

Σεισμική Αποτίμηση και Ενίσχυση Κατασκευών



Στέφανος Η. Δρίτσος,
Ομότιμος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Πατρών
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Δυσμένεια Παλαιών Κτιρίων

- (α) Μόρφωση φορέα χωρίς τις σύγχρονες αντισεισμικές αντιλήψεις
(πλαστιμότητα, 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 & δισδιάστατης 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

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);

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^ο 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

2ο Επίπεδο Ελέγχου:

Ψιλότερο Κοσκίνισμα του ποσοστού των κτιρίων που από το “Χοντρό Κόσκινο” της κατάταξης του 1ου Επιπέδου Ελέγχου προέκυψε ότι είναι τα περισσότερα 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

3ο Επίπεδο Ελέγχου:

Τα Κτίρια που (από το 2ο Επίπεδο Ελέγχου) Προέκυψε ότι Είναι Περισσότερο Τρωτά

- Ακριβής Αναλυτική Μέθοδος Αποτίμησης Σεισμικής Ικανότητας Κάθε Κτιρίου

Σχέση Κόστους Ελέγχου ανά Κτίριο

1ο Επίπεδο	:	2ο Επίπεδο	:	3ο Επίπεδο
1	:	10-20	:	100-200

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
- ❑

Η Λογική του Ελέγχου

Βαθμός Ανεπάρκειας:

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

1. Προσδιορισμός Σεισμικής Επιβάρυνση, π.χ.

$$H = V_{req.}$$

2. Προσδιορισμός Βασικής Σεισμικής Αντίστασης, π.χ.

$$R_o = V_{Ro.}$$

3. Προσδιορισμός βαθμού επιρροής πρόσθετων κριτηρίων τρωτότητας έτσι ώστε

$$R = \beta V_{Ro.}$$

4. Προσδιορισμός δείκτη ανεπάρκειας λ , συνεκτιμώντας τα πρόσθετα κριτήρια επιρροής στη τρωτότητα του κτιρίου

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

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					Συντελ. βαρύτητας σ_i
			β_i	1	2	3	4	5 min
1	Υπερκρίσιμα	Βλάβες Στατικής Ανεπάρκειας	max					0.10
2		Οξειδωση Οπλισμών						0.10
3		Μέγεθος Ανηγγμένου Αξονικού Φορτίου						0.05
4	Κανονικότητα Κάτοψης							0.05
5	Κατανομή Δυσκαμψίας σε Κάτοψη - Στρέψη							0.10
6	Κανονικότητα σε Τομή /Οψη							0.05
7	Κατανομή Δυσκαμψίας Καθ' Ύψος							0.15
8	Κατανομή Μάζας Καθ' Ύψος							0.05
9	Κοντά Υποστυλώματα							0.15
10	Κατακόρυφες Ασυνέχειες							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 :

$$\beta = \sum \frac{\sigma_i \beta_i}{5}$$

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟΣ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Κτίρια από Φέρουσα Τοιχοποιία
Εκτίμηση Σεισμικής Αντίστασης (R)

Δείκτης	Ονομασία	Συντελεστής Βαρύτητας (r_i)
R_1	Δείκτης διατμητικής αντίστασης ισογείου	0.20
R_2	Δείκτης ανοιγμάτων φερόντων τοίχων	0.05
R_3	Δείκτης διαζωμάτων	0.15
R_4	Δείκτης διαφραγμάτων	0.10
R_5	Δείκτης ανοιγμάτων κοντά σε γωνίες	0.15
R_6	Δείκτης παθολογίας φερουσών τοιχοποιιών	0.05
R_7	Δείκτης σύνδεσης μεταξύ εγκάρσιων τοίχων	0.10
R_8	Δείκτης καταπόνησης περιμετρικών τοίχων εκτός επιπέδου	0.10
R_9	Δείκτης κανονικότητας της κάτοψης ισογείου	0.05
R_{10}	Δείκτης κανονικότητας καθ' ύψος	0.05

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

3^ο 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^η 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”

Γιατί χρειαζόμαστε έναν Εδικό Κανονισμό για Αποτίμηση και Επεμβάσεις;

Η μελέτη για επέμβαση είναι αρκετά διαφορετική από τη μελέτη σχεδιασμού ενός νέου κτιρίου

- Διαφορετική η διαδικασία προσέγγισης
- Άλλα πράγματα χρειάζονται

Άλλες Μέθοδοι Ανάλυσης Απαιτούνται

Οι ελαστικές μέθοδοι ανάλυσης που σήμερα χρησιμοποιούνται (για νέα κτίρια) έχουν αξιοπιστία υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις που στα νέα κτίρια φροντίζουμε να πληρούνται.

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι προϋποθέσεις αυτές δεν πληρούνται στα παλιά κτήρια.

Αλλά και αν τύχει να πληρούνται,
τι τιμή θα έχει ο συντελεστής **συμπεριφοράς q** ;

➡ Ανάγκη προχωρημένων μεθόδων ανάλυσης

Τι είναι αστοχία;

Ένταση > Αντοχή

Έστω $M_{Rd} = 150 \text{ KNm} < M_{sd} = 200 \text{ KNm}$

Σε μία μελέτη νέου κτιρίου φροντίζουμε αυτό να μην ισχύει

Σε ένα υφιστάμενο η ανισότητα μπορεί να ισχύει

Ερωτήματα: Τι επίπεδα βλάβης θα υπάρξουν;

Ποιες οι συνέπειες;

Θα τις δεχθούμε;

➡ **Ανάγκη Ορισμού επιπέδων βλάβης**

➡ **Πρωτεύοντα – Δευτερεύοντα στοιχεία**

- Διάκριση στοιχείων σε «σεισμικώς πρωτεύοντα» και «σεισμικώς δευτερεύοντα»

Σεισμικώς δευτερεύοντα: Αποδεκτές μεγαλύτερες βλάβες

Στάθμες Επιτελεστικότητας ή Οριακές Καταστάσεις (LS)

Επίπεδα Βλάβης

- LS of Damage Limitation (DL) → (ΚΑΝ.ΕΠΕ) **Στάθμη Α «Περιορισμένες Βλάβες»**, Μηδαμινές βλάβες, τα φέροντα στοιχεία δεν έχουν ουσιαστικά ξεπεράσει την διαρροή τους
- LS of Significant Damage (SD) → (ΚΑΝ.ΕΠΕ) **Στάθμη Β «Σημαντικές Βλάβες»** κτίριο με αποδεκτές σοβαρές βλάβες (όπως ο σχεδιασμός νέων κτιρίων!)
- LS of Near Collapse (NC) → (ΚΑΝ.ΕΠΕ) **Στάθμη Γ «Οιονεί Κατάρρευση»**, βαριές και εκτεταμένες βλάβες, κτίριο πολύ κοντά στην κατάρρευση

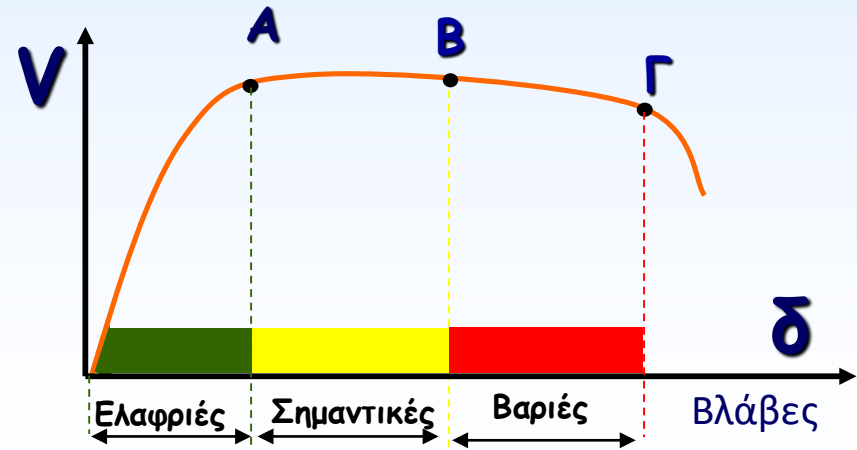
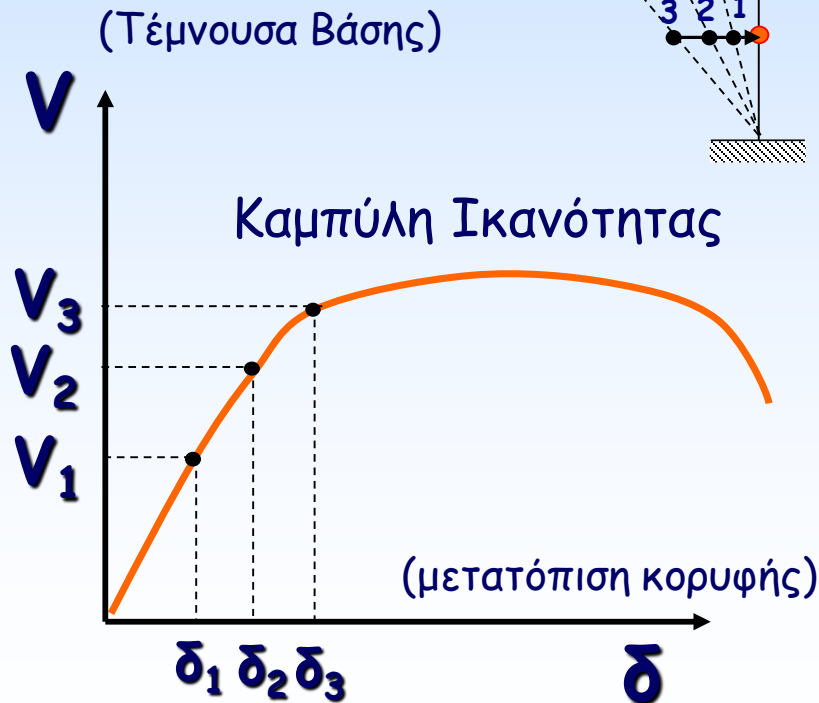
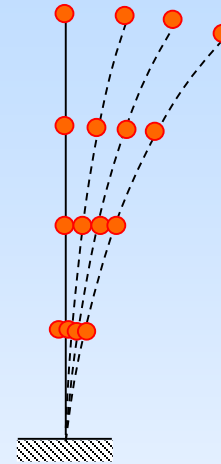
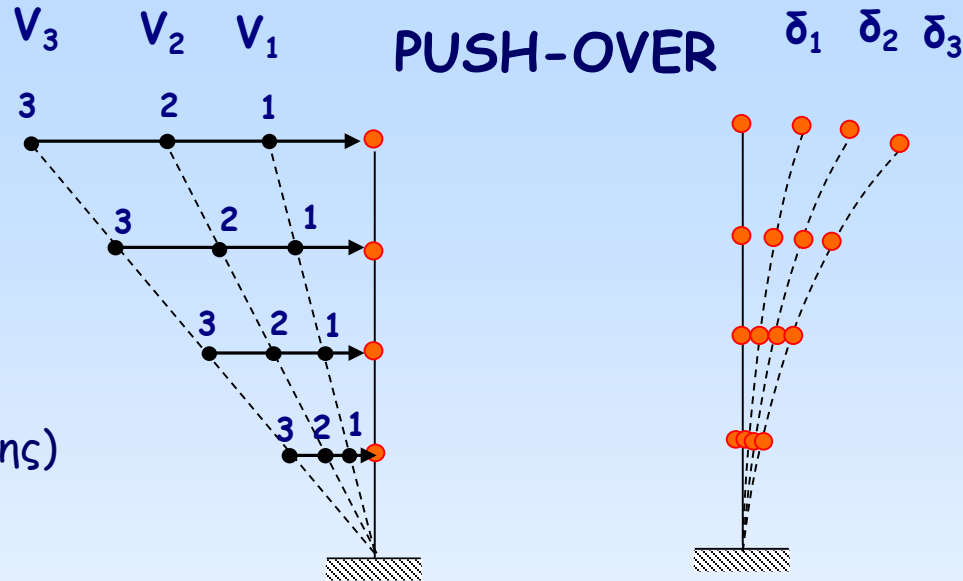
Στάθμες Επιτελεστικότητας ή Οριακές Καταστάσεις (LS)

Επίπεδα Βλάβης

- LS of Fully Operational (OP) → Σχέδια ΕΚ8-1.1 και ΕΚ8-3 (2019) «**Πλήρης Λειτουργία**» Περιορισμός βλαβών και στα μη φέροντα στοιχεία
- LS of Damage Limitation (DL) → (ΚΑΝ.ΕΠΕ) **Στάθμη Α «Περιορισμένες Βλάβες**», Μηδαμινές βλάβες, τα φέροντα στοιχεία δεν έχουν ουσιωδώς ξεπεράσει την διαρροή τους
- LS of Significant Damage (SD) → (ΚΑΝ.ΕΠΕ) **Στάθμη Β «Σημαντικές Βλάβες**» κτίριο με αποδεκτές σοβαρές βλάβες (όπως ο σχεδιασμός νέων κτιρίων!)
- LS of Near Collapse (NC) → (ΚΑΝ.ΕΠΕ) **Στάθμη Γ «Οιονεί Κατάρρευση**», βαριές και εκτεταμένες βλάβες, κτίριο πολύ κοντά στην κατάρρευση

Στάθμες Επιτελεστικότητας – Οριακές Καταστάσεις

Έστω Στατική Οριζόντια Φόρτιση Βαθμιαία Αυξανόμενη “μέχρι τέρμα”



Για ποιό Σεισμό θα γίνει ο Έλεγχος;

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ	Πιθανότητα Υπέρβασης Σεισμικής Δράσης εντός του Συμβατικού Χρόνου Ζωής των 50 ετών	ΣΤΑΘΜΗ Α Περιορισμένες βλάβες	ΣΤΑΘΜΗ Β Σημαντικές βλάβες	ΣΤΑΘΜΗ Γ Οιονεί κατάρρευση
(1)	10% (Σεισμικές Δράσεις Κανονισμού Νέων Κτιρίων)	A1	B1	Γ1

Για ποιο Σεισμό θα γίνει ο Έλεγχος;

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ	Πιθανότητα Υπέρβασης Σεισμικής Δράσης εντός του Συμβατικού Χρόνου Ζωής των 50 ετών	ΣΤΑΘΜΗ Α Περιορισμένες βλάβες	ΣΤΑΘΜΗ Β Σημαντικές βλάβες	ΣΤΑΘΜΗ Γ Οιονεί κατάρρευση
>(1)	π.χ. 2%	☒	☒	☒
(1)	10% (Σεισμικές Δράσεις Κανονισμού Νέων Κτιρίων)	A1	B1	Γ1
<(1)	π.χ. 20%	☒	☒	☒
<<(1)	π.χ. 50%	☒	☒	☒

Στόχοι Επιτελεστικότητας κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.και ΚΑΔΕΤ

(Ζεύγος στάθμης επιτελεστικότητας και σεισμού σχεδιασμού)

Πιθανότητα Υπέρβασης Σεισμικής Δράσης εντός του Συμβατικού Χρόνου Ζωής των 50 ετών	ΣΤΑΘΜΗ Α Περιορισμένες βλάβες	ΣΤΑΘΜΗ Β Σημαντικές βλάβες	ΣΤΑΘΜΗ Γ Οιονεί κατάρρευση
10% (Σεισμικές Δράσεις Κανονισμού Νέων Κτιρίων)	A1	B1	Γ1
50% (Σεισμικές Δράσεις = 0,6 x του προηγούμενου)	A2	B2	Γ2

Υπάρχουν Ισοδύναμοι Στόχοι;

Ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι: Κατ. Σπουδ.Ι → Γ2

Κατ. Σπουδ.ΙΙ → Γ1

Κατ. Σπουδ.ΙΙΙ → Β1

Κατ. Σπουδ.ΙV → Β1 + Α2

Στάδια Αποτίμησης και Ανασχεδιασμού

1º Στάδιο:

Συλλογή Δεδομένων

Διερεύνηση και τεκμηρίωση υφιστάμενης κατάστασης- Αξιοπιστία Δεδομένων

2º Στάδιο:

Αποτίμηση επάρκειας κατασκευής

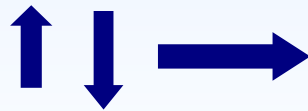
3º Στάδιο:

α) Έλεγχος εναλλακτικών σχημάτων επέμβασης μιας ή περισσότερων λύσεων

β) Σχεδιασμός επέμβασης. Μελέτη (Ανασχεδιασμού Επισκευής/Ενίσχυσης) με κοστολόγηση

4º Στάδιο:

Κατασκευή του Έργου



Ποιά Είναι Τα Απαραίτητα Δεδομένα και Πώς θα Ληφθεί υπ' όψιν ο Βαθμός Αξιοπιστίας τους;

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

- ✓ Γεωμετρία
- ✓ Αντοχές
- ✓ Λεπτομέρειες

Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων (ΣΑΔ) Knowledge Levels

- Υψηλή (Full /High)
- Ικανοποιητική (Normal/Average)
- Ανεκτή (Limited/Minimum)
- Ανεπαρκής: επιτρέπεται (κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.), μόνο για δευτερεύοντα στοιχεία

Σε τι επηρεάζουν;

Ερήμην Αντιπροσωπευτικές Τιμές Αντοχής Υλικών

Αντιπροσωπευτικές τιμές θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος (MPa), **ΣΑΔ=Ανεκτή**

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	“Ονομαστική” Μέση Τιμή f_{cm}	Χαρακτηριστική Τιμή $f_{ck} = f_{cm} - S$
...<1954	10	6
1954<...<1985	12	8
1985<... <1995	16	12
1995<...	20	16

Αντιπροσωπευτικές τιμές διαρροής χάλυβα οπλισμού (MPa)

Κατηγορία Χάλυβα Οπλισμού	“Ονομαστική” Μέση Τιμή f_{yk}	Χαρακτηριστική Τιμή f_{yk}
S220 & Stahl I	280	240
S400 & Stahl III	450	410
S500 & Stahl IV	520	500

Αντιπροσωπευτικές τιμές αντοχής τοιχοπληρώσεων (MPa) (υπό προϋποθέσεις)

Αντοχή	Τοιχοπλήρωση	Ποιότητα Δόμησης και Σφήνωσης		
		Καλή	Μέση	Κακή
Λοξή Θλίψη $f_{wc,s}$	Μπατικός	2.00	1.50	1.00
	Δρομικός	1.50	1.00	0.75
Διαγώνια Ρηγμάτωση f_{wv}	Μπατικός	0.25	0.20	0.15
	Δρομικός	0.20	0.15	0.10

Βάση Δεδομένων (υπό συνεχή εμπλουτισμό)

✓ 573 Εγγραφές

✓ 140 Κτίρια

Διαφαινόμενη τροποποίηση

Ερήμην Αντιπροσωπευτικές Τιμές Αντοχής Υλικών

Αντιπροσωπευτικές τιμές θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος (MPa), **ΣΑΔ=Ικανοποιητική**

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	“Ονομαστική” Μέση Τιμή f_{cm}	Χαρακτηριστική Τιμή $f_{ck} = f_{cm} - S$
...<1985	12	8
1985<... <1995	16	12
1995<...	20	16

Αντιπροσωπευτικές τιμές διαρροής χάλυβα οπλισμού (MPa)

Κατηγορία Χάλυβα Οπλισμού	“Ονομαστική” Μέση Τιμή f_{yk}	Χαρακτηριστική Τιμή f_{yk}
S220 & Stahl I	280	240
S400 & Stahl III	450	410
S500 & Stahl IV	520	500

Μέθοδοι Ανάλυσης

✓ Ελαστική (Ισοδύναμη) Στατική Ανάλυση

με χρήση συντελεστή συμπεριφοράς q
ή με χρήση τοπικών δεικτών m

✓ Ελαστική Δυναμική Ανάλυση Φάσματος Απόκρισης

με χρήση συντελεστή συμπεριφοράς q
ή με χρήση τοπικών δεικτών m

✓ Ανελαστική Στατική Ανάλυση

✓ Ανελαστική Δυναμική Ανάλυση (Ανάλυση Χρονοϊστορίας)

Τοιχοπληρώσεις

Μέχρι τώρα τις αγνοούμε.
Γιατί;

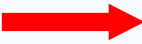
- Έλλειψη προδιαγραφών ποιότητας και τρόπου κατασκευής (διαφορές αντοχών, σφηνώματα)
- Αβέβαιοι τρόποι προσομοίωσης (ανοίγματα)
- Δεν κοστίζει πολύ να αγνοηθεί η συνεισφορά τους στις νέες κατασκευές

Παράδειγμα

Συμμετοχή στην συνολική αντοχή της κατασκευής

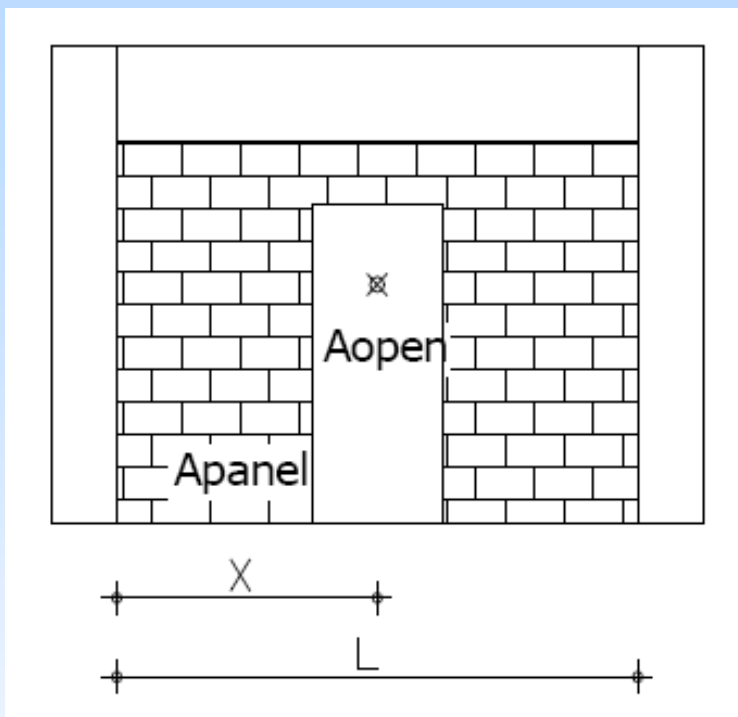
	Φέρων οργανισμός	Τοιχοπληρώσεις	Σύνολο
Νέες κατασκευές	900	100	1000
Παλαιές κατασκευές	300	150	450

Στις παλαιές κατασκευές ο ρόλος τους σημαντικός

Αν αγνοηθούν στην αποτίμηση των παλαιών κατασκευών 

Ανάγκη σοβαρών ενισχύσεων (συχνά ανέφικτων)

Υποβιβασμός Αντοχής Τοιχοπλήρωσης Λόγω Ανοιγμάτων



Π. ΤΣΙΚΑΣ και Σ. ΔΡΙΤΣΟΣ (2009), “Διερεύνηση του Τρόπου Προσομοίωσης Τοιχοπληρωμένων Πλαισίων με Ανοίγματα, σε Κατασκευές Ο.Σ.”, 16^ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, Πρακτικά CD, No 271103, Κύπρος.

$$V_{R,red} = V_R \cdot R_1 \cdot R_2$$

$$R_1 = 2.24 \left(\frac{A_{open}}{A_{panel}} \right)^2 - 2.77 \left(\frac{A_{open}}{A_{panel}} \right) + 1$$

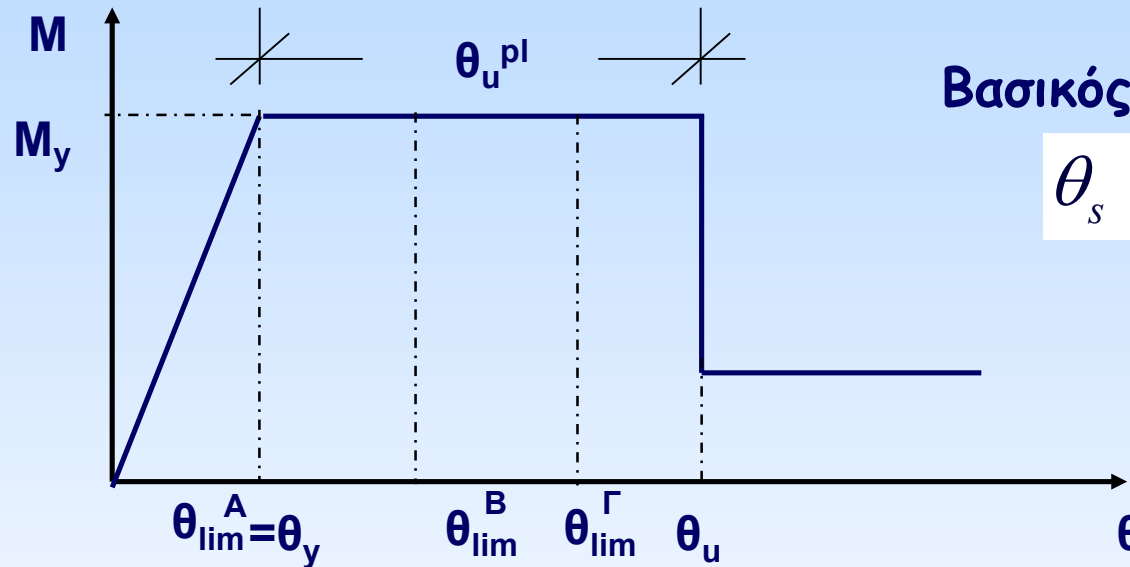
$$R_2 = 0.77 \left(\frac{X}{L} \right)^2 + 0.07 \left(\frac{X}{L} \right) + 0.81$$

EK8-3 (2019) § 11.3.4

$$V_{R,red} = V_R \cdot \rho_{op}$$

$$\rho_{op} = a \exp(ba_a) + c \exp(da_l)$$

Οριακές Παραμορφώσεις Μελών για στάθμες επιτελεστικότητας Α, Β και Γ



Βασικός Έλεγχος

$$\theta_s \leq \theta_{\lim}$$

$$\mu_\theta = \frac{\theta_u}{\theta_y}$$

$$K = EI_{ef} = \frac{M_y \cdot L_s}{3\theta_y}$$

$$m = \frac{\theta_{\lim}}{\theta_y}$$

$$m^\Gamma = \frac{\theta_{\lim}^\Gamma}{\theta_y}, \quad m^B = \frac{\theta_{\lim}^B}{\theta_y}, \quad m^A = 1$$

ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΛΩΝ

Ικανότητα στροφής χορδής κατά τη διαρροή:

1^{ος} όρος

2^{ος}

3^{ος}

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_V z}{3} + 0,0014 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}}$$

Δοκοί και
Υποστυλώματα

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_V z}{3} + 0,0013 + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}}$$

Τοιχεία ορθογωνικής,
Τ- και Ι-
Διατομής

Οριακή ικανότητα στροφής χορδής:

$$\theta_{um} = 0,016 \cdot (0,3^V) \left[\frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega)} f_c \right]^{0,225} (\alpha_s)^{0,35} 25^{\left(\alpha \rho_s \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1,25^{100} \rho_d) \quad (\Sigma.8\alpha)$$

Πλαστικό τμήμα ικανότητας στροφής χορδής:

$$\theta_{um}^{pl} = \theta_u - \theta_y = 0,0145 (0,25^V) \left[\frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega)} \right]^{0,3} (f_c)^{0,2} (\alpha_s)^{0,35} 25^{\left(\alpha \rho_s \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} \left(1,275^{100} \rho_d \right) \quad (\Sigma.8\beta)$$

Ανεπαρκή Υπερκάλυψη Ράβδων Οπλισμού

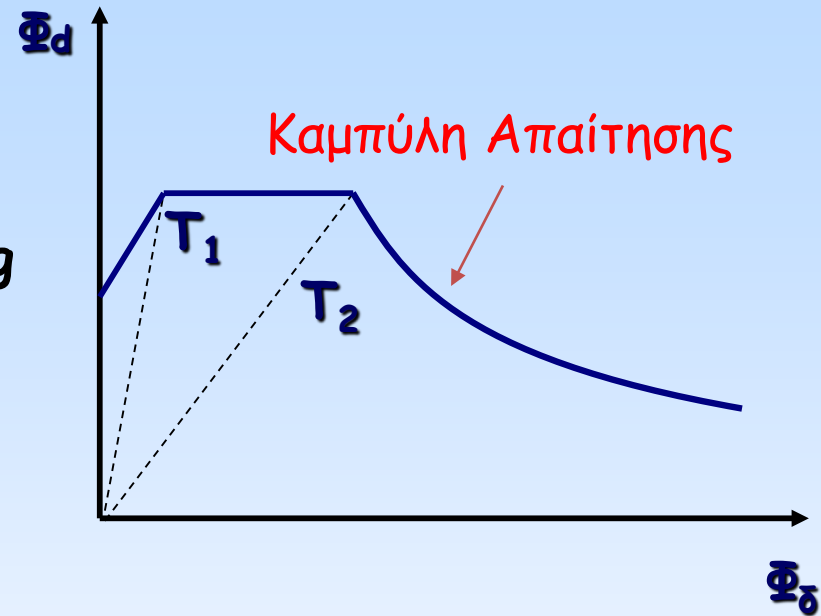
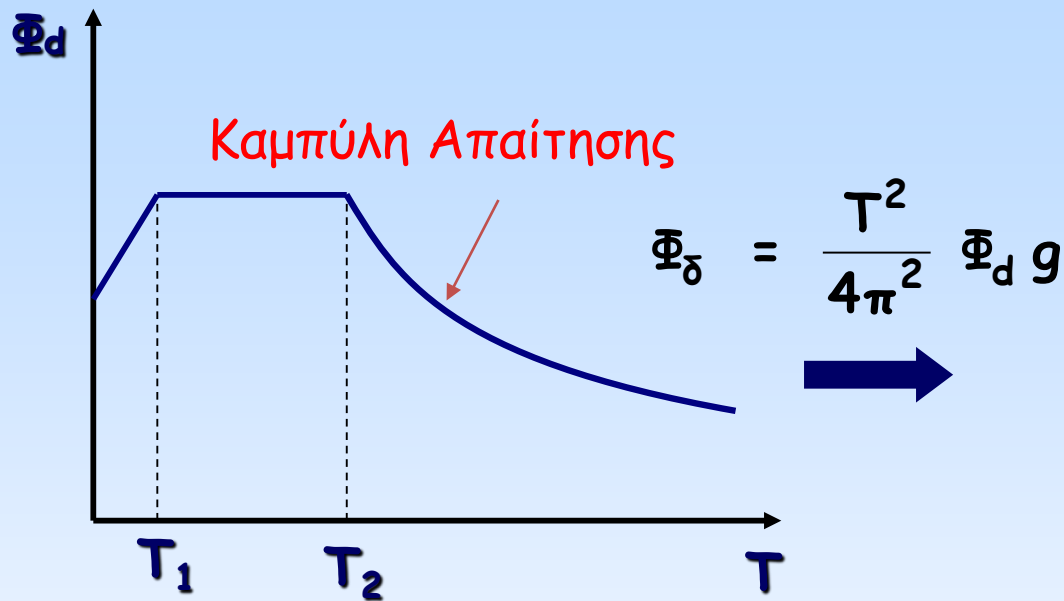
- Σε μάτιση θλιβομένων ράβδων μετρούν και οι δύο στο θλιβόμενο οπλισμό (παρουσία εγκιβωτισμού ή περίσφιγξης)
- $I_{by,min} = (0.3f_y/\sqrt{f_c})\Phi$
- Για τη στροφή χορδής στην αστοχία:

$$I_{bu,min} = \frac{\Phi f_y}{\left(1,05 + 14,5\alpha_1\rho_s \frac{f_{yw}}{f_c}\right)\sqrt{f_c}} \quad \text{όπου} \quad \alpha_1 = \left(1 - \frac{s_h}{2b_o}\right)\left(1 - \frac{s_h}{2h_o}\right)\frac{n_{restr}}{n_{tot}}$$

Το $I_{bu,min}$ προκύπτει αναλόγου μήκους με τα ισχύοντα για νέες κατασκευές

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (global)

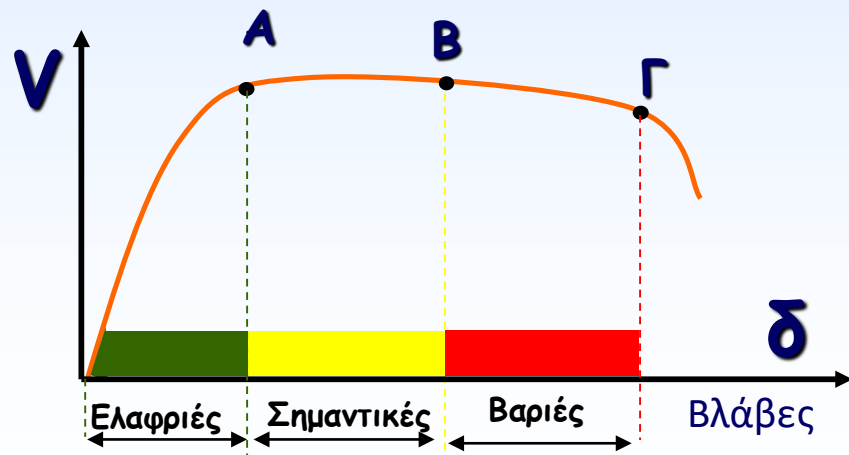
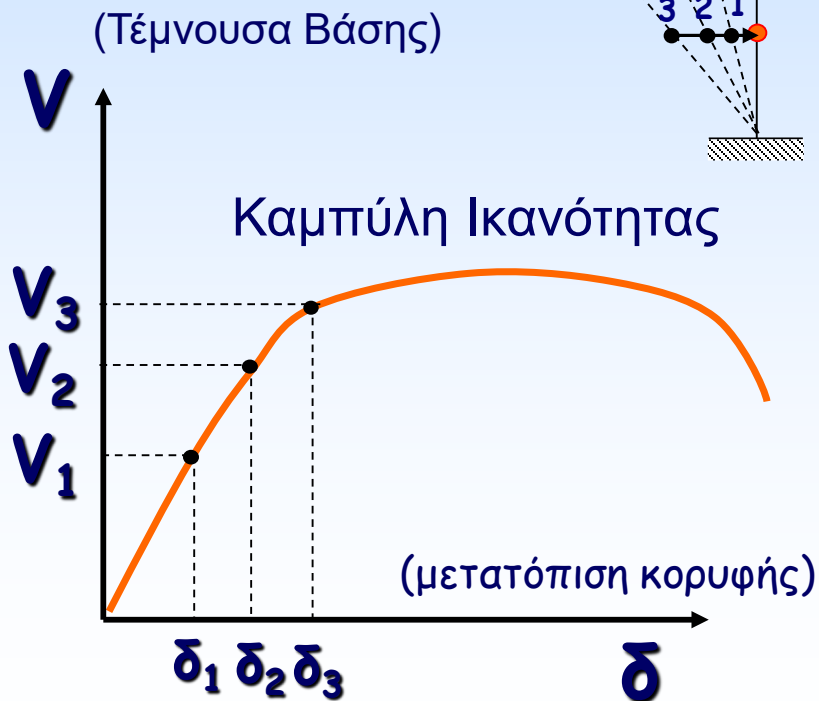
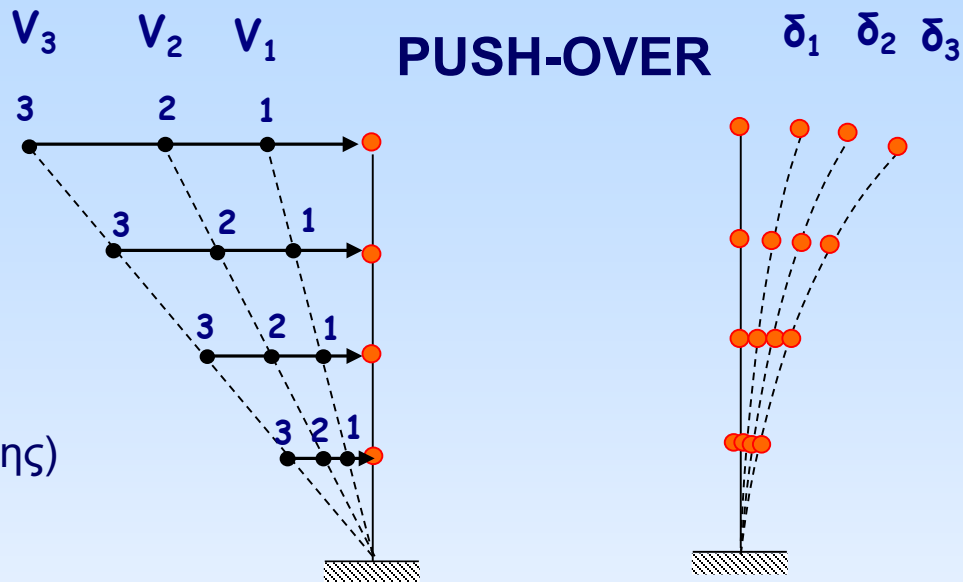
ΑΡΧΕΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ



$$V = \alpha \beta \Phi_\delta W$$



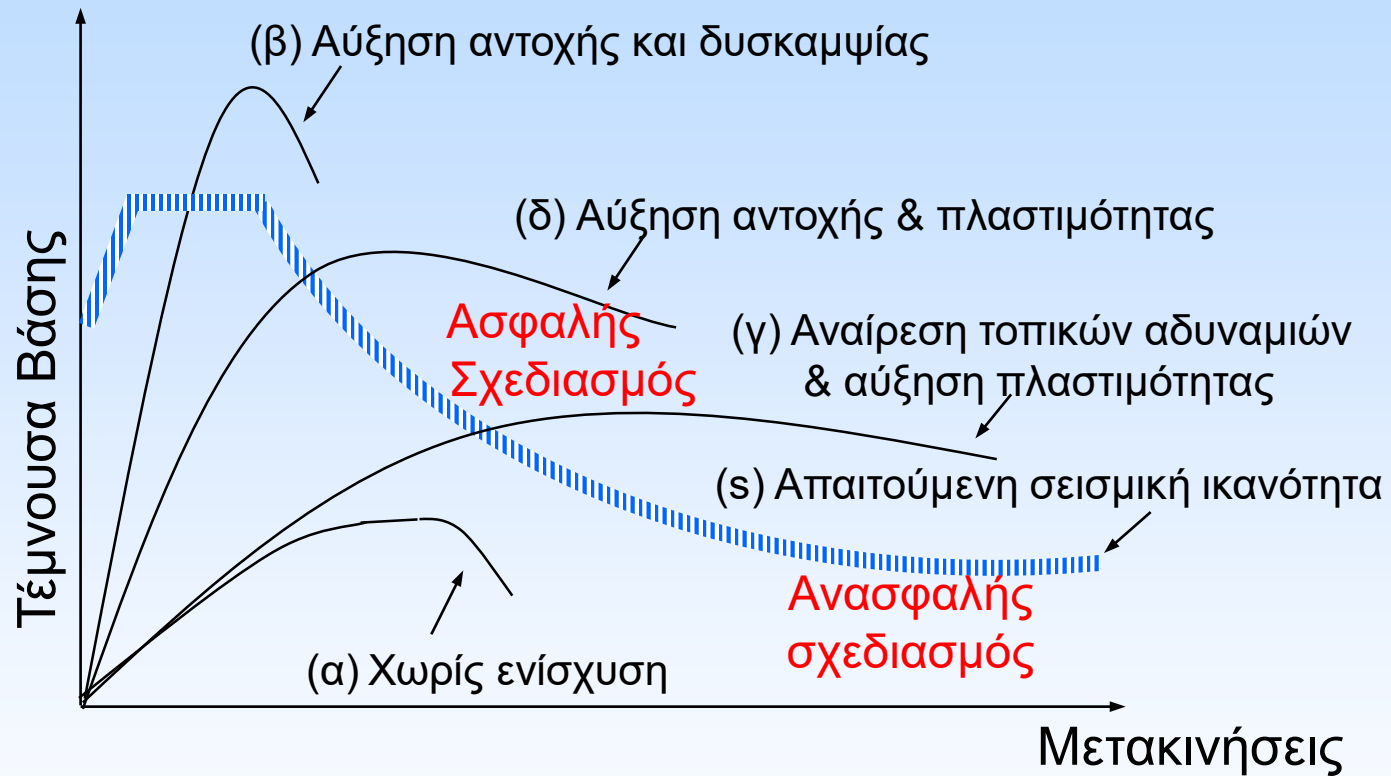
Καμπύλη Ικανότητας Κατασκευής



ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (global)

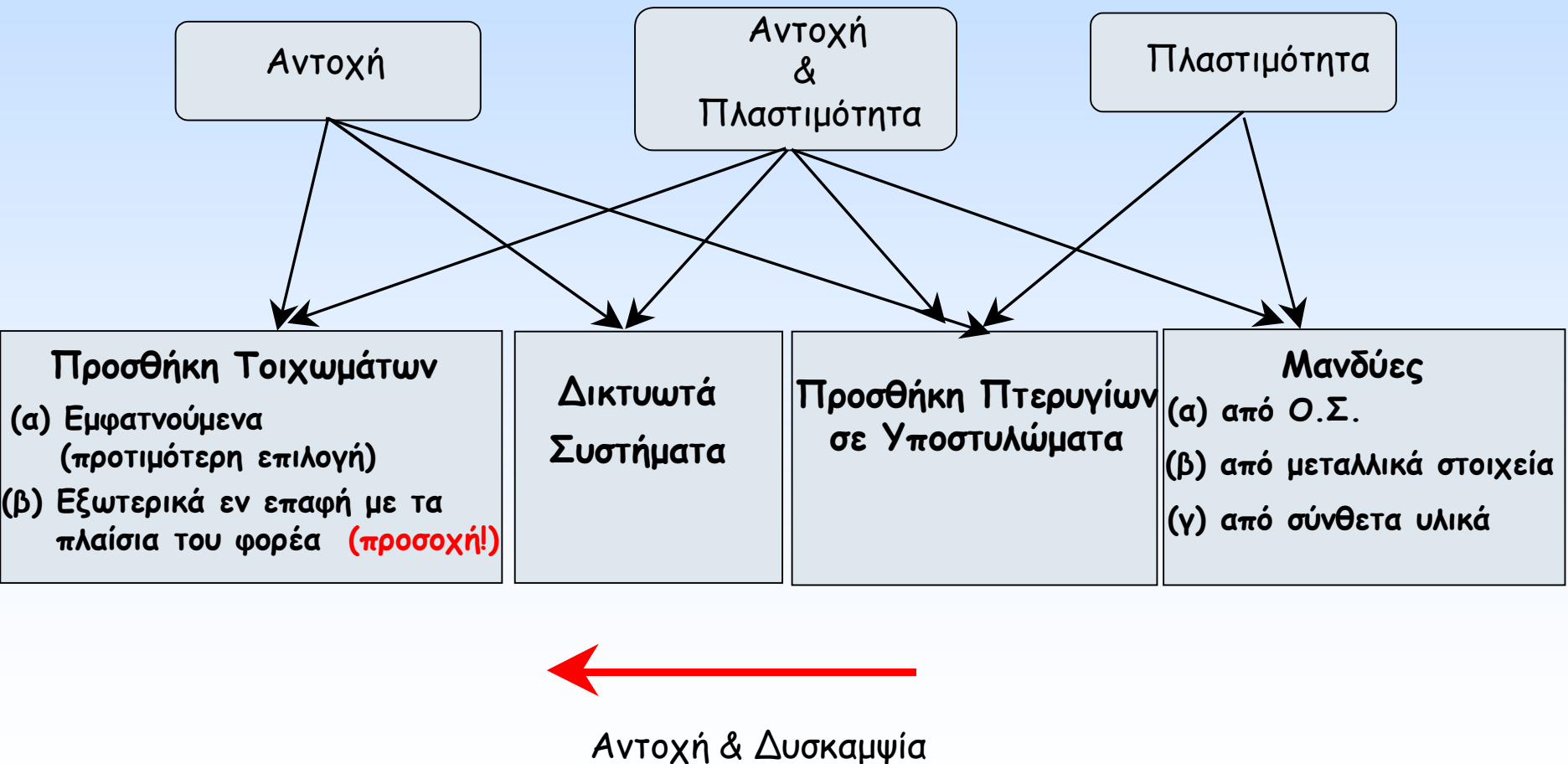


ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΩΣ ΣΥΝΟΛΟΥ



Στρατηγικές Ενίσχυσης

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



ΘΕΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ



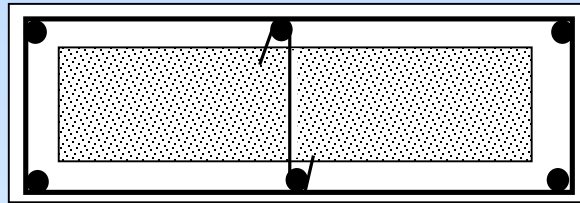




Εκτράχυνση με Αμμοβολή



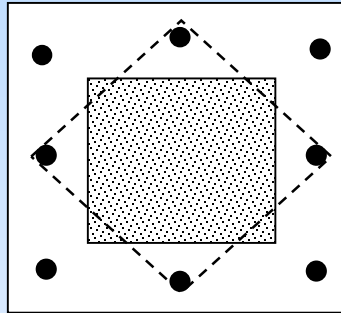
**Προετοιμασία Επιφάνειας
με Αεροματσάκονο**



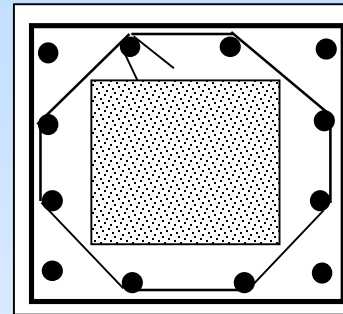
Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε επιμήκεις διατομές

Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε τετραγωνικές διατομές

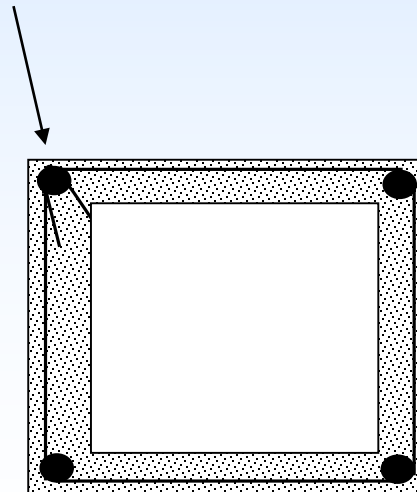
ΟΧΙ



ΝΑΙ



γωνία 45°



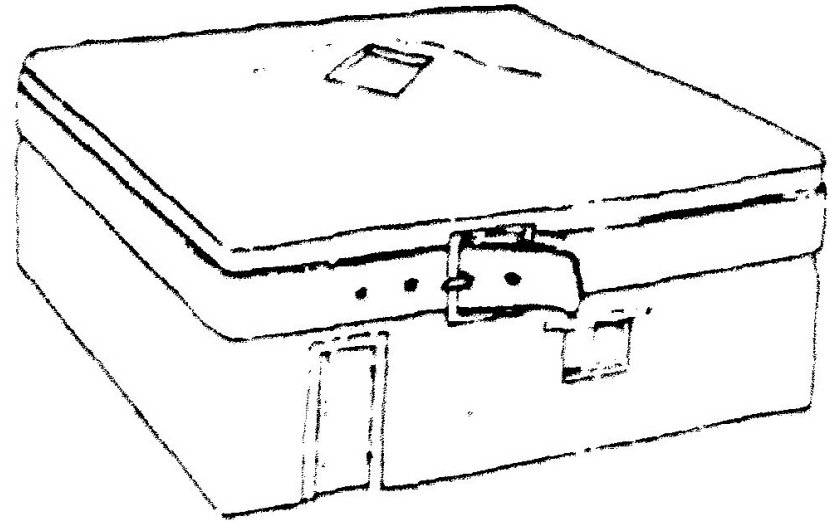
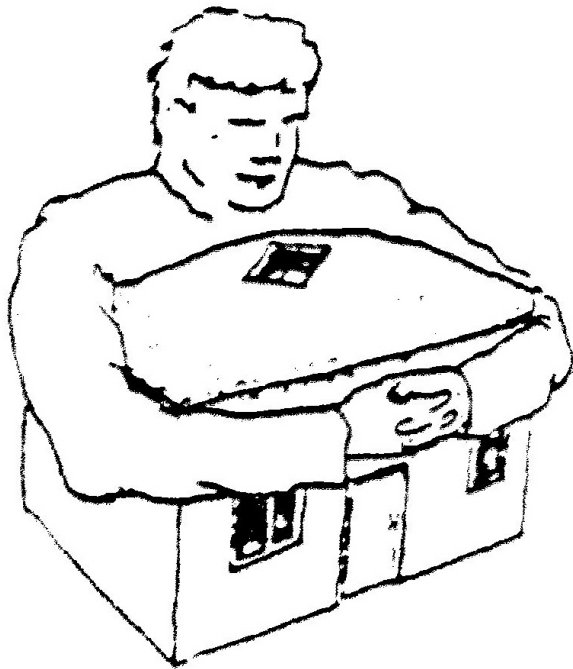


Άνοιγμα Συνδετήρων



Ηλεκτροσυγκόλληση Άκρων Συνδετήρων Μανδύα

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ



- Περιλαμβάνονται πλέον και οι Γέφυρες
- Τέσσερις Στάθμες Επιτελεστικότητας – ΕΚ8-1.1 και ΕΚ8-3 (Προσθήκη LS Full Operational)
- Ειδικές Διατάξεις για τις Ξύλινες Κατασκευές
- Πλήρης Αναμόρφωση Κειμένου για κατασκευές από Φέρουσα Τοιχοποιία. Ιδιαίτερα Εκτεταμένη και Λεπτομερής Ενότητα.
- Έλεγχοι Επάρκειας με Αναφορά στο Σύνολο του Δομήματος
- Μεταφορά Διατάξεων του ΕΚ8-3 και στο ΕΚ8-1 ?
- Περιορισμένη Έκταση Πληροφοριακών Παραρτημάτων

Υπό επεξεργασία ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

- Τροποποίηση Ερήμην Τιμών Αντοχής Σκυροδέματος
Βάση Δεδομένων: Σήμερα 573 εγγραφές, Στόχος 2000 εγγραφές
- Μεθοδολογία για τον Προσδιορισμό των Απαιτούμενων Επεμβάσεων για Στοχευόμενη Τιμή του Δείκτη Συμπεριφοράς q
- Αναθεώρηση της Μεθοδολογίας Σχεδιασμού των Συνδέσμων στην Περίπτωση Προσθήκης Εμφατνούμενων Τοιχωμάτων
- Ακριβέστερες Σχέσεις Συσχέτισης Πλαστιμότητας και Βαθμού Περίσφιγξης με FRP

$$\mu_{\phi} = \varepsilon_{cu,c} / 2,2 \varepsilon_{sy} \cdot \nu$$

ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

$$\mu_{\phi} = \frac{f_{cc}}{f_c} \frac{\varepsilon_{cu,c}}{2,6 \nu \varepsilon_{sy}}$$

ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017

$$\mu_{\phi} = \min \left(\frac{f_{cc}}{f_c} \frac{\varepsilon_{cu,c}}{2,3 \nu \varepsilon_y}, \frac{\varepsilon_{su} + \varepsilon_{cu,c} / 3}{(1 - \nu f_c / f_{cc}) 1,52 \varepsilon_y} \right)$$

ΠΡΟΤΑΣΗ

Δράσεις για την Αντισεισμική Προστασία των Κατασκευών στη Χώρα μας

- Αποκατάσταση των σεισμοπλήκτων
 - Ακραία υψηλό κόστος αποκατάστασης
 - Είναι σωστή η “πολιτική” που εφαρμόζεται;
- Σχεδιασμός για την Αντισεισμική Θωράκιση των κατασκευών
 - Υπάρχει στην χώρα μας;

Πρόταση για την Αντισεισμική Προστασία των Κατασκευών στη Χώρα μας

- Υιοθέτηση ισχυρών νομοθετικών μέτρων με αντίστοιχο χρονικό προγραμματισμό
 - Αποτίμηση σεισμικής επάρκειας
 - Σεισμική ενίσχυση των ευάλωτων κατασκευών
- ✓ Δημόσια κτίρια
- ✓ Κτίρια συγκέντρωσης πλήθους
- ✓ Ιδιωτικά κτίρια
- ✓ Τεχνικά έργα
- Πλαίσιο προτεραιοτήτων
- Δημοσιονομικά κίνητρα
- Σαφείς ρυθμίσεις θεμάτων υλοποίησης δράσεων

Δημόσια Κτίρια και Κτίρια Συγκέντρωσης Πλήθους

- Προτεραιότητες: Νοσοκομεία, Σχολεία, Πυροσβεστικοί Σταθμοί, Κτίρια Τηλεπικοινωνιών, Λοιποί Χώροι Συγκέντρωσης Πλήθους (κινηματογράφοι, πνευματικά κέντρα, μεγάλα ξενοδοχεία, χώροι αναψυχής, κλπ)
- Ειδικότερες ρυθμίσεις για τα μνημεία
 - Επιπλέον, το κράτος “δίνει το καλό παράδειγμα” προς τους ιδιώτες

Ιδιωτικά Κτίρια

- Δημοσιονομικά κίνητρα για λήψη μέτρων προσεισμικών ενισχύσεων στις ιδιωτικές κατοικίες
 - ✓ Πρόγραμμα χρηματοδότησης
 - Θεσμοθέτηση μέτρων προαιρετικής εφαρμογής περιλαμβάνοντας φοροαπαλλαγές, δανειοδότηση, επιδοτήσεις,...
 - ✓ Ρυθμίσεις νομικών θεμάτων υλοποίησης προγράμματος
 - Συνιδιοκτησίες,
 - Ευθύνες χρηστών και ιδιοκτητών, παλαιών και νέων μελετητών και κατασκευαστών
- Απαιτήσεις συντήρησης και περιοδικός έλεγχος

Τεχνικά και Έργα

Ενιαίοι πανελλαδικοί έλεγχοι στατικής επάρκειας υφισταμένων τεχνικών έργων (φράγματα, γέφυρες, λιμάνια)

Γενικές Ρυθμίσεις

- Διασύνδεση δικτύων πληροφοριακών συστημάτων εκτίμησης σεισμικού κινδύνου αρμόδιων φορέων
- Σύνταξη τράπεζας γεωτεχνικών και άλλων τεχνικών δεδομένων για όλη τη χώρα
- Διαχείριση του προγράμματος από ένα φορέα



ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ & ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

REPAIR & STRENGTHENING OF STRUCTURES - UNIVERSITY OF PATRAS

www.episkeves.civil.upatras.gr

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ!**