

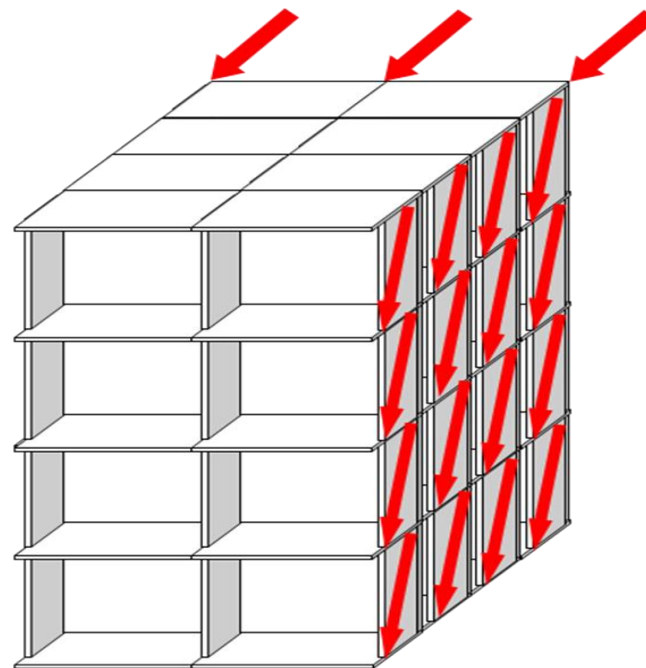
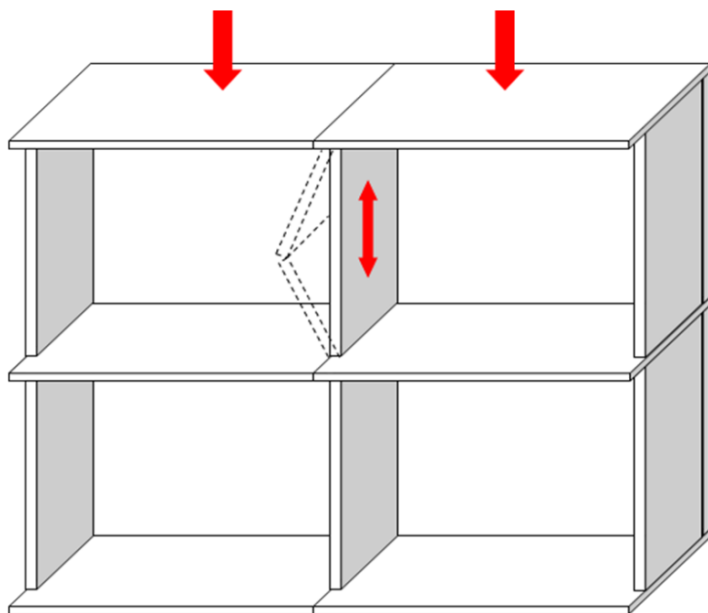
Κατασκευές από Φέρουσα Τοιχοποιία

Αντοχή σε κάμψη



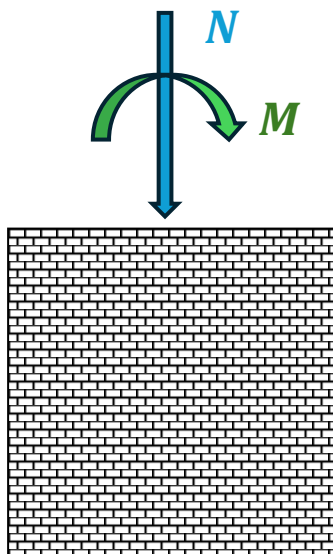
ΑΣΠΑΙΤΕ

Κατακόρυφες + οριζόντιες δράσεις επί μελών τοιχοποιίας



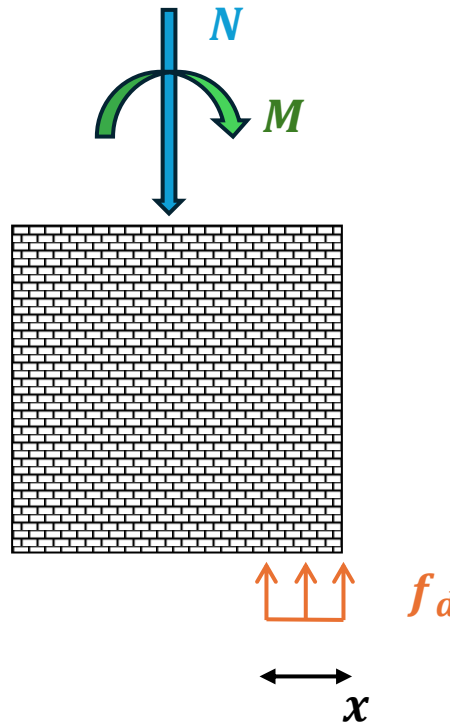
Εντός επιπέδου κάμψη

- Τοίχος μήκους l και πάχους t
- Η **ροπή κάμψης M** τείνει να ανατρέψει τον τοίχο
- Η **κατακόρυφη δύναμη N** τον εξισορροπεί



Εντός επιπέδου κάμψη

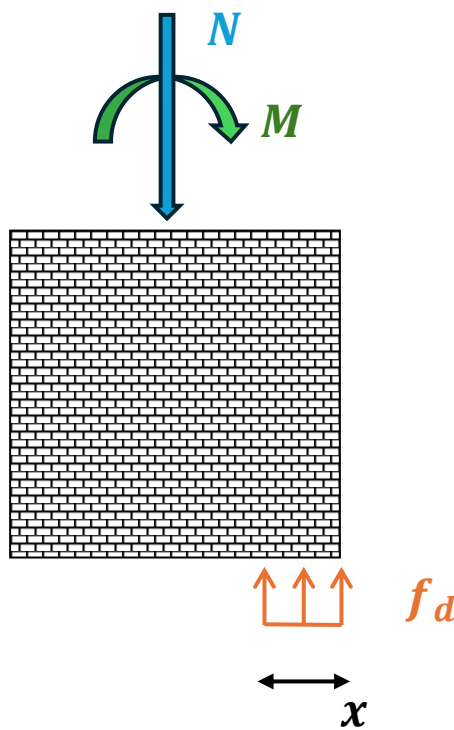
- Παραδοχές
 - Θεωρώ πως η κατανομή των **ορθών τάσεων** στη βάση του τοίχου είναι ορθογωνική και εκτείνεται σε μήκος x
 - Θεωρώ πως η τιμή της τάσης είναι ίση με τη θλιπτική αντοχή του υλικού f_d



Εντός επιπέδου κάμψη

- Ισορροπία κατακορύφων δυνάμεων

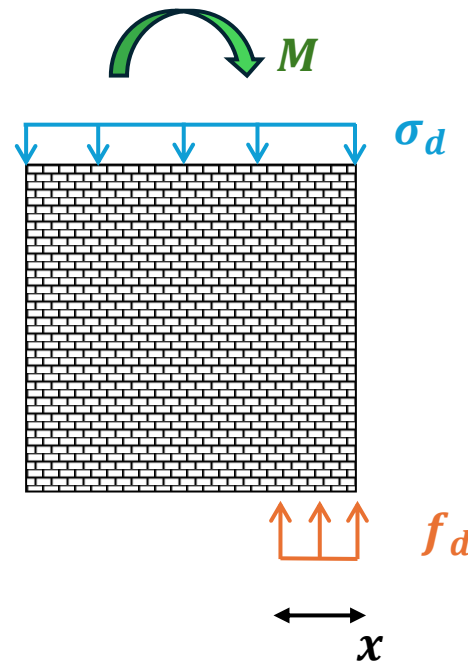
$$N = f_d \cdot x \cdot t \Rightarrow x = \frac{N}{f_d \cdot t}$$



Εντός επιπέδου κάμψη

- Ισορροπία κατακορύφων δυνάμεων

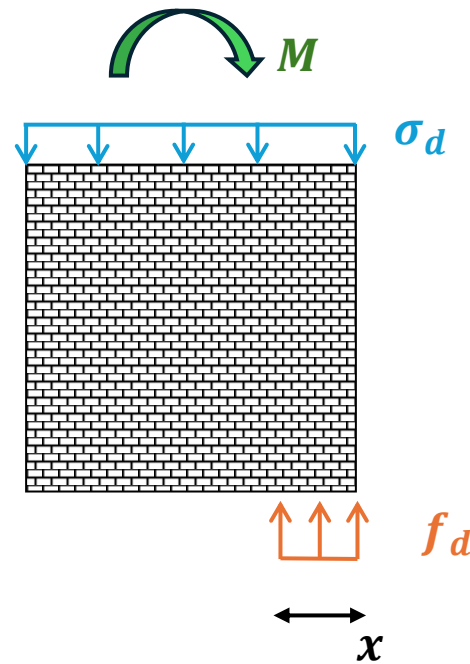
$$\sigma_d \cdot l \cdot t = f_d \cdot x \cdot t \Rightarrow x = \frac{\sigma_d \cdot l \cdot t}{f_d \cdot t}$$



Εντός επιπέδου κάμψη

- Ισορροπία κατακορύφων δυνάμεων

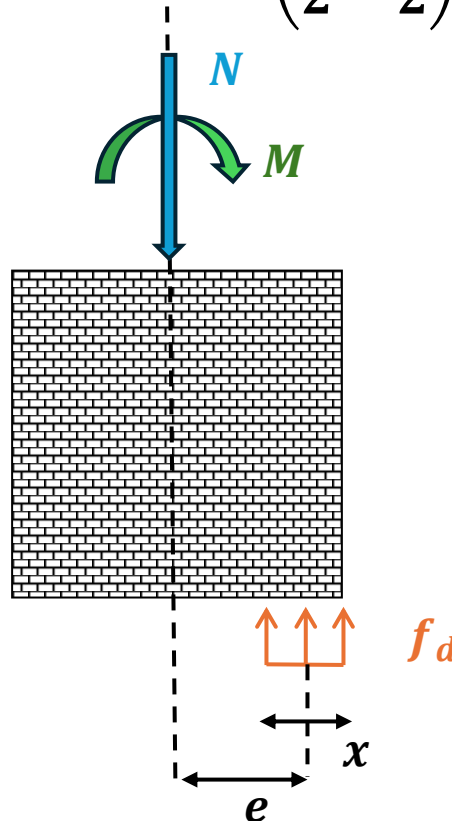
$$\sigma_d \cdot l \cdot t = f_d \cdot x \cdot t \Rightarrow x = \frac{\sigma_d \cdot l}{f_d}$$



Εντός επιπέδου κάμψη

- Ισορροπία ροπών

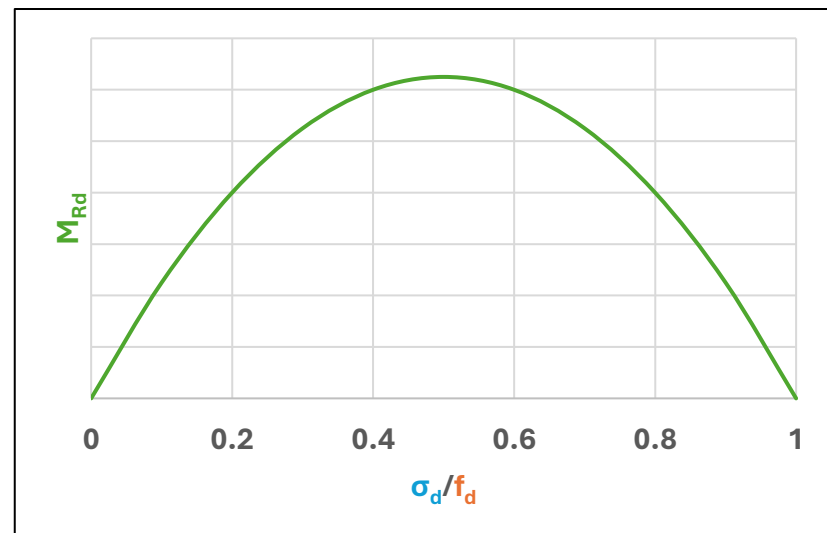
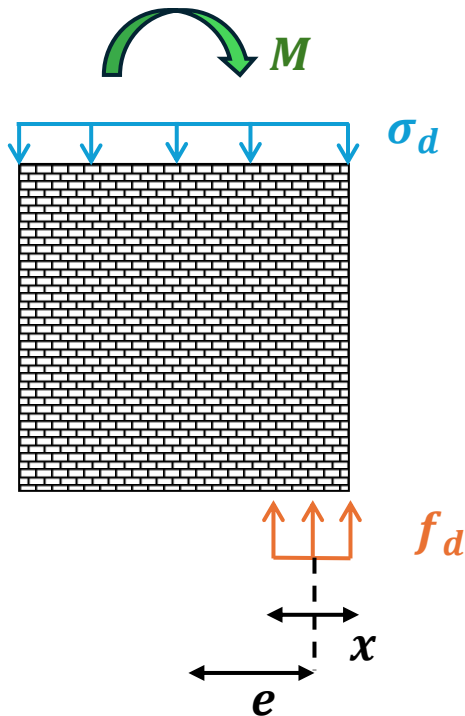
$$N \cdot e = M \Rightarrow N \cdot \left(\frac{l}{2} - \frac{x}{2} \right) = M$$



Εντός επιπέδου κάμψη

- Μέγιστη ροπή κάμψης

$$M = \sigma_d \cdot t \cdot l \cdot \frac{l - x}{2} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_d \cdot t \cdot l^2 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_d}{f_d}\right)$$



Εντός επιπέδου κάμψη

- Μέγιστη ροπή κάμψης

$$M = \sigma_d \cdot t \cdot l \cdot \frac{l-x}{2} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_d \cdot t \cdot l^2 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_d}{f_d}\right)$$

Η παρουσία **κατακόρυφου φορτίου** είναι **απαραίτητη** για την ανάληψη καμπτικών ροπών. Αύξηση της κατακόρυφης τάσης μπορεί να είναι **ευεργετική** για την αντοχή σε κάμψη, εφόσον η τιμή της δεν είναι υπερβολικά υψηλή.

Κύριος μηχανισμός για την ανάληψη εντός επιπέδου κάμψης είναι η ανάπτυξη θλιπτικών τάσεων.

Εντός επιπέδου κάμψη

- Αντοχή σε κάμψη

$$M_{Rd} = \frac{N_{Ed} \cdot l}{2} \left(1 - \frac{N_{Ed}}{t \cdot l \cdot \eta_f \cdot \Phi \cdot f_d} \right)$$

N_{Ed} κατακόρυφη δύναμη σχεδιασμού

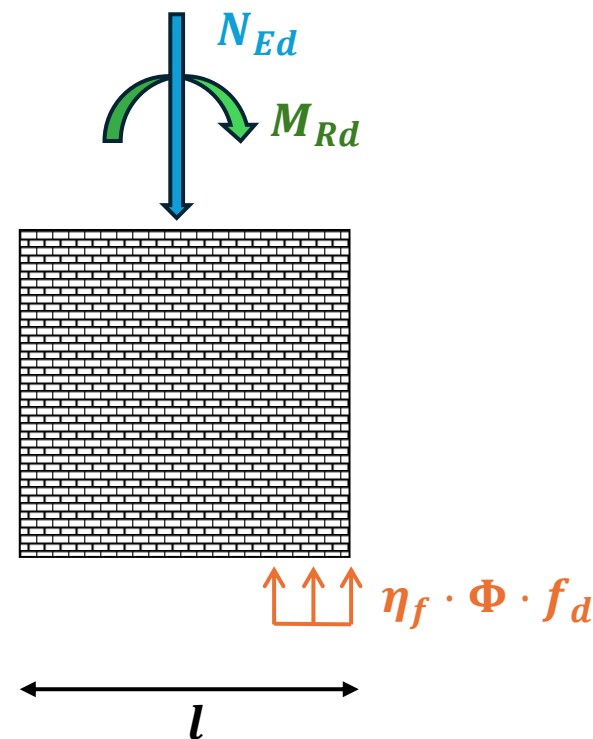
l μήκος του τοίχου

t πάχος του τοίχου

Φ μειωτικός συντελεστής

f_d θλιπτική αντοχή σχεδιασμού

η_f συντελεστής ισοδύναμης ορθογωνικής κατανομής τάσεων



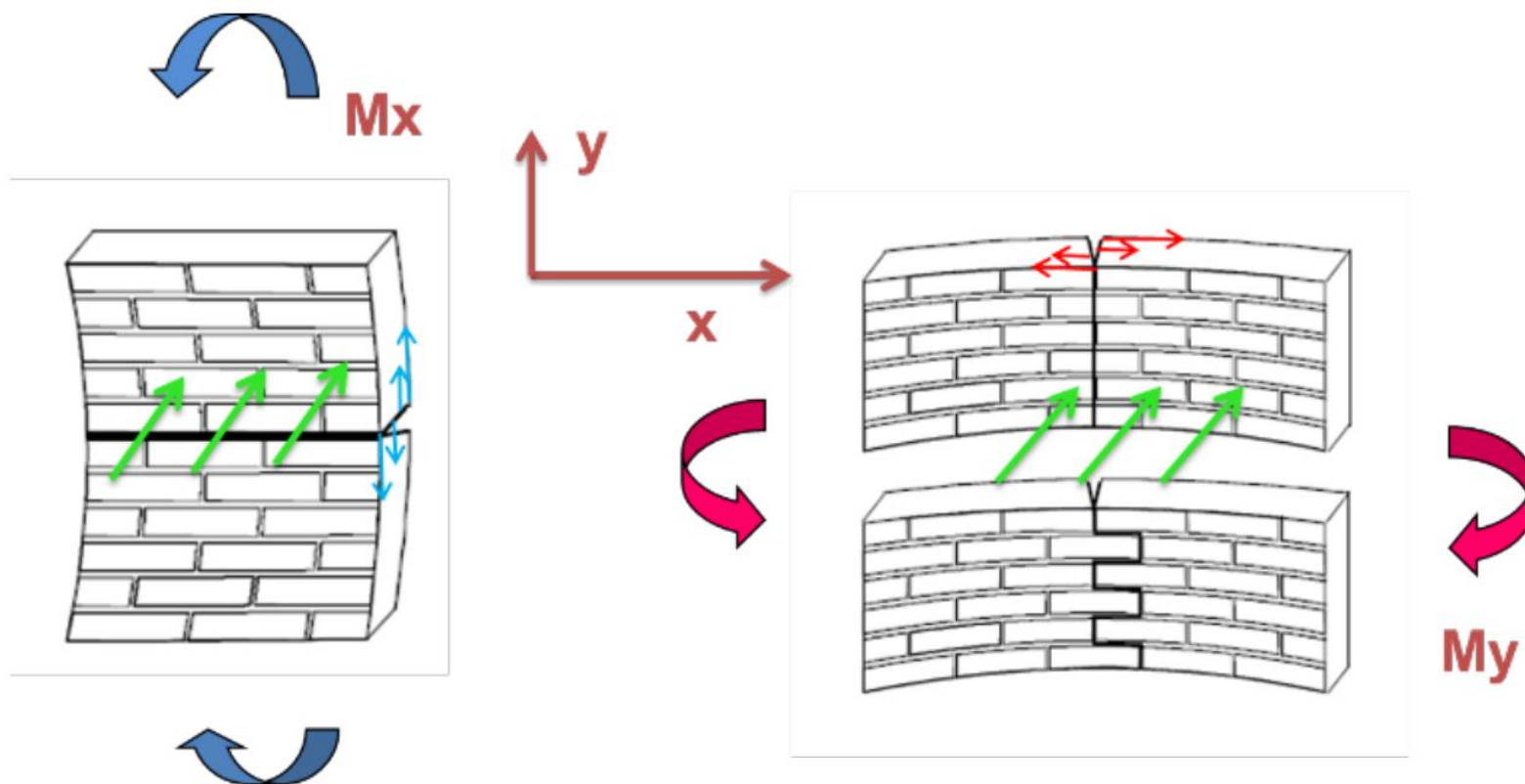
Εντός επιπέδου κάμψη

η_f συντελεστής ισοδύναμης ορθογωνικής κατανομής τάσεων

Ιδιότητα	Ομάδα 1*	Λοιπά λιθοσώματα
$\eta_f (-)$	1.0	0.85

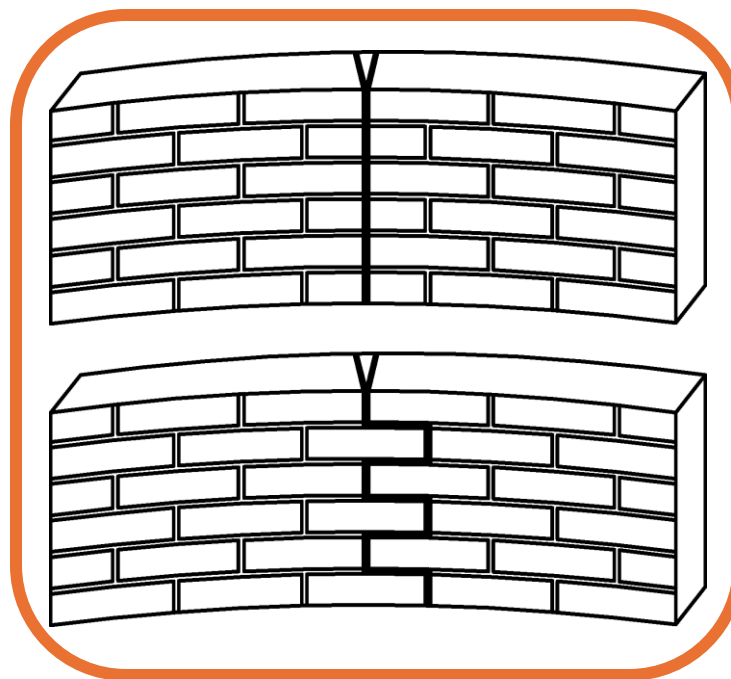
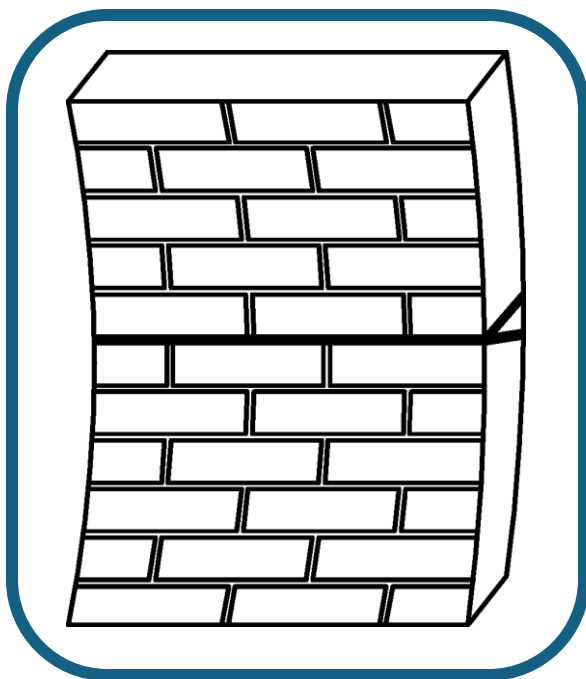
* πλην λιθοσωμάτων
ελαφρού αδρανούς
και αυτόκλειστα
κυψελωτά
λιθοσώματα

Εκτός επιπέδου κάμψη



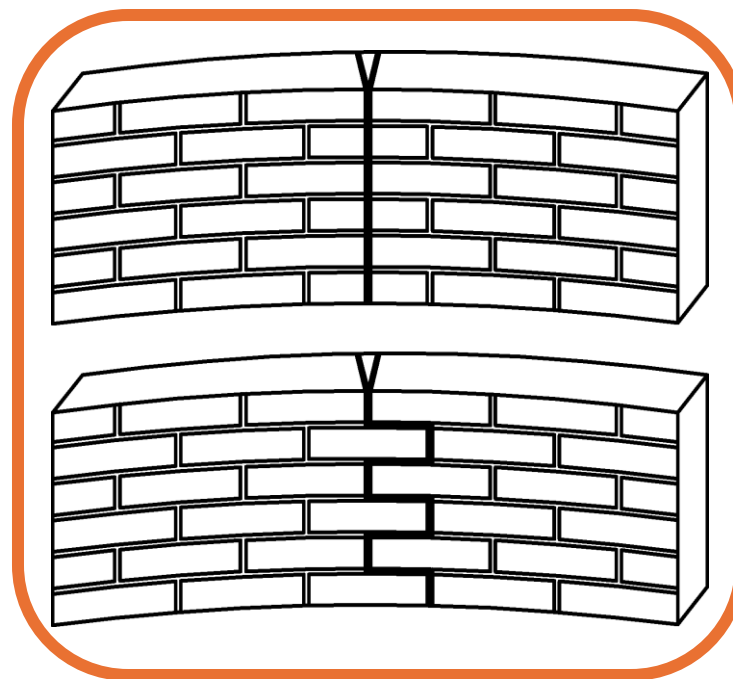
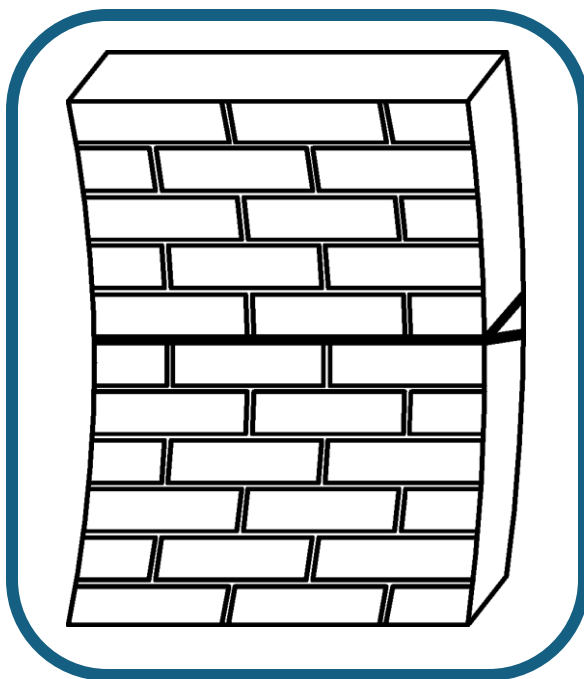
Εκτός επιπέδου κάμψη

- Για την εκτός επιπέδου κάμψη, διακρίνονται 2 περιπτώσεις
 - Επίπεδο αστοχίας παράλληλο στους οριζόντιους αρμούς
 - Επίπεδο αστοχίας κάθετο στους οριζόντιους αρμούς



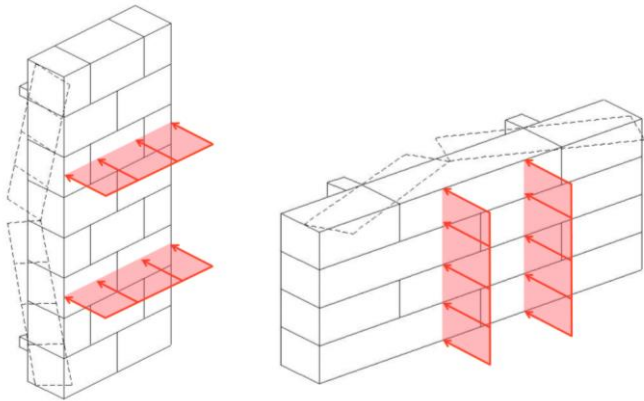
Εκτός επιπέδου κάμψη

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



Εκτός επιπέδου κάμψη

- Οι χαρακτηριστικές τιμές των αντοχών σε κάμψη f_{xk1} και f_{xk2} προσδιορίζονται:
 - Πειραματικά βάσει του προτύπου EN 1052-2



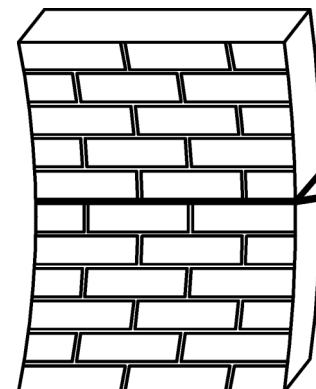
- Από βάσεις σχετικών πειραματικών δεδομένων
- Από πίνακες

Εκτός επιπέδου κάμψη

Υλικό λιθοσώματος	f_{xk1} (N/mm ²)			
	Κονίαμα γενικής εφαρμογής		Κονίαμα λεπτής στρώσεως	Ελαφροκονίαμα
	$f_m < 5\text{N/mm}^2$	$f_m \geq 5\text{N/mm}^2$		
Άργιλος	0,10	0,10	0,15	0,10
Πυριτικό ασβέστιο	0,05	0,10	0,20	Δεν χρησιμοποιείται
Σκυρόδεμα με αδρανή	0,05	0,10	0,20	Δεν χρησιμοποιείται
Αυτόκλειστο κυψελωτό σκυρόδεμα	0,05	0,10	0,15	0,10
Τεχνητοί λίθοι	0,05	0,10	Δεν χρησιμοποιείται	Δεν χρησιμοποιείται
Λαξευτοί φυσικοί λίθοι	0,05	0,10	0,15	Δεν χρησιμοποιείται

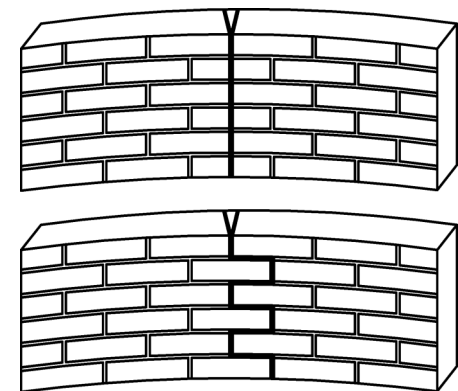
Στην περίπτωση παρουσίας κατακόρυφης
θλιπτικής τάσης, η καμπτική αντοχή
αυξάνεται

$$f_{xd1,app} = f_{xd1} + \sigma_d$$



Εκτός επιπέδου κάμψη

Υλικό λιθοσώματος	f_{xk2} (N/mm ²)			
	Κονίαμα γενικής εφαρμογής		Κονίαμα λεπτής στρώσεως	Ελαφροκονίαμα
	$f_m < 5\text{N/mm}^2$	$f_m \geq 5\text{N/mm}^2$		
Άργιλος	0,20	0,40	0,15	0,10
Πυριτικό ασ- βέστιο	0,20	0,40	0,30	Δεν χρησιμοποιείται
Σκυρόδεμα με αδρανή	0,20	0,40	0,30	Δεν χρησιμοποιείται
Αυτόκλειστο κυψελωτό σκυρόδεμα	0,20	0,20	0,30	0,15
Τεχνητοί λίθοι	0,20	0,40	Δεν χρησιμοποιείται	Δεν χρησιμοποιείται
Λαξευτοί φυ- σικοί λίθοι	0,20	0,40	0,15	Δεν χρησιμοποιείται



Εκτός επιπέδου κάμψη

- Η αντοχή του μέλους σε εκτός επιπέδου κάμψη υπολογίζεται από τον τύπο

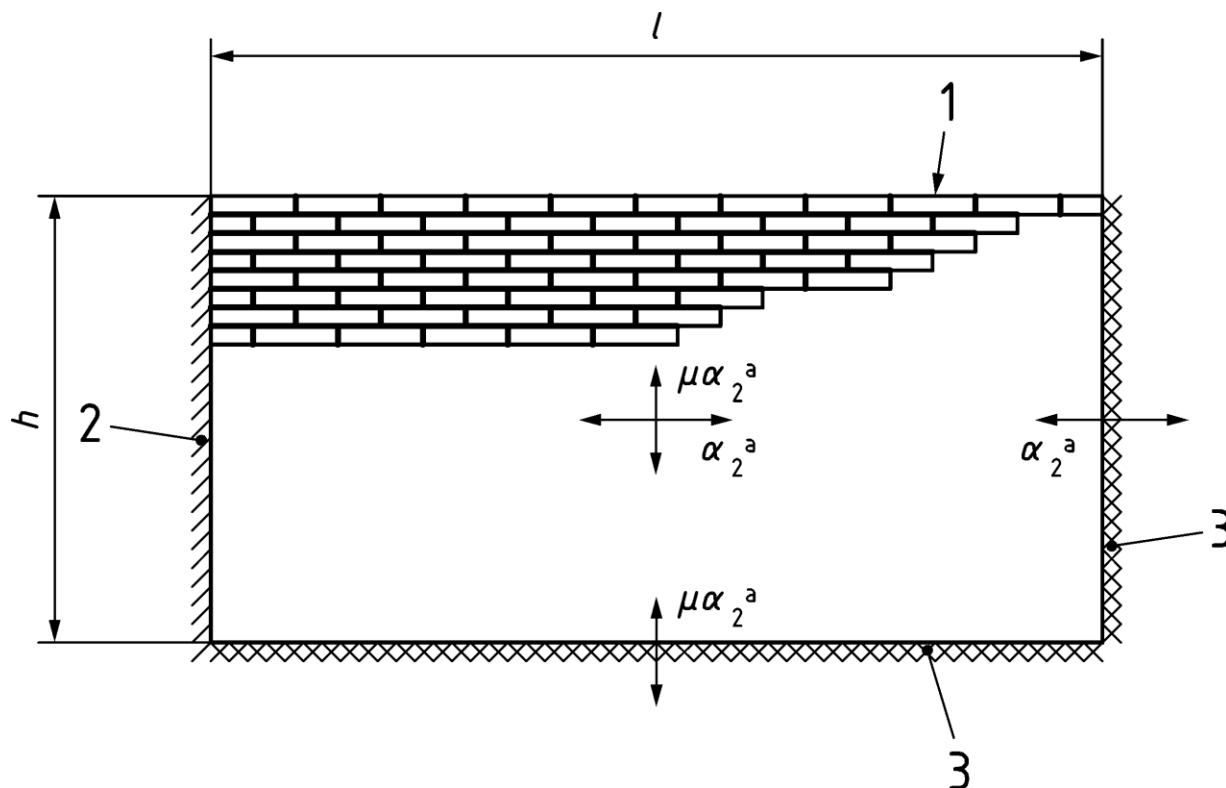
$$M_{Rd} = f_{xd} \cdot Z$$

f_{xd} η καμπτική αντοχή σχεδιασμού για το εξεταζόμενο επίπεδο κάμψης

Z η ροπή αντίστασης ανά μονάδα μήκους ή ύψους του τοίχου

Εκτός επιπέδου κάμψη

- Η δρώσα ροπή κάμψης για κάθε επίπεδο αστοχίας M_{Ed1} και M_{Ed2} υπολογίζεται βάσει της συνολικής εγκάρσιας δύναμης, του λόγου του ύψους προς το μήκος h/l του τοίχου, του λόγου των καμπτικών αντοχών στα δύο επίπεδα $\mu = f_{xd1,app}/f_{xd2}$ και των συνοριακών συνθηκών.



$$M_{Ed1} = \mu \cdot \alpha_2 \cdot w_{Ed} \cdot l^2$$

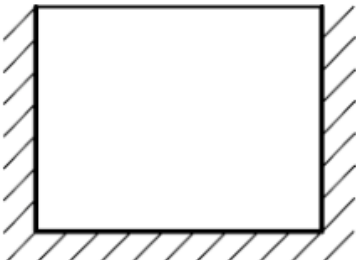
(ανά μονάδα μήκους)

$$M_{Ed2} = \alpha_2 \cdot w_{Ed} \cdot l^2$$

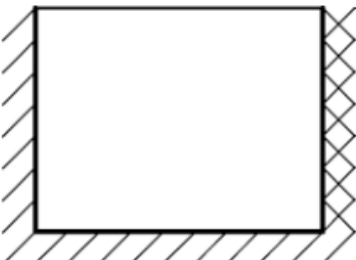
(ανά μονάδα ύψους)

- 1 ελεύθερο άκρο
- 2 απλή στήριξη
- 3 πάκτωση

Εκτός επιπέδου κάμψη

Wall support condition A	μ	h/l							
		0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
	1,00	0,031	0,045	0,059	0,071	0,079	0,085	0,090	0,094
	0,90	0,032	0,047	0,061	0,073	0,081	0,087	0,092	0,095
	0,80	0,034	0,049	0,064	0,075	0,083	0,089	0,093	0,097
	0,70	0,035	0,051	0,066	0,077	0,085	0,091	0,095	0,098
	0,60	0,038	0,053	0,069	0,080	0,088	0,093	0,097	0,100
	0,50	0,040	0,056	0,073	0,083	0,090	0,095	0,099	0,102
	0,40	0,043	0,061	0,077	0,087	0,093	0,098	0,101	0,104
	0,35	0,045	0,064	0,080	0,089	0,095	0,100	0,103	0,105
	0,30	0,048	0,067	0,082	0,091	0,097	0,101	0,104	0,107
	0,25	0,050	0,071	0,085	0,094	0,099	0,103	0,106	0,109
	0,20	0,054	0,075	0,089	0,097	0,102	0,105	0,108	0,111
	0,15	0,060	0,080	0,093	0,100	0,104	0,108	0,110	0,113
	0,10	0,069	0,087	0,098	0,104	0,108	0,111	0,113	0,115
	0,05	0,082	0,097	0,105	0,110	0,113	0,115	0,116	0,117

Εκτός επιπέδου κάμψη

Wall support condition B	μ	h/l							
		0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
	1,00	0,024	0,035	0,046	0,053	0,059	0,062	0,065	0,068
	0,90	0,025	0,036	0,047	0,055	0,060	0,063	0,066	0,068
	0,80	0,027	0,037	0,049	0,056	0,061	0,065	0,067	0,069
	0,70	0,028	0,039	0,051	0,058	0,062	0,066	0,068	0,070
	0,60	0,030	0,042	0,053	0,059	0,064	0,067	0,069	0,071
	0,50	0,031	0,044	0,055	0,061	0,066	0,069	0,071	0,072
	0,40	0,034	0,047	0,057	0,063	0,067	0,070	0,072	0,074
	0,35	0,035	0,049	0,059	0,065	0,068	0,071	0,073	0,074
	0,30	0,037	0,051	0,061	0,066	0,070	0,072	0,074	0,075
	0,25	0,039	0,053	0,062	0,068	0,071	0,073	0,075	0,077
	0,20	0,043	0,056	0,065	0,069	0,072	0,074	0,076	0,078
	0,15	0,047	0,059	0,067	0,071	0,074	0,076	0,077	0,079
	0,10	0,052	0,063	0,070	0,074	0,076	0,078	0,079	0,080
	0,05	0,060	0,069	0,074	0,077	0,079	0,080	0,081	0,082