

Τμ. ΠΟΛ. ΜΗΧ. / Π.Π.

Τ.Ε.Ε. / Τμ. Δ.Ε.

---

**21<sup>ο</sup> ΦΟΙΤΗΤΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ, (ΔΟΜΗΤΙΚΕΣ) ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ και ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

**Πάτρα, 17 και 18 Φεβρουαρίου 2015**

**ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ (ΚΤΗΡΙΩΝ Ω.Σ.)**

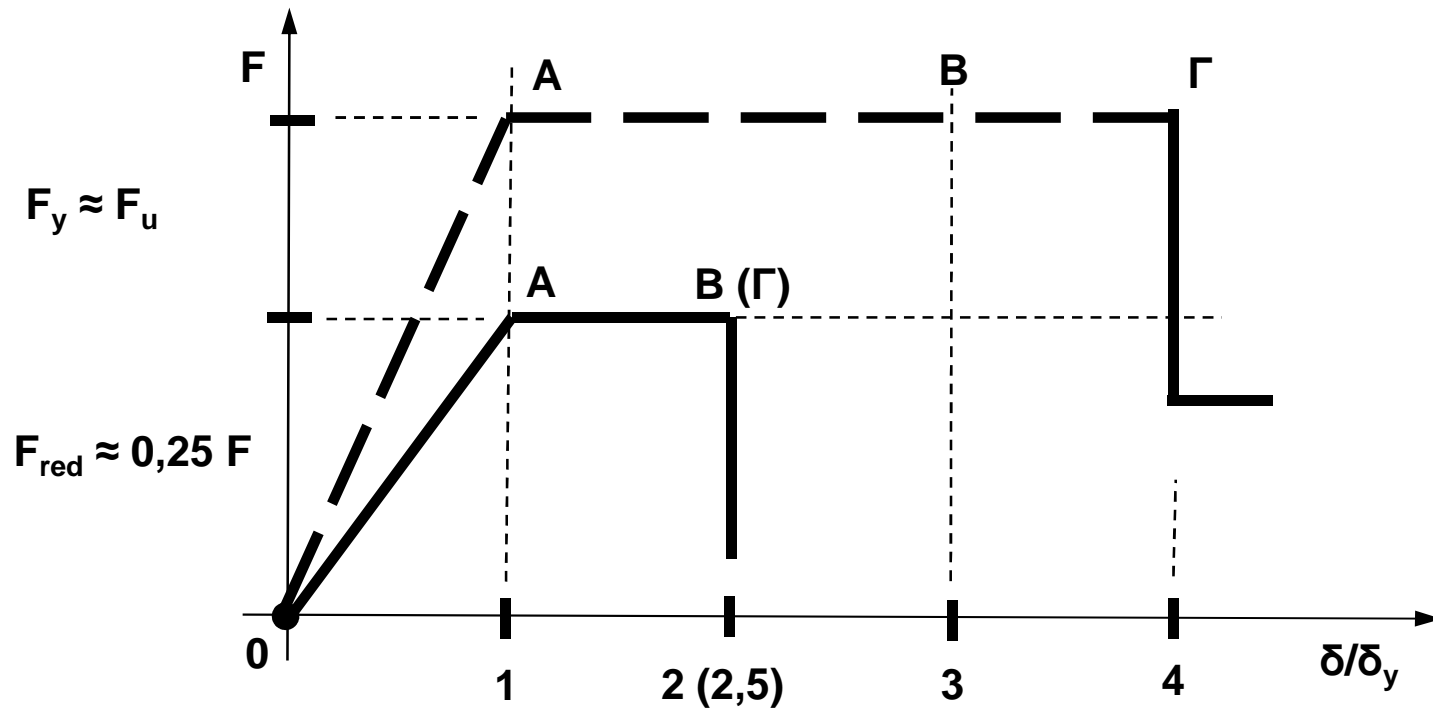
**ΚΑΤΑ ΤΟΝ [ΕΚ 8-3 (2005) ΚΑΙ ΤΟΝ] ΚΑΝΕΠΕ (2013)**

**Μ. Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ, ΕΩΣ/ΕΜΠ**

**18.02.2015**

**Συνοδευτικό «υλικό» :**

- **Οι σχετικοί Κανονισμοί**
- **Φοιτητικά Συνέδρια, Πάτρα, 2<sup>ος</sup> 2009 / 2<sup>ος</sup> 2010 / 2<sup>ος</sup> 2011**
- **ΕΡΡΟ/ΕΡΡΕ, Athens Workshop/EC 8-3 : 2005 and nGCSI : 2012**
  - **M. Chronopoulos & P. Chronopoulos**  
**Recent greek provisions for RC structures with URM infills**
  - **M. Chronopoulos**  
**Main differences between the two Codes (general)**
  - **S. Dritsos**  
**Main differences between the two Codes (interventions)**

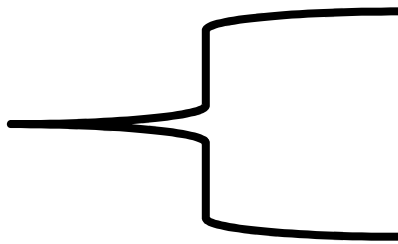


- A ... Γ** : Επιτελεσματικότητα (... αποδεκτός βαθμός βλάβης), «σκελετός»
- : Συνηθισμένες άοπλες (και οιονεί-ψαθυρές) τοιχοπληρώσεις, «εντός ΩΣ»
- — — —** : Πλάστιμες τοιχοπληρώσεις, «οπλισμένες»/με διάφορα είδη υλικών/τεχνικών/συνδέσεων

---

**«ΤΟ ΥΛΙΚΟ» και «ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ» ... (ΑΡΧΗ και ΤΕΛΟΣ ...)**

## ΦΕΡΟΝΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ («σκελετός»)

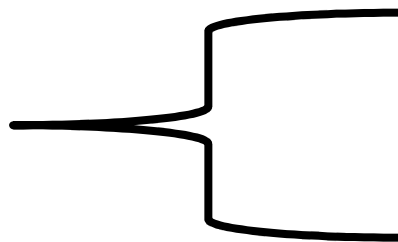


(κατακόρυφα ή οριζόντια)

ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΑ ή ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ,  
ΥΠΟ ΣΕΙΣΜΟΝ

## ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ (... επιτρέπεται ή επιβάλλεται)

**ΟΧΙ ΕΝΑΝΤΙ ΜΗ-ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ**



ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ (άοπλες)

ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΕΣ ή ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΕΣ,  
Οπλισμένες ...

**§§ 2.1.4.2, 2.2.1, 5.1.2 και 5.9**

Έλεγχος, αποτίμηση, επέμβαση και ανασχεδιασμός,  
για κτήρια με ή χωρίς **ΒΛΑΒΕΣ (και ΦΘΟΡΕΣ)**

---

**ΒΛΑΒΕΣ** (κυρίως σεισμικές) **ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ,**

βλ. Παράρτημα 7Δ, § 7.3 κ.λπ.

**§§ 1.2.2 και 1.2.3**

Ως **ΕΠΕΜΒΑΣΗ** (δομητική) σε υφιστάμενο κτήριο

θεωρείται (... καί είναι)

καί η **ΕΠΕΜΒΑΣΗ** στις **ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ** του

(κάθε είδους ...)

---

**§ 1.2.1**

Οι **ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ** (ως «μή-φέροντα» στοιχεία) «ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΟΥΝ»

ΤΟΝ ΣΤΟΧΟ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ή ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΦΟ

(στάθμη επιτελεσματικότητας/στοχευόμενη συμπεριφορά/βαθμός βλαβών  
καί «σεισμός επανελέγχου»)

---

**A, περιορισμένες βλάβες** : Ρηγμάτωση («κατανεμημένη»), χωρίς ουσιώδεις καταπτώσεις τεμαχίων επιχρίσματος (απολεπίσεις) ή τμημάτων τοίχων, καθώς και χωρίς βλάβες διαζωμάτων

**B, σημαντικές βλάβες** : Πυκνή ρηγμάτωση (και έντονη), τοπικές καταπτώσεις τεμαχίων επιχρίσματος/τμημάτων τοίχων, χωρίς σημαντικές βλάβες διαζωμάτων ή εκτός επιπέδου

**Γ, οιονεί κατάρρευση (!)** : Κατάρρευση των περισσότερων φατνωμάτων τοίχων ή εκτεταμένη (και έντονη) αποδιοργάνωση, με κατάπτωση μεγάλων τμημάτων τοίχων

**§§ 2.2.1 και 2.2.2**

## Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ ΟΣΟ ΑΦΟΡΑ :

- ΤΗΝ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ ή ΜΗ, σε κάτοψη ή/καί καθύψος (τομές)
- ΤΟΝ ΛΟΓΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ( $\alpha_s$ ) ΦΕΡΟΝΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ
- ΤΗΝ ΑΝΑΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ
- ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΥΠΕΡΑΝΤΟΧΩΝ
- ΤΗΝ ΤΟΠΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΗ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ κ.λπ.

βλ. π.χ. § 2.3.3



## Η ΤΟΠΙΚΗ Ή/ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΗ

### ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ

Οποιαδήποτε προσέγγιση της συμπεριφοράς/απόκρισης υφιστάμενου κτηρίου είναι ασφαλέστερη (;) , πιο αξιόπιστη (!),

εάν εξαρχής εισαχθούν (καταλλήλως) οι τοιχοπληρώσεις στα προσομοιώματα αναλύσεων

ΔΥΣΜΕΝΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗ όταν επέρχεται αύξηση

είτε της **V** ενός τουλάχιστον οποιουδήποτε πρωτεύοντος κατακόρυφου φέροντος στοιχείου

είτε της **d** ενός οποιουδήποτε ορόφου του κτηρίου,

σε ποσοστό > 15%

(ελαστική/γραμμική ισοδύναμη στατική ανάλυση, χωρίς προϋποθέσεις)

**§§ 2.1.4.2, 5.9 και 7.4**

Προς μείωση της σεισμικής διακινδύνευσης, μπορούν να υιοθετηθούν  
στρατηγικές διαχειριστικού ή/καί τεχνικού χαρακτήρα

Η σεισμική συμπεριφορά μή-φερόντων στοιχείων ενδέχεται να θέτει σε  
κίνδυνο (ενοίκους κ.λπ., αγαθά, δίκτυα και εγκαταστάσεις κ.λπ.)

και έτσι **ΠΡΕΠΕΙ** να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα

---

Αποφυγή μερικής ή ολικής κατάρρευσης, μέτρα στήριξης,  
κατάλληλες συνδέσεις προς τον ΦΟ

(βλ. και § 9.3.4, μή-φέροντα στοιχεία ΕΚΤΟΣ τοιχοπληρώσεων,  
ως προσαρτήματα)

**βλ. π.χ. § 2.3.3**

## **ΚΕΦ. 3, ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ/ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ (ΦΟ ;!)**

**§ 3.2** Αποτύπωση ΦΟ, καί τοιχοπληρώσεων

**§ 3.4** Καταγραφή βλαβών (και φθορών)

**§ 3.5** Διερευνητικές εργασίες

---

**§§ 3.6 και 3.7,** ιδιαιτέρως § 3.7.2/ΣΑΔ, τοιχοπληρώσεις

«παράθυρα», 0,7x0,7 m, min. 2 θέσεις/όροφο → ικανοποιητική ΣΑΔ

**ΝΑΙ,** υψηλή ΣΑΔ

**ΟΧΙ,** ανεκτή ΣΑΔ (α-συμφωνία με επόμενες §§)

## **ΚΕΦ. 4, ΒΑΣΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

**§ 4.1** Λογική ελέγχων, ανίσωση ασφαλείας, έλεγχος σε όρους «δύναμης» ή «παραμόρφωσης» (υπό την ευρεία έννοια)

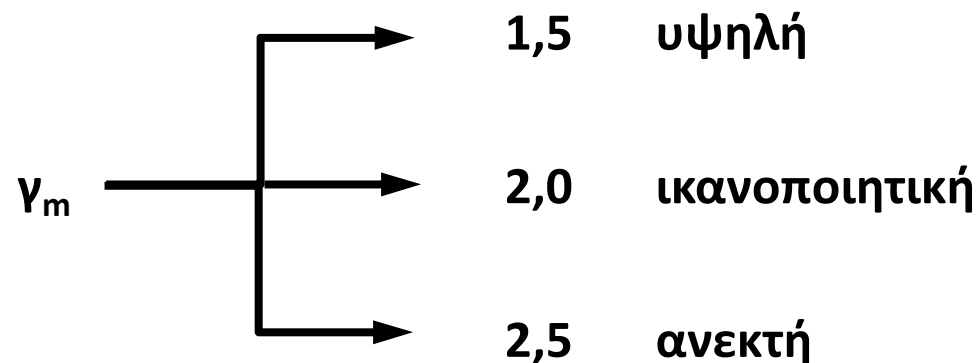
**§ 4.4** Βασικές μεταβλητές, δράσεις (και τα αποτελέσματά τους), αντιστάσεις (F, K, δ)

**§ 4.5** Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας, προσομοιώματα, δράσεις, ιδιότητες υλικών (που διαμορφώνουν αντιστάσεις)

---

**Βλ. και Παράρτημα 4.1**

### § 4.5.3.1 Υφιστάμενα υλικά, τοιχοπληρώσεις (άοπλες)



### § 4.5.3.2 Προστιθέμενα υλικά, τοιχοπληρώσεις (άοπλες ή οπλισμένες)

- Βλ. καί Κεφ. 8 (;!)
- $\gamma_m$ , κατά τον ΕΚ6,  $1,7 \div 3,0$ , ΛΑΘΟΣ  
αναλόγως ποιότητας κατασκευής και  
ελέγχου εργοστασίου παραγωγής

---

**ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ «ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ»**

### § 4.5.3.3 Μέσες τιμές ιδιοτήτων των υλικών (κάθε είδους τοιχοπλήρωσης)

( $\gamma_m \approx 1,0$  , γενικώς, αλλά ...)

- Υφιστάμενα υλικά, αβεβαιότητες γεωμετρίας, σφήνωσης και θέσεως κ.λπ.

$$\gamma_m = 1,00/1,10/1,20 \quad (\text{υψηλή} \rightarrow \text{ανεκτή ΣΑΔ})$$

- Προστιθέμενα υλικά, δυσχέρειες επιτόπου υλοποίησης, ελέγχων κ.λπ.

$$\gamma_m = 1,15 \text{ ή } 1,25 \quad (\text{κανονική ή μειωμένη διατομή και προσπελασιμότητα})$$

**Βλ. Πίνακα Σ 4.4, τιμές καθολικού δείκτη συμπεριφοράς  
q (1,1÷3,0), για στάθμη επιτελεστικότητας Β (± 40%, για Γ ή Α)  
αναλόγως :**

- Εφαρμοσθέντων Κανονισμών μελέτης ΚΑΙ κατασκευής,**
- Βλαβών (ουσιωδών) σε ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΑ φέροντα στοιχεία, ΚΑΙ**
- ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ (βεβαίως)**

**(καί για αποτίμηση καί για ανασχεδιασμόν)**

---

**Βλ. και Παραρτήματα 4.2 και 4.3 , § 7.2.6 κ.λπ.**

---

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ (κατά τον ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ)

- Κτήριο του **1980** με ουσιώδεις βλάβες (σε πρωτεύοντα φέροντα στοιχεία και δυσμενή παρουσία τοιχοπληρώσεων σε μεγάλη έκταση (π.χ. ύπαρξη πολλών «κοντών» στοιχείων), μπορεί να αποτιμηθεί με  $q(B) = 1,1$  αλλά να ανασχεδιασθεί με
  - $q(B) = 1,3$  / επισκευή βλαβών
  - $q(B) = 1,7$  / επισκευή βλαβών και άρση δυσμενούς παρουσίας τοιχοπληρώσεων
- Κτήριο του **1990** με ουσιώδεις βλάβες (σε πρωτεύοντα φέροντα στοιχεία και δυσμενή παρουσία τοιχοπληρώσεων σε μεγάλη έκταση (π.χ. ύπαρξη πολλών «κοντών» στοιχείων), μπορεί να αποτιμηθεί με  $q(B) = 1,3$  αλλά να ανασχεδιασθεί με
  - $q(B) = 1,7$  / επισκευή βλαβών
  - $q(B) = 2,3$  / επισκευή βλαβών και άρση δυσμενούς παρουσίας τοιχοπληρώσεων

---

(ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ : + 25÷35%)



## ΚΕΦ. 9 (και Παράρτημα 9Α), ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Τοιχοπληρώσεις, ως οιονεί πλάστιμα στοιχεία ...

**ΣΕ Α** :  $F_y$  ή  $\delta_y$ ,  $\gamma_{Rd} = 1,0$

---

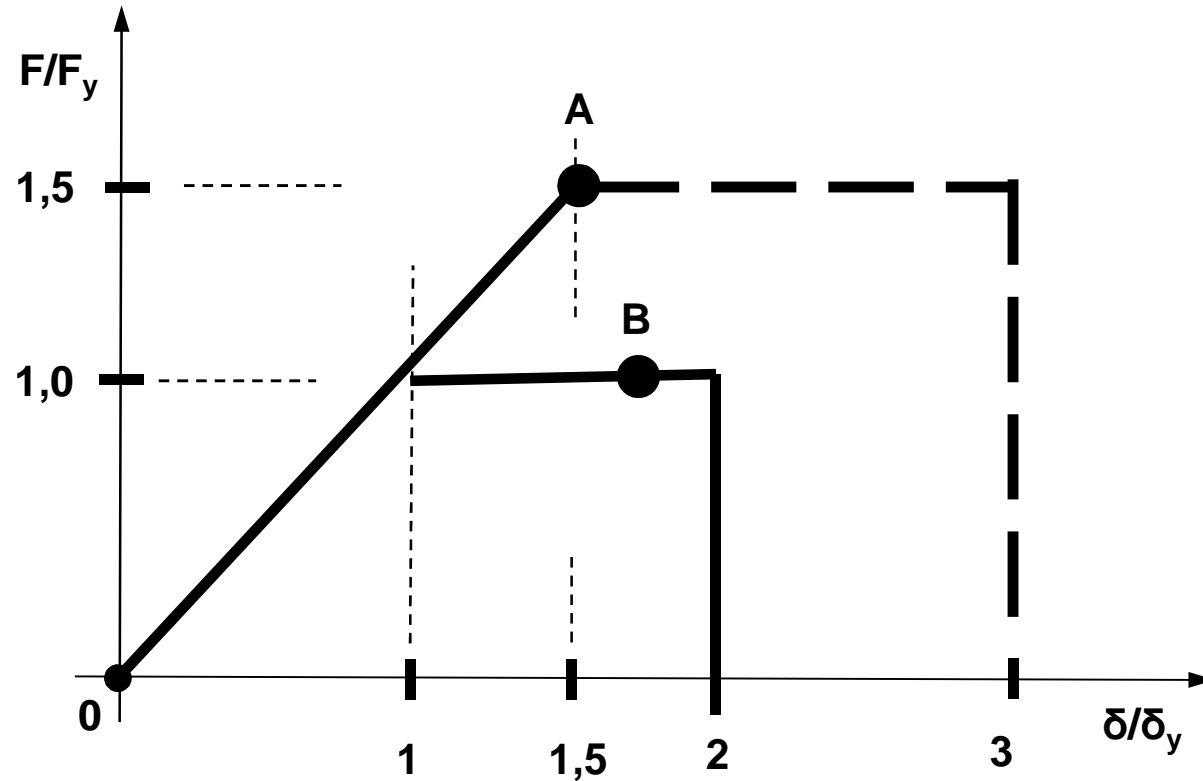
**ΣΕ Β** :  $m = 2$  ή  $\delta_u/\gamma_{Rd}$   
 $\gamma_{Rd} = 1,3$  άοπλες  
 $\gamma_{Rd} = 1,2$  οπλισμένες

---

**ΣΕ Γ**, οπλισμένες,  $\delta_u$  με  $\gamma_{Rd} = 1,0$

**ΚΕΦ. 7, § 7.4** (άοπλες, υφιστάμενες τοιχοπληρώσεις)

Ό,τι εκεί αναφέρεται αφορά ΣΕ Β, ενώ για ΣΕ Α  
λαμβάνονται υπόψη αντιστάσεις αυξημένες κατά 50%



ή ,  $b \approx 0,15 \cdot (1,0 \text{ ή } 1,5) L \dots$

## **ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΝΤΟΧΩΝ**

(ειδικώς για τους σκοπούς του ΚΑΝΕΠΕ, ΜΠΧ/2005)

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι «ονομαστικές» συχνότερες τιμές αντοχών κατά τον Πίνακα που ακολουθεί, οι οποίες ισχύουν για :

- Συνήθεις τοιχοπληρώσεις των τελευταίων δεκαετιών, οπτοπλινθοδομές – με διάτρητα τούβλα.
- Συνήθη ασβεστοσιμεντοκονιάματα, μάλλον χαμηλής (έως μέσης) αντοχής.
- Πλήρεις (σχεδόν) οριζόντιους αρμούς, κανονικού πάχους, της τάξεως των 10÷15 mm.
- Ημι-πλήρεις κατακόρυφους αρμούς, γενικώς του ίδιου πάχους (περίπου 10÷15 mm), και
- $\sigma_o \cong 0$  (δηλ. για κατακόρυφα φορτία πρακτικώς μόνον από το ίδιο βάρος των τοιχοπληρώσεων).

## «Τιμές Ερήμην» (DEFAULT) :

Τιμές (σε kPa) των μέσων αντοχών

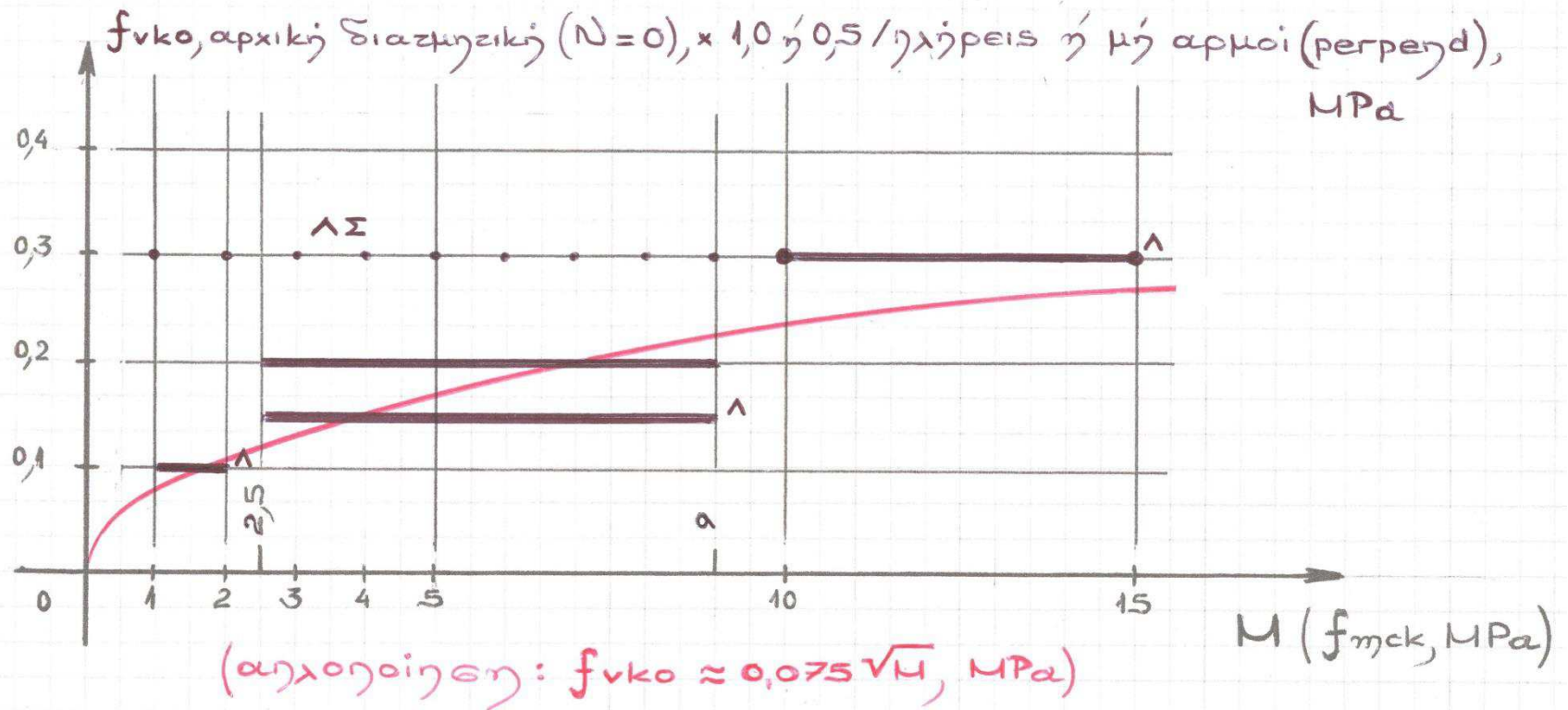
$\bar{f}_{wc,s}$  (λοξή θλίψη) και  $\bar{f}_{wn}$  (διαγώνια ρηγμάτωση)

	ΤΟΙΧΟΣ	ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΔΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΦΗΝΩΣΗΣ		
		ΚΑΛΗ	ΜΕΣΗ	ΚΑΚΗ
$\bar{f}_{wc,s}$	Μπατικός	2000	1500	1000
	Δρομικός	1500	1000	750
$\bar{f}_{wn}$	Μπατικός	250	200	150
	Δρομικός	200	150	100

Βλ. Μ.Π. Χρονόπουλος, 2005, «συνοδευτικό» υλικό

	INFILL PANEL	CONDITION AND WEDGING		
		GOOD	FAIR	POOR
$\bar{f}_{wc,s}$	DOUBLE LEAF, $t_{eff} \approx 0,2$ m	2000	1500	1000
	SINGLE LEAF, $t_{eff} \approx 0,1$ m	1500	1000	750
$\bar{f}_{wv}$	DOUBLE LEAF, $t_{eff} \approx 0,2$ m	250	200	150
	SINGLE LEAF, $t_{eff} \approx 0,1$ m	200	150	100
		CONDITION		
		GOOD	FAIR	POOR
$\bar{f}_{wc}$		~ 8.000	~ 5.400	~ 2.700
$\bar{f}_{wv}$		~ 240	~ 180	~ 120

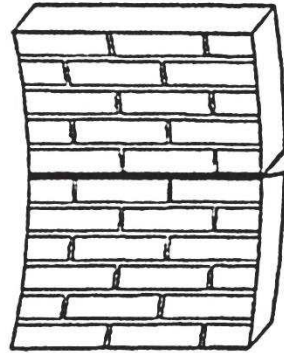
Default strength values for Greek URM infills, as well as according to FEMA, kPa.



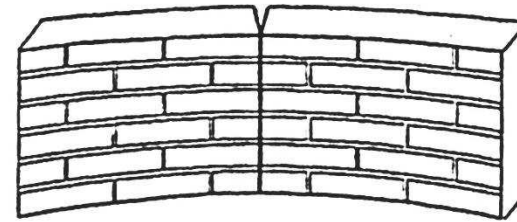
**EC 6-1-1** : 2005, Πλινθοδομές (και Λαξευτές Λιθοδομές), Κονίαμα Γενικής Εφαρμογής,

**ΣΥΝΟΧΗ** (κονίαμα-λιθόσωμα)

- Κονίαμα Λεπτής Στρώσεως, πάχος αρμών 0,5÷3,0 mm / θλιπτική αντοχή > 5 MPa, και για πλινθοδομές και για λαξευτές λιθοδομές



a) plane of failure parallel to bed joints,  $f_{xk1}$



b) plane of failure perpendicular to bed joints,  $f_{xk2}$

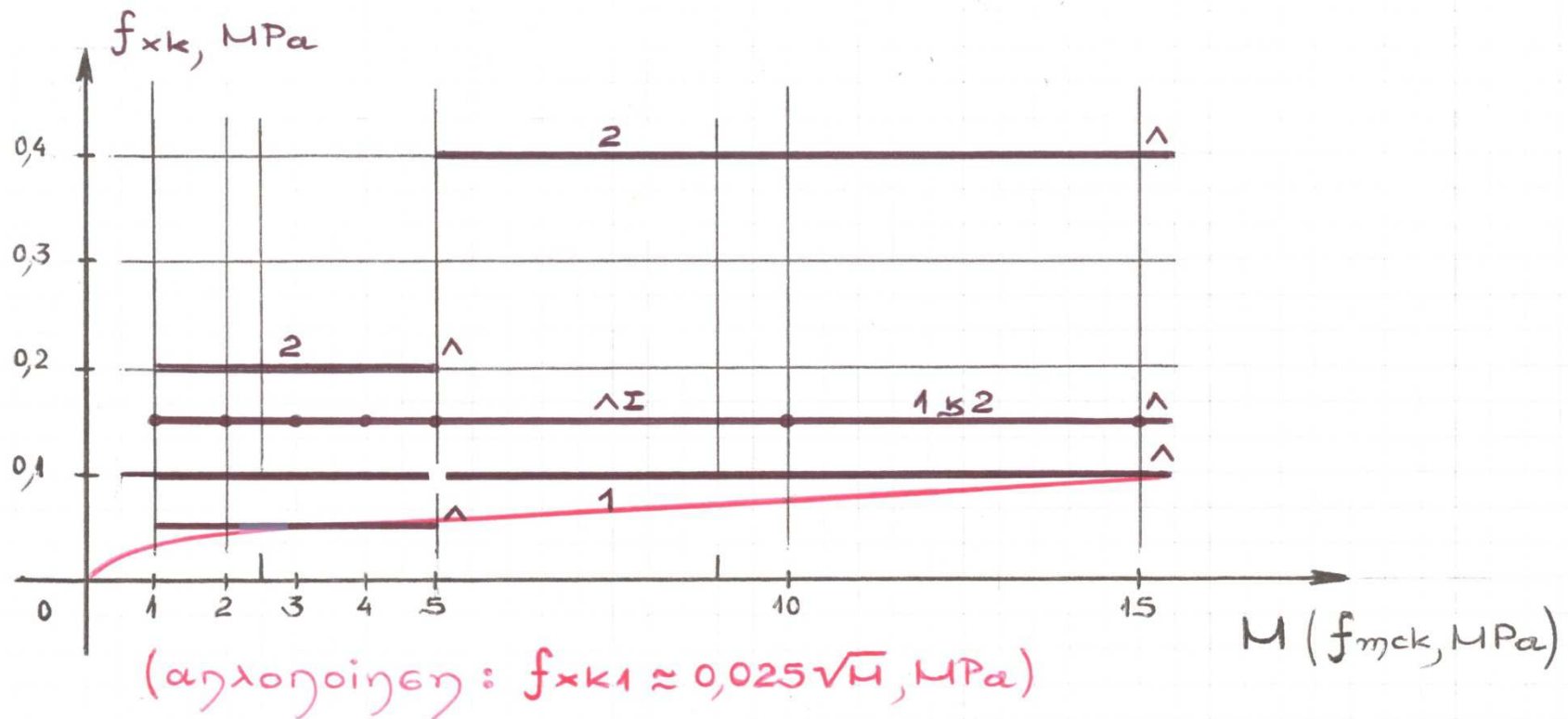
### Planes of failure of masonry in bending

$f_{xk1}$  : Οριζόντια ρωγμή, // προς τους αρμούς (bed joints)

$f_{xk2}$  : Κατακόρυφη ρωγμή,  $\perp$  προς τους αρμούς (bed joints)

---

$$f_{xk2} \approx (2\div)4 f_{xk1} ; !$$



**EC 6-1-1** : 2005, Πλινθοδομές (και Λαξευτές Λιθοδομές), Κονίαμα Γενικής Εφαρμογής,

**ΚΑΜΨΗ** (εκτός επιπέδου)

- Κονίαμα Λεπτής Στρώσεως, πάχος αρμών 0,5÷3,0 mm / θλιπτική αντοχή > 5 MPa, και για πλινθοδομές και για λαξευτές λιθοδομές



## ΚΕΦ. 8, ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ, ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

**§ 8.5.4** Ενίσχυση υφιστάμενων πλινθοπληρώσεων, μέσω αμφιτερόπλευρου μανδύα από εκτοξευόμενο και οπλισμένο λεπτοσκυρόδεμα (shotcrete) ...

---

- $\varepsilon \approx \gamma \cdot (h/\ell) ; !$
- $\gamma_y/\gamma_u \approx 0,0015 / 0,0060 , \gamma_{Rd} = ; ! , m = 4 ; !$
- $m \approx 2 , «ενδεικτικώς» \dots ; !$
- ο ενισχυμένος τοίχος, ... εκτός επιπέδου, με εύκαμπτα δικτυωτά πλέγματα **ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΣΟΒΑ** (; !), πλαστικά ή χαλύβδινα (INOX) κ.λπ. ; !



**EARTHQUAKE PLANNING AND  
PROTECTION ORGANIZATION  
(E.P.P.O.)**



**COUNCIL OF EUROPE  
EUROPEAN CENTRE ON  
PREVENTION  
AND FORECASTING  
OF EARTHQUAKES  
(E.C.P.F.E.)**

**ATHENS WORKSHOP / EC 8 – 3 : 2005 and nGCSI : 2012**

**APRIL 12, 2013**

**Recent Greek Provisions for RC Structures with URM Infills**

**M. Chronopoulos and P. Chronopoulos, LRC/NTUA/GR**

## **ABSTRACT**

A new Greek Code is already approved and in force, covering structural assessment, interventions (repair or/ and strengthening) and redesign of existing reinforced concrete (RC) structures, in line with the relevant provisions of the Euro-Codes, and especially of the EC 8-1 : 2004 and of the EC 8-3 : 2005 (for new and existing structures, respectively).

Among the various aspects covered by this extensive Code, admittedly far beyond and more detailed than the EC 8, is that of masonry partitioning-infilling walls (made mainly of perforated clay bricks), already existing (plain/unreinforced-URM, with one or two leafs-wythes, previously damaged or not) or enhanced or arranged on purpose for seismic upgrading of old or/and inadequate RC buildings, consisting of engineered masonry panels, unreinforced or even reinforced.

According to this new Greek Code (nGCI), a lot of additional (to those of the EC 8) related problems and aspects are at least shortly covered (in a code-like format) and presented/discussed in this paper, such as :

- Basic principles, i.e. reliability aspects, interaction of URM infills and RC elements or structures, quantitative global and local influence for frames or quasi-frames, possibly adverse local effects, assessment, repair or/and strengthening;
- Technological and geometrical aspects, i.e. types of infills, existing (non-engineered) or new, geometrical data, presence of one or of two leafs (connected or not), panel's thickness and slenderness, influence of openings and of wedging;
- Mechanical behavior, i.e. out-of-plane and in-plane response, macro-models based on shear panels or on equivalent compression diagonals (struts), mechanical characteristics and typical (default) mean values for design and redesign, influence of past damage and residual characteristics, as well as
- Methods of analysis, assessment and redesign, i.e. linear and non-linear approaches, static or dynamic ones, verifications in terms of force (global or local behavior factors) or of displacement, based on specific performance requirements and levels (no-collapse, significant damage, limited damage).

1. INTRODUCTION
2. GENERAL ASPECTS BASED ON EC8-3
3. THE nGCSI – ADDITIONAL PROVISIONS
4. PROVISIONS REGARDING THE INFLUENCE OF OPENINGS
5. PROVISIONS REGARDING THE SLENDERNESS OF INFILLS
6. MODELS AND RESISTANCES OF URM INFILLS
7. DAMAGED URM INFILLS
8. CONCLUDING REMARKS

**APP. A :** Additional irregularities due to masonry infills

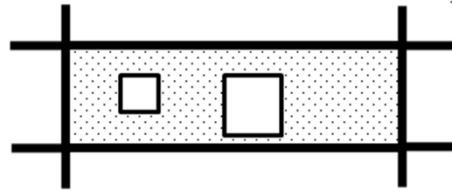
**APP. B :** Adverse local effects due to masonry infills (in general)

**APP. C :** Local effects due to full infilling

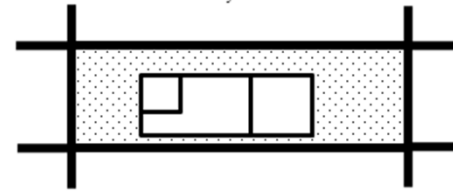
**APP. D :** Local effects due to partial infilling

**APP. E :** Mechanical data for Greek URM infills

[ACCORDING TO EC 8-1, INFILLS WITH MORE THAN 1 SIGNIFICANT OPENINGS,  
E.G. A DOOR AND A WINDOW, SHOULD BE NEGLECTED, SEE APPENDIX A]



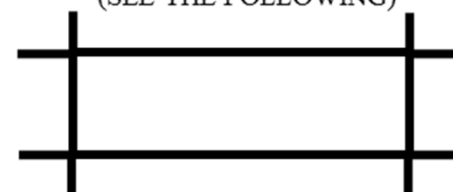
TWO SMALL AND NEIGHBORING  
PERFORATIONS



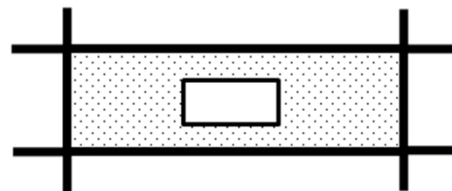
ONE EQUIVALENT CIRCUMSCRIBING OPENING  
(SEE THE FOLLOWING)



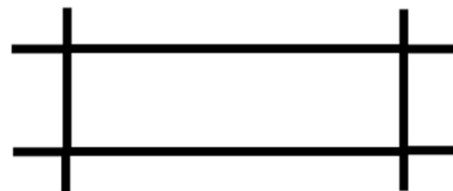
TWO BIG OPENINGS  
ADJACENT TO THE RC COLUMNS



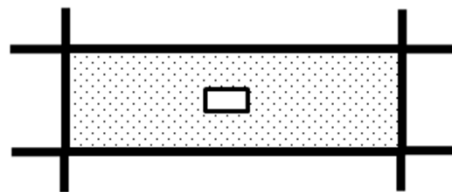
NO PANEL AT ALL



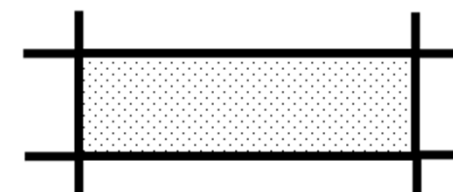
ONE BIG OPENING, AT THE CENTER  
(dimensions  $\sim 0,5 \ell$  or/and  $0,5 h$ )



NO PANEL AT ALL

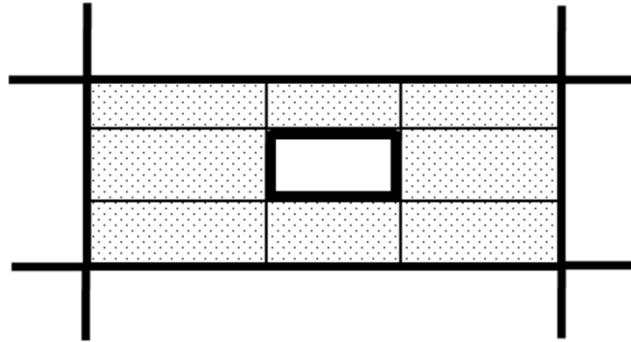


ONE SMALL OPENING, AT THE CENTER  
(dimensions  $\sim 0,2 \ell$  or/and  $0,2 h$ )

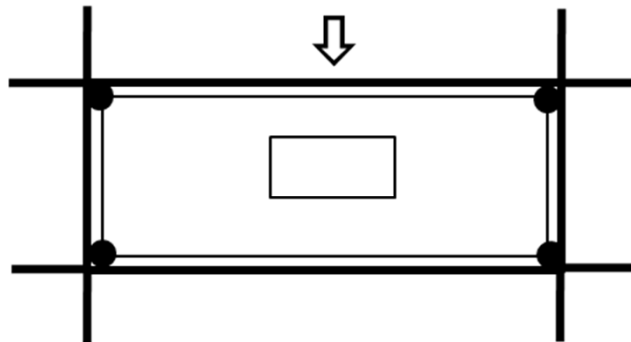


FULL PANEL

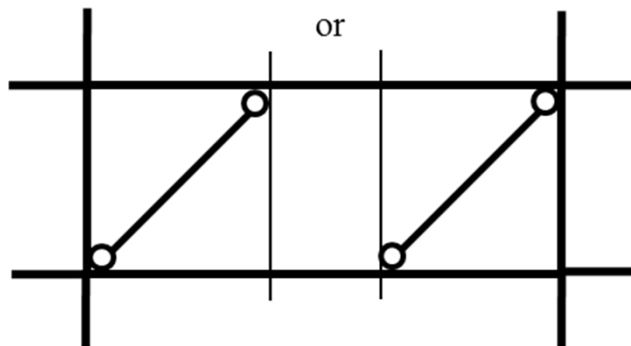
“Black” or “White” decisions regarding openings of URM infills.



[SEE THE MODELS IN THE FOLLOWING §§ 6 and 7]

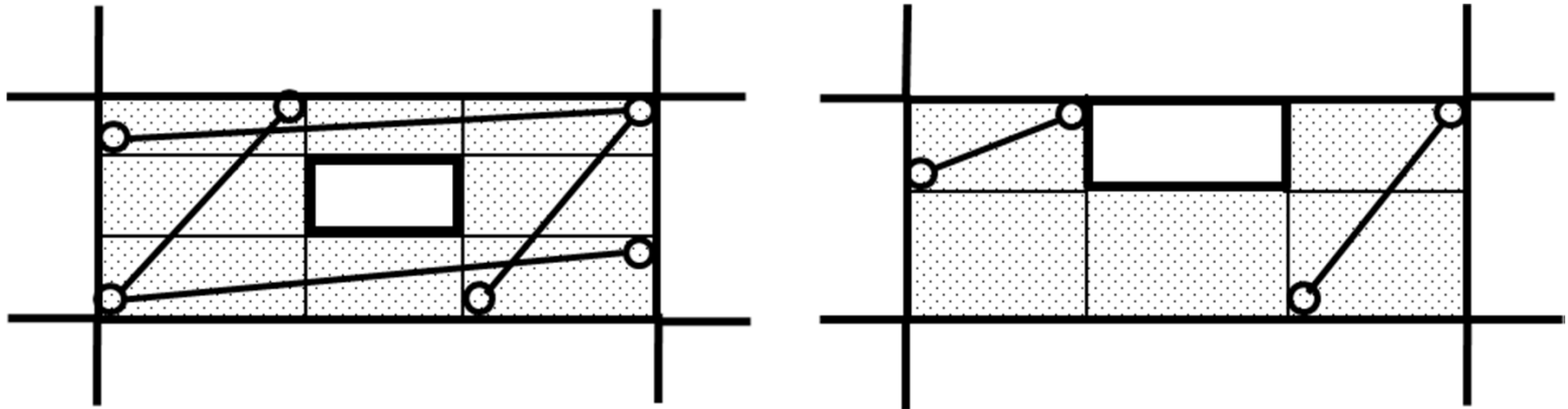


(A SHEAR PANEL WITH REDUCED RESISTANCES)



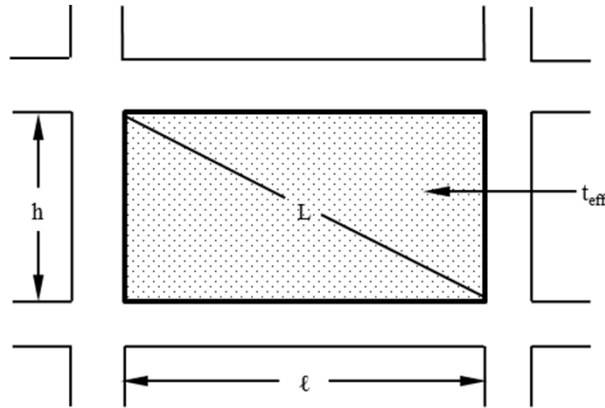
(A SET OF TWO STRUTS)

One approx. central opening with dimensions between 0,2 and 0,5 of those of the panel (especially in the case of any trimming elements, posts, belts, etc.).

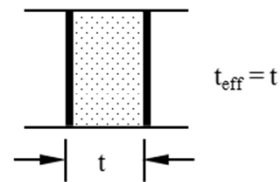


Other relevant proposals, suitable for local analyses.

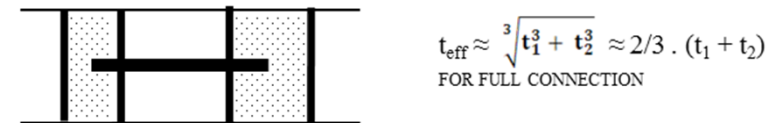
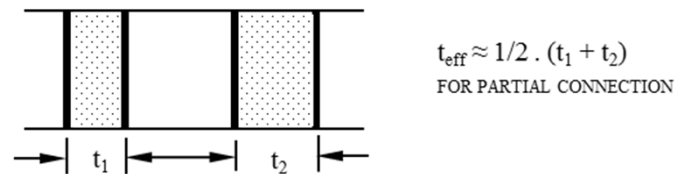




a) Single or double leaf-wythe panel (or a panel well bonded across its thickness)

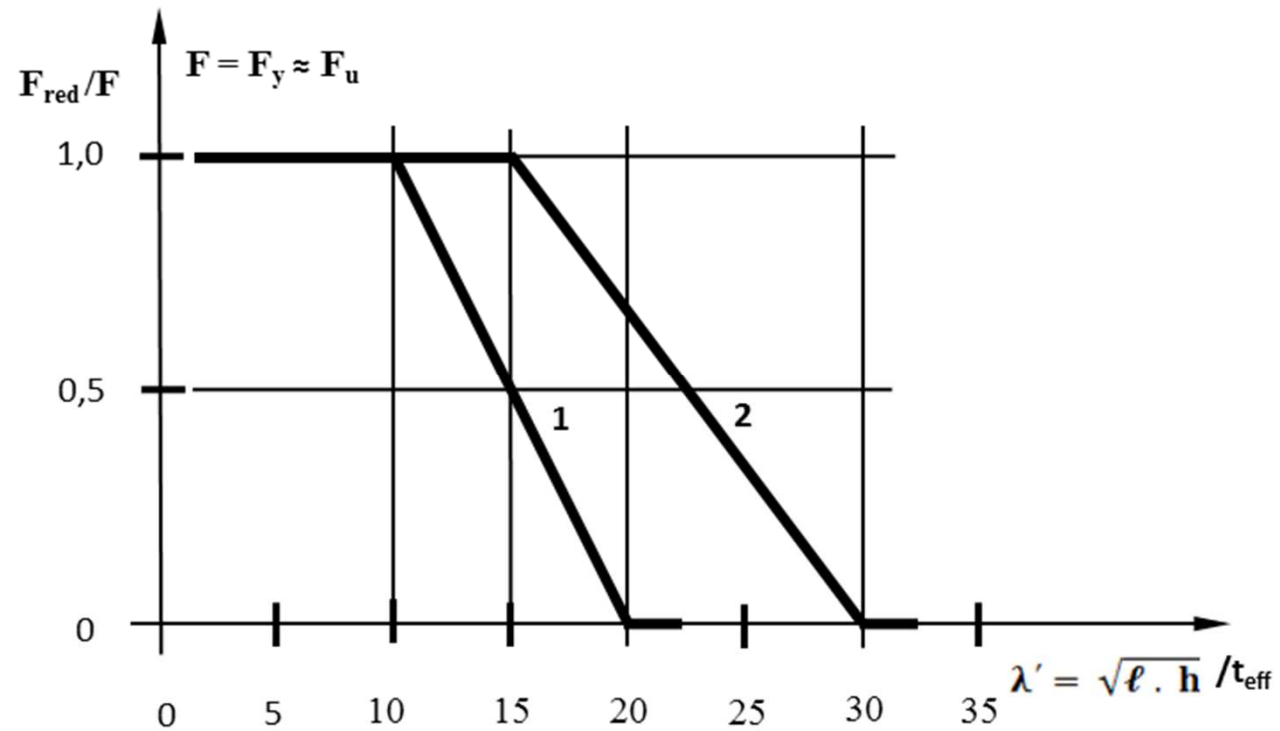


b) Panels made of two webs-layers (“hollow” or cavity panels)



[SEE ALSO THE RELEVANT PROVISIONS OF EC 6-1-1 : 2005]

Geometry of panel(s).



For common infill panels :  $\sqrt{\ell \cdot h} \approx 0,6 L$  and  $\lambda' \approx 0,6 \lambda$ .

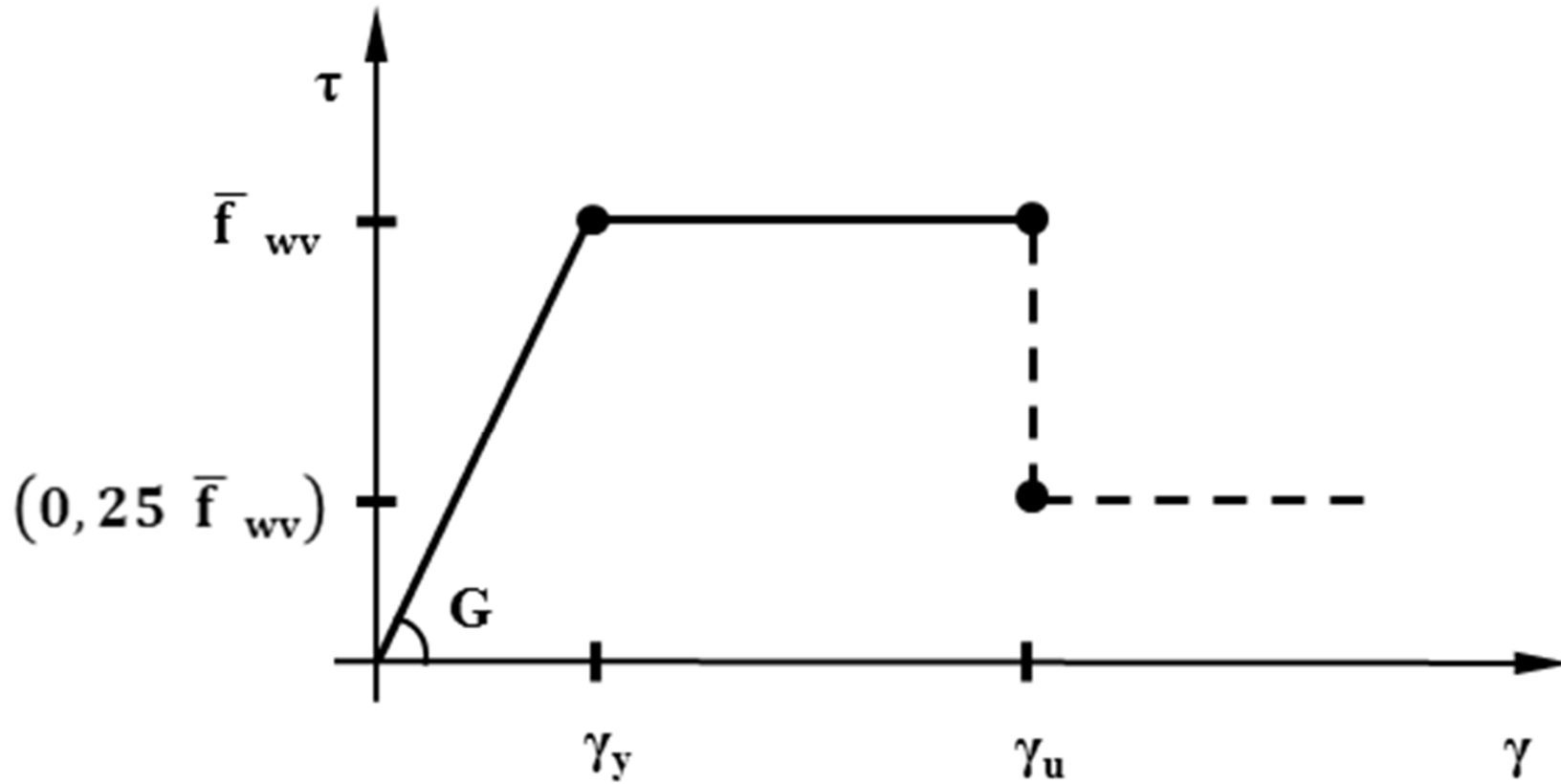
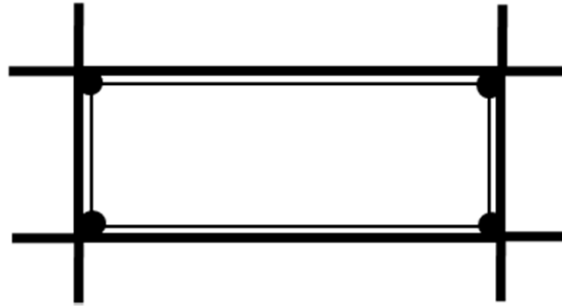
1. Contact (“simple”), with some minor debonding/separation.



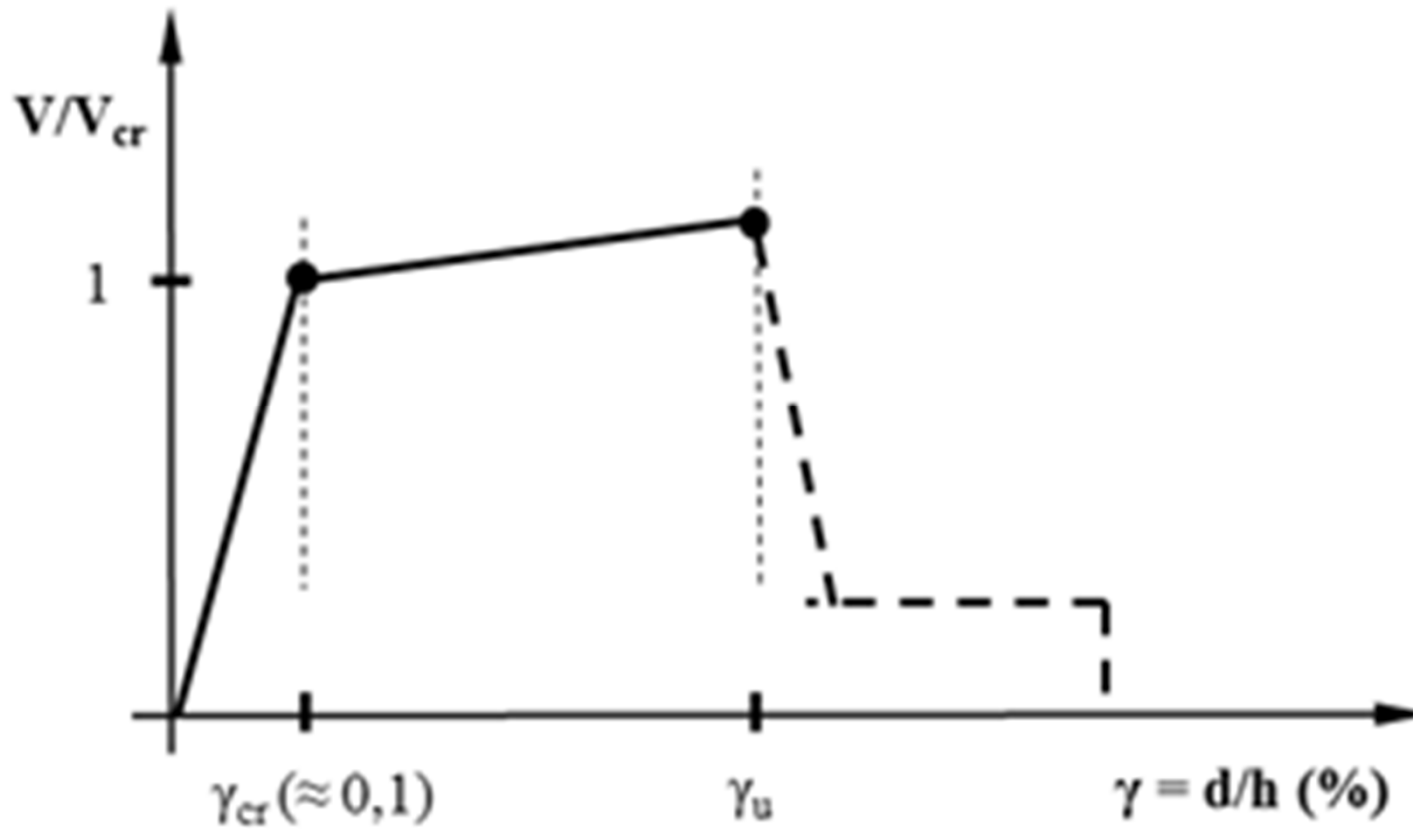
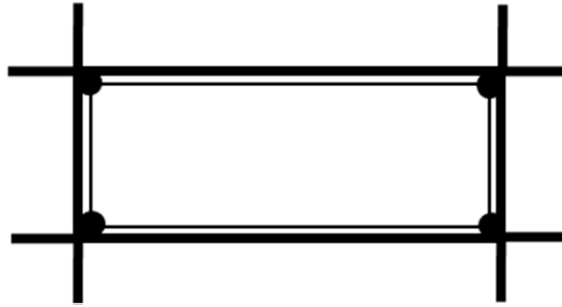
2. Tight contact, careful wedging along all 4 sides, eventually after repair of any cracking along the perimeter. To this end, any gaps must be filled and any cracks must be repaired, even early ones due to high masonry (mortar) shrinkage, for an integral and reliable infill-frame interaction.



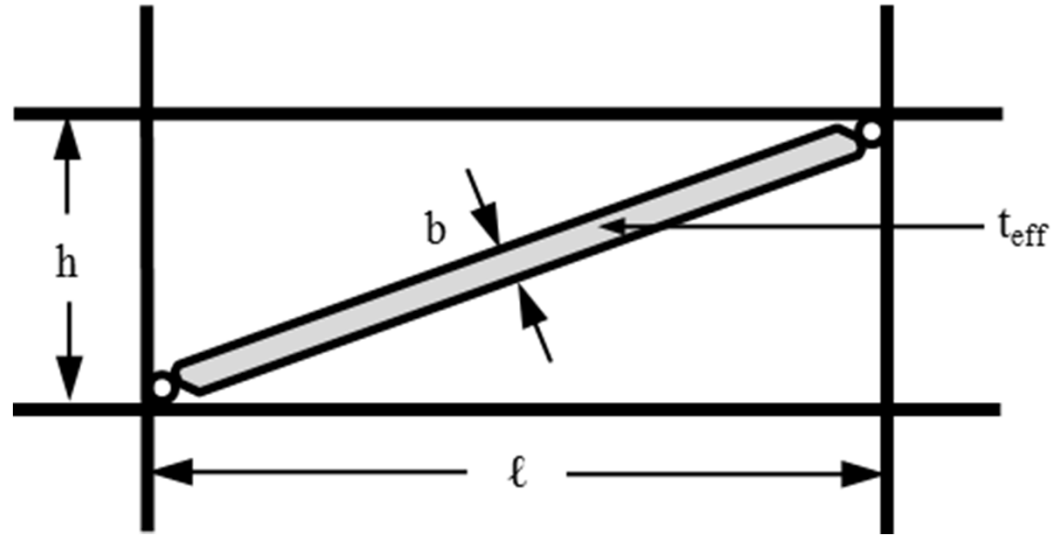
Reduction of out-of-plane resistance(s).



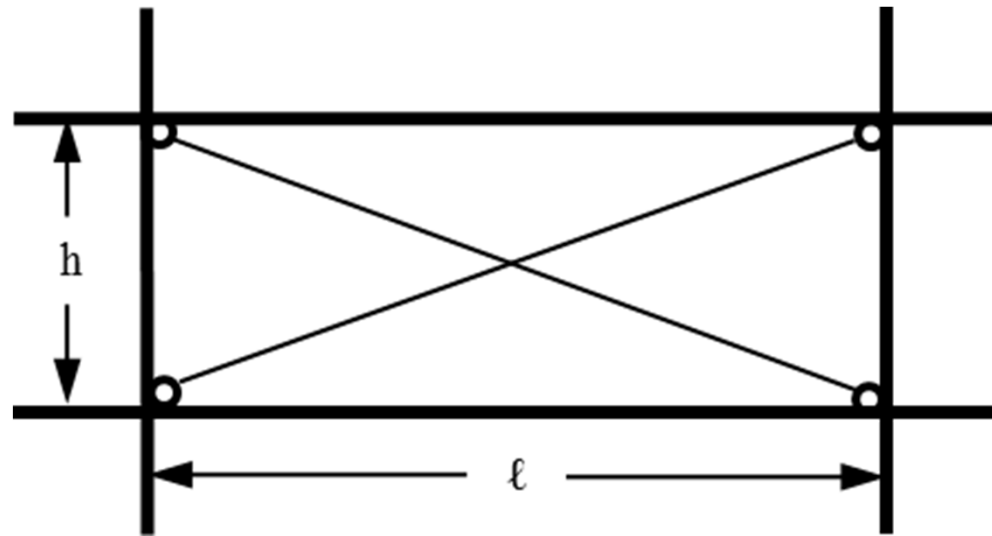
Orthotropic (or “equivalent” isotropic) shear panel and the corresponding bilinear skeleton curve (PL B).



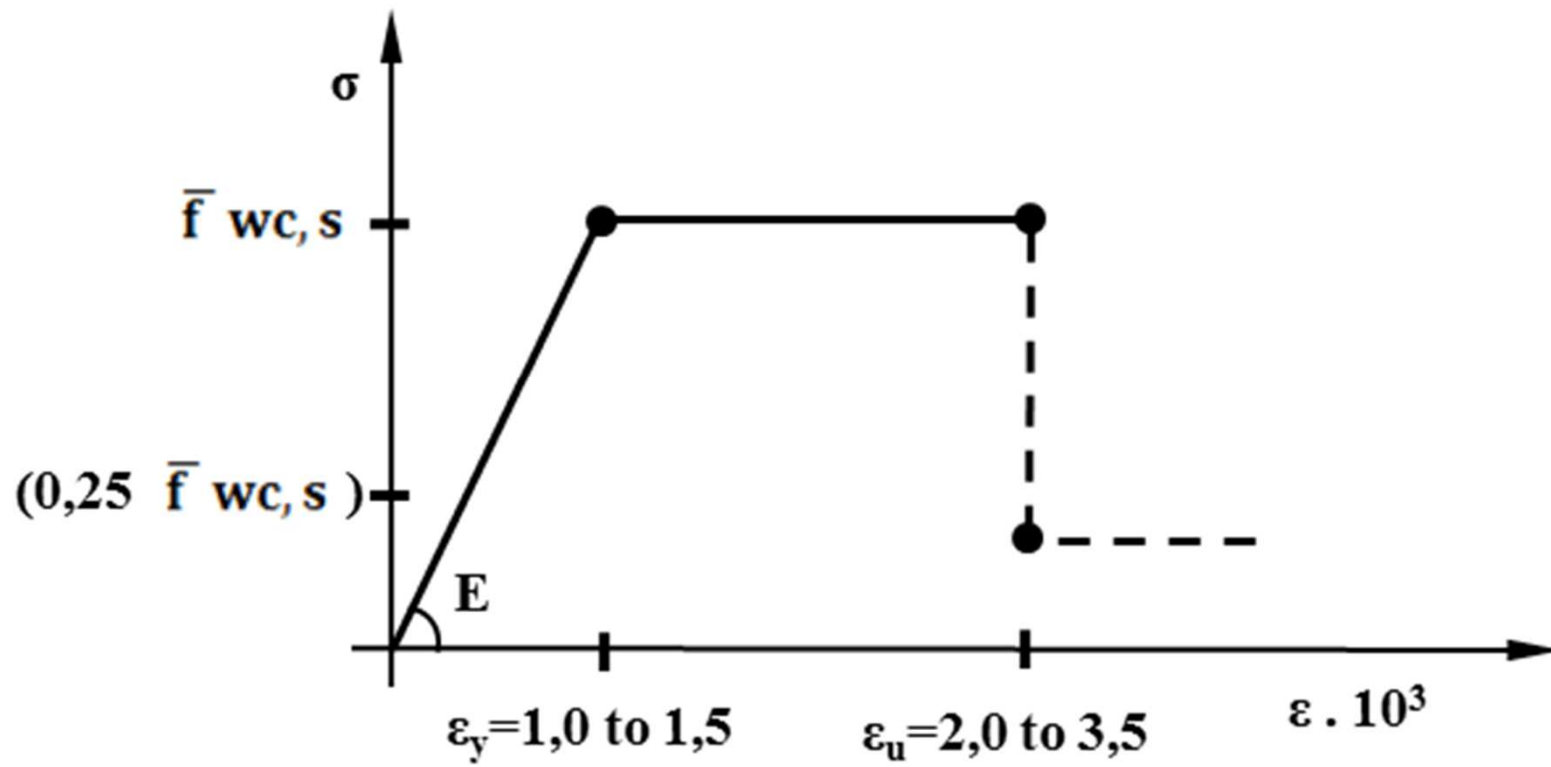
Orthotropic (or “equivalent” isotropic) shear panel  
and the V- $\gamma$  diagram for shear panel(s), FEMA.



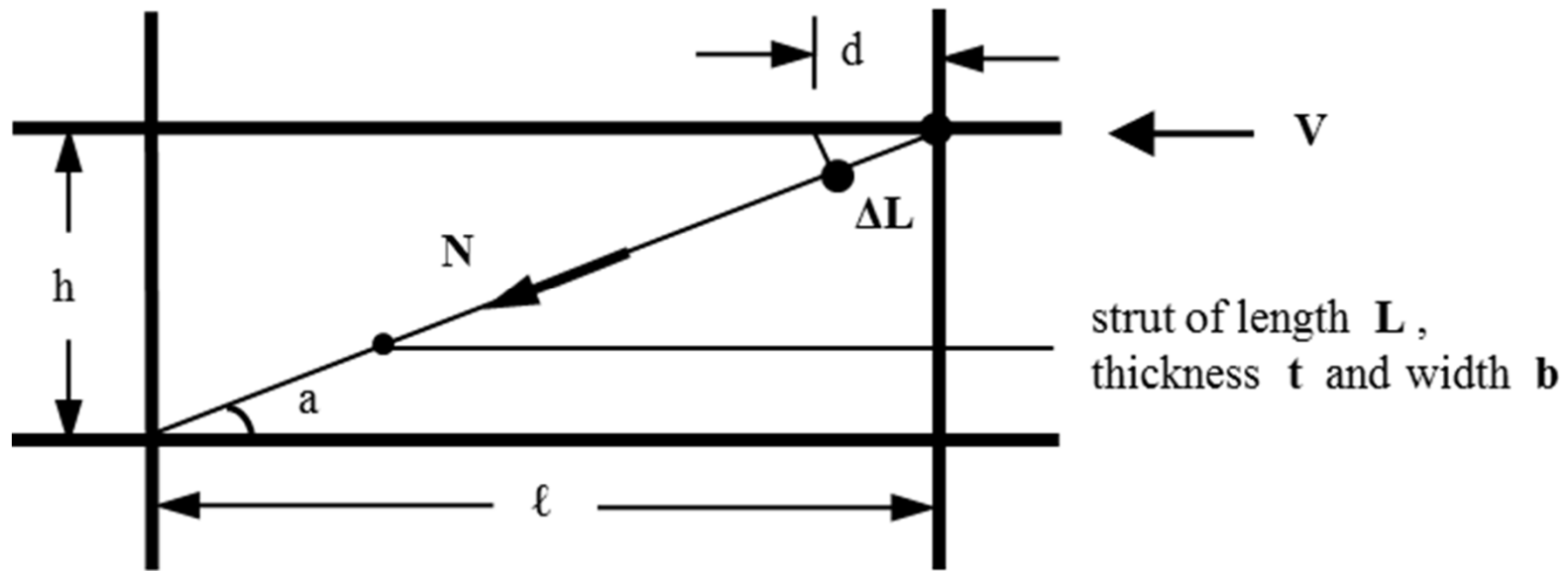
Equivalent (compression) strut(s).



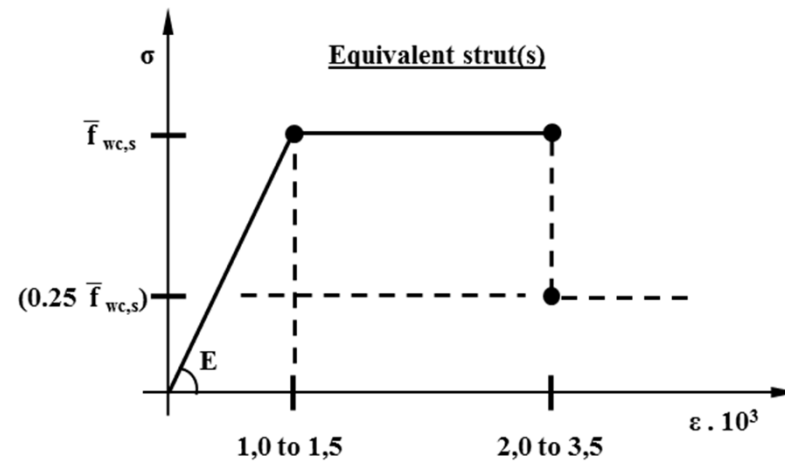
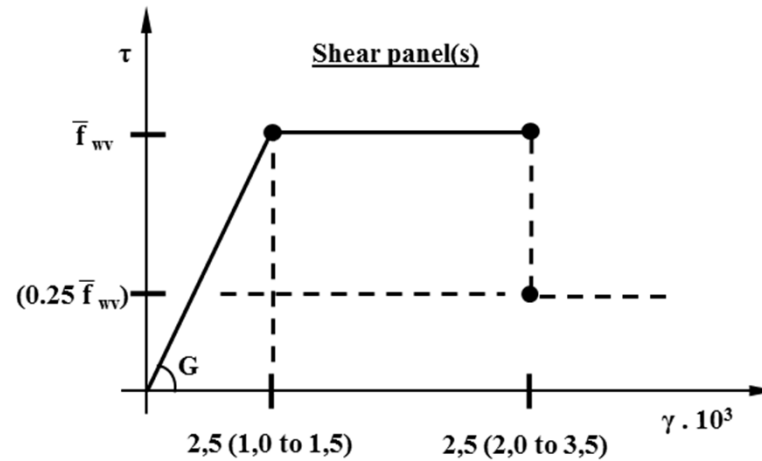
A set of strut(s)-and-tie(s), with bars of half or full stiffness, for linear (compression and tension bars) or non-linear (compression bars only) analyses, respectively.



The corresponding bilinear skeleton curve (PL B).



Forces and displacements.



### Mechanical characteristics

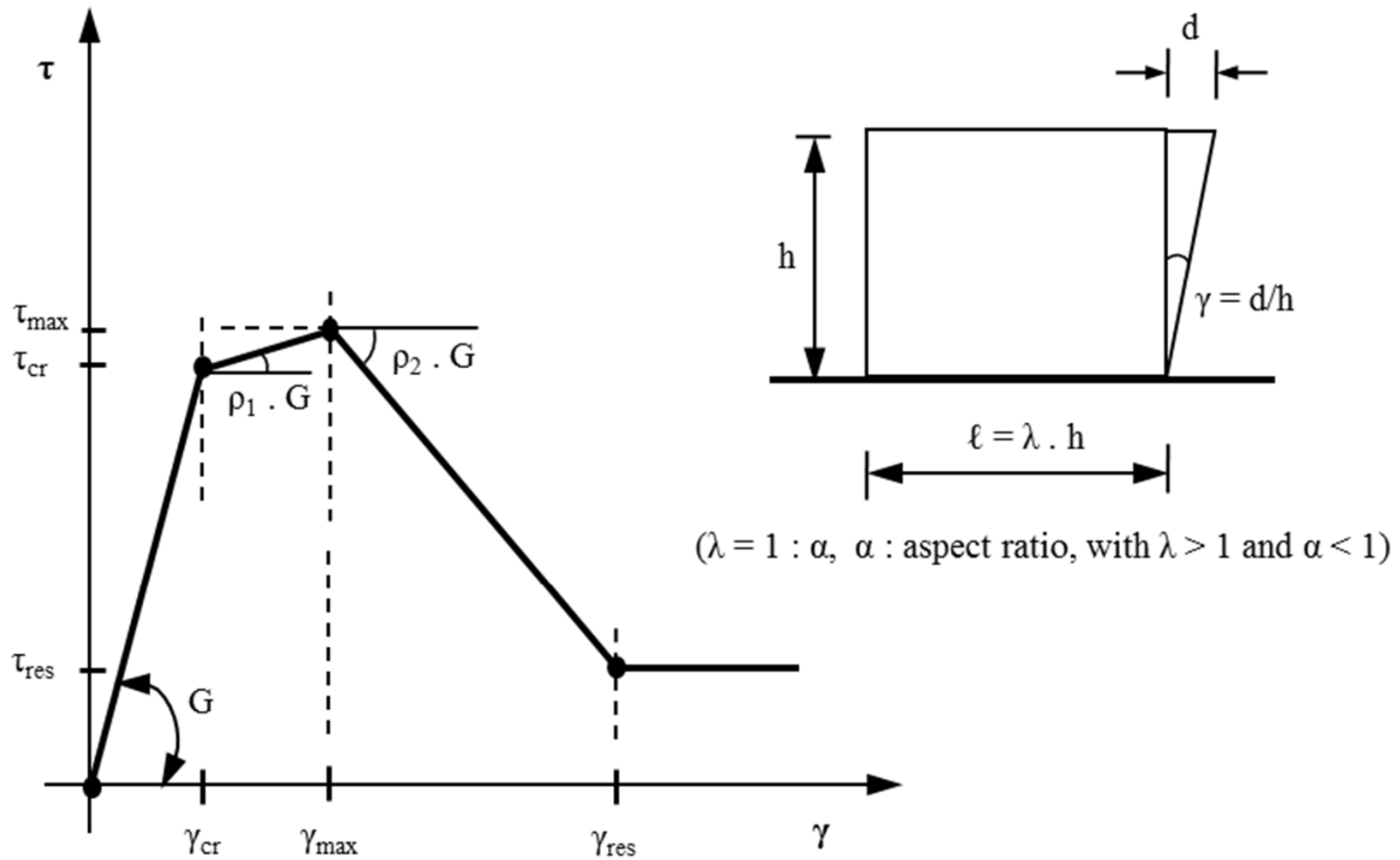
- $\bar{f}_{wv} : \bar{f}_{wc,s} \approx 0,15$
- $G \approx (300 \text{ to } 350) \bar{f}_{wv}$  and  $E \approx 800 \bar{f}_{wc,s}$

The 2 equivalent models according to the nGCSI for PL B, while for PL A resistances should be increased by 50%.



	INFILL PANEL	CONDITION AND WEDGING		
		GOOD	FAIR	POOR
$\bar{f}_{wc,s}$	DOUBLE LEAF, $t_{eff} \approx 0,2$ m	2000	1500	1000
	SINGLE LEAF, $t_{eff} \approx 0,1$ m	1500	1000	750
$\bar{f}_{wv}$	DOUBLE LEAF, $t_{eff} \approx 0,2$ m	250	200	150
	SINGLE LEAF, $t_{eff} \approx 0,1$ m	200	150	100
		CONDITION		
		GOOD	FAIR	POOR
$\bar{f}_{wc}$		~ 8.000	~ 5.400	~ 2.700
$\bar{f}_{wv}$		~ 240	~ 180	~ 120

Default strength values for Greek URM infills, as well as according to FEMA, kPa.

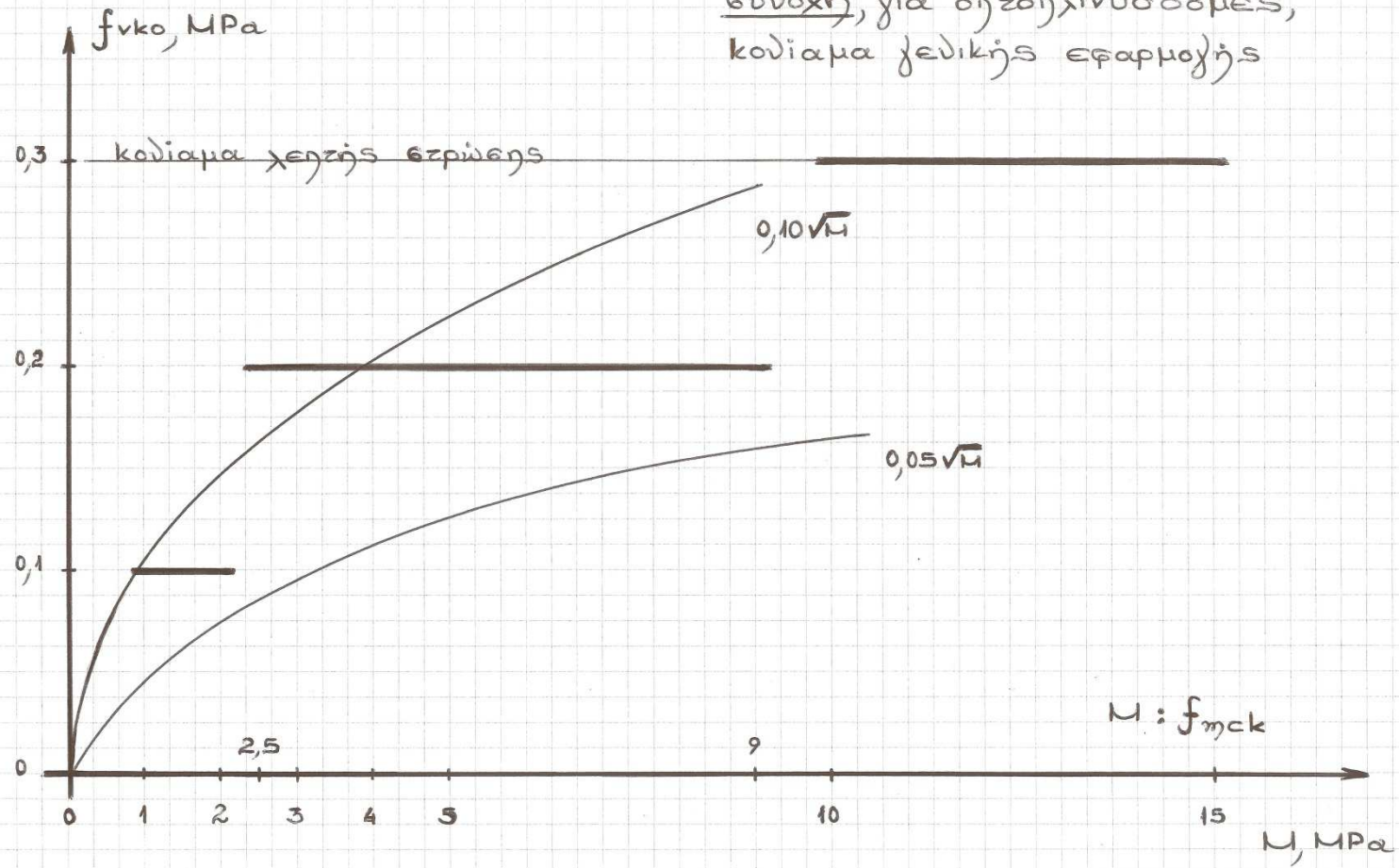


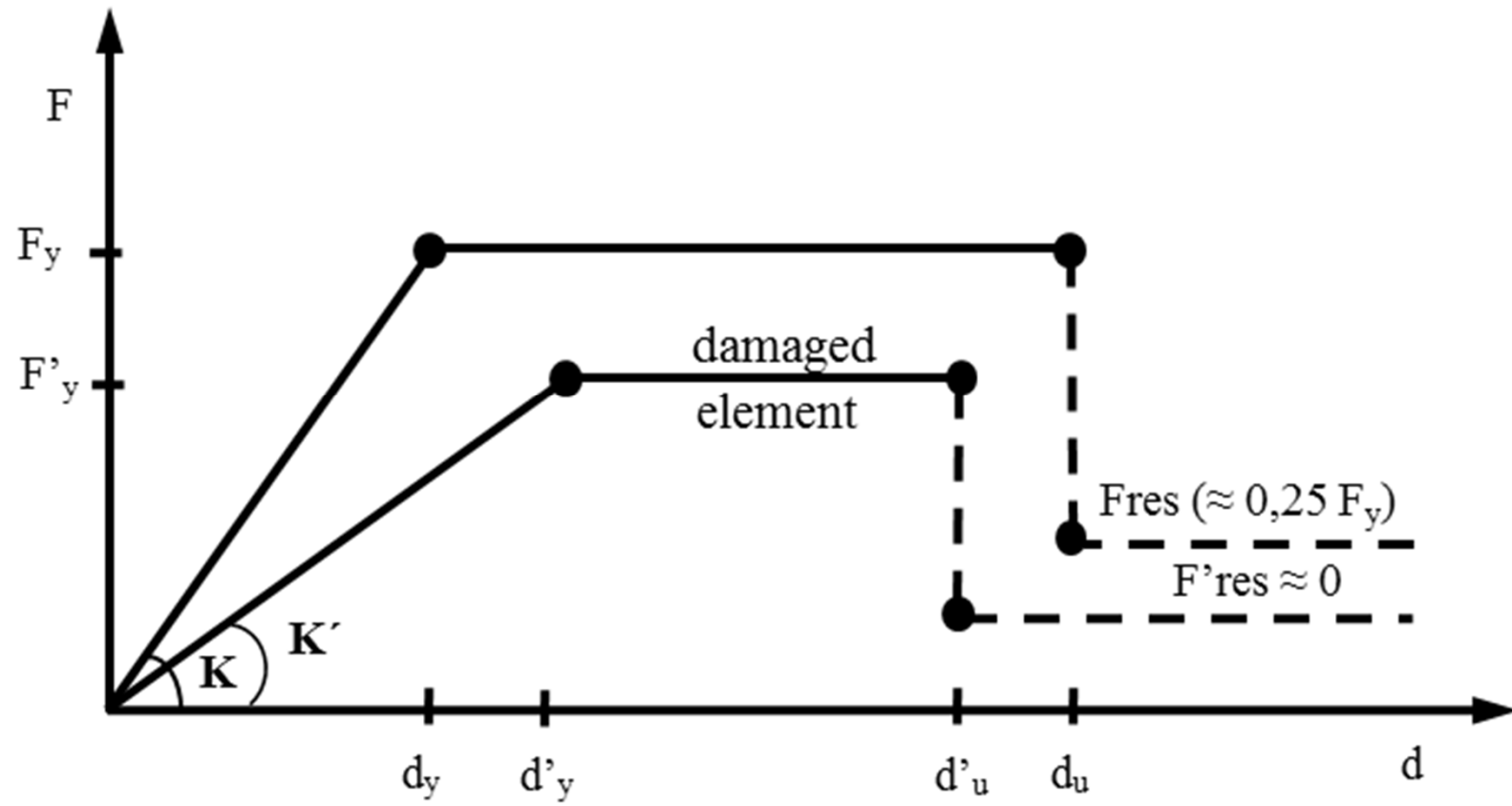
The general model for URM infills.

	$\tau_{cr}$ (MPa)	$\gamma_{cr}$ (‰)	$\tau_{max}/\tau_{cr}$	$\gamma_{max}/\gamma_{cr}$	$\tau_{res}/\tau_{max}$	$\gamma_{res}/\gamma_{max}$
TPT	0,30	(0,75)	1,30	1,30	0,30	2,25
F/P	0,25	1,50	1,30	3,00	0,10	$\geq 2,00$
S/K	0,25	1,00	1,45	4,50	—	—
CHR/LOS	0,20	2,00	1,25	3,00	0,25	2,50
“COMMON” VALUES	0,25	1,50	1,25	3,00	0,25	2,50

Typical values of the 4 relevant models.

EC 6-1-1:2005,  
ευδοχή, για οηζοηκινδοδομές,  
κωδιαμα χεδνκής εφαρμολής



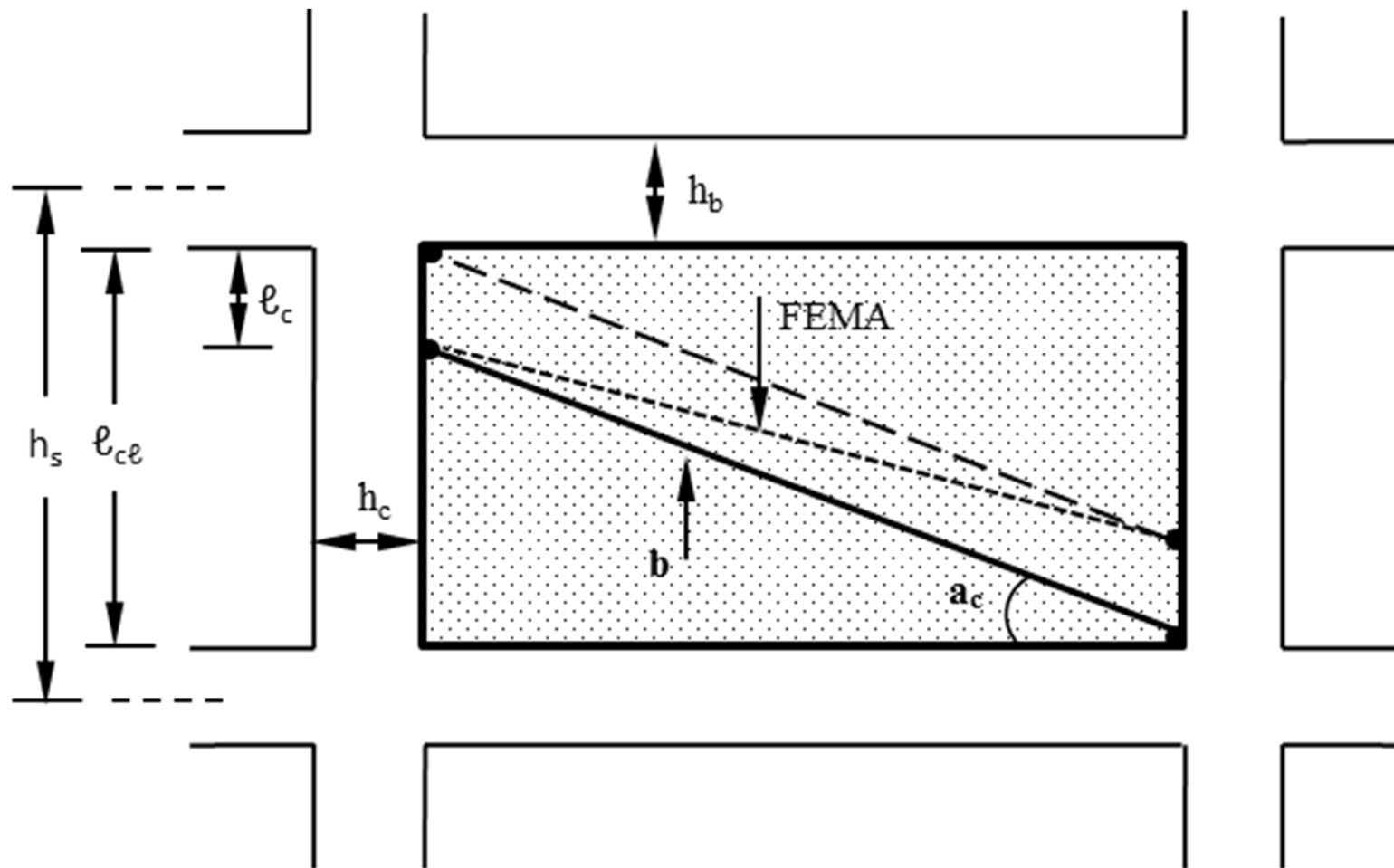


Degraded skeleton curves of damaged URM infills.

<b>DAMAGE LEVEL</b>	<b>SHORT DESCRIPTION</b>	<b>r<sub>K</sub></b>	<b>r<sub>R</sub></b>
DL 1 Light	Light cracks, generally isolated ones, with a width < 2 to 3 mm, in particular around openings, or debonding/separation cracks.	0,90	0,90
	Multiple cracks, generally light ones, interconnecting or not, especially on masonry infill panels with multiple or large openings/perforations.	0,70	0,70
DL 2 Significant	Substantial cracks, diagonal or bidiagonal ones, with a width > 5 mm, debonding/separation cracks, cracks on posts or belts, w/o significant displacement out-of-plane (< 5 mm).	0,50	0,50
DL 3 Heavy	Heavy/severe cracks, generally bidiagonal ones, failure, wide debonding/separation, substantial damages on posts or belts, significant displacement out-of-plane (but < 15 mm).	0,20	0,20

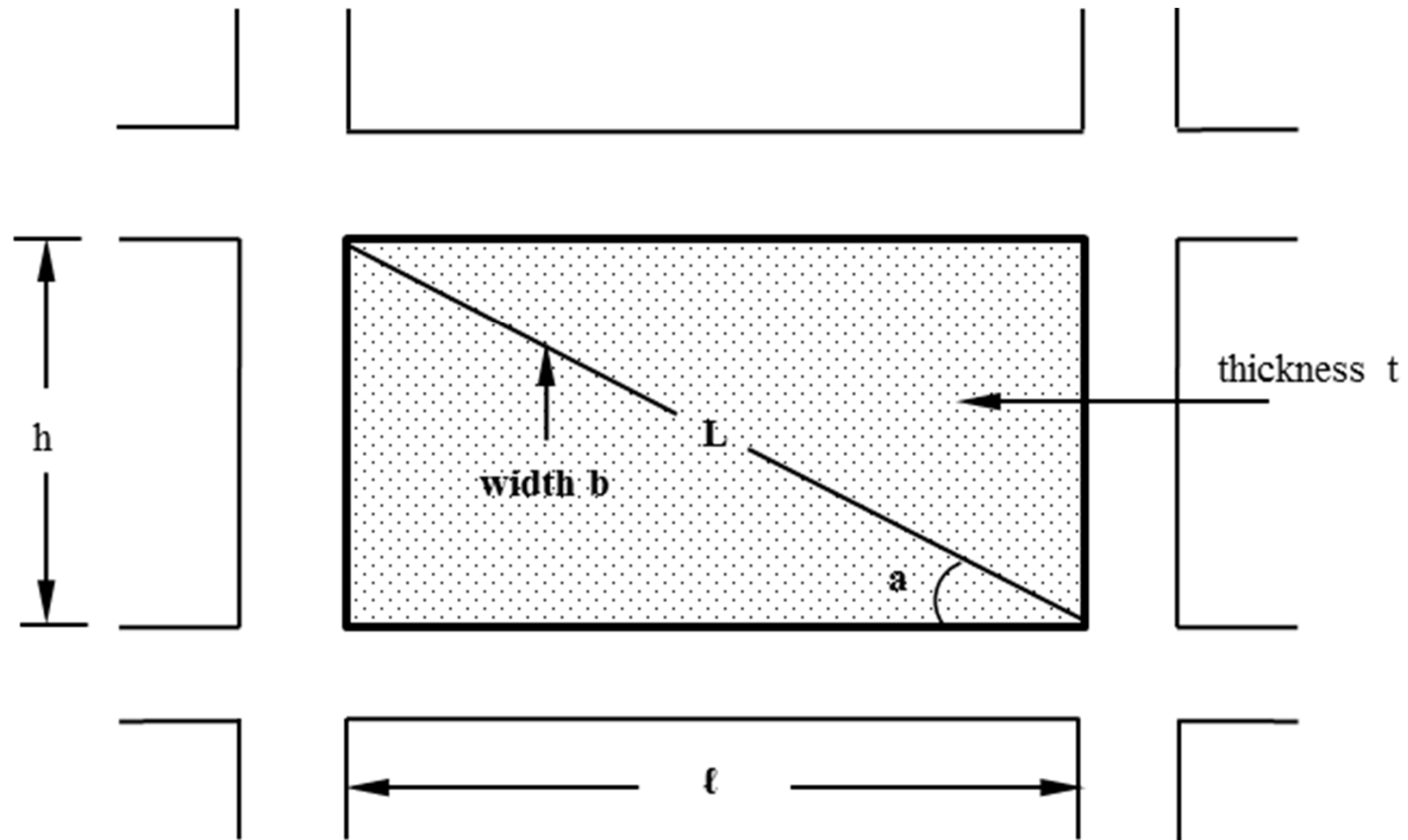
[Values for r<sub>du</sub> factors are not given; engineering judgement is needed. Substantial damage, i.e. that with r or r<sub>r</sub> ≤ 0,85, shall be fully repaired, in any case.]

Values of r factors for damaged URM infills.



$h_s$  : storey height,  $h_c$  : column's dimension,  $l_{cl}$  : column's clear length  
 $l_c$  : column's "contact" length,  $b$  : strut's breadth – width (URM infill panel)

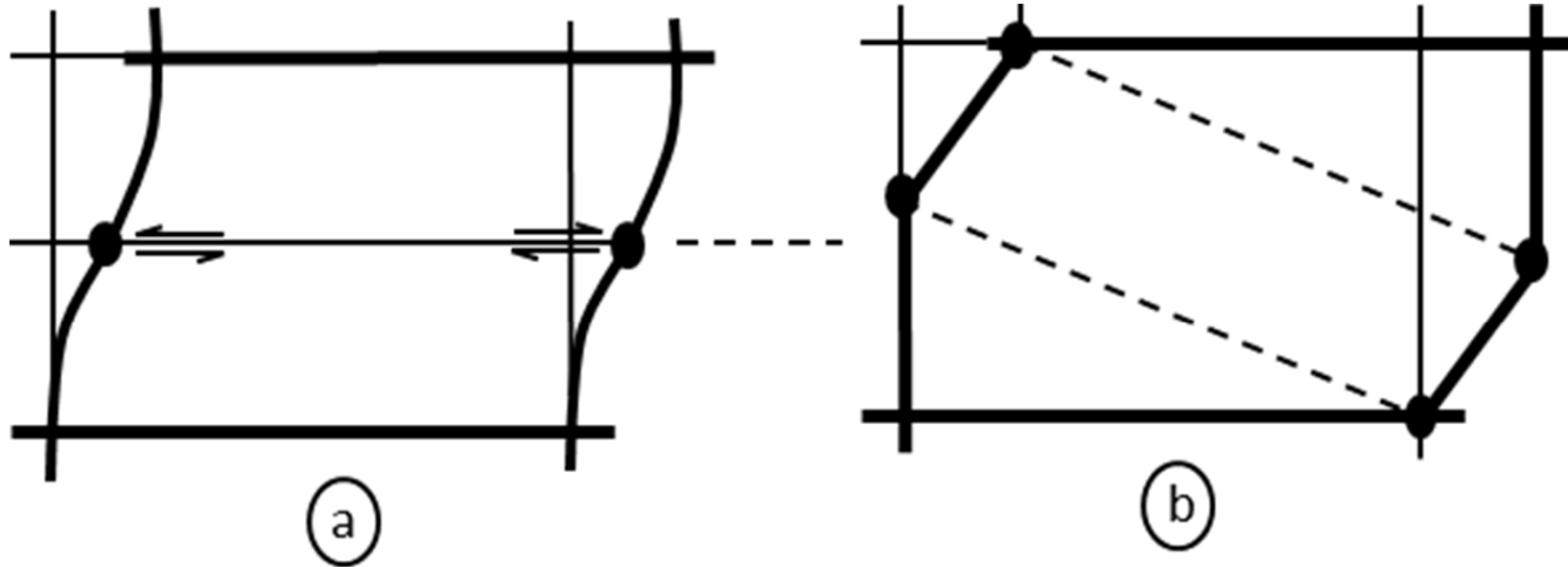
Geometry of the frame and of the panel.



$$L = \sqrt{l^2 + h^2} = h/\sin a = l/\cos a, \quad b \approx \kappa \cdot L \quad (\kappa \approx 0,15, \text{ see §§ 6.3 and 6.4}).$$

Geometry of the strut.





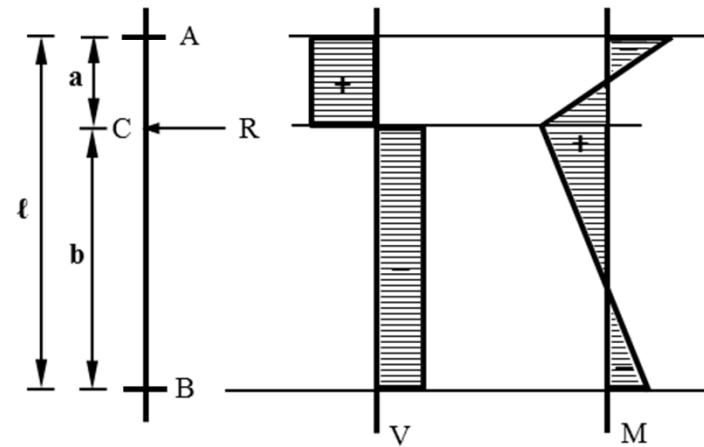
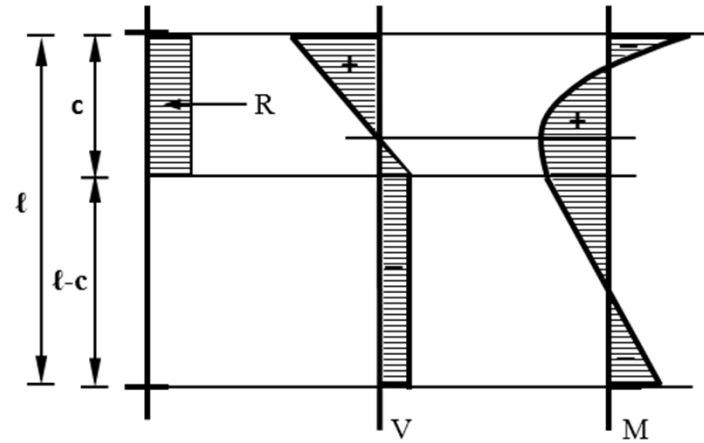
$V_{Ecd} : \min (V_a ; V_b)$ , where

$V_a = A_w \cdot f_{wv} = (t \cdot \ell) \cdot f_{wv}$  and

$V_b = 2 \gamma_{Rd} \cdot M_{RC} / \ell_c$ , with

$\gamma_{Rd} = 1,3$  or  $1,1$  for DC H or M, respectively.

Failure modes and shear forces.



$$V_A = (R \cdot b/\ell) \cdot (1 - a^2/\ell^2 + ab/\ell^2)$$

$$V_B = (R \cdot a/\ell) \cdot (1 - b^2/\ell^2 + ab/\ell^2)$$

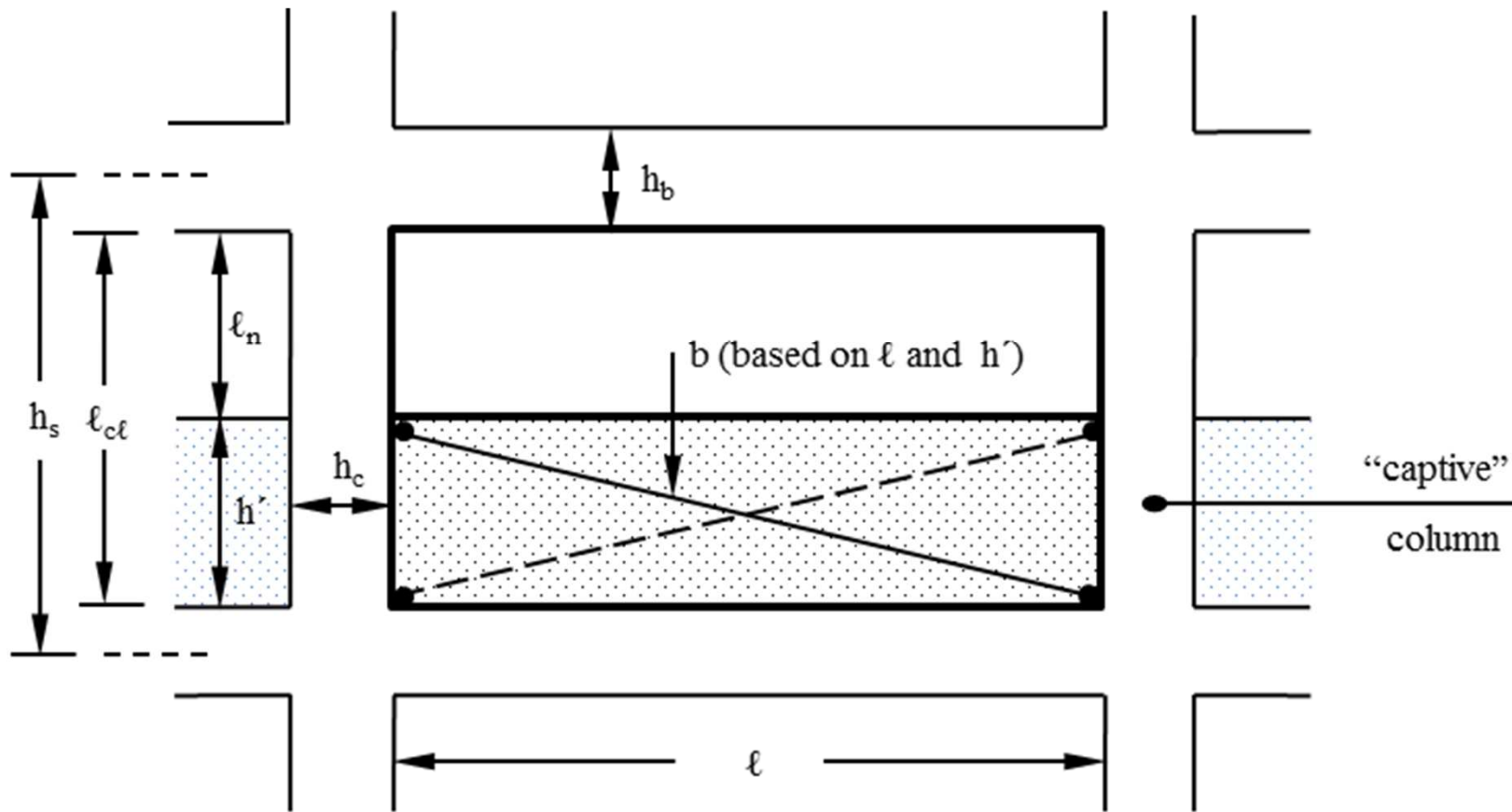
$$M_A = R \cdot ab^2/\ell^2 = M_B \cdot b/a$$

$$M_B = R \cdot a^2b/\ell^2 = M_A \cdot a/b$$

$$M_C = 2R \cdot a^2b^2/\ell^3$$

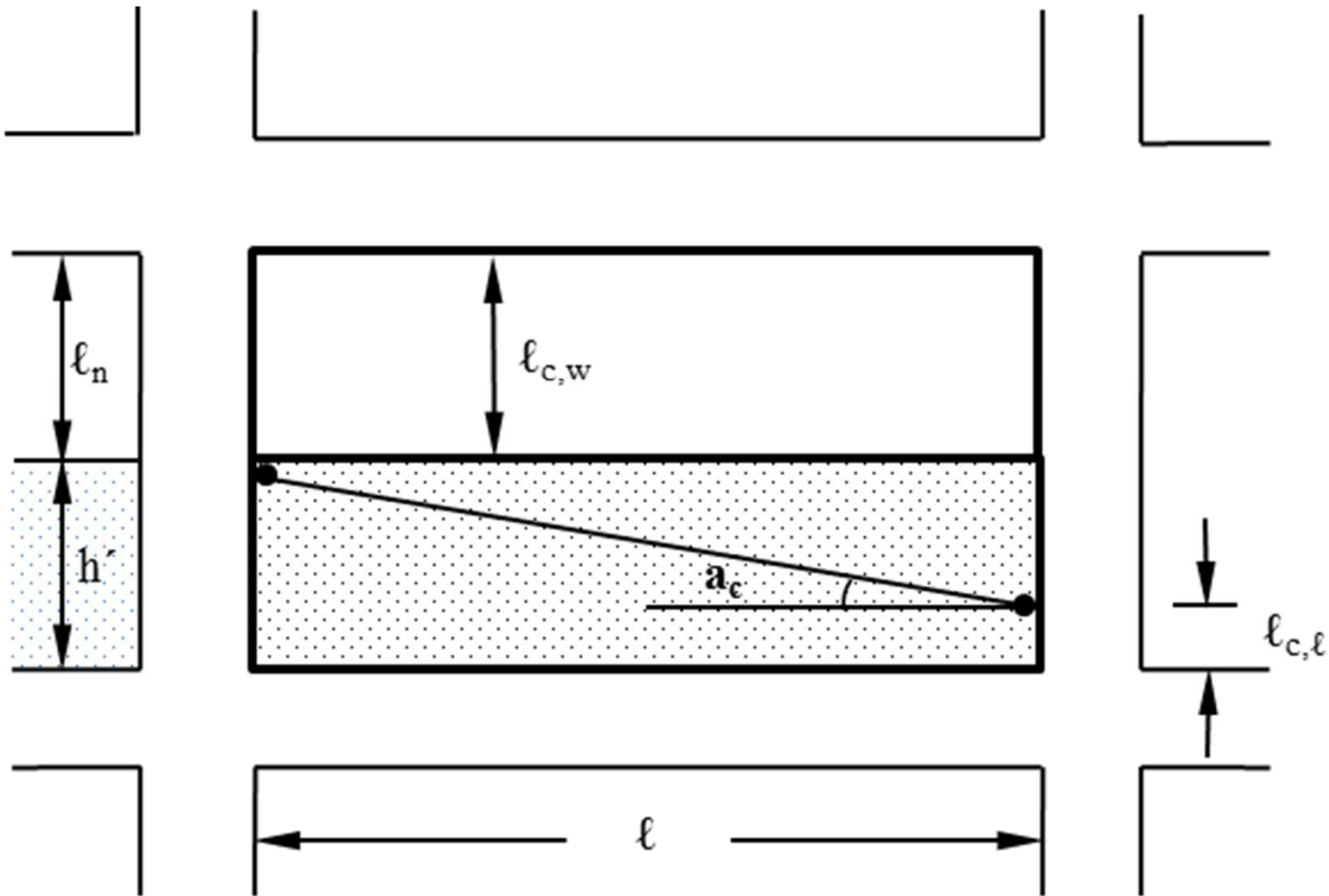
[For  $a = \ell/5$  :  $V_A \approx 0,9R$ ,  $V_B \approx 0,1R$ ,  $M_C \approx 0,05R \cdot \ell$ ,  $M_A = M_C \cdot \ell/2a$ ,  $M_B = M_C \cdot \ell/2b$ ]

Local effects on RC columns due to infills.



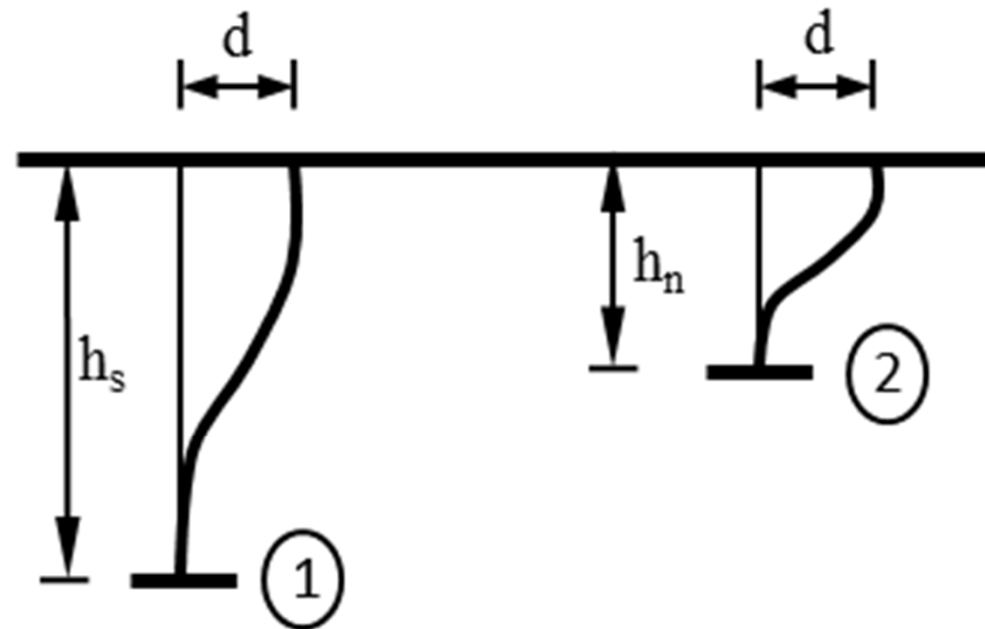
$h_s$  : storey height,  $h_c$  : column's dimension,  $l_{cl}$  : column's clear length  
 $l_n$  : column's "naked" length,  $b$  : strut's breadth – width (URM infill panel)

Geometry of the frame and of the panel.



[ $\ell_{c,w} \approx \ell_n$  and  $\ell_{c,\ell} \approx b/\cos a_c$ , with  $\tan a_c \approx (h' - \ell_{c,\ell})/\ell$ ,  
 index **w** for windward and index **ℓ** for leeward]

The relevant approach according to the FEMA.



$$V_{1,e\ell} = (12EI/h_s^3) \cdot d \quad , \quad V_{2,e\ell} = (12EI/h_n^3) \cdot d = V_{1,e\ell} \cdot (h_s/h_n)^3$$

$$M_{1,e\ell} = (6EI/h_s^2) \cdot d \quad , \quad M_{2,e\ell} = (6EI/h_n^2) \cdot d = M_{1,e\ell} \cdot (h_s/h_n)^2$$

The elastic approach for RC columns with different heights.

## **ΦΟΙΤΗΤΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ/ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ**

**ΠΑΤΡΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2009, 2010, 2011 και 2015**

- Πάτρα, 13 & 14/05/2009
- Κέρκυρα, 26 & 27/06/2009
- Χίος, 16/10/2009
- Κως, 27/11/2010
- Σεμινάρια ΚΑΝΕΠΕ
- Σεμινάρια ΕΚΔΔ

### **ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ**

**(ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΚΑΝΕΠΕ)**

**Μ.Π. Χρονόπουλος, ΕΩΣ/ΕΜΠ**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 1) Γενικά, προσομοίωση
- 2) Επιρροή ανοιγμάτων
- 3) Πρόωρη αστοχία εκτός επιπέδου, απομείωση αντιστάσεων
- 4) Αντιστάσεις τοιχοπληρώσεων
  - 4.1 Καταστατικός νόμος διατμητικού φατνώματος
  - 4.2 Καταστατικός νόμος θλιβόμενης διαγώνιας ράβδου
  - 4.3 Συνιστώμενες τιμές αντοχών (ΜΠΧ), προσομοιώματα
- 5) Πρόσθετα περί τοιχοπληρώσεων κατά ΚΑΝΕΠΕ
- 6) Τοπική επιρροή τοιχοπληρώσεων, κοντά υποστυλώματα και περιοχές των κόμβων των πλαισίων
- 7) Επιρροή των βλαβών, μειωτικοί συντελεστές  $r$
- 8) Τοιχοπληρώσεις και μή-κανονικότητα, προβλέψεις EC 8 (για τον σχεδιασμό νέων δομημάτων)

## 1. ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ

- 1) ΔΕΝ συμμετέχουν στην ανάληψη κατακορύφων φορτίων (βαρύτητας).  
ΔΕΝ είναι φέροντα στοιχεία (όπως ο σκελετός από Ο.Σ.).
- 2) ΥΠΟ ΣΕΙΣΜΟΝ, επιτρέπεται ή επιβάλλεται να συνεκτιμηθούν (βλ. προσομοιώματα).
- 3) Η ενδεχομένως δυσμενής επιρροή τους (τοπικώς ή γενικώς), οφείλει πάντοτε να ελέγχεται ή/και να περιορίζεται. (π.χ. στρέψη, δημιουργία κοντών στοιχείων κ.λπ.).
- 4) Μπορούν να λαμβάνονται υπόψη μόνον όταν :
  - Περιβάλλονται από στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος (τουλάχιστον κατά τις 3 από τις 4 πλευρές)
  - Δεν έχουν μεγάλα ή/και πολλά ανοίγματα, και
  - Δεν αστοχούν πρόωρα εκτός επιπέδου.
- 5) Γενικώς, απαγορεύεται να λαμβάνονται επιλεκτικώς υπόψη, π.χ. από όροφον σε όροφον ή από θέση σε θέση.

... Κατά την αιτιολογημένη κρίση του Μηχανικού

---

... Τα περί πρωτευόντων/δευτερευόντων στοιχείων ισχύουν μόνον για φέροντα στοιχεία του σκελετού



- 6) Συνήθεις και άοπλες, υφιστάμενες τοιχοπληρώσεις :  
(με κατ' εξοχήν ψαθυρή και αναξιόπιστη συμπεριφορά)

Ενδεχομένως, λαμβάνονται υπόψη μόνον στις στάθμες επιτελεστικότητας Α ή Β, ενώ ελέγχονται σε όρους δυνάμεων ή παραμορφώσεων.

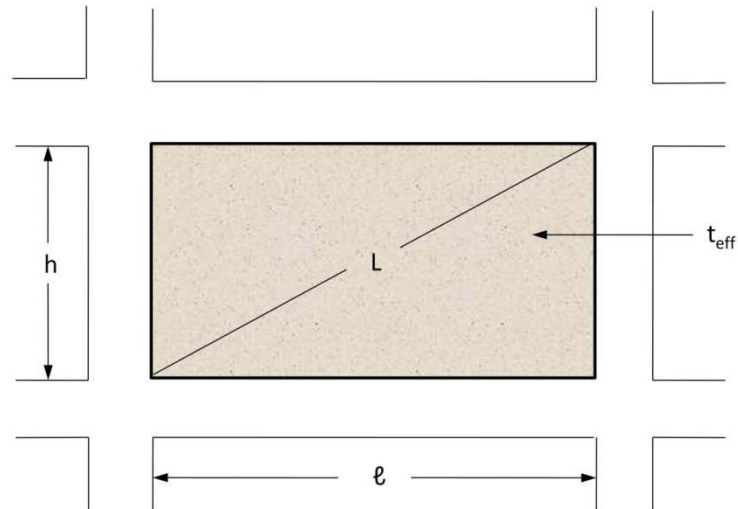
Έτσι, το πλήρες σκελετικό διάγραμμα συμπεριφοράς δεν έχει πρακτική σημασία.

Για την στάθμη επιτελεστικότητας Γ, δεν λαμβάνονται υπόψη, και (κατ' ακολουθίαν) δεν ελέγχονται.

- 7) Υφιστάμενες τοιχοπληρώσεις με ενισχύσεις, ή Προστιθέμενες οπλισμένες τοιχοπληρώσεις

Μπορούν να λαμβάνονται υπόψη καί για την στάθμη επιτελεστικότητας Γ, με κατά περίπτωση έλεγχο σε όρους δυνάμεων ή παραμορφώσεων (αναλόγως πλαστιμότητας).

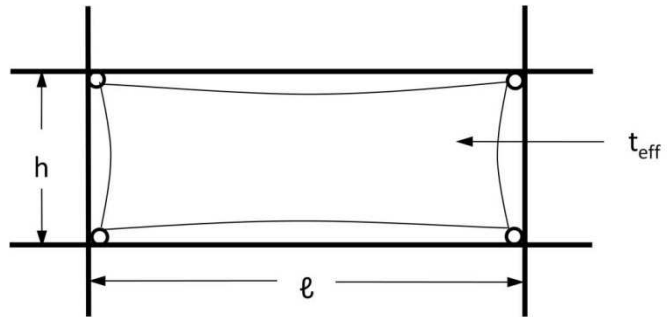
Σχετικώς, επιτρέπεται να συνεκτιμηθεί καί ο κλάδος του σκελετικού διαγράμματος συμπεριφοράς μετά την οιονεί – αστοχία, με  $\alpha=0,25$  και  $\beta=1,50$  (όπως και για τα στοιχεία Ο.Σ.).



## ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΗ

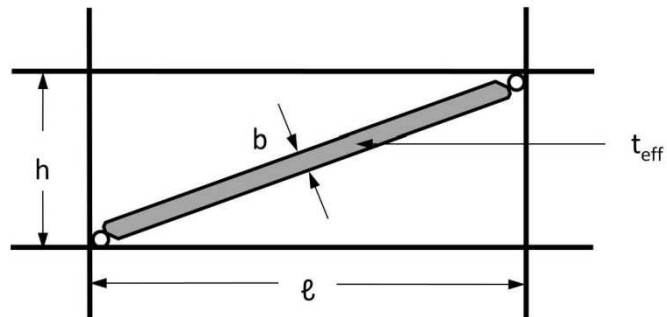
ΓΕΝΙΚΩΣ, «ΓΕΜΙΣΜΑΤΑ» ΑΜΙΓΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΑΠΟ Ο.Σ.

## ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ



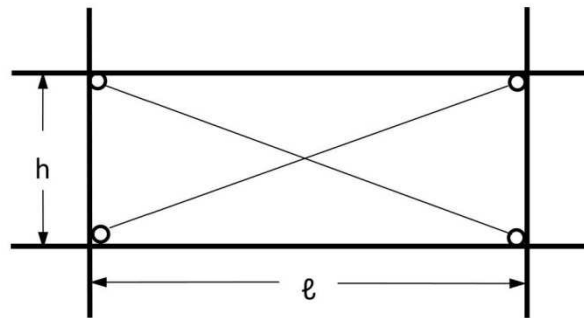
ΟΡΘΟΤΡΟΠΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΟ ΦΑΤΝΩΜΑ

ή



ΑΠΛΗ ΘΛΙΒΟΜΕΝΗ ΔΙΑΓΩΝΙΑ ΡΑΒΔΟΣ

ΠΡΟΣΟΧΗ:  $\ell$  και  $h$  οι «καθαρές» διαστάσεις του τοίχου



**ΘΛΙΠΤΗΡΑΣ - ΕΛΚΥΣΤΗΡΑΣ**

«Ισοδύναμο» προσομοίωμα χιαστί ράβδων (δύο διαγωνίων),  
με ράβδους μισής δυστένειας και αντοχής

---

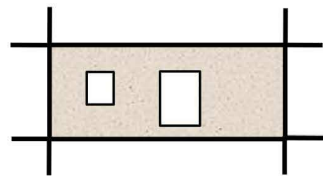
Γενικώς, μικρές διαφοροποιήσεις όσο αφορά τις αξονικές δυνάμεις στύλων (και όχι δοκών)

---

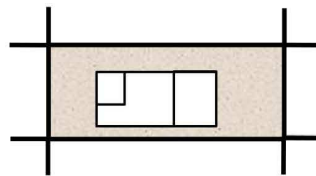
**Προσοχή** : Οι ράβδοι αρχίζουν και τελειώνουν σε «κόμβους»  
του πλαισίου, και όχι σε ενδιάμεσες περιοχές  
στύλων ή δοκών

## 2. ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ

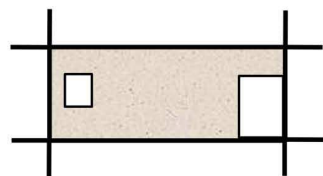
- Η διάταξη των ανοιγμάτων και οι συνοριακές συνθήκες, επιτρέπουν την «λειτουργία» του διατμηματικού φατνώματος ή των θλιβομένων διαγωνίων ράβδων ;
- Τα κάθε είδους ανοίγματα, περιβάλλονται από πλαισιώματα ή διαζώματα ή άλλα ενισχυτικά στοιχεία, οριζόντια ή/και κατακόρυφα (λαμπάδες, ποδιές, πρέκια) ;
- Η προσομοίωση, γενικώς, δεν μπορεί να γίνει με απλά μέσα.
- Βλ. πέντε (5) περιπτώσεις, για μια κατ' αρχήν εκτίμηση της επιρροής των ανοιγμάτων.



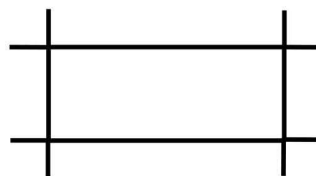
Δύο μικρά/γειτονικά



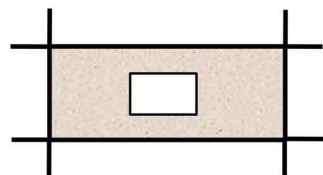
Ένα ισοδύναμο/ενιαίο, περιγεγραμμένο  
(βλ. στα επόμενα)



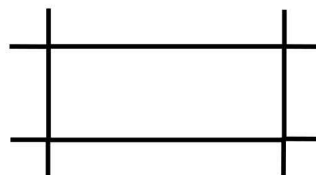
Δύο μεγάλα, στα άκρα



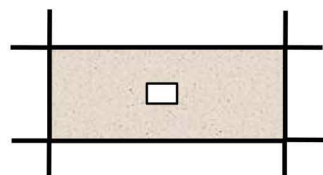
Αμελείται η τοιχοπλήρωση



Ένα μεγάλο, στο κέντρο  
(~ 0,5 ℓ ή/και 0,5 h)



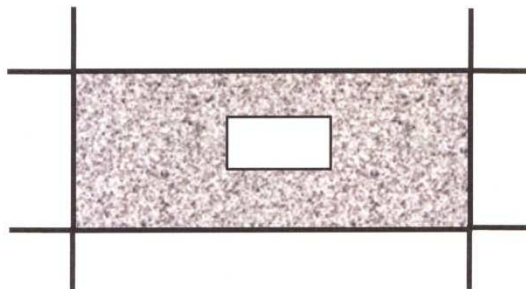
Αμελείται η τοιχοπλήρωση



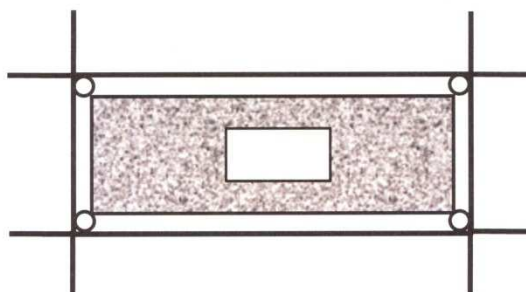
Ένα μικρό, στο κέντρο  
(~ 0,2 ℓ ή/και 0,2 h)



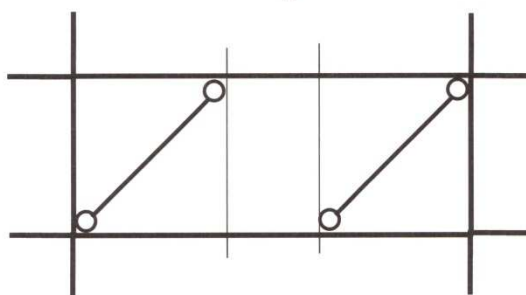
Αμελείται το άνοιγμα



Άνοιγμα στο κέντρο, με διαστάσεις μεταξύ 0,2 και 0,5 των διαστάσεων του φανώματος



ή



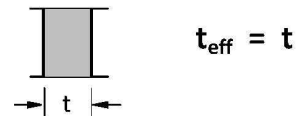
### 3. ΠΡΟΩΡΗ ΑΣΤΟΧΙΑ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Απομείωση (μέχρι μηδενισμού) της διατμητικής ή θλιπτικής αντίστασης της τοιχοπλήρωσης (βλ. στα επόμενα), αναλόγως της «πρακτικής» λυγηρότητας εκτός επιπέδου,  $\lambda = L/t$ .

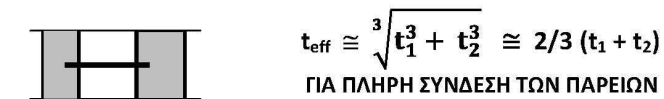
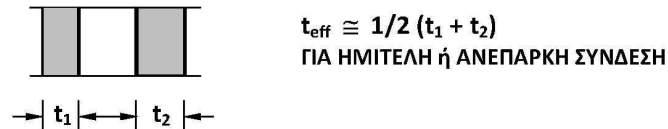
$L = \sqrt{\ell^2 + h^2}$ , το «καθαρό» μήκος της διαγώνιας ράβδου, με  $\ell$  και  $h$  τις «καθαρές» διαστάσεις

$t = t_{\text{eff}}$ , το «ισοδύναμο» πάχος της τοιχοπλήρωσης, αναλόγως των λεπτομερειών δόμησης

**α)** Ενιαίες, κατά την διατομήν (το πάχος), τοιχοπληρώσεις



**β)** Δίστρωτες («κοίλες») τοιχοπληρώσεις





## Απομείωση αντιστάσεων

Σε περιπτώσεις απλής περιμετρικής «επαφής» πλαισίου και τοίχου, ισχύει η εξής προσέγγιση :

- Για  $\lambda \leq 15$  (ή  $l/t \leq 15$  και  $h/t \leq 15$ )

Αμελείται η απομείωση αντίστασης.

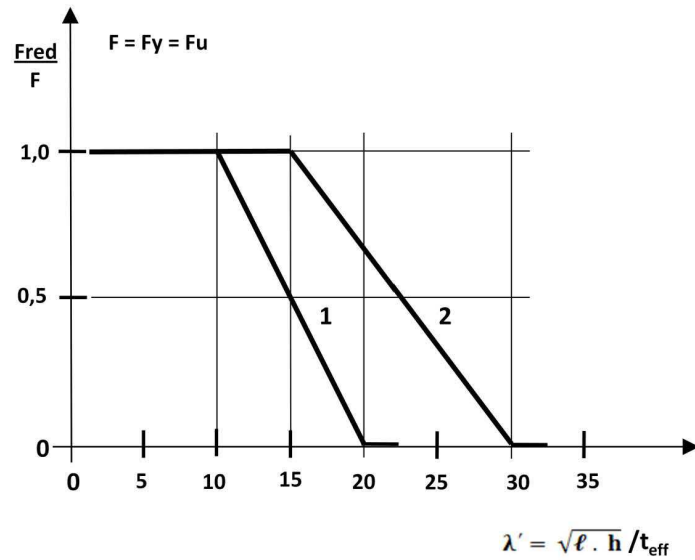
- Για  $\lambda \geq 30$

Αμελείται η τοιχοπλήρωση.

- Για ενδιάμεσες τιμές  $\lambda$ , λαμβάνεται υπόψη ο μειωτικός συντελεστής  $\Phi$  (κατά EC 6).

---

Απλούστερα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το συνημμένο διάγραμμα, σε περιπτώσεις απλής «επαφής» ή καλής σφήνωσης (ΜΠΧ, 2005).



**ΑΠΟΜΕΙΩΣΗ ΑΝΤΟΧΩΝ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ**

- 1. Ελλιπής περιμετρική σφήνωση (απλή «επαφή»)
- 2. Επιμελημένη περιμετρική σφήνωση στο πλαίσιο

---

Για συνήθη φατνώματα τοιχοπληρώσεων :

$\sqrt{\ell \cdot h} \cong 2/3 L$ , οπότε  $\lambda' \cong 2/3 \lambda$ .

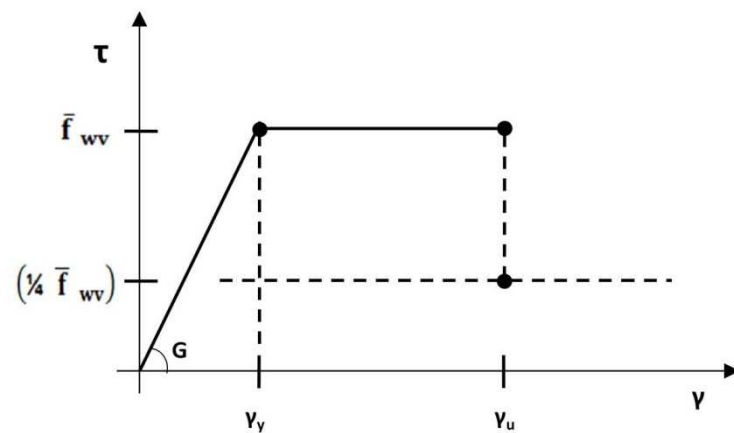
#### 4. ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ

- ❑ Συνάρτηση υλικών και τρόπου δόμησης.
- ❑ Συνάρτηση καί του μήκους επαφής μεταξύ τοιχοπλήρωσης και του περιβάλλοντος πλαισίου, το οποίο εξαρτάται από το μέγεθος των μετακινήσεων και των βλαβών.
- ❑ Έτσι, τα γεωμετρικά μεγέθη που διαμορφώνουν τις αντιστάσεις, και (τελικώς) οι αντιστάσεις καθ' εαυτές, εκτιμώνται καί αναλόγως του ανεκτού βαθμού βλάβης.
- ❑ Όσα ακολουθούν, ισχύουν για την στάθμη επιτελεστικότητας Β («Προστασία ζωής»), ενώ για την στάθμη επιτελεστικότητας Α («Άμεση χρήση») μπορούν να ληφθούν υπόψη αντιστάσεις κατά 50 % μεγαλύτερες.

ΠΡΟΣΟΧΗ. Βλ. στα επόμενα.

- ❑ Οι τιμές οριακών παραμορφώσεων (κατά τα επόμενα διαγράμματα) είναι γενικώς μεγαλύτερες εκείνων που γίνονται συνήθως δεκτές για την άοπλη τοιχοποιΐα, λόγω της ευνοϊκής επιρροής της «περισφίξεως» από το περιβάλλον πλαίσιο.

## 4.1 Καταστατικός νόμος φανώματος



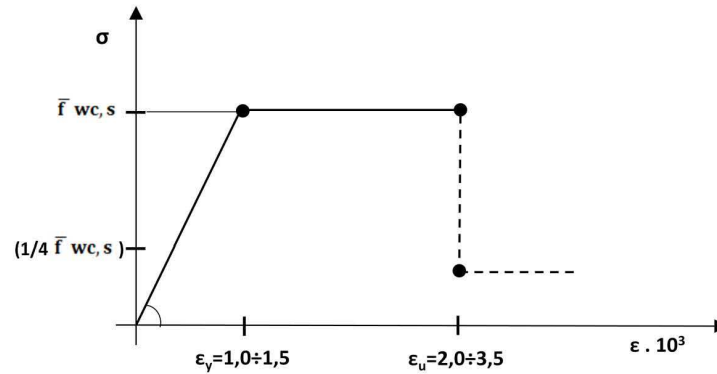
Κατ' αντιστοιχίαν τιμές,  $\gamma_y = (1,0 \div 1,5) \cdot 10^{-3} \cdot (\ell/h + h/\ell)$   
 $\gamma_u = (2,0 \div 3,5) \cdot 10^{-3} \cdot (\ell/h + h/\ell)$

$\bar{f}_{wv}$  : Κατά EC 6, για μικρή  $\sigma_o$  (περί το μέσον)

Για στάθμη επιτελεσματικότητας A : + 50% αντιστάσεις

(δηλ.  $1,5 \bar{f}_{wv}$  και  $1,5 \gamma_y$ )

## 4.2 Καταστατικός νόμος διαγώνιας ράβδου



$$\bar{f}_{wc,s} = \lambda_m \cdot \lambda_c \cdot \lambda_s \cdot \kappa \cdot f_{bc}^{0,7} \cdot f_{mc}^{0,3} \cong 1,25 \cdot f_{bc}^{0,7} \cdot f_{mc}^{0,3}$$

Για στάθμη επιτελεσματικότητας A : + 50% αντιστάσεις

(δηλ. 1,5  $\bar{f}_{wc,s}$  και 1,5  $\varepsilon_\gamma$ )

$\lambda_m$  : Μετατροπή χαρακτηριστικής αντοχής σε μέση,  $\lambda_m \cong 1,5$

$\lambda_c$  : Ευμενής επιρροή περισφιγξης πλαισίου,  $\lambda_c \cong 1,2$

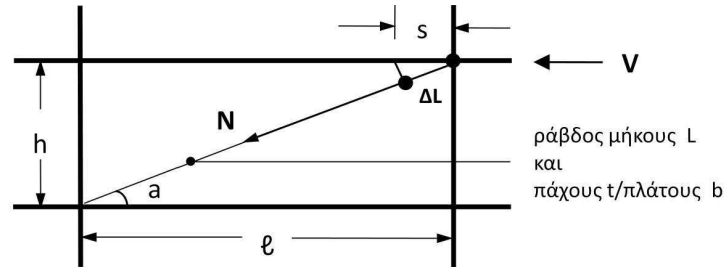
$\lambda_s$  : Δυσμενής επιρροή εγκάρσιου εφελκυσμού,  $\lambda_s \cong 0,7$

$\kappa$  : Επιρροή πλινθοσωμάτων/κονιαμάτων,  $\kappa \cong 0,35 \div 0,55$

Πέραν αυτών :

- Μειωτικός συντελεστής 0,85 ,  
για οριζόντιους αρμούς πάχους μεγαλύτερου των 15 mm
- Μειωτικός συντελεστής 0,6 ÷ 0,9 ,  
για κατακόρυφους αρμούς που δεν είναι πλήρεις κονιάματος

## ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΓΩΝΙΑ ΡΑΒΔΟ



### α) Ανάλυση δυνάμεων

$$N = V \cdot \cos \alpha \quad \text{και} \quad L = l : \cos \alpha \quad (= \sqrt{l^2 + h^2})$$

$$N = (t \cdot b) \cdot \bar{f}_{wc,s} \quad \text{και} \quad V = (t \cdot l) \cdot \bar{f}_{wv}$$

$$\text{Άρα: } b \cong L \cdot (\bar{f}_{wv} : \bar{f}_{wc,s}), \text{ και}$$

για μέσες τιμές αντοχών/πριν και κατά την ρηγμάτωση

$$\Leftrightarrow \underline{b \cong 0,15 L} \quad (\text{για } \bar{f}_{wv} : \bar{f}_{wc,s} \cong 0,15)$$

### β) Ανάλυση μετακινήσεων

$$\sigma = \varepsilon \cdot E \Rightarrow N : (t \cdot b) = (\Delta L : L) \cdot E, \quad \Delta L = s \cdot \cos \alpha$$

$$\tau = \gamma \cdot G \Rightarrow V : (t \cdot l) = (s : h) \cdot G, \quad V = N \cdot \cos \alpha$$

$$\text{Άρα: } E \cdot b \cong G \cdot l : \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha,$$

για γωνία κλίσεως  $\alpha$  της διαγώνιας ράβδου

$$\Leftrightarrow \underline{(E \cdot A_p) \cong (G \cdot A_\phi) : \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}$$

$E \cdot A_p$  : δυστένεια ράβδου, με  $A_p = t \cdot b$

$G \cdot A_\phi$  : δυσσημία φατνώματος, με  $A_\phi = t \cdot l$

## ΣΧΟΛΙΑ

1. Τα δύο προτεινόμενα προσομοιώματα είναι ισοδύναμα, και έτσι ΔΕΝ απαιτούνται προσαρμογές και διορθώσεις.

Η ισοδυναμία αφορά την δυστημσία και δυστένεια (την σχέση  $G-E$ ) και τις χαρακτηριστικές παραμορφώσεις ( $\gamma$  και  $\epsilon$ ), καθώς και την διαθέσιμη «πλαστικότητα» (σε όρους  $m = \gamma_u/\gamma_y$  ή  $\epsilon_u/\epsilon_y$ ).

2. Γενικώς, και λόγω τιμών κατ' αντιστοιχίαν (δηλ. για μικρές τιμές  $\gamma$  ισχύουν και μικρές τιμές  $u$ ), ο μέσος διαθέσιμος δείκτης  $m$  είναι περίπου ίσος με 2, βλ. και  $\gamma_{Rd}$ .

3. Με βάση την ανάλυση των μετακινήσεων και των δυνάμεων, ισχύει – για λόγους ισοδυναμίας :

$$\cos a = \ell/L = \Delta L/S (=V/N)$$

$$\sin a = h/\ell$$

$$1/\cos a \cdot \sin a = L^2/\ell \cdot h = \ell/h + h/\ell$$

$$\gamma = s/h \text{ και } \epsilon = \Delta L/L$$

$$\gamma/\epsilon = 1/\cos a \cdot \sin a = \ell/h + h/\ell$$

(βλ. τις τιμές  $\gamma$  και  $u$  των δύο προσομοιωμάτων)

$$E \cdot (tb) / G \cdot (t\ell) = 1/\cos^2 a \cdot \sin a$$

$$E/G = (\ell/0,15L) / \cos^2 a \cdot \sin a = (1/0,15) / \cos a \cdot \sin a = (1/0,15) \cdot (\gamma/\epsilon)$$

$$E/G = (1/0,15) \cdot (\ell/h + h/\ell)$$

Για συνήθεις τιμές «καθαρού» ύψους  $\sim 2,5 \div 3,0$  (ή 3,5) m, ισχύουν τα εξής :

$$\gamma/\epsilon = 1/\cos a \cdot \sin a = \ell/h + h/\ell \cong 2,5 \text{ (} 2,0^+ \div 3,5^+ \text{)}$$

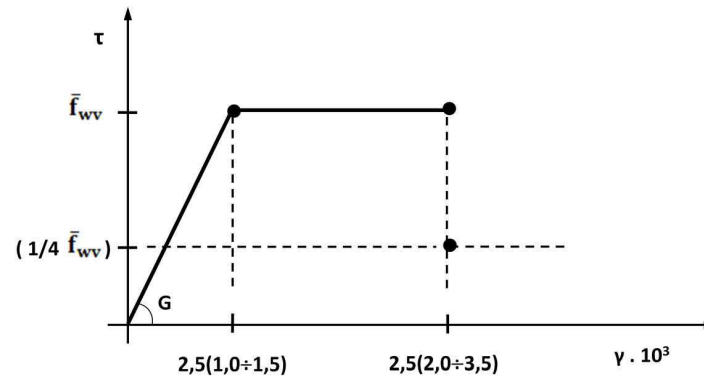
$$E/G = (1/0,15) / \cos a \cdot \sin a \cong (1/0,15) \cdot 2,5 \cong 16,5 \text{ (}\pm\text{)}.$$

---

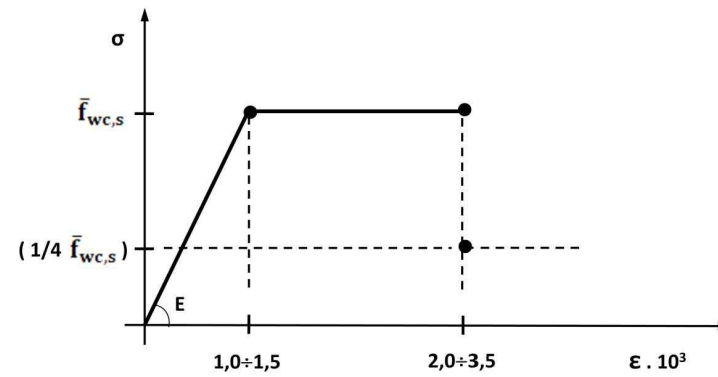
Έτσι, ισχύουν οι προηγούμενες σχέσεις ισοδυναμίας, και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σχέση  $E = 2(1+\nu) \cdot G$ , η οποία ακόμη και για  $\nu=0,5$ , θα οδηγούσε στην  $E=3G$ .

ΕΤΣΙ, ΤΕΛΙΚΩΣ, ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Β,  
ΠΡΟΤΕΙΝΟΝΤΑΙ ΤΑ ΕΞΗΣ ΣΥΜΒΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ,  
ΓΙΑ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΟΙΧΩΝ

☐ ΤΟΙΧΟΦΑΤΝΩΜΑ



☐ ΔΙΑΓΩΝΙΑ ΡΑΒΔΟΣ



☐ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

—  $\bar{f}_{wv} : \bar{f}_{wc,s} \cong 0,15$

—  $G \cong (300 \div 350) \bar{f}_{wv}$  και  $E \cong 800 \bar{f}_{wc,s}$  ( $E/G \cong 16,5$ )



## ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΝΤΟΧΩΝ

(ειδικώς για τους σκοπούς του ΚΑΝΕΠΕ, ΜΠΧ/2005)

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι «ονομαστικές» συχνότερες τιμές αντοχών κατά τον Πίνακα που ακολουθεί, οι οποίες ισχύουν για :

- Συνήθεις τοιχοπληρώσεις των τελευταίων δεκαετιών, οπτοπλινθοδομές – με διάτρητα τούβλα.
- Συνήθη ασβεστοσιμεντοκονιάματα, μάλλον χαμηλής (έως μέσης) αντοχής.
- Πλήρεις (σχεδόν) οριζόντιους αρμούς, κανονικού πάχους, της τάξεως των  $10\pm 15$  mm.
- Ημι-πλήρεις κατακόρυφους αρμούς, γενικώς του ίδιου πάχους (περίπου  $10\pm 15$  mm), και
- $\sigma_o \cong 0$  (δηλ. για κατακόρυφα φορτία πρακτικώς μόνον από το ίδιο βάρος των τοιχοπληρώσεων).

### Τιμές (σε kPa) των μέσων αντοχών

$\bar{f}_{wc,s}$  (λοξή θλίψη) και  $\bar{f}_{wv}$  (διαγώνια ρηγμάτωση)

	ΤΟΙΧΟΣ	ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΔΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΦΗΝΩΣΗΣ		
		ΚΑΛΗ	ΜΕΣΗ	ΚΑΚΗ
$\bar{f}_{wc,s}$	Μπατικός	2000	1500	1000
	Δρομικός	1500	1000	750
$\bar{f}_{wv}$	Μπατικός	250	200	150
	Δρομικός	200	150	100

## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- α) Με βάση τις τιμές του πίνακα, και αν εξαιρεθεί η περίπτωση κακοχτισμένων δομικών πλινθοπληρώσεων, οι μέσες αντοχές έχουν ως εξής :

$$\bar{f}_{wc,s} \cong 1,50 \text{ MPa} \text{ και } \bar{f}_{wv} \cong 0,20 (\pm 0,25) \text{ MPa}$$

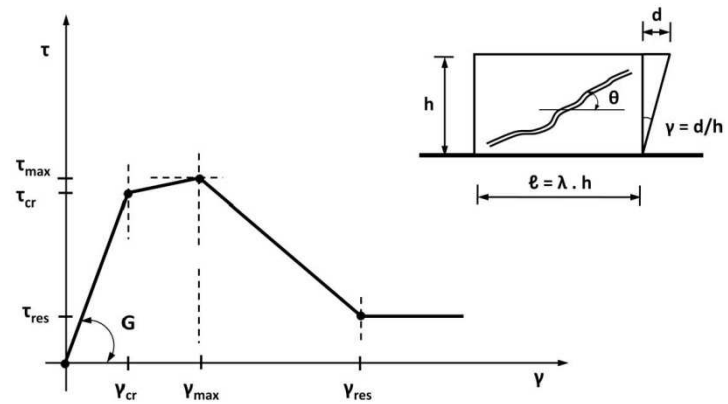
$$(\text{δηλ. } \bar{f}_{wv}/\bar{f}_{wc,s} \cong 0,15).$$

- β) Για παλαιότερες καλοχτισμένες πλινθοπληρώσεις, γενικώς καί μεγαλύτερου πάχους/βάρους από τις σημερινές, με σημαντική θλιπτική τάση  $\sigma_0$  (περί το μέσον τους), οι αντοχές ενδέχεται να είναι μεγαλύτερες.

Σχετικώς, υπάρχουν ενδείξεις πως σε αυτές τις περιπτώσεις, και σε σχέση με τις τιμές του προηγούμενου πίνακα, η λοξή θλιπτική αντοχή μπορεί να είναι 1,5 φορά μεγαλύτερη (έως και 2,5 MPa), ενώ η διατμητική αντοχή μπορεί να είναι 2,0 φορές μεγαλύτερη (έως και 0,5 MPa).

**ΜΠΧ/Επιτροπή Καταρρεύσεων / ΥΠΕΧΩΔΕ, 2000**

Απλοποιημένο προσομοίωμα συμπεριφοράς «περισφιγμένων» τοιχοπληρώσεων, για περίπου μηδενική κατακόρυφη θλιπτική τάση (περί το μέσον τους)



Σε όρους μέσων τιμών (με σημαντική διασπορά) :

- **Χαρακτηριστικά περί την αρχική ρηγμάτωση**

$$\tau_{cr} \cong (0,75 \div 1,00) \cdot f_{wt,\theta} \quad [\text{μεγαλύτερες τιμές για μεγαλύτερη } \sigma_o]$$
$$\gamma_{cr} \cong 1,00 \div 3,00 \text{ ‰} \quad [0,50 \div 4,00 \text{ ‰, μεγάλη ευαισθησία}]$$

- **Χαρακτηριστικά περί την μέγιστη αντίσταση**

$$\tau_{max} \cong (1,00 \div 1,50) \cdot \tau_{cr} \quad [\text{μεγαλύτερες τιμές για μεγαλύτερη } \sigma_o]$$
$$\gamma_{max} \cong (2,00 \div 4,00) \cdot \gamma_{cr} \quad [1,00 \div 8,00 \text{ ‰, μεγάλη ευαισθησία}]$$

- **Απομένοντα χαρακτηριστικά**

$$\tau_{res} \cong (0,15 \div 0,35) \cdot \tau_{max} \quad [\text{αναλόγως βλαβών}]$$
$$\gamma_{res} \cong (2,00 \div 3,00) \cdot \gamma_{max} \quad [\text{αναλόγως βλαβών}]$$

---

Εκτός άλλων, παρατηρούνται διαφοροποιήσεις καί όσο αφορά την γεωμετρία των τοίχων.

Έτσι, υπάρχουν διαφορές αναλόγως του λόγου  $\lambda = \ell : h$ , καθώς και του λόγου  $\sqrt{\ell \cdot h} / t$ , διαφορετικού για δρομικούς και μπατικούς τοίχους.

## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1) Ισχύει :  $\tau_{cr} \cong f_{wt,\theta}$  και  $\gamma_{cr} \cong 2,0 \text{ ‰}$  , με  $f_{wt,\theta} \cong 0,15 f_{wc,\theta}$  ,  
οπότε :  $G \cong 500 f_{wt,\theta}$  (εδώ  $G \cong G_o$ ).

2) Για ελέγχους ρηγμάτωσης των τοιχοπληρώσεων λόγω παραμόρφωσης των υποκείμενων πλακών και δοκών από Ο.Σ., και για  $\gamma \cong 2 f/\ell \rightarrow \gamma_{max} (\cong 4 \text{ ‰})$  , ισχύει :

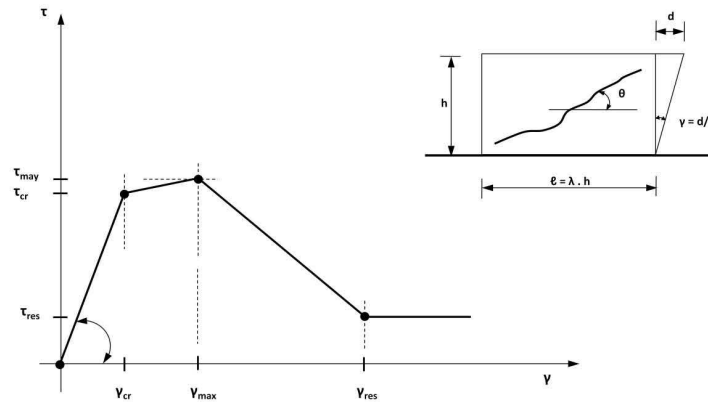
ανεκτό βέλος κάμψεως  $f \cong \ell : 500$

---

Ως  $f_{wt,\theta}$  ή  $f_{wc,\theta}$  συμβολίζεται η λοξή εφελκυστική ή θλιπτική αντοχή του τοίχου, αντιστοίχως.

**Προσομοίωμα Α. Κάππου / Κ. Στυλιανίδη, 1998**

«Περισφιγμένες» πλινθοπληρώσεις, με θλιπτική αντοχή  $f_{wc}$  (π.χ. 1,5 MPa), για υποστυλώματα με θλιπτικό φορτίο  $N$  :



$$\tau_{cr} \cong 0,70 \tau_{max} \begin{cases} 0,70 \cdot 0,22 \sqrt{f_{wc}}, N = 0 \\ 0,70 \cdot 0,35 \sqrt{f_{wc}}, N \neq 0 \end{cases}$$

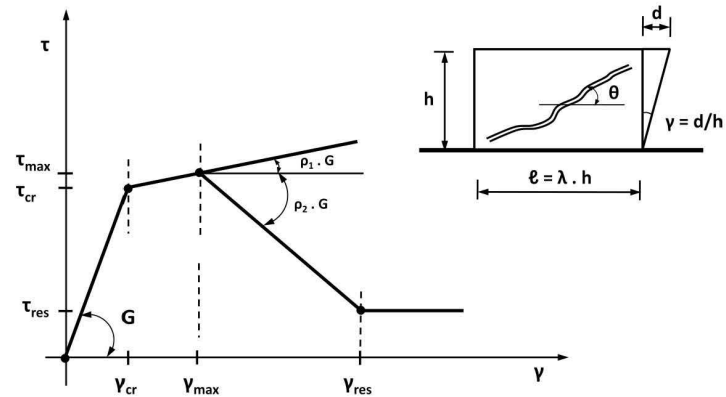
$$\gamma_{cr} \cong 0,70 \gamma_{max} \begin{cases} 0,11 / (80 + h/t) \sqrt{f_{wc}}, N = 0 \\ 0,09 / (80 + h/t) \sqrt{f_{wc}}, N \neq 0 \end{cases}$$

Για  $f_{wc} \cong 1,5 \text{ MPa}$ ,  $h \cong 2,5 \text{ m}$  και  $t = 0,1$  ή  $0,2 \text{ m}$ , ισχύει :

$$\tau_{cr} \cong 0,2 \div 0,3 \text{ MPa} / \tau_{max} \cong 1,45 \tau_{cr}$$

$$\gamma_{cr} \cong 1,0 \text{ ‰} (\pm 10 \%) / \gamma_{max} \cong 4,50 \gamma_{cr}$$

Προσομοίωμα Τ. Παναγιωτάκου / Μ. Φαρδή, 1994



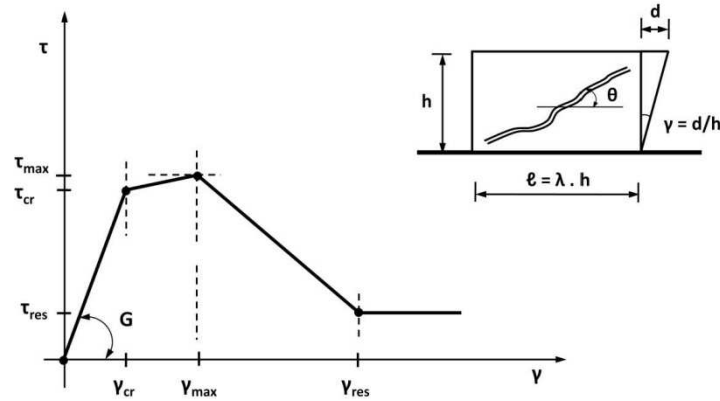
- $\tau_{cr} \cong f_{wv}$  και  $\tau_{max} \cong 1,30 \tau_{cr}$
- $\gamma_{cr} \cong 1,50 \text{‰}$  και  $\gamma_{max} \cong \gamma_{cr} \cdot [1 + (0,3/\rho_1)]$
- $\rho_1 \cong 0,05 (\div 0,20)$  και  $\rho_2 \cong 0,01 (\div 0,10)$
- $\tau_{res} \cong 0,10 \tau_{max}$  και  $\gamma_{res} \geq 2,00 \gamma_{max}$ .

Για  $f_{wv} \cong 0,25 \text{ MPa}$  και  $\rho_1 \cong 0,15$ , ισχύει :

$$\tau_{cr} \cong 0,25 \text{ MPa} / \tau_{max} \cong 1,30 \tau_{cr}$$

$$\gamma_{cr} \cong 1,50 \text{‰} / \gamma_{max} \cong 3,00 \gamma_{cr}$$

**Προσομοίωμα Θ. Τάσιου, 1984**



- $\tau_{cr} \cong \frac{2}{3} f_{wt} \cdot \sqrt{1 + (\sigma_o/f_{wt})} \cong \frac{2}{3} f_{wt}$ ,  
 $\mu\epsilon f_{wt} \cong (0,15 \div 0,25) \sqrt{f_{wc}}$  (MPa)
- $\gamma_{cr} \cong 0,5 \div 1,0 \text{‰}$  για  $\lambda \geq 1$  ή  $1,0 \div 2,0 \text{‰}$  για  $\lambda \leq 1$ ,  
 $\mu\epsilon \lambda = \ell : h$
- $\tau_{max} \cong 1,20 \tau_{cr}$  και  $\gamma_{max} \cong 1,30 \gamma_{cr}$
- $\tau_{res} \cong 0,40 \tau_{cr}$  και  $\gamma_{res} \cong 3,00 \gamma_{cr}$ .

Για  $f_{wc} \cong 1,5 \text{ Mpa}$  και  $\lambda = \ell/h \cong 2,0$ , ισχύει :

$$\tau_{cr} \cong 0,2 \div 0,3 \text{ MPa} / \tau_{max} \cong 1,20 \tau_{cr}$$

$$\gamma_{cr} \cong 0,5 \div 1,0 \text{‰} / \gamma_{max} \cong 1,30 \gamma_{cr}$$



## ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ

	$\tau_{cr}$ MPa	$\gamma_{cr}$ ‰	$\frac{\tau_{max}}{\tau_{cr}}$	$\frac{\gamma_{max}}{\gamma_{cr}}$	$\frac{\tau_{res}}{\tau_{max}}$	$\frac{\gamma_{res}}{\gamma_{max}}$
<b>ΘΠΤ 1984</b>	0,25	(0,75)	1,20	(1,30)	~ 0,35	~ 2,50
<b>Π – Φ 1994</b>	~ 0,35	1,50	1,30	3,00	~ 0,10	≥ 2,00
<b>Κ – Σ 1998</b>	0,25	~ 1,00	~ 1,45	~ 4,50	—	—
<b>ΜΠΧ 2000</b>	~ 0,20	~ 2,00	~ 1,25	~ 2,50	~ 0,25	~ 2,50
<b>Συνιστώμενες τιμές</b>	0,25	2,00	1,25	2,50	0,25	2,50

**ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΣ ΥΠΟΨΗ ΤΟ ΠΛΗΘΟΣ  
 ΤΩΝ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΩΝ,  
 ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ**

## 5. ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΠΕΡΙ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ ΚΑΤΑ ΚΑΝΕΠΕ

### ΤΑ ΕΠΟΜΕΝΑ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΕΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΑΟΠΛΕΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ, ΧΩΡΙΣ ΒΛΑΒΕΣ

α) Όσο αφορά την διερεύνηση/τεκμηρίωση και την ΣΑΔ :

- Δεν επιτρέπεται ΣΑΔ απλώς ανεκτή (ή ανεπαρκής).
- Για κατ' αρχήν ικανοποιητική ΣΑΔ, απαιτείται συγκέντρωση στοιχείων σε min. 2 θέσεις ανά όροφον (με αποκαλύψεις ~ 70x70 cm), ως εξής :
  - Σύστημα και ποιότητα δόμησης
  - Είδος και ποιότητα υλικών
  - Πάχος τοίχου, δόμηση ή σύνδεση κατά το πάχος
  - Σφήνωση στον περιβάλλοντα σκελετό
  - Πάχος και βαθμός πλήρωσης των αρμών, οριζόντιων και κατακόρυφων
  - Διαταξη και λεπτομέρειες των κάθε είδους διαζωμάτων, λαμπάδων, συνδέσμων κ.λπ.
- Αν οι διαφορές και οι αποκλίσεις είναι μεγάλες, επιβάλλονται πρόσθετες διερευνήσεις, σε περισσότερες θέσεις.
- Αν γίνουν και επιτόπου δοκιμές/μετρήσεις, σε επαρκές πλήθος θέσεων (π.χ. 4), επιτρέπεται αναβάθμιση της ΣΑΔ (ικανοποιητική → υψηλή).

β) Γραμμικές αναλύσεις, έλεγχοι σε όρους δυνάμεων, στάθμη επιτελεστικότητας A ή B (στην Γ απαγορεύονται)

β.1) Δράσεις μόνον λόγω σεισμού, τελικώς επί  $\gamma_{sd}$  ( $= 1,0 \div 1,2$ , αναλόγως των επεμβάσεων)

☐ Χρήση q

- Στάθμη A  $q_A \cong 0,6$   $q_B (\cong 1,0 \div 1,5)$
- Στάθμη B  $q_B$

☐ Χρήση m

- Στάθμη A  $m_A \cong 1,0 (\div 1,5)$
- Στάθμη B  $m_B$

---

$$m_B = (\delta_d / \gamma_{Rd}) / \delta_y,$$

με  $\delta_d = \delta_u$  και  $\gamma_{Rd} = 1,3$

---

Για το προσομοίωμα του πλήρους διατμητικού φατνώματος ή το προσομοίωμα της θλιβόμενης διαγώνιας ράβδου :

$$m_B \cong 2 : 1,3 \rightarrow m_B \cong 1,5$$

---

## β.2) Αντοχές

- ❑ Αντοχές  $f_k = f_m - s$  και  $f_d = f_k/\gamma_m$   
όπου  $f_m$  = μέσες «διαπιστωμένες» (ή μετρημένες) τιμές.
- ❑ Τυπική απόκλιση  $s/f_m \cong 0,2 \div 0,4$ ,  
αναλόγως της γενικότερης ποιότητας κατασκευής και  
της ομοιομορφίας από θέση σε θέση, κατά τα ευρήματα και  
συμπεράσματα της διερεύνησης/τεκμηρίωσης,  
κατά την κρίση του Μηχανικού.

Συνιστάται :  $f_k = \min (0,65 f_m \text{ ή } f_m - f)$ ,  
με  $f \cong 0,50$  ή  $0,05$  MPa για  
λοξή θλίψη ή λοξό εφελκυσμό, αντιστοίχως.

- ❑ Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας υλικού :  
 $\gamma_m = 2,0$  ή  $1,5$ , για ικανοποιητική ή υψηλή ΣΑΔ.
- ❑ Έτσι, για  $f_k \cong 0,6 f_m$ , ισχύει :
  - $f_d \cong 0,30 f_m$  για ικανοποιητική ΣΑΔ
  - $f_d \cong 0,40 f_m$  για υψηλή ΣΑΔ .

---

Τα προηγούμενα ισχύουν για έλεγχο μέσω  $q$  και στάθμη Β,  
ενώ για στάθμη Α οι αντοχές αυξάνονται κατά 50 %.

Για έλεγχο μέσω  $m$ , χρησιμοποιούνται οι μέσες τιμές αντοχών  
για στάθμη Β, ενώ για στάθμη Α οι αντοχές αυξάνονται κατά  
50 % .

γ) Μή-γραμμική ανάλυση, έλεγχοι σε όρους παραμορφώσεων, στάθμη επιτελεστικότητας Β (στην Γ απαγορεύονται)

γ.1) Δράσεις μόνον λόγω σεισμού,  
τελικώς επί  $\gamma_{sd}$  (= 1,0÷1,2 , αναλόγως των επεμβάσεων)

γ.2) Σκελετικό διάγραμμα συμπεριφοράς :

**Αντοχή**  $f_k = f_m$  και  $f_d = f_k/\gamma_m$   
με  $\gamma_m = 1,1$  ή  $1,0$   
για ικανοποιητική ή υψηλή ΣΑΔ.

Έτσι,  $f_d \cong 0,9 f_m$  ή  $1,0 f_m$ ,  
για ικανοποιητική ή υψηλή ΣΑΔ.

**ΔΗΛ., 3,0 ή 2,5 ΦΟΡΕΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ**  
**ΑΠΟ Ο,ΤΙ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ**

**Παραμόρφωση**

Βλ. πριν, τα περί  $m$ , με

$$- \gamma_d \cong \gamma_u : \gamma_{Rd} = \gamma_u : 1,3$$

$$- \varepsilon_d \cong \varepsilon_u : \varepsilon_{Rd} = \varepsilon_u : 1,3$$

## 6. ΤΟΠΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ

(στην περιοχή των κόμβων του πλαισίου)

- Αρκετές διερευνήσεις έχουν δείξει πως για πλήρη τοιχοφατνώματα, γενικώς οι δοκοί ανακουφίζονται ενώ τα υποστυλώματα επιβαρύνονται, όσο αφορά τις συγκεντρωμένες τέμνουσες δυνάμεις στα άκρα, η συνισταμένη των οποίων (σε κάθε περίπτωση) εφαρμόζεται πολύ κοντά στην «μασάλη» δοκού – υποστυλώματος (βλ. τα περί τριγωνικής κατανομής των δράσεων των θλιβομένων διαγωνίων ράβδων).

Άρα, ενεργοποιείται μηχανισμός άμεσης μεταφοράς δυνάμεων μέσω λοξού θλιπτήρα (χωρίς διατμητική καταπόνηση), βλ. και στον ΕΚΟΣ/Κεφ. 11, τα περί αυξητικού συντελεστή  $\beta$  της  $\tau_{Rd}$ , για συγκεντρωμένα φορτία κοντά σε άμεσες στηρίξεις.

- Έτσι, γενικώς, οι τοπικοί έλεγχοι δεν είναι κρίσιμοι, και μπορούν να παραλείπονται, πλην εξαιρετικών περιπτώσεων, όπως π.χ. «ασθενή» πλαίσια με παχιές και καλο-σφηνωμένες παλαιότερες πλινθοπληρώσεις, πολύ «ισχυρές» (με  $\bar{f}_{wv} \geq 300$  kPa).
- Ακόμη και σε περιπτώσεις μη-πλήρων φατνωμάτων (ή πεσσών), οπότε είναι πιθανή η λειτουργία «κοντού» υποστυλώματος ή «κοντής» δοκού, δεν απαιτείται έλεγχος έναντι αυτών των συγκεντρωμένων δυνάμεων κοντά στους «κόμβους» του πλαισίου, λόγω των τοίχων, αν (κατά EC 8) τα ελεύθερα ύψη ή μήκη των στοιχείων Ο.Σ. σχεδιάζονται ή ελέγχονται ικανοτικώς έναντι τέμνουσας δύναμης.
- Βεβαίως, και ειδικώς για τοιχοπληρωμένα πλαίσια, οι αντίστοιχες δοκοί (ίσως, δε, και τα υποστυλώματα!) μπορούν να θεωρηθούν (και είναι) δευτερεύοντα φέροντα στοιχεία, και έτσι επιτρέπεται να μη συμμετέχουν στο προσομοίωμα έναντι σεισμού και να μη ελέγχονται, στην στάθμη επιτελεστικότητας Β και, κυρίως, Γ.
-

## Πλαίσια (όχι τοιχεία) & τοιχοληρώσεις

### ΕΚΟΙΣ:

- Σε ηεριζώσεις κάθε είδους διακοής τοιχοληρώσεων (κατά  $x$  ή  $y$ ), ολόκληρο το ύψος του υφιστάμενου δεικνύεται υφιστάμενο.
- Βλ. τα ηερι μικτών συστημάτων, για κτίρια τ. ηιλοτής.
- Βλ. τα ηερι "κοιτών" υφιστάμενων, νεότερο σύστημα.

### ΕΚ8:

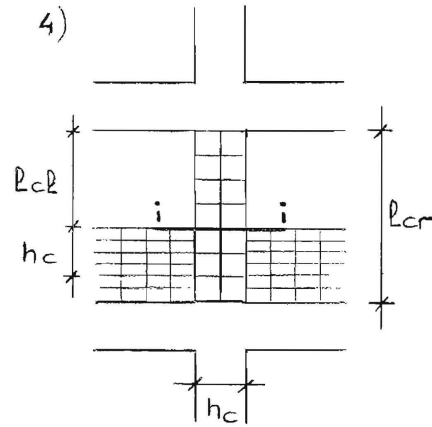
- Πλήθος διατάξεων, με έμφαση σε θέματα μή-καυδοκότητας σε κάτοψη ή/κ τομή.
- Ιδιαίτερη προσοχή στις ραχές & διάφορες ηηές αβεβαιότητας, ιδιαίτερα στο ισόγειο.
- Όχι τα ηερι μικτών συστημάτων, αντιστοίχως της σεισμικής δράσης.
- Αηλοποίηση των ελέγχων σε ηεριζώσεις μικρών λόγων διαμέτρησης (βλ. & τα ηερι J).

1) Εγκυρικώς,  $\nu_d \leq 0,55$  ή  $0,65$ , για DCΗ ή Μ.

2) Για DCΗ, και Μ:

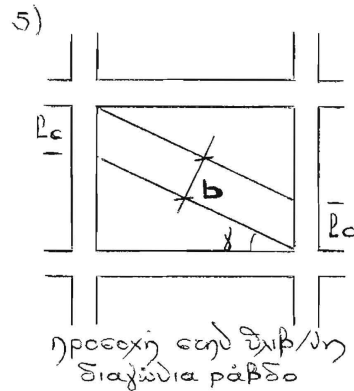
Αν  $l_c/h_c \leq 3$ , ολόκληρο το ύψος είναι κρίσιμο.

3) Ιδιαίτερος στο ισόγειο, ολόκληρο το ύψος είναι κρίσιμο, ακόμη και για πλήρη τοιχοφραγώματα, αλλά όχι και στις δύο αθέτατοι πλευρές του υψομετρώματος, η.χ. για φωλιακά υψομετρώματα.



- CD ένταξη  $V$ , με μήκος  $l_{cd}$  και για ροπή ετηδ διατομή  $i-i$   $1,3$  ή  $1,1 M_{Rci}$ , για DCΗ ή Μ

- Ισχυρός εγκάρσιος οηλισμός ετη ύψους  $l_{cd} + h_c$  (πρακτικώς, ολόκληρο το ύψος είναι κρίσιμο)



$l_c$ , "μήκος επαφής", λόγω της ισοδύναμης διχρόμενης δ.ρ.

Όηλιση ένταξη  $V_{πιη}$ , με  $V_{πιη}$ :

- Ειτε λόγω της διχρ. δ.ρ.

- Ειτε λόγω CD, βλ. ηριυ, με μήκος  $l_c = b : \cos \phi$ .



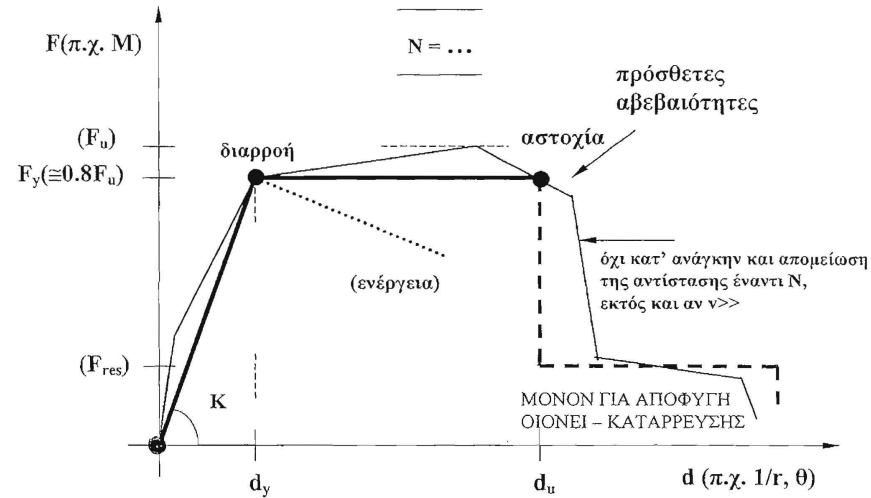
## 7. ΒΛΑΜΜΕΝΕΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ

Ο καθορισμός τυπικών βαθμών βλάβης, κατ' αντιστοιχίαν αυτών για φέροντα στοιχεία από Ο.Σ., είναι δύσκολος και αναξιόπιστος (εν πολλοίς).

Για τους σκοπούς του ΚΑΝΕΠΕ, χρησιμοποιείται η απλούστερη λογική των σταθμών βλάβης, που αντιστοιχούν σε συντελεστές απομείωσης των αντιστάσεων  $r$ , βλ. και «υποβαθμισμένες» σκελετικές καμπύλες συμπεριφοράς.

## Σκελετικό διάγραμμα συμπεριφοράς

(εγκάρσια ένταση – παραμόρφωση, υπό σεισμό)



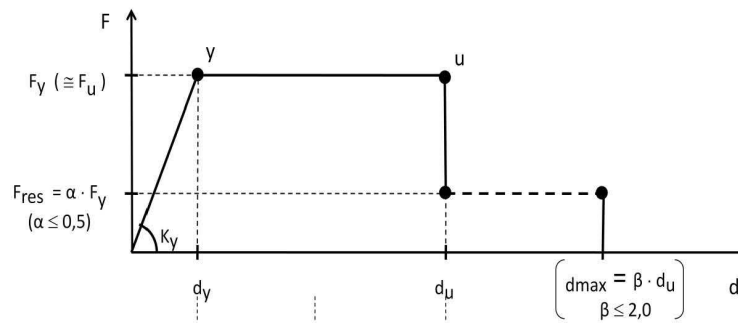
Συσχέτιση  $\mu_{1/r}$ ,  $\mu_d (\cong \mu_\theta)$   
 Δείκτης πλαστιμότητας  $\mu_d = d_u/d_y \rightarrow m$

Πολυγραμμικό διάγραμμα «σκελετός», το οποίο εγγράφεται με αξιοπιστία και ασφάλεια στην καμπύλη που περιβάλλει τις απομειωμένες αποκρίσεις  $F$  μετά από πλήρως ανακυκλιζόμενες παραμορφώσεις  $d$  (συνήθως 3 πλήρεις κύκλοι) μέχρι και την απώλεια της ικανότητας του «στοιχείου» (ή της περιοχής ή της σύνδεσης κ.λπ.) να φέρει με αξιοπιστία τα φορτία βαρύτητας.

Η έννοια της «διαρροής» είναι ευρύτερη εκείνης που προκαλείται απ' τη διαρροή του οπλισμού και μόνον, πλέον του ότι ενδέχεται να μη υπάρχει σαφής «διαρροή» υπό μεγάλες τιμές  $v \dots$

π.χ.  $M_y = M_R \text{ ή } M_{VR}$   
 $V_y = V_R \text{ ή } V_{MR}$

**Σκελετικό διάγραμμα συμπεριφοράς**  
(για τα επιμέρους δομικά στοιχεία, ή το δόμημα – ως σύνολο)



Στάθμη επιτελεστικότητας

A B Γ

Ενιαίος δείκτης  $q = q_o \cdot q_d$   
( $\cong 1,0 \div 1,5$ )

$q_A \cong 0,6 q_B$        $q_B$        $q_\Gamma \cong 1,4 q_B$

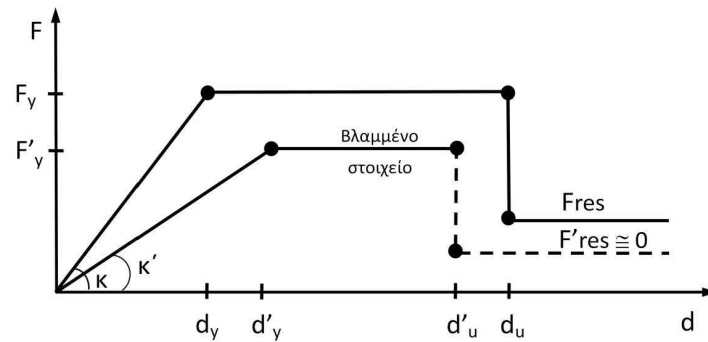
Παραμόρφωση σχεδιασμού,  
 $d_d$  (ή  $\delta_d$ )

$d_\gamma$        $\frac{1}{2} (d_\gamma + d_U) / \gamma_{Rd}$        $d_U / \gamma_{Rd}$   
 $d_\gamma$        $d_U / \gamma_{Rd}$        $d_U / \gamma_{Rd}$   
 $d_\gamma$        $d_U / \gamma_{Rd}$        $d_U / \gamma_{Rd}$

για τα πρωτεύοντα φ. σ.  
για τα δευτερεύοντα φ. σ.  
για τις τοχοπληρώσεις

**Βλάβες** στοιχείων, κρίσιμων περιοχών, συνδέσεων στοιχείων κ.λπ.

Γενικώς, η σκελετική καμπύλη  $F'-d'$  είναι υποβαθμισμένη σε σχέση με την αρχική, πριν από τις βλάβες.



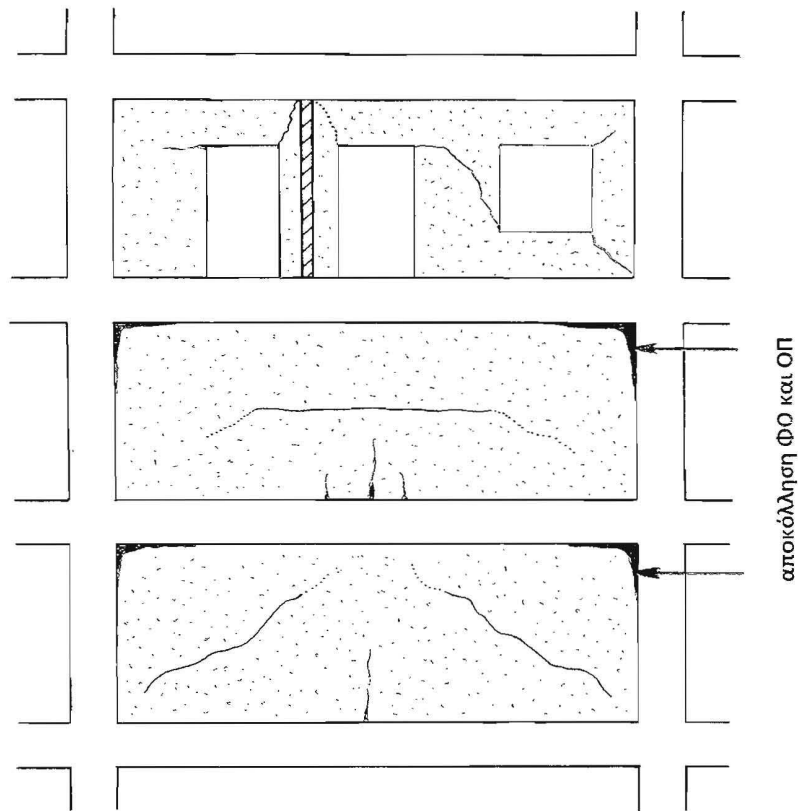
➤ Συντελεστές  $\Gamma$  απομείωσης μηχανικών χαρακτηριστικών

$$K'/K = r_k \leq F'_y/F_y = r_R \leq d'_u/d_u = r_{du}$$

- $r$  —  $\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{1} \text{ αρχική κατάσταση - πριν από τις βλάβες, ή} \\ \text{για βλάβες με πολύ μικρή επιρροή} \\ \mathbf{0} \text{ πλήρης αστοχία, ουσιαστική απώλεια του} \\ \text{στοιχείου (εξάντληση και της πλαστικότητας)} \end{array} \right.$

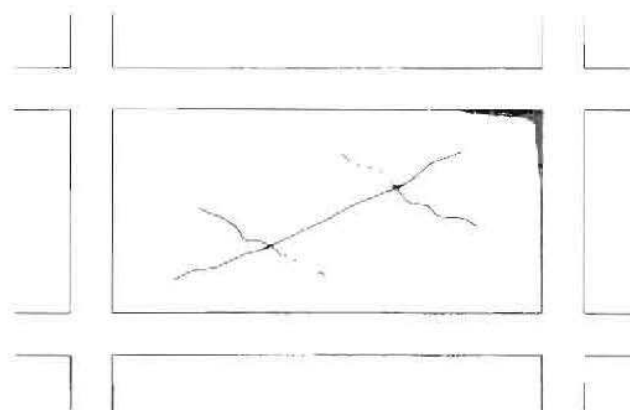
➤ Τελικώς :

Τιμές  $r/\gamma_{Rd}$  , με  $\gamma_{Rd}$  > 1 δυσμενή  
 < 1 ευμενή  
 για επιρροή

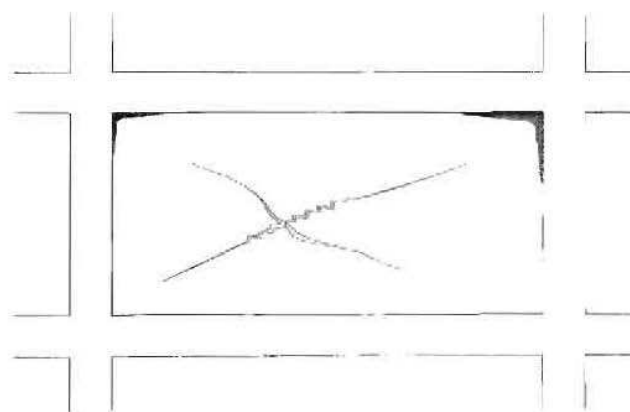


Ελαφρές (έως μέτριες) βλάβες, ρωγμές  $\leq 2\div 3$  mm,  
ίσως σε συνδυασμό με αποκόλληση ΦΟ και ΟΠ.

**ΠΡΟΣΟΧΗ** : Ενδεχόμενη επιρροή καί της παραμορφωσιμότητας  
των πλακών και δοκών.



Σοβαρή βλάβη τοιχοπλήρωσης, ρωγμές  $\geq 5\text{mm}$



Βαρεία βλάβη τοιχοπλήρωσης, ρωγμές  $\geq 10\text{mm}$

**Μειωτικοί συντελεστές  $r$  ( $r_c$ ) για βλαμμένες άοπλες και συνήθους τύπου τοιχοπληρώσεις**

Στάθμη βλαβών	Περιγραφή βλάβης	$r_c$	$r_R$
Ελαφρές	Ελαφρές (έως μέτριες) ρωγμές < 2÷3mm, γύρω από ανοίγματα, ή ρωγμές αποκόλλησης του ΦΟ και ΟΠ. Πολλαπλές ελαφρές ρωγμές, ιδίως σε τοίχους με ανοίγματα.	0,90	0,90
		0,70	0,70
Σοβαρές	Έντονη ρηγμάτωση, διαγώνια ή διαδιαγώνια, με εύρος ρωγμής > 5mm, αποκόλληση από τον σκελετό, ρηγμάτωση των διαζωμάτων, απουσία σημαντικών μετακινήσεων εκτός επιπέδου (< 5mm).	0,50	0,50
Βαρειές	Έντονη ρηγμάτωση, γενικώς διαδιαγώνια, με εύρος ρωγμής > 10mm, αποκόλληση και αποσφήνωση από τον σκελετό, βλάβες των διαζωμάτων και μικρή μετακίνηση εκτός επιπέδου (μικρότερη των 15mm).	0,20	0,20

Ισχύουν για το προσομοίωμα του διατμητικού φατνώματος.

Τιμές  $r_{du}$  , για την παραμόρφωση αστοχίας, δεν δίνονται.

## 8. Περὶ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η κανονικότητα (ή μή) ενός κτιρίου, κατά την κάτοψη ή την τομή, σχετίζεται με :

- Την μέθοδο ανάλυσης και ελέγχου, κατ' αντιστοιχίαν με
- Το προσομοίωμα, που επιτρέπεται ή επιβάλλεται να χρησιμοποιηθεί, και
- Την μέγιστη τιμή του δείκτη συμπεριφοράς  $q$  ( $q = q_u \cdot q_n$ ).

Κατά τις πύ σύγχρονες προβλέψεις/διατάξεις του EC 8, υπενθυμίζονται τα εξής :

### α) ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΚΑΤΟΨΗ

Πρέπει να ισχύουν καί τα πέντε (5) επόμενα κριτήρια, με τους αντίστοιχους κανόνες εφαρμογής :

- Επαρκής συμμετρία και ως προς τις δύο κύριες διευθύνσεις του κτιρίου, κατά τις οποίες διατάσσονται τα κύρια στοιχεία του.
- Επαρκής δυσκαμψία εντός επιπέδου, χωρίς μεγάλες πτέρυγες (για μορφές I, L, H, X κ.λπ.), ανισοσταθμίες ή τρύπες.
- Συμπαγές σχήμα (σε κάτοψη), εγγεγραμμένο σε κλειστή πολυγωνική περιβάλλουσα, με περιορισμένα εισέρχοντα/εξέχοντα τμήματα.



- Ορθογωνικό (σε κάτοψη) και όχι επίμηκες σχήμα, με  $L_{max}/L_{min} \leq 4$ , και
- Λαμβάνοντας υπόψη καί τις ενδεχόμενες τοιχοπληρώσεις, επαρκής «πρισματικότητα» καθ' ύψος, με περιορισμένη εκκεντρότητα ανά όροφον, ενδεχομένως δε με απαίτηση παραμετρικών διερευνήσεων για σταδιακώς αυξανόμενες τυχηματικές εκκεντρότητες (μέχρι διπλασιασμού τους, σε περιπτώσεις τοιχοπληρώσεων).

### **β) ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΤΟΜΗ**

Πρέπει να ισχύουν καί τα τέσσερα (4) επόμενα κριτήρια, με τους αντίστοιχους κανόνες εφαρμογής :

- Όλα τα πρωτεύοντα φέροντα στοιχεία πρέπει να διατάσσονται χωρίς διακοπή από την θεμελίωση μέχρι την κορυφή του κτιρίου, ή, σε περιπτώσεις ρετιρέ, μέχρι την οροφή τους.
- Πρέπει να αποφεύγεται η απότομη μεταβολή μάζας ή αντίστασης από όροφον σε όροφον. Συνιστώνται σταθερές καθ' ύψος τιμές, ή σταδιακώς μεταβαλλόμενες, χωρίς απότομες αλλαγές πάχους, διατομών κ.λπ.
- Κυρίως για πλαίσια (και όχι για τοιχεία), ο λόγος  $V_R/V_S$  δεν πρέπει να μεταβάλλεται δυσαναλόγως από όροφον σε όροφον, ενώ για τοιχοπληρωμένα πλαίσια ισχύουν ιδιαίτερες πρόσθετες απαιτήσεις, και
- Σε περιπτώσεις εισεχόντων/εξεχόντων τμημάτων ή ορόφων στην βάση του κτιρίου ή σε ανώτερους ορόφους, πρέπει να τηρούνται συγκεκριμένες γεωμετρικές απαιτήσεις μεγίστων/ελαχίστων.

**γ) ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ**

Σε περιπτώσεις τοιχοπληρωμένων κτιρίων (κυρίως με πλαίσια και όχι με τοιχεία), ισχύουν τα εξής :

- Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αυξημένη αβεβαιότητα που σχετίζεται με τις αντιστάσεις των φατνωμάτων, την επιρροή των ανοιγμάτων, την σφήνωση προς τον σκελετό, την ενδεχόμενη «αλλοίωση» (ή τροποποίηση, καθαίρεση κ.λπ.) κατά την μακρόχρονη χρήση των κτιρίων, τις ανομοιόμορφες βλάβες υπό σεισμόν κ.λπ.
- Πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα κατασκευαστικά μέτρα για τον περιορισμό των βλαβών, ιδίως σε περιπτώσεις μεγάλων ανοιγμάτων ή λυγηρών φατνωμάτων (με  $h/t$  ή  $l/t > 15$ ), όπως η διάταξη συνδέσμων, πλεγμάτων, διαμπερών διαζωμάτων κ.λπ.
- Επισημαίνεται πως απαγορεύεται, γενικώς, να λαμβάνονται υπόψη ή όχι οι τοιχοπληρώσεις, επιλεκτικώς, π.χ. από όροφον σε όροφον ή/και από θέση σε θέση του κτίριου.
- Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη τόσο η ενδεχόμενη γενική όσο και τοπική επιρροή τους, ιδιαίτερως αν είναι δυσμενείς.
- Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ενδεχόμενη επιρροή των πλινθοπληρώσεων όσο αφορά θέματα μή-κανονικότητας σε κάτοψη ή τομή.

**Όσο αφορά την κάτοψη :**

Σε ορισμένες περιπτώσεις ασύμμετρης διάταξης, επιβάλλεται παραμετρική διερεύνηση της επιρροής των πλινθοπληρώσεων με συνεκτίμηση ορισμένων και όχι όλων των φατνωμάτων ή/και σημαντική επαύξηση της τυχηματικής εκκεντρότητας ορόφου υπό σεισμόν.

**Όσο αφορά την τομή :**

Σε δυσμενείς περιπτώσεις «ανοικτών» ορόφων ή απομείωσης των τοίχων, επιβάλλεται επαύξηση των εντατικών μεγεθών κατά τον πολλαπλασιαστικό συντελεστή

$$n = 1 + \Delta V_{Rw} / \Sigma V_{Sd} \leq q ,$$

μόνον εάν ο συντελεστής αυτός έχει τιμές μεγαλύτερες του 1,1, όπου  $\Delta V_{Rw}$  η ενδεχόμενη απομείωση της συνολικής διατμητικής αντίστασης των τοιχοπληρώσεων και  $\Sigma V_{Sd}$  η συνολική δρώσα τέμνουσα δύναμη για όλα τα πρωτεύοντα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία, ανά όροφον.