

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

- **Αγκύρωση οπλισμού**
- **Επικάλυψη οπλισμού & αποστάσεις**
- **Οπλισμός συναρμολόγησης**
- **Διαμόρφωση & τοποθέτηση οπλισμού**
- **Παράγοντες μείωσης αντοχής**



ΣΚΟΠΟΣ – ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο, θα γνωρίζετε:

- Τα βασικά στοιχεία διαμόρφωσης οπλισμού.
- Στοιχειώδεις κατασκευαστικούς κανόνες και έννοιες που εισάγει ο κανονισμός.
- Τι σημαίνουν οι έννοιες οπλισμός συναρμολόγησης και αγκύρωση-τείται οπλισμός.

16.2 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Εκτός από τους οπλισμούς που η τοποθέτησή τους έχει άμεση σχέση με τα φορτία διατομής, στην κατασκευή εφαρμόζονται διάφορες διατάξεις του κανονισμού που οδηγούν σε μία σειρά κατασκευαστικών λεπτομερειών. Αυτές οι διατάξεις των κανονισμών είναι πολύ σημαντικές και, παρότι πολλοί αμελούν τη σχολαστική εφαρμογή τους, στις περισσότερες περιπτώσεις αυτές είναι οι πιο κρίσιμες για την αντοχή και αξιοπιστία της κατασκευής.

Εμπειρία πολλών χρόνων, τόσο από υπάρχουσες κατασκευές όσο και από εργαστηριακές έρευνες, έδειξε ότι το θέμα της συνεργασίας χάλυβα – σκυροδέματος είναι από τα πλέον κρίσιμα. Δηλαδή, χάλυβας και σκυρόδεμα πρέπει να δημιουργούν έναν συμπαγή μονόλιθο και τα υλικά να συνεργάζονται αρμονικά χωρίς να διαχωρίζονται. Για να διασφαλισθεί αυτή η συνεργασία, προβλέπονται μία σειρά από κατασκευαστικές οδηγίες. Το άλλο πρόβλημα είναι ότι ο οπλισμός μπορεί να διαβρωθεί με τα χρόνια και γι αυτό θα πρέπει να ληφθούν κάποια μέτρα, ειδικά εάν η κατασκευή έρχεται σε επαφή με συγκεκριμένες ουσίες.

Ο σκοπός αυτού του κεφαλαίου δεν είναι να δώσει πλήρη κατασκευαστικές οδηγίες ή να κάνει αναλυτική παρουσίαση του κανονισμού, αλλά να εισαγάγει τον μαθητή στις βασικές έννοιες και να τον προετοιμάσει για τα επόμενα μαθήματα.

16.3 ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΧΑΛΥΒΑ - ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

16.3.1 Συνάφεια - Αγκυρώσεις

Όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια, η λειτουργία των δομικών στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα βασίζεται κυρίως στη συνάφεια των δύο επιμέρους υλικών που σχηματίζουν τελικά έναν μονόλιθο με ενιαία συμπεριφορά. **Ως συνάφεια μπορούμε να ονομάσουμε το σύνολο των αιτιών που παρεμποδίζουν την κίνηση των ράβδων του οπλισμού σε σχέση με το σκυρόδεμα το οποίο τις περιβάλλει.** Η συνάφεια αποτελεί μια μηχανική συνεργασία ανάμεσα στα δύο υλικά με την οποία μπορούν να μεταβιβάζονται δυνάμεις και τάσεις, απαιτείται δε πάντοτε η εξασφάλισή της.

Εστω ότι έχουμε μία ράβδο οπλισμού που το ένα άκρο βρίσκεται εντός σκυροδέματος

και με κάποιο τρόπο τραβάμε τη ράβδο (σχήμα 16.1). Η δοκιμή αυτή ονομάζεται εξόλκευση ράβδου. Κατά την εξόλκευση της ράβδου οπλισμού για μήκος a (μήκος μεταβίβασης) μεταφέρεται μέσα από τις τάσεις συνάφειας η δύναμη της ράβδου στο σκυρόδεμα. Στο μήκος μεταβίβασης a οι παραμορφώσεις των δύο υλικών δεν είναι ίσες. Συγκεκριμένα, οι παραμορφώσεις του χάλυβα είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του σκυροδέματος με αποτέλεσμα να παρατηρείται σχετική ολίσθηση ανάμεσα στα δύο υλικά.

Η ανάπτυξη των δυνάμεων συνάφειας οφείλεται:

- στην πρόσφυση του σκυροδέματος στον χάλυβα
- στην τριβή των κόκκων του σκυροδέματος στην επιφάνεια του χάλυβα και
- στη διατμητική καταπόνηση του σκυροδέματος, το οποίο ευρίσκεται μεταξύ των νευρώσεων, και η οποία αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό συνάφειας για τους νευροχάλυβες (σχήμα 16.2).



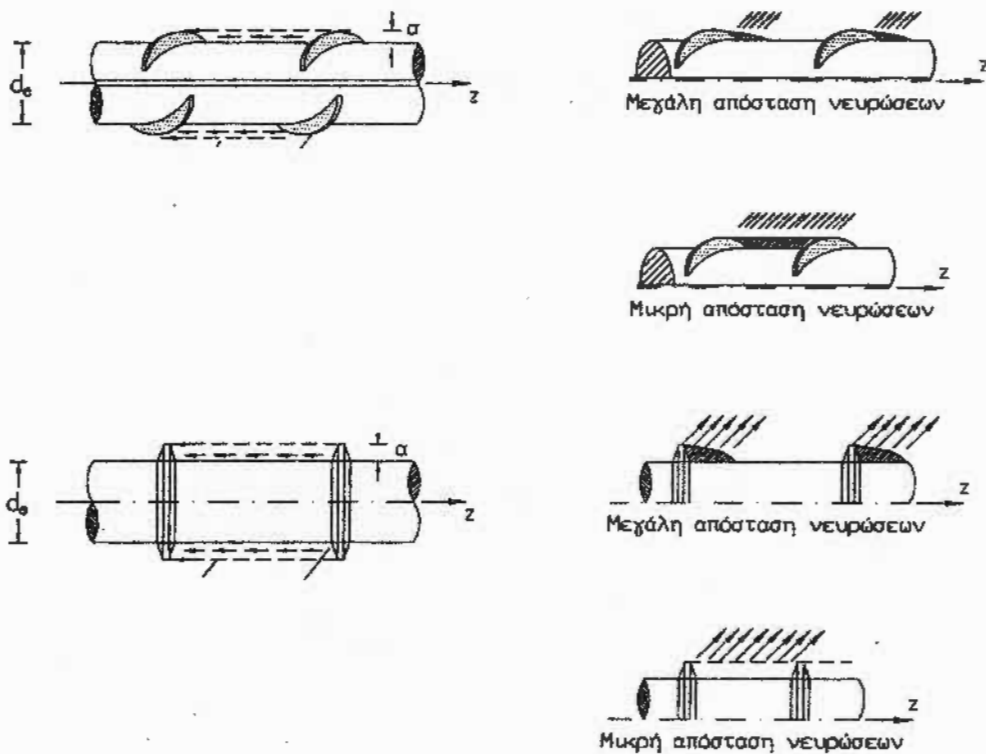
Σχήμα 16.1 Μεταβίβαση δυνάμεων κατά την εξόλκευση ράβδου οπλισμού.

Η λόγω της τριβής συνάφεια εξαρτάται από την τραχύτητα της επιφάνειας του οπλισμού και από την εγκάρσια προς τη ράβδο θλίψη, δηλαδή τη δύναμη που μεταβιβάζεται από το σκυρόδεμα στη ράβδο του οπλισμού. Αντίθετα, η λόγω της διατμητικής καταπόνησης του σκυροδέματος συνάφεια εξαρτάται κυρίως από την ποιότητα του σκυροδέματος και τον λόγο ύψους προς απόσταση νευρώσης (σχήμα 16.2). Η συνάφεια αυτή αυξάνει με βελτίωση της ποιότητας σκυροδέματος και όσο ο λόγος ύψους προς απόσταση τείνει στην τιμή 0.065.

Ως βασικοί παράγοντες, οι οποίοι καθορίζουν την δυνατότητα ανάπτυξης των τάσεων συνάφειας, θεωρούνται:

- η διεύθυνση και η θέση της ράβδου του οπλισμού ως προς τη γωνία σκυροδέτησης
- το πάχος της επικάλυψης του οπλισμού

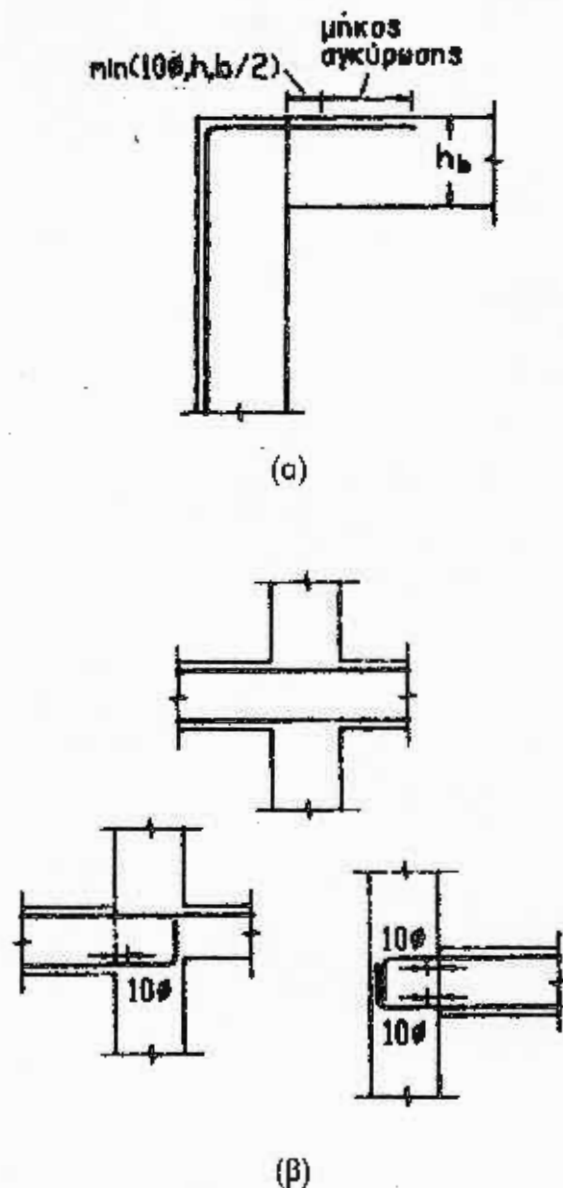
Σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς (ΝΚΩΣ) οι αναπτυσσόμενες τάσεις συνάφειας εξαρτώνται κυρίως από τη διάσταση του δομικού στοιχείου και από τη θέση και κλίση του οπλισμού, μπορούν δε για τον σχεδιασμό να θεωρηθούν με σταθερή τιμή κατά μήκος των ράβδων.



Σχήμα 16.2 Διατιμητική μεταβίβαση τάσεων μέσω νευρώσεων.

Διακρίνονται δύο περιπτώσεις συνθηκών συνάφειας:

- Περιοχή συνάφειας I (συνθήκες ευνοϊκές) όταν:
 - α. Το δομικό στοιχείο έχει πάχος κατά τη διεύθυνση σκυροδέτησης μικρότερο ή ίσο με 250 mm.
 - β. Οι ράβδοι οπλισμού έχουν κλίση 45° - 90° ως προς την οριζόντια (για κατακόρυφη σκυροδέτηση).
 - γ. Οι ράβδοι οπλισμού ευρίσκονται στο κατώτερο μισό πάχος του στοιχείου ή τουλάχιστον 300mm κάτω από το πάνω άκρο του.
 - δ. Υπάρχει ικανοποιητικός εγκιβωτισμός των ράβδων με εγκάρσιο οπλισμό.
- Περιοχή συνάφειας II (μη ευνοϊκές συνθήκες συνάφειας):
Όλες οι άλλες περιπτώσεις.



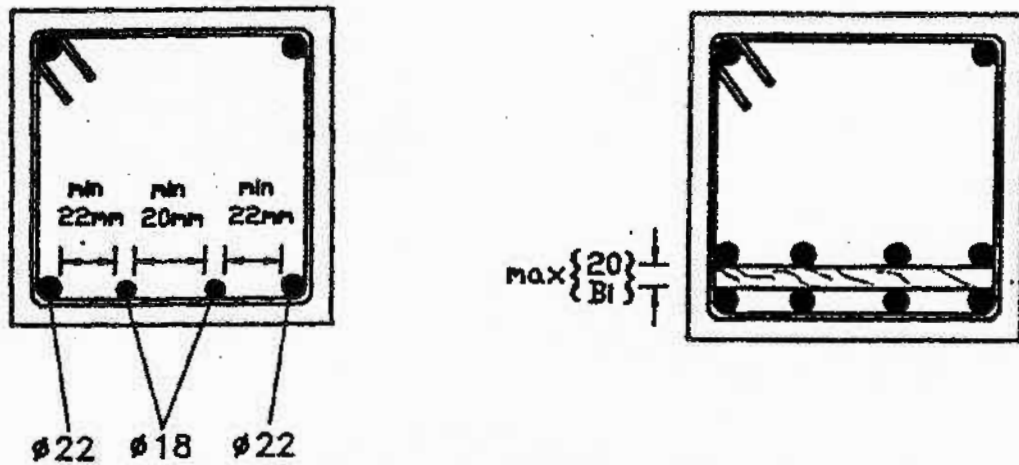
Σχήμα 16.3 Αγκύρωση οπλισμού (α) σε υποστύλωμα σε γωνιακό κόμβο και (β) σε δοκούς.

Για να διασφαλισθεί η καλή συνεργασία σκυροδέματος – οπλισμού και να μην υπάρχει ολίσθηση του οπλισμού σε σχέση με το σκυρόδεμα, ο κανονισμός προβλέπει ότι θα επεκτείνεται ο οπλισμός πέρα του σημείου, που χρειάζεται λόγω των φορτίων διατομής, κατά ένα μήκος που ονομάζεται «μήκος αγκύρωσης». Το μήκος αγκύρωσης εξαρτάται από τη διάμετρο της ράβδου, την κατηγορία σκυροδέματος και την κατηγορία χάλυβα. Ο κανονισμός επίσης προβλέπει διάφορες κατασκευαστικές λεπτομέρειες? ενδεικτικά κάποιες απεικονίζονται στο σχήμα 16.3.

16.3.2 Ελάχιστες αποστάσεις-μέγιστο και ελάχιστο ποσοστό οπλισμού

Για να είναι δυνατή η επαρκής μεταβίβαση τάσεων από τον χάλυβα στο σκυρόδεμα, απαιτούνται ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ των ράβδων. Οι αποστάσεις μεταξύ των ράβδων οπλισμού καθορίζονται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται εκτός από την ανάπτυξη ικανοποιητικής συνάφειας και η κατάλληλη διάστρωση και συμπύκνωση του σκυροδέματος. Η καθαρή απόσταση ανάμεσα σε παράλληλες ράβδους πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με (σχήμα 16.4):

- τη μεγαλύτερη διάμετρο των ράβδων
- 20mm



Σχήμα 16.4 Ελάχιστες αποστάσεις ράβδων οπλισμού.

Εάν οι ράβδοι οπλισμού απαιτείται να τοποθετηθούν σε περισσότερες από μία οριζόντιες στρώσεις, τότε τοποθετούνται η μία πάνω στην άλλη.

Επιπλέον, για να διασφαλισθεί η καλή συνεργασία μεταξύ οπλισμού και σκυροδέματος, ο κανονισμός θέτει ανώτατα και κατώτατα όρια οπλισμού ανάλογα με τη διατομή κάθε δομικού στοιχείου. Τα όρια αυτά εξαρτώνται από την κατηγορία χάλυβα και σκυροδέματος και ορίζονται ως ποσοστό επιφάνειας οπλισμού σε σχέση με τη συνολική διατομή.

16.4 ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ - ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ

Κάθε κατασκευή θα πρέπει να σχεδιάζεται, κατασκευάζεται και χρησιμοποιείται με τέτοιο τρόπο, ώστε για τις αναμενόμενες περιβατολογικές δράσεις να διατηρεί για ένα ικανοποιητικό χρονικό διάστημα την ασφάλεια και τη λειτουργικότητά της, χωρίς να απαιτείται σημαντικό κόστος για συντήρηση και επισκευή της. Για την εξασφάλιση της παραπάνω απαίτησης, πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα υπόψη οι εξής παράγοντες:

- η χρήση της κατασκευής (κατοικία, βιομηχανικός χώρος, κ.τ.λ.)
- τα βασικά κριτήρια σχεδιασμού
- οι συνθήκες περιβάλλοντος (ξηρό, υγρό, διαβρωτικό, κ.τ.λ.)
- η σύνθεση, οι ιδιότητες και η συμπεριφορά των επί μέρους υλικών
- η μορφολογία των δομικών στοιχείων και οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες
- το επίπεδο του χρησιμοποιούμενου ποιοτικού ελέγχου και εργατικού δυναμικού
- τα τυχόν ειδικά προστατευτικά μέτρα
- η προβλεπόμενη συντήρηση κατά τη διάρκεια της ζωής της κατασκευής

Από τις βασικότερες παραμέτρους θεωρείται το περιβάλλον, η σωστή αξιολόγηση του οποίου έχει άμεση σχέση με την ανθεκτικότητα της κατασκευής σε διάρκεια. Ανάλογα με τις συνθήκες περιβάλλοντος (δυνατότητα διάβρωσης) θα πρέπει να προβλεφθούν κατάλληλα προστατευτικά μέτρα με ουσιαστικότερο το πάχος της επικάλυψης του οπλισμού.

Σε σχέση με τον κίνδυνο διάβρωσης προβλέπονται τέσσερις κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος:

- **Κατηγορία 1: Ελάχιστα διαβρωτικό περιβάλλον**
 - εσωτερικοί χώροι κτηρίων κατοικιών ή γραφείων
 - χώροι όπου η σχετική υγρασία φθάνει σε υψηλή τιμή μόνο για ένα μικρό χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του έτους (π.χ. σχετική υγρασία 60% για χρονικό διάστημα μικρότερο από το 20% του συνολικού χρόνου)
- **Κατηγορία 2: Μετρίως διαβρωτικό περιβάλλον**
 - εσωτερικοί χώροι κτηρίων όπου η σχετική υγρασία φθάνει σε υψηλά ποσοστά και όπου υπάρχει κίνδυνος πρόσκαιρης παρουσίας διαβρωτικών ατμών
 - τρεχούμενα νερά

- εξωτερικοί χώροι κτηρίων, κατοικιών ή γραφείων σε αγροτικές ή αστικές περιοχές με ατμόσφαιρα χωρίς υψηλή περιεκτικότητα σε διαβρωτικά αέρια
- συνήθη εδάφη
- Κατηγορία 3: Παραθαλάσσιο περιβάλλον
 - παραθαλάσσιες περιοχές (απόσταση από την ακτή 1 km ή υποθαλάσσια έργα)
- Κατηγορία 4: Πολύ διαβρωτικό περιβάλλον
 - Βιομηχανικές ζώνες, χώροι με υψηλή περιεκτικότητα σε χημικά προϊόντα (αέρια, υγρά ή ξηράς μορφής)

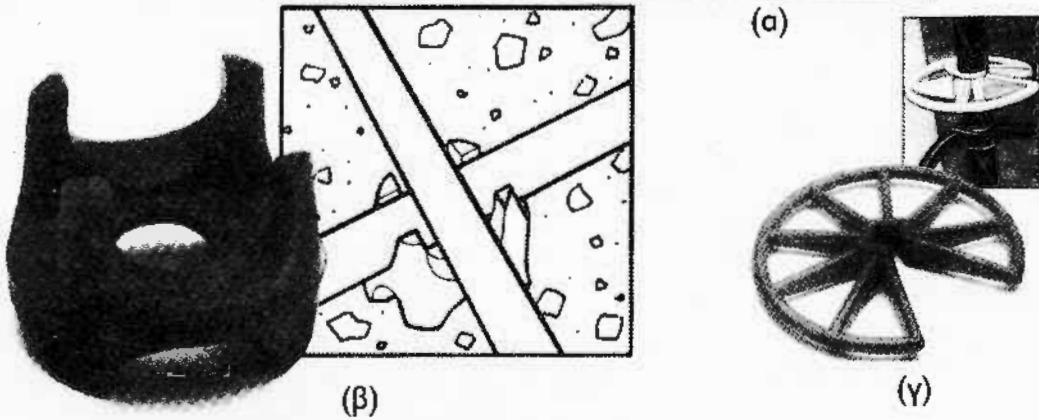
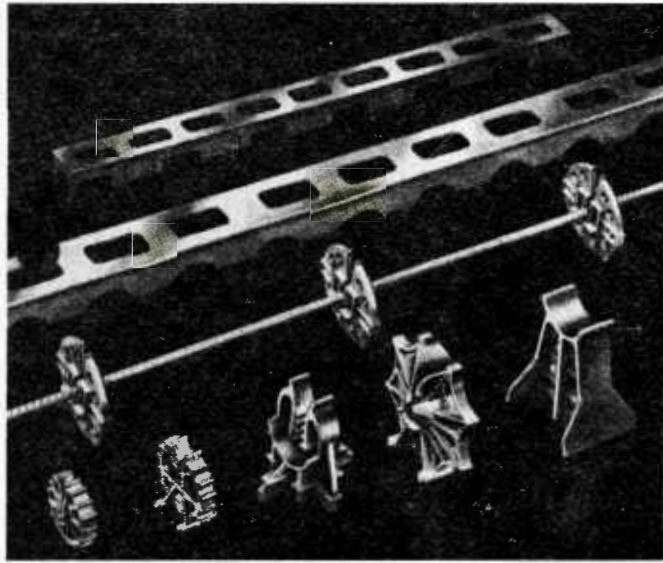
Η ελάχιστη απαιτούμενη επικάλυψη οποιασδήποτε ράβδου οπλισμού (απόσταση μεταξύ ράβδου και πλησιέστερης επιφάνειας σκυροδέματος) δίνεται στον πίνακα 16.1 ως συνάρτηση της κατηγορίας περιβάλλοντος και του είδους του δομικού στοιχείου.

Η τελική τιμή της ελάχιστης επικάλυψης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση από 15mm, ενώ η ονομαστική τιμή της επικάλυψης προκύπτει από την τιμή της ελάχιστης αυξημένη κατά 5 mm.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ				ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΓΙΑ				
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ				Πλάκες ή κελύφη	Προταναυόμενους τένοντες	Προεντετασμένους τένοντες	C12 - C20	C40 - C50
1	2	3	4					
15	20	40	25-40*	-5	+5	+10	+5	-5

Πιν. 16.1 Ελάχιστες τιμές επικάλυψης σε mm

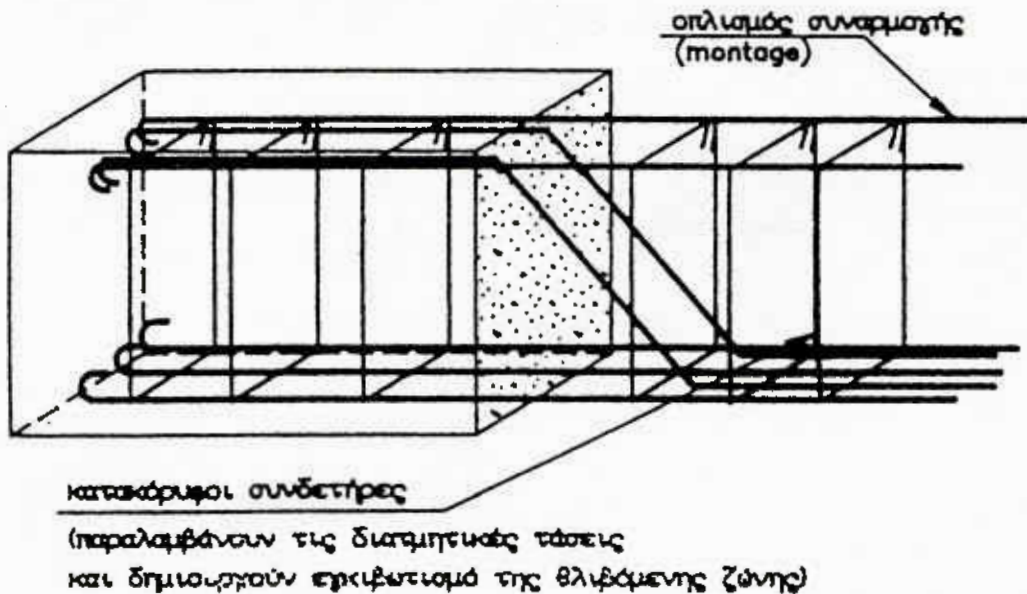
Για να εξασφαλισθεί η σωστή επικάλυψη, τοποθετούνται οι αποστασιοποιητές. Αυτοί κρατάνε κατά τη σκυροδέτηση τις ράβδους οπλισμού στη σωστή απόσταση από τον ξυλότυπο ή τον μεταλλότυπο, που είναι ουσιαστικά το «καλούπι» για τη σκυροδέτηση. Παρότι η χρήση αποστασιοποιητών δεν είναι υποχρεωτική, αυτοί είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι και διασφαλίζουν μία πιά ποιοτική κατασκευή. Μερικές μορφές αποστασιοποιητών φαίνονται στο σχήμα 16.5.



Σχήμα 16.5 (α) Μερικές μορφές αποστασιοποιητών, (β) και (γ) αποστασιοποιητής και τοποθέτηση.

16.5 ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

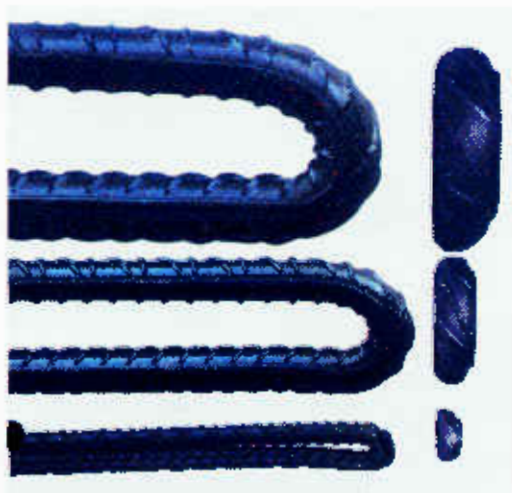
Όπως έχει γίνει σαφές στο προηγούμενο κεφάλαιο, συνδετήρες τοποθετούνται σε όλο το μήκος των δοκών. Αυτοί οι συνδετήρες μπορεί να είναι πυκνότεροι ή αραιότεροι ανάλογα με το μέγεθος της τέμνουσας V και τις διατάξεις του κανονισμού. Οι συνδετήρες τοποθετούνται έτσι ώστε να εγκιβωτίζουν τον διαμήκη οπλισμό. Έτσι τίθεται το ερώτημα, πώς θα τοποθετηθούν οι συνδετήρες αφού ο διαμήκης οπλισμός συνήθως είναι από τη μία μεριά της δοκού μόνο καθώς τοποθετείται συνήθως στην εφελκυσόμενη ζώνη. Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα τοποθετείται οπλισμός montage, που είναι κατασκευαστικός και τοποθετείται γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο. Τυπικά ως οπλισμός συναρμογής τοποθετούνται δύο ράβδοι διαμέτρου 14mm (2Φ14).



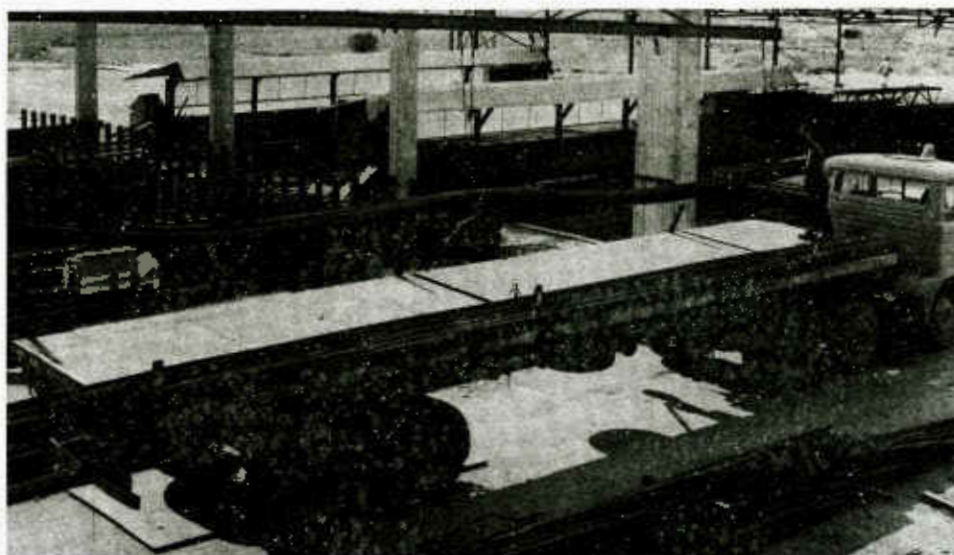
Σχήμα 16.6 Τοποθέτηση οπλισμού montage.

16.6 ΚΑΜΨΗ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

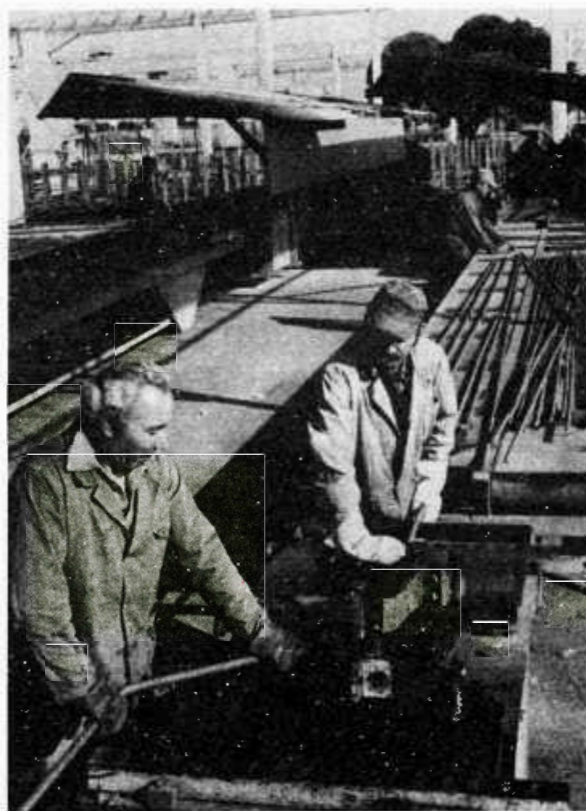
Ο οπλισμός (διαμήκης ή συνδετήρες) για να τοποθετηθεί πρέπει να πάρει την απαραίτητη μορφή. Οι ράβδοι μεταφέρονται κατ'αρχάς ευθύγραμμοι (σχήμα 16.8) και στη συνέχεια κόβονται στο ζητούμενο μήκος. Μετά κάμπτονται οι οπλισμοί που θα τοποθετηθούν σπαστοί και οι συνδετήρες. Για να γίνει αυτό χρησιμοποιούμε ειδικό μηχάνημα (σχήμα 16.9). Ο χάλυβας έχει την ιδιότητα να μπορεί να καμφθεί μέχρι τις 180° , όπως φαίνεται στο σχήμα 16.7



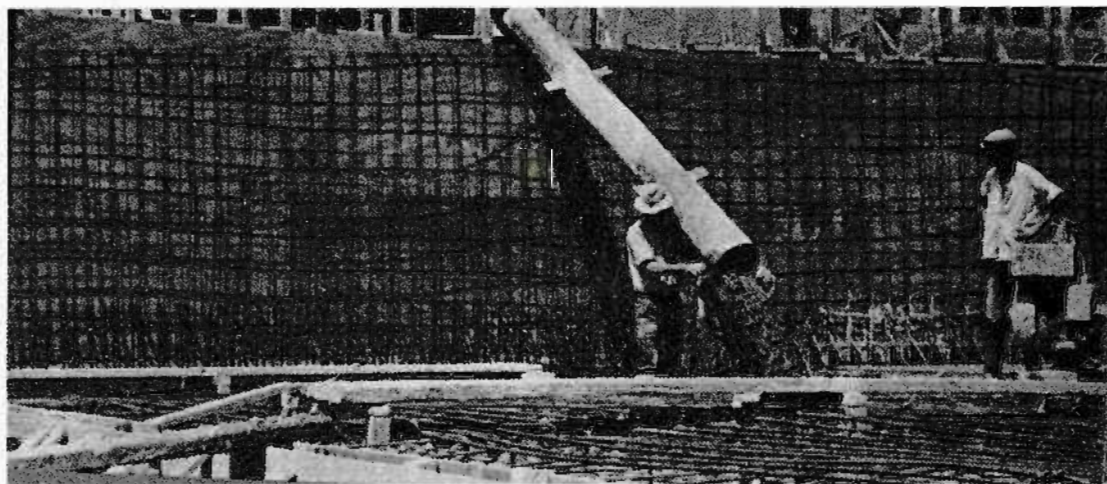
Σχήμα 16.7 Κάμψη οπλισμού κατά 180°



Σχήμα 16.8 Μεταφορά ράβδων οπλισμού στο εργοστάσιο.



Σχήμα 16.9 Κάμψη οπλισμού με το ειδικό μηχάνημα.



Σχήμα 16.10 Σκυροδέτηση σε εξέλιξη.