

Διαδικτυακά Σεμινάρια με θέμα:  
**Αποτίμηση Επάρκειας και Ενισχύσεις Κατασκευών υπό Σεισμικές Δράσεις**  
 Τμή. Αυτ. Ελλάδας

➤ **Στέφανος Η. Δρίτσος, Ομότ. Καθηγητής**  
 Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

**Πρωτοβάθμιος και Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος Κτιρίων: Το πλαίσιο**

Ιούνιος, 2021 1

1

**Δυσμένεια Παλαιών Κτιρίων**

**(α) Μόρφωση φορέα χωρίς τις σύγχρονες αντισεισμικές αντιλήψεις**  
*(πλασιμότητα, ικανοτικός σχεδιασμός, κατασκευαστικές διατάξεις) και πολλές φορές με αρχιτεκτονικές υπερβολές (έλλειψη κανονικότητας: γεωμετρίας ή αντοχής)*

**(β) Προσδιορισμός των εντατικών μεγεθών με απλοποιητικές παραδοχές**  
*(Έλλειψη υπολογιστικών μέσων: απουσία χωρικής ανάλυσης & διαστάτασης πλαισιακής λειτουργίας)*

**(γ) Διαστασιολόγηση με διαδικασίες που σήμερα έχουν αναθεωρηθεί**

**(δ) Συχνά σχεδιασμός για σεισμικές δράσεις μικρότερες των αντιστοίχων για νέα κτίρια**

**Δυνητική Δυσμένεια**  
 Παλαιά κτίρια:  $1,75 \times \epsilon$  π.χ.  $1,75 \times 0,08 = 0,14g$   
 Νέα κτίρια (μετά 1995):  $\alpha \times 2,5/q$  π.χ.  $0,24 \times 2,5/3,5 = 0,17g$

$\frac{0,14}{0,17} \cdot \frac{1,5 - 2,25}{3,5} \approx \frac{1}{3} - \frac{1}{2}$  ➔ **Δυνητική Δυσμένεια της τάξεως 1:3 έως 1:2**

2

2

**Ερωτήματα**

- Ποιες κατασκευές έχουν προτεραιότητα να ενισχυθούν; Πώς θα μπορούσαμε να ξεχωρίσουμε τις πλέον τρωτές κατασκευές σε ένα δομικό σύνολο;
- Με ποιά διαδικασία θα μπορούσε να αποτιμηθεί το αναμενόμενο επίπεδο βλάβης σε μια κατασκευή;
- Ποιά είναι τα απαραίτητα δεδομένα και πως θα ληφθεί υπ' όψιν ο βαθμός αξιοπιστίας τους;
- Ποιές είναι οι καταλληλότερες μέθοδοι για την αποτίμηση ή τον ανασχεδιασμό;
- Ποιός είναι ο καταλληλότερος τρόπος προσεισμικής (ή μετασεισμικής) ενίσχυσης μιας κατασκευής;
- Ποιές είναι οι διαδικασίες υπολογιστικής επιβεβαίωσης αποδοχής της λύσης επέμβασης;
- Είναι τελικά αυτή η επέμβαση προτιμότερη λύση έναντι της επιλογής μιας νέας κατασκευής (συνεκτιμώντας κόστος, λειτουργικότητα, αισθητική και άλλες "μη-στατικές" παραμέτρους);

3

3

**Ποιες Κατασκευές έχουν Προτεραιότητα να Ενισχυθούν;**

Το **Ανέφικτο** του ακριβούς ελέγχου όλων των κτιρίων αντικαθίσταται με μία **Εφικτή Στρατηγική** ανά ομάδες κτιρίων ή περιοχή που περιλαμβάνει τρία επίπεδα ελέγχου

**1<sup>ο</sup> Επίπεδο Ελέγχου:**  
 Χοντρό Κοσκίνισμα πολύ μεγάλου πλήθους κτιρίων με κριτήρια που "εύκολα" μπορούν να διαπιστωθούν οπτικά

- Όλα τα υπό έλεγχο κτίρια (εκτός κάποιων ομάδων που για ειδικούς λόγους μπορούν να εξαιρεθούν)
- **Μακροσκοπικός Οπτικός Έλεγχος**
  - ✓ Ομάδες έμπειρων μηχανικών
  - ✓ Μικρό κόστος ανά κτίριο

➔ **Χοντρική Βαθμονόμηση Τρωτότητας Κτιρίων και Συγκριτική Κατάταξη**  
 ➔ **Προσεγγιστική Εκτίμηση Συνολικού Μεγέθους Απωλειών ανά Χωρική Ενότητα**

4

4

**2<sup>ο</sup> Επίπεδο Ελέγχου:**  
 Ψιλότερο Κοσκίνισμα του ποσοστού των κτιρίων που από το “Χοντρό Κοσκίνο” της κατάταξης του 1<sup>ου</sup> Επιπέδου Ελέγχου προέκυψε ότι είναι τα περισσότερο τρωτά

- Προσεγγιστική Υπολογιστική Μέθοδος Αποτίμησης Σεισμικής Ικανότητας κάθε κτιρίου (απαιτούνται περισσότερα στοιχεία: Διατομές, Αντοχές, Οπλισμοί...)

➔ Συγκριτική Κατάταξη με βάση τον δείκτη ανεπάρκειας, αλλά και το πλήθος των ενοίκων και την αξία του κτιρίου

**3<sup>ο</sup> Επίπεδο Ελέγχου:**  
 Τα Κτίρια που (από το 2<sup>ο</sup> Επίπεδο Ελέγχου) Προέκυψε ότι Είναι Περισσότερο Τρωτά

- Ακριβής Αναλυτική Μέθοδος Αποτίμησης Σεισμικής Ικανότητας Κάθε Κτιρίου

**Σχέση Κόστους Ελέγχου ανά Κτίριο**

1<sup>ο</sup> Επίπεδο : 2<sup>ο</sup> Επίπεδο : 3<sup>ο</sup> Επίπεδο  
 1 : 10-20 : 100-200

5

**ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΟΣ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ**  
 Μακροσκοπικός Οπτικός Έλεγχος

- ❑ Μέγιστος Αριθμός Ενοίκων
- ❑ Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας και τυχόν αλλαγή της
- ❑ Σπουδαιότητα Κτιρίου
- ❑ Έτος Μελέτης και Έτος Κατασκευής
- ❑ Δομικός Τύπος Κτιρίου (Ο.Σ., Φ.Τ., Χ.Λ., παρουσία τοιχωμάτων)
- ❑ Ύπαρξη Μαλακού Ορόφου
- ❑ Ύπαρξη Κοντών Υποστυλωμάτων
- ❑ Διάταξη Τοιχοπληρώσεων
- ❑ Κανονικότητα
- ❑ Ενδεχόμενο Κρούσης με Γειτονικά Κτίρια
- ❑ Κακοτεχνίες - Ελλιπής Συντήρηση
- ❑ .....

6

**ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟΣ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ**

**Η Λογική του Ελέγχου**

Βαθμός Ανεπάρκειας:  $\lambda = \frac{H}{R} = \frac{\text{Σεισμική Επιβάρυνση}}{\text{Σεισμική Αντίσταση}}$

1. Προσδιορισμός Σεισμικής Επιβάρυνσης, π.χ.  $H = V_{req.}$
2. Προσδιορισμός Βασικής Σεισμικής Αντίστασης, π.χ.  $R_0 = V_{R_0}$
3. Προσδιορισμός βαθμού επιρροής πρόσθετων κριτηρίων τρωτότητας έτσι ώστε  $R = \beta V_{R_0}$
4. Προσδιορισμός δείκτη ανεπάρκειας λ, συνεκτιμώντας τα πρόσθετα κριτήρια επιρροής στη τρωτότητα του κτιρίου

$\lambda = \frac{H}{R}$  π.χ.  $\lambda = \frac{V_{req.}}{R} = \frac{V_{req.}}{\beta \cdot R_0}$

7

**ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟΣ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ**  
 Κτίρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα  
 Κριτήρια Σεισμικής Επιβάρυνσης

Τα στοιχεία τρωτότητας που επηρεάζουν καθοριστικά τη σεισμική συμπεριφορά ενός κτιρίου συνοψίζονται στα **13 κριτήρια** του Πίνακα:

**Πίνακας Κριτηρίων**

α/α	Κριτήρια Σεισμικής Επιβάρυνσης	Βαθμός επιβάρυνσης β <sub>i</sub>					Συντελ. βαρύτητας σ <sub>i</sub>
		1	2	3	4	5 min	
1	Υπερφόρτιση	1					0.10
2		2					0.10
3		3					0.05
4	Κανονικότητα Κάτοψης						0.05
5	Κατανομή Δυσκαμψίας σε Κάτοψη - Στρέψη						0.10
6	Κανονικότητα σε Τομή /Ωψη						0.05
7	Κατανομή Δυσκαμψίας σε Τύπος						0.15
8	Κατανομή Μάζας καθ' Ύψος						0.05
9	Κοντά Υποστυλώματα						0.15
10	Κατακόρυφες Ασυμμετρίες						0.05
11	Διαδρομή και Μεταφορά Δυνάμεων						0.05
12	Γειτονικά Κτίρια						0.05
13	Κακοτεχνίες, Τραυματισμοί						0.05

Υπολογισμός του μειωτικού συντελεστή επιρροής των κριτηρίων :  $\beta = \sum \frac{\sigma_i \beta_i}{5}$

8

**ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟΣ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ**  
Κτίρια από Φέρουσα Τοιχοποιία  
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 διαζυμμάτων	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<sub>1</sub> + 0.15(R<sub>3</sub> + R<sub>5</sub>) + 0.10(R<sub>4</sub> + R<sub>7</sub> + R<sub>8</sub>) + 0.05(R<sub>2</sub> + R<sub>6</sub> + R<sub>9</sub> + R<sub>10</sub>)**

9

**3<sup>ο</sup> ΕΠΙΠΕΔΟ**  
Με Ποιά Διαδικασία Θα Μπορούσε Να Αποτιμηθεί Το Αναμενόμενο Επίπεδο Βλάβης Σε Μια Κατασκευή;

**ΒΑΣΙΚΑ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΑ ΚΕΙΜΕΝΑ**

Ο.Α.Σ.Π., (2017), “Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) σε Κτίρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα (2<sup>η</sup> Αναθεώρηση)” ΦΕΚ 2984/Β/30-08-2017.

Eurocode 8-Part 3. (2005) European Standard EN1998-3 “Design of Structures for Earthquake Resistance, Assessment and Retrofitting of Buildings”.

- (2019), Draft N776 “Assessment and Retrofitting of Buildings and Bridges”

Ο.Α.Σ.Π., (2019), “Κανονισμός Αποτίμησης και Δομητικών Επεμβάσεων Τοιχοποιίας ΚΑΔΕΤ Σχέδιο 1”

10

**Προσδιορισμός Σεισμικής Απαιτήσης V<sub>req</sub>**

- Υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:  $V_{req} = M S_d(T)$
- όπου,  
M η μάζα του κτιρίου (υπολογιζόμενη από τα κατακόρυφα φορτία)  
S<sub>d</sub> η εδαφική επιτάχυνση με βάση το συντελεστή συμπεριφοράς q
- q: λαμβάνεται από τους πίνακες Σ4.4 & 4.1 (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) ανάλογα με τη διεύθυνση και τη στάθμη επιτελεστικότητα

11

**Προσδιορισμός Συνολικής Σεισμικής Αντίστασης V<sub>RO</sub>**

Η συνολική τέμνουσα αντοχής είναι:

$$V_{RO} = a_1 \sum V_{RI}^{υποστ.} + a_2 \sum V_{RI}^{τοιχ.} + a_3 \sum V_{RI}^{κοντ.υποστ.}$$

Τοίχιμα:	Κοντό υποστούλιωμα:
<ul style="list-style-type: none"> <li>Λόγος πλευρών L<sub>w</sub>/b<sub>w</sub> ≥ 4</li> <li>Ελάχιστο μήκος διαβαθμίζεται ανάλογα με το πλήθος των ορόφων του κτιρίου, όπως φαίνεται στον Πίνακα</li> </ul>	Το υποστούλιωμα με l/h ≤ 5 Όπου: l το ελεύθερο ύψους υποστυλώματος h η διάσταση της διατομής, στη διεύθυνση του σεισμού

Πλήθος ορόφων	1	2	3	4	5	6	7	≥8
Ελάχιστο μήκος τοιχωμάτων L <sub>w</sub> <sup>min</sup> (m)	1.00	1.15	1.30	1.45	1.60	1.75	1.90	2.00

**Συντελεστές**

a<sub>1</sub> = 0.5    a<sub>2</sub> = 0.7    a<sub>3</sub> = 0.9    όταν υπάρχουν υποστυλώματα, τοιχώματα και κοντά υποστυλώματα

a<sub>1</sub> = 0.7    a<sub>2</sub> = 0.9    όταν υπάρχουν υποστυλώματα και τοιχώματα και δεν υπάρχουν κοντά υποστυλώματα

a<sub>1</sub> = 0.7    a<sub>3</sub> = 0.9    όταν ο φορέας είναι πλαίσιακός χωρίς τοιχώματα και υπάρχουν κοντά υποστυλώματα

a<sub>1</sub> = 0.85    όταν ο φορέας είναι πλαίσιακός χωρίς την παρουσία τοιχωμάτων ή κοντών υποστυλωμάτων

- Παρουσία τοιχωμάτων:** όταν ο βαθμός τοιχωματοποίησης είναι α<sub>T</sub> > 0.10
- Παρουσία κοντών υποστυλωμάτων:** όταν ο βαθμός επιβάρυνσης (σύμφωνα με το κριτήριο 9) προκύπτει β<sub>rel</sub> < 3.00

$$\alpha_{ST} = \frac{V_S^{τοιχ.}}{V_S^{tot} = V_B} \quad ? \quad \alpha_{RT} = \frac{V_R^{τοιχ.}}{V_{RO}}$$

12

**Προσδιορισμός Σεισμικής Αντίστασης Κατακόρυφου Μέλους  $V_{Ri}$**

Η τέμνουσα αντοχής των κατακόρυφων μελών υπολογίζεται ανάλογα με τη γνώση ή όχι του σπλισμού:

**1. Άγνωστος σπλισμός**

σχέση Παρ. 7Γ ΚΑΝ.ΕΠΕ. με παραδοχή για τη συμβολή του σπλισμού, π.χ.  $\rho_{tot} = 0$  και  $V_w = 0$ :

$$V_{Rd,s} = \frac{h-x}{2L_s} \min[N; 0.55A_c f_c] + (1 - 0.05 \min[5, \mu_p^{pl}]) (0.16 \max[0.5; 100 \rho_{tot}] (1 - 0.16 \min[5; a_s]) \sqrt{f_c} A_c + V_w)$$

- $\mu_p^{pl} = 0.5$  αν  $V_{Rd,s} < V_M$  και  $\mu_p^{pl} = 0.5 - 5.0$  αν  $\geq V_{Rd,s} V_M$

**Επιπλέον:**

- \* για τοίχωμα:  $V_{R,max} = 0.85 (1 - 0.06 \min[5, \mu_p^{pl}]) \left( 1 + 1.8 \min \left[ 0.15, \frac{N}{A_c f_c} \right] \right) (1 + 0.25 \max[1.75, 100 \rho_{tot}]) (1 - 0.2 \min[2, a_s]) \sqrt{f_c} b_w z$
- \* για κοντό υποστύλωμα:  $V_{R,max} = 4/7 (1 - 0.02 \min[5, \mu_p^{pl}]) \left( 1 + 1.35 \frac{N}{A_c f_c} \right) (1 + 0.45 (100 \rho_{tot})) \sqrt{\min[40, f_c]} b_w z \sin 2\delta$

**Τελικά:**  $V_{Ri} = \min(V_{Rd,s}, V_{R,max})$

**2. Γνωστός σπλισμός**

**Διάτμηση -  $V_{Rd,s}, V_{R,max}$ :**

α) Όπως παραπάνω (Παρ. 7Γ ΚΑΝ.ΕΠΕ.) αλλά με τη συμβολή του σπλισμού

**Κάμψη:**

$$V_M = \frac{M_R}{L_s}, \text{ όπου } L_s \text{ σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.}$$

**Τελικά:**  $V_{Ri} = \min[(V_{Rd,s}, V_{R,max}), V_M]$  όπου  $V_{Rd,s}$  και  $V_{R,max}$  σύμφωνα με Παρ.7Γ ΚΑΝ.ΕΠΕ.