

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

“Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. στο Πλαίσιο των Ευρωκωδίκων
Οι Αλλαγές”



➤ καθ. Στέφανος Η. Δρίτσος

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Αθήνα, 13/04/2016

1

ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΕΣ

Ευρωπαϊκά Πρότυπα (EN) για τον Σχεδιασμό

EN 1990 Ευρωκώδικας 0:

Βάσεις Σχεδιασμού

EN 1991 Ευρωκώδικας 1:

Δράσεις

EN 1992 Ευρωκώδικας 2:

Σχεδιασμός Φορέων από Σκυρόδεμα

EN 1993 Ευρωκώδικας 3:

Σχεδιασμός Φορέων από Χάλυβα

EN 1994 Ευρωκώδικας 4:

Σχεδιασμός Συμμείκτων Φορέων από Χάλυβα
και Σκυρόδεμα

EN 1995 Ευρωκώδικας 5:

Σχεδιασμός Ξύλινων Φορέων

EN 1996 Ευρωκώδικας 6:

Σχεδιασμός Φορέων από Τοιχοποιία

EN 1997 Ευρωκώδικας 7:

Γεωτεχνικός Σχεδιασμός

EN 1998 Ευρωκώδικας 8:

Αντισεισμικός Σχεδιασμός Φορέων

EN 1999 Ευρωκώδικας 9:

Σχεδιασμός Φορέων από Αλουμίνιο

2

EN 1998 Ευρωκώδικας 8: Αντισεισμικός Σχεδιασμός Φορέων

1: EN1998-1	Γενικοί Κανόνες, Σεισμικές Δράσεις, Κανονικά Κτίρια
2: EN1998-2	Γέφυρες
3: EN1998-3	Αποτίμηση & Ενίσχυση Κτιρίων
4: EN1998-4	Σιλό, Δεξαμενές, Αγωγοί
5: EN1998-5	Θεμελιώσεις, Αντιστηρίξεις, Γεωτεχνικά Θέματα
6: EN1998-6	Πύργοι, Ιστοί, Καπνοδόχοι

3

ΕΚ8-Μέρος 3

Assessment and Retrofitting of Existing Structures
Αποτίμηση της Φέρουσας Ικανότητας Κτιρίων και Επεμβάσεις



4

ΚΑΝ.ΕΠΕ.**Αντικείμενο:** Αποτίμηση και Ανασχεδιασμός Υφιστάμενων Κτιρίων**Ιστορικό**

2000	Ορισμός 17-μελούς Ομάδας Εργασίας από ΟΑΣΠ
2003	1 ^η Έκδοση Κανονισμού (Σχέδιο)
2004	Κρίση από 24-μελή Επιτροπή Συμβούλων
2005	2 ^η Έκδοση Κανονισμού (Σχέδιο)
2006-2007	Έλεγχος Εφαρμοσιμότητας Κανονισμού από 9 Μελετητικά Γραφεία
2009	3 ^η Έκδοση Κανονισμού (Σχέδιο)
2009	Δημόσιος Διάλογος
2010	4 ^η Έκδοση Κανονισμού
2011	5 ^η Έκδοση Κανονισμού, Εναρμονισμένου με τους Ευρωκώδικες
2012	ΦΕΚ 42/Β/20-1-2012
2013	Αναθεώρηση ΦΕΚ 2187/Β/05-09-2013

5

Δυσμέμεια Παλαιών Κτιρίων

- (α) Μόρφωση Ξ .Ο. με αρχιτεκτονικές υπερβολές
(Έλλειψη κανονικότητας: γεωμετρίας ή αντοχής σε επίπεδο ορόφου ή κτιρίου)
- (β) Προσδιορισμός των εντατικών μεγεθών με απλοποιητικές παραδοχές
(Έλλειψη υπολογιστικών μέσων: απουσία χωρικής ανάλυσης & διαδιάστατης πλαισιακής λειτουργίας)
- (γ) Διαστασιολόγηση με διαδικασίες που σήμερα έχουν αναθεωρηθεί
- (δ) Μόρφωση φορέα χωρίς τις σύγχρονες αντισεισμικές αντιλήψεις
(πλαστιμότητα, ικανοτικός σχεδιασμός, κατασκευαστικές διατάξεις)
- (ε) Συχνά σχεδιασμός για σεισμικές δράσεις μικρότερες των αντιστοιχών για νέα κτίρια
Παλαιά κτίρια: $1,75 \times \xi$ π.χ. $1,75 \times 0,08 = 0.14g$
Νέα κτίρια (μετά 1995): $\alpha \times 2.5/q$ π.χ. $0.24 \times 2.5/3.5 = 0.17g$
- $$\frac{0.14}{0.17} \cdot \frac{1.5}{3.5} \approx \frac{1}{3} \Rightarrow \text{Δυνητική Δυσμέμεια της τάξεως του } 1:3$$

➔ Ανάγκη Αποτίμησης Σεισμικής Επάρκειας, Ανασχεδιασμού και Επεμβάσεων

Πώς:

6

Αποτίμηση και Ανασχεδιασμός Υφισταμένων Κτιρίων

➔ **Θέμα Δυσκολότερο από τον Σχεδιασμό Νέων Κτιρίων**

- Γνώσεις λίγες και όχι επαρκώς τεκμηριωμένες
- Απουσία κανονισμού – Νέος κανονισμός – Νέες έννοιες
- Μόρφωση του φορέα πιθανόν απαράδεκτη, αλλά υπαρκτή
- Αβέβαιες εκτιμήσεις βασικών δεδομένων στην αρχική φάση τεκμηρίωσης
- Χαμηλή ποιότητα υλικών, φθορές ή βλάβες, κρυμμένες ατέλειες

7

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

8

Διαδικασία1° Στάδιο:

Τεκμηρίωση υφιστάμενης κατάστασης- Αξιοπιστία Δεδομένων

2° Στάδιο:

Αποτίμηση επάρκειας κατασκευής

3° Στάδιο:

Λήψη απόφασης επέμβασης - Επιλογή λύσης

4° Στάδιο:

Αρχικός σχεδιασμός της λύσης επέμβασης

5ο Στάδιο:Κατασκευή του Έργου 

9

Τεκμηρίωση υφιστάμενου φορέα

- ✓ Γεωμετρία (Φέροντος οργανισμού + τοιχοπληρώσεις)
- ✓ Λεπτομέρειες (Οπλισμοί, συνδέσεις μεταλλικών στοιχείων, συνδέσεις τοίχων, συνδέσεις πατωμάτων με τοίχους)
- ✓ Υλικά (Μηχανικά χαρακτηριστικά)
- ✓ Φορτία (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

- ➔ Στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων (ΣΑΔ) - Knowledge Levels (KL)
- ➔ Συντελεστές αξιοπιστίας (Άλλοι συντελεστές ασφάλειας για τα υφιστάμενα)
- ➔ Νέοι συντελεστές ασφάλειας για τα νέα υλικά

10

Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων (ΣΑΔ)

- Υψηλή (Full Knowledge) ➔ KL3
- Ικανοποιητική (Normal Knowledge) ➔ KL2
- Ανεκτή (Limited Knowledge) ➔ KL1
- Ανεπαρκής: επιτρέπεται (κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.), μόνο για δευτερεύοντα στοιχεία

11

Συντελεστές αξιοπιστίας CF (Confidence factors)Ανάλογα με KL
ΕΚ8-Μέρος 3

Knowledge Level	Geometry	Details	Materials	Analysis	CF
KL1	From original outline construction drawings with sample visual survey <i>or</i> from full survey	Simulated design in accordance with relevant practice <i>and</i> from limited in-situ inspection	Default values in accordance with standards of the time of construction <i>and</i> from limited in-situ testing	LF-MRS ελαστικές	$CF_{KL1} = 1,35$
KL2		From incomplete original detailed construction drawings with limited in-situ inspection <i>or</i> from extended in-situ inspection	From original design specifications with limited in-situ testing <i>or</i> from extended in-situ testing	All	$CF_{KL2} = 1,20$
KL3		From original detailed construction drawings with limited in-situ inspection <i>or</i> from comprehensive in-situ inspection	From original test reports with limited in-situ testing <i>or</i> from comprehensive in-situ testing	All	$CF_{KL3} = 1,10$ (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

12

Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων (ΣΑΔ)

Σκυρόδεμα

- Μέθοδοι εκτίμησης f_c : Συνδυασμός έμμεσων μεθόδων, βαθμονόμηση με λίγους πυρήνες. Προσοχή στις καμπύλες αναγωγής και συσχέτισης.
- Απαιτούμενο πλήθος δοκιμών:
 - Όχι συλλήβδην, δηλ. για όλους τους ορόφους και όλα τα δομικά στοιχεία.
 - Τουλάχιστον 3 πυρήνες ανά ομοειδή δομικά στοιχεία ανά δύο ορόφους, οπωσδήποτε στον "κρίσιμο" όροφο.
- Επιπλέον μέθοδοι (υπερηχοσκόπηση ή κρουσιμέτρηση ή εξόλκευση ήλου για $f_c < 15 \text{ MPa}$):
 - Υψηλή ΣΑΔ/όροφο: 45% κατ.στοιχ./25% ορ. στοιχ.
 - Ικανοποιητική ΣΑΔ/όροφο: 30% κατ.στοιχ./25% ορ. στοιχ.
 - Ανεκτή ΣΑΔ/όροφο: 15% κατ.στοιχ./7,5% ορ. στοιχ.

Χάλυβας

Επιτρέπεται μακροσκοπική αναγνώριση και κατάταξη, οπότε η ΣΑΔ θεωρείται ικανοποιητική

13

Πρόταση για την Αντοχή Σκυροδέματος

- Όταν από την κατασκευή του Φ.Ο. του κτιρίου διατίθενται αποτελέσματα δοκιμών θλίψης του σκυροδέματος αυτά επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν για την τεκμηρίωση της αντοχής του υλικού
- Κατώτατες default τιμές (υπό προϋποθέσεις)

14

Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων

Δεδομένα:

ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΑΝΩΔΟΜΗΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩ- ΣΕΩΝ	ΙΔΙΑ ΒΑΡΗ ΕΠΕΣΤΡΩΣΕΩΝ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ, κ.λ.π.
---	---	---	---

ΟΠΛΙΣΗΣ		
ΔΙΑΤΑΞΗ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΡΑΒΔΩΝ	ΑΓΚΥΡΩΣΕΙΣ ΠΑΡΑΘΕΣΕΙΣ ΑΝΑΜΟΝΕΣ	«ΚΛΕΙΣΙΜΟ» ΣΥΝΔΕΤΗΡΩΝ

15

Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων

Προέλευση Δεδομένου:

- Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει αποδεδειγμένα εφαρμοστεί
- Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει εφαρμοστεί, με λίγες τροποποιήσεις που εντοπίστηκαν κατά τη διερεύνηση
- Δεδομένο που προέρχεται από αναφορά, σε μορφή κειμένου υπομνήματος, σε σχέδιο της αρχικής μελέτης.
- Δεδομένο που έχει διαπιστωθεί ή/και μετρηθεί ή/και αποτυπωθεί αξιόπιστα
- Δεδομένο που έχει προσδιοριστεί με έμμεσο τρόπο
- Δεδομένο που έχει ευλόγως θεωρηθεί κατά κρίση Μηχανικού

16

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

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2: ΣΤΑΘΜΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΣΧΕΔΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ		ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΟΥ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ								
				ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ Ή ΑΝΩΔΟΜΗΣ			ΠΛΑΧΗ, ΒΑΡΗ κ.λπ. ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ κ.λπ.			ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΗΣ		
ΥΠΑΡΧΟΥΝ	ΑΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ			Ανοκτή	Ισοσπουδαιή	Υψηλή	Ανοκτή	Ισοσπουδαιή	Υψηλή	Ανοκτή	Ισοσπουδαιή	Υψηλή
✓		1	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει αποδεκτά εφαρμοστεί χωρίς τροποποιήσεις	(1)			✓			✓		✓
✓		2	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει εφαρμοστεί με λίγες τροποποιήσεις	(2)			✓			✓		
✓		3	Δεδομένο που προέρχεται από αναφορά (π.χ. υπόμνημα σε σχέδιο της αρχικής μελέτης)	(3)	✓			✓			✓	
	✓	4	Δεδομένο που έχει διαπιστωθεί ή και μετρηθεί ή και αποσπασθεί αξιόπιστα	(4)		✓			✓			✓
	✓	5	Δεδομένο που έχει προσδιοριστεί με έμμεσους αλλά επαρκώς αξιόπιστους τρόπους	(5)	✓	✓			✓	✓		✓
	✓	6	Δεδομένο που έχει ευλόγως θεωρηθεί κατά την κρίση Μηχανικού	(6)	✓	✓			✓	✓		✓

• Ποια η τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q;

Χονδρική Εκτίμηση Δείκτη Συμπεριφοράς q για Στάθμη Επιτελεστικότητας Β

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί μελέτης (και κατασκευής)	Ευμενής παρουσία τοιχοπληρώσεων (στο σύνολο του κτιρίου)	Δυσμενής παρουσία ή απουσία τοιχοπληρώσεων
1995 < ...	3,00	2,30
1985 < ... < 1995	2,30	1,80
... < 1985	1,80	1,30

Στην περίπτωση ανασχεδιασμού με χρήση ισχυρών νέων φορέων υπό προϋποθέσεις μπορεί να ισχύει:

$$\frac{V_R}{V_S} \geq 0.75 \text{ τότε } q = q_{\text{νέων κανονισμών}}$$

$$0.6 \leq \frac{V_R}{V_S} < 0.75 \text{ τότε } q = \frac{4}{5} q_{\text{νέων κανονισμών}}$$

• Ποια η εναλλακτική διαδικασία; $q_{loc} = m$

Τι είναι αστοχία;

Αντοχή < Ένταση

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

ΑΡΧΕΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

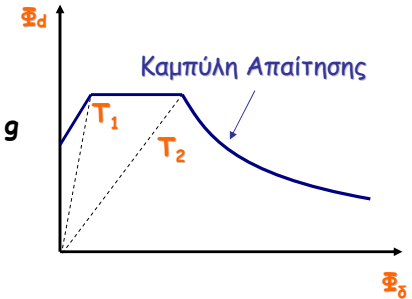
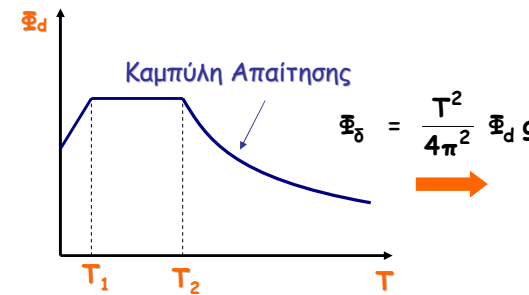
Επίπεδα Βλάβης

Στάθμες Επιτελεστικότητας ή Οριακές Καταστάσεις (LS)

LS of Damage Limitation (DL) → (ΚΑΝ.ΕΠΕ) Στάθμη Α «Περιορισμένες Βλάβες», Μηδαμινές βλάβες, τα στοιχεία δεν έχουν ουσιαστικά ξεπεράσει την διαρροή τους

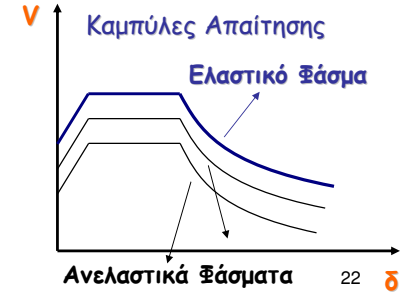
LS of Significant Damage (SD) → (ΚΑΝ.ΕΠΕ) Στάθμη Β «Σημαντικές Βλάβες» κτίριο με αποδεκτές σοβαρές βλάβες όπως ο σχεδιασμός νέων κτιρίων

LS of Near Collapse (NC) → (ΚΑΝ.ΕΠΕ) Στάθμη Γ «Οιονεί Κατάρρευση», βαριές και εκτεταμένες βλάβες, κτίριο πολύ κοντά στην κατάρρευση



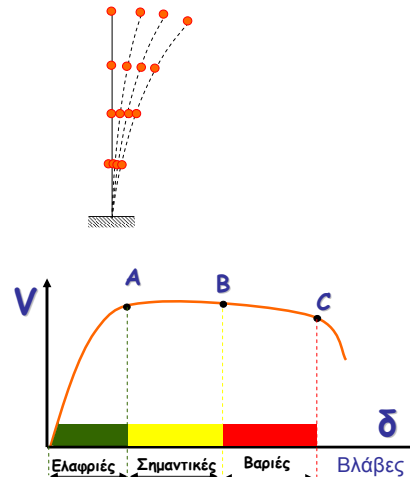
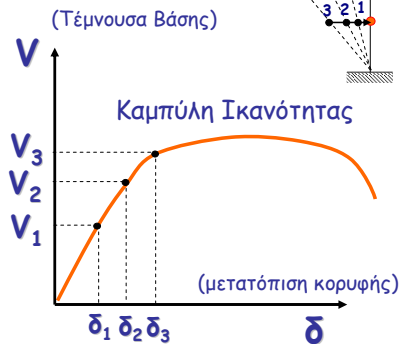
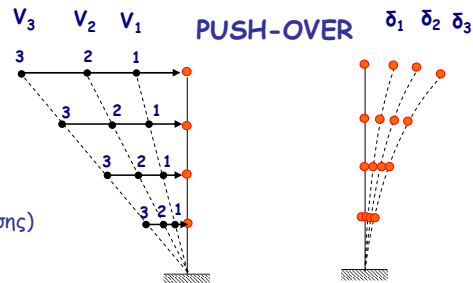
$V = \alpha \Phi_d W$
 $\delta = \beta \Phi_\delta$

n	α	β
1	1	1
2	0,90	1,20
5	0,80	1,35



Στάθμες Επιτελεστικότητας - Οριακές Καταστάσεις

Στατική Οριζόντια Φόρτιση Βαθμιαία Αυξανόμενη "μέχρι τέρμα"



Για ποιά Οριακή Κατάσταση (Στάθμη Επιτελεστικότητας) θα γίνει ο Σχεδιασμός:

Για ποιό Σεισμό Σχεδιασμού:

EC8 → Εθνικό προσάρτημα (πρέπει να ορίσει)

Πιθανότητα Υπέρβασης σεισμικής δράσης σε 50 χρόνια	Στάθμη Α	Στάθμη Β	Στάθμη Γ
2%	A _{2%}	B _{2%}	Γ _{2%}
10%	A _{10%}	B _{10%}	Γ _{10%}
30%	A _{30%}	B _{30%}	Γ _{30%}
50%	A _{50%}	B _{50%}	Γ _{50%}
70%	A _{70%}	B _{70%}	Γ _{70%}

EC8 → Ο κύριος του έργου επιλέγει ύστερα από εισήγηση και συμφωνία με τον μελετητή

ΚΑΝ.ΕΠΕ. → Η Δημόσια Αρχή μπορεί να ορίσει ελάχιστο στόχο κατά περίπτωση

Ο κύριος του έργου επιλέγει

Στόχοι Επιτελεσματικότητας κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.

(Ζεύγος στάθμης επιτελεσματικότητας και σεισμού σχεδιασμού)




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

Υπάρχουν Ισοδύναμοι Στόχοι;

25

Στάθμες Επιτελεσματικότητας κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Πιθανότητα Υπέρβασης Σεισμικής Δράσης εντός του Συμβατικού Χρόνου Ζωής των 50 ετών	Μηδαμινές Βλάβες (Άμεση Χρήση)	Σοβαρές Βλάβες (Ασφάλεια Ζωής)	Οιονεί Κατάρρευση
10% (Σεισμικές Δράσεις κατά ΕΚ8-1)	A1	B1	Γ1
50% (Σεισμικές Δράσεις = 0,6 x ΕΚ8-1)	A2	B2	Γ2

-  Σπουδαιότητα I
-  Σπουδαιότητα II
-  Σπουδαιότητα III και IV

Η Δημόσια αρχή ορίζει τότε δεν επιτρέπεται πιθανότητα 50%

26

Τοιχοπληρώσεις

Μέχρι τώρα τις αγνοούμε.

Γιατί;

- Έλλειψη προδιαγραφών ποιότητας και τρόπου κατασκευής (διαφορές αντοχών, σφηνώματα)
- Αβέβαιοι τρόποι προσομοίωσης (άνοιγματα)
- 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)

27

Ποια είναι η αντοχή (ή καλλίτερα η ικανότητα) δομικών μελών που δεν πληρούν προϋποθέσεις έντεχνης κατασκευής;

- π.χ.
- περιοχές με "κοντές αναμονές"
 - έλλειψη αγκίστρων στα τσέρκια
 - ανεπαρκείς αγκυρώσεις

28

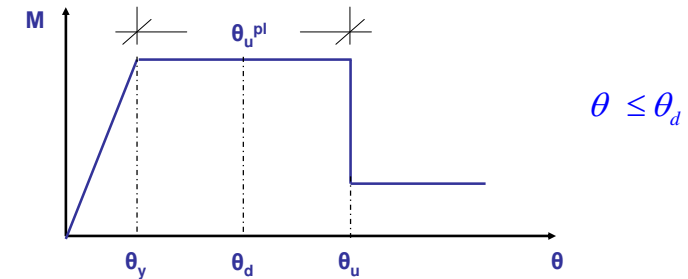
Μάτιση Ράβδων με νευρώσεις σε ευθύγραμμο μήκος l_o

- Σε μάτιση θλιβομένων ράβδων μετρούν και οι δύο στο θλιβόμενο οπλισμό (παρουσία εγκιβωτισμού ή περίσφιξης)
- Για M_y, φ_y, θ_y : $f_y \times l_o / l_{oy,min}$, αν $(1/2)l_{oy,min} < l_o < l_{oy,min} = (0.3 \cdot f_y / \sqrt{f_c}) \cdot d_b$
π.χ. Για $\Phi 20, C16, S400$: $l_{oy,min} = 30 d_b$
- Για τη στροφή χορδής στην αστοχία: $\theta_{um}^{pl} \times l_o / l_{ou,min}$,
αν $l_o < l_{ou,min} = d_b \cdot f_y / [(1.05 + 14.5 \cdot a_{rs} \cdot \omega_{sx}) \sqrt{f_c}]$
που προκύπτει αναλόγου μήκους με τα ισχύοντα για νέες κατασκευές

Μάτιση λείων Ράβδων με άγκυστρα & ευθύγραμμο μήκος παράθεσης $l_o > 15d_b$

- Σε μάτιση θλιβομένων ράβδων μετρούν και οι δύο στο θλιβόμενο οπλισμό
- Για M_y, φ_y, θ_y : πλήρες f_y εφελκυσμένων ράβδων
- Για τη στροφή χορδής στην αστοχία: $\theta_{um} \times \lambda_\theta$
όπου $\lambda_\theta = 0,016 \times (10 + l_o / d_b)$, αν $l_o < 40d_b$ και $\lambda_\theta = 0,8$, αν $l_o \geq 40d_b$

29

Πως γίνεται ο έλεγχος των παραμορφώσεων;

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

30

Προσεγγιστικές Σχέσεις για Δυσκαμψίες

- Για υποστυλώματα:
$$K = 0,08(0,8 + \ln[\max(0,6; a_s)]) \left(1 + 0,048 \frac{N}{A_c} (MPa) \right) E_c I_c$$
- Για δοκούς:
$$K = 0,1(0,8 + \ln[\max(0,6; a_s)]) E_c I_c$$
- Για ορθογωνικά τοιχώματα:
$$K = 0,115(0,8 + \ln[\max(0,6; a_s)]) \left(1 + 0,048 \frac{N}{A_c} (MPa) \right) E_c I_c$$
- Για τοιχώματα διατομής Γ, Τ, ή Π:
$$K = 0,09(0,8 + \ln[\max(0,6; a_s)]) \left(1 + 0,048 \frac{N}{A_c} (MPa) \right) E_c I_c$$

$$K \cong 25\% E_c I_c$$

31

ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΛΩΝ

Ικανότητα στροφής χορδής κατά τη διαρροή:

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

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_V z}{3} + 0,0013 + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}} \quad \text{Τοιχεία ορθογωνικής, Τ- και Ι- Διατομής}$$

Οριακή ικανότητα στροφής χορδής:

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

Πλαστικό τμήμα ικανότητας στροφής χορδής:

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

ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**Στάθμη Επιτελεστικότητας:**

- Άμεση Χρήση (DL):

$$\theta_d = \theta_y$$

- Ασφάλεια Ζωής (SD):

Πρωτεύοντα:

$$\theta_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \frac{\theta_y + \theta_u}{2}$$

Δευτερεύοντα ή Τοιχοπληρώσεις:

$$\theta_d = \frac{\theta_u}{\gamma_{Rd}}$$

$$(\theta_d = \frac{3}{4} \theta_u \text{ κατά ΕΚ8-3})$$

Όπου: $\gamma_{Rd} = 1,5$ για πρωτεύοντα ή δευτερεύοντα
 $\gamma_{Rd} = 1,3$ για τοιχοπληρώσεις

- Οιονεί Κατάρρευση (NC)

$$\theta_d = \frac{\theta_u}{\gamma_{Rd}}$$

Όπου: $\gamma_{Rd} = 1,5$ για πρωτεύοντα
 $\gamma_{Rd} = 1,0$ για δευτερεύοντα ή τοιχοπληρώσεις
Δεν απαιτείται έλεγχος οριζοντίων δευτερευόντων

33

ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΤΕΜΝΟΥΣΑ**Δοκοί και Υποστυλώματα**

$$V_R = \frac{h-x}{2L_c} \min(N; 0,55A_c f_c) + (1 - 0,05 \min(5; \mu_0^{pl})) \left[0,16 \max(0,5; 100\rho_{tot}) (1 - 0,16 \min(5; \alpha_c)) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right]$$

Όπου:

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw}$$

$$V_w = \frac{\pi A_w}{2s} f_{yw} (D - 2c)$$

Για ορθογωνικές διατομές

Για κυκλικές διατομές

Τοιχώματα

$$V_{R,max} = 0,85 (1 - 0,06 \min(5; \mu_0^{pl})) \left(1 + 1,8 \min(0,15; \frac{N}{A_c f_c}) \right) (1 + 0,25 \max(1,75; 100\rho_{tot})) (1 - 0,2 \min(2; a_s)) \sqrt{f_c} b_w z$$

Κοντά Υποστυλώματα ($L/h \geq 2$)

$$V_{R,max} = \frac{4}{7} (1 - 0,02 \min(5; \mu_0^{pl})) \left(1 + 1,35 \frac{N}{A_c f_c} \right) (1 + 0,45 (100\rho_{tot})) \sqrt{\min(40; f_c)} b_w z \sin 2\delta$$

34

**Πώς θα μελετηθούν (θα σχεδιαστούν)
οι απαιτούμενες επεμβάσεις;**

- ✓ Κεφάλαιο 8 ΚΑΝ.ΕΠΕ.
- ✓ Παραρτήματα Α Ευρωκώδικας 8 - Μέρος 3

35

Συχνές Ερωτήσεις**ΕΡΩΤΗΣΗ 1**

Η αποτίμηση σεισμικής ικανότητας (έλεγχος αντοχής) υφισταμένου κτιρίου από Ο.Σ. γίνεται υποχρεωτικά με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. ή μπορεί και με άλλο καθεστώς ανάλογα με τον κανονισμό που ίσχυε όταν μελετήθηκε;

Εφόσον το αντικείμενο μελέτης αφορά αποτίμηση φέρουσας ικανότητας υπάρχοντος κτιρίου από Ο.Σ. εφαρμόζεται ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. ανεξάρτητα από το κανονιστικό καθεστώς αρχικής μελέτης του ή την περίοδο κατασκευής του.

36

ΕΡΩΤΗΣΗ 2

Η αποτίμηση σεισμικής ικανότητας (έλεγχος αντοχής) υφισταμένων κτιρίων με φέροντα οργανισμό από τοιχοποιία ή χάλυβα γίνεται με βάση τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.;

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. δεν καλύπτει θέματα αποτίμησης και ενίσχυσης υφισταμένων κτιρίων με Φ.Ο. από τοιχοποιία ή χάλυβα. Τα σχετικά θέματα πάντως περιλαμβάνονται στον Ευρωκώδικα 8 Μέρος 3 (ΙΕΝ 1998-3/2005).

37

ΕΡΩΤΗΣΗ 3

Μπορεί ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. να εφαρμοστεί για κτίρια που περιλαμβάνουν προεντεταμένα στοιχεία;

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. δεν περιλαμβάνει διατάξεις ελέγχου ασφαλείας για κτίρια που έχουν προεντεταμένα δομικά στοιχεία. Περιλαμβάνει πάντως διατάξεις για θέματα διαπίστωσης τους και τεκμηρίωσης.

38

ΕΡΩΤΗΣΗ 4

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. σε ορισμένες διατάξεις του παραπέμπει στον Ευρωκώδικα 8. Μπορεί να εφαρμοστεί δεδομένου ότι ο EC8 δεν έχει τεθεί σε ισχύ;

Το κείμενο του ΚΑΝ.ΕΠΕ. είναι εναρμονισμένο με τους Ευρωκώδικες. Όπου γίνονται παραπομπές σε συγκεκριμένες διατάξεις των Ευρωκωδίκων αυτές οι διατάξεις ισχύουν υποχρεωτικά και όχι κατ' ανάγκη το σύνολο των διατάξεων των Ευρωκωδίκων.

39

ΕΡΩΤΗΣΗ 5

Για μελέτη προσθήκης ορόφου επί υπάρχοντος κτιρίου εφαρμόζονται οι διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. ή το Παράρτημα Ε του ΕΑΚ;

Η Επιτροπή που έχει συσταθεί στον ΟΑΣΠ για την υποστήριξη του ΚΑΝ.ΕΠΕ., σε σχετικό έγγραφο της προς το ΣΠΜΕ αναφέρει ότι:

Υπό το σημερινό νομικό καθεστώς, το θέμα προσθηκών που δεν είναι στατικά ανεξάρτητες από το υφιστάμενο κτίριο (π.χ. προσθήκες καθ' ύψος) καλύπτεται από δύο αντιφατικά ως προς το θέμα κανονιστικά κείμενα, δηλ. (i) το νεώτερο, ορθολογικότερο και ασφαλέστερο ΚΑΝ.ΕΠΕ. (2012) και (ii) το παλαιότερο Παράρτημα Ε του Ε.Α.Κ.. Επομένως, κατά τη γνώμη της Επιτροπής, εφαρμόζονται οι νεώτερες και ασφαλέστερες διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ., το δε Παράρτημα Ε του Ε.Α.Κ. οφείλει να καταργηθεί άμεσα.

Επισημαίνεται δε ότι οι αμεσότερες οικονομικές ανάγκες της παρούσας γενιάς, έχουν ήδη ληφθεί υπόψη στις πρόνοιες του ΚΑΝ.ΕΠΕ.. Συγκεκριμένα, για κτίρια ορισμένων κατηγοριών επιτρέπεται η αποτίμηση και ο σχεδιασμός των επεμβάσεων με βάση λιγότερο απαιτητικούς στόχους, δηλαδή λαμβάνοντας υπόψη:

- Στάθμη επιτελεστικότητας μέχρι και Γ' και
- Συχνότερο / ασθενέστερο σεισμό (πιθανότητα υπέρβασης 50% εντός της 50-ετίας, βλ. παρ. 2.2.1 του ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

Προφανώς η Δημόσια Αρχή πρέπει να ορίσει τις κατηγορίες των κτιρίων στα οποία θα επιτραπούν τέτοιες χαμηλότερες απαιτήσεις. Η Επιτροπή έχει εισηγηθεί (βλ. σχετική εισήγηση στη συνέχεια).

40

Συμπερασματικά, σχετικά με το Παράρτημα Ε του Ε.Α.Κ. και τον ΚΑΝ.ΕΠΕ., αναφέρεται ότι:

1) Αυτή τη στιγμή είναι σε ταυτόχρονη ισχύ ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. και το Παράρτημα Ε του Ε.Α.Κ..

2) Τα ανωτέρω δύο κανονιστικά κείμενα δεν είναι συμβατά μεταξύ τους.

3) Η λήψη απόφασης εναπόκειται στην "Διοίκηση", που κατά την άποψη της Επιτροπής πρέπει να είναι άμεσα και να ορίζει ότι:

«Καταργείται το Παράρτημα Ε του Ε.Α.Κ. και εφαρμόζονται οι διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ.».

Ακόμα και αν η "Διοίκηση" κρίνει διαφορετικά, π.χ. ότι "μετά την ισχύ του ΚΑΝ.ΕΠΕ. διατηρείται σε ισχύ το Παράρτημα Ε του Ε.Α.Κ. για τις ειδικές περιπτώσεις που εκεί αναφέρονται", θα πρέπει να εκδοθεί άμεσα η σχετική απόφαση για να είναι σαφές το κανονιστικό πλαίσιο για το θέμα.

Πάντως σε κάθε περίπτωση, εφόσον απαιτηθούν επεμβάσεις, η μελέτη θα πρέπει να γίνεται με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ..

41

Πάντως η σχετική άποψη της ΔΟΚΚ σε σχετικό έγγραφο της προς τον ΣΠΜΕ είναι ότι μέχρι σήμερα είναι σε ταυτόχρονη ισχύ ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. και το παράρτημα Ε του ΕΑΚ, ενώ εκκρεμεί σχετική απόφαση με την οποία θα διευκρινίζεται το κανονιστικό πλαίσιο για το εν λόγω θέμα. Επίσης ότι ο ΚΑΝΕΠΕ εφαρμόζεται σε περίπτωση που από τον έλεγχο του υφιστάμενου κτιρίου θάσει του ΕΑΚ/2000 προκύψει ανάγκη ενίσχυσης αυτού.

42

ΕΙΣΗΓΗΣΗ ΓΙΑ ΑΠΟΦΑΣΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΑΡΧΗΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.1

ΕΛΑΧΙΣΤΟΙ ΑΝΕΚΤΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΓΙΑ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ή ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Οι ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού του φέροντος οργανισμού υφισταμένων κτιρίων, που προβλέπονται στην § 2.2. ορίζονται ανάλογα με την κατηγορία σπουδαιότητας του κτιρίου ως εξής:

Κατηγορία Σπουδαιότητας	Στόχοι
I	Γ2
II	Γ1
III	B1
IV	B1 και A2 (Ικανολοίηση και των δύο στόχων)

Σε κάθε περίπτωση να θεωρηθεί ότι ισχύει A1>A2, B1>B2, Γ1>Γ2, A1>B1>Γ1 και A2>B2>Γ2

43

ΕΙΣΗΓΗΣΗ ΓΙΑ ΑΠΟΦΑΣΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΑΡΧΗΣ

Οι παραπάνω κατηγορίες σπουδαιότητας ορίζονται:

Κατηγορία Σπουδαιότητας	Κτίρια
I	Κτίρια μικρής σπουδαιότητας ως προς την ασφάλεια του κοινού, όπως: αγροτικά οικοτήματα και αγροτικές αποθήκες, υπόστερα, στάβλοι, βουστάσια, χρονοστάσια, ορνιθοτροφεία, κ.λπ.
II	Συνήθη κτίρια, όπως: κατοικίες και γραφεία, βιομηχανικά - βιοτεχνικά κτίρια, ξενοδοχεία (τα οποία δεν περιλαμβάνουν χώρους συνεδρίων), ξενώνες, οικοτροφεία, χώροι εκθέσεων, χώροι εστίασης και νυγγογίας (ζαχαροπλαστεία, καφετεία, μπύρα, κ.λπ.), ηλεκτρονικών παιχνιδιών, εστιατόρια, μπαρ, κ.λπ.), τράπεζες, ιατρεία, αγορές, υπεραγορές, εμπορικά κέντρα, καταστήματα, φαρμακεία, κουρέια, κομμωτήρια, εντοπιότητα γυμναστικής, βιβλιοθήκες, εργαστήρια, συνερεία συντήρησης και επισκευής αυτοκινήτων, βιβλιοθήκες, βιβλιοθήκες, εργαστήρια φρεσών, παρασκευαστήρια τροφίμων, καθαριστήρια, κέντρα μηχανογράφησης, αποθήκες, κτίρια στάθμευσης αυτοκινήτων, πατήρια υγρών καυσίμων, ανεμογεννήτριες, γραφεία δημοσίων υπηρεσιών και τοπικής αυτοδιοίκησης που δεν εμπίπτουν στην κατηγορία: III, κ.λπ.
III	Κτίρια τα οποία στεγάζουν εγκαταστάσεις πολύ μεγάλου οικονομικής σημασίας, καθώς και κτίρια δημόσιων υπηρεσιών και γενικά: κτίρια στα οποία υπάρχουν πολλοί άνθρωποι κατά μεγάλο μέρος του 24ώρου, όπως: αθλητικές αεροδρομίων, χώροι συνεδρίων, κτίρια που στεγάζουν υλοοργανιστικά κέντρα, ειδικές βιομηχανίες, εκπαιδευτικά κτίρια, αθλητικές εγκαταστάσεις, φροντιστήρια, νηπιαγωγεία, χώροι συναυλιών, αθλητικές εγκαταστάσεις, ναυϊοί χώροι αθλητικών συγκεντρώσεων, θέατρα, κινηματογράφοι, κέντρα διασκέδασης, αθλητικές αναμονής επιβατών, νηπιαγωγεία, ιδρύματα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ιδρύματα χρονίως πασχόντων, οίκοι ευγηρίας, βρεφονομεία, βρεφικοί σταθμοί, παιδικοί σταθμοί, παιδοίποιοι, αναμορφωτήρια, φυλακές, εγκαταστάσεις καθαρισμού νερού και αποβλήτων, κ.λπ.
IV	Κτίρια των οποίων η λειτουργία, τόσο κατά την διάρκεια του σεισμού, όσο και μετά τους σεισμούς, είναι ζωτικής σημασίας, όπως: κτίρια τηλεπικοινωνιών, παραγωγής ενέργειας, νοσοκομεία, κλινικές, αγροτικά ιατρεία, υγειονομικοί σταθμοί, κέντρα υγείας, διαλυτήρια, σταθμοί παραγωγής ενέργειας, πυροσβεστικοί και αστυνομικοί σταθμοί, κτίρια δημοσίων επιτελικών υπηρεσιών για την αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών από σεισμό. Κτίρια που στεγάζουν έργα μοναδικής καλλιτεχνικής αξίας, όπως: μουσεία, αποθήκες μουσείων, κ.λπ.

44

ΕΙΣΗΓΗΣΗ ΓΙΑ ΑΠΟΦΑΣΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΑΡΧΗΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.1

«ΕΡΗΜΗΝ» ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ

Κατ' εφαρμογή της παρ. Σ3.7 και υπό τις προϋποθέσεις που εκεί αναφέρονται, επιτρέπεται η χρήση των παρακάτω «ερήμην» αντιπροσωπευτικών τιμών αντοχής υλικών (σκυροδέματος, χάλυβα οπλισμού και τοιχοπλήρωσεων). Στην περίπτωση αυτή η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.) θεωρείται «ανεκτή».

α) Για το σκυροδέμα

Πίνακας 1. «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές Τιμές Θλιπτικής Αντοχής Σκυροδέματος.

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	«Ονομαστική» Μέση Τιμή f_{cm} (MPa)	Χαρακτηριστική Τιμή f_{ct} (MPa)
...<1954	10	6
1954<...<1985	12	8
1985<...<1995	16	12
1995<...	20	16

β) Για το χάλυβα οπλισμού

Πίνακας 2. «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές Τιμές Διαρροής Χάλυβα Οπλισμού.

Κατηγορία Χάλυβα Οπλισμού	«Ονομαστική» Μέση Τιμή f_{yk} (MPa)	Χαρακτηριστική Τιμή f_{yk} (MPa)
S220 & Stahl I	280	240
S400 & Stahl III	450	410
S500 & Stahl IV	520	500

45

ΕΙΣΗΓΗΣΗ ΓΙΑ ΑΠΟΦΑΣΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΑΡΧΗΣ

γ) Για τις τοιχοπλήρωσεις, οι «ερήμην» αντιπροσωπευτικές τιμές αντοχής μπορούν να λαμβάνονται ως «Ονομαστικές» Μέσες ή ως Χαρακτηριστικές σύμφωνα με τον Πίνακα 3 που ακολουθεί και οι οποίες ισχύουν για:

- Συνήθεις τοιχοπλήρωσεις, οπτοπλινθοδομές-με διάτρητα τούβλα.
- Συνήθη ασβεστοτσιμεντοκονιάματα, μάλλον χαμηλής (έως μέσης) αντοχής.
- Πλήρεις (σχεδόν) οριζόντιους αρμούς, κανονικού πάχους (περίπου 10+20mm).
- Ημι-πλήρεις κατακόρυφους αρμούς, γενικάς του ίδιου πάχους (περίπου 10+20mm).
- Κατακόρυφα φαρτία πρακτικά μόνο από το ίδιο βάρος των τοιχοπλήρωσεων ($\sigma_p \approx 0$).

Πίνακας 3. «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές Τιμές Αντοχής Τοιχοπλήρωσεων.

Αντοχή	Τοιχοπλήρωση	Ποιότητα Δόμησης και Σφήνωσης		
		Καλή	Μέση	Κακή
Λοξή Ολίψη $f_{we,z}$ (MPa)	Μπαπικός	2.00	1.50	1.00
	Δρομικός	1.50	1.00	0.75
Διαγώνια Ρηγμάτωση f_{wz} (MPa)	Μπαπικός	0.25	0.20	0.15
	Δρομικός	0.20	0.15	0.10

46

Ο Νέος Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) ΦΕΚ 42/Β/20-1-2012

- ✓ Εισάγεται ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για την σεισμική αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό των υφιστάμενων κατασκευών υιοθετώντας τις πλέον σύγχρονες αντιλήψεις
- ✓ Βάζει τάξη στην ακατάστατη περιπτωσιολογία και στο θολό σχετικό γνωστικό περιβάλλον
- ✓ Δίνει εφόδια στον μελετητή για να στηρίξει τις επιλογές του
- ✓ Συνεισφέρει στην οικονομία της χώρας
- ✓ Προκαλεί, επιδεικτικά τα Πανεπιστήμια, να τρέξουν να αναθεωρήσουν τα προγράμματα σπουδών τους και να διδάξουν την πλέον σύγχρονη γνώση, γιατί χρειάζεται πλέον στην καθ' ημέρα πράξη
- ✓ Πρωτοποριακό Κανονιστικό Κείμενο διεθνώς. Έχει ήδη χαρακτηριστεί ως η μελλοντική έκδοση του σχετικού ευρωκώδικα

47

Μετά το ΦΕΚ

- ✓ Επιτροπή Υποστήριξης ΚΑΝ.ΕΠ.Ε (Διευκρινήσεις - Απαντήσεις σε ερωτήματα)
- ✓ Επιτροπή Επεξεργασίας (και μελλοντικής αναθεώρησης)
- ✓ GCI (Greek Code for Interventions) ISBN:978-618-80586-0-6
- ✓ ΚΑΔΕΤ (Κανονισμός Αποτίμησης και Δομητικών Επεμβάσεων για Τοιχοποιίες)
- ✓ ΕΚΤΠΣ Υ.Α. για Αναθεώρηση Ελαχίστων Απαιτήσεων για Αποκατάσταση Σεισμοπλήκτων Παραρτήματος Ε του ΕΑΚ

48

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

“Επισκευές και Ενισχύσεις Διαστασιολόγηση Επεμβάσεων”



➤ καθ. Στέφανος Η. Δρίτσος
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Αθήνα, 13/04/2016

1

Διαδικασία

1^ο Στάδιο:

Τεκμηρίωση υφιστάμενης κατάστασης- Αξιοπιστία Δεδομένων

2^ο Στάδιο:

Αποτίμηση επάρκειας κατασκευής

3^ο Στάδιο:

Λήψη απόφασης επέμβασης - Επιλογή λύσης

4^ο Στάδιο:

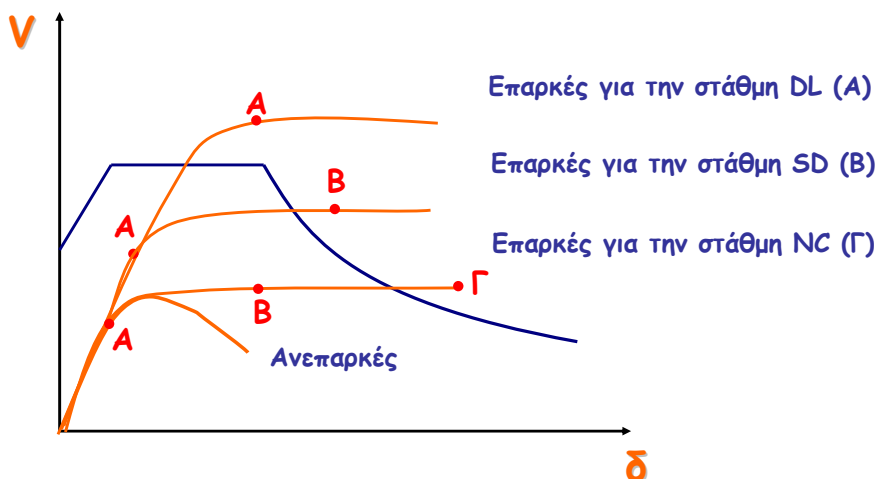
Αρχικός σχεδιασμός της λύσης επέμβασης

5^ο Στάδιο:

Κατασκευή του Έργου ↑ ↓ →

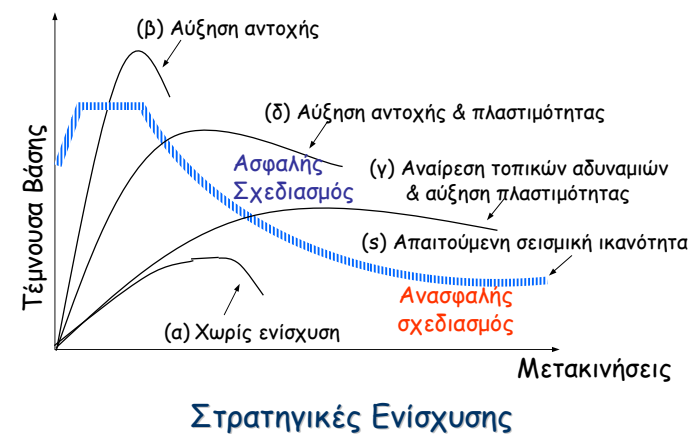
2

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ



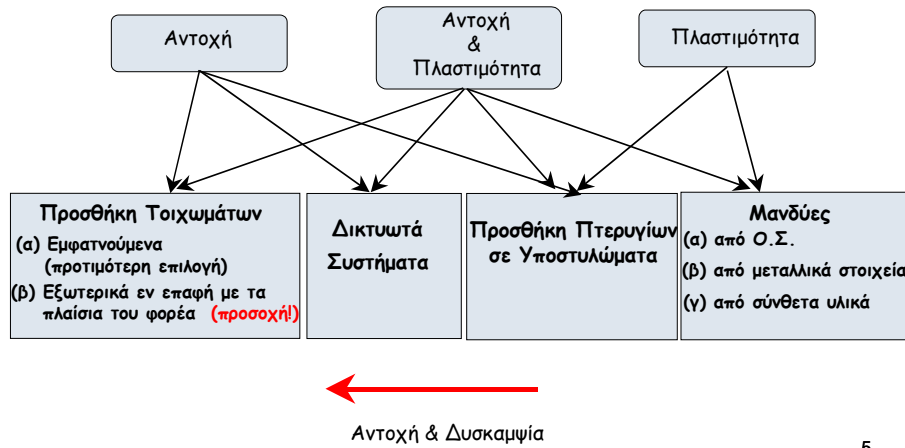
3

ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΩΣ ΣΥΝΟΛΟΥ



4

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



5

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Γενικές Απαιτήσεις

- Έλεγχος διεπιφανειών

Επεμβάσεις σε Κρίσιμες Περιοχές Ραβδόμορφων Δομικών Στοιχείων

- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της ικανότητας έναντι μεγεθών ορθής έντασης
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας έναντι τέμνουσας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της τοπικής πλαστικότητας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της δυσκαμψίας

Επεμβάσεις σε Κόμβους Πλαισίων

- Ανεπάρκεια λόγω διαγώνιας θλίψης κόμβου
- Ανεπάρκεια οπλισμού κόμβου

Επεμβάσεις σε Τοιχώματα

- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση ικανότητας έναντι μεγεθών ορθής έντασης
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας τέμνουσας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της τοπικής πλαστικότητας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της δυσκαμψίας

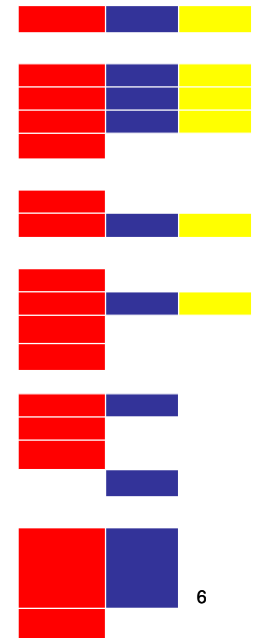
Εμφάνωση Πλαισίων

- Προσθήκη απλού "γεμίματος"
- Τοιχωματοποίηση πλαισίων
- Ενίσχυση υφιστάμενων τοίχων πληρώσεως
- Προσθήκη ράβδων δικτύωσης, μετατροπή πλαισίων σε κατακόρυφα δικτυώματα

Προσθήκη Νέων Παράπλευρων Τοιχωμάτων και Δικτυωμάτων

- Σύνδεσμοι
- Θεμελίωση νέων τοιχωμάτων
- Διαφράγματα

Επεμβάσεις σε Στοιχεία Θεμελίωσης



6



7



Βλάβες σε Δοκίμιο με Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα και Βλήτρα

8

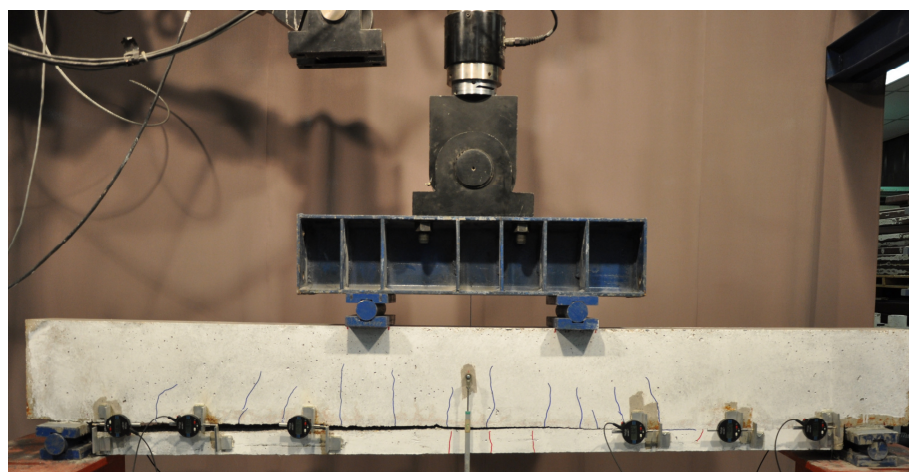


Βλάβες σε Δοκίμιο με Έγχυτο Σκυρόδεμα, Λεία Διεπιφάνεια χωρίς Διατμητικούς Συνδέσμους

9



10



Απώλεια Σύνδεσης στη Διεπιφάνεια

11

Έλεγχος Συνεργασίας στη Διεπιφάνεια

Ανίσωση Ασφαλείας

$$R_{id} \geq S_{id}$$

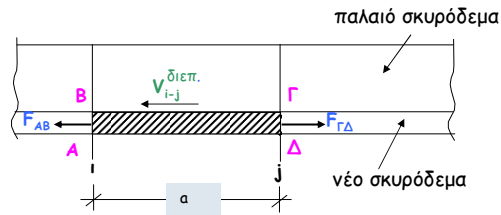
Αντίσταση Διεπιφάνειας
(σε θλίψη, σε εφελκυσμό, διατμητική)
(βλ. Κεφ.6)

Εντατικά Μεγέθη
που δρουν στη διεπιφάνεια

- **Ελάχιστα και Μέγιστα**

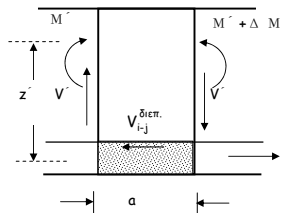
12

Έλεγχος Διεπιφανειών



$$V_{i-j}^{\text{διεπ.}} = F_{AB} - F_{\Gamma\Delta}$$

ή



$$V_{i-j}^{\text{διεπ.}} = \frac{\Delta M'}{z'} = V' \frac{a}{z'}$$

$M', V' = \text{Ροπή, Τέμνουσα λόγω δράσεων μετά την επέμβαση}$

$$V_{i-j}^{\text{διεπ.}} \leq V_{Rd}^{\text{διεπ.}}$$

Ελάχιστο Ποσοστό Βλήτρων $\rho_s = \frac{A_{sd}}{A_{cs} \sin \alpha} \geq 0,18 \frac{f_{ctm}^{13}}{f_{yk}}$

IOK ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ (ΠΕΤΕΠ)

ΕΤΕΠ
ΦΕΚ 2221B/30-7-2012

Εργασίες Αποκατάστασης Ζημιών Κατασκευών από τον Σεισμό και λοιπούς Βλαπτικούς Παράγοντες

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
Αθήνα 2008



Εκτράχυνση με Αμβολή



Προετοιμασία Επιφάνειας με Αεροματσάκονο

ΜΑΝΔΥΕΣ Ο.Σ.



17

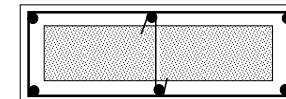
Σ. Η. ΔΡΙΤΣΟΣ



18



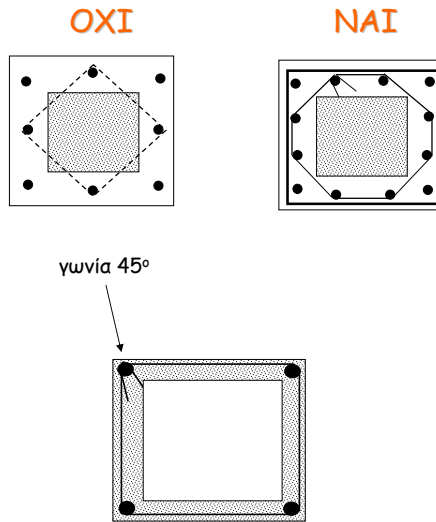
19



Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε επιμήκεις διατομές

20

Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε τετραγωνικές διατομές



21



Άνοιγμα Συνδετήρων

22



Ηλεκτροσυγκόλληση Άκρων Συνδετήρων Μανδύα 23

Διατμητική Αντίσταση Διεπιφάνειας: $V_{Rd}^{διεπιφ.}$

Μηχανισμοί

- Τριβή και Συνοχή
- Δράση Βλήτρου
- Δράση Σφικτήρα
- Ηλεκτροσυγκολλήσεις

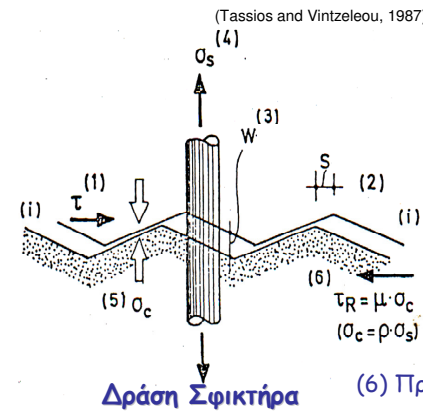
24

ΟΠΛΙΣΜΕΝΕΣ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΣ

Πρόσθετη Τριβή

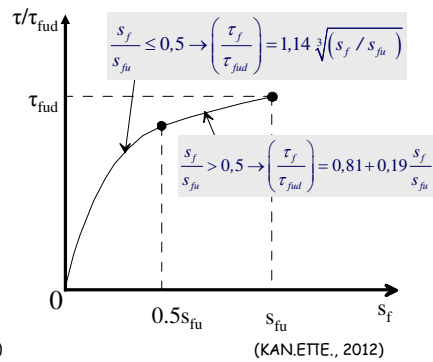
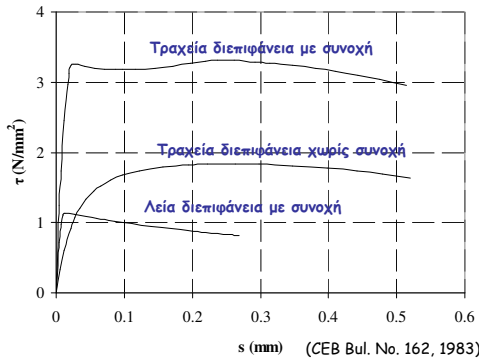
Όταν μια Χαλύβδινη Ράβδος διαπερνά μια Διεπιφάνεια, μπορεί να προκύψει δράση σφικτήρα, εάν:

- Η επιφάνεια του υφιστάμενου σκυροδέματος έχει εκτραχυνθεί
- Η χαλύβδινη ράβδος είναι επαρκώς αγκυρωμένη



- (1) Όταν εφαρμόζεται Διατμητική Τάση
- (2) Προκαλείται Ολίσθηση
- (3) Ανοίγει η Επιφάνεια Επαφής (επειδή εξαιτίας της τραχύτητας η μια επιφάνεια κινείται πάνω στην άλλη)
- (4) Ενεργοποιείται Εφελκυστική Δύναμη στη χαλύβδινη ράβδο
- (5) Ασκείται Θλιπτική Τάση (σ_c) στη διεπιφάνεια
- (6) Πρόσθετη Τριβή → Πρόσθετη Διατμητική Αντίσταση

ΑΟΠΛΕΣ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΣ

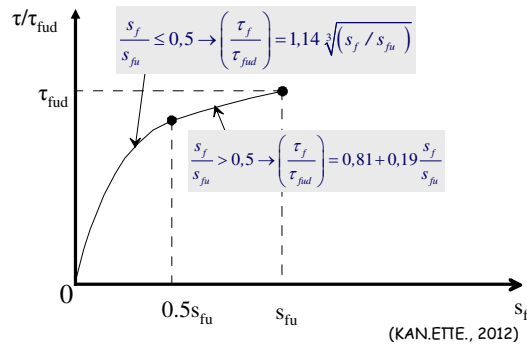


$$\tau_c = \begin{cases} 0.25 f_{ct} & \text{για λείες διεπιφάνειες} \\ 0.75 f_{ct} & \text{για εκτραχυνμένες διεπιφάνειες} \\ 1.00 f_{ct} & \text{για εκτοξευόμενο ή με χρήση ρητίνης} \end{cases}$$

$$\tau_{fu} = 0.4(f_c^2 * \sigma_c)^{1/3}$$

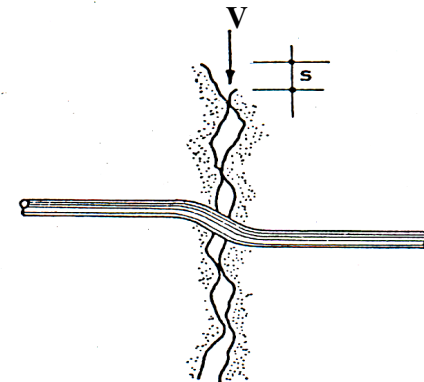
Οπλισμένες Διεπιφάνειες

Αντίσταση Τριβής



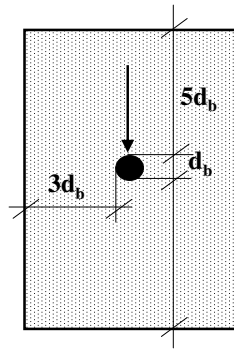
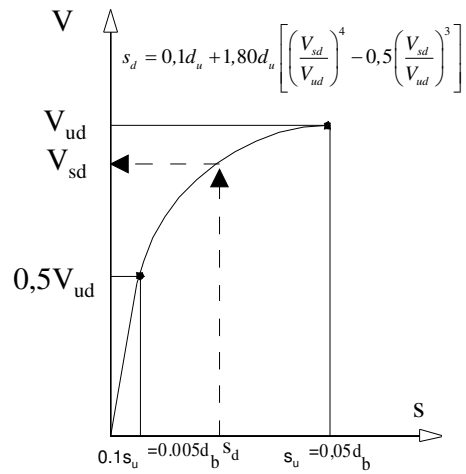
$$\tau_{fud} = 0.4(f_{cd}^2 * (\sigma_{cd} + \rho_d f_{yd}))^{1/3}$$

Οπλισμένες Διεπιφάνειες



Μηχανισμός Δράσης Βλήτρου

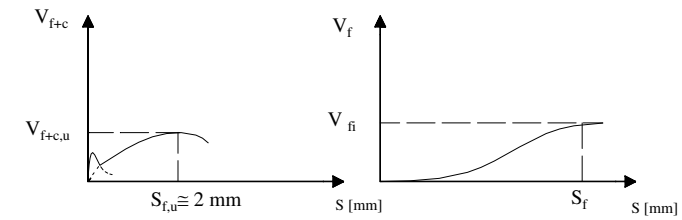
Διατμητική Αντίσταση Δράσης Βλήτρου



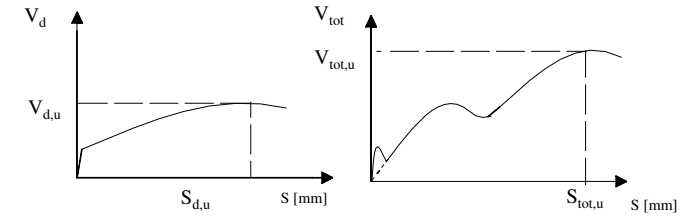
Ελάχιστη απαιτούμενη επικάλυψη οπλισμού για πλήρη ενεργοποίηση της Δράσης Βλήτρου

$$F_{ud} = \frac{1,30d_b^2}{\gamma_{Rd}} \sqrt{f_{cd}f_{yd}} \leq \frac{A_s f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad \gamma_{Rd} = 1.3$$

Αλληλεπίδραση Μηχανισμού Ανάλυσης Διατμητικού Φορτίου



α) Δράση συνοχής και τριβής β) Δράση τριβής λόγω εγκάρσιου οπλισμού



γ) Δράση βλήτρου δ) Δράση όλων των μηχανισμών

$$V_{tot} = \beta_D V_d + \beta_f V_f$$

Εκτρέχυνση και Χρήση Χαλύβδινων Βλήτρων



Οπλισμένες Διεπιφάνειες



Χαλύβδινο Ηλεκτροσυγκολλημένοι Σύνδεσμοι (Αναρτήρες)

Θλίβουσα Δύναμη Μανδύα

$$F_{cm} = \underbrace{4u_o \mu}_{\text{Τριβή}} f_{ctm} + \underbrace{10n_b}_{\text{Αναρτήρες "πάπιες"}} \frac{A_{sb}}{h_s} + \underbrace{\eta_D}_{\text{Βλήτρα}} F_{uD}$$

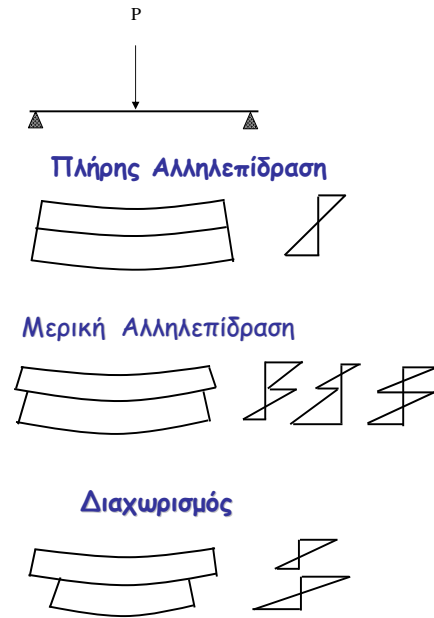
Ελάχιστοι Συνδετήρες Μανδύα

ΕΚΩΣ 2000

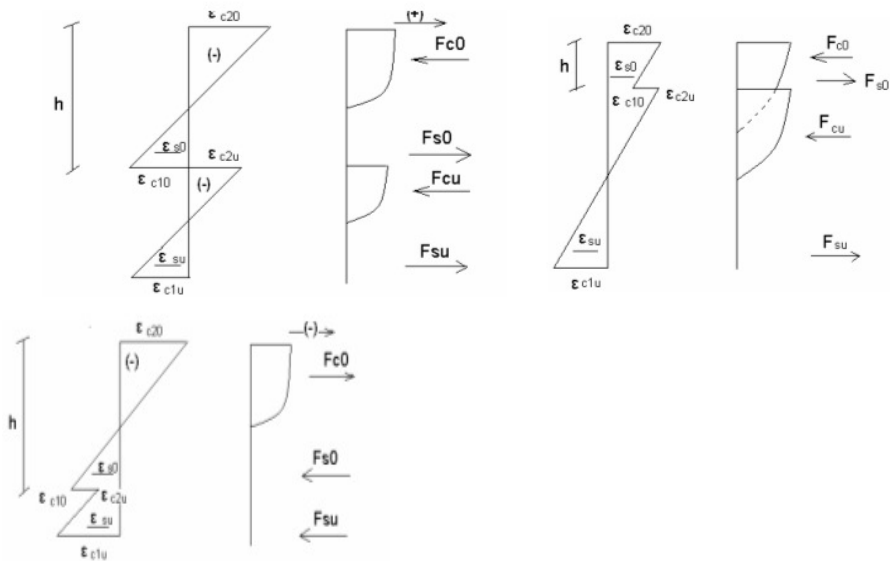
Και $\frac{A_{sw}}{a_{sw}} \geq \frac{t \cdot f_{ctm}}{f_{ywd}}$, δηλ. $\alpha_{sw} \leq 0.8 \left(\frac{f_{ywd}}{f_{ctm}} \right) \cdot \frac{d_h^2}{t}$

Προσεγγιστική Μέθοδος Μονολιθικής Συμπεριφοράς

$k_k = 0,80$ $k_r = 0,90$ $k_{\theta y} = 1,25$ $k_{\theta u} = 0,80$

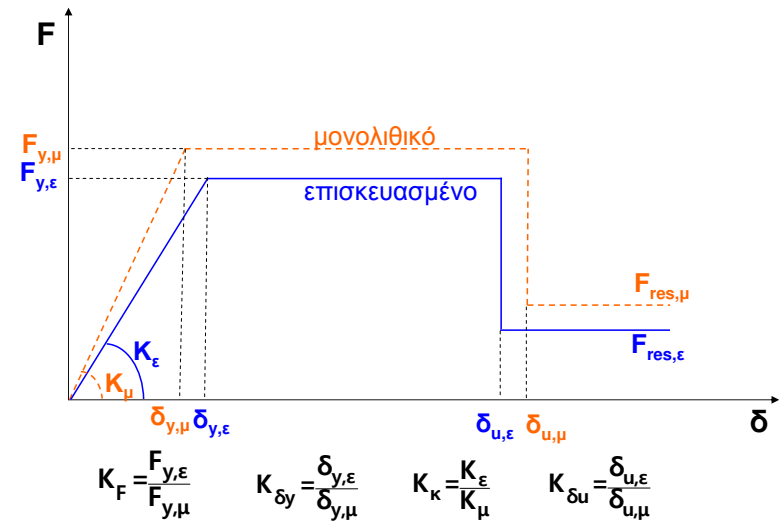


Πιθανή Κατανομή Παραμορφώσεων και Τάσεων



Πόσο θα ήταν το λάθος αν θεωρούσαμε μονολιθική συμπεριφορά;

Καμπύλες Εντατικού Μεγέθους-Παραμόρφωσης με Επισκευασμένα Στοιχεία



Συντελεστές Μονολιθικότητας

$$k_k = \frac{\text{Δυσκαμψία πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Δυσκαμψία μονολιθικού στοιχείου}}$$

$$k_r = \frac{\text{Αντοχή πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Αντοχή μονολιθικού στοιχείου}}$$

$$k_k \leq k_r \leq 1,0$$

$$k_\mu = \frac{\text{Πλαστιμότητα πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Πλαστιμότητα μονολιθικού στοιχείου}}$$

$$k_{\delta u} = \frac{\text{Οριακή παραμόρφωση πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Οριακή παραμόρφωση μονολιθικού στοιχείου}}$$

$$R_{i,ενισχ.} = K_i \times R_{i,μονολ.}$$

Προσθήκη Νέας Στρώσης Σκυροδέματος

Εκτίμηση Ικανότητας

- Με συνεκτίμηση της ολίσθησης
- Προσεγγιστικά με χρήση συντελεστών μονολιθικότητας

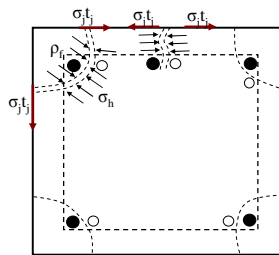
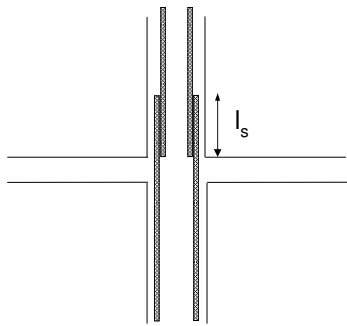
Για πλάκες:

$$k_k = 0,85 \quad k_r = 0,95 \quad k_{\theta y} = 1,15 \quad k_{\theta u} = 0,85$$

Για λοιπά στοιχεία:

$$k_k = 0,80 \quad k_r = 0,85 \quad k_{\theta y} = 1,25 \quad k_{\theta u} = 0,75$$

Αποκατάσταση Ικανότητας Περιοχής με Μειωμένα Μήκη Ματισμένων Ράβδων



$$T_{απ} = (1-\lambda_s) A_b f_s$$

$$T = \mu(\rho_f l_s) \sigma_h \rightarrow \sigma_{h,απ} = \frac{(1-\lambda_s) A_b f_s}{\mu \rho_f l_s}$$

$$\sigma_j t_j = \sigma_h B \quad \text{όπου:} \quad \beta = \frac{\rho_f}{B}$$

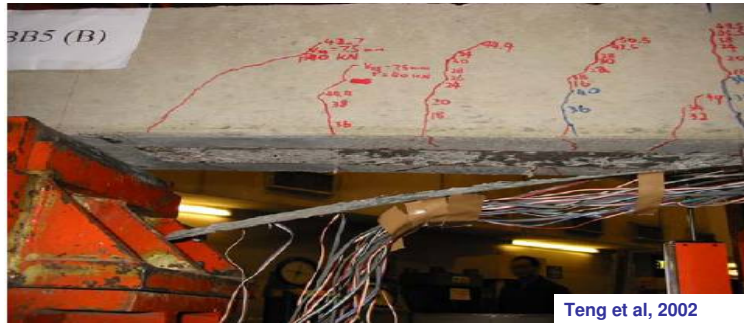
$$\left(\frac{A_j}{s}\right)_{απαιτ.} = \frac{(1-\lambda_s) A_b f_s}{\beta \mu l_s \sigma_j}$$

$$\left(\frac{A_j}{s}\right)_{απ.} = \frac{12}{(s_d : s_u)} \left(\frac{f_{sy}^3}{f_u f_c^2}\right) \left(\frac{d_s^2}{a_N l_s}\right)^3 (a_N) \quad (A_j/s)_{απ.} = 1.3 \left[k_1 \left(\frac{f_{sy} d_s}{f_c l_s}\right) - 0.4 \frac{c}{d_s} - 0.30 \right]^2 \frac{f_c^2 d_s^2}{k_2 E_j f_{ctm}}$$

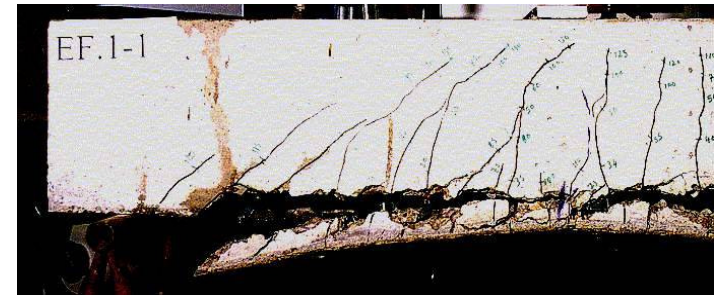
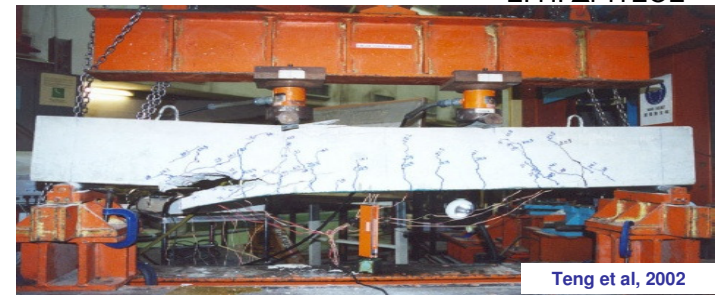
Για μανδύες $t_j = \left(\frac{A_j}{s}\right)_{απαιτ.}$

Καμπτική Ενίσχυση

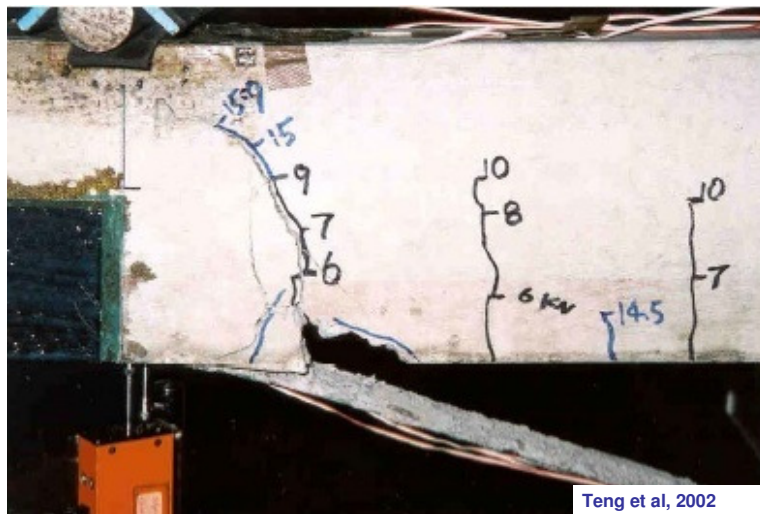




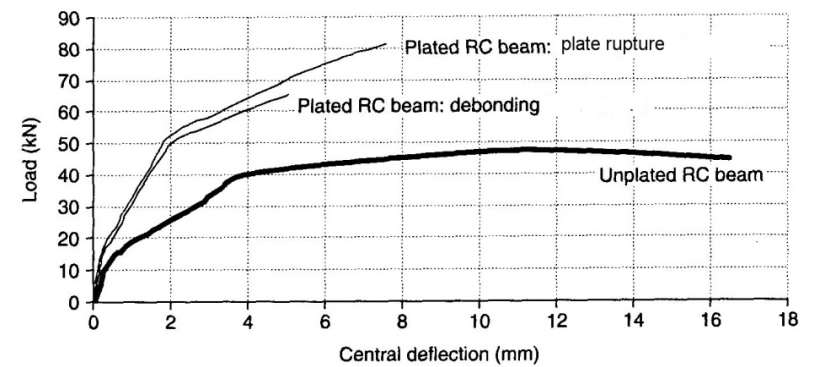
Αναλαμβανόμενη δύναμη επικολλητών φύλλων συναρτήσει του μήκους αγκύρωσης



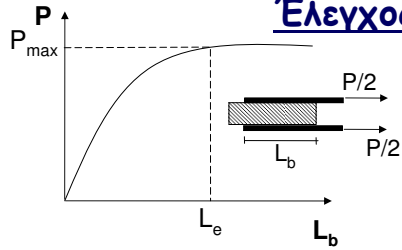
Απόσχιση επικάλυψης σκυροδέματος στο πέρας του σύνθετου υλικού



Διάγραμμα Φορτίου-Βύθισης για Δοκούς Ενισχυμένες με Επικολλητά Ελάσματα



Έλεγχος Αποκόλλησης



$$L_e = \sqrt{\frac{E_j t_j}{2f_{ctm}}} \quad P_{max} = \beta f_{ctm} b_j L_e$$

$$\sigma_{crit} = \frac{P_{max}}{b_j t_j} \cong \beta \sqrt{\frac{E_j f_{ctm}}{2t_j}}$$

$$\beta = \beta_w \beta_L \quad \beta_w = \sqrt{\frac{2 - b_j/b_w}{1 + b_j/b_w}}$$

$\beta_L = 1$ για πλήρη αγκύρωση

ΚΑΝ.ΕΠΕ.

§ 8.2.1.3

$$\sigma_{j,d} = \frac{\sigma_{j,crit}}{\gamma_{Rd}} = 1,2$$

Ας θεωρηθεί η περίπτωση μίας δοκού από σκυρόδεμα C16/20 που ενισχύεται στο εφελκόμενο πέλμα με ένα έλασμα ΙΟΤ-Άνθρακα, πάχους $t_j=1mm$ και πλάτους $b_j=1/2b_w$. Εξετάζοντας την 2η μορφή αστοχίας λαμβάνεται:

$$f_{ctm} \cong 0.3f_{ck}^{2/3} = 0.316^{2/3} = 1.92 MPa, \quad \beta = 1 \text{ και}$$

$$\sigma_{j,crit} = \sqrt{\frac{200 \times 1.92 \times 10^3}{2}} = 438 MPa, \quad \sigma_{j,d} = \frac{438}{1,2} = 365 MPa$$

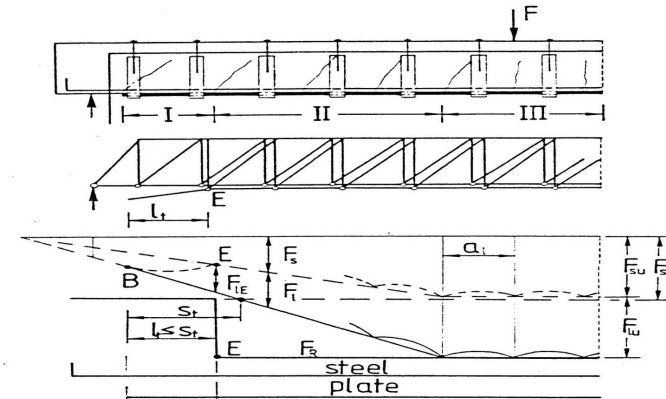
$$t_j \uparrow \Rightarrow \sigma_{j,crit} \downarrow$$

- Χρήσιμη τεχνική για ενισχύσεις γύρω από νέα ανοίγματα σε πλάκες, τοιχώματα

Έλεγχος Απόσχισης Άκρου

$$V_{sd,απολ} \leq V_{cd,απολ}$$

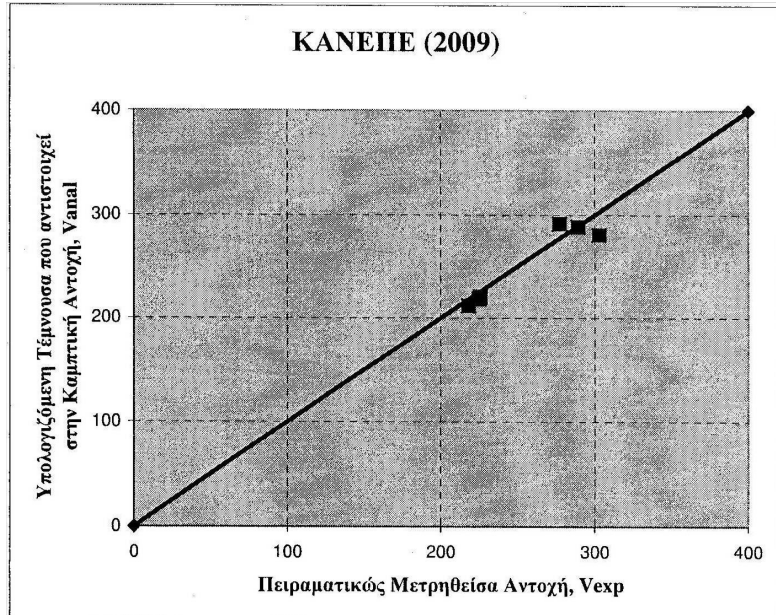
$$M_{sd,απολ} \leq 0.67 M_{Rd,απολ}$$



Rostasy, 1997

$$V_{sdj} = \frac{A_j \sigma_{jd}}{A_{so} f_{ydo} + A_j \sigma_{jd}} V_{sd,απολ}$$

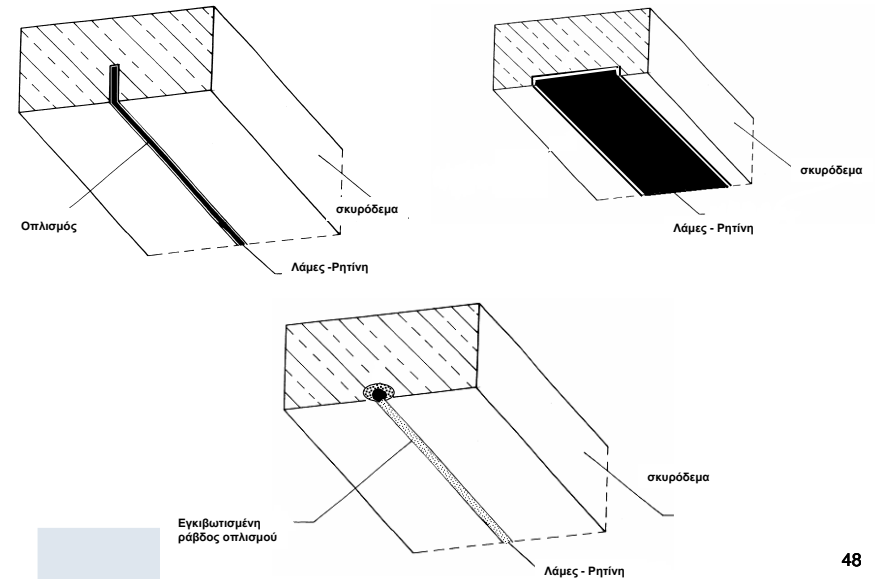
ΚΑΝΕΠΕ (2009)



Μιτολίδης, Διδακτορική Διατριβή 2009, ΑΠΘ.

Καμπτική Ενίσχυση με Οπλισμούς εντός "Αυλακιών"

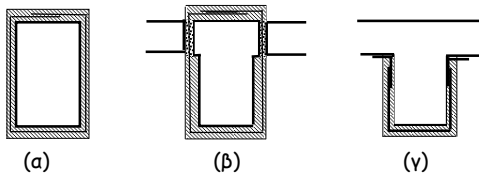
(Δεν καλύπτεται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.)



Αύξηση Φέρουσας Ικανότητας Έναντι Τέμνουσας

Ανεπάρκεια Έναντι Λοξής Θλίψης ($V_{sd} > V_{Rd2}$)

- Με περίσφιγξη
 $f_{ck,c} = (1,125 + 1,25a_w) f_{ck}$
- Με προσθήκη νέων στρώσεων σκυροδέματος
 - κλειστός μανδύας (συνιστάται)
 - τρίπλευρη ενίσχυση

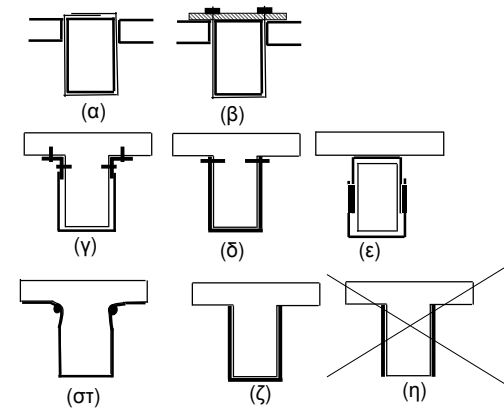


Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας σε λοξή θλίψη:
 (α), (β) Κλειστές ενισχύσεις, (γ) Ανοικτές ενισχύσεις

$$V_{sd} \leq \frac{1}{\gamma_{Rd}} (V_{Rd,r} + V_{RM})$$

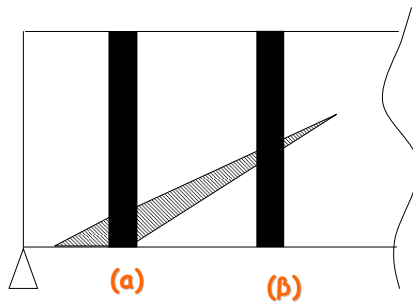
Ανεπάρκεια Οπλισμού Διάτμησης ($V_{sd} > V_{Rd3}$)

- Με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος
- Με εξωτερικά στοιχεία από χάλυβα ή ΙΟΠ



Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας οπλισμού διάτμησης:
 (α), (β) "κλειστή" ενίσχυση, (γ), (δ), (ε), (στ) "ανοικτή" ενίσχυση με αγκυρωμένα άκρα & (ζ) "ανοικτή" ενίσχυση αποδεκτή κατά παρέκκλιση

Διατμητική Ενίσχυση με ΙΟΠ



- Η τάση στις ίνες εξαρτάται από το εύρος της ρωγμής που γεφυρώνουν.
- Δεν υπάρχει ανακατανομή της έντασης
- Αστοχούν οι ίνες στη θέση (α) πριν καλά-καλά ενεργοποιηθούν οι ίνες στην θέση (β)
- ➔ Μέση τιμή αντοχής $\approx \frac{1}{2} \max$ Αντοχής ➔ $k_v = 0,5$

Περίσφιγξη με Μεταλλικό Κλωβό



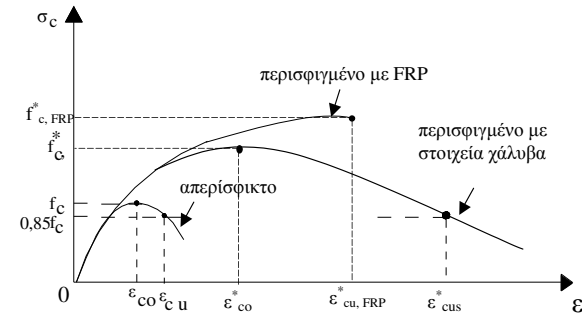
Περίσφιξη με ΙΟΠ



53



54



Χαλύβδινη περίσφιξη

$$\epsilon_{cu}^* = 0,0035 + 0,1\alpha_w$$

Περίσφιξη ΙΟΠ με ίνες άνθρακος

$$\epsilon_{cu}^* = 0,0035 (f_c^* : f_c)^2$$

Περίσφιξη ΙΟΠ με ίνες γυαλιού

$$\epsilon_{cu}^* = 0,007 (f_c^* : f_c)^2$$

όπου $f_c^* = (1,125 + 1,25\alpha_w) f_c$

56

Απαιτούμενος Οπλισμός Περίσφιξης - Αύξηση Πλαστιμότητας

Απαίτηση Στοχευόμενου q :

- Υπολογίζεται ο απαιτούμενος δείκτης συμπεριφοράς $q_u = q/q_o$ (q_o παράγοντας υπεραντοχής δομήματος κατά EC8)
- Υπολογίζεται ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας σε όρους μετακινήσεων:

$$\mu_d = \begin{cases} q_u & \text{όταν } T > T_2 \\ 1 + \frac{T_2}{T} (q_u - 1) & \text{όταν } T < T_2 \end{cases}$$

- Υπολογίζεται η απαιτούμενη τιμή του δείκτη πλαστιμότητας σε όρους καμπυλότητας : $(\mu_d - 1) : (\mu_{1/r} - 1) = 3$
- Υπολογίζεται η απαιτούμενη μέγιστη θλιπτική παραμόρφωση σκυροδέματος: $\epsilon_{cu}^* = 2,2 \cdot \mu_{1/r} \cdot \epsilon_{sy} \cdot \nu$

- Ογκομετρικό μηχανικό ποσοστό περίσφιξης ω_w :

Χαλύβδινη Περίσφιξη: $\epsilon_{cu}^* = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega_w$

Περίσφιξη με CFRP: $\epsilon_{cu}^* = 0,0035 (f_c^* : f_c)^2$ με $f_c^* = (1,125 + 1,25 \cdot \alpha \cdot \omega_w) f_c$

Περίσφιξη με GFRP: $\epsilon_{cu}^* = 0,007 (f_c^* : f_c)^2$

57

Απαιτούμενος Οπλισμός Περίσφιξης - Αύξηση Πλαστιμότητας

Απαίτηση Στοχευόμενου m :

Ομοίως με δείκτη συμπεριφοράς q , μόνο που το μ_d αντικαθιστάται με $m_{\text{απ}}$.

Απαίτηση Επιθυμητής Ικανότητας Γωνίας Στροφής Χορδής θ_u :

Υπολογίζεται η $\mu_{1/r}$ μέσω αξιόπιστων συσχετισμών με τη μ_θ

$$\theta_{u,\text{απ}} = \mu_{\theta,\text{απ}} \cdot \theta_y$$

Όπου η θ_y :

Για δοκούς ή υποστυλώματα

Για τοιχώματα

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_y z}{3} + 0,0013 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}} \quad \theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_y z}{3} + 0,002 \left(1 - 0,125 \frac{L_s}{h} \right) + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}}$$

Η συσχέτιση των μ_θ και μ_d γίνεται μέσω των σχέσεων:

- $\mu_\theta = \mu_d$ μη σχηματισμός πλαστικού μηχανισμού ορόφων
- $\mu_\theta = \mu_d \frac{H_{\text{tot}}}{H_{\text{οπ}}}$ πιθανός σχηματισμός πλαστικού μηχανισμού σε όροφο

$$\mu_{1/r,\text{απ}} = 3\mu_{d,\text{απ}} - 2 \quad \rightarrow \quad \epsilon_{cu,\text{απ}}^* \quad \rightarrow \quad \omega_{w,\text{απ}}$$

58

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη χιαστί κολλάρων από χαλύβδινα στοιχεία



59

Επισκευή με ρητινενέσεις



CEA, Sacley

60

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη επικολλητών ελασμάτων από χάλυβα



61

Ενίσχυση κόμβων με ΙΟΠ

CEA, Sacley

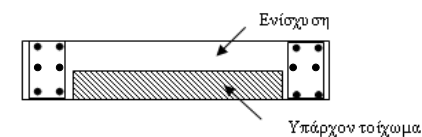
62



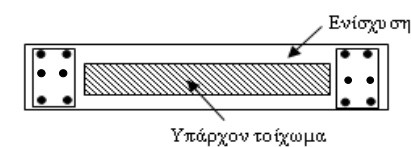
CEA, Sacley

Ενίσχυση Τοιχωμάτων

- Αποκατάσταση Ανεπαρκών Αναμονών Όπως και στα υποστυλώματα
- Αύξηση Φέρουσας Ικανότητας Έναντι Κάμψης
 - ✓ Προσθήκη υποστυλωμάτων στα άκρα
 - ✓ Μονόπλευρη ενίσχυση και προσθήκη υποστυλωμάτων



- ✓ Ολόπλευρος κλειστός μανδύας (συνιστάται)



64

Ενίσχυση Τοιχωμάτων

- **Αύξηση Φέρουσας Ικανότητας Έναντι Τέμνουσας**
 - ✓ Ανεπάρκεια λόγω λοξής θλίψης κορμού
 - ✓ Προσθήκη νέων στρώσεων σκυροδέματος ή μανδύα
 - ✓ Ανεπάρκεια οπλισμού διάτμησης
 - ✓ Προσθήκη Εξωτερικών στοιχείων χάλυβα ή ΙΟΠ ή μανδύας
- **Ολίσθηση Τοιχώματος**
 - ✓ Προσθήκη κατακόρυφων μεταλλικών στοιχείων εκατέρωθεν του αρμού
 - ✓ Τοπικός μανδύας
- **Αύξηση Πλαστιμότητας**
(Δεν προσφέρονται οι μέθοδοι περίσφιγξης)
 - ✓ **Αύξηση διατομής θλιβόμενου πέλματος**
με προσθήκη εγκάρσιου τοιχώματος
με τοπική διεύρυνση του άκρου
 - ✓ Τοποθέτηση εγκαρσίων διαμπερών σφικτήρων

65

Εμφάνωση Πλαισίων

- Σημαντική Αύξηση της Δυσκαμψίας και της Σεισμικής αντίστασης του φορέα

Μορφές:

- Προσθήκη Απλού "Γεμίματος"
- Τοιχωματοποίηση Πλαισίου
- Ενίσχυση Υφισταμένων Τοίχων Πληρώσεως

Κρίσιμα σημεία της μελέτης

- Έλεγχος επάρκειας μεταφοράς τέμνουσας στις στάθμες των ορόφων
- Μικρή Αξονική → Μειωμένη Ενεργός Δυσκαμψία, Μεγάλη Στροφή στο Θεμέλιο

Κατασκευαστικά θέματα

- Δυσκολία σκυροδέτισης (ανεπαρκής πρόσβαση στην κορυφή)
- Αντιμετώπιση συστολής ξήρανσης

66

Προσθήκη Απλού "Γεμίματος"

- Τοιχώματα από: α) Άοπλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα
(επί τόπου κατασκευαζόμενα ή προκατασκευασμένα)
β) Άοπλη ή οπλισμένη τοιχοποιία
- Δεν λαμβάνονται ειδικά μέτρα σύνδεσης του γεμίματος με το πλαίσιο
- Προσομοίωση του γεμίματος μέσω διαγώνιου θλιπτήρα
- Χαμηλή πλαστιμότητα. Συνιστάται $m \leq 1,5$

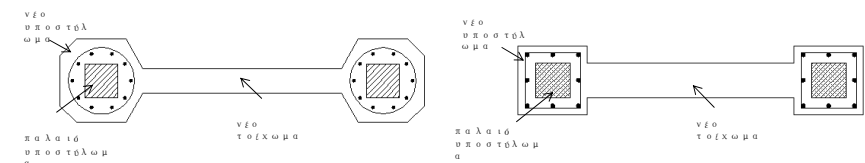
Προσοχή

Πρόσθετες Τέμνουσες σε Δοκούς και Υποστυλώματα

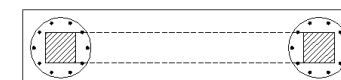
67

Τοιχωματοποίηση Πλαισίου

Εμφανώσεις πάχους μικρότερου ή ίσου με το πλάτος της δοκού

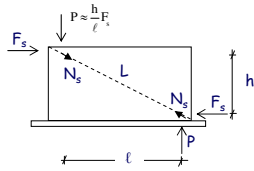


Εμφανώσεις πάχους μεγαλύτερου του πλάτους της δοκού



68

Τοιχωματοποίηση Πλαισίου Προσομοίωμα Ελέγχου Επάρκειας



Ασκούμενη Τένουσα στο
Τοίχωμα:

$$F_s = V_s - \frac{2V_{Rc}}{\gamma_{sd}}$$

Έλεγχος Αντίστασης Φατνώματος:

- Θλίψη Διαγώνιου Θλιπτήρα:

$$N_s = \frac{L}{\ell} F_s \quad N_R = \lambda f'_c t_w b_w$$

$$f'_c = 0,6 f_c$$

b_w = ενεργό πλάτος διαγώνιου θλιπτήρα
 $\lambda \approx 0,4$, συντελεστής απομένουσας απόκρισης
του διαγώνιου θλιπτήρα μετά την
υπέρβαση της κρίσιμης παραμόρφωσής του

- Διάτμηση κατά Μήκος των Διεπιφανειών:

$$F_{βλ...οριζ.} = F_s - \frac{\ell}{L} N_R > \frac{1}{2} n_v D_u$$

$$F_{βλ...κατ.} = \frac{h}{\ell} F_{βλ...οριζ.} > \frac{1}{2} n_v D_u$$

Ελάχιστη ποσότητα βλήτρων 3Φ16 ανά μέτρο της περιμέτρου και ρ_{min}

Ενίσχυση Υφιστάμενων Τοίχων Πληρώσεως

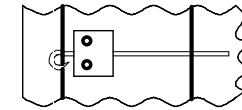
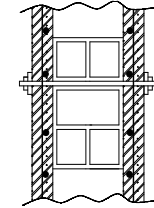
- Με αμφίπλευρες οπλισμένες στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος χωρίς υποχρεωτική αγκύρωση στο περιβάλλον πλαισίωμα.

Ελάχιστο πάχος στρώσης 50 mm

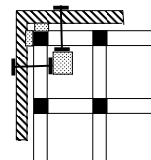
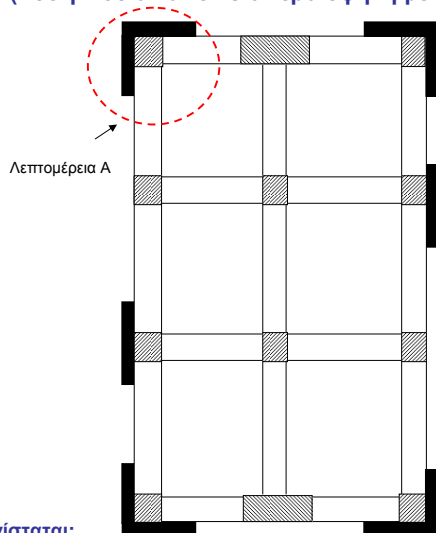
Min $\rho_v = \rho_h = 0,005$

Εξασφάλιση της από κοινού λειτουργίας υφιστάμενης τοιχοποιίας με τις δύο στρώσεις ενίσχυσης μέσω διαμετρών κοχλωτών συνδέσμων:

- Αντίσταση ενισχυμένου τοίχου = Αντίσταση λοξού θλιπτήρα



ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΩΝ ΠΑΡΑΠΛΕΥΡΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ Η ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΩΝ (Λύση που απαιτεί ιδιαίτερα υψηλή μελετητική και κατασκευαστική εμπειρία)



Λεπτομέρεια Α- Κάτοψη

Συνιστώμενη θέση τοιχωμάτων
Ενδεικτική διάταξη συνδέσμων

Συνίσταται:

- (α) Ο συνδυασμός της θεμελίωσης των νέων τοιχωμάτων με τις υφιστάμενες θεμελιώσεις
- (β) Η κατά το δυνατόν αύξηση της αξονικής δύναμης που θα αναλάβουν τα νέα τοιχώματα κατά τον σεισμό

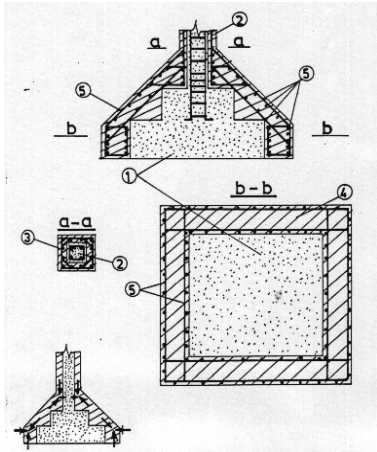
ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΚΤΥΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

- Ανεπάρκεια επιφάνειας έδρασης
- Ανεπαρκές ύψος

➔ Αύξηση διαστάσεων
Συνδυασμός με ενίσχυση κατακόρυφων μελών



$$\sum A_{sw} \geq \frac{P_n \tan \alpha}{f_{ywd}}$$

Ενδεικτική ενίσχυση πεδίων με την τεχνική των μανδουλών, όταν η επέμβαση περιλαμβάνει και ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου

ΑΣΚΗΣΗ

Επεμβάσεις με Στόχο την Αύξηση της Τοπικής Πλαστιμότητας

ΖΗΤΕΙΤΑΙ:

Να προσδιοριστεί η απαιτούμενη περίσφιγξη στο πλέον εύτρωτο πρωτεύον υποστύλωμα της κατασκευής που να ικανοποιεί την απαίτηση για συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς $q=3,0$.
(Για τον ορισμό του πλέον εύτρωτου δομικού στοιχείου βλ. ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 8.2.3(iii))

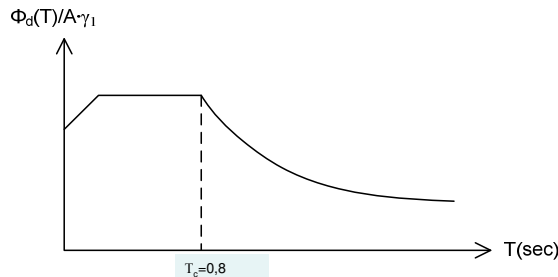
ΔΙΝΕΤΑΙ:

- Ορθογωνικό υποστύλωμα ύψους: $h_{καθ} = 3m$
- Διατομή: $dc = 500mm, bc = 350mm$
- Επικάλυψη σπλισμού: $c = 25mm$
- Σκυροδέματος με: $f_{ctm} = 17MPa$ και $f_{ck} = 14MPa$
- Ο χάλυβας αναγνωρίστηκε: **S400**
- Αξονική δύναμη: $N_d = -800 kN$
- Παράγοντας υπεραντοχής: $q_u = 1,2$

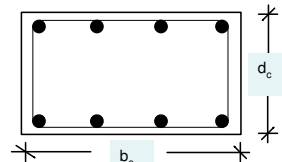
Για την επιλογή του παράγοντα υπεραντοχής q_u βλ. ΚΑΝ.ΕΠΕ. Κεφ.4, Παράρτημα 4.2 και EC8 § 5.2.2.2

Η ιδιοπερίοδος του κτιρίου να θεωρηθεί

$T = 0,33 sec$



Σχήμα 1: Φάσμα σχεδιασμού



Σχήμα 2: Διαστάσεις διατομής

ΛΥΣΗ

Έλεγχος ικανότητας επιβολής περίσφιγξης

Ο λόγος πλευρών του υποστυλώματος είναι : $d_c/b_c = 500/350 \approx 1,4 < 2$

Η τεχνική είναι ενδεχόμενη σε στοιχεία με κυκλική διατομή ή ορθογωνική διατομή σχετικά μικρών διαστάσεων, με λόγο πλευρών που δεν ξεπερνά το 2:1, ΚΑΝ.ΕΠΕ., § 8.2.3(α).

Ο απαιτούμενος δείκτης συμπεριφοράς λόγω πλαστιμότητας θα είναι

(ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 8.2.3.δ (i)) $q_n = q \cdot q_0 = 3,0 \cdot 1,2 = 2,5$.

Ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας μ_δ του δομήματος σε όρους μετακινήσεων, για $T = 0,33 sec < T_c = 0,8 sec$, είναι *(ΚΑΝ.ΕΠΕ. εξίσωση (8.17))*:

$$\mu_\delta = 1 + \frac{T_c}{T} (q_n - 1) = 1 + \frac{0,8}{0,33} (2,5 - 1) = 4,6$$

Για το πλέον εύτρωτο πρωτεύον στοιχείο της κατασκευής απαιτείται $\mu_{\delta i} = \mu_\delta = 4,6$

Η απαιτούμενη τιμή του δείκτη πλαστιμότητας σε όρους καμπυλοτήτων $\mu_{1/r}$ για την κρίσιμη διατομή του υποστυλώματος υπολογίζεται *(ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 8.2.3.δ (iv))*:

$$(\mu_{1/r} - 1) / (\mu_{\delta i} - 1) = 3 \Rightarrow \mu_{1/r} = 3\mu_{\delta i} - 2 = (3 \cdot 4,6) - 2 = 11,8$$

Η απαιτούμενη τιμή μέγιστης θλιπτικής παραμόρφωσης του σκυροδέματος είναι *(ΚΑΝ.ΕΠΕ. εξίσωση (8.11))*:

$$\epsilon_{cu,c} = 2,2 \cdot \mu_{1/r} \cdot \epsilon_{sy} \cdot v = 2,2 \cdot 11,8 \cdot \frac{400 \cdot 1,15}{200.000} \cdot 0,27 \approx 0,016$$

για ανηγμένη αξονική θλιπτική δύναμη υπολογιζόμενη με τη μέση τιμή της ονομαστικής αντοχής του σκυροδέματος ίση με:

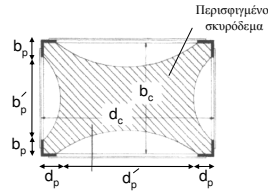
$$v = 800 / (0,5 \cdot 0,35 \cdot 17 \cdot 10^3) = 0,27 > 0,2$$

Οι τιμές ϵ_{sy} και v υπολογίζονται με βάση τις μέσες αντοχές χάλυβα και σκυροδέματος. Λαμβάνεται $f_{ym} = 1,15 f_{yk}$.

Εφαρμογή ενίσχυσης

- Χαλύβδινη περίσφιγξη (μεταλλικός κλωβός)

Η εφαρμογή του μεταλλικού κλωβού ακολουθεί τις διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. της §8.2.3, §6.2.2 και §6.2.2.



$$A_c = b_c \cdot d_c = 0,35 \cdot 0,5 = 0,175 \text{ m}^2 \quad (\text{ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 6.2.2})$$

Για το μεταλλικό κλωβό θα χρησιμοποιηθούν 4 γωνιακά L50x50x5mm που θα τοποθετηθούν σε όλο το ύψος του υποστρώματος και ελάσματα ανά αποστάσεις s όλα ποιότητας χάλυβα Fe360 ($f_y=235 \text{ N/mm}^2$)

Οπότε $b_p=d_p=50\text{mm}$:

$$\beta = \frac{2b_p}{b_c} = \frac{2 \cdot 50}{350} \cong 0,286$$

$$\gamma = \frac{2d_p}{d_c} = \frac{2 \cdot 50}{500} \cong 0,2 \quad (\text{ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 6.2.2})$$

$$\alpha_n = 1 - \frac{1}{3 \cdot 0,175} \left[0,35^2 (1 - 0,286)^2 + 0,5^2 (1 - 0,2)^2 \right] = \quad (\text{ΚΑΝ.ΕΠΕ. ε ξ ι σ ω σ η § 6.13})$$

$$= 1 - \frac{1}{0,525} (0,06245 + 0,16) \rightarrow \alpha_n \cong 0,576$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s = 0,576 \cdot 0,9 \rightarrow \alpha = 0,5184 \quad (\alpha_s \text{ από ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 6.2.2})$$

77

Υπολογίζεται το ω_{wd} :

$$\epsilon_{cu,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd} \Rightarrow \omega_{wd} = \frac{0,016 - 0,0035}{0,1 \cdot 0,5184} \cong 0,24 \quad (\text{ΚΑΝ.ΕΠΕ. ε ξ ι σ ω σ η (8.18)})$$

$$\omega_{wd} = 2\rho \min \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad (\text{ΕΚΩΣ 2000 § 18.4.4.2})$$

όπου

$$\rho_{\min} = \min(\rho_b, \rho_h) = \min\left(\frac{n_b A_{sw}^{ok}}{b \cdot s}, \frac{n_h A_{sw}^{ok}}{h \cdot s}\right) = \frac{A_{sw}^{ok}}{s} \min\left(\frac{n_b}{b}, \frac{n_h}{h}\right) = \min\left(\frac{2}{0,5}, \frac{2}{0,35}\right) = \frac{A_{sw}^{ok}}{s} \times 4 (\text{m}^{-1}) \rightarrow 2 \times \left(\frac{A_{sw}^{ok}}{s} \times 4\right) \frac{235,25}{14 \times 1,15} = 0,24$$

$$\text{Έτσι: } \frac{A_{sw}^{ok}}{s} = \frac{0,24 \cdot 14 \times 1,15}{2 \times 14 \cdot 235 \times 1,5} \cdot 10^3 \cong 1,37 \text{ mm}$$

Έστω ελάσματα πλάτους 25mm και πάχους 5mm

$$\text{Οι αποστάσεις προκύπτουν: } s = \frac{A_{sw}}{A_{sw}^{ok}/s} = \frac{25 \times 5}{1,37} = \frac{125}{1,37} \cong 91 \text{ mm} \leq 0,5 \cdot b_c = 0,5 \cdot 350 = 175 \text{ mm}$$

Από ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 8.2.3 στην περίπτωση του μεταλλικού κλωβού αρκεί η ικανοποίηση της σχέσης $s \leq 0,5b_c$

Επομένως επιλέγονται να τοποθετηθούν οριζόντια χαλύβδινα ελάσματα $b_w \times t_w = 25\text{mm} \times 5\text{mm}$ ανά 90 mm καθ' ύψος του υποστρώματος.

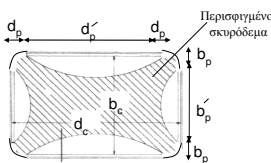
Προφανώς μπορούν να τοποθετηθούν και ελάσματα μεγαλύτερου πάχους π.χ. $25\text{mm} \times 7\text{mm}$ αφού τότε: $s = \frac{25 \times 7}{1,37} = \frac{175}{1,37} \cong 128 \text{ mm} \leq 0,5 \cdot b_c = 0,5 \cdot 350 = 175 \text{ mm}$

78

Τελικά τοποθετούνται ελάσματα 25mm x 7mm ανά 125mm

Περίσφιγξη με επικολλητά υφάσματα ΙΟΠ άνθρακα

Ακολουθούνται οι διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 8.2.3(α)(δ) και § 6.2.3



Γίνεται εξομάλυνση γωνιών σε μήκος $b_p = d_p = 50 \text{ mm}$
 $\alpha_n = 0,576$ όπως και προηγουμένως έχει προκύψει, όμως
 $\alpha_s = 1,0$ επειδή το υφάσμα είναι συνεχές
 $\epsilon_{cu,c} = 0,0035(f_{c,c} : f_c)^2$ (ΚΑΝ.ΕΠΕ. ε ξ ι σ ω σ η (8.19))
 Θα χρησιμοποιηθούν υφάσματα ινοπλισμένων πολυμερών με ίνες άνθρακα με $E_j=231 \text{ GPa}$, $f_u=3800 \text{ MPa}$

$$f_{c,c}^2 = \epsilon_{cu,c} \times f_c^2 / 0,0035 \rightarrow f_{c,c}^2 = 0,016 \times 14^2 / 0,0035 \approx 896 \rightarrow f_{c,c} = 29,9 \text{ MPa}$$

όπου

$$f_{c,c} = (1,125 + 1,25\alpha \cdot \omega_{wd}) f_c \rightarrow 1,25 \cdot 0,576 \cdot \omega_{wd} = \frac{29,9}{14} - 1,125 = 1,01 \rightarrow \omega_{wd} = 1,40 \quad (\text{ΚΑΝ.ΕΠΕ. ε ξ ι σ ω σ η (6.21)})$$

$$f_{jd} = \frac{f_u}{1,2} \quad (\text{Λαμβάνεται } \gamma_m=1,2)$$

οπότε:

Απαιτούμενο συνολικό πάχος υφάσματος (t_{ok}):

$$t_{ok} = \frac{A_{sw}^{ok}}{s} = \frac{\omega_{wd}}{2 \min\left(\frac{n_b}{b}, \frac{n_h}{h}\right) f_{jd}} = \frac{\omega_{wd}}{2 \min\left(\frac{2}{0,35}, \frac{2}{0,5}\right) f_{jd}} = \frac{1,40}{2 \times 4 \cdot 3800 \times 1,5} \times 10^3 \cong 0,516$$

79

Μπορούν να τεθούν 3 στρώσεις υφάσματος με πάχος ινών 0,17 mm.

Για την σχέση πάχους t_{ok} με το ω_w χρησιμοποιείται ο τύπος του ΕΚΩΣ 2000 (§ 18.4.4.2) όπου αντί του f_{yd} τίθεται η εφελκυστική αντοχή f_{jd} των ΙΟΠ εφόσον το πλήθος κ των στρώσεων ΙΟΠ είναι ≤ 3 . Διαφορετικά αν ήταν ≥ 4 θα ετίθετο: $f_{jd} = f_{jd} \psi$ όπου $\psi = \kappa^{-1/4}$ (βλ. § 6.2.3).

Έτσι εάν επιλεγεί υφάσμα με πάχος ινών 0,12mm θα απαιτούνταν πάνω από 3 στρώσεις, άρα: $t_{ok} = 0,516 / 7^{1/4} = 0,84 \text{ mm}$. Άρα το πλήθος των στρώσεων θα είναι 0,84/0,12=7 στρώσεις.

ΑΣΚΗΣΗ 2

ΖΗΤΕΙΤΑΙ:

Να προσδιοριστεί η απαιτούμενη περίσφιγξη του υποστρώματος της Άσκησης 1 με απαίτηση τοπικού δείκτη συμπεριφοράς $m=4,6$.

ΛΥΣΗ

Ισχύει: $m_{\text{απ.}} = \mu_{\delta, \text{απ.}}$ (ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 8.2.3(ε))

Επομένως $\mu_{\delta i} = 4,6$. Ισχύουν τα αποτελέσματα της Άσκησης 1

ΑΣΚΗΣΗ 3

ΖΗΤΕΙΤΑΙ:

Να προσδιοριστεί η απαιτούμενη περίσφιγξη του πλέον εύρωστου υποστρώματος περίσφιγξης της Άσκησης 1 με απαίτηση γωνίας στροφής στην αστοχία $\theta_i = \theta_{\text{απαιτ.}}$. Να θεωρηθεί ότι το κτίριο είναι πενταόροφο με ισούψεις ορόφους και ότι είναι πιθανός ο σχηματισμός πλαστικού μηχανισμού ορόφου στο ισόγειο.

ΛΥΣΗ

$$\theta_y = (t/r)_y \frac{L_s + a_y z}{3} + 0,0014 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{(t/r)_y d_b f_y}{8 \sqrt{f_c}} \quad (\text{Σχέση Σ.2 § 7.2.2 ΚΑΝ.ΕΠΕ.})$$

$$\text{Επομένως } \mu_{\theta, \text{απ.}} = \frac{\theta_{\text{απαιτ.}}}{\theta_y} \quad \text{Ισχύει } \mu_{\theta} = \frac{H_{\text{τοπ.}}}{H_{\text{τοπ}}} \mu_{\theta} = \frac{1}{5} \mu_{\theta} \quad (\text{Σχέση 8 § 7.2.6 ΚΑΝ.ΕΠΕ.})$$

Επομένως $\mu_{\delta, \text{απ.}} = (1/5) \mu_{\theta, \text{απ.}}$

Η Άσκηση επιλύεται όπως και η 1^η Άσκηση θέτοντας $\mu_{\delta} = \mu_{\delta, \text{απ.}}$ αντί $\mu_{\delta} = 4,6$.

80

Ανάρτηση

www.episkeves.civil.upatras.gr

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

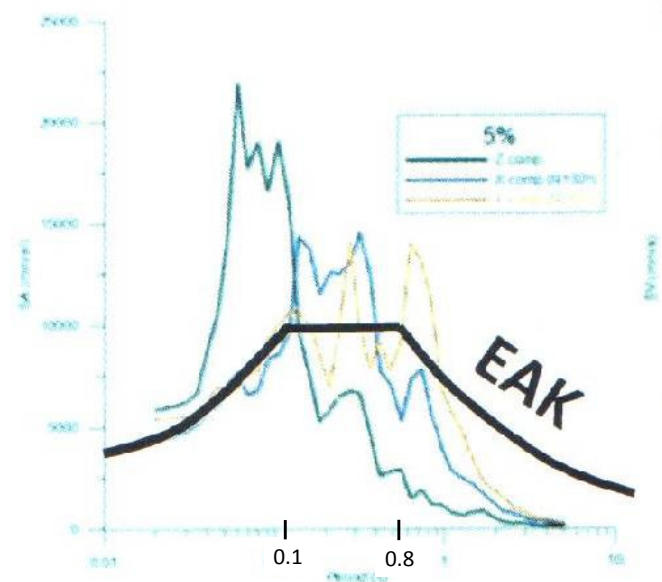
“Ο Σεισμός της Κεφαλονιάς”



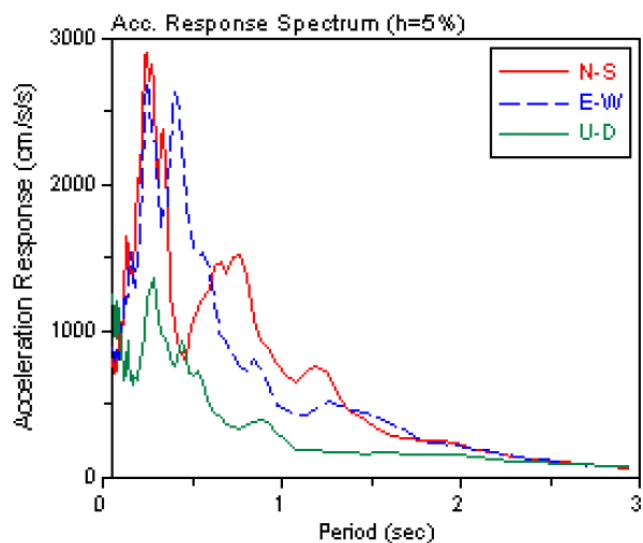
➤ καθ. Στέφανος Η. Δρίτσος
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Αθήνα, 13/04/2016

1



2



3

ΘΕΣΗ	ΣΕΙΣΜΟΣ 03 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2014			26/01/2014
	ΑΠΟΣΤΑΣΗ Km	ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ cm/sec ²	ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ cm/sec ²	ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ cm/sec ²
Αργοστόλι	17	264	232	383
Βασιλικιάδες	26	57	53	95
Ληξούρι	12	667	601	510
Χαβριάτα	11	678	751	

4

1^{ος} και 2^{ος} ΣΕΙΣΜΟΣ



EPPO-ITSAK, 2014. Report on the Mw:6.0 Cephalonia earthquake of 3rd Feb 2014. Earthquake Planning and Protection Organisation-Institute of Engineering Seismology and Earthquake Engineering. <http://www.slideshare.net/itsak-eppo/20140203-kefaloniaeq-report-en> (downloaded 10/03/14).

5

6



EPPO-ITSAK, 2014. Report on the Mw:6.0 Cephalonia earthquake of 3rd Feb 2014. Earthquake Planning and Protection Organisation-Institute of Engineering Seismology and Earthquake Engineering. <http://www.slideshare.net/itsak-eppo/20140203-kefaloniaeq-report-en> (downloaded 10/03/14).

7



EPPO-ITSAK, 2014. Report on the Mw:6.0 Cephalonia earthquake of 3rd Feb 2014. Earthquake Planning and Protection Organisation-Institute of Engineering Seismology and Earthquake Engineering. <http://www.slideshare.net/itsak-eppo/20140203-kefaloniaeq-report-en> (downloaded 10/03/14).

8



Photograph – S. E. Dritsos



EPPO-ITSAK, 2014. Report on the Mw:6.0 Cephalonia earthquake of 3rd Feb 2014. Earthquake Planning and Protection Organisation-Institute of Engineering Seismology and Earthquake Engineering.
<http://www.slideshare.net/itsak-epo/20140203-kefaloniaeq-report-en>
(downloaded 10/03/14).



EPPO-ITSAK, 2014. Report on the Mw:6.0 Cephalonia earthquake of 3rd Feb 2014. Earthquake Planning and Protection Organisation-Institute of Engineering Seismology and Earthquake Engineering.
<http://www.slideshare.net/itsak-epo/20140203-kefaloniaeq-report-en>
(downloaded 10/03/14).



Livieratos, S., 2014. 1 building 300 years and 3 earthquakes. 20th Students Conference "Repair and Strengthening of Structures 2014", University of Patras (in Greek).



IAS, 2014. Presentation of 2014 Kefalonia earthquakes damage assessment and statistics. Department of Earthquake Recovery, Argostoli, 6th March, 2014



IAS, 2014. Presentation of 2014 Kefalonia earthquakes damage assessment and statistics. Department of Earthquake Recovery, Argostoli, 6th March, 2014





17



18



19



20



21



23



24



25



26



27



28





33



34



35



36



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

ΦΕΚ 350/17- 02 - 2016



➤ **καθ. Στέφανος Η. Δρίτσος**

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Αθήνα, 13/04/2016

1

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΣΕ ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ (ΠΡΟΣΘΗΚΕΣ – ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ – ΑΛΛΑΓΕΣ ΧΡΗΣΗΣ) ΣΕ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΚΤΙΡΙΑ (Ανεξαρτήτως Υλικού Κατασκευής)

ΦΕΚ 350/17- 02 - 2016

ΠΡΟΤΑΣΗ ΟΑΣΠ:

Ομάδα Μελέτης

Αναγνωστόπουλος Σταύρος (συντονιστής),

Δρίτσος Στέφανος (συντονιστής),

Ζυγούρης Νικόλαος,

Κόλιας Βασίλειος,

Κωστίκας Χρήστος,

Φαρδής Μιχάλης,

Χρονόπουλος Μιλτιάδης.

2

■ ΙΣΧΥΟΝΤΕΣ ΣΗΜΕΡΑ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

ΟΜΑΔΑ Α Σχεδιασμός νέων κτιρίων	ΕΑΚ2000, ΕΚΩΣ 2000, EN1990, EN1991, EN1992-1-1, EN1993- 1-1, EN1994-1-1, EN1995-1-1, EN1996-1- 1, EN1997-1, EN1998-1
ΟΜΑΔΑ Β Αποτίμηση και ανασχεδιασμός	ΚΑΝ.ΕΠΕ., ΕΚ8-3 (EN 1998-3)

3

■ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΕΝΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ (Για Αποτίμηση ή Επεμβάσεις)

Για το υπάρχον

➔ **Ικανοποίηση απαιτήσεων ΚΑΝ.ΕΠΕ. ή ΕΚ8-3**

Αν γίνεται προσθήκη:

Το τμήμα της προσθήκης θα σχεδιάζεται και θα ελέγχεται:

(α) Για χωρίς σεισμό, σύμφωνα με τους Κανονισμούς Ομάδας Α

(β) Υπό σεισμικές δράσεις γίνεται μία αρχική προεκτίμηση κατ' εφαρμογή του ισχύοντος Κανονισμού της ομάδας Α με σεισμό σχεδιασμού ένα κατ' εκτίμηση κλάσμα του σεισμού σχεδιασμού των νέων κτιρίων και ακολουθεί έλεγχος σύμφωνα με τους Κανονισμούς της Ομάδας Β. Δηλ. τελικός έλεγχος μαζί με την προσθήκη κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. ή ΕΚ8-3

4

**ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΑΠΑΛΛΑΓΗΣ από έλεγχο γενικού κριτηρίου
στις ειδικές περιπτώσεις επεμβάσεων**

ΠΡΟΣΘΗΚΕΣ ή ΑΛΛΑΓΕΣ ΧΡΗΣΗΣ – ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ή συνδυασμό τους

Προϋποθέσεις για Προσθήκες

- Η στατική μελέτη του υπάρχοντος έχει γίνει με “πλήρη πρόβλεψη της προσθήκης”, δηλ. όλοι οι όροφοι της προσθήκης έχουν συμπεριληφθεί στο στατικό προσομοίωμα της μελέτης του υπάρχοντος
- Το κτίριο δεν εμφανίζει “ενδείξεις σημαντικής στατικής ανεπάρκειας”

5

Ενδείξεις σημαντικής στατικής ανεπάρκειας=

Εμφανείς βλάβες του φέροντος οργανισμού ή εμφανείς σοβαρές αδυναμίες σχεδιασμού

Συνήθειες

- Μεγάλου εύρους ρωγμές >0,4~0,5 mm
- Σημαντική μείωση του οπλισμού λόγω διάβρωσης
- Κοντά υποστυλώματα χωρίς περίσφιγξη σε κρίσιμες θέσεις
- Σημαντική μείωση τοιχοπληρώσεων σε γειτονικούς ορόφους (π.χ. Πυλωτή) ή πολύ ασύμμετρη διάταξη τους σε συνδυασμό με έλλειψη κατακορύφων στοιχείων με σημαντική δυσκαμψία (κίνδυνος σχηματισμού μαλακού ορόφου)

6

Κατηγορίες Κτιρίων

Κατηγορία 1	Κτίρια που έχουν μελετηθεί με βάση τους Κανονισμούς της Ομάδας Α, έτσι όπως ισχύουν σήμερα
Κατηγορία 2	Κτίρια που έχουν μελετηθεί με βάση ΝΕΑΚ/ΝΕΚΩΣ (1992), ΕΑΚ/ΕΚΩΣ (2000) EN1998-1, EN1992-1-1, EN1993-1-1, EN1994-1-1, EN1995, EN1996
Κατηγορία 3	Κτίρια που έχουν μελετηθεί με τις “Πρόσθετες Διατάξεις του 1984”, από Οπλισμένο Σκυρόδεμα και κατηγορίας σπουδαιότητας Ι ή ΙΙ.
Κατηγορία 4	Οποιοδήποτε κτίριο

7

ΑΛΛΑΓΕΣ ΧΡΗΣΗΣ - ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

Δεν απαιτείται έλεγχος αν δεν προκαλούν από μόνες τους δυσμενείς συνέπειες (π.χ. Δεν είναι δυσμενής επίδραση αν έχει αλλάξει η σεισμική ζώνη)

ΠΙΘΑΝΕΣ ΔΥΣΜΕΝΕΙΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ

Δυσμένεια Δ1	Αύξηση κατακόρυφων φορτίων
Δυσμένειες Δ2	Αύξηση μαζών και επομένως σεισμικών φορτίων
Δυσμένεια Δ3	Αλλαγή στατικού συστήματος που φέρει οριζόντια φορτία
Δυσμένεια Δ4	Δυσμενέστερη σεισμική απόκριση λόγω επιδείνωσης της μη-κανονικότητας λόγω αλλαγής τοιχοπληρώσεων
Δυσμένεια Δ5	Αύξηση του συντελεστή σπουδαιότητας

8

Δυσμένεια Δ1: Αύξηση κατακόρυφων φορτίων

Όποιο φέρον στοιχείο επηρεάζεται, ελέγχεται με κανονισμό της ομάδας A και τυχόν ανεπάρκειες αποκαθίστανται

Δυσμένειες Δ2 ή/και Δ5: Αύξηση σεισμικής δράσης σχεδιασμού με ή χωρίς αύξηση του συντελεστή σπουδαιότητας

Απαλλαγή εφόσον $\rho_v \leq \rho_\alpha$ όπου: $\rho_v \leq \frac{V_{\text{μετά}}}{V_{\text{πριν}}}$

$V_{\text{πριν}}, V_{\text{μετά}}$ οι τέμνουσες βάσης μετά και πριν την μετατροπή

- Για κτήρια κατηγορίας 1 και 2 $\rho_\alpha = \rho_{\max}$ (βλ. Π1ν.)
- Για κτήρια κατηγορίας 3 $\rho_\alpha = 1,25$
- Για κτήρια κατηγορίας 4, Δηλ: οποιαδήποτε κτίριο αλλά χωρίς ενδείξεις σημαντικής στατικής ανεπάρκειας $\rho_\alpha = 1,05$

9

ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ – ΑΛΛΑΓΕΣ ΧΡΗΣΗΣ

$$\text{Συνθήκη: } \rho_v \leq \frac{V_{\text{μετά}}}{V_{\text{πριν}}} \leq \rho_{\max}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ ρ_{\max}

Κατηγορία Κτιρίων	Κατηγορία Σπουδαιότητας			
	I	II	III	IV
1	1,6	1,35	1,0	1,0
2	1,6	1,35	1,0	1,0
3	1,25	1,25	-	-
4 χωρίς ενδείξεις σ.σ. ανεπάρκειας	1,05			

10

Δυσμένεια Δ3: Αλλαγή Στατικού Συστήματος

Δεν υπάρχει απαλλαγή

Εφαρμόζεται το κριτήριο Γενικής Ισχύος: Δηλ. ΚΑΝ.ΕΠΕ. ή ΕΚ8-3

Δυσμένειες Δ4: Επιδείνωση μη Κανονικότητας λόγω Αλλαγής Τοιχοπληρώσεων

Δεν υπάρχει απαλλαγή

Εφαρμόζεται το κριτήριο Γενικής Ισχύος: Δηλ. ΚΑΝ.ΕΠΕ. ή ΕΚ8-3

Έλεγχος επιδείνωσης μη κανονικότητας: Σύμφωνα με ΚΑΝ.ΕΠΕ. ή ΕΚ8-1

π.χ. όπως ο έλεγχος δυσμενούς επιρροής τοιχοπληρώσεων κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 5.9.2

Δηλ. $\delta_{\text{μετά}}^{\text{ορ.}} \leq 1,15 \delta_{\text{πριν}}^{\text{ορ.}}$ σε κάθε όροφο και

$V_{\text{μετά}} \leq 1,15 V_{\text{πριν}}$ σε κάθε πρωτεύον κατακόρυφο στοιχείο

11

ΠΡΟΣΘΗΚΕΣ**Κατηγορία 1**

Απαλλάσσονται χωρίς προϋποθέσεις

Κατηγορία 2

Απαλλάσσονται εφόσον $\rho \leq \rho_\alpha$ όπου: $\rho = \frac{\alpha_{g,n}}{\gamma_1 \alpha_{g,e}}$

$\alpha_{g,n}$ = η τιμή της εδαφικής επιτάχυνσης σχεδιασμού (σήμερα) με $\gamma_1 = 1,0$ αλλά βάση των ΕΚ-8 να ληφθεί τιμή $S = 1,0$ για εδάφη Β ή C

$\gamma_1 \alpha_{g,e}$ = η τελική τιμή της εδαφικής επιτάχυνσης σχεδιασμού που έχει ληφθεί στη μελέτη

Κατηγορία σπουδαιότητας	I	II	III	IV
ρ_α	1,60	1,35	1,00	1,00

Αν δεν ικανοποιείται μπορεί να περιοριστεί ο αριθμός των ορόφων της προσθήκης και να ικανοποιείται η σχέση: $\rho_v \leq \rho_\alpha$ όπου $\rho_v = V_n / V_e$

V_n, V_e οι τέμνουσες στη βάση του κτιρίου για τιμές εδαφικών επιταχύνσεων $\alpha_{g,n}$ και $\gamma_1 \alpha_{g,e}$ αντίστοιχα

12

ΠΡΟΣΘΗΚΕΣ**Κατηγορία 3**

Απαλλάσσονται εφόσον $\rho_v \leq 1,25$ **όπου:** $\rho_v = V_n / V_{e,u}$

V_n , η τέμνουσα στη βάση του κτιρίου μετά την προσθήκη υπολογιζόμενη για εδαφική επιτάχυνση $\alpha_{g,n}$ σύμφωνα με τον ισχύοντα σήμερα κανονισμό της ομάδας Α και τιμή $q=2.3$

$V_{e,u} = 1.75 V_e$, όπου V_e η τέμνουσα στη βάση του κτιρίου (για συνολική επιτάχυνση $\gamma_{g,e}$) όπως έχει υπολογιστεί κατά την μελέτη του υπάρχοντος (με τις τότε ισχύουσες σεισμικές και μη σεισμικές δράσεις)

Κατηγορία Κτιρίων	Κατηγορία Σπουδαιότητας			
	I	II	III	IV
1	1,6	1,35	1,0	1,0
2	1,6	1,35	1,0	1,0
3	1,25	1,25	-	-

13

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ

Εφόσον έχει τεκμηριωθεί η απαλλαγή του υφισταμένου από τον έλεγχο γενικού κριτηρίου

Κατηγορία 1 και 2

- Σύμφωνα με τον ίδιο Κανονισμό που έχει μελετηθεί το υφιστάμενο

Κατηγορία 3

- Στατικό σύστημα της πρόβλεψης
- Σεισμός όπως για V_n
- Έλεγχος/όπλιση σύμφωνα με Κανονισμούς Ομάδας Α

14

ΠΡΟΣΘΗΚΕΣ και συγχρόνως ΑΛΛΑΓΕΣ ΧΡΗΣΗΣ - ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

1) Ελέγχονται αν ικανοποιούνται οι συνθήκες απαλλαγής για δυσμένειες Δ1, Δ3, Δ5

2) $\rho_v \leq \rho_{max}$ όπου $\rho_v \leq \frac{V_{μετά}}{V_{πριν}}$

και ρ_{max} Σύμφωνα με τον Πίνακα για κτίρια κατηγ. 1, 2 και 3 (όχι για 4)

$V_{μετά}$ τέμνουσα βάσης στο κτίριο μετά την μετατροπή και την προσθήκη υπολογιζόμενη για εδαφική επιτάχυνση $\alpha_{g,n}$

Για κτίρια κατηγορίας 1 ή 2 ή 3

$V_{πριν}$ τέμνουσα βάσης στο κτίριο με την προσθήκη (αλλά όχι με την μετατροπή) υπολογιζόμενη για εδαφική επιτάχυνση $\gamma_{g,e}$, όπως δηλαδή στην περίπτωση που υπάρχει μόνο προσθήκη

$V_{πριν} = V_e$ για κατηγορίες κτιρίων 1 και 2 ή $V_{e,u}$ για κατηγορίες κτιρίων 3

15