

Κατασκευές από Φέρουσα Τοιχοποιία

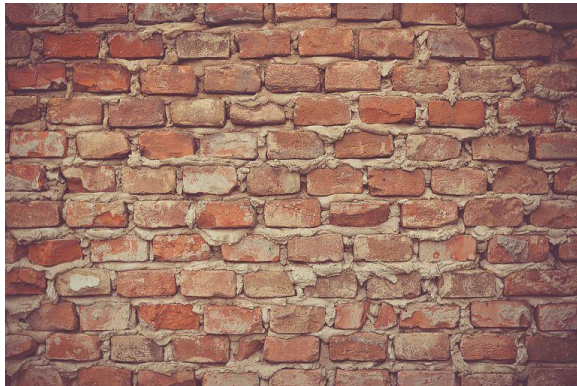
Η τοιχοποιία ως σύνθετο υλικό



ΑΣΠΑΙΤΕ

Ορισμός

- Τοιχοποιίες
 - Οικοδομικές κατασκευές που προκύπτουν από την έντεχνη τοποθέτηση φυσικών ή τεχνητών **λιθосωμάτων** με ή χωρίς συνδετικό **κονίαμα**



Παραγωγή λιθοσωμάτων και κονιάματος

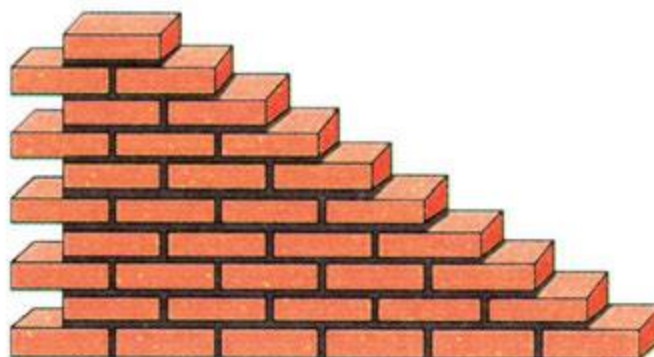


Τρόποι σύμπλεξης της τοιχοποιίας

							
	ΕΞΑΟΠΟ (μικρό) 6 X 9 X 19	ΕΝΝΙΑΟΠΟ 8 X 9 X 19 9 X 9 X 19	ΟΚΤΑΟΠΟ 6 X 12 X 19	ΔΩΔΕΚΑΟΠΟ (διπλό) 9 X 12 X 19	ΓΛΩΣΣΑ 8 X 18 X 19 9 X 19 X 19 80 x 180 x 190 90 x 190 x 190	ΟΓΚΟΤΟΥΒΛΟ 18 X 15 X 32	ΟΓΚΟΤΟΥΒΛΟ 18 X 18 X 32
Διαστάσεις (mm) (ΠxΥxΜ)	60 x 90 x 190	80 x 90 x 190 90 x 90 x 190	60 x 120 x 190	90 x 120 x 190		180 x 150 x 320	180 x 180 x 320
Τεμάχια / m ² με διάσταση χτισίματος	53	50	41	40	53	18	15
Τεμάχια / παλέτα	840 & 910	600	640	440	300	135 & 120	120 & 105
Βάρος / τεμάχιο (kg)	1	1,3	1,3	1,8	2,6 & 2,7	7	8
Θερμική αντίσταση	R= 0,1081 m ² K/W	R= 0,1564 m ² K/W	R= 0,1232 m ² K/Wr	R= 0,181 m ² K/Wr	R=0,300 m ² K/W	R= 0,4035 m ² K/W	R= 0,8876 m ² K/W
Αντοχή θλίψης (MPa) (πλευρά έδρασης) EN 772-1:2000	>3	>3	>3	>3	>3	>4	>4

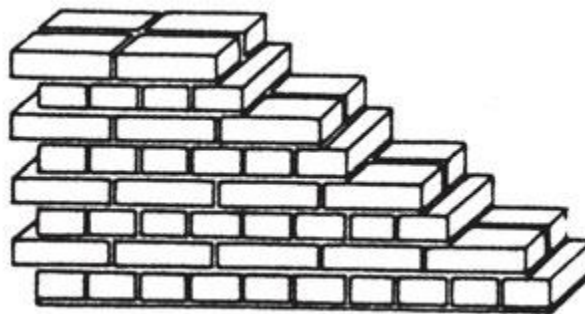
Τρόποι σύμπλεξης της τοιχοποιίας

- **Ορθοδρομική** είναι η τοιχοποιία στην οποία ο τοίχος έχει πάχος όσο το ύψος του τούβλου (6 cm για τούβλα 6 x 9 x 9). Σήμερα χρησιμοποιείται σπάνια.
- **Δρομική** είναι η τοιχοποιία στην οποία τα τούβλα τοποθετούνται κατά το μήκος τους, παράλληλα με το μήκος του τοίχου και έτσι ο τοίχος έχει πάχος όσο το πλάτος του τούβλου (9 cm). Χρειάζεται όμως να προσέξουμε, ώστε οι κατακόρυφοι αρμοί να μην είναι συνεχείς. Γι' αυτό τον λόγο ο τοίχος κτίζεται εναλλάξ με δύο διαφορετικές στρώσεις.



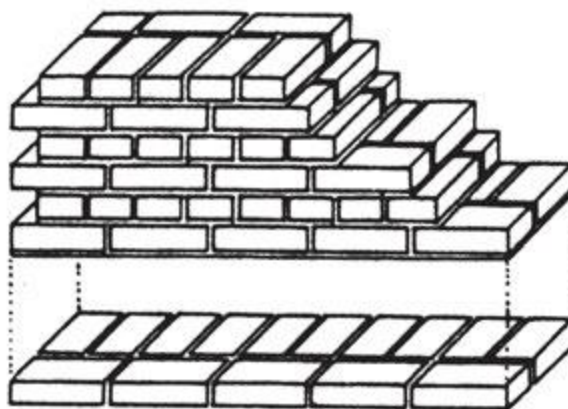
Τρόποι σύμπλεξης της τοιχοποιίας

- **Μπατική** είναι η τοιχοποιία στην οποία ο τοίχος έχει πάχος όσο το μήκος του τούβλου (19 cm). Τα τούβλα τοποθετούνται και εδώ εναλλάξ σε δύο στρώσεις. Στην πρώτη στρώση τοποθετούνται δύο δρομικά, το ένα δίπλα στο άλλο, με αρμό στη μέση. Στη δεύτερη στρώση τοποθετούνται έτσι, ώστε το μήκος των τούβλων να είναι κάθετο στο πάχος του τοίχου. Χρειάζεται πάντα προσοχή, ώστε να μη δημιουργούνται συνεχείς κατακόρυφοι αρμοί. Υπάρχουν αρκετοί συνδυασμοί σύμπλεξης των τούβλων σε έναν μπατικό τοίχο (ως προς την όψη).



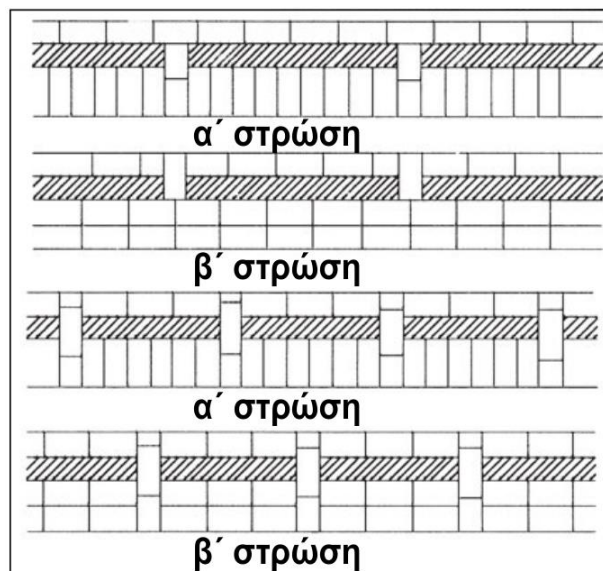
Τρόποι σύμπλεξης της τοιχοποιίας

- **Υπερμπατική** είναι η τοιχοποιία στην οποία ο τοίχος έχει πάχος όσο ένας δρομικός και ένας μπατικός μαζί, συν ένα πάχος αρμού (29 cm). Τα τούβλα τοποθετούνται σε δύο διαφορετικές στρώσεις, με προσοχή πάντα, ώστε να μη δημιουργούνται συνεχείς κατακόρυφοι αρμοί. Υπάρχει επίσης η υπερμπατική τοιχοποιία με πάχος τοίχου ίσο με δύο μήκη τούβλων (39 cm), η οποία σήμερα δε χρησιμοποιείται συχνά.

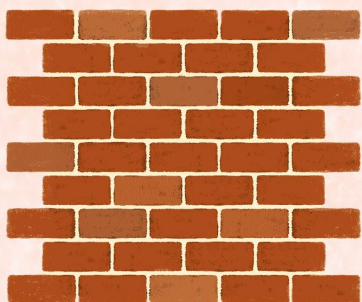


Τρόποι σύμπλεξης της τοιχοποιίας

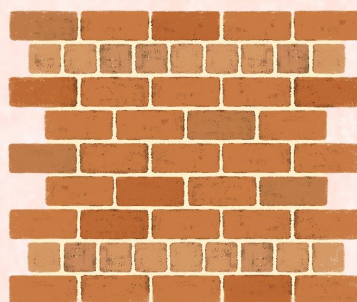
- **Ψαθωτή** είναι η τοιχοποιία με διάκενο στο εσωτερικό της. Κατασκευάζεται ως εξωτερική τοιχοποιία, προκειμένου να πετύχουμε μόνωση για υγρασία και θόρυβο. Ένα λεπτό στρώμα αέρα κυκλοφορεί στο διάκενο, πάχους 2 – 10 cm και αυξάνει τις μονωτικές ιδιότητες. Τις περισσότερες φορές τα κενά γεμίζουν με μονωτικό υλικό, π.χ. διογκωμένη πολυστερίνη, υαλοβάμβακα κτλ. με αποτέλεσμα, τη σημαντική αύξηση των μονωτικών ιδιοτήτων της τοιχοποιίας.



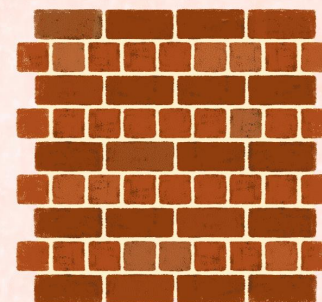
Common Types of Brick Bonds



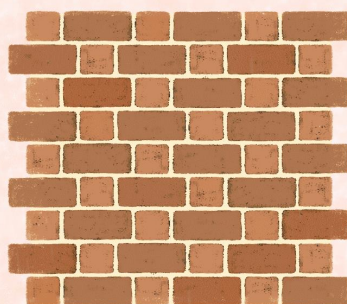
Running



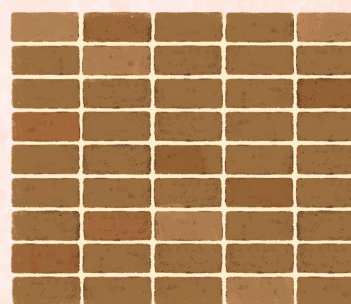
Common



English



Flemish

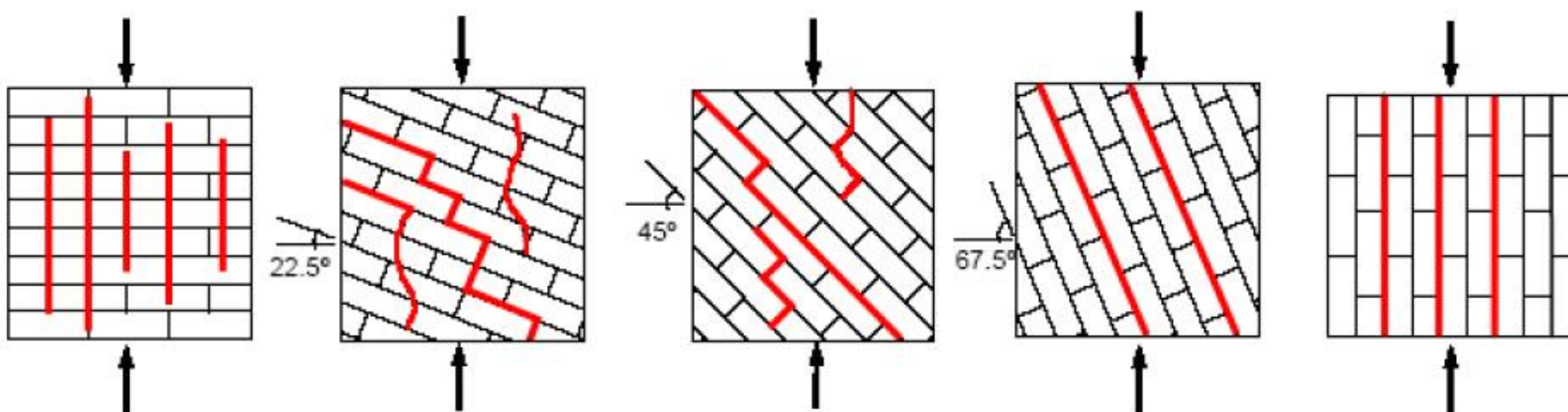


Stack bond

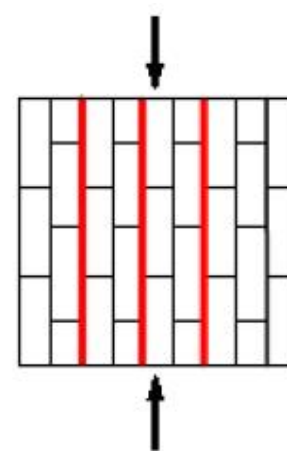
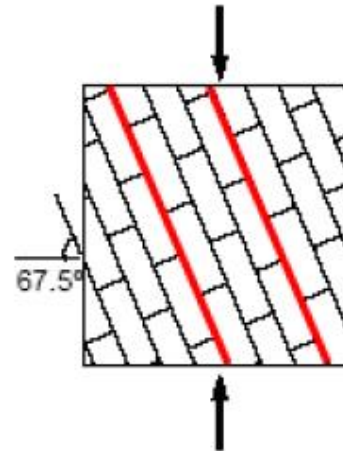
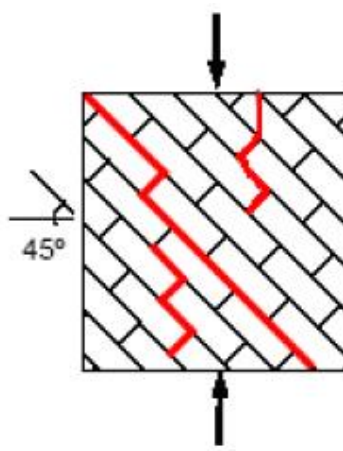
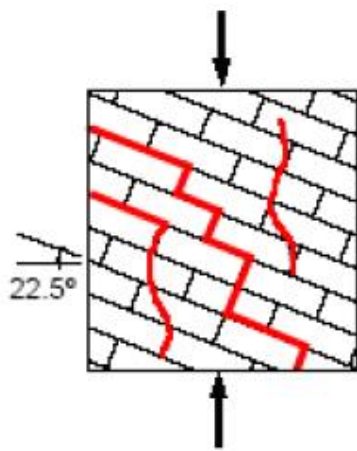
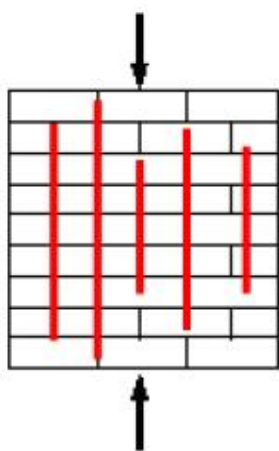
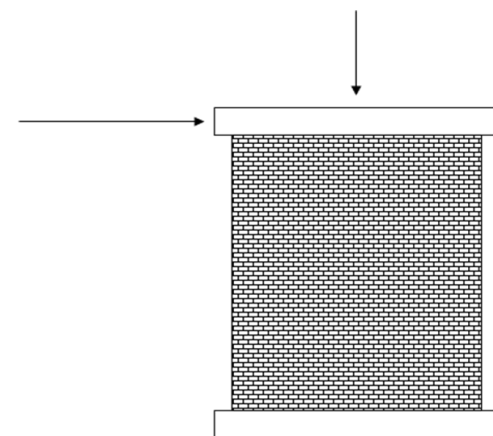
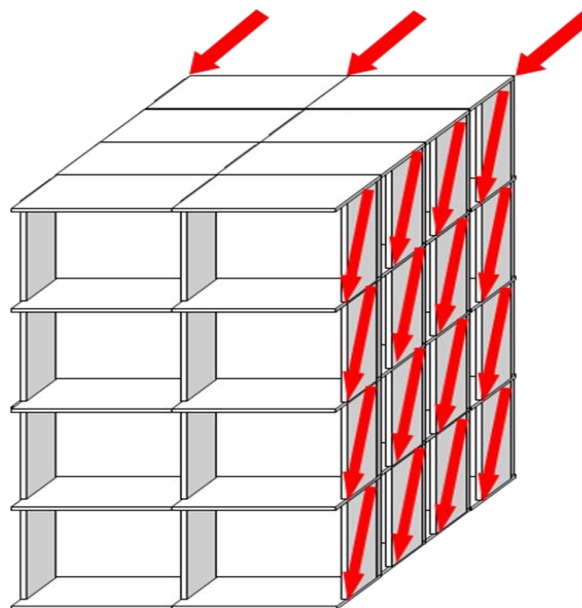
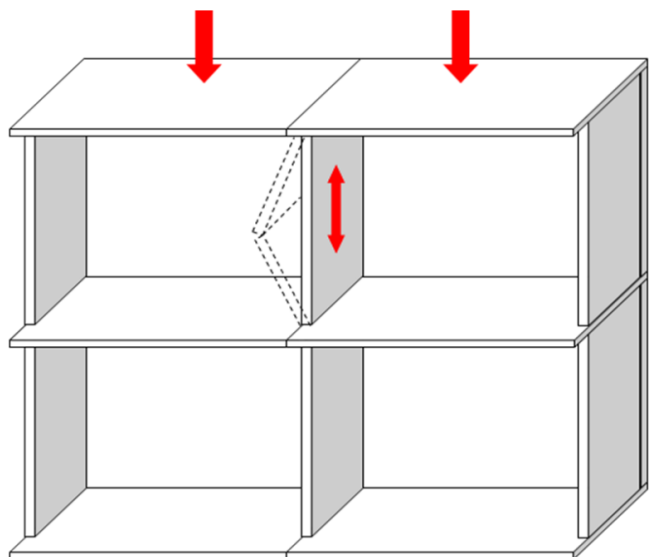
the
spruce

Αβεβαιότητες των ιδιοτήτων

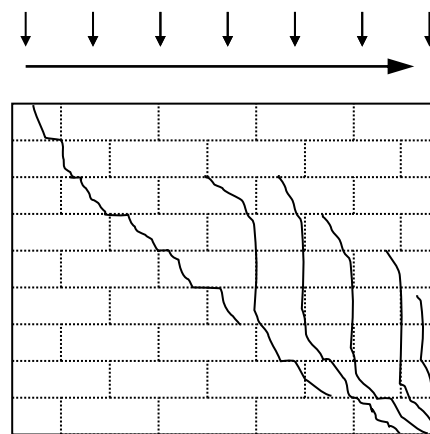
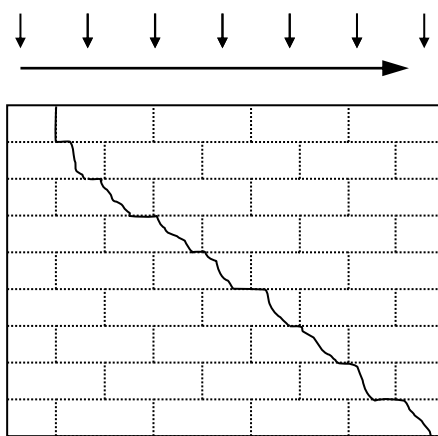
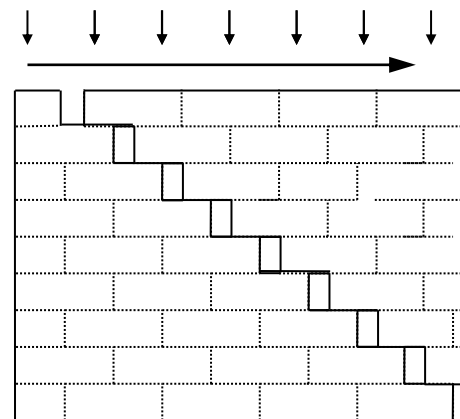
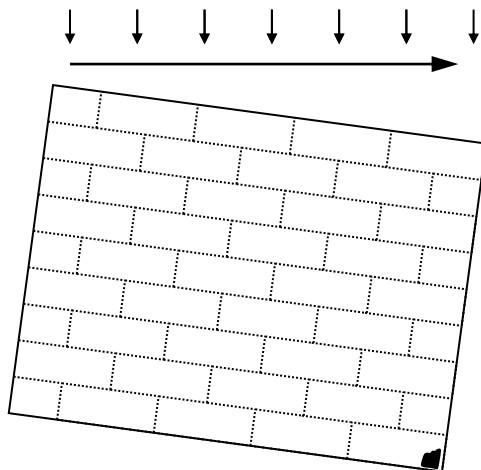
- Συνθήκες παραγωγής και εκτέλεσης
 - Μη βιομηχανικά παραγόμενο **σύνθετο υλικό** (παρά τη σύγχρονη τυποποίηση και πιστοποίηση)
 - Κυμαινόμενη και δύσκολα ελέγξιμη **ποιότητα** υλικών και εκτέλεσης
 - **Ποικιλία** τρόπων σύμπλεξης των λιθοσωμάτων (όψη της τοιχοποιίας)
- Συνέπειες στις **μηχανικές ιδιότητες**
 - Ανομοιογένεια
 - Ανισοτροπία



Μηχανικές δράσεις επί μελών τοιχοποιίας

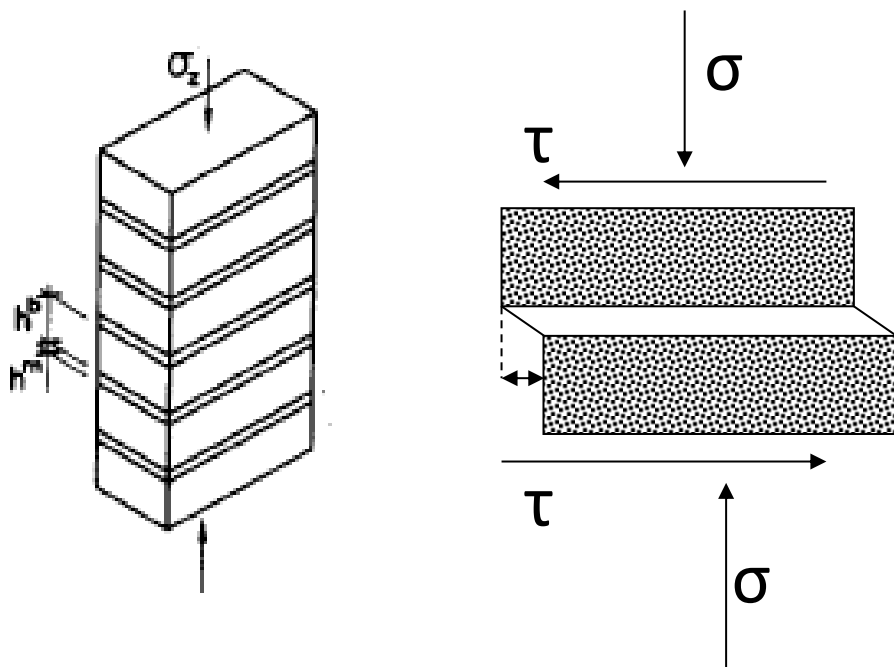


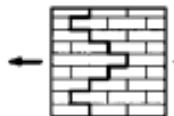
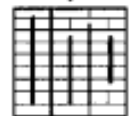
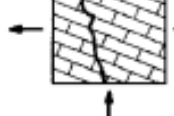
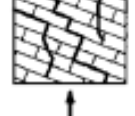
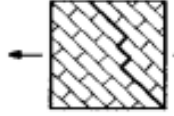
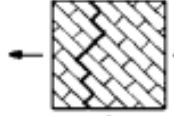
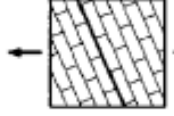
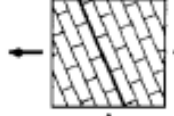
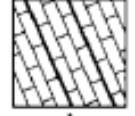
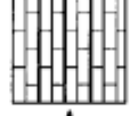
Μηχανικές δράσεις επί μελών τοιχοποιίας



Μηχανικές ιδιότητες της τοιχοποιίας

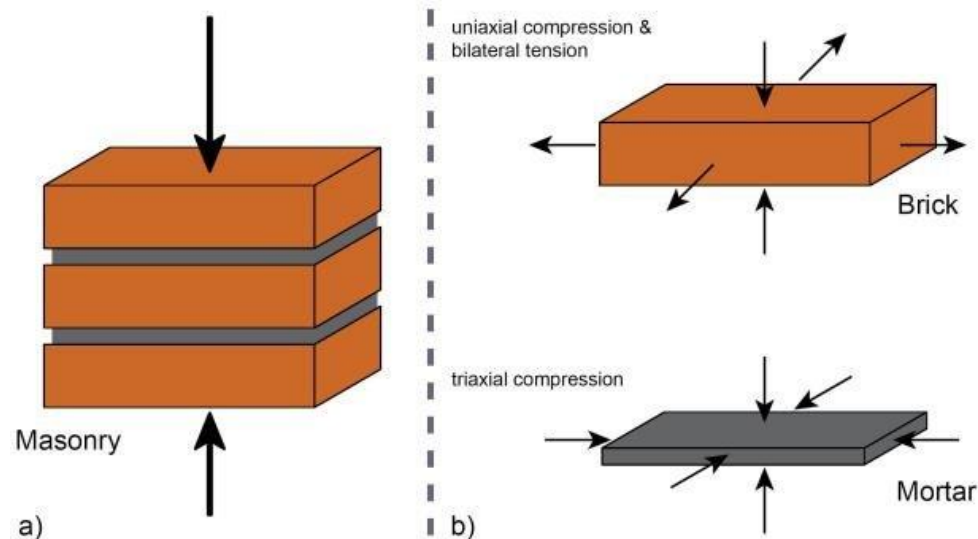
- Θλιπτική αντοχή
- Διατμητική αντοχή
- Εφελκυστική αντοχή
- Μέτρο ελαστικότητας



Angle θ	Uniaxial tension	Tension/compression	Uniaxial compression
0°			
22.5°			
45°			
67.5°			
90°			

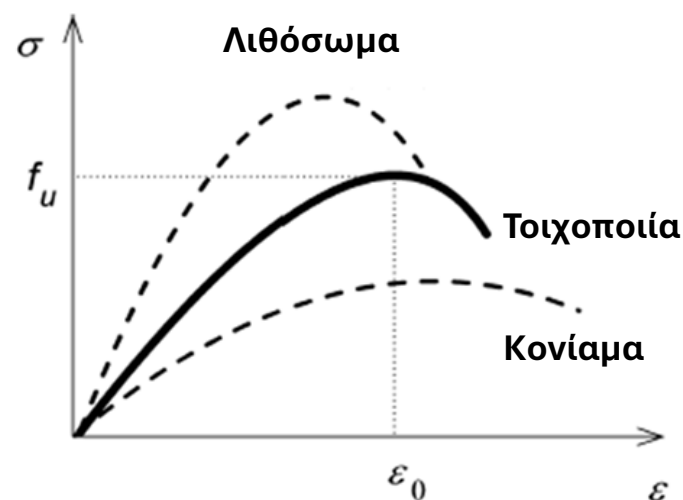
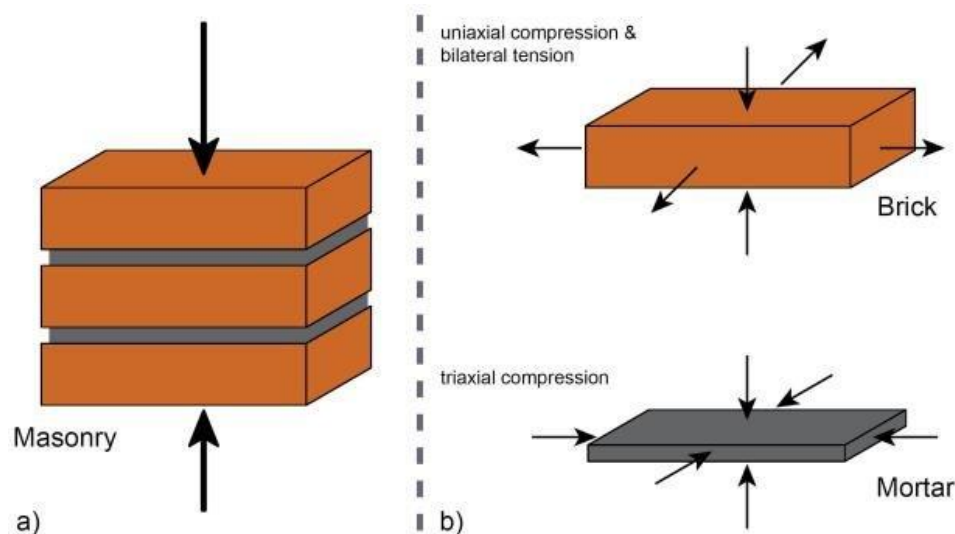
Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό θλίψη

- Λιθοσώματα συνήθως υψηλότερης αντοχής και **δυσκαμψίας** από το κονίαμα
- Σε περίπτωση **πλήρους συνάφειας** λιθοσώματος-κονιάματος, όταν ασκείται **κατακόρυφη θλίψη**:
 - Το κονίαμα τείνει να συμπιεστεί κατακόρυφα και να επεκταθεί πλευρικά περισσότερο από το λιθόσωμα
 - Η παρεμπόδιση της πλευρικής έκτασης του κονιάματος οδηγεί σε **τριαξονική θλίψη του κονιάματος** και σε **πλευρικό εφελκυσμό του λιθοσώματος**



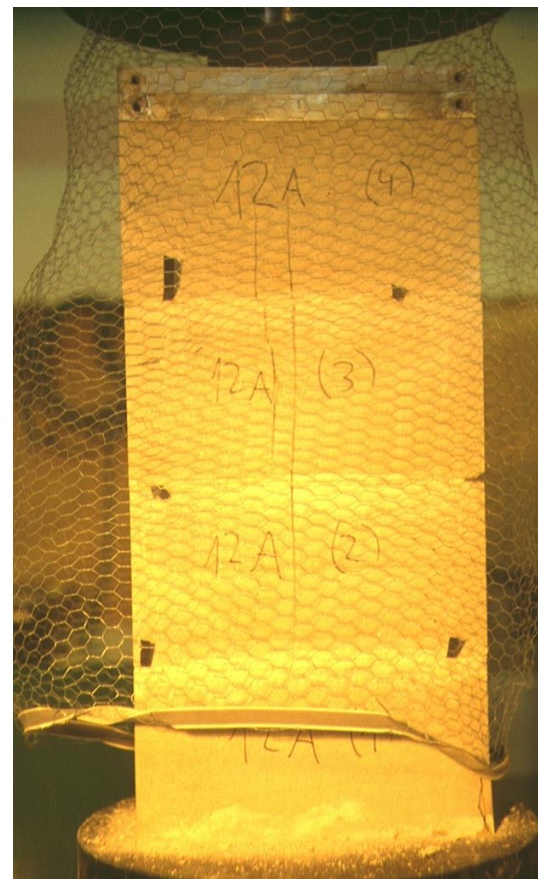
Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό θλίψη

- Η πλευρική θλίψη (περίσφιγξη) του κονιάματος οδηγεί στην **αύξηση της κατακόρυφης θλιπτικής του αντοχής**
- Ο πλευρικός εφελκυσμός του λιθοσώματος οδηγεί στη **μείωση της κατακόρυφης θλιπτικής του αντοχής**

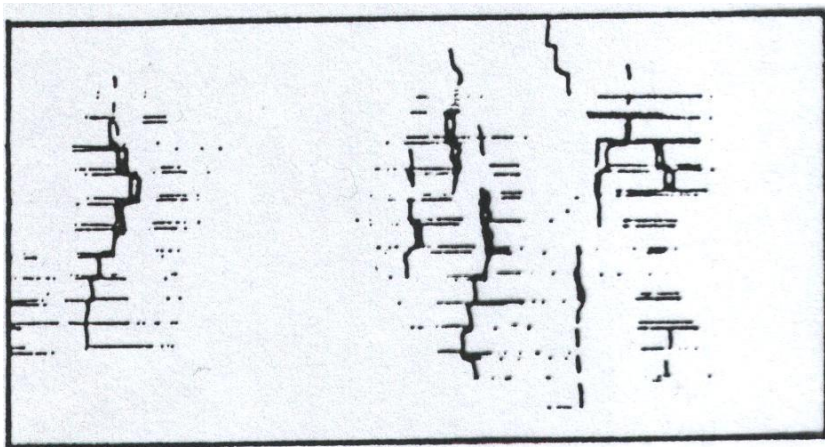


Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό θλίψη

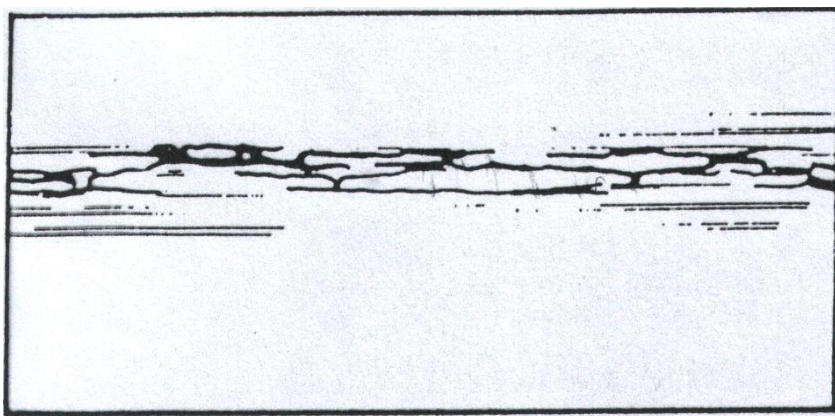
- **Μορφή αστοχίας**
 - Κατακόρυφες ρωγμές στα λιθοσώματα
 - Σύνθλιψη κονιάματος



Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό θλίψη



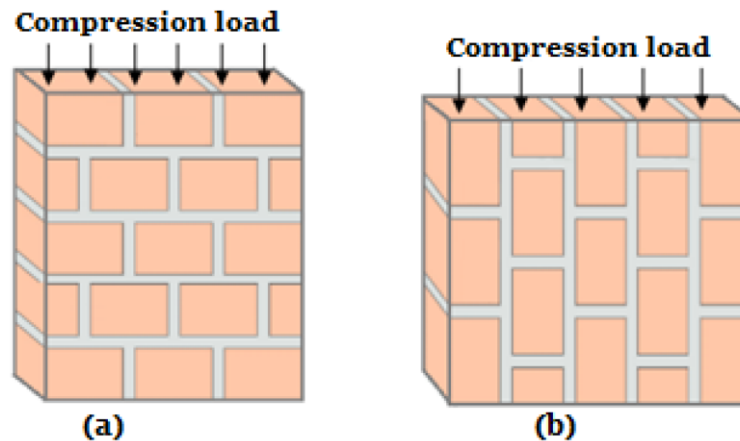
Κονίαμα χαμηλής αντοχής
Κατακόρυφες ρωγμές σε ομάδες



Λιθοσώματα χαμηλής αντοχής
Οριζόντιες ρωγμές σε ζώνες

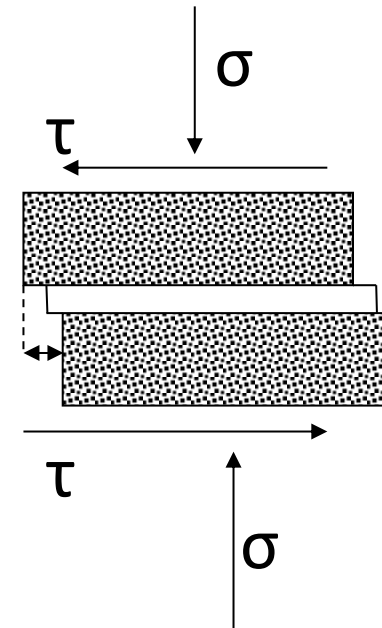
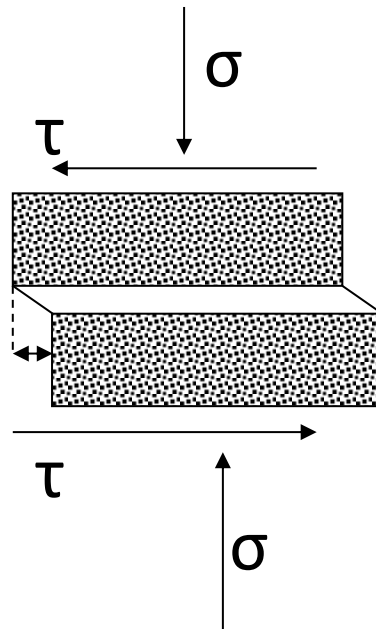
Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό θλίψη

- Ορθοτροπική συμπεριφορά της τοιχοποιίας
 - Διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες ανά διεύθυνση
- Διαφορές μεταξύ κατακόρυφων και οριζόντιων αρμών
 - Συνθήκες περίσφιγξης κονιάματος
 - Ποιότητα κατασκευής και συμπύκνωσης



Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό διάτμηση

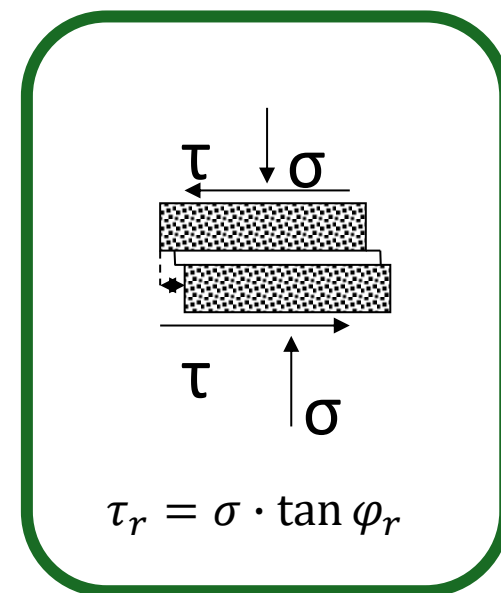
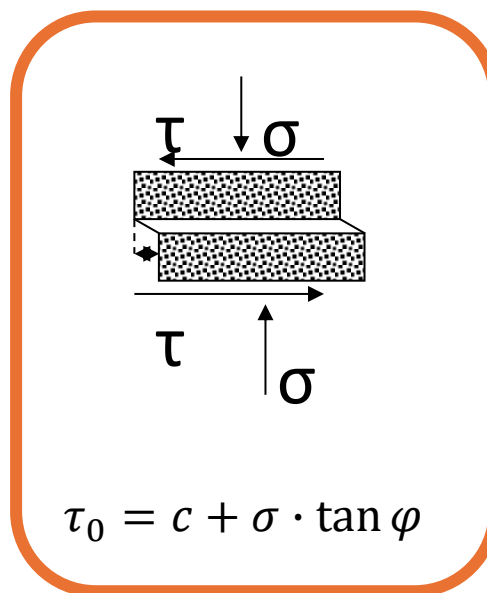
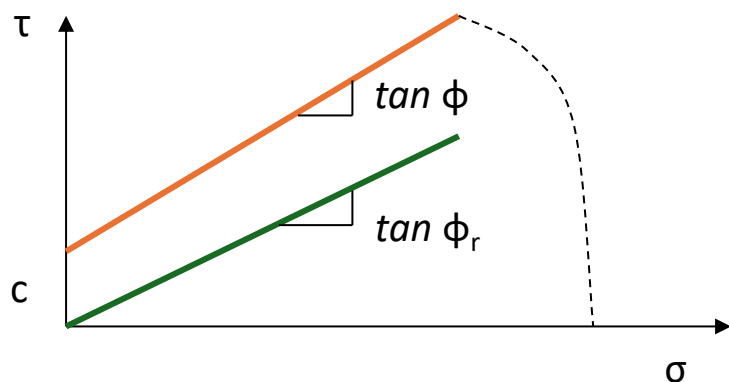
- **Εντατική κατάσταση** στον αρμό και στη διεπιφάνεια λιθοσώματος-κονιάματος
 - Συνδυασμός διάτμησης και θλίψης



- **Μορφή αστοχίας και μέγιστη διατμητική τάση**
 - Συνάρτηση της ασκούμενης θλίψης και της συνάφειας στη διεπιφάνεια

Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό διάτμηση

- Διατμητική αντοχή
 - Κριτήριο αστοχίας (τριβής) **Mohr-Coulomb**



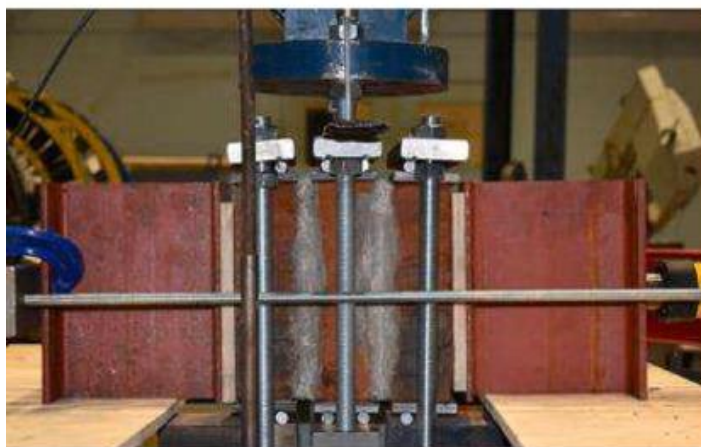
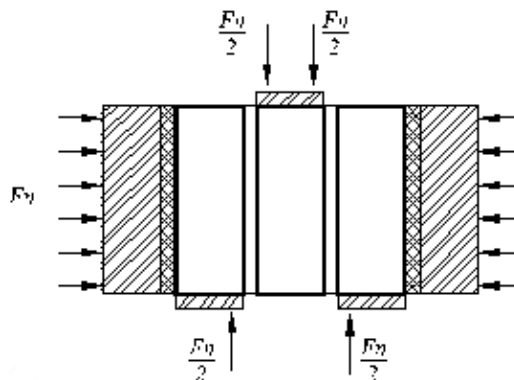
$$\phi \approx 31^{\circ} \div 50^{\circ}$$

Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό διάτμηση

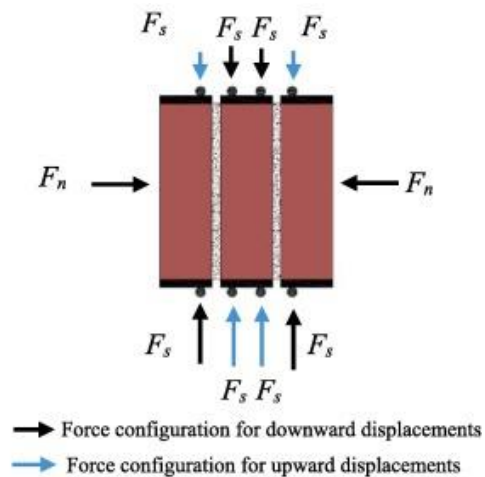
- Ιδιότητες διεπιφάνειας λιθοσώματος-κονιάματος εξαρτώνται από:
 - Ποιότητα κατασκευής τοιχοποιίας
 - Σύνθεση κονιάματος
 - Τραχύτητα και ανάγλυφο επιφάνειας λιθοσώματος
 - Πορώδες λιθοσώματος
 - Συνθήκες σκλήρυνσης κονιάματος
 - ...



Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό διάτμηση



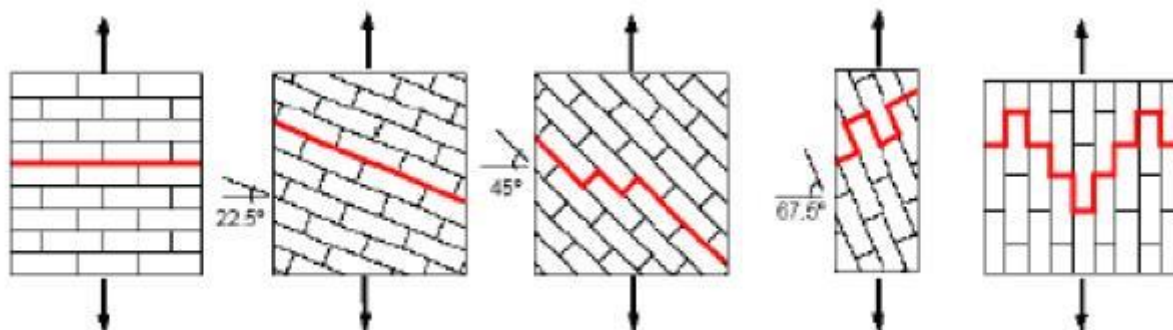
(a)



(b)

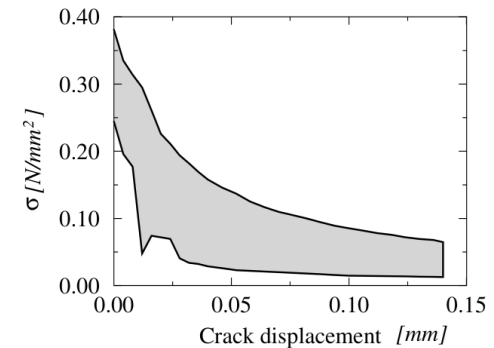
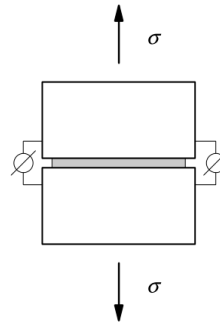
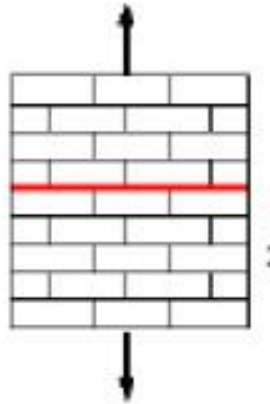
Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό εφελκυσμό

- Ορθοτροπική συμπεριφορά της τοιχοποιίας
 - Διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες ανά διεύθυνση
- Διαφορές μεταξύ εφελκυσμού παράλληλα και κάθετα στον οριζόντιο αρμό
 - Επιρροή της πλέξης των λιθοσωμάτων
 - Επιρροή του εφελκυσμού και της διάτμησης των αρμών

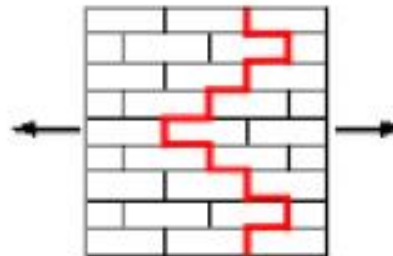


Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό εφελκυσμό

- Κατακόρυφη εφελκυστική αντοχή
 - Ίση με εφελκυστική αντοχή διεπιφάνειας ($0.1 \div 0.15$ MPa)

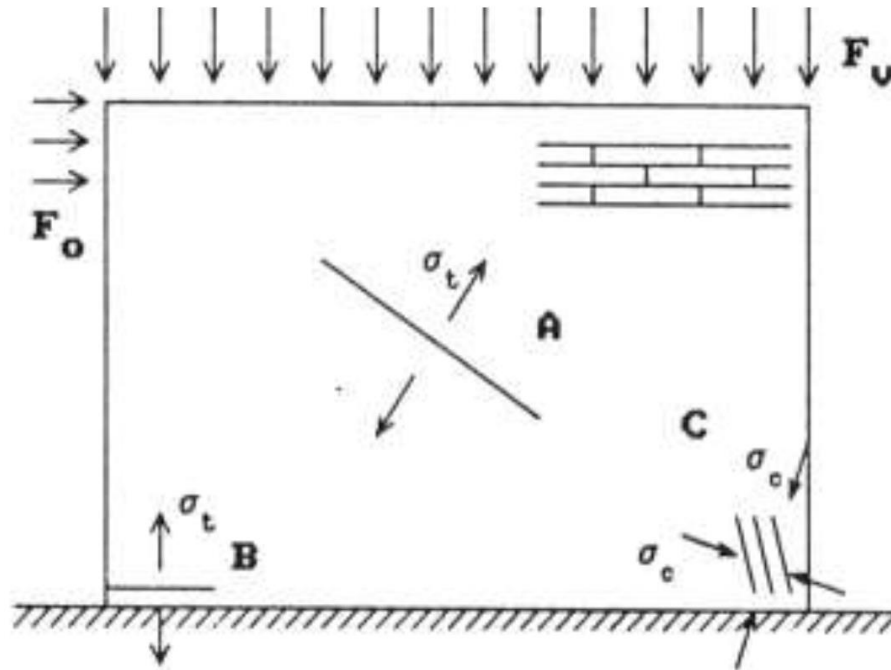


- Οριζόντια εφελκυστική αντοχή
 - Περίπου ίση με 5 ÷ 10% της θλιπτικής αντοχής



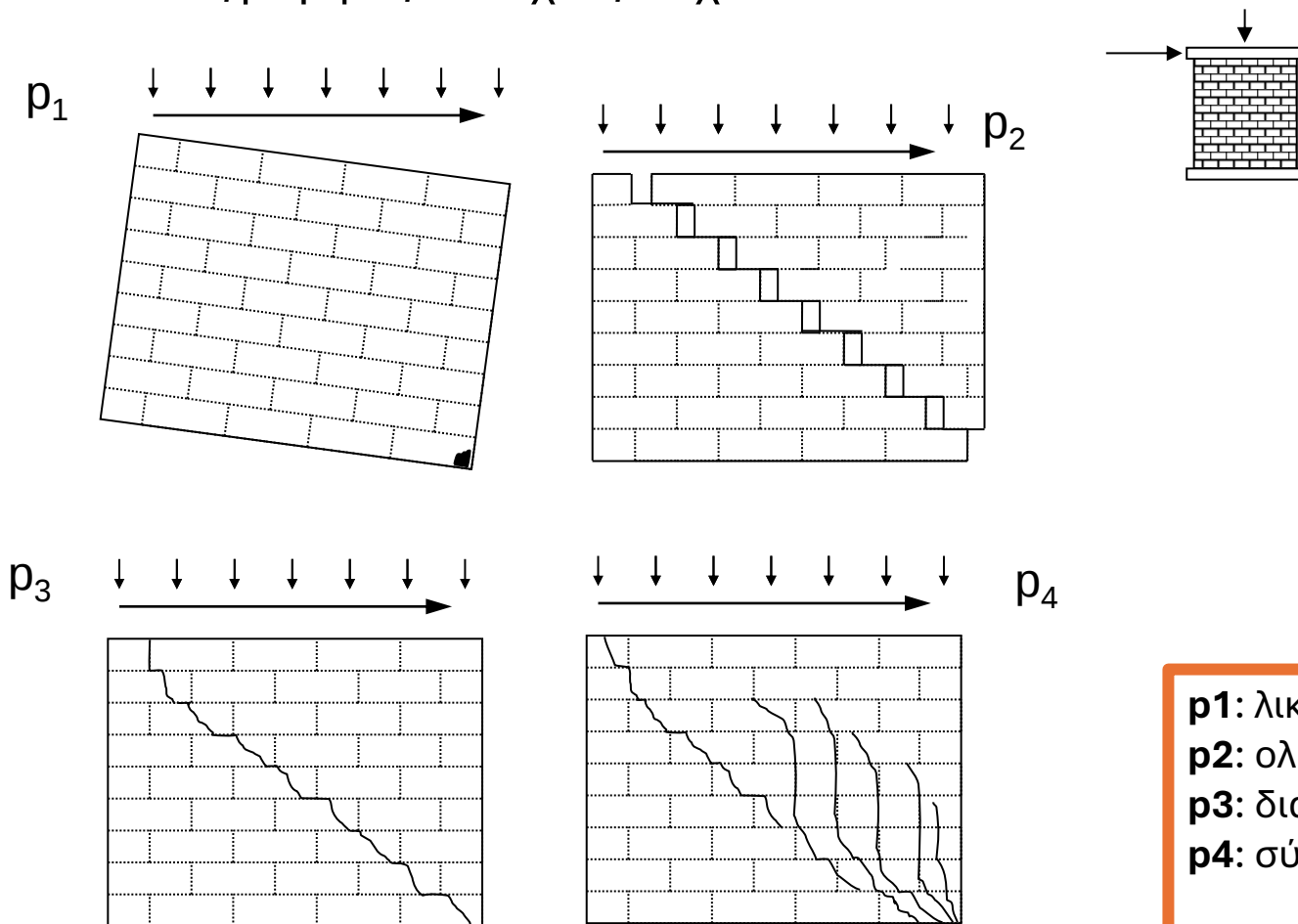
Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό κάμψη εντός επιπέδου

- Πιθανές βλάβες/ρωγμές
 - A. Διαγώνια ρηγμάτωση (μεμονωμένη ρωγμή)
 - B. Άνοιγμα οριζόντιων αρμών (αστοχία διεπιφάνειας λιθώματος-κονιάματος)
 - C. Σύνθλιψη (ομάδες παράλληλων ρωγμών)



Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό κάμψη εντός επιπέδου

- Πιθανές μορφές αστοχίας τοίχου

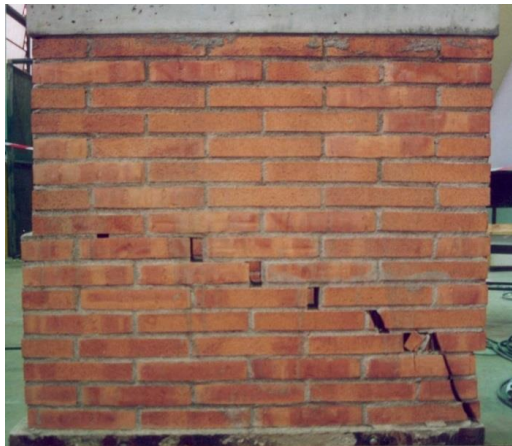


p1: λικνισμός
p2: ολίσθηση
p3: διαγώνια ρηγμάτωση
p4: σύνθλιψη

$p1 < p2 < p3 < p4$

Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό κάμψη εντός επιπέδου

- Πιθανές μορφές αστοχίας τοίχου για διαφορετικά κατακόρυφα φορτία



Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό κάμψη εντός επιπέδου

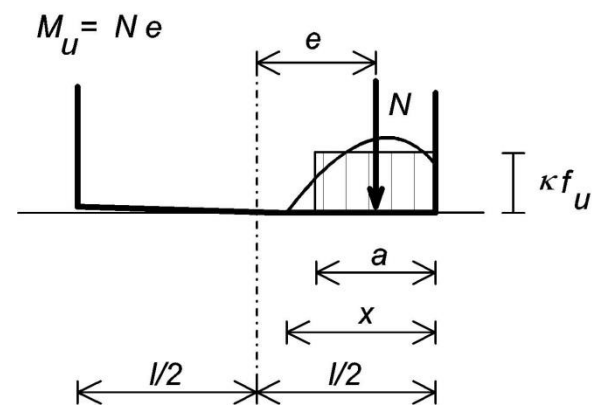
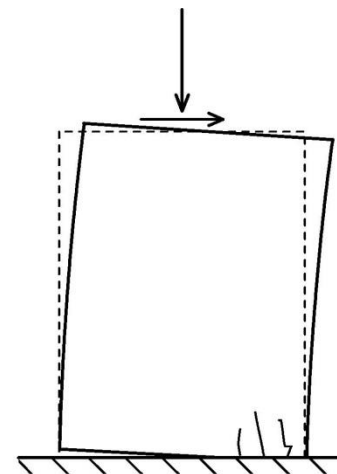
- Μορφή αστοχίας λικνισμού
 - Κατανομή θλιπτικών τάσεων στη βάση
 - Ισορροπία κατακορύφων δυνάμεων

$$a = \frac{N}{\kappa f_{cd} t} \qquad \sigma_0 = \frac{N}{lt}$$

- Ισορροπία ροπών

$$M_u = N \left(\frac{l - a}{2} \right) = \frac{Nl}{2} \left(1 - \frac{N}{\kappa f_{cd} lt} \right)$$

$$M_u = \frac{\sigma_0 l^2 t}{2} \left(1 - \frac{\sigma_0}{\kappa f_{cd}} \right) \qquad \kappa = 0.85$$



Συμπεριφορά της τοιχοποιίας υπό κάμψη εντός επιπέδου

- Μορφή αστοχίας διαγώνιας ρηγμάτωσης (κριτήριο Turnšek & Cacovic)
 - Υπέρβαση της οριζόντιας εφελκυστικής αντοχής

$$V_u = \frac{f_{td}}{b} lt \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{td}}} = \frac{1.5\tau_{0d}}{b} lt \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1.5\tau_{0d}}}$$

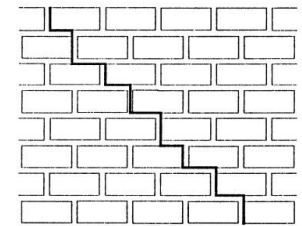
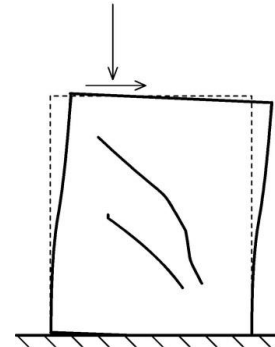
f_{td} εφελκυστική αντοχή

τ_{0d} διατμητική αντοχή ($= f_{td}/1.5$)

σ_0 κατακόρυφη τάση (θλίψη)

b γεωμετρικός συντελεστής

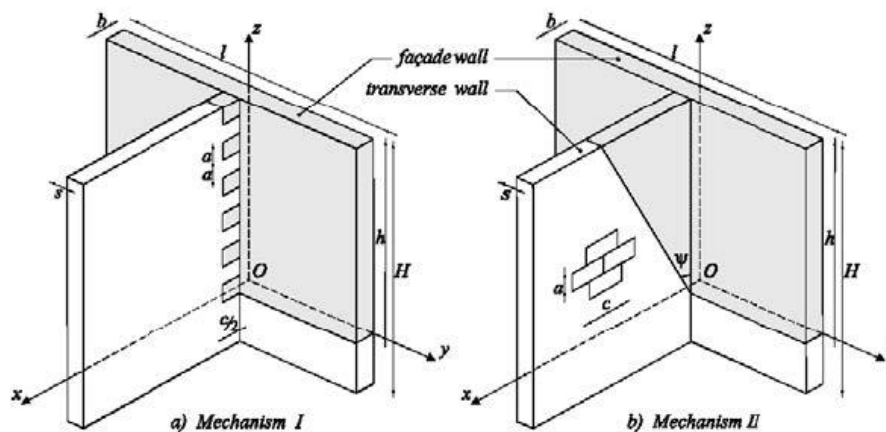
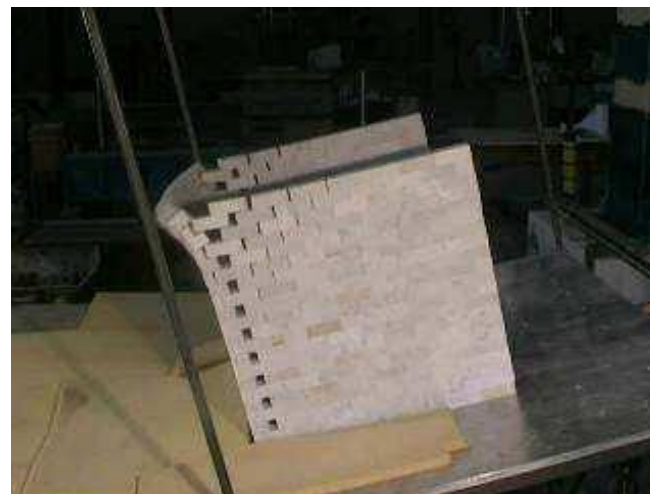
t πάχος τοίχου



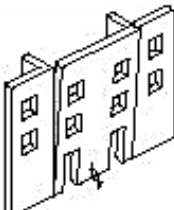
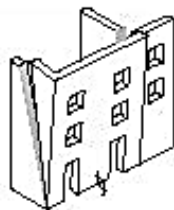
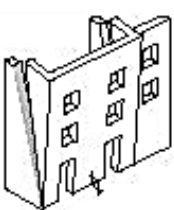
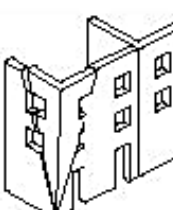
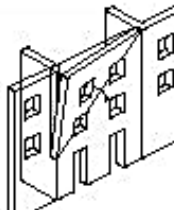
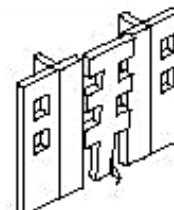
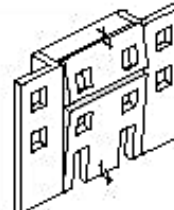
$$b = \begin{cases} h/l & \text{για } 1.0 < h/l < 1.5 \\ 1 & \text{για } h/l \leq 1.0 \\ 1.5 & \text{για } h/l \geq 1.5 \end{cases}$$

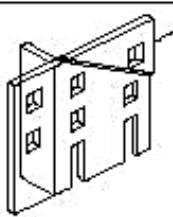
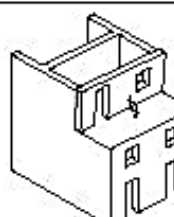
Μηχανισμός εκτός επιπέδου κατάρρευσης τοιχοποιίας

- Απώλεια ισορροπίας λόγω άσκησης οριζόντιων φορτίων



Μηχανισμός εκτός επιπέδου κατάρρευσης τοιχοποιίας

A	B1	B2	C	D	E	F
VERTICAL OVERTURNING	OVERTURNING WITH 1 SIDE WING	OVERTURNING WITH 2 SIDE WINGS	CORNER FAILURE	PARTIAL OVERTURNING	VERTICAL STRIP OVERTURNING	VERTICAL ARCH
						

FURTHER PARTIAL FAILURES				ASSOCIATED FAILURES	
G	H	I	L	ROOF/FLOORS COLLAPSE	MASONRY FAILURE
HORIZONTAL ARCH	IN PLANE FAILURE	VERTICAL ADDITION	GABLE OVERTURNING		 Insufficient cohesion in the fabric
					

Μηχανισμός εκτός επιπέδου κατάρρευσης τοιχοποιίας

- Θεώρηση **άπειρης** θλιπτικής αντοχής
 - Στροφή περί του άκρου



- Θεώρηση **πραγματικής** θλιπτικής αντοχής
 - Στροφή περί του μέσου του στερεού των τάσεων



$$a = \frac{N}{\kappa f_{cd} t}$$

$$\kappa = 0.85$$