

**ΟΡΙΑΚΗ
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΑΣΤΟΧΙΑΣ
ΑΠΟ
ΤΕΜΝΟΥΣΑ**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

Τέτοιες μέθοδοι για υψίκορμες δοκούς και βραχείς προβόλους παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α των Σχολίων.

11.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΩΡΙΣ ΟΠΛΙΣΜΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

Σε περίπτωση συνδυασμού τέμνουσας και στρέψης απαιτείται ειδικός έλεγχος (παρ. 12.2.3 και 18.3.7).

11.1.1 Γενικά

Στις πλάκες (κατά την έννοια της παρ. 9.1.1) η εγκάρσια κατανομή του φορτίου μπορεί να εξασφαλισθεί με οπλισμούς διανομής.

11.1.2 Αντοχή σε τέμνουσα

Οι κανόνες αυτού του Κεφαλαίου εφαρμόζονται για τις δοκούς, τις πλάκες υπό προέχουσα κάμψη και για τα στοιχεία υπό θλίψη, των οποίων οι διαμήκεις οπλισμοί έχουν υπολογιστεί σύμφωνα με το Κεφάλαιο 10 και τα οποία υπόκεινται συγχρόνως σε τέμνουσες δυνάμεις.

Επίσης εφαρμόζονται για σώματα κόμβων, κορμούς τοιχωμάτων, καθώς και για συνδέσεις κορμού - πελμάτων των πλακοδοκών και τοιχωμάτων.

Υψίκορμες δοκοί ή βραχείς πρόβολοι επιτρέπεται να αναλύονται και να σχεδιάζονται σύμφωνα με τις αρχές των μεθόδων πλαστικής ανάλυσης και θλιπτήρων – ελκυστήρων.

11.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΩΡΙΣ ΟΠΛΙΣΜΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

11.1.1 Γενικά

Ο σχεδιασμός χωρίς οπλισμό διάτμησης περιορίζεται μόνον σε στοιχεία που έχουν μικρή σημασία ή σε στοιχεία με ικανότητα κατανομής του φορτίου σε διεύθυνση κάθετη τόσο προς τα φορτία όσο και προς το άνοιγμα και στα οποία δεν εμφανίζονται σημαντικές ορθές εφελκυστικές δυνάμεις (π.χ. συνήθεις πλάκες).

Για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει, σύμφωνα με την εξίσωση (6.1), η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd1} \dots\dots\dots (11.1)$$

όπου:

$$V_{Rd1} \quad \text{υπολογίζεται σύμφωνα με την παρ. 11.1.2.}$$

Ο παραπάνω έλεγχος δεν είναι γενικά απαραίτητος για διατομές που βρίσκονται μεταξύ της παρειάς μίας άμεσης στήριξης και μέχρι απόστασης d από αυτήν. Είναι όμως απαραίτητος αν στο διάστημα αυτό υπάρχουν συγκεντρωμένα φορτία (βλ. παρ. 11.1.2.2), ή αν πρόκειται για παρειά μίας έμμεσης στήριξης.

11.1.2 Αντοχή σε τέμνουσα

11.1.2.1 Προσδιορισμός της V_{Rd1}

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd} k (1.20 + 40 \cdot \rho_\ell) + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w d \dots\dots\dots (11.2)$$

όπου:

$$b_w \quad \text{το πλάτος του στοιχείου,}$$

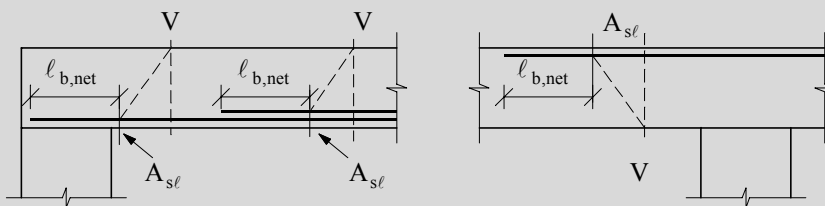
Οι τιμές του Πίνακα 11.1 προέρχονται από τη σχέση:

$$\tau_{Rd} = 0.25 \cdot f_{ctd} = 0.25 \cdot f_{ctk0.05} / \gamma_c \dots\dots\dots (\Sigma 11.1)$$

με $\gamma_c = 1.5$.

Βλέπε Σχήμα Σ 11.2 για το b_w πλακών με νευρώσεις (ή με σώματα πλήρωσης) και δοκίδων. Σε περίπτωση κορμού που περιέχει σωλήνες τενόντων διαμέτρου μεγαλύτερη από $b_w / 8$ θα πρέπει να χρησιμοποιείται ως πλάτος του κορμού η ελάχιστη τιμή του όρου $(b_w - 1/2 \cdot \sum \varnothing)$,

όπου b_w το πλάτος του κορμού στο εξεταζόμενο επίπεδο και $\sum \varnothing$ το άθροισμα των διαμέτρων των σωλήνων των τενόντων που βρίσκονται σε αυτό το επίπεδο.



Σχήμα Σ 11.1: Προσδιορισμός του A_{sl} της εξίσωσης (11.2) (για το $l_{b,net}$ βλ. την εξ.(17.2)).

Σε περίπτωση τενόντων προέντασης κεκλιμένων ως προς την μέση γραμμή της διατομής, η V_{Sd} μπορεί να μειωθεί. Η μείωση αυτή μπορεί να ληφθεί ίση με την «ευμενή» τιμή (Πίνακας 6.4) της τέμνουσας σχεδιασμού λόγω αρχικής προέντασης. Στην περίπτωση αυτή όμως πρέπει να ληφθούν υπόψη μόνον οι ευθύγραμμοι τένοντες για τον υπολογισμό του ρ_1 (εξίσωση (11.2)).

| | |
|---------------|--|
| τ_{Rd} | τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον Πίν.11.1.1 |
| k | $1.60-d \geq 1.00$ (d σε μέτρα) |
| ρ_{ℓ} | $\frac{A_{s\ell}}{b_w d} \leq 0.02$ |
| σ_{cp} | N_{Sd} / A_c |
| N_{Sd} | ορθή δύναμη λόγω φόρτισης και προέντασης (θλίψη θετική) |
| $A_{s\ell}$ | διατομή διαμήκους εφελκυσμένου οπλισμού, ο οποίος επεκτείνεται πέραν της διατομής στην οποία υπολογίζεται η V_{Rd1} κατά $d + \ell_{b,net}$ |
| d | στατικό ύψος. Στην περίπτωση προεντεταμένων στοιχείων για τον προσδιορισμό του d θα λαμβάνεται υπόψη και η θέση των τενόντων στην εξεταζόμενη διατομή. |

Πίνακας 11.1: Τιμές της τ_{Rd} σε MPa

| | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| f_{ck} | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| τ_{Rd} | 0.18 | 0.22 | 0.26 | 0.30 | 0.34 | 0.37 | 0.41 | 0.44 | 0.48 |

11.1.2.2 Συγκεντρωμένα γραμμικά φορτία στην περιοχή των στηρίξεων

Εάν σε ένα στοιχείο ασκείται συγκεντρωμένο γραμμικό φορτίο σε απόσταση $a_v < 2.5 \cdot d$ από τον άξονα της στήριξης, η τιμή του τ_{Rd} που λαμβάνεται υπόψη στην εξίσωση (11.2) επιτρέπεται να αυξηθεί, πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή

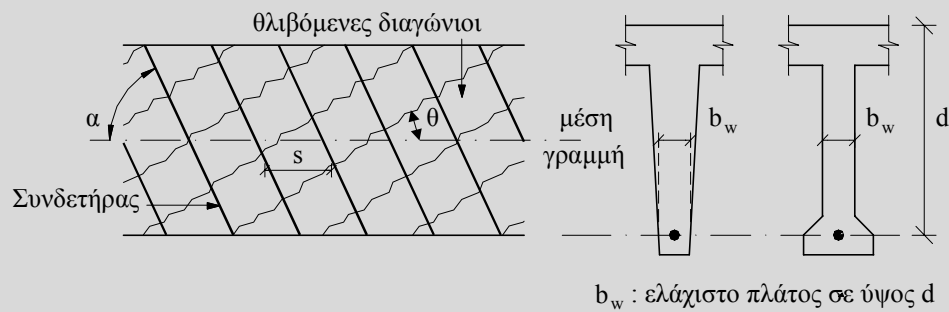
$$\beta = \frac{2.5 \cdot d}{a_v} < 3.00 \dots\dots\dots (11.3)$$

Για να ληφθεί ο συντελεστής β υπόψη στους υπολογισμούς, θα πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

- α) Το φορτίο και η αντίδραση στήριξης είναι τέτοια ώστε να προκαλούν διαγώνια θλίψη στο στοιχείο (άμεση στήριξη),
- β)
 - **Σε ακραία στήριξη:** ο απαιτούμενος εφελκυσμένος οπλισμός στην θέση του φορτίου επεκτείνεται μέχρι την στήριξη και αγκυρώνεται

11.2.1 Γενικά

Για την περίπτωση συνδυασμού τέμνουσας και στρέψης βλέπε παρ. 12.3.4.



Σχήμα Σ 11.2: Συμβολισμοί της παρ.11.2

Η επιρροή των άλλων συνιστωσών της αντοχής σε τέμνουσα (δράση βλήτρου, εμπλοκή αδρανών κλπ.) έχει ληφθεί έμμεσα υπόψη στην προτεινόμενη μεθοδολογία.

11.2.2 Διαδικασία ελέγχου

πέρα από την εσωτερική παρειά της (την παρειά που βρίσκεται προς την πλευρά εφαρμογής του συγκεντρωμένου φορτίου).

- **Σε ενδιάμεση στήριξη:** ο απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός στην παρειά της στήριξης επεκτείνεται και αγκυρώνεται πέραν της παρειάς σε μήκος τουλάχιστον $2.5d + \ell_{b,net}$ (για το $\ell_{b,net}$ βλέπε Κεφ. 17).

11.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕ ΟΠΛΙΣΜΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

11.2.1 Γενικά

Πρέπει να προβλέπεται ένας ελάχιστος οπλισμός για την ανάληψη τεμνουσών (παρ. 18.1.6, 18.3.4). Η κλίση του οπλισμού διάτμησης ως προς τον άξονα του στοιχείου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 45° .

Λοξές ράβδοι θα χρησιμοποιούνται μόνον εφόσον υπάρχουν συγχρόνως και συνδετήρες τοποθετημένοι κατά γωνία 90° ως προς τον διαμήκη άξονα του στοιχείου, με εξαίρεση τον οπλισμό διάτμησης πλακών.

Σε αυτή την περίπτωση ο υπολογισμός θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι το ποσοστό της τέμνουσας που αναλαμβάνεται από τους συνδετήρες είναι μεγαλύτερο από το ποσοστό που αναλαμβάνεται από τις λοξές ράβδους. Στην περίπτωση στοιχείων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας το ποσοστό που θα αναλαμβάνεται από συνδετήρες θα είναι τουλάχιστον 65%.

Για τον υπολογισμό της αντοχής σε τέμνουσα, η οριακή κατάσταση αστοχίας μπορεί απλοποιητικά να θεωρηθεί ότι χαρακτηρίζεται:

- είτε από διαγώνια θλίψη του σκυροδέματος, η οποία προκαλεί θραύση του κορμού,
- είτε από εφελκυσμό του οπλισμού διάτμησης, ο οποίος φθάνει την αντοχή σχεδιασμού του.

11.2.2 Διαδικασία ελέγχου

α) Έλεγχος περιορισμού λοξής θλίψης σκυροδέματος κορμού:

Οι διαστάσεις του κορμού πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η σχέση:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd2} \dots\dots\dots (11.4)$$

όπου το V_{Rd2} δίνεται από τις σχέσεις (11.7) και (11.8). Η παρειά άμεσης και έμμεσης στήριξης πρέπει απαραίτητως να ελέγχεται.

β) Έλεγχος οπλισμού έναντι τεμνουσών:

Ο όρος V_{wd} συμβολίζει την τέμνουσα που παραλαμβάνεται από τους οπλισμούς στην λειτουργία του δικτυώματος αποτελούμενου από θλιβόμενες διαγωνίους σκυροδέματος και ορθούς ή λοξούς ελκυστήρες στις θέσεις του οπλισμού.

Ο όρος V_{cd} αντιστοιχεί στην τέμνουσα που παραλαμβάνεται από το θλιβόμενο πέγμα και από άλλους μηχανισμούς ανάληψης τέμνουσας.

Ο όρος τ_{Rd} που διαμορφώνει την V_{cd} επιτρέπεται να αυξηθεί πολλαπλασιαζόμενος με τον συντελεστή β της παρ. 11.1.2.2 εάν εφαρμόζονται στην περιοχή στήριξης συγκεντρωμένα φορτία, αλλά με τον περιορισμό ότι η αυξημένη V_{Rd1} είναι μικρότερη ή ίση της V_{Rd2} .

Η μέθοδος ισχύει για στοιχεία με ή χωρίς αξονικές δυνάμεις (περιλαμβανόμενης και της προέντασης), ακόμα και για σχετικά υψηλά εντατικά μεγέθη και μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλά ποσοστά οπλισμού έναντι τεμνουσών. Κατά συνέπεια, οι κανόνες της παρ. 11.2.3 συμπληρώνονται απαραίτητως με εκείνους των Κεφαλαίων 17 και 18 (περί κατασκευαστικών λεπτομερειών και περί ελάχιστου οπλισμού διάτμησης).

Η μέθοδος δεν ισχύει για στοιχεία με τένοντες προέντασης χωρίς συνάφεια.

11.2.3 Υπολογισμός αντοχών (τυπική μέθοδος)

11.2.3.1 Τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω λοξής θλίψης κορμού

Η μέθοδος βασίζεται στην παραδοχή ότι η γωνία κλίσης των θλιβομένων διαγωνίων του σκυροδέματος είναι $\theta=45^\circ$.

Για κεκλιμένους συνδετήρες ($45^\circ < \alpha < 90^\circ$), η τιμή της V_{Rd2} μπορεί να αυξηθεί, πολλαπλασιαζόμενη επί $(1 + \cot \alpha)$.

Για τοιχώματα, ως ενεργό στατικό ύψος λαμβάνεται συνήθως $d_e = 0.8 \cdot \ell_w$

Η εξίσωση (11.8) λαμβάνει υπόψη την δυσμενή επιρροή στην θλιπτική αντοχή του κορμού μιας ενδεχόμενης αξονικής δύναμης (π.χ. λόγω προέντασης ή σε περιπτώσεις υποστυλωμάτων / τοιχωμάτων). Ισχύει για την πιο δυσμενή περίπτωση, όπου ο οπλισμός διάτμησης είναι κάθετος στον άξονα του στοιχείου ($\alpha=90^\circ$).

Ο οπλισμός έναντι τεμνουσών θα υπολογίζεται από την συνθήκη:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd3} \dots\dots\dots (11.5)$$

όπου:

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} \dots\dots\dots (11.6)$$

Για διατομές οι οποίες βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη από το στατικό ύψος d από την παρειά μίας άμεσης στήριξης, ο έλεγχος της V_{Rd3} δεν είναι απαραίτητος, αλλά ο οπλισμός έναντι τεμνουσών που υπολογίζεται για τη διατομή σε απόσταση d πρέπει να συνεχίζεται μέχρι τη στήριξη.



11.2.3 Υπολογισμός αντοχών (τυπική μέθοδος)

11.2.3.1 Τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω λοξής θλίψης κορμού

Για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα

$$V_{Rd2} = \frac{1}{2} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \dots\dots\dots (11.7)$$

όπου:

$$v = 0.70 - \frac{f_{ck}}{200} \geq 0.50 \quad (f_{ck} \text{ σε } N/mm^2)$$

z μοχλοβραχίονας εσωτερικών δυνάμεων, ίσος με 0.90d συνήθως.

Εάν υπάρχουν ορθές θλιπτικές δυνάμεις η τιμή της V_{Rd2} που λαμβάνεται από την εξίσωση (11.7) μειώνεται σε $V_{Rd2,red}$ σύμφωνα με την εξίσωση (11.8).

$$V_{Rd2,red} = 1.67 \cdot V_{Rd2} (1.00 - \sigma_{cp,eff} / f_{cd}) < V_{Rd2} \dots\dots\dots (11.8)$$

όπου:

$$\sigma_{cp,eff} = (N_{Sd} - f_{yk} \cdot A_{s2} / \gamma_s) / A_c$$

11.2.3.2α Συνδυασμοί δράσεων που δεν περιλαμβάνουν σεισμό

Η εξίσωση (11.11) μπορεί να εφαρμοσθεί για τις εξής περιπτώσεις οπλισμού διάτμησης:

- μόνον συνδετήρες, με $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$,
- συνδυασμός συνδετήρων και λοξών ράβδων, οπότε στην περίπτωση αυτή $\alpha=90^\circ$ για τους συνδετήρες.

11.2.3.2β Συνδυασμοί δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό

- i) Στην περίπτωση αυτή υπάγονται, γενικά, οι δοκοί και τα υποστυλώματα ή τα τοιχώματα με πολύ μικρό αξονικό φορτίο (π.χ. σε μονώροφα κτίρια).

Η ανακύκλιση της έντασης στις περιοχές όπου είναι δυνατόν να αναπτυχθούν πλαστικές αρθρώσεις μειώνει ή και μηδενίζει (λόγω ρηγμάτωσης καθ' όλο το ύψος της διατομής μετά από τη διαρροή των ράβδων και των δύο πελμάτων) τη συμβολή του σκυροδέματος στη

και

A_{s2} η διατομή του οπλισμού στη θλιβόμενη ζώνη
 f_{yk} η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού ($f_{yk} / \gamma_s \leq 400 \text{ N/mm}^2$)

Εάν ο κορμός περιέχει σωλήνες τενόντων διαμέτρου $\varnothing > b_w / 8$, η V_{Rd2} πρέπει να υπολογίζεται με βάση ένα ονομαστικό πλάτος κορμού:

$$b_{w,nom} = b_w - \frac{1}{2} \sum \varnothing \dots\dots\dots (11.9)$$

όπου:

$\sum \varnothing$ άθροισμα διαμέτρων σωλήνων τενόντων στην δυσμενέστερη στάθμη.

11.2.3.2 Τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω οπλισμού διάτμησης

11.2.3.2α Συνδυασμοί δράσεων που δεν περιλαμβάνουν σεισμό

Για όλα τα δομικά στοιχεία

$$V_{cd} = V_{Rd1} \dots\dots\dots (11.10)$$

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} 0.90 \cdot d \cdot f_{ywd} (1 + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots (11.11)$$

όπου:

A_{sw} διατομή οπλισμού διάτμησης,
 s απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης,
 α γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

11.2.3.2β Συνδυασμοί δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό

Διακρίνονται δύο περιπτώσεις αναλόγως της τιμής του λόγου $v_d = N_{Sd} / A_c f_{cd}$, όπου ως N_{Sd} λαμβάνεται η δρώσα αξονική δύναμη σχεδιασμού υπό τα οιονεί μόνιμα φορτία μόνο ($G_k + \sum \Psi_{2,i} Q_{k,i}$), βλ. παρ. 6.4.1.2.

i) Για $v_d > -0.10$ (στοιχεία κυρίως καμπτόμενα)

Ο όρος V_{cd} λαμβάνεται μειωμένος στις εξής περιοχές στοιχείων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας:

α) Για γραμμικά στοιχεία, στις κρίσιμες περιοχές που ορίζονται στην παρ. 18.3.3 και 18.4.5.

διατμητική αντοχή του στοιχείου.

Όταν $\zeta < 0$, αλλάζει το πρόσημο της τέμνουσας δύναμης. Αν η μέγιστη τιμή της είναι μικρότερη από την τιμή της εξ. (11.14), οι διατμητικές τάσεις (άρα και οι κύριες εφελκυστικές τάσεις) είναι μικρές και εμφανίζονται ασήμαντες λοξές (και διασταυρούμενες) ρωγμές.

Αν όμως η τιμή της δρώσας τέμνουσας ξεπεράσει την τιμή της εξ. (11.15), οι ρωγμές των δύο πελμάτων μπορεί να ενωθούν σε συνεχείς ανοικτές ρωγμές κατά μήκος των οποίων δεν μπορεί να μεταφερθεί τέμνουσα ούτε από τους συνδετήρες, ούτε από αλληλεμπλοκή αδρανών ή δράση βλήτρου. Γι αυτό χρειάζεται δισδιαγώνιος οπλισμός που να περνά από τις δυνατές θέσεις ανάπτυξης αυτών των διαμπερών ρωγμών.

Ως V_{Sd} στις εξισώσεις (11.14), (11.15) εισάγεται η θετική τιμή της απολύτως μέγιστης δρώσας τέμνουσας στην υπόψη διατομή.

Διευκρινίζεται ότι ως δρώσες τέμνουσες (V_{Sd}) δεν θεωρούνται αυτές που προκύπτουν από ικανοτικό σχεδιασμό αλλά από την ανάλυση υπό τον σεισμικό συνδυασμό δράσεων.

$$V_{cd} = 0.30 \cdot V_{Rd1} \dots\dots\dots(11.12)$$

β) Για τοιχώματα, στην κρίσιμη περιοχή που ορίζεται στην παρ. 18.5.2.

$$V_{cd} = 0.25 \cdot V_{Rd1} \dots\dots\dots(11.13)$$

Εκτός των παραπάνω περιοχών, καθώς και σε στοιχεία χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, η τιμή του V_{cd} υπολογίζεται για γραμμικά στοιχεία και για τοιχώματα από την εξίσωση (11.10).

Για τον όρο V_{wd} ισχύουν τα ακόλουθα:

1) Στην περίπτωση γραμμικών στοιχείων, η συμβολή του οπλισμού κορμού στην αντοχή σε τέμνουσα εξαρτάται από την τιμή του λόγου ζ , όπου το ζ είναι ο λόγος της ελάχιστης προς την μέγιστη τέμνουσα σε μία διατομή ($+1 \geq \zeta \geq -1$):

α) Για $\zeta \geq -0.50$
 Η τιμή του V_{wd} υπολογίζεται από την εξ. (11.11).

β) Για $\zeta < -0.50$

$$Av \quad V_{Sd} \leq 4.50 \cdot (2 + \zeta) \cdot \tau_{Rd} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots(11.14)$$

η τιμή του V_{wd} υπολογίζεται από την εξ. (11.11).

$$Av \quad V_{Sd} \geq 9.00 \cdot (2 + \zeta) \cdot \tau_{Rd} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots(11.15)$$

όλη η τέμνουσα πρέπει να αναληφθεί από δισδιαγώνιο οπλισμό κατά μήκος του κορμού. Δηλαδή, από ράβδους κεκλιμένες κατά δύο διευθύνσεις, οι οποίες εξισορροπούν με τις θλιπτικές και εφελκυστικές συνιστώσες τους τις τέμνουσες με αντίθετο πρόσημο.

Αν η V_{Sd} είναι μεταξύ των τιμών (11.14) και (11.15), η μισή τέμνουσα πρέπει να παραλαμβάνεται με συνδετήρες και η άλλη μισή με δισδιαγώνιες ράβδους.

2) Στην περίπτωση των τοιχωμάτων ισχύουν τα εξής:

α) Όταν ο λόγος διατμήσεως $\alpha_s (= M_{Sd} / V_{Sd} \cdot \ell_w)$ είναι μεγάλος ($\alpha_s \geq 2.00$) ο όρος V_{wd} υπολογίζεται όπως και για τα γραμμικά στοιχεία.

β) Όταν ο λόγος διατμήσεως $\alpha_s (= M_{Sd} / V_{Sd} \cdot \ell_w)$ είναι μικρός ($\alpha_s \leq 1.30$) ο όρος V_{wd} υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση (εμπειρική):

$$V_{wd} = [\rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot (\alpha_s - 0.30) + \rho_v \cdot f_{yd,v} (1.30 - \alpha_s)] \cdot b_w \cdot z$$

όπου:

ρ_h, ρ_v ποσοστό οπλισμού οριζόντιου και κατακόρυφου οπλισμού κορμού

$f_{yd,h}, f_{yd,v}$ τιμή σχεδιασμού του ορίου διαρροής του οριζόντιου και κατακόρυφου οπλισμού

Σε περίπτωση όπου $\alpha_s < 0.30$ θα λαμβάνεται υπόψη $\alpha_s = 0.30$.

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να ελέγχεται ότι

$$\rho_v \cdot f_{yd,v} / \rho_h \cdot f_{yd,h} \leq 1.00 \cdot$$

γ) Για ενδιαμέσες τιμές του λόγου α_s ($2.00 > \alpha_s > 1.30$) πρέπει να διατάσσονται:

γ.1. Οριζόντιος οπλισμός κορμού, ικανός να παραλάβει δύναμη $V_{Sd} - V_{cd}$, δηλ.

$$\rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot b_w \cdot d_e = V_{Sd} - V_{cd}$$

γ.2 Κατακόρυφος οπλισμός κορμού, ικανός να παραλάβει δύναμη $V_{Sd} - V_{cd} - \min N_{Sd}$, δηλ.

$$\rho_v \cdot f_{yd,v} \cdot b_w \cdot d_e = V_{Sd} - V_{cd} - \min N_{Sd}$$

όπου η N_{Sd} λαμβάνεται με θετικό πρόσημο όταν είναι θλιπτική.

δ) Οι οριζόντιοι οπλισμοί κορμού των τοιχωμάτων πρέπει να είναι πλήρως αγκυρωμένοι στα περισφιγμένα άκρα (παρ. 18.5.3). Αν έχουν τη μορφή επιμήκων κλειστών συνδετήρων λαμβάνονται πλήρως υπόψη στον υπολογισμό της απαιτούμενης περισφίξεως των άκρων των τοιχωμάτων (παρ. 18.5.3).

ε) Οι κατακόρυφοι οπλισμοί κορμού των τοιχωμάτων πρέπει να αγκυρώνονται κατάλληλα και να ενώνονται με υπερκαλύψεις καθ' ύψος (παρ. 17.7.2). Αν έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά συνάφειας με τους οπλισμούς των περισφιγμένων άκρων λαμβάνονται πλήρως υπόψη στον υπολογισμό της ροπής αντοχής των τοιχωμάτων (παρ. 10.4.1).

- ii) Στην περίπτωση αυτή υπάγονται συνήθως τα υποστυλώματα και τα τοιχώματα. Σημαντικές θλιπτικές δυνάμεις εμποδίζουν την ανάπτυξη διαμπερών ρωγμών στη διατομή, έτσι ώστε να υπάρχει πάντα μια θλιβόμενη ζώνη σκυροδέματος που να μπορεί να μεταβιβάζει κάποια τέμνουσα. Επίσης στα υποστυλώματα τόσο η συμβολή της εμπλοκής των αδρανών όσο και η δράση βλήτρου των διαμήκων ράβδων στον εγκιβωτισμένο (περισφιγμένο) πυρήνα είναι πιο ουσιαστική από ό,τι στον κορμό τοιχωμάτων.

11.2.4 Μήκος μετατόπισης διαγράμματος ροπών κάμψης (τυπική μέθοδος)

Για απλούστευση μπορεί να ληφθεί υπόψη μια σταθερή τιμή για το μέγεθος μετατόπισης του διαγράμματος των ροπών, ίση με την τιμή που αντιστοιχεί στο Z_{max} . Επίσης, εάν δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια, το μήκος μετατόπισης μπορεί να ληφθεί ως $0.9d$ για τα στοιχεία με οπλισμό διάτμησης.

11.2.5 Εναλλακτική μέθοδος υπολογισμού αντοχών δοκών έναντι τέμνουσας (γενική μέθοδος)

Η μέθοδος αυτή παρέχει τη δυνατότητα πιο ορθολογικής εκτίμησης της σχέσης μεταξύ της κλίσης θ των θλιβομένων διαγωνίων του σκυροδέματος και του διαμήκους οπλισμού.

Σε περιπτώσεις χαμηλών ή μετρίων τιμών διατμητικών τάσεων τα όρια των σχέσεων (11.19) και (11.20) για τη γωνία θ οδηγούν γενικά στην ελαχιστοποίηση του οπλισμού διατμήσεως. Για υψηλές διατμητικές τάσεις οι μεγαλύτερες τιμές της $\cot \theta$, που οδηγούν στη περίπτωση αυτή σε ελαχιστοποίηση του οπλισμού διατμήσεως, μπορεί να προσδιορισθούν θέτοντας $V_{Sd} = V_{Rd2}$. Ο οπλισμός διατμήσεως προσδιορίζεται στη συνέχεια θέτοντας $V_{Sd} = V_{Rd3}$.

ii) Για $v_d \leq -0.10$ (στοιχεία υπό κάμψη με θλιπτική δύναμη).

- α) Στις κρίσιμες περιοχές γραμμικών στοιχείων και τοιχωμάτων, με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, ο όρος V_{cd} ισούται με:

$$V_{cd} = 0.90 \cdot V_{Rdl} \text{ για γραμμικά στοιχεία (11.16)}$$

$$V_{cd} = 0.70 \cdot V_{Rdl} \text{ για τοιχώματα (11.17)}$$

- β) Εκτός των παραπάνω περιοχών, καθώς και σε στοιχεία χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, η τιμή του όρου V_{cd} υπολογίζεται για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα σύμφωνα με την εξίσωση (11.10).
- γ) Η αντοχή του οπλισμού του κορμού V_{wd} δίνεται από την εξίσωση (11.11) για γραμμικά στοιχεία και από τα διαλαμβανόμενα στην υποπαράγραφο 1.2 της παρ. 11.2.3.2β για τοιχώματα.

11.2.4 Μήκος μετατόπισης διαγράμματος ροπών κάμψης (τυπική μέθοδος)

Η τιμή του μήκους μετατόπισης a_ℓ του διαγράμματος των ροπών, η οποία πρέπει να ληφθεί υπόψη για την διάταξη των διαμήκων ράβδων του εφελκόμενου πέλματος (κανόνας μετατόπισης διαγράμματος ροπών, βλ. και παρ. 17.8.1, 17.8.2), είναι:

$$a_\ell = z(1 - \cot \alpha) / 2 \geq 0 \text{ (11.18)}$$

11.2.5 Εναλλακτική μέθοδος υπολογισμού αντοχών δοκών έναντι τέμνουσας (γενική μέθοδος)

Η μέθοδος βασίζεται στην εκτίμηση της γωνίας κλίσης θ των θλιβομένων διαγωνίων του σκυροδέματος.

Για τη γωνία θ ισχύουν οι παρακάτω περιορισμοί:

- α) Σε περίπτωση δοκών με σταθερό διαμήκη οπλισμό

$$0.40 < \cot \theta < 2.50 \text{ (11.19)}$$

- β) Σε περίπτωση δοκών με κλιμακούμενο διαμήκη οπλισμό

$$0.50 < \cot \theta < 2.00 \text{ (11.20)}$$

Σε στοιχεία με οπλισμό διάτμησης κάθετο προς τον άξονα του στοιχείου η αντοχή σε διάτμηση ορίζεται ως εξής (λαμβάνοντας υπόψη την συνήθη τιμή 0.90d για τον μοχλοβραχίονα z):

$$V_{Rd2} = b_w (0.90 \cdot d) \cdot v \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) \dots\dots\dots (11.21)$$

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sw}}{s} (0.90 \cdot d) \cdot f_{ywd} \cot \theta \dots\dots\dots (11.22)$$

και

$$\frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{b_w \cdot s} \leq \frac{1}{2} \cdot v \cdot f_{cd} \dots\dots\dots (11.23)$$

Σε στοιχεία με κεκλιμένο οπλισμό διάτμησης, η αντοχή σε διάτμηση ορίζεται ως εξής:

$$V_{Rd2} = b_w (0.90 \cdot d) \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta) \dots\dots\dots (11.24)$$

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sw}}{s} (0.90 \cdot d) \cdot f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots (11.25)$$

και

$$\frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{b_w \cdot s} \leq \frac{\frac{1}{2} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot \sin \alpha}{1 - \cos \alpha} \dots\dots\dots (11.26)$$

Η πρόσθετη εφελκυστική δύναμη την οποία θα πρέπει να παραλάβει ο διαμήκης οπλισμός (πέραν της καταπόνησης λόγω μόνο της ροπής κάμψεως) προσδιορίζεται ως εξής:

$$\Delta F_{t\ell} = \frac{1}{2} V_{Sd} (\cot \theta - \cot \alpha) \dots\dots\dots (11.27a)$$

Ισοδυνάμως το μήκος μετατόπισης a_ℓ δίνεται από τη σχέση:

$$a_\ell = z(\cot \vartheta - \cot \alpha) / 2 \dots\dots\dots (11.27b)$$

Επισημαίνεται ότι παραλλήλως ισχύουν και οι πρόσθετες διατάξεις της παρ. 11.2.3.1 για την $V_{Rd2,red}$.

Η ανωτέρω εναλλακτική μέθοδος με τα προτεινόμενα όρια τιμών της γωνίας θ δεν συνιστάται στις περιπτώσεις δοκών από προεντεταμένο σκυρόδεμα.

11.3.1 Γενικά

Η τιμή της $\Delta F_{d,max}$ μπορεί να προσδιορισθεί από τη σχέση

$$\Delta F_{d,max} = \frac{M_{max}}{z} \cdot \frac{A_1}{A_{tot}} \dots\dots\dots (\Sigma 11.2)$$

όπου,

- για θλιβόμενο πέλμα:

A_1 εμβαδόν σκυροδέματος του τμήματος του πέλματος προς τη μια πλευρά του κορμού.

A_{tot} ολικό εμβαδόν θλιβόμενης ζώνης.

- για εφελκυσμένο πέλμα:

A_1 εμβαδόν διαμήκων οπλισμών που βρίσκονται στο τμήμα του πέλματος προς τη μια πλευρά του κορμού,

A_{tot} ολικό εμβαδόν διαμήκων εφελκυσμένων οπλισμών.

Τέλος, z είναι ο μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων της διατομής.

11.3 ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΠΕΛΜΑΤΩΝ - ΚΟΡΜΟΥ

11.3.1 Γενικά

Οι συνδέσεις πελμάτων - κορμού πρέπει να ελέγχονται έναντι διαμήκουσας τέμνουσας δύναμης.

Πρέπει να προβλέπεται ελάχιστος οπλισμός σύμφωνα με την παρ. 18.3.6.

Η οριακή κατάσταση αστοχίας διέπεται είτε από την επιρροή της κεκλιμένης θλιπτικής δύναμης του πέλματος (η οποία ασκείται παράλληλα προς το μέσο επίπεδό του), είτε από την επιρροή του εφελκυσμένου εγκάρσιου οπλισμού όταν αυτός φθάσει την αντοχή σχεδιασμού του.

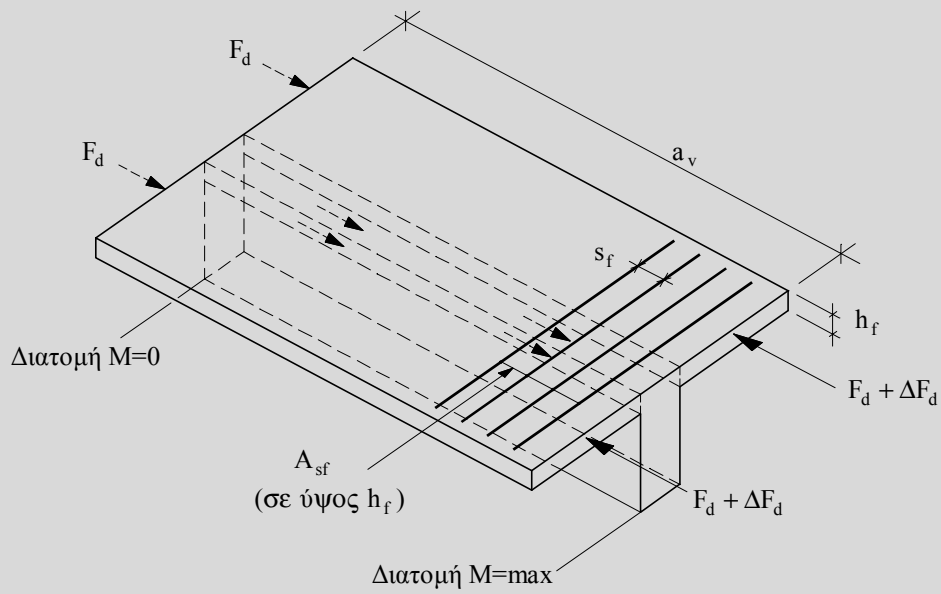
Η δρώσα διαμήκουσας τέμνουσα δύναμη ανά μονάδα μήκους είναι:

$$v_{Sd} = \frac{\Delta F_{d,max}}{a_v} \dots\dots\dots (11.28)$$

όπου:

- | | |
|--------------------|---|
| $\Delta F_{d,max}$ | μέγιστη τιμή της διαφοράς της διαμήκουσας δύναμης (εφελκυστικής ή θλιπτικής) η οποία ενεργεί στο τμήμα του πέλματος προς την μία πλευρά του κορμού, |
| a_v | απόσταση ανάμεσα στα σημεία μηδενικής και μέγιστης ροπής κάμψης. |

Η v_{Sd} δεν πρέπει να υπερβαίνει τα όρια που δίνονται από τις εξισώσεις (11.29) και (11.30).



Σχήμα Σ 11.3: Συμβολισμοί για τα πέλματα.

h_f ολικό ύψος του πέλματος

A_{sf} εμβαδόν των εγκάρσιων ράβδων οπλισμού οι οποίες είναι κάθετες στη διεπιφάνεια κορμού πέλματος και διατάσσονται σε απόσταση s_f μεταξύ τους.

11.3.2 Αντοχή λόγω λοξής θλίψης

$$V_{Rd2} = 0.20 \cdot f_{cd} \cdot h_f \dots\dots\dots (11.29)$$

11.3.3 Αντοχή λόγω εγκάρσιου οπλισμού

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sf}}{S_f} f_{yd} + 2.50 \cdot \tau_{Rd} \cdot h_f \dots\dots\dots (11.30)$$

όπου το τ_{Rd} δίνεται στον Πίνακα 11.1.

Εάν οι διαμήκεις οπλισμοί (ράβδοι ή τένοντες) αγκυρώνονται σε μία προέκταση ενός εφελκόμενου πέλματος, τότε πρέπει να διατάσσονται πρόσθετοι εγκάρσιοι οπλισμοί.

Εάν στη διατομή όπου $M = M_{max}$ η δύναμη στο πέλμα είναι εφελκυστική, κάθετα ή παράλληλα στον κορμό, τότε ο όρος $2.50 \cdot \tau_{Rd} \cdot h_f$ στη σχέση (11.30) μηδενίζεται.

11.3.4 Πέλματα υπό εγκάρσια κάμψη

Οι εγκάρσιοι οπλισμοί που διέρχονται από την διεπιφάνεια μεταξύ κορμού και πέλματος πρέπει να τοποθετούνται

- στο τμήμα του πέλματος που εφελκύεται εάν η εγκάρσια κάμψη είναι σημαντική,
- ομοιόμορφα στο άνω και κάτω τμήμα του πέλματος, εάν η εγκάρσια κάμψη είναι μικρή.

11.3.4 Πέλματα υπό εγκάρσια κάμψη

Οι διατομές των οπλισμών κάμψης οι οποίοι διέρχονται από την διεπιφάνεια μεταξύ κορμού και πέλματος μπορούν να ληφθούν υπόψη στον υπολογισμό του A_{sf} . Εάν οι οπλισμοί αυτοί δεν επαρκούν για την ικανοποίηση της εξίσωσης (11.30) πρέπει να διαταχθούν πρόσθετοι οπλισμοί.

