

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Σχεδιασμός έναντι Στρέψης

Όταν ένα δομικό στοιχείο καταπονείται με ροπές των οποίων τα διανύσματα είναι παράλληλα προς τον άξονα του στοιχείου, δηλαδή προκαλούν συστροφή του στοιχείου ως προς τον άξονα αυτόν, τότε λέμε ότι το στοιχείο υφίσταται **στρέψη**. Απλό παράδειγμα στρέψης έχουμε όταν προσπαθούμε με ένα κατσαβίδι να βιδώσουμε μια βίδα. Αν φανταστούμε ότι η βίδα δεν “στρίβει” (π.χ. επειδή έχει “τερματίσει”, έχει φθάσει στο τέλος της) αλλά εμείς καταβάλλουμε προσπάθεια να στρίψουμε την λαβή του κατσαβιδιού, τότε στην πραγματικότητα καταπονούμε όλο το κατσαβίδι σε στρέψη (το ίδιο συμβαίνει και όταν η βίδα στρίβει σχετικά δύσκολα, με μόνη διαφορά ότι η ροπή στρέψης που επιβάλλουμε είναι μικρότερη απ’ ότι στην περίπτωση που το άκρο του κατσαβιδιού δεν στρίβει).

Όπως θα δούμε στο κεφάλαιο αυτό, κύρια αποτελέσματα της στρέψης σε δομικά στοιχεία είναι η σχετική στροφή των διατομών και η ανάπτυξη διατμητικών τάσεων πάνω στο επίπεδο κάθε διατομής. Η στρέψη είναι ένα επικίνδυνο φαινόμενο καταπόνησης, διότι εξαιτίας της προκαλούνται διατμητικές τάσεις και το σκυρόδεμα έχει μικρή φέρουσα ικανότητα έναντι διατμητικών τάσεων.

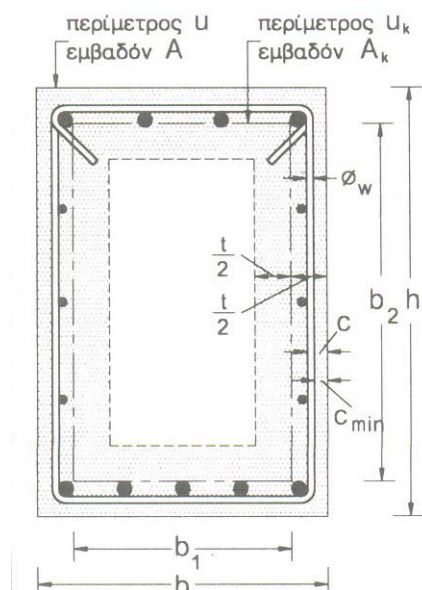
7.1. Σχεδιασμός έναντι στρέψης

Η επίλυσή της είναι ανάλογη της επίλυσης αμφιαρθρωτής ράβδου για τέμνουσες.

Α. Αντοχή σε στρέψη

Ο έλεγχος βασίζεται στη θεωρία των λεπτότοιχων διατομών. Σε κάθε στοιχείο που καταπονείται σε στρέψη, θεωρούμε μια ισοδύναμη κοίλη διατομή (πραγματική ή ιδεατή), η οποία αναλαμβάνει τη ροπή στρέψης με τη μορφή κλειστής ροής διατμητικών τάσεων.

Στο σχήμα φαίνεται η εφαρμογή σε ορθογωνική διατομή.



Η διατομή αυτή ορίζεται ως εξής:

- Η εξωτερική περίμετρός της συμπίπτει με αυτή της πραγματικής διατομής.
- Έχει ένα ισοδύναμο πάχος τοιχώματος $t = \max\left(\frac{A}{u}, 2c\right)$ που στην περίπτωση κοίλων διατομών δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερο από το πραγματικό πάχος των τοιχωμάτων τους.
- Α είναι ολική επιφάνεια που περιλαμβάνεται από την εξωτερική περίμετρο.
- c είναι η επικάλυψη των διατομών των ράβδων.

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ

$A = b \times h$	$b_1 = b - t$
$U = 2(b + h)$	$b_2 = h - t$
$c = c_{\min} + \Phi_w$	$A_k = b_1 \times b_2$
$t = \max\left(\frac{A}{u}, 2c\right)$	$u_k = 2(b_1 + b_2)$

Ο έλεγχος της στρέψης συνίσταται στον έλεγχο αντοχής τριών αντοχών: τ_{Rd1} , τ_{Rd2} ,

τ_{Rd3}

και για τις οποίες πρέπει να ισχύει ταυτόχρονα και για όλες:

- $\tau_{sd} \leq \tau_{Rd1}$, όπου: τ_{Rd1} η ροπή στρέψης που μπορεί να αντέξει η διατομή όταν εξαντλείται η αντοχή των τοιχωμάτων της σε θλίψη.
- $\tau_{sd} \leq \tau_{Rd2}$, όπου: τ_{Rd2} η ροπή στρέψης που μπορεί να αναλάβει η διατομή λόγω εφελκυσόμενων συνδετήρων.
- $\tau_{sd} \leq \tau_{Rd3}$, όπου: τ_{Rd3} η ροπή στρέψης που μπορεί να αναλάβει η διατομή λόγω των διαμήκων οπλισμών.

A) στρεπτική αντοχή τ_{Rd1}

Η στρεπτική αντοχή των θλιβόμενων τοιχωμάτων σκυροδέματος είναι:

$$\tau_{Rd1} = 2 v f_{cd} A_k \frac{t}{(\cot \theta + \cot \alpha)},$$

όπου:

$$v = 0,7 \quad (0,7 - f_{ck}) \geq 0,35$$

$$t = \text{πάχος ισοδύναμης λεπτότοιχης διατομής} \quad t = \max \left(\frac{A}{u}, 2c \right)$$

$A_k = b_1 b_2$, η επιφάνεια που περικλείεται από την πολυγωνική γραμμή που διέρχεται από το μέσον των τοιχωμάτων

θ : η γωνία κλίσης της θλιπτικής δύναμης (για $\theta = 45^\circ$: $\tau_{Rd1} = 2 v f_{cd} A_k t$)

B) στρεπτική αντοχή τ_{Rd2}

Η στρεπτική αντοχή λόγω συνδετήρων είναι: $\tau_{Rd2} = \frac{A_{sw}}{s} 2 A_k f_{ywd} \cot \theta$

$$\text{Για } \theta = 45^\circ: \tau_{Rd2} = \frac{A_{sw}}{s} 2 A_k f_{ywd}$$

όπου: A_{sw} : η διατομή ενός συνδετήρα που περιέχεται στο τοίχωμα, ανά απόσταση s .

Γ) στρεπτική αντοχή τ_{Rd3}

Η στρεπτική αντοχή τ_{Rd3} λόγω διαμήκους οπλισμού είναι: $\tau_{Rd3} = \frac{A_{sl}}{u_k} 2 A_k f_{yld} \tan \theta$

$$\text{Για } \theta = 45^\circ: \tau_{Rd3} = \frac{A_{sl}}{u_k} 2 A_k f_{yld}$$

7.2 Έλεγχοι έναντι στρέψης

Σε κάθε διατομή που καταπονείται από δρώσα ροπή σχεδιασμού στρέψης τ_{sd} , πρέπει να γίνονται τρεις έλεγχοι πέραν των άλλων σε κάμψη και τέμνουσα.

1. Έλεγχος αντοχής τοιχωμάτων σε θλίψη.

$$\text{Πρέπει: } \left(\frac{\tau_{sd}}{\tau_{Rd1}} \right)^2 + \left(\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} \right)^2 \leq 1$$

Αν δεν ικανοποιείται αυτή η σχέση, πρέπει να αυξηθούν οι διαστάσεις της διατομής.

2. Έλεγχος αντοχής λόγω συνδετήρων.

Πρέπει: $\tau_{sd} \leq \tau_{Rd2}$

Από τη σχέση αυτή μπορούν να υπολογιστούν οι αναγκαίοι συνδετήρες στρέψης:

$$\tau_{sd} \leq \frac{A_{sw}}{s} 2 A_k f_{ywd} \Rightarrow \frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{\tau_{sd}}{2 A_k f_{ywd}}$$

για να αναχθεί σε **δίτημτους** συνδετήρες: $\frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{\tau_{sd}}{A_k f_{ywd}}$

3. Έλεγχος αντοχής λόγω διαμήκων ράβδων.

Πρέπει: $\tau_{sd} \leq \tau_{Rd3}$

Η αντοχή των διαμήκων ράβδων είναι: $\tau_{Rd3} = \frac{A_{sl}}{u_k} 2 A_k f_{yld}$

Από τη σχέση αυτή μπορεί να υπολογιστούν οι αναγκαίες πρόσθετες διαμήκεις

ράβδοι: $\tau_{sd} = \frac{A_{sl}}{u_k} 2 A_k f_{yld} \Rightarrow A_{sl} = \tau_{sd} \frac{u_k}{2 A_k f_{yld}}$