

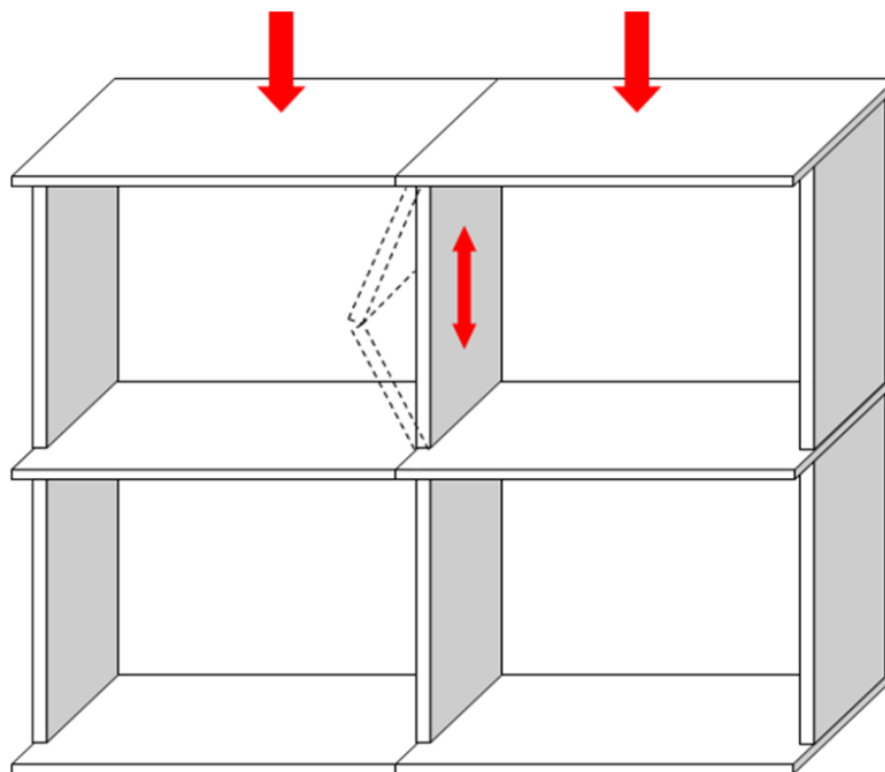
Κατασκευές από Φέρουσα Τοιχοποιία

Αντοχή μελών σε θλίψη



ΑΣΠΑΙΤΕ

Κατακόρυφες δράσεις επί μελών τοιχοποιίας



Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας

- Η χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας f_k μπορεί να υπολογιστεί από την αντοχή των συνιστώντων υλικών του
- Για κονίαμα γενικής εφαρμογής ή ελαφροκονίαμα:

$$f_k = K \cdot f_b^{0.7} \cdot f_m^{0.3}$$

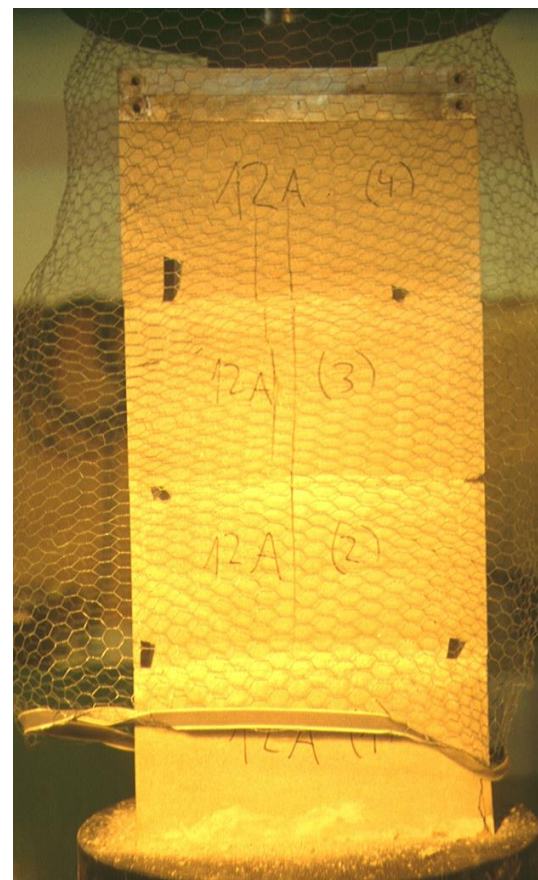
- Για κονίαμα λεπτής στρώσης:

$$f_k = K \cdot f_b^{0.85}$$

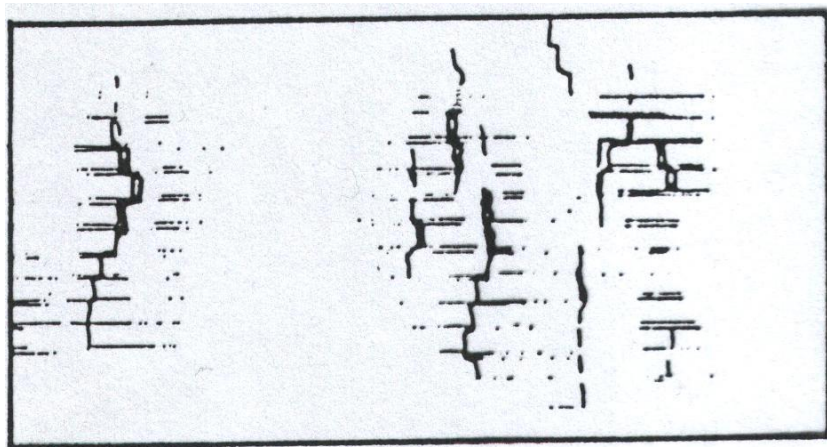
K σταθερά εξαρτώμενη από τον τύπο του λιθοσώματος και του κονιάματος

Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό θλίψη

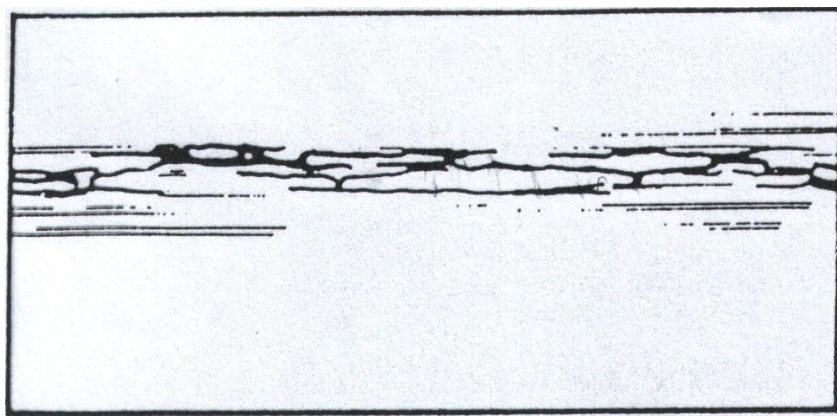
- **Μορφή αστοχίας**
 - Κατακόρυφες ρωγμές στα λιθοσώματα
 - Σύνθλιψη κονιάματος



Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό θλίψη



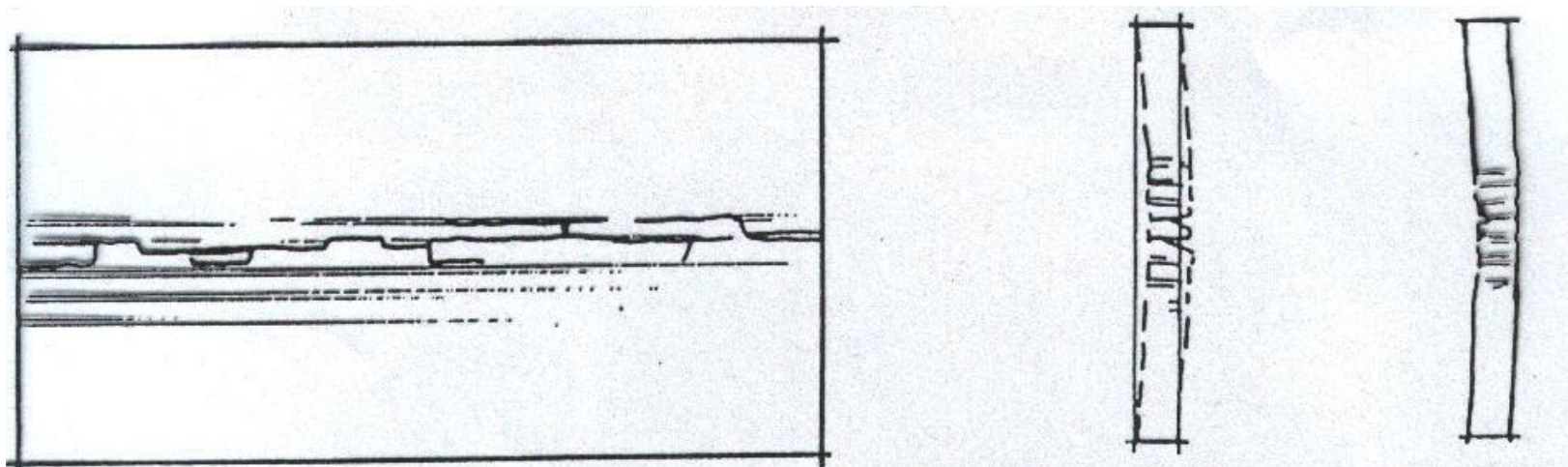
Κονίαμα χαμηλής αντοχής
Κατακόρυφες ρωγμές σε ομάδες



Λιθοσώματα χαμηλής αντοχής
Οριζόντιες ρωγμές σε ζώνες

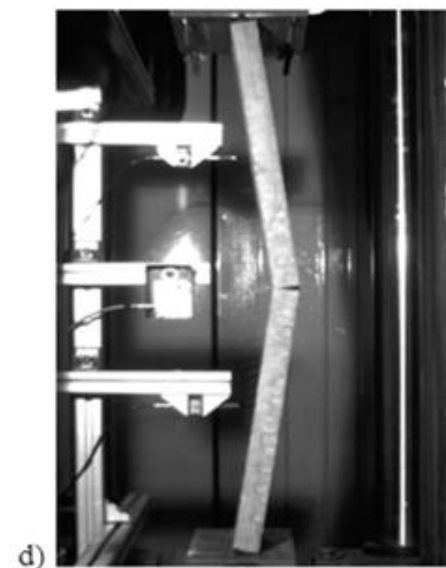
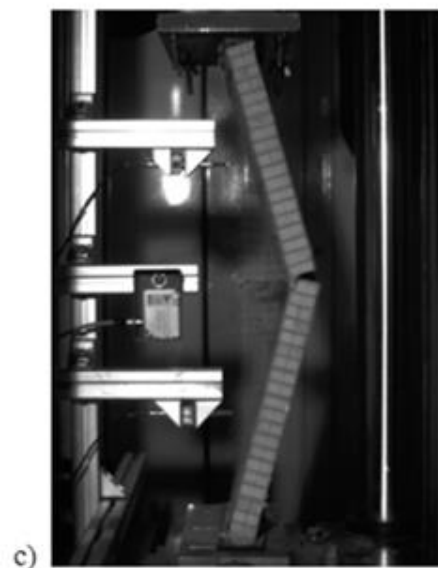
Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό θλίψη

- Αστοχία λόγω **λυγισμού**
 - Κοινή μορφή αστοχίας σε τοίχους μικρού εγκάρσιου πάχους και μέσης έως υψηλής αντοχής λιθοσωμάτων και κονιάματος
 - Επηρεάζεται από
 - **Εκκεντρότητα** κατακόρυφου φορτίου
 - **Λυγηρότητα** του τοίχου
 - **Συνοριακές συνθήκες** στα άκρα του τοίχου



Αστοχία λόγω λυγισμού

- Απώλεια γεωμετρικής ευστάθειας και αστοχία εκτός επιπέδου
- Ο λυγισμός δεν επιτρέπει την επίτευξη της θλιπτικής αντοχής του υλικού



Έλεγχος τοίχου υπό κατακόρυφη φόρτιση

- Ανίσωση ασφαλείας

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

- Η τιμή της αντοχής σχεδιασμού N_{Rd} ανά τρέχον μέτρο τοίχου υπολογίζεται από τη σχέση

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

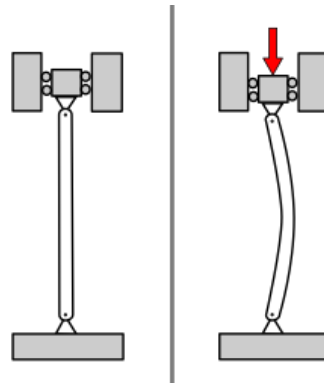
t το εγκάρσιο πάχος του τοίχου

f_d η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας

Φ μειωτικός συντελεστής, συνάρτηση της **εκκεντρότητας** του κατακόρυφου φορτίου και της **λυγηρότητας** του τοίχου

Λυγηρότητα κατακορύφων στοιχείων

- Η **λυγηρότητα** εκφράζει την ευαισθησία ενός κατακόρυφου δομικού μέλους σε λυγισμό, δηλαδή την απότομη απώλεια ευστάθειας, υπό τη δράση (κυρίως) κατακορύφων φορτίων.
- Η αστοχία του μέλους επέρχεται πριν από την αστοχία του υλικού σε θλίψη

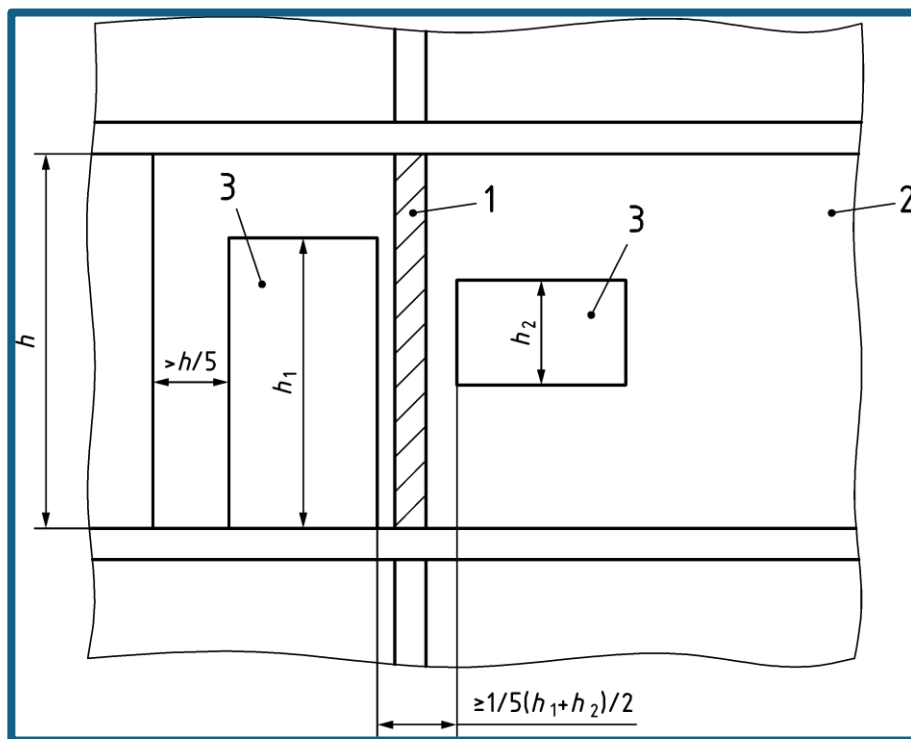


- Για τα μέλη τοιχοποιίας υπό θλίψη, ορίζεται ως ο λόγος του **μήκους λυγισμού** (h_{ef}) προς το **ενεργό πάχος** (t_{ef}) του τοίχου.

$$SR = \frac{h_{ef}}{t_{ef}}$$

Μήκος λυγισμού

- Για το σχεδιασμό μελών τοιχοποιίας, χρησιμοποιείται η έννοια του **μήκος λυγισμού** h_{ef} .
- Είναι συνάρτηση του ύψους του κατακορύφου στοιχείου, τη σχετική δυσκαμψία των συνδεόμενων με αυτό μελών και την αποτελεσματικότητα ή δυσκαμψία των μεταξύ τους συνδέσεων



Εγκάρσιοι τοίχοι

- Ελάχιστο επιτρεπτό μήκος και πάχος
- Μέγιστες επιτρεπόμενες διαστάσεις ανοιγμάτων

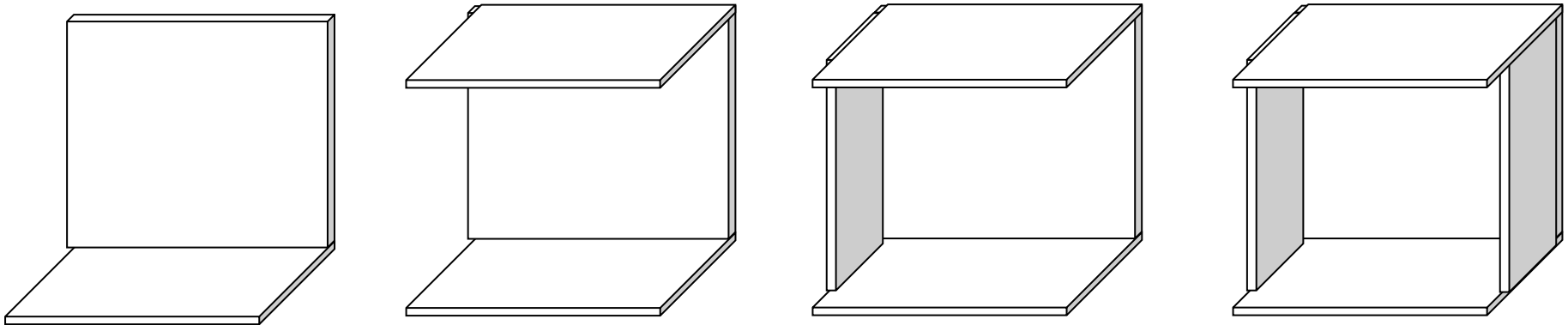
- 1 εξεταζόμενος τοίχος
- 2 εγκάρσιος τοίχος
- 3 άνοιγμα

Μήκος λυγισμού

$$h_{\text{ef}} = \rho_n \cdot h$$

h το καθαρό ύψος του ορόφου

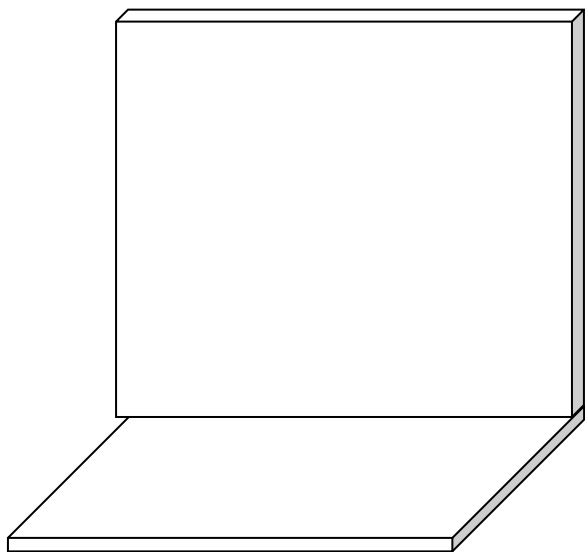
ρ_n μειωτικός συντελεστής που λαμβάνει υπόψη το πλήθος n των πακτωμένων/δεσμευμένων πλευρών του τοίχου ($n = 1,2,3,4$)



Μήκος λυγισμού

- Για τοίχους χωρίς πλευρική ούτε άνωθεν στήριξη:

$$\rho_1 = 2.0$$

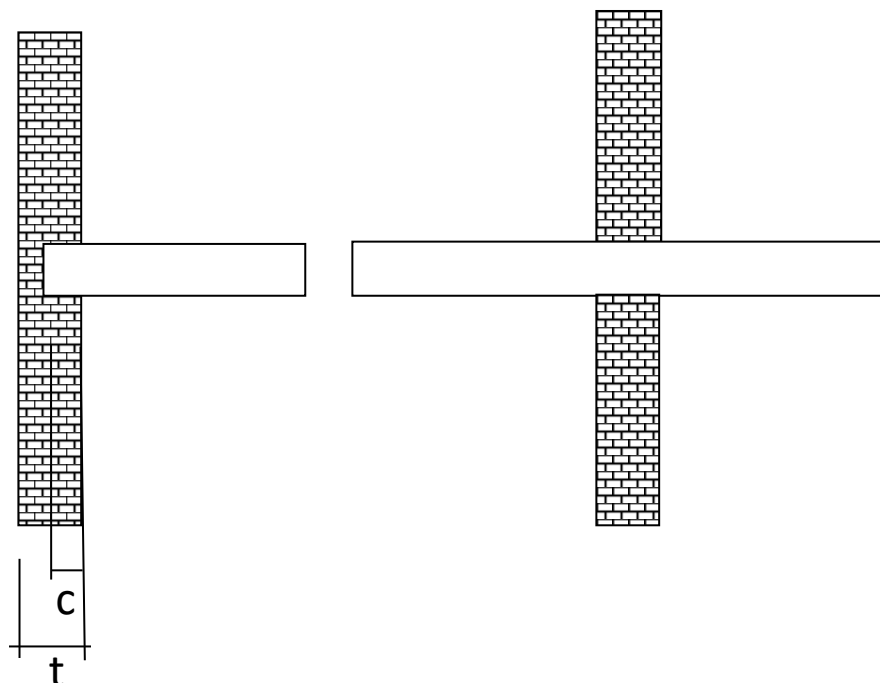
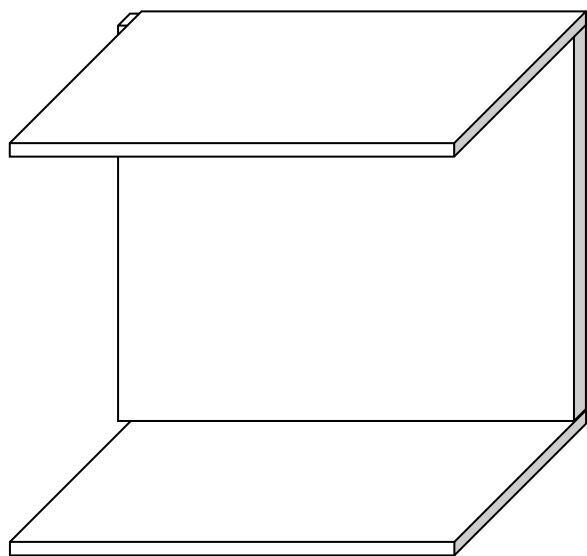


Μήκος λυγισμού

- Για τοίχους με άνωθεν στήριξη

$\rho_2 = 1.0$ γενικώς

$\rho_2 = 0.75$ όταν η άνωθεν πλάκα εκτείνεται εκατέρωθεν του τοίχου ή είναι επαρκώς πακτωμένη εντός του τοίχου
($c > 2/3 \cdot t$)

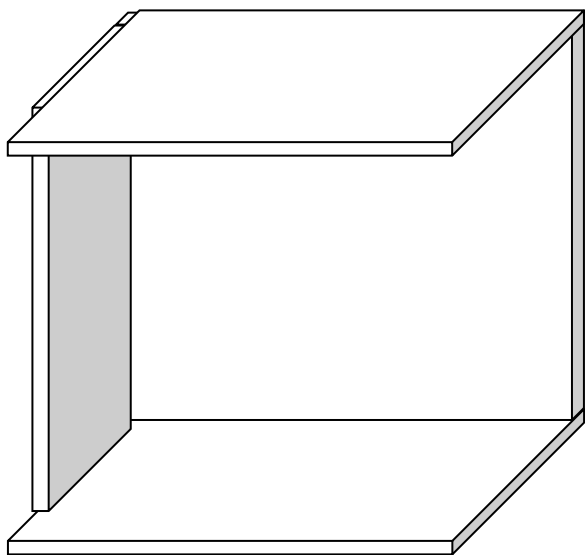


Μήκος λυγισμού

- Για τοίχους με άνωθεν στήριξη και έναν εγκάρσιο τοίχο

$$\rho_3 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\rho_2 \cdot h}{3 \cdot l}\right)^2} \rho_2 \quad \text{όταν } h \leq 3.5 \cdot l$$

$$\rho_3 = 1.5 \cdot \frac{l}{h} \geq 0.3 \quad \text{όταν } h > 3.5 \cdot l$$



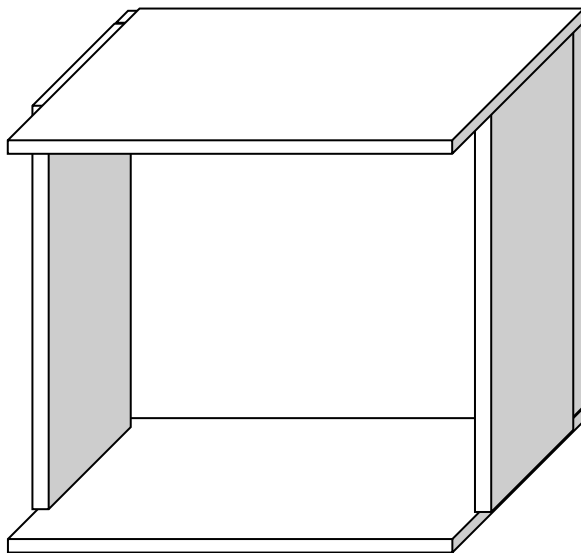
l το μήκος του εξεταζόμενου τοίχου

Μήκος λυγισμού

- Για τοίχους με άνωθεν στήριξη και δύο εγκάρσιους τοίχους

$$\rho_4 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\rho_2 \cdot h}{l}\right)^2} \rho_2 \quad \text{όταν } h \leq 1.15 \cdot l$$

$$\rho_3 = 0.5 \cdot \frac{l}{h} \geq 0.3 \quad \text{όταν } h > 1.15 \cdot l$$



l το μήκος του εξεταζόμενου τοίχου

Ενεργό πάχος

- Το ενεργό πάχος t_{ef} ενός μονού τοίχου, διπλού τοίχου ή κοίλου τοίχου με πυρήνα λαμβάνεται ίσο με το πραγματικό πάχος του τοίχου.
- Το ενεργό πάχος t_{ef} ενός κοίλου τοίχου λαμβάνεται ίσο με

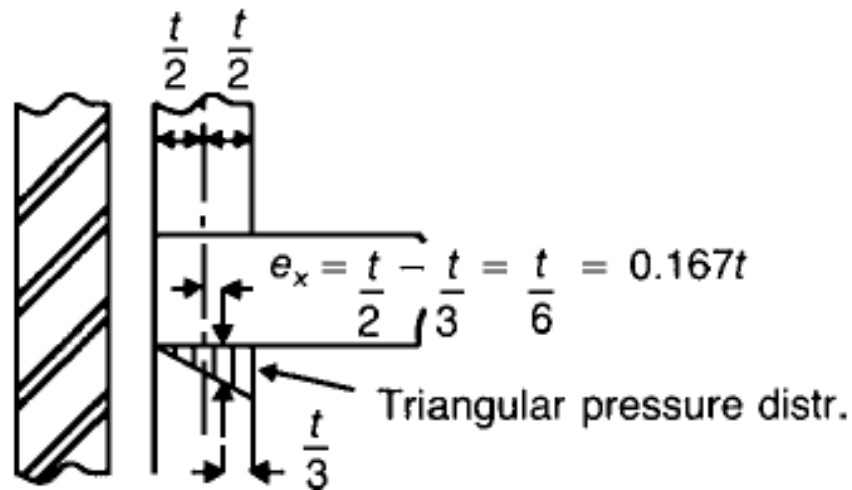
$$t_{ef} = \sqrt[3]{k_{tef} \cdot t_1^3 + t_2^3}$$

t_1, t_2 τα πραγματικά πάχη των δύο τοίχων. **1** αναφέρεται στον εξωτερικό (αφόρτιστο) τοίχο και **2** στον εσωτερικό (φορτισμένο)

k_{tef} συντελεστής που λαμβάνει υπόψη τη διαφορά στο μέτρο ελαστικότητας των δύο τοίχων

Εκκεντρότητα κατακόρυφου φορτίου

- Εξετάζεται στην εκτός επιπέδου έννοια
- Εξαρτάται από τον τρόπο άσκησης των υπερκείμενων κατακορύφων φορτίων, τις συνθήκες στήριξης και την παρουσία ροπών κάμψης
- Η εκκεντρότητα υπολογίζεται σε διαφορετικά ύψη του τοίχου
 - Στην κορυφή
 - Στο μέσον
 - Στη βάση



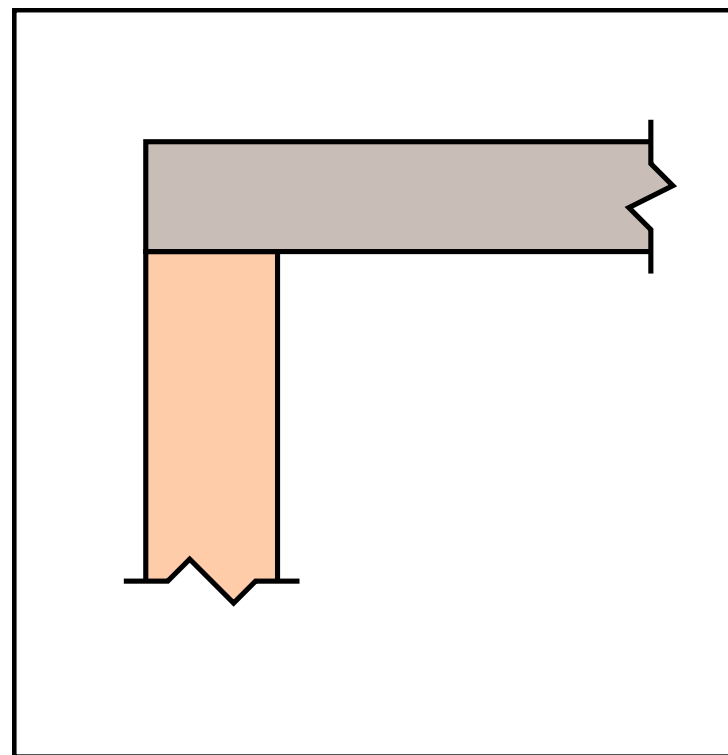
Εκκεντρότητα κατακόρυφου φορτίου

- Η τιμή της εκκεντρότητας e_i στην κορυφή ($i = 1$) ή τη βάση ($i = 3$) υπολογίζεται από τον τύπο

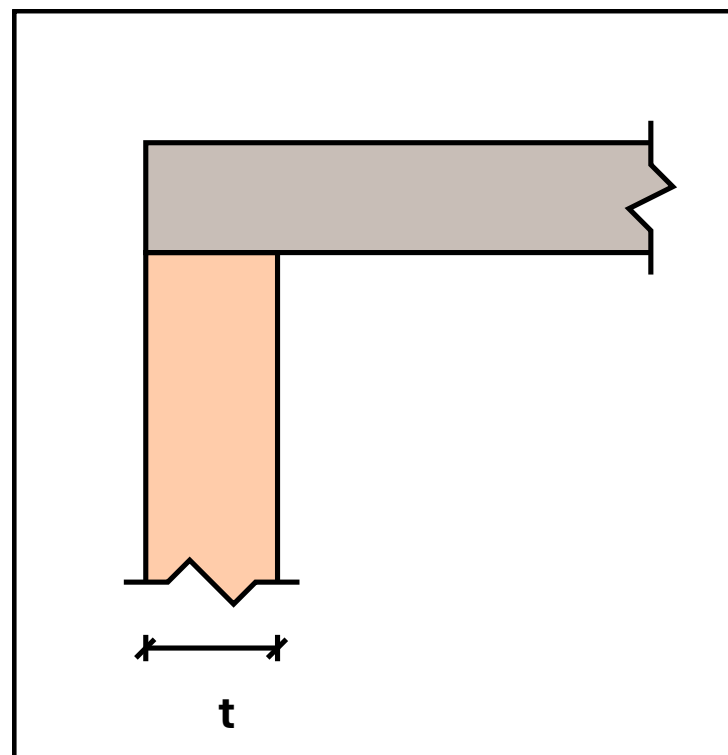
$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{init} \geq 0.05 \cdot t$$

M_{id}	καμπτική ροπή σχεδιασμού στην κορυφή/βάση του τοίχου
N_{id}	κατακόρυφη δύναμη σχεδιασμού στην κορυφή/βάση του τοίχου
e_{he}	εκκεντρότητα λόγω οριζοντίων φορτίων
e_{init}	αρχική/τυχηματική εκκεντρότητα ($= h_{ef}/450$)
t	εγκάρσιο πάχος του τοίχου
h_{ef}	μήκος λυγισμού

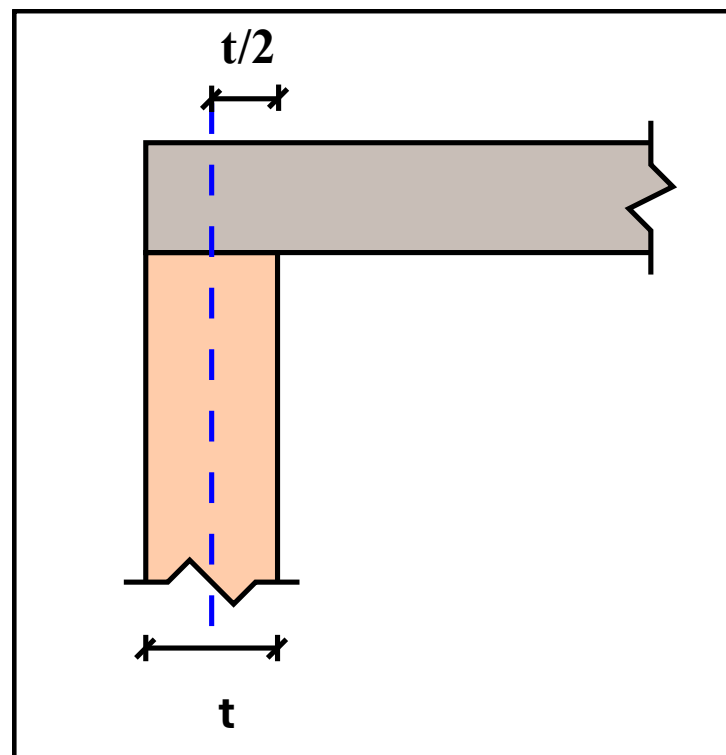
Εκκεντρότητα κατακόρυφου φορτίου – Παράδειγμα



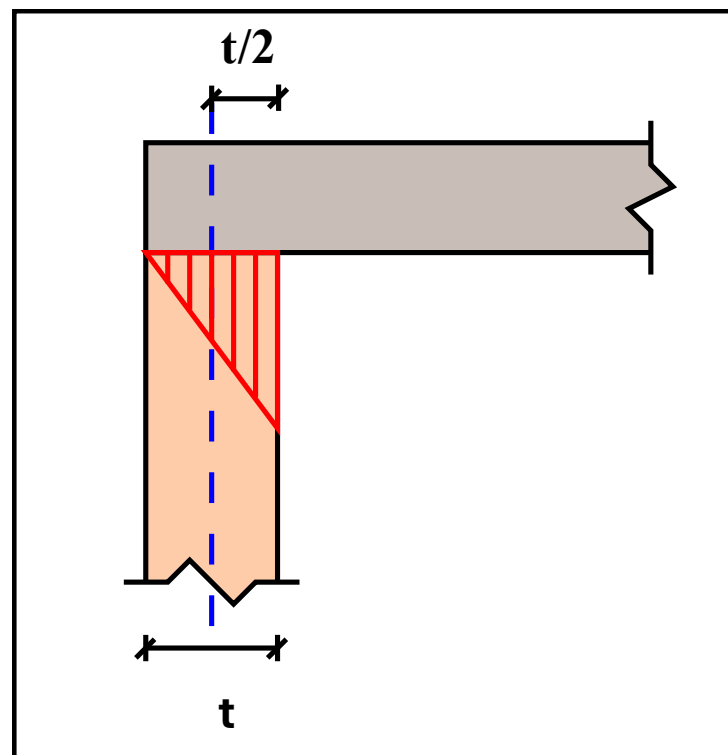
Εκκεντρότητα κατακόρυφου φορτίου – Παράδειγμα



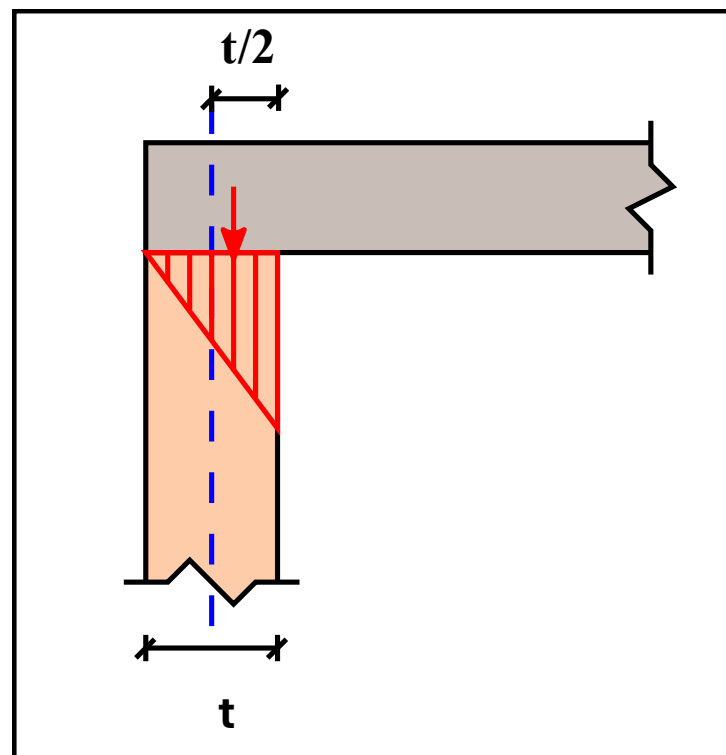
Εκκεντρότητα κατακόρυφου φορτίου – Παράδειγμα



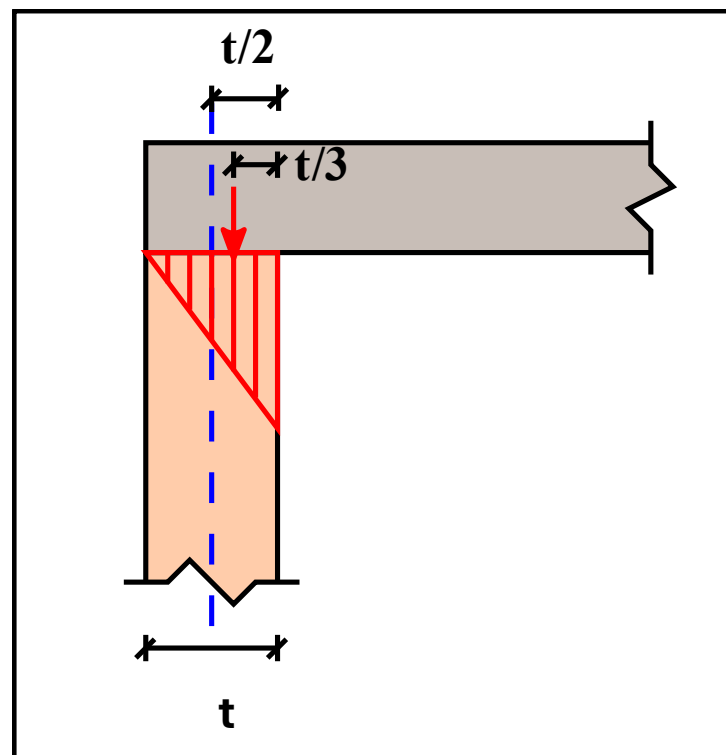
Εκκεντρότητα κατακόρυφου φορτίου – Παράδειγμα



Εκκεντρότητα κατακόρυφου φορτίου – Παράδειγμα



Εκκεντρότητα κατακόρυφου φορτίου – Παράδειγμα



Εκκεντρότητα κατακόρυφου φορτίου – Παράδειγμα

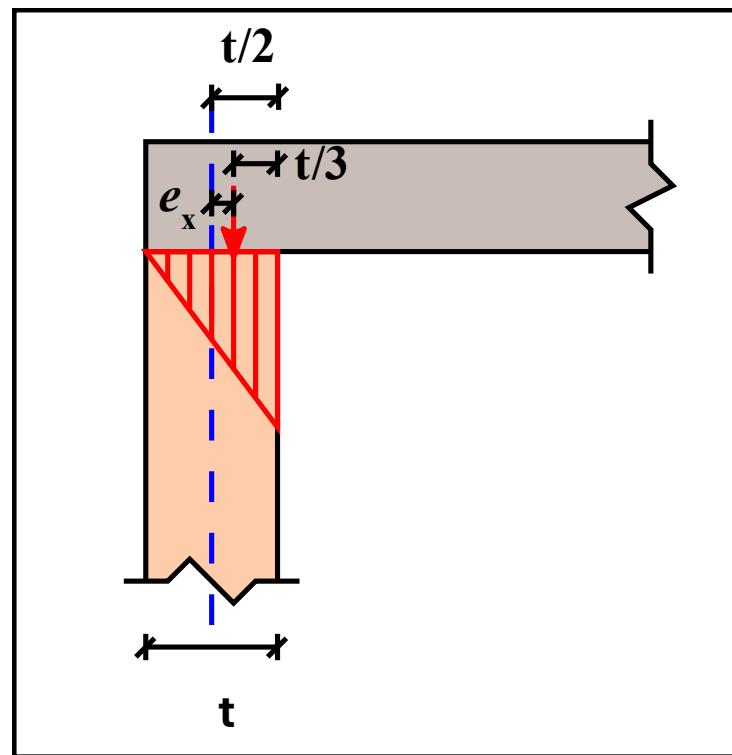
$$e_x = t/2 - t/3 = t/6$$

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{init} \geq 0.05 \cdot t$$

$$e_i = \frac{N_{id} \cdot e_x}{N_{id}} + e_{he} + e_{init}$$

$$e_i = e_x + e_{he} + e_{init}$$

$$e_i = t/6 + 0 + \frac{h_{ef}}{450}$$



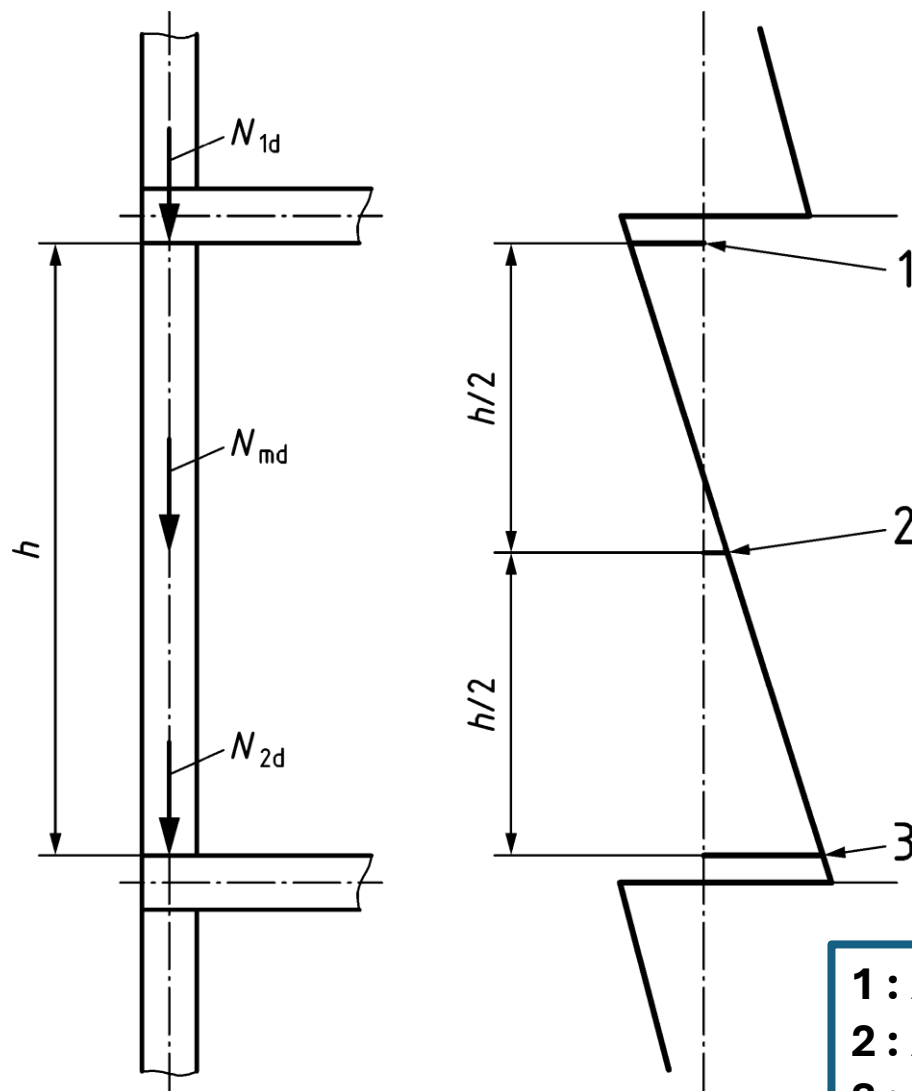
Εκκεντρότητα κατακόρυφου φορτίου

- Η τιμή της εκκεντρότητας e_m στο μέσον υπολογίζεται από τον τύπο

$$e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{hm} + e_{init} \geq 0.05 \cdot t$$

M_{md}	καμπτική ροπή σχεδιασμού στο μέσον του τοίχου
N_{md}	κατακόρυφη δύναμη σχεδιασμού στο μέσον του τοίχου
e_{hm}	εκκεντρότητα λόγω οριζοντίων φορτίων
e_{init}	αρχική/τυχηματική εκκεντρότητα ($= h_{ef}/450$)
t	εγκάρσιο πάχος του τοίχου
h_{ef}	μήκος λυγισμού

Εκκεντρότητα κατακόρυφου φορτίου



- 1 : M_{1d}** ροπή κάμψης στην κορυφή
- 2 : M_{2d}** ροπή κάμψης στο μέσον
- 3 : M_{3d}** ροπή κάμψης στη βάση

Μειωτικός συντελεστής Φ

- Για την κορυφή ($i = 1$) και τη βάση ($i = 3$) του τοίχου, ο συντελεστής υπολογίζεται από τη σχέση

$$\Phi_i = 1 - 2 \frac{e_i}{t}$$

- Για το μέσον ($i = 2$) του τοίχου, ο συντελεστής υπολογίζεται από τη σχέση:

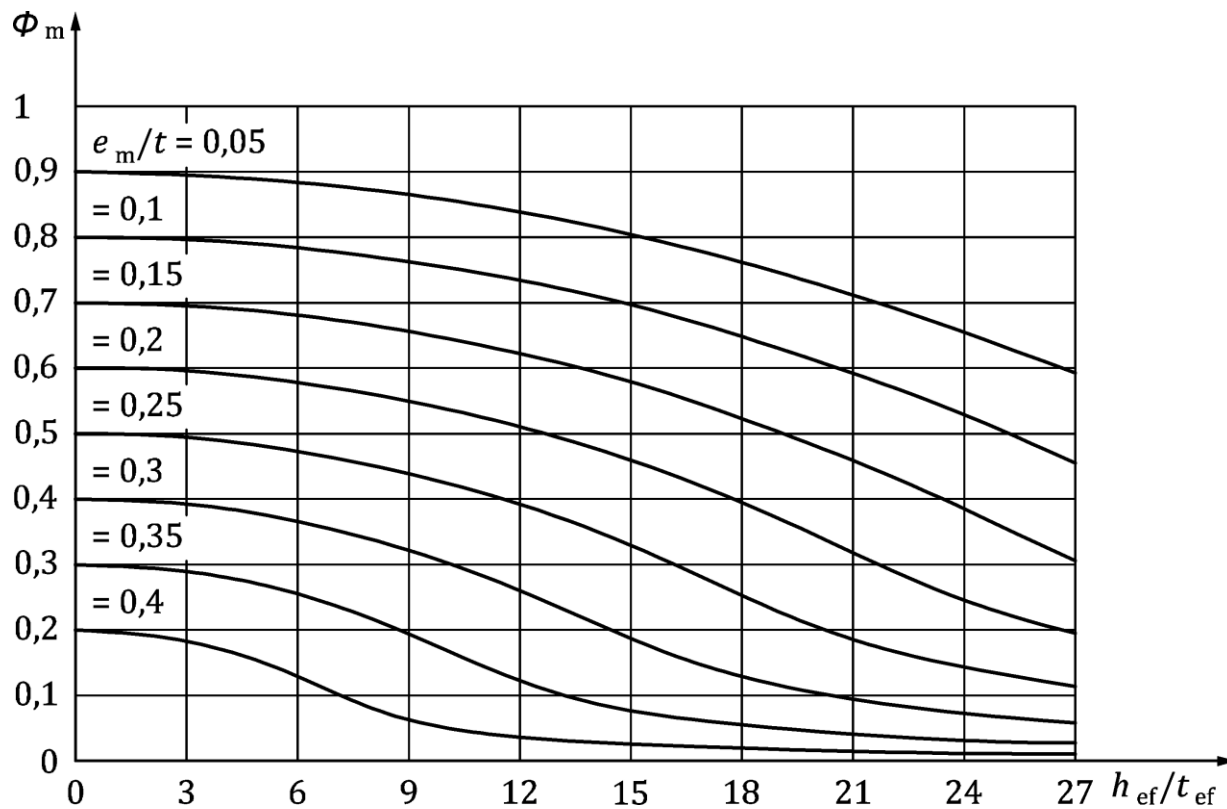
$$\Phi_m = \begin{cases} A_1 - \frac{\lambda^2}{2.58 \cdot A_1} & \text{για } \lambda < 1.14 \cdot A_1 \\ 0.65 \cdot \frac{A_1^3}{\lambda^2} & \text{για } \lambda \geq 1.14 \cdot A_1 \end{cases}$$

$$A_1 = 1 - 2 \frac{e_m}{t}$$

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{\frac{f_k}{E}}$$

Μειωτικός συντελεστής Φ

Τιμές του Φ_m για $E = 1000 \cdot f_k$



Μορφές αστοχίας λόγω λυγισμού



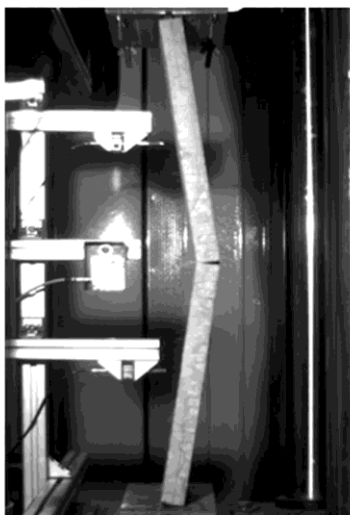
a)



b)



c)



d)

Γεωμετρική αστάθεια

**Το υλικό δε φτάνει τη
θλιπτική του αντοχή**