

## Κ.Α.Δ.Ε.Τ.

### Κανονισμός για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας (Σχέδιο 2)

*Μια πρώτη αδρομερής παρουσίαση*

Στέφανος Δρίτσος  
Μιχαέλα Βασιλειάδη

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

1

## (ΚΑΔΕΤ)

### ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

#### Ομάδα Μελέτης

Τάσιος Θεοδόσιος  
Δρίτσος Στέφανος (Συντονιστής)  
Βιντζηλαίου Ελισάβετ  
Ιγνατάκης Χρήστος  
Καραντώνη Τριανταφυλλιά  
Κωστικός Χρήστος  
Μιλτιάδου Ανδρονίκη  
Πανουτσοπούλου Μαρία  
Πανατζοπούλου Σταυρούλα  
Στυλιανίδης Κοσμάς  
Χρονόπουλος Μιλτιάδης

2

## Διερεύνηση

### Κατηγοριοποίηση βλαβών

- **Καθόλου ή μικρές βλάβες** – Χρήση χωρίς περιορισμούς
- **Σοβαρές βλάβες** – Περιορισμός χρήσης μέχρι την εκτίμηση της κατάστασης, μέτρα ασφαλείας
- **Βαριές βλάβες, με ή χωρίς κατάρρευση** – Απαγόρευση πρόσβασης

### Αποτύπωση φερόντος οργανισμού

- Γεωμετρία
- Γενικά σχέδια κατασκευής
- Λεπτομερή σχέδια κατασκευής

### Ιστορικό

- Χρόνος και φάσεις κατασκευής
- Προσθήκες/ Επεμβάσεις
- Εμφάνιση και αποκατάσταση βλαβών
- Έκτακτες δράσεις

3

## Τεκμηρίωση Υλικών και Τρόπου Δόμησης

### Απαραίτητα δεδομένα τεκμηρίωσης της αποτίμησης

- **Υλικά** – Διαστάσεις, τρόπος δόμησης, είδος κονιάματος, στοιχεία όπλισης, διαζώματα, τρόπος σύνδεσης τοίχων
- **Ανοίγματα** – Θέση, μέγεθος
- **Επιπλέον στοιχεία** – π.χ. ελκυστήρες
- **Θεμελίωση** – Είδος, βάθος
- **Έδαφος** – Είδος, χαρακτηριστικά
- **Παλαιές επεμβάσεις**
- **Συμπεριφορά υλικών** – Σύγκριση προγενέστερης και τωρινής

### Μέθοδοι Τεκμηρίωσης

- **Επιθεώρηση** – Οπτική διερεύνηση
- **Επιτόπου μετρήσεις με συνήθη μέσα**
- **Επιτόπου μετρήσεις μέσω οργάνων**
- **Εργαστηριακές μετρήσεις**

4

## Επιτόπου Διερευνητικές Εργασίες

### Τρόπος Δόμησης της Τοιχοποιίας κατά τις Όψεις της

Η αποτύπωση των περιγραμμάτων των λιθοσωμάτων σε μια αντιπροσωπευτική επιφάνεια, ώστε να εκτιμηθεί ο μέσος όγκος του κονιάματος ως ποσοστό του όγκου της τοιχοποιίας στη θέση αυτή.

### Τρόπος Δόμησης της Τοιχοποιίας κατά το Πάχος της

- **Οπτική παρατήρηση στις περιπτώσεις:**
  - α) Κατάρρευσης ή βλαβών
  - β) Δυνατότητα τοπικής αφαίρεσης κασωμάτων σε ανοίγματα
- **Αφαίρεση μικρού πλήθους λίθων στη μία όψη:** παρατήρηση του εσωτερικού και καταγραφή του τρόπου δομήσεως κατά το πάχος – Αποκατάσταση στην αρχική θέση
- **Λήψη πυρήνων:** παρατήρηση κατά το μήκος τους
- **Μέσω ραντάρ και ενδοσκοπήσεων:** σε κτίρια μεγάλης αξίας
- **Στοιχεία από γειτονικά κτίρια εάν:** το κτίριο ανήκει σε οικισμό με ενιαίο τρόπο δόμησης

5

## Επιτόπου Διερευνητικές Εργασίες

### Εντόπιση Ξύλινων ή Μεταλλικών Ενισχύσεων

- **Η παρουσία τους είναι ορατή (συνήθως στις παρειές της τοιχοποιίας):** μικρής έκτασης διερεύνηση για τη μέτρηση διαστάσεων και την αποτύπωση της διάταξης
- **Η παρουσία τους δε διακρίνεται στις όψεις:**
  - **Σε συνήθη κτίρια:** εντοπισμός θέσεων και διαστάσεων των στοιχείων ενίσχυσης με τοπική αφαίρεση της εξωτερικής σειράς των λίθων και στις 2 παρειές της τοιχοποιίας
  - **Σε μνημεία:** εντοπισμός θέσεων και διαστάσεων των στοιχείων ενίσχυσης με χρήση ραντάρ ή ενδοσκοπήσεων σε κατάλληλες θέσεις

6

## Επιτόπου Μέτρηση Αντοχών

- **Θλιπτική Αντοχή Λίθων:** Εφαρμογή κρουσιμετρήσεως, υπερήχων και ηχητικών μεθόδων μετά από βαθμονόμηση (με εργαστηριακές δοκιμές)
- **Θλιπτική Αντοχή Πλίσθων:** (χαμηλής αντοχής λίθοι ή οπτόπλινθοι) Μέθοδος χαραγής μετά από βαθμονόμηση (με εργαστηριακές δοκιμές)
- **Θλιπτική Αντοχή Κονιάματος:** Τεχνική της χαραγής ή της διείδυσης μετά από βαθμονόμηση (με εργαστηριακές δοκιμές)
- **Αντοχή Ξύλου:** Μέθοδος της διείδυσης **RILEM: Technical Committee AST 215**
- **Αντοχή Μετάλλου:** Επιτόπου μέτρηση της σκληρότητας του μετάλλου
- **Μηχανικά Χαρακτηριστικά Τοιχοποιίας:**
  - α) Μέθοδος επίπεδων γρύλλων **RILEM Recommendation MDT.D.4 και MDT.D.5**
  - β) Αποκοπή δοκιμίων τοιχοποιίας και υποβολή τους σε θλίψη ή διαγώνια θλίψη στο εργαστήριο

7

## Εργαστηριακές Δοκιμές

### Μέτρηση Μηχανικών Χαρακτηριστικών Λιθοσωμάτων

Εργαστηριακές δοκιμές σε δοκίμια κυλινδρικής ή πρισματικής μορφής που λαμβάνονται από το κτήριο ή από προϊόντα πυρινοληψίας, για τη μέτρηση της αντοχής σε θλίψη, σε εφελκυσμό, σε εφελκυσμό από κάμψη και του μέτρου ελαστικότητας

### Μέτρηση Μηχανικών Χαρακτηριστικών Κονιαμάτων

**Για τη θλιπτική αντοχή:** Όπου είναι δυνατόν διαμορφώνονται δοκίμια. Λαμβάνεται μέριμνα ώστε τα κονιάματα δόμησης να προέρχονται από το εσωτερικό των δομικών στοιχείων και να μην είναι αποσαθρωμένα

**Για την εφελκυστική αντοχή:** Εφαρμογή της μεθόδου των θραυσμάτων

8

## Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.)

### Κατηγορίες

- Υψηλή → KL3
- Ικανοποιητική → KL2
- Ανεκτή → KL1

9

## Ελάχιστες Απαιτήσεις Διερεύνησης : Ορισμός των Σ.Α.Δ.

- **Αποτύπωση Φ.Ο.:**
  - **Ανεκτή:** Γενικά σχέδια
  - **Ικανοποιητική:** Γενικά & λεπτομερή σχέδια των εμφανών δομικών στοιχείων και συνδέσεων
  - **Υψηλή:** Γενικά & λεπτομερή σχέδια των εμφανών και αφανών δομικών στοιχείων και των εμφανών και αφανών συνδέσεων
- **Ιστορικό:**
  - **Ανεκτή:** Απλή καταγραφή
  - **Ικανοποιητική:** Αναλυτική καταγραφή, αναφορά για τυχόν τροποποιήσεις
  - **Υψηλή:** Όπως στην Ικανοποιητική και με επιτόπου παρατηρήσεις
- **Φθορές:**
  - **Ανεκτή:** Αδρομερής καταγραφή
  - **Ικανοποιητική:** Αναλυτική καταγραφή επί των γενικών σχεδίων, φωτογραφική τεκμηρίωση
  - **Υψηλή:** Όπως στην Ικανοποιητική και πλήρη σχεδιαστική τεκμηρίωση με επιτόπου μετρήσεις

10

## Ελάχιστες Απαιτήσεις Διερεύνησης : Ορισμός των Σ.Α.Δ.

- **Υλικά:**
  - **Ανεκτή:**
    - i) Λήψη 3 λιθοσωμάτων και 3 τεμαχίων κονιάματος ή το 15% των πεσών και τοίχων και το 8% των υπέρθρων δίσκων (όποιο είναι μεγαλύτερο)
    - ii) Λήψη 3 πυρήνων διαμέτρου 15-20 cm και κατά παρέκκλιση 10 cm
    - iii) Επανάληψη δειγματοληψίας όταν υπάρχουν σε μεγάλο ποσοστό διαφορετικοί τύποι τοιχοποιίας
    - v) Μεταλλικά ή ξύλινα στοιχεία: οπτική εκτίμηση της κατάστασής τους

Σε κτίρια μικρής σημασίας, μικρού μεγέθους και χωρίς βλάβες, μπορεί να θεωρείται ανεκτή η υιοθέτηση ερήμην τιμών για τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών (όχι σε μνημεία)
  - **Ικανοποιητική:**
    - i) Λήψη 3 λιθοσωμάτων και 3 κονιαμάτων ή πυρήνων όπως στην Ανεκτή. Επιπλέον, μη καταστρεπτικές τεχνικές για το 30% πεσών και τοίχων και 15% υπέρθρων δίσκων
    - ii) Μεταλλικά ή ξύλινα στοιχεία – έλεγχος για το 30% των στοιχείων
  - **Υψηλή:**
    - i) Λήψη 3 λιθοσωμάτων και 3 κονιαμάτων ή πυρήνων όπως στην Ανεκτή. Επιπλέον, μη καταστρεπτικές τεχνικές για το 50% πεσών και τοίχων και 25% υπέρθρων δίσκων
    - ii) Μεταλλικά ή ξύλινα στοιχεία – έλεγχος για το 50% των στοιχείων

11

## Ερήμην Τιμές για τα Μηχανικά Χαρακτηριστικά

### Eurocode8-Part3

Table E.1 Reference values for mechanical properties of different masonry types: mean values and coefficient of variation

Type of masonry		f (MPa)	f <sub>i</sub> (MPa)	f <sub>td</sub> (MPa)	E (MPa)	G (MPa)	W (kN/m <sup>3</sup> )
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	-	0.22	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	0.16	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	-	0.28	4550	1138	15
	c.o.v.	0.24	-	0.14	0.24	0.24	

12

## Ελάχιστες Απαιτήσεις Διερεύνησης : Ορισμός των Σ.Α.Δ.

- **Τρόπος Δόμησης:**
  - **Ανεκτή:**

i) Δειγματοληψία κατά τις 2 όψεις τουλ. σε 3 θέσεις σε επιφάνεια 1 m<sup>2</sup>, υπό προϋποθέσεις και μόνο κατά τη 1

ii) Κατά το πάχος της τοιχοποιίας με πυρήνες ή με απόσπαση λιθοσωμάτων
  - **Ικανοποιητική:**

**Κατά τις 2 όψεις:** i) Δειγματοληψία κατά τις 2 όψεις. Τουλάχιστον 30% πεσσοί και τοίχοι και 15% υπέρθυροι δίσκοι

ii) Οπτικός έλεγχος στις γωνίες, συνδέσεις και πλαισίωση ανοιγμάτων στο 30% των θέσεων των στοιχείων

iii) Οπτικός έλεγχος οριζόντιων διαζωμάτων στο 30% των τοίχων

**Κατά το πάχος της τοιχοποιίας:** ελέγχεται το 30% των πεσσών και τοίχων και το 15% των υπέρθυρων δίσκων
  - **Υψηλή:**

**Κατά τις 2 όψεις:** i) Δειγματοληψία κατά 2 όψεις. Τουλάχιστον 50% πεσσοί και τοίχοι και 25% υπέρθυροι δίσκοι

ii) Οπτικός έλεγχος στις γωνίες, συνδέσεις και πλαισίωση ανοιγμάτων στο 50% των θέσεων των στοιχείων

iii) Οπτικός έλεγχος οριζόντιων διαζωμάτων στο 50% των τοίχων

**Κατά το πάχος της τοιχοποιίας:** ελέγχεται το 50% των πεσσών και τοίχων και το 25% των υπέρθυρων δίσκων

13

## Ελάχιστες Απαιτήσεις Διερεύνησης : Ορισμός των Σ.Α.Δ.

- **Θεμελίωση:**
  - **Ανεκτή:** Παράλειψη ελέγχου εφόσον οι βλάβες δεν αποδίδονται στο έδαφος
  - **Ικανοποιητική:** Διερευνητική τομή εφόσον δεν υπάρχουν βλάβες/ Τουλ. 3 τομές αν υπάρχουν βλάβες
  - **Υψηλή:** 3 τομές εφόσον δεν υπάρχουν βλάβες/ Γεωτρήσεις αν υπάρχουν βλάβες
- **Πατώματα:**
  - **Ανεκτή:** Αδρομερής καταγραφή με οπτική παρατήρηση και επιτόπου μετρήσεις
  - **Ικανοποιητική:** Οπτική παρατήρηση και επιτόπου μετρήσεις για το 30% των πατωμάτων
  - **Υψηλή:** Οπτική παρατήρηση και επιτόπου μετρήσεις για το 50% των πατωμάτων

14

## Μηχανικά Χαρακτηριστικά Τοιχοποιίας

### Θλιπτική αντοχή

- Καλοδομημένη οπτοπλινθοδομή
 
$$f_{wc} = [f_{mc} + 0.40(f_{bc} - f_{mc})](1 - 0.8\sqrt{\alpha})f_{bc} > f_{mc}$$

$$f_{wc} = f_{bc}(1 - 0.8\sqrt{\alpha})f_{bc} < f_{mc}$$

$$a = t_{jm}/h_{bm}$$
  - Χαμηλής αντοχή λιθοδομή
 
$$f_{wc} = \xi \left( \left( \frac{2}{3} \sqrt{f_{bc}} - f_0 \right) + \lambda f_{mc} \right)$$

$$\xi = 1/[1 + 3.5(k - k_0)] < 1.0$$

$$\lambda = 0.50 \sim 0.1$$

$$f_0 = 0.00 \sim 2.50$$
- $f_{bc}$ : θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων       $f_{mc}$ : θλιπτική αντοχή του κονιάματος
- Τρίστρωτη τοιχοποιία
 
$$f_{wc} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} (2\lambda_e \delta f_{c,e} + \lambda_i f_{c,i}) : (1 + 2\delta)$$

$f_{c,e}$ : θλιπτική αντοχή των εξωτερικών παρειών  
 $f_{c,i}$ : θλιπτική αντοχή υλικού πληρώσεως  
 $\lambda_e < 1.00, \lambda_i > 1.00$        $\gamma_{Rd} = 1.50$

15

## Μηχανικά Χαρακτηριστικά Τοιχοποιίας

### Μέτρο ελαστικότητας

- Εμπειρική σχέση (Τάσιος 1992)
 
$$E = \alpha f_{wc} \quad \alpha = 600 \sim 1000$$
- Τέμνον Μέτρο Ελαστικότητας (Επιβαλλόμενη τάση = 30%  $f_{wc}$ )
 
$$E = 300 f_{wc} \sim 1200 f_{wc}$$
- $1MPa < f_{wc} < 3MPa$ 

$$E_{wc} \approx 1300 \left( 1 - \frac{f_{wc}}{5} \right) f_{wc} \mp 140 f_{wc}^2$$

16

## Στάθμες Επιτελεστικότητας

- **Στάθμη Α** – Περιορισμένες Βλάβες
- **Στάθμη Β** – Σημαντικές Βλάβες
- **Στάθμη Γ** – Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης

Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Στάθμη επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού		
	«Περιορισμένες βλάβες»	«Σημαντικές βλάβες»	«Οιονεί Κατάρρευση»
10%	A1	B1	Γ1
50%	A2	B2	Γ2

17

## Μέθοδοι Ανάλυσης

- Ελαστική (Ισοδύναμη) στατική
- Ιδιομορφική ανάλυση φάσματος απόκρισης
- Ανελαστική στατική ανάλυση
- Ανελαστική δυναμική ανάλυση (ανάλυση χρονοϊστορίας)

18

## Μέθοδοι Ανάλυσης : Ελαστική Ανάλυση

### Ελαστική (Ισοδύναμη) Στατική Ανάλυση

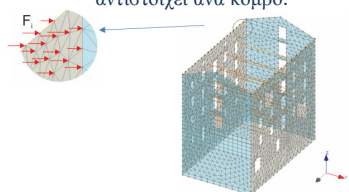
**Προϋποθέσεις Εφαρμογής:** Σε όλα τα κτίρια από Φ.Τ. (προκαταρκτικός έλεγχος)

Δύο κατανομές των οριζόντων σεισμικών φορτίων καθ' ύψος του δομήματος:  
α) ανεστραμμένη τριγωνική κατανομή    β) ομοιόμορφη κατανομή

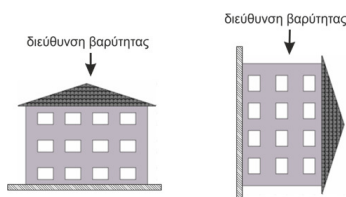
**Ιδιοπερίοδος:**  $T_{1max} = C_t H^{3/4}$

**Ελαστική Σεισμική Τέμνουσα:**  $V_{ei} = C_m \cdot S_e(T) \cdot \frac{W}{g}$

Επιβολή επικόμβιων δυνάμεων στο πλέγμα των πεπερασμένων στοιχείων ανάλογες της επιμεριζόμενης μεταφορικής μάζας που αντιστοιχεί ανά κόμβο.



Εφαρμογή της επιτάχυνσης της βαρύτητας κατά μήκος των αξόνων της σεισμικής διέγερσης.



19

## Μέθοδοι Ανάλυσης : Ελαστική Ανάλυση

### Ιδιομορφική Ανάλυση Φάσματος Απόκρισης

**Απαιτήσεις (έλεγχος προς κάθε διεύθυνση):**

- το άθροισμα των δρωσών ιδιομορφικών μαζών για τις ιδιομορφές που λαμβάνονται υπόψη  $\geq 75\%$  της συνολικής μάζας του φορέα.
- λαμβάνονται υπόψη όλες οι ιδιομορφές με δρώσες ιδιομορφικές μάζες μεγαλύτερες από το 5% της συνολικής μάζας.

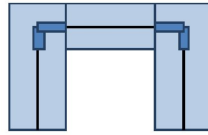
20

# Μέθοδοι Ανάλυσης : Ανελαστική Ανάλυση

## Ανελαστική Στατική Ανάλυση

Η σεισμική απαίτηση εκτιμάται σε όρους μετακίνησης στη στέγη των φερόντων τοίχων

**Προσομοίωση:** Προσομοιώματα ισοδύναμου πλαισίου  
Πεσοί και υπέρθυροι → Γραμμικά στοιχεία  
Καμπύλη αντίστασης **M-θ** ή **V-δ**



## Ανελαστική Δυναμική Ανάλυση (Χρονοϊστορίας)

Δε συνιστάται, παρά μόνο σε εξαιρετικά σημαντικές μνημειακές κατασκευές

# Επιπλέον Καθολικοί Έλεγχοι

## Φαινόμενα Δευτέρας Τάξεως

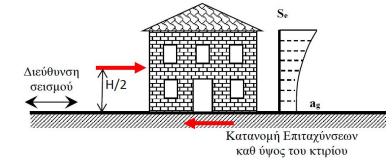
Η μεταθετότητα δεν λαμβάνεται υπόψη όταν:

$$h_{tot} \sqrt{\frac{N_{εδ}}{\Sigma EI}} \leq 0.6 h_{tot} \text{ για } n \geq 4 \text{ ή } h_{tot} \sqrt{\frac{N_{εδ}}{\Sigma EI}} \leq 0.2 + 0.1n \text{ για } 1 \leq n < 4$$

## Έλεγχος Ανατροπής

- Εκκεντρότητα  $\leq e_{lim} = \text{το } 1/6 \text{ της διάστασης του κτηρίου σε κάθε μία εκ των δύο κυρίων διευθύνσεων.}$
- Η δημιουργία αδρανούς περιοχής στην κάτοψη του δομήματος αποφεύγεται όταν:

$$S_e \leq 0.8 \cdot g \frac{\Omega_w}{c_m \eta S H} \left[ \frac{f_{tm}}{N} + \frac{1}{A_w} \right]$$

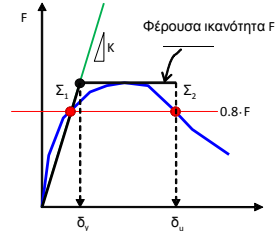
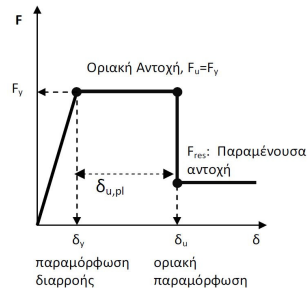
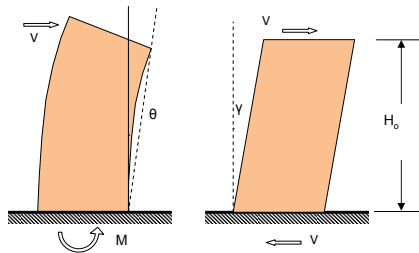


- $\sigma_{wc} = -\frac{N}{A_w} - \frac{M}{\Omega_w} \leq f_{wc} = \text{μέση θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας}$

# Μεγέθη Ελέγχου

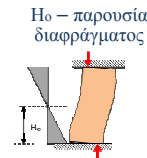
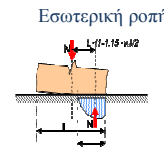
Ο έλεγχος γίνεται σε όρους παραμορφώσεων, ανάλογα με τη μορφή αστοχίας:

- Καμπτική: **M, θ**
- Διατμητική: **V, γ**



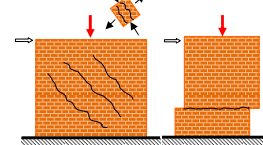
# Μορφή Αστοχίας σε Εντός Επιπέδου Δράση

Ικανοτική τέμνουσα  $V_t$  :  $V_f = \frac{L N}{2 H_0} (1 - 1.15 v_d)$



Διατμητική αντίσταση  $V_v$  :  $V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

$f_{va} = f_{vmo} + 0.4 \frac{N}{L't} \leq 0.065 f_b$ , ή ακριβέστερα  $f_{va} = \min(f_{va,t}, f_{va,s})$  όπου,  $f_{va,t}$  διατμητική αντοχή (λοξή ρηγμάτωση),  $f_{va,s}$  διατμητική αντοχή (ολίσθηση κατά μήκος οριζόντιων αρμών)



Συμβολή οριζόντιων ξύλινων στοιχείων στη διατμητική αντίσταση:

$$V_{tier} = u_{b,tier} \cdot p_{tier} \cdot L_{b,t}$$

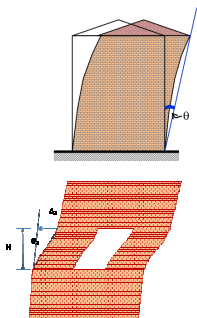
Έλεγχος σε κάμψη αν  $V_t < V_v$ , διαφορετικά έλεγχος σε διάτμηση

## Ικανότητα σε Όρους Παραμόρφωσης

### Εντός Επιπέδου

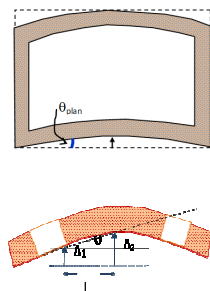
Για τοίχο που ελέγχεται από κάμψη

- $\delta_y = \theta_y = 0.0015$
- $\delta_u = d_u = 0.008 H_0/L$ , για πρωτεύοντες σεισμικούς τοίχους
- $\delta_u = d_u = 0.012 H_0/L$ , για δευτερεύοντες



Για τοίχο που ελέγχεται από διάτμηση

- $\delta_y = \theta_y = 0.0015$
- $\delta_u = d_u = 0.004$ , για πρωτεύοντες σεισμικούς τοίχους
- $\delta_u = d_u = 0.006$ , για δευτερεύοντες



25

## Ικανότητα σε Όρους Παραμόρφωσης

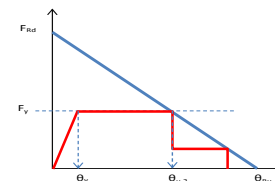
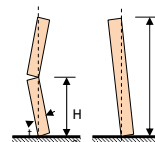
### Εκτός Επιπέδου

$$\delta_y = \theta_y = 0.0020$$

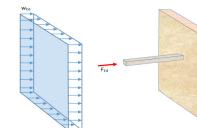
$$F_{Rd} = \lambda \cdot (w_{Ed} \cdot A_{L,w} + F_{Ed})$$

$$\delta_u = d_u = \min \left( \begin{array}{l} \theta_{u1} = 0.003 \cdot \frac{H_0}{t} \\ \theta_{u2} = \theta_{Ru} \cdot \left(1 - \frac{F_y}{F_{Rd}}\right) \end{array} \right)$$

$$\text{Οριακή στροφή } \theta_{R,u} = \frac{\varepsilon}{H_0}$$



Συνεκτίμηση αδρανειακών δυνάμεων από τα πατώματα:  $F_{Ed,πατ.} = (S_e \cdot C_m \cdot S \cdot \eta \cdot M_{dia})$

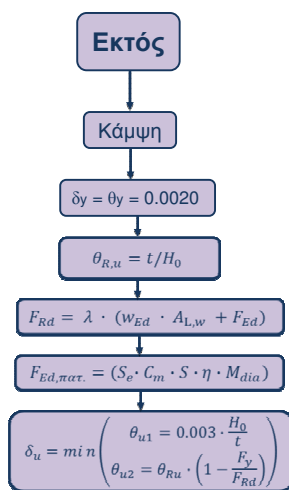
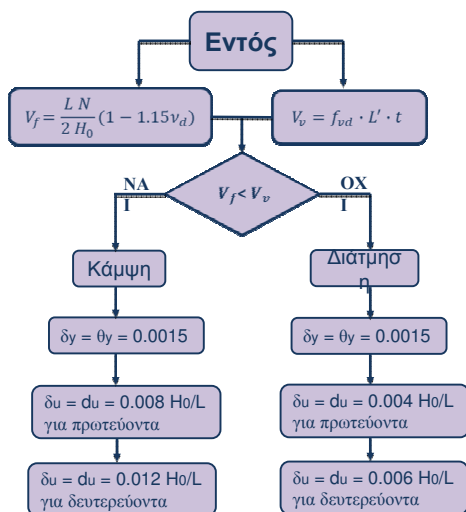


Σε περίπτωση **άκαμπτων** διαφραγμάτων, τα όρια για τη σχετική οριζόντια μετακίνηση ορόφου είναι:

- 0.7% για τοιχοποιία με συμπαγείς πλίνθους,
- 0.45% για τοιχοποιία με διάτρητους πλίνθους
- 0.6% για τοιχοποιία από αργολιθοδομή.

26

## Βήματα για τους Ελέγχους σε Εντός και Εκτός Επιπέδου



27

## Έλεγχοι Ασφαλείας – Ανελαστική Ανάλυση

Ανελαστικές-Ελαστικές μετακινήσεις:

- $\frac{\delta_{inel}}{\delta_{el}} = 1$  για  $T \geq T_c$
- $\frac{\delta_{inel}}{\delta_{el}} = \frac{1.0 + (q-1) \frac{T_c}{T}}{q}$  για  $T < T_c$

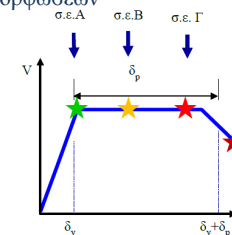
Γενική ανίσωση ασφαλείας:  $S_d = S_G + S_E < R_d$

Κριτήρια Αποδοχής:

Στάθμη Α: Ελαστική Ανάλυση: Έλεγχος σε όρους δυνάμεων  
 Ανελαστική Ανάλυση: Έλεγχος σε όρους παραμορφώσεων

Στάθμη Β:  $R_d = \delta_{d,B} = \frac{\delta_{u,B}}{\gamma_{Rd}}$   
 $\delta_{u,B} = \theta_u$  αν κρίσιμη η κάμψη  
 $\delta_{u,B} = \gamma_u$  αν κρίσιμη η διάτμηση

Στάθμη Γ:  $R_d = \delta_{d,\Gamma} = 1.33 \frac{\delta_{u,\Gamma}}{\gamma_{Rd}}$   
 $\gamma_{R,d} = 1.50$  εντός επιπέδου  
 $\gamma_{R,d} = 2.00$  εκτός επιπέδου



28

## Έλεγχοι Ασφαλείας – Μέθοδοι m και q

### Μέθοδος m

**Γενική ανίσωση ασφαλείας:**  $S_d = S_G + \frac{S_E}{m} < R_d$       $m = \frac{\delta_d}{\delta_y}$

Για πλαστικούς τρόπους αστοχίας:

$R_d$  η τιμή σχεδιασμού σε όρους δυνάμεων

Για ψαθυρούς τρόπους αστοχίας:

$R_d$  η τιμή σχεδιασμού σε όρους εντατικών μεγεθών

Για ΕΠΙΠΕΔΟΥ: εντός  $R_d = V_f = \frac{LN}{2H_0} (1 - 1.15v_d)$  ή  $R_d = V_p = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

$$S_d = \mu_\delta = \delta / \delta_y = \theta / \theta_y$$

Για ΕΠΙΠΕΔΟΥ: εκτός  $R_d = \delta u = 0.008 H_0/L$  (για κάμψη) ή  $R_d = \delta u = 0.004$  (για διάτμηση)

$S_d$ : η ροπή στις θέσεις ελέγχου

### Μέθοδος q

**Γενική ανίσωση ασφαλείας:**  $S_d = S_G + S_E < R_d$

$R_d$  η τιμή σχεδιασμού σε όρους δυνάμεων

Για πλαστικούς τρόπους αστοχίας:

$S_d$  εντατικό μέγεθος από την ελαστική ανάλυση

Για ψαθυρούς τρόπους αστοχίας:

$S_d$  εντατικό μέγεθος με βάση τον ικανοτικό σχεδιασμό