κεφάλαιο 9ο : Συμπεράσματα

Συμπεράσματα για τις Ροπές Αντοχής

Στα κοντά υποστυλώματα με $a_s \approx 1,00$ οι ροπές αντοχής για επίλυση B ήταν παρόμοιες με εκείνες της επίλυσης Γ και μεγαλύτερες από της επίλυσης A για τη στάθμη του ισογείου. Σε υποστυλώματα ανώτερων ορόφων οι επιλύσεις A και B στην πλειοψηφία των περιπτώσεων οδηγούν στην ίδια τιμή της ροπής αντοχής M_{Rd} (Διάγραμμα A-14, Πίνακας 1). Αυτό συμβαίνει γιατί και στις δύο περιπτώσεις (A, B) τα υποστυλώματα διαστασιολογούνται βάσει του ικανοτικού ελέγχου και όχι βάσει της συνθήκης β της § 18.4.9.1. Ο ικανοτικός έλεγχος κόμβου σε ανώτερες στάθμες είναι δυσμενέστερος για την διαστασιολόγηση της διατομής, από την συνθήκη β της § 18.4.9.1. Στην επίλυση B όπου εκτελούνται και οι δύο έλεγχοι τελικά η διατομή διαστασιολογείται βάση του ικανοτικού. Ο λόγος για τον οποίο ο ικανοτικός έλεγχος είναι δυσμενέστερος σε ανώτερους ορόφους είναι η τιμή του ικανοτικού συντελεστή μεγέθυνσης α_{CD} .

Η ικανοτική ροπή $M_{CD,c}$ υπολογίζεται από τον τύπο

$$M_{CD,c} = \alpha_{CD} \times M_{Ec}$$

και η ικανοποίηση της συνθήκης β δίνει την τιμή

$$M_{Rd} \geq M_v + q/1,5 M_E,$$

όπου η τιμή της ροπής λόγω στατικών φορτίων $M_v \ll M_E$ (λόγω σεισμού) για τον σεισμικό συνδυασμό οπότε ουσιαστικά η σύγκριση γίνεται μεταξύ των τιμών $\alpha_{CD} M_E$ και $q/1,5 M_E$ οπότε για τιμές του $\alpha_{CD} > q/1,5$ ο ικανοτικός έλεγχος κόμβου δίνει δυσμενέστερα αποτελέσματα από τη συνθήκη β. Στο ισόγειο η τιμή του ικανοτικού συντελεστή α_{CD} στη βάση του υποστυλώματος, όπου η ροπή είναι μεγαλύτερη και γίνεται ο έλεγχος, ο α_{CD} παίρνει την τιμή 1,35 και για $q = 3,5$ ο συντελεστής $q/1,5$ παίρνει την τιμή 2,33 οπότε η συνθήκη β δίνει δυσμενέστερα αποτελέσματα στο ισόγειο.

Σε ανώτερες στάθμες, όμως συνήθως ο ικανοτικός συντελεστής μεγέθυνσης παίρνει μεγαλύτερες τιμές, συνήθως $> 2,33$ οπότε ο ικανοτικός έλεγχος είναι και ο δυσμενέστερος.

Για την ομάδα των υποστυλωμάτων με $a_s \approx 1,50$ δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός μεταξύ των επιλύσεων Α, Β, Γ αλλά για τα 5 από τα 7 υποστυλώματα η επίλυση Β έδωσε μεγαλύτερες τιμές της ροπής κάμψης (Διάγραμμα Β-14).

Για $a_s \approx 1,00$ η καμπτική αντοχή M_u των υποστυλωμάτων που υπολογίστηκε με το προσομοίωμα Global Truss ήταν πολύ μικρότερη από την αναμενόμενη αντοχή (M_{Rd}) που υπολογίζεται βάσει του ΕΚΩΣ (διάγραμμα Α-14). Σύμφωνα με το προσομοίωμα όλα τα υποστυλώματα αστόχησαν διατμητικά, με αστοχία του λοξού θλιπτήρα σκυροδέματος σε όλες τις περιπτώσεις. Οι τιμές της αντοχής M_u κυμαίνονταν στα ίδια επίπεδα για κάθε υποστυλώμα και για τις τρεις επιλύσεις Α,Β,Γ. Η αστοχία του θλιπτήρα σκυροδέματος ίσως είναι και λόγος που οι τιμές των αντοχών είναι παρόμοιες και για τις τρεις επιλύσεις, επειδή η αστοχία διέπεται κυρίως από την συμπεριφορά του σκυροδέματος και όχι του οπλισμού του υποστυλώματος.

Για $a_s \approx 1,50$ και για τις τρεις επιλύσεις τα υποστυλώματα αστόχησαν διατμητικά με αστοχία του λοξού θλιπτήρα σκυροδέματος αλλά οι τιμές της καμπτικής αντοχής για τις επιλύσεις Α, Β, Γ απέιχαν περισσότερο μεταξύ τους, παραμένοντας όμως σε πολύ χαμηλότερο επίπεδο από την αναμενόμενη καμπτική αντοχή βάσει ΕΚΩΣ.

Ο λόγος της αντοχής που υπολογίστηκε από το Global Truss προς την ροπή αντοχής που υπολογίζεται από τον ελληνικό κανονισμό M_u/M_{Rd} παρουσιάζεται στα διαγράμματα Α-15 και Β-15.

Για τα υποστυλώματα με $a_s \approx 1,00$ (διάγραμμα Α-15) η τιμή του λόγου M_u/M_{Rd} κυμαίνεται από 0,21 έως 0,39 για επίλυση Α, από 0,21 έως 0,27 για επίλυση Β και από 0,19 έως 0,31 για επίλυση Γ. Η τιμή του είναι ιδιαίτερα χαμηλή και για τις τρεις επιλύσεις, κάτω από το 50% της αναμενόμενης καμπτικής αντοχής του υποστυλώματος. Η επίλυση Β δίνει στη γενική περίπτωση τους μικρότερους λόγους των αντοχών M_u/M_{Rd} , δίνοντας ταυτόχρονα και το μεγαλύτερο σφάλμα κατά την διαστασιολόγηση του υποστυλώματος. Αυτό συμβαίνει γιατί ενώ η αντοχή του υποστυλώματος προκύπτει από το Global Truss Global Truss περίπου ίδια για τις τρεις επιλύσεις, οι δράσεις και η θεωρητική αντοχή M_{Rd} του ΕΚΩΣ για την επίλυση Β είναι

μεγαλύτερες, οπότε και παρουσιάζεται και η μεγαλύτερη απόκλιση μεταξύ υπολογιζόμενης και αναμενόμενης καμπτικής αντοχής, με προϋπόθεση ότι οι εκτιμήσεις του Global Truss πλησιάζουν την πραγματικότητα.

Για υποστυλώματα με $\alpha_s \approx 1,50$ (διάγραμμα B-15) οι λόγοι της υπολογιζόμενης και αναμενόμενης τιμής της καμπτικής αντοχής είναι μεγαλύτεροι, οπότε και το σφάλμα στην διαστασιολόγηση του υποστυλώματος μικρότερο. Για επίλυση A ο λόγος M_u/M_{Rd} παίρνει τιμές 0,23 έως 0,49, για επίλυση B 0,22 έως 0,46, και για επίλυση Γ 0,31 έως 0,61. Με την αύξηση του λόγου διάτμησης το υποστυλόμεμα, ενώ εξακολουθεί να αστοχεί διατμητικά, πλησιάζει περισσότερο την καμπτική συμπεριφορά των κανονικών υποστυλωμάτων. Η επίλυση B κι εδώ φαίνεται να δίνει τα δυσμενέστερα αποτελέσματα, αφού για την συγκεκριμένη διαστασιολόγηση η αναμενόμενη τιμή της ροπής αντοχής είναι μεγαλύτερη λόγω του περισσότερου καμπτικού οπλισμού που απαιτείται για την ικανοποίηση της συνθήκης β, χωρίς ανάλογη αύξηση στην υπολογιζόμενη αντοχή μέσω του προσομοιώματος. Άρα η τοποθέτηση περισσότερου οπλισμού δεν οδηγεί σε ασφαλέστερα υποστυλώματα, που δεν θα αστοχήσουν διατμητικά.

Συμπεράσματα για τις Τέμνουσες δυνάμεις

Στη γενική περίπτωση ενός κοντού υποστυλώματος η επίλυση B οδηγεί σε μεγαλύτερες τέμνουσες δράσεις από την επίλυση A, και αυτή με τη σειρά της σε μεγαλύτερες από την επίλυση Γ. Η επίλυση B συγκριτικά με την επίλυση A όπως είδαμε παραπάνω λόγω των μεγαλύτερων καμπτικών δράσεων οδηγεί μέσω του ικανοτικού ελέγχου τέμνουσας και σε μεγαλύτερες τέμνουσες δράσεις. Σε αρκετές περιπτώσεις όμως παρατηρούμε πως η τιμή της $V_{CD,c}$ είναι ίδια για επίλυση A, B παρόλο που οι ροπές κάμψης είναι διαφορετικές μεταξύ των δύο επιλύσεων. Αυτό συμβαίνει γιατί η τιμή της ικανοτικής τέμνουσας, έχει άνω όριο την τιμή qV_E .

Επομένως μπορεί να έχουμε αύξηση της καμπτικής αντοχής του υποστυλώματος, ειδικά στην επίλυση Β, χωρίς ανάλογη αύξηση της ικανοτικής τέμνουσας $V_{CD,c}$.

Τα αποτελέσματα της επίλυσης των κοντών υποστυλωμάτων στο προσομοίωμα Global Truss, είναι τα εξής:

Για τα υποστυλώματα με λόγο διάτμησης $a_s \approx 1,00$ (διάγραμμα Α-9) οι επιλύσεις Α, Β και Γ έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα της τέμνουσας αντοχής V_u η οποία ήταν μικρότερη από την αντοχή που υπολογίζεται βάση του ΕΚΩΣ.

Για τα υποστυλώματα με λόγο διάτμησης $a_s \approx 1,50$ (διάγραμμα Β-9) οι επιλύσεις Α και Β έδωσαν τα ίδια αποτελέσματα επειδή τα περισσότερα υποστυλώματα στις δύο επιλύσεις διαστασιολογήθηκαν για ικανοτική τέμνουσα $q \times V_E$ και είχαν τον ίδιο οπλισμό διάτμησης. Αυτό συνέβη διότι κατά την στατική ανάλυση η σεισμική τέμνουσα V_E ήταν μικρότερη, λόγω του μεγαλύτερου λόγου διάτμησης και της μικρότερης ακαμψίας των υποστυλωμάτων, οπότε και το όριο $q \times V_E$ ήταν πολύ πιο εύκολο να ξεπεραστεί. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως η επίλυση Γ παρόλο που είχε πολύ μικρότερη απαίτηση σε οπλισμό διάτμησης έδωσε στα 6 από τα 7 υποστυλώματα μεγαλύτερη τέμνουσα αντοχής. Επομένως περισσότερος οπλισμός διάτμησης αντί να βελτιώνει την πλαστιμότητα του υποστυλώματος, ίσως και να οδηγεί σε πιο ψαθυρή συμπεριφορά.

Ο λόγος της υπολογιζόμενης τέμνουσας αντοχής του Global Truss V_u προς την μέγιστη αντοχή σε τέμνουσα V_{Rd3} που υπολογίζει ο κανονισμός (V_u/V_{Rd3}) παρουσιάζεται στα διαγράμματα Α-10 και Β-10.

Στα υποστυλώματα με $a_s \approx 1,00$ (διάγραμμα Α-10) ο λόγος των τεμνουσών αντοχής για επίλυση Γ ήταν μεγαλύτερος από τις επιλύσεις Α, Β που είχαν σχεδόν ίδιες τιμές. Αυτό δεν σημαίνει ότι η επίλυση Γ έδωσε μεγαλύτερη διατμητική αντοχή των υποστυλωμάτων, αλλά ότι η διαφορά μεταξύ των προσδοκώμενης και υπολογιζόμενης αντοχής είναι μικρότερη και κατά συνέπεια το σφάλμα στη διαστασιολόγηση έναντι τέμνουσας είναι μικρότερο. Για την επίλυση Γ ο λόγος κυμάνθηκε μεταξύ των τιμών 0,42 έως 0,51, για επίλυση Α μεταξύ 0,26 έως 0,41 και για επίλυση Β μεταξύ 0,28 έως 0,41.

Τα υποστυλώματα με $a_s \approx 1,50$ (διάγραμμα Β-10) είχαν μεγαλύτερους λόγους αντοχής τεμνουσών. Για επίλυση Γ ο λόγος κυμάνθηκε μεταξύ 0,47 και 0,85 και για

επιλύσεις Α και Β 0,31 έως 0,56 και 0,35 έως 0,56 αντίστοιχα. Το αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο αφού στα πιο λυγηρά υποστυλώματα με $a_s = 1,50$ η ανάληψη τέμνουσας ήταν μικρότερη (από τις στατικές αναλύσεις), οδηγώντας και σε μικρότερη αντοχή κατά ΕΚΩΣ, συγκριτικά με τα πιο κοντά υποστυλώματα με λόγο διάτμησης 1,00, που αναλάμβαναν εξ' αρχής πολύ μεγαλύτερη τέμνουσα, που τελικά οδηγούσε σε περισσότερο οπλισμό και μεγαλύτερη αναμενόμενη αντοχή.

Σε όλα τα κοντά υποστυλώματα που επιλύθηκαν η επίλυση Γ έδωσε τα μικρότερα σφάλματα κατά τη διαστασιολόγηση των στοιχείων, αλλά σε όλες τις περιπτώσεις κανένα υποστυλώμα δεν έφτασε την διατμητική αντοχή V_{Rd3} που υπολογίζεται βάσει του ΕΚΩΣ.

Συμπεράσματα για τους Συντελεστές ασφαλείας και τα ποσοστά του οπλισμού

Όλα τα κοντά υποστυλώματα που μελετήθηκαν αστόχησαν διατμητικά λόγω αστοχίας του διαγώνιου θλιπτήρα σκυροδέματος. Αυτό σημαίνει πως σύμφωνα με το Global Truss σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό τα υπόλοιπα μέλη του κάθε υποστυλώματος δεν έφτασαν στην μέγιστη αντοχή τους. Ο λόγος της μέγιστης αντοχής ενός μέλους του προσομοιώματος προς την δύναμη που τελικά ασκήθηκε σε αυτό κατά την αστοχία του υποστυλώματος αποτελεί τον συντελεστή ασφαλείας του μέλους, και είναι > 1 για όσα μέλη έχουν παραμένουσα αντοχή για το φορτίο αστοχίας. Ο λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος σε όλα τα υποστυλώματα για όλες τις επιλύσεις είχε συντελεστή ασφαλείας 1,00 (αστοχία), ενώ τα υπόλοιπα μέλη είχαν μεγάλα περιθώρια ασφαλείας.

Διαμήκης οπλισμός

Για τα υποστυλώματα με λόγο διάτμησης $a_s \approx 1,00$ (διάγραμμα Α-4) τα ποσοστά του διαμήκους οπλισμού ρ_s για την επίλυση Β ήταν μεγαλύτερα από την επίλυση Α

και κατά συνέπεια αφού τα φορτία αστοχίας ήταν παρόμοια για τις δύο επιλύσεις η επίλυση Β παρουσίασε μεγαλύτερους συντελεστές ασφαλείας του διαμήκους οπλισμού - γ_s μεταξύ 6,16 έως 12,26 - από την επίλυση Α που είχε συντελεστές μεταξύ 5,11 και 9,24. Οι συντελεστές ήταν πολύ υψηλοί και στις δύο επιλύσεις και μας δείχνουν πως το μεγαλύτερο μέρος του διαμήκους οπλισμού που είχε τοποθετηθεί στο υποστυλώμα δεν ενεργοποιήθηκε. Ο συντελεστής 12,24 ουσιαστικά δείχνει πως στον οπλισμό ασκήθηκε δύναμη ίση μόνο με το 1/12 της αντοχής του. Ο παραπάνω οπλισμός εφόσον δεν διαρρέει συμβάλει στη πιο ψαθυρή συμπεριφορά του υποστυλώματος. Επιπρόσθετα προσδίδει στη κατασκευή μεγαλύτερο κόστος και δυσχεραίνει και τη διαδικασία της σκυροδέτησης. Η ικανοποίηση της συνθήκης β της § 18.4.9.1 μέσω της επίλυσης Β οδηγεί σε μεγαλύτερους συντελεστές ασφαλείας και πιο δυσμενή αποτελέσματα για την πλαστιμότητα του στοιχείου. Για την επίλυση Γ (Χωρίς Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας) οι συντελεστές ασφαλείας του διαμήκους οπλισμού κυμαίνονταν μεταξύ 5,44 έως 11,48.

Στα υποστυλώματα με λόγο διάτμησης $a_s \approx 1,50$ (διάγραμμα Β-4) τα αποτελέσματα ήταν παρόμοια. Στην επίλυση Β τα ποσοστά του οπλισμού ήταν μεγαλύτερα από την επίλυση Α και ανάλογοι ήταν και οι συντελεστές ασφαλείας. Στην επίλυση Β ο γ_s ήταν μεταξύ 3,11 και 9,18 και για επίλυση Α μεταξύ 3,80 και 9,18. Συγκριτικά με τα πιο κοντά υποστυλώματα με $a_s = 1,00$, σε αυτά με λόγο διάτμησης 1,50, τα οποία είναι και πιο λυγηρά, ο διαμήκης οπλισμός ενεργοποιείται σε μεγαλύτερο βαθμό, αλλά εξακολουθεί το ποσοστό ενεργοποίησης να είναι πολύ χαμηλό. Όπως και στα πιο κοντά υποστυλώματα με $a_s = 1,00$, και στα υποστυλώματα με λόγο διάτμησης 1,50 η επίλυση Β απαιτεί περισσότερο οπλισμό στην διατομή χωρίς να ωφελεί στην πλαστιμότητα και στον τρόπο αστοχίας του στοιχείου. Στην επίλυση Γ ο συντελεστής ασφαλείας του διαμήκους οπλισμού βρισκόταν μεταξύ των τιμών 3,50 έως 9,00.

Οπλισμός διάτμησης

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω λόγω της ύπαρξης ορίου στην μέγιστη τιμή της ικανοτικής τέμνουσας, το ποσοστό του οπλισμού διάτμησης για τις επιλύσεις Α και

Β σε πολλά υποστυλώματα ήταν ίδιο. Στην επίλυση Γ το ποσοστό του οπλισμού διάτμησης ήταν μικρότερο λόγω των φορτίων αλλά και λόγω των μικρότερων απαιτήσεων για τις αποστάσεις μεταξύ των συνδετήρων.

Για τα υποστυλώματα με λόγο διάτμησης $a_s \approx 1,00$ οι συντελεστές ασφαλείας του οπλισμού διάτμησης κυμάνθηκαν στα ίδια επίπεδα για τις επιλύσεις Α και Β, μεταξύ των τιμών 4,00 και 8,00 (διάγραμμα Α-5). Οι τιμές αυτές δείχνουν πως ο πρόσθετος οπλισμός που τοποθετήθηκε κυρίως για λόγους βελτίωσης της πλαστιμότητας, βάσει της φιλοσοφίας του σχεδιασμού Με Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας, τελικά δεν ενεργοποιείται όπως αναμένει η σχετική θεωρία. Για την επίλυση Γ, λόγω των μικρότερων ποσοστών οπλισμού που απαιτήθηκε, οι συντελεστές ασφαλείας ήταν μικρότεροι από τις επιλύσεις Α,Β, με τιμές μεταξύ 3,00 και 4,50.

Για τα υποστυλώματα με λόγο διάτμησης 1,50 (διάγραμμα Β-5), οι συντελεστές ασφαλείας των επιλύσεων Α, Β ήταν παρόμοιοι, και στα 6 από τα 7 υποστυλώματα μεγαλύτεροι από τους συντελεστές της επίλυσης Γ. Τα ποσοστά οπλισμού διάτμησης ήταν μεγαλύτερα στις επιλύσεις Α και Β, (ταυτίζονται στα 5 από τα 7 υποστυλώματα. Για τις επιλύσεις Α οι τιμές του συντελεστή ασφαλείας κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 4,00 έως 9,11, για επίλυση Β μεταξύ 4,40 και 6,92, και για την επίλυση Γ χαμηλότερα, μεταξύ 2,74 έως 7,40. Η τιμή 7,40 του υποστυλώματος (3) μόνο είναι μεγαλύτερη από αυτές των επιλύσεων Α και Β.

Γενικό συμπέρασμα είναι πως ο οπλισμός διάτμησης δεν ενεργοποιείται σημαντικά επειδή ο λοξός θλιπτήρας σκυροδέματος αστοχεί πολύ νωρίτερα από ό,τι αναμένει ο Ε.Κ.Ω.Σ. Επίσης η αντοχή V_{Rd2} σε όλα τα υποστυλώματα απέχει σημαντικά από την τελική αντοχή του μηχανισμού λοξού θλιπτήρα σκυροδέματος που ενεργοποιείται στα κοντά υποστυλώματα.

Επίλογος

Συνεκτιμώντας τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής, προκύπτει πως η ικανοποίηση των ικανοτικών ελέγχων ή της συνθήκης β της § 18.4.9.1 δεν οδηγεί σε ασφαλή σχεδιασμό των κοντών υποστυλωμάτων. Ο σχεδιασμός όλου του κτηρίου που περιλαμβάνει και κοντά υποστυλώματα Χωρίς Αυξημένες Απαιτήσεις Πλαστιμότητας ($q=1,50$) οδηγεί σε μικρότερα σφάλματα διαστασιολόγησης, αλλά όχι και σε 100% ασφαλή σχεδιασμό του υποστυλώματος. Επίσης σε πολυώροφα κτήρια αυξάνει σημαντικά τις διαστάσεις των μελών του Φέροντα Οργανισμού και το γενικό κόστος της κατασκευής. Πιθανώς θα έπρεπε να επανεξετασθούν τα κριτήρια διαστασιολόγησης των κτηρίων που περιλαμβάνουν κοντά υποστυλώματα, των ίδιων τω υποστυλωμάτων, όπως επίσης και ο τρόπος ορισμού τους μέσω του λόγου διατμήσεως $\alpha_s = M/Vh$. Ο τρόπος αστοχίας τους εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους και την τελική όπλιση της διατομής, και όχι από τα μεγέθη των δράσεων της στατικής ανάλυσης, αφού για ΜΑΑΠ επιλύσεις απέχουν πολύ από την τελική αντοχή της διατομής.

Από την βιβλιογραφία αλλά και τα δυσάρεστα αποτελέσματα της κατάρρευσης κτηρίων με κοντά υποστυλώματα κατά τους ισχυρούς σεισμούς, είναι γνωστό πως ένα κτήριο που περιλαμβάνει και κοντά υποστυλώματα δεν θα αποσβέσει ενέργεια ανάλογη ενός δείκτη σεισμικής συμπεριφοράς $q=3,50$, που θεωρεί ότι το κτήριο θα συμπεριφερθεί πλαστικά. Ούτε όμως είναι λογικό να θεωρούμε πως ένα κτήριο που περιλαμβάνει κοντά υποστυλώματα, αν αυτά διαστασιολογηθούν σωστά, δεν θα αποσβέσει ενέργεια, και πρέπει να σχεδιασθεί μόνο για την ελαστική περιοχή αυξάνοντας σημαντικά το κόστος της κατασκευής.

Συμπερασματικά καταλήγουμε στο ότι, αν δεν μπορεί να αποφευχθεί η δημιουργία κοντών υποστυλωμάτων κατά τον σχεδιασμό ενός κτηρίου, τότε κρίνεται ίσως σκόπιμο ο μελετητής, μετά από προσεκτική ανάλυση του φορέα, να επιλέξει για την επίλυση έναν δείκτη σεισμικής συμπεριφοράς q μεταξύ των τιμών $1,50 < q < 3,50$ και να διαστασιολογήσει το κτήριο του θεωρώντας πως θα αποσβεσθεί ένα μικρό ποσοστό της σεισμικής ενέργειας. Κατά την διαστασιολόγηση των κοντών

υποστυλωμάτων, προτείνεται η χρήση μειωτικών συντελεστών για τον υπολογισμό των αντοχών βάσει του κανονισμού, ή η χρήση ακριβέστερων προσομοιωμάτων, τύπου Global Truss για τον προσδιορισμό της φέρουσας ικανότητας.

Βιβλιογραφία

- [1] Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος (Ε.Κ.Ω.Σ.2000)
- [2] Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (Ε.Α.Κ. 2000)
- [3] Μωρέττη, Μ., «Σεισμική συμπεριφορά υποστυλωμάτων με χαμηλό λόγο διατμήσεως », Διδακτορική Διατριβή (υπό την επίβλεψη του Καθ. Θ.Π.Τάσιου), Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Αθήνα (1997)
- [4] Μωρέττη Μ. “Σημειώσεις για το μάθημα Σιδηροπαγές Σκυρόδεμα”. Βόλος 2004, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας
- [5] Moretti, L.M., Tassios, T.P., “Behavior and Ductility of Reinforced Concrete Short Columns Using Global Truss Model”, ACI Structural Journal, Vol.103, No 3 (2006) 319-327
- [6] Kani G. N. J., “The Riddle of Shear Failure and Its Solution” , A.C.I. Journal , Tittle No 61 28, April 1964
- [7] Kani G. N. J., “Basic Facts Concerning Shear Failure”, A.C.I. Journal , Tittle No 63 32, June 1966
- [8] Wakabayashi M. and Minami K. “An Experimental Study on Hysteretic Characteristics of Reinforced Columns Failing in Shear” , Proc. of the Symposium on Resistance and deformation of Structures and Their Components, 18th National Symposium on Bridge and Structural Engineering, Tokyo 1972, pp 97-112

Οι στατικές επιλύσεις και η διαστασιολόγηση των προσομοιωμάτων των κτηρίων έγιναν με το Πρόγραμμα Στατικής Ανάλυσης “Statics” της εταιρίας Multisoft.

Οι επιλύσεις των προσομοιωμάτων Global Truss έγιναν με το πρόγραμμα στατικής ανάλυσης “Statik” της εταιρίας Cubus.

