

1)ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

1.1. Γενικά.

Το σκυρόδεμα είναι ένας τεχνητός λίθος που:

- μπορεί να πάρει όποια μορφή θέλουμε (καμπύλη, με προεξοχές ή εσοχές κλπ) χωρίς πολλή δυσκολία με μόνο κατάλληλη διαμόρφωση των ξυλοτύπων.
- συνεργάζεται θαυμάσια με χαλύβδινες ράβδους που έχουν ενσωματωθεί εντός αυτού και τούτο χάρη στην καλή πρόσφυση που αναπτύσσεται μεταξύ των δύο υλικών και τον κοινό συντελεστή θερμικής διαστολής (αλλιώς σε άνοδο θερμοκρασίας θα διεστέλλοντο διαφορετικά τα δύο υλικά και θα αποκολλιούνταν).
- δημιουργεί οικονομικό συνδυασμό με τον χάλυβα για ανάληψη καμπτικών καταπονήσεων. Πράγματι το σκυρόδεμα είναι οικονομικότερο από τον χάλυβα στην ανάληψη θλιπτικών τάσεων, ενώ το αντίθετο ισχύει στις εφελκυστηκές τάσεις(διότι η αντοχή του σκυροδέματος σε εφελκυσμό είναι πολύ μικρή, περίπου 1/10 της αντοχής του σε θλίψη).

1.2. Σύνθεση.

Για την παρασκευή σκυροδέματος χρησιμοποιούνται:

- άμμος (με διάμετρο κόκκων 0-8 mm)
- σκύρα (χονδρόκοκκα αδρανή μεγαλύτερης διαμέτρου)
- τσιμέντο
- νερό

Πολλές φορές προστίθενται και βιομηχανικά πρόσμικτα για την βελτίωση κάποιας συγκεκριμένης κάθε φορά ιδιότητας (Π.χ. για την επιτάχυνση ή την επιβράδυνση της πήξεως, την ευκολότερη κατεργασία χωρίς πολύ νερό κλπ.).

Όταν τα υλικά αυτά αναμιχθούν καλά (επαρκής χρόνος αναμίξεως) και στις σωστές αναλογίες (πού θα δούμε πιο κάτω) επέρχεται έ ν υ δ ά τ ω σ η του τσιμέντου, γίνονται χημικές αντιδράσεις και προκύπτουν

- αφ' ενός μεν λίγοι κρύσταλλοι $\text{Ca}(\text{OH})_2$,
- αφ' ετέρου ένα στερεό πήγμα (με τριχοειδείς και άλλους πόρους) που περιβάλλει τα αδρανή και συσσωματώνεται με αυτό σε ένα σώμα σταθερό (στερεό). Το σώμα αυτό έχει μεγάλη αντοχή σε θλίψη (περίπου 100 έως 1.000 Kg/cm^2) και μικρή σε εφελκυσμό.(ΠΑΝ. Ι. ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ -ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΠΛ. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ -εκδ. Ι. ΧΙΩΤΕΛΛΗΣ 1983).

2) ΟΡΙΣΜΟΙ – ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

2.1. Γενικοί ορισμοί

α) Σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα είναι ένας τεχνικός λίθος, που προκύπτει από την ανάμειξη τσιμέντου, ύδατος αδρανών υλικών και ενδεχομένως από διάφορα άλλα πρόσμικτα υλικά. Η σκλήρυνση του τσιμεντοπολτού (μείγμα τσιμέντου ύδατος) δίνει αυτόν τον τεχνητό λίθο.

β)Οπλισμένο σκυρόδεμα

Το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι ένα σύμμεικτο υλικό δομήσεως αποτελούμενο από το σκυρόδεμα και το χάλυβα. Η συνεργασία τους είναι αναγκαία προϋπόθεση για την παραλαβή των εντατικών μεγεθών.

γ) Τσιμεντοκονίαμα

Τσιμεντοκονίαμα Είναι τεχνητός λίθος, που προκύπτει από την ανάμειξη τσιμέντου και αδρανών υλικών όχι μεγαλύτερου κόκκου των 4 mm.

δ)Αδρανή υλικά

Το όνομα "αδρανή υλικά" δόθηκε στα υλικά αυτά, γιατί κατά τη χημική δράση του σκυροδέματος δεν λαμβάνουν μέρος. Διακρίνουμε δε αδρανή υλικά που συναντούμε στη φύση (άμμος, χαλίκια) η και τεχνητά, με μεγέθη κόκκων, που τα χρησιμοποιούμε για την παρασκευή του σκυροδέματος.

ε) Κονία (συνδετικό υλικό)

Συνδετικό υλικό για το σκυρόδεμα είναι το τσιμέντο.

ζ) Πρόσμηκτα υλικά

Είναι διάφορα υλικά που προστίθενται στο σκυρόδεμα για να επηρεάσουν ορισμένες ιδιότητες του.

η)Οπλισμός

Οι χαλύβδινοι ράβδοι που τοποθετούνται στο σκυρόδεμα ανάλογα με το τρόπο που καταπονείται ένα δομικό στοιχείο λέγονται οπλισμοί.

2.2. Ορισμοί για τον υπολογισμό

α) Φορτία

Στα φορτία ονομάζουμε συγκεντρωμένα φορτία (Mr) η φορτία ανηγμένα ανά μονάδα επιφανείας (Mr/m²) ή μήκους (Mr/m).

β) Φορτίο λειτουργίας

Φορτίο λειτουργίας ονομάζουμε το φορτίο εκείνο που προκύπτει από τις φορτίσεις που καταπονείται ένα στοιχείο κατά την προβλεπόμενη λειτουργία του.

γ) Φορτίο θραύσεως

Φορτίο θραύσεως ονομάζουμε το φορτίο για το οποίο εξαντλούνται οι επιτρεπόμενες τιμές μηκύνσεως του χάλυβος και του σκυροδέματος.

δ) Κατάσταση I

Ονομάζουμε την κατάσταση του οπλισμένου σκυροδέματος, κατά την οποία συνεργάζεται πλήρως το σκυρόδεμα στην εφελκυσμένη περιοχή.

ε) Κατάσταση I I

Ονομάζουμε την κατάσταση του οπλισμένου σκυροδέματος κατά την οποία δεν λαμβάνεται υπόψη η συνεργασία του σκυροδέματος στην εφελκυσμένη περιοχή, (ρηγματωμένο σκυρόδεμα).

ζ) Δυνάμεις καταναγκασμού (Αυτεντατική κατάσταση)

Δυνάμεις καταναγκασμού προκαλούνται μόνο σε υπερστατικά συστήματα εξαιτίας Π.χ. ερπυσμού, συστολής ξηράνσεως, μεταβολής θερμοκρασίας κλπ.

2.3. Υλικά παρασκευής σκυροδέματος

A) Τσιμέντο

Είναι μία συνδετική ύλη που σκληραίνεται στον αέρα και στο νερό, μπορεί δε να παραμείνει σκληρή. Το τσιμέντο αποτελείται βασικά από διάφορες ενώσεις π.χ. οξείδιο του σιδήρου FeO_3 οξείδιο της άσβεστου CaO , οξείδιο του αργιλίου Al_2O_3 πυριτικού οξειδίου SiO_2 κλπ. Οι βασικές αυτές πρώτες ύλες κονιοποιούνται, αναμειγνύονται σε αναλογίες και θερμαίνονται σε περιστρεφόμενους κλιβάνους σε θερμοκρασία $1300^{\circ}C - 1400^{\circ}C$, μέχρι τήξεως. Το προϊόν που προκύπτει ψύχεται και αλέθεται σε λεπτή σκόνη.

Το τσιμέντο αναμειγνύόμενο με το νερό αντιδρά χημικώς και σκληραίνεται σε μικρό χρονικό διάστημα μετά την ανάμειξη, μετατρέπόμενο σε τεχνητό λίθο. Ανάλογα με την αντοχή του τσιμέντου διακρίνουμε το κοινό τσιμέντο, το τσιμέντο υψηλής αντοχής και το τσιμέντο ιδιαίτερα υψηλής αντοχής (ειδική παραγγελιά).

Οι κανονισμοί: διακρίνουν τέσσερες κατηγορίες αντοχής τσιμέντου Z 250, Z 350, Z 450, Z 550 (παλαιότερα υπήρχαν οι κατηγορίες ς Z 275, Z 375, Z 475). Οι αριθμοί εκφράζουν την ελάχιστη τιμή του μέσου όρου της θλιπτικής αντοχής από την εξέταση μιας σειράς τριών δοκιμίων κονιάματος την 28η ημέρα από την παρασκευή του.

Επιπλέον εισάγονται πρόσθετα σύμβολα ανάλογα με ορισμένες ιδιότητες π.χ.

L = τσιμέντο βραδείας αρχικής σκληρύνσεως.

F = τσιμέντο ταχείας αναπτύξεως αντοχής.

Τα τσιμέντα με L αναπτύσσουν την αντοχή τους βραδέως, έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες στο περιβάλλον και σε ογκώδη έργα (φράγματα κλπ).

Τα τσιμέντα με F αναπτύσσουν ταχέως την αντοχή τους για αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν, όταν έχουμε μικρές θερμοκρασίες περιβάλλοντος και όταν για λόγους οικονομίας χρόνου απαιτείται να γίνει η αφαίρεση των ξυλοτύπων γρηγορότερα.

Β) Έλεγχος αντοχής τσιμέντου

Ο προσδιορισμός της θλιπτικής αντοχής του τσιμέντου μπορεί να γίνει μετά από 27 ή 28 ημέρες από την παρασκευή του δοκιμίου. Το δοκίμιο έχει διαστάσεις 4X4X16 cm και χρησιμοποιούμε υλικά:

1 μέρος τσιμέντου + 3 μέρη άμμου (< 4 mm)+0,5 μέρη νερό

Η αντοχή του τσιμεντοπολτού εξαρτάται από το ποσοστό των πόρων που σχηματίζονται κατά την ανάμειξη του τσιμέντου με το νερό. Η ανάπτυξη της αντοχής του τσιμεντοπολτού εξαρτάται:

α) Χημική σύνθεση

Η χημική σύνθεση του τσιμέντου επηρεάζει αφ' ενός μεν την ταχύτητα ενυδατώσεως και αφ' ετέρου την αντίσταση σε επιβλαβείς προσβολές. Τσιμέντα που είναι πλούσια σε CaOSiO_2 παρουσιάζουν γρήγορη σκλήρυνση και αποβάλλουν μεγάλη θερμοκρασία. Κατά τη χημική αντίδραση με το νερό τσιμέντα πλούσια σε CaOAl_2O_3 παρουσιάζουν γρήγορη σκλήρυνση, αποβάλλουν μεγάλη θερμοκρασία αλλά είναι ευαίσθητα σε νερά που περιέχουν θειικά άλατα. Γενικά τα τσιμέντα που είναι πλούσια σε οξείδια της άσβεστου αντιδρούν εύκολα και είναι πλούσια σε ενέργεια. Απεναντίας τσιμέντα που περιέχουν CaOSiO_2 είναι απρόθυμα σε αντίδραση, πτωχά σε ενέργεια και έχουν μικρή αρχική αντοχή.

β) Λεπτότητα αλέσεως

Η λεπτότητα αλέσεως επηρεάζει αποφασιστικά την ταχύτητα σκληρύνσεως, γιατί όσο πιο λεπτά αλέθονται οι κόκκοι του τσιμέντου τόσο αυξάνεται η ειδική επιφάνεια του και έτσι το νερό βρίσκει μεγαλύτερη επιφάνεια αντιδράσεως γεγονός που οδηγεί σε ψηλή αρχική αντοχή.

Η εξέταση της λεπτότητας του τσιμέντου προσδιορίζεται με κοσκίνισμα (DIN 1164) ή με την μέθοδο αεροπερατότητας (BLAINE). Θα πρέπει το εξεταζόμενο τσίμεντο, 100 γραμ. που έχει προηγουμένως ξηραθεί σε 105°C , αφού κοσκινιστεί σε κόσκινο βροχίδων (DIN 4188) επί 25' να αφήνει υπόλοιπα το πολύ μέχρι 3% του βάρους του ή αν παρουσιάζει ειδική επιφάνεια τουλάχιστον 2200 cm^2/gr . Η λεπτότητα αλέσεως των περισσοτέρων τσιμέντων, που χρησιμοποιούνται, έχουν ειδική επιφάνεια 2500 - 5000 cm^2/gr ανάλογα από το είδος και την κατηγορία αντοχής του τσιμέντου.

Γ) Αδρανή υλικά

Τα αδρανή είναι κοκκώδη υλικά που προέρχονται από φυσική κατάτμηση φυσικών πετρωμάτων, συμπαγών ή πορωδών ή και από τεχνητό θρυμματισμό. Τα αδρανή υλικά ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τα χωρίζουμε σε δύο ομάδες:

α) Τα λεπτόκοκκα αδρανή (άμμος) β) Τα χονδρόκοκκα αδρανή (σκύρα)

Οι βασικές ομάδες υποδιαιρούνται στις πιο κάτω κατηγορίες:

- α) Αλευρώδης άμμος διαμέτρου 0-0,25 μμ
- β) Λεπτόκοκκος άμμος διαμέτρου 0-1 μμ
- γ) Χονδρόκοκκος άμμος διαμέτρου 1-8 μμ
- δ) Λεπτόκοκκα σκύρα (χαλίκια) 8-31,5 μμ
- ε) Χονδρόκοκκα σκύρα διαμέτρου 31,5-60 μμ

Λέγοντας διάμετρο κόκκου εννοούμε το ελάχιστο άνοιγμα της οπής του κόσκινου, από την οποία μπορεί να περάσει ο κόκκος. Οι αμερικάνικες προδιαγραφές ASTM χαρακτηρίζουν σαν άμμο το λεπτόκοκκο υλικό που διέρχεται από το κόσκινο No.4. Η κατανομή των κόκκων ανάλογα με το μέγεθος τους λέγεται κοκκομετρική διαβάθμιση και γίνεται με κοσκίνισμα του υλικού σε πρότυπα κόσκινα.

Το μέγεθος των κόκκων εκλέγεται έτσι όπως επιτρέπουν η ανάμειξη, μεταφορά, διάσπρωση και κατεργασία του σκυροδέματος. Το μέγεθος των κόκκων δεν επιτρέπεται να είναι μεγαλύτερο του 1/3 της μικρότερης διαστάσεως του δομικού στοιχείου. Στην περίπτωση πυκνού οπλισμού ή μικρής επικαλύψεως με σκυρόδεμα το μέγεθος των αδρανών πρέπει να είναι μικρότερο από την απόσταση των ράβδων οπλισμού μεταξύ τους και μεταξύ του ξυλότυπου.

Τα αδρανή υλικά για να είναι κατάλληλα πρέπει να εκπληρώνουν ορισμένες προϋποθέσεις.

- Να έχουν αρκετή μηχανική αντοχή (1000-3000 Kp/cm²)
- Να μην επηρεάζονται από τις καιρικές συνθήκες (αποσάθρωση).
- Να είναι απαλλαγμένα από επιβλαβείς προσμίξεις π.χ. άργιλο, άνθρακες, λιγνίτη, η δε περιεκτικότητα σε χλωρίδια να είναι 0,02% του βάρους.
- Να έχουν ευνοϊκή μορφή, κατά προτίμηση σφαιρική ή κυβική και όχι μορφή πλάκας.

Αδρανή υλικά με τραχεία επιφάνεια αυξάνουν τη συνοχή μεταξύ κονιάματος και κόκκου, γεγονός που επιδρά ευνοϊκά στην αντοχή του σκυροδέματος. Αδρανή υλικά με λείες επιφάνειες έχουν ευκολότερη κατεργασία στο σκυρόδεμα, μειώνουν όμως την εσωτερική τριβή, με αποτέλεσμα να μειώνεται και η αντοχή του σκυροδέματος.

Δ) Νερό μείξεως

Κάθε νερό που συναντάτε στη φύση μπορεί βασικά να, χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή του σκυροδέματος, όταν δεν περιέχει επιβλαβείς προσμείξεις, η περιέχει αυτές σε πολύ μικρές ποσότητες που δεν βλάπτουν το σκυρόδεμα.

Νερό που περιέχει θειικά άλατα σε μικρή ποσότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή του σκυροδέματος. Το ίδιο όμως νερό προσβάλλει το σκυρόδεμα, όταν επιδρά συνέχεια πάνω σε αυτό. Νερό που περιέχει χλωρίδια μπορεί να χρησιμοποιηθεί, όταν το ποσοστό είναι μικρότερο του 0,03 αναλογία βάρους (300 mg Cl/ λίτρο).

Θαλασσινό νερό απαγορεύεται να χρησιμοποιηθεί στο οπλισμένο και στο προεντεταμένο σκυρόδεμα (κίνδυνος οξειδώσεως του οπλισμού). Καλό είναι να αποφεύγεται το θαλασσινό νερό και για το άοπλο σκυρόδεμα, γιατί προκαλεί επιφάνειες με "εξανθήσεις". Το νερό μείξεως

δεν θα πρέπει να έχει διαλυτά σάκχαρα .Ιδιαίτερη προσοχή στην χρησιμοποίηση του νερού που έχει οσμή , γεύση και χρώμα.

Αν υπάρχουν αμφιβολίες σχετικά με την καταλληλότητα του νερού συνίσταται η χημική εξέταση του.

Ε) Πρόσμεικτα υλικά

Στο σκυρόδεμα επιτρέπεται, να προστίθενται πρόσμεικτα υλικά, εφόσον δεν επιδρούν με βλαβερό τρόπο στη σκλήρυνση του τσιμέντου, στην ανθεκτικότητα και αντοχή του σκυροδέματος, στην προστασία του οπλισμού έναντι οξειδώσεως, (χλωριούχα άλατα οξειδώνουν το χάλυβα).Τα πρόσμεικτα υλικά χρησιμοποιούνται για να επηρεάσουν ευνοϊκά μερικές ιδιότητες του σκυροδέματος. Η χρήση τους απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, γιατί ευνοϊκή επίδραση σε μια ιδιότητα του σκυροδέματος είναι δυνατόν να έχει δυσμενή επίδραση σε κάποια άλλη.

Τα πρόσμεικτα υλικά βοηθούν στις εξής περιπτώσεις:

α)Επιταχύνουν τη σκλήρυνση

Όχι για οπλισμένο και προεκτεταμένο σκυρόδεμα, γιατί υπάρχει κίνδυνος οξειδώσεως στο χάλυβα. Για οπλισμένο σκυρόδεμα καλύτερο είναι να χρησιμοποιούνται τσιμέντα ταχείας αναπτύξεως της αντοχής.

β)Επιταχύνουν την πήξη

γ)Επιβραδύνουν την πήξη

δ)Στεγανοποιούν το σκυρόδεμα

ε)Ρευστοποιούν το σκυρόδεμα

ζ)Ανθεκτικότητα έναντι παγετού

2.4. Κοκκομετρική σύνθεση

Α) Γενικά

Η ανάμειξη της άμμου με τα χαλίκια μας δίδει ένα μείγμα που παρουσιάζει κενά. Το μείγμα των αδρανών υλικών του σκυροδέματος θα πρέπει να είναι χονδρόκοκκο και να παρουσιάζει, όσο το δυνατόν μικρότερο ποσοστό κενών. Π.χ. αν κοσκινίσουμε κόκκους ίδιας διαμέτρου, στο ίδιο κόσκινο θα έχουμε ένα μείγμα με 40% περίπου κενά. Άρα ο επόμενος μικρότερος κόκκος πρέπει να καλύψει τα σχηματιζόμενα κενά.

Το τσιμέντο εκτός του ότι πρέπει να καλύψει με κονίαμα τα αδρανή θα πρέπει επίσης, να καλύψει και τα κενά των κόκκων, τα οποία επενεργούν αρνητικά στην αντοχή του σκυροδέματος. Θα πρέπει να επιδιώκουμε καλή εκλογή των κόκκων των αδρανών υλικών ώστε να επιτυγχάνουμε ποσοστό κενών όχι μεγαλύτερο από 20-30%.

Επειδή είναι αντιοικονομικό να καλύψουμε το μεγάλο ποσοστό κενών των αδρανών με τσιμέντο συνήθως, για να συμπληρωθούν τα κενά αυτά και για καλύτερη κατεργασία του

σκυροδέματος, ιδιαίτερα σε λεπτά τοιχώματα ή πυκνά οπλισμένα δομικά στοιχεία συνιστάται η πρόσμιξη μικρής ποσότητας αλευρώδους άμμου.(ΘΕΟΦΑΝΗ Α. ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΥ-ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤ. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Ι&ΙΙ -εκδ. ΟΕΔΒ 1983).

Β) Ποσοτικές αναλογίες συστατικών σκυροδέματος.

α) Όσο πιο χονδρόκοκκα σκύρα χρησιμοποιούνται (όσο δηλ. ή μέγιστη διάμετρος τους πλησιάζει τα 63mm) τόσο πιο υψηλής αντοχής σκυροδέματα παράγονται. Συνήθως βέβαια χρησιμοποιούνται αδρανή με μέγιστη διάμετρο 40 mm ενώ για λεπτές (στενές) κατασκευές - Π.χ. λεπτές πλάκες, στενά τοιχώματα επιβάλλονται λεπτόκοκκα αδρανή.

Στην πράξη το απαιτούμενο ποσό άμμου και σκύρων ανά μ^3 έτοιμου σκυροδέματος καθορίζεται εργαστηριακά (Π.χ. από τα Εργαστήρια τού Υπουργείου Δημ. Έργων) βάσει προσκομιζόμενων δειγμάτων από τα αδρανή πού πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Ελλείψει άλλης δυνατότητας επιτρέπεται μόνο για χαμηλής ποιότητας σκυροδέματα, να χρησιμοποιηθούν (κατά χονδροειδή βεβαίως προσέγγιση) οι αναλογίες:

- 0,45 έως 0,48 μ^3 άμμος

- 0,80 μ^3 σκύρα

ανά κυβικό μέτρο σκυροδέματος.

β) Η ποσότητα του τσιμέντου ανά μ^3 έτοιμου σκυροδέματος είναι εν γένει 300 χγρ (6 σάκοι των 50 χγρ.). Για σκυροδέματα υψηλής αντοχής χρησιμοποιούνται 350 ή καμιά φορά και 400 χγρ τσιμέντου ανά κυβ. μέτρο. Είναι όμως πολύ προτιμότερο οι υψηλές αντοχές να επιτυγχάνονται όχι με πολύ τσιμέντο ,πού έχει δυσμενείς παρενέργειες, κυρίως μεγάλες συστολές ξηράνσεως, αλλά με άριστες αναλογίες αδρανών και άριστη συμπίκνωση.

Για άοπλα σκυροδέματα σε δευτερεύουσες κατασκευές (βάσεις θεμελίων, δάπεδα επιχώσεως κλπ) χρησιμοποιείται και το καλούμενο «ισχνό» σκυρόδεμα η σκυρόδεμα «200 χιλιόγραμμων», ακριβώς επειδή γίνεται με 200 χγρ, τσιμέντο ανά μ^3 (gros beton).

γ) Τέλος σημαντικό ρόλο για την αντοχή του παραγομένου σκυροδέματος παίζει ο λόγος ύδατος προς τσιμέντο. Όσο μικρότερος είναι αυτός τόσο μεγαλύτερη ή αντοχή του τελικού σκυροδέματος. Δεν πρέπει όμως το χρησιμοποιούμενο νερό να είναι τόσο λίγο ώστε να παραβλάπεται ή καλή κατεργασία του όλου μίγματος. Όταν ή συμπίκνωση γίνεται με δονητή το όριο αυτό είναι περίπου 0,40-0,50, ενώ όταν γίνεται με τα χέρια (κάποιος εργάτης προσπαθεί να συμπυκνώσει το μόλις διαστρωθέν σκυρόδεμα με μια σανίδα ή μια σιδερένια ράβδο) ανεβαίνει στα 0,50-0,60.

Έτσι για καλά σκυροδέματα ή αναλογία ύδατος προς τσιμέντο πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0,50 και 0,60 σε καμιά όμως περίπτωση δεν θα υπερβαίνει το 0,70. Αυτό σημαίνει για 300 χγρ τσιμέντο ανά μ^3 σκυροδέματος, ότι το νερό θα είναι 150-180 λίτρα, το πολύ έως 210 λίτρα.

δ)Πρόσμικτα υλικά:

Στο εμπόριο κυκλοφορούν πρόσμικτα πού κάθε ένα έχει ένα συγκεκριμένο στόχο π.χ.

- την επιτάχυνση της σκληρύνσεως
- την επιβράδυνση της σκληρύνσεως
- τη βελτίωση τού κατεργάσιμου τού μίγματος
- τη μείωση της υδατοπερατότητας (αδιαβροχοποίηση)
- την αύξηση της αντοχής σε τριβή κ.α.

Εν γένει συνιστάται να μη χρησιμοποιείται παρά ένα μόνο κάθε φορά πρόσμικτο και αυτό γιατί μπορεί η ταυτόχρονη παρουσία δύο να προκαλεί χημικές ή μηχανικές δράσεις με

δυσμενή αποτελέσματα. Τα πρόσμικτα είναι υγρά ή στερεό (σε σκόνη) και πρέπει να προστίθενται κατά την έναρξη της αναμίξεως στο νερό αναμίξεως. με καλή ανάδευση για να επιτυγχάνεται ομοιογενές μίγμα. Κάθε φορά πρέπει να μελετώνται λεπτομερώς οι προδιαγραφές χρήσεως τού πρόσμικτου και να εφαρμόζονται με σχολαστικότητα και αυστηρότητα.

2.5. Παρασκευή του σκυροδέματος

A) Επί τόπου παρασκευαζόμενο σκυρόδεμα (με μηχανική ανάμιξη).

Άλλοτε ή παρασκευή τού σκυροδέματος στο εργοτάξιο (στο γιαπί) γινόταν με τα χέρια και τηρείτο ο κανόνας «δix ανάδευση εν ξηρό και άπαξ μεθ' ύδατος». Σήμερα αυτό είναι ανεκτό μόνο γιό ισχνό σκυροδέματα (gros beton).

Για σκυροδέματα 300 χιλιόγραμμων τσιμέντου (προοριζόμενα για οπλισμένα σκυροδέματα) επιβάλλεται ή ανάμιξη με μηχανικά μέσα, τούς αναμικτήρες (μπετονιέρες). Η χρήση των μηχανημάτων αυτών πρέπει να γίνεται από πεπειραμένους χειριστές που να είναι σε θέση να τηρούν τις αναλογίες αναμίξεως και προπαντός να ρυθμίζουν την ποσότητα τού νερού. Προτιμότερο βέβαια να χρησιμοποιούνται αναμικτήρες εφοδιασμένοι με δοχείο αποθηκεύσεως ύδατος και αυτόματη συσκευή μετρήσεώς του. Η ανάμιξη πρέπει να διαρκεί τουλάχιστον 1 λεπτό από την στιγμή που θα μπουν στον κάδο όλα τα υλικά.

Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται αναμικτήρες με απόδοση μικρότερη από ένα σάκο τσιμέντο, ούτε να φορτώνονται περισσότερο από όσο εγγυάται το εργοστάσιο κατασκευής τους. Κατά την εκκένωση του αναμικτήρα πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια ώστε να μην διαχωρίζεται το χονδρόκοκκο υλικό του μίγματος από το υπόλοιπο. Αυτό επιτυγχάνεται με κατάλληλη διάταξη ώστε το σκυρόδεμα να εξέρχεται κατακόρυφα και όχι υπό γωνία.

B) Έτοιμο σκυρόδεμα.

Σήμερα και στον τόπο μας γενικεύεται βαθμηδόν ή χρήση ετοιμού σκυροδέματος. Αυτό συντίθεται σε εργοστάσιο και αναμιγνύεται είτε εκεί η καθ' οδών προς το εργοτάξιο μέσα σε αυτοκίνητα-αναμικτήρες που το μεταφέρουν και το παραδίδουν έτοιμο προς χρήση. Διακρίνουμε τρία είδη οχημάτων και ισάριθμες περιπτώσεις και θέσεις αναμίξεως και παρασκευής του σκυροδέματος

α) Αυτοκίνητα-αναμικτήρες. στα οποία την ώρα τής μεταφοράς γίνεται και η ανάμειξη των υλικών.

β) Αυτοκίνητα-αναδευτήρες. που παραλαμβάνουν το σκυρόδεμα έτοιμο από το εργοστάσιο και απλώς το αναδεύουν κατά την μεταφορά προς το έργο (για να μη πήξει).

Και στις δύο αυτές περιπτώσεις ο χρόνος μεταφοράς (μετρούμενος από το πέρας τής προσθήκης του ύδατος αναμίξεως) πρέπει να είναι μικρότερος τής 1 1/2 ώρας και τόσο μικρότερος όσο υψηλότερη είναι ή θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

γ) Όταν πρόκειται για σκυροδέματα με λίγο νερό μηδενικής καθίσεως, η μεταφορά μπορεί να γίνεται με οχήματα χωρίς ανάδευση (αυτοκίνητα χωρίς αναδευτήρες). Τα κιβώτια των οχημάτων αυτών πρέπει να είναι υπενδεδυμένα εσωτερικώς με λαμαρίνα για να μη γίνεται καμιά διαφυγή του λίγου ύδατος που υπάρχει. Ο χρόνος μεταφοράς στην περίπτωση αυτή δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 45 λεπτά.

Η χρησιμοποίηση οχημάτων του τύπου αυτού τελεί υπό την κρίση τού αγοραστού. Πέραν των ελέγχων ποιότητας που είναι υποχρεωμένο να κάνει το εργοστάσιο παραγωγής τού έτοιμου σκυροδέματος, φρόνιμο είναι για ασφάλειά μας να παίρνουμε δοκίμια και να ελέγχουμε την αντοχή τους τόσο στο εργοτάξιο μας (αμέσως προ τής διαστρώσεως) όσο και σε άλλα εργοτάξια μερικές ημέρες προηγουμένως έτσι θα έχουμε αποτελέσματα αντοχής προ τής οριστικοποίησής τής παραγγελίας μας προς το συγκεκριμένο εργοστάσιο. Δυστυχώς ή πολιτεία δεν ασκεί έλεγχο.

Γ) Διάστρωση τού σκυροδέματος

Το σκυρόδεμα πρέπει να διαστρώνεται όσο γίνεται ταχύτερα μετά την παρασκευή του, το έτοιμο μεταφερόμενο σκυρόδεμα αμέσως μόλις φθάσει στο εργοτάξιο. Κατά τη διάστρωση πρέπει να αποφεύγεται ο διαχωρισμός των χονδρών αδρανών από το λεπτόκοκκο υλικό, μεμονωμένα χονδρά σκύρα δεν είναι επιζήμια, ομάδες τους όμως μπορούν να αποβούν επιβλαβείς και πρέπει να διαχωρίζονται προ της διαστρώσεως.

Πολλή σημασία για την αντοχή και άλλες ιδιότητες τού τελικού προϊόντος έχει ή καλή συμπίκνωση τού σκυροδέματος αμέσως μετά τη διάστρωσή του επί των ξυλοτύπων. Η συμπίκνωση αυτή γίνεται με δονητές (ή πιο καλή και υποχρεωτική για B 300) ή με κοπάνισμα ή με αναμόχλευση ή και με χτυπήματα στους ξυλοτύπους. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στα υποστυλώματα και τα τοιχώματα, καθώς και στις θέσεις όπου μαζεύονται πυκνοί οπλισμοί. Πρέπει να επιτύχουμε να μη μείνουν κενά στο σκυρόδεμα και όλοι οι οπλισμοί να περιβάλλονται καλά με πυκνό υλικό.

Όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν δονητές, πρέπει να αποφασισθεί αυτό εκ των προτέρων και να γίνουν κάπως πιο ενισχυμένοι οι ξυλότυποι για να μη παραμορφωθούν από τούς κραδασμούς. Δεν πρέπει να γίνεται σκυροδέτηση υπό βροχή διότι το νερό της αυξάνει το νερό μίξεως τού σκυροδέματος, ενώ συγχρόνως ξεπλένει τις άνω οριζόντιες ή κεκλιμένες επιφάνειες. Όταν ή θερμοκρασία τού περιβάλλοντος αναμένεται να είναι χαμηλότερη από +5°C κατά την ώρα τής διαστρώσεως ή τις επόμενες 24 ώρες, πρέπει να τηρηθούν οι κανόνες τής επόμενης παραγράφου. Το ίδιο ισχύει όταν αναμένονται πολύ υψηλές θερμοκρασίες (32°C και άνω).

Δ) Σκυροδέτηση υπό ψύχος ή παγετό.

α) Όταν είναι βέβαιο ότι ή θερμοκρασία τού περιβάλλοντος δεν πρόκειται να πέσει κάτω από τούς +2°C, ενώ ή θερμοκρασία τού διαστρωθέντος σκυροδέματος, ως εκ τής θέσεώς του, προβλέπεται ότι δεν θα κατέλθει κάτω από τούς +10°C, τότε δεν απαιτείται κανένα προστατευτικό μέτρο.

β) Στην αντίθετη περίπτωση και για θερμοκρασία περιβάλλοντος έως -2°, πρέπει να προβλεφθούν καλύμματα ασφαλείας (από καραβόπανο, πλαστικά, χάρτη Kraft κλπ. ή κάποιο υλικό πάχους 10 εκ. περίπου). Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να καταβάλλεται για την καλή κάλυψη τής περιμέτρου και των γωνιών. Τα καλύμματα αυτά πρέπει να παραμένουν επί 72 ώρες μετά την αποπεράτωση τής διαστρώσεως τού σκυροδέματος για συνήθη τσιμέντα και επί 36 ώρες για τσιμέντα ταχείας πήξεως (ή χρήση επιταχυντικών προσμίκτων).

γ) Όταν ή θερμοκρασία τού περιβάλλοντος προβλέπεται να πέσει κάτω από -2°C και έως -8°C πρέπει να θερμαίνεται επί τόπου το σκυρόδεμα επί χρόνο όπως προηγουμένως. Για τις

ελληνικές συνθήκες, όπου τέτοιες τεχνικές είναι ασυνήθεις, προτιμότερο είναι να αποφεύγεται ή διάστρωση μέχρι βελτιώσεως της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, που άλλωστε δεν αργεί συνήθως και πολύ.

δ) Για τη βελτίωση της θερμοκρασίας του παραγομένου σκυροδέματος (πού πρέπει να κυμαίνεται από $+10^{\circ}$ έως $+27^{\circ}$ το πολύ) δύνανται να θερμαίνονται τα αδρανή (τα οποία εν πάση περιπτώσει δεν πρέπει να έχουν πάγο ή χιόνι) και να χρησιμοποιείται θερμό νερό μίξεως, θερμό νερό δεν πρέπει να έρθει σε επαφή με μη ανακατωμένο τσιμέντο. Στον αναμικτήρα πρέπει να προστίθεται ζεστό νερό όταν αυτός περιστρέφεται για να έχει αναμιχθεί προηγουμένως το τσιμέντο με τα αδρανή.

Το ζεστό νερό μπορεί να προστεθεί στα αδρανή πριν από την προσθήκη του τσιμέντου. Σε όλες τις ανωτέρω περιπτώσεις ιδιάζουσα προσοχή χρειάζεται στον χρόνο αφαιρέσεως των ξυλοτύπων. Πρέπει να παραμένουν τουλάχιστον τόσες ημέρες παραπάνω όσες ημέρες ψύχους μεσολάβησαν από τη διάστρωση.

Ε) Σκυροδέτηση υπό καύσωνα.

Προστατευτικά μέτρα χρειάζονται και όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος υπερβαίνει τους 32° και ιδίως όταν πνέει έστω και ελαφρός αέρας, που απομακρύνει τους υδρατμούς και επιταχύνει το στέγνωμα του σκυροδέματος. Τα πρακτικότερα από τα αναγκαία μέτρα είναι τα ακόλουθα:

α) Τα αδρανή υλικά να βρίσκονται υπό σκιά τουλάχιστον μερικές ώρες προ της χρήσεώς τους.

β) Το νερό αναμίξεως να είναι δροσερό. Τεμάχια πάγου απολύτως διαλυμένα υποβιβάζουν τη θερμοκρασία του.

γ) Οι ξυλότυποι πρέπει να διατηρούνται δροσεροί με κατάβρεγμα προ και μετά την διάστρωση. Το πρώτο 24ωρο επιβάλλεται σ υ ν ε χ έ ς κατάβρεγμα.

δ) Πρέπει να επιβραδύνεται η εξάτμιση τού ύδατος νωπού σκυροδέματος με παραπετάσματα και κυρίως πλαστικά καλύμματα που θα καταβρέχονται πυκνά επί μία τουλάχιστον εβδομάδα.

ΣΤ) Ξυλότυποι

Τα καλούπια δύνανται να είναι εξ ολοκλήρου ή να είναι μεταλλικά ικριώματα (δικτυώματα κατακόρυφων και οριζόντιων στοιχείων) με ξύλινο πέτσωμα (σανίδωμα). Για σοβαρές κατασκευές πρέπει να γίνεται στατικός υπολογισμός τους. Για τις άλλες περιπτώσεις αρκεί ή πείρα τού κατασκευαστή και τού επιβλέποντος με αναγκαία πάντοτε την πολλή επιμέλεια, ιδίως στην ακαμψία τού όλου συστήματος (με διάταξη αρκετών διαγώνιων συνδέσμων) έναντι οριζόντιων μετακινήσεων.

Ο ξυλότυπος δεν πρέπει να εκτίθεται επί μακράν στον ήλιο και τις καιρικές επιδράσεις για να μη παραμορφώνεται. Προ της διαστρώσεως τού σκυροδέματος πρέπει να καταβρέχεται καλά ο ξυλότυπος για να μη απορροφήσει το νερό μίξεως. Όσον αφορά τον χρόνο αφαιρέσεως των ξυλοτύπων, αυτός πρέπει να ρυθμίζεται έτσι ώστε κάθε δομικό στοιχείο να έχει αποκτήσει αντοχή αρκετή για να αναλάβει όλα τα κατά την αφαίρεση των ξυλοτύπων πιθανά φορτία του. Ιδιαίτερη προσοχή επιβάλλεται στα στοιχεία εκείνα που με την αφαίρεση των ξυλοτύπων

αναλαμβάνουν το σύνολο σχεδόν των προβλεπόμενων φορτίων τους (π.χ. στέγες, πλάκες με ξυλοτύπους υπερκείμενων πλακών κλπ).

Ενδεικτικώς και για τα ελληνικά τσιμέντα σημειώνονται οι εξής χρόνοι αφαιρέσεως των ξυλοτύπων

- Πλευρικοί ξυλότυποι 2-3 ημέρες
- Ξυλότυποι πλακών 8 ημέρες
- Ικριώματα (υποστυλώσεις) δοκών, πλαισίων και πλακών μεγάλου ανοίγματος (τμηματική αφαίρεση) 15-20 ημέρες.

Εάν μεσολάβησαν ημέρες ψύχους με θερμοκρασία κάτω από +5°C επιβάλλεται ισόχρονη παράταση παραμονής των ξυλοτύπων.

Κατά την αφαίρεση των ξυλοτύπων πρέπει να αποφεύγονται τα ισχυρά κτυπήματα και η μετάδοση κραδασμών στο νωπό σκυρόδεμα. Κανένα στοιχείο κατασκευής, πλάκα ή δοκός, δεν πρέπει να φορτισθεί με όλα τα φορτία τού υπολογισμού του, εάν δεν έχει ηλικία τουλάχιστον 28 ημερών. . Εάν χρειασθεί να γίνει πλήρης φόρτισή του παραπάνω, πρέπει να μείνει καλουπωμένο τουλάχιστον κατά θέσεις πού θα υποδείξει ο επιβλέπων μηχανικός (για να είναι μικρότερα τα ανοίγματα και να αναπτύσσονται μικρότερα εντατικά μεγέθη M,N,V).

Ζ) Συντήρηση (μετά τη διάστρωση)

Ουσιαστική επιρροή στην τελική αντοχή και τις άλλες ιδιότητες τού σκυροδέματος παίζει, όχι μόνο ή σωστή σύνθεση και παρασκευή του, αλλά και η συντήρησή του τον πρώτο καιρό μετά τη διάστρωσή του, ιδίως την πρώτη εβδομάδα. Το νωπό σκυρόδεμα πρέπει να προστατεύεται από πρόωρη ξήρανση (πρόωρη δηλ. απώλεια ύδατος, κυρίως από την ελεύθερη επιφάνεια του), υπερβολικά υψηλές ή υπερβολικά χαμηλές θερμοκρασίες, από μηχανικές προσβολές και από κάθε τι γενικώς πού μπορεί να διαταράξει ή να παρεμποδίσει την κανονική, ήρεμη και πλήρη ενυδάτωση τού τσιμέντου.

Ιδιαίτερα για την ελεύθερη επιφάνεια τού σκυροδέματος επιβάλλεται, αμέσως μετά το πέρας της διαστρώσεως, η προστασία της από ταχεία εξάτμιση τού ύδατος τού σκυροδέματος με κάποιο από τα ακολουθούσα προστατευτικά μέτρα:

- Συνεχές κατάβρεγμα.
- Κάλυψη με απορροφητικές ψάθες πού διατηρούνται συνεχώς υγρές.
- Κάλυψη με υδατοστεγή πλαστικά φύλλα
- Εφαρμογή άλλων αναγνωρισμένων μεθόδων συντηρήσεως.

Τα μέτρα αυτά επιβάλλονται γενικώς επί μία εβδομάδα σε δυσμενείς όμως καιρικές συνθήκες (καύσωνα και μάλιστα με άνεμο πού επιτείνει την ξήρανση ή παγετό) πρέπει να παρατείνονται αναλόγως. Για σκυροδέματα ταχείας πήξεως ό χρόνος συντηρήσεως περιορίζεται στο μισό.(ΠΑΝ. Ι. ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΥ-ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΠΛ. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ –εκδ. Ι. ΧΙΩΤΕΛΛΗΣ 1983).

3) ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

3.1. Εισαγωγή.

Το προεντεταμένο σκυρόδεμα είναι ένα δομικό υλικό που φαινομενικά δε διαφέρει και πολύ από το οπλισμένο σκυρόδεμα. Πράγματι, είναι και αυτό ένα σκυρόδεμα φτιαγμένο με σκύρα, άμμο, τσιμέντο και νερό, που μέσα του ενσωματώνονται ράβδοι από χάλυβα. Εντούτοις το

προεντεταμένο και το οπλισμένο σκυρόδεμα, από την άποψη της λειτουργίας τους, είναι δυο υλικά εντελώς διαφορετικά το ένα από το άλλο.

Στο οπλισμένο σκυρόδεμα ο χαλύβδινος οπλισμός παίζει ρόλο παθητικό, χρειάζεται δηλαδή μόνο, για να αναλάβει τάσεις και μάλιστα εκείνες από τις τάσεις, που προκαλούν τα φορτία του έργου, που δεν μπορεί να τις αναλάβει το σκυρόδεμα με τις μηχανικές ιδιότητες που έχει αντίθετα, το προεντεταμένο σκυρόδεμα είναι σε θέση να αναλάβει μόνο του όλες τις τάσεις που προκαλούν τα φορτία του έργου και έτσι θα μπορούσε να μην έχει καθόλου οπλισμό. Οι χαλύβδινες ράβδοι της προεντάσεως δεν είναι οπλισμός, αλλά παίζουν ρόλο ενεργητικό. Με άλλα λόγια επιβάλλουν στο σκυρόδεμα ορισμένα πρόσθετα φορτία, που συνδυάζονται με τα υπόλοιπα και διατηρούν έτσι τις τιμές των τάσεων του σκυροδέματος μέσα στα όρια που μπορεί μόνο του να τις αναλάβει.

Πρακτικά, σχεδόν ποτέ δεν μπορούμε να πετύχουμε το ιδανικό αυτό αποτέλεσμα σε όλα τα σημεία της κατασκευής. Γι' αυτό υπάρχει πάντοτε στις κατασκευές από προεντεταμένο σκυρόδεμα και συνηθισμένος οπλισμός, που παίζει τον παθητικό του ρόλο, όπως και στις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα. Κύριος σκοπός του είναι να αναλαμβάνει δευτερεύουσες εφελκυστικές ή διατμητικές τάσεις, που μπορούν να αναμιχθούν μέσα στο σκυρόδεμα σε ορισμένες θέσεις και για ορισμένες περιπτώσεις φορτίσεων.

Η ιδέα του προεντεταμένου σκυροδέματος είναι αρκετά παλιά. Αφού το μεγαλύτερο ποσοστό του σκυροδέματος σε μια κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελεί μόνο νεκρό φορτίο, χωρίς να μπορεί να αναλάβει τάσεις πολλοί σκέφθηκαν να το εκμεταλλευθούν καλύτερα. Η πείρα που υπήρχε από άλλα υλικά με παρόμοιες ιδιότητες, όπως οι πέτρες και τα τούβλα, δίδασκε ότι τέτοια υλικά μπορούν να βελτιώσουν πολύ τη συμπεριφορά τους, αν, εκτός από τα κύρια φορτία τους, βρίσκονται κάτω από την επίδραση μιας σοβαρής θλιπτικής δύναμης. Η αρχή αυτή είχε ήδη εφαρμοσθεί από χιλιάδες χρόνια στους θόλους, της αψίδες, τους τοίχους ανηστηρίξεως κλπ.

Αν λοιπόν με κάποιο τρόπο κάθε στοιχείο της κατασκευής από σκυρόδεμα είχε από την αρχή στις διατομές του αξιόλογες θλιπτικές τάσεις, θα μπορούσε όλο το σκυρόδεμα να είναι χρήσιμο κατά τη λειτουργία του έργου. Τα στοιχεία αυτά θα τα λέγαμε προεντεταμένα, μια και θα βρίσκονταν ήδη σε κάποια εντατική κατάσταση, πριν ακόμα αρχίσουν να λειτουργούν. Η μέθοδος αυτή είχε ήδη χρησιμοποιηθεί και σε άλλες περιπτώσεις, με άλλα υλικά, όπως Π.χ. στην κατασκευή των βαρελιών. Πράγματι, τα μεταλλικά τσέρκια των βαρελιών σφίγγουν τις σανίδες τους και δημιουργούν σημαντικές θλιπτικές τάσεις κάθετες στους αρμούς των σανίδων αυτών, που αποτελούν τα τοιχώματα των βαρελιών. Όταν το βαρέλι είναι γεμάτο, το υγρό περιεχόμενό του πιέζει τα τοιχώματά του και προκαλεί στους ίδιους αυτούς αρμούς τάσεις εφελκυστικές. Για να μεταδοθούν οι τάσεις αυτές από τη μια σανίδα στην άλλη, θα έπρεπε ή να τις κολλήσουμε ή να τις συνδέσουμε με αρμούς με κατάλληλο σχήμα. Και στις δυο αυτές περιπτώσεις η μετάδοση των τάσεων θα ήταν αμφίβολη, κυρίως όμως θα χάναμε τη στεγανότητα του βαρελιού και το περιεχόμενό του θα έφευγε από τους αρμούς. Με τα τσέρκια όμως υπάρχει μια προένταση και έτσι στους αρμούς των σανίδων, αντί να παρουσιάζονται εφελκυστικές τάσεις, απλώς μικραίνουν οι θλιπτικές και έτσι δεν κινδυνεύει ούτε η αντοχή ούτε η στεγανότητα του βαρελιού.

Η ιδέα λοιπόν υπήρχε, η εφαρμογή της όμως παρουσίαζε δυσκολίες. Μια δυσκολία ήταν, πώς να εφαρμοσθούν οι αρχικές τάσεις στο σκυρόδεμα. Γρήγορα βρέθηκαν διάφορες λύσεις στο πρόβλημα αυτό, που φαίνονταν ικανοποιητικές. Οι προσπάθειες όμως προσέκρουσαν σε μια δεύτερη δυσκολία: πώς να διατηρηθούν για πάντα οι αρχικές τάσεις του σκυροδέματος.

Πράγματι, τα πειράματα δεν πετύχαιναν, επειδή οι αρχικές τάσεις μικραίνουν σιγά-σιγά με τον καιρό ή και εξαφανίζονταν ακόμα.

3.2. Πλεονεκτήματα του προεντεταμένου σκυροδέματος.

Αναφέραμε ότι το κύριο πλεονέκτημα του προεντεταμένου σκυροδέματος σε σύγκριση με το οπλισμένο είναι, ότι γίνεται η εκμετάλλευση όλης της διατομής του σκυροδέματος, που λειτουργεί στο σύνολό του σαν υλικό ομογενές. Για να πετύχουμε, όμως αυτό το αποτέλεσμα, χρειάζεται να γίνει μια κατασκευή πιο δύσκολη με υλικό ψηλότερης ποιότητας, γι' αυτό και η δαπάνη για κάθε κυβικό μέτρο προεντεταμένου σκυροδέματος είναι πολύ μεγαλύτερη, περίπου τριπλάσια από τη δαπάνη για το οπλισμένο σκυρόδεμα.

Βέβαια μια κατασκευή από προεντεταμένο σκυρόδεμα έχει μικρότερες διαστάσεις στα διάφορα μέλη της από εκείνες, που θα είχε, αν ήταν από οπλισμένο σκυρόδεμα. Παρόλη τη μείωση του όγκου η κατασκευή, από προεντεταμένο σκυρόδεμα εξακολουθεί τις περισσότερες φορές να είναι ακριβότερη.

Με τις διαπιστώσεις αυτές δεν πρέπει να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι δεν πρέπει να χρησιμοποιείται το προεντεταμένο σκυρόδεμα, γιατί με αυτό, μπορούν να γίνουν κατασκευές, που δε θα μπορούσαν να γίνουν με το οπλισμένο. Μπορούν έτσι να κατασκευασθούν γέφυρες, στέγες, πατώματα κλπ., με τόσο μεγάλα ανοίγματα που άλλοτε μπορούσαν να γίνουν μόνο με μεταλλικές κατασκευές που έχουν σημαντικά μειονεκτήματα σε σύγκριση με το σκυρόδεμα. Η προένταση δηλαδή επιτρέπει να κατασκευασθούν έργα που παλιότερα δε μπορούσαν να γίνουν.

Όσο περνά ο καιρός βελτιώνεται η τεχνική του προεντεταμένου σκυροδέματος, μικραίνει το σχετικό κόστος υλικών και μηχανικού εξοπλισμού, βρίσκεται ευκολότερα το κατάλληλα ειδικευμένο προσωπικό και μειώνεται η διάρκεια, που χρειάζεται για την κατασκευή, των έργων. Προβλέπεται λοιπόν ότι η οικονομική σχέση προεντεταμένου και οπλισμένου σκυροδέματος όλο και θα βελτιώνεται προς όφελος του πρώτου.

Το προεντεταμένο σκυρόδεμα διατηρεί σχεδόν όλα τα πλεονεκτήματα του οπλισμένου, δηλαδή:

1) Η διάρκεια της ζωής του φαίνεται να είναι απεριόριστη, είναι πάντως μεγαλύτερη από την πιθανή ζωή των έργων, που κατασκευάζονται με αυτό. Σήμερα τα περισσότερα έργα γίνονται με προοπτική να ζήσουν 50 ή το πολύ 100 χρόνια, επειδή η γρήγορη εξέλιξη της τεχνολογίας θα τα έχει ως τότε κάνει αναχρονιστικά και άχρηστα.

2) Δε χρειάζεται καμιά συντήρηση, ούτε είναι ανάγκη, εκτός αν χρειάζεται για λόγους αισθητικούς, να σοβαντιστεί, να βαφτεί ή γενικά να υποστεί μίαν οποιαδήποτε τελική επεξεργασία.

3) Η αντοχή του στη φωτιά είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αντοχή των μεταλλικών ή ξύλινων κατασκευών.

4) Η κατασκευή όλου του έργου μπορεί να γίνει στο εργοτάξιο με συνηθισμένα μόνον υλικά, δηλαδή αδρανή, ξυλεία για καλούπια, νερό κλπ, και τυποποιημένα βιομηχανικά προϊόντα, όπως είναι το τσιμέντο, ο οπλισμός, οι τένοντες, οι διατάξεις αγκυρώσεως κλπ.

Σε σύγκριση με το οπλισμένο σκυρόδεμα το προεντεταμένο παρουσιάζει και άλλα πρόσθετα πλεονεκτήματα. Αναφέρουμε τα κυριότερα:

- 1) Χρησιμοποιείται πάντοτε όλη η διατομή του σκυροδέματος.
- 2) Το βάρος της ίδιας της κατασκευής δεν επηρεάζει σημαντικά τις διαστάσεις των μελών της, επειδή ως κάποιο σημείο οι διαστάσεις αυτές εξαρτώνται μόνο από τα κινητά φορτία.
- 3) Οι παραμορφώσεις είναι μικρότερες, επειδή με κατάλληλη διάταξη των τενόντων μπορούμε να προκαλέσουμε παραμορφώσεις αντίρροπες προς αυτές, που προκαλούν τα φορτία.
Οι τρεις αυτοί λόγοι επιτρέπουν να μειωθεί σημαντικά το ύψος των δοκαριών και των παρομοίων στοιχείων της κατασκευής, με αποτέλεσμα να μειώνεται και το βάρος της, με ευνοϊκές επιπτώσεις στις κολώνες και στα θεμέλια.
- 4) Επειδή οι τέμνουσες δυνάμεις του σκυροδέματος αναπτύσσονται στις ίδιες θέσεις, όπου υπάρχουν και θλιπτικές, οι διατμητικές τάσεις δεν προκαλούν τελικά αξιόλογες λοξές εφελκυστηκές τάσεις, όπως θα συνέβαινε αν ήταν μόνες τους. Έτσι, οι διατμητικές τάσεις μπορούν ακίνδυνα να πάρουν μεγαλύτερες τιμές, επομένως μπορεί να μικρύνει και το πλάτος των δοκαριών.
- 5) Δε δημιουργούνται στο σκυρόδεμα τριχοειδείς ρωγμές από εφελκυστηκές τάσεις. Ακόμα και αν δημιουργηθούν, ή προένταση τις κλείνει και έτσι ο χάλυβας είναι απόλυτα προστατευμένος
- 6) Είναι εύκολο να κατασκευασθούν φορείς με συναρμολόγηση προκατασκευασμένων κομματιών.(ΑΡΙΣΤΕΙΔΗ ΔΕ΄Ι΄ΜΕΖΗ -ΓΕΝΙΚΗ ΔΟΜΙΚΗ ΙΙ –εκδ. ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1969).

4) ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟΥΣ ΦΟΡΕΙΣ

Το φέρον σύστημα από ωπλισμένο σκυρόδεμα των συνήθων οικοδομικών κατασκευών, λέγεται συνήθως και «σκελετός». Τέτοιες κατασκευές είναι οι κατοικίες, τα νοσοκομεία, τα ξενοδοχεία, τα σχολεία και τα βιομηχανικά κτίρια.

1. Πλάκες. (σύμβολο Π) για τους επίπεδους φορείς, επί των οποίων φέρονται αμέσως τα ωφέλιμα φορτία.
2. Δοκοί. (δ ή Δ) τα γραμμικά στοιχεία, πάνω στα οποία στηρίζονται οι πλάκες αμέσως, οπότε χαρακτηρίζονται ως διαδοκίδες ή εμμέσως, μέσω των διαδοκίδων , οπότε λέγονται κύριες δοκοί.
- 3.Υποστυλώματα. (Υ) κατακόρυφα γραμμικά στοιχεία τα οποία κατά κανόνα φέρουν τις κύριες δοκούς, (ή και διαδοκίδες). Ειδική περίπτωση υποστυλωμάτων μεγάλου μήκους και μικρού πάχους είναι τα τοιχώματα (Τ).
4. Τα στοιχεία θεμελιώσεως μέσω των οποίων διαβιβάζονται στο έδαφος τα εντατικά μεγέθη που έχουν συγκεντρωθεί στα κατώτατα άκρα των υποστυλωμάτων (τους «πόδες»).Τα στοιχεία αυτά, λαμβανομένων υπόψη των ιδιοτήτων του εδάφους εν γένει, μπορούν να είναι μεμονωμένα πέδιλα, πεδιλοδοκοί, πλάκες θεμελιώσεως ή και πάσσαλοι.
5. Τέλος τα σημεία συναντήσεως των παραπάνω στοιχείων ονομάζονται γενικώς «κόμβοι» (Κ).

Ο σκελετός οικοδομήματος όπως περιγράφεται παραπάνω(«ο φέρων οργανισμός »), είναι κατασκευή με ολόσωμη σύνδεση των στοιχείων που την αποτελούν. Υπάρχει δηλαδή μία συνέχεια του υλικού δια μέσου όλων των παραπάνω στοιχείων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του τρόπου κατασκευής και λόγω της φύσεως του σκυροδέματος, ως υλικού εγχεόμενου σε ημίρρευστη κατάσταση μέσα σε καλούπι. Λόγω αυτού η επιβολή μιας εντάσεως σε κάποια περιοχή του συστήματος θα δημιουργήσει παραμόρφωση και ένταση σε κάθε σημείο του φορέα.(Θ. Π. ΤΑΣΙΟΣ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ & ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΟΠΛ. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ –εκδ. ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ 1986).

5) ΠΛΑΚΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

5.1. Γενικά

Οι πλάκες είναι στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα με πολύ μικρό πάχος σε σύγκριση με τις δυο άλλες διαστάσεις τους. Η γεωμετρική αυτή ιδιότητα δεν είναι αρκετή, για να χαρακτηριστεί ένα στοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα σαν πλάκα, γιατί και τα τοιχώματα, τα κελύφη κλπ. έχουν την ίδια ιδιότητα. Οι πλάκες είναι επίπεδες και στηρίζονται σε ορισμένες μόνο περιοχές τους σε άλλα δομικά. Στοιχεία από σκυρόδεμα ή άλλο υλικό, όπου μεταφέρουν τα φορτία τους, που κατά το μεγαλύτερο μέρος τους είναι κάθετα προς την επιφάνειά τους. Επειδή τα φορτία είναι κυρίως βάρη, τόσο της ίδιας της πλάκας όσο και άλλων στοιχείων, που βρίσκονται ή μπορούν να βρεθούν πάνω τους, οι πλάκες είναι συνήθως οριζόντιες ή με μικρή κλίση, χωρίς όμως να αποκλείεται εντελώς η κλίση να είναι μεγάλη ή ακόμα και να είναι η πλάκα κατακόρυφη.

Όταν σε ένα στοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα το πάχος είναι πολύ μικρό σε σύγκριση με τις δυο άλλες διαστάσεις του, αλλά το σχήμα του είναι καμπύλο, το στοιχείο αυτό χαρακτηρίζεται σαν κέλυφος και όχι σαν πλάκα. Όταν το σχήμα του ακολουθεί μια τεθλασμένη επιφάνεια, αποτελείται δηλαδή από επίπεδα κομμάτια κυρίως κεκλιμένα και οριζόντια, τότε ονομάζεται πλακοκέλυφος ή πτυχωτή κατασκευή, ενώ το κάθε του επίπεδο κομμάτι μπορεί να θεωρηθεί σαν μια πλάκα.

Όταν το στοιχείο έχει πάλι μικρό πάχος, αλλά αποτελείται από ένα ή περισσότερα επίπεδα κατακόρυφα και φέρει κυρίως κατακόρυφα φορτία. χαρακτηρίζεται σαν τοίχωμα.

Οι πλάκες στηρίζονται συνήθως πάνω σε τοίχους ή δοκάρια. δηλαδή σε ολόκληρες μακρόστενες λουρίδες τους. Σπανιότερα στηρίζονται άμεσα σε κολώνες, δηλαδή σε ορισμένα απομονωμένα σημεία τους.

Όταν οι στηρίξεις των πλακών κατά τη μια διεύθυνση βρίσκονται σε πολύ μικρότερες αποστάσεις από ότι οι στηρίξεις τους κατά την άλλη διεύθυνση, ο κύριος οπλισμός αντοχής τους είναι κάθετος προς τις πυκνές στηρίξεις και οι πλάκες ονομάζονται πλάκες με οπλισμό κατά μια διεύθυνση.

Όταν αντίθετα οι αποστάσεις ανάμεσα στις στηρίξεις είναι περίπου ίσες και κατά τις δυο κάθετες διευθύνσεις, τοποθετείται κύριος οπλισμός αντοχής και κατά τις δυο αυτές διευθύνσεις. Οι πλάκες αυτές ονομάζονται σταυροειδώς οπλισμένες. Σημειώνουμε ότι όταν οι πλάκες στηρίζονται σε απομονωμένα σημεία ο οπλισμός αντοχής τοποθετείται πάντοτε κατά δυο διευθύνσεις κάθετες μεταξύ τους κι οι πλάκες αυτές ονομάζονται μκκητοειδείς ή επίπεδες.

Οι πλάκες συνήθως έχουν σταθερό πάχος σε όλη τους την έκταση ή τουλάχιστον σε κάθε κομμάτι τους, που περικλείεται από στηρίξεις. Υπάρχουν όμως και πλάκες. που αποτελούνται από λουρίδες με διαφορετικό πάχος. Οι λουρίδες αυτές χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, οι μισές

έχουν πολύ μικρό πάχος και αρκετά μεγάλο πλάτος και ανάμεσά τους παρεμβάλλονται οι άλλες, που έχουν πολύ μικρό πλάτος και αρκετά μεγάλο πάχος. Οι λουρίδες της δεύτερης κατηγορίας ονομάζονται νευρώσεις και είναι κατά κανόνα κάθετες προς τις κύριες στηρίξεις της πλάκας, δηλαδή αυτές που απέχουν λιγότερο μεταξύ τους. Σπανιότερα οι νευρώσεις είναι κάθετες προς τις στηρίξεις και των δυο διευθύνσεων οπότε διασταυρώνονται μεταξύ τους. Υπάρχουν λοιπόν πλάκες με απλές νευρώσεις και πλάκες με διασταυρούμενες νευρώσεις. Κατά αντιδιαστολή, όσες πλάκες δεν έχουν νευρώσεις, ονομάζονται και συμπαγείς πλάκες.

Οι δυο επιφάνειες των συμπαγών πλακών είναι κατά κανόνα επίπεδες και παράλληλες μεταξύ τους. Υπάρχουν βέβαια εξαιρέσεις, όπως Π.χ. στις πλάκες, που χρησιμεύουν για σκάλες (σχ. 1.1 ι), ή σε πλάκες, που έχουν τοπικές ενισχύσεις, γενικά όμως η μέση επιφάνεια των πλακών είναι σχεδόν επίπεδη.

5.2. Κανονισμοί

Όλοι οι κανονισμοί που ισχύουν για τις πλάκες με οπλισμό κατά μια διεύθυνση, ισχύουν και για τις πλάκες με οπλισμό κατά δυο διευθύνσεις, εκτός από όσα αναφέρονται παρακάτω.

1) Το πάχος των πλακών αυτών μπορεί να είναι λίγο μικρότερο. Το στατικό ύψος πρέπει να μην είναι μικρότερο από το $1/50$ της μικρότερης πλευράς τους. Αν μάλιστα η πλάκα συνεχίζεται πέρα από τη μια τουλάχιστον από τις μεγάλες πλευρές της, το στατικό της ύψος μπορεί να περιορισθεί και στο $1/60$ του μικρότερου ανοίγματός της. Βέβαια ισχύουν πάντοτε τα απόλυτα όρια για το ελάχιστο πάχος των πλακών.

2) Ο οπλισμός αναγκαστικά τοποθετείται σε δυο στρώσεις. Στην κάτω στρώση μπαίνει ο οπλισμός, που είναι παράλληλος με τις μικρότερες πλευρές, για να παραλάβει τη μεγαλύτερη καμπτική ροπή, που αναπτύσσεται κατά κανόνα σε αυτή τη διεύθυνση. Στην πάνω στρώση μπαίνει ο οπλισμός, που είναι παράλληλος με τις μεγαλύτερες πλευρές. Για τον οπλισμό αυτό το στατικό ύψος είναι μικρότερο και γενικά μπορεί να θεωρείται ίσο με το πάχος της πλάκας μειωμένο κατά 3 cm. Ο οπλισμός αυτός δε μπορεί ποτέ να είναι λιγότερος από το $1/5$ του οπλισμού της άλλης διευθύνσεως ούτε από 4 ράβδους σε κάθε μέτρο, μπορούν όμως οι ράβδοι του να απέχουν μεταξύ τους το πολύ ως 25 cm.

Η τεχνολογία του σκυροδέματος έχει προοδεύσει τις τελευταίες δεκαετίες με ραγδαίο ρυθμό, όπως άλλωστε ισχύει γενικότερα για όλο το φάσμα της τεχνολογίας. Η πρόοδος αυτή δημιουργεί την ανάγκη να αναθεωρούνται και εκσυγχρονίζονται συχνά οι σχετικοί κανονισμοί. Εξακολουθεί να ισχύει το Β. Διάταγμα της 18 Φεβρουαρίου 1954 «Περί κανονισμών δια την μελέτην και εκτέλεσιν δομικών έργων εξ οπλισμένου σκυροδέματος». Οι κανονισμοί αυτοί περιέχουν πολλές διατάξεις σχετικές με τις πλάκες. Οι κυριότερες από αυτές είναι οι ακόλουθες:

1) Όταν μια πλάκα στηρίζεται στην άκρη της σε τοίχο από πέτρες φυσικές ή τεχνητές, η στήριξη πρέπει να έχει πλάτος τουλάχιστον όσο είναι το πάχος της πλάκας και ποτέ μικρότερο από 7cm.

2) Το ελάχιστο πάχος, που επιτρέπεται να έχουν οι πλάκες, είναι 7 cm εκτός από τις κεκλιμένες πλάκες στεγών μονώροφων κτιρίων, που μπορεί να έχουν πάχος και 6 cm.

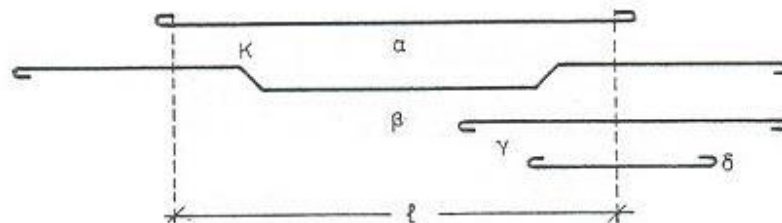
3) Τα πάχη, που αναφέρθηκαν, είναι τα απολύτως ελάχιστα και ισχύουν μόνο για πλάκες με πολύ μικρά ανοίγματα, επειδή υπάρχουν και άλλοι περιορισμοί, που συνδέονται ακριβώς με το άνοιγμα αυτό. Οι περιορισμοί αυτοί δεν ορίζουν άμεσα το πάχος της πλάκας αλλά έμμεσα, γιατί ορίζουν το στατικό της ύψος, δηλαδή την απόσταση του οπλισμού από την απέναντί του επιφάνεια της πλάκας. Το στατικό ύψος h μπορεί να θεωρείται μικρότερο από το πάχος d κατά

2 cm για κλειστούς χώρους ή και για ανοικτούς, εφόσον το σκυρόδεμα καλύπτεται με επίχρισμα, ενώ, αν δεν καλύπτεται με επίχρισμα, το h είναι μικρότερο από το d κατά 2,5 cm. Τα όρια αυτά πρέπει να αυξάνονται κατά 0,5 cm ακόμα, όταν ο οπλισμός της πλάκας έχει διάμετρο $\varnothing 14$ και πάνω, πράγμα μάλλον σπάνιο τουλάχιστον για οικοδομικά έργα.

Σύμφωνα λοιπόν με τους κανονισμούς το στατικό ύψος πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το $1/35$ του ανοίγματος μιας αμφιέριστης πλάκας και με το $1/44$ του ανοίγματος μιας πλάκας, που συνεχίζεται και από τις δυο της μεριές με άλλες πλάκες. Αν η πλάκα συνεχίζεται μόνο από τη μια μεριά, είναι π.χ. προέχουσα ή ακραίο άνοιγμα συνεχούς πλάκας, το στατικό της ύψος h δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το $1/40$ του ανοίγματός της.

Για τους προβόλους Οι ελληνικοί κανονισμοί δε λένε τίποτε, αλλά κανονισμοί άλλων χωρών ορίζουν ότι το στατικό ύψος τους πρέπει να είναι πολύ μεγάλο. Είναι πάντως σκόπιμο να μην είναι σε καμιά περίπτωση μικρότερο από το $1/18$ του ανοίγματός τους. Τα στατικά αυτά ύψη ισχύουν για σκυρόδεμα κατηγορίας C16/20 και οπλισμό κατηγορίας I. Για σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 πρέπει να αυξάνονται κατά 10% και για C25/30 κατά 17%. Επίσης πρέπει να αυξάνονται κατά 10% ακόμα, όταν χρησιμοποιείται χάλυβας καλύτερης ποιότητας.

4) Ο κύριος οπλισμός αντοχής των πλακών αποτελείται από ράβδους δυο ειδών, α και β , όπως φαίνεται στο σχήμα 5.1. Οι ράβδοι (α) αντιπροσωπεύουν τουλάχιστον το $1/3$ και το πολύ το $1/2$ του οπλισμού και πρέπει να φθάνουν ως τις στηρίξεις και να τις περνούν περίπου όσο είναι το πάχος της πλάκας. Στις στηρίξεις μπορεί να υπάρχει και πρόσθετος οπλισμός πάνω (γ) και σπανιότερα κάτω (δ). Η κάμψη K στις ράβδους (β) απέχει από τη στήριξη περίπου όσο είναι το $1/5$ του ανοίγματος, αν η πλάκα συνεχίζεται πέρα από τη στήριξη, και μόνο το $1/10$ ως $1/8$ του ανοίγματος, αν δε συνεχίζεται. Αν η πλάκα συνεχίζεται πέρα από τη στήριξη, οι ράβδοι (β) προχωρούν στο γειτονικό άνοιγμα σε μήκος ίσο με το $1/4$ του μεγαλύτερου από τα δυο ανοίγματα. Οι οδηγίες αυτές εφαρμόζονται βέβαια μόνον, όταν δεν υπάρχουν ακριβέστερα στοιχεία στα σχέδια ή στους καταλόγους οπλισμού.



σχ. 5.1

ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΡΑΒΔΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΠΛΑΚΑΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

5) Οι ράβδοι του κύριου οπλισμού στη μεσαία ζώνη του ανοίγματος της πλάκας, εκεί δηλαδή όπου υπάρχουν στην κάτω της επιφάνεια και οι δυο τύποι οπλισμού α και β , δεν επιτρέπεται να απέχουν μεταξύ τους περισσότερο από μιάμιση φορά το πάχος της πλάκας και πάντως όχι περισσότερο από 20 cm. Ο περιορισμός αυτός μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της δαπάνης, αν το πάχος μιας πλάκας γίνει πολύ μικρό, επειδή ο οπλισμός θα αυξηθεί και, όπως είναι ακριβό υλικό, μπορεί η αύξηση του κόστους του να ξεπεράσει την οικονομία από τον περιορισμό του όγκου του σκυροδέματος. Σημειώνουμε πως η διάμετρος των ράβδων του οπλισμού πρέπει να είναι τουλάχιστον $\varnothing 8$.

6) Εκτός από τον κύριο οπλισμό αντοχής μπαίνει στις πλάκες και δευτερεύων οπλισμός διανομής κάθετα προς τον πρώτο. Ο οπλισμός διανομής πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσος με

το 1/5 του αντίστοιχου κύριου οπλισμού και πάντως όχι λιγότερος από μια ράβδο σε κάθε 25cm. Για παράδειγμα μια πλάκα με κύριο οπλισμό Ø12 κάθε 10 cm χρειάζεται οπλισμό διανομής τουλάχιστον Ø6 ανά 12,5 cm Αντίθετα, σε μια πλάκα με κύριο οπλισμό Ø8 ανά 16 cm φθάνει ο ελάχιστος οπλισμός διανομής Ø6 ανά 25 cm αν και είναι πολύ περισσότερος από το 1/5 του πρώτου. Ο οπλισμός διανομής μπαίνει πάνω από τον κύριο οπλισμό της πλάκας, όταν αυτός βρίσκεται στο κάτω μέρος της πλάκας και αντίστροφα, όταν βρίσκεται στο πάνω.

Στην Ελλάδα υπάρχει η τάση να γίνεται κακώς εννοούμενη οικονομία στον οπλισμό διανομής των πλακών. Η τακτική αυτή είναι παράνομη, αλλά και επικίνδυνη, γιατί μπορεί να έχει, σαν αποτέλεσμα να παρουσιασθούν ρωγμές παράλληλες προς τον κύριο οπλισμό της πλάκας. Οι ρωγμές αυτές μπορεί να μη δημιουργούν κινδύνους για την ευστάθεια της κατασκευής, αλλά μπορεί από αυτές να περάσουν τα νερά της βροχής. Σημειώνουμε μάλιστα πως οι κίνδυνοι αυτοί προκαλούνται για μια οικονομία εντελώς ανάξια λόγου.

7) Στις πλάκες, που οπλίζονται κατά μια μόνο διεύθυνση, πρέπει να μπαίνει και ένας οπλισμός κάθετος προς τον κύριο στο πάνω μέρος της πλάκας, στις θέσεις όπου γίνεται η δευτερεύουσα στήριξη των πλακών. Οι κανονισμοί δεν καθορίζουν πόσος πρέπει να είναι ο οπλισμός αυτός, αλλά είναι σκόπιμο να μην είναι λιγότερος από το διπλάσιο του οπλισμού διανομής, εκτός αν τα σχέδια ή οι κατάλογοι οπλισμού προβλέπουν περισσότερο.

5.3. Επίπεδες και μυκητοειδείς πλάκες.

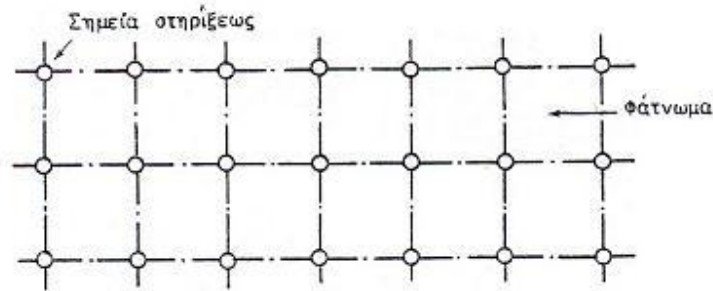
A) Περιγραφή

Οι πλάκες, που εξετάστηκαν ως εδώ, έχουν το κοινό χαρακτηριστικό, ότι στηρίζονται σε στοιχεία μακρόστενα, που μπορούμε να τα θεωρήσουμε για τους υπολογισμούς σε γραμμές, συνήθως ευθείες. Υπάρχουν όμως και πλάκες, που στηρίζονται σε απομονωμένες θέσεις, που στους υπολογισμούς μπορούμε να τις θεωρούμε σε σημεία. Οι πλάκες, που στηρίζονται σε απομονωμένες θέσεις, πρέπει απαραίτητα να οπλίζονται κατά δυο διευθύνσεις κάθετες ή περίπου κάθετες μεταξύ τους, αλλά αυτή είναι και η μοναδική ομοιότητα με τις πλάκες που οπλίζονται σταυροειδώς. Η λειτουργία τους και οι υπολογισμοί τους είναι τελείως διαφορετικά.

Οι απομονωμένες θέσεις, όπου στηρίζονται οι πλάκες, θα μπορούσαν θεωρητικά να έχουν μια οποιαδήποτε διάταξη. Αν η διάταξη αυτή δεν ακολουθεί κάποιο πολύ απλό κανόνα, ο υπολογισμός γίνεται πολύ δύσκολος και ιδιαίτερα οι παραδοχές που χρειάζεται να γίνουν, ώστε ο υπολογισμός να μπορεί να γίνει με κάποιο πρακτικό τρόπο, γίνονται ιδιαίτερα ασαφείς. Με την εφαρμογή βέβαια των ηλεκτρονικών υπολογιστών και την ανάπτυξη νέων μεθόδων για την επίλυση δύσκολων στατικών προβλημάτων, όπως είναι π.χ. η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων, ο υπολογισμός μπορεί να γίνει με ικανοποιητική ακρίβεια, αλλά κάτι τέτοιο θα δικαιολογιόταν μόνο για ένα πολύ σοβαρό έργο, γιατί ανεβάζει πολύ το κόστος της μελέτης.

Για τους λόγους αυτούς τα σημεία στηρίξεως των πλακών βρίσκονται συνήθως εκεί, όπου διασταυρώνονται δυο δέσμες παραλλήλων ευθειών καθέτων μεταξύ τους (σχ. 5.2). Έτσι κάθε τετράδα σημείων στηρίξεως σχηματίζει ένα φάτνωμα με σχήμα ορθογώνιου παραλληλόγραμμου. Κατά κανόνα μάλιστα τα φατνώματα αυτά είναι όλα ίσα μεταξύ τους. Οι πλάκες που εδράζονται σε απομονωμένες θέσεις διακρίνονται σε δυο κατηγορίες, τις επίπεδες (Flat slabs) και τις μυκητοειδείς (Pilzdecken). Οι επίπεδες πλάκες έχουν σε όλη τους την έκταση σταθερό πάχος, επειδή η πάνω και η κάτω επιφάνειά τους ακολουθούν δυο παράλληλα επίπεδα. Αντίθετα, οι μυκητοειδείς πλάκες έχουν, γύρω από τα σημεία όπου στηρίζονται, τοπικές ενισχύσεις που εξέχουν από την κάτω επιφάνειά τους και έχουν το σχήμα μανιταριού (μύκητα).

Οι ελληνικοί κανονισμοί, που είναι περίπου μετάφραση των παλιών γερμανικών κανονισμών, αναφέρονται μόνο στις μυκητοειδείς πλάκες. Εντούτοις σιωπηρά γίνονται δεκτές και οι Επίπεδες πλάκες, που αναφέρονται στους κανονισμούς όλων των χωρών με σύγχρονη τεχνολογία. Επειδή συχνά γίνεται κάποια σύγχυση, νομίζουμε πως είναι σκόπιμο να εξηγηθεί η διαφορά ανάμεσα στις επίπεδες και μυκητοειδείς πλάκες από τη μια μεριά και τις πλάκες που οπλίζονται σταυροειδώς, από την άλλη. Στις τελευταίες υπάρχουν σε όλη την περίμετρο κάθε φατνώματος, ή τουλάχιστον σε μερικές πλευρές τους, συνεχείς στηρίξεις, δηλαδή τοίχοι ή δοκάρια, που είναι στοιχεία εντελώς ξεχωριστά από την πλάκα.



σχ. 5.2

ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΤΗΡΙΞΕΩΝ ΓΙΑ ΠΛΑΚΕΣ ΕΠΙΠΕΔΕΣ Η ΜΥΚΗΤΟΕΙΔΕΙΣ

Έτσι ένα μέρος των φορτίων κάμπτεται την πλάκα κατά τη μια διεύθυνση και μεταφέρει τα φορτία στις στηρίξεις των πλευρών, που είναι κάθετες προς τη διεύθυνση αυτή, ενώ τα υπόλοιπα φορτία κάμπτουν την πλάκα κατά την άλλη διεύθυνση και μεταφέρουν τα φορτία στις στηρίξεις των υπόλοιπων πλευρών. Για κάθε μια από τις δυο διευθύνσεις η επιβάρυνση της πλάκας είναι πολύ μικρότερη από εκείνη που θα παρουσιαζόταν, αν υπήρχε οπλισμός μόνο κατά τη μια διεύθυνση.

Αντίθετα, στις μυκητοειδείς και επίπεδες πλάκες το σύνολο των φορτίων κάμπτεται την πλάκα κατά τη μια διεύθυνση. Με τον τρόπο αυτό όλα τα φορτία μεταφέρονται στις πλευρές του φατνώματος της πλάκας, που είναι κάθετες προς τη διεύθυνση αυτή. Στις πλευρές αυτές όμως δεν υπάρχει στήριξη, αλλά η ίδια η πλάκα είναι υποχρεωμένη να αναλάβει τα φορτία αυτά και να λειτουργήσει σαν κρυφοδοκός. Στη λειτουργία αυτή η πλάκα συνεργάζεται σε μεγάλο πλάτος και έτσι πρακτικά μπορούμε να πούμε πως ολόκληρη η πλάκα κάμπτεται και κατά την άλλη διεύθυνση. Φορτισμένη με το σύνολο των φορτίων, για να τα μεταφέρει τελικά στα σημεία, ή μάλλον στην περιοχή των σημείων στηρίξεως.

Τελικά η στατική λειτουργία αυτών των πλακών είναι ακόμα πιο περίπλοκη, αλλά σε πρώτη προσέγγιση μπορούμε να πούμε πως ο οπλισμός για καθεμιά από τις δυο κάθετες διευθύνσεις είναι περίπου ίσος με κείνον, που θα χρειαζόταν αν η πλάκα οπλίζονταν μόνο κατά τη διεύθυνση αυτή.

B) Κανονισμοί.

Οι περιορισμοί, που αναφέρονται στο πάχος των επιπέδων και μυκητοειδών πλακών, είναι πολύ πιο αυστηροί από τους αντίστοιχους περιορισμούς για τις άλλες κατηγορίες πλακών. Το πάχος αυτό πρέπει να είναι τουλάχιστον 15 cm, εκτός αν πρόκειται για κεκλιμένες πλάκες στεγών, οπότε μπορεί να περιορισθεί στα 12 cm. Εννοείται ότι ισχύουν και όλοι οι περιορισμοί,

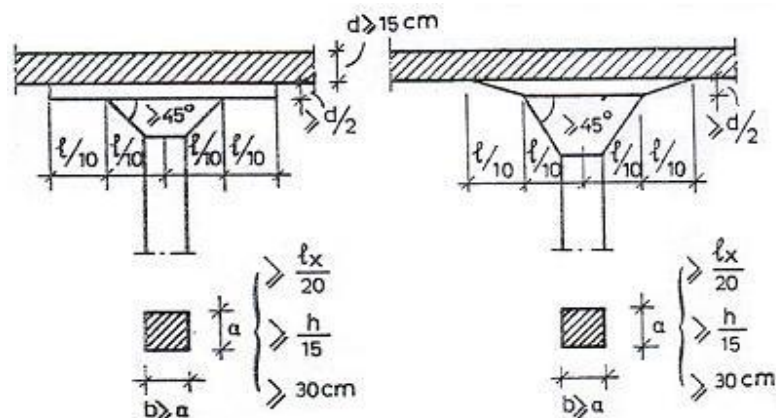
που συνδέουν το στατικό τους ύψος h με το δυσμενέστερο θεωρητικό τους άνοιγμα, δηλαδή τη μεγαλύτερη πλευρά κάθε Φατνώματος, που έχουν αναφερθεί στις πλάκες με οπλισμό κατά μια διεύθυνση. Ιδιαίτερα για τις επίπεδες πλάκες το πάχος δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το $1/35$ της μεγαλύτερης πλευράς του φατνώματος.

Οι στηρίξεις των πλακών αυτών πρέπει απαραίτητα να είναι κολώνες από οπλισμένο σκυρόδεμα κατασκευασμένες ολόσωμα με την πλάκα, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος να δημιουργηθεί κάποιο είδος αρθρώσεως στο σημείο στηρίξεως. Κάθε πλευρά της διατομής της κολώνας πρέπει να είναι τουλάχιστον 30 cm και πάντως όχι μικρότερη από το $1/5$ του ύψους της ούτε από το $1/20$ της πλευράς του φατνώματος, που έχει την ίδια διεύθυνση. Στον τελευταίο περιορισμό λαμβάνεται υπόψη η μεγαλύτερη πλευρά, αν τα φατνώματα από τις δυο μεριές της κολώνας δεν είναι ίσα.

Για τις μυκητοειδείς πλάκες ειδικότερα υπάρχουν και κανονισμοί σχετικά με το σχήμα των ενισχύσεων στις κεφαλές των κολώνων. Οι ενισχύσεις αυτές, αντίστοιχες με τα κιονόκρανα των αρχαιοελληνικών ρυθμών, μπορούν να αποτελούνται από δυο κόλουμες τετράπλευρες πυραμίδες ή από μια τέτοια πυραμίδα και ένα τετράπλευρο πρίσμα. Το χαμηλότερο από τα δυο αυτά στερεά είναι πάντα κόλουμερη πυραμίδα με τη μικρή της βάση προς τα κάτω. Η βάση αυτή είναι ίση με τη διατομή της κολώνας, ενώ η πάνω βάση είναι ένα ορθογώνιο με κάθε του πλευρά τουλάχιστον ίση με το $1/5$ της παράλληλης με αυτή πλευράς του φατνώματος. Οι λοξές έδρες της πυραμίδας πρέπει να κλίνουν προς τον ορίζοντα τουλάχιστον κατά 45° και έτσι εξασφαλίζεται ότι η πυραμίδα θα έχει αρκετό ύψος.

Το πάνω στερεό της ενισχύσεως μπορεί να είναι πάλι μια κόλουμερη πυραμίδα με τη μικρή της βάση πάλι προς τα κάτω και ίση με την πάνω βάση της προηγούμενης. Το ύψος της πυραμίδας αυτής πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το μισό πάχος της πλάκας, ενώ η πάνω βάση της είναι ένα ορθογώνιο, που η κάθε του πλευρά είναι τουλάχιστον ίση με τα $2f_s$ της παράλληλης με αυτή πλευράς το φατνώματος. Για απλοποίηση της κατασκευής η πυραμίδα αυτή μπορεί να αντικατασταθεί με ένα πρίσμα με το ίδιο ύψος και με βάση ίση με την πάνω μεγάλη βάση της κόλουμερης πυραμίδας (σχ. 5.3). Εννοείται ότι για τον καθορισμό των διαστάσεων των βάσεων των δυο στερεών λαμβάνεται υπόψη η μεγαλύτερη πλευρά, αν τα φατνώματα από τις δυο μεριές της κολώνας δεν είναι ίσα μεταξύ τους.

Για τις επίπεδες πλάκες δεν προβλέπονται ενισχύσεις. Πρέπει όμως να γίνονται ειδικοί έλεγχοι, για να εξασφαλισθεί ότι οι διατμητικές τάσεις στην περιοχή της στηρίξεως δεν είναι τόσο μεγάλες, ώστε να κινδυνεύει να τρυπήσει η κολώνα την πλάκα, όπως συμβαίνει με ένα καρφί. Επίσης οι επίπεδες πλάκες απαγορεύονται, όταν προβλέπεται να κυκλοφορούν πάνω τους τροχοφόρα με βάρος πάνω από 750 kg ή να λειτουργούν μηχανήματα. Γενικά απαγορεύονται σε εργοστάσια, εργαστήρια και αποθήκες.



σχ. 5.3

ΜΟΡΦΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ ΓΙΑ ΤΑ ΚΙΟΝΟΚΡΑΝΑ ΤΩΝ ΜΥΚΗΤΟΕΙΔΩΝ ΠΛΑΚΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

5.4. Πλάκες με νευρώσεις.

A) Περιγραφή.

Οι πλάκες που εξετάστηκαν ως εδώ, λέγονται, άσχετα με τον τρόπο οπλισμού τους, συμπαγείς, επειδή έχουν το ίδιο πάχος σε όλη τους την έκταση ή τουλάχιστον σε μεγάλα τους τμήματα. Όπως εξηγήθηκε, ένα μεγάλο ποσοστό του σκυροδέματος σε αυτές τις πλάκες χρησιμεύει μόνο και μόνο, για να περιβάλλει και να προστατεύει τον οπλισμό, μια και δεν είναι ικανό να αναλάβει εφελκυστικές τάσεις. Πράγματι, για τις συνηθισμένες τάσεις σκυροδέματος και οπλισμού, μόνο στο 30 ως 40% του στατικού ύψους αναπτύσσονται θλιπτικές τάσεις, δηλαδή μόνο η λεπτή αυτή στρώση της πλάκας είναι η χρήσιμη από τη στατική άποψη. Το αποτέλεσμα είναι ότι ολόκληρη η κατασκευή επιβαρύνεται με τα φορτία, που αντιστοιχούν στο βάρος όλων των υπόλοιπων αχρήστων όγκων σκυροδέματος.

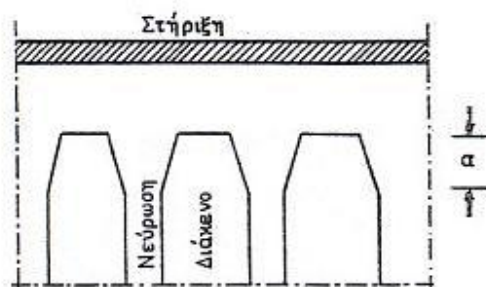
Το μειονέκτημα αυτό μπορεί να περιορισθεί, αν εφαρμοσθούν πλάκες με νευρώσεις. Οι πλάκες αυτές, σε αντίθεση με τις συμπαγείς, δεν έχουν σταθερό πάχος, αλλά στο μεγαλύτερο μέρος τους παρουσιάζουν μια διατομή. Υπάρχει έτσι στο πάνω μέρος ένα στρώμα σκυροδέματος, που εκτείνεται σε όλη την πλάκα και αναλαμβάνει τις θλιπτικές τάσεις εκεί, όπου οι ροπές κάμψεως είναι θετικές. Συγχρόνως υπάρχουν ανά αποστάσεις στενές νευρώσεις με μεγάλο ύψος, ώστε στο κάτω τους μέρος μπορεί να μπει και να προστατευθεί ο οπλισμός, που αναλαμβάνει τις εφελκυστικές τάσεις. Στην περίμετρο κάθε φατνώματος μιας πλάκας με νευρώσεις υπάρχουν κατά κανόνα ροπές αρνητικές, οι θλιπτικές τάσεις δηλαδή αναπτύσσονται στο κάτω μέρος της πλάκας. Στις περιοχές αυτές οι νευρώσεις καταργούνται και η πλάκα κατασκευάζεται συμπαγής. Όταν η απόλυτη τιμή της αρνητικής ροπής είναι αρκετά μικρή, οι θλιπτικές τάσεις, που αναπτύσσονται στο κάτω μέρος των νευρώσεων, μπορεί να είναι ανεκτές. Επομένως οι νευρώσεις δε χρειάζεται να καταργηθούν ακριβώς εκεί, όπου οι ροπές κάμψεως αλλάζουν σημείο, αλλά εκεί, όπου η απόλυτη τιμή τους ξεπερνά κάποιο όριο, που μπορεί σε κάθε περίπτωση να υπολογισθεί. Πολλές φορές μάλιστα οι νευρώσεις δεν καταργούνται απότομα ούτε στη θέση αυτή, αλλά εφαρμόζεται η λύση του σχήματος 5.4 ή του σχήματος 5.5. Με τις λύσεις αυτές υπάρχει μια ζώνη (α), όπου η πλάκα μπορεί να αντιμετωπίσει αρνητικές καμπτικές ροπές με κάπως μεγαλύτερη απόλυτη τιμή.

Στις πλάκες με νευρώσεις γίνεται οικονομία στο σκυρόδεμα και στον οπλισμό, αυξάνεται όμως η επιφάνεια των καλουπιών και η κατασκευή των καλουπιών γίνεται πολύ δυσκολότερη. Δεν αποκλείεται τελικά μια πλάκα με νευρώσεις να είναι πιο ακριβή από μια συμπαγή πλάκα με την ίδια αντοχή. Για το λόγο αυτό οι πλάκες με νευρώσεις εφαρμόζονται μόνο εκεί, όπου τα ανοίγματα είναι πολύ μεγάλα και θα απαιτούσαν πλάκες συμπαγείς με πολύ μεγάλο πάχος, επομένως και πολύ μεγάλο βάρος. Η οικονομία κυρίως γίνεται στις πολυώροφες οικοδομές, όπου ο περιορισμός του βάρους των πλακών έχει σημαντικές επιπτώσεις στα άλλα στοιχεία του φορέα και ιδιαίτερα στις κολώνες και στα θεμέλια.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των πλακών με νευρώσεις είναι η δυσκολία στην κατασκευή του καλουπιού. Το μειονέκτημα αυτό μπορεί να αντιμετωπισθεί με τρεις τρόπους:

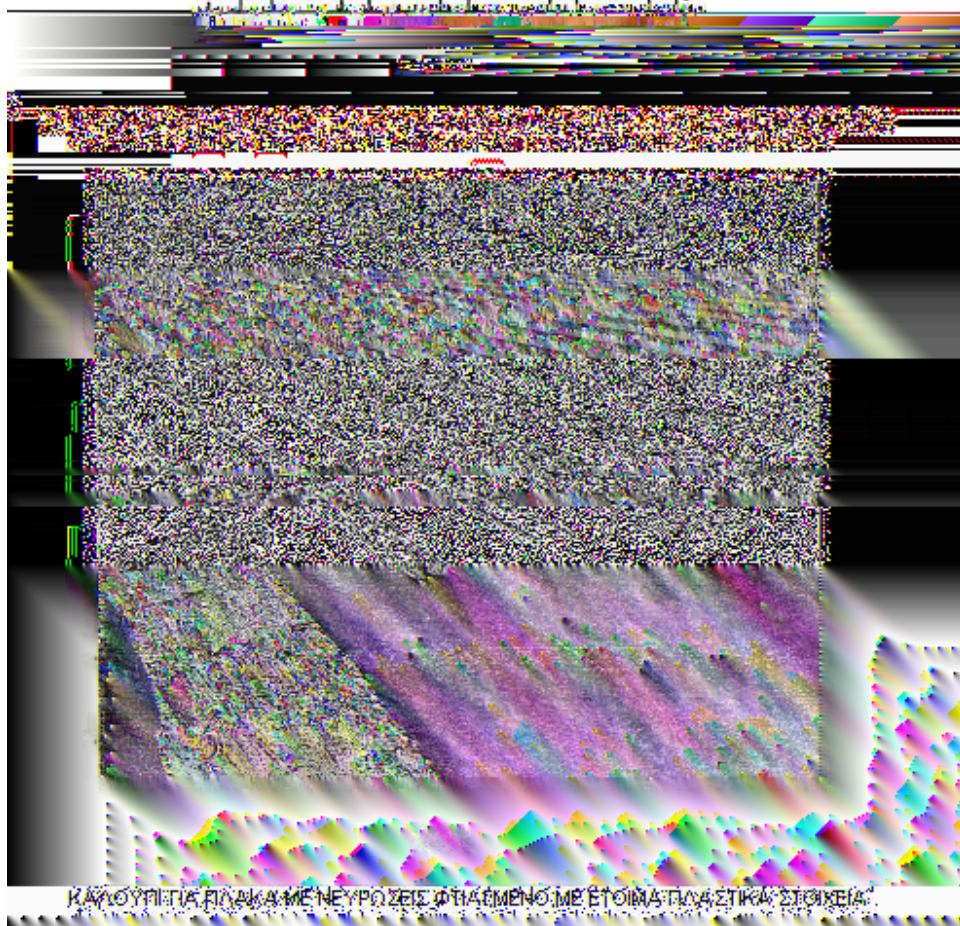
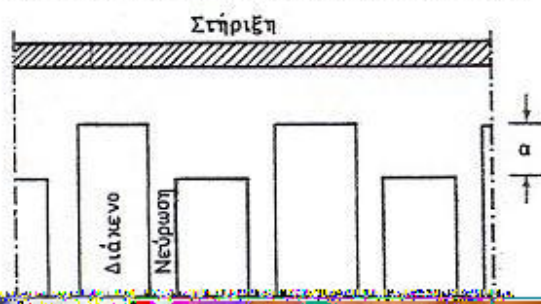
Ο πρώτος τρόπος είναι να χρησιμοποιηθούν έτοιμα καλούπια με το κατάλληλο σχήμα. Τα καλούπια αυτά μπορούν να κατασκευασθούν στο εργοτάξιο από ξύλο και να χρησιμοποιηθούν πολλές φορές συναρμολογημένα σε σχετικά μεγάλα κομμάτια, χωρίς να ξηλώνονται κάθε φορά που ξεκαλουπώνεται μια πλάκα. Υπάρχουν όμως στο εμπόριο και έτοιμα καλούπια είτε από μέταλλο, είτε από κάποια σκληρή πλαστική ύλη, που είναι προϊόντα βιομηχανικά προστατευμένα με διπλώματα ευρεσιτεχνίας ή και πρόχειρες βιοτεχνικές κατασκευές (σχ. 5.6).

Ο δεύτερος τρόπος είναι να εφαρμοσθεί η προκατασκευή. Μπορεί η πλάκα να συναρμολογηθεί από λουρίδες με διατομή Τ ή Π τοποθετημένες η μια δίπλα στην άλλη. Η μέθοδος αυτή όμως δεν εξασφαλίζει τη συνεργασία των λουρίδων μεταξύ τους, γι' αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα, όπου το κάτω μέρος της πλάκας είναι προκατασκευασμένο, ενώ από πάνω του χύνεται ένα στρώμα σκυροδέματος, που εξασφαλίζει τη μονολιθικότητα της κατασκευής. Τέτοια συστήματα υπάρχουν πολλά, συνήθως προστατευμένα με διπλώματα ευρεσιτεχνίας (σχ. 5.7), αλλά στην Ελλάδα σπανιότατα χρησιμοποιήθηκαν, επειδή τα προκατασκευασμένα στοιχεία τους θα έπρεπε να εισαχθούν από το εξωτερικό.



σχ. 5.4

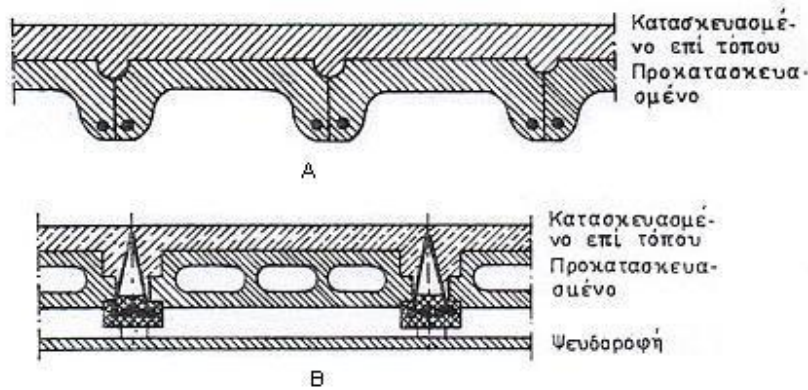
ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΠΛΑΤΟΥΣ ΤΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΙΣ ΝΕΥΡΩΣΕΙΣ ΜΙΑΣ ΠΛΑΚΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΣΤΗΡΙΞΕΩΣ



ΚΑΛΥΨΗ ΤΑΡΑΧΑ ΜΕ ΝΕΥΡΩΣΕΙΣ ΦΙΛΙΣΜΕΝΟ ΜΕ ΕΤΟΙΜΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

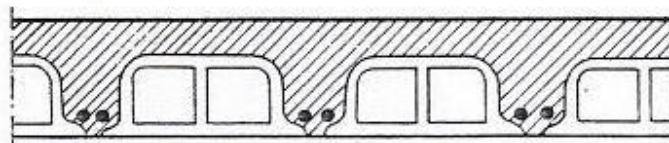
Ο τρίτος τρόπος είναι να κατασκευασθεί ένα απλό επίπεδο καλούπι και οι νευρώσεις να σχηματισθούν με την τοποθέτηση καταλλήλων σωμάτων πάνω στο καλούπι. Τα σώματα αυτά, που ονομάζονται γενικά σώματα πληρώσεως, ενσωματώνονται μέσα στο σκυρόδεμα και τελικά η κάτω όψη της πλάκας είναι επίπεδη και οι νευρώσεις δε φαίνονται. Για να έχει πρακτική αξία η μέθοδος αυτή πρέπει τα σώματα πληρώσεως να είναι πολύ ελαφρότερα από το σκυρόδεμα και όχι πολύ πιο ακριβά από αυτό. Τα σώματα αυτά είναι συνήθως τούβλα με ειδικές διατομές, για να μαγκώνουν μέσα στο σκυρόδεμα και να μη κινδυνεύουν να πέσουν, με μεγάλα κενά, για να είναι όσο γίνεται ελαφρότερα (σχ. 5.8). Το υλικό τους είναι κυρίως ψημένος πηλός, αλλά δεν αποκλείεται και το κισσηρόδεμα ή ακόμα και το σκυρόδεμα.

Στην Ελλάδα δεν αναπτύχθηκαν βιομηχανίες για την παραγωγή τέτοιων σωμάτων και έτσι η χρήση τους είναι εξαιρετικά περιορισμένη, παλιότερα όμως χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλη κλίμακα σαν σώματα πληρώσεως συνηθισμένα τρύπια τούβλα. Οι πλάκες αυτές είναι γνωστές με τον όρο πλάκες Zollner (σχ. 5.9). Τελευταία, με την ανάπτυξη των πλαστικών υλών, χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά σα σώματα πληρώσεως όγκοι από διογκωμένη πολυστερίνη. Στην περίπτωση αυτή οι όγκοι της πολυστερίνης πρέπει να δένονται καλά στο καλούπι, επειδή είναι πολύ ελαφροί και πλέουν στο σκυρόδεμα, μόλις αρχίσει η διάστρωσή του και έτσι φεύγουν από τις σωστές τους θέσεις.



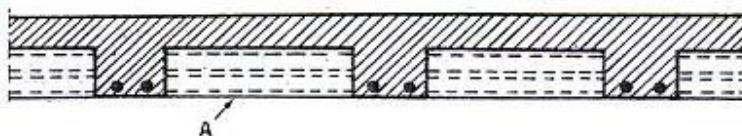
σχ. 5.7

ΤΥΠΟΙ ΠΛΑΚΩΝ ΜΕ ΝΕΥΡΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ
ΚΑΙ ΣΤΡΩΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΠΑΝΩ
Α) ΜΕ ΝΕΥΡΩΣΕΙΣ ΟΡΑΤΕΣ Β) ΜΕ ΣΩΜΑ ΠΛΗΡΩΣΕΩΣ



σχ. 5.8

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΛΑΚΑΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΝΕΥΡΩΣΕΙΣ ΚΑΙ
ΣΩΜΑΤΑ ΠΛΗΡΩΣΕΩΣ



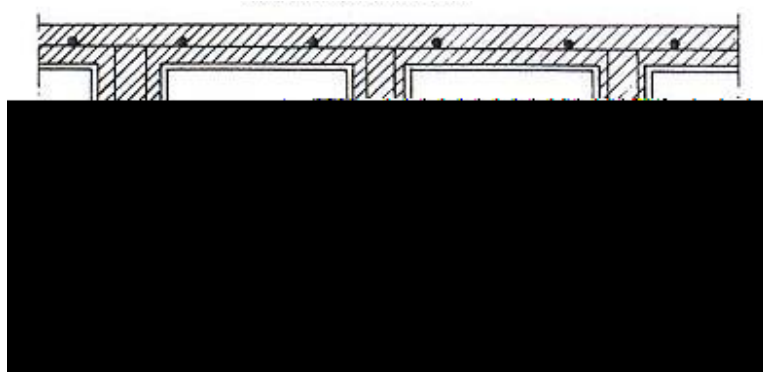
σχ. 5.9

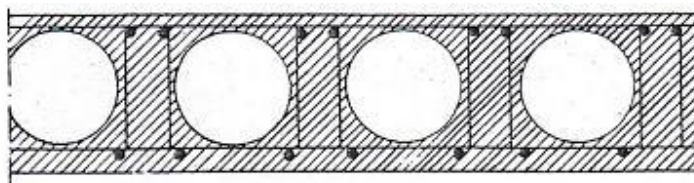
ΠΛΑΚΑ ΜΕ ΝΕΥΡΩΣΕΙΣ ΤΥΠΟΥ ZOLLNER ΜΕ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΑ
ΔΗΛΑΔΗ ΤΡΥΠΙΑ ΤΟΥΒΛΑ (Α) ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΩΣ
ΣΩΜΑΤΑ ΠΛΗΡΩΣΕΩΣ

Οι πλάκες με νευρώσεις και σώματα πληρώσεως παρουσιάζουν μικρότερη οικονομία βάρους και επιβαρύνονται με τη δαπάνη για την προμήθεια και την τοποθέτηση των σωμάτων πληρώσεως. Αντίθετα όμως εξουδετερώνεται εντελώς το μειονέκτημα των ακριβότερων καλουπιών. Επίσης μειώνεται το κόστος για τους σοβάδες και τις μπογιές στο ταβάνι ή ακόμα αποφεύγεται η κατασκευή ψευδοροφής, που πολλές φορές προβλέπεται για λόγους αισθητικούς κάτω από πλάκες με νευρώσεις.

Όταν οι πλάκες έχουν πολύ μεγάλο πάχος, μπορεί να διαστρωθεί πρώτα πάνω στο καλούπι μια λεπτή στρώση από σκυρόδεμα, πάνω σε αυτή να τοποθετηθούν τα σώματα πληρώσεως, να διαστρωθεί το σκυρόδεμα των νευρώσεων ανάμεσά τους και από πάνω μια δεύτερη στρώση σκυροδέματος. Προκύπτει έτσι μια κατασκευή συγγενής με την πλάκα με νευρώσεις, που χαρακτηρίζεται σαν κυψελωτή πλάκα (σχ. 5.10). Οι πλάκες αυτές έχουν το πλεονέκτημα ότι η κάτω τους επιφάνεια είναι ομογενής. Μπορεί έτσι να μείνει ασοβάντιστη ή, αν σοβαντιστεί. Δεν υπάρχει κίνδυνος να παρουσιάσει σκιές ή κηλίδες. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι υπάρχει σκυρόδεμα και πάνω και κάτω, ώστε μπορούν να αναληφθούν από αυτό οι θλιπτικές τάσεις είτε οι καμπτικές ροπές είναι θετικές, είτε είναι αρνητικές. Έτσι οι νευρώσεις μπορούν πρακτικά να προχωρούν ως τις στηρίξεις.

Στις κυψελωτές πλάκες τα σώματα πληρώσεως είναι συνήθως ορθογώνια παραλληλεπίπεδα ή κύλινδροι από διογκωμένη πολυστερίνη, μπορεί όμως να είναι και κιβώτια και ιδιαίτερα σωλήνες (σχ. 5.11) από σκληρό χαρτόνι ή κάποιο πλαστικό υλικό. Σε όλες τις περιπτώσεις τα σώματα αυτά είναι πολύ ελαφρότερα από το σκυρόδεμα και πλέουν σε αυτό, επομένως πρέπει να δένονται καλά, για να μη φεύγουν από τη σωστή τους θέση.





σχ. 5.11

ΠΛΑΚΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΔΙΑΚΕΝΑ ΣΕ ΣΧΗΜΑ ΣΩΛΗΝΩΝ

Υπάρχουν και πλάκες με διασταυρούμενες νευρώσεις, κυρίως όταν οι δυο διαστάσεις της κατόψεώς τους είναι περίπου ίσες. Οι πλάκες αυτές σπάνια εφαρμόζονται, επειδή και η οικονομία βάρους είναι αρκετά μικρότερη και η κατασκευή τους δυσκολότερη και ακριβότερη.

B) Κανονισμοί.

Για τις πλάκες με νευρώσεις ισχύουν μερικές διατάξεις των κανονισμών, που διαφέρουν από αυτές που αναφέραμε για τις συμπαγείς πλάκες. Οι κυριότερες από αυτές είναι οι ακόλουθες:

- 1) Το πλάτος των νευρώσεων πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με 5 cm.
- 2) Το πάχος της λεπτής πλάκας, που ενώνει τις νευρώσεις μεταξύ τους, πρέπει να είναι τουλάχιστον 5 cm και πάντως όχι μικρότερο από το 1/10 του κενού α, που αφήνουν ανάμεσά τους οι νευρώσεις.
- 3) Όταν το α είναι μικρότερο από 30 cm η πάνω λεπτή πλάκα μπορεί να μην έχει καθόλου οπλισμό. Υπάρχει τότε οπλισμός μόνο στον πάτο των νευρώσεων.
- 4) Για μεγαλύτερο α η πάνω λεπτή πλάκα οπλίζεται με τρεις ράβδους 06 σε κάθε μέτρο, κάθετες προς τις νευρώσεις, εκτός αν τα σχέδια προβλέπουν περισσότερο οπλισμό.
- 5) Όταν το α είναι μεγαλύτερο από 40 cm, στις νευρώσεις μπαίνει και δευτερεύων οπλισμός με σχήμα αναβολών. Ο οπλισμός αυτός αποτελείται από τρεις ως πέντε ράβδους 05 ως 06 για κάθε μέτρο μήκους της νευρώσεως.
- 6) Στις πλάκες με νευρώσεις και στις κυψελωτές πλάκες πρέπει να προβλέπεται και μια νευρώση κάθετη προς τις κύριες στη μέση του ανοίγματος, όταν το άνοιγμα ξεπερνά τα 4,00 m. Όταν μάλιστα το άνοιγμα είναι πάνω από 7,00 m, πρέπει να υπάρχουν τρεις τέτοιες νευρώσεις.
- 7) Όλα αυτά ισχύουν, εφόσον η απόσταση δεν ξεπερνά τα 70 cm. Στην αντίθετη περίπτωση η κατασκευή θεωρείται σαν μια συνεχής πλάκα με μικρά ανοίγματα, που στηρίζονται σε δοκάρια και όχι σαν πλάκα με νευρώσεις. Για τις διαστάσεις και τον οπλισμό, όπως και για τις μεθόδους υπολογισμού, ισχύουν τότε οι κανονισμοί των συμπαγών πλακών και των δοκαριών και όχι αυτά που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

6) ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

6.1. Περιγραφή

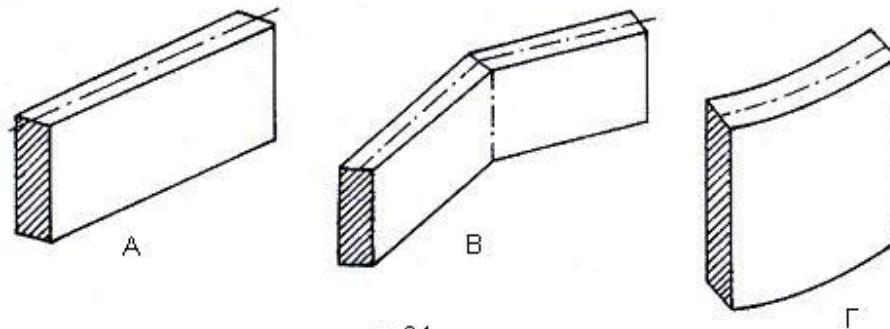
Τοιχώματα λέγονται όλα τα κατακόρυφα ή σχεδόν κατακόρυφα στοιχεία μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα, που έχουν τη μια οριζόντια διάστασή τους πολύ μικρή σε σύγκριση με την άλλη.

Τα τοιχώματα μπορεί να είναι Επίπεδα, Τεθλασμένα ή καμπύλα, μπορεί δηλαδή η μέση γραμμή της κατόψεώς τους να είναι ευθεία, τεθλασμένη ή καμπύλη (σχ. 6.1). Το πάχος τους, η

μικρή δηλαδή οριζόντια διάστασή τους, είναι συνήθως σταθερό σε όλη τους την έκταση, υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που αλλάζει από τη μια θέση στην άλλη (σχ. 6.2).

Ένα τοίχωμα μπορεί να είναι μονώροφο ή πολυώροφο. Μονώροφο λέγεται όταν συνδέεται μόνο στη βάση του και στη στέψη του με οριζόντια στοιχεία της κατασκευής, αν βέβαια υπάρχουν τέτοιες συνδέσεις. Όταν το τοίχωμα συνδέεται με οριζόντια στοιχεία της κατασκευής και σε μια ή περισσότερες ενδιάμεσες θέσεις, λέγεται πολυώροφο (σχ. 6.3).

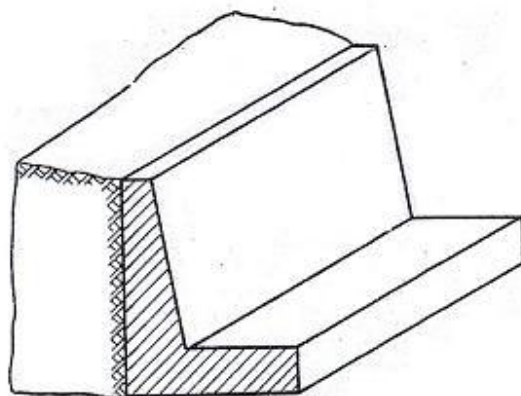
Τα τοιχώματα καταλήγουν προς τα κάτω σε κάποιο στοιχείο των θεμελίων του έργου. Το στοιχείο αυτό μπορεί να είναι ένα μακρόστενο απομονωμένο πέδιλο, ένα μέρος μιας κοιτοστρώσεως μερικής ή γενικής, μια πασσαλοεσχάρα κλπ. (σχ. 6.4). Πολύ σπάνια, τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα θεμελιώνονται σε στοιχεία από άλλο υλικό, δηλαδή από φυσικές ή τεχνητές πέτρες, άοπλο σκυρόδεμα κλπ. (σχ. 6.5).



σχ. 6.1

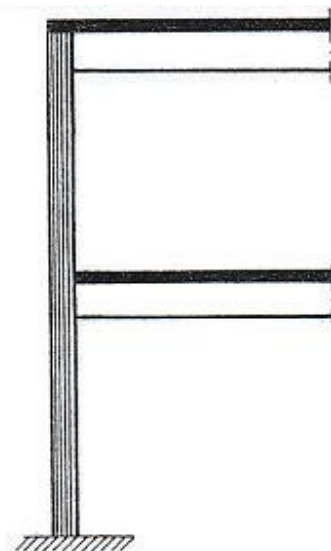
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
Α)ΕΠΙΠΕΔΟ Β)ΤΕΘΛΑΣΜΕΝΟ Γ)ΚΑΜΠΥΛΟ

Υπάρχουν πάντως και περιπτώσεις, που τα τοιχώματα δε συνεχίζονται προς τα κάτω ως τα θεμέλια του έργου, αλλά πατούν σε στοιχεία της ανωδομής. Τα στοιχεία αυτά μπορεί να είναι τοίχοι από φυσικές ή τεχνητές πέτρες, αλλά και πλάκες ή, πιο συχνά, δοκάρια από οπλισμένο σκυρόδεμα. Στις δυο τελευταίες περιπτώσεις τα τοιχώματα λέγονται φυτευτά (σχ. 6.6).



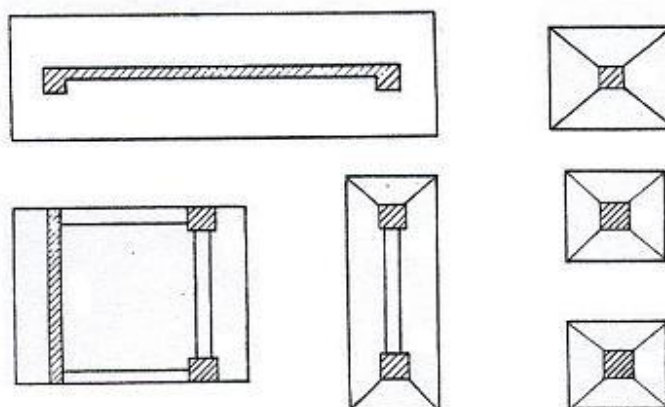
σχ. 6.2

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΠΑΧΟΣ



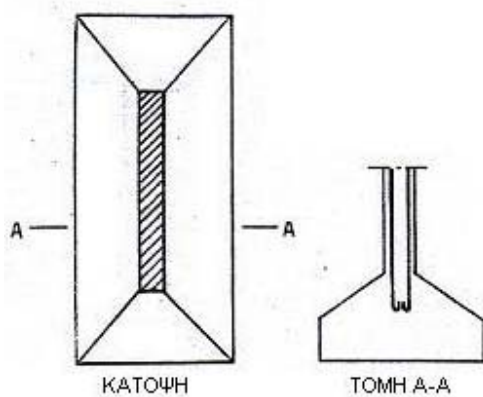
σχ. 6.3

ΠΟΛΥΟΡΟΦΟ ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ



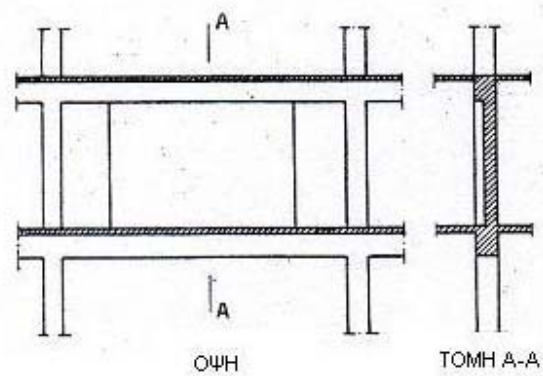
σχ. 6.4

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ
ΣΕ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ



σχ. 6.5

ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΣΕ ΠΕΔΙΛΟ ΑΠΟ ΔΟΠΛΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ



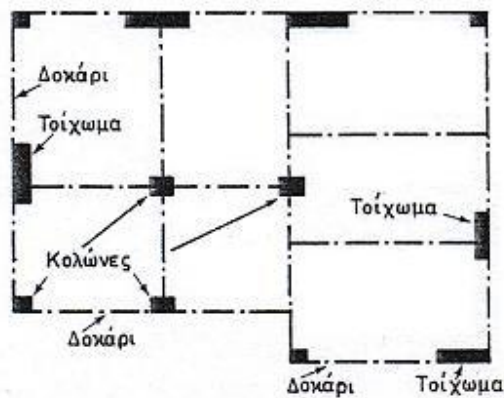
σχ. 6.6

ΦΥΤΕΥΤΟ ΤΟΙΧΩΜΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Τα τοιχώματα, ανάλογα με το ρόλο που παίζουν στην κατασκευή, μπορούν να χωρισθούν στις ακόλουθες τρεις μεγάλες κατηγορίες:

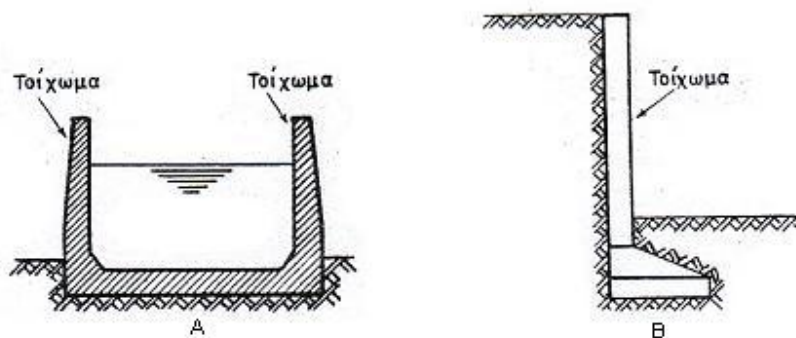
α) Τοιχώματα που φορτίζονται έμμεσα, που δέχονται δηλαδή τα κυριότερα φορτία τους από τα οριζόντια στοιχεία της κατασκευής, στέγες, πατώματα κλπ. Τα φορτία αυτά είναι κατακόρυφα, τουλάχιστον τα περισσότερα, και εφαρμόζονται εκεί, όπου τα οριζόντια στοιχεία της κατασκευής, στηρίζονται πάνω στα τοιχώματα. Τα τοιχώματα αυτής της κατηγορίας παίζουν τον ίδιο ρόλο με τις κολώνες, με τη διαφορά ότι η μια από τις δυο οριζόντιες διαστάσεις τους είναι πολύ μεγάλη. Τέτοια τοιχώματα κατασκευάζονται πολύ συχνά σε κατασκευές αντισεισμικές και λέγονται και τοιχώματα ακαμψίας (σχ. 6.7).

β) Τοιχώματα που φορτίζονται άμεσα σε όλη τους την έκταση. Τα φορτία στην περίπτωση αυτή είναι, τα περισσότερα τουλάχιστον, οριζόντια και περίπου κάθετα προς το τοίχωμα. Αυτά τα τοιχώματα λοιπόν παίζουν το ρόλο πλακών ή γενικότερα κελυφών, που έχουν στραφεί περίπου κατά μια ορθή γωνία, ώστε ότι στις συνηθισμένες πλάκες είναι οριζόντιο, εδώ είναι κατακόρυφο και αντίστροφα. Τέτοια τοιχώματα κατασκευάζονται στις δεξαμενές υγρών, υπόγειες ή υπέργειες, στα σιλό, στις αποθήκες δηλαδή υλικών από σκόνη ή κόκκους, στην περίμετρο υπόγειων χώρων, όπου τα τοιχώματα λειτουργούν σαν τοίχοι αντιστηρίξεως κλπ. (σχ. 6.8).



σχ. 6.7

ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΟΨΗ ΚΤΙΡΙΟΥ



σχ. 6.8

ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΠΟΥ ΦΟΡΤΙΖΟΝΤΑΙ
ΣΕ ΟΛΗ ΤΟΥΣ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΑΝ ΠΛΑΚΕΣ
Α)ΤΟΙΧΩΜΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ Β)ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΩΣ

γ) Τοιχώματα που δε φέρουν κανένα αξιόλογο φορτίο εκτός από το ίδιο τους το βάρος. Τα τοιχώματα αυτά χρησιμεύουν μόνο, για να χωρίζουν ένα χώρο από κάποιο γειτονικό του.

7) ΠΛΑΙΣΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

7.1. Περιγραφή

Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα, θεωρούμε ότι σε μια κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα οι πλάκες στηρίζονται ελεύθερα πάνω στα δοκάρια, που και αυτά στηρίζονται ελεύθερα πάνω στις κολώνες. Έτσι οι κολώνες παίρνουν τα φορτία από κάθε όροφο και τα

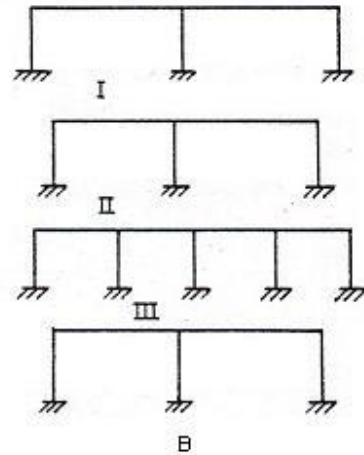
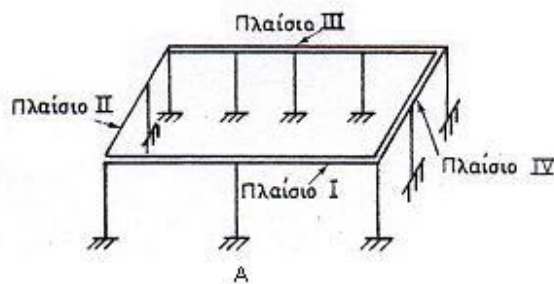
μεταβιβάζουν στα θεμέλια. Η απλή αυτή εικόνα όμως δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, επειδή πλάκες, δοκάρια και κολώνες αποτελούν μια τρισδιάστατη ολόσωμη κατασκευή και συνεργάζονται όλα μαζί, για να φέρουν και να μεταφέρουν στα θεμέλια το βάρος τους και όλα τα άλλα φορτία που ενεργούν επάνω τους. Έτσι τα στατικά μεγέθη - αξονικές και τέμνουσες δυνάμεις, καμπτικές και στρεπτικές ροπές - που αναπτύσσονται σε κάθε σημείο της κατασκευής, είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας όλων των μελών της.

Για να υπολογισθούν τα στατικά αυτά μεγέθη, ακόμα και στην περίπτωση ενός απλού οικοδομικού έργου, χρειάζονται πολύπλοκοι υπολογισμοί, που είναι πρακτικά αδύνατο να γίνουν με τα συνηθισμένα μέσα. Τα τελευταία βέβαια χρόνια η εφαρμογή των ηλεκτρονικών υπολογιστών, επέτρεψε να γίνονται τέτοιοι υπολογισμοί, που άλλοτε θεωρούνταν εντελώς αδιανόητο. Εντούτοις το κόστος τούς εξακολουθεί να είναι πολύ μεγάλο και αδικαιολόγητο για τα συνηθισμένα τουλάχιστον έργα.

Για να αποφύγουμε τη δυσκολία αυτή, δεχόμαστε ότι η κατασκευή δεν είναι ολόσωμη, αλλά αποτελείται από περισσότερα στοιχεία, που μπορούν να φορτίζονται και να παραμορφώνονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο. Η πρώτη απλοποίηση είναι να θεωρήσουμε ότι οι πλάκες στηρίζονται ελεύθερα στα δοκάρια και τα φορτίζουν, χωρίς όμως να είναι ολόσωμα δεμένες μαζί τους. Η υπόλοιπη κατασκευή αποτελείται πια από δοκάρια και κολώνες, από στοιχεία δηλαδή γραμμικά, που έχουν πολύ μεγάλο μήκος σχετικά με τις εγκάρσιες διαστάσεις τους. Αν το σύνολο των στοιχείων αυτών το θεωρήσουμε σα μια ενιαία ολόσωμη κατασκευή, την ονομάζουμε πλαίσιο ή γραμμικό φορέα.

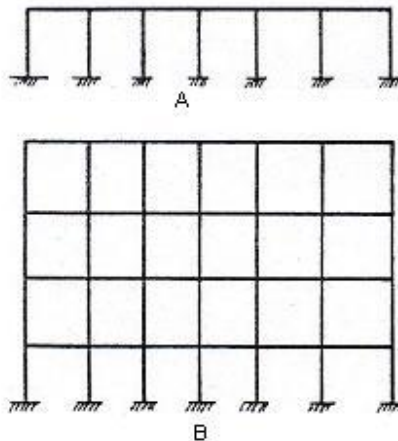
Ένα τέτοιο πλαίσιο είναι γενικά τρισδιάστατο και πολυώροφο. Η επίλυσή του, ο υπολογισμός δηλαδή των στατικών μεγεθών, που αναπτύσσονται στις χαρακτηριστικές του θέσεις για κάθε φόρτιση, εξακολουθεί να παρουσιάζει μεγάλες δυσκολίες. Έτσι κατά κανόνα το τρισδιάστατο αυτό πλαίσιο αναλύεται σε πολλά επίπεδα πλαίσια (σχ. 7.1), που δεχόμαστε ότι λειτουργούν το ένα ανεξάρτητα από το άλλο. Πολλές φορές θεωρούμε ότι και κάθε όροφος των πλαισίων αυτών λειτουργεί ανεξάρτητα από τους γειτονικούς του, οπότε, αντί για ένα πολυώροφο πλαίσιο [σχ. 7.2 (β)], επιλύουμε πολλά μονώροφα [σχ. 7.2(α)]. Τα πλαίσια αυτά γενικά είναι πολύστυλα, στηρίζονται δηλαδή σε τρεις ή περισσότερες κολώνες, δεν αποκλείεται όμως να είναι και δίστυλα (σχ. 7.3).

Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις δεχόμαστε την πλαισιακή λειτουργία της κατασκευής. Με τον όρο αυτό εννοούμε ότι στα σημεία συναντήσεως των στοιχείων του πλαισίου, που τα λέμε κόμβους, τα στοιχεία αυτά σχηματίζουν μεταξύ τους γωνίες, που δεν αλλάζουν, όταν το πλαίσιο φορτίζεται και παραμορφώνεται, αλλά οι ίδιοι οι κόμβοι μπορούν και να στρίψουν και να μετακινηθούν. Σε κάθε κόμβο, το κάθε μέλος του πλαισίου μπορεί να επιβάλλει, εκτός από τις αξονικές και τέμνουσες δυνάμεις, και ροπές καμπτικές ή στρεπτικές.



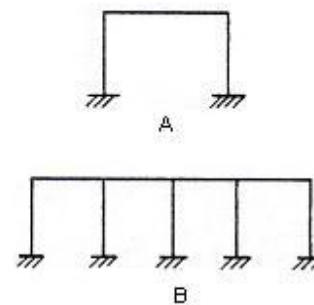
σχ. 7.1

ΓΙΑ ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΣΥΝΗΘΩΣ ΤΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ (Α) ΤΑ ΘΕΩΡΟΥΜΕ ΟΤΙ ΑΠΟΤΕΛΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΠΛΑΙΣΙΑ (Β)



σχ. 7.2

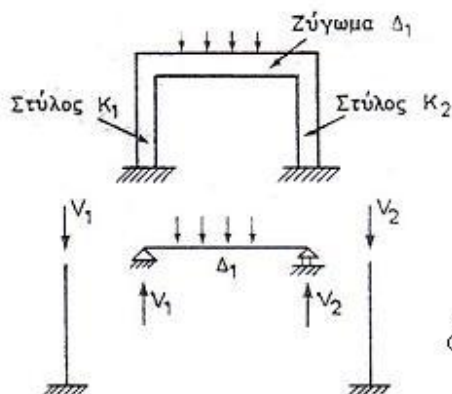
ΠΛΑΙΣΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
Α) ΜΟΝΟΡΟΦΟ Β) ΠΟΛΥΡΟΦΟ



σχ. 7.3

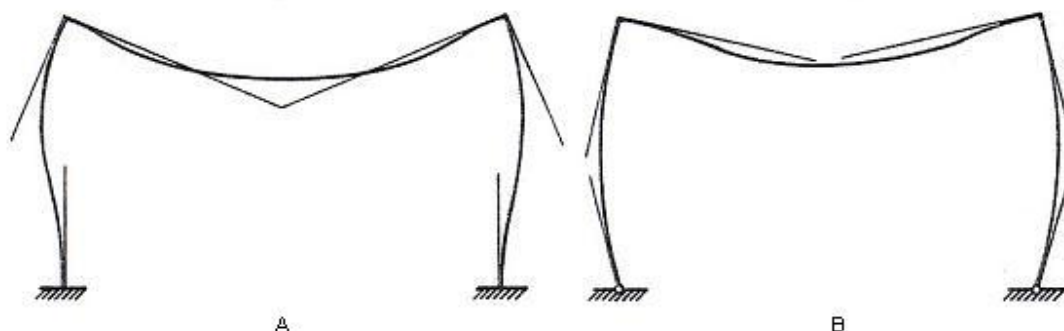
ΠΛΑΙΣΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
Α) ΔΙΣΤΥΛΟ Β) ΠΟΛΥΣΤΥΛΟ

Για να καταλάβουμε καλύτερα την πλαισιακή λειτουργία, ας πάρουμε για παράδειγμα το δίστυλο πλαίσιο του σχήματος 7.4. Το πλαίσιο αυτό αποτελείται από ένα δοκάρι, που λέγεται και ζύγωμα του πλαισίου, και δυο κολώνες ή στύλους. Με την πλαισιακή λειτουργία στους δυο κόμβους του το ζύγωμα μπορεί να εφαρμόζει δυνάμεις και ροπές, ενώ οι κόμβοι μπορούν να στρίψουν και να μετατεθούν, αλλά οι άκρες του ζυγώματος θα είναι πάντοτε κάθετες με τα κεφάλια των στύλων. Το πλαίσιο παραμορφώνεται από τα φορτία και παίρνει τη μορφή του σχήματος 7.5(α) ή 7.5(β).



σχ. 7.4

ΕΝΑ ΔΙΣΤΥΛΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΘΑ ΜΠΟΡΟΥΣΕ ΝΑ ΘΕΩΡΗΘΕΙ ΟΤΙ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΔΥΟ ΚΟΛΩΝΕΣ ΚΑΙ ΕΝΑ ΔΟΚΑΡΙ

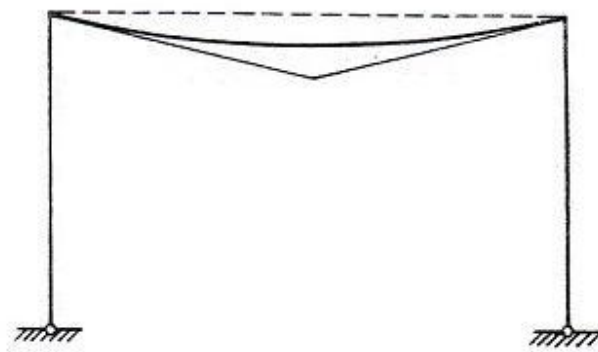


σχ. 7.5

ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΙΣΤΥΛΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ Α) ΑΜΦΙΠΑΚΤΟΥ Β) ΑΜΦΙΑΡΘΡΩΤΟΥ

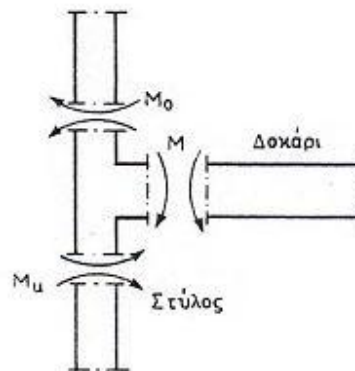
Αντίθετα, αν θεωρήσουμε ότι το πλαίσιο αποτελείται από ένα δοκάρι, που στηρίζεται ελεύθερα σε δυο κολώνες, οι κόμβοι δεν μετακινούνται, οι κολώνες μένουν κατακόρυφες, γιατί φορτίζονται μόνο με μια αξονική δύναμη (σχ. 7.4) και οι άκρες του δοκαριού παύουν να είναι κάθετες με τα κεφάλια των στύλων (σχ. 7.6). Η απλοποίηση αυτή επιτρέπεται να γίνεται, όταν το έργο είναι μικρής σημασίας και τα ανοίγματα μικρά. Αντίθετα, όταν τα ανοίγματα είναι μεγάλα, η πλαισιακή λειτουργία πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.

Οι κανονισμοί δεν καθορίζουν σαφώς τα όρια, που πέρα από αυτά πρέπει οι κατασκευές να θεωρούνται και να υπολογίζονται σαν πλαισιωτές. Καλό είναι πάντως, όταν τα ανοίγματα των δοκαριών ξεπερνούν το διπλάσιο του ύψους του ορόφου, το σύστημα δοκαριών-στύλων να θεωρείται ότι είναι πλαίσιο. Όταν τα ανοίγματα δεν είναι τόσο μεγάλα, ξεπερνούν όμως τα 4,00 ως 5,00 m μπορεί να εφαρμοσθεί μια μέση λύση. Όλες οι ενδιάμεσες στηρίξεις των δοκαριών στις κολώνες θεωρούνται απλές εδράσεις με απόλυτη ελευθερία στροφής και μόνον οι ακραίες στηρίξεις θεωρούνται κόμβοι πλαισίων μονώροφων ή διώροφων. Στους κόμβους αυτούς με μερικές απλουστευτικές παραδοχές υπολογίζονται κατά προσέγγιση η ροπή κάμψεως M στην άκρη του δοκαριού, η ροπή M_u στο κεφάλι της από κάτω κολώνας και η ροπή M_a στο πόδι της από πάνω κολώνας, αν βέβαια υπάρχει και άλλος όροφος από πάνω (σχ. 7.7).



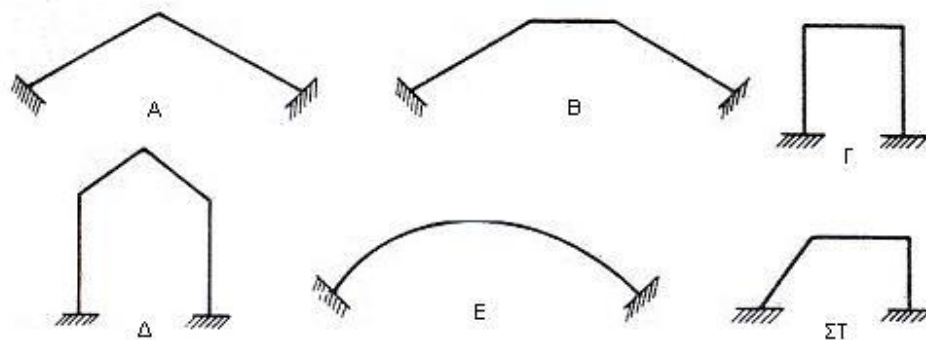
σχ. 7.6

ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΟΚΑΡΙΟΥ ΠΟΥ ΣΤΗΡΙΖΕΤΑΙ
ΣΕ ΔΥΟ ΚΟΛΩΝΕΣ



σχ. 7.7

ΡΟΠΕΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ ΚΑΙ ΣΤΥΛΩΝ ΣΤΗΝ ΑΚΡΙΑΝΗ
ΣΤΗΡΙΞΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ



σχ. 7.8

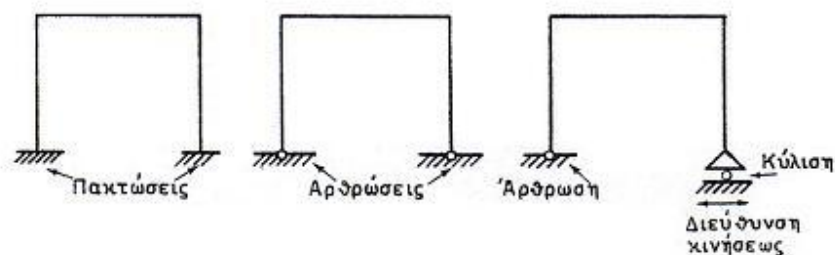
ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΓΙΑ ΔΙΣΤΥΛΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Οι άξονες των διάφορων στοιχείων, που αποτελούν κάθε πλαίσιο, σχηματίζουν μια γραμμή επίπεδη ή χωρική, που μπορεί να παρουσιάζει μια πολύ μεγάλη ποικιλία μορφής. Σαν παράδειγμα στο σχήμα 7.8 φαίνονται μερικά σχήματα για την πιο απλή περίπτωση του μονώροφου δίστυλου πλαισίου. Η ποικιλία των μορφών είναι βέβαια πολύ μεγαλύτερη στα πολύστυλα, πολυώροφα ή και τρισδιάστατα πλαίσια. Η αξονική αυτή γραμμή των πλαισίων είναι συνήθως τεθλασμένη και σπανιότερα καμπύλη. Στην τελευταία αυτή περίπτωση τα πλαίσια λέγονται και τόξα, όπως Π.χ. το πλαίσιο ε του σχήματος 7.8.

Κάθε πλαίσιο στηρίζεται σε ένα, δυο ή περισσότερα σημεία πάνω στο έδαφος ή πάνω σε κάποια άλλη κατασκευή. Οι στηρίξεις αυτές είναι στην πραγματικότητα ελαστικές πακτώσεις, μπορούν δηλαδή να στραφούν λίγο ή και να μετακινηθούν και η γωνία στροφής ή η μετακίνηση μεγαλώνει, όσο μεγαλώνει η ροπή ή η δύναμη που την προκαλεί. Για να γίνονται όμως πιο εύκολοι οι υπολογισμοί. Θεωρούμε ότι σε κάθε στήριξη ισχύουν ιδανικές συνθήκες και τις κατατάσσουμε σε μια από τις ακόλουθες περιπτώσεις:

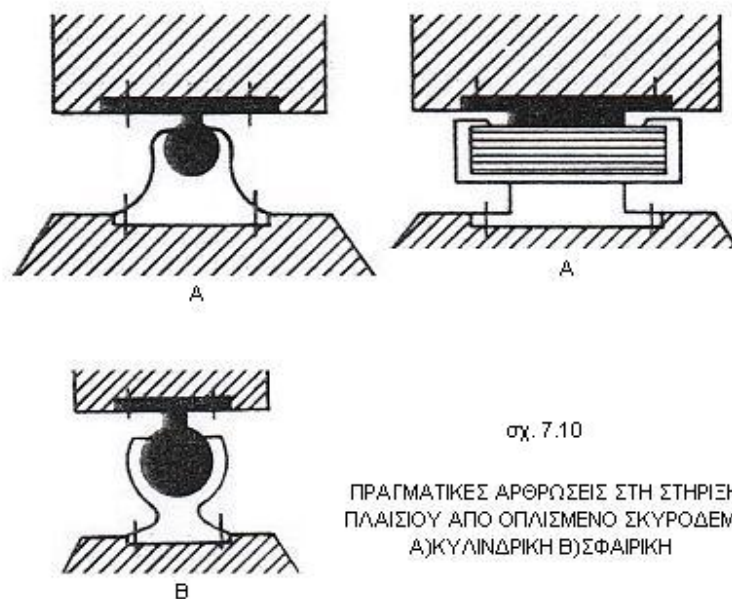
- Α) Πλήρεις πακτώσεις χωρίς καμιά ελευθερία κινήσεως.
- Β) Αρθρώσεις, που δεν μπορούν να αλλάξουν θέση, αλλά μπορούν να στρίψουν ελεύθερα.
- Γ) Κυλίσεις, που μπορούν να στρίψουν ελεύθερα, αλλά και να αλλάξουν θέση πάνω σε μια ευθεία, χωρίς όμως να απομακρυνθούν από αυτή (σχ. 7.9)

Οι τρεις αυτές περιπτώσεις αναφέροντα σε επίπεδα πλαίσια. Στα τρισδιάστατα πλαίσια υπάρχουν και μερικές άλλες περιπτώσεις ιδανικών στηρίξεων. Η κατάταξη κάθε στηρίξεως στην κατάλληλη κατηγορία είναι μια πολύ λεπτή δουλειά, που πρέπει να γίνεται από τον υπεύθυνο διπλωματούχο μηχανικό, που έχει αναλάβει τη στατική μελέτη της κατασκευής. Μερικές φορές οι ασάφειες στις συνθήκες στηρίξεως είναι τόσο μεγάλες, ώστε, για να τις περιορίσουμε, μορφώνουμε πραγματικές αρθρώσεις στις στηρίξεις, που έχουν μορφές παρόμοιες με αυτές, που φαίνονται στο σχήμα 7.10. Η κατασκευή και η συντήρηση των αρθρώσεων αυτών παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες και μειονεκτήματα. γι' αυτό και οι αρθρώσεις σπάνια κατασκευάζονται.



σχ. 7.9

ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ ΤΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ



7.2. Κανονισμοί.

Δεν υπάρχουν ιδιαίτεροι κανονισμοί για τα πλαίσια. Για τα ζυγώματά τους ισχύουν, όσα και για τα απλά δοκάρια, ενώ για τους στύλους τους εφαρμόζονται οι κανονισμοί, που ισχύουν για τις κολώνες. Σημειώνουμε μόνον ότι οι κανονισμοί απαγορεύουν να χρησιμοποιείται σκυρόδεμα κατηγορίας C12/16 για την κατασκευή πλαισίων. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη διάταξη και στη μόρφωση του οπλισμού, ώστε να εξασφαλίζεται ότι τα διάφορα μέλη του πλαισίου συνδέονται άκαμπτα μεταξύ τους. Γι' αυτό ο οπλισμός κάθε μέλους πρέπει να συνεχίζεται μέσα στα γειτονικά του μέλη σε αρκετό μήκος.

Είναι ακόμα σκόπιμο να μορφώνονται ενισχύσεις στις εισέχουσες γωνίες των πλαισίων, ώστε να μην υπάρχουν οξείες και ορθές τέτοιες γωνίες, αλλά μόνον αμβλείες και μάλιστα όσο γίνεται μεγαλύτερες. Οι ενισχύσεις πρέπει να προβλέπονται, ακόμα και αν από τους υπολογισμούς προκύπτει ότι δεν είναι απαραίτητες. Η ανάγκη των ενισχύσεων είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο οξύτερη είναι η γωνία, που σχηματίζουν τα μέλη του πλαισίου. Αν οι ενισχύσεις αποκλείονται για λόγους λειτουργικούς ή αισθητικούς, πρέπει τουλάχιστον να στρογγυλεύονται οι εισέχουσες γωνίες με μια καμπύλη συναρμογής με όσο γίνεται μεγαλύτερη ακτίνα.

Στις ενισχύσεις πρέπει πάντοτε να μπαίνει πρόσθετος τοπικός οπλισμός, είτε από τους υπολογισμούς προκύπτει ότι είναι απαραίτητος είτε όχι. Ο οπλισμός στις εισέχουσες γωνίες των πλαισίων πρέπει να ακολουθεί στο σύνολό του τη μορφή του πλαισίου, αλλά κάθε ράβδος πρέπει να προεκτείνεται ευθύγραμμη στο εσωτερικό του πλαισίου και να κάμπτεται κοντά στην απέναντι έδρα του, είτε υπάρχουν ενισχύσεις είτε όχι και στα κομμάτια της κολώνας, που βρίσκονται μέσα σε δοκάρια, πλάκες, πέδιλα και γενικότερα μέσα σε άλλα στοιχεία της κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα. Στην Ελλάδα δυστυχώς, κυρίως για λόγους ευκολίας και λιγότερο για λόγους οικονομίας, οι συνδετήρες αυτοί παραλείπονται, με αποτέλεσμα να μειώνεται η αντοχή του έργου και ιδιαίτερα στην περίπτωση σεισμού.

Οι κανονισμοί προβλέπουν κι ένα άλλο είδος εγκάρσιου οπλισμού για μια ιδιαίτερη κατηγορία κολώνων, που λέγονται σπειροειδώς οπλισμένες και επιτρέπεται να κατασκευάζονται μόνον από σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 ή C30/37. Οι κολώνες αυτές έχουν συνήθως διατομή με σχήμα κύκλου ή κανονικού πολυγώνου και ο διαμήκης οπλισμός τους διατάσσεται έτσι ώστε να

περνά από τα σημεία ενός οριζόντιου κύκλου. Γύρω από το διαμήκη οπλισμό μπαίνει ο εγκάρσιος, που έχει το σχήμα έλικας και δε χρησιμεύει μόνο για να στερεώνει το διαμήκη οπλισμό και να τον προστατεύει από το λυγισμό, αλλά και για να παίρνει ένα μέρος του φορτίου. Με τον τρόπο αυτό η αντοχή της κολώνας για την ίδια διατομή σκυροδέματος γίνεται πολύ μεγαλύτερη ή, με άλλα λόγια, για τα ίδια φορτία η κολώνα μπορεί να είναι αρκετά μικρότερη.

Κολώνες με σπειροειδή οπλισμό σπάνια κατασκευάζονται στην Ελλάδα για δυο λόγους: πρώτα γιατί είναι πολύ πιο ακριβές από τις άλλες και δεύτερο γιατί είναι σπάνια τα πολύ ψηλά κτίρια, όπου είναι απαραίτητο να γίνει κάθε προσπάθεια, για να περιορισθούν οι διαστάσεις των κολώνων. Το μεγάλο κόστος οφείλεται και στη μεγάλη ποσότητα οπλισμού, αλλά και στην πρόσθετη εργασία για τη μόρφωση του εγκάρσιου οπλισμού. Στις κολώνες αυτές ο διαμήκης οπλισμός πρέπει να αποτελείται τουλάχιστον από έξι ράβδους και το εμβαδό της διατομής του να είναι τουλάχιστον ίσο με τα δέκα χιλιοστά, όχι όμως και περισσότερο από τα εξήντα χιλιοστά, της ωφέλιμης διατομής της κολώνας. Ο σπειροειδής οπλισμός είναι πολύ πυκνός σε σύγκριση με τους συνδετήρες των συνηθισμένων κολώνων. Το βήμα της έλικας 5 δεν πρέπει να ξεπερνά τα 8 cm ούτε το $1/5$ της διαμέτρου D της έλικας. Υπάρχουν όμως και ανώτερα όρια για την ποσότητα του σπειροειδούς οπλισμού. Το συνολικό του βάρος δεν επιτρέπεται να ξεπερνά το τριπλάσιο του βάρους του διαμήκη οπλισμού.

8) ΦΥΤΕΥΤΕΣ ΚΟΛΩΝΕΣ

8.1. Γενικά

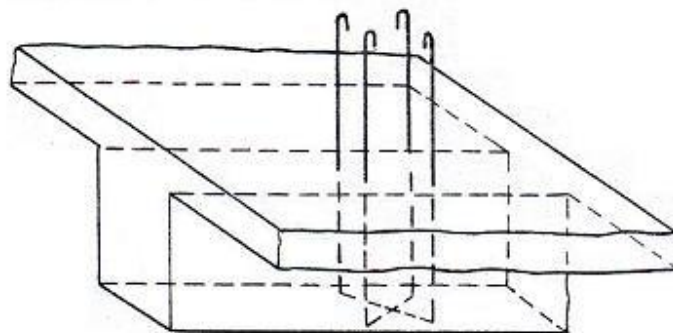
Οι φυτευτές κολώνες αυξάνουν γενικά το κόστος της κατασκευής και πρέπει να αποφεύγονται. Ιδιαίτερα, όταν εδράζονται κατευθείαν πάνω σε πλάκες και όχι σε δοκάρια, δημιουργούν σοβαρά προβλήματα. Σε περιοχές σεισμοπαθείς, όπως είναι πρακτικά ολόκληρη η Ελλάδα, υπάρχει και πρόσθετος λόγος να αποφεύγονται, επειδή οι στηρίξεις τους αποτελούν ευπαθή σημεία της κατασκευής σε περίπτωση σεισμού. Ο αντισεισμικός κανονισμός είναι πολύ αυστηρός στο σημείο αυτό και καθορίζει ότι:

α) Τα δοκάρια, που φορτίζονται από φυτευτές κολώνες, υπολογίζονται έτσι, ώστε να μπορούν να φέρουν τα μέγιστα φορτία από τις κολώνες αυτές αυξημένα κατά 15 ως 48%, ανάλογα με το σεισμικό συντελεστή της περιοχής του έργου ή ακόμα και κατά 72% σε κτίρια με κάποια σπουδαιότητα.

β) Τα δοκάρια αυτά πρέπει να έχουν κατά 50% περισσότερους συνδετήρες από εκείνους, που είναι απαραίτητοι σύμφωνα με τους υπολογισμούς και οπωσδήποτε τουλάχιστον ένα συνδετήρα με διάμετρο 6 mm κάθε 15 cm.

γ) Εκτός από τα λοξά σίδερα, που χρειάζονται κατά τον υπολογισμό, για να αναλάβουν τις τέμνουσες δυνάμεις, πρέπει κάτω από τη φυτευτή κολώνα να μπαίνουν πρόσθετα λοξά σίδερα με συνολική διατομή από κάθε μεριά της κολώνας:

Ο οπλισμός των φυτευτών κολώνων πρέπει να προχωρεί μέσα στο δοκάρι, επομένως πρέπει να έχει τοποθετηθεί, πριν χυθεί το σκυρόδεμα του δοκαριού. Συνήθως τοποθετούνται μικρά μόνο κομμάτια του οπλισμού (σχ. 8.1), που χρησιμεύουν σαν αναμονές. Με τους όρους αυτούς κάθε φυτευτή κολώνα αντιπροσωπεύει μια αξιόλογη πρόσθετη δαπάνη. Πρέπει λοιπόν, ιδιαίτερα όταν ο σεισμικός συντελεστής είναι μεγάλος, να προσπαθούμε να διατάξουμε το σκελετό του έργου με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην υπάρχουν φυτευτές κολώνες.



σχ. 8.1

ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ ΓΙΑ ΦΥΤΕΥΤΗ ΚΟΛΩΝΑ, ΠΟΥ ΕΧΕΙ ΜΠΕΙ ΠΡΙΝ ΧΥΘΕΙ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΓΙΑ ΤΟ ΔΟΚΑΡΙ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΛΑΚΑ

8.2. Υπολογισμός κολώνων.

Ο υπολογισμός μιας κολώνας περιλαμβάνει πρώτα την εκλογή του σχήματος και των διαστάσεων της διατομής της και έπειτα τον καθορισμό του οπλισμού της. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να είναι κατάλληλα, ώστε τα μέγιστα φορτία της κολώνας να μη ξεπερνούν την αντοχή της.

Υπενθυμίζουμε ότι, αν μια πλευρά της διατομής της κολώνας είναι μικρότερη από 25 cm, η τιμή του μέγιστου φορτίου κολώνας περιορίζεται στα $4/5$ και, αν αυτό συμβαίνει και στις δυο, στα $2/3$ της τιμής, που προκύπτει από την εφαρμογή του τύπου αυτής της παραγράφου.

Σημειώνουμε ακόμα πως ο απλός αυτός τρόπος υπολογισμού είναι σωστός, όταν η κολώνα φορτίζεται μόνον αξονικά με το φορτίο P . Αν υπάρχουν και άλλες δυνάμεις ή ροπές, ο υπολογισμός πρέπει να γίνεται με τον τρόπο που αναφέρεται στον υπολογισμό των πλαισίων. Ο υπολογισμός αυτός είναι αναπόφευκτος, αν θέλομε να ελέγξομε την αντοχή της κολώνας και για την περίπτωση σεισμού.

Επειδή ο οπλισμός στις κολώνες είναι γενικά πολύς, τουλάχιστον 70 kg στο κυβικό μέτρο σκυροδέματος, πρέπει να γίνεται προσπάθεια να διατηρείται κοντά στα ελάχιστα ποσοστά των κανονισμών, μια και ο οπλισμός είναι το πιο δαπανηρό στοιχείο μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα.

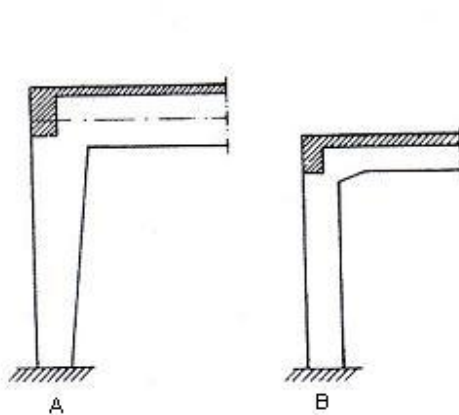
9) ΚΟΛΩΝΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

9.1. Περιγραφή.

Κολώνες (στύλους ή υποστυλώματα) ονομάζομε σε μια κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα τα κατακόρυφα ή σχεδόν κατακόρυφα στοιχεία, που στηρίζουν τα δοκάρια και τις πλάκες και φορτίζονται κυρίως με δυνάμεις, που έχουν τη διεύθυνση του άξονά τους. Στις κολώνες το ύψος είναι πολύ μεγαλύτερο από τις οριζόντιες διαστάσεις τους. Το σχήμα τους είναι σχεδόν πάντοτε πρισματικό ή κυλινδρικό, η διατομή τους δηλαδή είναι η ίδια σε όλο τους το ύψος. Μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις η διατομή των κολώνων μεταβάλλεται, είτε σε όλο τους το ύψος, είτε τοπικά στην επάνω τους άκρη (σχ. 9.1).

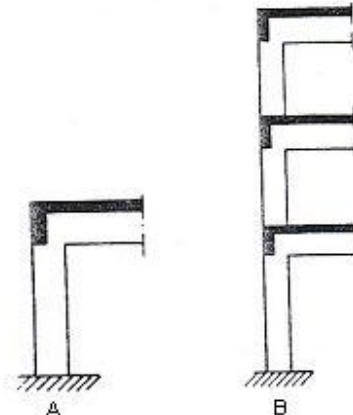
Μια κολώνα μπορεί να είναι μονώροφη ή πολυώροφη. Μονώροφη λέγεται, όταν συνδέεται με άλλα στοιχεία της κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα μόνο στις δυο της άκρες, πάνω και

κάτω. Αντίθετα μια πολυώροφη κολώνα συνδέεται με τα στοιχεία της κατασκευής και σε άλλα ενδιάμεσα σημεία της (σχ. 9.2). Μια πολυώροφη κολώνα μπορεί να έχει την ίδια διατομή σε όλο της το ύψος. Συνήθως όμως η διατομή αλλάζει σε κάθε όροφο και γίνεται μεγαλύτερη, όσο προχωρούμε προς τα κάτω, επειδή μεγαλώνουν και οι δυνάμεις που τη φορτίζουν. Δεν αποκλείεται σε εντελώς εξαιρετικές περιπτώσεις να παρουσιάζεται και το αντίθετο Φαινόμενο, η διατομή δηλαδή της κολώνας σε έναν όροφο να είναι μικρότερη από τη διατομή της ίδιας κολώνας στον από πάνω όροφο.



σχ. 9.1

ΚΟΛΩΝΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
Α) ΜΕ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ Β) ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ
ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ

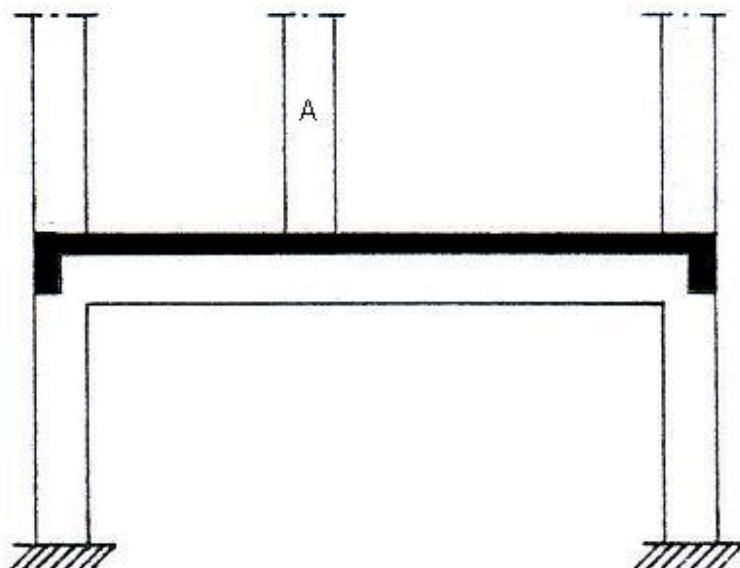


σχ. 9.2

ΚΟΛΩΝΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
Α) ΜΟΝΟΡΟΦΗ Β) ΠΟΛΥΩΡΟΦΗ

Κατά κανόνα οι κολώνες φορτίζονται από δοκάρια από οπλισμένο σκυρόδεμα, που στηρίζονται σε αυτές. Μπορεί βέβαια να φορτίζονται και κατευθείαν από τις πλάκες, αν αυτές είναι επίπεδες ή μυκητοειδείς. Σπανιότερα οι κολώνες φορτίζονται από ξύλινες ή μεταλλικές κατασκευές Π.χ. στέγες, πατώματα, που στηρίζονται σε κολώνες από οπλισμένο σκυρόδεμα. Μια άλλη περίπτωση είναι η αντίστροφη, δηλαδή να στηρίζονται στέγες ή πατώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα σε μεταλλικές κολώνες. Η λύση αυτή στην Ελλάδα εφαρμόστηκε σε πολύ λίγα έργα και οι αρμόδιες Αρχές είναι μάλλον απρόθυμες να εγκρίνουν μελέτες έργων, που προβλέπουν κάτι τέτοιο, για λόγους κυρίως αντισεισμικούς. Αντίθετα, σε άλλες χώρες, και ιδιαίτερα στις ΗΠΑ η λύση αυτή είναι ο κανόνας για τα πολύ ψηλά κτίρια, όπου οι κολώνες από οπλισμένο σκυρόδεμα χρειάζεται να έχουν απαράδεκτα μεγάλες διαστάσεις.

Οι κολώνες γενικά στηρίζονται στα θεμέλια του έργου, που και αυτά συνήθως αποτελούνται από στοιχεία που είναι κατασκευασμένα με σκυρόδεμα. Τα στοιχεία αυτά, όπως είναι γνωστό από το μάθημα των Θεμελιώσεων, μπορεί να είναι απομονωμένα πέδιλα, πεδילוδοκοί, μερική ή ολική κοιτόστρωση, κεφαλές καταδυομένων φρεάτων, πασσαλοεσχάρες κλπ. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις, που οι κολώνες εδράζονται πάνω σε στοιχεία της ανωδομής του έργου. Τα στοιχεία αυτά μπορεί να είναι τοίχοι από φυσικές ή τεχνητές πέτρες ή και από σκυρόδεμα, οπλισμένο ή όχι. Όταν μια κολώνα στηρίζεται σε δοκάρι, ή σπανιότερα σε πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα (σχ. 9.3), ονομάζεται φυτευτή. Γενικά, μια κολώνα από οπλισμένο σκυρόδεμα δεν επιτρέπεται να στηρίζεται σε ξύλινα ή μεταλλικά στοιχεία της ανωδομής του έργου.



σχ. 9.3

Η ΚΟΛΩΝΑ (Α) ΕΙΝΑΙ ΦΥΤΕΥΤΗ
ΓΙΑΤΙ ΣΤΗΡΙΖΕΤΑΙ ΣΕ ΕΝΑ ΔΟΚΑΡΙ

9.2. Κανονισμοί

Α) Διαστάσεις.

Οι περισσότερες κολώνες από οπλισμένο σκυρόδεμα έχουν διατομή με σχήμα ορθογώνιου παραλληλόγραμμου. Κάθε πλευρά του ορθογώνιου αυτού πρέπει, σύμφωνα με τους ελληνικούς κανονισμούς, να είναι τουλάχιστον ίση με 25 cm. Όταν η κολώνα δεν είναι γωνιακή, οι κανονισμοί επιτρέπουν να είναι η μια πλευρά της διατομής της μικρότερη από 25 cm, όχι όμως και από 20 cm, με τον όρο όμως οι τάσεις του σκυροδέματος και του οπλισμού να μην ξεπερνούν τα 80% των ανεκτών ορίων. Με άλλα λόγια οι κανονισμοί απαιτούν σε αυτή την περίπτωση να είναι η αντοχή της κολώνας κατά 25% μεγαλύτερη από αυτή που χρειάζεται. Επιτρέπουν ακόμα για τις κολώνες, που δεν είναι γωνιακές, να έχουν και τις δυο οριζόντιες διαστάσεις τους μικρότερες από 25 cm, όχι όμως και από 20 cm, με τον όρο οι τάσεις να μην ξεπερνούν τα 2/3 των ανεκτών ορίων, με την υποχρέωση δηλαδή να έχει η κολώνα αντοχή κατά 50% μεγαλύτερη από αυτή που χρειάζεται. Τελικά η ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή κολώνας είναι το τετράγωνο 20 x 20 cm.

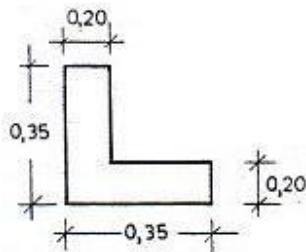
Για τις γωνιακές κολώνες η ελάχιστη διατομή είναι 25 x 25 cm, αλλά και αυτό στην πραγματικότητα δεν ισχύει. Πράγματι ο αντισεισμικός κανονισμός, που ισχύει υποχρεωτικά σε όλη την Ελλάδα, απαιτεί να έχουν οι γωνιακές κολώνες διατομή τουλάχιστον 30 x 30 cm για

τους τρεις ψηλότερους ορόφους κάθε κατασκευής και 35 x 35 cm τουλάχιστον από κει και κάτω. Επί πλέον, οι μέγιστες τάσεις σκυροδέματος και οπλισμού πρέπει να είναι το πολύ ίσες με τα 2/3 των μέγιστων ανεκτών, πρέπει δηλαδή η γωνιακή κολώνα να έχει αντοχή κατά 50% μεγαλύτερη από την απαραίτητη.

Ο αντισεισμικός κανονισμός επιτρέπει να έχουν οι γωνιακές κολώνες και διατομή με σχήμα Γ. Τα σκέλη του Γ πρέπει να έχουν πάχος τουλάχιστον 20 cm και μάκρος κατά 50% μεγαλύτερο από εκείνο που θα ήταν αρκετό για να έχει η κολώνα την απαραίτητη αντοχή, για να υπάρχουν δηλαδή ανεκτές τάσεις σκυροδέματος και οπλισμού. Το μάκρος των σκελών του Γ δεν μπορεί πάντως να είναι μικρότερο από 35 cm (σχ. 9.4) για τους τρεις ψηλότερους ορόφους και από 40 cm για τους υπόλοιπους. Σημειώνουμε ακόμη ότι τα σκέλη του Γ πρέπει να έχουν πάχος τουλάχιστον 25 cm, όταν το ελεύθερο ύψος του ορόφου ξεπερνάει τα 3,50 m.

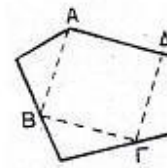
Όπως βλέπουμε, οι περιορισμοί για τις γωνιακές κολώνες είναι πολύ αυστηροί, χρειάζεται λοιπόν να διευκρινίσουμε ποιες κολώνες θεωρούνται γωνιακές και ποιες όχι. Για το σκοπό αυτό πρέπει να σχεδιασθεί σε μια κάτοψη του έργου το πολύγωνο, που ορίζουν τα κέντρα βάρους των διατομών των κολώνων, που βρίσκονται στην περίμετρο της κατόψεως (σχ. 9.5). Όπου οι πλευρές του πολυγώνου αυτού σχηματίζουν προς το εσωτερικό της κατόψεως γωνίες μικρότερες από 120°, η αντίστοιχη κολώνα θεωρείται γωνιακή. Έτσι οι κολώνες K1, K4 και K7 του σχήματος 3.2β είναι γωνιακές, ενώ οι υπόλοιπες δεν είναι.

Οι κανονισμοί δεν αναφέρουν τίποτε για τις διαστάσεις των κολώνων που δεν έχουν ορθογωνική διατομή. Αν βέβαια η διατομή είναι τόσο μεγάλη, ώστε μέσα της να χωρά μια ορθογωνική διατομή ανεκτή κατά τους κανονισμούς (σχ. 9.6), τότε και η διατομή αυτή είναι ανεκτή. Με τη λογική αυτή, μια κολώνα με κυκλική διατομή θα πρέπει να έχει διάμετρο τουλάχιστον $25\sqrt{2} = 35$ cm, ή έστω $20\sqrt{2} = 28$ cm, αν οι τάσεις σκυροδέματος και οπλισμού δεν ξεπερνούν τα 2/3 των ανεκτών ορίων (σχ. 9.7). Μια τέτοια ερμηνεία είναι πολύ αυστηρή και θα μπορούσε κανείς να δεχθεί και κολώνες με κυκλική διατομή λίγο μικρότερη.



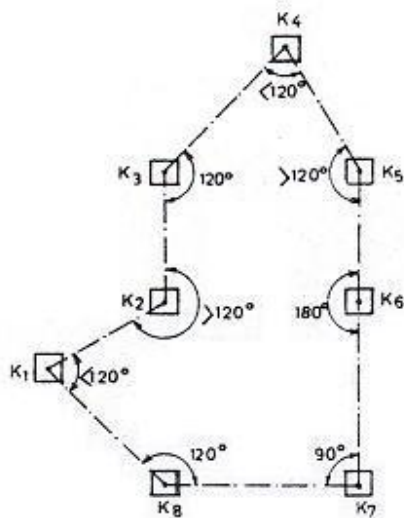
σχ. 9.4

ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΓΩΝΙΑΚΗ ΚΟΛΩΝΑ ΜΕ ΔΙΑΤΟΜΗ ΜΕ ΣΧΗΜΑ Γ



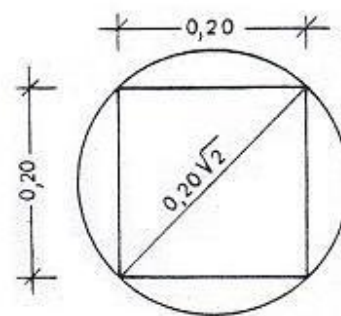
σχ. 9.6

ΚΟΛΩΝΑ ΠΟΥ ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΛΛΑ ΕΙΝΑΙ ΑΝΕΚΤΗ, ΑΦΟΥ ΜΕΣΑ ΤΗΣ ΕΓΓΡΑΦΕΤΑΙ ΤΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΝ ΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ



σχ. 9.5

ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ ΜΟΝΟ ΟΙ ΚΟΛΩΝΕΣ Κ1, Κ4 ΚΑΙ Κ7 ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΙΚΑΝΟΠΟΙΟΥΝ ΤΙΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΓΩΝΙΑΚΕΣ ΚΟΛΩΝΕΣ



σχ. 9.7

ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΝΕΚΤΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΗ ΚΟΛΩΝΑ

Μπορούμε να δεχθούμε κυλινδρικές κολώνες, όχι γωνιακές, με διάμετρο 30 cm ή και 25 cm, αν οι τάσεις δεν ξεπερνούν τα 2/3 των ανεκτών. Περιορισμοί για τις διαστάσεις στις κολώνες προβλέπονται και για έναν άλλο λόγο. Όταν το ύψος της κολώνας είναι πολύ μεγάλο σε σχέση με τις οριζόντιες διαστάσεις της, υπάρχει ο κίνδυνος να σπάσει από λυγισμό.

10) ΔΟΚΑΡΙΑ ΚΑΙ ΠΛΑΚΟΔΟΚΟΙ

10.1. Περιγραφή

Τα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα, που έχουν μεγάλο μήκος σχετικά με τις άλλες διαστάσεις τους, στηρίζονται σε ορισμένα μόνο σημεία τους και είναι συνήθως οριζόντια ή έχουν μικρή κλίση, ονομάζονται δοκάρια. Τα δοκάρια κατά κανόνα φέρουν εκτός από το βάρος τους και πρόσθετα φορτία, που μπορεί να προέρχονται από τοίχους που είναι κτισμένοι πάνω σε αυτά, ή από άλλα δοκάρια και συχνότερα από πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα, που

στηρίζονται σε αυτά. Τα πρόσθετα φορτία μπορεί ακόμα να οφείλονται σε κολώνες που πατούν πάνω στα δοκάρια, σε ξύλινες ή μεταλλικές κατασκευές, όπως Π.χ. στέγες, ή και στα ωφέλιμα φορτία της κατασκευής, όπως Π.χ. τροχούς οχημάτων.

Όταν ένα δοκάρι δέχεται φορτία από πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα, το δοκάρι και οι πλάκες είναι κατασκευασμένες με τέτοιο τρόπο, ώστε να αποτελούν μια ενιαία ολόσωμη κατασκευή. Οι εξαιρέσεις στον κανόνα αυτό είναι πολύ σπάνιες. Ένα τέτοιο δοκάρι λέγεται πλακοδοκός. Το καθαυτό δοκάρι, που λέγεται και νεύρωση της πλακοδοκού, έχει σχεδόν πάντοτε διατομή με σχήμα ορθογώνιου παραλληλόγραμμου.

Ορισμένα στοιχεία μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα, μπορεί να έχουν όλα τα χαρακτηριστικά ενός δοκαριού ή μιας πλακοδοκού, αλλά να μην έχουν άλλο φορτίο εκτός από το βάρος τους. Τα στοιχεία αυτά χαρακτηρίζονται σα δοκοί συνδέσεως και χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις, όπως Π.χ. στα θεμέλια κτιρίων, που κτίζονται σε σεισμόπληκτες περιοχές. Στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα, που έχουν τη γεωμετρική μορφή δοκαριού ή πλακοδοκού, αλλά εδράζονται σε όλο τους το μήκος και όχι μόνο σε ορισμένα τους σημεία, δεν μπορούν να χαρακτηρισθούν ως δοκάρια. Τα στοιχεία αυτά ονομάζονται διαζώματα (σαινάζ) και κατασκευάζονται συνήθως στη βάση, στη στέψη ή και σε ενδιάμεσες θέσεις σε τοίχους από φυσικές ή τεχνητές πέτρες, όπως αναφέρονται στο βιβλίο της Γενικής Δομικής Ι στο κεφάλαιο για τις λίθινες κατασκευές. Αντίθετα οι πεδιλοδοκοί, αν και εδράζονται στο έδαφος σε όλο τους το μήκος, υπάγονται στα δοκάρια.

Όπως έχει διδαχθεί στο μάθημα των θεμελιώσεων, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η πεδιλοδοκός φορτίζεται από το έδαφος και στηρίζεται στις κολώνες, που πατάνε σε αυτήν. Πρόκειται δηλαδή για ένα δοκάρι, όπου τα φορτία, αντί να κατευθύνονται από πάνω προς τα κάτω, έχουν την αντίθετη κατεύθυνση. Σύμφωνα με τον ορισμό που δώσαμε πιο πάνω, το μήκος ενός δοκαριού είναι πολύ μεγαλύτερο από το ύψος του. Όταν λοιπόν το μήκος δεν ξεπερνά το διπλάσιο του ύψους, το στοιχείο δε μπορεί πια να χαρακτηριστεί σα δοκάρι. Τέτοια στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα υπάγονται σε μια ιδιαίτερη κατηγορία και λέγονται τοιχοδοκοί ή ψηλά δοκάρια. Τα στοιχεία αυτά δεν επιτρέπεται να ελέγχονται στατικά με τους τύπους που ισχύουν για τα συνηθισμένα δοκάρια, αλλά πρέπει να εφαρμόζονται για το σκοπό αυτό ειδικές μέθοδοι, που είναι γενικά δύσκολες. (ΑΡΙΣΤΕΙΔΗ ΔΕ'Ι'ΜΕΖΗ -ΓΕΝΙΚΗ ΔΟΜΙΚΗ II –εκδ. ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1969).

11) ΠΕΔΙΛΑ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΑ

11.1. Τάσεις εδάφους

Οι τύποι προσδιορισμού των τάσεων του εδάφους κάτω από ορθογωνικό θεμέλιο, που είναι γνωστοί από τις Θεμελιώσεις. Το ίδιο βάρος του θεμελίου G κατ' αρχήν εκτιμάται. Οι μέγιστες τάσεις συνόρου μπορούν να βρεθούν και με αριθμητικούς πίνακες, που είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι στη διαξονική εκκεντρότητα και όταν χάσκει ο αρμός. Κατά DIN 1054, η συνισταμένη των μονίμων φορτίων πρέπει να τέμνει τη βάση του θεμελίου μέσα στον πυρήνα, κάτω από την επιρροή των κινητών φορτίων ο αρμός θεμελίου - εδάφους μπορεί να χάσκει μέχρι το κέντρο βάρους του. Για κάπως μεγάλα οριζόντια φορτία, πρέπει να γίνεται και έλεγχος ασφαλείας σε ολίσθηση.

Σε μεταθετά συστήματα πρέπει να ελέγχεται αν οι ροπές της θεωρίας 2ας τάξεως μπορούν να παραληφθούν από τα συνεχόμενα δομικά στοιχεία. Κατά τον υπολογισμό των πεδίων μεταθετών στοιχείων (π.χ. υποστυλωμάτων πακτωμένων στο πέδιλο σε πρόβολο η

πακτωμένων υποστυλωμάτων μεταθετών πλαισίων, πρέπει συνεπώς να ακολουθούμε την έξης διαδικασία:

1. Προσδιορισμός των πρόσθετων ροπών ΔΜ κατά τη θεωρία 2ας τάξεως
 2. Έλεγχος των τάσεων του εδάφους χωρίς ΔΜ.
 3. Έλεγχος, ότι ο αρμός θεμελίου - εδάφους, όταν ενεργούν και κινητά φορτία και ΔΜ, χάνει το πολύ μέχρι το κέντρο βάρους.
 4. Υπολογισμός του πέλδου παίρνοντας υπ' όψη την πρόσθετη ροπή ΔΜ.
- Ο έλεγχος ότι η συνισταμένη των μονίμων φορτίων τέμνει τον αρμό μέσα στον πυρήνα, επιτρέπεται να γίνει χωρίς να πάρουμε υπ' όψη μας την πρόσθετη ροπή ΔΜ.

12) ΤΟΙΧΙΑ ΚΑΙ ΥΨΙΚΟΡΜΟΙ ΔΟΚΟΙ

12.1. Κατασκευαστικές αρχές

Τοιχία είναι επιφανειακά. δομικά στοιχεία καταπονούμενα κυρίως σε θλίψη, που το πλάτος τους είναι μεγαλύτερο από το πενταπλάσιο πάχος. Αν δεν ικανοποιείται ή συνθήκη αυτή, το στοιχείο πρέπει να υπολογιστεί και σχεδιαστεί σαν θλιβόμενη ράβδος. Το ελάχιστο πάχος οπλισμένων τοιχίων καθορίζεται στον Πίνακα 33, DIN 1045. Σύμφωνα μ' αυτόν, οπλισμένα τοιχία από επί τόπου σκυρόδεμα κάτω από ενδιάμεσες στηρίξεις συνεχών πλακών, πρέπει να έχουν πάχος τουλάχιστον 10 cm, σε ακραίες στηρίξεις τουλάχιστον 12 cm. Συχνά εκλέγονται μεγαλύτερα πάχη τοιχίων (ηχομόνωση, ευστάθεια). Τμήματα τοίχων κοντά σε ανοίγματα με $b < 5d$ θεωρούνται σαν τοιχία, όσον αφορά στο πάχος τους, ακόμα και όταν οπλισμός και ο υπολογισμός γίνονται σαν σε υποστύλωμα.

Τις προδιαγραφές οπλισμού τοιχίων βρίσκουμε στο DIN 1045, 25.5.5.2.. Τα άγκιστρα σχήματος S (ή φουρκέτες σε χοντρά τοιχία), πρέπει πάντοτε να αγκαλιάζουν την έξω σειρά του οπλισμού. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στον οριζόντιο οπλισμό από ανομοιόμορφη φόρτιση (υποστυλώματα!) και ανομοιόμορφες καθιζήσεις, δημιουργούνται γρήγορα τάσεις εφελκυσμού μεγαλύτερες από την αντοχή του σκυροδέματος. Είναι συνεπώς σκόπιμο, να αυξάνεται ο εγκάρσιος οπλισμός πέρα από τα ελάχιστα όρια του DIN 1045 ($\alpha < 33$ cm). Οι ενώσεις του οριζόντιου οπλισμού δεν πρέπει να συμπίπτουν στην ίδια θέση, τα μήκη αλληλοκαλύψεως στις ενώσεις πρέπει να εκλέγονται αρκετά μεγάλα. Τα οπλισμένα τοιχία πρέπει να έχουν αναλογία οπλισμού τουλάχιστον 0,5% της στατικά απαιτούμενης διατομής, αλλιώς πρέπει να υπολογίζονται σαν άοπλα τοιχία κατά DIN 1045, 17.9.

12.2. Αποφυγή ρωγμών

Όταν σε ορισμένες περιπτώσεις, π.χ. σε κατασκευές δεξαμενών, το σκυρόδεμα στο στάδιο λειτουργίας πρέπει να παραμένει χωρίς ρωγμές, πρέπει να ελέγχεται ή μη υπέρβαση της ελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να γίνει μόνο κατά προσέγγιση, για διάφορους λόγους:

- α) Η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος εξαρτάται σημαντικά από τη μορφή και το μέγεθος του δοκιμίου.
- β) Σε χοντρά δομικά στοιχεία, η ελκυστική αντοχή του σκυροδέματος πέφτει σημαντικά.
- γ) Διάφορες συνθέσεις σκυροδέματος μπορούν, για την ίδια θλιπτική αντοχή, να επιφέρουν διάφορες εφελκυστικές αντοχές.
- δ) Το είδος της καταπόνησης (ροπές κάμψης, κεντρικός εφελκυσμός), έχει σημαντική επιρροή στην εφελκυστική αντοχή.

ε) Με αυτεντάσεις (συστολή ξηράνσεως, θερμοκρασία) καταναλώνεται ήδη ένα μέρος της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος, σε οριακές περιπτώσεις έχουμε κιόλας υπέρβαση της εφελκυστικής αντοχής και συνεπώς ρηγμάτωση από συστολή ξηράνσεως και μόνο. (WOMMELSDORFF, ΟΤΤΟ-ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ (ΜΕΛΕΤΗ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ) – μεταφρ. Γ. Χατζηθεοδώρου τόμος 2 -εκδ. Μ. ΓΚΙΟΥΡΔΑΣ 1976).

13) ΠΑΤΩΜΑΤΑ

13.1. Είδη πατωμάτων

- Σε κτίρια πλήρους σκελετού από οπλισμένο σκυρόδεμα τα πατώματα αποτελούνται από πλάκες (συμπαγείς ή με σώματα πληρώσεως) επί εσχάρας δοκών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Μέσω αυτών των δοκών, το πάτωμα εδράζονται επί των κατακόρυφων φερόντων, στοιχείων, επίσης από οπλισμένο σκυρόδεμα. (υποστυλώματα. - τοιχώματα). - Σε κτίρια μη πλήρους σκελετού από οπλισμένο σκυρόδεμα το πάτωμα αποτελείται μόνον από πλάκες ή από πλάκες και δοκούς, εδραζόμενο επί φερόντων εσωτερικών και εξωτερικών τοίχων ή επί φερόντων τοίχων και επί υποστυλωμάτων τοιχωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα.

- Ειδική κατηγορία πατωμάτων συνιστούν πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα εδραζόμενες απ' ευθείας επί υποστυλωμάτων, χωρίς την μεσολάβηση δοκών («μηκυτοειδή πατώματα»).

- Σε κτίρια με μεταλλικό σκελετό, τα πατώματα είναι πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα εδραζόμενες επί των σιδηροδοκών, οι οποίες λειτουργούν συγχρόνως και ως εγκάρσιος σύνδεσμος. Όμοια πατώματα κατασκευάζονται και σε κτίρια χωρίς μεταλλικό σκελετό.

- Σε κτίρια από προκατασκευασμένα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος, προκατασκευάζονται και τα πατώματα (πλάκες - δοκοί) συναρμολογούμενα με τον υπόλοιπο σκελετό στο εργοτάξιο.

Άλλα είδη πατωμάτων για δευτερεύουσας σημασίας κτίρια είναι:

- Ξύλινα πατώματα επί ξύλινων ή σιδηρών δοκών.

- Πατώματα από θολίσκους επί σιδηροδοκών διπλού ταυ.

- Πατώματα από άοπλο σκυρόδεμα επί επιπέδων ή κυματοειδών ελασμάτων, εδραζομένων επί σιδηροδοκών κλπ. (Θ. Π. ΤΑΣΙΟΣ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ & ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΟΠΛ. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ –εκδ. ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ 1986).

14) ΑΛΛΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΩΔΟΜΗΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

14.1. Γενικά.

Εκτός από τις πλάκες, τα δοκάρια, τις κολώνες, τα πλαίσια και τα τοιχώματα, που υπάρχουν σε όλες σχεδόν τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα, κατασκευάζονται με το υλικό αυτό και διάφορα άλλα στοιχεία της ανωδομής των δομικών έργων. Τα στοιχεία αυτά είναι διαφόρων ειδών και αποτελούν άλλοτε σημαντικά και άλλοτε βοηθητικά μέλη της κατασκευής. Επειδή η εφαρμογή τους δεν είναι τόσο συχνή, όπως για τα στοιχεία που έχουν αναφερθεί ως εδώ, δεν έχει τυποποιηθεί ούτε η μόρφωσή τους, ούτε η σχεδιάσή τους και πολλές φορές ούτε και έχει καθιερωθεί κάποιο όνομα για τα στοιχεία αυτά. Στα σχέδια λοιπόν πρέπει να υπάρχουν όλες οι απαραίτητες προβολές και τομές τους, για να καθορίζεται με κάθε λεπτομέρεια το γεωμετρικό τους σχήμα, όπως και όλες οι πληροφορίες οι σχετικές με τον οπλισμό τους. Από όλη αυτή την ποικιλία θεωρούμε σκόπιμο να εξετάσουμε λίγο δυο ομάδες τέτοιων στοιχείων:

α) Τα κελύφη και πλακοκελύφη.

β) Τους ελκυστήρες και αναρτήρες.

Οι δυο αυτές ομάδες αναφέρονται σε σημαντικά μέλη της κατασκευής. Στα βοηθητικά μέλη υπάγονται τα ανώφλια (πρέκια), οι ποδιές και τα κατώφλια των κουφωμάτων, τα στηθαία, τα κολωνάκια, τα κράσπεδα, τα σκαλοπάτια, τα ρείθρα και άλλα παρόμοια.

14.2. Κελύφη και πλακοκελύφη.

Τα στοιχεία μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα, που έχουν μικρό πάχος σε σύγκριση με τις δυο άλλες τους διαστάσεις και στηρίζονται σε ορισμένες μόνο περιοχές τους, δεν είναι όμως επίπεδα, δεν κατατάσσονται στις πλάκες. Αν η μορφή τους είναι καμπύλη, λέγονται κελύφη ενώ, αν είναι τεθλασμένη, λέγονται πλακοκελύφη ή πτυχωτές κατασκευές.

Ο στατικός υπολογισμός των κελυφών και πλακοκελυφών, δηλαδή ο καθορισμός των εσωτερικών δυνάμεων και ροπών, που αναπτύσσονται σε κάθε σημείο τους, είναι αρκετά δύσκολος και εξαιρετικά λεπτός. Ο υπολογισμός αυτός γίνεται πάντα κατά προσέγγιση και βασίζεται σε διάφορες απλοποιητικές παραδοχές. Μια τέτοια παραδοχή ακατάλληλη θα μπορούσε να προκαλέσει καταστρεπτικά αποτελέσματα. Για αυτό ο υπολογισμός τέτοιων κατασκευών πρέπει να γίνεται μόνο από διπλωματούχους μηχανικούς με ειδική πείρα σε τέτοια θέματα. Σημειώνουμε πάντως ότι η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών τις τελευταίες δεκαετίες επέτρεψε να αναπτυχθούν και ορισμένες μέθοδοι, όπως Π.χ. η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων, που με αυτές τα αποτελέσματα των υπολογισμών πλησιάζουν πολύ περισσότερο στην πραγματικότητα.

Τα κελύφη και πλακοκελύφη μπορούν να έχουν εξαιρετικά μικρό πάχος και πολύ μεγάλα ανοίγματα. αποστάσεις δηλαδή ανάμεσα στις στηρίξεις τους. Υπάρχουν σήμερα τέτοιες κατασκευές με ανοίγματα πάνω από 100 m και άλλες με πάχη μικρότερα από 4 cm. Θα μπορούσε μάλιστα το πάχος να είναι ακόμα μικρότερο, αν η φύση του υλικού το επέτρεπε.

Επειδή ακριβώς τα κελύφη είναι πολύ ελαφρά και έχουν μεγάλη αντοχή, η εφαρμογή τους αναπτύχθηκε εξαιρετικά τα τελευταία χρόνια. Επειδή δεν είναι επίπεδα, δε μπορούν να εφαρμοσθούν στις περιπτώσεις πατωμάτων, καταστρωμάτων γεφυρών και γενικότερα στοιχείων, που πάνω τους προβλέπεται να κυκλοφορούν πεζοί ή οχήματα. Η κυριότερη εφαρμογή τους γίνεται για την κάλυψη μεγάλων μονώροφων χώρων, όπου για λόγους λειτουργικούς κι' αισθητικούς είναι ανεπιθύμητες οι εσωτερικές στηρίξεις, όπως Π.χ. σε εκκλησίες, θέατρα, στάδια, αίθουσες εκθέσεων, εργοστάσια κλπ.

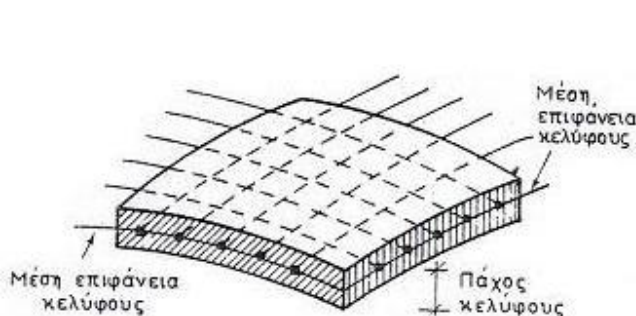
Η ιδέα των κελυφωτών κατασκευών είναι πολύ παλιά. Πράγματι στα κελύφη πρέπει να κατατάξουμε τους διάφορους θόλους, κυλινδρικούς, σφαιρικούς κλπ, που, όπως είναι γνωστό, πρώτα χρησιμοποιήθηκαν πριν χιλιάδες χρόνια στη Μεσοποταμία και αργότερα στη Ρωμαϊκή και τη Βυζαντινή αρχιτεκτονική. Η εξέλιξη αυτών των θόλων είναι τα κελύφη.

Τα κελύφη και τα πλακοκελύφη λειτουργούν κυρίως σα μεμβράνες, στις διατομές τους δηλαδή αναπτύσσονται κυρίως αξονικές δυνάμεις και μόνο κοντά στις στηρίξεις τους υπάρχουν ροπές και τέμνουσες δυνάμεις, που και αυτές είναι πολύ μικρές σχετικά με τα φορτία και τα ανοίγματα της κατασκευής. Γι' αυτό και ο οπλισμός, που χρειάζεται κυρίως για να εξασφαλίσει τη συνοχή της κατασκευής, μπαίνει κατά κανόνα στη μέση του πάχους του κελύφους και ακολουθεί δυο διευθύνσεις περίπου κάθετες μεταξύ τους (σχ. 14.1). Ο οπλισμός αυτός αναλαμβάνει τις εφελκυστηκές αξονικές δυνάμεις, όπου υπάρχουν τέτοιες δυνάμεις, χρειάζεται όμως και για την αντιμετώπιση της συστολής από την πήξη του σκυροδέματος, των τοπικών διαφορών θερμοκρασίας, των τοπικών διαφορών στην ποιότητα του σκυροδέματος

κλπ. Στις περιοχές, όπου υπάρχουν και καμπτικές ροπές, ο οπλισμός πρέπει να διατάσσεται σε δυο σκάρες, μια σε κάθε όψη του κελύφους (σχ. 14.2).

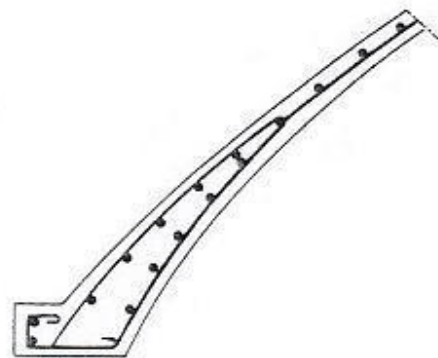
Πολύ σοβαρό θέμα αποτελεί και η μελέτη και κατασκευή της σκαλωσιάς και των καλουπιών για τα μεγάλα κελύφη. Η σκαλωσιά πρέπει να υπολογίζεται έτσι, ώστε να έχει αρκετή αντοχή, για να σηκώσει το βάρος του νωπού σκυροδέματος. Τα καλούπια πρέπει να έχουν διαμορφωθεί κατάλληλα, ώστε μετά την παραμόρφωσή τους από το βάρος του νωπού σκυροδέματος να πάρουν ακριβώς τη σωστή μορφή του κελύφους (βλέπε και Γενική Δομική Ι για τους αψιδότυπους).

Χρειάζεται επίσης προσοχή στο πρόγραμμα διαστρώσεως του σκυροδέματος, που συνήθως δεν προφταίνει να στρωθεί χωρίς διακοπή, επειδή τα κελύφη έχουν μεγάλη έκταση. Τα φορτία πάνω στα καλούπια πρέπει να αυξάνονται με τη σειρά, που έχει προβλεφθεί στη μελέτη. Πρέπει να προσπαθούμε οι αρμοί διακοπής της δουλειάς να είναι σχεδόν κάθετοι με τις μέγιστες θλιπτικές τάσεις, ενώ πρέπει να αποφεύγονται εντελώς στις περιοχές, όπου υπάρχουν εφελκυστικές τάσεις προς όλες τις διευθύνσεις.



σχ. 14.1

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΕ ΚΕΛΥΦΟΣ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ



σχ. 14.2

ΚΟΝΤΑ ΣΤΙΣ ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ ΤΩΝ ΚΕΛΥΦΩΝ
Ο ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΥΝΗΘΩΣ ΔΙΑΤΑΣΣΕΤΑΙ
ΣΕ ΔΙΠΛΗ ΣΚΑΡΑ

Τέλος ιδιαίτερη προσοχή Χρειάζεται στο ξεκαλούπωμα. Για το ξεκαλούπωμα πρέπει να έχει γίνει ειδική μελέτη και οι οδηγίες της μελέτης αυτής να εφαρμόζονται με σχολαστικότητα. Αν το ξεκαλούπωμα δε γίνει σωστά, μπορεί να δημιουργηθούν σε ορισμένα σημεία του κελύφους προσωρινές στηρίξεις και να αναπτυχθούν έτσι σε ορισμένες θέσεις της κατασκευής εσωτερικές δυνάμεις και ροπές εντελώς διαφορετικές από τις τελικές, από αυτές δηλαδή που έχουν λογαριασθεί για να καθορισθεί το πάχος και ο οπλισμός. Υπάρχει έτσι ο κίνδυνός οι τάσεις του σκυροδέματος ή του οπλισμού να ξεπεράσουν τα επιτρεπόμενα όρια και να ακολουθήσουν πολύ δυσάρεστα αποτελέσματα, ακόμα και κατάρρευση όλου του έργου.

14.3. Ελκυστήρες και αναρτήρες.

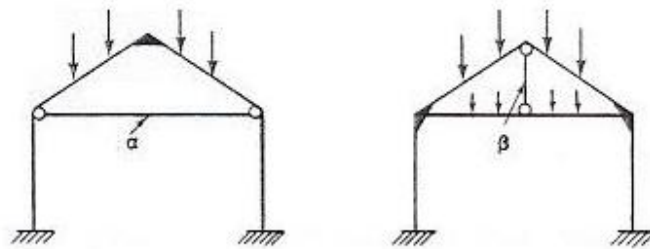
Ελκυστήρες από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι εκείνα τα στοιχεία της κατασκευής, όπου κατά κύριο λόγο αναπτύσσονται σημαντικές εφελκυστικές αξονικές δυνάμεις. Οι ελκυστήρες είναι σχεδόν πάντοτε ευθύγραμμοι και το μήκος τους είναι πολύ μεγάλο σε σύγκριση με τις άλλες

διαστάσεις τους. Οι κατακόρυφοι ελκυστήρες ονομάζονται και αναρτήρες. Ελκυστήρες και αναρτήρες είναι συνήθως μέλη κατασκευών πλαισιωτών ή τοξωτών (σχ. 14.3).

Κατά τους υπολογισμούς παραδεχόμαστε, όπως ήδη έχουμε πει, ότι το σκυρόδεμα δε μπορεί να αναλάβει καμιάν εφελκυστική τάση, οσοδήποτε μικρή και αν είναι. Επομένως στους ελκυστήρες και αναρτήρες το σκυρόδεμα είναι αδρανές και όλη η δύναμη εφελκυσμού αναλαμβάνεται από τον οπλισμό. Ο οπλισμός αυτός είναι διαμήκης και πρέπει να εξασφαλίζεται ότι είναι πολύ καλά αγκυρωμένος στις δυο του άκρες μέσα σε άλλα στοιχεία της κατασκευής, όπου καταλήγει ο ελκυστήρας.

Ο οπλισμός πρέπει να αποτελείται από ράβδους μονοκόμματος από τη μια άκρη ως την άλλη. Αν αυτό είναι αδύνατο, επειδή ο ελκυστήρας είναι πολύ μακρύς, μπορεί κάθε ράβδος να αποτελείται από δυο ή περισσότερα κομμάτια, αλλά η σύνδεση των κομματιών πρέπει να γίνεται οπωσδήποτε με αρμοκλείδες ή ηλεκτροσυγκόλληση και όχι με απλή παράθεση. Στη θέση της συνδέσεως για τον υπολογισμό των τάσεων λαμβάνεται υπόψη μόνο το 80% της διατομής των ράβδων. Γι' αυτό οι συνδέσεις των ράβδων δεν πρέπει γίνονται όλες στην ίδια θέση.

Εκτός από τον κύριο διαμήκη οπλισμό υπάρχει και κάποιος στοιχειώδης εγκάρσιος οπλισμός, όπως και στις κολώνες. Γενικά οι ελκυστήρες και οι αναρτήρες είναι στοιχεία πολύ συγγενικά με τις κολώνες, αφού και αυτές αναλαμβάνουν κυρίως αξονικές δυνάμεις. Η διαφορά είναι ότι η δύναμη στην περίπτωση αυτή είναι εφελκυστική, ενώ στις κολώνες είναι θλιπτική. (ΑΡΙΣΤΕΙΔΗ ΔΕΪΜΕΖΗ -ΓΕΝΙΚΗ ΔΟΜΙΚΗ ΙΙ –εκδ. ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1969).



σχ. 14.3

ΜΕΛΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΠΟΥ ΥΠΟΚΕΙΝΤΑΙ
ΣΕ ΚΑΘΑΡΟ ΕΦΕΛΚΙΣΜΟ
Α) ΕΛΚΥΣΤΗΡΑΣ Β) ΑΝΑΡΤΗΡΑΣ

15) ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

15.1. Τυπικές περιπτώσεις βλαβών. Αιτιολογία.

Το οπλισμένο όπως και το προεντεταμένο σκυρόδεμα αποτελούν σήμερα το φέροντα οργανισμό των περισσότερων τεχνικών έργων, Όπως όλα τα υλικά έχουν και αυτά τις αδυναμίες τους και πολλές φορές παρουσιάζουν βλάβες ή ατέλειες. Είναι φανερό ότι οι βλάβες αυτές πρέπει να αντιμετωπίζονται με εξαιρετική προσοχή και ευθύνη, γιατί σχετίζονται με την ασφάλεια των έργων και μπορούν να προκαλέσουν ακόμα και την κατάρρευσή τους, με αποτέλεσμα να προκύψουν ανυπολόγιστες υλικές ζημιές, αλλά, το σπουδαιότερο, και ανθρώπινα θύματα.

Οι βλάβες του σκυροδέματος μπορούν να χωριστούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

Στην πρώτη κατατάσσονται οι βλάβες που παρουσιάζονται αμέσως μετά τη διάστρωση του σκυροδέματος ή κατά το ξεκαλούπωμα ή ακόμα και μετά από λίγες μέρες ή βδομάδες.

Στη δεύτερη κατατάσσονται οι βλάβες που παρουσιάζονται αργότερα, και μάλιστα κατά κανόνα μετά από κάποιο γεγονός όχι συνηθισμένο. Οι βλάβες της πρώτης κατηγορίας μπορούν να οφείλονται σε πολλές και διάφορες αιτίες, που υφίστανται είτε μόνες τους είτε σε συνδυασμό με άλλες. Οι κυριότερες από τις αιτίες αυτές είναι:

α) Λάθη της στατικής μελέτης.

β) Λάθη στην εφαρμογή της μελέτης, Π.χ. παραλείψεις ή λανθασμένη τοποθέτηση ράβδων του οπλισμού.

γ) Κακή ποιότητα υλικού, δηλαδή χειρότερη από κείνη που έχει λάβει υπόψη του ο μελετητής στις παραδοχές του.

δ) Κακή συμπίκνωση του σκυροδέματος και γενικότερα κακή εφαρμογή των προδιαγραφών σχετικά με τη σύνθεση, ανάμιξη, μεταφορά και διάστρωση του σκυροδέματος.

ε) Πρόωρο ξεκαλούπωμα.

στ) Κακή συντήρηση του σκυροδέματος.

Οι βλάβες της δεύτερης κατηγορίας οφείλονται κυρίως στην επιβολή φορτίων, που υπερβαίνουν εκείνα που προβλέπει η μελέτη, ή μάλλον εκείνα που μπορεί να αντιμετωπίσει η κατασκευή και που, θεωρητικά τουλάχιστον, πρέπει να είναι σημαντικά μεγαλύτερα των προηγούμενων. Η συχνότερη αιτία για μια τέτοια υπέρβαση των φορτίων είναι ο σεισμός. Υποτίθεται βέβαια ότι τα νεότερα τουλάχιστον έργα είναι αντισεισμικά, έχει γίνει δηλαδή ειδική πρόβλεψη κατά τη μελέτη τους για να μπορούν να αντιμετωπίσουν το σεισμό, χωρίς να υποστούν βλάβες. Παρόλα αυτά, συχνά παρουσιάζουν και αυτά βλάβες, που μπορεί να οφείλονται στο ότι ο δε σεισμός ήταν ισχυρότερος από εκείνον, που είχε λάβει υπόψη του ο μελετητής ακολουθώντας τις οδηγίες των σχετικών κανονισμών. Το πιθανότερο όμως είναι το ότι συντρέχουν και μερικά από τα αίτια που αναφέρθηκαν για τις βλάβες της πρώτης κατηγορίας, αλλά σε τέτοιο βαθμό, ώστε το βλαβερό τους αποτέλεσμα δεν μπορούσε να εκδηλωθεί κάτω από τις συνηθισμένες συνθήκες.

Επιβολή υπερβολικών φορτίων μπορεί να γίνει και από άλλες αιτίες, όπως Πχ., μια έκρηξη, ένα βομβαρδισμό κλπ., αλλά και από την προσθήκη ωφέλιμων φορτίων πέρα από αυτά που προβλέπει η μελέτη. Η προσθήκη αυτή γίνεται σε πολλές περιπτώσεις. επειδή δεν είναι γνωστές οι παραδοχές της μελέτης σ' αυτούς που χρησιμοποιούν το έργο. Τέτοια

παραδείγματα έχομε σε αποθήκες, αλλά και σε άλλους χώρους, όπου συσσωρεύονται βαριά αντικείμενα, σε γέφυρες απ' όπου περνούν οχήματα βαρύτερα από τα προβλεπόμενα κλπ.

Οι βλάβες της δεύτερης κατηγορίας μπορεί να οφείλονται όχι μόνο στην άμεση επιβολή υπερβολικών φορτίων, αλλά και στη μείωση της αντοχής του φέροντα οργανισμού του έργου από διάφορες αιτίες, όπως Π.χ. υποσκαφή θεμελίων, οξείδωση οπλισμού, άνοιγμα οπών για διάβαση σωλήνων, καλωδίων ή παρόμοιων στοιχείων σχετικών με τη λειτουργία του έργου, μείωση της διατομής ή και του οπλισμού δοκαριών και κολώνων για διευκόλυνση της λειτουργίας του έργου κλπ. Πολλές φορές τα γεγονότα αυτά δεν έχουν άμεσες συνέπειες, αλλά γίνονται αιτία βλάβης, όταν συνδυασθούν με επιβολή πρόσθετου φορτίου, Π.χ. σε περίπτωση σεισμού.

Οι βλάβες των δυο κατηγοριών αντιμετωπίζονται με πολύ διαφορετική αντίληψη. Οι πρώτες, σε αντίθεση με τις δεύτερες, παρουσιάζονται σε έργα, που δεν λειτουργούν ακόμα, όπου δεν έχουν ενσωματωθεί τα δαπανηρότερα είδη κατασκευών, εγκαταστάσεων, επιπλώσεων, εξοπλισμού κλπ. και μάλιστα στα τμήματά τους που μόλις κατασκευάστηκαν. Είναι λοιπόν λογικό στις περιπτώσεις αυτές να αντιμετωπίζεται εύκολα ακόμα και η καθαίρεση τμήματος, που παρουσίασε τη βλάβη ή και όλου του έργου. Εξάλλου, η επισκευή της βλάβης δεν έχει τόσο τον επείγοντα χαρακτήρα, όπως σ' ένα έργο που λειτουργεί, μπορεί επομένως να εξετασθεί η περίπτωση σε κάθε της λεπτομέρεια, να γίνουν οι αναγκαίες δοκιμές και να αποφασισθεί με ψυχραιμία, αν πρέπει να γίνει επισκευή της βλάβης και τι είδους επισκευή θα είναι αυτή.

Αντίθετα, οι βλάβες της δεύτερης κατηγορίας απαιτούν επείγουσα επέμβαση και κάθε προσπάθεια για επισκευή, με σκοπό να διασωθεί ένα σημαντικό έργο. Δεν αποκλείεται βέβαια και σ' αυτές τις περιπτώσεις να μην υπάρχει άλλη λύση από την καθαίρεση μέρους ή όλου του έργου, αλλά μια τέτοια απόφαση πρέπει να παρθεί, αφού εξαντληθεί κάθε ελπίδα για την εφαρμογή άλλης λύσεως. Το πιο συνηθισμένο είδος βλάβης στα σκυροδέματα είναι οι ρωγμές. Θεωρητικά, το οπλισμένο σκυρόδεμα, όχι όμως και το προεντεταμένο, είναι πάντοτε ρηγματωμένο στις περιοχές, όπου οι τάσεις εφελκυσμού ή διάτμησης ξεπερνούν την αντίστοιχη αντοχή του. Οι ρωγμές αυτές όμως, όταν ο οπλισμός είναι εκείνος που προκύπτει από τους υπολογισμούς και έχει τοποθετηθεί σωστά σύμφωνα με τους σχετικούς κανονισμούς, έχουν τόσο μικρό πλάτος, ώστε δεν φαίνονται με γυμνό μάτι. Κάθε ρωγμή επομένως που φαίνεται με γυμνό μάτι, είναι καταρχήν απαράδεκτη. Σε κατασκευές εντούτοις, όπου δεν μας ενδιαφέρει η στεγανότητα, μπορούμε να δεχθούμε την ύπαρξη ρωγμών με μικρό πλάτος, αν διαπιστώσουμε ότι δεν αποτελούν απειλή για την αντοχή του έργου.

Άλλο είδος βλάβης είναι η αποκόλληση κομματιών σκυροδέματος, που βρίσκονται κοντά στην ορατή του επιφάνεια με αποτέλεσμα να μειώνεται το πάχος επικάλυψης του οπλισμού ή και να απογυμνώνεται τελείως ο οπλισμός. Το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί να προκύψει, όταν από κακής ποιότητας κατασκευή το σκυρόδεμα δεν διαστρώνεται με την απαιτούμενη προσοχή, ώστε να γεμίσει όλα τα κενά μέσα στα καλούπια. .

Πολύ σοβαρότερες είναι οι βλάβες, όταν παρουσιάζονται απαράδεκτα μεγάλες παραμορφώσεις, όπως Π.χ. υπερβολικά βέλη σε πλάκες ή δοκάρια. Τέλος η χειρότερη περίπτωση είναι, όταν ορισμένα στοιχεία της κατασκευής θραύονται ή όταν τμήματα της κατασκευής καταρρέουν.

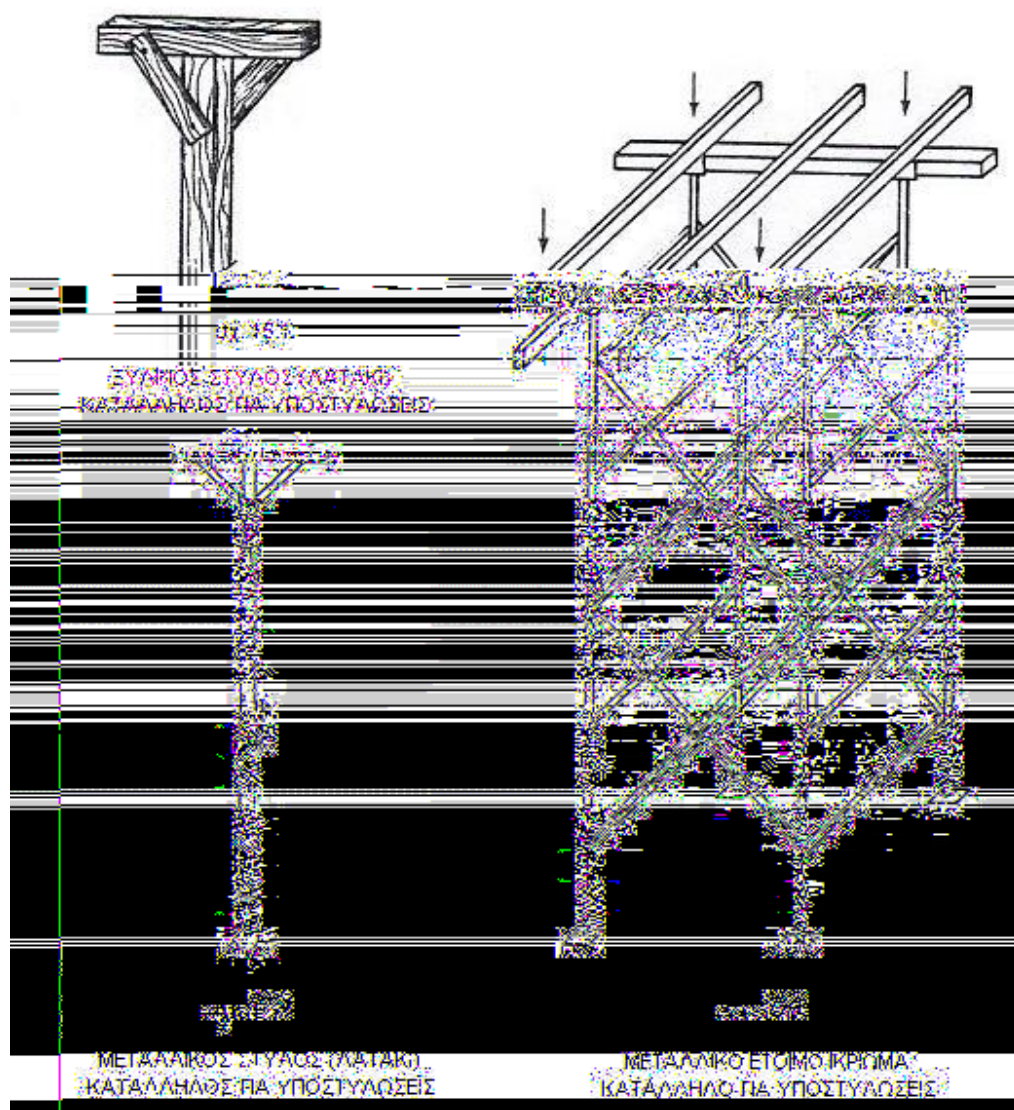
15.2. Προσωρινές υποστυλώσεις.

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, ορισμένες βλάβες του σκυροδέματος παρουσιάζονται την ώρα που αφαιρούνται τα καλούπια. Οι βλάβες αυτές συνοδεύονται με

τριξίματα ή παρόμοιους θορύβους, με ξεκόλλημα μικρών κομματιών σκυροδέματος, με μεγάλες παραμορφώσεις της κατασκευής κλπ. Μόλις γίνει αντιληπτό κάποιο από τα φαινόμενα αυτά, πρέπει αμέσως να σταματήσει το ξεκαλούπωμα και να απομακρυνθούν, όσοι βρίσκονται κάτω από την κατασκευή. Θα επακολουθήσει μια έρευνα, πριν αποφασισθεί αν η κατασκευή θα καθαιρεθεί ή αν θα επιχειρηθεί η επισκευή της ή ακόμη και αν θα συνεχισθεί το ξεκαλούπωμα μετά από μερικές μέρες, στην περίπτωση που τα φαινόμενα που παρατηρήθηκαν οφείλονται σε πρόωρο ξεκαλούπωμα.

Σε κάθε άλλη περίπτωση σοβαρής βλάβης, που δημιουργεί έστω και υποψίες για την ασφάλεια της κατασκευής, η πρώτη ενέργεια, πριν ακόμα αποφασισθεί ο τρόπος αντιμετώπισης της βλάβης, είναι η άμεση υποστυλώση της κατασκευής. Το ίδιο βέβαια ισχύει και για το τμήμα της κατασκευής, που έχει ήδη ξεκαλουπωθεί, αν η βλάβη παρουσιάζεται κατά το ξεκαλούπωμα.

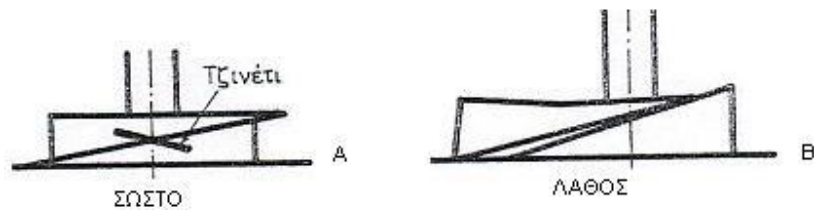
Για της υποστυλώσεις, που στη γλώσσα του εργοταξίου λέγονται μπουντελιάρισμα, χρησιμοποιούνται τα ίδια υλικά, όπως και στην κατασκευή των ικριωμάτων, δηλαδή ξύλινα. (σχ. 15.1) ή μεταλλικά λατάκια (σχ. 15.2) ή και σύνθετα στοιχεία, μεταλλικής σκαλωσιάς (σχ. 15.3). Επειδή η κατασκευή των υποστυλώσεων έχει επείγοντα χαρακτήρα, δεν αποκλείεται και η χρήση άλλων υλικών, που είναι ευκολότερο να βρεθούν, όπως Π.χ. κορμών δέντρων, χαλύβδινων δοκαριών κλπ.



Όταν οι βλάβες είναι περιορισμένες, η υποστύλωση μπορεί να περιορισθεί μόνο σε μερικά καίρια σημεία, Π.χ. στα μέσα των ανοιγμάτων των δοκαριών. Σε σοβαρότερες περιπτώσεις τα σημεία υποστυλώσεως πρέπει να είναι πυκνότερα και σε εξαιρετικά επικίνδυνες η υποστύλωση πρέπει να παίρνει τη μορφή, που είχαν τα ικριώματα των καλουπιών, που υπήρχαν όταν διαστρωνόταν το σκυρόδεμα της κατασκευής. Οι εργασίες αυτές είναι πολύ σοβαρές και θα πρέπει να αποφασίζονται από κάποιον ειδικευμένο πολιτικό μηχανικό, που θα επιβλέπει και την εκτέλεσή τους. Από την άλλη μεριά όμως οι εργασίες αυτές είναι και πολύ επείγουσες κι έτσι, αν δεν μπορεί να εξασφαλιστεί η παρουσία μηχανικού, πρέπει να αποφασίζονται και χωρίς αυτόν και να εκτελούνται χωρίς πνεύμα οικονομίας.

Η κατασκευή των υποστυλώσεων γίνεται σε γενικές γραμμές, όπως και η κατασκευή των ικριωμάτων. Η κυριότερη διαφορά είναι ότι τα ικριώματα κατασκευάζονται πριν από τις κατασκευές που πρόκειται να τα φορτίσουν, ενώ αντίθετα οι υποστυλώσεις πρέπει να φορτισθούν από κατασκευές που ήδη υπάρχουν. Αυτό μπορούμε να το πετύχουμε με πολλούς τρόπους, βάζοντας Π.χ. ζευγάρια σφήνες σε κατάλληλες θέσεις (σχ. 15.4), χρησιμοποιώντας μεταλλικούς στύλους με κοχλιωτή διάταξη (σχ. 15.5) ή γρύλλους μηχανικούς ή υδραυλικούς. Χρειάζεται μεγάλη προσοχή, ώστε η σφήνωση των υποστυλώσεων να εξασφαλίζει τη στήριξη

της κατασκευής πάνω στην υποστυλωση, χωρίς όμως να φθάνει στο σημείο να τη σπρώχνει προς τα πάνω. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να προκαλέσει νέες βλάβες στην ήδη επισφαλή κατασκευή.



σχ. 15.4

ΖΕΥΓΑΡΙ ΣΦΗΝΩΝ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΣΤΥΛΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΣΕΩΣ
Α) ΣΩΣΤΗ ΔΙΑΤΑΞΗ Β) ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗ ΔΙΑΤΑΞΗ



σχ. 15.5

ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΣΤΗΛΟΣ ΜΕ ΚΟΧΛΩΤΗ ΔΙΑΤΑΞΗ
ΠΟΥ ΕΠΙΤΡΕΠΕΙ ΤΗ ΣΦΗΝΩΣΗ ΤΟΥ

Οι υποστυλώσεις αφαιρούνται, όταν συμπληρωθούν όλες οι εργασίες επισκευής και περάσουν και μερικές μέρες, ώστε να γίνει το πήξιμο και η σκλήρυνση του σκυροδέματος που έχει τυχόν χρησιμοποιηθεί για την επισκευή. Η αφαίρεση τους γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή, αφού πρώτα χαλαρωθούν οι σφήνες, οι κοχλίες ή οι γρύλλοι, επειδή δεν αποκλείεται η επισκευή να μην έχει πετύχει και να προκληθούν ατυχήματα.

15.3. Μέθοδοι και υλικά επισκευών.

Όπως, για να καθορισθεί η μέθοδος θεραπείας μιας αρρώστιας, είναι απαραίτητο να προηγηθεί η διάγνωση, έτσι και για τις βλάβες του σκυροδέματος χρειάζεται να γίνει, πριν από την επισκευή τους, μια έρευνα από έναν έμπειρο πολιτικό μηχανικό, για να διαπιστωθούν τα αίτια που τις προκάλεσαν, ώστε να ακολουθηθεί μια λεπτομερής μελέτη για την επισκευή τους. Η έρευνα αυτή πρέπει να έχει πολλαπλές κατευθύνσεις, επειδή και τα αίτια των βλαβών είναι ποικίλα.

Πρώτα πρέπει να ελεγχθεί η στατική μελέτη και ιδιαίτερα η αντισεισμική μελέτη, αν οι βλάβες παρουσιάστηκαν μετά από σεισμό. Ο έλεγχος έχει σκοπό να διαπιστώσει αν υπάρχουν

παραβάσεις των κανονισμών, λάθη ή ανεπάρκειες στις παραδοχές ή στην εκτέλεση των υπολογισμών, ασυμφωνίες των σχεδίων με τα αποτελέσματα των υπολογισμών κλπ. Στη συνέχεια πρέπει να γίνει μια προσπάθεια να διαπιστωθεί αν η μελέτη εφαρμόστηκε σωστά. Ο έλεγχος αυτός είναι σχετικά εύκολος ως προς τις διαστάσεις πλακών, δοκαριών, κολώνων κλπ., είναι όμως πολύ δυσκολότερος ως προς τον οπλισμό. Σποραδικοί έλεγχοι μπορούν να γίνουν στα σημεία, όπου ο οπλισμός έχει αποκαλυφθεί μετά από τις βλάβες που έχουν επέλθει ή και με την αποκάλυψη του οπλισμού σε ορισμένα άλλα καίρια σημεία. Ο έλεγχος πρέπει να προχωρήσει και στην ποιότητα του σκυροδέματος, για να διαπιστωθεί αν είναι σύμφωνη με τις προδιαγραφές της μελέτης. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι και αντίστοιχες συσκευές, που επιτρέπουν να εκτιμηθεί έμμεσα η αντοχή του σκυροδέματος με τη μέτρηση της επιφανειακής του σκληρότητας. Αν οι μετρήσεις αυτές δεν είναι αρκετά ικανοποιητικές και αφήνουν αμφιβολίες, πρέπει η αντοχή του σκυροδέματος να μετρηθεί άμεσα. Για το σκοπό αυτό κόβονται με κατάλληλες συσκευές, κυλινδρικά δοκίμια (καρότα) από σημεία της κατασκευής, όπου η αφαίρεση του σκυροδέματος δεν δημιουργεί πρόσθετους κινδύνους, και υποβάλλονται σε δοκιμασία της αντοχής τους σε θλίψη.

Έχοντας όλα αυτά τα στοιχεία ο μηχανικός θα αποφασίσει για την τύχη του έργου. Αν προκύπτει ότι η αντοχή της κατασκευής είναι ανεπαρκής και οι βλάβες τόσο εκτεταμένες, ώστε οι επισκευές και ενισχύσεις να γίνονται ασύμφορες, είναι πιθανόν να καταλήξει στην απόφαση, να καθαιρεθεί ένα μέρος ή και το σύνολο του έργου. Μια τέτοια απόφαση, παίρνεται πολύ πιο εύκολα, όταν το έργο είναι ακόμα υπό κατασκευή, ενώ πρέπει να αποφεύγεται, όσο μεγαλύτερη είναι η αξία του έργου και των ενσωματωμένων σ' αυτό εγκαταστάσεων και ιδιαίτερα αν το έργο έχει και ιστορική ή καλλιτεχνική αξία. Όταν, αντίθετα, τα αποτελέσματα των ελέγχων είναι ικανοποιητικά και οι βλάβες πολύ ελαφρές, Π.χ. ρωγμές πολύ μικρού πάχους, ο μηχανικός μπορεί να αποφασίσει να μη γίνει καμιά επισκευή. Αν μάλιστα οι βλάβες έχουν παρουσιαστεί κατά το ξεκαλούπωμα, μπορεί να επιτρέψει τη συμπλήρωσή του και την αφαίρεση των τυχόν προσωρινών υποστυλώσεων. Οι εργασίες αυτές βέβαια πρέπει να γίνουν με μεγάλη προσοχή και χωρίς να υπάρχουν άνθρωποι κάτω από την κατασκευή.

Πριν γίνει οριστική η απόφαση να μη γίνουν επισκευές, είναι σκόπιμο να γίνουν δοκιμαστικές φορτίσεις της κατασκευής. Οι δοκιμαστικές φορτίσεις γίνονται με συσσώρευση φορτίων, συνήθως οικοδομικών υλικών, που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τη συνέχιση του έργου. ώστε να προκαλείται φόρτιση της κατασκευής σημαντικά μεγαλύτερη (π.χ. κατά 50%) από κείνη, που προβλέπεται στη μελέτη. Αν η κατασκευή δεν παρουσιάσει νέες βλάβες ή επιδείνωση των αρχικών, δεν χρειάζεται να γίνει καμιά επισκευή τουλάχιστον από την άποψη της αντοχής και της ασφαλείας της. Οι επισκευές, αν γίνουν, θα έχουν σκοπούς αισθητικούς ή, αποκατάστασης της στεγανότητας τόσο για τη γενική προστασία του έργου όσο και ειδικότερα για την προστασία του οπλισμού.

Εξετάσθηκαν ως εδώ οι δυο ακραίες περιπτώσεις, δηλαδή η καθαίρεση της κατασκευής, όταν οι βλάβες της είναι πολύ σοβαρές και η αγνόηση τους, όταν είναι πολύ ελαφρές. Σε όλες τις ενδιάμεσες περιπτώσεις πρέπει να γίνει κάποιου είδους επισκευή. Το είδος και η έκταση των επισκευών αποφασίζεται από τον υπεύθυνο πολιτικό μηχανικό, που οφείλει να συντάξει μια σχετική μελέτη με λεπτομερή σχέδια και σαφείς προδιαγραφές και οδηγίες για τις μεθόδους και τα υλικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.

Τις βλάβες του σκυροδέματος μπορούμε χονδρικά να τις κατατάξουμε σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τη σοβαρότητά τους.

- α) Απλές ρηγματώσεις.
- β) Ρηγματώσεις με τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος.
- γ) Πλήρη θραύση του σκυροδέματος συνοδευμένη με βλάβες στους οπλισμούς.

Αντίστοιχες είναι και οι μέθοδοι επισκευής τους, που μπορούν χονδρικά να διακριθούν σε τέσσερις κατηγορίες από τις απλούστερες προς τις σοβαρότερες.

α) Γέμισμα των ρωγμών με εποξειδική κόλλα.

β) Συγκόλληση χαλύβδινων ελασμάτων με εποξειδική κόλλα ή χρήση κολάρων από χαλύβδινα ελάσματα στηριγμένα με κοχλίες (μπουλόνια).

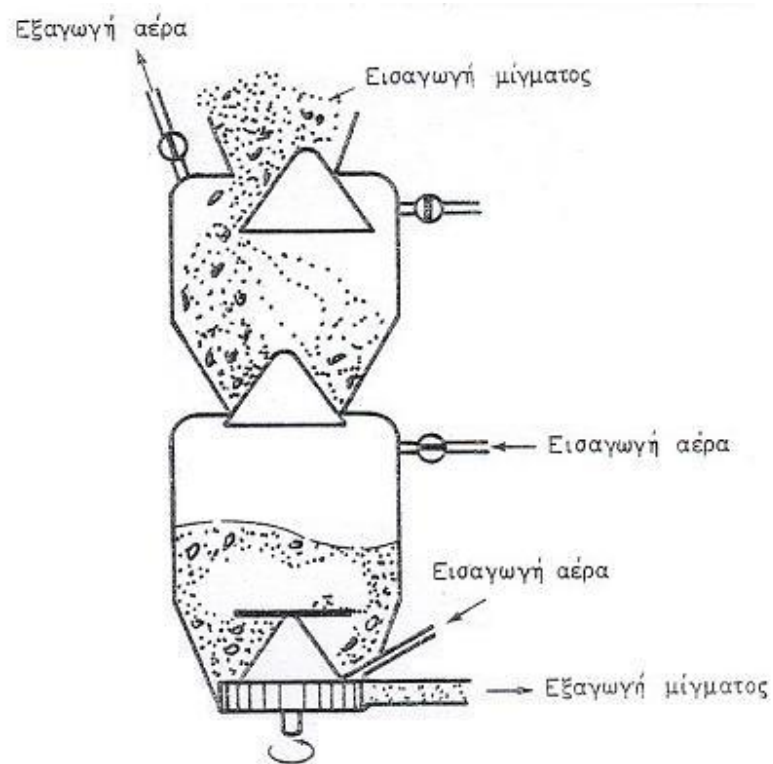
γ) Συγκόλληση στον υφιστάμενο οπλισμό νέου και κάλυψή του με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

δ) Προσθήκη νέου οπλισμού και αύξηση των διαστάσεων των στοιχείων της κατασκευής με διάστρωση νέου σκυροδέματος.

Πριν προχωρήσουμε στην περιγραφή των μεθόδων επισκευής, θεωρούμε σκόπιμο να περιγράψουμε μερικά υλικά και τις μεθόδους εφαρμογής τους.

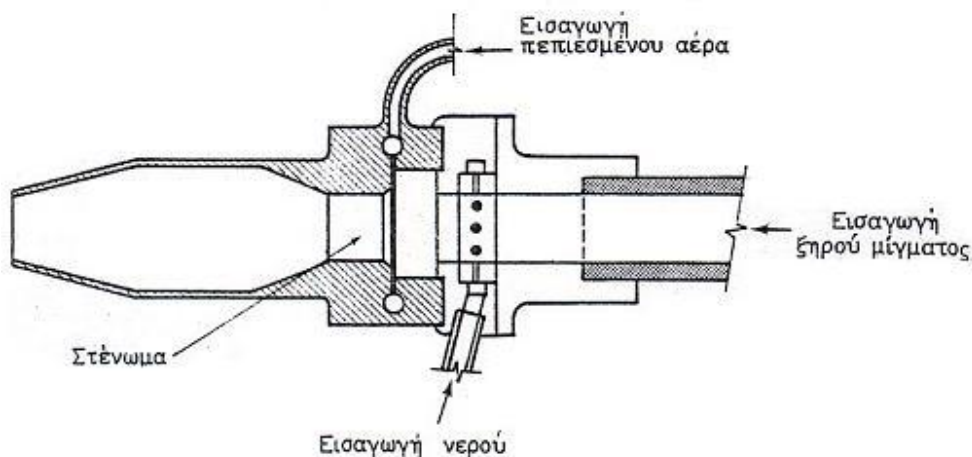
Οι εποξειδικές κόλλες είναι μίγματα μιας εποξειδικής ρητίνης και ενός σκληρυντή. Τα δυο αυτά υλικά διατίθενται στο εμπόριο σε ειδικά δοχεία με διαφορετικό χρώμα, για να μην υπάρχει κίνδυνος να γίνουν λάθη. Η ανάμιξή τους γίνεται σε ειδικούς αναμικτήρες, όπου τοποθετείται πρώτα η ρητίνη. Μετά από ανάμιξη επί δέκα περίπου δευτερόλεπτα προστίθεται ο σκληρυντής και η ανάμιξη συνεχίζεται για δυο περίπου λεπτά. Το υλικό εκτοξεύεται μέσα στις ρωγμές με τη βοήθεια ενός κατάλληλου εργαλείου με λεπτό ακροφύσιο, που συνδέεται με μίαν αντλία. Η διείσδυση της κόλλας δεν μπορεί να γίνει σε ρωγμές λεπτότερες από 0,1 mm, ενώ αντίθετα, όταν οι ρωγμές είναι φαρδύτερες από 3 mm, η κόλλα πρέπει να αναμιγνύεται με τσιμεντοπολτό. Οι εποξειδικές κόλλες μπορούν να χρησιμεύσουν και για συγκόλληση μεταλλικών ελασμάτων πάνω στο σκυρόδεμα, οπότε δεν χρησιμοποιείται αντλία για την εκτόξευση, αλλά γίνεται επάλειψη της κόλλας με πινέλο. Οι εποξειδικές κόλλες πρέπει απαραίτητα να χρησιμοποιούνται, πριν παρέλθει από την ανάμιξη των δυο συστατικών τους ο χρόνος που προβλέπεται από τον παραγωγό τους στις οδηγίες χρήσεως, που τις συνοδεύουν. Αντί για εποξειδικές κόλλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα υλικά με παρόμοιες ιδιότητες της κατηγορίας των πολυμερών (πλαστικών), όπως Π.χ. το πολυβινύλιο, οι πολυεστέρες κλπ. σε συνδυασμό με τσιμεντοκονία.

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (gunite, shotcrete) αποτελείται από τσιμέντο, νερό και άμμο με μέγιστη διάμετρο κόκκου περίπου 5 mm. Το τσιμέντο και η άμμος, σε αναλογία περίπου 1 :3, τοποθετούνται σε μια ειδική συσκευή που λέγεται εκτοξευτής (σχ. **15.6**), όπου ανακατεύονται και με τη βοήθεια ενός αεροσυμπιεστή προωθούνται προς το ακροφύσιο μέσα από ένα σωλήνα. Στο ακροφύσιο (σχ. **15.7**) συμβάλλει και δεύτερος σωλήνας, που φέρνει το νερό. Η ανάμιξη γίνεται αμέσως και το υλικό εκτοξεύεται με πίεση προς οποιαδήποτε επιθυμητή κατεύθυνση, ακόμη και προς τα πάνω, και κολλάει στο παλιό σκυρόδεμα και στον πρόσθετο οπλισμό (σχ. **15.8**). Κατά την εκτόξευση ο τεχνίτης πρέπει να φοράει γάντια και μάσκα, για να προφυλάσσεται από τα σταγονίδια του σκυροδέματος, που αναπόφευκτα θα πέφτουν στα χέρια και στο πρόσωπό του. Για να εξασφαλισθεί η συγκόλληση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος με την υπάρχουσα κατασκευή και για να αποφευχθούν επιφανειακά ρήγματα, πρέπει να τοποθετείται πίσω από την επιθυμητή επιφάνεια της πρόσθετης κατασκευής ένα δομικό πλέγμα από ράβδους Ø4,5 τοποθετημένες και ηλεκτροκολλημένες κατά δυο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις σε αποστάσεις 10 cm. Το πλέγμα τοποθετείται και στερεώνεται σε κατάλληλη θέση, ώστε να εξασφαλίζεται η προβλεπόμενη από τους κανονισμούς επικάλυψή του.



σχ. 15.6

ΑΝΑΜΙΚΤΗΡΑΣ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ



σχ. 15.7

ΑΚΡΟΦΥΣΙΟ ΓΙΑ ΕΚΤΟΞΕΥΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ



σχ. 15.8

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

15.4. Επισκευή απλών ρηγματώσεων.

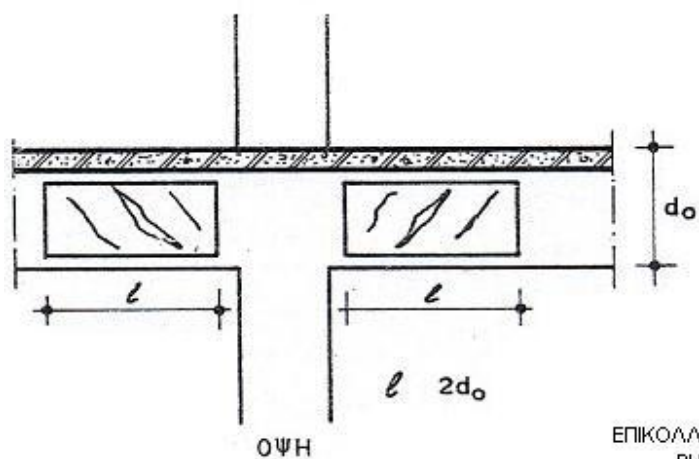
Ο πιο συνηθισμένος τρόπος για την επισκευή των απλών ρηγματώσεων είναι το γέμισμά τους με εποξειδική κόλλα. άσχετα αν οι ρηγματώσεις αυτές παρουσιάζονται σε πλάκες, δοκάρια, κολώνες ή άλλα στοιχεία της κατασκευής. Η πρώτη φάση της επισκευής περιλαμβάνει τον επιμελή καθαρισμό της επιφανείας και την απομάκρυνση από το εσωτερικό των ρωγμών της σκόνης και των κόκκων του σκυροδέματος με τη βοήθεια αντλίας κενού.

Στη δεύτερη φάση σφραγίζεται εξωτερικά η ρωγμή με μια προσωρινή επάλειψη με εποξειδική κόλλα ή κάποια κατάλληλη μαστίχα. Η σφράγιση δεν καλύπτει όλο το μήκος της ρωγμής, επειδή πρέπει να μείνουν τρύπες, για να μπει η κόλλα που θα γεμίσει τη ρωγμή και άλλες, για να βγαίνει ο αέρας και, προς το τέλος της εργασίας, η κόλλα που περισσεύει. Οι πρώτες εξασφαλίζονται με καρφιά, που καρφώνονται προσωρινά ανά αποστάσεις μέσα στις ρωγμές. Οι δεύτερες εξασφαλίζονται με μικρά κομμάτια συγκολλητικής ταινίας, που κολλιούνται στα ενδιάμεσα των καρφιών σταυρωτά με τις ρωγμές, ώστε τα σημεία αυτά να μη σκεπαστούν με την προσωρινή σφράγιση. Η ταινίες ξεκόλλιούνται, μόλις η προσωρινή σφράγιση πήξει και σκληρύνει ικανοποιητικά.

Στην τρίτη φάση γίνεται το γέμισμα της ρωγμής. Αφαιρείται το χαμηλότερο από τα καρφιά και στη θέση του τοποθετείται το ακροφύσιο της συσκευής, που εκτοξεύει την κόλλα. ώσπου να

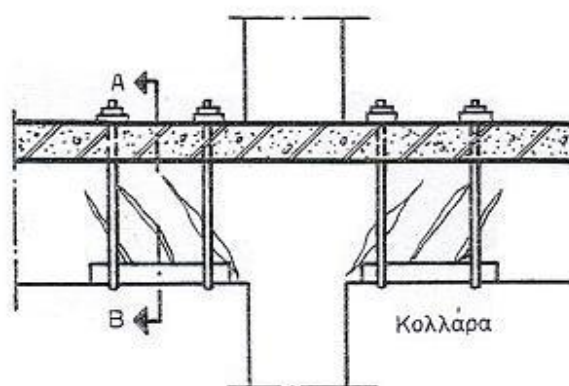
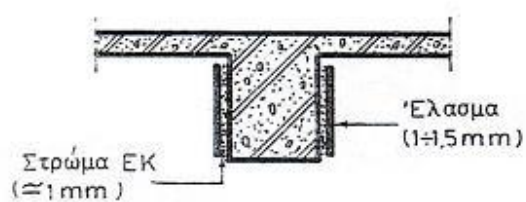
γεμίσει η ρωγμή και να αρχίσει η υπερχείλιση της κόλλας από τα γειτονικά σημεία. όπου είχαν κολληθεί οι ταινίες. Αφαιρείται έπειτα το επόμενο καρφί και επαναλαμβάνεται η διαδικασία από κάτω προς τα πάνω με διαδοχικά βήματα, ώσπου να γεμίσει η ρωγμή σε όλο της το μήκος. Η τελευταία φάση, που πρέπει να γίνει την επόμενη μέρα, περιλαμβάνει την αφαίρεση της σφραγιστικής επάλειψης και το τρίψιμο και καθάρισμα της επιφάνειας του σκυροδέματος στην περιοχή της ρωγμής.

Όταν οι ρηγματώσεις είναι σοβαρότερες ή το σημείο, όπου έχουν παρουσιασθεί. κρίσιμο για την ασφάλεια της κατασκευής ή έχουν προκληθεί από τοπική έλλειψη οπλισμού. το απλό γέμισμα των ρωγμών δεν είναι αρκετό. Η κατασκευή μπορεί τότε να ενισχυθεί τοπικά. αν επικολληθούν στην επιφάνεια της λεπτά χαλύβδινα ελάσματα (σχ. **15.9**). Τα ελάσματα πρέπει να είναι από ανοξείδωτο χάλυβα και να έχουν πάχος ένα ως ενάμιση χιλιοστό του μέτρου, για να είναι εύκαμπτα. Πριν γίνει η επικόλληση, γίνεται προετοιμασία των επιφανειών που πρόκειται να συγκολληθούν. Με ένα σκληρό βουρτσάκι και με γυαλόχαρτο. καθαρίζεται και λειαίνεται, όσο είναι δυνατόν, η επιφάνεια του σκυροδέματος και στη συνέχεια πλένεται καλά με νερό υπό πίεση και στεγνώνεται με επιμέλεια. Η εσωτερική επιφάνεια των ελασμάτων εκτραχύνεται με αμμοβολή και έπειτα πλένεται με κάποιο απολιπαντικό υγρό και προφυλάσσεται ακόμα και από το άγγιγμα των δακτύλων του τεχνίτη. Μόλις προετοιμασθούν οι επιφάνειες. επιστρώνεται στην επιφάνεια του σκυροδέματος με πινέλο η εποξειδική κόλλα. Η πρώτη στρώση της κόλλας πρέπει να είναι πολύ αραιή ώστε το σκυρόδεμα να ποτιστεί καλά, ενώ η επόμενες στρώσεις πηχτές, ώστε η κόλλα να μπορέσει να αποκτήσει ομοιόμορφο πάχος περίπου ενός χιλιοστού του μέτρου. Τότε κολλιέται πάνω της το έλασμα και πιέζεται προσωρινά για ένα τουλάχιστον εικοσιτετράωρο με μια κατάλληλη διάταξη (μέγγενη).



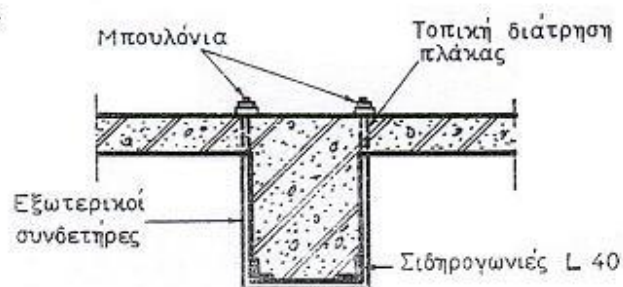
σχ. 15.9

ΕΠΙΚΟΛΛΗΣΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗ
ΡΗΓΜΑΤΩΜΕΝΟΥ ΔΟΚΑΡΙΟΥ



σχ. 15.10

ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ
ΓΙΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΡΗΓΜΑΤΩΜΕΝΟΥ ΔΟΚΑΡΙΟΥ



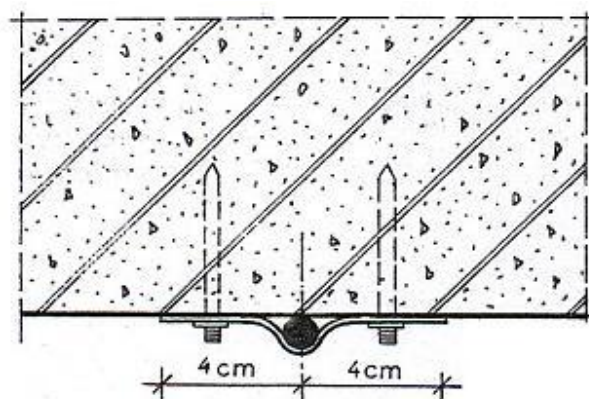
Όταν απομακρυνθεί η διάταξη, που πιέζει το έλασμα. όλη η περιοχή καλύπτεται με πατητή τσιμεντοκονία. Είναι σκόπιμο να μπαίνει κάποιο συρμάτινο πλέγμα, για να εξασφαλίζεται η συγκράτηση της τσιμεντοκονίας πάνω στο έλασμα και να αποφεύγεται η ρηγμάτωση της. Αντί για συγκόλληση ελασμάτων, ιδιαίτερα σε δοκάρια και στην περιοχή όπου συναντούν τις κολώνες, η ενίσχυση της κατασκευής μπορεί να γίνει και με την προσθήκη εξωτερικών συνδετήρων (σχ. **15.10**). Συνήθως χρειάζεται να τρυπηθεί η πλάκα. για να περάσουν οι συνδετήρες, που σφίγγονται με μπουλόνια ηλεκτροκολλημένα στις άκρες τους. Με το σφίξιμο των μπουλονιών υπάρχει κίνδυνος να σπάσει τοπικά το σκυρόδεμα, ιδιαίτερα στις ακμές του δοκαριού ή της κολώνας, είναι λοιπόν σκόπιμο οι συνδετήρες να μην ακουμπούν στο σκυρόδεμα, αλλά να μεσολαβούν σιδηρογωνιές. Αφού συμπληρωθεί η εργασία, πρέπει να ελαιοχρωματισθούν όλα τα μεταλλικά στοιχεία δηλαδή συνδετήρες, μπουλόνια και σιδηρογωνιές, για να μη σκουριάσουν ή καλύτερα να καλυφθούν με πατητή τσιμεντοκονία, όπως και στην περίπτωση των ελασμάτων.

15.5. Επισκευές σοβαρότερων ζημιών.

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 8.3, οι βλάβες είναι σοβαρότερες, όταν υπάρχει τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος ή θραύση ορισμένων στοιχείων της κατασκευής. Στις περιπτώσεις που το σκυρόδεμα έχει τοπικά αποδιοργανωθεί, το πρώτο που πρέπει να γίνει, αφού βέβαια υποστυλωθεί η κατασκευή, είναι να αφαιρεθούν όλα τα χαλαρά κομμάτια του σκυροδέματος και να απομείνει μόνο το σκυρόδεμα. που είναι εντελώς υγιές ή παρουσιάζει απλώς λεπτές ρωγμές. Με τον τρόπο αυτό αποκαλύπτεται τοπικά ο οπλισμός και' έτσι διαπιστώνεται, πρώτα αν ο οπλισμός αυτός είναι σύμφωνος με τη μελέτη, δεύτερο αν βρίσκεται σε καλή κατάσταση και μπορεί να αναλάβει φορτία μετά την επισκευή και τρίτο αν είναι αρκετός για τις νέες συνθήκες λειτουργίας του φορέα. Είναι λοιπόν πιθανό η μελέτη επισκευής είτε να προβλέπει είτε να μην προβλέπει προσθήκη νέου οπλισμού.

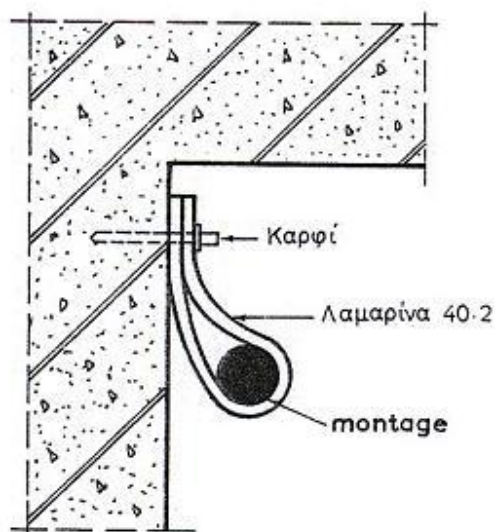
Στην πρώτη περίπτωση, είναι αρκετό για την επισκευή να συμπληρωθούν τα κενά, που δημιουργήθηκαν με την τοπική καθαίρεση του σκυροδέματος, με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. αφού βέβαια τοποθετηθεί ένα δομικό πλέγμα.

Στη δεύτερη περίπτωση πρέπει να τοποθετηθεί εξωτερικά νέος οπλισμός, σύμφωνα με όσα προβλέπει η μελέτη επισκευής. Ο νέος οπλισμός ηλεκτρολύεται με τον παλιό όπου είναι δυνατόν, και καρφώνεται στο υγιές σκυρόδεμα με καρφιά Hilti (σχήματα **15.11** και **15.12**). Ο οπλισμός καλύπτεται με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, όπως και στην αμέσως προηγούμενη περίπτωση. Όταν οι βλάβες είναι ακόμα σοβαρότερες, η μελέτη μπορεί να προβλέπει και την προσθήκη νέου σκυροδέματος με αύξηση των αρχικών διαστάσεων των στοιχείων της κατασκευής.



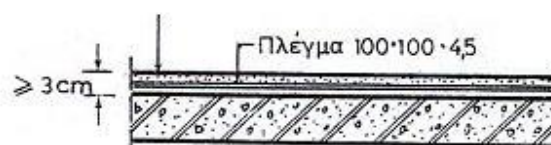
σχ. 15.11

ΣΤΗΡΙΞΗ ΠΡΟΣΘΕΤΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΜΕ ΛΑΜΑΚΙΑ ΚΑΡΦΩΜΕΝΑ
ΣΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΚΑΡΦΙΑ HILTI



σχ. 15.12

ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΠΡΟΣΘΕΤΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΜΕ ΛΑΜΑΚΙΑ ΚΑΡΦΩΜΕΝΑ ΣΤΟ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΚΑΡΦΙΑ HILTI

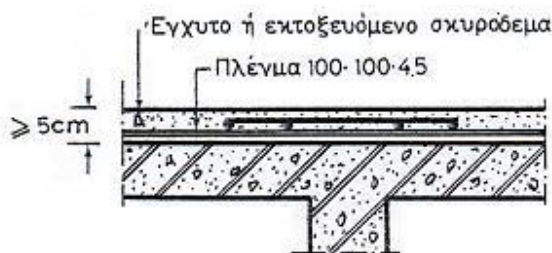


σχ. 15.13

ΑΠΛΗ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΠΛΑΚΑΣ ΜΕ ΝΕΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

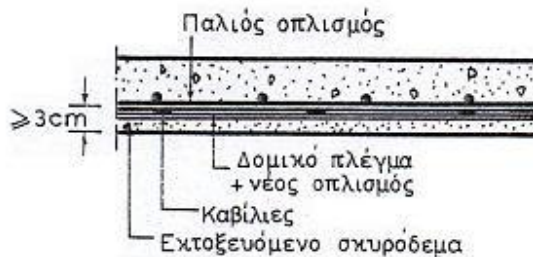
Για τις πλάκες, η προσθήκη του νέου σκυροδέματος γίνεται είτε από πάνω είτε από κάτω. Για πάχος προσθήκης ως 3 cm χρησιμοποιείται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με αντοχή μεγαλύτερη κατά 50 kg/cm² από την αντοχή του αρχικού σκυροδέματος. Ο μόνος πρόσθετος οπλισμός

είναι κατά κανόνα το δομικό πλέγμα, που αναφέρεται στην παράγραφο 15.5 (σχ. 15.13). Όταν η μελέτη επισκευής προβλέπει και πρόσθετο οπλισμό, ο οπλισμός αυτός συνδέεται με ηλεκτροκόλληση με τον αρχικό, που αποκαλύπτεται σε κατάλληλα σημεία του, ενώ το πρόσθετο πάχος του σκυροδέματος είναι της τάξεως των 5 cm. Στην περίπτωση αυτή και εφόσον η προσθήκη του σκυροδέματος γίνεται από πάνω, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται χυτό και όχι εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με αντοχή μεγαλύτερη κατά 100 kg/cm² από την αντοχή του αρχικού σκυροδέματος (σχήματα 15.14 και 15.15). Είναι ευνόητο ότι, στις θέσεις όπου η πλάκα παρουσιάζει αποδιοργάνωση του σκυροδέματος, το πάχος του νέου σκυροδέματος αυξάνει, για να καλύψει τα κενά που προκύπτουν μετά την αφαίρεσή του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος και κατά κανόνα καταλαμβάνει όλο το πάχος της πλάκας (σχ. 15.16). Στην περίπτωση αυτή πρέπει να γίνει ένα τοπικό καλούπωμα και τις περισσότερες φορές να τοποθετηθεί πρόσθετος οπλισμός, που συνδέεται με τον παλιό με ηλεκτροκόλληση.



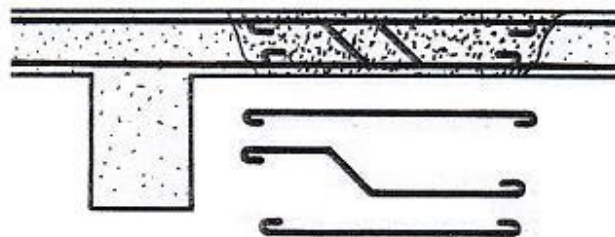
σχ. 15.14

ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΠΛΑΚΑΣ ΜΕ ΝΕΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΕΙ ΚΑΙ ΠΡΟΣΘΕΤΟ ΟΠΛΙΣΜΟ



σχ. 15.15

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΠΛΑΚΑ ΚΑΙ ΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΜΕ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

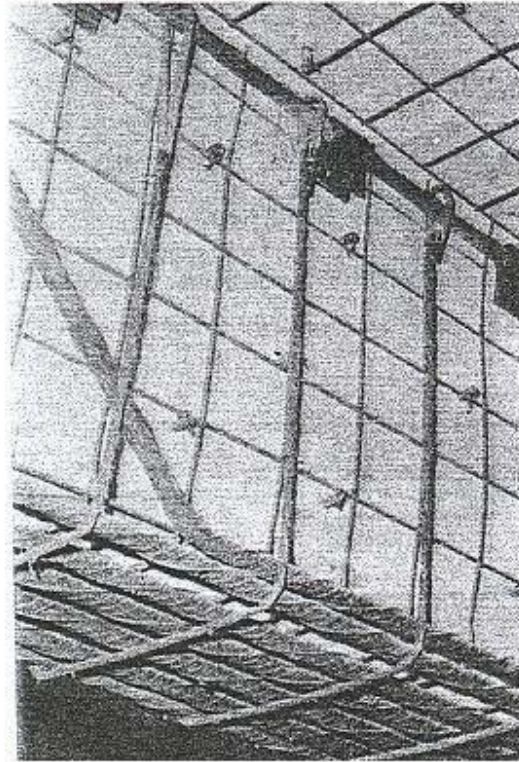


σχ. 15.16

ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΚΕΝΟΥ ΠΟΥ ΕΧΕΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΕΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΘΑΙΡΕΣΗ ΤΟΥ ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΠΛΑΚΑΣ

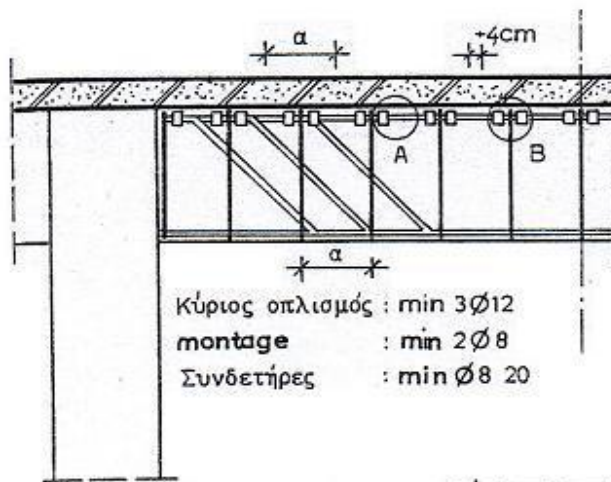
Η προσθήκη νέου σκυροδέματος στα δοκάρια γίνεται στις κατακόρυφες έδρες τους και στο κάτω τους πέλμα. Τοποθετείται πρώτα ο πρόσθετος οπλισμός και το δομικό πλέγμα (σχ. 15.17), που κρεμιούνται από δυο οριζόντιες ράβδους (montage), που βρίσκονται ακριβώς

κάτω από την πλάκα (σχ. **15.18**). Τα σίδερα αυτά στηρίζονται με λαμάκια καρφωμένα στο παλιό σκυρόδεμα με καρφιά Hilti (σχ. **15.2**). Η κατασκευή αυτή χρειάζεται, όταν ο πρόσθετος οπλισμός είναι σημαντικός. Αν, αντίθετα, η μελέτη επισκευής προβλέπει ελάχιστες προσθήκες οπλισμού, αυτός μπορεί απλώς να ηλεκτροκολληθεί με τον παλιό οπλισμό, που πρέπει να αποκαλυφθεί στις κατάλληλες θέσεις. Αφού συμπληρωθεί ο οπλισμός, εκτοξεύεται σκυρόδεμα με αντοχή μεγαλύτερη κατά 50 kg/m² από την αντοχή του αρχικού, ώσπου να αποκτήσει το δοκάρι τις διαστάσεις που προβλέπει η μελέτη επισκευής. Οι πιο σημαντικές, αλλά και οι πιο συχνές, επισκευές σοβαρών ζημιών αναφέρονται στις κολώνες. Γενικά η επισκευή τους έγκειται στην κατασκευή κάποιου μανδύα, που περιβάλλει την κολώνα είτε τοπικά είτε σε όλο της το ύψος. Ο μανδύας περιέχει πάντοτε και πρόσθετο οπλισμό, κατακόρυφο και συνδετήρες, και μπορεί να γίνει είτε με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, όταν το πάχος είναι περίπου 3 cm, ίσα-ίσα για να επικαλύπτει τον πρόσθετο οπλισμό (σχ. **15.19**), είτε με έγχυτο σκυρόδεμα, όταν το πάχος του μανδύα είναι 10 ως 15 cm. Στην τελευταία περίπτωση ο μανδύας έχει κύριο σκοπό να αυξήσει τη διατομή της κολώνας (σχ. **15.20**). Είναι ευνόητο ότι, αν η κολώνα έχει σπάσει (σχ. **15.21**), θα αφαιρεθεί όλο το αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα και στις θέσεις αυτές το νέο σκυρόδεμα δεν θα περιορισθεί στο μανδύα, αλλά θα αντικαταστήσει και το παλιό σκυρόδεμα.



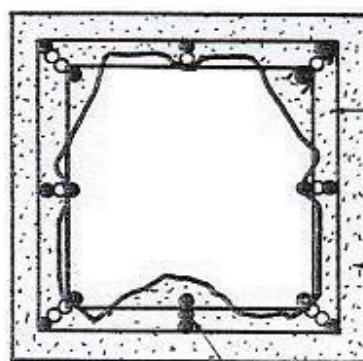
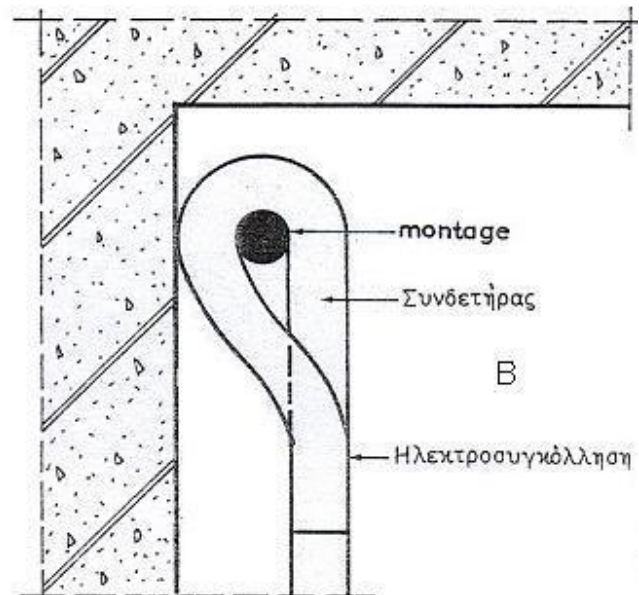
σχ.15.17





σχ. 15.18

ΠΡΟΣΘΕΤΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ



Τ min Ø8/10

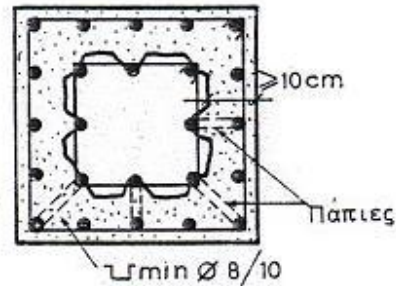
Τοπικός μανδύας
από εκτοξευόμενο
σκυρόδεμα

σχ. 15.19

Καβίλιες
≥3cm

ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΤΟΜΗ ΚΟΛΩΝΑΣ ΠΟΥ ΕΝΙΣΧΥΕΤΑΙ
ΜΕ ΜΑΝΔΥΑ ΜΙΚΡΟΥ ΠΑΧΟΥΣ

σχ. 15.20
ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΤΟΜΗ ΚΟΛΩΝΑΣ ΠΟΥ
ΕΝΙΣΧΥΕΤΑΙ ΜΕ ΜΑΝΔΥΑ ΜΕΓΑΛΟΥ ΠΑΧΟΥΣ



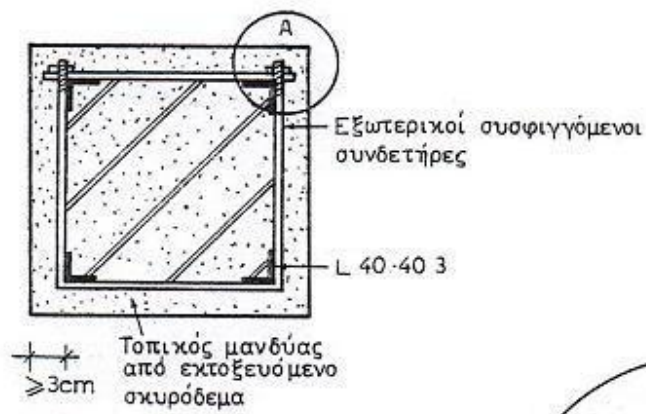
σχ. 15.21

ΟΛΟ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΤΟΥ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ ΑΦΑΙΡΕΙΤΑΙ

Μια παραλλαγή της μεθόδου επισκευής, που περιγράφηκε παραπάνω, είναι να μη χρησιμοποιηθεί πρόσθετος οπλισμός στο μανδύα, αλλά να περιβληθεί η κολώνα που έχει παρουσιάσει βλάβες με-εξωτερικούς συνδετήρες (κολάρα) από χαλύβδινες λάμες, που σφίγγονται στη θέση τους με μπουλόνια (σχ. 15.22). Πριν τοποθετηθούν οι συνδετήρες, είναι σκόπιμο να ενισχύονται με σιδερογωνιές οι κατακόρυφες ακμές της κολώνας.

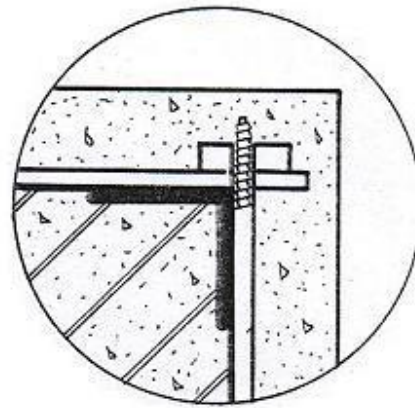
Πρέπει να τονιστεί ότι σε μια φέρουσα κατασκευή, που έχει υποστεί ζημιές, τα πιο επικίνδυνα σημεία, από όπου μπορεί ν' αρχίσει η διαδικασία καταρρεύσεως της, βρίσκονται συνήθως στις κολώνες και μάλιστα στα σημεία όπου συναντούν τις οριζόντιες κατασκευές (σχ. 15.23). Για το λόγο αυτό οι κολώνες πρέπει να επισκευάζονται με μεγάλη προσοχή και επιμέλεια και οι

διάφορες εργασίες να γίνονται ακριβώς σύμφωνα με τις οδηγίες της μελέτης επισκευής. (ΑΡΙΣΤΕΪΔΗ ΔΕ΄ΙΜΕΖΗ -ΓΕΝΙΚΗ ΔΟΜΙΚΗ ΙΙ –εκδ. ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1969).



σχ. 15.22

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΛΩΝΑΣ ΜΕ ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ
 (ΚΟΛΑΡΑ) ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΔΙΝΕΣ ΛΑΜΕΣ



ΛΕΠΤΟΜΕΡΙΑ (Α)



σχ. 15.23

ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
 ΣΤΟΝ ΚΟΜΒΟ ΚΟΛΩΝΑΣ-ΔΟΚΑΡΙΟΥ

15.6. Το έγχυτο σκυρόδεμα

Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες δεν ανακύπτουν προβλήματα χώρου διελύσεως των χονδρών αδρανών ή προβλήματα προσπελάσεως. Γενικώς, επιβάλλεται να έχει υψηλότερη αντοχή εν σχέση προς το αρχικό σκυρόδεμα, καθώς και μικρότερη διάσταση των χονδρών αδρανών. Σημειώνεται πάντως ότι η μεγάλη συστολή ξηράνσεως του έγχυτου σκυροδέματος καθιστά την χρήση του για επισκευές μάλλον περιορισμένη.

15.7. Το σκυροτσιμεντόπηγμα

Προκύπτει μέσω πληρώσεως των κενών μεταξύ των χονδρών αδρανών τα οποία έχουν προδιαστωθή εν ξηρό, με ειδική τσιμεντοκονία, υπό πίεση. Η κοκκομετρική διαβάθμιση των χονδρών αδρανών προϋποθέτει ποσοστό κενών μεταξύ 33% και 45%. Η ειδική τσιμεντοκονία είναι μίγμα τσιμέντου, θηραϊκής γης (ή ειδικής ανθρακούχου κόνεως), λεπτής άμμου, βοηθητικής χημικής ουσίας (για την αύξηση της ρευστότητας και ανακοπή της συστολής ξηράνσεως) και ύδατος. Ιδιότητες (σε σύγκριση με το έγχυτο):

Μικρότερη αντοχή θλίψεως (ιδίως σε μικρή ηλικία) - μικρότερη συστολή ξηράνσεως - μικρότερη διάθεση ρηγματώσεως - μεγαλύτερη στεγανότητα μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε διάρροια.

15.8. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (κονίαμα)

Κονίαμα εκτοξευόμενο μέσω σωλήνα το οποίο προσπίπτει στην προς σκυροδέτηση επιφάνεια, χωρίς την χρησιμοποίηση καλουπιών. Διακρίνεται σε σκυρόδεμα ξηρής (συνήθως) ή υγρής αναμίξεως. Ο μηχανικός εξοπλισμός της μονάδας διαστρώσεως εκτοξευόμενου σκυροδέματος ξηράς αναμίξεως αποτελείται:

Απ' τον εκτοξευτή με δύο κάδους συνεχούς λειτουργίας

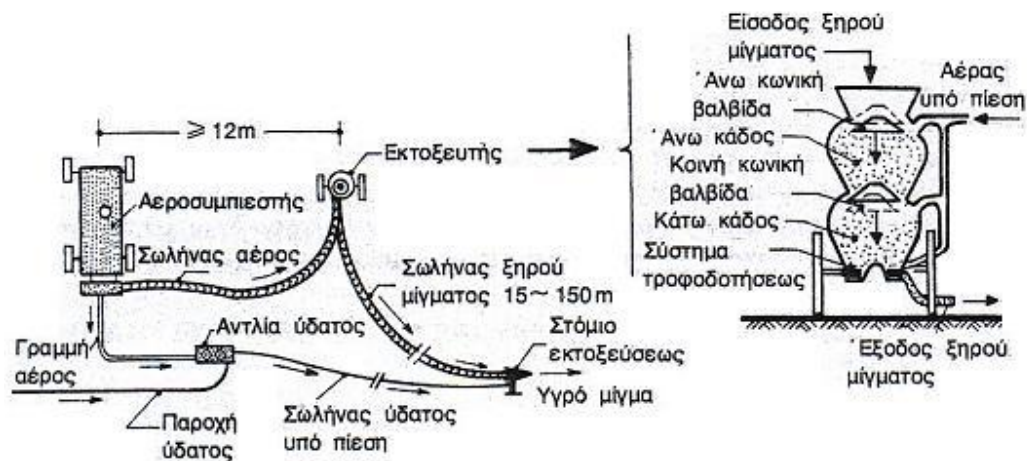
Απ' τον αεροσυμπιεστή παροχής $5-10\text{m}^3$ πεπιεσμένου αέρα / min.

Απ' τον ελαστικό σωλήνα απαγωγής του ξηρού μίγματος τσιμέντου και αδρανών.

Απ' τον σωλήνα παροχής ύδατος «αναμίξεως» υπό πίεση 3 - 4 ατ.

Απ' το στόμιο εκτοξεύσεως

Η διαβροχή του μίγματος γίνεται «στον αέρα», αμέσως προ της εξόδου από το στόμιο εκτοξεύσεως. Έτσι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολύ μικρή δόση ύδατος, δοθέντος ότι δεν απαιτείται υψηλό εργάσιμο του κονιάματος (αφού ούτε μεταφορά υγρού μίγματος χρειάζεται, ούτε ξυλότυποι χρησιμοποιούνται). Το εκτοξευόμενο (απλώς διυγρανθέν) μίγμα είναι τόσο ασύνδετο ώστε κατά την πρόσκρουση πάνω στην τελική επιφάνεια, ένα ποσοστό των χονδρών κυρίως αδρανών αναπηδά (rebound).



σχ. 15.24

ΤΟΜΗ ΕΚΤΟΞΕΥΤΗ

Τελικώς, επιτυγχάνεται μία ισχυρή μονολιθική σύνδεση με την επιφάνεια του προς επισκευή σκυροδέματος. Η αναλογία τσιμέντου- αδρανών σε μέρη όγκου κυμαίνεται από 1: 2 (παχιά κονιάματα) έως 1: 8 (ισχνά κονιάματα). Συνήθης αναλογία 1:3. Επιτυγχανόμενες αντοχές 300N/mm² έως 800N/mm² (κυρίως λόγω πολύ μικρής δόσεως ύδατος και μεγάλης πυκνότητας).

15.9. Οι εποξειδικές ρητίνες

Αποτελούν ειδική κατηγορία των συνθετικών ρητινών, εμφανίζουν δε μετά τον πολυμερισμό υψηλή αντοχή, σχετικώς μεγάλη διάρκεια και σταθερότητα όγκου. Πριν από τον πολυμερισμό, το ιξώδες των εποξειδικών ρητινών μεταβάλλεται βαθμιαίως από λεπτόρρευστο προς παχύρρευστο. Χρησιμοποιούνται κατά κανόνα αναμιγμένες με άλλα υλικά (σκληρυντές, διαλύτες, «οπλισμός» από λεπτή σκόνη, χρώματα κτλ). -Απαιτείται προφύλαξη του προσωπικού- έναντι κινδύνων της υγείας κατά την χρήση του υλικού.

15.10. Ο Χάλυβας

Η χρήση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος ως υλικού επισκευών ή ενισχύσεων συνδυάζεται, κατά κανόνα, με την προσθήκη νέων ράβδων οπλισμού και ελαφρού μεταλλικού πλέγματος. Οι νέες ράβδοι ηλεκτροσυγκολλώνται, συνήθως, πάνω στις παλιές ράβδους μέσω βολταϊκού τόξου, κατάλληλου για φυσικώς σκληρούς χάλυβες και χάλυβες ψυχρής κατεργασίας. Εξάλλου, ο χάλυβας μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό την μορφή ελασμάτων ορθογωνικής διατομής (λάμες; τσέρκια) ή λεπτών ελασμάτων συγκολλώμενων εξωτερικώς πάνω στα εφελκυστικά πέλματα.

16) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ Ή ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΣ

16.1. Πλήρωση και συγκόλληση ρωγμών με εποξειδική ρητίνη

Προηγείται επιμελής καθαρισμός της επιφάνειας του σκυροδέματος από σκόνη και λίπη, ώστε να εξασφαλίζεται συνάφεια μεταξύ σκυροδέματος και εποξειδικής ρητίνης. Ρωγμές εύρους μεγαλύτερου από 0,2mm εμποτίζονται με λεπτόρρευστη εποξειδική ρητίνη υπό πίεση, μέσω ειδικών στομιών, αφού έχει προηγηθεί αεροστεγής σφράγιση των, χειλιών των ρωγμών (με μαστίχη). Η σφράγιση των ρωγμών μεγάλου εύρους συνδυάζεται, με την εισαγωγή ειδικών στερεών σωμάτων μέσα στις ρωγμές.

16.2. Επισκευή με έγχυτο σκυρόδεμα

Η προετοιμασία συνίσταται στην:

- αποκάλυψη των οπλισμών μέχρι βάθους 2cm πίσω απ' τις ράβδους.
- σμίλευση δίδρων ακμών στις κοιλότητες, με σκοπό τον επαρκή εγκιβωτισμό του νέου σκυροδέματος
- εκτράχυνση της επιφάνειας αναμονής του παλιού σκυροδέματος με σφύρα ή αμμοβολή και
- έκπλυση με νερό υπό πίεση και ξήρανση. Η υποβοήθηση της μονολιθικής συνδέσεως μεταξύ παλιού και νέου σκυροδέματος προϋποθέτει για το νέο σκυρόδεμα μικρότερα αδρανή, πλαστικότερο σκυρόδεμα και επιμελή δόνηση

16.3. Επισκευή με σκυροτσιμεντόπηγμα

Η προετοιμασία όπως στην § 2.2. Τα χονδρά αδρανή τοποθετούνται και γίνεται δόνηση. Η διοχέτευση της τσιμεντοκονίας υπό πίεση γίνεται μέσω ειδικών στομιών και μάλιστα από στόμια χαμηλότερης στάθμης προς στόμια υψηλότερης στάθμης, ώστε να γίνεται τέλεια πλήρωση των κενών. Με σκυροτσιμεντόπηγμα επισκευάζονται και ενισχύονται, κατά κανόνα, 'εκτεταμένα έργα υπαίθρου υπό δυσμενείς συνθήκες (υπό το ύδωρ, σε σήραγγες κλπ).

16.4. Επισκευή ή ενίσχυση με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

Πρόκειται για την πιο διαδεδομένη και ευχερώς επιβλέψιμη μέθοδο: Η προετοιμασία συνίσταται στην:

- Διακοπή ηλεκτρικού Ρεύματος, κάλυψη αντικειμένων, εγκατάσταση ικριωμάτων.
- Καθαίρεση των φθαρμένων τμημάτων μέχρι και του υγιούς υλικού
- Απομάκρυνση μέσω ψηκτρών των εύθριπτων οξειδίων του οπλισμού.
- Συγκόλληση των πρόσθετων ράβδων κάτω απ' τους παλιούς, μέσω βλημάτων (καβίλιες)
- Στερέωση του ελαφρού μεταλλικού πλέγματος μέσω βυσμάτων.
- Εκτράχυνση της επιφάνειας αναμονής με αμμοβολή.
- Αφαίρεση των τυχόν χαλαρών τεμαχίων.
- Έκπλυση της επιφάνειας αναμονής με νερό υπό πίεση και ξήρανση.

Ακολουθεί η εκτόξευση σκυροδέματος σε ελάχιστο πάχος 4-5cm (περίπτωση μεσολαβήσεως πλέγματος) ή 3cm (χωρίς πλέγμα). Υπογραμμίζεται η θεμελιώδης συμβολή της δεξιολογίας και της ευσυνειδησίας του χειριστή του ακροφυσίου στην επιτυχία της επισκευής. Γι' αυτό, οφείλει να γίνει πρόβλεψη:

- . Της αποστάσεως, της γωνίας και της ταχύτητας εκτοξεύσεως.

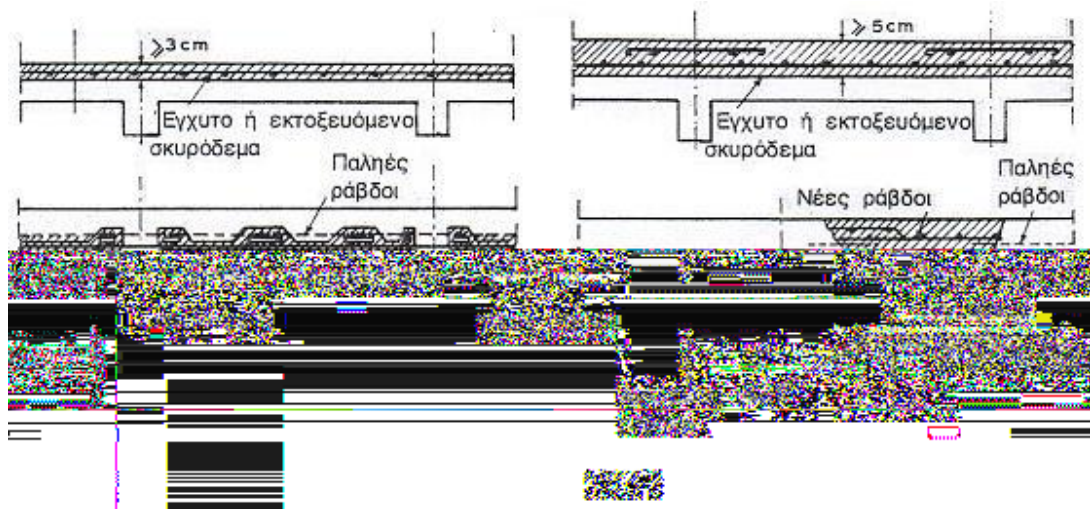
- . Της ποσότητας του ύδατος κάθε φορά.
- . Της κλιμακώσεως της σκυροδετήσεως, ώστε να μη παρεμποδίζεται αυτή από το υλικό που αναπηδᾷ.
- . Του περιορισμού στο ελάχιστο του αναπηδώντος υλικού (το οποίο δεν είναι επαναχρησιμοποιήσιμο)

Απαιτείται συνεχής επί τόπου επίβλεψη από έμπειρο Διπλωματούχο Μηχανικό δοθέντος ότι οι συνέπειες ενδεχόμενων κακοτεχνιών είναι βαρύτερες σε περιπτώσεις έργων που έχουν ήδη βλάβη.

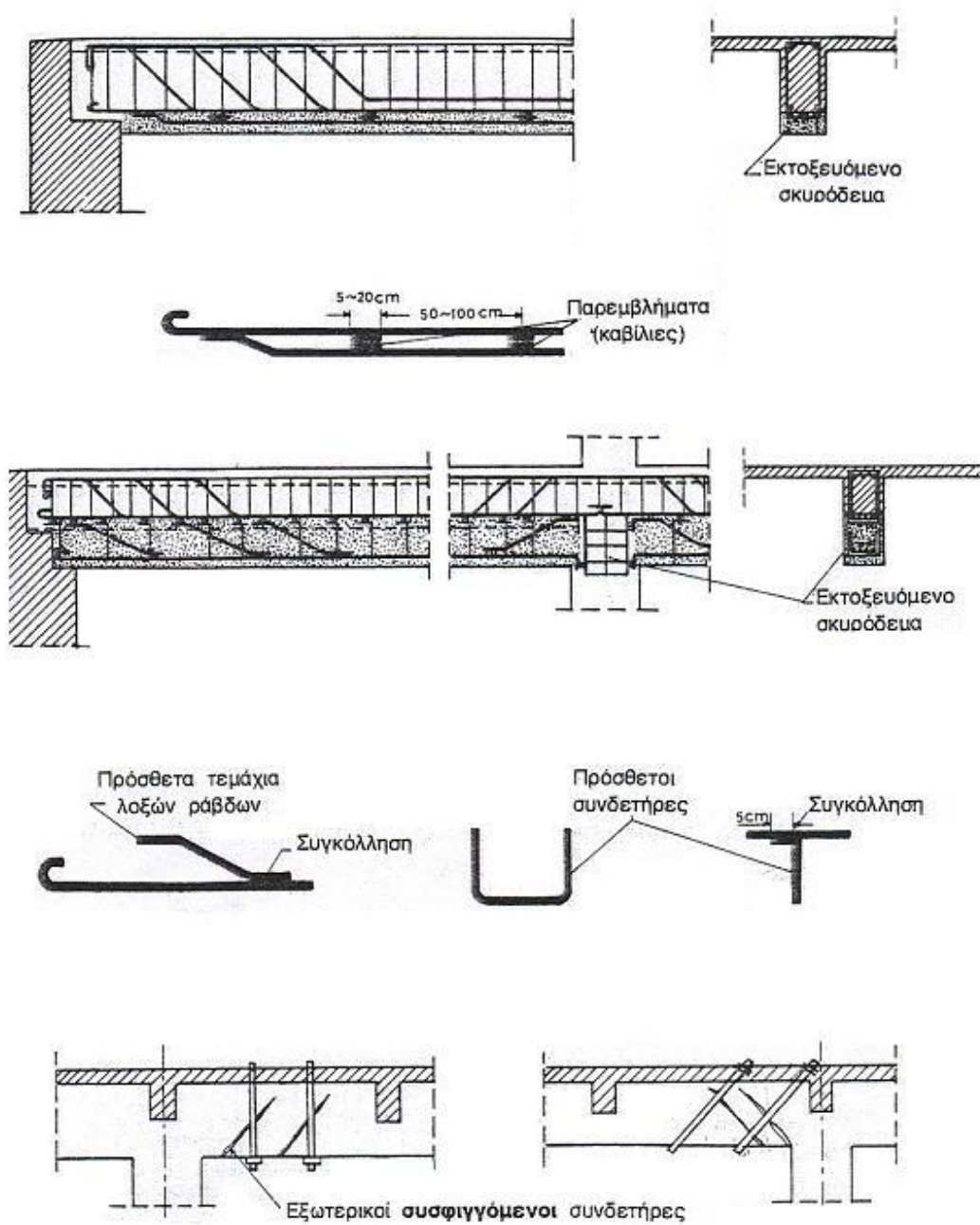
17) ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ Ή ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΣ ΚΑΤΑ ΕΙΔΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

17.1. Επίσκευή ή Ενίσχυση πλακών

- . Επίσκευή άνω πέλματος μέσω έγχυτου ή εκτοξευόμενου σκυροδέματος.
- . Επίσκευή κάτω πέλματος μέσω. εκτοξευόμενου σκυροδέματος και συγκολλήσεως νέων ράβδων οπλισμού.
- . Επίσκευή καθ' όλο το πάχος με έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα



17.2. Επίσκεψη ή Ενίσχυση δοκών



σχ. 17.2

17.3. Επανασχεδιασμός επισκευασμένων στοιχείων

Η μεταβολή της ακαμψίας των επισκευασθέντων στοιχείων προκαλεί ανακατανομή των εντατικών μεγεθών, με αποτέλεσμα τα επισκευασθέντα στοιχεία να επιφορτίζονται τώρα με μεγαλύτερα εντατικά μεγέθη, αν μεγάλωσε η ακαμψία τους σημαντικά. Απ' αυτό φαίνεται ότι αν αγνοηθεί η αύξηση αυτής της ακαμψίας, υποτιμάται η ένταση των διατομών που επισκευάστηκαν.

Για τους λόγους αυτούς απαιτείται να ξαναγίνεται η στατική επίλυση λαβαίνοντας υπόψη την πλήρη ακαμψία των επισκευασμένων στοιχείων (όταν πρόκειται για τον προσδιορισμό της δικής τους εντάσεως) και μειωμένη ακαμψία των στοιχείων αυτών (όταν πρόκειται για τον προσδιορισμό της εντάσεως των γειτονικών στοιχείων του σκελετού) ή να υπολογίζεται με απλοποιητικές παραδοχές η τάξη μεγέθους της επαυξήσεως των εντατικών μεγεθών, κυρίως για ασύμμετρες επισκευές. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για την (δυσμενή) περίπτωση αμφίπακτου πλαισίου ($l = 15.00\text{m}$, $h = 6.000\text{m}$, $q = 60\text{kN/m}$) η ασύμμετρη επισκευή ενός υποστυλώματος προκαλεί αύξηση εντατικών μεγεθών του επισκευασμένου υποστυλώματος κατά 20% περίπου.

18) ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

18.1. οι τρεις τυπικοί βαθμοί βλάβης

Η βλάβη φερόντων στοιχείων από Ω.Σ. μπορεί να καταταχθεί χοντρικά σε τρεις τυπικούς βαθμούς.

α) Απλή ρηγμάτωση μικρού πλάτους (επισκευή μέσω ενέσεων με εποξειδικές κόλλες ή προσθήκη εξωτερικών συνδετήρων).

β) Τοπική αποδιοργάνωση σκυροδέματος από διάτμηση, θλίψη ή διόγκωση (επισκευή μετά από κατάλληλη υποστύλωση που θα μπορεί να αναλάβει και οριζόντια φορτία μέσω κατάλληλων συνδέσμων, καθαίρεση βλαμμένου σκυροδέματος, προετοιμασία διεπιφάνειας, προσθήκη εξωτερικού μανδύα με νέους οπλισμούς και δομικό πλέγμα, αντικατάσταση βλαμμένου σκυροδέματος με έγχυτο ή εκτοξευόμενο και ενδεχομένως, προσθήκη εξωτερικών συνδετήρων ή ελασμάτων).

Για την καθαίρεση και αντικατάσταση βλαμμένου σκυροδέματος πρέπει να τηρούνται τα εξής:

1. σταδιακή καθαίρεση και αντικατάσταση σκυροδέματος
2. διεπιφάνεια μεταξύ παλιού και νέου σκυροδέματος κάθετη στη διεύθυνση των κυρίων θλιπτικών τάσεων (αν είναι δυνατόν), ή διαμόρφωση βαθμίδων έτσι ώστε η μία πλευρά να είναι κάθετη στη διεύθυνση των κυρίων θλιπτικών τάσεων, για να αποφευχθεί ο διαχωρισμός των δύο επιφανειών
3. πολύ καλή συντήρηση νέου σκυροδέματος.

Η καθαίρεση και αντικατάσταση βλαμμένου σκυροδέματος μπορεί να αποφευχθεί με τον εμποτισμό της αποδιοργανωμένης περιοχής με τσιμεντοκονία που περιέχει σε κατάλληλο ποσοστό πλαστικές ύλες υπό τον όρον ότι όλη η περιοχή θα κλειστεί μέσα σε πλήρη περιμετρικό μανδύα.

γ) Διακοπή συνεχείας από πλήρη θραύση. σκυροδέματος ή βλάβη οπλισμών (επισκευή πλήρης ή αντικατάσταση ολοκλήρου του στοιχείου μετά από κατάλληλη υποστύλωση).

Σε περίπτωση βλάβης περισσότερων στοιχείων του σκελετού, η απόφαση για επισκευή ή καθαίρεση και ανακατασκευή του κτιρίου θα στηριχθεί μεταξύ άλλων, και στα ακόλουθα κριτήρια:

1) κόστος κοινωνικό και ψυχολογικό

2) κόστος εγκαταστάσεων και επίπλων

3) ποιότητα δομήσεως των μη βλαμμένων στοιχείων της οικοδομής, τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται ευστάθεια κατά τις υποστυλώσεις και λοιπές εργασίες επισκευών. Βασικές αρχές επισκευής είναι η ελάφρυνση της οικοδομής από κάθε βάρος που μπορεί να απομακρυνθεί ή να μειωθεί, και η διαθεσιμότητα μιας σίγουρης τεχνολογίας η οποία να μπορεί να εφαρμοσθεί επί τόπου με εγγυημένα υλικά, έμπειρα συνεργεία, και συνεχή επίβλεψη.

Εξάλλου, πριν απ' την μελέτη της επισκευής πρέπει να εξαντληθεί κάθε δυνατότητα ερμηνείας του ακριβούς μηχανισμού ή αιτίας που προκάλεσε τη βλάβη σε κάθε σημείο της κατασκευής, έτσι ώστε να είναι δυνατή (στο μέτρο του εφικτού) η αντιστάθμιση του μηχανισμού αυτού ή και η αναίρεση της αιτίας. Τέλος, σκόπιμο είναι να υπομνησθεί εδώ η ανάγκη εντοπίσεως κακοτεχνιών ή κακής αντισεισμικής συλλήψεως που δεν έχουν ενδεχομένως εκδηλωθεί με φανερές βλάβες.

18.2. Δοκοί - πλάκες - πρόβολοι

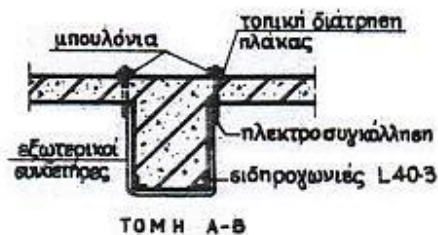
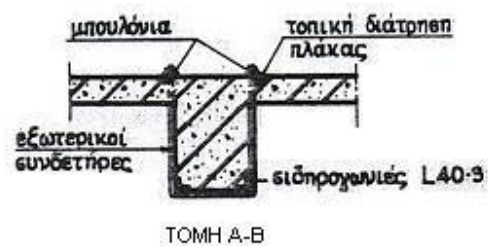
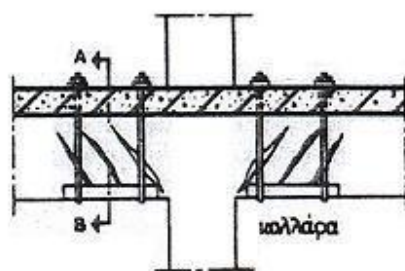
α) Στην περίπτωση απλής ρηγματώσεως δοκού από λοξό εφελκυσμό. (με πλάτος ρωγμών λίγα χιλιοστά) αρκεί ο εμποτισμός των ρωγμών με ενέσεις Ε.Κ. μέσω στομιών (Ε.Κ. = εποξειδική κόλλα).



σχ. 18.1

Όταν δεν διατίθεται ΕΚ ή δεν εκλέγεται η χρήση ΕΚ μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνική εξωτερικών συνδετήρων (κολλάρα) ή ελασμάτων. Σε κάθε περίπτωση θα χρησιμοποιείται και κάποια μέθοδος καλύψεως των νέων στοιχείων.

β1) Στην περίπτωση έντονης ρηγματώσεως δοκού από λοξό εφελκυσμό, αλλά χωρίς αποδιοργάνωση του σκυροδέματος, θα προηγηθεί κατάλληλη υποστύλωση του φορέα, σφράγιση των ρωγμών με ενέσεις Ε.Κ. και διάταξη εξωτερικών συνδετήρων (κολλάρα) που θα συσφιγγονται από τα παξιμάδια με δυναμόκλειδο μέχρι αρνήσεως, αφού προηγουμένως οι ακμές της δοκού προστατευθούν με γωνιακά ελάσματα.

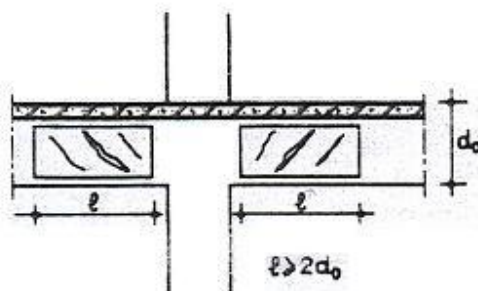


σχ. 18.2

ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΝΔΕΤΗΡΩΝ
ΠΟΥ ΠΡΟΣΑΡΜΩΝΟΝΤΑΙ ΣΤΟΝ ΦΟΡΕΑ

Οι συνδετήρες που υπολογίζονται με επιτρεπόμενες τάσεις, ίσες με το 50% των κανονικών επιτρεπόμενων τάσεων, μπορούν να διαταχθούν κατακόρυφως ή υπό γωνία 45° . Η διάταξη κατακόρυφων συνδετήρων είναι ευκολότερη και χρησιμοποιείται περισσότερο. Οι συνδετήρες μπορούν να μείνουν ακάλυπτοι αφού ελαιοβαφούν. Είναι πάντως προτιμότερο να επικαλυφθούν με μία στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος ή στην ανάγκη με πατητή τσιμεντοκονία πάχους 20mm περίπου. Σε περίπτωση χρήσεως μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος, είναι δυνατή η διατμητική επισκευή με πρόσθετους συνδετήρες.

β2) Στην ίδια περίπτωση βλάβης, για να αποφευχθεί το τρύπημα της πλάκας, η επισκευή της δοκού μπορεί να γίνει με την επικόλληση λεπτών ελασμάτων (πάχους 1- 1,5mm) πάνω στις παρειές της δοκού με στρώση Ε.Κ. (πάχους 1 mm) κατάλληλου μέτρου ελαστικότητας και ιξώδους.

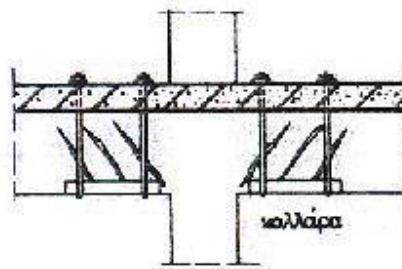


σχ. 18.3

ΕΠΙΚΟΛΛΗΣΗ ΛΕΠΤΩΝ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΠΑΡΕΙΕΣ
ΤΗΣ ΔΟΚΟΥ

Θα προηγείται κατάλληλη υποστήλωση του φορέα, σφράγιση των ρωγμών με ενέσεις ΕΚ, τοπική λείανση της επιφάνειας του σκυροδέματος, εκτράχυνση των εσωτερικών παρειών των ελασμάτων με αμμοβολή (μεταλλική άμμος), στρώση Ε.Κ. και διάταξη συσφίξεως των ελασμάτων πάνω στον κορμό για 24 ώρες τουλάχιστον. Τα ελάσματα (κατά προτίμηση από ανοξείδωτο χάλυβα) πρέπει να επικαλυφθούν με μία στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος ή στην ανάγκη με πατητή τσιμεντοκονία πάχους 20mm περίπου (απαιτήσεις μονώσεως). Επειδή η επιφάνεια θραύσεως βρίσκεται μέσα στο σκυρόδεμα, κρίσιμο μέγεθος για τον υπολογισμό της συνδέσεως είναι η διατμητική τάση του σκυροδέματος.

γ) Στην περίπτωση σοβαρής βλάβης της δοκού από λοξό εφελκυσμό με τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος, απαιτείται κατάλληλη υποστήλωση του φορέα, καθαίρεση βλαμμένου σκυροδέματος, προετοιμασία διεπιφάνειας και αντικατάσταση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στην εξωτερική παρεία του οποίου τοποθετείται ελαφρό δομικό πλέγμα(π.χ. 100.100.4,5). Στην περίπτωση μερικής βλάβης του οπλισμοί) διατμήσεως θα διατάσσονται εξωτερικοί συνδετήρες (κολλάρα)

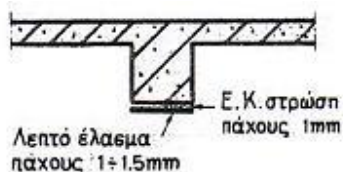


σχ. 18.4

ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ

δ) Στην περίπτωση βλάβης της δοκού από κάμψη (σπάνια μετά από σεισμό) μπορεί να εφαρμοσθεί μετά από την κατάλληλη υποστήλωση και τη σχετική προετοιμασία μία από τις ακόλουθες τεχνικές:

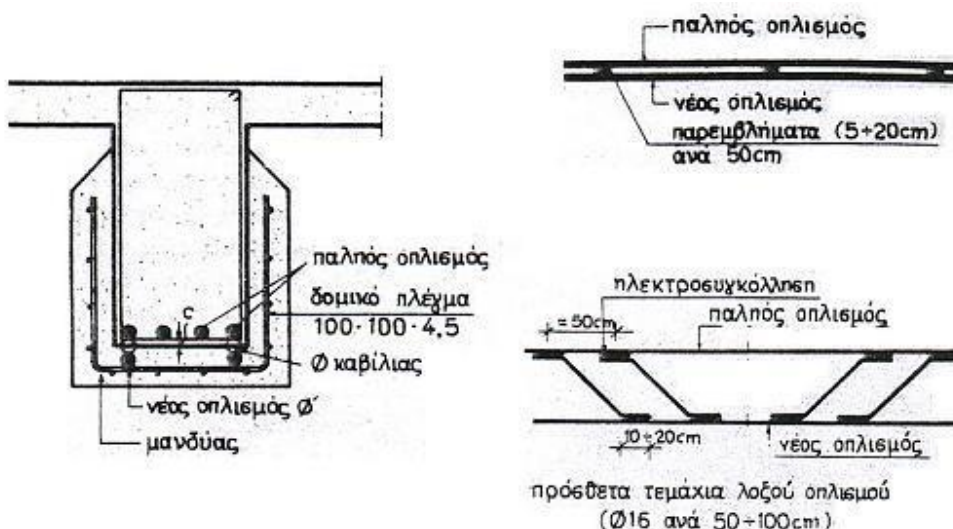
-Επικόλληση λεπτού ελάσματος (κατά προτίμηση από ανοξείδωτο χάλυβα) στο εφελκυσμένο πέλμα της δοκού με στρώση Ε.Κ. κατάλληλου μέτρου ελαστικότητας και ιξώδους απαιτείται προετοιμασία της επιφάνειας του σκυροδέματος και του ελάσματος κατά τα προηγούμενα. Κρίσιμο μέγεθος για τον υπολογισμό της συνδέσεως είναι η διατμητική τάση του σκυροδέματος.



σχ. 18.5

ΛΕΠΤΟ ΕΛΑΣΜΑ ΣΤΟ ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΟ ΠΕΛΜΑ ΤΗΣ ΔΟΚΟΥ

-Συγκόλληση νέων οπλισμών κάμψεως πάνω στους παλιούς με παρεμβλήματα (καβίλιες) ή με πρόσθετα τεμάχια λοξών ράβδων, στερέωση κλειστού ελαφρού δομικού πλέγματος (π.χ. 100.100.4,5) εξωτερικά, και χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος.



σχ. 18.6

Ο μανδύας από νέους οπλισμούς και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μπορεί να διαταχθεί σε όλο το μήκος της δοκού, συνδυάζοντας ενίσχυση έναντι κάμψεως και διατμήσεως. Οι πρόσθετοι συνδετήρες, σε περίπτωση μικρότερης σημασίας βλαβών, μπορούν να στερεωθούν πάνω σε διαμήκεις ράβδους οπλισμού που τοποθετούνται στη μασχάλη δοκού-πλάκας ή στο κάτω πέλμα της πλάκας.

Στις θέσεις φυτευτών υποστυλωμάτων στις οποίες δεν είναι βέβαιο ότι έχουν διαταχθεί λοξοί οπλισμοί (πάπιες) και πρόσθετοι συνδετήρες, θα χρειαστεί να γίνει σχετική ενίσχυση υπό το πνεύμα του αντισεισμικού κανονισμού. Για τον σκοπό αυτό θα χρησιμοποιηθεί μία απ' τις τεχνικές διατμητικής επισκευής.

Σημείωση:

Όταν σε ειδικές περιπτώσεις ως εναλλακτική λύση επισκευής-ενισχύσεως οριζόντιων, κυρίως, φερόντων στοιχείων χρησιμοποιηθεί η τεχνική της προεντάσεως, απαιτείται η σύνταξη μελέτης που θα περιλαμβάνει υποχρεωτικά και τους ακόλουθους ελέγχους:

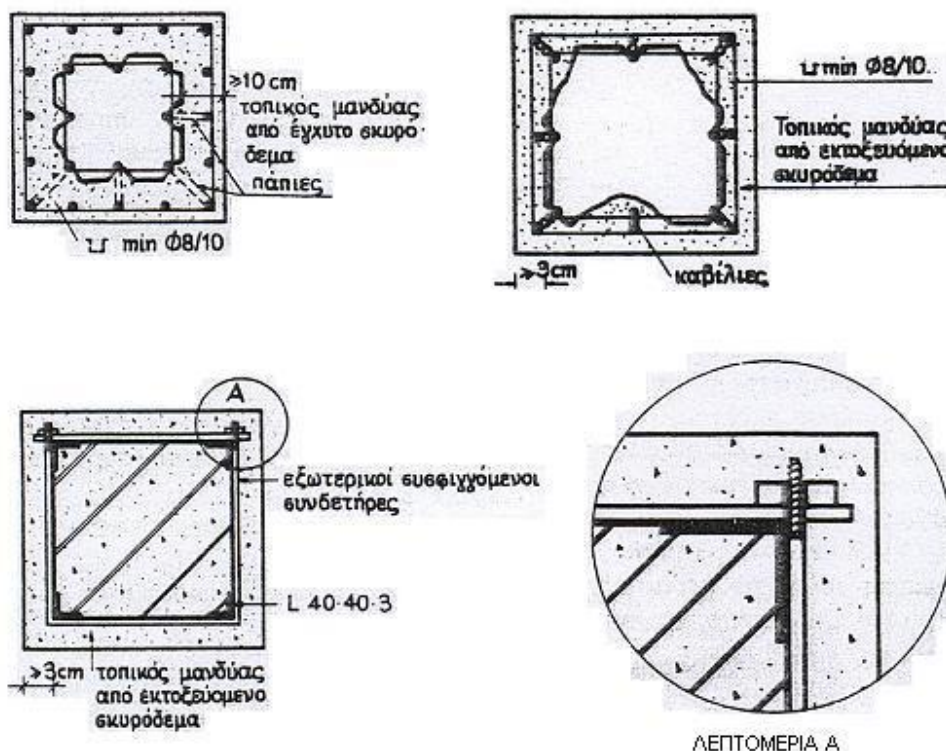
- α) δυσανάλογα μεγάλες απώλειες προεντάσεως λόγω μεγάλου, ερπυσμού του παλιού σκυροδέματος, του οποίου η αντοχή δεν είναι ελεγμένα μεγαλύτερη του C30/37
- β) δυσανάλογα μεγάλες απώλειες προεντάσεως λόγω ολισθήσεως στις αγκυρώσεις, ιδίως σε περίπτωση μικρών ανοιγμάτων
- γ) συμπληρωματική ένταση λόγω προεντάσεως πάνω σε υπερστατικό σύστημα
- δ) προστασία τενόντων από διάβρωση και
- ε) δυνατότητα μετεντάσεως.

18.3. Υποστυλώματα - Πέδιλα

A) Υποστυλώματα

α) Στην περίπτωση απλής ρηγματώσεως των υποστυλωμάτων, θα γίνεται εμποτισμός των ρωγμών με ενέσεις Ε.Κ.

β) Στην περίπτωση τοπικής βλάβης του υποστυλώματος (μεγάλες ρωγμές, αποδιοργάνωση σε μικρό ποσοστό της διατομής), θα προηγείται κατάλληλη υποστύλωση, καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος, προετοιμασία διεπιφάνειας, συγκόλληση νέων οπλισμών (1Φ14 ανά 150 μμ) πυκνών κλειστών συνδετήρων (min Φ8/10) και χρήση έγχυτου >100mm ή εκτοξευόμενου >30mm σκυροδέματος.



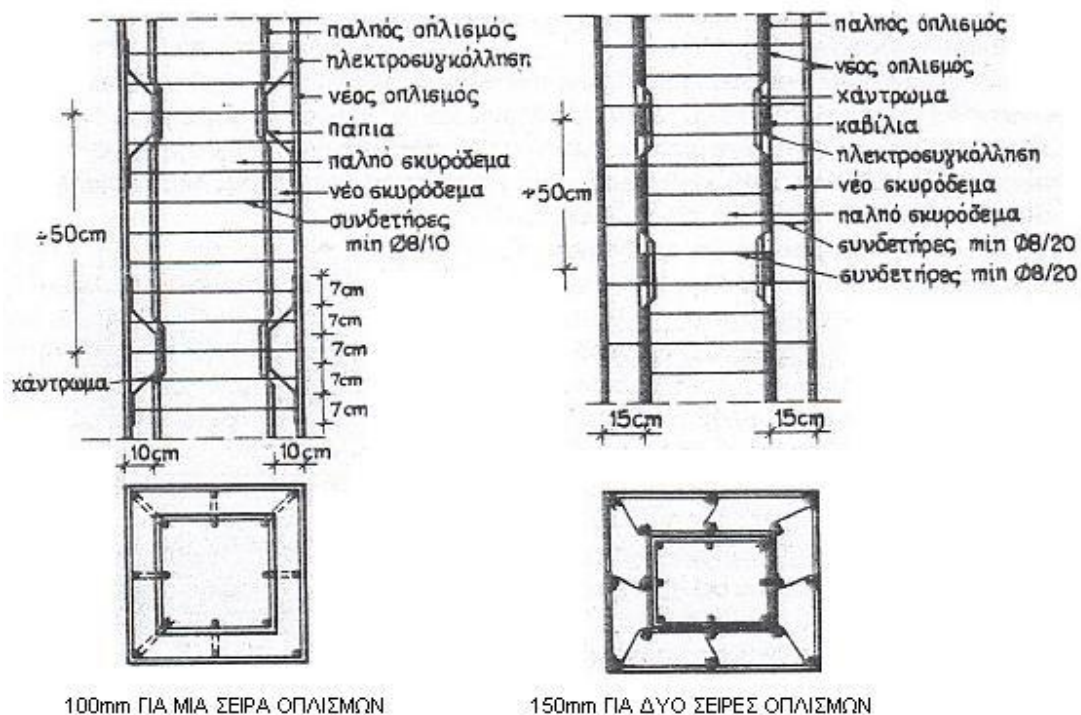
σχ.18.7

Το μήκος του μανδύα θα είναι τουλάχιστον κατά 1,5 b (b =μεγαλύτερη διάσταση υποστυλώματος) μεγαλύτερο (πάνω και κάτω) από το μήκος στο οποίο το υποστυλωμα είναι βλαμμένο. Μέσα στα πρόσθετα αυτά μήκη θα γίνεται πυκνή συγκόλληση των νέων οπλισμών

πάνω στους παλιούς, η οποία θα συνεχίζεται, κανονικά στο βλαμμένο μήκος. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παρακάτω τεχνική: μετά την προετοιμασία, διατάσσονται πυκνοί εξωτερικοί συσφιγμένοι συνδετήρες (κολλάρα), οι οποίοι επικαλύπτονται με μία στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος με ενσωμάτωση εξωτερικά δομικού πλέγματος ή στην ανάγκη με πατητή τσιμεντοκονία πάχους 20mm περίπου.

γ) Στην περίπτωση βλάβης σε μεγάλη έκταση ύψους του υποστυλώματος ή και όταν έχουν βλαφθεί οι οπλισμοί, θα προηγηθεί κατάλληλη υποστήλωση και θα ακολουθεί η διαδικασία της προετοιμασίας: καθαίρεση αποδιοργανωμένου σκυροδέματος, αποκάλυψη οπλισμών, έκπλυση με νερό υπό πίεση, συγκόλληση νέων οπλισμών και πυκνών συνδετήρων (min $\Phi 8/5$ στη θέση της βλάβης και min $\Phi 8/10$ στο υπόλοιπο ύψος) ή σπείρας, και περιβολή του υποστυλώματος με μανδύα από έγχυτο σκυρόδεμα. Σε αυτήν την περίπτωση συνιστάται η επένδυση του συνόλου του μήκους του υποστυλώματος.

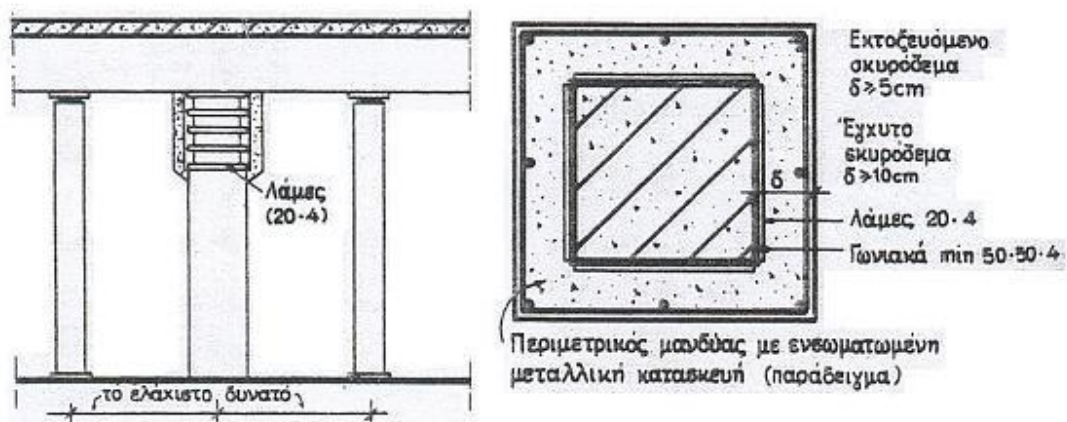
Η συγκόλληση νέων οπλισμών πάνω σε παλιούς μπορεί να γίνει με καβίλιες ή με πρόσθετα τεμάχια («πάπιες»), έτσι ώστε, ανεξάρτητα από το αν το φορτίο μεταβιβάζεται από την παλιά στη νέα διατομή ή αντίστροφα, ένα σκέλος της πάπιας να εφελκύεται. Η διατομή της «πάπιας», θα είναι min $\Phi 10$. Η χρησιμοποίηση κατάλληλων υπερρευστοποιητικών είναι πολύ ευνοϊκή.



σχ. 18.8

Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παρακάτω τεχνική: ενίσχυση με μεταλλική κατασκευή από γωνιακά ελάσματα (min 50 X 50 X 4) και οριζόντιες λάμες (min 20 X 4), ανά ζεύγη, σε αποστάσεις, 30cm, περίπου και μανδύα από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

Όταν συγκολλούνται οι λάμες πρέπει στην, περιοχή τους να γίνεται γερή σύσφιγξη των γωνιακών πάνω στο σκυρόδεμα με κατάλληλους σφιγκτήρες.



σχ. 18.9

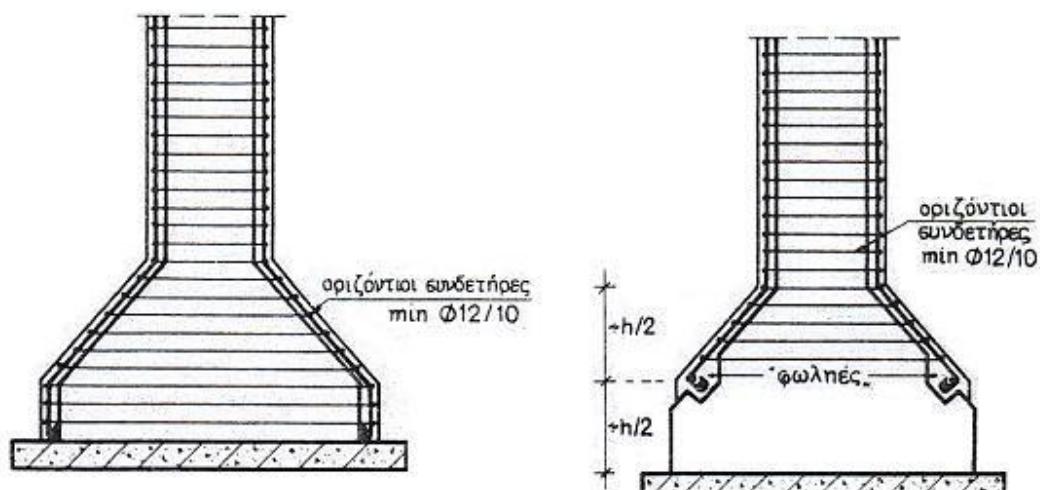
ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ

Παρατηρήσεις:

- Εναλλακτικά, για βλάβες τύπου «β», αντί της καθαιρέσεως και αντικαταστάσεως βλαμμένου σκυροδέματος, μπορεί να γίνει εμποτισμός της αποδιοργανωμένης περιοχής με τσιμεντοκονία που περιέχει σε κατάλληλο ποσοστό πλαστικές ύλες, με την προϋπόθεση ότι η περιοχή (ή όλο το υποστυλώμα) θα κλειστεί μέσα σε πλήρη περιμετρικό μανδύα Ω.Σ.
- Η πλήρης καθαίρεση υποστυλώματος (ιδίως στους κατώτερους ορόφους) και η αντικατάστασή του με νέο στοιχείο, πρέπει να αποφεύγεται λόγω των δυσχερειών πλήρους υποστυλώσεως.
- Υπενθυμίζεται ότι πρέπει να ληφθεί υπόψη η επίπτωση στην αντισεισμική, κυρίως, συμπεριφορά του κτιρίου της αυξημένης ακαμψίας των ενισχυμένων υποστυλωμάτων.

Β) Πέδιλα

Στην περίπτωση βλάβης του υποστυλώματος του κατώτατου ορόφου και περιβολής με μανδύα, πρέπει τα πέδιλα να περιβάλλονται με τον ίδιο μανδύα. Ο μανδύας πεδίων πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το μισό ύψος του πέδιλου, και να περιλαμβάνει κλειστούς οριζόντιους συνδετήρες (min Φ12/10).



σχ. 18.10

ΜΑΝΔΥΑΣ ΠΕΔΙΛΟΥ ΑΠΟ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

18.4. Τοιχώματα

Γενικά, από απόψεως μεθοδολογίας επισκευών, τα τοιχώματα αντιμετωπίζονται όπως τα υποστυλώματα.

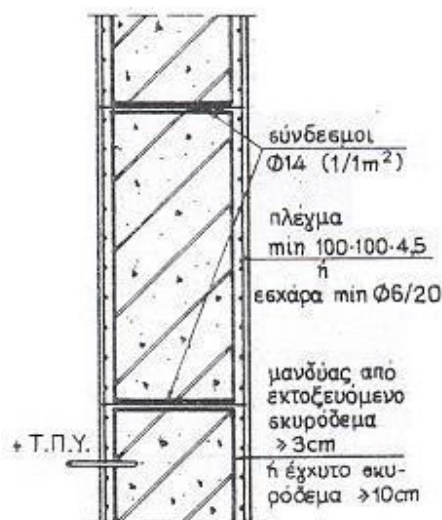
Εφίσταται η προσοχή του μελετητή γιατί σε περίπτωση απλής, έστω, ρηγματώσεως υπάρχει το ενδεχόμενο ανεπάρκειας του στοιχείου οπότε απαιτείται η κατασκευή διπλού εξωτερικού μανδύα όπως περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο ανεξάρτητα από τον βαθμό βλάβης.

α) Στην περίπτωση απλής ρηγματώσεως γίνεται εμποτισμός των ρωγμών με ενέσεις Ε.Κ.

β) Στην περίπτωση αποδιοργανώσεως του σκυροδέματος γίνεται καθαίρεση και αντικατάσταση με έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

Ακολουθεί υποχρεωτικά η κατασκευή διπλού εξωτερικού μανδύα (σάντουιτς). Οι δύο μανδύες συνδέονται μεταξύ τους με συνδέσμους Φ14, οι οποίοι περνάνε μέσα από τρύπες κάθετα στο τοίχωμα (1 τρύπα τουλάχιστον κάθε 1m^2).

Το σύνολο του οπλισμού των μανδυνών θα προκύψει από υπολογισμό (min δομικό πλέγμα 100.000.4,5 ή σχάρα Φ6/20).

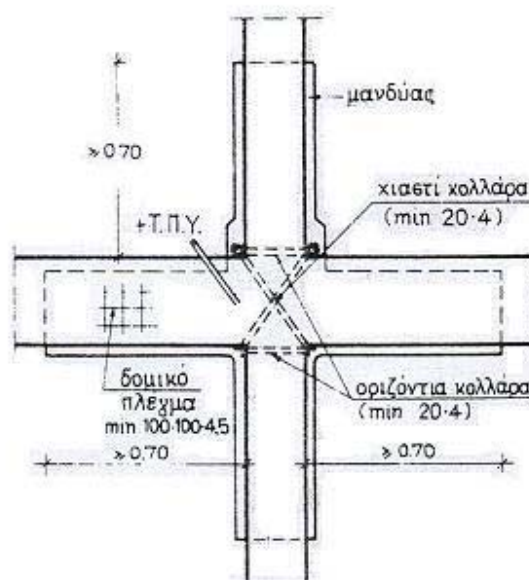
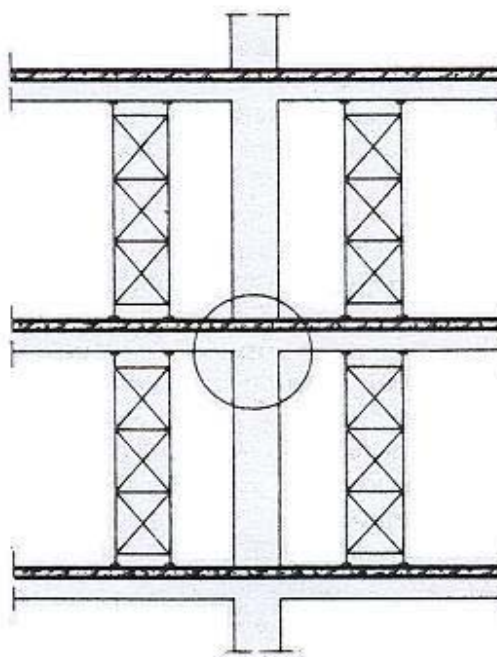
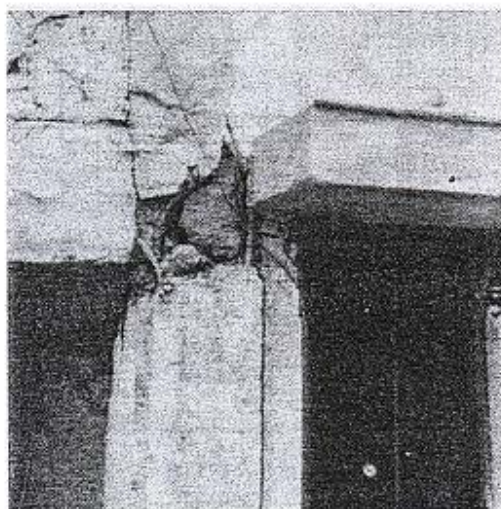


σχ. 18.11

Συνιστάται η συγκέντρωση οπλισμών στα άκρα του τοιχώματος. Εναλλακτικά, αντί της καθαιρέσεως και αντικαταστάσεως βλαμμένου σκυροδέματος τοιχώματος, μπορεί να γίνει εμποτισμός με τσιμεντοκονία, που περιέχει, σε κατάλληλο ποσοστό πλαστικές ύλες, μετά την κατασκευή του διπλού μανδύα. Τούτο, βεβαίως, όταν η βλάβη δεν έχει προκαλέσει εκτεταμένη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος.

18.5. Κόμβοι

Κάθε ρηγμάτωση κόμβου, έστω και πολύ μικρού ανοίγματος ρωγμών, θεωρείται επικίνδυνη και αντιμετωπίζεται σαν σοβαρή βλάβη, η οποία απαιτεί ενίσχυση της διατομής. Κατά το στάδιο επισκευής κόμβου, απαιτείται κατάλληλη υποστήλωση που θα επεκτείνεται τουλάχιστον έναν όροφο πάνω και έναν όροφο κάτω από τον κόμβο.



σχ. 18.12

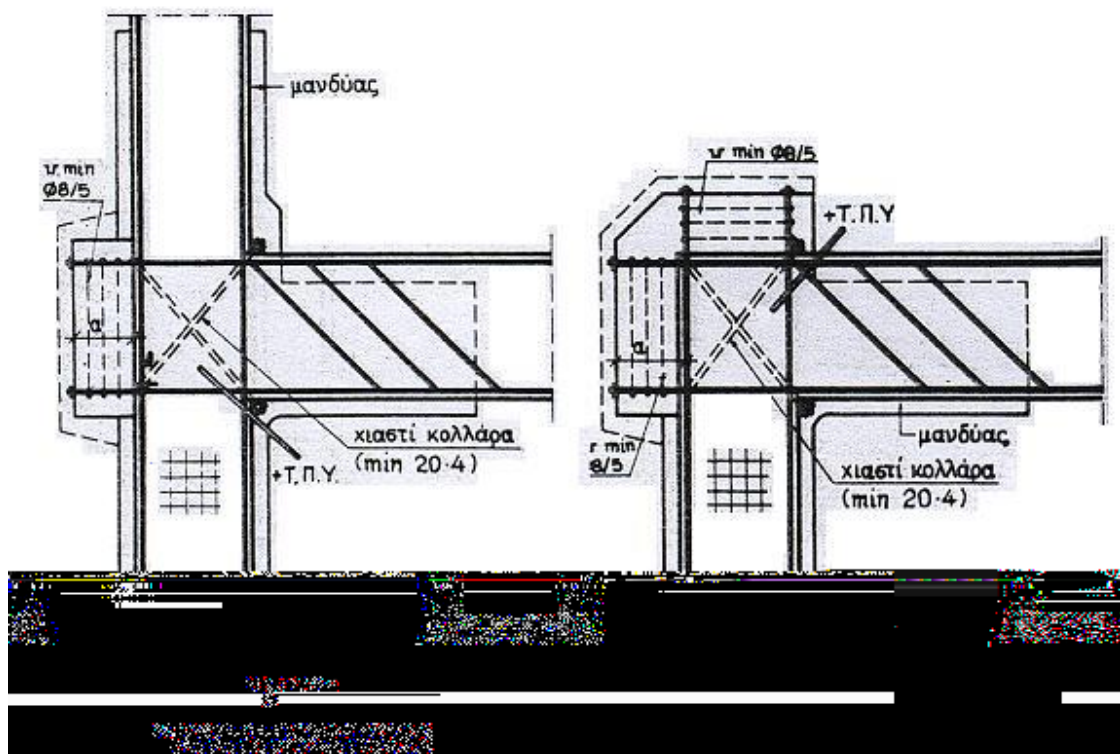
ΡΩΓΜΕΣ ΣΕ ΚΟΜΒΟ ΚΑΙ ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΟΥΣ

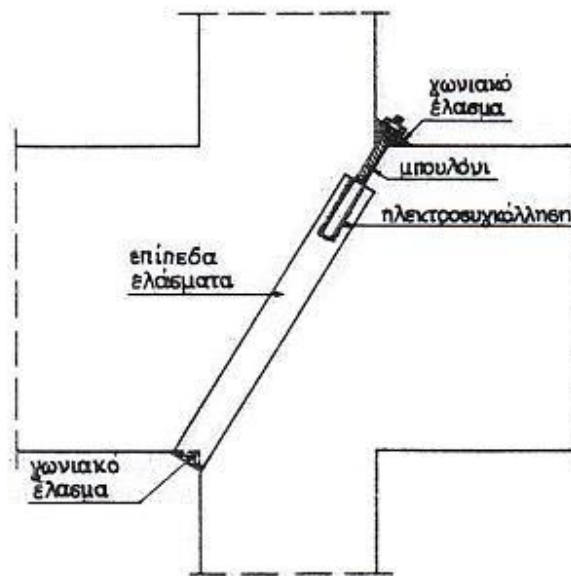
Στην περίπτωση αποδιοργάνωσης του σκυροδέματος στους κόμβους συνδέσεως δοκών-υποστυλωμάτων δεν συνιστάται η καθαίρεση αλλά ο εμποτισμός της περιοχής με ΤΠΥ, μετά την κατασκευή μανδύα. Η επισκευή-ενίσχυση του κόμβου γίνεται με εξωτερικούς συνδετήρες (κολλάρα), δύο χιαστί γύρω από τον κόμβο και δύο οριζόντιους στα υποστυλώματα. Οι συνδετήρες περιβάλλονται με δομικό πλέγμα και τοπικό μανδύα από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Ο μανδύας κόμβου πρέπει να ενώνεται με τους μανδύες όλων των στοιχείων τα οποία συνέρχονται στον κόμβο ή να καλύπτει μήκος του στοιχείου το οποίο δεν είναι βλαμμένο τουλάχιστον 0,70m. Όταν διαπιστωθούν βλάβες στους οπλισμούς του κόμβου, απαιτείται η

προσθήκη διατμητικού οπλισμού στα στοιχεία γύρω από τον κόμβο (συνδετήρες min $\Phi 8/10$ στα δοκάρια και στα υποστυλώματα) και η ενίσχυση των κολλάρων (min 20.4). Στην περίπτωση αυτή χρειάζεται υπολογισμός του απαιτούμενου πρόσθετου οπλισμού.

Τεχνική «καμπούρας»

Στην περίπτωση ακραίων κόμβων επειδή δεν είναι εύκολη και σίγουρη η διάγνωση των λεπτομερών αιτίων βλάβης, συνιστάται η χρήση της τεχνικής της «καμπούρας» -επεκτάσεως της δοκού ή του υποστυλώματος ή και των δύο. Ακολουθεί η κατασκευή μανδύα από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα κατά τα προηγούμενα στον οποίον μπορεί να ενσωματωθεί η «καμπούρα».





σχ. 18.14

ΛΕΠΤΟΜΕΡΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΛΛΑΡΟΥ

Σ' αυτή την περίπτωση απαιτείται:

- έγχυτο σκυρόδεμα ποιότητας τουλάχιστον C30/37 και πάχους $\alpha = 200\text{mm}$.
 - αποκάλυψη αγκυρώσεων παλιών ράβδων οπλισμού και ηλεκτροσυγκόλληση νέων ράβδων (Φ ») που συσφίγγονται στην εξωτερική παρειά της «καμπούρας»
 - διάταξη πυκνών συνδετήρων (min $\Phi 8/5$).
- Οι συσφίξεις των νέων ράβδων αγκυρώσεως μένουν ακάλυπτες, αφού ελαιοβαφούν, ή καλύπτονται με τον μανδύα του κόμβου. (Θ. Π. ΤΑΣΙΟΣ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ & ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΟΠΛ. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ –εκδ. ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ 1986).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΥ ΘΕΟΦΑΝΗ-ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤ. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ I & II –εκδ. ΟΕΔΒ 1983
- 2) ΔΕΪΜΕΖΗ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗ-ΓΕΝΙΚΗ ΔΟΜΙΚΗ II –εκδ. ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1969
- 3) ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΥ Ι. ΠΑΝ. -ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΠΛ. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ –εκδ. Ι. ΧΙΩΤΕΛΛΗΣ 1983
- 4) ΤΑΣΙΟΣ Θ. Π. -ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ & ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΟΠΛ. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ –εκδ. ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ 1986
- 5) WOMMELSDORFF -ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ(ΜΕΛΕΤΗ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ) –μεταφρ. Γ. Χατζηθεοδώρου –εκδ. Μ. ΓΚΙΟΥΡΔΑΣ 1976