

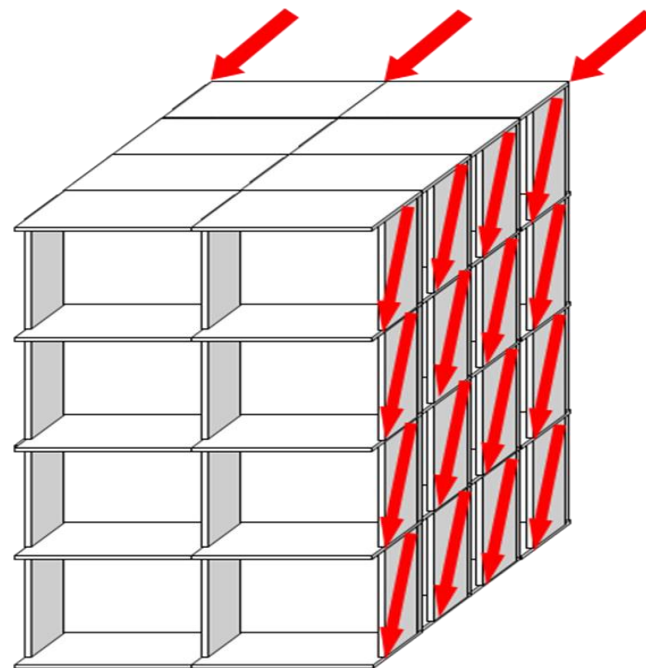
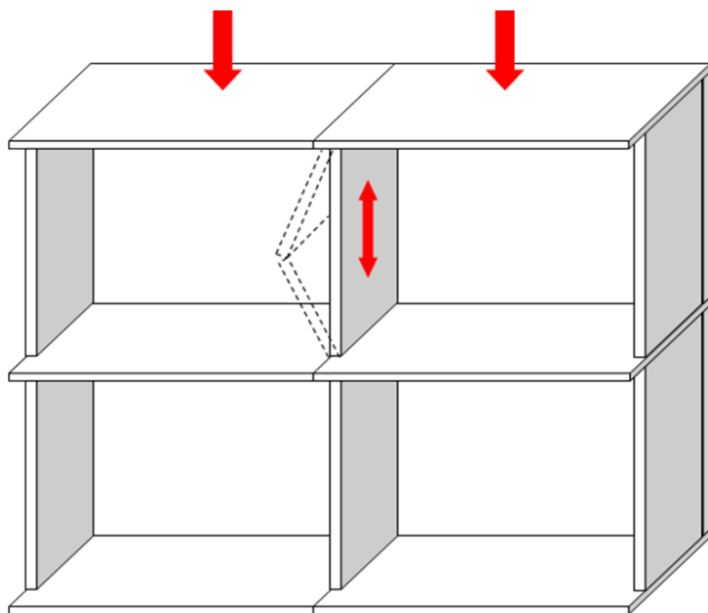
Κατασκευές από Φέρουσα Τοιχοποιία

Οπλισμένη και διαζωματική τοιχοποιία



ΑΣΠΑΙΤΕ

Κατακόρυφες + οριζόντιες δράσεις επί μελών τοιχοποιίας



Η τρωτότητα της άοπλης τοιχοποιίας

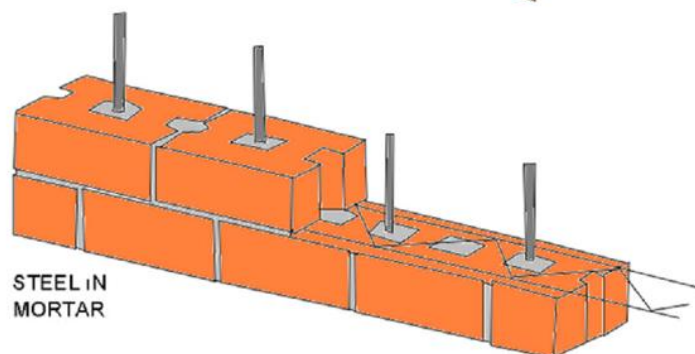
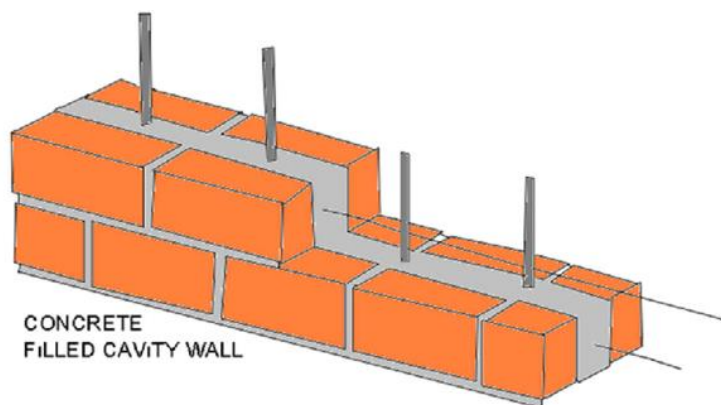
- Η τοιχοποιία αποτελεί υλικό ψαθυρό, συνεπώς πάσχει από σημαντική τρωτότητα έναντι σεισμού



- Η οπλισμένη και η διαζωματική τοιχοποιία διαθέτουν βελτιωμένη αντοχή και πλαστιμότητα
- Αποτελούν αξιόπιστη και βιώσιμη επιλογή έναντι του οπλισμένου σκυροδέματος για κατασκευές μικρού ή μεσαίου αριθμού ορόφων

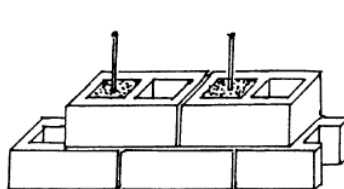
Οπλισμένη τοιχοποιία

- Οριζόντιος και κατακόρυφος οπλισμός
 - Τοποθετημένος σε πυρήνα
 - Διάσπαρτος στα λιθοσώματα και τους αρμούς

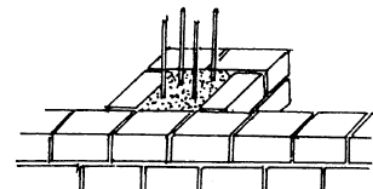


Οπλισμένη τοιχοποιία

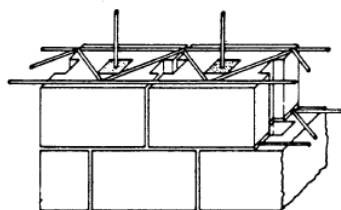
- Οριζόντιος και κατακόρυφος οπλισμός
 - Τοποθετημένος σε πυρήνα
 - Διάσπαρτος στα λιθοσώματα και τους αρμούς



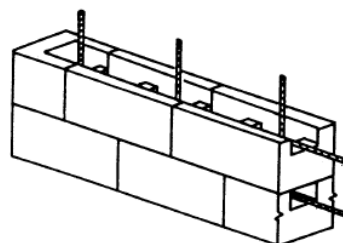
(a)



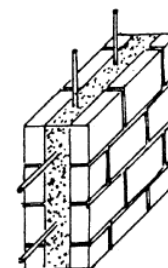
(b)



(c)



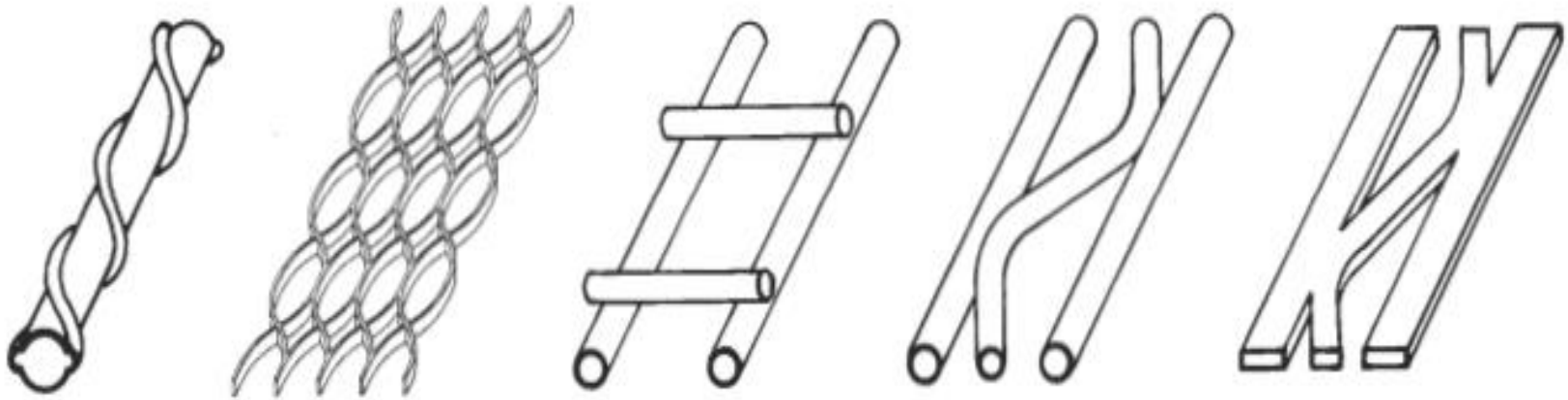
(d)



(e)

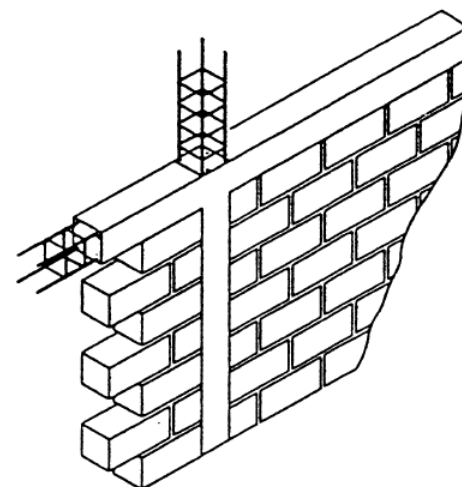
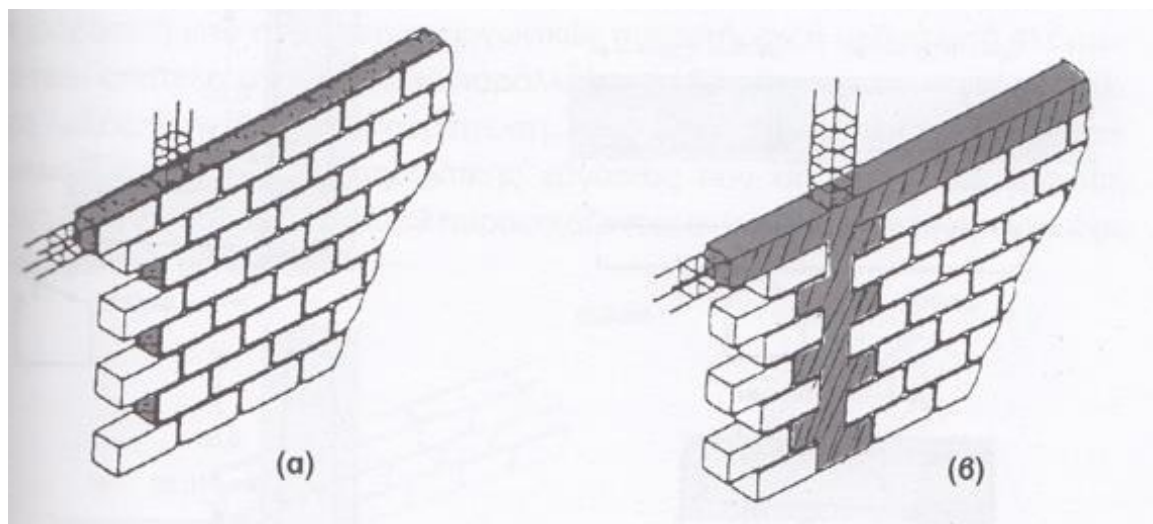
Οπλισμένη τοιχοποιία

- Οριζόντιος και κατακόρυφος οπλισμός
 - Τοποθετημένος σε πυρήνα
 - Διάσπαρτος στα λιθοσώματα και τους αρμούς



Διαζωματική τοιχοποιία

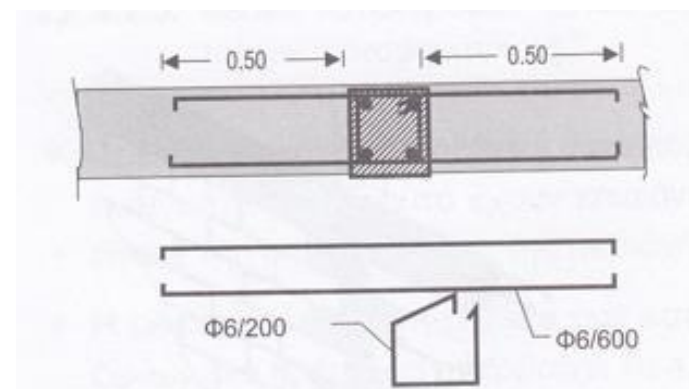
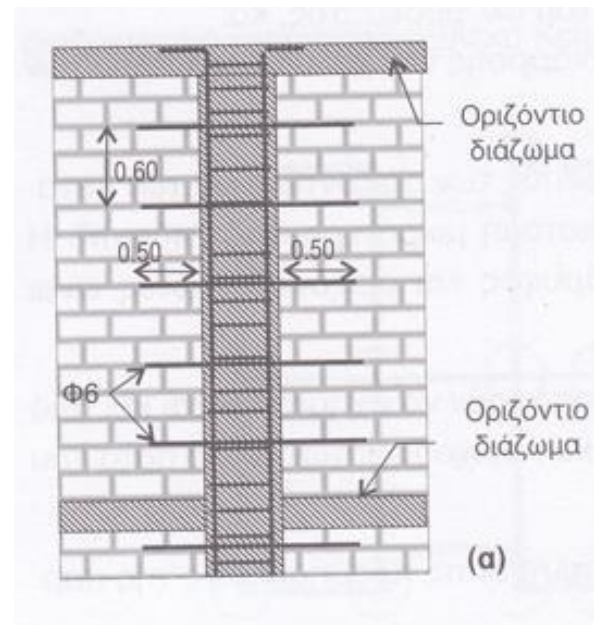
- Κατασκευή οριζόντιων και κατακόρυφων ζωνών οπλισμένου σκυροδέματος
 - Εντός ειδικά διαμορφωμένων λιθοσωμάτων
 - Σε διαμορφωμένα διαζώματα



Διαζωματική τοιχοποιία

• Απαιτήσεις

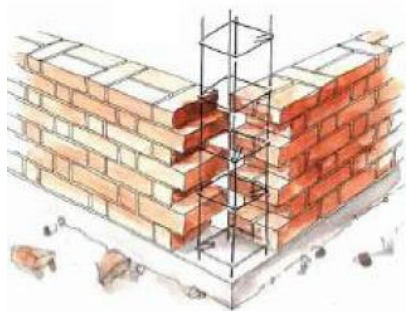
- Τα οριζόντια και κάθετα διαζώματα θα συνδέονται μεταξύ τους και θα αγκυρώνονται στα στοιχεία του κυρίως δομικού συστήματος.
- Η σκυροδέτηση των διαζωμάτων θα γίνεται αφού έχει κατασκευαστεί η τοιχοποιία
- Οι διαστάσεις των διατομών τόσο των οριζόντιων όσο και των κατακόρυφων διαζωμάτων δεν μπορούν να είναι μικρότερες από 15 cm
- Διαμήκης οπλισμός $> 3 \text{ cm}^2$ και από το 1% της διατομής του διαζώματος.
- min συνδετήρες $\Phi 5/15$ γύρω από τον διαμήκη οπλισμό.



Διαζωματική τοιχοποιία

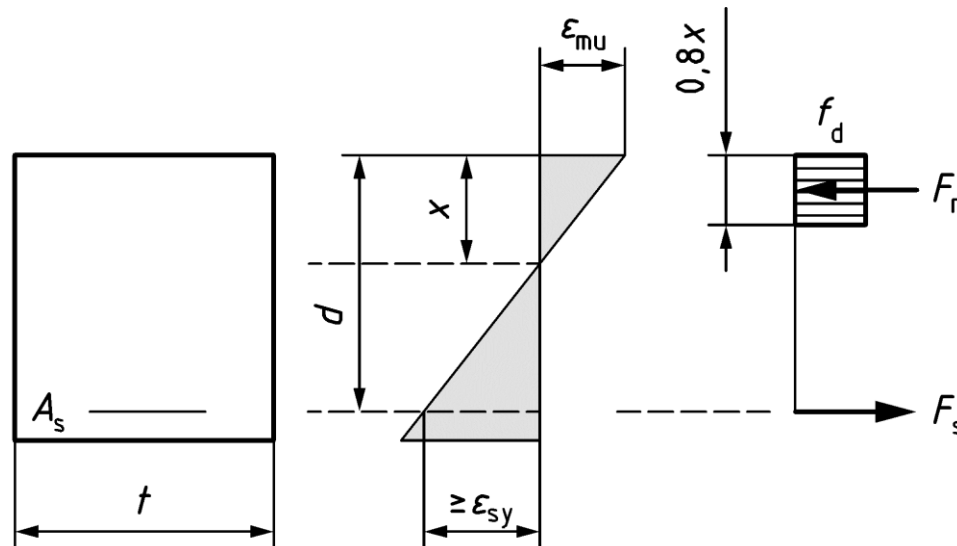
- **Κατακόρυφα διαζώματα** θα πρέπει να τοποθετούνται:
 - Στα ελεύθερα άκρα κάθε φέροντα τοίχου
 - Και στις δύο πλευρές οποιουδήποτε ανοίγματος σε τοίχο με επιφάνεια πάνω από 1.5 m^2
 - Μέσα στον τοίχο αν αυτό απαιτείται προκειμένου να μην υπερβαίνεται η απόσταση των 5 m ανάμεσα στα διαζώματα
 - Στις ενώσεις φερόντων τοίχων, όταν τα διαζώματα τα οποία επιβάλλονται από τους παραπάνω κανόνες βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη από 1.5 m
- **Οριζόντια διαζώματα** θα πρέπει να τοποθετούνται:
 - στο επίπεδο του τοίχου στη στάθμη κάθε ορόφου και σε κατακόρυφη απόσταση μεταξύ τους όχι μεγαλύτερη από 4 m

Διαζωματική τοιχοποιία



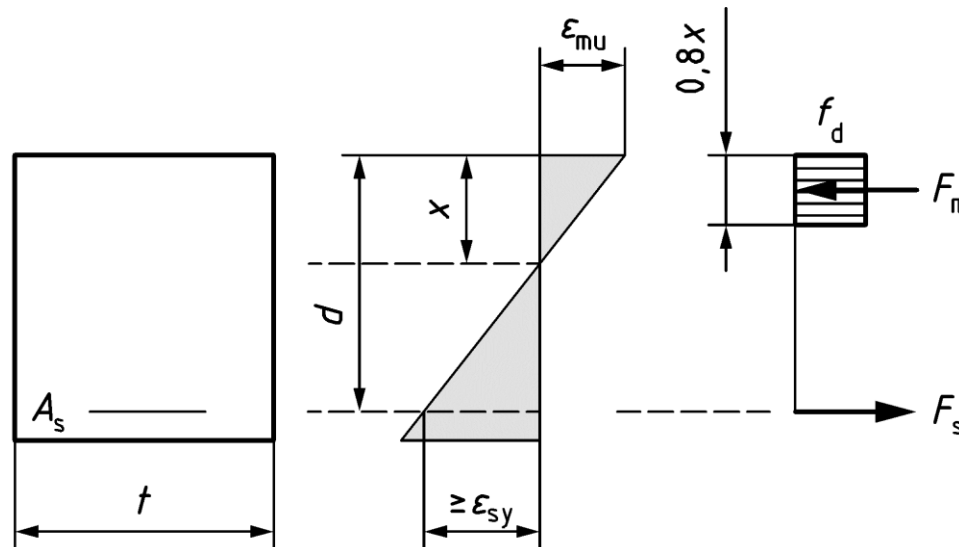
Οπλισμένη τοιχοποιία – Κάμψη γενικά

- Βασικές υποθέσεις για ανάλυση διατομών οπλισμένης τοιχοποιίας
 - Επίπεδες διατομές παραμένουν επίπεδες
 - Παραμόρφωση του οπλισμού είναι ίση με της περιβάλλουσας τοιχοποιίας
 - Η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας είναι μηδενική

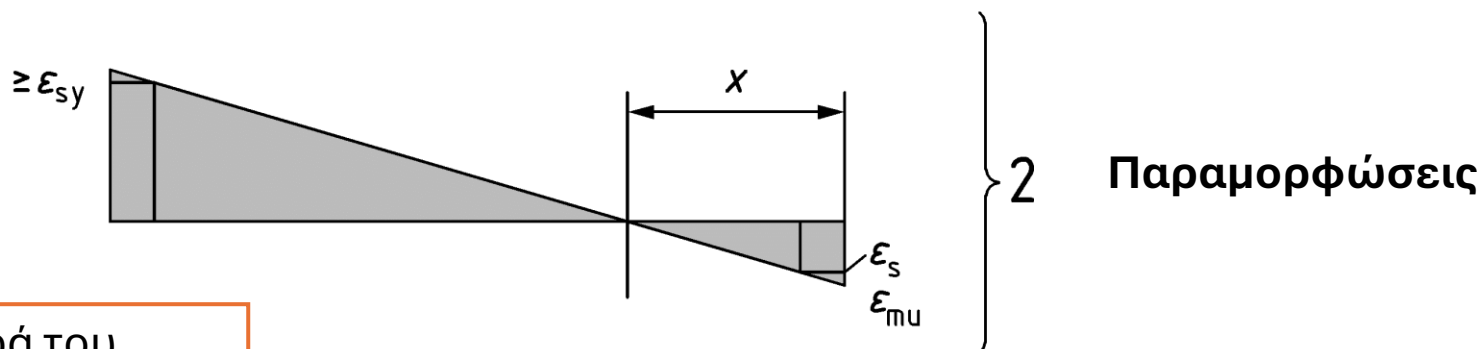
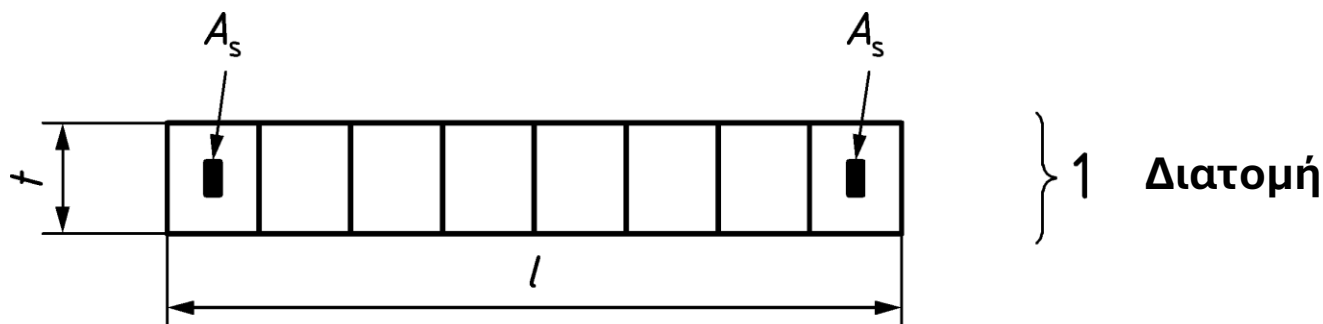


Οπλισμένη τοιχοποιία – Κάμψη γενικά

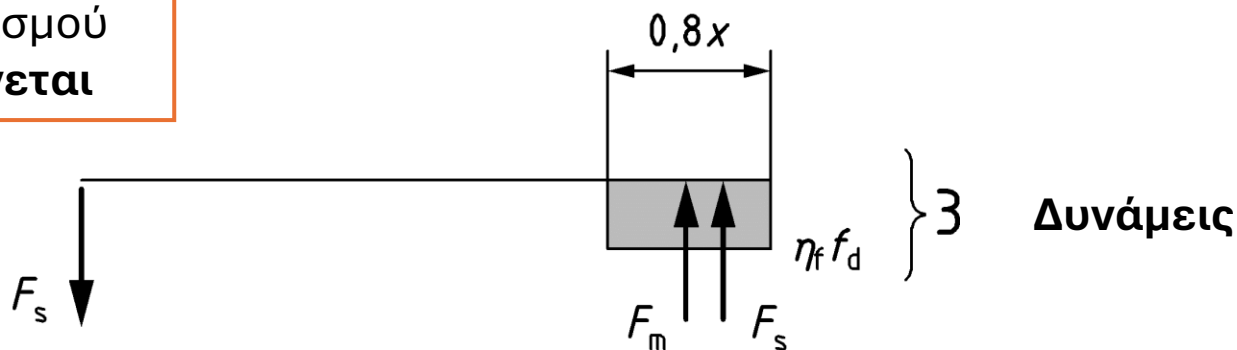
- Η τιμή σχεδιασμού του στερεού των τάσεων είναι ίση με τη θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας f_d
- Όταν η θλιβόμενη ζώνη περιλαμβάνει τόσο τοιχοποιία όσο και πυρήνα από σκυρόδεμα, η τιμή σχεδιασμού του στερεού των τάσεων λαμβάνει την αντοχή του ασθενέστερου υλικού.
- Στους τοίχους λαμβάνεται υπόψη η συνεισφορά του **κατακόρυφου** οπλισμού



Οπλισμένη τοιχοποιία – Κάμψη εντός επιπέδου



Η συνεισφορά του
θλιβόμενου οπλισμού
συμπεριλαμβάνεται



Οπλισμένη τοιχοποιία – Κάμψη εντός επιπέδου

- Η ροπή αντοχής σχεδιασμού δεν μπορεί να υπερβαίνει την τιμή

$$M_{Rd} \leq 0.37 \cdot \eta_f \cdot f_d \cdot b \cdot d^2$$

b το πλάτος της διατομής

d το στατικό ύψος της διατομής

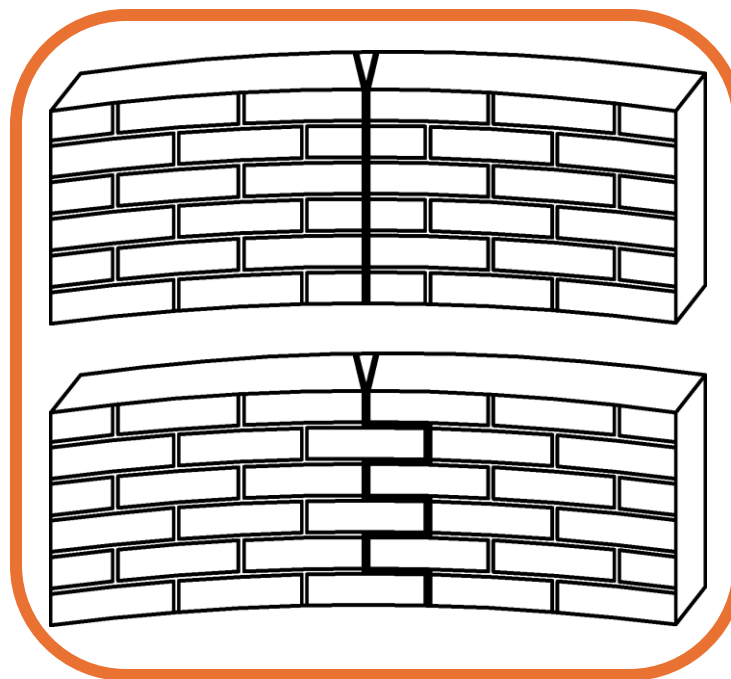
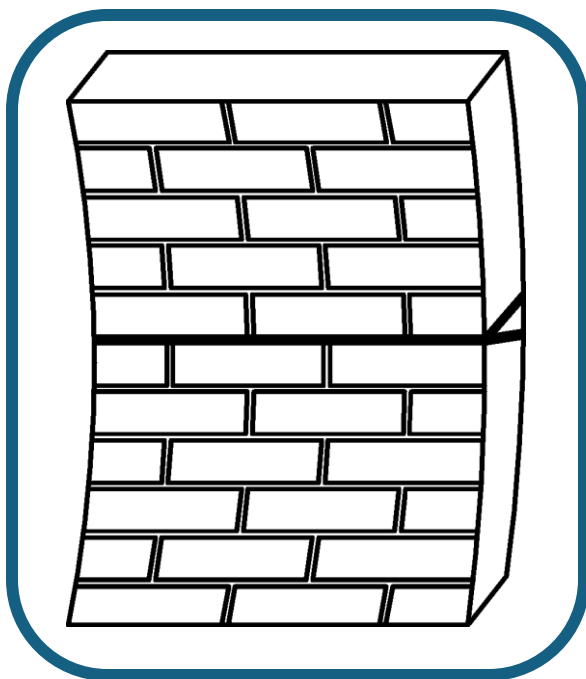
f_d η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας (ή του πυρήνα)

η_f συντελεστής ισοδύναμης ορθογωνικής κατανομής τάσεων



Εκτός επιπέδου κάμψη

- Για κάθε περίπτωση, ορίζεται διαφορετική καμπτική αντοχή
 - Καμπτική αντοχή παράλληλη στους οριζόντιους αρμούς f_{xk1}
 - Καμπτική αντοχή κάθετη στους οριζόντιους αρμούς f_{xk2}



Οπλισμένη τοιχοποιία – Κάμψη εκτός επιπέδου (1)

- Η αντοχή σε κάμψη εκτός επιπέδου είναι ίση με

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z$$

$$z = d \cdot \left(1 - 0.5 \cdot \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot \eta_f \cdot f_d} \right) \leq 0.9 \cdot d$$

b το πλάτος της διατομής

d το στατικό ύψος της διατομής

A_s το εμβαδόν του εφελκυόμενου οπλισμού

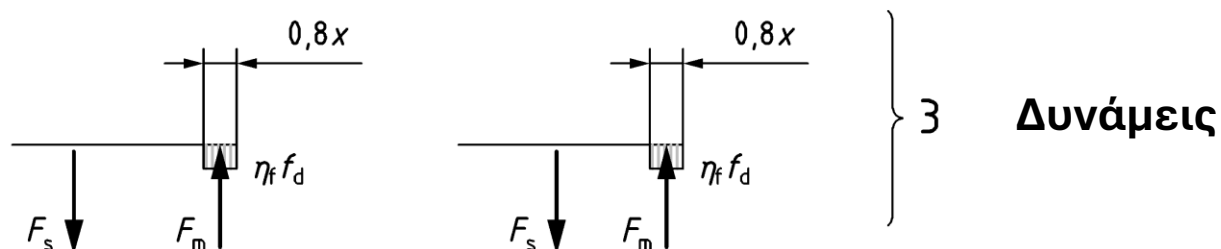
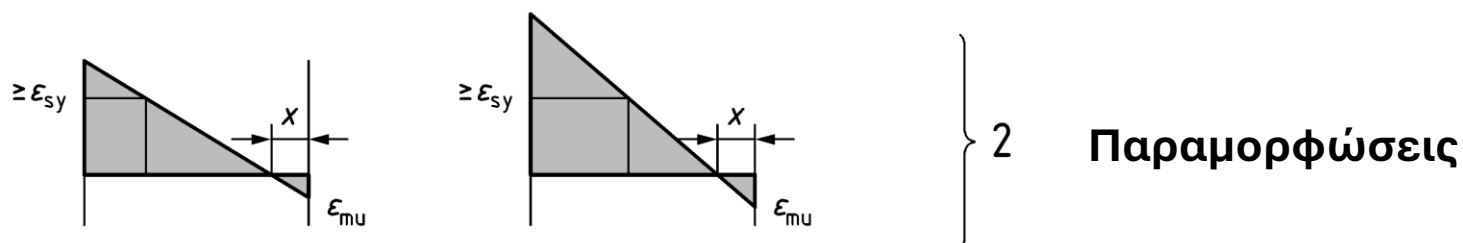
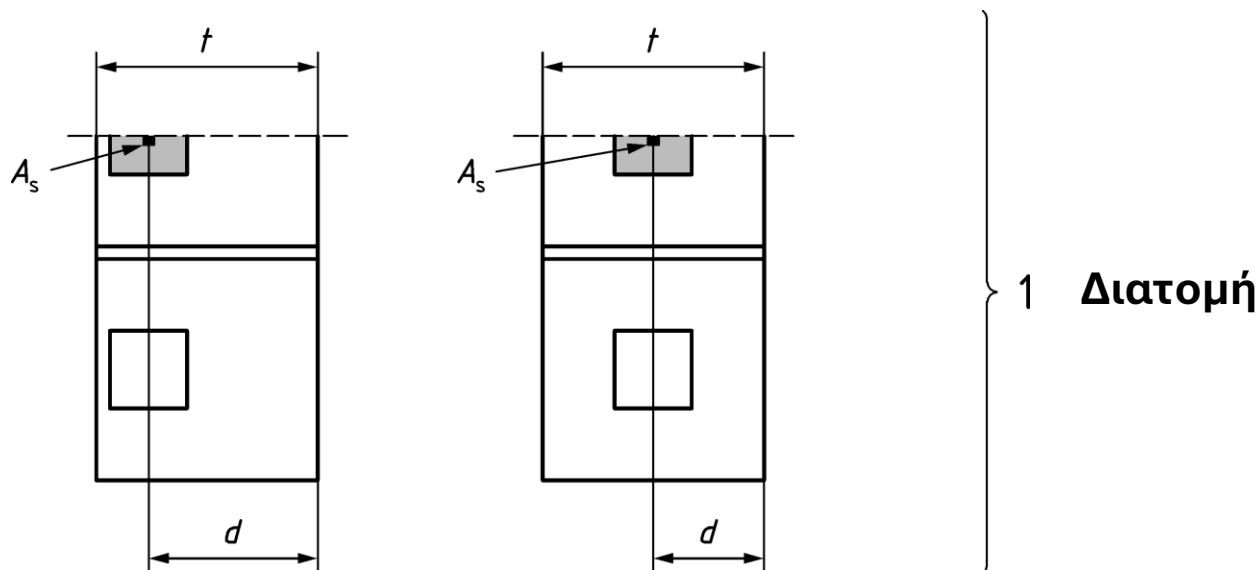
f_d η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας (ή του πυρήνα)

f_{yd} η τάση διαρροής σχεδιασμού του οπλισμού

η_f συντελεστής ισοδύναμης ορθογωνικής κατανομής τάσεων

Η συνεισφορά του
θλιβόμενου οπλισμού
συνήθως αμελείται

Οπλισμένη τοιχοποιία – Κάμψη εκτός επιπέδου (1)



Οπλισμένη τοιχοποιία – Κάμψη εκτός επιπέδου (2)

- Για τοίχους με οπλισμού στους οριζόντιους αρμούς, η αντοχή σε εκτός επιπέδου κάμψη υπολογίζεται από τον τύπο:

$$f_{xd2,app} = \frac{6 \cdot A_s \cdot f_{yd} \cdot z}{t^2}$$

A_s το εμβαδόν του εφελκυόμενου οπλισμού

f_{yd} η τάση διαρροής σχεδιασμού του οπλισμού

t το πάχος του τοίχου

z ο μοχλοβραχίονας

$$z = d \cdot \left(1 - 0.5 \cdot \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot \eta_f \cdot f_d} \right) \leq 0.9 \cdot d$$

Οπλισμένη τοιχοποιία – Φαινόμενα 2^{ας} τάξης

- Λαμβάνονται υπόψη όταν ο λόγος λυγηρότητας ($SR = h_{ef}/t_{ef}$) υπερβαίνει το 12.
- Σε αυτήν την περίπτωση, ο έλεγχος έναντι κάμψης πραγματοποιείται για ροπή κάμψης ίση με

$$M_{Ed} = M_{1Ed} + N_{Ed} \cdot e_2$$

M_{1Ed} η ροπή κάμψης 1^{ης} τάξης

N_{Ed} η κατακόρυφη δύναμη σχεδιασμού

e_2 η εκκεντρότητα 2^{ας} τάξης

$$e_2 = \left(\frac{1}{r} \right) \cdot \frac{h_{ef}^2}{10}$$

r η καμπυλότητα της διατομής στη βάση λόγω της δρώσας ροπής

Οπλισμένη τοιχοποιία – Φαινόμενα 2^{ας} τάξης

- Εναλλακτικά, για λιθοσώματα Ομάδας 1 (πλην ελαφροβαρών τσιμεντοπλίνθων):

$$e_2 = \frac{h_{ef}^2}{1800 \cdot d}$$

- Για όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις:

$$e_2 = \frac{h_{ef}^2}{2400 \cdot d}$$

Οπλισμένη τοιχοποιία – Διάτμηση

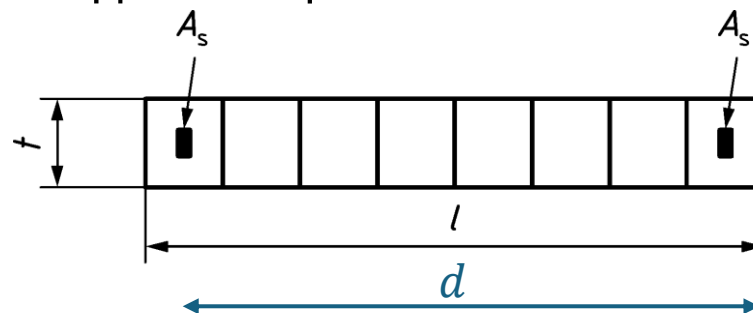
- Όταν αγνοείται η συνεισφορά του οριζόντιου οπλισμού, η αντοχή σε διάτμηση είναι ίση με:

$$V_{Rd1} = f_{vd} \cdot t \cdot d$$

f_{vd} η αντοχή σχεδιασμού σε διάτμηση της άοπλης τοιχοποιίας

t το πάχος του τοίχου

d στατικό ύψος της διατομής, ή η απόσταση μεταξύ του εφελκυσμένου οπλισμού και της πιο θλιβόμενης ίνας της διατομής. Στην τοιχοποιία με κατανεμημένο οπλισμό, μπορεί να ληφθεί ίσο με $0.8 \cdot l$



Οπλισμένη τοιχοποιία – Διάτμηση

- Όταν λαμβάνεται υπόψη η συνεισφορά του οριζόντιου οπλισμού, η αντοχή σε διάτμηση είναι ίση με:

$$V_{Rd} = V_{Rd1} + V_{Rd2}$$

V_{Rd2} η συνεισφορά του οριζόντιου οπλισμού

$$V_{Rd2} = 0.6 \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot d/s$$

A_{sw} το εμβαδόν του οριζόντιου οπλισμού εντός μίας στρώσης

f_{yd} η τάση διαρροής σχεδιασμού του οπλισμού

s η απόσταση μεταξύ στρώσεων οριζόντιων ράβδων

d το στατικό ύψος της διατομής (στην έννοια του ύψους)

Οπλισμένη τοιχοποιία – Διάτμηση

- Πρέπει να ελέγχεται πως

$$V_{Rd1} + V_{Rd2} \leq 0.3 \cdot f_d \cdot t \cdot d$$

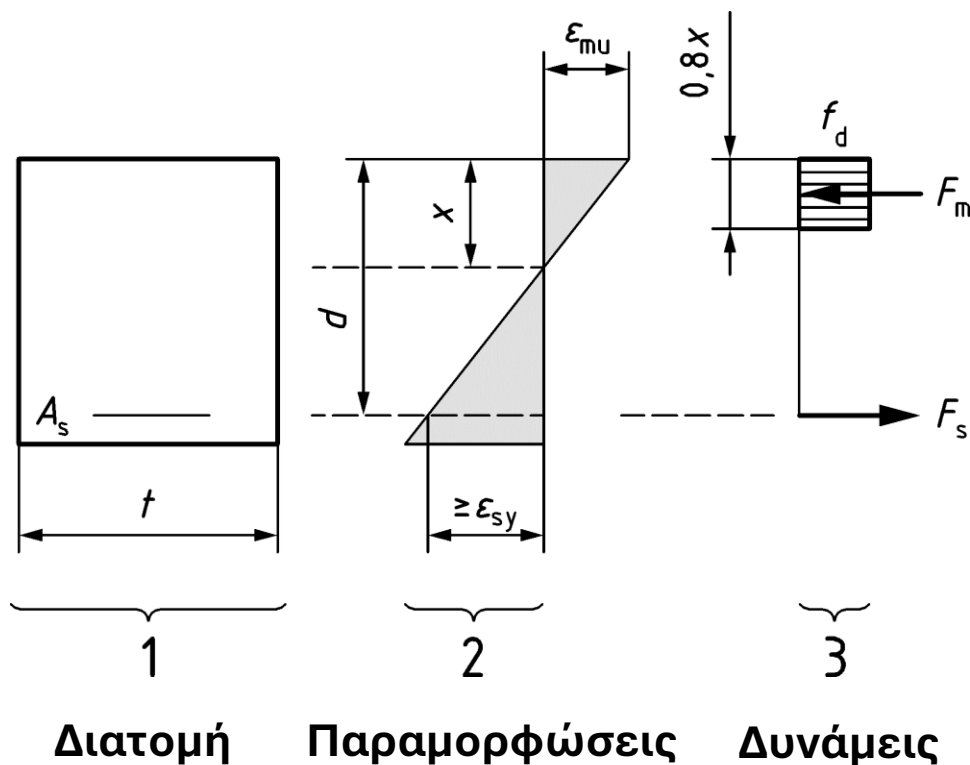
f_d η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας (ή του πυρήνα)

t το πάχος του τοίχου

d το στατικό ύψος της διατομής

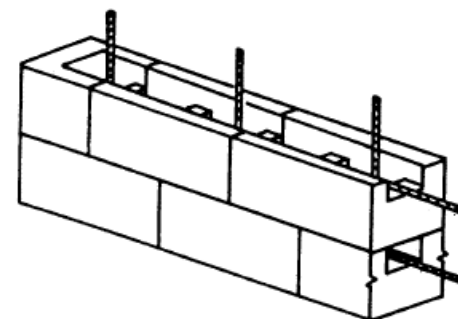
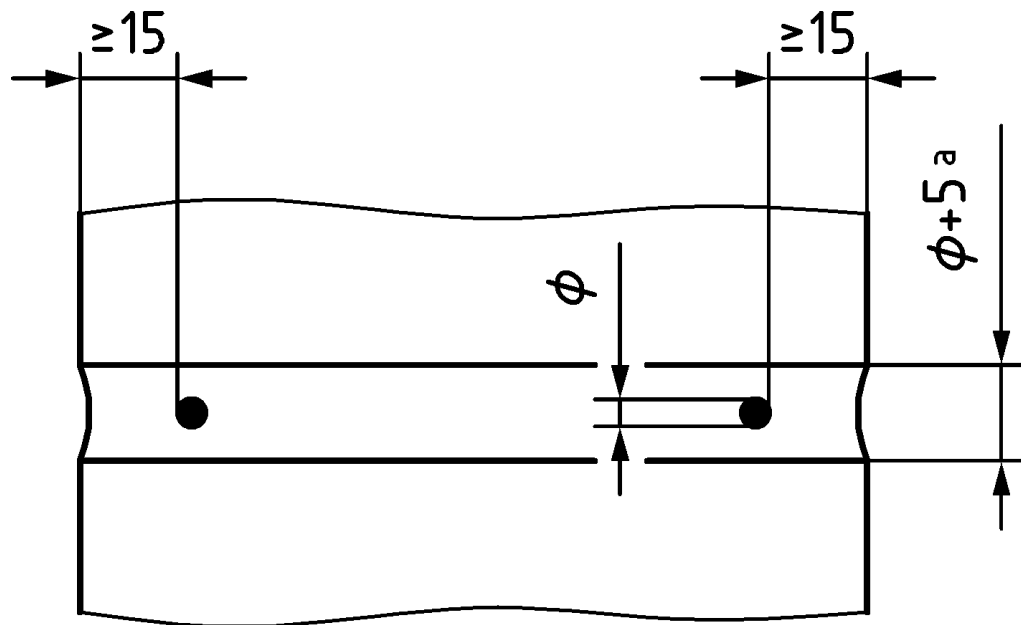
Οπλισμένη τοιχοποιία – Δοκοί σε κάμψη

- Λαμβάνεται υπόψη η συνεισφορά του **οριζόντιου** οπλισμού
- Η συνεισφορά του θλιβόμενου οπλισμού αμελείται



Οπλισμένη τοιχοποιία – Λεπτομέρειες όπλισης

- Επικάλυψη οπλισμού
 - $> 15 \text{ mm}$ από την όψη του τοίχου
 - Πάχος αρμών $> \Phi + 5 \text{ mm}$
- Οριζόντια κανάλια εντός των λιθοσωμάτων για αγκύρωση οριζόντιων ράβδων επιτρέπουν τη μείωση του πάχους του αρμού

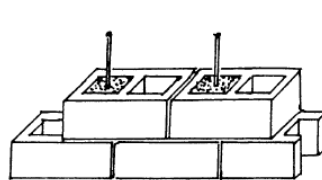


Οπλισμένη τοιχοποιία – Λεπτομέρειες όπλισης τοίχων

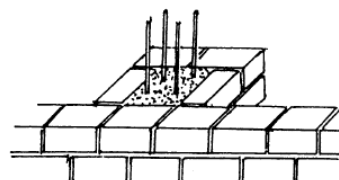
- Ελάχιστο ποσοστό κατακόρυφου οπλισμού
 - Για αντοχή σε εντός επιπέδου κάμψη: 0.05% της στατικής διατομής σε κάτοψη ($t_{ef} \cdot d$)
 - Για αντοχή σε εκτός επιπέδου κάμψη: 0.03% της ολικής διατομής σε κάτοψη ($t \cdot h$), 0.015% σε κάθε παρειά
- Ελάχιστο ποσοστό κατακόρυφου οπλισμού
 - Για πλαστιμότητα ή έλεγχο ρηγμάτωσης: 0.03% της ολικής διατομής
 - Για αντοχή σε διάτμηση: 0.04% της ολικής διατομής
- Ελάχιστη διάμετρος ράβδων
 - 5 mm

Οπλισμένη τοιχοποιία – Λεπτομέρειες όπλισης τοίχων

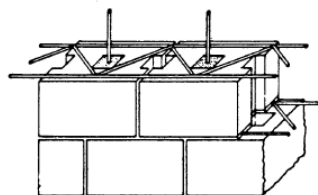
- Ελάχιστη απόσταση παράλληλων ράβδων: **$\max[\Phi + 5 \text{ mm}, 10 \text{ mm}]$**
- Μέγιστο ποσοστό οπλισμού σε πληρωμένο κατακόρυφο κενό ή πυρήνα: **4%**
- Μέγιστη κατακόρυφη απόσταση στρώσεων ράβδων σε οριζόντιους αρμούς: **600 mm**



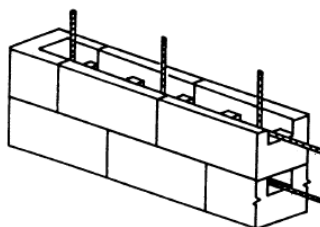
(a)



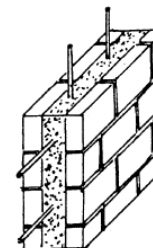
(b)



(c)



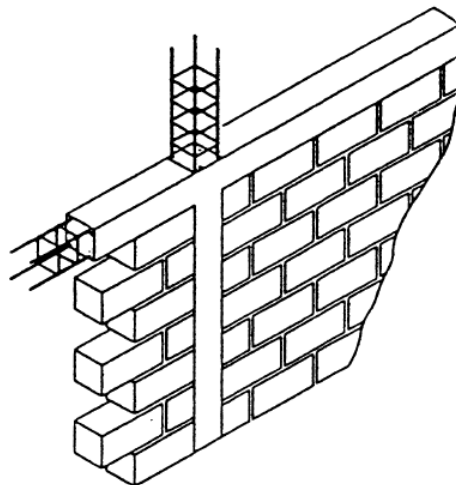
(d)



(e)

Διαζωματική τοιχοποιία – Γενικές απαιτήσεις

- Ο τοίχος και τα διαζώματα αντιμετωπίζονται ως **ενιαίο μέλος**
- Επιτυχής έλεγχος του τοίχου επιτρέπει την παράλειψη ελέγχων στα διαζώματα
- Η **χαρακτηριστική αντοχή του σκυροδέματος** των διαζωμάτων θα είναι τουλάχιστον 20 MPa και υψηλότερη της χαρακτηριστικής αντοχής της τοιχοποιίας



Διαζωματική τοιχοποιία – Αντοχή σε θλίψη

- Η αντοχή σε θλίψη μέλους διαζωματικής τοιχοποιίας είναι ίση με

$$N_{Rd} = \Phi \cdot f_d \cdot A_t$$

Φ	μειωτικός συντελεστής (στην κορυφή, τη βάση ή το μέσον)
f_d	χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας
A_t	το εμβαδόν της διατομής του μέλους (τοίχος + διαζώματα)

Διαζωματική τοιχοποιία – Αντοχή σε διάτμηση

- Η αντοχή σε διάτμηση μέλους διαζωματικής τοιχοποιίας είναι ίση με

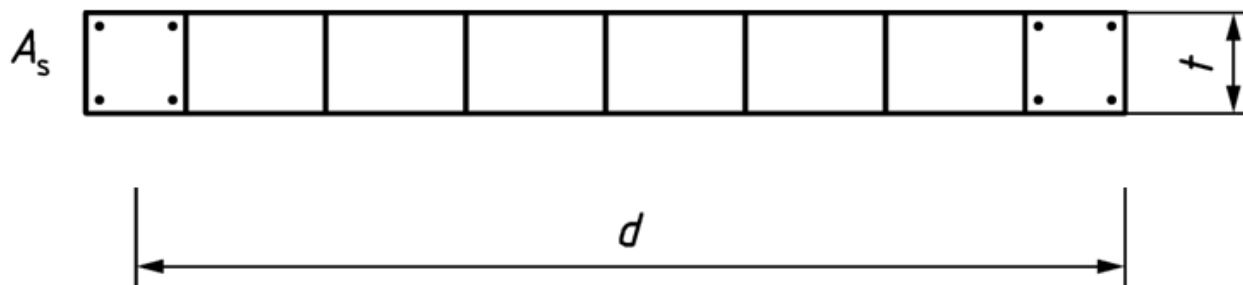
$$V_{Rd} = f_{vd} \cdot t \cdot d \leq V_{Rdlt}$$

f_{vd} η αντοχή σχεδιασμού σε διάτμηση της άοπλης τοιχοποιίας

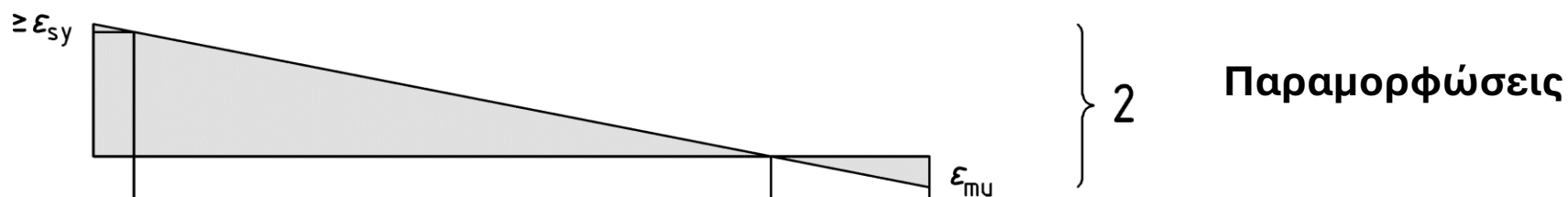
t το πάχος του τοίχου

d το στατικό ύψος της διατομής

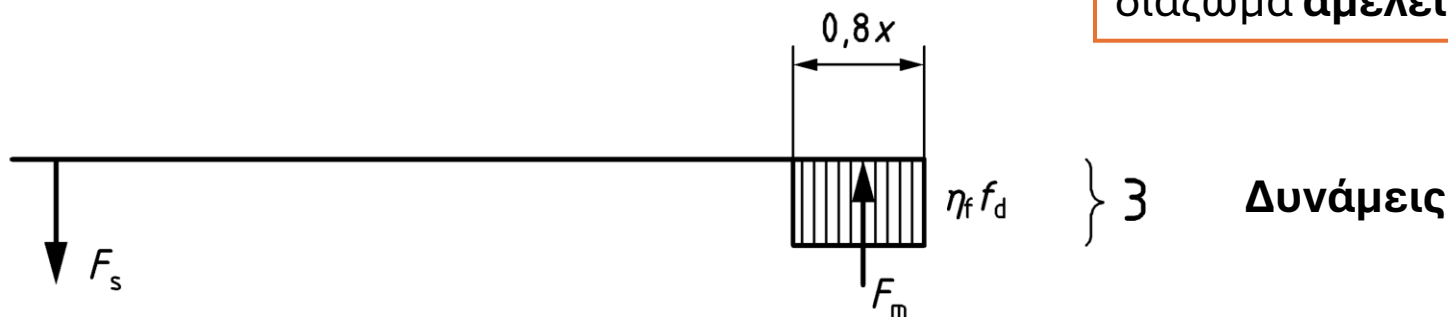
V_{Rdlt} οριακή διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας ($0.3 \cdot f_d \cdot t \cdot d$)



Διαζωματική τοιχοποιία – Αντοχή σε κάμψη εντός επιπέδου



Η συνεισφορά του οπλισμού στο θλιβόμενο διάζωμα **αμελείται**



Διαζωματική τοιχοποιία – Αντοχή σε κάμψη εντός επιπέδου



- Η αντοχή σε κάμψη εντός επιπέδου μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

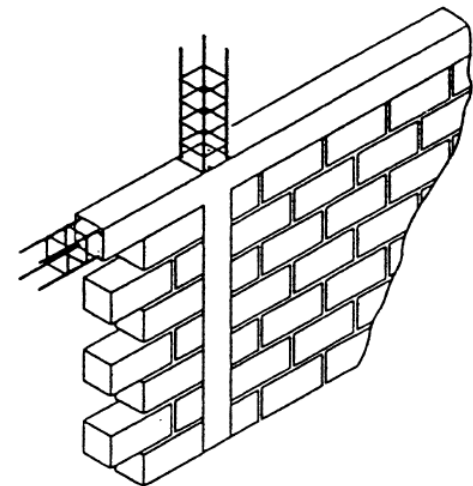
$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - 0.4 \cdot x) + N_{Ed} \cdot \left(\frac{l}{2} - 0.4 \cdot x \right)$$

A_s	ο διαμήκης οπλισμού του εφελκυσμένου διαζώματος
f_{yd}	η τάση διαρροής σχεδιασμού του οπλισμού
N_{Ed}	η τιμή σχεδιασμού της κατακόρυφης δύναμης
l	το μήκος του τοίχου
d	το στατικό ύψος της διατομής
x	το μήκος της θλιβόμενης ζώνης

Διαζωματική τοιχοποιία – Λεπτομέρειες όπλισης και διάταξης



- Οριζόντια διαζώματα
 - Σε κάθε στάθμη
 - Μέγιστη κατακόρυφη απόσταση: 4 m
- Κατακόρυφα διαζώματα
 - Σε κάθε γωνία/διασταύρωση τοίχων
 - Μέγιστη οριζόντια απόσταση: 5 m
 - Εκατέρωθεν κάθε ανοίγματος $> 1.5 \text{ m}^2$



Διαζωματική τοιχοποιία – Λεπτομέρειες όπλισης και διάταξης

- Διαστάσεις διατομής διαζωμάτων
 - Τουλάχιστον 0.02 m^2
 - Ελάχιστο μήκος πλευράς: 150 mm
- Ελάχιστος διαμήκης οπλισμός
 - Ελάχιστο ποσοστό: 0.8%
 - Ελάχιστη ποσότητα: 200 mm^2
 - Ελάχιστες ράβδοι: 4 Φ 8
- Ελάχιστος εγκάρσιος οπλισμός
 - $\Phi 5$ / min[250 mm, t] στο μέσον
 - $\Phi 5$ / 150 mm στα ακραία 600 mm

