



Ε
Μ
Π

Τοιχώματα

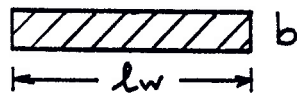
Π. Γιαννόπουλος

Εργαστήριο
Ωπλισμένου
Σκυροδέματος

ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ

Τοιχώματα θεωρούνται τα γραμμικά κατακόρυφα στοιχεία στα οποία:

- είναι $l_w > (4b, 1.0m)$



Πλεονεκτήματα των τοιχωμάτων έναντι των υποστηλωμάτων:

- Μείωση μετακινήσεων
(μείωση βγαίων δευτερευόντων δομικών στοιχείων, μείωση δυναμικής αστάθειας)
- Μείωση αβεβαιοτήτων κανοντικού σχεδιασμού, σχεδιασμού κόμβων, κ.α.
- Μείωση αβεβαιοτήτων γενικών και τοπικών ευνεπειών της παρουσίας των τοιχοποιηρώσεων
- Ευνοϊκή συμπεριφορά μετά την διαρροή
(επιβροχή διατμητικών παραμορφώσεων ε'όχιο το ύψος του κτιρίου, επιστράτευση μεμβρανικών δυνάμεων, κ.α.)

Προϋπόθεση:

Σωστός σχεδιασμός, ώστε να εξασφαλιστεί η επιθυμητή πλαστιμότητα της κρίσιμης περιοχής.

- Τα Α/Σ τοιχώματα Φ.Σ. επιβάλλεται να είναι πακτωμένα στην βάση τους.

(επιν οροφή "λεχυρών" υποχείων ή σε κατόχητη λεχυρή θεμελίωση).

ΑΠΑΓΟΡΕΥΟΝΤΑΙ :

- τα φυτευτά τοιχώματα
- οι καθύψες των τοιχωμάτων ασυνέχειες και σπασμοί
- τα ακανόνιστα ανοίγματα στα τοιχώματα (εκτός αν η επιρροή τους γαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό).

Αμετάθετα πλαιία (§ 14.3 ΕΚΩΣ)

Γενικώς τα κείρια, πτην των μονορόφων, πρέπει να είναι της μορφής "αμετάθετων πλαιίων".

(μείωση μετακινήσεων, μείωση αβεβαιοτήτων κανοντικού σχεδιασμού, σχεδιασμού κόμβων, κ.α.).

Αυτό πετυχαίνεται με την παρουσία ποζιών, εωεα οηιωμένων, ταχυωμάτων από ευρόδεμα στην κατασκευή.

Βάσει του ΕΚΩΣ §14.3

"... αμετάθετα είναι τα πλαιία των οποίων οι κόμβοι παρουσιάζουν μηδενικές ή ποζύ μικρές μετατοπίσεις υπό τις δράσεις σχεδιασμού.

- Τα πλαιία μιας κατασκευής θεωρούνται αμετάθετα εάν :

α) Σε κάθε όροφο :

$$\theta = \frac{N_{o1} \cdot \Delta}{V_{o1} \cdot h} \leq \begin{matrix} 0.10 \\ 0.06 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{αν οι παραμορφώσεις } \delta \text{ υπολογισθούν} \\ \text{με επαμψίες σταδίου I} \end{matrix}$$

όπου: θ = συντελεστής ευεστάθειας

N_{o1} = ευνογικό κατακόρυφο φορτίο πάνω αν τον εξεταζόμενο όροφο

V_{o1} = ευνογική οριζοντια δύναμη πάνω αν τον εξεταζόμενο όροφο

Δ = σχετικό βεγος οροφου ($\times q_1$), δηλ. $\Delta = q \cdot \Delta_{q1}$

h = ύψος οροφου

ή §) Για συνθήκη οικοδομικά έργα εάν τα καταπόρυπα στοιχεία είναι συμμετρικά κατανεμημένα και ικανοποιείται μια από τις σχέσεις:

$$h_{tot} \sqrt{F_v / E_{cm} \cdot I} \leq 0.2 + 0.1n \text{ για } n \leq 3$$

$$h_{tot} \sqrt{F_v / E_{cm} \cdot I} \leq 0.6 \text{ για } n \geq 4$$

n : αριθμός ορόφων

h_{tot} : συνολικό ύψος κατασκευής

$E_{cm} \cdot I$: συνολική αναμψία σταδίου I

F_v : άθροισμα όρων των κατακόρυφων φορτίων λειτουργίας ($G_k + Q_k$), δηλ. για $\psi_f = 1$

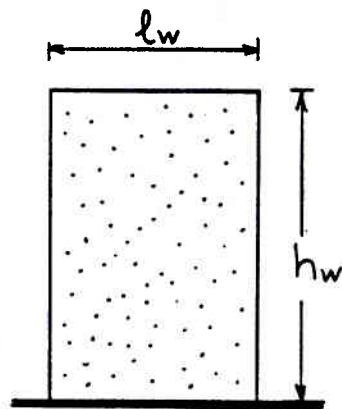
- Βάσει του ΕΑΚ (§ 4.1.2.2) οι επιρροές 2ας τάξεως (φαινόμενο P-δ) αμελούνται όταν :

$$\theta \leq 0.10 \quad \text{για τις δ/νσεις } X, Y$$

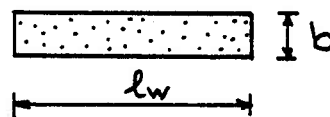
- Εάν $0.1 < \theta \leq 0.2$ η επιρροή 2ας τάξεως λαμβάνεται υπόψη προσεγγιστικά, μέσω επαύξησης της σεισμικής δράσης με συντελεστή $1/(1-\theta)$.

- $\theta > 0.2$: Απαγορεύεται.

Διάκριση τοιχωμάτων

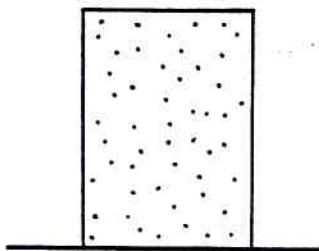


$$\frac{l_w}{b} \gtrsim 4$$

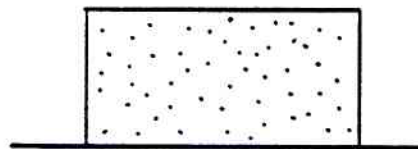


Α/Σ Τοιχ/τα Φ.Σ.
 ├── μεμονωμένα
 │ ├── καμπτόμενα
 │ └── διατεμνόμενα
 └── συζευχμένα

• Μεμονωμένα τοιχώματα

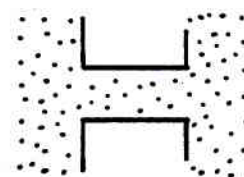
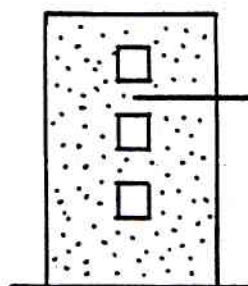


Καμπτόμενο : $h_w/l_w \gtrsim 4$



Διατεμνόμενο : $h_w/l_w \lesssim 2$

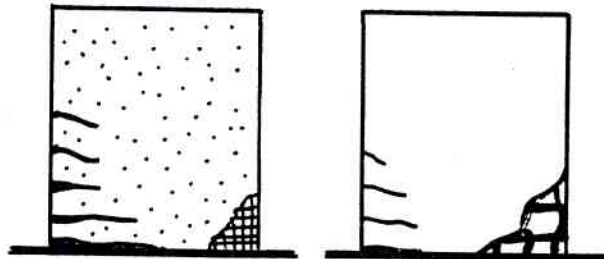
• Συζευχμένα τοιχώματα



Δοκοί Συζεύξεως

Μορφές αστοχίας τοιχωμάτων

• Καμπτική αστοχία



πλάστιμη

ψαθυρή

αίτια:

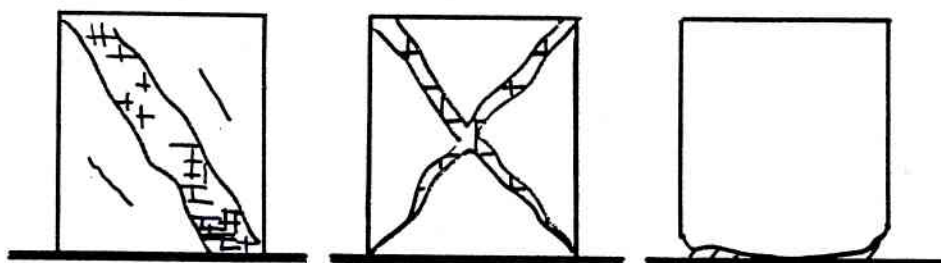
ταυτόχρονη
αστοχία άκρων

$$h_w : l_w > 4$$

ανεπαρκή άκρα

αυξημένος εκτός
επιπέδου

• Διατμητική αστοχία



διαγώνια
θλίψη

διαγώνια
ρηγμάτωση

οριζόντια
οξείθωση

αίτια:

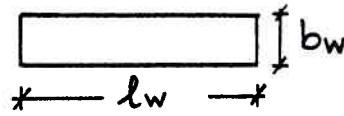
ανεπαρκές
πόρος κορμού

ανεπαρκείς
σημείοι

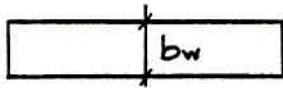
ανεπαρκείς
αναμονές
μικρή N

Γεωμετρικά στοιχεία τοιχωμάτων (§ 18.5.1 ΕΚΩΣ)

- $l_w \geq 4b_w$

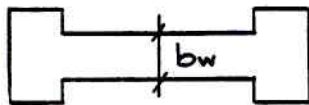


- Περιορισμός στο ελάχιστο πάχος b_w ανάλογα με τη μορφή του τοιχώματος:



$$b_w \geq \frac{H_n}{20} \quad \text{ή} \quad 250 \text{ mm} \quad \text{ή} \quad 200 \text{ mm}$$

με αυξ. απαιτ. σε προσκρούσεις χωρίς αυξ. απαιτ. πλάσση.



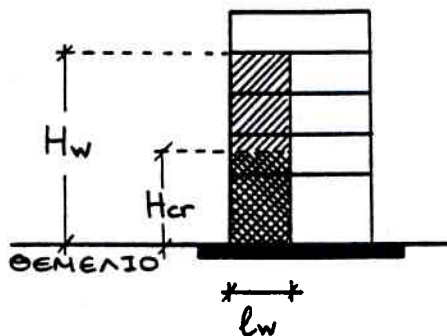
$$b_w \geq \frac{H_n}{20} \quad \text{ή} \quad 150 \text{ mm}$$

όπου H_n : ύψος ορόφου

- Για συνήδη οικοδομικά έργα ο έλεγχος ευστάθειας ικανοποιείται:
 $b \geq q \cdot \frac{l_w}{60}$ (q = συντελ. σταθμ. συμπεριφοράς κατά ΕΑΚ).

- Αποφυγή των μη κανονικά τοποθετημένων ανοιγμάτων στα τοιχώματα - εκτός αν η επιρροή τους είναι αμελητέα ή λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό.

Κρίσιμη περιοχή τοιχώματος (§ 18.5.2)

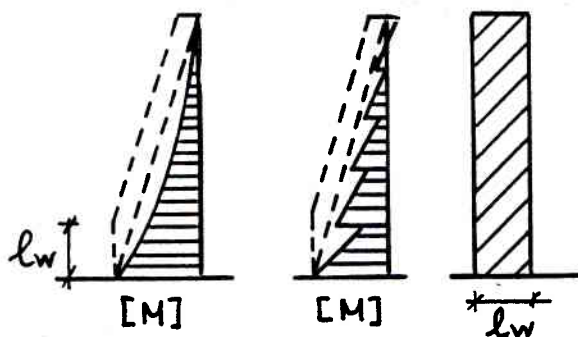


$$H_{cr} \geq l_w$$
$$\geq \frac{H_w}{6}$$

$$H_{cr} = \max \left\{ \begin{array}{l} l_w \\ H_w/6 \end{array} \right. : \text{κρίσιμη περιοχή τοιχώματος}$$

όπου H_w : το συνολικό ύψος από τη θεμελίωση
έως το ψηλότερο σημείο του τοιχώμα-
τος μέσα στο κτίριο

Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού τοιχωμάτων



Όταν ο έλεγχος σε βελτίο γίνεται με ισοδύναμη στατική
ανάγκη της κατασκευής, τότε:

- α) Οι τέμνουσες σχεδιασμού είναι αυτές που προκύπτουν
από την ανάγκη.

β) Το διάγραμμα ροών σχεδιασμού $[M]$ καθύψος του τοιχώματος προκύπτει με κατακόρυφη μετάθεση της γραμμικής περιβάλλουσας των ροών που προκύπτουν απ' την ανόρυξη κατά μήκος: l_w .
Αυτό αποσκοπεί στη συγκέντρωση των πλαστικών καμπητικών παραμορφώσεων στη βάση του τοιχώματος.

Τέμνουσα σχεδιασμού τοιχώματος

Βάσει του ΕΑΚ (ξ Β.1.4) ισχύουν:

- Τέμνουσα σχεδιασμού στη βάση του τοιχώματος:

$$V_{CD,w0} = \alpha_{CD} \cdot V_{E,w0} \quad (B.4.a)$$

$$\text{με } \alpha_{CD} = \gamma_{rd} \frac{M_{Rw0}}{M_{Ew0}} \leq \eta \quad (B.4.b)$$

γ_{rd} είναι ο συντελεστής υπεραντοχής ίσος με 1.30

M_{Ew0} , $V_{E,w0}$ είναι οι μέγιστες ροή και τέμνουσα που προκύπτουν από τη σεισμική δράση στη βάση του τοιχώματος (στη διατομή πλαστικής άρθρωσης)

M_{Rw0} είναι η υπολογιστική αντοχή της διατομής της βάσης για τους διάφορους συνδυασμούς της φόρας του σεισμού και της αντίστοιχης N .
(ξ 4.1.4 [4] δ)

- Τέμνουσα σχεδιασμού στους υπόλοιπους ορόφους:

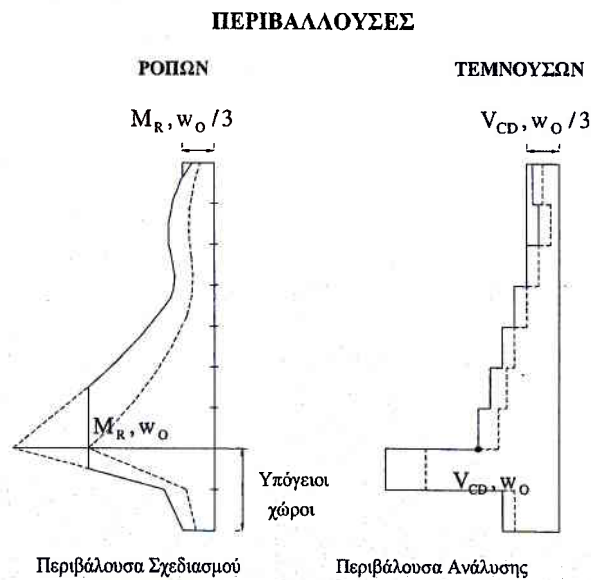
Είναι η μέγιστη τέμνουσα που προκύπτει απ' την ανόρυξη με σεισμό πολλαπλασιασμένη επί τον συντ. α_{CD} (εξ. 4.6), αλλά όχι μικρότερη από το $1/3$ της τέμνουσας σχεδιασμού της πλαστικής άρθρωσης:

$$V_{CD,w} = \alpha_{CD} \cdot V_{E,w} \geq V_{CD,w0} / 3$$

- [2] Η τιμή 1.30 του συντελεστή υπεραντοχής, που χρησιμοποιείται στη σχέση (B.4.β), εκφράζει εδώ, εκτός από την απόκλιση της αντοχής και κράτυνση του οπλισμού, και την πιθανή επαύξηση της αντοχής της διατομής πάκτωσης που προέρχεται από την περίσφιξη της θλιβόμενης ζώνης σε συνδυασμό με την υποτίμηση της υπολογιστικής αντοχής, που είναι πιθανή σε διατομές τοιχωμάτων λόγω απλοποιητικών παραδοχών.

Σε κτίρια με υπόγειους ορόφους πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στον έλεγχο τοιχωμάτων της ανωδομής στο τμήμα που αντιστοιχεί στον πρώτο υπόγειο όροφο, όπου εν γένει προκύπτει σημαντικά αυξημένη τιμή της τέμνουσας. Στην προσομοίωση των τμημάτων αυτών με στοιχεία δοκού είναι σκόπιμο να λαμβάνονται υπόψη οι παραμορφώσεις από διάτμηση.

Στο παρακάτω διάγραμμα δείχνεται η σχέση της περιβάλλουσας σχεδιασμού και της περιβάλλουσας όπως προκύπτει από την ανάλυση, για τέμνουσες και ροπές.



Βιβλιογραφία: {10}, {17}, {19}.

Σχεδιασμός έναντι τένιουσας

Έλεγχος θλίψεως κορμού (§ 11.2.3.1)

Οι διαστάσεις του κορμού πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ισχύει:

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

- Γραμμικά στοιχεία (γενικώς ;)

$$V_{Rd2} = 0.5 \nu f_{cd} b_w 0.9 d$$

$$\text{όπου } \nu = 0.7 - f_{ck}/200 \geq 0.5 \quad (f_{ck} \text{ σε } \text{N/mm}^2)$$

εάν υπάρχουν αξιές δυνάμεις

$$V_{Rd2, red} = 1.67 V_{Rd2} (1 - \sigma_{cp, eff} / f_{cd}) < V_{Rd2}$$

$$\text{όπου } \sigma_{cp, eff} = (N_{sd} - f_{yk} A_{sz} / \gamma_s) / A_c \quad (\text{αξία θετική})$$

$$\text{και } f_{yk} / \gamma_s \leq 400 \text{ N/mm}^2$$

Έλεγχος σπλημίων κορμού (§ 11.2.3.2)

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_w \quad (11.6)$$

α) Χωρίς εισρό :

$$V_{cd} = V_{Rd1} = [\tau_{Rd} k (1.2 + 40 s_l) + 0.15 \sigma_{cp}] b_w d \quad (11.2)$$

$$V_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot 0.90 d f_{yk1} (1 + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \quad (11.11)$$

β.) Με θείσμο:

I) Εφελκυσμός ή μικρή θλίψη: $N_{sd} > -0.1 A_c f_{cd}$ ($\gamma_d > 0.1$)
(κυρίως αναπτόμενα στοιχεία):

- Τοιχώματα στις κρίσιμες περιοχές: $V_{cd} = 0.25 V_{Rd1}$ (11.13)

- " " μη " " : $V_{cd} = V_{Rd1}$

II) Μεγάλη θλίψη: $N_{sd} < -0.1 A_c f_{cd}$ ($\gamma_d < -0.1$)

- Τοιχώματα στις κρίσιμες περιοχές: $V_{cd} = 0.70 V_{Rd1}$ (11.17)

- " " μη " " : $V_{cd} = V_{Rd1}$

• Για μεγάλο λόγο διατμήσεως $a_s = M_{sd} / V_{sd} l_w \geq 2.0$

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} 0.9 f_{ywd} (1 + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

• Για μικρό λόγο διατμήσεως $a_s = M_{sd} / V_{sd} l_w \leq 1.3$

$$V_{wd} = [\rho_h f_{yd,h} (a_s - 0.3) + \rho_v f_{yd,v} (1.3 - a_s)] b_w \cdot z$$

(εμπειρική σχέση)

όπου ρ_h, ρ_v ποσοστά οριζόντιου + κατακόρυφου σπλισμού

$f_{yd,h}, f_{yd,v}$ όρια διαρροής σχεδιασμού
ορίσ. & κατακ. σπλισμού

de ενεργός μοχλός βραχίονας ($\approx 0.8 l_w$)

$$\frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{\rho_h \cdot f_{yd,h}} \leq 1.0$$

• Σε περίπτωση $a_s < 0.3$ θα λαμβάνεται υπόψη $a_s = 0.3$

- Για ενδιάμεσες τιμές του λόγου α_s
($2.0 > \alpha_s > 1.3$)

Οριζόντιος οπλισμός κορμού

$$S_h \cdot f_{yd,h} \cdot b_w \cdot d_e = V_{sd} - V_{cd}$$

Κατακόρυφος οπλισμός κορμού

$$S_v \cdot f_{yd,v} \cdot b_w \cdot d_e = V_{sd} - V_{cd} - \min N_{sd} \quad (N_{sd} \text{ δεπτό για δόνηση})$$

Οι οριζόντιοι οπλισμοί κορμού πρέπει να είναι πλήρως αγκυρωμένοι στα περισφιγμένα άκρα. Αν έχουν την μορφή ημιστάν συνδετήρων λαμβάνονται υπόψη στον οπλισμό περισφίξης των τοιχωμάτων.

Οι κατακόρυφοι οπλισμοί κορμού πρέπει να αγκυρώνονται κατάλληλα και να ενώνονται με υπεραγύψεις καθ' ύψος. Αν έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά συνάφειας με τους οπλισμούς των περισφιγμένων άκρων λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της εσχής απόχης.

Κατακόρυφος οπλισμός τοιχωμάτων (§ 18.5.3)

- Δεν επιτρέπεται η χρήση χάλυβων S220.
- Περιορισμός της διαμέτρου ϕ_L των κατακορύφων ράβδων:

$$10 \text{ mm} \leq \phi_L \leq \frac{b}{10}$$

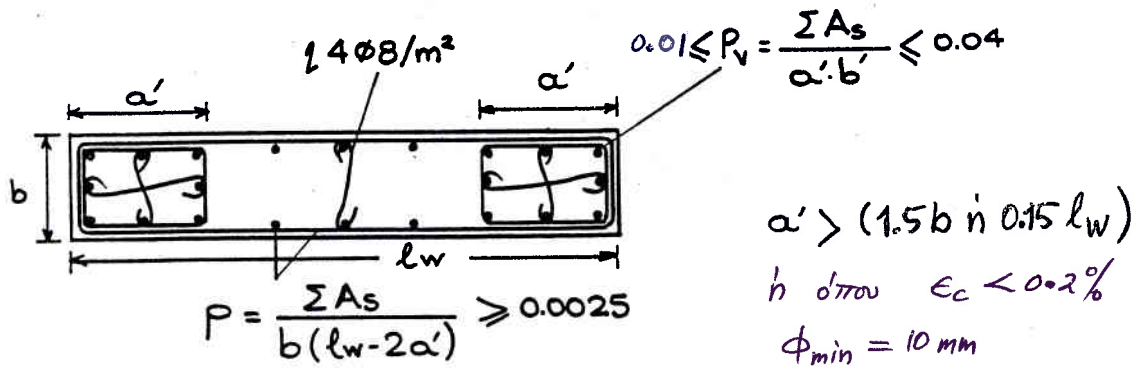
• ΚΟΡΜΟΣ

- $\rho_{\text{κατ}} \geq \begin{matrix} 0,0025 \\ 0,0015 \end{matrix}$ στις κρίσιμες περιοχές
στην διατομή του κορμού: $(l_w - 2d)b$
στης ημισίμων περιοχών
- ο οπλισμός αυτός πρέπει να εφημερεύει με τις οριζόντιες ράβδους 2 εσχάρες, μία σε κάθε όψη του τοιχώματος.
(οι κατακόρυφες ράβδοι από το μέσα μέρος της *).
- σύνδεση εσχάρων με εγκάρσιους συνδέσμους:
 $4 \phi 8 / \text{m}^2$ όψεως.
- μέγιστη απόσταση κατακορύφων ράβδων:
 $S \leq 300 \text{ mm}$: γενικώς
 $S \leq 200 \text{ mm}$: στο H_{CT} στη βάση του τοιχώματος

• ΠΕΡΙΣΦΙΓΜΕΝΑ ΑΚΡΑ

Τα άκρα των τοιχωμάτων πρέπει να διαμορφώνονται και να οπλίζονται σαν υποστευχώματα:

- στις κρίσιμες περιοχές
- όταν $\epsilon_c < -0.2\%$ (ϵ_c : θλιπτική παραμόρφωση εκστ.)



- Το μήκος των ακραίων περισφιγμένων περιοχών: a' θα πρέπει να είναι:

$$a' > (1.5b, 0.15 l_w) \text{ ή όπου } \epsilon_c < -0.2\%$$

- Στις ακραίες περιοχές ο κατακόρυφος σπλισμός ρ_v θα πρέπει να είναι:

$$0.01 \leq \rho_v = \frac{\Sigma A_s}{a' \cdot b'} \leq 0.04$$

και να περιβράχεται κατ'ελάχιστον από ευνδεήρες:

$$\begin{aligned} \min \phi &: 8 \text{ mm} & : \phi 8 / 0.5b \\ \max s &: 0.5b \end{aligned}$$

- Ενεργή αξονική δύναμη για κάθε άκρο για τον υπολογισμό περίσφιξης
 $N_{eff} \approx \frac{2}{3} (N_{sd}/2 + M_{sd}/z)$ z : απόσταση κέντρων των άξωνων

Να αποφεύχεται η ένωση των κατακόρυφων ράβδων με υπερκόρυψη στην κρίσιμη περιοχή (§18.5.5), ή έστω μόνο το 33% σε μια θέση.

Δύο ενώσεις θεωρούνται ότι γίνονται στην ίδια θέση όταν απέχουν λιγότερο από μισή φορά το μήκος υπερκόρυψης.



l_0 : μήκος υπερκόρυψης

Οριζόντιος οπλισμός τοιχωμάτων (§ 18.5.6)

• ΚΟΡΜΟΣ

- Δεν επιτρέπεται η χρήση λείων χαλύβων.

- Διάμετρος οριζοντίων ραβδών :

$$8 \text{ mm} \leq \varnothing \leq \frac{b}{10}$$

- $\rho_{op} = \frac{\sum A_s}{b(l_w - 2a')}$ $\geq 0,0025$ στις κρίσιμες περιοχές
 $\geq 0,0015$ εκτός κρίσιμων περιοχών

- μέγιστη απόσταση οριζοντίων ραβδών:

$s \leq 300 \text{ mm}$: γενικώς

$s \leq 200 \text{ mm}$: στο H_{cr} στη βάση του τοιχώματος

• Οι οριζόντιοι οπλισμοί συνιστάται να τοποθετούνται προς την εξωτερική ηγευρά του ηγέχματος με τον κατακόρυφο οπλισμό και να αγκυρώνονται κατάλληλα.

Αγκύρωση : μέσα στις αραιές περιοχές ;

ισχύει $c_0 + 10\varnothing$; - § 18.3.5 -

Αρμοί διακοπής εργασίας τοιχωμάτων (§ 18.5.7)

Το ποσοστό κατακόρυφου οπλισμού ρ_v στους αρμούς διακοπής εργασίας πρέπει να είναι αρκετό για να αντεκταθείσει όλη την αρσχή του εκυροδέματος:

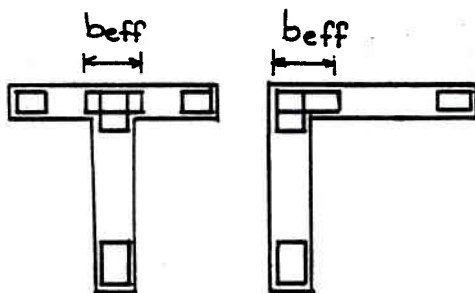
$$\rho_v = \frac{A_{s,tot}}{A_g} = \frac{\left(1,3 \cdot f_{ctm} - 0,7 \frac{N_{sd}}{A_g}\right)}{f_{yk}} \geq 0,0025$$

όπου: $A_{s,tot}$: συνολικός κατακόρυφος οπλισμός

A_g : η ευρύτερη περιοχή της συνερχόμενης διατομής συμπεριλαμβανομένων και των οριζιακών στοιχείων

N_{sd} : min N τοιχώματος ($N > 0$: θλίψη)

Διασταυρούμενα τοιχώματα (§ 18.5.4)



Ελάχιστος οπλισμός
συνδέσεων:

4 $\phi 14$ με $\Sigma \phi 8 / b/2$

- Όταν υπάρχουν πέλματα στα άκρα των τοιχωμάτων, η περιεφύξη των ακραίων περιοχών επεκτείνεται ε'όσο το συνερχόμενο ηγάτος b_{eff} του πέλματος, όπου $\epsilon_c < -0,2\%$
- Σύνδεση τοιχώματος-πέλματος : έλεγχος σε V (§ 11.3).
- Για συνθήκη οικόδομικά έργα επιτρέπεται να λαμβάνεται $b_{eff} = 2b$

Έλεγχος σύνδεσης περμάτων - κορμού τοιχώματος (§ 11.3)

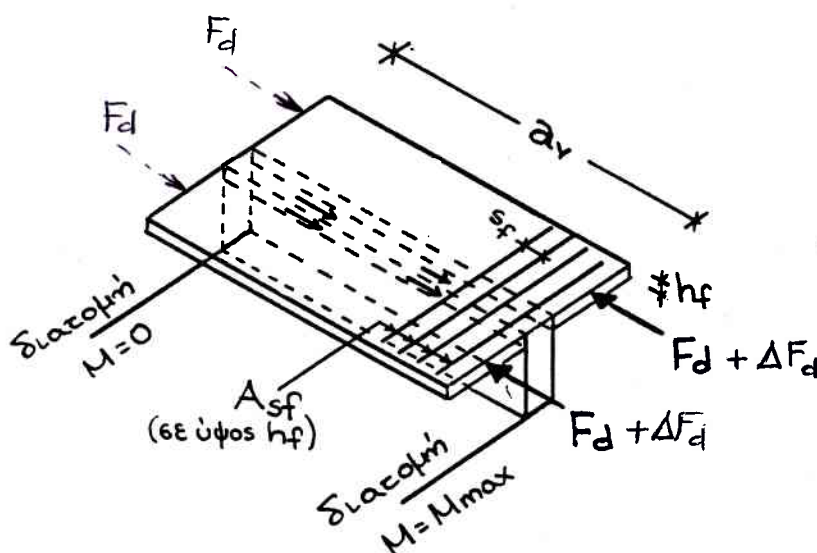
έναντι διαμήκους τέμνουσας δύναμης

- Πρόβλεψη ελάχιστου σημείου στη σύνδεση σύμφωνα με την § 18.3.6 - Πλν. Σ 18.1 - .

$$\text{για } C12 - C20 \leq S400 \rightarrow p_{\min} = 0,9\text{‰}$$
$$S500 \quad \quad \quad = 0,7\text{‰}$$

Ο έλεγχος σύνδεσης περμάτων - κορμού έναντι V έχει νόημα μόνον για μεγάλες θλιπτικές δυνάμεις (προένταση).

Επειδή επιβάλλεται στην § 18.5.4 του ΕΚΩΣ, αναφέρεται εν συντομία:



h_f = ολικό ύψος πέρματος

A_{sf} = εμβαδόν εγκάρσιου σημείου $\perp$ στη διεπιφάνεια κορμού - πέρματος

s_f = απόσταση ράβδων σημείου A_{sf} .

- Η οριακή κατάσταση ατοχίας μπορεί να οφείγεται :
 - i) στην κεκλιμένη θλιπτική δύναμη του πελάματος (// προς το μέσο επίπεδο του πελάματος)
 - ii) είτε σε ατοχία του εγκάρσιου σημείου A_{sf}
- Η δρώσα τέμνουσα δύναμη ανά μονάδα μήκους της συνδέσεως τοιχώματος - πελάτων είναι:

$$V_{sd} = \frac{\Delta F_{d,max}}{a_v}$$

όπου : $\Delta F_{d,max}$ = μέγιστη τιμή ^(της διαφοράς της) διαμήκους δύναμης (+ ή -) που ενεργεί στο τμήμα του πελάματος προς τη μια μεριά του κορμού

a_v = απόσταση μεταξύ σημείων: M_{max} & $M=0$

i) Έλεγχος ατοχίας λόγω γόχης θλίψης:

$$V_{sd} \not\geq V_{Rd2} = 0,2 \cdot f_{cd} \cdot h_f$$

ii) Έλεγχος ατοχίας λόγω εγκάρσιου σημείου:

$$V_{sd} \not\geq V_{Rd3} = \frac{A_{sf}}{s_f} \cdot f_{yd} + 2,5 \cdot c_{rd} \cdot h_f$$

- Η τιμή της $\Delta F_{d,max}$ μπορεί να προσδιοριστεί ως εξής:

$$\Delta F_{d,max} = \frac{M_{max}}{z} \cdot \frac{A_1}{A_{tot}}$$

όπου,

- για θλιβόμενο πέγμα:

A_1 = εμβαδόν εκτροδόμενου του πέγματος προς τη μια πλευρά του κορμού

A_{tot} = ολικό εμβαδόν θλιβόμενης Σώρης

- για εφεγκυόμενο πέγμα:

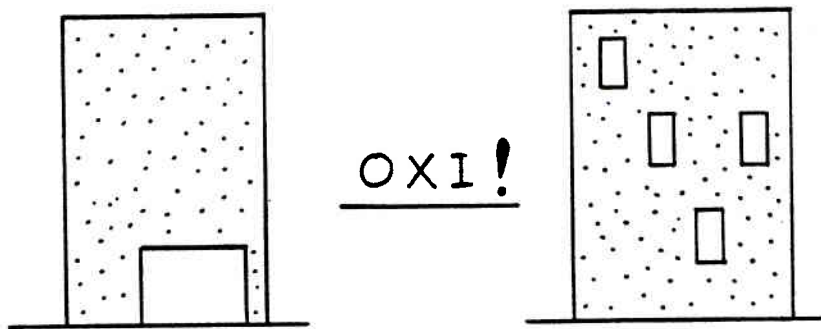
A_1 = εμβαδόν διαμήκων οχημάτων στο ετήμα του πέγματος προς τη μια πλευρά του κορμού

A_{tot} = ολικό εμβαδόν διαμήκων εφεγκυόμενων οχημάτων

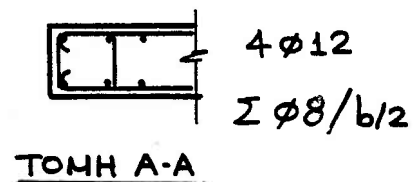
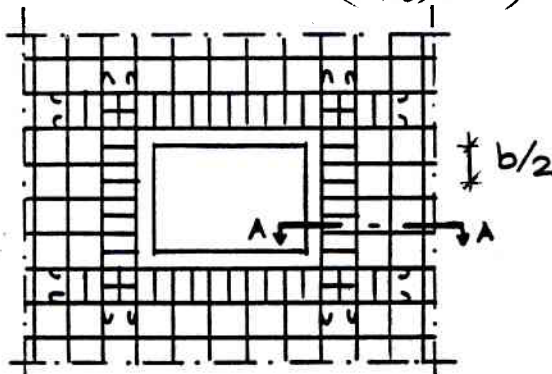
z = μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων της διατομής

Ανοίγματα σε τοιχώματα (§18.5.8)

- Μικρή συνολική επιφάνεια
- Κατάλληλη καθύψος διάταξη
- Εκτός περιφυγμένων άκρων



- Τα ανοίγματα λαμβάνονται υπόψη κατά τον έλεγχο του τοιχώματος έναντι διατμήσεως.
- Γύρω από τα ανοίγματα τοποθετούνται κατ'ελάχιστον περιμετρικοί οπλισμοί $4\phi 12$ με συνδεήρες $\phi 8$ ανά $b/2$.
(5400, 5500)



18.5.8 Ανοίγματα σε τοιχώματα

Τυχόν ανοίγματα σε τοιχώματα πρέπει να έχουν κατάλληλη διάταξη και μικρή συνολική επιφάνεια, ώστε να μην παρεμποδίζουν την καμπτική και διατμητική λειτουργία του τοιχώματος. Τα ανοίγματα λαμβάνονται υποχρεωτικώς υπόψη κατά τον έλεγχο του τοιχώματος έναντι διάτμησης. Γενικώς απαιτείται η τοποθέτηση πρόσθετων οπλισμών γύρω από το άνοιγμα.

Ειδικότερα στα οριζόντια στοιχεία σύνδεσης συζευγμένων τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας που χωρίζονται με μια ή περισσότερες στήλες ανοιγμάτων, έτσι ώστε $\ell/h \leq 3$, ολόκληρη η ένταση σεισμού (τέμνουσα και ροπή) παραλαμβάνεται με κατάλληλους δισδιαγώνιους οπλισμούς, εκτός εάν ισχύουν οι σχέσεις (18.10) και (18.11):

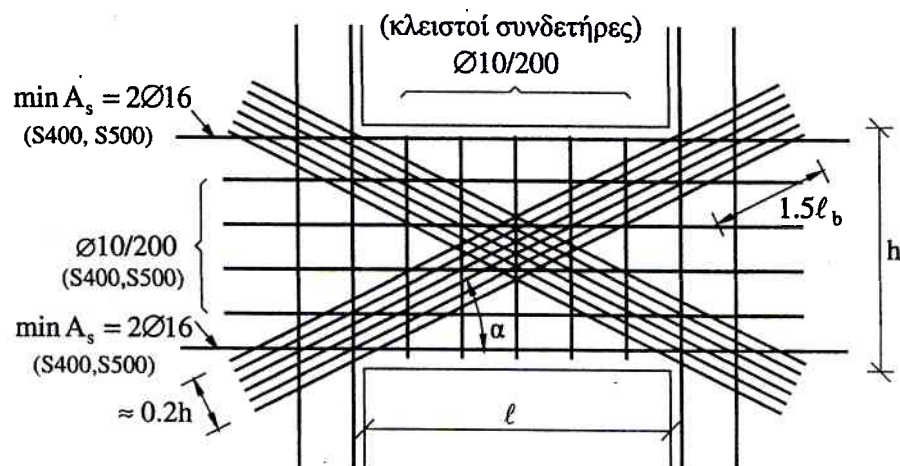
$$\tau_d < 2 \cdot \frac{\ell}{h} \cdot \tau_{Rd}, \quad \tau_d = \frac{V_{Sd}}{b \cdot h} \dots\dots\dots (18.10)$$

$$\rho' = \rho < \frac{1}{4} \cdot \frac{\ell}{h} \cdot \sqrt{f_{cd} / f_{yd}} \dots\dots\dots (18.11)$$

όπου ℓ , h και $\rho = \rho'$ το μήκος, το ύψος και το ποσοστό οπλισμού κάμψης των οριζόντιων στοιχείων σύνδεσης.

Οι δισδιαγώνιοι οπλισμοί πρέπει να περιβάλλονται από συνδετήρες ή σπείρες με αποστάσεις ή βήματα όχι μεγαλύτερα από 100mm. Το μήκος αγκύρωσης των δισδιαγώνιων οπλισμών θα είναι αυξημένο κατά 50%.

Οι οριζόντιοι οπλισμοί θα υπολογίζονται για τη ροπή κάμψης για όλες τις μη σεισμικές δράσεις και θα είναι τουλάχιστον 2Ø16 (S400, S500), άνω και κάτω.



Σχήμα Σ 18.24: Δισδιαγώνιος οπλισμός συζευγμένων τοιχωμάτων

Είναι δυνατόν να αντικατασταθεί ο δισδιαγώνιος οπλισμός, όταν είναι κατασκευαστικά δυσχερής η τοποθέτησή του (π.χ. μεγάλα ποσοστά κατακόρυφου οπλισμού παρειάς τοιχωμάτων, μικρό πλάτος τοιχώματος εκατέρωθεν, οπότε δεν υπάρχει επαρκής χώρος για την αγκύρωση των δισδιαγώνιων οπλισμών), από κατάλληλο οπλισμό συνδετήρων και διαμήκων ράβδων.