



ΣΧΕΔΙΟ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥ «ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ
ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

Ε.Βιντζηλαίου

Η παράδοση του Κεφαλαίου με τίτλο «Βασικά προσομοιώματα συμπεριφοράς» ξεκίνησε από την σύνταξη του Πρότυπου Κανονισμού του CEB (τότε) [MC90].

Συνεχίστηκε στον ΚΑΝΕΠΕ και στον ΚΑΔΕΤ.

Μέσω του Κεφαλαίου 6 δίνονται στον Μηχανικό βασικές πληροφορίες για την Μηχανική της Τοιχοποιίας, κυρίως στην στάθμη του «υλικού».

Ορισμένες από αυτές τις πληροφορίες είναι άμεσα χρησιμοποιήσιμες είτε κατά την φάση της αποτίμησης, είτε κατά την φάση του ανασχεδιασμού. Άλλες, έχουν χρησιμεύσει κατά την «μετάβαση» από την στάθμη του υλικού, στην στάθμη του δομικού στοιχείου (στα Κεφάλαια 7-9 του Κανονισμού).

Από αυτήν την σύντομη παρουσίαση θα φανούν πολλές ελλείψεις, οι οποίες οφείλονται στις ελλειπείς μας γνώσεις. Πιστεύουμε, παρά ταύτα, στην χρησιμότητα αυτού του Κεφαλαίου, καθώς μπορεί να οδηγήσει τον Μηχανικό στην υιοθέτηση εύλογων παραδοχών και για τις περιπτώσεις οι οποίες ΔΕΝ καλύπτονται από το Κεφάλαιο 6.

Η τοιχοποιία ως υλικό νοείται ως αποτελούμενη (i) από λιθосώματα, (ii) από δομικό κονίαμα κατά τους αρμούς, καθώς και (iii) από τυχόν «οπλισμούς», δηλαδή ραβδόμορφα (συνήθως ξύλινα) στοιχεία εντός του σώματος της τοιχοποιίας κατά την διεύθυνση του μήκους των τοίχων. Διαζώματα, ξυλοδεσιές, περισφίγξεις, μανδύες, κ.λπ. θεωρούνται ότι ανήκουν στο δομητικό σύστημα, εξαιτίας του οποίου ενδέχεται να μεταβάλλονται τα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας ως υλικού.

Στο Κεφάλαιο 6 περιλαμβάνονται πληροφορίες **ποιοτικού** και **ποσοτικού** χαρακτήρα.

Δεδομένης της μεγάλης ποικιλίας υλικών και τρόπων δομήσεως της τοιχοποιίας-καθώς, για πολλές περιπτώσεις, ΔΕΝ διατίθενται επαρκή πειραματικά στοιχεία-δεν είναι δυνατόν να δοθούν αξιόπιστα ΠΟΣΟΤΙΚΑ στοιχεία, ούτε για θεμελιώδεις ιδιότητες, όπως π.χ. η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας.

ΜΕΡΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ



Ακόμα και στην ίδια περιοχή,
[da Porto et al., 2003]:

Τρίστρωτες τοιχοποιίες:

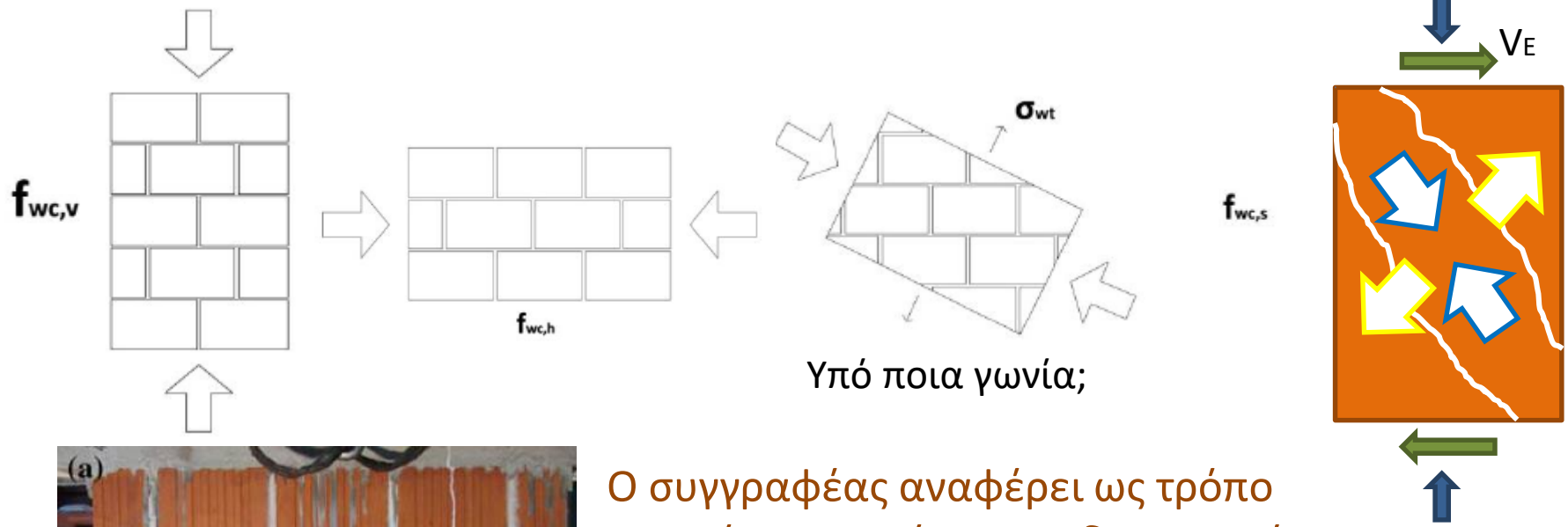
Ποσοστό

λίθων/κονιάματος/κενών=55-
85%/12-36%/0,4-15%

Θλιπτική αντοχή από **0,60**
μέχρι **2,40 MPa.**

Αντίστοιχες παραμορφώσεις;

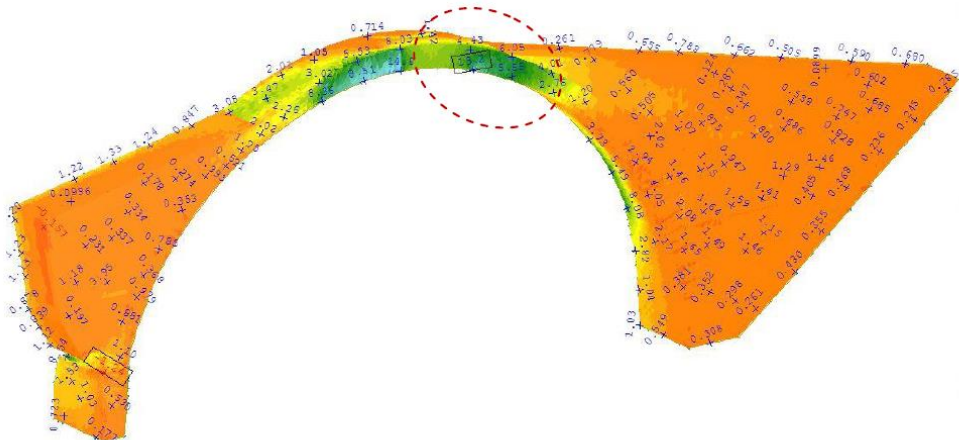
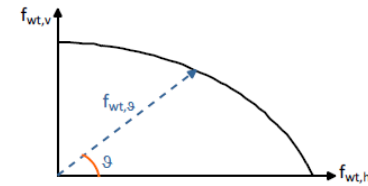
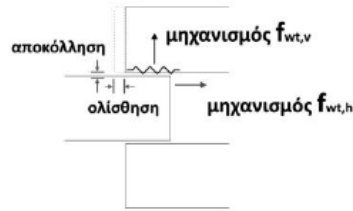
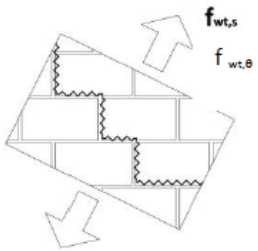
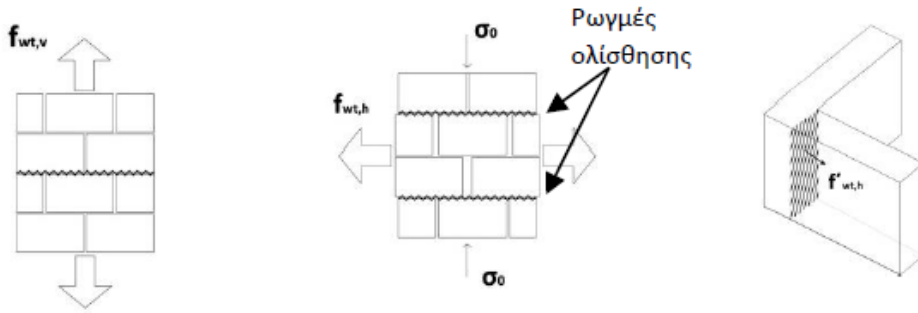




Tomazevič (2009)

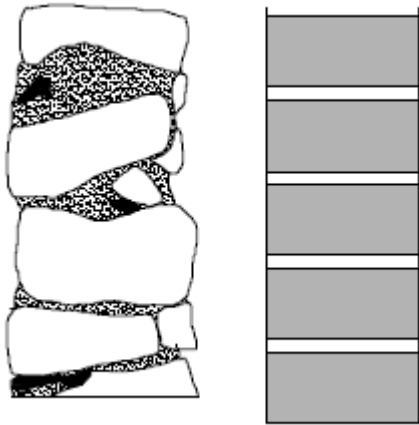
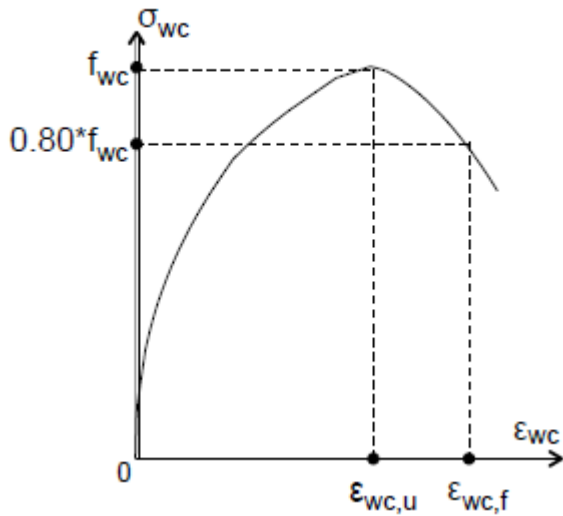
Ο συγγραφέας αναφέρει ως τρόπο αστοχίας του τοίχου τον διατμητικό. Αν, όμως, εφαρμοστεί κανείς την αντίστοιχη σχέση για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας του τοίχου έναντι τέμνουσας, θα βρει τιμή η οποία υπερβαίνει κατά $\sim 70\%$ την πειραματικώς μετρηθείσα. Παρά την εμφάνιση δισδιαγώνιων (διατμητικών) ρωγμών, η αστοχία του τοίχου οφείλεται στην αστοχία των λοξών θλιπτήρων, οι οποίοι υποβάλλονται σε ταυτόχρονο εγκάρσιο εφελκυσμό.

Παρά το γεγονός ότι τρεχόντως δεν λαμβάνεται υπ' όψη στην αποτίμηση ή στον ανασχεδιασμό η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας, αναφέρονται οι μηχανισμοί αστοχίας από εφελκυσμό και υποδεικνύεται η ανισότροπη συμπεριφορά της τοιχοποιίας.



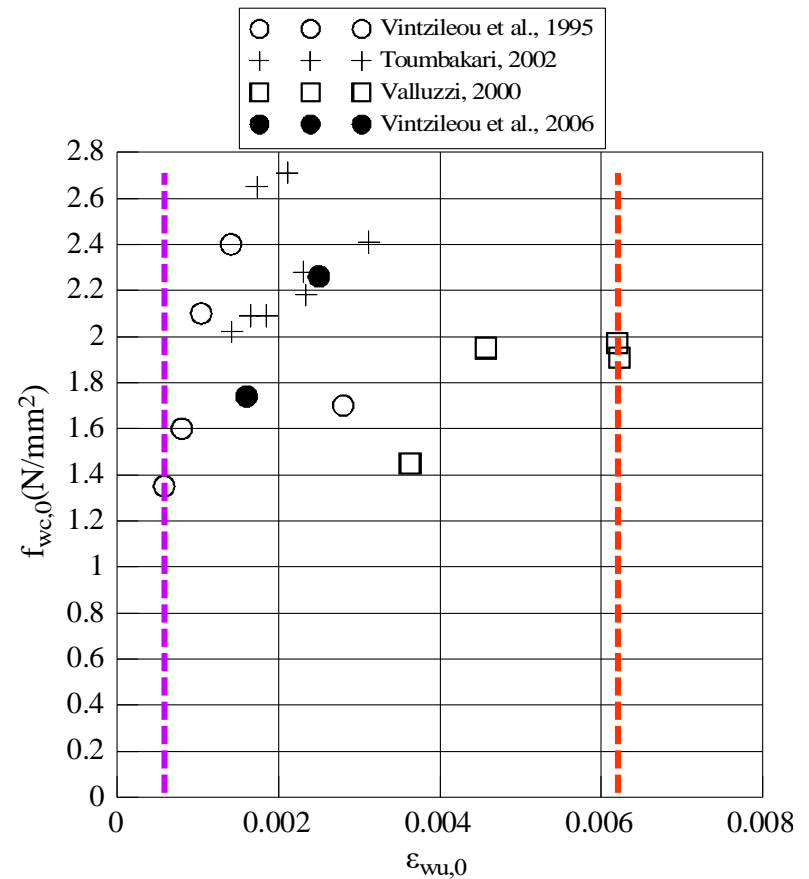
Το θέμα αποκτά ιδιαίτερη σημασία, όταν-κατά την φάση των συνιστώμενων προκαταρκτικών αναλύσεων-εντοπίζονται οι «υποψήφιες» περιοχές αστοχίας (μέσω των αναπτυσσόμενων κύριων εφελκυστικών τάσεων).

Διάγραμμα θλιπτικών τάσεων-θλιπτικών ανηγμένων παραμορφώσεων

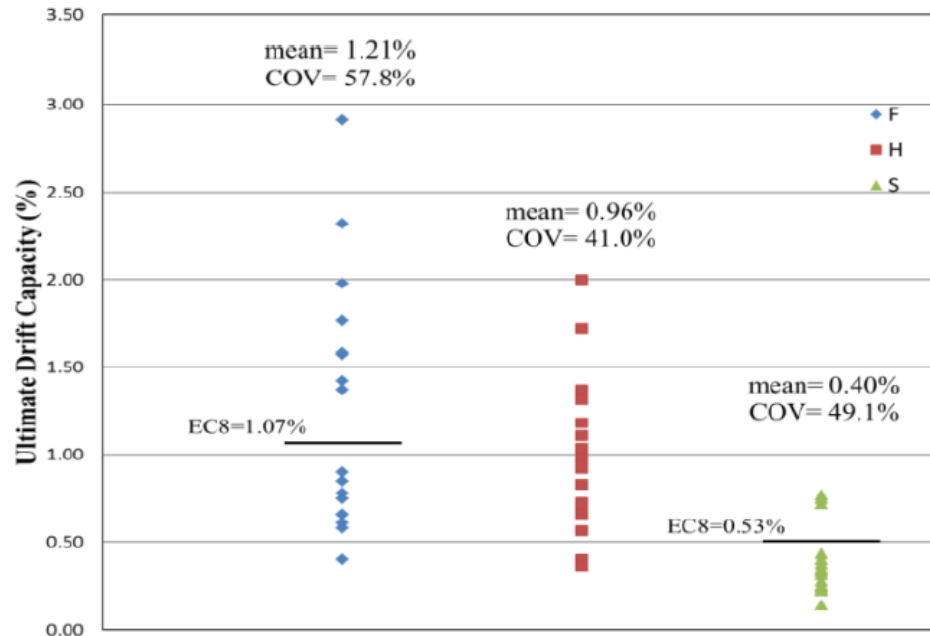
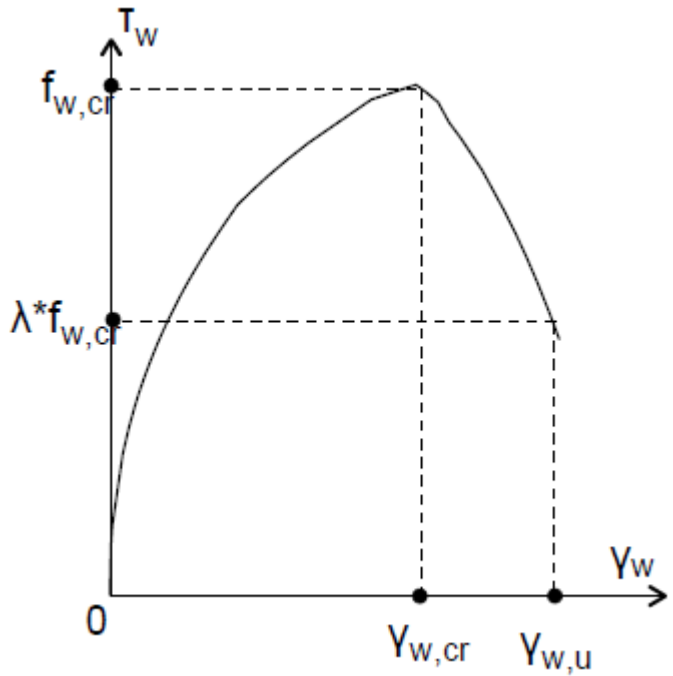


Ακόμη και οι «δρομικές» τοιχοποιίες εμφανίζουν πολλούς διαφορετικούς τύπους...

ΤΡΙΣΤΡΩΤΕΣ ΛΙΘΟΔΟΜΕΣ



Διάγραμμα διατμητικών τάσεων-γωνιακών παραμορφώσεων



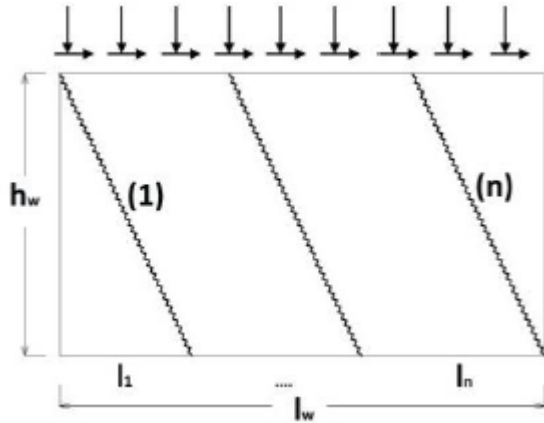
Salmanpour et al., 2012

Γωνιακή παραμόρφωση κατά την μέγιστη αντίσταση: 71 δοκιμές σε δρομικές οπτοπλινθοδομές. Ανάλογα με τον τρόπο αστοχίας-καμπτικός, μικτός, διατμητικός

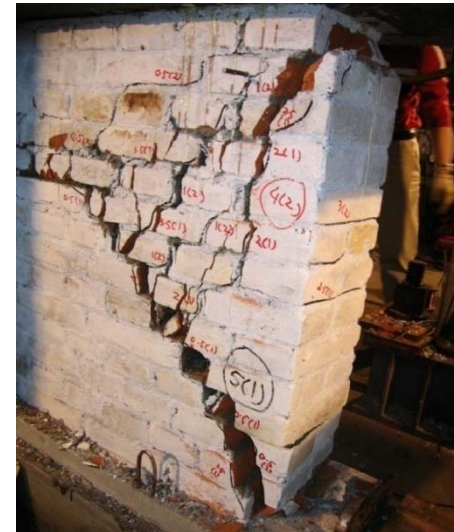
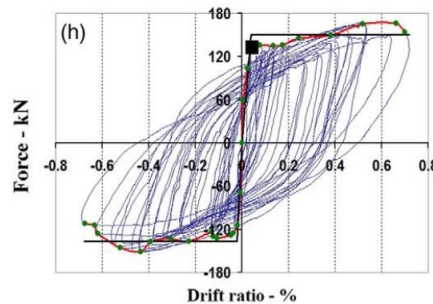
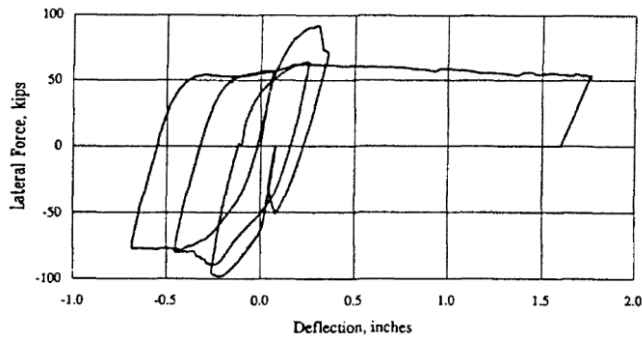
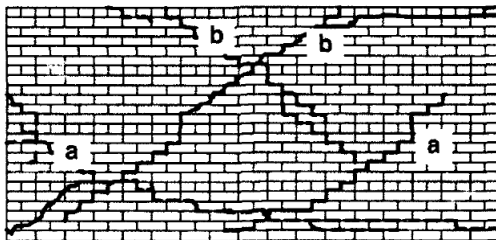
ΕΚ8-Μέρος 3 (Παράρτημα Ε)

Type of masonry		f [MPa]	f_t [MPa]	f_{v0} [MPa]	E [MPa]	G [MPa]	w [kN/m ³]
Irregular stone masonry	mean	1,5	0,039	-	870	290	19
	c.o.v.	0,29	0,24	-	0,21	0,21	
Roughly cut stone masonry, with wythes of irregular thickness	mean	2,5	0,065	-	1230	410	20
	c.o.v.	0,20	0,19	-	0,17	0,17	
Uncut stonework with good texture	mean	3,2	0,097	-	1740	580	21
	c.o.v.	0,19	0,14	-	0,14	0,14	
Masonry of irregular soft stone blocks	mean	1,8	0,052	-	1080	360	13 to 16
	c.o.v.	0,23	0,14	-	0,17	0,17	
Regular masonry of soft stone blocks	mean	2,6	-	0,145	1410	470	16
	c.o.v.	0,23	-	0,31	0,15	0,15	
Squared stone masonry	mean	7,0	-	0,220	2800	860	22
	c.o.v.	0,14	-	0,14	0,14	0,09	
Solid brick masonry and lime mortar	mean	3,4	0,114	0,160	1500	500	18
	c.o.v.	0,26	0,21	0,21	0,20	0,20	
Semisolid brick masonry with cement-lime mortar (perforations < 40%)	mean	6,5	-	0,280	4550	1138	15
	c.o.v.	0,24	-	0,14	0,24	0,24	

Διάκριση τοίχων ανάλογα με τον λόγο ύψους προς μήκος

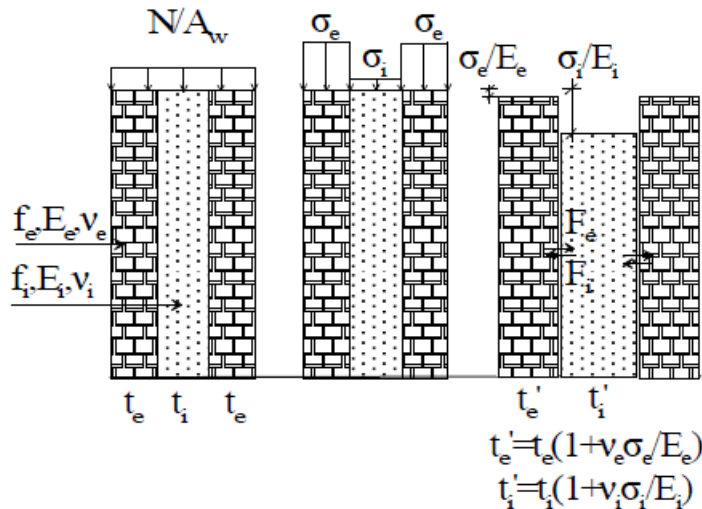
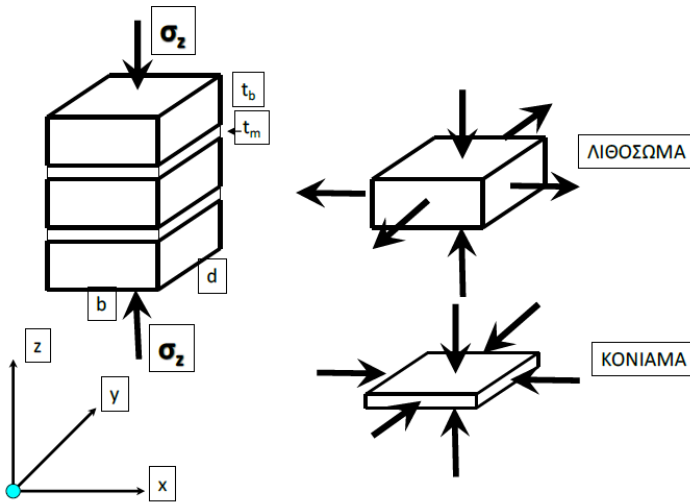


ΔΕΝ ισχύει η απλή σχέση που περιλαμβάνεται σε πολλούς Κανονισμούς. Η φ.ι. και τα παραμορφωσιακά χαρακτηριστικά των χθαμαλών τοίχων διαφέρουν ουσιωδώς



Abrams and Shah (1992) και Javed *et al.* (2013).

ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΥΠΟ ΘΛΙΨΗ



$$f_{wc} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} [\lambda_e (\delta_{e1} f_{c,e1} + \delta_{e2} f_{c,e2}) + \lambda_i f_{c,i}] : (1 + \delta_{e1} + \delta_{e2})$$

(α) Καλοδομημένη οπτοπλινθοδομή:

$$f_{wc} = [f_{mc} + 0,40(f_{bc} - f_{mc})](1 - 0,8\sqrt[3]{\alpha}), f_{bc} > f_{mc} \quad (\Sigma 6.1)$$

$$f_{wc} = f_{bc}(1 - 0,8\sqrt[3]{\alpha}), f_{bc} < f_{mc} \quad (\Sigma 6.2)$$

όπου,

f_{bc} και f_{mc} η θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων και του κονιάματος αντιστοίχως,

$\alpha = t_{jm} \cdot h_{bm}$ ο λόγος του μέσου πάχους των οριζόντιων αρμών κονιάματος και του μέσου ύψους των λιθοσωμάτων.

(β) Χαμηλής αντοχής λιθοδομή:

$$f_{wc} = \xi \left[\left\{ \frac{2}{3} \sqrt{f_{bc}} - f_0 \right\} + \lambda f_{mc} \right] \quad (\Sigma 6.3)$$

όπου,

V_m, V_w ο όγκος του κονιάματος και ο όγκος της τοιχοποιίας

f_{bc} η θλιπτική αντοχή του λιθοσώματος

λ συντελεστής συνάφειας λιθοσώματος-κονιάματος, ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 0,50 για τραχείς λίθους και ίσος με 0,1 για πολύ λείους λίθους.

f_0 συντελεστής (σε MPa), ο οποίος λαμβάνει υπ' όψη τον βαθμό λάξευσης των λίθων και παίρνει τις ακόλουθες τιμές

0,00 για λαξευτή λιθοδομή

0,50-1,00 για λιθοδομή από ημικανονικούς λίθους

1,50-2,50 για αργολιθοδομή, ανάλογα με την ποιότητα δομήσεως

ξ , συντελεστής ο οποίος λαμβάνει υπ' όψη την δυσμενή επιρροή του πάχους των αρμών κονιάματος

$$\xi = 1 : [1 + 3,5(k - k_0)] < 1,0$$

$$k = (\text{όγκος κονιάματος}) : (\text{όγκος τοιχοποιίας}) = V_m / V_w \geq 0,30$$

$$k_0 = 0,30$$

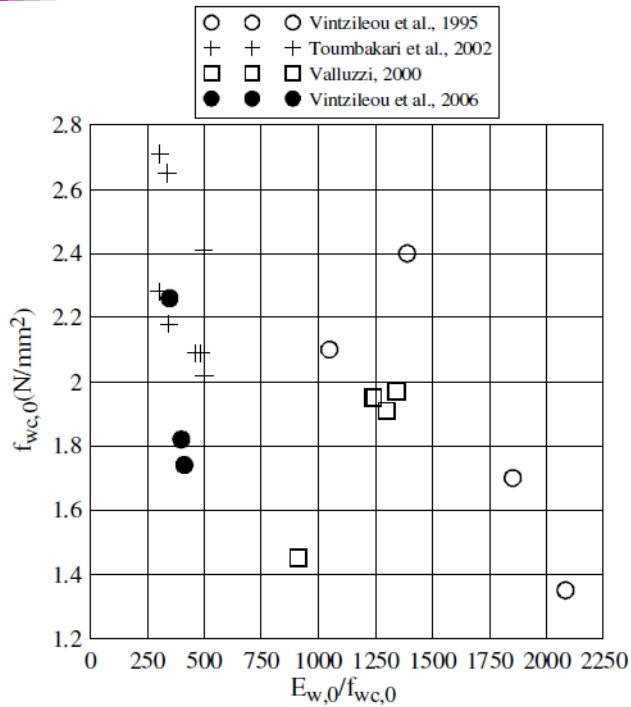
Εάν $V_m / V_w \leq 0,30$, τότε λαμβάνεται $\xi = 1,00$.

Η σχέση (Σ6.3) μπορεί να ισχύσει για $f_{bc} = 25-75$ MPa και $f_{mc} = 0,5-2,5$ MPa.

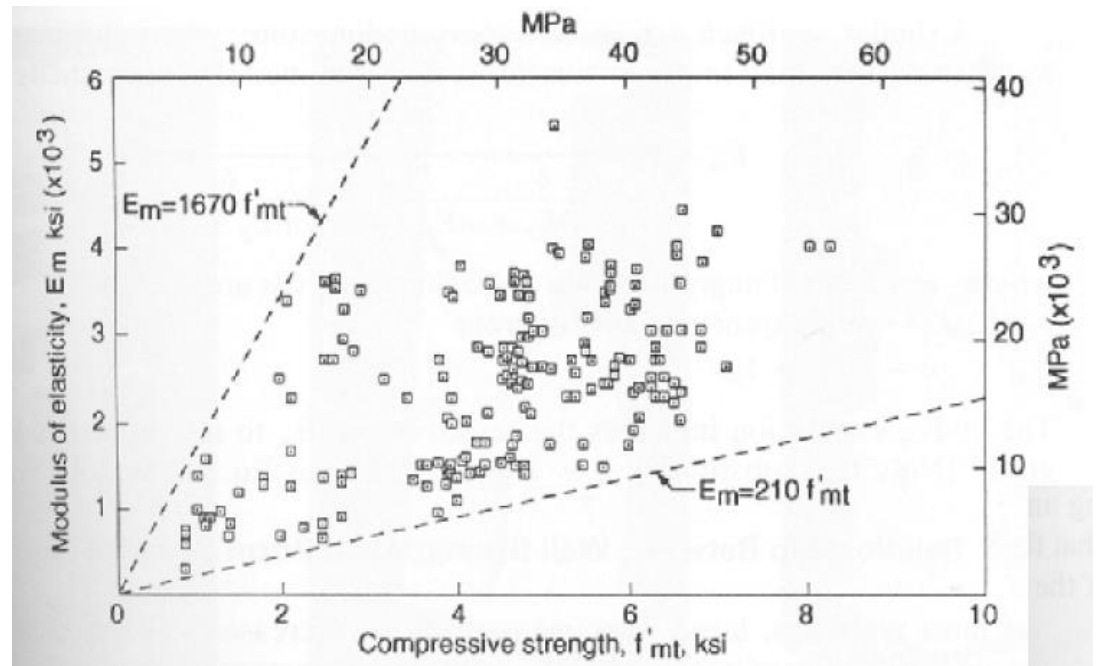
Οι τιμές των θλιπτικών αντοχών λιθοσωμάτων και κονιάματος είναι αντιπροσωπευτικές τιμές (βλ. Κεφ. 3 και 4).

+ προϋποθέσεις ισχύος σχέσεων ΕΚ6

ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ



ΤΡΙΣΤΡΩΤΕΣ
ΑΡΓΟΛΙΘΟΔΟΜΕΣ

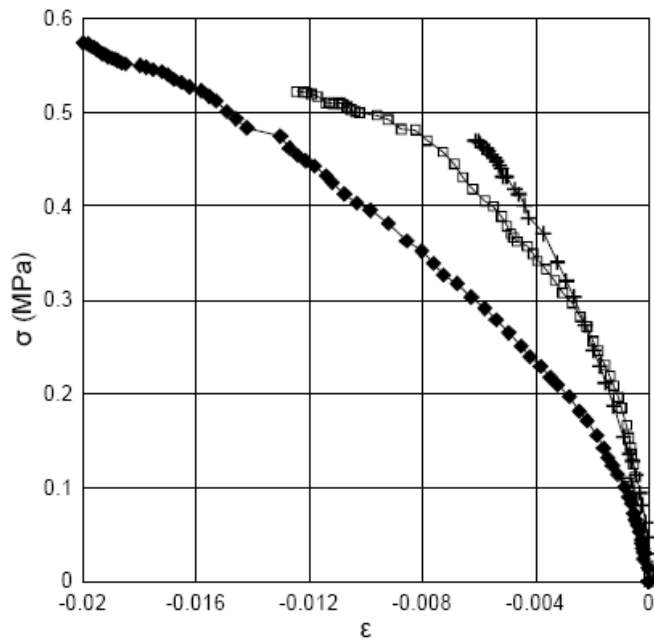


ΔΡΟΜΙΚΕΣ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ (Drysdale)

Όταν η τιμή του μέτρου ελαστικότητας αναμένεται να έχει σημαντική επιρροή, θα απαιτηθούν παραμετρικές αναλύσεις.

ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΜΕ ΞΥΛΙΝΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

Μέτρια αύξηση θλιπτικής αντοχής,
σημαντική αύξηση παραμόρφωσης
αστοχίας



0,47 MPa

0,58MPa



ΑΟΠΛΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΥΠΟ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ

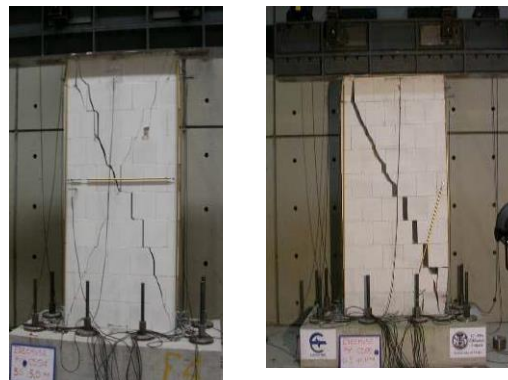
(α) Περί οριζόντιο και (β) περί κατακόρυφο άξονα [η μόνη περίπτωση χρήσεως της εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας]

ΑΟΠΛΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΕΝΑΝΤΙ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ

$$f_v = f_{v0} + \mu\sigma$$

Αναγνωρίζεται ότι ο συντελεστής τριβής (ο οποίος εξαρτάται από το μέγεθος της «σ», μπορεί να λαμβάνεται μεγαλύτερος της (συντηρητικής) τιμής **0,40**.

Εξεταστέον εάν πρέπει να περιληφθεί και ο έλεγχος αστοχίας η οποία συμπίπτει με την ρηγμάτωση. Σ' αυτήν την περίπτωση, η προβλεπόμενη φ.ι. είναι περίπου διπλάσια της πειραματικής.



Magenes et al. (2008a)

ΒΑΘΥ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ: ΕΠΙΡΡΟΗ ΣΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

Σημαντικό στοιχείο: Στην (συνήθη) περίπτωση λιθοδομών (και μέσου πάχους), το βαθύ αρμολόγημα αποτελεί μέθοδο **ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ** και **όχι ενίσχυσης**. Ρεαλιστική παραδοχή, η οποία λαμβάνει υπ' όψη την μικρή επιρροή της θλιπτικής αντοχής του κονιάματος στην διαμόρφωση της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας, καθώς και το μικρό σχετικώς ποσοστό αντικαθιστώμενου αρχικού κονιάματος στην περίπτωση των λιθοδομών.

ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΝΕΜΑΤΑ (σε δίστρωτες και τρίστρωτες τοιχοποιίες)

Δίνονται σχέσεις εκτίμησης θλιπτικής αντοχής και ερήμην τιμές για τα άλλα μηχανικά χαρακτηριστικά, καθώς και για την παραμόρφωση που αντιστοιχεί στην αυξημένη αντοχή.