

# “ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ”

➤Στέφανος Δρίτσος  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών  
Πανεπιστήμιο Πατρών

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος  
Περιφ. Τμήμα Νομού Κέρκυρας  
Κέρκυρα, 12/07/2013

1

## ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΑΝΤΥΚ

Το Ανέφικτο του Ακριβούς Ελέγχου Όλων των Κτιρίων  
Αντικαθίσταται με  
μία Εφικτή Στρατηγική ανά Ομάδες Κτιρίων ή Περιοχή  
που Περιλαμβάνει **Τρία Επίπεδα Ελέγχου**

### 1° Επίπεδο Ελέγχου:

- Όλα τα Παλαιά Κτίρια (εκτός κάποιων ομάδων που για ειδικούς λόγους μπορούν να εξαιρεθούν)
- **Μακροσκοπικός Οπτικός Έλεγχος**
  - ✓ Ομάδες Έμπειρων Μηχανικών
  - ✓ Μικρό Κόστος Ανά Κτίριο

- ➔ “Χοντρό Κοσκίνισμα” Πολύ Μεγάλου Πλήθους Κτιρίων με Κριτήρια που “Εύκολα” Μπορούν να Διαπιστωθούν Οπτικά
- ➔ Χοντρική Αποτίμηση Τρωτότητας Κτιρίων
- ➔ Προσεγγιστική Εκτίμηση Συνολικού Μεγέθους Απωλειών ανά Χωρική Ενότητα

2

### 2° Επίπεδο Ελέγχου:

- Τα Κτίρια που (από το 1° Επίπεδο Ελέγχου) Προέκυψε ότι Είναι Περισσότερο Τρωτά
- Προσεγγιστική Υπολογιστική Μέθοδος Αποτίμησης Σεισμικής Ικανότητας Κάθε Κτιρίου (*Απαιτούνται Περισσότερα Στοιχεία: Διατομές, Αντοχές, Οπλισμοί*)

➔ “Ψιλότερο Κοσκίνισμα” των Κτιρίων που Πέρασαν από το “Χοντρό Κόσκινο”

### 3° Επίπεδο Ελέγχου:

- Τα Κτίρια που (από το 2° Επίπεδο Ελέγχου) Προέκυψε ότι Είναι Περισσότερο Τρωτά
- Ακριβής Αναλυτική Μέθοδος Αποτίμησης Σεισμικής Ικανότητας Κάθε Κτιρίου

### Σχέση Κόστους Ελέγχου ανά Κτίριο

1° Επίπεδο : 2° Επίπεδο : 3° Επίπεδο  
1 : 10 : 100

3

## 1° ΕΠΙΠΕΔΟ: ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟΣ ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Για Κτίρια από Φέρουσα Τοιχοποιία:

- Υλικά και Τρόπος Δόμησης των Τοίχων
- Πάχος Τοίχων
- Ποσοστό οριζόντιας Επιφάνειας Τοίχων σε Σχέση με τη Συνολική Δόμηση
- Ποσοστό Ανοιγμάτων Τοίχων
- Ύπαρξη Σεναζιών, διαζωμάτων
- Συνδέσεις Πατωμάτων και Οροφής με τους Περιμετρικούς Τοίχους

4

## 2<sup>ο</sup> ΕΠΙΠΕΔΟ

### ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟΣ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ.

#### Η Λογική του Ελέγχου

H = Σεισμική επιβάρυνση

R = Σεισμική αντίσταση

$$H \leq R \rightarrow \frac{H}{R} \leq 1 \rightarrow \frac{H}{R} - 1 \leq 0 \quad \text{ασφαλές}$$

$$H > R \rightarrow \frac{H}{R} > 1 \rightarrow \frac{H}{R} - 1 > 0 \quad \text{ανασφαλές}$$

$$I = V \left( \frac{H}{R} - 1 \right) \quad \text{Δείκτης Διακινδύνευσης Κτιρίου}$$

V = Εκτιμήτρια Σπουδαιότητας Κτιρίου

$$H = h_1 H_1 + h_2 H_2$$

$$R = r_1 R_1 + r_2 R_2 + \dots + r_{10} R_{10}$$

$$V = v_1 V_1 + \dots + v_4 V_4$$

5

## Εκτίμηση Σεισμικής Αντίστασης (R)

Δείκτης	Ονομασία	Συντελεστής Βαρύτητας (r <sub>i</sub> )
R <sub>1</sub>	Δείκτης διατμητικής αντίστασης ισογείου	0.20
R <sub>2</sub>	Δείκτης ανοιγμάτων φερόντων τοίχων	0.05
R <sub>3</sub>	Δείκτης διαζωμάτων	0.15
R <sub>4</sub>	Δείκτης διαφραγμάτων	0.10
R <sub>5</sub>	Δείκτης ανοιγμάτων κοντά σε γωνίες	0.15
R <sub>6</sub>	Δείκτης παθολογίας φερουσών τοιχοποιιών	0.05
R <sub>7</sub>	Δείκτης σύνδεσης μεταξύ εγκάρσιων τοίχων	0.10
R <sub>8</sub>	Δείκτης καταπόνησης περιμετρικών τοίχων εκτός επιπέδου	0.10
R <sub>9</sub>	Δείκτης κανονικότητας της κάτοψης ισογείου	0.05
R <sub>10</sub>	Δείκτης κανονικότητας καθ' ύψος	0.05

$$R = 0.2R_1 + 0.15(R_3 + R_5) + 0.10(R_4 + R_7 + R_8) + 0.05(R_2 + R_6 + R_9 + R_{10})$$

## Δείκτης Διακινδύνευσης Κτιρίου

$$I = V \left( \frac{H}{R} - 1 \right)$$

$$V = v_1 V_1 + \dots + v_4 V_4$$

$$H = h_1 H_1 + h_2 H_2$$

$$R = r_1 R_1 + r_2 R_2 + \dots + r_{10} R_{10}$$

7

## 3<sup>ο</sup> ΕΠΙΠΕΔΟ ΒΑΣΙΚΑ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΑ ΚΕΙΜΕΝΑ

Ο.Α.Σ.Π. & Ε.Κ.Π.Π.Σ., (2010), "Προσχέδιο Ρυθμιστικού Πλαισίου για τις Δομητικές Επεμβάσεις και την Αντισεισμική Προστασία των Μνημείων"

Ο.Α.Σ.Π., (2013), "Κανονισμός Αποτίμησης και Δομητικών Επεμβάσεων Τοιχοποιίας (ΚΑΔΕΤ) – Σχέδιο 0"

Eurocode 8-Part 3. (2005) European (draft) Standard EN. *Design of Structures for Earthquake Resistance, Assessment and Retrofitting of Buildings*, Draft Stage 64, pr EN 1998-3: 2005 (E), CEN Technical Committee CEN/TC250, Brussels.

FEMA356. (2000) *Pre-standard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, ASCE for the Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.

### 3<sup>ο</sup> ΕΠΙΠΕΔΟ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ-ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

- Στόχοι Αποτίμησης και Ανασχεδιασμού
- Διερεύνηση - Τεκμηρίωση
- Μέθοδοι Ανάλυσης

9

### ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ Ή ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

	Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Στάθμη επιτελεστικότητας		
		Περιορισμένες βλάβες	Σημαντικές βλάβες	Οιονεί κατάρρευση
1.	10%	A1	B1	Γ1
2.	50%	A2	B2	Γ2

### ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

#### α. «Περιορισμένες βλάβες» (Α).

Μόνο ελαφρές βλάβες (τριχοειδείς ρωγμές στον φέροντα οργανισμό).

Δομικά στοιχεία με υψηλό βαθμό την αντοχή και τη δυσκαμψία.

Μη-φέροντα στοιχεία - κατανεμημένη ρηγμάτωση.

Μόνιμες σχετικές παραμορφώσεις ορόφων είναι αμελητέες.

Ο φορέας δεν απαιτεί μέτρα επισκευής.

*Αναμένεται ότι καμιά λειτουργία του κτιρίου δεν διακόπτεται κατά τη διάρκεια και μετά τον σεισμό σχεδιασμού, εκτός ενδεχομένως από δευτερεύουσας σημασίας λειτουργίες.*

11

### ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

#### β. «Σημαντικές βλάβες» (Β).

Σημαντικές βλάβες, ορισμένες βαριές, χωρίς τοπικές καταρρεύσεις.

Διαθέτει κάποια απομένουσα πλευρική αντοχή και δυσκαμψία.

Κατακόρυφα στοιχεία είναι σε θέση να αναλαμβάνουν τα φορτία βαρύτητας.

Μη-φέροντα στοιχεία με βλάβες, χωρίς εκτός επιπέδου αστοχίες.

Μέτριες μόνιμες σχετικές παραμορφώσεις ορόφων, τοπικά ίσως έντονες.

Ο φορέας είναι σε θέση να αντεπεξέλθει σε μελλοντικούς σεισμούς μέτριας έντασης.

Η επισκευή του φορέα ενδέχεται να είναι αντιοικονομική.

*Δεν αναμένεται σοβαρός τραυματισμός ατόμων εξαιτίας των βλαβών ούτε ουσιώδεις επιπτώσεις στην οικοσκευή ή τα αποθηκευόμενα στο κτίριο υλικά.*

12

## ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

### γ. «Οιονεί Κατάρρευση» (Γ).

Σοβαρές βλάβες, εν γένει μη επισκευάσιμες.

*Ο όρος μη-επισκευάσιμες βλάβες, αναφέρεται σε σοβαρές ή βαριές βλάβες, έναντι των οποίων απαιτείται ενίσχυση (και όχι απλή επισκευή) ή αντικατάσταση ή υποκατάσταση του δομικού στοιχείου ή του δομήματος στο σύνολό του.*

Απομένουσα πλευρική αντοχή και δυσκαμψία είναι χαμηλή.

Κατακόρυφα στοιχεία ακόμα σε θέση να αναλαμβάνουν φορτία βαρύτητας.

Τα περισσότερα μη-φέροντα στοιχεία έχουν καταρρεύσει.

Μεγάλες μόνιμες σχετικές παραμορφώσεις ορόφων.

Ο φορέας ουσιαστικά δεν διαθέτει περιθώριο ασφαλείας έναντι ολικής κατάρρευσης και πιθανόν δε θα επιβιώσει σε επόμενο σεισμό, ακόμα και μέτριας έντασης.

*Δεν αποκλείονται τραυματισμοί ατόμων λόγω βλαβών ή πτώσης στοιχείων του μη-φέροντος οργανισμού ή αντικειμένων.*

13

## ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ-ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

### ■ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

#### ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ

Γενικά κατασκευαστικά σχέδια  
Λεπτομερή σχέδια κατασκευής

### ■ ΙΣΤΟΡΙΚΟ

### ■ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΦΘΟΡΩΝ ΚΑΙ ΒΛΑΒΩΝ

### ■ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

#### ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΥ ΔΟΜΗΣΗΣ

#### ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ

Επιθεώρηση-Οπτική έρευνα  
Επί τόπου μετρήσεις με συνήθη μέσα  
Επί τόπου μετρήσεις μέσω οργάνων  
Εργαστηριακές μετρήσεις

## ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ-ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

### ■ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Τρόπος δομήσεως της τοιχοποιίας κατά τις όψεις της

Τρόπος δομήσεως της τοιχοποιίας κατά το πάχος της

Εντόπιση ξύλινων ενισχύσεων στην τοιχοποιία

Διαπίστωση του τρόπου δομήσεως στις συνδέσεις ή στις διασταυρώσεις τοίχων

Εντόπιση κατασκευαστικών φάσεων, ασυνεχειών στις όψεις, κλπ.

Μέτρηση της θλιπτικής τάσης σε κρίσιμες περιοχές

Έδαφος θεμελίωσης

15

## ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ-ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

### ■ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΟΧΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

- Θλιπτική Αντοχή Λίθων
- Θλιπτική Αντοχή Πλίνθων
- Θλιπτική Αντοχή Κονιάματος
- Αντοχή Ξύλου
- Αντοχή Μετάλλου
- Μηχανικά Χαρακτηριστικά Τοιχοποιίας

### ■ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΔΟΜΗΜΑΤΟΣ

### ■ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

- Μέτρηση Μηχανικών Χαρακτηριστικών Λιθοσωμάτων
- Μέτρηση Μηχανικών Χαρακτηριστικών Κονιαμάτων
- Μέτρηση Μηχανικών Χαρακτηριστικών Ξύλου, Μετάλλου, κλπ.
- Μέτρηση Μηχανικών Χαρακτηριστικών Τοιχοποιίας
- Δοκιμές τμημάτων κατασκευής, συνδέσεων μεταξύ φερόντων στοιχείων, κλπ

16

## ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ-ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

- ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΕ ΟΜΟΙΩΜΑΤΑ ΚΤΗΡΙΩΝ ΥΠΟ ΚΛΙΜΑΚΑ
- ΣΤΑΘΜΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
  - Κατηγορίες Σ.Α.Δ.
  - Επιπτώσεις της Σ.Α.Δ. στην Αποτίμηση και τον Ανασχεδιασμό
  - Κριτήρια Καθορισμού της Σ.Α.Δ.
- ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

17

## ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

- ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ
  - Πεπερασμένα Στοιχεία
  - Μακροστοιχεία
  - Ισοδύναμο πλαίσιο
  - Σύστημα Θλιπτήρων & Ελκυστήρων
  - Διεπιφάνειες
  - Απλή κινηματική προσέγγιση του παραμορφωμένου φορέα ως Ισοδύναμο Μονοβάθμιο Σύστημα
- ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΑΙΤΗΣΗΣ
  - σε όρους εντατικών μεγεθών: α) ελαστική ισοδύναμη στατική ανάλυση  
β) ελαστική φασματική ανάλυση
  - σε όρους μετακινήσεων: α) ελαστική ισοδύναμη στατική ανάλυση  
β) ελαστική φασματική ανάλυση του Ισοδύναμου Μονοβαθμίου Συστήματος  
γ) πλαστική ανάλυση (γραμμές διαρροής)

18

## ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ - «ΜΕΤΡΑ» ΒΛΑΒΗΣ FEMA 356

	Οιονεί Κατάρευση Επίπεδο Γ	Σημαντικές Βλάβες Επίπεδο Β	Περιορισμένες Βλάβες Επίπεδο Α
Αναμενόμενες Αποδεκτές Βλάβες	Εκτεταμένες Βλάβες και Ρηγματώσεις. Η πρόσοψη και τα επιχρίσματα μπορεί να αποκολληθούν. Αξιοσημείωτες αποκλίσεις εντός και εκτός επιπέδου.	Εκτεταμένες ρηγματώσεις. Αξιοσημείωτες αποκλίσεις της τοιχοποιίας εντός επιπέδου και πολύ μικρές εκτός επιπέδου.	Ασήμαντες ρηγματώσεις στα επιχρίσματα σε κάποιες γωνίες ανοιγμάτων. Καμία αισθητή απόκλιση εκτός επιπέδου.
Αναμενόμενες Γωνιακές Παραμορφώσεις	1.0%	0.6%	0.3%
Αποδεκτές Γωνιακές Παραμορφώσεις	0.4%	0.3%	0.1%

## ΣΧΕΔΙΑΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ - ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ

- Αποτελέσματα ανάλυσης τρωτότητας
- Προσβασιμότητα
- Διατιθέμενα μέσα

20

