

**3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

**ΧΑΛΥΒΑΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ: ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΕΣ
ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ-ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ**

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ:
ΑΝΑΣΤΑΣΟΠΟΥΛΟΣ ΑΓΓΕΛΟΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ
ΣΠΥΡΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΠΙΣΚΙΝΗΣ ΔΙΟΝΥΣΗΣ

ΠΑΤΡΑ - ΙΟΥΝΙΟΣ 2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΧΑΛΥΒΑΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Την εποχή του χαλκού διαδέχεται η εποχή του σιδήρου, η ενανθράκωση του οποίου και η μετατροπή του σε χάλυβα ήταν από τις σημαντικότερες ανακαλύψεις του ανθρώπου. Κατά την εποχή του σιδήρου αναπτύσσεται ακόμη περισσότερο η χυτηριακή τέχνη με τη χρήση του σιδήρου στα περισσότερα αγαθά, από τα πιο απλά μέχρι τη σημερινή χρήση του στις κατασκευές τόσο σαν δομικό υλικό όσο και σαν οπλισμό ενίσχυσης σκυροδέματος. Η ευελιξία που προσφέρει ο σίδηρος στον κατασκευαστικό τομέα συνέβαλλε σημαντικά στο ρυθμό ανέλιξης του πολιτισμού διότι πρόκειται για υλικό με σημαντικές μηχανικές, φυσικές και χημικές ιδιότητες και πολύ «συνεργάσιμο» όταν χρησιμοποιείται με το σκυρόδεμα. Για να χρησιμοποιηθεί όμως στην κατασκευή είναι απαραίτητο να πληροί κάποιες προϋποθέσεις και να έχει κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ενώ η ποιότητά του να εξασφαλίζεται σε όλα τα στάδια από τον τρόπο παραγωγής μέχρι την τοποθέτησή του στην κατασκευή.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση του χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος και των ιδιοτήτων του. Αναπτύσσονται λοιπόν οι διάφορες διαδικασίες παραγωγής του χάλυβα από τον ακατέργαστο σίδηρο και η τελική διαμόρφωσή του σε ράβδους οπλισμού σκυροδέματος μετά από θερμή εξέλαση. Η ανάγκη της διασφάλισης και πιστοποίησης της ποιότητας σε ότι αφορά τα χαρακτηριστικά του, συνετέλεσαν στη σύνταξη ενός Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων (ΚΤΧ) που προδιαγράφει τις ελάχιστες γενικές και ειδικές απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούν οι χάλυβες ώστε να χρησιμοποιηθούν με ασφάλεια στη κατασκευή. Αναφορά γίνεται στη συμπεριφορά του χάλυβα σε διαβρωτικά περιβάλλοντα, στην επίδραση της υψηλής θερμοκρασίας, στον ρόλο των προσμίξεων στη σύστασή του, και στο πως οι προαναφερθέντες παράγοντες διαμορφώνουν και επηρεάζουν τις μηχανικές του ιδιότητες. Σημαντικό είναι και το πρόβλημα της ραδιενέργειας στο χάλυβα και στις επιπτώσεις που έχει στην κατασκευή και κατ' επέκταση στον άνθρωπο καθώς η ανεξέλεγκτη απόρριψη ραδιενεργών πηγών ή αποβλήτων δημιούργησε τα τελευταία χρόνια προβλήματα στις βιομηχανίες χάλυβα και ιδιαίτερα στις χαλυβουργίες ανακύκλωσης παλαιοσιδήρου.

Ενδιαφέρουσες επίσης είναι οι αναφορές που γίνονται στην ελληνική αγορά χάλυβα οπλισμού, της εγχώριας παραγωγής και εισαγωγής και στην

επιτακτική ανάγκη για συμμόρφωση βάσει των προτύπων και προδιαγραφών από τα οποία διέπεται. Ακόμη διενεργούνται έλεγχοι των μηχανικών του χαρακτηριστικών προκειμένου να εξασφαλιστεί η ποιότητα και η ταυτότητα των χαλύβων . Στα πλαίσια των ελέγχων των Ελληνικών Προτύπων ΕΛΟΤ, πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Μηχανικής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών δοκιμές εφελκυσμού σε δοκίμια χαλύβων που λήφθηκαν από πέντε τυχαίους χώρους διαμόρφωσης οπλισμού (μάντρες) εντός και εκτός περιοχής Πατρών. Γίνεται αναλυτική περιγραφή των δοκιμών, των πειραματικών διατάξεων και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν, τα οποία ήταν ικανοποιητικά και μέσα στα όρια των τιμών που προδιαγράφονται. Οι ράβδοι οπλισμού σκυροδέματος αποτελούν ένα σημαντικό κομμάτι της κατασκευής και η ευθύνη για την ασφάλειά της δεν περιορίζεται μόνο στον άνθρωπο που θα τοποθετήσει στον οπλισμό. Είναι απαραίτητο να εξασφαλίζεται η σωστή διακίνηση και διάθεση των ράβδων οπλισμού από τους παραγωγούς, τους εισαγωγείς και τους κάθε είδους προμηθευτές, πράγμα που επιτυγχάνεται με την ικανοποίηση βασικών απαιτήσεων σχετικά με την οργάνωση, τον εξοπλισμό και την τεχνική στελέχωσή τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1) ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΧΑΛΥΒΑ	Σελ. 4
1.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	Σελ. 4
1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	Σελ. 5
1.3 ΣΗΜΑΝΣΗ	Σελ. 7
1.3.α ΣΗΜΑΝΣΗ ΓΙΑ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΕΣ ΡΑΒΔΟΥΣ	Σελ. 8
1.3.β ΣΗΜΑΝΣΗ ΓΙΑ ΚΟΥΛΟΥΡΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΤΟΥΣ	Σελ. 9
1.4 ΚΑΜΨΗ	Σελ.10
1.5 ΚΑΜΨΗ-ΑΝΑΚΑΜΨΗ	Σελ. 11
1.6 ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ	Σελ. 18
1.7 ΔΙΑΤΜΗΣΗ	Σελ.32
1.8 ΛΥΓΙΣΜΟΣ	Σελ.33
1.9 ΚΟΠΩΣΗ	Σελ. 39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2) ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΑΛΥΒΑ	Σελ. 40
2.1 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ-ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	Σελ. 40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3) ΚΑΝΟΝΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ ΟΠΛΙΣΗΣ	Σελ.52
3.1 ΔΙΑΤΑΞΗ ΟΠΛΙΣΜΩΝ	Σελ. 52
3.2 ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ	Σελ. 63
3.3 ΣΥΝΑΦΕΙΑ	Σελ.74
3.4 ΑΓΚΥΡΩΣΕΙΣ	Σελ.79
3.5 ΕΝΩΣΕΙΣ ΟΠΛΙΣΜΩΝ	Σελ.91
3.6 ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Σελ. 108
3.6.1 ΠΛΑΚΕΣ	Σελ.113
3.6.2 ΔΟΚΟΙ	Σελ.121
3.6.3 ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΑ	Σελ.128
3.6.4 ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ	Σελ.138
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4) ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ	Σελ. 143
4.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	Σελ. 143
4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	Σελ. 184
4.3 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	Σελ. 185
4.4 ΣΧΟΛΙΑ	Σελ. 186

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΧΑΛΥΒΑ

1.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

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

πλεονεκτήματα του είναι:

- . Υψηλή αντοχή που συνεπάγεται ότι η κατασκευή θα έχει μικρά νεκρά φορτία, γεγονός σημαντικό για γέφυρες μεγάλου ανοίγματος, υψηλά κτίρια και κατασκευές που πρέπει να θεμελιωθούν σε ασθενή εδάφη.
- . Ομοιομορφία, που σημαίνει ότι οι ιδιότητες του δεν μεταβάλλονται σημαντικά με τον χρόνο όπως συμβαίνει με το οπλισμένο σκυρόδεμα.
- . Ελαστικότητα, που σημαίνει ότι συμπεριφέρεται πολύ κοντά στις παραδοχές του μελετητή μιας και ακολουθεί τον νόμο του Hook μέχρι σχετικά υψηλές τάσεις.
- . Ολκιμότητα, δηλαδή η ιδιότητα του υλικού να μπορεί να υποφέρει εκτεταμένη παραμόρφωση χωρίς αστοχία κάτω από υψηλές εφελκυστικές τάσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο χάλυβας να διαρρέει τοπικά σε σημεία συγκέντρωσης τάσεων και έτσι να προλαβαίνει πρόωρες αστοχίες, ή να υφίσταται μεγάλες παραμορφώσεις κάτω από υψηλά φορτία που είναι ορατή απόδειξη επικείμενης αστοχίας. Η ολκιμότητα του χάλυβα έχει μεγάλη σημασία σε κατασκευές κάτω από δυναμικές καταπονήσεις (π.χ. σεισμό) γιατί τότε ο χάλυβας έχει την ικανότητα να απορροφά μεγάλα ποσοστά ενέργειας αποτρέποντας έτσι την κατάρρευση της κατασκευής, γεγονός που δεν συμβαίνει σε ψαθυρά υλικά όπως το σκυρόδεμα.
- . Μονιμότητα, που σημαίνει ότι οι σιδηρές κατασκευές κάτω από κατάλληλη συντήρηση έχουν απεριόριστη διάρκεια ζωής.
- . Προσθέσεις σε υπάρχουσες κατασκευές μπορούν να γίνουν γρήγορα και εύκολα.
- . Ταχύτητα ανέγερσης κατασκευών.
- . Ευκολία προκατασκευής.

- . Συγκολλητικές ιδιότητες.
- . Σκληρότητα και αντοχή σε κόπωση.
- . Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης τμημάτων της κατασκευής όταν αυτή αποσυνδεθεί.
- . Χρήση άχρηστων σιδηρών κατασκευών ή τμημάτων αυτών για τη δημιουργία νέων σιδηρών μελών μέσω ανατήξεως.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Παρότι η διαβρωτική υποβάθμιση των κατασκευών είναι γνωστή, μόλις τα τελευταία χρόνια άρχισε να προσελκύει την προσοχή των ερευνητών διεθνώς ιδιαίτερα μετά από την διαπίστωση αστοχιών κατασκευών λόγω διάβρωσης του σιδηρού οπλισμού. Μέχρι σήμερα μάλιστα μπορεί να διατυπωθεί η άποψη ότι σχετικά λίγη «δουλειά» έχει πραγματοποιηθεί γύρω από την «ποσοτικοποίηση» της επίδρασης της διάβρωσης στις μηχανικές ιδιότητες των παλαιότερων κατηγοριών σιδηροοπλισμού αλλά και του (πολυδιαφημισμένου) σύγχρονου και ακόμη λιγότερη πάνω στο θέμα της απομένουσας αντοχής έστω απλών στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος.

Οι συνέπειες από την διάβρωση του σιδηροοπλισμού είναι γνωστές και σχετίζονται με: την μείωση της ενεργού διατομής του, την σταδιακή απώλεια της συνάφειάς του με το σκυρόδεμα, την σχετική αύξηση του όγκου από 3 μέχρι 8 φορές της μάζας που διαβρώνεται, τις μικρορηγματώσεις στο σκυρόδεμα, την εκτίναξη της επικάλυψης και φυσικά την μείωση της διατομής του σκυροδέματος.

1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

Απαιτήσεις μηχανικών ιδιοτήτων για τους χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος:

Μέγεθος	Πρότυπα ΕΛΟΤ 959, ΕΛΟΤ 971 Έως 2006					Πρότυπο ΕΛΟΤ 1421 Από 2006	
	S220	S400	S500	S400s	S500s	B500C	B500A
Όριο διαρροής, Re (MPa)	≥220	≥400	≥500	≥400	≥500	≥500	≥500
Εφελκυστική αντοχή, Rm (MPa)	≥340	≥500	≥550	≥440	≥550	Δεν ορίζεται. Τίθεται έμμεση απαίτηση μέσω των περιορισμών για τις τιμές του λόγου R_m/R_e	Δεν ορίζεται. Τίθεται έμμεση απαίτηση μέσω των περιορισμών για τις τιμές του λόγου R_m/R_e
Ανηγμένη παραμόρφωση κατά την θραύση, A ₅ (%)	≥24	≥14	≥12	≥14	≥12	Δεν ορίζεται	Δεν ορίζεται
Ανηγμένη παραμόρφωση στο μέγιστο φορτίο, A _{gt} (%)	Δεν ορίζεται	Δεν ορίζεται	Δεν ορίζεται	Δεν ορίζεται	Δεν ορίζεται	A _{gt} ≥7,5	A _{gt} ≥2,5
Λόγος εφελκυστικής αντοχής προς Όριο διαρροής, Rm/Re	Δεν ορίζεται	Δεν ορίζεται	Δεν ορίζεται	≥1,05	≥1,05	1,15 ≤ R _m /R _e ≤ 1,35	R _m /R _e ≥ 1.05

Λόγος πραγματική ς τιμής Ορίου διαρροής προς ονομαστική τιμή Ορίου διαρροής, ($R_{e,act}/R_{e,nom}$)	Δεν ορίζετ αι	Δεν ορίζε ται	Δεν ορίζετ αι	Δεν ορίζετ αι	Δεν ορίζεται	$R_{e,act}/R_{e,nom} \geq$ 1,25	Δεν ορίζεται
---	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	-----------------	---	-----------------

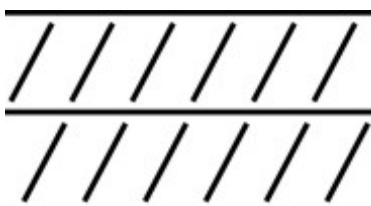
1.3 ΣΗΜΑΝΣΗ

Σήμανση για την αναγνώριση των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος

1) Σήμανση για την αναγνώριση της κατηγορίας ποιότητας

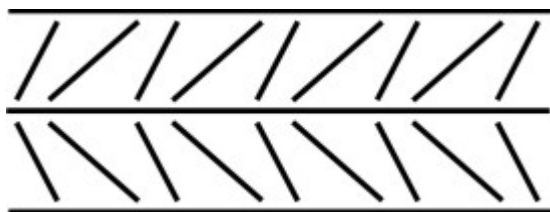
Η σήμανση για την αναγνώριση της κατηγορίας ποιότητας των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος γίνεται με το διαφορετικό τρόπο διάταξης των πλάγιων νευρώσεων στην επιφάνεια της ράβδου.

Οι χάλυβες κατηγορίας B500A φέρουν στην επιφάνειά τους τουλάχιστον δύο σειρές πλάγιων διαδοχικών νευρώσεων της ίδιας φοράς, και παράλληλες μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο Σχ. 1.



Σχήμα 1 Διάταξη νευρώσεων χάλυβα κατηγορίας B500A

Οι χάλυβες κατηγορίας B500C φέρουν στην επιφάνειά τους τουλάχιστον δύο σειρές πλάγιων διαδοχικών νευρώσεων αντίθετης κλίσης. Σε κάθε σειρά, οι διαδοχικές νευρώσεις έχουν εναλλασσόμενες γωνίες κλίσης ως προς τον διαμήκη άξονα της ράβδου, όπως φαίνεται στο Σχ. 2.



Σχήμα 2 Διάταξη νευρώσεων χάλυβα κατηγορίας B500C

2) Σήμανση για την αναγνώριση της χώρας και της μονάδας παραγωγής

Η αναγνώριση της χώρας και της μονάδας παραγωγής του χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος γίνεται, συνήθως, μέσω ενός αριθμητικού συστήματος κανονικών πλάγιων νευρώσεων ανάμεσα σε ενισχυμένες πλάγιες νευρώσεις, οι οποίες παρουσιάζονται επαναλαμβανόμενες (ανά 0,7m έως 1,5m περίπου) στη μία σειρά των πλάγιων νευρώσεων της ράβδου.

1.3.α) Σήμανση για ευθύγραμμες ράβδους

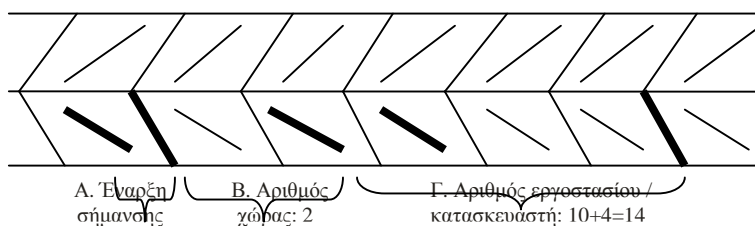
Στην περίπτωση ευθύγραμμων ράβδων, το σύμβολο για την έναρξη της σήμανσης, καθώς και για την κατεύθυνση της ανάγνωσης, υποδηλώνεται με δύο διαδοχικές ενισχυμένες πλάγιες νευρώσεις. Μετά την έναρξη, ακολουθεί η σήμανση της χώρας παραγωγής. Το πλήθος των νευρώσεων που συμβολίζει τη χώρα παραγωγής (κωδικός αριθμός χώρας) δίνεται στον πίνακα παρακάτω.

Μετά, ακολουθεί η σήμανση της μονάδας παραγωγής του χάλυβα (Σχ. 1.), η οποία γίνεται με κανονικές πλάγιες νευρώσεις ανάμεσα σε ενισχυμένες. Εάν ο αριθμός που δηλώνει τη μονάδα παραγωγής είναι διψήφιος (το 10 και τα πολλαπλάσια του απαγορεύονται) τότε συμβολίζεται με δύο ομάδες πλάγιων νευρώσεων ανάμεσα σε ενισχυμένες, εκ των οποίων η πρώτη ομάδα δίνει το πρώτο ψηφίο και η δεύτερη ομάδα το δεύτερο ψηφίο του κωδικού του εργοστασίου, όπως φαίνεται και στα Σχήματα.

Πίνακας Συμβολισμός της χώρας παραγωγής (πεδίο B) κατά ΕΛΟΤ EN 10080

Χώρα	Κωδικός αριθμός χώρας

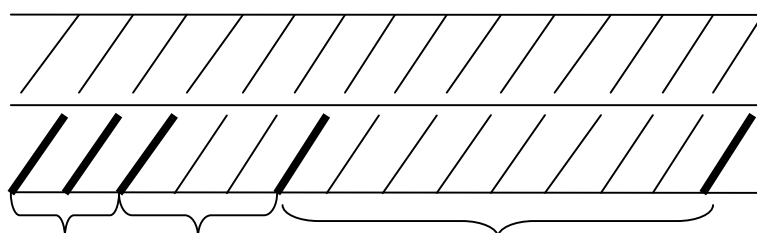
Αυστρία, Γερμανία, Πολωνία, Σλοβακία, Τσεχία	1
Βέλγιο, Ελβετία, Λουξεμβούργο, Ολλανδία,	2
Γαλλία, Ουγγαρία	3
Ιταλία, Μάλτα, Σλοβενία	4
Ηνωμ. Βασίλειο, Ιρλανδία, Ισλανδία	5
Δανία, Εσθονία, Λευκορωσία, Λιθουανία, Νορβηγία, Σουηδία, Φινλανδία	6
Πορτογαλία, Ισπανία	7
Ελλάδα, Κύπρος	8
Άλλες χώρες	9



Σχήμα 1 Παράδειγμα σήμανσης για την αναγνώριση της χώρας και της μονάδας παραγωγής χάλυβα κατηγορίας B500C.

1.3.β) Σήμανση για κουλούρες και προϊόντα τους

Στην περίπτωση που οι χάλυβες οπλισμού παράγονται σε μορφή κουλούρας, ακολουθείται η ίδια σήμανση όπως περιγράφεται παραπάνω για τις ευθύγραμμες ράβδους, με προσθήκη ενός ακόμη συμβόλου για την αναγνώριση της αρχικής μορφής του προϊόντος. Το σύμβολο αυτό είναι μια πρόσθετη, ενισχυμένη πλάγια νεύρωση στην έναρξη της σήμανσης (πεδίο Α των Σχ. 2-5 και 2.6).

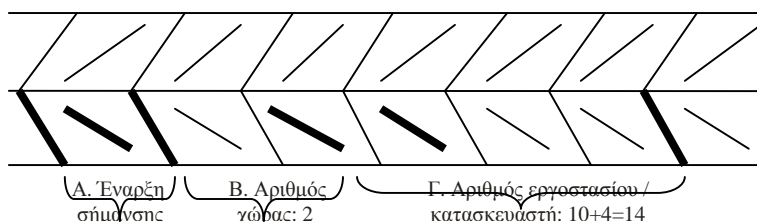


Α. Έναρξη
σήμανσης

Β. Αριθμός
χώρας: 2

Γ. Αριθμός εργοστασίου /
κατασκευαστή: 7

Σχήμα 3 Παράδειγμα σήμανσης για την αναγνώριση χάλυβα B500A που προέρχεται από κουλούρα.



Σχήμα 4. Παράδειγμα σήμανσης για την αναγνώριση χάλυβα B500C που προέρχεται από κουλούρα

Για τις κουλούρες που προορίζονται για περαιτέρω επεξεργασία (κατασκευή δομικών πλεγμάτων κ.λπ.), η σήμανση του εργοστασίου αναφέρεται στον κατασκευαστή που προσδίδει τις τελικές μηχανικές ιδιότητες στο προϊόν. Προϊόντα που προέρχονται από διαμόρφωση θα πρέπει να φέρουν πινακίδα, σταθερά συνδεδεμένη, για την αναγνώριση της μονάδας η οποία τους προσέδωσε την τελική μορφή.

1.4 ΚΑΜΨΗ

Με τις δοκιμές της Αναδίπλωσης και Ανάκαμψης εξετάζεται η καταλληλότητα των χάλυβων οπλισμού σκυροδέματος σε Κάμψη, ενώ ταυτόχρονα μπορούμε να έχουμε μια γρήγορη εκτίμηση της Ολκιμότητας του χάλυβα. Η εκτίμηση αυτή αφορά κυρίως το εάν ο χάλυβας είναι Όλκιμος ή όχι και δεν αφορά το ακριβές μέγεθος της Ολκιμότητας, που προσδιορίζεται από το διάγραμμα εφελκυσμού μέσω συγκεκριμένου εμβαδού όπως θα δούμε παρακάτω στην παράγραφο 1.6. Ο Κ.Τ.Χ 2008 προβλέπει μόνο έλεγχο σε Αναδίπλωση, ενώ ο ΕΛΟΤ EN 10080 και σε ανάκαμψη.

Η κάμψη πρέπει να γίνεται με μία διάμετρο, D , του κυλινδρικού στελέχους (τυμπάνου), έτσι ώστε να αποφεύγεται εξάντληση της παραμόρφωσης θραύσης του χάλυβα και να εξασφαλίζεται η ακεραιότητα του σκυροδέματος από τις αναπτυσσόμενες τοπικά, στην περιοχή της καμπύλωσης, ισχυρές πιέσεις άντυνας.

Οι μονάδες διαμόρφωσης και τα εργοτάξια υποχρεούνται να διαθέτουν τον κατάλληλο εξοπλισμό για την κάμψη των χάλυβων σύμφωνα με τις

απαιτήσεις των Κανονισμών. Απαραιτήτως πρέπει να υπάρχουν κυλινδρικά στελέχη με όλες τις απαιτούμενες διαμέτρους που χρησιμοποιούνται για την κάμψη.

Οι ελάχιστες διαμέτροι καμπύλωσης για τους χάλυβες κατηγορίας B500C λαμβάνονται από τον ΕΚΩΣ (στήλη S500). Στην περίπτωση κάμψης χαλύβων κατηγορίας B500A, οι διαμέτροι καμπύλωσης του τριπλασιάζονται.

Η κάμψη των ράβδων πρέπει να γίνεται αποκλειστικά με μηχανικά μέσα, με χρήση κυλινδρικών στελεχών κάμψης, έτσι ώστε το καμπύλο τμήμα της ράβδου να έχει σταθερή ακτίνα καμπυλότητας. Η κάμψη θα γίνεται με σταθερή ταχύτητα χωρίς κραδασμούς.

Η κάμψη οπλισμών που έχουν προηγουμένως συγκολληθεί, ανεξαρτήτως του τύπου της σύνδεσης, επιτρέπεται υπό τις προϋποθέσεις των σχετικών διατάξεων της Παραγρ.17.2.3.2 του ΕΚΩΣ που αφορούν τις ελάχιστες διαμέτρους των κυλινδρικών στελεχών κάμψης, καθώς και τις ελάχιστες αποστάσεις της συγκόλλησης από την έναρξη της καμπύλωσης των ράβδων

Αναδίπλωση B500A & B500C(EN ISO 15630-1/ ΕΛΟΤ EN 10080).

1.5 ΚΑΜΨΗ-ΑΝΑΚΑΜΨΗ

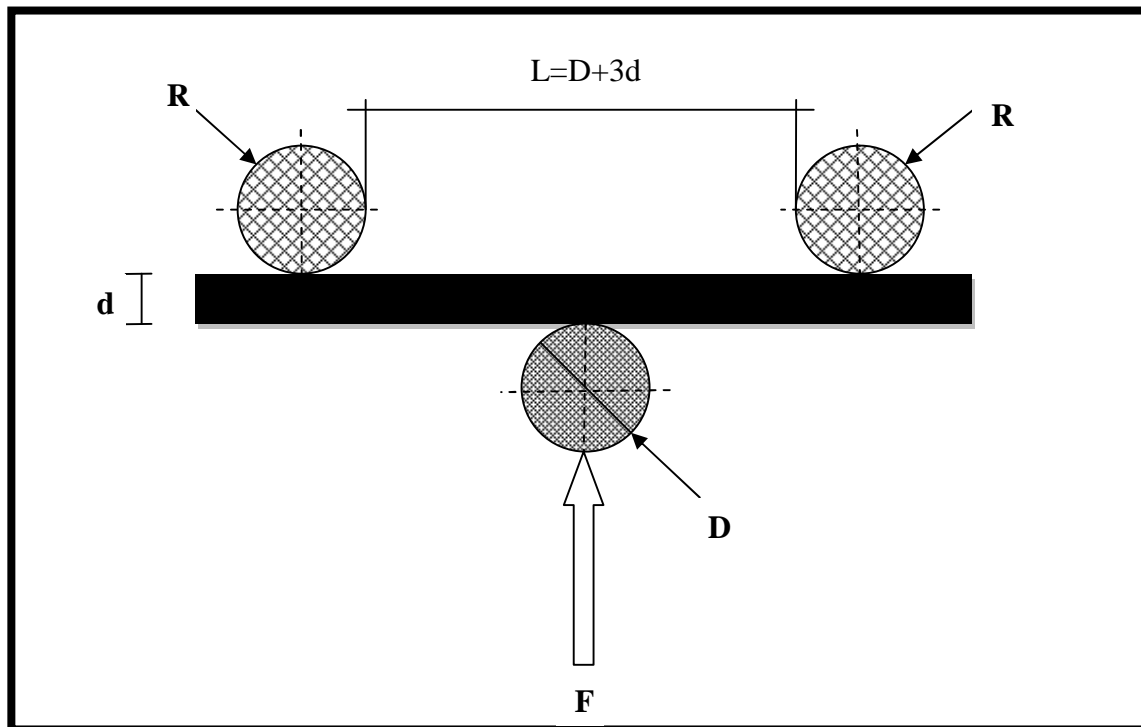
Ø Παράμετροι δοκιμής

Το δοκίμιο μήκους 0,70m τοποθετείτε μεταξύ του Κυλινδρικού Στελέχους διαμέτρου D μέσω του οποίου θα επιβληθεί το Καμπτικό φορτίο και Ράουλων ακτίνας R στα οποία στηρίζεται το δοκίμιο κατά την καταπόνηση του.

- Η διάμετρος D του κυλινδρικού στελέχους εξαρτάται από τη διάμετρο d του δοκιμίου, όπως ακριβώς φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.
- Η ακτίνα R των ράουλων εξαρτάται από τη διάμετρο d του δοκιμίου.
 - Για $d \leq 10\text{mm}$ $\implies R=25\text{mm}$ (τροχοί $\varnothing=50$).
 - Για $d > 10\text{mm}$ $\implies R=50\text{mm}$ (τροχοί $\varnothing=100$).

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ
--

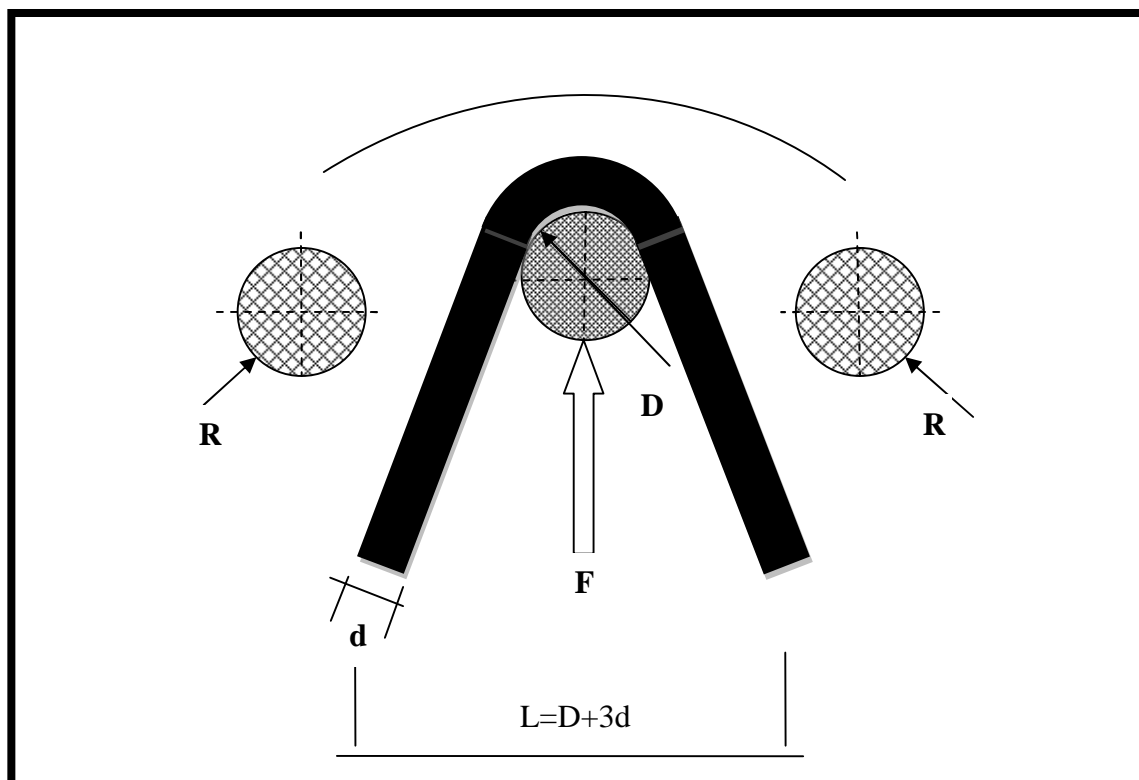
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΡΑΒΔΟΥ/ΣΥΡΜΑΤΟΣ d (mm)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ D (mm)
$d \leq 16$	$3d$
$d > 16$	$6d$



Ø Πραγματοποίηση δοκιμής

Η δοκιμή Αναδίπλωσης πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπ' όψη τους κανονισμούς EN ISO 15630-1 / ΕΛΟΤ EN 10080.

Η δοκιμή ολοκληρώνεται με τη δημιουργία Γωνίας Αναδίπλωσης 180° .



Ø Μετά την ολοκλήρωση της δοκιμής Αναδίπλωσης, το δοκίμιο θα πρέπει:

- Να μην έχει υποστεί θραύση.
- Να μην παρουσιάσει ρωγμές στην εξωτερική επιφάνεια.

Ø Έλεγχος σε Αναδίπλωση – KTX 2008.

Ελέγχονται 3 δοκίμια μήκους 0.70m, που λαμβάνονται από τρία διαφορετικά δείγματα μιας παρτίδας. Εάν και τα τρία δοκίμια, μετά την ολοκλήρωση της δοκιμής, δεν έχουν υποστεί ρωγμές στην εξωτερική τους επιφάνεια η παρτίδα θεωρείται επιτυχής. Σε αντίθετη περίπτωση ελέγχονται 10 επιπλέον δοκίμια, που λαμβάνονται από δέκα διαφορετικά δείγματα μιας παρτίδας.

- Εάν όλα τα δοκίμια ελεγχθούν επιτυχώς σύμφωνα με τα ανωτέρω, η παρτίδα θεωρείται επιτυχής.
- Σε αντίθετη περίπτωση η παρτίδα απορρίπτεται.

Εκτέλεση δοκιμής Ανάκαμψης για B500 & B500C (EN ISO 15630-1 / ΕΛΟΤ EN10080).

Η δοκιμή Ανάκαμψης γίνεται σύμφωνα με την προδιαγραφή, EN ISO 15630-1.

Η δοκιμή αυτή πραγματοποιείται σε τρία (3) στάδια.

Στάδιο 1 – Κάμψη.

- Η δοκιμή θα πρέπει να πραγματοποιείται σε θερμοκρασία 10°C - 35°C .
- Η ταχύτητα δοκιμής θα πρέπει να είναι περίπου $60^{\circ}/\text{s}$.

Κατά το στάδιο της Κάμψης θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη και να ακολουθηθούν τα πιο κάτω βήματα:

- Επιλογή του επιθυμητού δοκιμίου διαμέτρου d .
- Επιλογή και τοποθέτηση του κατάλληλου Κυλινδρικού Στελέχους διαμέτρου D , του οποίου η διάμετρος καθορίζεται από τον ΕΛΟΤ EN 10080 με βάσει τον κατωτέρω πίνακα.

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ	
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΡΑΒΔΟΥ / ΣΥΡΜΑΤΟΣ d (mm)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ D (mm)
$d \leq 16$	$5d$
$16 < d \leq 25$	$8d$
$d > 25$	$10d$

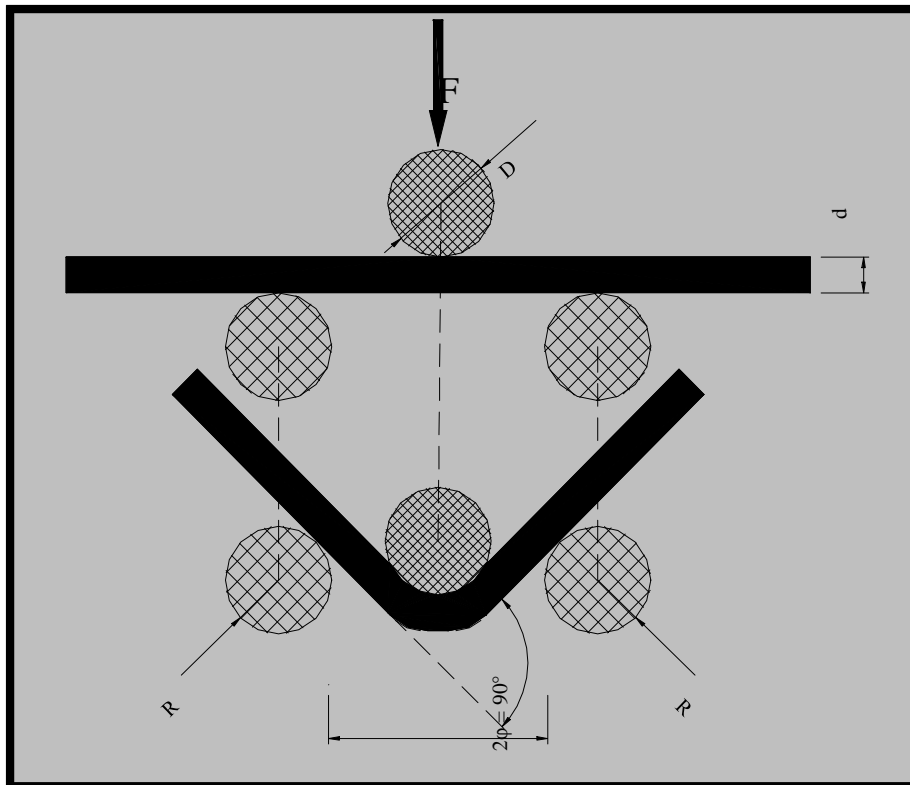
- Επιλογή και τοποθέτηση των κατάλληλων Τροχών (Ράουλων) Στήριξης ακτίνας R , με βάσει του πίνακα.

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΡΑΒΔΟΥ / ΣΥΡΜΑΤΟΣ d (mm)	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ R (mm)
$d \leq 10$	25
$d > 10$	50

- Ρύθμιση της εσωτερικής απόστασης L μεταξύ των τροχών (ράουλων) στήριξης με βάσει τη σχέση:

$$L \text{ (mm)} = D + 3d$$

- Τοποθέτηση και προσαρμογή του δοκιμίου διαμέτρου d σε στέλεχος διαμέτρου D και τροχών (ράουλων) στήριξης ακτίνας R .
- Εφαρμογή του καμπτικού φορτίου F .
- Τέλος δοκιμής και απελευθέρωση του δοκιμίου, με τη δημιουργία γωνίας κάμψης τουλάχιστον $2\varphi = 90^\circ$.



$$L = D + 3$$

d





(το δοκίμιο σε γωνία κάμψης $2\varphi=90^0$)

Στάδιο 2 – Τεχνητή Γήρανση.

Στο στάδιο αυτό το δοκίμιο υποβάλλεται σε Τεχνητή Γήρανση σύμφωνα με σχετικά πρότυπα της παραγωγής.

Εάν δεν καθορίζονται τέτοια πρότυπα, κατά το στάδιο αυτό θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη και να ακολουθηθούν τα πιο κάτω βήματα:

- Θερμαίνουμε το δοκίμιο της κάμψης στους 100^0C .
 - ο Σε βραστό νερό μέσα σε κατάλληλο κλίβανο.
- Διατηρούμε το δοκίμιο στην ανωτέρω θερμοκρασία με $\pm 10^0\text{C}$, για χρονικό διάστημα 60min-75min.
- Αμέσως μετά ψύχουμε το δοκίμιο σε θερμοκρασία $10^0\text{C} - 35^0\text{C}$.
 - ο Σε ήρεμο αέρα και στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος (δωματίου).

Στάδιο 3 – Ανάκαμψη.

- Ήδη το δοκίμιο έχει επανέλθει σε θερμοκρασία δοκιμής $10^0\text{C} - 35^0\text{C}$.
- Η ταχύτητα δοκιμής θα πρέπει να είναι περίπου $60^0/\text{s}$.

Κατά το στάδιο της Ανάκαμψης θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη και να ακολουθηθούν τα πιο κάτω βήματα:

- Ανακάμπτουμε το δοκίμιο κατά γωνία ανάκαμψης τουλάχιστον $2\varphi = 20^0$.
- Τελική εσωτερική Γωνία Κάμψης – Ανάκαμψης για το δοκίμιο, τουλάχιστον $2\varphi = 110^0$.

Αποτέλεσμα δοκιμής ανάκαμψης.

Αμέσως μετά το τέλος της δοκιμής πραγματοποιούμε τον προβλεπόμενο από τους αναφερθέντες κανονισμούς έλεγχο στο καταπονηθέν δοκίμιο.

Ο έλεγχος αυτός αφορά την εξέταση όλης της καταπονηθείσας επιφάνειας του δοκιμίου και ιδίως αυτής που υπέστη τη μεγαλύτερη εφαρμογή τάσεων κατά τη δοκιμή.

Αυτή είναι η εξωτερική επιφάνεια του δοκιμίου στην οποία εφαρμόστηκαν οι μέγιστες εφελκυστικές τάσεις κατά την καταπόνηση του δοκιμίου.

Η ανωτέρω εξέταση του δοκιμίου γίνεται από άτομο που έχει κανονική ή διορθωμένη όραση.

Το αποτέλεσμα της δοκιμής θεωρείται επιτυχές όταν δεν έχουμε:

Θραύση του δοκιμίου.

Εμφάνιση ρωγμών στην εξωτερική επιφάνεια του δοκιμίου

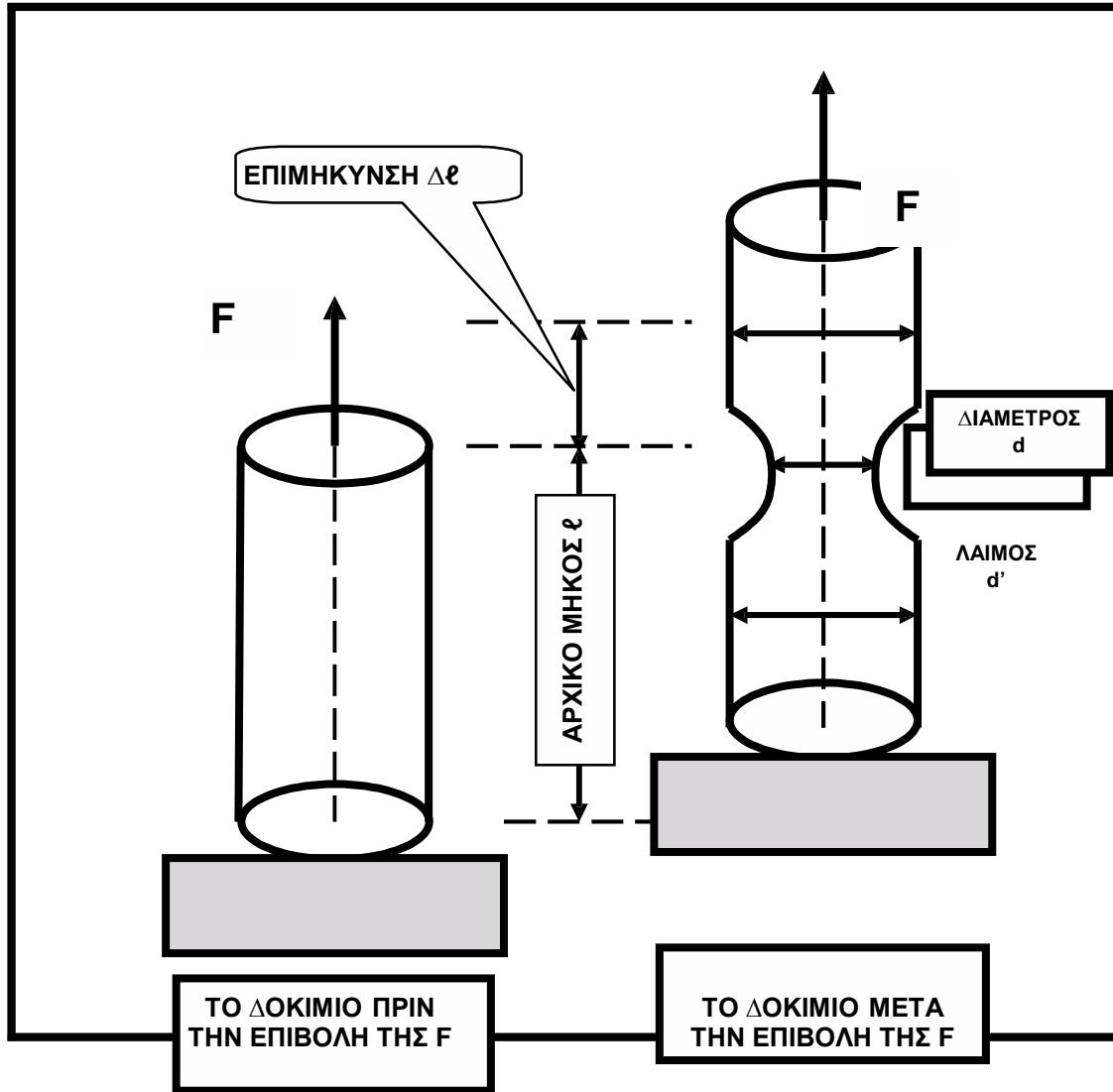
1.6 ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ

Ορισμός.

Εφελκυσμός είναι εκείνο το είδος της καταπόνησης κατά το οποίο ένα δοκίμιο τείνει να αυξήσει το μήκος του, υπό την επενέργεια δύο ίσων και αντιθέτων δυνάμεων που ενεργούν στα αντίθετα άκρα του.

Ένα δοκίμιο επίσης εφελκύεται και στην περίπτωση εκείνη που το ένα του άκρο είναι πακτωμένο ενώ μία δύναμη εφαρμόζεται στο άλλο του άκρο και σε αντίθετη φορά με αυτήν της πάκτωσης (σχήμα και εικόνα που ακολουθεί).

Αυτή την περίπτωση θα εφαρμόσουμε στο πείραμα του εργαστηρίου μας.

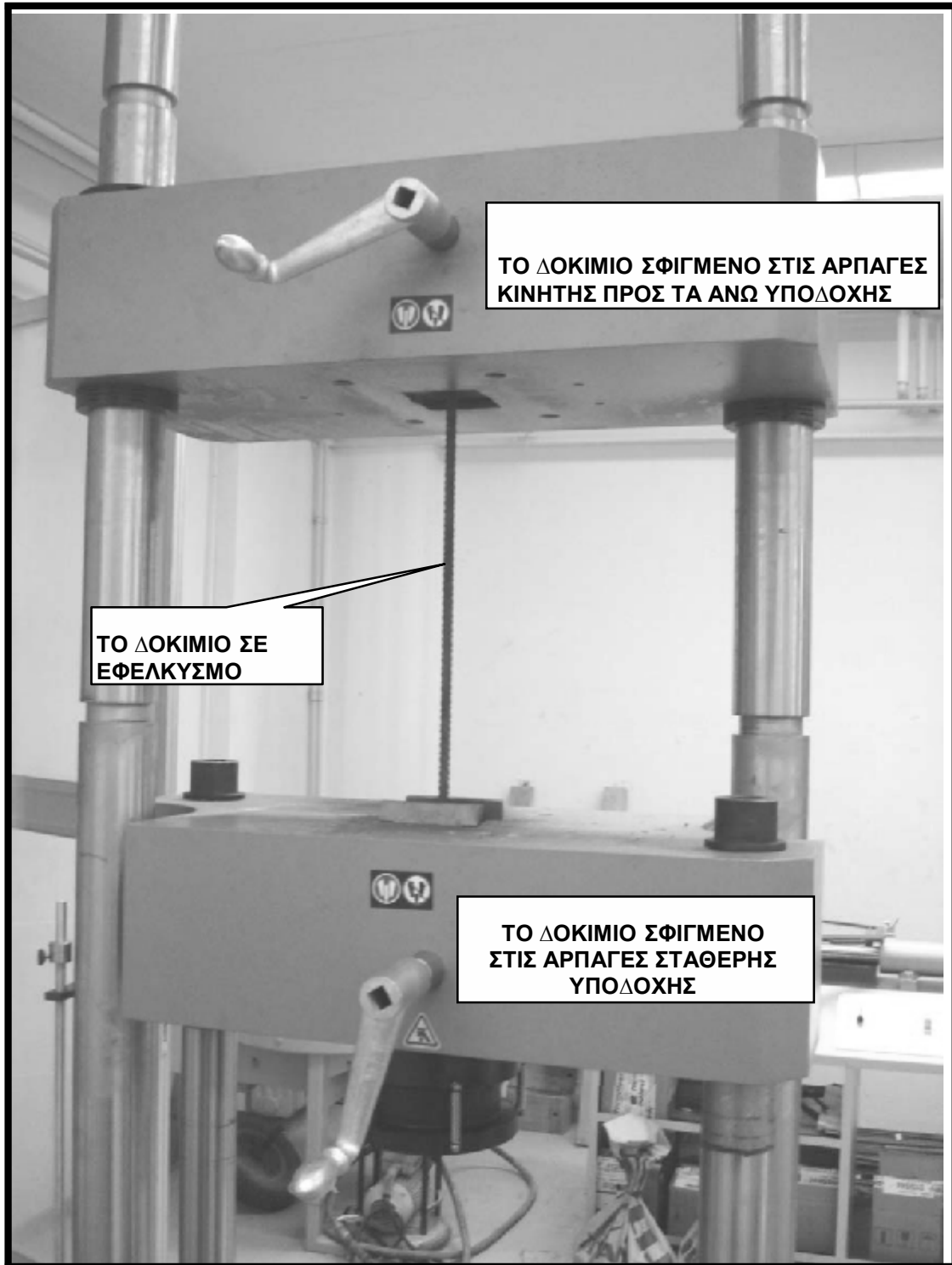


Όπου:

- F: Η αξονική εφελκυστική δύναμη, η οποία μετρείται σε kN.
ο 1kN=1000N.
- ℓ: Το αρχικό μήκος του δοκιμίου, το οποίο μετρείται σε mm.
- Δℓ: Η συνολική αύξηση του μήκους του δοκιμίου (σε αντίστοιχη στιγμή εφαρμογή της F) που ονομάζεται επιμήκυνση, η οποία μετρείται σε mm.

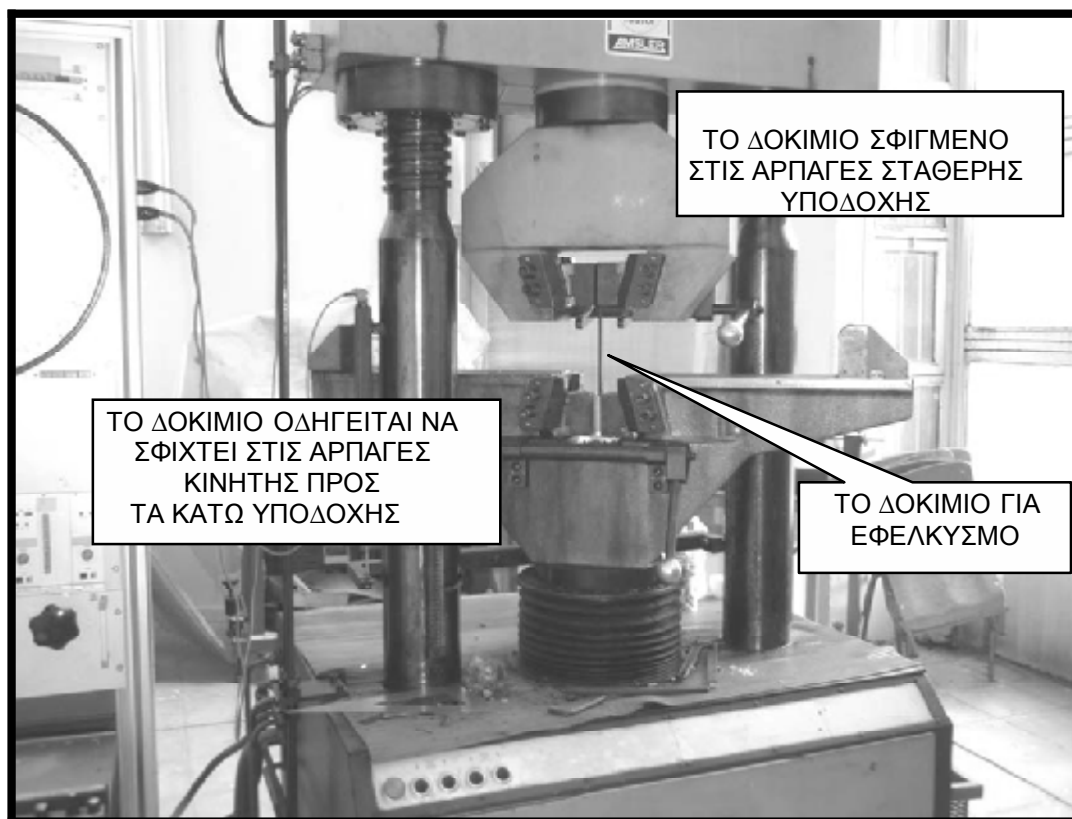
Όπως φαίνεται στο ανωτέρω σχήμα η δύναμη F εφαρμόζεται στον άξονα του δοκιμίου.

Είναι η περίπτωση του Μονοαξονικού ή Κεντρικού ή Αξονικού Εφελκυσμού, που είναι αυτή που θα εφαρμόσουμε στα πειράματα του εργαστηρίου μας.



(Εργαστήριο Σκυροδέματος / νέα πρέσα με σύνδεση με Η/Υ)

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΤΟΧΗΣ
ΠΑΛΑΙΑ ΠΡΕΣΑ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΥΡΙΩΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ**



Ορισμός μεγεθών στον αξονικό εφελκυσμό.

ΤΑΣΗ.

Η εφαρμογή της ανωτέρω αξονικής εφελκυστικής δύναμης έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή τάσεων που είναι κάθετες στη διατομή του εφελκούμενου δοκιμίου.

Οι τάσεις αυτές είναι ορθές και επειδή απορρέουν από εφελκυστική δύναμη ονομάζονται Ορθές Εφελκυστικές Τάσεις.

Το μέγεθος αυτών προκύπτει από τη σχέση:

$$\sigma = F/A \quad (\text{Μρα})$$

Όπου A ,η διατομή του δοκιμίου που στην περίπτωση κυκλικής διατομής ισούται με : $A = 1/4(\pi * d^2)$

Όπου d ,η διάμετρος του δοκιμίου

ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ (σ) ΠΟΥ ΟΡΙΣΑΜΕ ΕΙΝΑΙ ΑΥΤΟ ΠΟΥ ΘΑ ΜΑΣ ΔΩΣΕΙ ΤΗΝ ΣΑΦΗ ΕΝΔΕΙΞΗ ΚΑΤΑ ΠΟΣΟ ΤΟ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ ΑΝΤΕΧΕΙ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΤΟΥ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

ΑΝΗΓΜΕΝΗ ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ $\epsilon\%$.

Ένα άλλο μέγεθος που ορίζεται στην εφελκυστική διαδικασία είναι ανηγμένη επιμήκυνση που συμβολίζεται με ϵ και είναι η επιμήκυνση Δl που έχει επέλθει στο δοκίμιο σε κάποια στιγμή της φόρτισής του προς το αρχικό μήκος του δοκιμίου l .

Η ανηγμένη επιμήκυνση εκφράζεται επί τοις εκατό (%) μέσω της κάτωθι σχέσης:

$$\epsilon\% = (\Delta L/L)100$$

όπως φαίνεται και από την ανωτέρω σχέση το μέγεθος της ανοιγμένης επιμήκυνσης είναι καθαρός αριθμός.

Μονάδες μέτρησης (Π.Δ. 515/83 & ΕΛΟΤ 656 & ISO 1000).

Με αφορμή τον ορισμό του μεγέθους της τάσης και ως εκ τούτου των μονάδων της, αξίζει να αναφέρουμε τις μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούμε.

Αυτές καθορίζονται σύμφωνα με το Π.Δ. 515/83 και τα Πρότυπα ΕΛΟΤ 656 και ISO 1000 (The International Organization for Standardization), που βασίζονται στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.).

Έτσι λοιπόν για τα κάτωθι μεγέθη χρησιμοποιούνται οι αντίστοιχες αναφερόμενες μονάδες:

Δυνάμεις συγκεντρωμένες ή καταγεμημένες, Φορτία
kN, kN/m, kN/m²

Τάσεις MPa = N/mm ² = MN/m ²

Ροπές
kNxm

Πυκνότητες
kg/m³

Ειδικά & Φαινόμενα βάρη
kN/m³

Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί και η μονάδα δύναμης βάρους
1kp=1kgf(ή1kg)= 9,80665N.

Η μονάδα αυτή (1kp) ποτέ δεν αποτέλεσε τμήμα του ανωτέρω S.I. που εισήχθη το 1960.

Η μονάδα δύναμης του S.I. είναι το Newton (N).

Σίδηρος και Χάλυβες.

Λαμβάνοντας υπ' όψη ότι η κύρια εφαρμογή μας στην καταπόνηση του εφελκυσμού θα αφορά ένα δοκίμιο Χάλυβα Οπλισμού Σκυροδέματος, θεωρούμε ότι στο στάδιο αυτό θα πρέπει να διευκρινίσουμε την έννοια του υλικού αυτού γιατί συχνά μερικοί την ταυτίζουν με το Σίδηρο.

Σίδηρος (Fe).

- Είναι κράμα με περιεκτικότητα σε Άνθρακα (C) και άλλα κραματικά στοιχεία μικρότερη του 0,05% (Καθαρός Σίδηρος).

Χάλυβας.

- Είναι κράμα Σιδήρου και Άνθρακα με περιεκτικότητα σε άνθρακα μικρότερης ή ίσης του 2% και με προσθήκη λοιπών στοιχείων.

Χάλυβας Οπλισμού Σκυροδέματος.

- Είναι χάλυβας με κυκλική διατομή ή πρακτικά κυκλική διατομή που χρησιμοποιείται για τον Οπλισμό Σκυροδέματος.
 - ο Η επιφάνειά του μπορεί να είναι Λεία ή να φέρει Νευρώσεις ή Αυλακώσεις.
- Είναι Χάλυβας διαφόρων μορφών διατομών που χρησιμοποιείται σε Δομικές Κατασκευές.

Εφελκυσμός Χαλύβων Οπλισμένου Σκυροδέματος.

Στο φάσμα των έργων του Πολιτικού Μηχανικού Κατευθύνσεως Έργων Υποδομής, ένα πλήθος από κατασκευές αφορούν φορείς από Οπλισμένο Σκυρόδεμα.

Το γεωμετρικό σχήμα των φορέων αυτών (πλάκες, δοκοί, υποστυλώματα, θεμέλια κ.τ.λ.) μορφοποιείται από το σκυρόδεμα με την τοποθέτηση (προσθήκη) σε καθορισμένες θέσεις Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος.

Το σκυρόδεμα είναι ένα υλικό που έχει μεγάλη Θλιπτική Αντοχή και ως εκ τούτου μπορεί από μόνο του να παραλάβει μεγάλα φορτία στις αντίστοιχες Θλιπτικές Ζώνες ενός φορέα.

Αντίθετα το σκυρόδεμα παρουσιάζει μικρή Εφελκυστική Αντοχή, η οποία και προσδιορίζεται περίπου στο 10% της αντίστοιχης θλιπτικής του αντοχής.

Καθίσταται λοιπόν αναγκαίο στις αντίστοιχες Εφελκυστικές Ζώνες όπου το σκυρόδεμα δεν μπορεί να παραλάβει μεγάλα εφελκυστικά φορτία να τοποθετήσουμε ράβδους (βέργες) από Χάλυβα, των οποίων η αντοχή σε εφελκυστικές δυνάμεις είναι μεγάλη. Επίσης μεγάλη είναι και η θλιπτική αντοχή του χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος.

Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι ο Χάλυβας Οπλισμού Σκυροδέματος έχει και μεγάλη Διατμητική αντοχή, η οποία είναι πολύ μεγαλύτερη από του Σκυροδέματος.

Τέλος το Σκυρόδεμα και οι Χάλυβες Οπλισμού Σκυροδέματος που σήμερα χρησιμοποιούνται έχουν μεγάλη συνάφεια μεταξύ τους, που σημαίνει ότι μετά τη σκλήρυνση του νωπού σκυροδέματος σκυρόδεμα και χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος συμπεριφέρονται σαν ένα ενιαίο υλικό.

Τα ανωτέρω έχουν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία φορέων από Οπλισμένο Σκυρόδεμα με σύνθεση των δύο υλικών Σκυροδέματος και Χάλυβα, τα οποία και συνεργάζονται αρμονικότητα προσδίδοντας στον όλο φορέα μεγάλη αντοχή.

Λαμβάνοντας υπ' όψη ότι στο εργαστήριο αντοχής των υλικών εξετάζουμε υλικά που παρουσιάζουν κυρίως υψηλά όρια αντοχής σε συγκεκριμένες καταπονήσεις:

- Σε Εφελκυσμό, δοκίμια Χάλυβα Οπλισμού Σκυροδέματος.
- Σε Θλίψη, δοκίμια Σκυροδέματος.
- Σε Διάτμηση, δοκίμια Χάλυβα Οπλισμού Σκυροδέματος.

Τεχνικές Κατηγορίες Συγκολλησίμων Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος.

Είναι οι κατά κανόνα παραγόμενοι και διαθέσιμοι στην αγορά τύποι χαλύβων.

Ο κάθε ένας τύπος καθορίζεται από ένα κωδικό, ο οποίος είναι μοναδικός. Ο κωδικός αυτός καθορίζει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά επίδοσης για το συγκεκριμένο χάλυβα.

Τα χαρακτηριστικά επίδοσης αφορούν:

- Συγκολλησιμότητα και Χημική Σύσταση.
- Μηχανικές Ιδιότητες.
- Σήμερα οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος που παράγονται για να χρησιμοποιηθούν σαν κύριος (βασικός) οπλισμός ενός φορέα οπλισμένου σκυροδέματος, καλύπτουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά επίδοσης του B500C.
 - Η επιφάνειά τους φέρει Νευρώσεις.
 - Παράγεται επίσης και ο B500A που χρησιμοποιείται μόνο για την παραγωγή τυποποιημένων δομικών πλεγμάτων και δικτυωμάτων σε διαμέτρους $\leq d(\Phi)8$.
 - Η επιφάνειά του φέρει Νευρώσεις.

- Λείοι Χάλυβες τεχνικής κατηγορίας S220, χρησιμοποιούνται μόνο για βοηθητικούς σκοπούς.
- Η επιφάνειά τους είναι Λεία.



Εικόνα 1.4 (B500C)

Σε κάθε καταπόνηση (άρα και σε αυτήν του εφελκυσμού) τα δοκίμια που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι συμβατικά.

Συμβατικά είναι τα δοκίμια εκείνα που έχουν μορφή και διαστάσεις οι οποίες καθορίζονται από συγκεκριμένο κανονισμό(σύμβαση).

Έτσι λοιπόν σύμφωνα με τον ανωτέρω κανονισμό τα προς καταπόνηση δοκίμια στις Μηχανές Εφελκυσμού (πρέσες) πρέπει να έχουν μορφή κυλινδρική όπως αυτό της εικόνας που ακολουθεί και διαστάσεις αυτές που φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.



Εικόνα συμβατικού δοκιμίου

Το Συμβατικό δοκίμιο στη δοκιμή Εφελκυσμού (DIN 50125).

Σύμφωνα με τον ανωτέρω κανονισμό τα προς καταπόνηση δοκίμια στις Μηχανές Εφελκυσμού (πρέσες) πρέπει να έχουν μορφή κυλινδρική και διαστάσεις αυτές όπως αυτές φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ d_0	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΛΑΒΩΝ d_1	ΜΗΚΟΣ ΛΑΒΩΝ h	ΜΗΚΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ L_0	ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ L_v	ΜΗΚΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟ L_t
6	8	25	30	36	95
8	10	30	40	48	115
10	12	35	50	60	140
12	15	40	60	72	160
14	17	45	70	84	180
16	20	50	80	96	205
18	22	55	90	108	230
20	24	60	100	120	250
25	30	70	125	150	300

ΟΛΕΣ ΟΙ ΑΝΑΓΡΑΦΟΜΕΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΑΝΩΤΕΡΩ ΠΙΝΑΚΑ ΕΚΦΡΑΖΟΝΤΑΙ ΣΕ mm.

Πρέσα για εφελκυσμό.

Υπάρχουν διάφορες πρέσες πολλαπλών δοκιμών οι οποίες πραγματοποιούν κυρίως τις δοκιμές Εφελκυσμού και Θλίψης.

Οι περισσότερες από αυτές συνοδεύονται και από ειδικές διατάξεις που προσαρμοζόμενες στο μηχανικό τους μέρος μπορούν να πραγματοποιήσουν και άλλες δοκιμές, όπως αυτές της Κάμψης τριών σημείων, της Διάτμησης κ.τ.λ.

Οι πρέσες αυτές εάν είναι νέας τεχνολογίας μπορούν να συνδεθούν και με Ηλεκτρονικό Υπολογιστή, όπου μέσω κατάλληλου Software (προγράμματος) μπορούν να εκτελέσουν το πείραμα του εφελκυσμού σύμφωνα με τις ισχύουσες προδιαγραφές, λαμβάνοντας ταυτόχρονα πλήθος σημαντικών πληροφοριών και αποτελεσμάτων για τη συγκεκριμένη καταπόνηση του εφελκυσμού.



(Η πρέσα του εργαστηρίου αντοχής / παλαιάς τεχνολογίας)



(Η πρέσα του εργαστηρίου σκυροδέματος / νέας τεχνολογίας)

Εφελκυσμός δοκιμίου χάλυβα EN ISO15630-1 & ISO/WD 6892/10-10-2005.

Η δοκιμή του Εφελκυσμού γίνεται σύμφωνα με τις ανωτέρω προδιαγραφές.

- Η δοκιμή λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος $10^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$.
- Σε ελεγχόμενες καταστάσεις $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Δοκίμιο πριν τη φόρτιση.

Πριν την επιβολή του αξονικού εφελκυστικού φορτίου θα πρέπει να κάνουμε τις κάτωθι ενέργειες:

- Καταγραφή της ονομαστικής διαμέτρου d (d_0) του δοκιμίου.
- Προσαρμογή του δοκιμίου στις σιαρώνες συγκρότησης της μηχανής.
 -] Σκοπός η αξονική εφαρμογή της δύναμης.
Για να επιτευχθεί ευθυγραμμία μεταξύ των λαβών της μηχανής και του δοκιμίου, μπορεί να εφαρμοστεί προφόρτιση που δεν θα ξεπερνά το 5% του καθορισμένου ή αναμενόμενου Ορίου Διαρροής του υλικού.
- Χάραξη του αρχικού μήκους μέτρησης του δοκιμίου l (L_0), με απαλά σημάδια ή γραμμές.
- Στην περίπτωση που διαθέτουμε ηλεκτρονικό μηκυνσιόμετρο (νέες πρέσες) τοποθετούμε τα άκρα του στο προβλεπόμενο μήκος του δοκιμίου l (L_0).
- Στην περίπτωση μηχανής παλαιάς τεχνολογίας που συνοδεύεται με καταγραφικό διαγράμματος:
- Ορισμός αξόνων για καταγραφή του φορτίου F και της επιμήκυνσης Δl .
- Συνήθως στον κατακόρυφο άξονα απεικονίζονται τα φορτία F και στον οριζόντιο άξονα οι επιμηκύνσεις Δl .
- Καθορισμός κλιμάκων καταγραφής F & Δl .
- Συνήθως καθορίζονται τέτοιες κλίμακες όπου το αναμενόμενο διάγραμμα θα πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια του χαρτιού του καταγραφικού.
- Το διάγραμμα αυτό θα πρέπει να έχει μια τέτοια μορφή σαν αυτές που έχουν τα συμβατικά διαγράμματα του εφελκυσμού.
- Στην περίπτωση μηχανής νέας τεχνολογίας που συνδέεται με Ηλεκτρονικό Υπολογιστή στον οποίο έχει εγκατασταθεί κατάλληλο Software:
- Μπορούμε να έχουμε το διάγραμμα F & Δl , στους αντίστοιχους άξονες όπως αναφέρθηκαν ανωτέρω.

Επίσης το τελικό ζητούμενο διάγραμμα τάσεων σ & ανηγμένων επιμηκύνσεων $\varepsilon\%$, με το σ στον κατακόρυφο άξονα και το $\varepsilon\%$ στον οριζόντιο άξονα.

Οικλίμακες του διαγράμματος καθορίζονται αυτόματα κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Επίσης μπορούμε να ζητήσουμε πλήθος πληροφοριών και αποτελεσμάτων που εξαρτώνται από το εγκαταστημένο πρόγραμμα (Software).

Καθορισμός της επιθυμητής ταχύτητας με μία από τις διαθέσιμες επιλογές του Software του H/Y που είναι συνδεδεμένος με την πρέσα.

Φόρτιση δοκιμίου και θραύση αυτού.

Θα πρέπει να κάνουμε τις κάτωθι ενέργειες:

Εφαρμογή της κατάλληλης ταχύτητας μέσω του μοχλού για παλαιές πρέσες.

Παρακολούθηση εξέλιξης της φόρτισης (καταπόνησης) του δοκιμίου και καταγραφής των διαγραμμάτων.

Στην περίπτωση νέας πρέσας που έχουμε τοποθετήσει ηλεκτρονικά μηχανοστάσια πάνω στο δοκίμιο, τα αφαιρούμε λίγο μετά το Όριο Διαρροής.

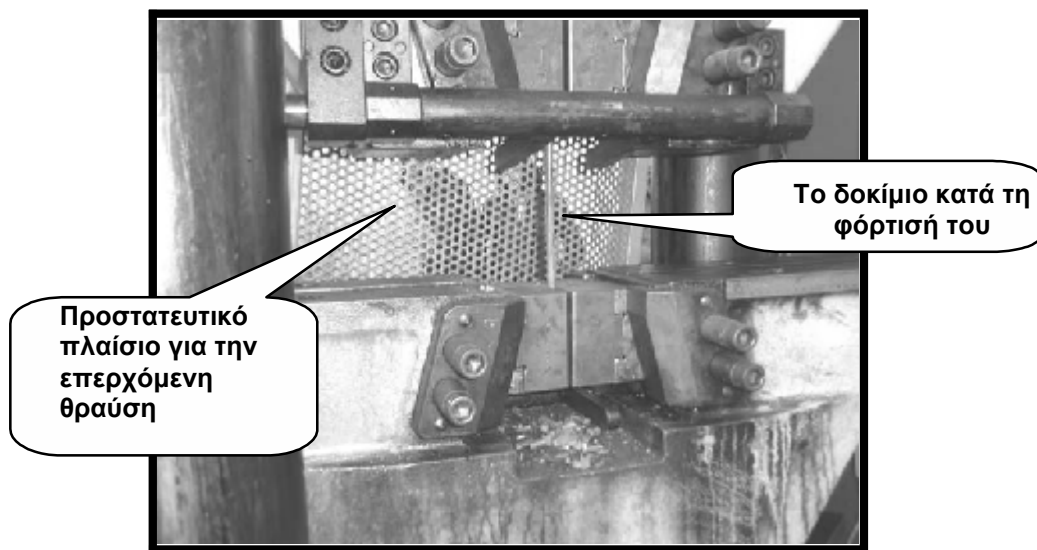
ο Όριο διαρροής σε παραμόρφωση 0,2%.

ο Αφαίρεση μηχανοστασίων συνήθως σε παραμόρφωση 0,5%.

Θραύση δοκιμίου.

Λήψη διαγράμματος F & Δl από το καταγραφικό της παλαιάς πρέσας.

Εκτύπωση διαγραμμάτων και λοιπών πινάκων με στοιχεία και αποτελέσματα που έχουμε ζητήσει μέσω του Software, στην περίπτωση νέας πρέσας που είναι συνδεδεμένη με H/Y.



Ταχύτητα Δοκιμής V - Test Speed V (ISO/WD6892/10-10-2005).

Η πιο σημαντική παράμετρος κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του εφελκυσμού αλλά και όλων των στατικών καταπονήσεων, είναι ο καθορισμός και η επακόλουθη εφαρμογή της ταχύτητας της δοκιμής V (test speed).

Η σωστή εφαρμογή της ταχύτητας, που καθορίζεται από σχετικές προδιαγραφές, συνεισφέρει στα μέγιστα στην εκτέλεση του σωστού πειράματος από την έναρξη επιβολής της δύναμης μέχρι και τη θραύση του δοκιμίου.

Έτσι λοιπόν θα πρέπει να καθορίσουμε με απόλυτη ακρίβεια την ταχύτητα δοκιμής, κάτι που στις πρέσες νέας τεχνολογίας μας το παρέχει το αντίστοιχο software που είναι εγκατεστημένο στον υπολογιστή που συνδέεται με την πρέσα.

Στις παλιές πρέσες η ταχύτητα εφαρμογής είναι στα «χέρια», στην εμπειρία και στην ικανότητα αυτού που εκτελεί το πείραμα (καταπόνηση), αφού εφαρμόζεται μέσω του μοχλού που ήδη έχει αναφερθεί.

□ Η ταχύτητα δοκιμής αποτελεί την κορυφαία παράμετρο για τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών του χάλυβα και γενικότερα των μετάλλων.

Η προδιαγραφή ISO/WD 6892/10-10-2005, προβλέπει δύο μεθόδους εφαρμογής ταχυτήτων, κατά την εκτέλεση της δοκιμής του εφελκυσμού.

1.7 Διάτμηση

Είναι η καταπόνηση που εμφανίζεται όταν δύο δυνάμεις ίσες και αντίθετες ενεργούν κάθετα στον άξονα ενός σώματος σε απειροστή απόσταση μεταξύ τους.

Η εσωτερική διατμητική δύναμη F είναι η συνισταμένη όλων των διατμητικών στοιχειωδών δυνάμεων που ασκούνται χωρίς όμως να είναι ομοίμορφα κατανεμημένες. Οι διατμητικές δυνάμεις είναι κάθετες στον άξονα και παράλληλες στην διατομή του υλικού που καταπονείται στην δοκιμή της διάτμησης.

Η εφαρμογή της ανωτέρω τέμνουσας δύναμης έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή τάσεων, που επενεργούν εφαπτομενικά στη διατομή του δοκιμίου. Οι τάσεις αυτές επειδή απορρέουν από τέμνουσα (διατμητική)

δύναμη ονομάζονται Διατμητικές τάσεις. Το μέγεθος αυτών προκύπτει από τη σχέση:

$$\tau = F/A \quad \text{N/mm}^2(\text{Mpa})$$

Όπου F : Η τεμνουσα δύναμη, σε N

γ : Η γωνιά παραμόρφωσης η οποία μετράται σε ακτίνια (rad)

A : Η διατομή του δοκιμίου όπου μετράται σε mm^2

Ο νόμος του Hooke που περιγράφει την αναλογιά τάσεων και παραμορφώσεων, στην περίπτωση αναπτύξης διατμητικών τάσεων σε ομοιογενή υλικά, παίρνει την μορφή

$$\tau = \gamma \times G \quad (\text{Mpa})$$

γ : Η γωνιά παραμόρφωσης η οποία μετράται σε ακτίνια (rad)

Το μέτρο ελαστικότητας σε διάτμηση (G) είναι χαρακτηριστικό για κάθε υλικό και που για τις γνωστες ποιότητες χαλυβών λαμβάνει περίπου τη τιμή 80000Mpa .

1.8 Λυγισμός ράβδων κατά Euler

Το 1777 ο Ελβετός μαθηματικός Euler έλυσε το πρόβλημα του λυγισμού των ράβδων και παρουσίασε μια μεθοδολογία για τον υπολογισμό του κρίσιμου φορτίου. Το φορτίο αυτό καλύπτει τον καμπτικό λυγισμό, δεδομένου ότι οι παραμορφώσεις των διατομών της ράβδου θεωρήθηκαν από τον Euler ότι αποτελούνται μόνο από μετατοπίσεις και όχι από στροφές. Η εξέταση του προβλήματος λυγισμού κατά Euler γίνεται λαμβανομένων υπόψη των εξής παραδοχών,

- απόλυτα κεντρικής θλίψης
 - απόλυτα ευθείας ράβδου
 - απεριόριστης ισχύος του νόμου του Hooke (ελαστική συμπεριφορά)
- Η επίλυση του προβλήματος μπορεί να γίνει με τη στατική ή την ενεργειακή μέθοδο. Στη στατική μέθοδο εξετάζεται η ισορροπία ενός διαφορικού στοιχείου, ενώ στην ενεργειακή το δυναμικό του συστήματος. Ααι στις δύο περιπτώσεις εξετάζεται το σύστημα στην παραμορφωμένη κατάσταση, πράγμα που διαφοροποιεί τη θεωρία λυγισμού από τη θεωρία της πρώτης τάξης. Η θεωρία λυγισμού διακρίνεται σε γραμμική και μη γραμμική θεωρία, εξαρτώμενη από το εάν οι μετατοπίσεις θεωρούνται μικρές ή όχι. Στη γραμμική θεωρία λυγισμού οι μετατοπίσεις θεωρούνται μικρές αλλά η ισορροπία εξετάζεται στην παραμορφωμένη κατάσταση. Αυτό τη

διαφοροποιεί και από την κλασσική στατική 1ης τάξης. Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί η γραμμική θεωρία λυγισμού με τη στατική μέθοδο και με τη βοήθεια ενός παραδείγματος που είναι αντίστοιχο του αντικείμενου της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Σύμφωνα με τη στατική μέθοδο η εξέταση της ισορροπίας ενός διαφορικού στοιχείου στην παραμορφωμένη κατάσταση οδηγεί σε διαφορική εξίσωση. Έστω για μια αξονικώς θλιβόμενη ράβδο (Σχ. 1.3), όπως αυτές του άνω πέλματος του δικτυώματος των κύριων δοκών μιας πεζογέφυρας, η εξίσωση αυτή προκύπτει,

$$EIw'''' + Nw'' = 0 \quad (A)$$

Η εξίσωση είναι ομογενής, η δε λύση της είναι,

$$W = a_1 * \sin\rho\xi + a_2 * \cos\rho\xi + a_3 * \rho * \xi + a_4 \quad (B)$$

Όπου

$$\xi = \chi/l \text{ και } \rho = l * \sqrt{N/EI}$$

Οι συντελεστές a_i προσδιορίζονται από τις οριακές συνθήκες του κάθε προβλήματος, δηλαδή από τις συνθήκες στήριξης της ράβδου.

Για μια αμφιαρθρωτή δοκό οι οριακές συνθήκες στήριξης είναι,

$$w(0) = w(l) = 0 \text{ και}$$

$$M(0) = M(l) = 0$$

ή ισοδύναμως $w'''(0) = w'''(l) = 0$

Εύκολα αποδεικνύεται ότι από τις τρεις πρώτες συνθήκες προκύπτουν $a_2 = a_3 = a_4 = 0$, οπότε η τελευταία συνθήκη γράφεται,

$w'''(l) = -a_1 * \rho^2 * \sin\rho$
 Η τετριμμένη λύση είναι $a_1 = 0$, οπότε οι παραμορφώσεις είναι μηδενικές για κάθε στάθμη φόρτισης. Από τη μη τετριμμένη λύση, $a_1 \neq 0$, προκύπτει η εξίσωση λυγισμού,

$$\sin\rho = 0$$

η οποία ισχύει όταν

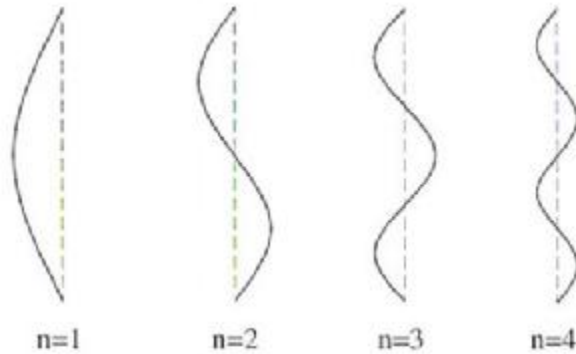
$$\rho = n * \pi \text{ με } n = 1, 2, 3, \dots$$

Αντικαθιστώντας στην (B), οι παραμορφώσεις δίνονται από τη σχέση,

$$w = a_1 * \sin(n\pi\xi) \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (\Gamma)$$

Η γραφική παράσταση της (Γ) για τις διάφορες τιμές n δίνεται στο Σχήμα παρακάτω. Οι καμπύλες παριστάνουν τις λεγόμενες κανονικές μορφές λυγισμού. Λόγω του τυχαίου μεγέθους του συντελεστή a_1 , το μέγεθος του

βέλους στην κρίσιμη κατάσταση είναι απροσδιόριστο, δηλαδή μόνο η μορφή του είναι γνωστή. Σημειώνεται επίσης ότι υπάρχει αναλογία μεταξύ κανονικών μορφών λυγισμού και ιδιομορφών ταλαντώσεων, οι οποίες προκύπτουν και αυτές από ιδιομορφική ανάλυση.



Κανονικές μορφές λυγισμού αμφιαρθρωτής ράβδου

$$P = 1 * \sqrt{N/EI} n * \pi \rightarrow N_{cr} = n^2 * \pi^2 * EI / l^2$$

Το μικρότερο κρίσιμο φορτίο (φορτίο Euler) ισχύει για την πρώτη κανονική μορφή $n=1$ και είναι ίσο με,

$$N_{cr} = (\pi^2 * EI) / l^2$$

Το κρίσιμο φορτίο προκύπτει για τις διάφορες συνθήκες στήριξης ως συνάρτηση ενός χαρακτηριστικού μήκους, του μήκους λυγισμού l_{cr} , το οποί συνδέεται με το πραγματικό μήκος της ράβδου μέσω του συντελεστού μήκους λυγισμού $\beta = l_{cr} / l$. Οι συντελεστές β έχουν τιμές ≤ 1 , όταν οι ακραίοι κόμβοι είναι αμετάθετοι ($\beta=1$ για άρθρωση-άρθρωση) και ≥ 1 , όταν οι ακραίοι κόμβοι είναι μεταθετοί ($\beta=1$ για πάκτωση-πάκτωση).

Η κρίσιμη τάση λυγισμού δίνεται από τη σχέση,

$$\sigma_{cr} = \pi^2 * E / \lambda^2$$

όπου

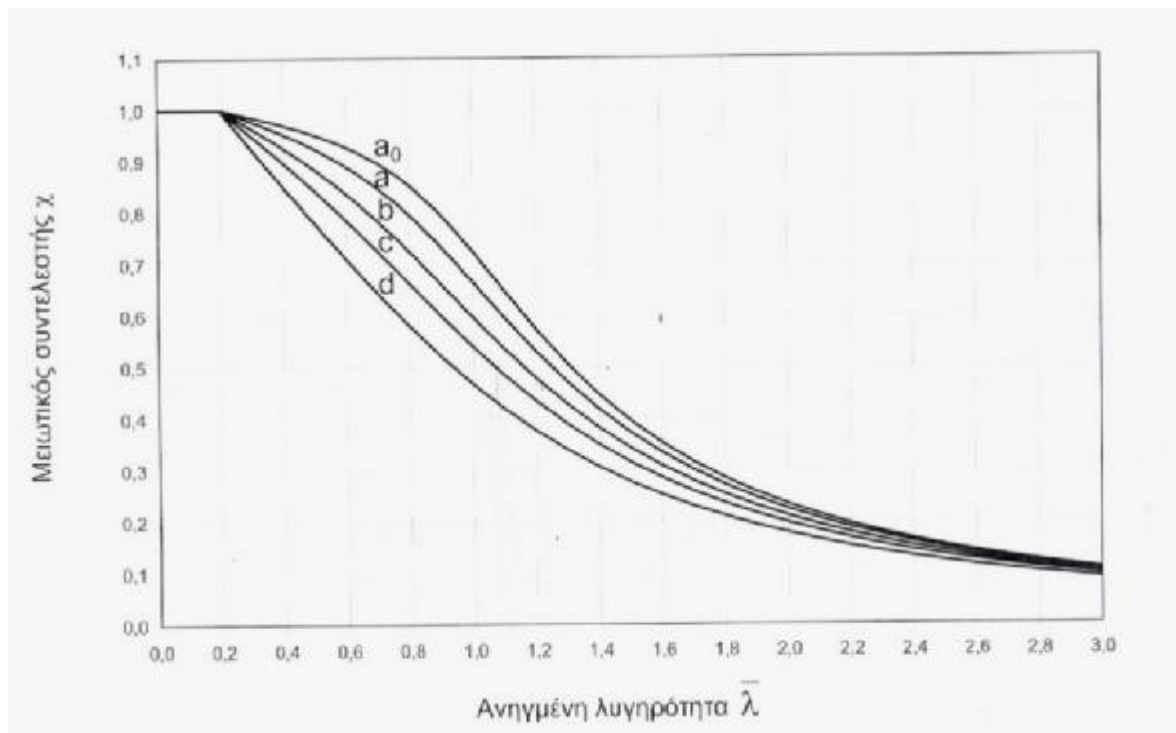
$\lambda = l_{cr} / I$ λυγηρότητα υποστυλώματος

$i = \sqrt{I/A}$ ακτίνα αδράνειας διατομής (Δ)

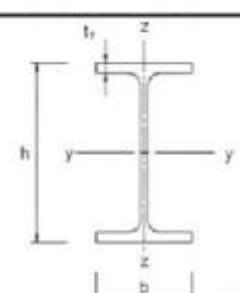
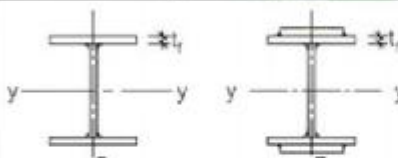

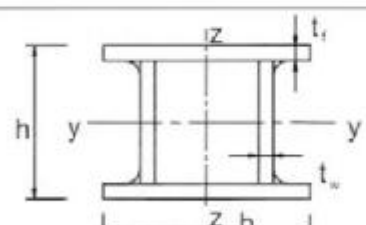
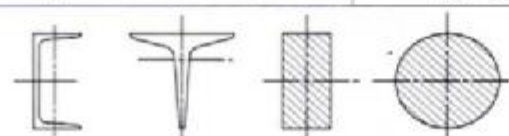
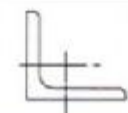
Η εξ. Δ αποτελεί την υπερβολή Euler

Κατά την επίλυση μέσω της μεθοδολογίας Euler παρατηρείται ότι η κρίσιμη τάση για μικρές λυγηρότητες μπορεί να είναι και μεγαλύτερη του ορίου διαρροής του υλικού, ως συνέπεια της παραδοχής απεριόριστης ελαστικής συμπεριφοράς.

Τιμές του μειωτικού συντελεστή χ για την κατάλληλη ανηγμένη λυγηρότητα $\bar{\lambda}$ μπορεί να λαμβάνονται πιο άμεσα από το σχήμα.



Καμπύλες λυγισμού

Διατομή	Όρια	Λυγισμός περί τον άξονα	Καμπύλη λυγισμού		
			S 235 S 275 S 355 S 420	S 460	
Ελαστές διατομές 	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y	a	a_0
			z-z	b	a_0
	$h/b \leq 1,2$	$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y	b	a
			z-z	c	a
	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y	b	a	
		z-z	c	a	
	$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y	d	c	
		z-z	d	c	
Συγκολλητές I-διατομές 	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y	b	b	
		z-z	c	c	
	$t_f > 40 \text{ mm}$	y-y	c	c	
		z-z	d	d	
Κοίλες Διατομές 	Εν θερμώ έλαση	Οποιον- δήποτε	a	a_0	
	Ψυχρή έλαση	Οποιον- δήποτε	c	c	
Συγκολλητές κιβωτιοειδείς διατομές 	Γενικά (εκτός των κατωτέρω)	Οποιον- δήποτε	b	b	
	Μεγάλα πάχη ραφής: $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	Οποιον- δήποτε	c	c	
U-, T- και συμπανγείς διατομές 		Οποιον- δήποτε	c	c	
L- διατομές 		Οποιον- δήποτε	b	b	

Επιλογή καμπύλης λυγισμού για δεδομένη διατομή

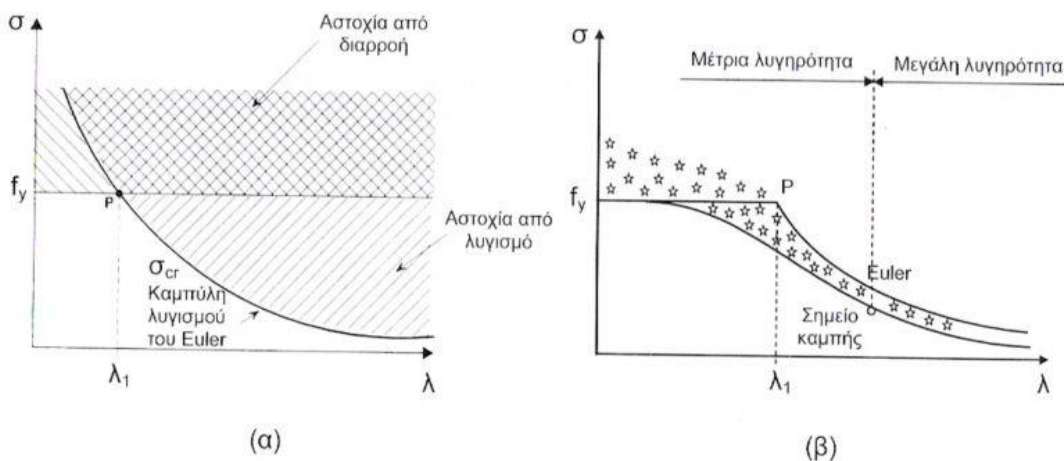
Για λυγηρότητα,

$$\lambda \leq 0,2 \quad \text{ή για } N_{Ed}/N_{Cr} \leq 0,04$$

(μικρή λυγηρότητα), η αντοχή της διατομής εξαντλείται πριν εκδηλωθεί λυγισμός (ανελαστικός λυγισμός). Ο έλεγχος του μέλους επομένως ανάγεται στον έλεγχο της διατομής του.

Οι μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ θεωρητικών και πειραματικών αντοχών παρατηρούνται στην περιοχή των μέσων λυγηροτήτων.

Τέλος, ένα μέλος μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι μεγάλης λυγηρότητας, εάν η λυγηρότητα του είναι μεγαλύτερη από αυτή που αντιστοιχεί στο σημείο καμπής της καμπύλης λυγισμού (Σχ. 1.β). Το οριακό φορτίο αστοχίας για μέλη με μεγάλη λυγηρότητα είναι κοντά στο κρίσιμο φορτίο Euler N_{Cr} (ελαστική περιοχή αστοχίας).



Σχήμα 1 (α)καμπύλη λυγισμού Euler και μορφές αστοχίας, (β) περιοχές λυγηροτήτων

1.ix)Κόπωση

Γενικώς, σύμφωνα με τα Πρότυπα ΕΛΟΤ EN 10080 και ΕΛΟΤ 1421-3, οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος θα πρέπει να αντέχουν σε ένα καθορισμένο πλήθος κύκλων επαναλαμβανόμενης αξονικής εφελκυστικής καταπόνησης

με τάσεις κυμαινόμενες από σ_{\min} έως σ_{\max} , ημιτονοειδώς μεταβαλλόμενες, με εύρος διακύμανσης:

$$2\sigma_A = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$$

Ο έλεγχος κόπωσης εφαρμόζεται μόνον στους χάλυβες κατηγορίας B500C.

Οι ράβδοι οπλισμού σκυροδέματος κατηγορίας B500C πρέπει να αντέχουν, σε δοκιμή κόπωσης, 2×10^6 κύκλους φόρτισης με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Μέγιστη τάση $\sigma_{\max}=300\text{MPa}$
- Εύρος διακύμανσης τάσεων $2\sigma_A=150\text{MPa}$
- Η συχνότητα μεταβολής του φορτίου θα είναι μικρότερη ή ίση με 200 Hz.

Οι ηλεκτροσυγκολλημένες ράβδοι και τα πλέγματα κατηγορίας B500C πρέπει να αντέχουν σε δοκιμή κόπωσης 2×10^6 κύκλους φόρτισης με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Μέγιστη τάση $\sigma_{\max}=300\text{MPa}$
- Εύρος διακύμανσης τάσεων $2\sigma_A=100\text{MPa}$
- Η συχνότητα μεταβολής του φορτίου θα είναι μικρότερη ή ίση από 200 Hz

•Το δοκίμιο θα φέρει υποχρεωτικά και τμήμα εγκάρσιας ηλεκτροσυγκολλημένης ράβδου, ελάχιστου μήκους $5d_{\text{trans}}$ εκατέρωθεν της συγκόλλησης, όπου d_{trans} η ονομαστική διάμετρος της εγκάρσιας συγκολλημένης ράβδου.

Κεφάλαιο 2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΑΛΥΒΑ

Εγκατάσταση δευτερογενούς μεταλλουργίας



Η θέρμανση και η τήξη του παλαιοσιδήρου επιτυγχάνεται με την διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσω ηλεκτροδίων γραφίτη και την χρήση ειδικών καυστήρων φυσικού αερίου και οξυγόνου. Το αποτέλεσμα αυτής της φάσης είναι η λήψη ρευστού χάλυβα σε θερμοκρασία περίπου 1700οC.



Ενδιάμεσο προϊόν (Μπιγέτες). Πρώτη ύλη για την παραγωγή προϊόντων.

Κάδος ρευστού χάλυβα σε θέση χύτευσης





Κλίβανος Ηλεκτρικού Τόξου. Με την άμεση αναγωγή σιδηρομεταλλευμάτων (αναγωγή σε στερεά κατάσταση) σε φρεατώδη κάμινο για την παραγωγή σπογγώδους σιδήρου (αγγλ., Direct Reduced Iron), και την μετατροπή του σπογγώδους σιδήρου σε χάλυβα μέσα σε κάμινο (κλίβανο) ηλεκτρικού τόξου.



Μηχανή συνεχούς χύτευσης. Ο υγρός χάλυβας αποχύνεται από τον κάδο σε κατάλληλο διανομέα (σκάφη) που έχει ορισμένο αριθμό οπών στον πυθμένα,

μέσα από τις οποίες το τήγμα ρέει σε αντίστοιχο αριθμό γραμμών συνεχούς χύτευσης. Στο στάδιο της χύτευσης συντελείται η στερεοποίηση του υγρού χάλυβα σε ημιτελικά προϊόντα (μπιγέτες). Η στερεοποίηση του χάλυβα επιτυγχάνεται με την χρήση κατάλληλων χάλκινων καλουπιών, το ψεκασμό με νερό και τέλος με απλή έκθεση στον αέρα. Όταν ολοκληρωθεί η στερεοποίηση, οι μπιγέτες κόβονται στο κατάλληλο και επιθυμητό μήκος.



Μηχανή συνεχούς χύτευσης , εικόνα 2



Φόρτωση παλαιοσιδήρου στο καλάθι. Η παραγωγή χάλυβα βασίζεται στην τήξη παλαιοσιδήρου (scrap) με χρήση ηλεκτρικών καμίνων (EAF, Electric Arc Furnace). Ως αποτέλεσμα του τρόπου παραγωγής, πραγματοποιείται ανακύκλωση του παλαιοσιδήρου συμβάλλοντας με αυτό το τρόπο στην προστασία του περιβάλλοντος.

Η σημασία της ποιότητας του scrap στην παραγωγική διαδικασία, αποτυπώνεται στον αυστηρό έλεγχο ποιότητας τόσο κατά την προμήθεια όσο και κατά την παραλαβή του παλαιοσιδήρου στο εργοστάσιο.

Χαλυβουργείο

Σε ένα υπερσύγχρονο Χαλυβουργείο, παράγεται χάλυβας σε μορφή πρισμάτων τετραγωνικής διατομής (μιγιέτες). Τα βασικά στάδια της παραγωγικής διαδικασίας περιλαμβάνουν την παραγωγή ρευστού χάλυβα από την τήξη παλαιοσιδήρου (scrap), τη δευτερογενή επεξεργασία του ρευστού χάλυβα και τέλος τη χύτευση του

Το συγκρότημα του Χαλυβουργείου περιλαμβάνει:

- Ηλεκτρικούς φούρνους τόξου (EAF) δυναμικότητας 100 τόνων έκαστος για την τήξη του παλαιοσιδήρου.
- Εγκατάσταση δευτερογενούς μεταλλουργίας (LF).
- Μηχανές συνεχούς χύτευσης (CCM) υψηλής ταχύτητας με όλες τις απαραίτητες βοηθητικές εγκαταστάσεις.
- Σύγχρονη μονάδα επεξεργασίας νερού ψύξης των εγκαταστάσεων Βέλτιστης Διαθέσιμης Τεχνολογίας (BAT).
- Εγκαταστάσεις καθαρισμού απαερίων Βέλτιστης Διαθέσιμης Τεχνολογίας (BAT).

Η γκάμα των παραγόμενων προϊόντων είναι:

- Μπιγέτες διατομής 130 mm x 130 mm, μήκους 6-12 m
- Μπιγέτες διατομής 140 mm x 140 mm, μήκους 6-12 m

Ο χάλυβας (κοινώς ατσάλι) είναι κράμα σιδήρου-άνθρακα που περιέχει λιγότερο από 2,06% κ.β. άνθρακα, λιγότερο από 1,0% μαγγάνιο και πολύ μικρά ποσοστά πυριτίου, φωσφόρου, θείου και οξυγόνου. Οι κραματωμένοι χάλυβες, όπως π.χ. οι ανοξείδωτοι χάλυβες, οι εργαλειοχάλυβες, κ.λπ., αποτελούν ειδική κατηγορία κραμάτων που περιέχουν υψηλότερα ποσοστά άλλων μετάλλων.



Μηχανή ψυχρής έλασης. Μετά τη θερμή έλαση οι χάλυβες υποβάλλονται σε ψυχρή έλαση με σκοπό την επίτευξη του επιθυμητού τελικού πάχους και την υποβολή των κόκκων σε πλαστική παραμόρφωση ώστε να αποκτήσει το υλικό την απαιτούμενη ενεργεια για να λάβει χώρα ανακρυστάλλωση κατά την επακόλουθη διαδικασία της ανόπτησης και να επιτευχθούν υψηλές τιμές διαμορφωσιμότητας στο τελικό προϊόν.

Μονάδες Παραγωγής Πλεγμάτων και Μανδύων

Η παραγωγή γίνεται με χρήση υπερσύγχρονου εξοπλισμού τελευταίας τεχνολογίας. Παράγονται δομικά πλέγματα, πλέγματα συνδετήρων (μανδύες) και σχάρες. Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται χάλυβας από ευθύγραμμες

ράβδους και χάλυβας από ρόλους. Οι άρτιες εγκαταστάσεις και το άριστα εκπαιδευμένο προσωπικό εγγυούνται την άριστη ποιότητα των προϊόντων. Για την παραγωγή δομικού πλέγματος ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται το προϊόν των μηχανών ψυχρής έλασης.

Οι Εγκαταστάσεις Παραγωγής δομικών πλεγμάτων και πλεγμάτων συνδετήρων (μανδύες) αποτελούνται από τον παρακάτω βασικό εξοπλισμό:

- Μονάδες τροφοδοσίας διαμηκών συρμάτων.
- Μονάδες προώθησης-ευθυγράμμισης – κοπής εγκαρσίων συρμάτων.
- Μονάδες συγκόλλησης και κοπής φύλλων.
- Μονάδες συσκευασίας και μεταφοράς τελικών προϊόντων.

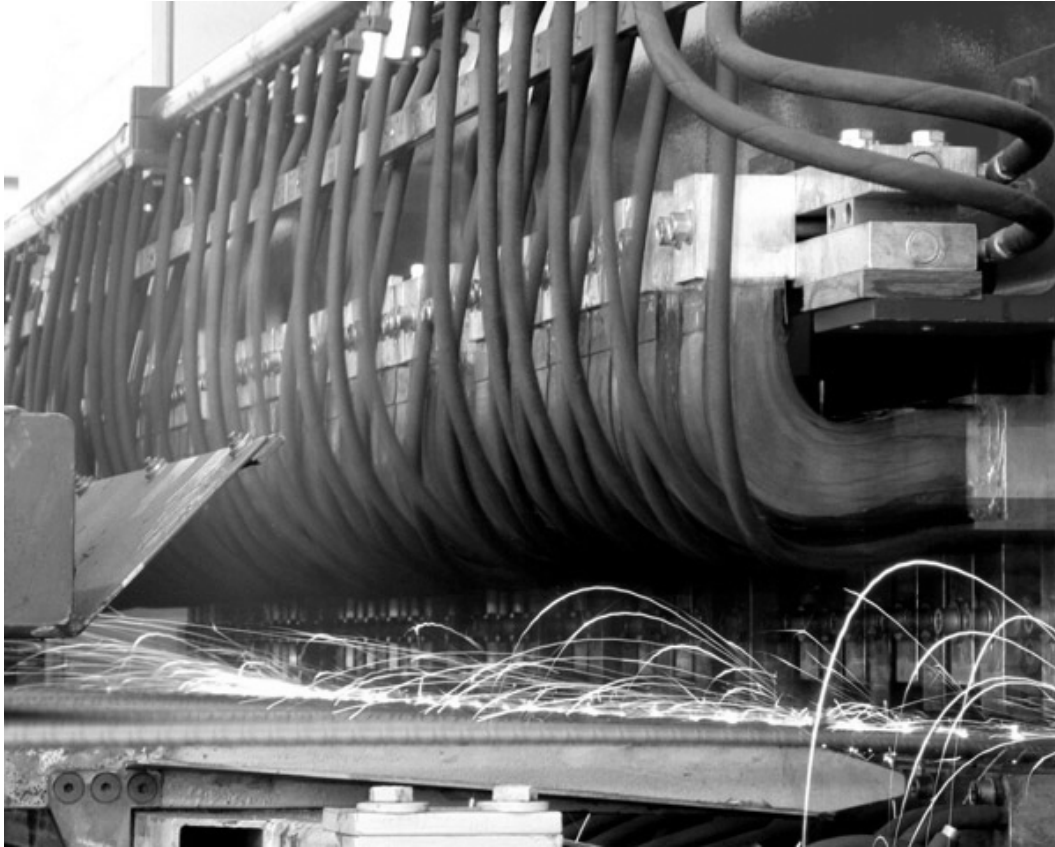
Η γκάμα των παραγόμενων προϊόντων είναι:

- Δομικά πλέγματα τύπου: T92, T131, T188, T196 και O92 καθώς και ειδικών απαιτήσεων των πελατών

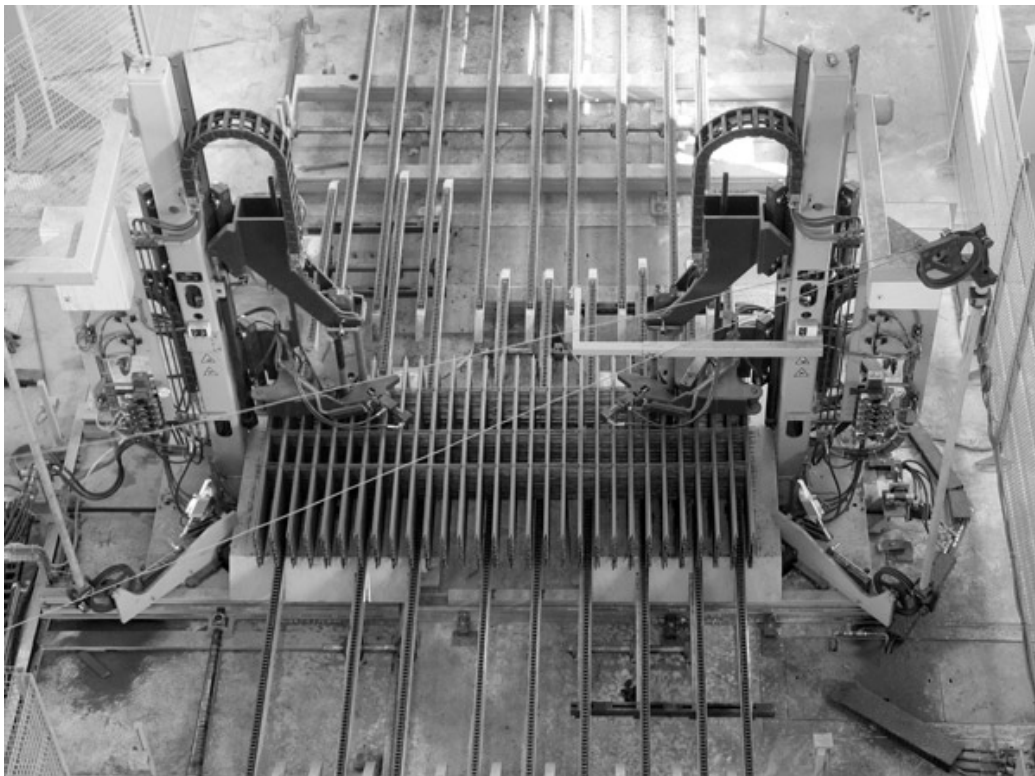
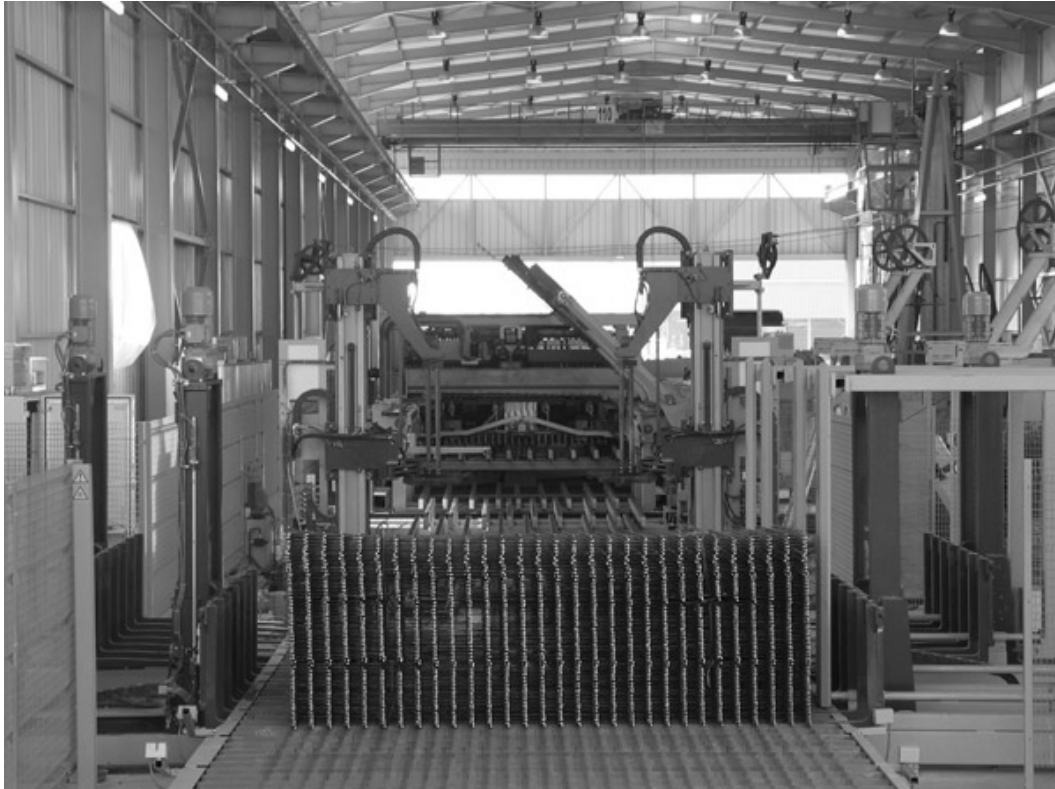
Πλέγματα συνδετήρων (μανδύες) διαμέτρου σύρματος 8, 10 και 12mm και σχάρες διαμέτρου 8, 10 και 12 mm σε τυποποιημένα και ειδικά μήκη.



Μονάδα παραγωγής πλέγματος. Αφού επεξεργαστεί ο χάλυβας είναι έτοιμος να παραχθούν τελικά προϊόντα όπως τα πλέγματα.



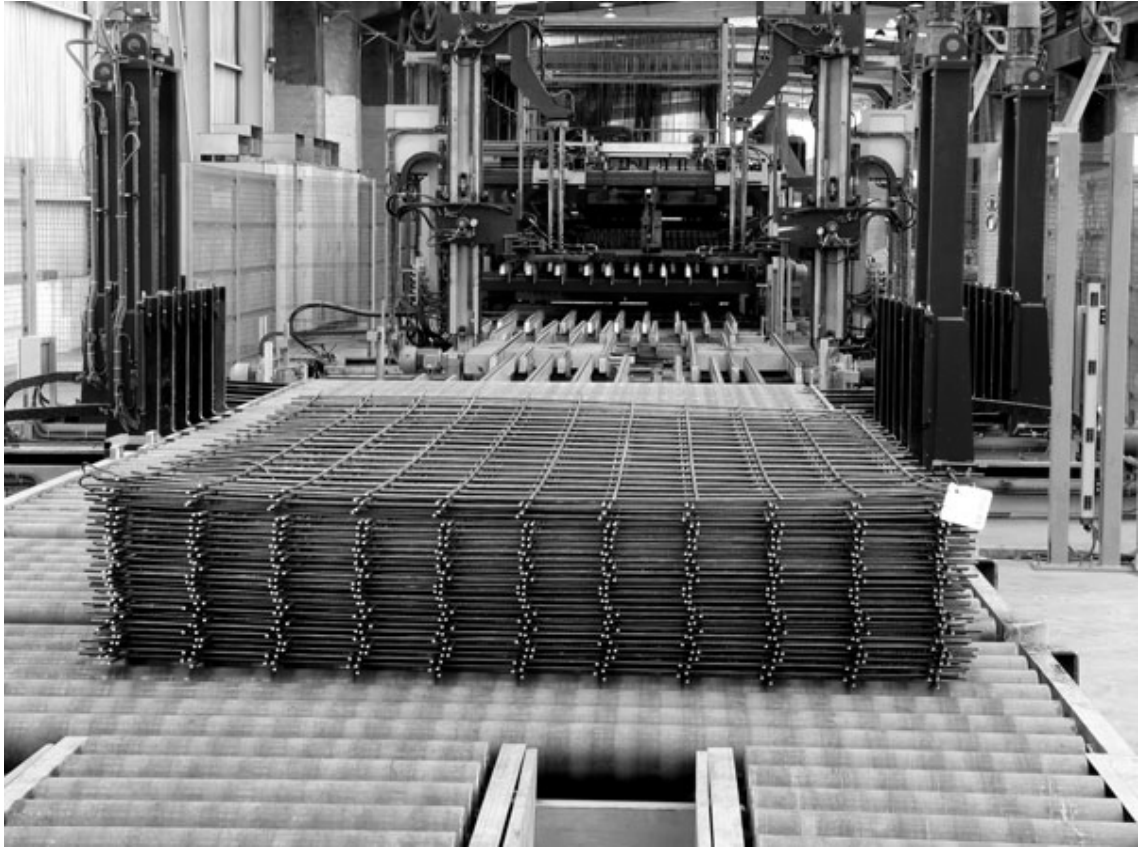
Μηχανή συγκόλλησης. Μέρος της γραμμής παραγωγής πλέγματος



Συσκευασία δέματος σε αυτόματες δετικές μηχανές

Τελικό προϊόν στην έξοδο της μηχανής





Τελικο προϊόν

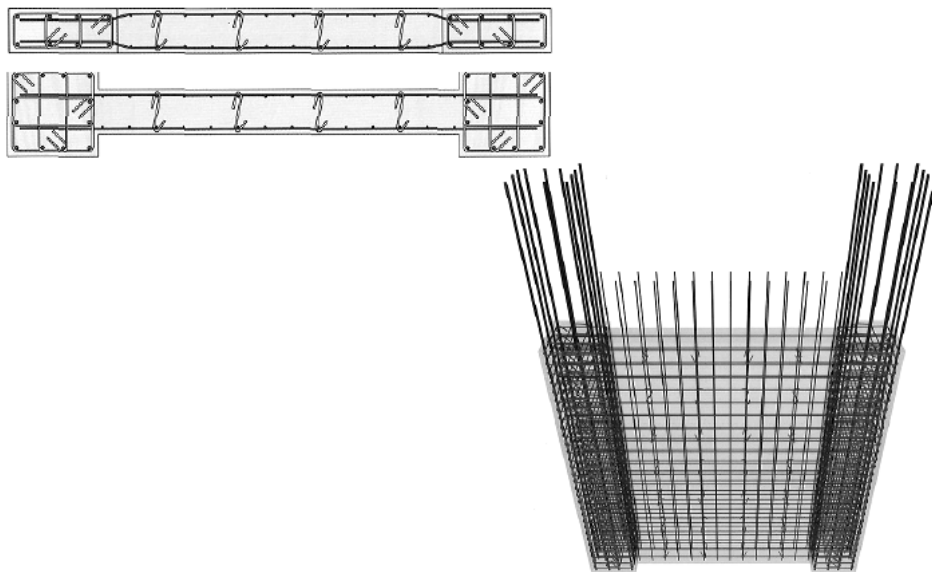
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΚΑΝΟΝΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ ΟΠΛΙΣΗΣ

3.1 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

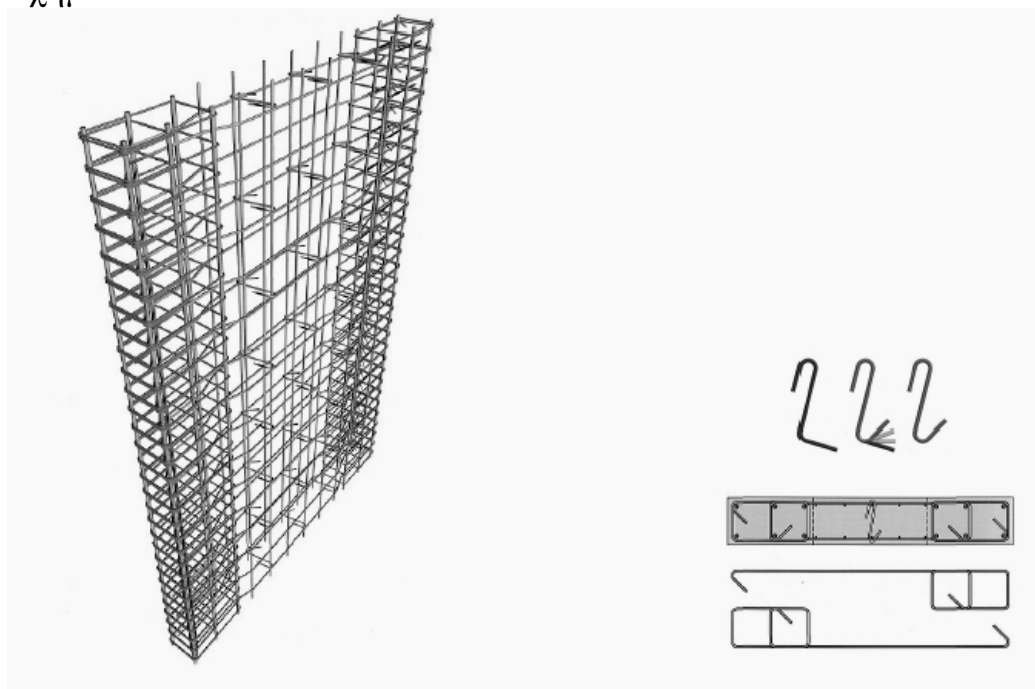
Κομμάτια τοιχείων και οι οπλισμοί τους μεταξύ υποστυλωμάτων

Σχήμα 3.1.

Κάτοψη και πρόσοψη

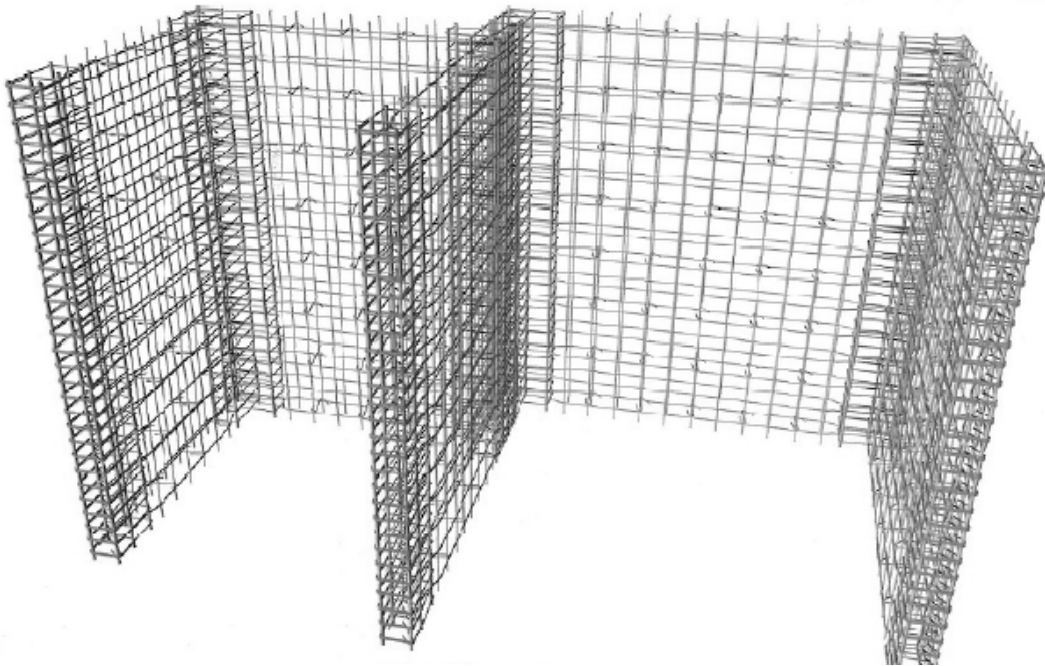


Σχήμα 3.2.



Πλάγια άποψη

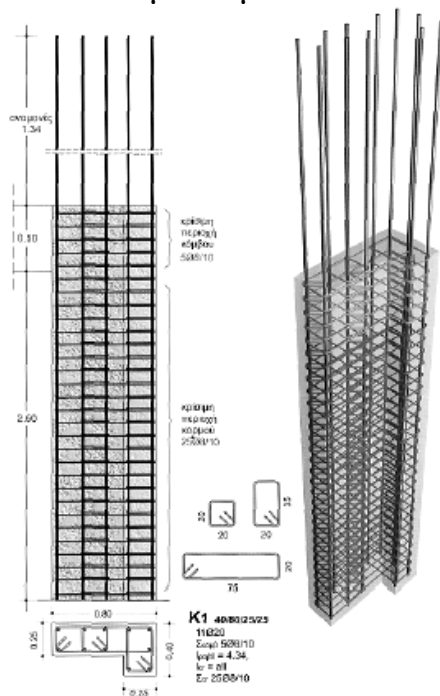
Σχήμα 5.



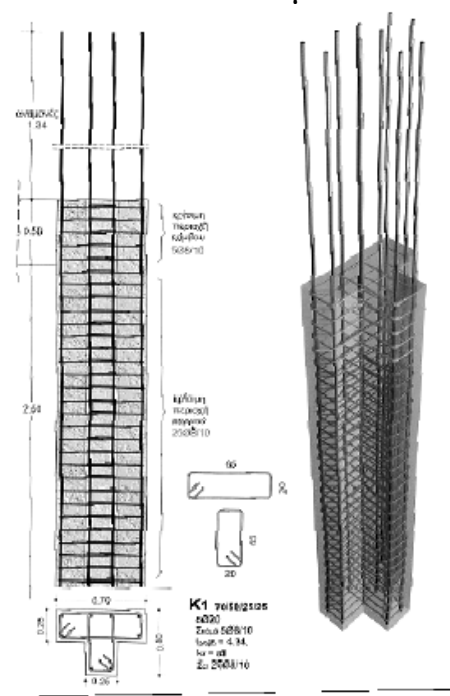
Σχήμα 6.

Παράδειγμα οπλισμών σε κάτοψη και πρόσοψη υποστυλωμάτων τύπου Ταυ, Γαμα

Υποστύλωμα Γαμα

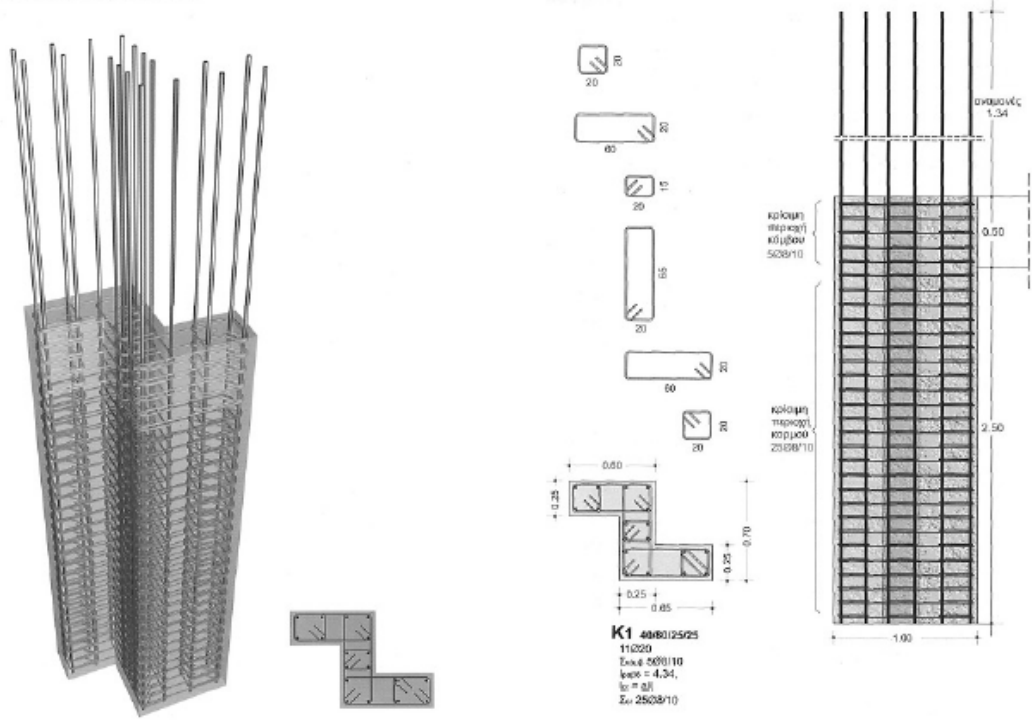


Υποστύλωμα Ταυ



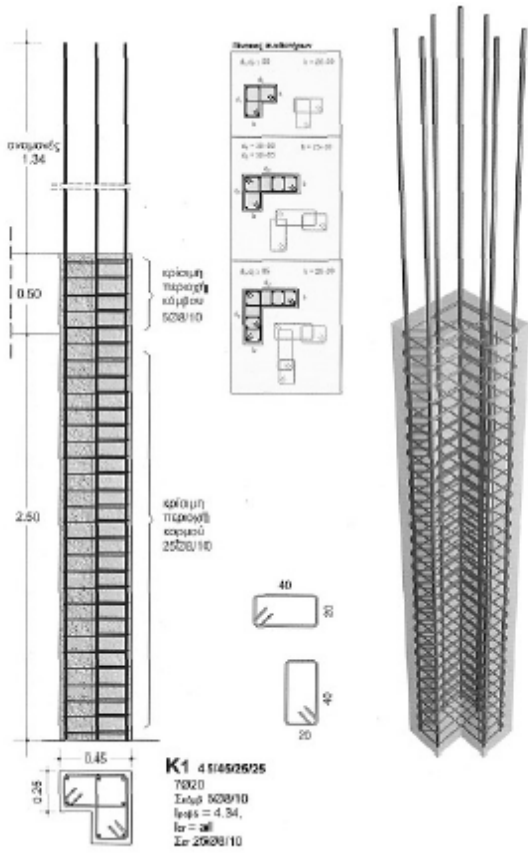
Σχήμα 7.

Παράδειγμα όπλισης σε κάτοψη και πρόσοψη υποστυλώματος τύπου Ζητα



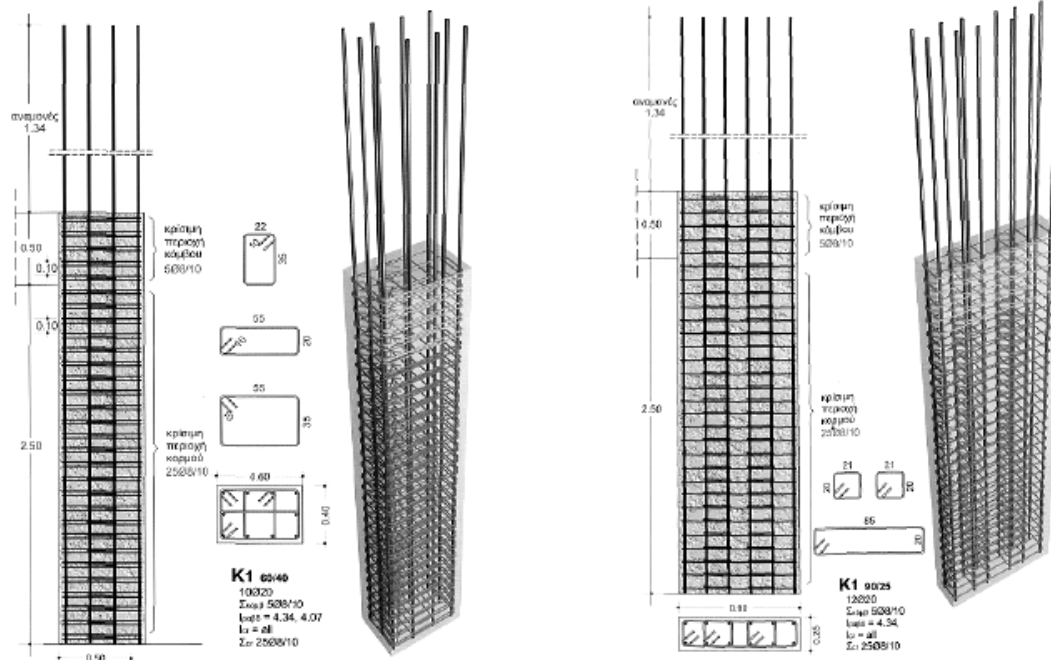
Σχήμα 8.

Οπλισμός γωνιακού υποστυλώματος σε κάτοψη και πρόσοψη



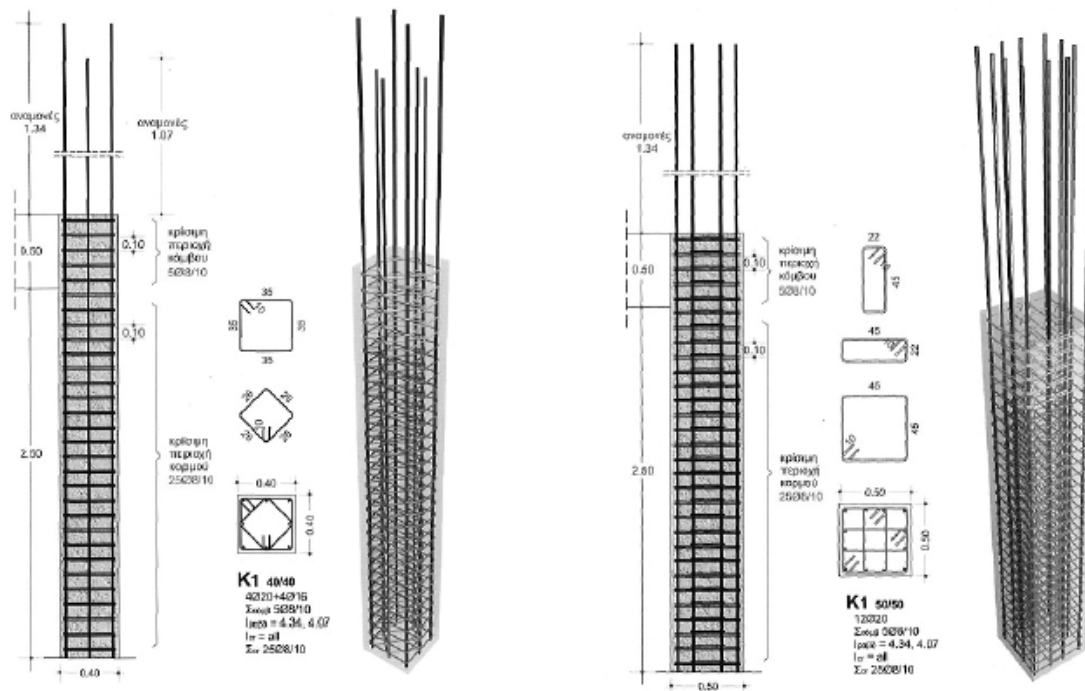
Σχήμα 9.

Οπλισμοί υποστυλωμάτων με διαφορετικές διαστάσεις και αναλογίες



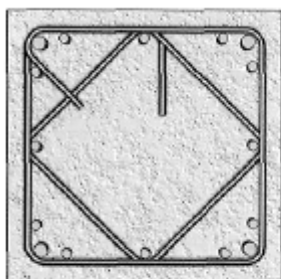
Σχήμα 10.

Οπλισμός τετράγωνων υποστυλωμάτων σε κ'λατοψη και πρόσοψη

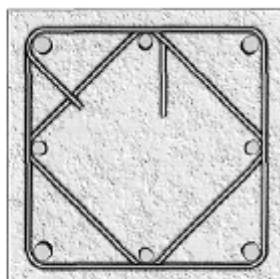


Σχήμα 11.

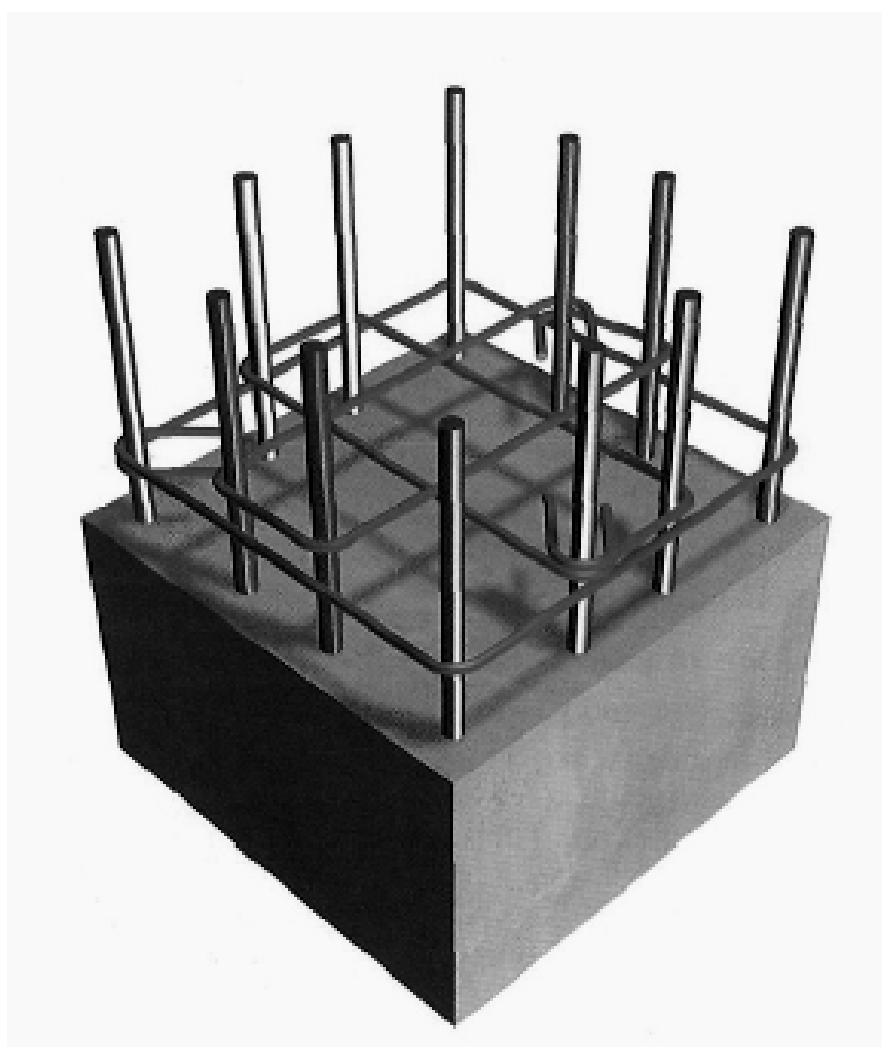
Παραδείγματα οπλισμών με χρήση 16 ράβδων



όπλιση με **16** ράβδους,
 $4\Phi 20+12\Phi 14$

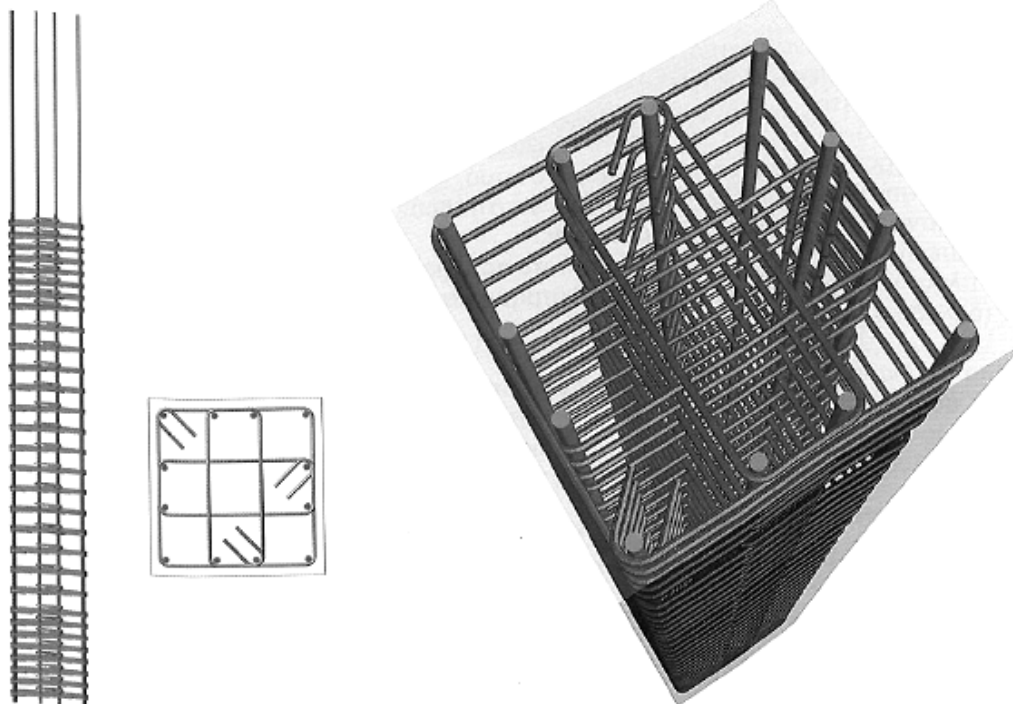


ισοδύναμη όπλιση με **8** ράβδους,
 $4\Phi 25+4\Phi 20$



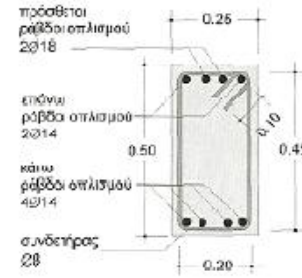
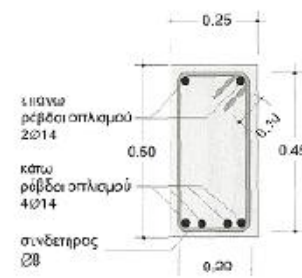
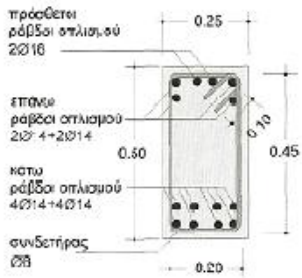
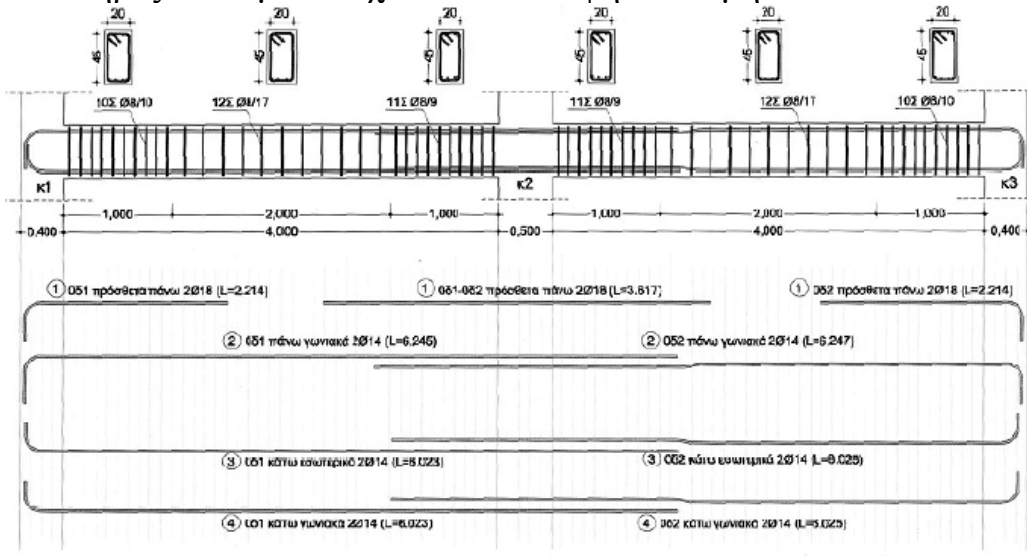
Σχήμα 12.

Κάτοψη και πρόσοψη οπλισμού με χρήση 16 ράβδων



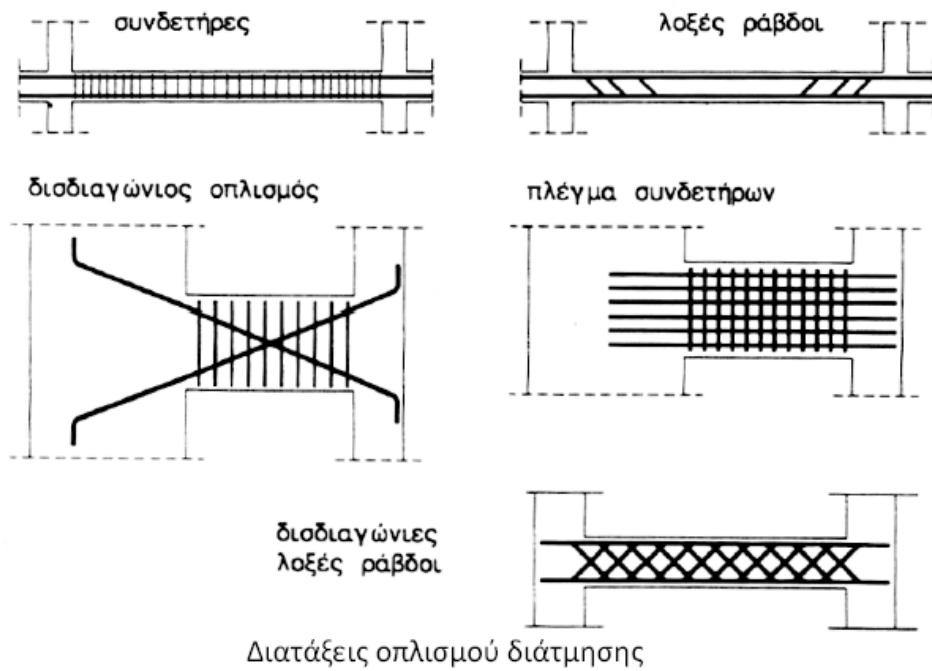
Σχήμα 13.

Συνδετήρες οπλισμού τοιχείων σε κάτοψη και τομή



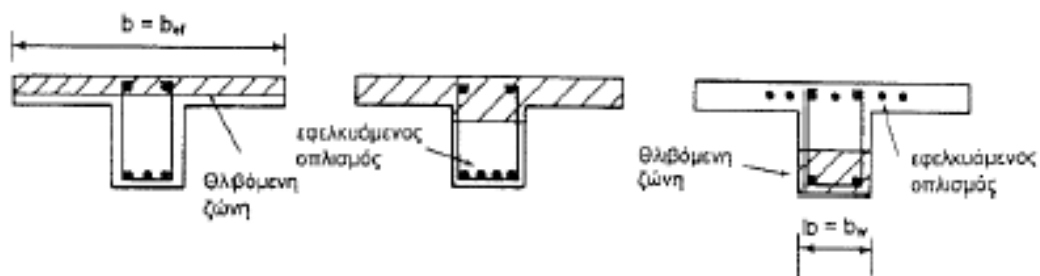
Συνχής δοκός πλαισίου 25cm x 50cm <μελέτη: beams20>

Σχήμα 14.
Οπλισμοί δοκών

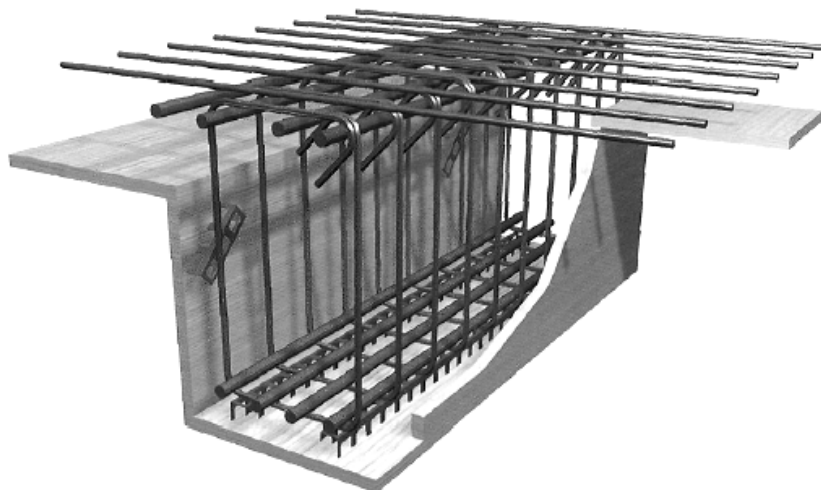


Σχήμα 15.

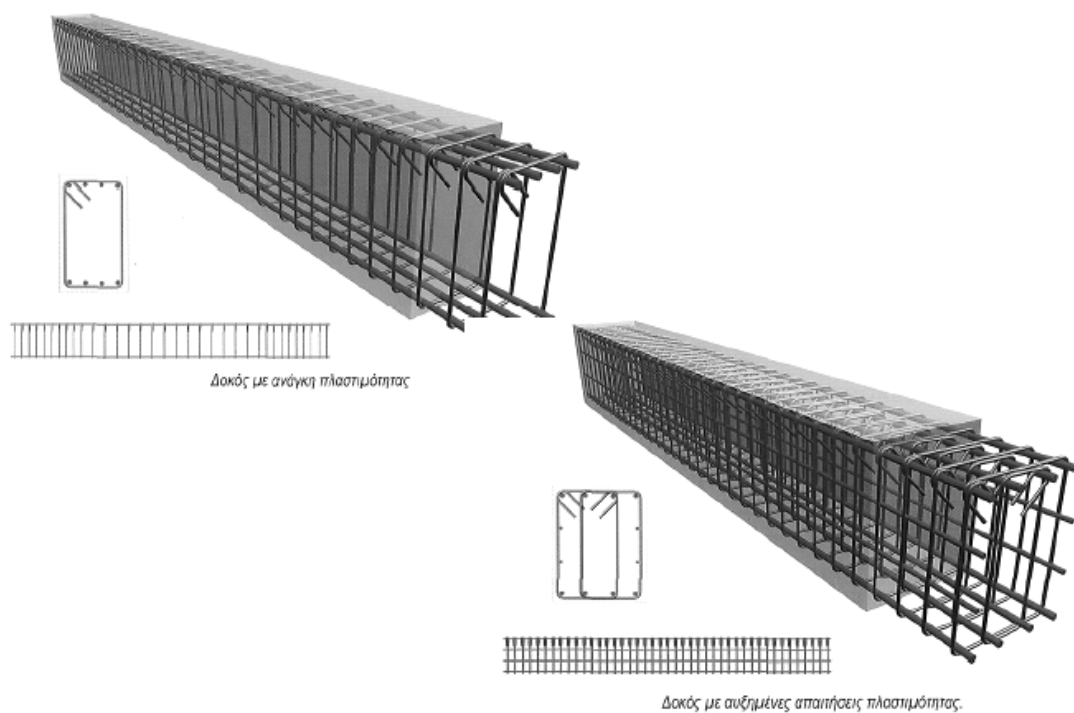
Τομή οπλισμού δοκών



Σχήμα 16.
Άποψη οπλισμού δοκού



Σχήμα 17.
Οπλισμός δοκού σε τομή και κάτοψη



3.2 ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ

Οι λόγοι που επιβάλλουν την επικάλυψη των οπλισμών είναι:

- α. Η προστασία του οπλισμού από την **οξειδωση** (σκουριά).
- β. Η εξασφάλιση **συνάφειας** (πρόσφυσης) του χάλυβα με το σκυρόδεμα.
- γ. Η **πυρασφάλεια**: οι οπλισμοί προστατεύονται από το σκυρόδεμα που τους περιβάλλει, από την αλλοίωση που θα δημιουργούσε σ' αυτούς η ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών σε περίπτωση φωτιάς στο κτίριο.
- δ. Η δυνατότητα **χαντρώματος**, χωρίς να θίγονται τα σίδηρα .

Γενικά, οι επικαλύψεις που εξασφαλίζονται με πλαστικά στηρίγματα έχουν σημαντικό κόστος, όσον αφορά την προμήθεια των πλαστικών, έχουν όμως ελάχιστο κόστος, όσον αφορά την εργασία τοποθέτησής τους.

Βέβαια, ως στηρίγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ευτελή υλικά, π.χ. κομμάτια από μάρμαρο, τα οποία δεν έχουν κόστος προμήθειας, έχουν όμως υψηλό κόστος τοποθέτησης. Το μεγάλο τους πρόβλημα ωστόσο είναι, το αν και κατά πόσο θα τοποθετηθούν σωστά, μια και αυτού του είδους τα στηρίγματα τοποθετούνται μετά το σιδέρωμα και λίγο πριν από τη σκυροδέτηση.

Σε περίπτωση πρόβλεψης εμφανών σκυροδεμάτων, μπορούν να χρησιμοποιούνται τοπικοί ή γραμμικοί **αποστατήρες** από ανοπλισμένο σκυρόδεμα, ή ακόμα και σιδερένια καβαλέτα με απολήξεις από ανοπλισμένο σκυρόδεμα.

Επικάλυψη κάτω οπλισμού πλακών

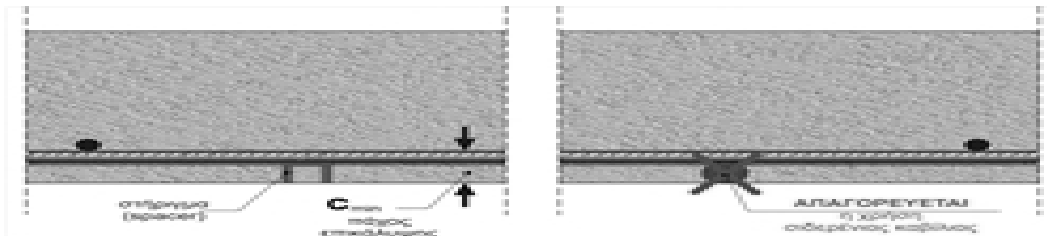
Η ελάχιστη επικάλυψη που πρέπει να εξασφαλίζεται για τους οπλισμούς των πλακών, συνήθως, κυμαίνεται από 20 έως 30 mm ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος λειτουργίας του κτιρίου. Τα 20 mm θα αντιστοιχούσαν σε ξηρό κλίμα και τα 30 mm σε παραθαλάσσια περιοχή.

Η εξασφάλιση της επικάλυψης επιτυγχάνεται μόνο με στηρίγματα (ονομάζονται αποστατήρες ή spacers), τα οποία πρέπει να είναι, σώματα ουδέτερα στην οξειδωση και τοποθετούνται ανά 1.00 m περίπου.



Η επικάλυψη του κάτω πλέγματος οπλισμών αυτής της πλάκας εξασφαλίζεται με πλαστικά στηρίγματα.

Η πιο απλή λύση εξασφάλισης της επικάλυψης των οπλισμών είναι οι ειδικές πλαστικές βέργες, όπως φαίνεται στην εικόνα. Απαγορεύεται η εξασφάλιση της επικάλυψης με ράβδους χάλυβα, επειδή είναι βέβαιη η οξείδωση τους.



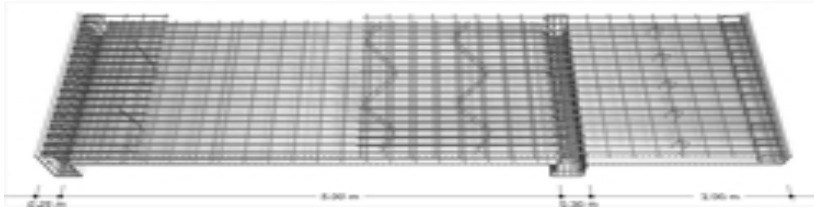
Όταν οξειδωθεί η χαλύβδινη ράβδος, φουσκώνει και πετά την οποιαδήποτε επικάλυψη σκυροδέματος και στη συνέχεια το σοβά, με εξαιρετικά δυσάρεστα αποτελέσματα τόσο για την ασφάλεια των ενοίκων, όσο και για τη ζωή του έργου.

Εξασφάλιση της θέσης του πάνω οπλισμού πλακών

Ο πάνω (αρνητικός) οπλισμός των πλακών, είτε πρόκειται για στήριξη μεταξύ δύο πλακών, είτε για στήριξη πλάκας με μπαλκόνι, εξασφαλίζεται αποτελεσματικά μόνο με τη χρήση ειδικών καβαλέτων.

Στη συνεχή πλάκα του παραδείγματος με τον πρόβολο, η εξασφάλιση του πάνω οπλισμού επιτυγχάνεται με τρεις τρόπους:

- (α) άμεσα επί του ξυλοτύπου, με χρήση τετράποδων καβαλέτων
- (β) έμμεσα με χρήση καβαλέτων αναδιπλούμενου πλέγματος (μανδύα) και
- (γ) έμμεσα με χρήση καβαλέτων τύπου S.



Άμεσο, τετράποδο καβαλέτο.

Είναι προκατασκευασμένο προϊόν από λεπτή χαλύβδινη ράβδο, ενώ τα στηρίγματα του είναι εμβαπτισμένα σε πλαστικό υλικό, για να μην οξειδώνονται στην περιοχή της στήριξης του καβαλέτου επί του ξυλοτύπου.



Έμμεσο, καβαλέτο τύπου S ή φιδάκι.

Στην αγορά κυκλοφορεί προκατασκευασμένο σε πακέτα, σε επίπεδη μορφή. Η μορφή φιδιού δίνεται κατά την τοποθέτησή του.



Έμμεσο καβαλέτο μανδύα.

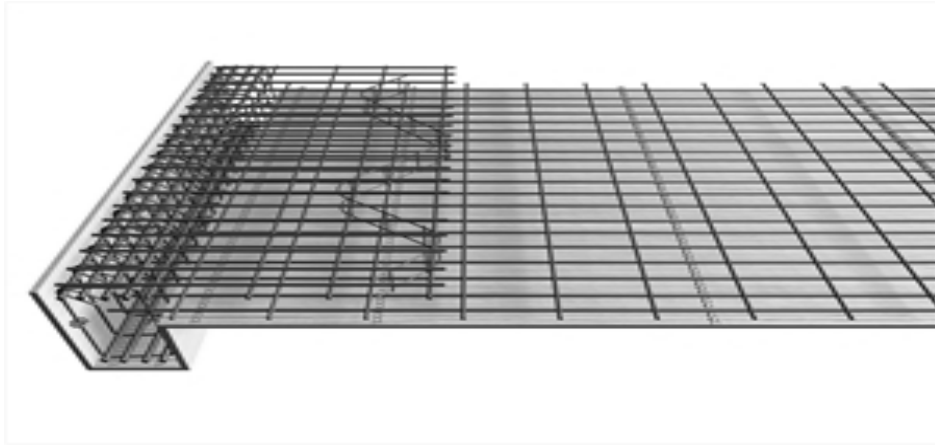
Κατασκευάζεται εύκολα με αναδίπλωση στο επιθυμητό ύψος, από πλέγμα τυποποιημένης πυκνότητας, π.χ. Φ8/200. Στις περιπτώσεις ελευθέρων παρυφών, όπως είναι οι ακμές μπαλκονιών, εκτός από τη λειτουργία του ως καβαλέτου, εξασφαλίζει και την ανάγκη οπλισμού τύπου φουρκέτας, που είναι απαραίτητος για τη συνοχή των κούτελων.



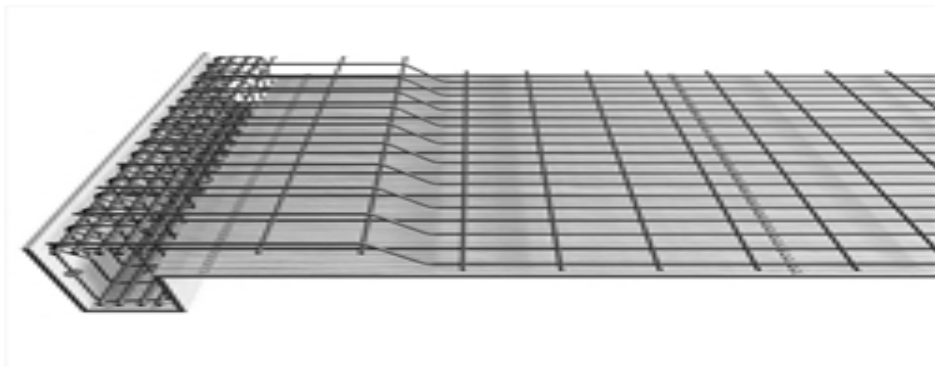
Έμμεσο καβαλέτο φουρκέτα.

Για αμιγή χρήση ελευθέρων παρυφών πλακών.

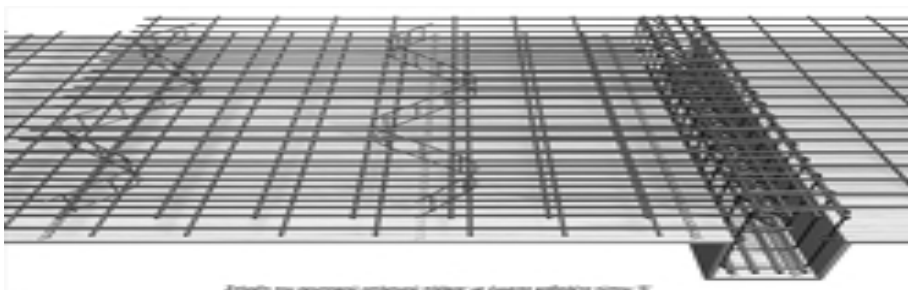




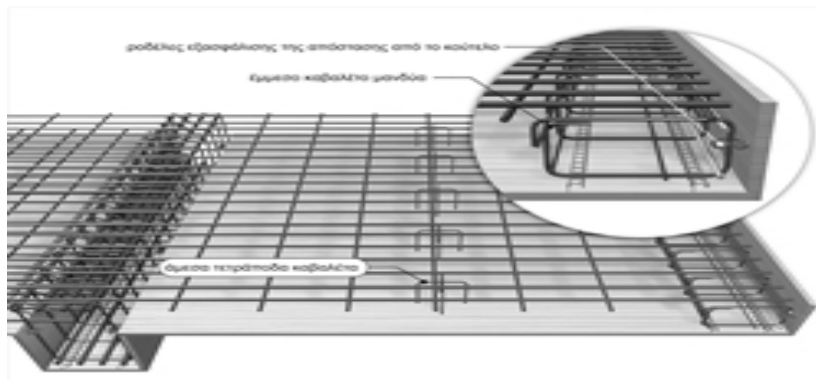
Σε περίπτωση χρησιμοποίησης πλέγματος ως οπλισμού στην πάνω ακραία στήριξη της πλάκας, αρκεί για την εξασφάλιση της θέσης του, ένα καβαλέτο τύπου S που στηρίζεται στην κάτω εσχάρα του οπλισμού, κατά μήκος της περιοχής του πλαστικού αποστατήρα.



Σε περίπτωση χρησιμοποίησης σπαστών ράβδων του ανοίγματος στην πάνω ακραία στήριξη, η εξασφάλιση της θέσης του πάνω οπλισμού επιτυγχάνεται από την κάμψη των ράβδων και τότε πιθανόν να μην είναι αναγκαία τα έμμεσα καβαλέτα.



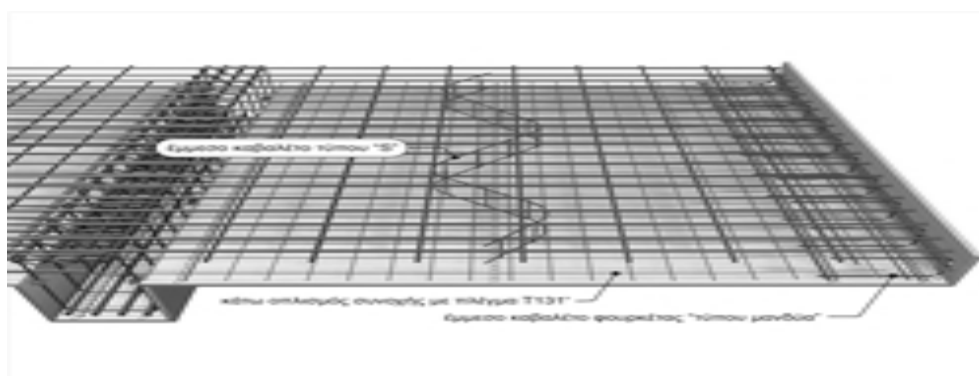
Στην αριστερή στήριξη της συνέχειας των πλακών, τοποθετούνται δύο έμμεσα καβαλέτα τύπου S που στηρίζονται στην κάτω εσχάρα του οπλισμού κατά μήκος της περιοχής των πλαστικών αποστατήρων.



Στήριξη του αρνητικού οπλισμού πλάκας με τετράποδα καβαλέτα και μανδύες

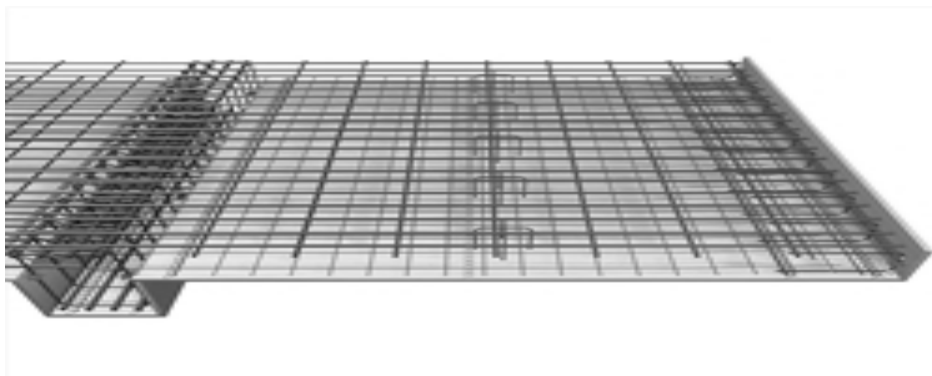
Στη δεξιά στήριξη της συνέχειας των πλακών, που είναι το μπαλκόνι, τοποθετούνται δύο σειρές καβαλέτα, μία σειρά έμμεσων καβαλέτων μανδύα που στηρίζονται σε δύο διαμήκεις αποστατήρες και μία σειρά άμεσων τετράποδων αποστατήρων.

Η πλευρική εξασφάλιση του μανδύα με τοπικούς αποστατήρες είναι απαραίτητη και πρέπει να γίνεται αμέσως μετά την τοποθέτηση του μανδύα και πριν το δέσιμο των ραβδών των πλακών. Σε περίπτωση χρησιμοποίησης ροδελών, γενικά καλό είναι αυτές να είναι κατακόρυφες, ώστε να μην παρασύρονται κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης. Όταν όμως πρόκειται για κούτελα πλακών, μπορεί να τοποθετούνται και οριζόντια (όπως στο σχήμα), επειδή το σκυρόδεμα σ' αυτές τις περιοχές δεν πέφτει απ' ευθείας.



Στήριξη του αρνητικού οπλισμού πλάκας με έμμεσα καβαλέτα τύπου 'S' και μανδύες

Εναλλακτική λύση της προηγούμενης, σε περίπτωση χρησιμοποίησης ελαφρού δομικού πλέγματος στην κάτω στρώση του προβόλου, αποτελεί η χρήση έμμεσων καβαλέτων τύπου S αντί άμεσων τετράποδων καβαλέτων. Σ' αυτή την περίπτωση είναι πρακτικότερο να τοποθετείται μανδύας σε σχήμα φουρκέτας, ώστε να συρταρώνει μέσα στη φουρκέτα το πλέγμα εύκολα.



Εναλλακτικά, ακόμη και στην περίπτωση που υπάρχει πλέγμα στην κάτω στρώση πλάκας ή προβόλου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα τετράποδα καβαλέτα αντί έμμεσων καβαλέτων τύπου S.



Καβαλέτα από χαλύβδινες ράβδους οπλισμού που πατάνε πάνω στον ξυλότυπο απαγορεύονται. Άλλωστε η χρήση παλιού τύπου αυτοσχέδιων καβαλέτων είναι και ακριβότερη λύση.

Επικάλυψη οπλισμού δοκών

Η ελάχιστη επικάλυψη που πρέπει να εξασφαλίζεται για τους οπλισμούς των δοκών, συνήθως, κυμαίνεται από 25 έως 35 mm ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος λειτουργίας του κτιρίου. Τα 25 mm αντιστοιχούν σε ξηρό κλίμα και τα 35 mm σε παραθαλάσσια περιοχή.

Η στήριξη των συνδετήρων στη βάση της δοκού εξυπηρετεί να γίνεται επάνω σε ενιαία αδρανή και ανθεκτική βέργα, επειδή όλα τα φορτία των οπλισμών μεταφέρονται σ' αυτά τα σημεία.

Οι πλευρικές επικαλύψεις του κλωβού των συνδετήρων πρέπει να εξασφαλίζονται με κατάλληλα πλαστικά στηρίγματα. Στην περίπτωση χρησιμοποίησης βιομηχανικού κλωβού, οι ροδέλες είναι προτιμότερο να τοποθετούνται πάνω στις συνδετικές ράβδους, ώστε να μην παρασύρονται από το σκυρόδεμα.



Τα πλαϊνά στηρίγματα, δεν φέρουν βάρος, γι' αυτό και δεν είναι απαραίτητο να είναι βαρέως τύπου, τοποθετούνται δε μετά την τακτοποίηση του κλωβού των συνδετήρων στο εσωτερικό της δοκού και πριν το δέσιμο των ράβδων της δοκού και των επ' αυτών ράβδων των πλακών.

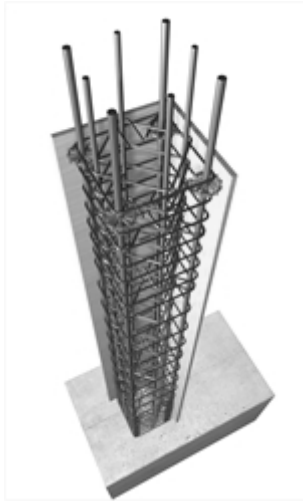
Η τοποθέτηση πλαϊνών διαμήκων πλαστικών ράβδων (όμοιων με αυτές που τοποθετούνται στον πάτο της δοκού) δημιουργούν δύο προβλήματα: α) δεν επιτρέπουν την άνετη τοποθέτηση του κλωβού των συνδετήρων στο εσωτερικό της δοκού και β) εμποδίζουν τη σωστή σκυροδέτηση της δοκού. Αν ο κλωβός των συνδετήρων είναι βιομηχανικός, άρα έχει διαμήκειες συνδετικές ράβδους, τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν κομμάτια πλαστικών ράβδων, τοποθετημένα όμως κατακόρυφα.

Επικάλυψη οπλισμού υποστυλωμάτων

Η ελάχιστη επικάλυψη που πρέπει να εξασφαλίζεται για τους οπλισμούς των υποστυλωμάτων, συνήθως, κυμαίνεται από 25 έως 35 mm ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος λειτουργίας του κτιρίου. Τα 25 mm αντιστοιχούν σε ξηρό κλίμα και τα 35 mm σε παραθαλάσσια περιοχή.

Η εξασφάλιση της επικάλυψης των οπλισμών των υποστυλωμάτων είναι απλή. Αρκούν, για παράδειγμα, τέσσερα (4) μεμονωμένα στηρίγματα στην

κορυφή του υποστυλώματος, καθώς στη βάση οι ράβδοι εξασφαλίζονται με δέσιμο στις αναμονές.



Ειδικά για τα υποστυλώματα, η χρησιμοποίηση στηριγμάτων για την εξασφάλιση της επικάλυψης των οπλισμών επιτυγχάνει και την ορθοκέντρωση των κατακόρυφων ράβδων, ώστε, όταν ο τεχνίτης κληθεί να σιδερώσει τον επάνω όροφο, οι ράβδοι θα είναι στη θέση τους και δεν θα χρειαστεί να καταβάλει σημαντικό κόπο - που σημαίνει και πρόσθετο κόστος - για να τις φέρει στη σωστή θέση.

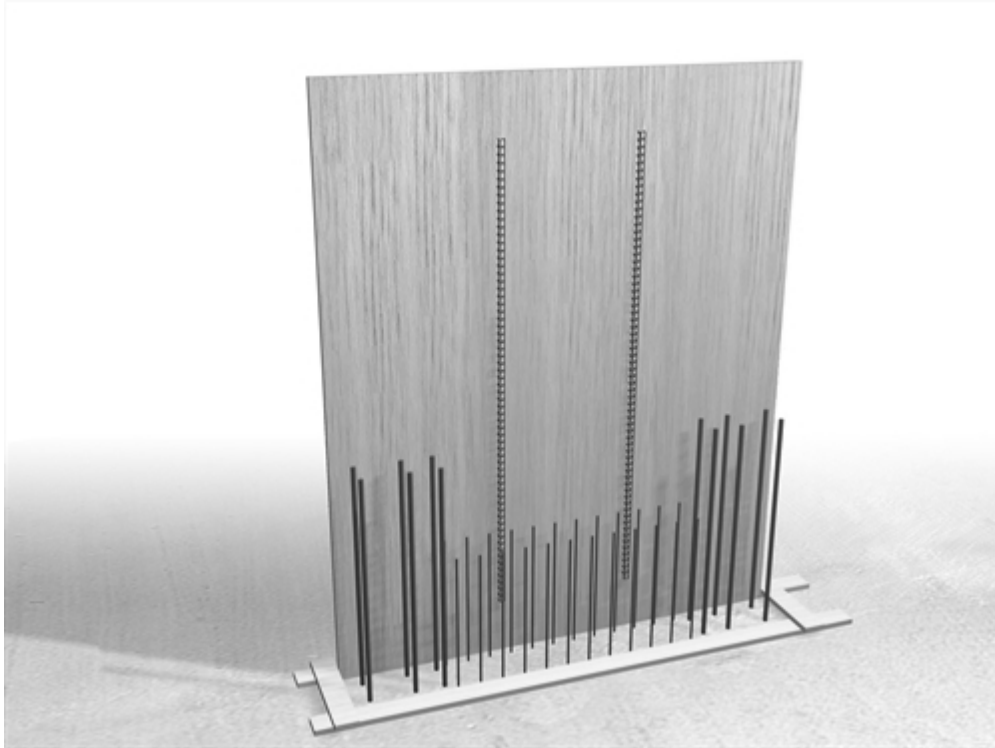
Η επικάλυψη μπορεί να εξασφαλιστεί, είτε με ροδέλες στην κορυφή των ράβδων (σ' αυτές τις θέσεις δεν υπάρχει πρόβλημα να παρασυρθούν από το σκυρόδεμα), είτε με κατακόρυφες ροδέλες αγκυρωμένες πάνω στους συνδετήρες, είτε με κομμάτια πλαστικής βέργας τοποθετημένης κατακόρυφα πάνω στον ξυλότυπο.

Σε κάθε περίπτωση, η τοποθέτηση των αποστατήρων γίνεται μετά την τοποθέτηση του κλωβού των συνδετήρων, ώστε αφενός να γίνει εύκολα η τοποθέτηση του κλωβού και αφετέρου να ορθοκεντρωθούν οι ράβδοι με επιμέλεια.

Επικάλυψη οπλισμού τοιχείων

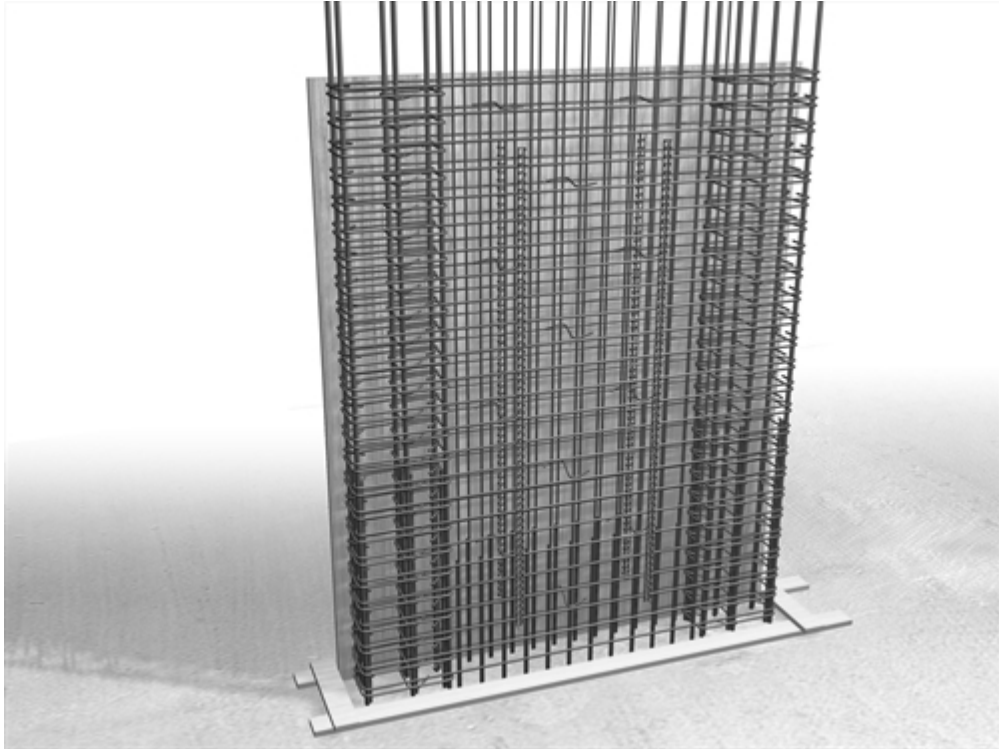
Για την εξασφάλιση της επικάλυψης των ακραίων υποστυλωμάτων των τοιχείων ισχύουν τα ίδια με τα υποστυλώματα, ενώ σε ό,τι αφορά την εξασφάλιση της επικάλυψης του πλέγματος του οπλισμού των κορμών των τοιχείων ισχύουν τα παρακάτω:

Εφόσον καλουπωθεί η πλάτη του τοιχείου, καρφώνονται πάνω στον ξυλότυπο ολόκληρες οι πλαστικές βέργες (το μήκος τους είναι συνήθως 2.0 m) ή ένα κομμάτι τους.



Οι δύο διαμήκεις αποστατήρες είναι καρφωμένοι πάνω στον ξυλότυπο

Στη συνέχεια τοποθετούνται τα ακραία υποστυλώματα και ο οπλισμός του κορμού. Μετά την τοποθέτηση του συνολικού οπλισμού, δένονται πάνω στην εσωτερική σχάρα οι αποστατήρες, ώστε μόλις μπει και το υπόλοιπο καλούπι να εξασφαλιστεί η επικάλυψη, αλλά και η ορθοκέ-ντρωση του οπλισμού.



Μετά την τοποθέτηση του οπλισμού και πριν το κλείσιμο του τοιχείου, δένονται οι δύο πλαστικές ράβδοι πάνω στην εσωτερική εσχάρα του οπλισμού

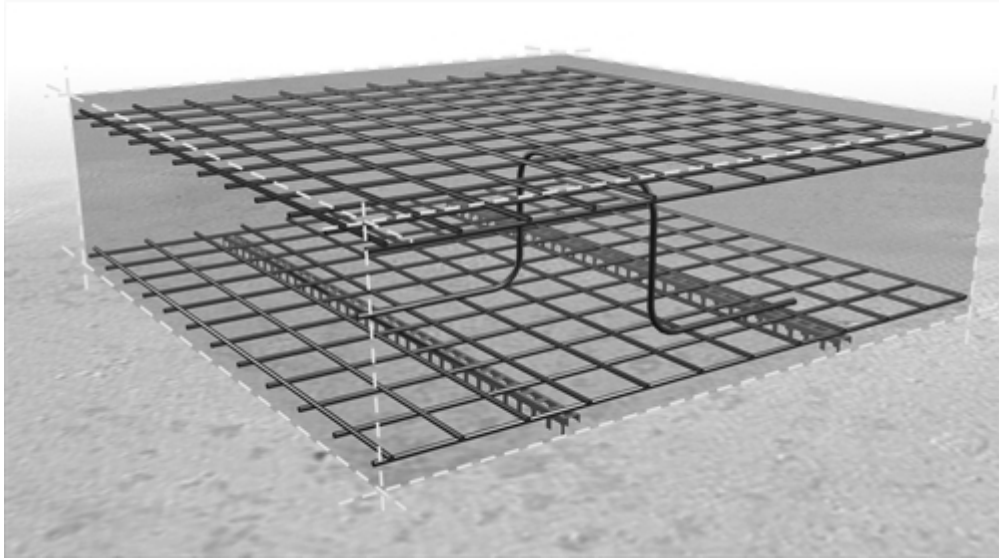
Οι αποστατήρες στα πλαϊνά των πελμάτων είναι απαραίτητοι για να μη γλιστρούν οι οπλισμοί μονόπατα. Οι αποστατήρες αυτοί δεν φέρουν βάρος, γι' αυτό και αρκούν λίγοι τοπικοί, οι οποίοι πρέπει να είναι κατακόρυφοι, ώστε να μη παρασύρονται από το μπετόν κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης.

Εξασφάλιση της θέσης του πάνω οπλισμού πλακών θεμελίωσης

Στην περίπτωση ολικής ή μερικής κοιτόστρωσης, ή σε περιπτώσεις πυθμένων πισίνων, είναι απαραίτητο να τοποθετηθεί και πάνω πλέγμα οπλισμού.

Όπως και στις πλάκες της ανωδομής, στις περιοχές των άκρων της πλάκας, μπορεί να συνδυάζεται ο οπλισμός τύπου φουρκέτας, με οπλισμό ανοιχτού, ή κλειστού μανδύα.

Στον ενδιάμεσο χώρο, η εξασφάλιση της επικάλυψης μπορεί να επιτευχθεί με χρήση σιδηρών καβαλέτων τα οποία πατούν στην κάτω εσχάρα του οπλισμού.

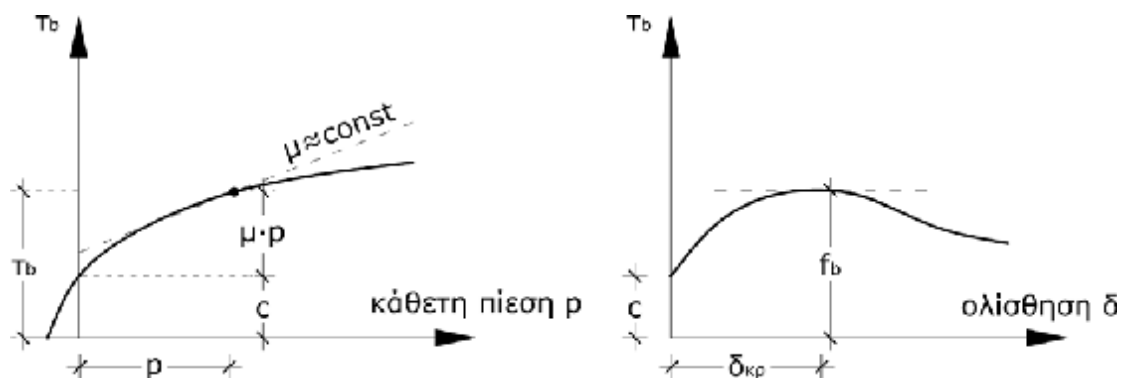


Η πάνω εσχάρα της θεμελίωσης στηρίζεται σε σιδερένια καβαλέτα, τα οποία με τη σειρά τους στηρίζονται στην κάτω εσχάρα

3.3 ΣΥΝΑΦΕΙΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ – ΟΠΛΙΣΜΩΝ

Ορισμοί

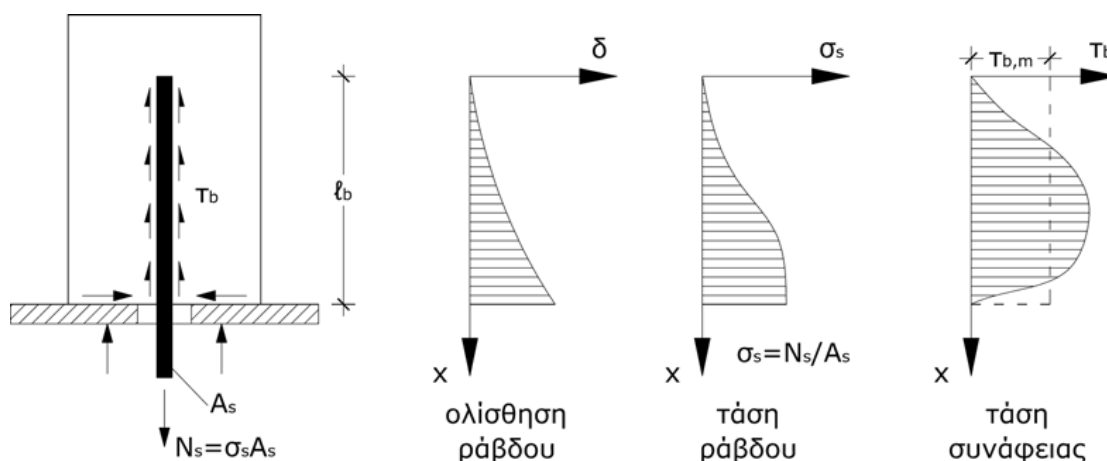
- Συνάφεια: Διατμητική αντίσταση έναντι ολίσθησης μεταξύ σκυροδέματος και ράβδων οπλισμού
- Συνάφεια = Πρόσφυση + Τριβή + Εμπλοκή
 - Πρόσφυση: Προσκόλληση χάλυβα – σκυροδέματος (μοριακής υφής)
 - Τριβή: (συντελεστής τριβής)·(κάθετη πίεση) : $\mu \cdot p$
 - Εμπλοκή: Μόνο για νευροχάλυβες
- Τάση συνάφειας λείων ράβδων: $\tau_b = c + \mu \cdot p$



Αντοχή συνάφειας : Η μέγιστη τιμή της τάσης συνάφειας για την κρίσιμη τιμή της ολίσθησης ($\delta_{κρ}$)

Κατανομή τάσεων συνάφειας στο μήκος αγκύρωσης

- Ευθύγραμμη αγκύρωση



Κατανομή μεγεθών στο μήκος αγκύρωσης

Αν με N_s συμβολιστεί η εξωτερική δύναμη εξόλκευσης της ράβδου και θεωρηθεί ομοιόμορφη κατανομή των τάσεων συνάφειας σε όλη τη διεπιφάνεια μεταξύ των δύο υλικών τότε:

$$N_s = t_b(\pi d)l_b$$

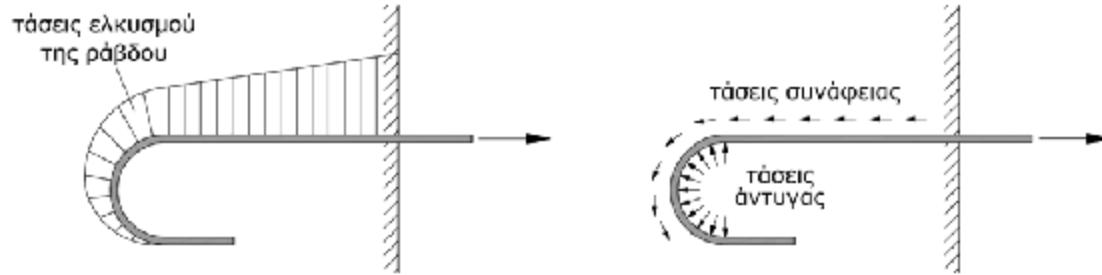
Όπου :

d : η διάμετρος της ράβδου του σπλισμού

l_b : το μήκος της ράβδου μέσα στα δοκίμια σκυροδέματος

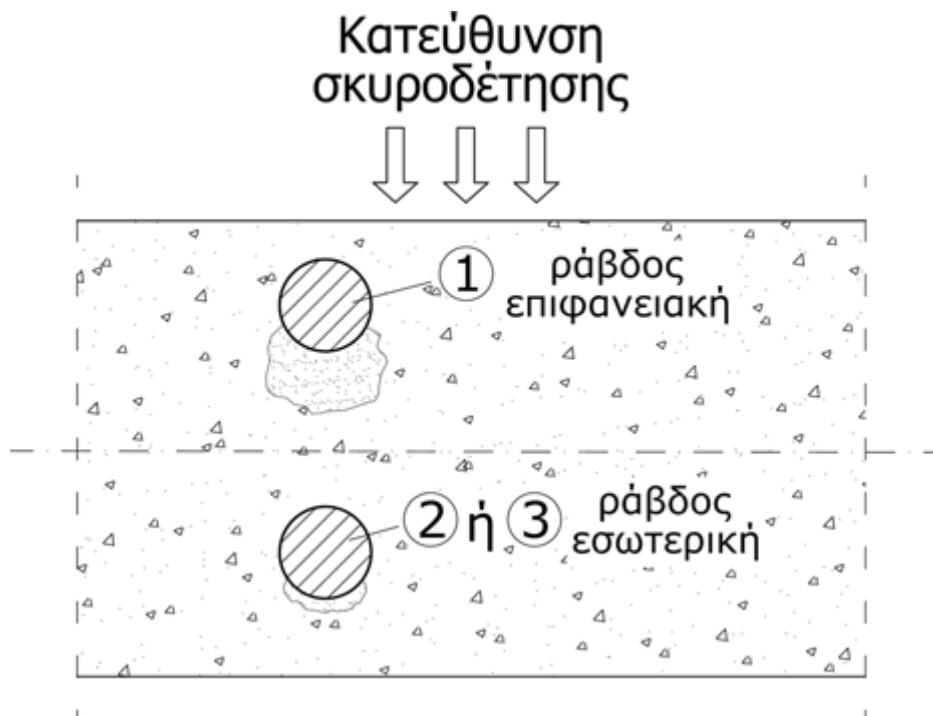
t_b : μέση τάση συνάφειας

• Αγκύρωση με άγκιστρο πέρατος



Μεταβολή τάσης ράβδου κατά μήκος αγκύρωσης καμπύλου άκρου

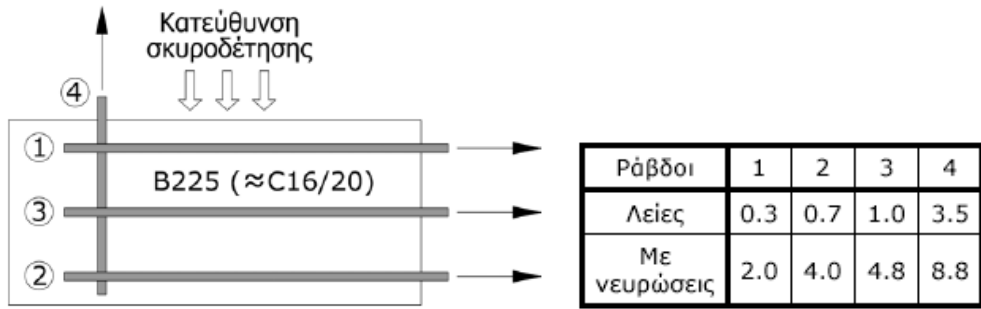
Επιρροή της θέσης της ράβδου στην τάση συνάφειας



Επιρροή της θέσης της ράβδου στην πρόσφυση με το σκυρόδεμα

- Κάτω από τις οριζόντιες ράβδους σχηματίζεται υδαρής θύλακας τσιμεντοπολτού που με την σκλήρυνση γίνεται πορώδης στρώση
- Ο θύλακας μεγαλώνει όσο ψηλότερα βρίσκεται η ράβδος και όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος του στοιχείου (εξίδρωση)

Επιρροή της θέσης της ράβδου στην τάση συνάφειας

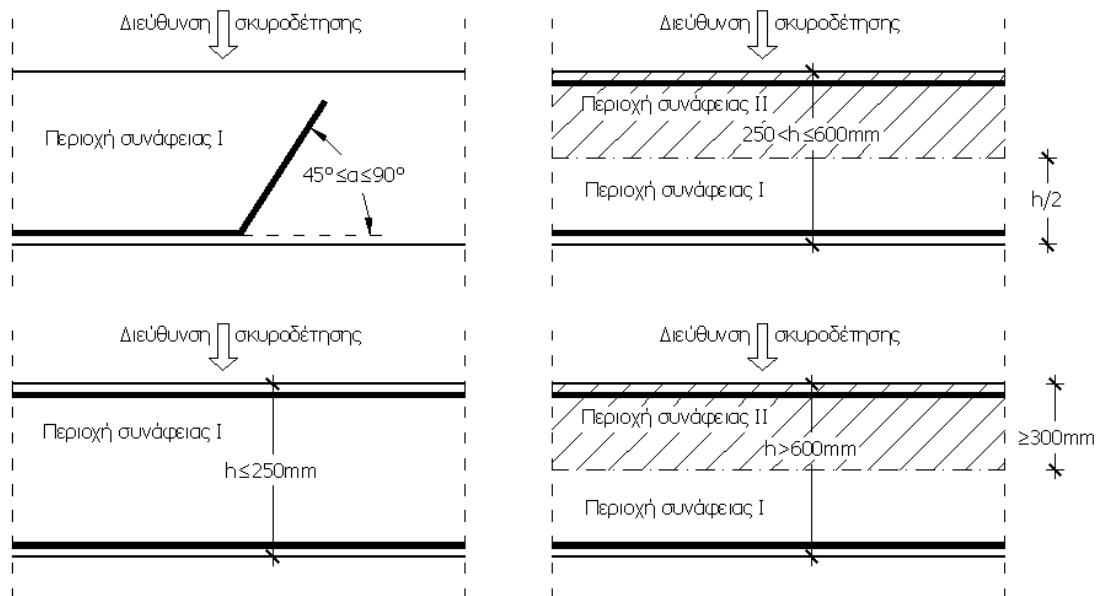


Ενδεικτικές μέσες πειραματικές τιμές αντοχής συνάφειας (Mpa)

Συνθήκες συνάφειας

Ευνοϊκές: Περιοχές συνάφειας I (Π.Σ. I)

Μειονεκτικές: Περιοχές συνάφειας II (Π.Σ. II)



Διάκριση συνθηκών συνάφειας σύμφωνα με τον ΕΚΟΣ2000

Τάση συνάφειας σχεδιασμού

Βασικές τιμές τάσης συνάφειας σχεδιασμού f_{bd} (MPa)

Π.Σ	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	C12	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50
I	Λείες ράβδοι	0.83	0.96	1.07	1.2	1.31	1.42	1.52	1.61	1.7
	Με νευρώσεις	1.65	1.95	2.25	2.7	3.0	3.3	3.75	4.05	4.35
II	Λείες ράβδοι	0.58	0.67	0.75	0.84	0.92	0.99	1.06	1.13	1.19
	Με νευρώσεις	1.16	1.37	1.58	1.89	2.1	2.31	2.63	2.84	3.05

Οι τιμές του παραπάνω πίνακα υπολογίσθηκαν σύμφωνα με τις εξής σχέσεις:

- Περιοχές συνάφειας I:

Λείες ράβδοι: $f_{bd} = 0.36 f_{ck} / \gamma_c$

Νευροχάλυβες: $f_{bd} = c_t k_c \cdot 0.05 \cdot c \cdot f = 2.25 f / \gamma$

- Περιοχές συνάφειας II: Το 70% των Π.Σ. I

• Μείωση της f_{bd} σε ράβδους $\varnothing > 32\text{mm}$: $f_{bd}(\varnothing > 32) = n_{\varnothing} \cdot f_{bd}$ όπου $n_{\varnothing} = (132 - \varnothing) / 100$

• Αύξηση της f_{bd} για πίεση p (MPa) κάθετα στο επίπεδο διάρρηξης

$f_{bd,p} = n_p \cdot f_{bd}$ όπου $n_p = 1 / (1 - 0.04p) \leq 1.4$

• Περιοχές με επαρκή εγκάρσια πίεση (Ε.Ε.Π.) : $n_p = 1.4$

i. Κόμβοι όπου συντρέχουν τουλάχιστον 3 δοκοί

ii. Περισφιγμένες περιοχές δομικών στοιχείων [ΕΚΟΣ 18.4.4.2]

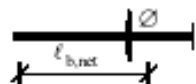
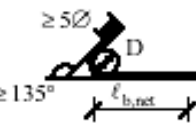
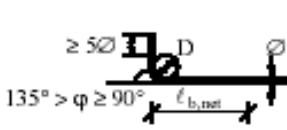
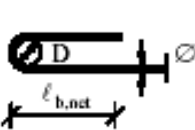
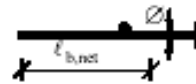
3.4 ΑΓΚΥΡΩΣΕΙΣ

Τύποι αγκυρώσεων

Σε σχέση με την αποδοτικότητα τους οι αγκυρώσεις διακρίνονται σε 4 τύπους :

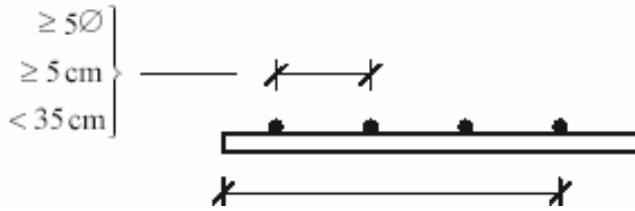
1. Ευθύγραμμες αγκυρώσεις.
2. Καμπύλες αγκυρώσεις (άγκιστρα ημικυκλικά, αναβολείς), με ελάχιστη διάμετρο καμπύλωσης D ίση με αυτή των σειρών A,1 και A,2 του πίνακα.
3. Ευθύγραμμες αγκυρώσεις με τουλάχιστον μια συγκολλημένη εγκάρσια ράβδο στο μήκος αγκύρωσης.
 Η εγκάρσια συγκολλημένη ράβδος πρέπει να απέχει το πολύ 5Φ από τη θέση ενάρξεως του μήκους αγκύρωσης, η δε διάμετρός της πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με $0,6\Phi$.
4. Αγκυρώσεις με πρόσθετα στοιχεία (σώματα αγκυρώσεως)

Πίνακας 1 : Τύποι αγκυρώσεων και τιμές του συντελεστή αποδοτικότητας τύπου αγκύρωσης α της εξίσωσης για το $l_{b,net}$

Τύποι Αγκύρωσης	Συντελεστής α	
	Ράβδοι υπό:	
	Εφέλκυσμό	Θάμνη
1 	1.0	1.0
2 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>άγκιστρα ημικυκλικά</p>  <p>$\varphi \geq 135^\circ$</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>άγκιστρα ορθογωνικά</p>  <p>$135^\circ > \varphi \geq 90^\circ$</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>αναβολείς</p>  </div> </div>	0.7	1.0
3 	0.7	0.7

- Σε περίπτωση συνύπαρξης ευνοϊκών χαρακτηριστικών οι συντελεστές αποδοτικότητας πολλαπλασιάζονται, με κάτω όριο $\alpha_{tot} \geq 0.5$ (π.χ. αγκύρωση υπό εφέλκυσμό με καμπύλο άκρο και εγκάρσια συγκολλητή ράβδο: $\alpha_{tot} = \alpha_2 \cdot \alpha_3 \approx 0.50$)

Σε συγκολλητά δομικά πλέγματα ράβδων με νευρώσεις πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον μια συγκολλημένη εγκάρσια ράβδος στο μήκος αγκύρωσης.



Αποστάσεις εγκάρσιων ράβδων σε συγκολλητά δομικά πλέγματα με ράβδους λείες(ή με εγχοπές) στο τμήμα αγκύρωσης.

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΜΗΚΟΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ

Το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης $l_{b,net}$ είναι εν γένει ευθύγραμμο. Στην περίπτωση καμπύλων αγκυρώσεων με διάμετρο τυμπάνου D κατά τις απαιτήσεις των σειρών Β.1 έως και Β.3 του πίνακα 1 επιτρέπεται στο απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης να συνυπολογίζεται το καμπύλο και το πέραν αυτού τμήμα της ράβδου. Στην περίπτωση αυτή θα λαμβάνεται συντελεστής $\alpha=1$ και δε θα ισχύει η αύξηση της τιμής f_{bd} λόγω εγκάρσιας πίεσης.

Για τις περιπτώσεις αυτές, στο ελάχιστο μήκος $l_{b,net}$ επιτρέπεται να συνυπολογίζεται και η προβολή της καμπύλης.

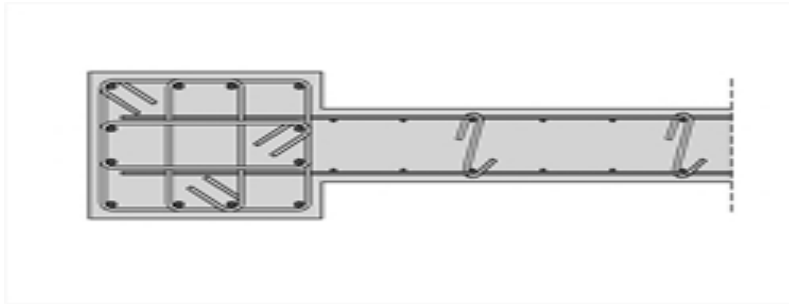
$$L \quad l_{b,net} = \alpha l_b (A_{s,req} / A_{s,prov}) \geq l_{b,min}$$

Όπου $A_{s,req}$ η κατά τους υπολογισμούς θεωρητικά απαιτούμενη διατομή οπλισμού

ΤΡΟΠΟΙ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΡΑΒΔΩΝ ΚΟΡΜΟΥ ΤΟΙΧΕΙΟΥ

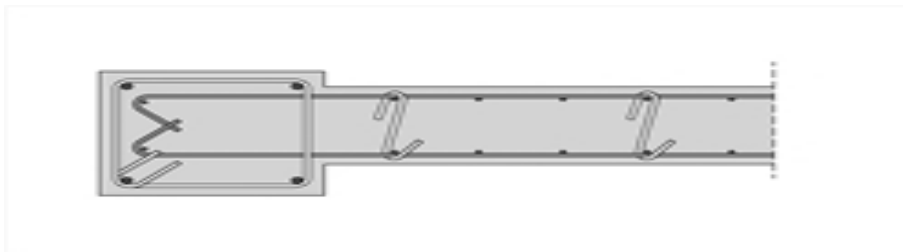
(α) Αγκύρωση επί ισχυρού ακραίου υποστυλώματος

Όταν το ακραίο υποστύλωμα είναι ισχυρό και η αγκύρωση των οριζόντιων ράβδων (διανομών) γίνεται στον πυρήνα της κολόνας, τότε η αγκύρωση μπορεί να είναι ευθύγραμμη.



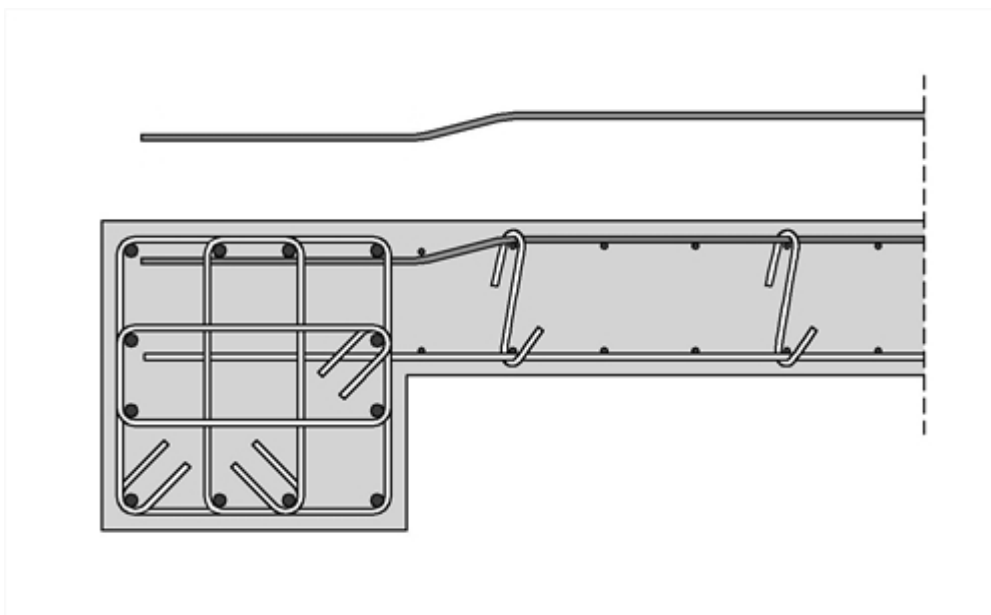
(β) Αγκύρωση επί ισχνού ακραίου υποστύλωματος

Όταν το ακραίο υποστύλωμα είναι ισχνό, δηλαδή δεν επαρκεί το μήκος του για ευθύγραμμη αγκύρωση, υποχρεωτικά χρησιμοποιείται αγκύρωση με άγκιστρο.



(γ) Ευθύγραμμη αγκύρωση στον πυρήνα, όταν το ακραίο υποστύλωμα είναι ισχυρό και η παρειά του υποστύλωματος συγγραμμική με την πλευρά του τοιχείου:

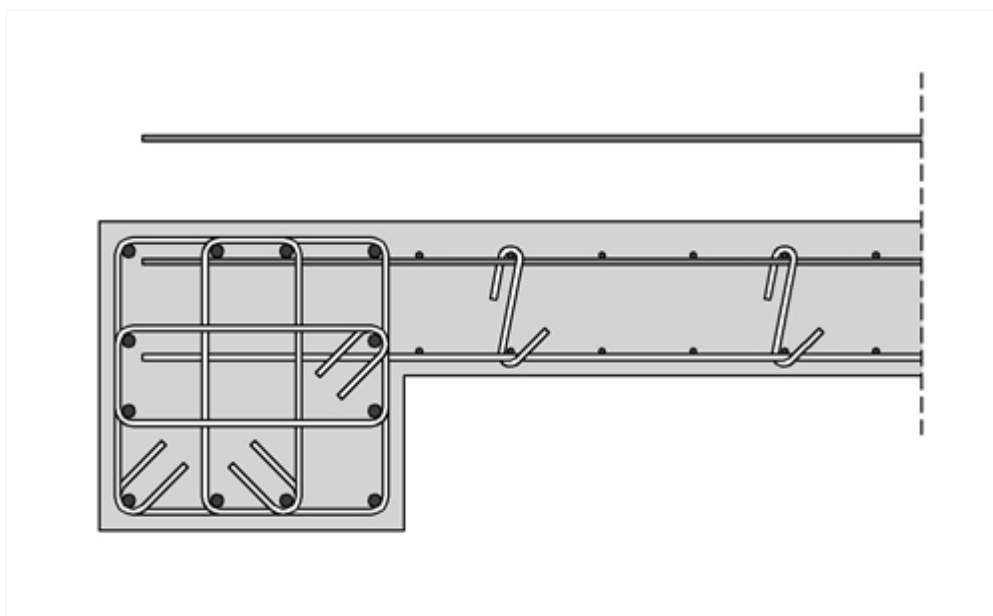
(i) περίπτωση:



Το μειονέκτημα εδώ είναι η ανάγκη καμπύλωσης των οριζόντιων ράβδων στα σημεία παράκαμψης. Για ράβδους $\varnothing 8$ και $\varnothing 10$ αυτό μπορεί να γίνει και επί τόπου με το «κλειδάκι» κατά τη διάρκεια της συναρμολόγησης, για μεγαλύτερες όμως διαμέτρους, πρέπει να γίνεται υποχρεωτικά στον κουρμαπάδορο.

Σ' αυτή την περίπτωση ο σιγμοειδής οπλισμός πρέπει να πιάνει τις οριζόντιες ράβδους δίπλα στο σημείο συμβολής τους με τις κατακόρυφες.

(ii) περίπτωση:



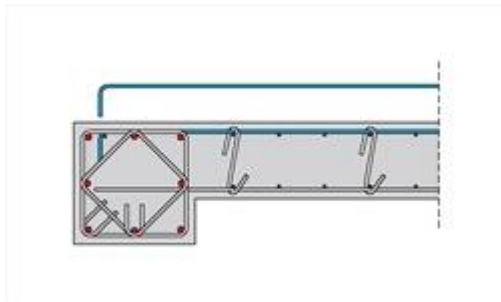
Σ' αυτή την περίπτωση της ευθύγραμμης αγκύρωσης χωρίς παράκαμψη, προκύπτει μεγαλύτερη επικάλυψη του οπλισμού για τις οριζόντιες ράβδους, οι οποίες λειτουργούν κυρίως σε διάτμηση, οπότε δεν δημιουργείται ιδιαίτερο πρόβλημα. Για τις κατακόρυφες επίσης ράβδους, ο μοχλοβραχίονας μικραίνει, αλλά μόνο κατά περίπου 10 mm, οπότε και πάλι δεν υπάρχει πρακτικά πρόβλημα.

Τελικά, η χρήση της ευθύγραμμης ράβδου με αγκύρωση στο εσωτερικό του ακραίου υποστυλώματος συνιστάται, επειδή, πέραν των άλλων πλεονεκτημάτων, εξασφαλίζει και την αναγκαία επικάλυψη των αγκίστρων των S όταν αγκαλιάζουν ταυτόχρονα την οριζόντια και την κατακόρυφη ράβδο διανομής.

(δ) Αγκύρωση με αγκάλιασμα της ακραίας κολόνας και τελείωμα με άγκιστρο.

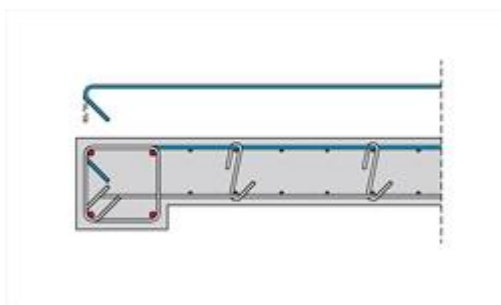
Είτε η κολόνα είναι ισχυρή, είτε όχι, στις οριζόντιες ράβδους πρέπει να δημιουργείται άγκιστρο που να μπαίνει στο εσωτερικό του περισφιγμένου υποστυλώματος.

1η περίπτωση: επάρκεια ευθύγραμμου μήκους αγκύρωσης:



Η αγκύρωση μπορεί να γίνει με άγκιστρο 90° στο σώμα του ακραίου υποστυλώματος

2η περίπτωση: ανεπάρκεια ευθύγραμμου μήκους αγκύρωσης:



Όταν η διάσταση του ακραίου υποστυλώματος δεν είναι επαρκής για ευθύγραμμη αγκύρωση, χρησιμοποιούνται άγκιστρα 45° (135°). Αυτά, είτε προκατασκευάζονται πλήρως, για να είναι εφικτή η δημιουργία της αγκύρωσης των 45° και στα δύο άκρα, είτε συναρμολογούνται επί τόπου με οριζόντιες ράβδους, απολήξεων 45° και 90° , οι οποίες όμως θα τοποθετούνται εναλλάξ καθ' ύψος.

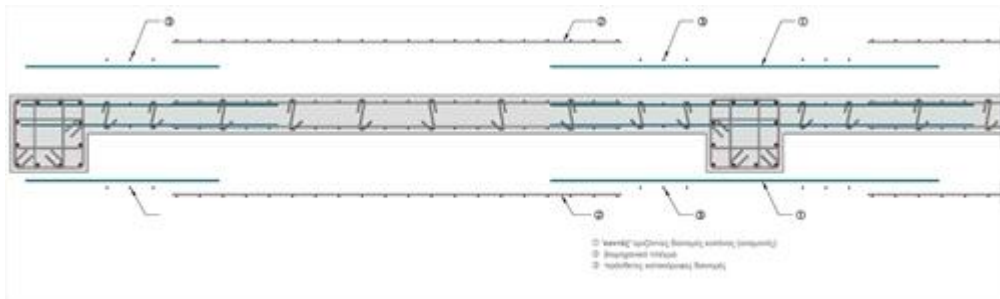
(ε) Αγκύρωση συνεχών τοιχείων πλήρωσης υπογείων

Στα συνεχή τοιχεία πλήρωσης, η δυσκολία όπλισης των διανομών εντοπίζεται στην περιοχή των υποστυλωμάτων, γι' αυτό εκεί μπορούν να τοποθετούνται ευθύγραμμες διανομές σχετικά μικρού μήκους, οι οποίες θα ματίζονται με τις μεγάλες ενδιάμεσες διανομές και θα συναρμολογούνται επί αυτών οι κατακόρυφες διανομές.

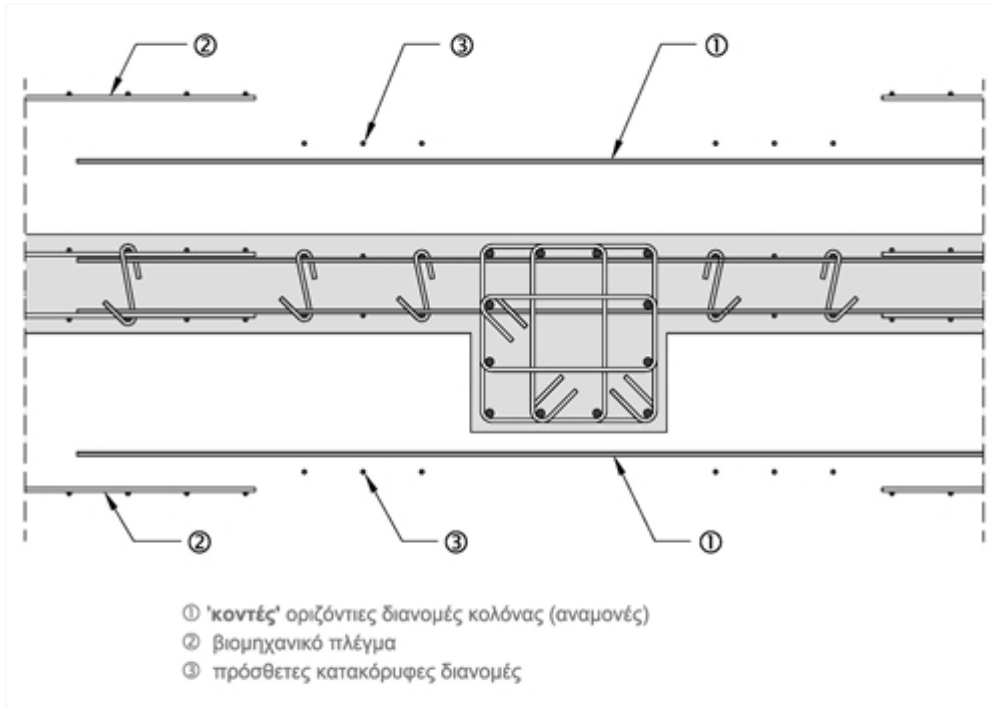
Οι οριζόντιες και κατακόρυφες διανομές είναι πολύ παραγωγικό να είναι σε μορφή έτοιμων πλεγμάτων. Σ' αυτή την περίπτωση ακολουθούνται οι πρακτικές που περιγράφονται στη συνέχεια. Σε πρώτη φάση τοποθετούνται οι οριζόντιες «κοντές» ράβδοι (αναμονές) εκατέρωθεν του υποστυλώματος και στη συνέχεια τα πλέγματα, όπως φαίνονται στη διπλανή σελίδα.

Παρατηρήσεις:

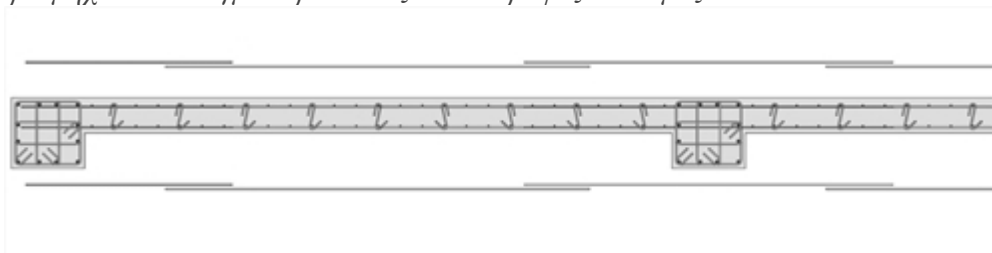
Αν το βιομηχανικό πλέγμα δεν ταιριάζει με τις διαστάσεις του ελεύθερου ανοίγματος του τοιχείου, οι κοντές διανομές της περιοχής των υποστυλωμάτων μπορούν να είναι μεγαλύτερες. Σ' αυτή την περίπτωση, οι κατακόρυφες διανομές μεταξύ του τέλους του πλέγματος και του υποστυλώματος τοποθετούνται χειρωνακτικά εκ των υστέρων.



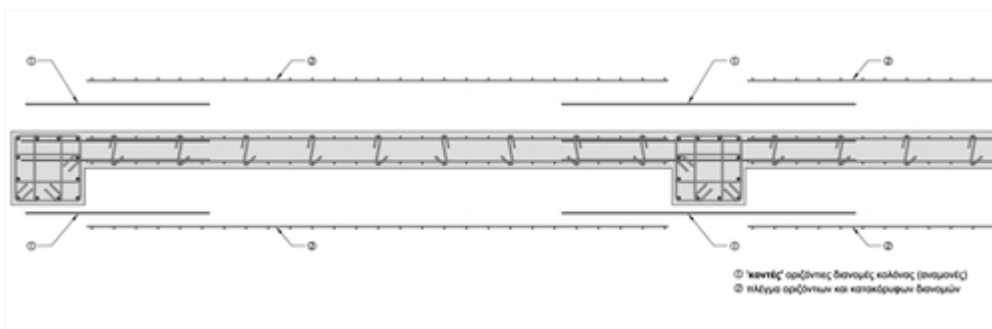
Σε περίπτωση που η θέση των ράβδων των κολονών δημιουργεί δυσκολία στην τοποθέτηση των κοντών διανομών, μπορεί να γίνεται παράκαμψη στην άκρη τους.



*κοντές οριζόντιες διανομές κολόνας (αναμονές)
βιομηχανικό πλέγμα πρόσθετες κατακόρυφες διανομές*



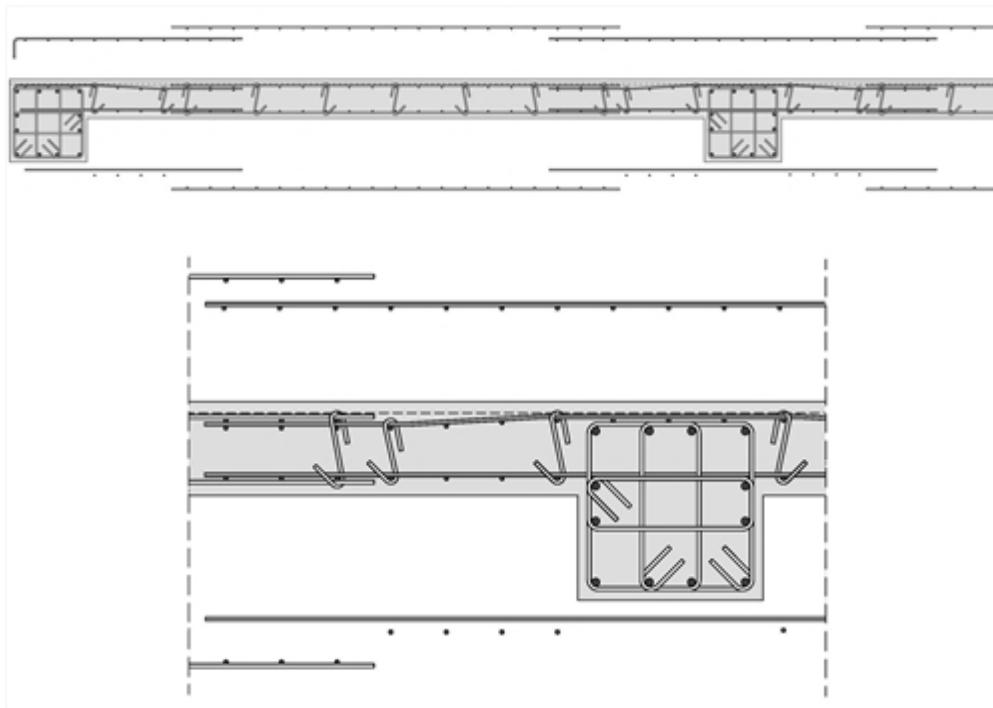
Όπλιση "συνεχών τοιχείων" υπογείου με ράβδους



Όπλιση "συνεχών τοιχείων" υπογείου με βιομηχανικά πλέγματα

Στην περίμετρο του κτιρίου, στους ορόφους πάνω από το έδαφος, υπάρχει συνήθως αντισεισμικός αρμός (30 έως 100 mm), ή θερμομόνωση (30 έως 50 mm), τα οποία δεν χρειάζονται στο υπόγειο. Μπορεί όμως το πάχος τους να

αξιοποιηθεί στα τοιχεία πλήρωσης, για την εξασφάλιση της επικάλυψης και την τοποθέτηση των πλεγμάτων των διανομών εκτός οπλισμού κολονών, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



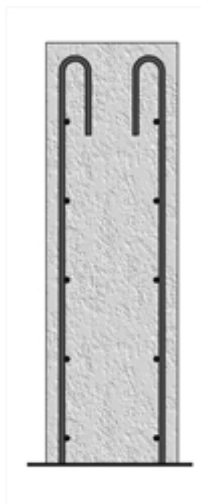
Αγκύρωση κατακόρυφων ράβδων

Στο τελείωμα των τοιχείων, οι ράβδοι πρέπει να αγκυρώνονται. Η αγκύρωση αυτή ακολουθεί τους κανόνες της αγκύρωσης των κολονοσιδήρων, αλλά, κατά κανόνα, είναι απλούστερη διαδικασία, λόγω των μικρότερων διαμέτρων των κατακόρυφων ράβδων των κορμών των τοιχείων πλήρωσης και της δυνατότητας μάτισης με πλευρική παράθεση. Διακρίνονται δύο βασικές περιπτώσεις, η αγκύρωση να γίνεται στο σώμα του τοιχείου, και η αγκύρωση να γίνεται στο σώμα των συντρεχουσών πλακών.

(α) Αγκύρωση ράβδων στο σώμα του τοιχείου

i) με άγκιστρα

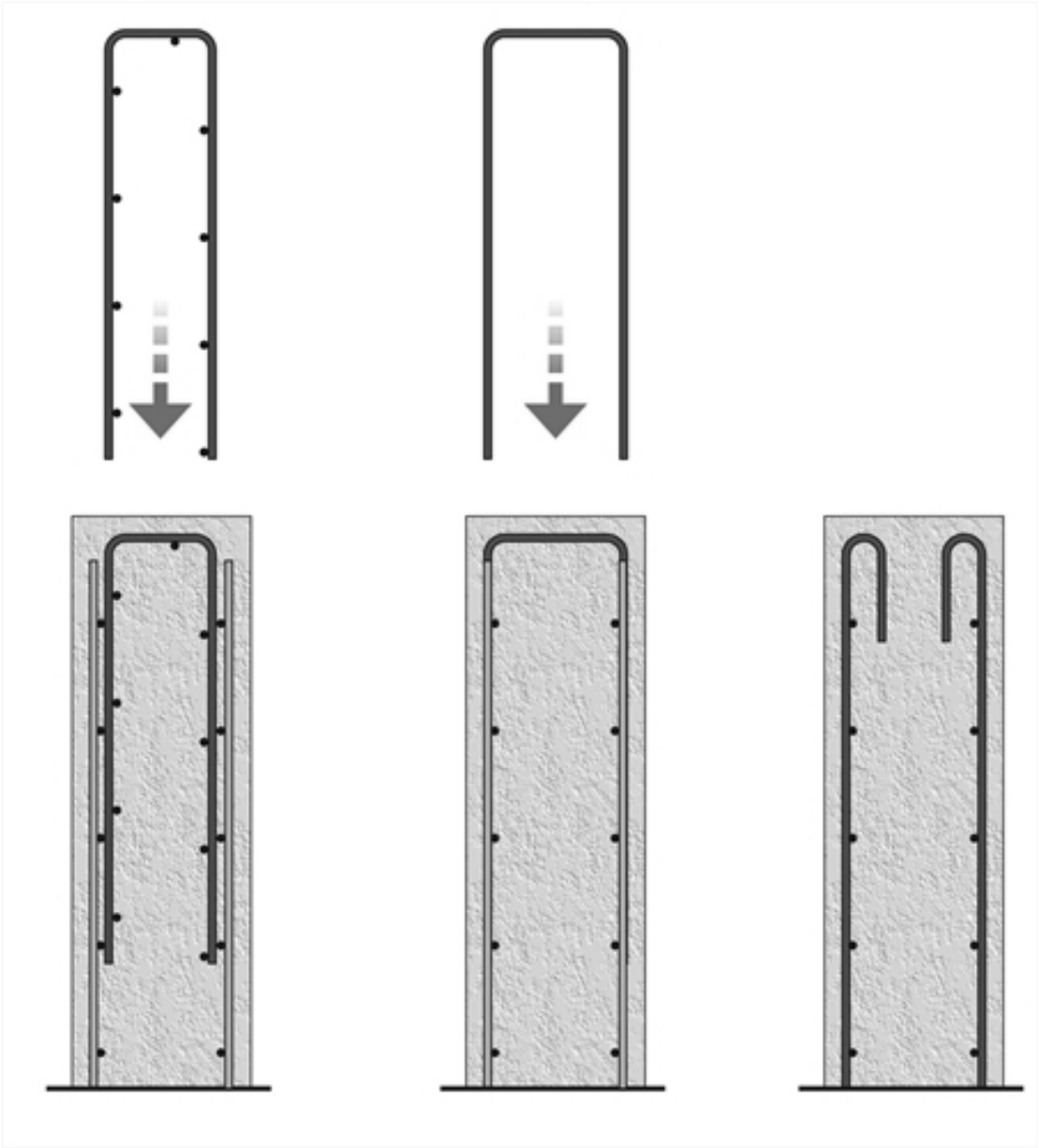
Τα άγκιστρα πρέπει να καμπυλώνονται με τον κουρμαδόρο στους κατάλληλους πείρους. Η γωνία του αγκίστρου μπορεί να είναι 135° , αλλά είναι καλύτερο να κλείνει με 180° .



ii) με πρόσθετο Π

Με την τοποθέτηση των ράβδων Π (σχήμα που ακολουθεί), επιτυγχάνεται πέραν της αγκύρωσης και μία ακριβής στέψη της όπλισης του τοιχείου. Η χρησιμοποίηση πλέγματος τύπου μανδύα, δίνει πολλά πλεονεκτήματα στην τοποθέτηση, αλλά λόγω των συγκολλητών διανομών, πρέπει να κατασκευάζεται έτσι, ώστε να χωρά στο εσωτερικό των δύο παράλληλων κατακόρυφων πλεγμάτων.

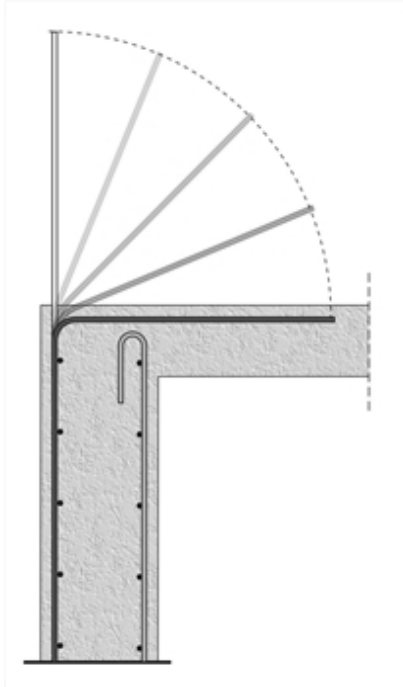
Αυτή η αγκύρωση προτιμάται στις περισσότερες περιπτώσεις και, ιδιαίτερα, όταν δεν είναι εύκολη η ακριβής καθ' ύψος τοποθέτηση των ράβδων του κορμού του τοιχείου π.χ. στη περίπτωση υπογείου που οι ράβδοι του κορμού τοποθετούνται κατά το σιδέρωμα των θεμελίων.



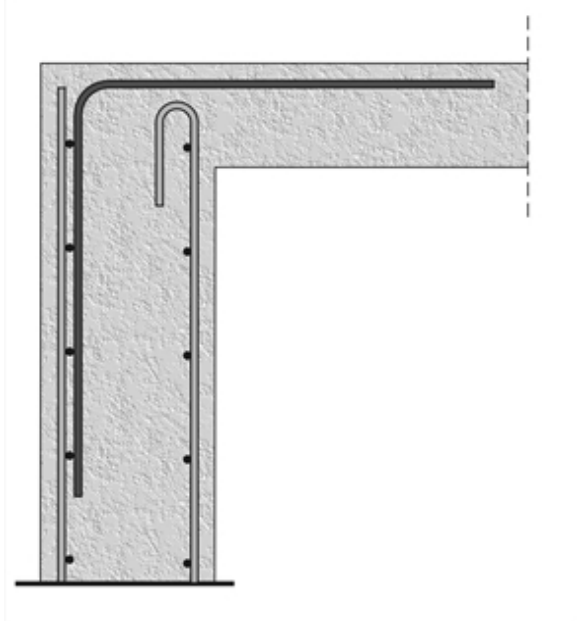
(β) Τελείωμα τοιχείου πλήρωσης που καταλήγει σε πλάκα

i) Μονόπλευρη πλάκα

Σε περίπτωση που υπάρχει μονόπλευρη πλάκα στην απόληξη του τοιχείου, οι εξωτερικές κατακόρυφες ράβδοι μπορούν ταυτόχρονα με την αγκύρωσή τους, να βοηθήσουν και στην εξασφάλιση της πάκτωσης της στήριξης της πλάκας.



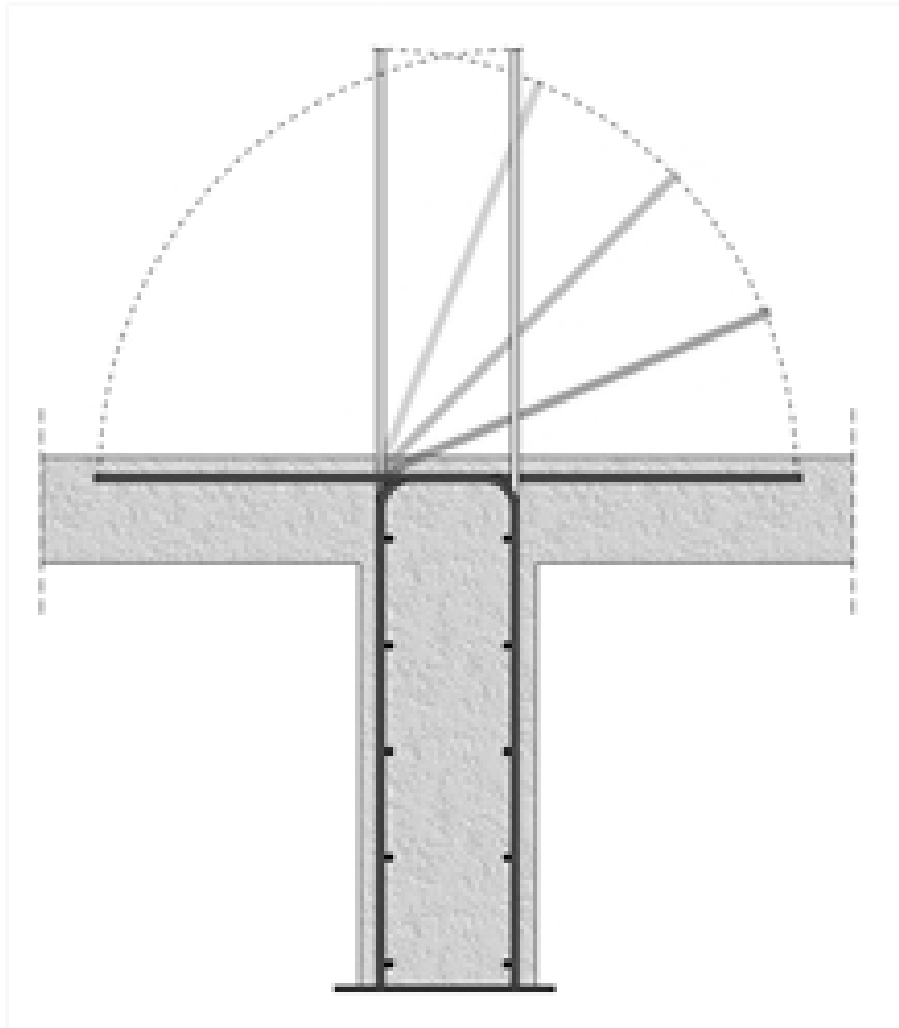
Εναλλακτική λύση αποτελεί η τοποθέτηση μανδύα μορφής γάμα.



ii) Αμφίπλευρη πλάκα

Σε περίπτωση πλακών εκατέρωθεν του τοιχείου, μπορούν να εξασφαλιστούν οι αγκυρώσεις μέσα στις πλάκες, αλλά και να αξιοποιηθούν για τον οπλισμό της στήριξής τους (των πλακών).

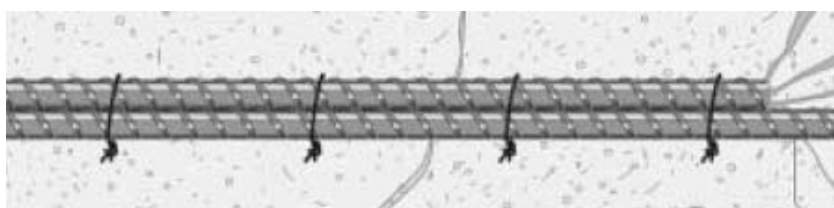
Τέλος, τονίζεται ότι πέραν των παραπάνω λύσεων, υπάρχει μεγάλη ποικιλία συνδυασμών.



3.5 ΕΝΩΣΕΙΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

Η ένωση ράβδων οπλισμού στα διάφορα στοιχεία του φέροντος οργανισμού, αν και στην πραγματικότητα είναι καλό να αποφεύγεται, προκύπτει σχεδόν πάντα ως ανάγκη στις κατασκευές. Αυτό συμβαίνει γιατί τα μεγάλα μήκη που απαιτούνται, δεν είναι πάντα διαθέσιμα από τις χαλυβουργίες.

Μία από τις πιο διαδεδομένες και αποδοτικές πρακτικές που εφαρμόζεται στη χώρα μας είναι αυτή της υπερκάλυψης των άκρων των ράβδων(μάτιση). Η έμμεση ένωση των ράβδων με υπερκάλυψη των άκρων τους γίνεται όπως στο σχήμα.



Μια δεύτερη μέθοδος ένωσης των ράβδων είναι η συγκόλληση. Αυτή πραγματοποιείται όταν δεν είναι εφικτό να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις του Κανονισμού Σκυροδέματος για το μήκος υπερκάλυψης, όπως π.χ. όταν έχουμε κοντές αναμονές και δεν μπορεί να γίνει ένωση κατά παράθεση. Παρόλα αυτά είναι καλό να αποφεύγεται γιατί τα συνεργεία δεν έχουν πάντα την απαιτούμενη εξειδίκευση και γιατί δεν είναι γνωστή πάντα η συγκολλησιμότητα των χαλύβων. Συγκολλήσεις που έγιναν από τεχνίτες που είχαν εμπειρία συγκολλήσεων μόνο από εργασίες σε μη φέροντα στοιχεία (π.χ. μεταλλικές πόρτες, κάγκελα κ.λ.π) αστόχησαν στην περιοχή συγκόλλησης σε ιδιαίτερα υψηλό ποσοστό. Επίσης η συγκόλληση συνεπάγεται τοπική αύξηση θερμοκρασίας και διαφοροποίηση δομής και ιδιοτήτων του χάλυβα στην περιοχή της συγκόλλησης. Η εμφάνιση ακόμη σκληρών και ψαθυρών συστατικών προσδίδουν σε αυτόν ευθραυστότητα (ψαθυροποίηση) .

Οι μηχανικοί σύνδεσμοι, τέλος, είναι μια σχετικά νέα πρακτική σύνδεσης ράβδων οπλισμού, και χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπως π.χ. όταν οι ράβδοι έχουν ασυνήθιστα μεγάλη διάμετρο και υπάρχει συνωστισμός οπλισμού. Είναι όμως μια τεχνική που χρησιμοποιείται κυρίως στο εξωτερικό και όχι τόσο στην Ελλάδα. Στις σπάνιες περιπτώσεις όμως που χρησιμοποιούνται, εισάγονται επί παραγγελία και κοστίζουν αρκετά .

ΕΙΔΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ

Υπάρχουν διάφορα είδη μηχανικών ενώσεων, με ξεχωριστές εφαρμογές το κάθε ένα. Στην πιο απλή μορφή του (taper threaded splice) ο συζευκτήρας-coupler αποτελεί μια κυλινδρική κοίλη ράβδο με μήκος που μπορεί να κυμαίνεται από 5 έως 20cm περίπου.



Ο σύνδεσμος αυτός είναι σχεδιασμένος ώστε να ταιριάζει στις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμογών όπου απαιτείται ένωση των ράβδων οπλισμού.

Το εσωτερικό τους είναι σπειροειδές το οποίο έχει κωνοποιηθεί ώστε να μπορεί να δεχτεί τα άκρα των ράβδων τα οποία επίσης κωνοποιούνται σπειροειδώς. Σε αυτήν την κατηγορία ,ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε εφαρμογής, ανήκουν:

i) Standard Coupler

Κατάλληλο να συνδέει δύο ράβδους της ίδιας διαμέτρου, όπου η μία μόνο μπορεί να περιστραφεί, όπως π.χ. όταν έχουμε αναμονές ράβδων σε κάποιον όροφο. Το εσωτερικό του είναι δύο δεξιόστροφα σπειρώματα τα οποία κωνοποιούνται και από τις δύο πλευρές καθώς προχωράμε προς το μέσο του μήκους του συνδέσμου. Η κωνοποίηση δε των ράβδων δε προχωρεί μέχρι τέλους, ώστε στο εσωτερικό της μηχανικής ένωσης να δημιουργείται κενό, περίπου 25mm.



Taper threaded coupler της εταιρείας Lenton

Σε μια άλλη εκδοχή του, το coupler παρέχεται συγκολλημένο με τη ράβδο, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Standard coupler HRC 400 series

Transition Couplers

Χρησιμοποιείται για να συνδέσει ράβδους διαφορετικής διαμέτρου, όπου μόνο η μία μπορεί να περιστραφεί. Το εσωτερικό του είναι, όπως και στην παραπάνω περίπτωση, δύο δεξιόστροφα σπειρώματα διαφορετικής διαμέτρου, έτσι ώστε να ταιριάζουν στις αντίστοιχες ράβδους. Εσωτερικό κενό στο coupler, αφήνεται, όπως και παραπάνω, γύρω στα 25 mm



Transition coupler της εταιρείας Lenton

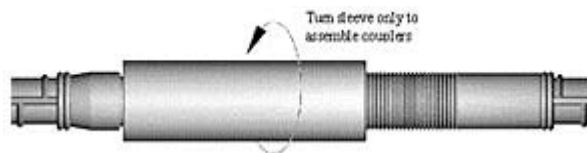
Τα transition couplers μπορούν να έχουν π.χ. εφαρμογή ως εξής : Αν σε περίπτωση λάθους υπολογισμού τα σίδερα σε ένα υποστύλωμα συνεχίζουν με μεγαλύτερη διάμετρο σε σχέση με τη διάμετρο του οπλισμού της θεμελίωσης, τότε είναι πολύ πιθανό, ότι το μήκος των ράβδων που υπάρχει είναι μικρότερο από το απαιτούμενο για ένωση με μάτιση. Στην περίπτωση αυτή μπορούν να χρησιμοποιηθούν couplers που ενώνουν ράβδους διαφορετικής διαμέτρου.

iii) Position Coupler

Μπορεί να συνδέσει ευθύγραμμες ή κεκαμμένες ράβδους, όταν δεν υπάρχει δυνατότητα περιστροφής καμιάς εκ των δύο. Ανάλογα με την εταιρεία, οι σπειροειδείς απολήξεις των ράβδων στα δύο άκρα του coupler μπορεί είτε να κωνοποιούνται είτε όχι.



Position coupler της εταιρείας Lenton



Position coupler HRC 400 series

Αυτός ο τύπος coupler βρίσκει μεγάλη εφαρμογή ιδιαίτερα στην περίπτωση όπου χρησιμοποιούνται μεγάλες σε μήκος ράβδοι, ευθύγραμμες ή κεκαμμένες, καθώς δεν χρειάζεται να στραφούν οι ράβδοι, παρά μόνο το coupler.



Προκατασκευασμένος κλωβός οπλισμού με χρήση position couplers

Starter Bar System

Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις τμηματικής σκυροδέτησης. Το coupler παρέχεται από τον κατασκευαστή συγκολλημένο στο ένα του άκρο με μια ράβδο οπλισμού, ενώ το άλλο άκρο του είναι κωνοποιημένο σπειροειδώς. Αρχικά, κατά την σκυροδέτηση του πρώτου τμήματος, μια μικρή, χαλύβδινη πλάκα καρφώνεται στον ξυλότυπο και πάνω της

ενσωματώνεται το coupler. Γίνεται κανονικά η σκυροδέτηση και αφαιρείται ο ξυλότυπος. Η κωνοποιημένη πλευρά του coupler σφραγίζεται για να εμποδίσει την είσοδο σκυροδέματος. Σε αυτήν την πλευρά θα ενωθούν μελλοντικά νέες ράβδοι.

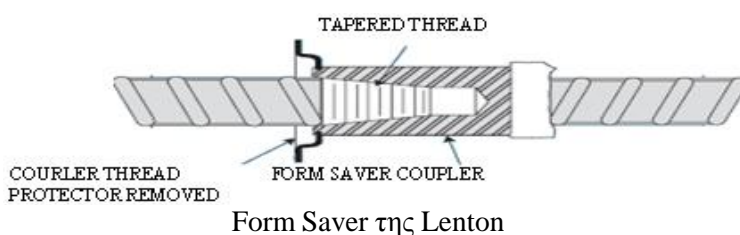
Μέχρι τώρα, η μέθοδος που εφαρμοζόταν ήταν οι προεξέχοντες ράβδοι. Αυτές όμως εμπόδιζαν αρκετά στις εργασίες ενώ δημιουργούσαν και προβλήματα στην αφαίρεση του ξυλότυπου. Το starter bar system ελαχιστοποιεί τις ράβδους που προεξέχουν σε ένα προσωρινό άνοιγμα και απλοποιεί εφαρμογές όπως μελλοντική προσθήκη σκάλας, δοκών σε υπάρχοντα υποστυλώματα ή επέκταση προβόλου. Το σύστημα παρέχει μεγάλη ασφάλεια και η τοποθέτηση του είναι απλή.



Τοποθέτηση νέας ράβδου σε starter bar system της Lenton(Form Saver)



Starter Bar System της Ancon



Form Saver της Lenton

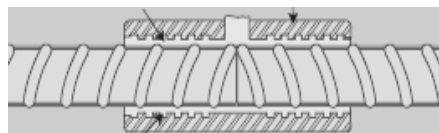
Steel- filled coupling sleeve

Για τις πιο απαιτητικές εφαρμογές, αυτό το σύστημα ένωσης ράβδων έχει κερδίσει τη φήμη της πιο αποδοτικής ένωσης. Ενώσεις αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται κυρίως σε κατασκευές που απαιτούν υψηλή ασφάλεια έναντι σεισμού, ανέμου ή πίεσης. Είναι επίσης ιδανικά για σύνδεση

καμπύλων ράβδων. Είναι μηχανική ένωση και όχι συγκόλληση. Το εσωτερικό του είναι αυλακωτό και δουλεύει σε συνεργασία με τις ράβδους οπλισμού. Τα φορτία μεταφέρονται από τις ράβδους στην παράπλευρη επιφάνεια του coupler μέσω ενός υλικού πλήρωσης και τα προς σύνδεση άκρα δε χρειάζονται επεξεργασία



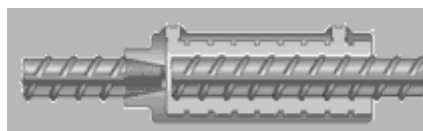
Ένωση καμπύλων
ράβδων με
Cadweld



Cadweld της Lenton

Σε μία άλλη παραλλαγή αυτής της κατηγορίας ενώσεων, η μία άκρη της μηχανικής ένωσης δέχεται μια κωνοποιημένη ράβδο, ενώ το υπόλοιπο τμήμα της γεμίζεται με ένα ειδικά σχεδιασμένο κονίαμα πλήρωσης. Όσον αφορά στον τρόπο σύνδεσης, η κωνοποιημένη ράβδος ενσωματώνεται στη μια πλευρά του coupler και το “σφραγίζει”. Στη συνέχεια οι προεξέχοντες ράβδοι του ήδη σκυροδετημένου στοιχείου που θέλουμε να συνδέσουμε εισέρχονται στην απέναντι πλευρά του coupler.

Η ένωση επιτυγχάνεται με το κονίαμα πλήρωσης το οποίο χύνεται στο coupler μέσω των δύο ανοίγματα στο πάνω μέρος.



Interlock της Lenton



Εφαρμογή του Interlock της Lenton

Quick-wedge

Είναι ένα μηχανικό σύστημα που χρησιμοποιείται για την ένωση ράβδων οπλισμού μικρής διαμέτρου (12mm έως 20 mm). Το σχήμα του είναι οβάλ και έχει ένα κυκλικό άνοιγμα στο πάνω μέρος του. Στο εσωτερικό του οι ράβδοι ενώνονται κατά παράθεση με τη βοήθεια μιας σφήνας (μπουλόνη), η οποία τοποθετείται στο παραπάνω άνοιγμα και σταθεροποιεί την ένωση. Τα άκρα των ράβδων οπλισμού δεν χρειάζονται κάποια ειδική επεξεργασία και μπορούν να προεξέχουν της μηχανικής ένωσης (σχήμα). Το σύστημα αυτό έχει τη φήμη μιας από τις γρηγορότερες ενώσεις (περίπου 100 ενώσεις ανά ώρα).



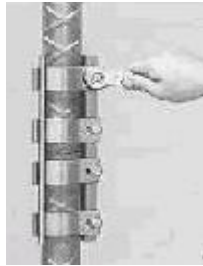
Quick –wedge της Lenton

Ιδιαίτερα καλή εφαρμογή παρουσιάζει στην περίπτωση επέκτασης υφιστάμενης κατασκευής (π.χ. όταν έχουμε κοντές αναμονές σε ένα υποστύλωμα) μιας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μικρό μήκος ράβδων που προεξέχουν. Χρησιμοποιείται επίσης και στην περίπτωση ένωσης ράβδων υφιστάμενων στοιχείων σκυροδέματος.



Strap-type steel coupling sleeve

Το ημικυλινδρικό τμήμα του coupler καταλήγει καμπτόμενο στη μια πλευρά του ενώ από την άλλη έχει μια σειρά σχισμών. Λωρίδες σχήματος L συνδέονται στις σχισμές και “κλειδώνουν” από την άλλη, στο καμπτόμενο τμήμα. Αυτές οι μηχανικές ενώσεις εφαρμόζονται σε ράβδους που δέχονται μόνο θλιπτικά φορτία.



Strap-type coupler



Speed-Sleeve της Lenton

MBT

Οι μηχανικές ενώσεις MBT αποτελούν μία εναλλακτική μέθοδο ένωσης ράβδων σε υφιστάμενα στοιχεία σκυροδέματος. Τα άκρα των προς ένωση ράβδων δε χρειάζονται επεξεργασία και δε χρειάζονται ειδικευμένοι τεχνίτες για την ένωση. Αποτελείται από ένα εσωτερικά σπειροειδές καμπύλο τμήμα και η ένωση γίνεται με διατμητικούς ήλους. Αυτοί, καθώς στρέφονται, ενσφηνώνονται στις ράβδους έως ότου οι κεφαλές τους κοπούν κάνοντας τους τελικά να εξέχουν ελαφρώς από το coupler. Οι εφαρμογές τους είναι πολλές, όπως π.χ σε αναμονές υποστυλωμάτων, σε δοκούς, σε γέφυρες κ.τ.λ.



MBT της εταιρείας Ancon
Τομή MBT



Για ένωση ράβδων διαφορετικής διαμέτρου χρησιμοποιείται παραλλαγή της παραπάνω μηχανικής ένωσης, η οποία είναι μεταβλητής διατομής.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΕΝΑΝΤΙ ΠΑΡΑΘΕΣΗΣ ΡΑΒΔΩΝ (ΜΑΤΙΣΗΣ)

Η κατά παράθεση ένωση των ράβδων (μάτιση) ήταν μέχρι πρόσφατα, ιδιαίτερα στη χώρα μας, η πιο αποδεκτή μέθοδος σύνδεσης ράβδων οπλισμού σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος. Επίσης η λανθασμένη

αντίληψη ότι πρόκειται για οικονομική μέθοδο έκανε την αποδοχή των μηχανικών ενώσεων ως μέθοδο ένωσης των ράβδων οπλισμού δύσκολη. Στη μάτιση, το φορτίο μεταφέρεται μέσα από το σκυρόδεμα και οι ενώσεις αναπτύσσουν την αντοχή τους σε συνεργασία με αυτό. Όσον αφορά στο μήκος υπερκάλυψης (l_0), αυτό εξαρτάται από:

- i. την ποιότητα του σκυροδέματος, όπου όσο καλύτερη η ποιότητα του σκυροδέματος που έχουμε, τόσο μικρότερο το απαιτούμενο μήκος υπερκάλυψης,
- ii. την διάμετρο οπλισμού, όπου όσο αυξάνεται η διάμετρος, τόσο αυξάνεται και το μήκος υπερκάλυψης και
- iii. από το όριο διαρροής του χάλυβα.

Αυτό φαίνεται και από τις παρακάτω σχέσεις

$l_0 = \alpha_1 l_{b,net} \geq l_{0,min} = \max(15\Phi, 200\text{mm}, 0,3 \alpha_1 l_b)$ – Για ευθύγραμμο άκρα (1α) $l_0 = 0,7 \alpha_1 l_{b,net} \geq l_{0,min} = \max(15\Phi, 200\text{mm}, 0,21 \alpha_1 l_b)$ –

Για άκρα με άγκιστρα (1β) όπου $l_{b,net} = (A_{s,cal}/A_{s,ef})l_b \geq l_{b,min}$
 $A_{s,ef}$: ενεργός διατομή οπλισμού που πραγματικά υπάρχει και χρειάζεται να αγκυρωθεί.

$A_{s,cal}$: απαιτούμενη από τον υπολογισμό διατομή οπλισμού στην υπόψη θέση, το πολύ ίση με $A_{s,ef}$

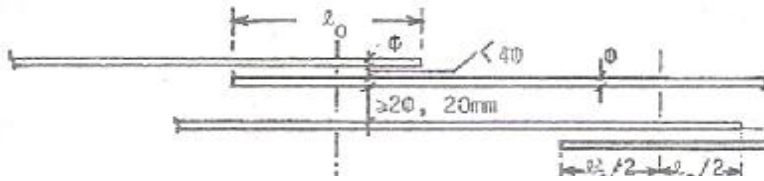
α_1 : η τιμή του δίνεται από πίνακες

$$l_b = (\Phi/4) * (f_{yd} / f_{bd})$$

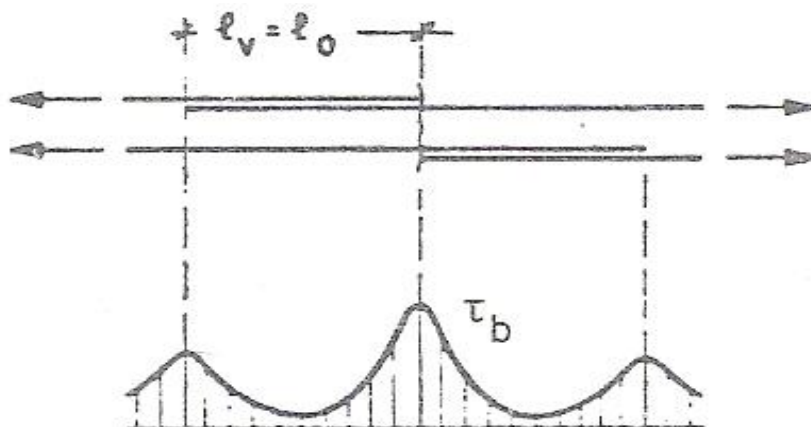
Στη μάτιση ο συνηθισμένος τρόπος αστοχίας είναι η διάρρηξη του μεταξύ των ράβδων σκυροδέματος και για να περιοριστεί το ενδεχόμενο αυτό απαιτείται επιπρόσθετος εγκάρσιος οπλισμός (συνδετήρες). Συνήθως όμως αρκεί ο ήδη υπάρχων.

Επιπλέον, η μάτιση θλιβόμενων ράβδων εμφανίζει σημαντικές διαφορές στη συμπεριφορά της συγκριτικά με τη μάτιση εφελκυσόμενων ράβδων. Στην περίπτωση των θλιβόμενων ράβδων η μεταφορά της δύναμης θλίψης από τη μία ράβδο στην άλλη δε γίνεται μόνο μέσα στο μήκος l_0 . Τάσεις αιχμής στην άκρη της ράβδου με μέγεθος περίπου $3f_c$ μεταφέρουν θλιπτική δύναμη από την αιχμή της ράβδου στο σκυρόδεμα και στη συνέχεια στην άλλη ράβδο μέσω συνάφειας. Για το λόγο αυτό σε μόνιμα θλιβόμενες ράβδους το μήκος υπερκάλυψης που απαιτείται είναι μικρότερο από το αντίστοιχο των εφελκυσόμενων. Ακόμη, για να αποφευχθεί διάρρηξη και αποκόλληση του σκυροδέματος από τις τάσεις αιχμής, μπορεί να χρειαστεί εγκάρσιος οπλισμός μέχρι απόσταση $4\Phi_L$ πέρα από τα άκρα της ένωσης.

Πρόσθετες κατασκευαστικές διατάξεις απαιτούνται και για την αποφυγή της δυσμενούς επαλληλίας των τάσεων συνάφειας. Έτσι σε δύο γειτονικές ενώσεις η διαμήκης απόσταση μεταξύ δύο αντίστοιχων σημείων τους (π.χ. μεταξύ των κέντρων τους) πρέπει να είναι τουλάχιστον $1,3l_0$



Μάτιση-Ελάχιστες εγκάρσιες αξονικές αποστάσεις ενώσεων τάσεων συνάφειας



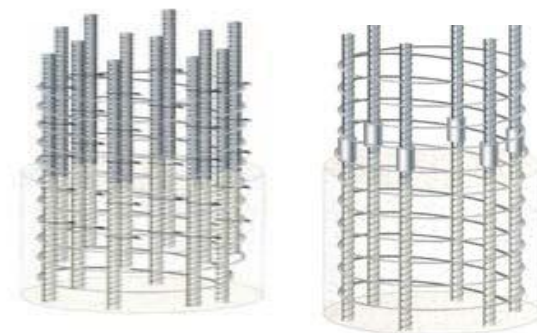
Επαλληλία τάσεων συνάφειας

Ένα επιπλέον μειονέκτημα της μάτισης είναι ότι διπλασιάζει τον αριθμό των ράβδων, δημιουργώντας συνωστισμό οπλισμού, ο οποίος και εμποδίζει τη ροή των αδρανών στην περιοχή της ένωσης. Τέτοιου είδους ενώσεις, ακόμη, παρουσιάζουν χαμηλή απόδοση σε ανακυκλιζόμενη φόρτιση. Η μάτιση απαιτεί, τέλος, χρονοβόρους υπολογισμούς και ενδεχόμενα λάθη μπορούν να οδηγήσουν σε υπερδιαστασιολόγηση.

Από την άλλη πλευρά, οι μηχανικές ενώσεις παρουσιάζουν περισσότερα πλεονεκτήματα. Ο οπλισμός συμπεριφέρεται σαν ενιαία ράβδος και τα φορτία μεταφέρονται ανεξάρτητα από το σκυρόδεμα και την ποιότητά του. Σε περίπτωση διάβρωσης του οπλισμού η επικάλυψη σκυροδέματος θα σπάσει και επειδή οι ράβδοι στη μάτιση συνεργάζονται με το σκυρόδεμα, ενδέχεται να αστοχήσουν στην περιοχή αυτή. Οι μηχανικές ενώσεις, αντίθετα, λειτουργώντας ανεξάρτητα από το σκυρόδεμα, θα έχουν καλύτερη συμπεριφορά στην παραπάνω περίπτωση.

Επίσης ελαχιστοποιούν τα προβλήματα συνωστισμού, μία από τις κυριότερες αιτίες για τη δημιουργία κενών και πόρων στο σκυρόδεμα. Άλλωστε οι κατασκευαστικοί κώδικες ορίζουν ποσοστό οπλισμού κάτω από 8% , πράγμα το οποίο είναι δύσκολο να επιτευχθεί με τη μέθοδο της μάτισης. Ειδικά σε υποστυλώματα, όταν δουλεύουμε με μικρότερες διαμέτρους ράβδων, απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα ράβδων και κατά συνέπεια μεγαλύτερες διαστάσεις στοιχείου. Χρησιμοποιώντας όμως τα couplers, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής μεγαλύτερης διαμέτρου σε υποστυλώμα μικρότερων διαστάσεων και τελικά εξοικονόμησης χώρου ανά όροφο.

Επιπλέον ελαχιστοποιούνται οι χρονοβόροι και κοπιαστικοί υπολογισμοί σε αντίθεση με την περίπτωση της μάτισης, ενώ η εγκατάσταση γίνεται γρήγορα και εύκολα χωρίς να απαιτεί εξειδίκευση. Αξιοσημείωτο τέλος είναι και η μείωση του κόστους λόγω του λιγότερου οπλισμού που χρησιμοποιείται.



ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ

Πριν χρησιμοποιηθούν οι μηχανικές ενώσεις θα πρέπει πάντα να ελέγχουμε την επάρκεια των μηχανικών χαρακτηριστικών τους σε διάφορες δοκιμές φόρτισης:

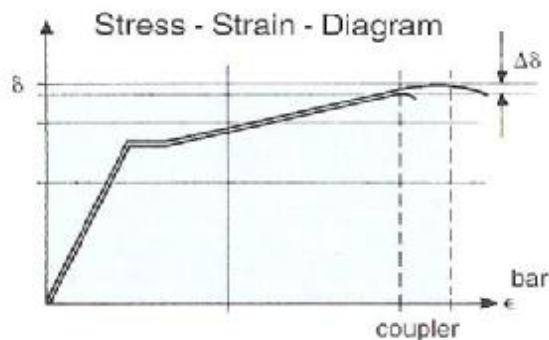
◆ Δοκιμή σε εφελκυσμό

Ο απαραίτητος έλεγχος, ο οποίος αποδεικνύει την επάρκεια μιας μηχανικής ένωσης, είναι η δοκιμή σε εφελκυσμό.

Ο έλεγχος γίνεται ως εξής: δύο ράβδοι οπλισμού ενώνονται με το coupler και το δοκίμιο υπόκειται σε αυξανόμενο φορτίο μέχρι τη θραύση του. Το μήκος που εξετάζεται (gauge length) στις μετρήσεις είναι ίσο με το μήκος της ένωσης (coupler) συν μία έως τρεις φορές τη διάμετρο της ράβδου εκατέρωθεν του coupler. Κάθε φορά σημειώνεται η επιμήκυνση (elongation) και ο τρόπος αστοχίας (mode fracture).

Τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για την εκτίμηση των πειραματικών αποτελεσμάτων διαφέρουν από χώρα σε χώρα αλλά κοινά κριτήρια είναι τα εξής:

1. Η τάση αστοχίας της ένωσης πρέπει να προσεγγίζει την ονομαστική εφελκυστική αντοχή της εκάστοτε κατηγορίας χάλυβα των ράβδων που εξετάζονται, (π.χ., για χάλυβα S500, την κατά 25% περίπου, σε σχέση με το f_y , αυξημένη τάση αστοχίας $\approx 600 \text{ N/mm}^2$). Σύμφωνα με τον ICC-ES, για κάθε διάμετρο οπλισμού θα πρέπει να ελέγχονται τουλάχιστον 5 δοκίμια. Για χρήση με βάση τον UBC, κάθε μηχανική ένωση θα πρέπει να αναπτύξει σε εφελκυσμό το λιγότερο 95% της τάσης αστοχίας (f_u), ή 160% του ορίου διαρροής (f_y) της ράβδου οπλισμού. Με βάση τον IBC, για κάθε ένωση σε εφελκυσμό, οι αντίστοιχες τιμές είναι 100% f_u ή 125% f_y .
2. Η θραύση δεν πρέπει να γίνεται στη μηχανική ένωση αλλά στις ράβδους και
3. Η μείωση της εφελκυστικής αντοχής που προκύπτει από μια ένωση με coupler σε σχέση με μία ενιαία ράβδο θα πρέπει να βρίσκεται στα όρια που ορίζει ο εκάστοτε εθνικός κανονισμός.
4. Εξετάζεται επίσης και η ολίσθηση (slip) στα άκρα της μηχανικής ένωσης, η οποία υπό το φορτίο λειτουργίας επιτρέπεται να είναι το πολύ 0.1 mm



Διάγραμμα σύγκρισης αντοχών ενιαίας ράβδου και μηχανικής ένωσης (coupler)

Παρακάτω παρατίθενται πειραματικά στοιχεία από δοκιμή σε εφελκυσμό μηχανικής ένωσης τύπου A12 (threaded bar) της εταιρείας LENTON διαμέτρου 50mm. Για τη διεξαγωγή του πειράματος ακολουθήθηκαν προδιαγραφές κατά ASME III Div 2 και κατά τον Βρετανικό Κώδικα (BS 8110). Οι προδιαγραφές αυτές ορίζουν :

- 5 δείγματα ενώσεων (samples) ελέγχονται σε θερμοκρασία δωματίου και ένα ακόμη δείγμα σε θερμοκρασία χαμηλότερη των -7°C
- 3 δείγματα υπόκεινται το καθένα σε 100 επαναλαμβανόμενους κύκλους φτάνοντας αρχικά το 5% του ορίου διαρροής και στον τελευταίο κύκλο στο 90% αυτού.
- Τέλος απαιτείται ,όταν η τάση φτάσει το 0,6 της χαρακτηριστικής εφελκυστικής αντοχής (f_{tk}) της ράβδου και ακολούθως γίνει αποφόρτιση, φτάνοντας σε μηδενική τάση, η παραμένουσα επιμήκυνση να μην ξεπερνά τα 0,1 mm.

Test	Sample Ident	Strain at 0.9 fy (%)	Yield Stress (N/mm ²)	Tensile Load (kN)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation * (%)	Mode of Fracture
Static	1	0.24	493	1275	605	4.8 AC 6.8 IB	Bar Thread Stripped
Static	2	0.23	493	1237	645	4.2 AC 6.0 IB	Bar Thread Stripped
Static	3	0.25	494	1280	668	4.8 AC 6.6 IB	Bar Thread Stripped
Static	4	0.24	493	1283	669	5.6 AC 6.8 IB	Bar Thread Stripped
Static	5	0.23	491	1263	659	4.0 AC 6.0 IB	Bar Thread Stripped
Static	6	0.24	493	1266	660	4.0 AC 6.0 IB	Bar Thread Stripped

Πίνακας 1: Αποτελέσματα πειράματος εφελκυσμού

Test	Sample Ident	Strain at 0.9 fy (%)	Yield Stress (N/mm ²)	Tensile Load (kN)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation * (%)	Mode of Fracture
Cyclic	7	0.21	494	1283	669	4.6 AC 5.8 IB	Bar Thread Stripped
Cyclic	8	0.22	491	1253	653	4.6 AC 5.0 IB	Bar Thread Stripped
Cyclic	9	0.21	490	1304	680	6.6 AC 8.8 IB	Bar Thread Stripped
Cold Soak	10	0.25	495	1289	672	4.8 AC 6.8 IB	Ductile In Bar
Control	-	0.21	494	1329	693	24.4 AF 13.2 IB	Ductile In Bar

Αποτελέσματα πειράματος εφελκυσμού για επαναλαμβανόμενη φόρτιση

*AC Κατά μήκος του coupler (Across Coupler)

IB Στην ράβδο (In the Bar)

Συμπερασματικά προκύπτει από το πείραμα ότι:

- Και στις 2 περιπτώσεις οι μηχανικές ενώσεις υπερέβησαν το 125% της τάσης διαρροής του χάλυβα οπλισμού.
- Η παραμόρφωση για το 90% της τιμής του ορίου διαρροής, σε σχέση με την αρκετά μεγαλύτερη τιμή της παραμόρφωσης θραύσης δείχνει ότι το σύστημα coupler που εξετάζουμε εμφανίζει μεγάλη πλαστιμότητα (π.χ. για το δοκίμιο 2, η παραμόρφωση διαρροής είναι 0,23%, ενώ η παραμόρφωση θραύσης είναι 4,2% κατά μήκος του coupler και 6% κατά μήκος της ράβδου.)
- Η τάση διαρροής για όλα τα δοκίμια είναι περίπου 500 MPa, που είναι περίπου αυτή του χάλυβα. Έτσι ράβδος και coupler διαρρέουν σχεδόν ταυτόχρονα
- Παρατηρείται όμως ότι η ράβδος παίρνει μεγαλύτερες παραμορφώσεις(π.χ. για το δοκίμιο 1, κατά μήκος του coupler είναι 4,8%, ενώ στη ράβδο είναι 6,8%) και τελικά αυτή είναι που αστοχεί και όχι το coupler.
- Η αστοχία της ράβδου συμβαίνει στο σπείρωμα της(bar thread stripped)
- Η δοκιμή που έγινε σε χαμηλή θερμοκρασία δεν είχε επιβλαβείς συνέπειες στην απόδοση των couplers[9].
- Η κυκλική φόρτιση πάλι δεν είχε επιβλαβή αποτελέσματα στην απόδοσή τους

◆ Δοκιμή σε θλίψη

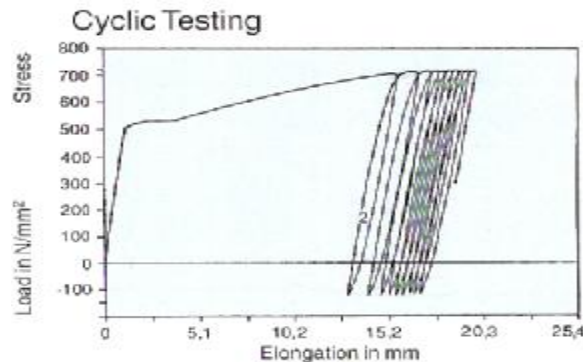
Σύμφωνα με τον ICC-ES, για κάθε διάμετρο οπλισμού, ισχύουν τα ίδια κριτήρια με τη δοκιμή εφελκυσμού με τη διαφορά ότι κάθε ένωση σε θλίψη χρειάζεται να ελεγχθεί μόνο για το 125% του ορίου διαρροής (f_y) της ράβδου οπλισμού .

Επιπλέον δοκιμές γίνονται και για επαναλαμβανόμενους κύκλους είτε εφελκυσμού είτε θλίψης, εξετάζοντας έτσι και το φαινόμενο της κόπωσης.

◆ Συμπεριφορά σε ανακυκλιζόμενη φόρτιση

Σε κάποια κατασκευαστικά στοιχεία η διεύθυνση της φόρτισης μπορεί να αλλάξει εξαιτίας του ανέμου ή σε περίπτωση σεισμού κ.λ.π .Τα στοιχεία αυτά καταπονούνται σε ανακυκλιζόμενη φόρτιση, γεγονός το οποίο αναγκάζει τον οπλισμό, συμπεριλαμβανομένης και της μηχανικής ένωσης, να πρέπει να αντισταθεί σε εφελκυσμό και θλίψη εναλλάξ. Σε μια δοκιμή ανακυκλιζόμενης φόρτισης θα πρέπει να εξεταστεί η σχετική ολίσθηση

ανάμεσα στο coupler και στη ράβδο. Αυτό που θα πρέπει να συμβαίνει σε κάθε κύκλο φόρτισης- αποφόρτισης είναι η ολίσθηση να γίνεται κατά τον ελαστικό κλάδο, ώστε κατά τον ανελαστικό κλάδο της φόρτισης η ράβδος να είναι αυτή που θα αναπτύξει πλαστική συμπεριφορά. Όπως φαίνεται και από ένα πείραμα που έγινε σε μηχανικό σύνδεσμο της Lenton (σχήμα), η ενέργεια που απορροφάται σε κάθε κύκλο φόρτισης-αποφόρτισης είναι μικρή (βρόγχοι με μικρό εμβαδό), άρα η συμπεριφορά είναι σχεδόν ελαστική.



Διάγραμμα ανακυκλιζόμενης φόρτισης από πείραμα της Lenton

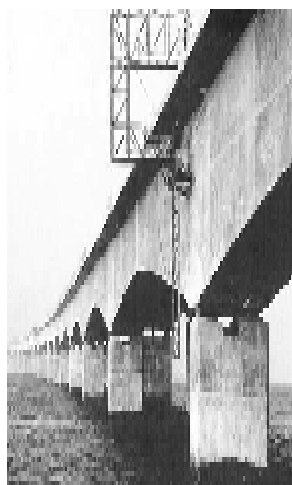
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ - ΕΡΓΑ ΣΤΑ ΟΠΟΙΑ ΕΧΟΥΝ ΕΦΑΡΜΟΣΤΕΙ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

Συνοψίζοντας, οι μηχανικές ενώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλα τα δομικά μέλη μιας κατασκευής αντί της μάτισης (αποφεύγοντας πάλι η ένωση να γίνεται σε κρίσιμες περιοχές) και κυρίως στα υποστυλώματα, στα οποία υπάρχει ανάγκη για μεγαλύτερα μήκη ράβδων. Επίσης, σε προσθήκες ορόφων, επεκτάσεις οριζόντιων στοιχείων, τμηματικές σκυροδετήσεις, προσθήκη σκάλας, κλπ.

Οι μηχανικές ενώσεις έχουν εφαρμοστεί σε διάφορα έργα ανά τον κόσμο (μεγάλα κτιριακά έργα, γέφυρες, πυρηνικές εγκαταστάσεις κ.λ.π). Μερικά από αυτά φαίνονται στις παρακάτω εικόνες.



Πυρηνική εγκατάσταση SizewellB
στο Ηνωμένο Βασίλειο



Γέφυρα Storebaelt West στη Δανία

Εκτός όμως από το εξωτερικό, μηχανικοί σύνδεσμοι έχουν χρησιμοποιηθεί και σε σημαντικά έργα στην Ελλάδα, όπως π.χ στην Αθήνα στο ΜΕΤΡΟ ,στη Γέφυρα Κηφισού αλλά και στο ΟΑΚΑ (στέγαστρο Καλατράβα, ποδηλατοδρόμιο).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην Ελλάδα τα couplers δεν έχουν εφαρμοστεί σε πάρα πολλά τεχνικά έργα, εξαιτίας της αντίληψης ότι είναι αντιοικονομικά, μιας και δεν

παράγονται στη χώρα μας και πρέπει να εισάγονται. Τα πλεονεκτήματά τους, όμως, όσον αφορά στην οικονομία χρόνου και στην ευκολία στη χρήση τους είναι εμφανή. Επίσης, οι δοκιμές που έχουν γίνει σχετικά με τα μηχανικά χαρακτηριστικά τους (αντοχή, πλαστιμότητα) έχουν, μέχρι τώρα, δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Παρόλ' αυτά, όσον αφορά στην επάρκειά τους σε σεισμική καταπόνηση, δεν υπάρχουν επαρκή πειραματικά αποτελέσματα. Σε μια ιδιαίτερα σεισμογενή χώρα, όμως, όπως η Ελλάδα, η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη συμπεριφορά των couplers σε σεισμό, θα ήταν περισσότερο από απαραίτητη. Έτσι μέχρι να υπάρξουν περισσότερα δεδομένα που θα εξασφαλίζουν την αποτελεσματικότητά τους σε ανακυκλιζόμενη φόρτιση, η χρήση τους θα μπορούσε ίσως να περιοριστεί σε στοιχεία που δεν καταπονούνται σε σεισμό (π.χ. σε μια επέκταση προβόλου).

vi) ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Κάθε κτίριο εμπεριέχει τον φέροντα οργανισμό του, που κατά κανόνα είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα ή από δομικό χάλυβα, ή και από το συνδυασμό τους.



Εδώ εξετάζονται οι σκελετοί των κτιρίων που είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα (ΟΣ). Ο σκελετός μπορεί να μη φαίνεται στην τελική εμφάνιση του κτιρίου, αλλά εσωτερικά υπάρχει πάντοτε και στηρίζει την κατασκευή.

Ο σκελετός αποτελείται από τα οριζόντια και κατακόρυφα φέροντα στοιχεία και από τα στοιχεία της θεμελίωσης.

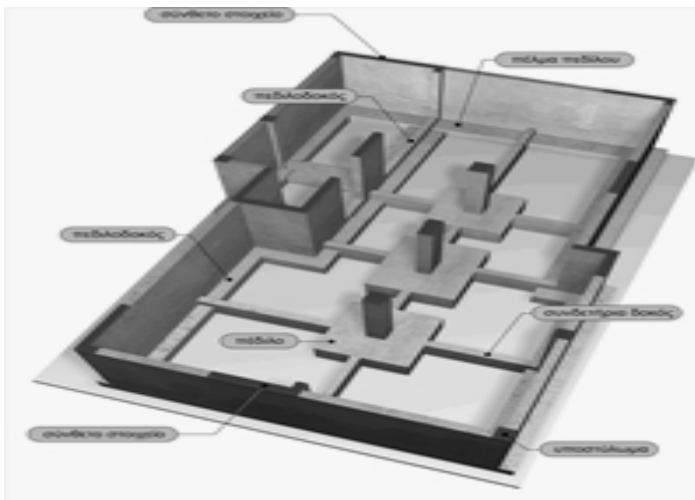
Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται σε φωτορεαλιστική αναπαράσταση ο σκελετός του κτιρίου του παραδείγματος (έχουν αφαιρεθεί οι πλάκες του τελευταίου ορόφου για καλύτερη εποπτεία).



Σκελετός κτιρίου

Οριζόντια φέροντα στοιχεία είναι οι πλάκες και οι δοκοί. Κατακόρυφα φέροντα στοιχεία είναι οι κολόνες και τα τοιχώματα.

Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζεται σε φωτορεαλιστική αναπαράσταση, η θεμελίωση του κτιρίου.



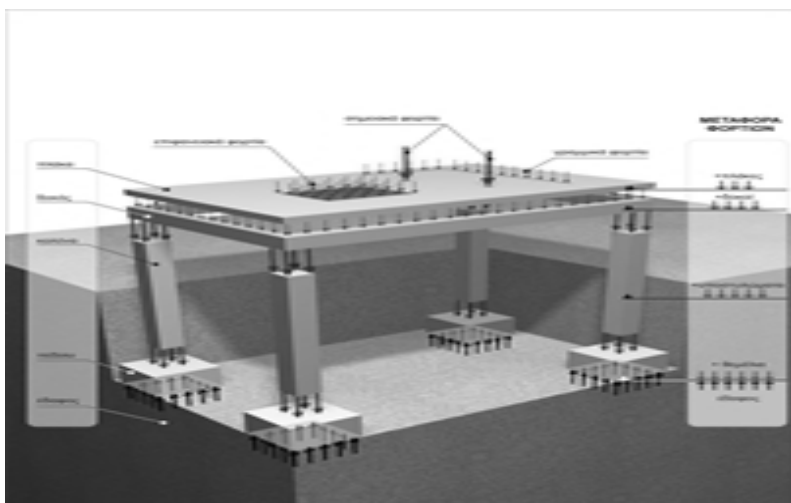
Θεμελίωση κτιρίου

Τα στοιχεία θεμελίωσης αυτού του κτιρίου είναι τα **πέδιλα**, οι **συνδετήριες δοκοί**.

Άλλα στοιχεία θεμελίωσης μπορεί να είναι οι **κοιτοστρώσεις** (πλάκες θεμελίωσης) και οι **πάσσαλοι**.

Ο σκελετός του κτιρίου πρέπει να έχει την απαιτούμενη αντοχή για να φέρει με ασφάλεια τα φορτία που θα δεχθεί το κτίριο, σε όλη τη διάρκεια της ζωής του κτιρίου.

Η λειτουργία του σκελετού στηρίζεται στη λογική της διαδοχικής καταπόνησης. Τα κατακόρυφα φορτία δηλαδή αναλαμβάνονται από τις πλάκες, οι οποίες στη συνέχεια τα μεταβιβάζουν στις δοκούς, οι δοκοί μεταβιβάζουν τα φορτία στις κολόνες, που με τη σειρά τους τα μεταβιβάζουν στα θεμέλια. Τέλος, τα θεμέλια μεταφέρουν τα φορτία στο έδαφος.



Μεταφορά φορτίων από τις πλάκες του κτιρίου ως το έδαφος

Οι πλάκες παραλαμβάνουν τα **φορτία** των δαπέδων κάθε ορόφου. Αυτά είναι **μόνιμα** (νεκρά), π.χ. οι επικαλύψεις δαπέδων από μάρμαρο, και **κινητά** (ή ωφέλιμα), π.χ. τα φορτία των ανθρώπων.

Οι δοκοί παραλαμβάνουν τα φορτία τα οποία τους μεταφέρουν οι πλάκες, καθώς και τα φορτία των τοίχων που πατούν επάνω τους.

Τα υποστυλώματα (κολόνες) παραλαμβάνουν τα φορτία των δοκών και τα μεταφέρουν στα θεμέλια.

Τα πέδιλα (θεμέλια) παραλαμβάνουν τα φορτία των υποστυλωμάτων και τα μεταφέρουν στο έδαφος.

Οι συνδετήριες δοκοί κρατούν τα πέδιλα στις θέσεις τους όταν η καταπόνησή τους είναι έντονη, όπως π.χ. στην περίπτωση σεισμού ή στην περίπτωση καθιζήσεων.

Για κάθε δομικό στοιχείο υπάρχουν και άλλες παραλλαγές, εκτός αυτών που εμφανίζονται στις προηγούμενες σελίδες, όπως θα δούμε σε επόμενα κεφάλαια, σε κάθε περίπτωση όμως, η λειτουργία τους είναι παρόμοια.

Σε χώρες με σεισμούς, όπως είναι η Ελλάδα, ο σκελετός εκτός από τα φορτία της βαρύτητας, καλείται να αναλάβει και τις καταπονήσεις που αναπτύσσονται σε λίγες μόνο, αλλά κρίσιμες στιγμές της ζωής του, κατά τη διάρκεια δηλαδή ενός σεισμού.



Παραμόρφωση πλαισίου σε σεισμό

Ο σεισμός δημιουργεί παραμορφώσεις και εντάσεις στο κτίριο προς όλες τις κατευθύνσεις. Τις εντάσεις αυτές καλείται να παραλάβει ο σκελετός του κτιρίου.

Οι πλάκες δεν θεωρούνται στοιχεία που παραλαμβάνουν σεισμό, βοηθούν όμως, συνδέοντας τα υπόλοιπα φέροντα στοιχεία, στην ομαλή κατανομή των σεισμικών δυνάμεων, με τη λεγόμενη διαφραγματική λειτουργία.

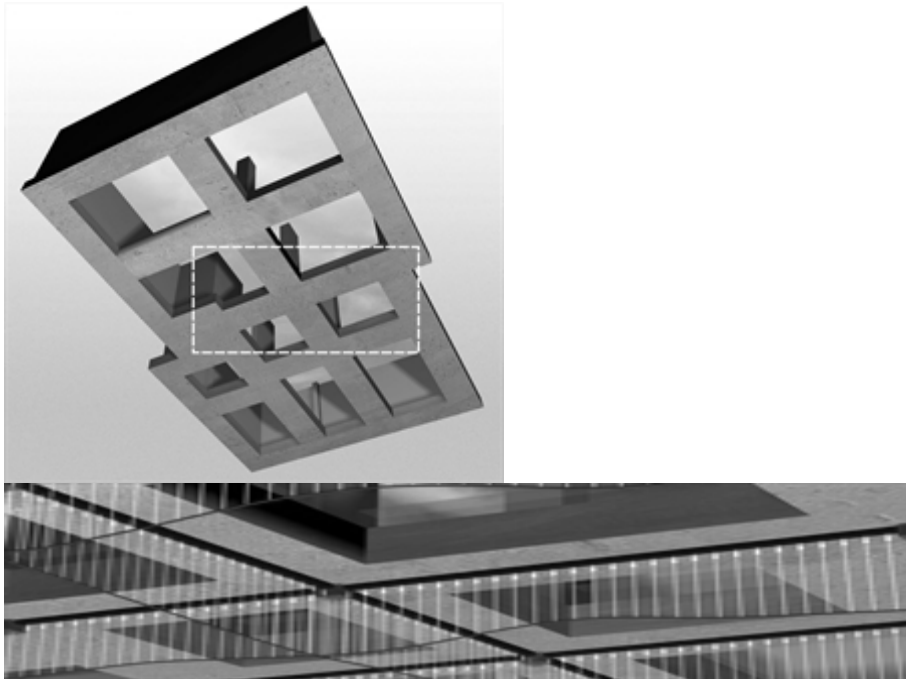
Η αντισεισμική κρισιμότητα δεν είναι ίδια για όλα τα στοιχεία του σκελετού. Για παράδειγμα, σε ένα σεισμό, η κρισιμότητα της αντοχής ενός υποστυλώματος είναι πολύ μεγαλύτερη από την κρισιμότητα της αντοχής μίας δοκού. Αυτό γιατί η **αστοχία** μιας κολόνας μπορεί να συμπαρασύρει και τα εξαρτημένα γειτονικά στοιχεία, όπως δοκούς και πλάκες. Στη συνέχεια μπορεί να συμπαρασυρθούν αλυσιδωτά και άλλα υποστυλώματα, με αποτέλεσμα την κατάρρευση, ή μεγάλης έκτασης αστοχίες. Αντίθετα, η αστοχία μιας δοκού, συνήθως δημιουργεί τοπικής έκτασης βλάβες, που σε περίπτωση πολύ ισχυρού σεισμού μπορεί να είναι ακόμα και ευνοϊκές για τη συνολική ευστάθεια του κτιρίου. Αυτός είναι και ο λόγος που οι κολόνες των κτιρίων σε σεισμικές περιοχές έχουν ισχυρές διατομές, πολύ περισσότερο από τις διατομές κολονών κτιρίων σε χώρες που δεν έχουν σεισμούς.

Για τη μεγαλύτερη αντισεισμική αντοχή ενός κτιρίου θα έπρεπε να χρησιμοποιούμε μεγάλων διαστάσεων (χοντρά) υποστυλώματα, τα οποία όμως δημιουργούν προβλήματα στους εσωτερικούς χώρους. Για το λόγο αυτό αντί για μεγάλες κολόνες διατάσσονται τοιχεία και προς τις δύο διευθύνσεις του κτιρίου, τα οποία εκτός από τη συνεισφορά σε θλιπτική αντοχή, αυξάνουν και την **ακαμψία** του κτιρίου, δηλαδή μειώνουν τις μετακινήσεις του και κατά συνέπεια και τις παραμορφώσεις του στη διάρκεια ενός σεισμού.

Σε αντισεισμικά κτίρια επιβάλλεται η χρήση δοκών, στις οποίες πατούν οι πλάκες. Στην περίπτωση που για αρχιτεκτονικούς ή άλλους λόγους δεν πρέπει να υπάρχουν κρεμάσεις των δοκών κάτω από τις πλάκες, αυτές (οι πλάκες) πρέπει να έχουν μεγάλο πάχος, ώστε η λειτουργία των δοκών να εξασφαλίζεται από ζώνες που θα είναι ενσωματωμένες στο πάχος της πλάκας, με τη μορφή κρυφοδοκών. Σκόπιμο είναι οι κολόνες σε ένα πολυώροφο κτίριο να μη διακόπτονται σε κάποιον όροφο, αλλά μια κολόνα που ξεκινά από το έδαφος (θεμελίωση), να καταλήγει στον ανώτερο όροφο. Όταν μία κολόνα σταματά σε ενδιάμεσο όροφο και δεν καταλήγει στο έδαφος, λέγεται φυτευτή. Συνήθως μια τέτοια κολόνα στηρίζεται επάνω σε δοκό, αφού, έτσι κι αλλιώς ο Κανονισμός απαγορεύει τη στήριξη της σε πλάκα. Σε κάθε περίπτωση όμως, πρέπει για την καλύτερη αντισεισμικότητα του κτιρίου, να αποφεύγονται οι φυτευτές κολόνες.

Σε ότι αφορά τις δοκούς και τα πέλματα θεμελίωσης, είναι προφανές ότι τυχόν αστοχία τους θα παρασύρει ακαριαία τα υποστυλώματα, που στη συνέχεια θα παρασύρουν τις δοκούς και αυτές τις πλάκες. Όλα αυτά μάλιστα θα συμβούν σε όλους τους ορόφους, δηλαδή θα έχουμε συνολική αστοχία. Η κατασκευή υπογείου και η χρησιμοποίηση τοιχωμάτων στην περίμετρό του βοηθά πολύ στην αντισεισμικότητα του κτιρίου.

Η χρησιμοποίηση συνεχών πελμάτων ή/και η χρήση δοκών θεμελίωσης, βοηθούν στην ομαλή έδραση του κτιρίου στο έδαφος και στον περιορισμό των διαφορικών καθιζήσεων που, όταν συμβαίνουν, δημιουργούν ρηγματώσεις και στην ανωδομή.

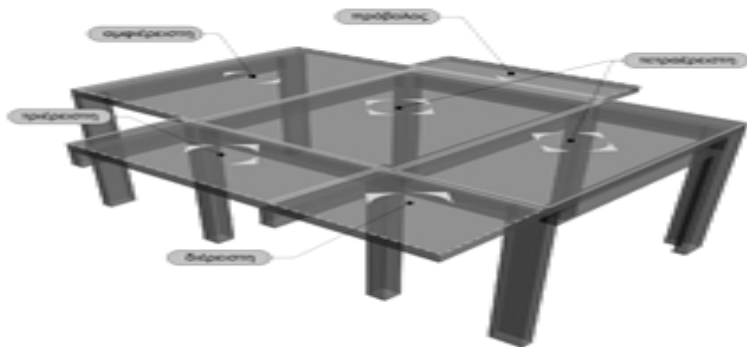


Άνωψη θεμελίωσης κτιρίου και λεπτομέρεια του διαγράμματος των τάσεων εδάφους

Μετά την κατασκευή τους, τα θεμέλια καλύπτονται με χώμα (μπάζωμα) και με τα δάπεδα του υπογείου και δίνουν την εντύπωση ότι είναι αδρανή. Στην πραγματικότητα, εργάζονται συνέχεια και έχουν κρίσιμη επιρροή στη συμπεριφορά του κτιρίου, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του σεισμού.

3.6.1) Πλάκες

Οι πλάκες είναι επίπεδοι επιφανειακοί φορείς που φέρουν τα φορτία κάθετα στο επίπεδό τους



Φορέας με διάφορα από τα είδη των πλακών που εμφανίζονται στην πράξη

Οι πλάκες είναι φορείς, πολλές φορές υπερστατικοί, και γι' αυτό μπορούν να ανακατανέμουν τις εντάσεις που εξασκούνται πάνω τους, με αποτέλεσμα η ασφάλειά τους, τόσο σε κάμψη, όσο και σε διάτμηση να είναι υψηλή. Εξαιρεση αποτελούν οι πλάκες πρόβολοι που συμπεριφέρονται σαν ισοστατικοί φορείς και γι' αυτό χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή στην κατασκευή.

Οι πλάκες δέχονται φορτία κάθετα στο επίπεδό τους, που τα μεταβιβάζουν μέσω της στατικής στήριξης στα δοκάρια.

Τα φορτία που φέρει μια πλάκα είναι :

- Μόνιμα, πχ το ίδιο βάρος της, επικαλύψεις δαπέδων
- Κινητά ή Ωφέλιμα, πχ το ανθρώπινο φορτίο.

Τέλος η πλάκα δεν είναι εκείνο το δομικό στοιχείο, που θα είναι υπεύθυνο να συμμετάσχει στην παραλαβή μεγάλων σεισμικών δυνάμεων.

Γεωμετρικά μεγεθη :

Το ελάχιστο πάχος μιας πλάκας ορίζεται γενικά στα 70mm.

Για πλάκες κυκλοφορίας επιβατικών αυτοκινήτων στα 100mm.

Για πλάκες κυκλοφορίας φορτηγών αυτοκινήτων στα 120mm.

Όμως, λαμβάνοντας υπ'οψιν και άλλες παραμέτρους, οδηγούμεθα σε συνήθη πάχη πλακών από 100 – 180mm. Τα συνήθη ανοίγματα των πλακών κυμαίνονται από 3,00 – 7,00m.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΛΑΚΩΝ

Η κατηγορία κάθε πλάκας καθορίζεται από τον τρόπο στατικής στήριξης της.

Έτσι διακρίνονται σε :

- Αμφιέριστες
- Διέριστες
- Τριέριστες
- Τετραέριστες
- Πρόβολοι

Αμφιέριστη

Είναι γενικά μια πλάκα που στατικά στηρίζεται σε δύο απέναντι παρυφές. Επίσης, μια πλάκα θεωρείται αμφιέριστη όταν εκτός από τις δύο απέναντι παρυφές της, εδράζεται και σε μία ή δύο ακόμη παρυφές της, αλλά έχει : $L_{max}/L_{min} > 2.00$ (Μεγαλύτερο άνοιγμα προς το μικρότερο άνοιγμα > 2.00). Η ανωτέρω πλάκα υπολογίζεται στατικά σαν αμφιέριστη.

Τετραέριστη

Είναι η πλάκα που στατικά στηρίζεται στις τέσσερις παρυφές της. για να συμβεί αυτό ο λόγος των ανοιγμάτων της μεγαλύτερης πλευράς προς το μικρότερη, θα πρέπει να είναι μικρότερος ή ίσος του δύο. Δηλαδή $L_{max}/L_{min} \leq 2.00$

Πρόβολος

Είναι η πλάκα που στατικά στηρίζεται σε μία παρυφή

Διέρειστες

Είναι οι πλάκες που στηρίζονται σε δύο παρακείμενες πλευρές.

Η παραπάνω ταξινόμηση αφορά ορθογωνικές πλάκες και ισχύει απόλυτα, μόνο όταν οι στηρίξεις σε όλο τους το μήκος είναι συγκεκριμένες. Όταν μία πλάκα είναι γενικής πολυγωνικής μορφής, μπορεί να προσομοιωθεί, προσεγγιστικά, σε μία ανάλογη ορθογωνική.

Το αναγκαίο πάχος πλάκας προκύπτει από την ανάγκη αντοχής της σε κάμψη και διάτμηση και από την ανάγκη περιορισμένων βελών κάμψης. Συνήθως καθοριστικός είναι ο δεύτερος παράγοντας, διότι η ελαστική ευστάθεια μιας πλάκας έχει σημασία σε όλη την διάρκεια λειτουργίας του έργου και η έλλειψή της γίνεται αντιληπτή, ακόμα και με το περπάτημα ανθρώπων, που δημιουργεί παλμική κίνηση.

Ο ασφαλέστερος τύπος στήριξης μιας πλάκας είναι αυτός της τετραέρειστης και ο πιο ευάλωτος τύπος, είναι αυτός του προβόλου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως αν, για οποιοδήποτε λόγο, εκφυλισθεί μια στήριξη τετραέρειστης πλάκας, αυτή μεταπίπτει σε τριέρειστη, ενώ στην περίπτωση του προβόλου, ο εκφυλισμός της μοναδικής του στήριξης συνεπάγεται κατάρρευση.

Η συμπεριφορά μιας πλάκας είναι καλύτερη αν έχει μία γειτονική πλάκα, ή ακόμα καλύτερα αν έχει δύο γειτονικές πλάκες, και προς τις δύο διευθύνσεις.

Στην εικόνα που ακολουθεί, οι παραμορφώσεις είναι σε μεγάλη κλίμακα, αλλά σχετικές μεταξύ τους, για τις τρεις περιπτώσεις συνέχειας των πλακών. Εκεί φαίνονται πόσο μικρότερα βέλη, άρα καλύτερη ελαστική ευστάθεια έχουν οι πλάκες που έχουν συνέχειες.



Η πλάκα με αμφίπλευρη συνέχεια (α) έχει την καλύτερη συμπεριφορά. Ακολουθεί η πλάκα με μονόπλευρη συνέχεια (β), ενώ τελευταία στη συμπεριφορά είναι η πλάκα χωρίς καμία συνέχεια (γ).

Σύμφωνα με τον ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 2, τα αναγκαία πάχη των πλακών εξαρτώνται κυρίως από τις διαστάσεις τους και δευτερευόντως από τα φορτία που φέρουν και την ποιότητα του σκυροδέματος. Σε συνήθη φορτία και υλικά, για πάχος πλάκας 150 mm, μπορούμε να έχουμε ανοίγματα πλακών από 3.6 m έως 6.0 m και ανοίγματα προβόλων μέχρι 1.5 m, ενώ για πάχος πλάκας 200 mm μπορούμε να έχουμε ανοίγματα πλακών από 4.8 m έως 8.0 m και ανοίγματα προβόλων μέχρι 2.0 m.

Στην πλάκα πάχους 150 mm, το ίδιο βάρος της είναι $0.150\text{m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 3.75 \text{ kN/m}^2$, ενώ το ωφέλιμο φορτίο ανθρώπων, επίπλων, κ.τ.λ. που καλείται να φέρει είναι μόλις 2.0 kN/m^2 . Αν η πλάκα έχει πάχος 200 mm, το ίδιο βάρος της είναι 5.0 kN/m^2 και αν είναι 300 mm το ίδιο βάρος της είναι 7.5 kN/m^2 , ενώ μπορεί να δεχθεί, το ίδιο ωφέλιμο φορτίο.

Γι' αυτό, όταν έχουμε μεγάλα ανοίγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν **δοκιδωτές πλάκες** (Zoellner, ή σάντουιτς), όπως στην επόμενη εικόνα. Μια δοκιδωτή πλάκα συνολικού πάχους 300 mm μπορεί να έχει ίδιο βάρος 3.75 kN/m^2 , το οποίο αντιστοιχεί σε συμπαγή πλάκα πάχους μόλις 150 mm.

Τα πλεονεκτήματα των δοκιδωτών πλακών είναι ότι:

- έχουν μεγάλο ενεργό πάχος, άρα μεγάλη ελαστική ευστάθεια,
- μικρό ίδιο βάρος, άρα δίνουν σχετικά μικρή ένταση,
- δεν επιβαρύνουν με μεγάλα φορτία το σκελετό και τη θεμελίωση του κτιρίου,
- λόγω του μεγάλου ενεργού πάχους, έχουν ανάγκη αναλογικά λίγου οπλισμού,

Το μειονέκτημα των δοκιδωτών πλακών είναι ένα:

- είναι πιο δύσκολη κατασκευή και γι' αυτό χρειάζονται επιμελημένη όπλιση.



Δοκιδωτή πλάκα μίας κατεύθυνσης

Σε μια αμφιέριστη δοκιδωτή πλάκα χρησιμοποιούνται κανονικές διαδοκίδες στην κύρια κατεύθυνση, ενώ στη δευτερεύουσα κατεύθυνση, εγκάρσιες, αραιές διαδοκίδες, για την ομαλή διανομή των φορτίων.

Τα κενά μεταξύ των διαδοκίδων, συνήθως καλύπτονται από ελαφρότατα σώματα πολυστερίνης πυκνότητας π.χ. 25 kg/m^3 (σε σχέση με την πυκνότητα των 2500 kg/m^3 που έχει το οπλισμένο σκυρόδεμα).

Σε τετραέριστες δοκιδωτές πλάκες, κατά κανόνα, χρησιμοποιούνται τετραγωνικά φατνώματα, επειδή η ανάγκη σε κάμψη είναι ισοδύναμη και προς τις δύο κατευθύνσεις. Τα τετράγωνα φατνώματα δημιουργούνται, είτε με ελαφρά σώματα πλήρωσης π.χ. πολυστερίνη, είτε με πλαστικά καλούπια. Τα πλαστικά καλούπια έχουν σημαντικά κατασκευαστικά πλεονεκτήματα, ποιοτικά και ταχύτητας, με αποτέλεσμα να δίνουν και ανάλογα οικονομικές λύσεις.



Δοκιδωτή πλάκα δύο κατευθύνσεων (τετραέριστη)

ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΛΑΚΩΝ

- Κύριος οπλισμός
- Δευτερέων οπλισμός ή Διανομές
- Αναβολείς στις ελεύθερες παρυφές
- Πρόσθετα στήριξης
- Οπλισμός απόσχισης
- Οπλισμός συστροφής

ΚΥΡΙΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο κύριος οπλισμός αποτελείται από ευθύγραμμες και σπαστές ράβδους, οι οποίες εναλλάσσονται μεταξύ τους. Σε άλλες χώρες χρησιμοποιούνται ειδικά δομικά πλέγματα. Ο οπλισμός αυτός τοποθετείται στην πλευρά της στατικής στήριξης, που είναι η μικρότερη διάσταση της πλάκας.

Η μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο συνεχόμενων ραβδών, είναι η ελάχιστη που προκύπτει από :

- Την απόσταση των 200mm
- Το γινόμενο του 1,2 h

ΔΕΥΤΕΡΕΥΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΣ

Αυτός ο οπλισμός αποτελείται από ευθύγραμμες ράβδους. Τοποθετείται στην πλευρά της μη στατικής στήριξης της αμφιέριστης πλάκας. Η μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο συνεχόμενων ραβδών, ορίζεται στα 25cm. Με αυτόν

τον οπλισμό επιτυγχάνεται η συνεργασία της διεύθυνσης της μη στατικής στήριξης, με αυτήν του κύριου οπλισμού.Ο οπλισμός αυτός, ονομάζεται και οπλισμός διανομής.

ΑΝΑΒΟΛΕΙΣ

Τοποθετούνται κυρίως στις ελεύθερες παρυφές, εκεί δηλαδή που δεν στηρίζεται στατικά η πλάκα.

Είναι σπαστά σίδερα που τοποθετούνται ανά αποστάσεις μεταξύ των π.χ. Φ8/25, με τη φουρκέτα στην ελεύθερη παρυφή.Είναι δυνατό να δημιουργηθούν φουρκέτες και στα δύο άκρα του οπλισμού.Σε ειδικές περιπτώσεις οι διανομές λαμβάνουν τη μορφή φουρκέτας, στα δύο τους άκρα.

ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Τοποθετούνται στις στηρίξεις των πλακών πάνω από τα δοκάρια.Αυτό γίνεται όταν ο σπαστός οπλισμός μιας ή περισσοτέρων πλακών, που συνεχίζουν στη γειτονική πλάκα δεν είναι επαρκής για την παραλαβή των ροπών στήριξης.Τοποθετείται έτσι πρόσθετος οπλισμός π.χ. Φ8/30 , στη μορφή ευθύγραμμων ράβδων με καμπτώμενα ή και ευθύγραμμο άκρα.

ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΥΣΤΡΟΦΗΣ

Μπορεί να προκύψει από τη στατική μελέτη των πλακών ότι απαιτείται οπλισμός συστροφής.Τοποθετείται στις γωνίες των ελεύθερων άκρων τετραέριστων πλακών όπως θα γινόταν π.χ. σε μια στήριξη σε τοιχοποιία.Τοποθετείται στο πάνω και στο κάτω μέρος των πλακών και έχει την ίδια μορφή με τον οπλισμό απόσχισης.

Είναι ράβδοι ανά συγκεκριμένες αποστάσεις π.χ. Φ8/30. Σε περίπτωση μονολιθικής σύνδεσης πλάκας δοκού δεν απαιτείται οπλισμός συστροφής.

ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΑ ΑΡΝΗΤΙΚΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

Είναι σταθεροποιητές οπλισμών, με ποιο γνωστό είδος τα καβαλέτα. Τοποθετούνται εκεί όπου έχουμε οπλισμούς πλάκων στο άνω μέρος τους. Σκοπός τους είναι να διατηρήσουν το στατικό ύψος, για το οποίο έγινε ο υπολογισμός. Αυτό συμβαίνει κυρίως στους προβόλους. Ο αριθμός των στηριγμάτων αυτών εξαρτάται από το βάρος των οπλισμών που θα στηρίζουν.

Η ΚΑΜΨΗ ΣΤΑ ΑΚΡΑ ΤΩΝ ΡΑΒΔΩΝ

Οι ράβδοι οπλισμού κάμπτονται στα άκρα τους, για να εισχωρίσουν μέσα στο σκυρόδεμα και έτσι να αγκυρωθούν με αυτό. Η αγκύρωση αυτή έχει σαν επακόλουθο, την επιθυμητή πρόσφυση των δύο υλικών.

Η αγκύρωση των ράβδων στις πλάκες, γίνεται με :

- Άγκιστρα ορθής γωνίας.
- Ευθύγραμμες αγκυρώσεις.
- Καμπύλες αγκυρώσεις
- Αναβολείς (φουρκέτες)
- Επισυγκολλητές εγκάρσιες ράβδοι

3.6.2 ΔΟΚΟΙ

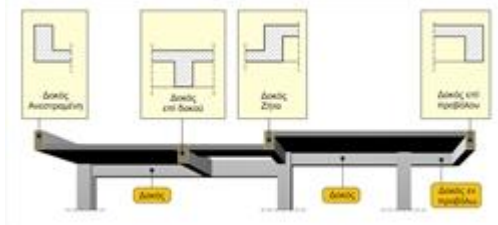
Οι δοκοί δέχονται κατά κανόνα φορτία κατακόρυφα, τα οποία και μεταβιβάζουν στα υποστυλώματα όπου και στηρίζονται.

Τα φορτία που φέρουν οι δοκοί είναι :

- Το ίδιο βάρος της δοκού
- Φορτία πλακών που στατικά μεταφέρονται σε αυτούς
- Φορτία υπερκείμενων τοίχων
- Φορτία απο τυχόν φυτευτά υποστηλώματα

Γενικά, οι δοκοί στηρίζονται πάνω σε κολόνες. Μερικές φορές όμως στηρίζονται στο ένα άκρο τους πάνω σε άλλη δοκό, άλλες φορές στηρίζονται και στα δύο άκρα τους πάνω σε δοκούς και άλλες φορές η δοκός στηρίζεται μόνο στο ένα άκρο της επί υποστυλώματος ή δοκού και το άλλο άκρο δεν στηρίζεται πουθενά. Η δοκός που έχει μόνο μία στήριξη ονομάζεται δοκός εν προβόλω.

Η στήριξη δοκού επί κολόνας λέγεται **άμεση στήριξη** ή κανονική στήριξη και η στήριξη δοκού επί δοκού λέγεται **έμμεση στήριξη**.



Οι δοκοί ανήκουν στα δομικά στοιχεία, που σε συνεργασία με τα υποστυλώματα θα κληθούν να παραλάβουν τις έντονες σεισμικές δυνάμεις. Απο αυτά τα δομικά στοιχεία η τυχόν αστοχία τους, θεωρείται ότι είναι η επιθυμητή συγκριτικά με αυτήν των υποστηλωμάτων.

Ός προς τα γεωμετρικά μεγέθη των δοκών, το ελάχιστο πλάτος μιάς δοκού ορίζεται γενικά στα 20cm. Ωστόσο, γενικά συνιστάται πλάτος δοκού τουλάχιστον 25cm.

Σαν ελάχιστος κύριος οπλισμός ενός δοκαριού, ορίζεται :

- 3Φ14 στο κάτω πέλμα της δοκού.
- 2Φ14 στο άνω πέλμα της δοκού.

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΔΟΚΩΝ

Τρία είναι τα στοιχεία που συνθέτουν το συμβολισμό μιάς δοκού, στον ξυλότυπο του μηχανικού.

Το όνομα της δοκού

- Για παράδειγμα Δ1.

Όπου Δ, το κωδικό γράμμα όλων των δοκών.

Όπου 1, ο αύξων αριθμός του συγκεκριμένου δοκαριού.

Η διατομή της δοκού.

- Για παράδειγμα 25/50.

Όπου 25 είναι το πλάτος της δοκού σε cm.

Όπου 50 είναι το ύψος h_b της δοκού σε cm. Ο συμβολισμός αυτός (Δ1 25/50) αναγράφεται στον ξυλότυπο του μηχανικού, συνήθως στο μέσο της συγκεκριμένης δοκού. Παρέκκλιση μπορεί να γίνει για σχεδιαστικούς λόγους.

ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΟΚΩΝ

Διαμήκης οπλισμός με ευθύγραμμες ράβδους, στο πάνω και στο κάτω πέλμα.

- Αναγράφεται σε αντίστοιχη θέση μέσα στην κάτοψη της δοκού ή κάτω και πάνω από αυτή. Για παράδειγμα 4Φ14.

Διαμήκης οπλισμός με ευθύγραμμες ράβδους, στις στηρίξεις του πάνω πέλματος.

- Αναγράφεται σε αντίστοιχη θέση δίπλα από τη σχεδίαση του οπλισμού αυτού. Για παράδειγμα 4Φ14.

Εγκάρσιος οπλισμός με κλειστούς συνδετήρες (τσέρκια).

- Αναγράφεται σε αντίστοιχη θέση πάνω στην κάτοψη της δοκού. Παράδειγμα ΣΦ10/25.

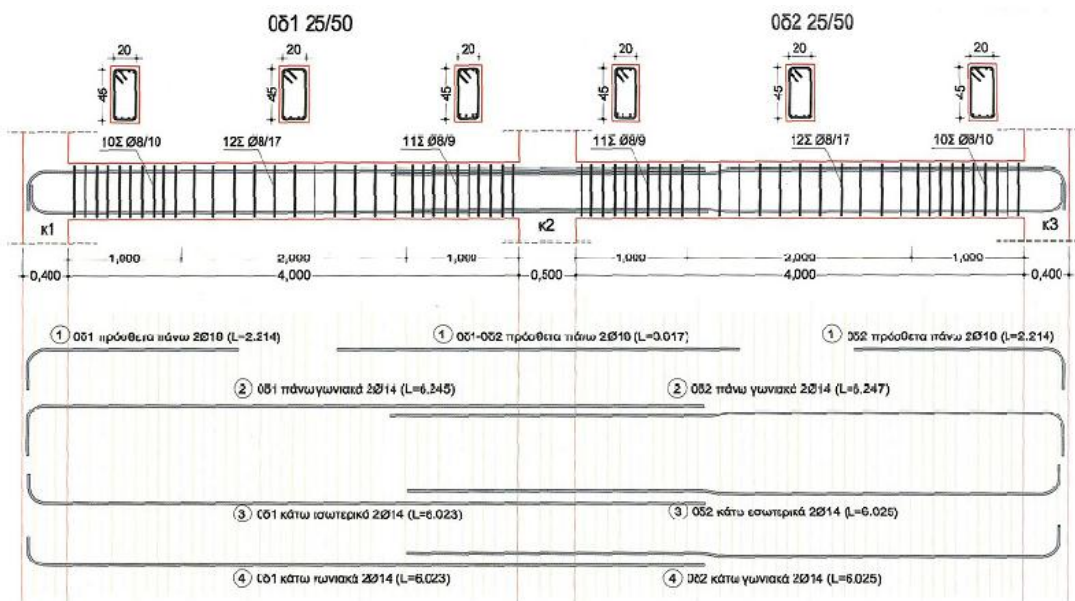
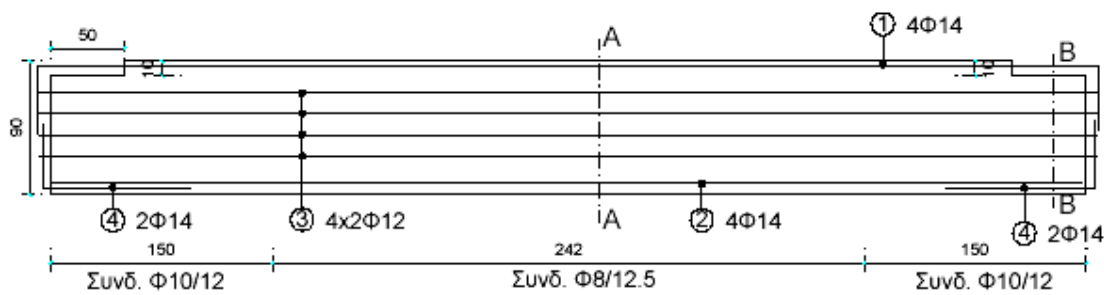
- Εάν αυτός είναι ίδιος για όλα τα δοκάρια, μπορεί να αναγραφεί στις παρατηρήσεις που αφορούν τις δοκούς.

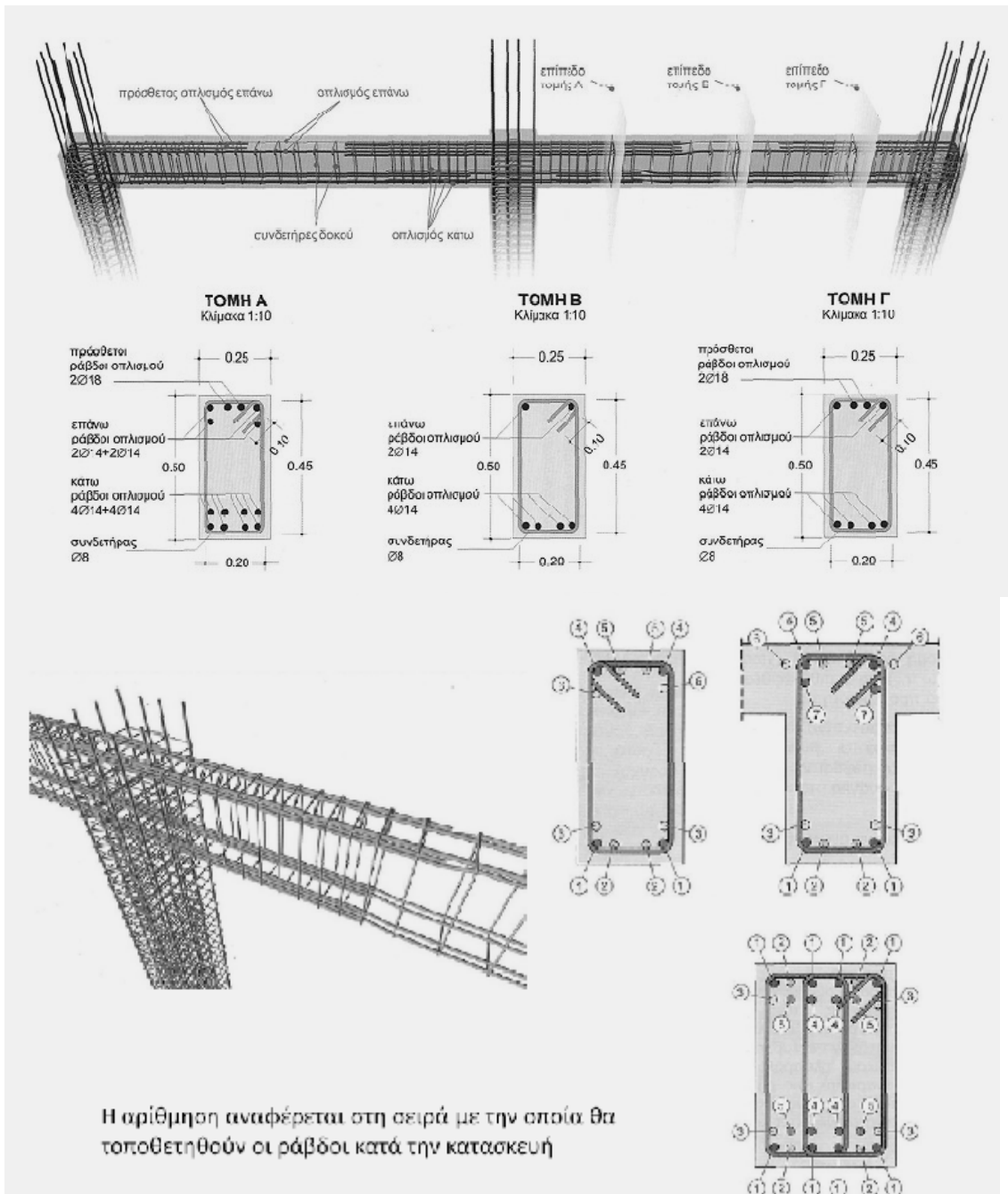
Διαμήκης πλευρικός οπλισμός

- Τοποθετείται στην περίπτωση που το ύψος της διατομής μιας δοκού είναι $> \eta =$ με 50cm. Παράδειγμα $\Phi 8/25$.
- Είναι συνήθως απο $\Phi 8$ και μεγαλύτερο και τοποθετείται έτσι ώστε να μην υπάρχουν αποστάσεις σε ύψος μεταξύ των > 30 cm.
- Αναγράφεται στις παρατηρήσεις που αφορούν τις δοκούς.

ΤΥΠΙΚΗ ΟΠΛΙΣΗ ΔΟΚΩΝ

ΚΑΤΟΨΗ ΔΟΚΟΥ





ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΕΝΤΑΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

ι Διαμήκης οπλισμός στο άνοιγμα :

- Παραλαβή εφελκυστικών δυνάμεων απο κάμψη και σεισμικών δυνάμεων.

- ii Διαμήκης οπλισμός στις στηρίξεις.
 - Παραλαβή εφελκυστικών δυνάμεων απο κάμψη στο άνω πέλμα. (Έλεγχος προσήμου ροπής).
- Iii Εγκάρσιος οπλισμός με συνδετήρες (τσέρκια) :
 - Παραλαβή διατμητικών τάσεων.
 - Παραλαβή τάσεων απο σεισμό.

Η ΟΠΛΙΣΗ ΜΙΑΣ ΔΟΚΟΥ

- § Τοποθέτηση δύο αποστασιοποιητών (πλαστικά στοιχεία ύψους 2,5cm ή ανάλογα με το περιβάλλον) κατά το διαμήκη άξονα στο κάτω πέλμα της δοκού, ώστε να πατήσουν τα άκρα της έτοιμης σειράς των συνδετήρων.
 - Ήηρά κλίματα $c_{min}=2,5cm$.
 - Παραθαλάσσιες περιοχές (έως 1Km απόσταση απο την ακτή) $c_{min}=3cm$.
 - Το πάχος επικάλυψης μετράται απο την εξωτερική πλευρά του συνδετήρα.
- § Τοποθέτηση της έτοιμης σειράς συνδετήρων της συγκεκριμένης δοκού, πάνω στους αποστασιοποιητές.
- § Τοποθέτηση των διαμήκων ράβδων του κάτω πέλματος και περίσφηση αυτών με τους συνδετήρες.
- § Τοποθέτηση των διαμήκων ράβδων του άνω πέλματος και περίσφηση αυτών με τους συνδετήρες.
- § Τελική περίσφηση συνδετήρων και οπλισμού δοκού, για τη διατήρηση των θέσεων του οπλισμού της στατικής μελέτης.

ΠΛΑΙΣΙΑ

ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

- § Οι δοκοί με τα υποστηλώματα συγκροτούν έναν ενιαίο φορέα που ονομάζεται πλαίσιο.

§ Στην όλη λειτουργία του φορέα αυτού σημαίνοντα ρόλο παίζουν καθοριστικές περιοχές του πλαισίου, που είναι :

- i. Ο κόμβος δοκού και υποστηλώματος.
 - Εκεί λαμβάνει χώρα η επιθυμητή στατική συνεργασία των δύο αυτών φορέων (μονολιθικότητα κατασκευής).
- ii. Η κρίσιμη περιοχή της δοκού που βρίσκεται δίπλα απο τις παρειές υποστηλωμάτων.
 - Στη διάρκεια του σεισμού αυτη η περιοχή δέχεται τη μεγαλύτερη ένταση.

ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΟΜΒΟΥ ΔΟΚΟΥ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

Συνέχιση των συνδετήρων του υποστυλώματος και στην περιοχή του κόμβου. Πρέπει να υπάρξει ιδιαίτερη μέριμνα για να γίνει σωστά η ανωτέρω συνέχιση των συνδετήρων. Ένας τρόπος είναι : Η σειρά αυτή των συνδετήρων να έχει εκ των προτέρων τοποθετηθεί, στις αναμονές των υποστυλωμάτων. Μετά την τοποθέτηση του οπλισμού του κάτω πέλματος των δοκών, να οδηγηθούν κατάλληλα αυτές οι αναμονές στον κόμβο.

Η κρίσιμη περιοχή της δοκού βρίσκεται εκατέρωθεν των παρειών των υποστυλωμάτων και το μήκος της ισούται με το διπλάσιο του ύψους της διατομής της δοκού, $L_{cr}=2h_b$. Η τοποθέτηση πυκνής διάταξης κλειστών συνδετήρων, σε απόσταση τη μικρότερη απο :

- $H_b/3$
- $10 \Phi_{Lmin}$ (Φ_L διάμετρος ευθύγραμμου της δοκού).
- $20\Phi_s$ (Φ_s διάμετρος συνδετήρων της δοκού).
- 200mm.

Συμβολισμός στη μορφή $\Phi 8/(14)25(14)$, όπου :

- $\Phi 8/25$ ενδιάμεσα.
- $\Phi 8/14$ στις L_{cr} της δοκού.

Η κάμψη διαμήκους οπλισμού πραγματοποιείται στα άκρα των ράβδων, για να αγκυρωθούν οι ράβδοι στο σκυρόδεμα και έτσι να επιτευχθεί η επιθυμητή

πρόσφυση των δύο υλικών. Η κάμψη αυτή γίνεται σε τύμπανα διαφόρων διαμέτρων, σύμφωνα με τον πίνακα.

Στην περίπτωση που στη μελέτη αναφέρεται διαφορετική διάμετρος τυμπάνου, αυτή πρέπει τελικά να εφαρμοστεί.

Για $\Phi \leq 18 \rightarrow D_{\min} = 4\Phi$

Για $\Phi \geq 18 \rightarrow D_{\min} = 7\Phi$

ΧΑΛΥΒΑΣ Φ (mm)	ΤΥΜΠΑΝΟ D_{\min} (mm)
8	32
10	40
12	48
14	56
16	64
18	72
20	140
25	175

3.6.3) ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

Σήμερα παράγονται, σύμφωνα με τους ΕΛΟΤ 1421-2 και ΕΛΟΤ1421-3, οι κάτωθι τεχνικές κατηγορίες χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος.

- B500C , που χρησιμοποιείται σαν βασικός οπλισμός ενός φορέα απο οπλισμένο σκυρόδεμα.
- B500A , που χρησιμοποιείται μόνο για την παραγωγή τυποποιημένων δομικών πλεγμάτων και δικτυωμάτων των οποίων η διάμετρος είναι $d(\Phi) \leq 8$.

Οι προηγούμενες τεχνικές κατηγορίες χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος S400, S400s, S500 και S500s δεν χρησιμοποιούνται πλέον. Ο S220 χρησιμοποιείται μόνο για βοηθητικούς σκοπούς. Όπου λοιπόν γίνεται αναφορά για τεχνικές κατηγορίες χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος, να λαμβάνεται υπ' όψη ο B500C ή ο B500A σύμφωνα με τα ανωτέρω.

Τα υποστηλώματα δέχονται τα φορτία των δοκών και το ίδιο βάρος τους. Ανήκουν στους φορείς που θα κληθούν στην παραλαβή έντονων σεισμικών

δράσεων. Το υποστύλωμα θεωρείται το πιο κρίσιμο στοιχείο ευστάθειας της κατασκευής και παραλαμβάνει μεγάλες στατικές και δυναμικές δράσεις. Οι συνδετήρες του θεωρούνται το πιο σημαντικό στοιχείο στην όλη λειτουργία της φέρουσας ικανότητάς του.

Η τυχόν αστοχία ενός υποστυλώματος θα προκαλέσει αλληλοδιαδοχικές αστοχίες σε δοκούς που εδράζονται σε αυτά και αμέσως μετά στις πλάκες που εδράζονται στις δοκούς κ.τ.λ. με αποτέλεσμα την συνολική αστοχία του κτηρίου.

Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, πριν οδηγηθεί σε αστοχία ένα υποστύλωμα, η έντονη δυναμικά καταπόνηση του εμφανίζεται στη βάση και την κορυφή του, που είναι και οι κρίσιμες περιοχές. Στις περιοχές αυτές το σκυρόδεμα και ο οπλισμός δέχονται έντονες καταπονήσεις. Αυτές προκαλούν διόγκωση του σκυροδέματος, η οποία προσπαθεί να λυγίσει τον οπλισμό και να αποδιοργανώσει τη διατομή.

Η διόγκωση ταυτόχρονα πιέζει και τους συνδετήρες να στοχήσουν (να ανοιξουν τα άγκιστρα). Με το άνοιγμα των συνδετήρων το σκυρόδεμα αστοχεί και ο οπλισμός λυγίζει. Έτσι έχουμε την συνολική αστοχία του φορέα.

Το μήκος των κρίσιμων περιοχών υποστυλωμάτων συμβολίζεται με L_{cr} . Λαμβάνεται σαν το μεγαλύτερο μήκος που προκύπτει :

- Απο το $H/5$. Όπου H το ύψος του υποστυλώματος απο τη βάση του μέχρι την κάτω παρειά του κόμβου με τη δοκό.
- Το μήκος των 600mm.
- Από το μήκος της μεγαλύτερης διάστασης της διατομής του, d .

Η απόσταση των συνδετήρων σε αυτό το μήκος είναι περίπου μειωμένη κατά 60%, της αντίστοιχης του υπόλοιπου τμήματος.

Το μήκος των κρίσιμων περιοχών τοιχωμάτων συμβολίζεται με L_{cr} . Λαμβάνεται σαν το μεγαλύτερο μήκος που προκύπτει :

- Από το $H/6$. Όπου H το ύψος του τοιχώματος απο τη βάση του μέχρι την κάτω παρειά του κόμβου με τη δοκό
- Από το μήκος της μεγαλύτερης διάστασης του , L_w .

Η απόσταση των συνδετήρων σε αυτό το μήκος είναι περίπου μειωμένη κατά 60%, της αντίστοιχης του υπόλοιπου τμήματος.

ΟΙ ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

Οι συνδετήρες αποτελούν το κρισιμότερο στοιχείο για τη φέρουσα ικανότητα, ιδιαίτερα στις δυναμικές καταπονήσεις όπως ο σεισμός. Οι συνδετήρες :

- Εξασφαλίζουν τον κύριο οπλισμό των υποστυλωμάτων έναντι λυγισμού.
- Παραλαμβάνουν διατμητική και στρεπτική καταπόνηση.
- Προκαλούν περίσφιξη του σκυροδέματος(δημιουργία πλάστιμων διατομών/Δυνατότητα για μεγάλες μετελαστικές παραμορφώσεις).
- Αυξάνουν τη συνάφεια του οπλισμού.

Αυτό σημαίνει ότι για να προστατευθεί ο φορέας από την αστοχία, απαιτείται πιστή εφαρμογή των κατασκευαστικών λεπτομερειών :

- Κατάλληλη επιλογή διαμέτρου και αποστάσεων.
- Επαρκές μήκος αγκίστρου, που πρέπει να είναι $>5\Phi$ και όχι μικρότερο των 10cm με σκέλος κατά 45 μοίρες.
- Κατά το δυνατόν τα άγκιστρα των συνδετήρων να μην βρίσκονται στην ίδια γωνία του υποστυλώματος.

ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

Διαμήκης οπλισμός με ελάχιστο οπλισμό ενός υποστυλώματος, ορίζονται :

- 4 $\Phi 14$ για ορθογωνικά υποστυλώματα
- 6 $\Phi 14$ για κυκλικά υποστυλώματα.

Συνίσταται η χρησιμοποίηση ράβδων $\Phi 14, \Phi 16, \Phi 18, \Phi 20, \Phi 25, \Phi 28, \Phi 32$.

Μπορεί σε ένα υποστυλώμα να υπάρχουν το πολύ δύο δια φορετικής διαμέτρου ράβδοι, αρκεί να ικανοποιείται η σχέση : $\min\Phi > 2/3 \max\Phi$.

Σχάρες στα επιμήκη υποστυλώματα π.χ. διαστάσεων 25/125cm με οπλισμό 2 $\Phi 10/20$.

Σιγμοειδής οπλισμός για τη σύνδεση εσχάρων ή και συγκεκριμένων διαμήκων ράβδων, $\Phi 8$ S500.

Κλειστοί συνδετήρες που μπορεί να είναι $\Phi 8, \Phi 10, \Phi 12$ και συνίσταται κατηγορία S500.

Οι διαστάσεις των υποστυλωμάτων :

- Ελάχιστη διάσταση πλευράς υποστυλώματος είναι 25cm.
- Για λόγο πλευρών μικρότερο του 4 θεωρείται υποστυλώμα ορθογωνικής διατομής.
- Για λόγο πλευρών μεγαλύτερο του 4 και με την επιμήκη πλευρά τουλάχιστον 100 cm , το υποστυλώμα χαρακτηρίζεται ως τοίχωμα

ΔΙΑΤΑΞΗ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

Ο διαμήκης οπλισμός τοποθετείται περιμετρικά της διατομής του υποστυλώματος. Δεν μπορεί να υπάρχει απόσταση μεταξύ δύο ράβδων

>20cm. Εξαιρούνται υποστυλώματα διατομής 30x30cm , όπου οι ράβδοι μπορούν να τοποθετηθούν στις γωνίες τους. Όλος ο οπλισμός πρέπει να συγκρατείται από κλειστούς περισφιγμένους συνδετήρες. Σχάρες και διάταξη του κύριου οπλισμού στα τοιχώματα σύμφωνα με τον αντισεισμικό κανονισμό.

Ελάχιστη επικάλυψη $C_{min}=2,50cm$, από την εξωτερική πλευρά του συνδετήρα.

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

Τρία είναι τα στοιχεία που συνθέτουν το συμβολισμό τους, στον ξυλότυπο του μηχανικού. Το όνομα του υποστυλώματος. Για παράδειγμα K2, όπου K, το κωδικό γράμμα όλων των υποστυλωμάτων και όπου 2, ο αύξων αριθμός του συγκεκριμένου υποστυλώματος.

Η διατομή του υποστυλώματος. Για παράδειγμα 70/25. Όπου 70 είναι το πλάτος σε cm της πλευράς της διατομής, στην οριζόντια διεύθυνση και όπου 25 είναι το πλάτος σε cm της άλλης πλευράς της διατομής του.

Ο διαμήκης οπλισμός του. Για παράδειγμα 4Φ18 +8Φ14.

ΑΝΑΜΟΝΕΣ

Ο διαμήκης οπλισμός των υποστυλωμάτων τοποθετείται συνήθως ανά όροφο. Σε κάθε όροφο πρέπει να υπάρχουν και οι κατάλληλες αναμονές για να συνεργαστούν αυτές με τον αντίστοιχο οπλισμό του επόμενου ορόφου.

Το ελάχιστο μήκος αυτών L_0 , εξαρτάται από:

- Την ποιότητα του σκυροδέματος
- Την κατηγορία του χάλυβα. Για C20/25 και S500s λαμβάνουμε $L_0 \geq 70\Phi$.

ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ ΑΝΑΜΟΝΩΝ ΓΙΑ C20/25 & S500s

C20/25	S500s
$\Phi(mm)$	$L_0(cm) \geq 70\Phi$
14	100
16	120
18	130
20	140

ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΔΟΚΟΥΣ

Λειτουργία μιας δοκού πλαισίου, που ήδη έχει αναφερθεί. Οι διαμήκεις ράβδοι οπλισμού των υποστυλωμάτων, πρέπει να αγκυρωθούν κατάλληλα στις συνεργαζόμενες δοκούς. Αυτό συμβαίνει κυρίως στον τελευταίο όροφο. Το μήκος αγκύρωσης, φαίνεται στον επόμενο πίνακα.

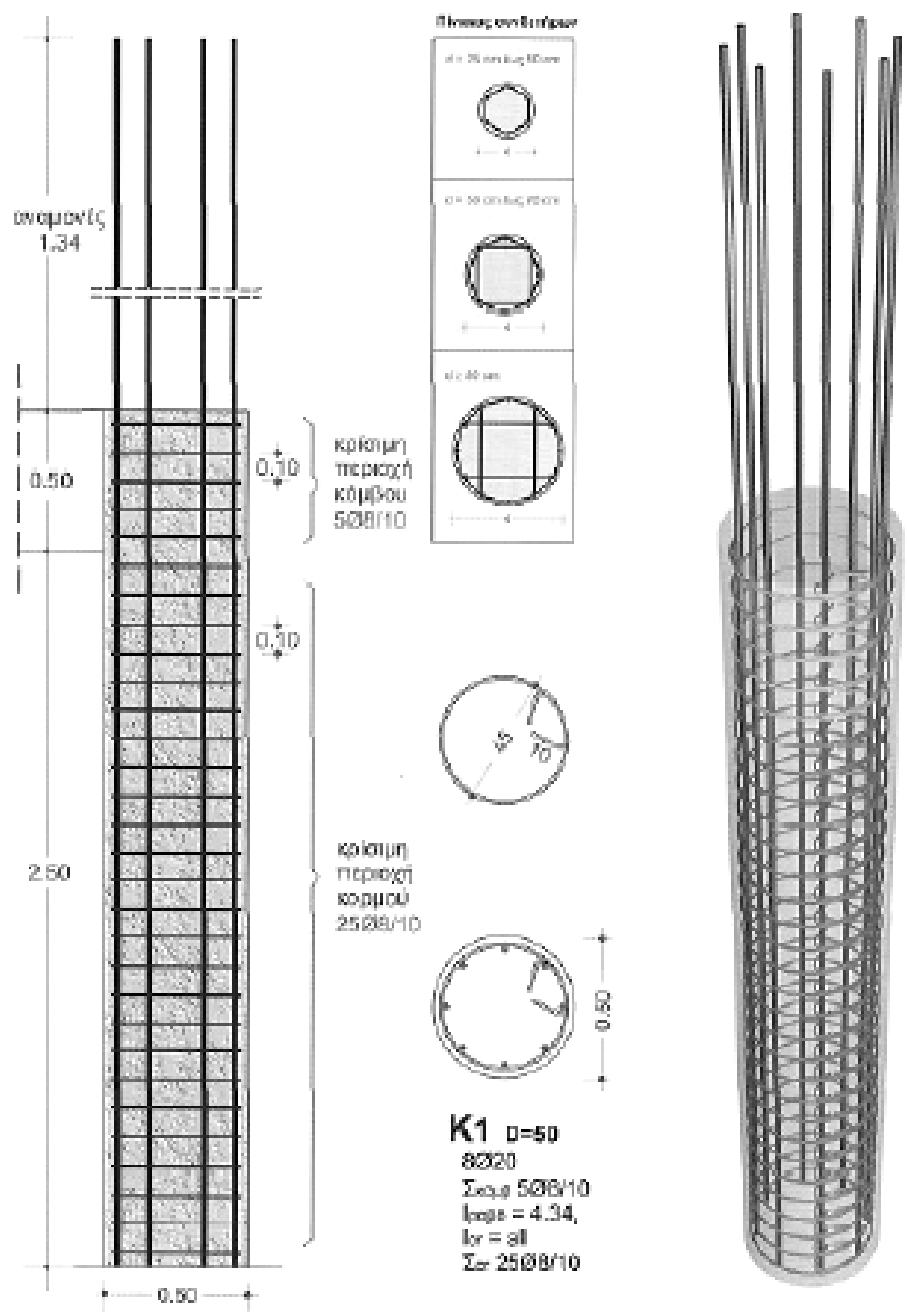
Φ(mm)	Lbnet(cm) (Dτυμπ.+5Φ)
12	65
14	75
16	85
18	100
20	110

ΚΥΚΛΙΚΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

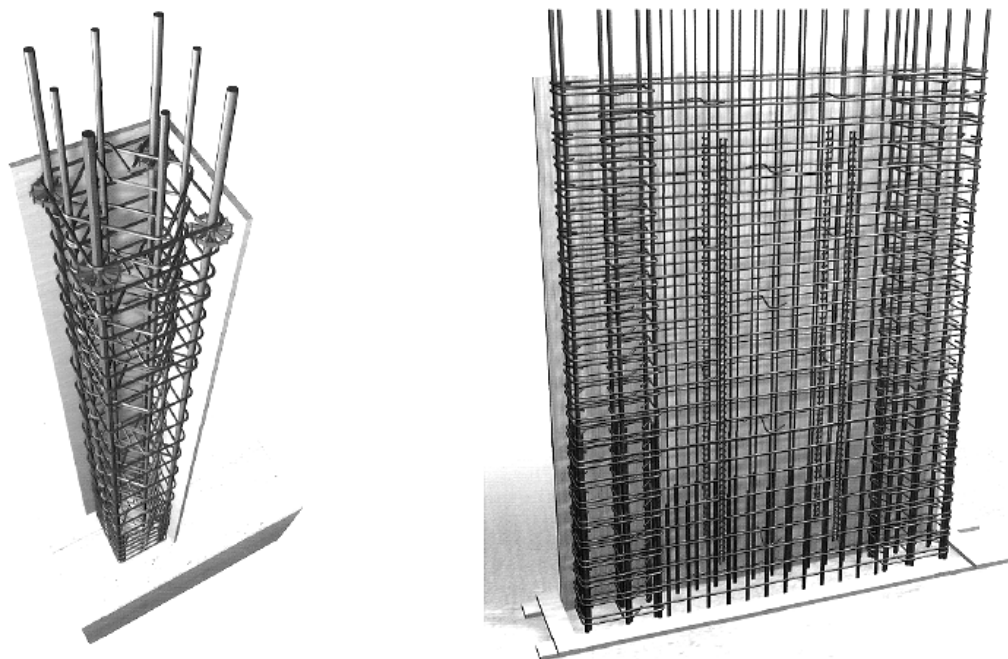
Οι συνδετήρες που περιβάλλουν το διαμήκη οπλισμό είναι κυκλικοί (Σχήμα) ή σπειροειδείς. Το βήμα της σπείρας είναι ≤ 80 mm ή το 1/5 της διαμέτρου του πυρήνα της διατομής της που εκτείνεται και στον κόμβο.

Η διάμετρος του πυρήνα είναι ≥ 250 mm.

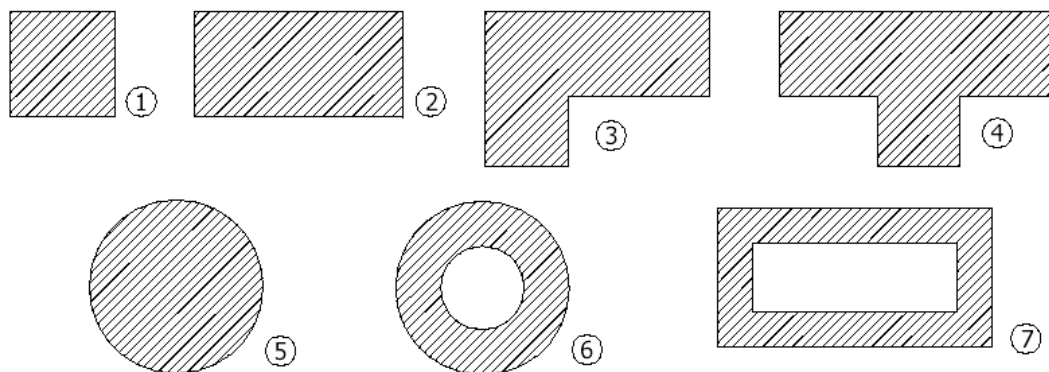
Η διάμετρος της σπείρας είναι ≥ 6 mm (στη πράξη λαμβάνεται Φ8) και αγκυρώνεται αποτελεσματικά στους κόμβους με συγκόλληση ή με άγκιστρα.



ΤΥΠΙΚΗ ΟΠΛΙΣΗ ΣΤΥΛΩΝ ΚΑΙ ΤΟΙΧΕΙΩΝ



ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ



- ① Τετραγωνικό υποστυλώμα
- ② Ορθογωνικό υποστυλώμα
- ③ Γωνιακό υποστυλώμα μορφής Γ
- ④ Γωνιακό υποστυλώμα μορφής T

- ⑤ Κυκλικό υποστυλώμα
- ⑥ Υποστυλώμα κοίλης κυκλικής διατομής
- ⑦ Υποστυλώμα κοίλης ορθογωνικής διατομής

ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΙ ΘΩΡΑΚΕΣ

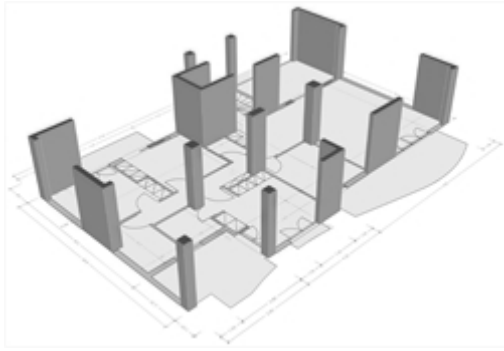
Είναι μονοκόμματοι πολυμορφικοί συνδετήρες σπειροειδούς μορφής. Χρησιμοποιούνται σαν εγκάρσιος οπλισμός κυρίως σε υποστυλώματα, δοκούς κ.τ.λ. Περισφίγγουν το επιμήκη οπλισμό των υποστυλωμάτων, ενώ δεν διακόπτονται σε κανένα τους σημείο. Μπορούν να αραιωθούν και να πυκνωθούν στις κρίσιμες περιοχές. Είναι ανθεκτικοί σε ισχυρούς σεισμούς με ποιότητα S500s σε διατομές Φ8, Φ10, Φ12, Φ14, Φ16.

Τα πλεονεκτήματά τους είναι :

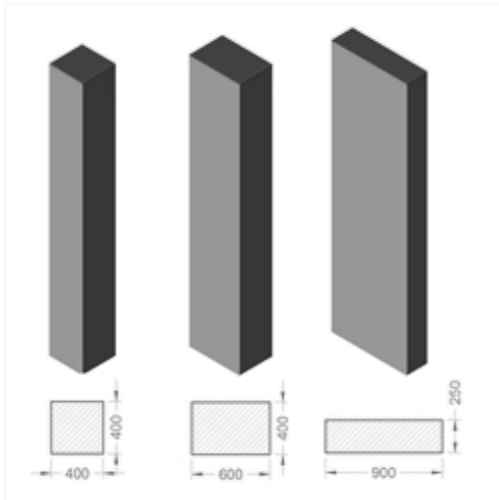
- § Καλύτερη περίσφηση σκυροδέματος.
- § Αύξηση της αντοχής και της πλαστιμότητας της κατασκευής
- § Προστασία του επιμήκους οπλισμού των υποστυλωμάτων από Λυγισμό.
- § Εύκολη βιομηχανοποιημένη προκατασκευή του κλωβού των συνδετήρων.
- § Εύκολη τοποθέτηση στο εργοτάξιο.
- § Απρόσκοπτη σκυροδέτηση, λόγω μη ύπαρξης των πολλών αγκίστρων (κίνδυνος απόμιξης σκυροδέματος).
- § Τήρηση κανονισμών Ε.Α.Κ. 2000, Κ.Τ.Χ. 2000, Ε.Κ.Ω.Σ. 2000.

Τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία του σκελετού αναφέρονται πολλές φορές με ένα ενιαίο όνομα ως **κολόνες**. Λόγω όμως του διαφορετικού τρόπου λειτουργίας, του διαφορετικού τρόπου υπολογισμού, αλλά κυρίως του διαφορετικού τρόπου όπλισης, χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: Υποστυλώματα, **Τοιχεία** και **Σύνθετα στοιχεία**.

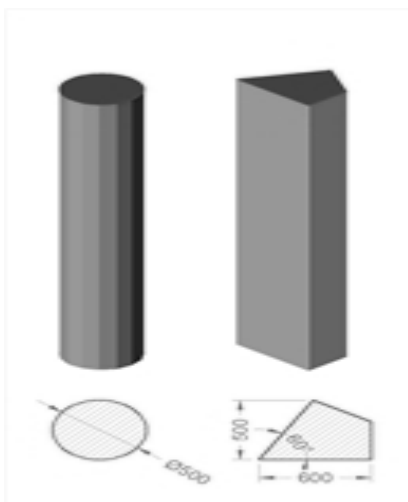




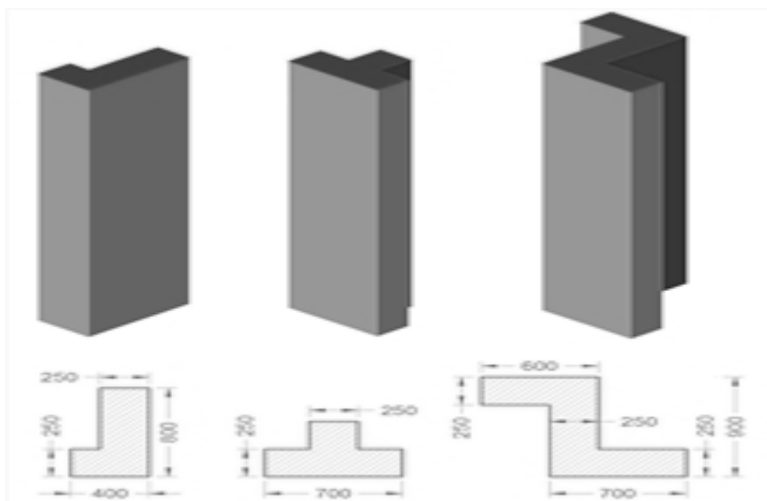
Υποστυλώματα είναι τα ορθογωνικά στοιχεία που ο λόγος των πλευρών τους είναι μικρότερος από 4, π.χ. οι διατομές 400/400, 400/600, 250/900, κ.τ.λ. (οι διαστάσεις είναι σε mm).



Στην κατηγορία των υποστυλωμάτων εντάσσονται και οι κυκλικές διατομές π.χ. $D=500$, καθώς και οι τετράπλευρες π.χ. 500/600 με εγγεγραμμένη γωνία 60 μοιρών.

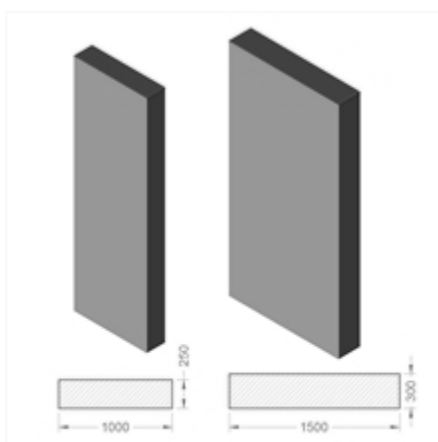


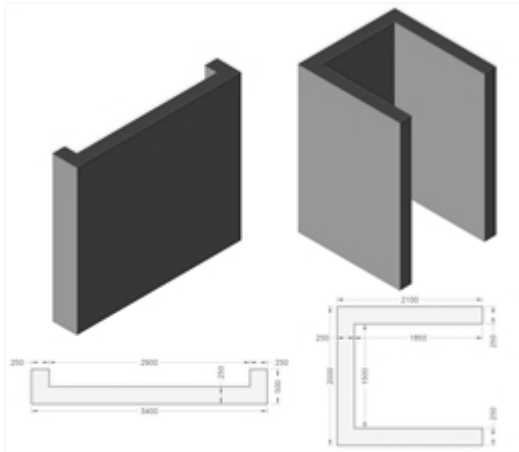
Στην κατηγορία των υποστυλωμάτων μπορούν να ενταχθούν και στοιχεία μορφής γάμα, ή ταυ, ή ζήτα, που ο λόγος των πλευρών των ορθογωνικών τμημάτων τους είναι μικρότερος από 4, π.χ. η διατομή γάμα 400/800/250/250, η διατομή ταυ 700/500/250/250, η ζήτα διατομή 600/700/900/250, κ.τ.λ.



Τοιχεία είναι τα ορθογωνικά στοιχεία που ο λόγος των πλευρών τους είναι μεγαλύτερος, ή ίσος με 4, π.χ. οι διατομές 1000/250, 1500/300.

Σύνθετα στοιχεία είναι αυτά που αποτελούνται από ένα, ή περισσότερα ορθογωνικά στοιχεία και το ένα από αυτά τουλάχιστον είναι τοιχείο. Με την ευρεία έννοια και δεδομένου ότι στα δύο άκρα ενός τοιχείου διαμορφώνονται υποστυλώματα, ένα τοιχείο είναι σύνθετο στοιχείο. Π.χ. σύνθετα στοιχεία είναι η γάμα διατομή 1200/1000/250/250, η γάμα διατομή 1200/700/250/250, το ασανσέρ χωρίς λαμπάδες, το ασανσέρ με λαμπάδες, το διπλό ασανσέρ με κλίση στη μία πλευρά, και άλλα.



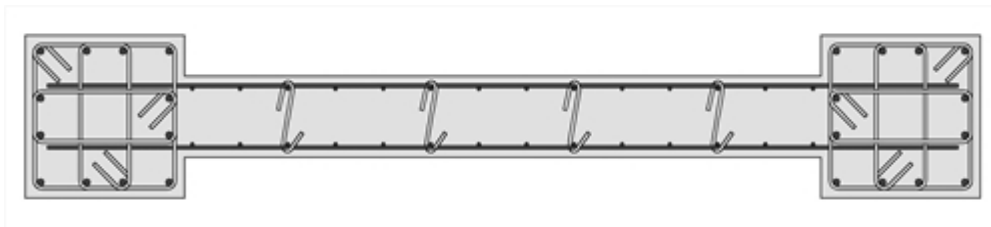


3.6.4) Τοιχώματα

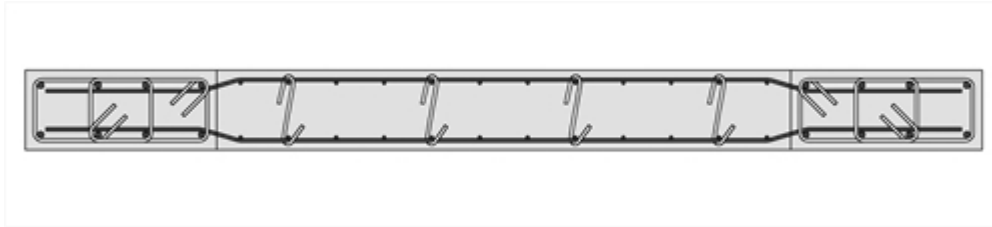
Γενικά περί τοιχείων

Τα τοιχεία είναι κατακόρυφα στοιχεία που πέραν της ικανότητάς τους να φέρουν κατακόρυφα φορτία, έχουν και τη δυνατότητα να περιορίζουν τις οριζόντιες παραμορφώσεις του σκελετού. Είναι γεγονός ότι, κατά κανόνα, φέρουν τα φορτία της βαρύτητας, οπότε μπορεί να θεωρηθεί υπερβολή το μεγάλο τους μέγεθος, το οποίο όμως είναι τελείως απαραίτητο για την ανάληψη των οριζόντιων σεισμικών δυνάμεων. Οι σεισμικές δυνάμεις προκαλούν στα τοιχεία ισχυρή κάμψη και διάτμηση, που για να αντιμετωπισθούν χρειάζονται ισχυρό και καλά τοποθετημένο οπλισμό σε όλη τους τη μάζα.

Τοιχείο θεωρείται κάθε κατακόρυφο στοιχείο με λόγο πλευρών μεγαλύτερο ή ίσο του 4. Για να λειτουργεί με επιτυχία ένα τοιχείο, πρέπει στα δύο άκρα του να υπάρχουν υποστυλώματα.



Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν διαμορφωμένα διακριτά υποστυλώματα, διαμορφώνονται στη μάζα του τοιχείου δύο ακραία κρυφά υποστυλώματα, πλάτους ίσου με το πλάτος του τοιχείου και μήκους τουλάχιστον μιάμιση φορά το πάχος του ($\geq 1.5b$).



Τα ακραία υποστυλώματα, εκτός από τη συμβολή τους στη συναρμολόγηση του τοιχείου, έχουν σκοπό να εξασφαλίσουν μια ελάχιστη αντοχή. Σε έναν εξαιρετικά ισχυρό σεισμό, είναι πιθανή η αποδιοργάνωση της συνοχής του τοιχείου. Τότε, στο κρίσιμο κατώτερο ύψος του κτιρίου, τα δύο υποστυλώματα, με την ισχυρή πλαστιμότητα που διαθέτουν, διατηρούν τη δυνατότητα να φέρουν το μεγαλύτερο μέρος των κατακόρυφων φορτίων της βαρύτητας και των σεισμικών δυνάμεων.

Παρατηρήσεις:

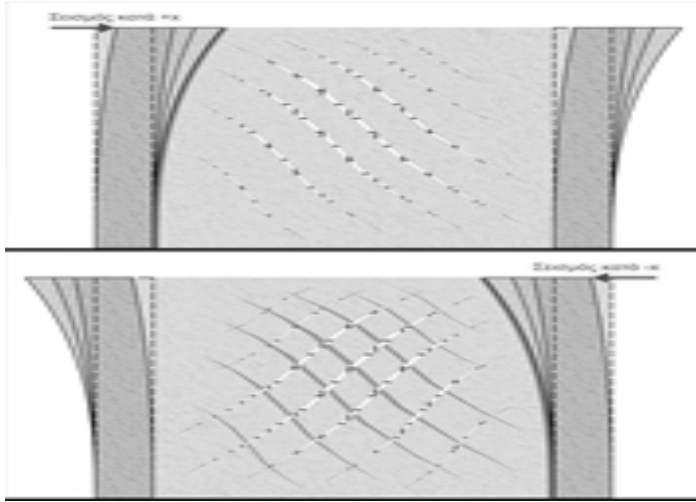
α) Η επιλογή διάστασης υποστυλώματος (κανονικού ή κρυφού) 450 mm, έχει το πλεονέκτημα ότι είναι η μεγαλύτερη διάσταση που μπορεί να οπλισθεί με τρίμητο συνδετήρα, για να δίνει αποστάσεις σκελών της τάξης των 200 mm, που απαιτούνται από τον κανονισμό.

β) Η διάσταση υποστυλώματος των 400 mm συνήθως, δεν προσφέρει ικανοποιητικό μήκος αγκύρωσης, ενώ η διάσταση των 500 mm έχει ανάγκη τετράμητου συνδετήρα.

Η λειτουργία του τοιχείου

Κατά τη διάρκεια του σεισμού η καταπόνηση του τοιχείου είναι καμπτική και κυρίως διατμητική, με αποτέλεσμα στο σύνολο του τοιχείου να δημιουργούνται τάσεις κατά τη διαγώνιο. Οι λοξές διατμητικές τάσεις αλλάζουν φορά με την εναλλαγή της φοράς του σεισμού. Οι τάσεις αυτές αντιμετωπίζονται πολύ καλά στα καλά περισφιγμένα ακραία υποστυλώματα,

ενώ στον κορμό του τοιχείου παραλαμβάνονται από το διπλό πλέγμα (οριζόντιες και κατακόρυφες ράβδοι).

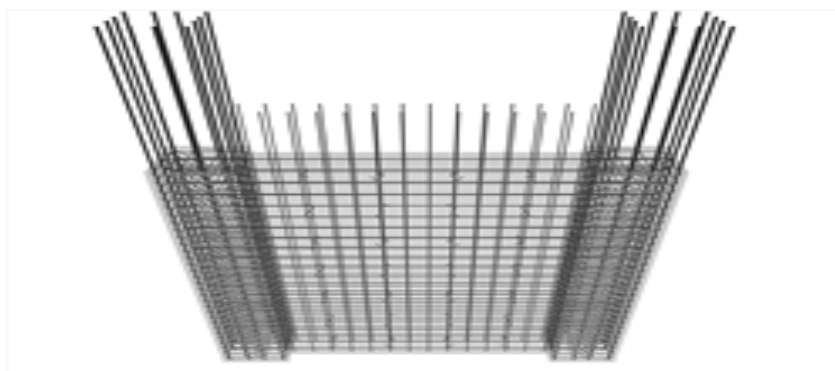


Οι ρωγμές που ανοίγουν κατά τη μία κατεύθυνση του σεισμού, θα κλείσουν όταν αλλάξει κατεύθυνση ο σεισμός και η εναλλαγή συνεχίζεται όσο διαρκεί ο σεισμός.

Όπλιση τοιχείου

Τα ακραία υποστυλώματα, κανονικά ή κρυφά, οπλίζονται σύμφωνα με τους κανόνες των υποστυλωμάτων.

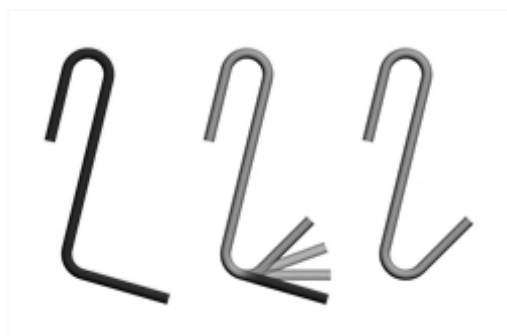
Ο κορμός του τοιχείου οπλίζεται με δύο εσχάρες, μία σε κάθε όψη του, οι οποίες συνδέονται με-ταξύ τους με εγκάρσιο σιγμοειδή οπλισμό. Η διάμετρος τόσο των κατακόρυφων όσο και των οριζόντιων ράβδων των εσχάρων πρέπει να είναι τουλάχιστον $\varnothing 8$. Ο σιγμοειδής οπλισμός πρέπει να είναι κατ' ελάχιστο $4\varnothing 8/m^2$.



Όταν δεν θέλουμε ρηγματώσεις, π.χ. σε πλαϊνό πισίνας, χρησιμοποιούμε πυκνές εσχάρες με όσο το δυνατόν λεπτότερες ράβδους.

Οπλισμός S

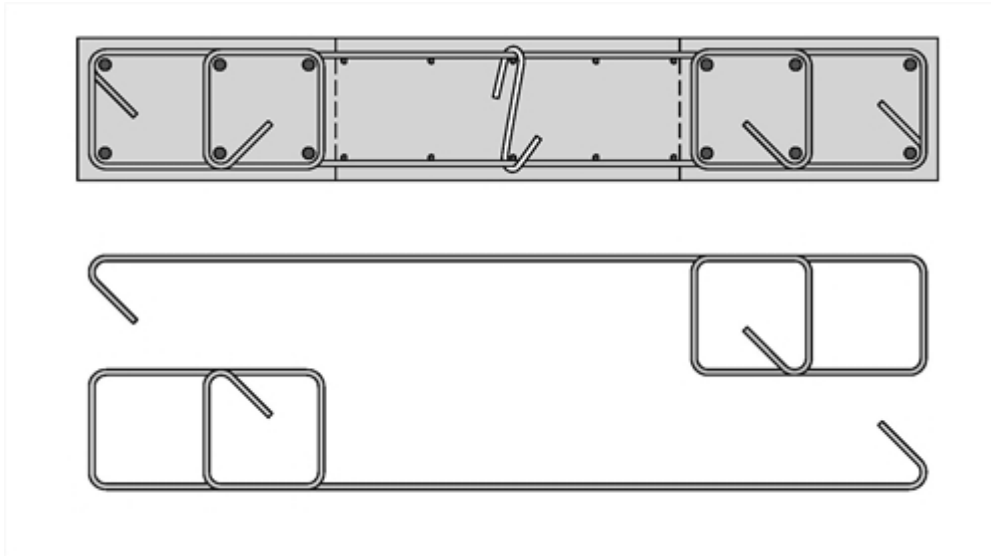
Τα S έχουν σκοπό να εξασφαλίζουν το λυγισμό των κατακόρυφων ράβδων, αλλά και τη συνεργασία κατακόρυφων και οριζόντιων ράβδων, ειδικά στην περίπτωση ισχυρού σεισμού, όπου το σκυρόδεμα μπορεί ακόμη και να αποφλοιωθεί.



Ο σύνδεσμος S κατασκευάζεται με τη μία γωνία κλειστή, στις 180 μοίρες (180°), ή 135° και την άλλη γωνία με 90°. Αυτό είναι αναγκαίο για να μπορεί να τοποθετηθεί εύκολα. Μετά την τοποθέτηση όμως, πρέπει να κλείσει και η δεύτερη γωνία τουλάχιστον στις 135°. Για να είναι εύκολο το κλείσιμο του S με το χέρι, επιτρέπεται η χρήση μαλακού χάλυβα.

Όταν οι κατακόρυφες ράβδοι βρίσκονται στην εσωτερική στρώση, τότε ο σύνδεσμος S πρέπει να πιάνει τις οριζόντιες ράβδους στη θέση της συνάντησής τους με τις κατακόρυφες, ή ακόμα καλύτερα να πιάνει ταυτόχρονα και τις οριζόντιες και τις κατακόρυφες ράβδους.

Εναλλακτικά, η διαμόρφωση του οπλισμού των ακραίων υποστρωμάτων και των διανομών του μονοσκελούς τοιχείου μπορεί να επιτευχθεί με την κατασκευή δύο Γ τμημάτων, όπως φαίνεται στο επόμενο σχέδιο. Τα Γ σκέλη μπορούν να κατασκευαστούν και από αναδιπλούμενο πλέγμα.



Αναμονές τοιχείων

Ανάγκη κατασκευής συγγραμικών ή εγκάρσιων τοιχείων, σε διαφορετικές φάσεις, προκύπτει σε αρκετές περιπτώσεις. Τις πιο πολλές φορές οι αναμονές τοποθετούνται με τον παραδοσιακό τρόπο, δηλαδή με επέκταση των οριζόντιων ράβδων του τοιχείου που κατασκευάζεται πρώτο, προς την κατεύθυνση του τοιχείου που θα κατασκευαστεί στην επόμενη φάση.

Στις περιπτώσεις που το τοιχείο που θα προστεθεί είναι εγκάρσιο ή συγγραμικό, αλλά οι αναμονές θα δημιουργήσουν δυσκολίες σε περαιτέρω εκσκαφές, ή θα κινδυνεύσουν να στραβώσουν από τα χωματουργικά μηχανήματα, χρησιμοποιείται η ειδική τεχνική που περιγράφεται στη συνέχεια:

- (α) κατασκευάζονται οι αναμονές σε μορφή φουρκέτας, κάμπτονται προσωρινά τα σκέλη τους και εγκιβωτίζονται σε τυποποιημένο μεταλλικό ή αυτοσχέδιο (π.χ. από πολυστερίνη), πλακέ κουτί,
- (β) καρφώνεται το πλακέ κουτί πάνω στον ξυλότυπο, σιδερώνεται το πρώτο τοιχείο και σκυροδετείται,
- (γ) μετά το ξεκαλούπωμα, ευθυγραμμίζονται ξανά οι αναμονές. Αν το κουτί εγκιβωτισμού των αναμονών είναι ιδιοκατασκευή, απομακρύνεται.
- (δ) κατασκευάζεται το δεύτερο τοιχείο

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται είτε τα τοιχεία είναι εγκάρσια, είτε είναι συγγραμικά. Η λύση είναι ιδανική στην περίπτωση τμηματικής θεμελίωσης με τη μέθοδο των **ντουλαπιών**. Η τμηματική εκσκαφή με ντουλάπια γίνεται όταν υπάρχει κίνδυνος για το γειτονικό κτίσμα. Τότε σκάβεται ένα τμήμα του κοινού ορίου, σκυροδετείται το τμήμα του τοιχείου με το θεμέλιό του και στη συνέχεια σκάβεται το διπλανό ή τα διπλανά τμήματα (ντουλάπια).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (4) ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

4.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Παρακάτω ακολουθούν τα έντυπα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την πειραματική διερεύνηση στο εργαστήριο οπλισμένου σκυροδέματος σε εφελκυσμό και αναδίπλωση –ανάκαμψη, όπως και ένα ενδεικτικό διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων

ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ

ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΝΤΥΠΟΥ
ΠΤ-01/ΕΚΔΟΣΗ Α

ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ (ΕΛΟΤ EN ISO 15630-1/2)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ : INSTRON SATEC SERIES 6000X-B1-04-G10

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 700
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 12
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 113.04
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 0,854
ΦΟΡΤΙΟ (KN) :	P= 57.3
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	
ΤΑΣΗ (Mpa) :	S= 506,9
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ (mm) :	ΔL= 66,1
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ % :	ε%= 0,0944

ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ						ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΝΤΥΠΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ						ΠΤ-01/ΕΚΔΟΣΗ Α
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ						
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ						
ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ						
(ΕΛΟΤ EN ISO 15630-1/2)						
ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :	INSTRON SATEC SERIES 6000X-B1-04-G10					
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:						
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :						
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :			L=		702	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :			D=		12	
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm²) :			A=		113.04	
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :			W=		0,8564	
ΦΟΡΤΙΟ (KN) :			P=		57,8	
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ						
ΤΑΣΗ (Mpa) :			S=		511,32	
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ (mm) :			ΔL=		67,2	
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ % :			ε%=		0,0971	

ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ EN ISO 15630-1/2)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ : INSTRON SATEC SERIES 6000X-B1-04-G10

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 705
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 12
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 113,04
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 0,8601
ΦΟΡΤΙΟ (KN) :	P= 58,3
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	
ΤΑΣΗ (Mpa) :	S= 515,74
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ (mm) :	ΔL= 66,8
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ % :	ε%= 0,0947

ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ EN ISO 15630-1/2)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ : INSTRON SATEC SERIES 6000X-B1-04-G10

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 710
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 12
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 113,04
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 0,8662
ΦΟΡΤΙΟ (KN) :	P= 58,9
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	
ΤΑΣΗ (Mpa) :	S= 521,05
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ (mm) :	ΔL= 66,1
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ % :	ε%= 0,095098

ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ EN ISO 15630-1/2)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ : INSTRON SATEC SERIES 6000X-B1-04-G10

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 700
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 10
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 78,5
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 0,712
ΦΟΡΤΙΟ (KN) :	P= 40,82
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	
ΤΑΣΗ (Mpa) :	S= 521
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ (mm) :	ΔL= 59,3
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ % :	ε%= 0,0847

ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΝΤΥΠΟΥ
ΠΤ-01/ΕΚΔΟΣΗ Α

ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ EN ISO 15630-1/2)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ : INSTRON SATEC SERIES 6000X-B1-04-G10

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 702
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 10
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 78,5
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 0,714034286
ΦΟΡΤΙΟ (KN) :	P= 41,18
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	
ΤΑΣΗ (Mpa) :	S= 524,58
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ (mm) :	ΔL= 59,1
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ % :	ε%= 0,0841

ΓΡΑΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
Α ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΓΗΡΙΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΝΤΥΠΟΥ
ΠΤ-01/ΕΚΔΟΣΗ Α

ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ EN ISO 15630-1/2)

ΖΗ ΕΛΕΓΧΟΥ : INSTRON SATEC SERIES 6000X-B1-04-G10

ΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	
ΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 705
ΠΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 10
ΪΗ (mm ²) :	A= 78,5
(Kgr) :	W= 0,717
(KN) :	P= 40,34
ΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	
Δρα) :	S= 513,88
ΖΥΝΣΗ (mm) :	ΔL= 58,9
ΖΥΝΣΗ % :	ε%= 0,0835

ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ EN ISO 15630-1/2)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ : INSTRON SATEC SERIES 6000X-B1-04-G10

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 707
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 10
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 78,5
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 0,71912
ΦΟΡΤΙΟ (KN) :	P= 41,34
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	
ΤΑΣΗ (Mpa) :	S= 526,62
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ (mm) :	ΔL= 59,3
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ % :	ε%= 0,0838

ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ EN ISO 15630-1/2)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ : INSTRON SATEC SERIES 6000X-B1-04-G10

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 710
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 10
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 78,5
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 0,72217
ΦΟΡΤΙΟ (KN) :	P= 41,6
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	
ΤΑΣΗ (Mpa) :	S= 529,93
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ (mm) :	ΔL= 59,5
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ % :	ε%= 0,0838

ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ EN ISO 15630-1/2)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ : INSTRON SATEC SERIES 6000X-B1-04-G10

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 700
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 14
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 153,86
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 0,996
ΦΟΡΤΙΟ (KN) :	P= 81,56
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	
ΤΑΣΗ (Mpa) :	S= 530,09
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ (mm) :	ΔL= 66,1
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ % :	ε%= 0,0944

ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ EN ISO 15630-1/2)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ : INSTRON SATEC SERIES 6000X-B1-04-G10

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 702
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 14
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 153,86
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 1,007
ΦΟΡΤΙΟ (KN) :	P= 81,91
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	
ΤΑΣΗ (Mpa) :	S= 532,36
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ (mm) :	ΔL= 66,09
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ % :	ε%= 0,094159

ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ EN ISO 15630-1/2)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ : INSTRON SATEC SERIES 6000X-B1-04-G10

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 705
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 14
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 153,86
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 1,003
ΦΟΡΤΙΟ (KN) :	P= 82,2
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	
ΤΑΣΗ (Mpa) :	S= 534,25
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ (mm) :	ΔL= 66,099
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ % :	ε%= 9,3758

ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ EN ISO 15630-1/2)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ : INSTRON SATEC SERIES 6000X-B1-04-G10

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 710
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 12
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 113,04
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 0,8662
ΦΟΡΤΙΟ (KN) :	P= 59,1
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	
ΤΑΣΗ (Mpa) :	S= 522,82
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ (mm) :	ΔL= 67
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ % :	ε%= 0,0943

ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ EN ISO 15630-1/2)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ : INSTRON SATEC SERIES 6000X-B1-04-G10

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 705
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 14
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 153,86
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 1,003
ΦΟΡΤΙΟ (KN) :	P= 82,35
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	
ΤΑΣΗ (Mpa) :	S= 535,22
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ (mm) :	ΔL= 68,9
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ % :	ε%= 0,0977

ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ EN ISO 15630-1/2)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ : INSTRON SATEC SERIES 6000X-B1-04-G10

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 702
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 14
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 153,86
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 1,007
ΦΟΡΤΙΟ (KN) :	P= 81,89
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	
ΤΑΣΗ (Mpa) :	S= 532,23
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ (mm) :	ΔL= 69,14
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ % :	ε%= 0,0985

ΚΑΜΨΗ -

ΑΝΑΚΑΜΨΗ

ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΝΤΥΠΟΥ
ΠΤ-02/ΕΚΔΟΣΗ Α

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ (ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :		
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L=	703
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D=	10
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm²) :	A=	78,5
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W=	0,5724
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ=	50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ=	100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ=	300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :		
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L=	700
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D=	10
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A=	78,5
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W=	0,57
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ=	50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ=	100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ=	300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 702
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 10
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 78,5
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 0,5716
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ= 50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ= 100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ= 300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 702
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 10
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 78,5
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 0,5716
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ= 50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ= 100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ= 300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 701
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 10
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 78,5
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 0,5708
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ= 50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ= 100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ= 300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :		
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L=	703
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D=	12
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A=	113,04
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W=	0,724
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	D _{στελ} =	50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	D _{τροχ} =	100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	L _{εσ} =	300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :		
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L=	701
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D=	12
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A=	113,04
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W=	0,697
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ=	50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ=	100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ=	300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 702
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 12
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 113,04
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 0,711
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ= 50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ= 100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ= 300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :		
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L=	701
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D=	12
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A=	113,04
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W=	0,697
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ=	50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ=	100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ=	300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :		
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L=	700
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D=	12
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A=	113,04
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W=	0,684
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ=	50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ=	100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ=	300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :		
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L=	700
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D=	14
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A=	153,86
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W=	0,798
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ=	50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ=	100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ=	300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 703
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 14
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 153,86
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 0,801
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ= 50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ= 100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ= 300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :		
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L=	703
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D=	14
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A=	153,86
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W=	0,801
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ=	50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ=	100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ=	300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :		
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L=	704
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D=	14
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A=	153,86
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W=	0,802
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ=	50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ=	100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ=	300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :		
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L=	701
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D=	14
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A=	153,86
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W=	0,799
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ=	50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ=	100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ=	300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :		
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L=	702
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D=	16
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A=	200,96
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W=	0,914
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ=	50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ=	100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ=	300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :		
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L=	705
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D=	16
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A=	200,96
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W=	0,918
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ=	50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ=	100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ=	300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :		
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L=	700
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D=	16
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A=	200,96
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W=	0,912
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ=	50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ=	100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ=	300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 704
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 16
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 200,96
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 0,917
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ= 50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ= 100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ= 300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :		
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L=	700
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D=	16
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A=	200,96
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W=	0,912
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	D _{στελ} =	50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	D _{τροχ} =	100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	L _{εσ} =	300

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :		
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L=	704
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D=	18
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A=	254,34
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W=	1,032
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ=	50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ=	100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ=	400

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :		
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L=	706
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D=	18
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A=	254,34
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W=	1,034
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ=	50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ=	100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ=	400

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 700
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 18
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 254,34
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 1,025
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	D _{στελ} = 50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	D _{τροχ} = 100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	L _{εσ} = 400

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 702
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 18
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 254,34
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 1,028
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ= 50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ= 100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ= 400

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΧΑΛΥΒΑ
(ΕΛΟΤ 1421-1 & EN 10080 & EN ISO 15630-1)

ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΛΕΓΧΟΥ :

TECNOTEST F 013

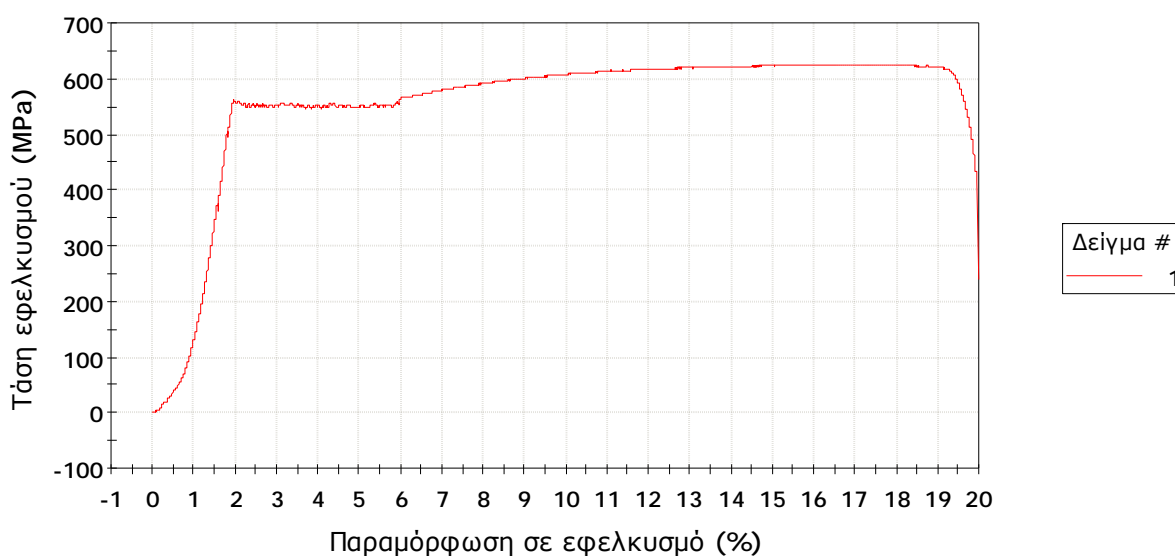
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:	B500C
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ :	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	L= 702
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm) :	D= 18
ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²) :	A= 254,34
ΒΑΡΟΣ (Kgr) :	W= 1,028
ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ:	0
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ :	Dστελ= 50
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Dτροχ= 100
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ :	Lεσ= 400

4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ :

Steel	B500C
Company	ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ
Laboratory Name	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΤΕΣΤ1



	φορτίο σε Maximum Load (kN)	Παραμόρφωση σε εφελκυσμό σε Break (Standard) (%)	Μέτρο σε (MPa)
1	31,41	19,95	41232,84

	Τάση εφελκυσμού (MPa)	φορτίο (kN)	Τάση εφελκυσμού (MPa)
1	555,55	20,98	417,33

	Επιμήκυνση σε εφελκυσμό (mm)	Πραγματική παραμόρφωση (%)	Λόγος Poisson (Χορδή)
1	89,76499	18,19	-----

4.iii)

ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ :

Πίνακας Α. Όρια μηχανικών ιδιοτήτων χαλύβων σε εφελκυσμό κατά ΕΛΟΤ 1421-2 και ΕΛΟΤ1421-3 (Χαρακτηριστικές τιμές, X_k)

Ιδιότητα	Τεχνική κατηγορία ποιότητας	
	B500A	B500C
Όριο διαρροής, f_y (MPa)	≥ 500	≥ 500
Λόγος της εφελκυστικής αντοχής προς το όριο διαρροής, f_t/f_y	$\geq 1,05$ ($\geq 1,03$ για $d < 6\text{mm}$)	$\geq 1,15$ $\leq 1,35$
Συνολική ανηγμένη παραμόρφωση (επιμήκυνση) στο μέγιστο φορτίο ϵ_u (%)	$\geq 2,5$ (≥ 2 για $d < 6\text{mm}$)	$\geq 7,5$

Από την πειραματική διερεύνηση και τα αποτελέσματά της προκύπτει μέσος όρος ορίου διαρροής $F_y = 555,55 \text{ Mpa}$ και ορίου θραύσης $f_t = 612,53 \text{ Mpa}$.

Βάσει ορίων απο πίνακα Α ο λόγος f_t/f_y πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος του 1,05 για να είναι αποδεκτή η παρτίδα.

Άρα αφού έχω $f_t/f_y = 612,53/555,55 = 1,102$, τότε η παρτίδα ικανοποιεί τις απαιτήσεις του κανονισμού και είναι αποδεκτή.

ΚΑΜΨΗ-ΑΝΑΚΑΜΨΗ :

Μετά τη λήψη των δοκιμίων διαφόρων διαμέτρων d , εφαρμογή του καμπτικού φορτίου F έως ότου καμφθεί σε γωνία $2\varphi = 90$ μοίρες. Για την ανάκαμψη τους, λαμβάναμε τα δοκίμια από την μηχανή και τα θερμαίναμε στους 100 βαθμούς C Για μισή ώρα και μετά ψύχονταν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Έπειτα τοποθετούνταν για ανάκαμψη σε γωνία $2\varphi = 110$ μοίρες.

Τα δοκίμια δεν εμφάνισαν θραύση ή ρωγμές στην εξωτερική τους επιφάνεια, που κάμφθηκε και ανακάμφθηκε σύμφωνα με τα ανωτέρω. Τα αποτελέσματα αυτά όπου ικανοποιούν τον κανονισμό είναι αποδέκτα άρα είναι και η παρτίδα από όπου πάρθηκαν τα δοκίμια.

4.4 Σχόλια

ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ

Εάν έστω και σε ένα δοκίμιο δεν ικανοποιείται μία απο τις συνθήκες του κανονισμού ο έλεγχος θα έπρεπε να επαναληφθεί. Στην περίπτωση αυτή η παρτίδα θεωρείται ότι ικανοποιεί τον κανονισμό , όταν ο μέσος όρος για κάθε του ιδιότητα δίνει αποτέλεσμα μεγαλύτερα των χαρακτηριστικών τιμών του πίνακα Α και κάθε μεμονομένη τιμή είναι άνω του 95 τοις εκατό των τιμών του πίνακα Α. Σε αντίθετη περίπτωση η παρτίδα απορρίπτεται.

ΚΑΜΨΗ-ΑΝΑΚΑΜΨΗ

Αν είχαν εμφανιστεί ρωγμές ή θραύση θα καθορίζαμε σαν αντοχή του, τη γωνία κάμψης –ανάκαμψης 2φ στην οποία το δοκίμιο απέτυχε. Θα επρεπε να παρθούν νέα δοκίμια να εξεταστούν και εάν οι έλεγχοι ήταν επιτυχείς θα αποδεχόμασταν την παρτίδα. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση ,η παρτίδα απορρίπτεται.

Βιβλιογραφία

1. [H. Föll, "A brief history of steel"](#) .
2. J.-P. Birat, "Alternative ways of making steel: Retrospective and prospective..." *La Revue de Métallurgie – CIT*, année 101 (2006), n° 11, pp. 937–955.
3. 2006, «ΕΑΚ 2000 Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000» (The Greek
4. Antiseismic Regulations 2000). Athens Sidenor A.E (ed).
5. [International Iron and Steel Institute, "Steel statistics archive 2006"](#)
6. [International Iron and Steel Institute, "Top steel producers 2006"](#).
7. 1995, «Concrete Structures Euro-Design Handbook 1995/96». Ernst & Sohn
8. [B. Κώτσης, «Η δεύτερη άνοιξη της Χαλυβουργικής»](#), εφημ. *Το Βήμα*, 19 Νοεμβρίου 2006
9. [«Σιδενόρ: 40 εκατ. ευρώ για νέο ελασματοουργείο στη Σοβέλ](#), εφημ. *Η Ναυτεμπορική*, 28 Σεπτεμβρίου 2007.
10. [«Μικρομακροοικονομικά: Επιστροφή στα κέρδη για την Hellenic Steel»](#), εφημ. *Το Βήμα*, 28 Σεπτεμβρίου 1997.
11. ["European Commission approves ILP control of Hellenic Steel"](#). Athens News Agency: News in English (AM), 1997-12-19.
12. ΕΚΩΣ 2000, παρ.17.7.3: “Κοχλιωτές ενώσεις”..
13. Μαστρογιάννης Ε., “Μηχανική των Υλικών – Τόμος πρώτος” , Εκδόσεις Συμμετρία
14. Τριανταφύλλου Α., “Εισαγωγή στη Μηχανική των Υλικών”, Εκδόσεις Παν. Πατρών, Πάτρα 2004
15. Φαρδής Μ., “Μαθήματα Οπλισμένου Σκυροδέματος –Μέρος ΙΙ”, Εκδόσεις Παν. Πατρών, Πάτρα 2006.
16. HRC Company (Brochure), (<http://www.hrc-europe.com/products.php>)
17. ICC Evaluation Service, “Acceptance Criteria for Mechanical Connectors for Steel Reinforcing Bars”, (www.icc-es.org)
18. ACI Structural Journal/Title no.88-S27, “Mechanical Connections of Reinforcing Bars”, March-April 1991
19. ΣΙΔΕΝΟΡ χαλυβουργική (φυλλάδιο)
20. ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΑ ΕΛΛΑΔΟΣ (φυλλάδιο)

21. ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΠΑΓΑΝΟΣ – ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΠΑΓΟΥΛΑΤΟΣ
Καθηγητές εφαρμογών Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας, Σημειώσεις εργαστηρίου
οπλισμένου σκυροδέματος
22. Π.Α. Βουθούνης Διδάκτορας Ε.Μ.Π., Αντοχή των υλικών
23. Γ.Ρ. Γκρος, Οπλισμένο σκυρόδεμα και σύγκριση κανονισμών
εκδόσεις Συμμετρία 2004
24. Οδηγός σκυροδέματος 2007-2008 εκδόσεις ΣΕΛΚΑ-4Μ
ΤεΚΔΟΤΙΚΗ
25. Κ.Τ.Χ. 2008
26. ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ 2000
27. [International Iron and Steel Institute, "About steel"](#)