

19. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΗΣ

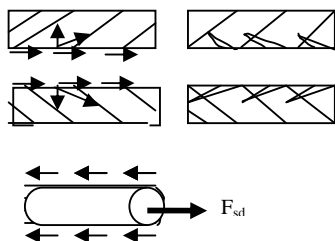
19.1 Ο Ψαθυρός Τύπος Αστοχίας Λόγω Υπέρβασης της Αντοχής Συνάφειας

Στο Σχ. 1(a) έχει απομονωθεί το σκυρόδεμα γύρω από τμήμα ράβδου οπλισμού και στο Σχ. 1(β) έχει απομονωθεί το τμήμα της ράβδου από το σκυρόδεμα που την περιβάλλει.

Η δύναμη της ράβδου στο ένα άκρο είναι μηδενική (ελεύθερο άκρο) ενώ η δύναμη που απαιτείται να αναπτυχθεί στο άλλο άκρο (θέση κρίσιμης διατομής) για να αναλάβει την επιπόνηση M_{sd} είναι $F_{sd1} = M_{sd}/z$.

Για να μπορέσει να αναπτυχθεί η δύναμη αυτή πρέπει να παρεμποδιστεί η κίνηση της ράβδου κατά τη διεύθυνση της δύναμης F_{sd1} . Ένταση προκύπτει μόνον όταν η μετακίνηση είναι παρεμποδιζόμενη.

Την παρεμπόδιση αυτή προσφέρουν οι **τριβές τ** που αναπτύσσονται στην επιφάνεια επαφής ράβδου και περιβάλλοντος σκυροδέματος και αγκυρώνουν (κρατούν στη θέση της) τη ράβδο.



Σχ. 18.1 Λοξή ρηγμάτωση λόγω υπέρβασης των τάσεων συνάφειας

Οι τριβές αυτές όταν δρουν στην διεπιφάνεια δύο διαφορετικών υλικών δηλώνονται ως **τάσεις συνάφειας**.

Είναι οι ίδιες τριβές οι οποίες παρεμποδίζουν τις στρώσεις και τις εγκάρσιες διατομές ενός φορέα τη μία ως προς την άλλη που στην περίπτωση αυτή δηλώνονται ως **διατμητικές τάσεις**.

Ίσες και αντίθετες τάσεις τ αναπτύσσονται από τη ράβδο στο περιβάλλον σκυρόδεμα.

Ίσες διατμητικές τάσεις αναπτύσσονται και κατά την κάθετη έννοια (θεώρημα Causi)

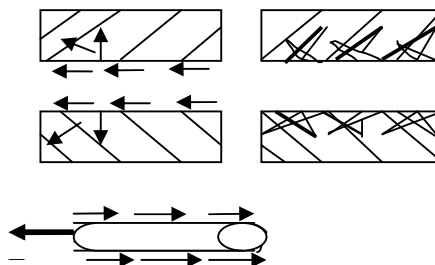
συντρέχουσες με τις οριζόντιες, όπως φαίνεται στο Σχ. 1, με αποτέλεσμα ανάπτυξη τοπικά γύρω από την ράβδο λοξών εφελκυστικών και λοξών θλιπτικών τάσεων.

Με την αύξηση της επιπόνησης αυξάνεται η τιμή των τάσεων τ και, γι αυτό, και η τιμή της λοξής εφελκυστικής τάσης η οποία όταν φθάσει την τιμή της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος οδηγεί σε λοξή ρηγμάτωση, όπως φαίνεται στο σχήμα.

Με την δημιουργία της πρώτης λοξής ρωγμής στην πρώτη κρίσιμη θέση κατά μήκος της ράβδου και την καταστροφή της συνάφειας στη θέση αυτή, αυξάνεται η τάση συνάφειας στη γειτονική θέση (αφού έχει μειωθεί το μήκος συνάφειας κατά το άνοιγμα της ρωγμής) η οποία οδηγεί με τη σειρά της σε λοξή ρηγμάτωση και καταστροφή της συνάφειας και στη θέση αυτή, κ.ο.κ. με συνέπεια μια αλυσιδωτή πορεία κατά την οποία όλες οι διατομές κατά μήκος της ράβδου καθίστανται κρίσιμες με συνέπεια την αποκόλληση της ράβδου σ' όλο το μήκος της, την εξόλκευσή της, χωρίς να έχει αυξηθεί η επιπόνηση.

19.2 Η Μείωση της Αντοχής Συνάφειας λόγω της Εναλλαγής της Επιπόνησης

Με την εναλλαγή της σεισμικής επιπόνησης εναλλάσσονται οι δυνάμεις των ράβδων του οπλισμού με συνέπεια, όπως φαίνεται στο Σχ.2(a), εναλλαγή των τάσεων συνάφειας μεταξύ των ράβδων του οπλισμού και του περιβάλλοντος σκυροδέματος και εμφάνιση δισδιαγώνιων ρωγμών στην περιοχή γύρω από τις ράβδους και, γι αυτό, ταχύτερη απομείωση της αντοχής συνάφειας.



Σχ. 18.2 Δισδιαγώνια ρηγμάτωση λόγω εναλλασσόμενης επιπόνησης

Γι αυτό, τίθενται αυστηρότερες διατάξεις για τις αγκυρώσεις των ράβδων.

Αστοχία της αγκύρωσης των ράβδων ακυρώνει οποιοδήποτε ικανοτικό σχεδιασμό, αφού η αστοχία λόγω υπέρβασης της αντοχής συνάφειας είναι ιδιαίτερα ψαθυρή και εκδηλώνεται χωρίς προειδοποίηση με εξόλκευση των ράβδων του οπλισμού όπως αναλύθηκε παραπάνω.

19.3 Διαφοροποιήσεις στον Υπολογισμό του Μήκους Αγκύρωσης

➤ Απαιτούμενο μήκος Αγκύρωσης στο Σχεδιασμό για Κατακόρυφα Φορτία

Το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης $l_{b,net}$ μιας ράβδου στο σχεδιασμό γιο τα κατακόρυφα φορτία δίνεται από την παρακάτω σχέση (βλ. Τόμος 2: Αγκυρώσεις):

$$\diamond l_{b,net} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot (\Phi/4) \cdot \sigma_{sd}/f_{bd} \quad (1)$$

Η τάση σ_{sd} της ράβδου συναρτήσει της μέγιστης τάσης f_{sd} προκύπτει από τη σχέση (2):

$$\bullet \sigma_{sd} = f_{sd} \cdot A_{s,ef}/A_{s,cal} \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει η σχέση (α) που δίνεται στους κανονισμούς:

$$\diamond l_{b,net} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot l_b \cdot A_{s,ef}/A_{s,cal} \quad (\alpha)$$

$$\text{όπου: } l_b = \Phi/4 \cdot f_{sd} / f_{bd}$$

➤ Απαιτούμενο μήκος Αγκύρωσης στον Αντισεισμικό Σχεδιασμό

Στον αντισεισμικό σχεδιασμό, όμως, όπως σχολιάστηκε στο κεφ.10.3 και το κεφ. 12, οι φορείς σχεδιάζονται για να αστοχήσουν.

Γιαυτό, η τάση των ράβδων είναι: $\sigma_{sd} = f_{sd}$ και το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης $l_{b,net}$ δίνεται από τη σχέση (β):

$$\diamond l_{b,net} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot l_b \quad (\beta)$$

19.3 Η Απαιτήση Μικρότερης Διαμέτρου των Ράβδων

Όπως φαίνεται στο Σχ. 3, λόγω του αντίθετου πρόσημου της ροπής στις διατομές Α και Β εκατέρωθεν του κόμβου, η μεταβολή της δύναμης των ράβδων του οπλισμού στο μήκος ΑΒ του κόμβου προκύπτει ίση με $\Delta F_s = 2 \cdot A_s \cdot f_y$ (λόγω του σχηματισμού διαμπερούς ρωγμής $F_{s2} = F_{s1}$, βλ. κεφ. 15).

Εξισώνοντας την ΔF_s με τη δύναμη συνάφειας $F_b = f_b \cdot \pi \cdot \Phi \cdot l_{AB}$ η οποία πρέπει να την εξισοροπήσει προκύπτει η σχέση (β):

$$2A_s f_{yd} = f_{bd} \cdot \pi \Phi l_{AB} \quad (\beta)$$

Συγκρίνοντας τη σχέση (β) που ισχύει στην περιοχή του κόμβου με τη σχέση (α) στο κεφ. 19.3 που ισχύει στις άλλες θέσεις προκύπτουν τα παρακάτω:

➤ Για ίδια διάμετρο Φ των ράβδων και ίδιο μήκος αγκύρωσης, στην περιοχή του κόμβου απαιτείται διπλάσια αντοχή συνάφειας.

Τούτο δεν μπορεί να εξασφαλιστεί γιατί, όπως σχολιάστηκε στο κεφ. 19.2, η αντοχή συνάφειας στην περιοχή του κόμβου είναι εξασθενημένη.

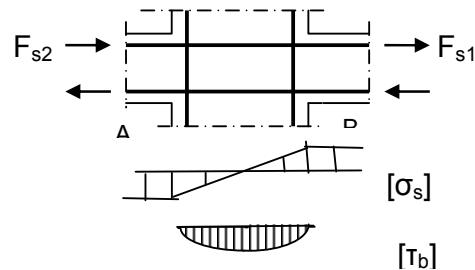
➤ Για ίδια διάμετρο Φ και ίδια αντοχή συνάφειας, το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης προκύπτει διπλάσιο.

➤ Για ίδιο μήκος αγκύρωσης, η απαιτούμενη διάμετρος Φ της ράβδου πρέπει να είναι η μισή από ό,τι στις άλλες θέσεις.

Αν ληφθεί υπόψη ότι το διαθέσιμο μήκος αγκύρωσης l_{AB} (ίσο με τις εγκάρσιες διαστάσεις των υποστυλωμάτων) είναι της τάξεως του 0.30 έως 0.50 m, από τη σχέση (β) προκύπτει ότι:

❖ **Απαιτούνται πολύ μικρές διαμέτροι ράβδων, μικρότερες των 14 mm.**

Για μεγαλύτερες διαμέτρους απαιτείται μεγαλύτερο μήκος αγκύρωσης, άρα μεγαλύτερη διάσταση του υποστυλώματος.



Σχ. 3: Εντατική κατάσταση στην περιοχή του κόμβου

Η απαίτηση αυτή οδηγεί σε μεγάλο αριθμό διαμήκων ράβδων. Λόγω του σχετικά μικρού πλάτους των δοκών η απαίτηση αυτή δεν μπορεί να ικανοποιηθεί. Ακόμη και αν αυξηθεί το πλάτος και καταστεί δυνατή η τοποθέτηση των ράβδων, η λύση εξακολουθεί να είναι προβληματική, καθώς η παρουσία πολλών διαμήκων ράβδων στην επάνω πλευρά των οριζόντιων στοιχείων παρεμποδίζει τη σκυροδέτηση και συμπύκνωση του σκυροδέματος στην περιοχή του κόμβου και κοντά σ αυτόν.

Η παρεμπόδιση αυτή αποτελεί μόνιμο πρόβλημα όλων των σκυροδετήσεων σε περιοχές αρνητικών ροπών οριζόντιων φορέων.

Εναλλακτική διάταξη του διαμήκους οπλισμού για την αναίρεση της δυσχέρειας αυτής με παράλληλη βελτίωση και της εν γένει συμπεριφοράς των φορέων αναπτύσσεται στο κεφ. 21.

