

## ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ EN 1993-3, ΚΑΝ.ΕΠΕ ΚΑΙ ΚΑΔΕΤ



καθ. Στέφανος Η. Δρίτσος  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστημίου Πατρών

Αθήνα, 26/04/2017

1

## ΦΕΚ 1457/2014

Ο κύριος του έργου οφείλει να επιλέγει το πλαίσιο των κανονιστικών κειμένων του σχεδιασμού και της μελέτης της φέρουσας κατασκευής του έργου, μεταξύ των ακολούθων δύο περιπτώσεων:

α') Των προϋπαρχόντων κανονιστικών κειμένων δόμησης του Παραρτήματος 3 της παρούσας.

β') Των Ευρωκωδίκων σε συνδυασμό με τα Εθνικά τους Προσαρτήματα, που περιλαμβάνονται στα Παραρτήματα 1 και 2 της παρούσας.

## 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

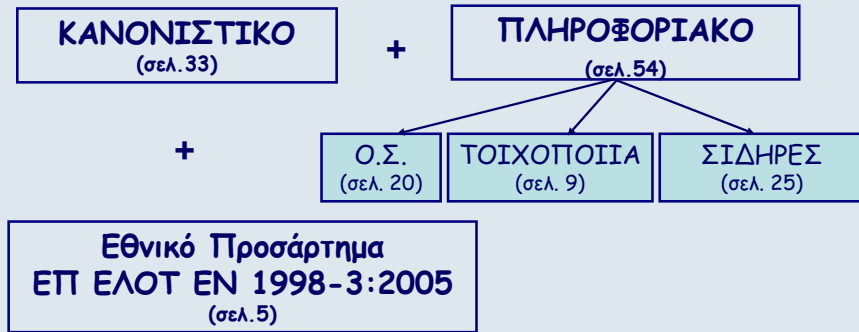
## EN 1998 Ευρωκώδικας 8:

### 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

**ΕΚ8-Μέρος 3**

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



**Ο.Α.Σ.Π.**

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΤΑΞΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΙΣΘΕΡΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ  
ΟΜΑΔΑ ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗΣ ΤΟΥ ΚΑΝ.ΕΠΕ. ΜΕ ΤΟΥΣ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΕΣ

ΦΕΚ 2187/Β/05-09-2013 (Ιούλιος 2013)

**ΚΑΝ.ΕΠΕ.  
ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ**

ΕΤΕΠ  
ΦΕΚ 2221Β/30-7-2012

**Σ. Η. ΔΡΙΤΣΟΣ**  
EN 1998-3

EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE  
EUROPÄISCHE NORM

ICS 91.120.25

English version

Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance -  
Part 3. Assessment and retrofitting of buildings

Eurocode 8: Calcul des structures pour leur résistance aux  
sismes - Partie 3: Evaluation et renforcement des  
bâtiements

Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben -  
Teil 3: Beurteilung und Erleichterung von Gebäuden

Supersedes EN 1998-1-4:1996  
Incorporating corrigendum March 2010

This European Standard was approved by CEN on 15 March 2005.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration (to include title and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CEN member).

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the Central Secretariat has the same status as the official versions.

Members of the national standards bodies of Austria, Belgium, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

**IOK** ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

**ΠΡΟΣΩΠΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ (ΠΕΤΕΠ)**

Εργασίες Αποκατάστασης Σημίων Κατασκευών από τον Σεισμό και λοιπούς Βλαπτικούς Παράγοντες

**cen**  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION  
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1059 Brussels

© CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members. Ref. No. EN 1998-3:2005: E

ΕΛΟΤ EN 1998-3:2005/NA

**Εθνικό Προσάρτημα στο  
ΕΛΟΤ EN 1998-3:2005  
«Ευρωκώδικας 8: Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών  
- Μέρος 3: Αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας κτιρίων και  
επεμβάσεις»**

**1 Αντικείμενο**

Το παρόν Εθνικό Προσάρτημα καθορίζει τις εθνικά προσδιοριζόμενες παραμέτρους που θα χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα σε εκείνες τις διατάξεις του Ευρωκώδικα EN 1998-3:2005 για τις οποίες επιτρέπεται η επιλογή των παραμέτρων αυτών. Καθορίζει επίσης και το κανονιστικό καθεστώς των Παραρτημάτων του ΕΛΟΤ EN 1998-3:2005. Τέλος καθορίζει, στο Κεφάλαιο 4, συμπληρωματικές μη αντικρουόμενες διατάξεις που ισχύουν συμπληρωματικά προς τις διατάξεις του EN 1998-1:2004. Οι διατάξεις αυτές περιέχονται στο πρότυπο ΣΕΠ ΕΛΟΤ 1442<sup>1</sup>: «ΚΑΝ.ΕΠΕ: Κανονισμός Επεμβάσεων», που αναφέρεται παρακάτω ως ΚΑΝ.ΕΠΕ.

**ΕΚ8-Μέρος 3**

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



Αποτίμηση και Ανασχεδιασμός Υφισταμένων Κτιρίων**➔** Θέμα Δυσκολότερο από τον Σχεδιασμό Νέων Κτιρίων

- Γνώσεις λίγες και όχι επαρκώς τεκμηριωμένες
- Νέες έννοιες - Νέοι κανονισμοί
- Μόρφωση του φορέα πιθανόν अपαράδεκτη, αλλά υπαρκτή
- Αβέβαιες εκτιμήσεις βασικών δεδομένων στην αρχική φάση τεκμηρίωσης
- Χαμηλή ποιότητα υλικών, φθορές ή βλάβες, κρυμμένες ατέλειες

9

Ανασχεδιασμός Υφιστάμενης Κατασκευής  
Έναντι Σχεδιασμού Νέας

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

- Διαφορετική η διαδικασία προσέγγισης
- Άλλα πράγματα χρειάζονται

10

Ανασχεδιασμός  
Διαδικασία1° Στάδιο:

Τεκμηρίωση υφιστάμενης κατάστασης- Αξιοπιστία Δεδομένων

2° Στάδιο:

Αποτίμηση επάρκειας κατασκευής

3° Στάδιο:

Λήψη απόφασης επέμβασης - Επιλογή λύσης αποκατάστασης ή ενίσχυσης

4° Στάδιο:

Αρχικός σχεδιασμός της λύσης επέμβασης

5ο Στάδιο:

Κατασκευή του Έργου 

11

Τεκμηρίωση υφιστάμενου φορέα

- ✓ Γεωμετρία Φέροντος οργανισμού + τοιχοπληρώσεις
- ✓ Λεπτομέρειες Οπλισμοί (ποσότητα θέσεις λεπτομέρειες), συνδέσεις μεταλλικών στοιχείων, συνδέσεις τοίχων, συνδέσεις πατωμάτων με τοίχους
- ✓ Υλικά Μηχανικά χαρακτηριστικά
- ✓ Φορτία

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

12

## 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

13

## EK8-3

### Συντελεστές αξιοπιστίας CF (Confidence factors)

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

14

## Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων (ΣΑΔ) ΚΑΝ.ΕΠΕ.

### Υλικά:

Οι τιμές αντοχής των υλικών προσδιορίζονται αλλά δεν απαιτείται να εντάσσονται σε τυπικές κατηγορίες π.χ. C16, C20, ..., S400

### 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 από 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/όροφος: 45% κατ.στοιχ./25% ορ. στοιχ.
  - Ικανοποιητική ΣΑΔ/όροφος: 30% κατ.στοιχ./15% ορ. στοιχ.
  - Ανεκτή ΣΑΔ/όροφος: 15% κατ.στοιχ./7,5% ορ. στοιχ.

### Χάλυβας

Επιτρέπεται μακροσκοπική αναγνώριση και κατάταξη, οπότε η ΣΑΔ θεωρείται ικανοποιητική

15

## ΚΑΝ.ΕΠΕ.

### 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)

**ΕΙΣΗΓΗΣΗ ΓΙΑ ΑΠΟΦΑΣΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΑΡΧΗΣ**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.1 (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017)**

**«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 Ολπτικής Αντοχής Σκυροδέματος.

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	«Ονομαστική» Μέση Τιμή $f_{cm}$ (MPa)	«Χαρακτηριστική Τιμή» $f_{ck}$ (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

**ΕΙΣΗΓΗΣΗ ΓΙΑ ΑΠΟΦΑΣΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΑΡΧΗΣ**

**(ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017)**

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 ασβεστοταμενοκονιάματα, 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 πρακτικώς μόνο από το ίδιο βάρος των τοιχοπλήρωσεων ( $\sigma_s \cong 0$ ).

**Πίνακας 3.** «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές Τιμές Αντοχής Τοιχοπλήρωσεων.

Αντοχή	Τοιχοπλήρωση	Ποιότητα Δόμησης και Σφίνωσης		
		Καλή	Μέση	Κακή
Λοξή Θλίψη $f_{ce,t}$ (MPa)	Μπατικός	2.00	1.50	1.00
	Δρομικός	1.50	1.00	0.75
Διαγώνια Ρηγμάτωση $f_{ct}$ (MPa)	Μπατικός	0.25	0.20	0.15
	Δρομικός	0.20	0.15	0.10

**ΚΑΝ.ΕΠΕ.**

**Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων**

■ Προέλευση Δεδομένου:

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

**ΚΑΝ.ΕΠΕ.**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2: ΣΤΑΘΜΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

ΣΧΕΔΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΟΥ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ								
			ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ Η ΑΝΩΔΟΜΗΣ			ΠΑΧΗ, ΒΑΡΗ Κ.Λ.Π. ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΙΣΤΡΟΣΕΩΝ, ΕΠΙΕΝΔΥΣΕΩΝ Κ.Λ.Π.			ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΗΣ		
			Υψηλή	Μεσαία	Ανεκτή	Υψηλή	Μεσαία	Ανεκτή	Υψηλή	Μεσαία	Ανεκτή
✓	1	(1)			✓			✓			✓
✓	2	(2)			✓			✓			✓
✓	3	(3)	✓					✓			
	4	(4)		✓			✓				✓
	5	(5)	✓	✓		✓	✓		✓	✓	
	6	(6)	✓	✓		✓	✓		✓	✓	

## 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 κτίρια.

### ➔ **Ανάγκη προχωρημένων μεθόδων ανάλυσης**

Αλλά και αν τύχει να πληρούνται, ποιές οι τιμές που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση για κρίσιμες παραμέτρους της αναμενόμενης σεισμικής συμπεριφοράς π.χ. του συντελεστή συμπεριφοράς  $q$ ;

21

## ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ $q$

ΚΑΝ.ΕΠΕ. Πίνακας Σ 4.4.: Τιμές του δείκτη συμπεριφοράς  $q$  για την στάθμη επιτελεστικότητας Β («Σημαντικές Βλάβες»)

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί μελέτης (και κατασκευής)	Ευμενής παρουσία ή απουσία τοιχοπληρώσεων (1)	Δυσμενής (γενικώς) παρουσία τοιχοπληρώσεων (1)
1995 < ...	3,00	2,30
1985 < ... < 1995 (2)	2,30	1,70
... < 1985	1,70	1,30

(1) Περί του ρόλου και της επιρροής των τοιχοπληρώσεων βλ. § 5.9 και § 7.4.

(2) Για κτίρια αυτής της περιόδου, οι τιμές του Πίνακα ισχύουν με την προϋπόθεση πως ο έλεγχος αποφυγής σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων στα άκρα των υποστρωμάτων γίνεται κατά την § 9.3.3 (ικανοποίηση της συνθήκης  $\Sigma M_{Re} \geq 1,3 \Sigma M_{Rb}$ ).

▪ Για στάθμη επιτελεστικότητας Γ οι τιμές πολζονται με 1,4

▪ 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;  $q_{loc} = m$

22

## 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

## Επίπεδα Βλάβης

Στάθμες Επιτελεστικότητας ή Οριακές Καταστάσεις (LS)

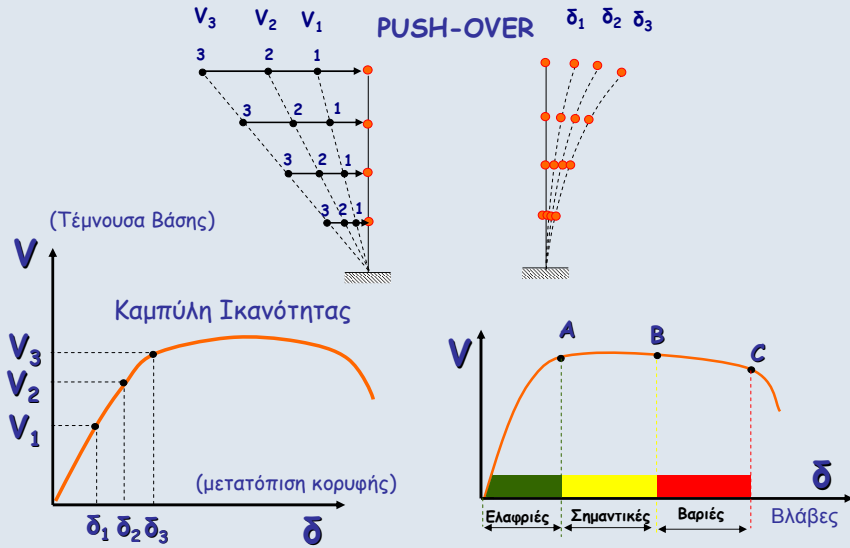
LS of Damage Limitation (DL) ➔ ΚΑΝ.ΕΠΕ και ΚΑΔΕΤ **Στάθμη Α** «Περιορισμένες Βλάβες» (Άμεση Χρήση), Μηδαμίνες βλάβες, τα στοιχεία δεν έχουν ουσιαστικά ξεπεράσει την διαρροή τους

LS of Significant Damage (SD) ➔ ΚΑΝ.ΕΠΕ και ΚΑΔΕΤ **Στάθμη Β** «Σημαντικές Βλάβες» (Ασφάλεια Ζωής), κτίριο με αποδεκτές σοβαρές βλάβες όπως ο σχεδιασμός νέων κτιρίων

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

**Στάθμες Επιτελεστικότητας - Οριακές Καταστάσεις**

Στατική Οριζόντια Φόρτιση Βαθμιαία Αυξανόμενη "μέχρι τέρμα"



25

Για ποιά Οριακή Κατάσταση (Στάθμη Επιτελεστικότητας) θα γίνει η Αποτίμηση ή ο Ανασχεδιασμός:

Για ποιά Σεισμό Σχεδιασμού:

EC8 → Εθνικό προσάρτημα (πρέπει να ορίσει)

Πιθανότητα Υπέρβασης σεισμικής δράσης σε 50 χρόνια	Στάθμη Α	Στάθμη Β	Στάθμη Γ
2%	A <sub>2%</sub>	B <sub>2%</sub>	Γ <sub>2%</sub>
10%	A <sub>10%</sub>	B <sub>10%</sub>	Γ <sub>10%</sub>
30%	A <sub>30%</sub>	B <sub>30%</sub>	Γ <sub>30%</sub>
50%	A <sub>50%</sub>	B <sub>50%</sub>	Γ <sub>50%</sub>
70%	A <sub>70%</sub>	B <sub>70%</sub>	Γ <sub>70%</sub>

Καινούρια Κτίρια

EC8 → Ο κύριος του έργου επιλέγει ύστερα από εισήγηση και συμφωνία με τον μελετητή  
 ΚΑΝ.ΕΠΕ. ΚΑΔΕΤ → Η Δημόσια Αρχή μπορεί να ορίσει ελάχιστο στόχο κατά περίπτωση  
 Ο κύριος του έργου επιλέγει

**Στόχοι Επιτελεστικότητας κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. & ΚΑΔΕΤ (Ζεύγος στάθμης επιτελεστικότητας 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;

27

**Ελάχιστοι Ανεκτοί Στόχοι (κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017?)**

Πιθανότητα Υπέρβασης Σεισμικής Δράσης εντός του Συμβατικού Χρόνου Ζωής των 50 ετών	ΣΤΑΘΜΗ Α Περιορισμένες Βλάβες (Άμεση Χρήση)	ΣΤΑΘΜΗ Β Σοβαρές Βλάβες (Ασφάλεια Ζωής)	ΣΤΑΘΜΗ Γ 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
- Σπουδαιότητα IV

28

## 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
Παλιές κατασκευές	300	150	450

Στις παλαιές κατασκευές ο ρόλος τους σημαντικός

Αν αγνοηθούν στην αποτίμηση των παλαιών κατασκευών →

Ανάγκη σοβαρών ενισχύσεων (συχνά ανέφικτων)

29

## ΕΥΜΕΝΗ - ΔΥΣΜΕΝΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ

(§ 5.9.2)

Δεν θεωρείται δυσμένεια όταν

$$\max \Delta V_{\kappa.στοιχείων} \leq 15\%$$

$$\kappa\alpha\iota \Delta \delta_{op.} \leq 15\%$$

Επίσης όταν  $V_{\text{τοιχ.}} \geq 1/2 V_{\text{ολ.}}$  σε κάθε διεύθυνση

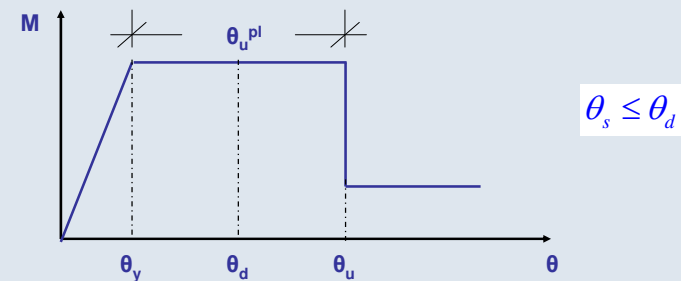
30

## 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

31

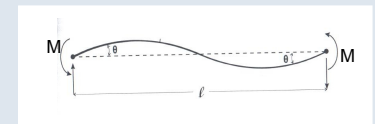
## Πως γίνεται ο έλεγχος των παραμορφώσεων;



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

$$m = \frac{\theta_d}{\theta_y}$$

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



$$\theta = \frac{M \ell}{6EI} = \frac{ML_s}{3EI}$$

32



**ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΛΩΝ**

Ικανότητα στροφής χορδής κατά τη διαρροή:

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

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

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:

– Στάθμη Α: (Περιορισμένες Βλάβες)  $\theta_d = \theta_y$

– Στάθμη Β (Σοβαρές Βλάβες):

Πρωτεύοντα:  $\theta_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \frac{\theta_y + \theta_u}{2}$  Δευτερεύοντα ή Τοιχοπληρώσεις:  $\theta_d = \frac{\theta_u}{\gamma_{Rd}}$

( $\theta_d = \frac{3}{4} \theta_u$  κατά ΕΚ8-3) Όπου:  $\gamma_{Rd} = 1,5$  για πρωτεύοντα ή δευτερεύοντα  
 $\gamma_{Rd} = 1,3$  για τοιχοπληρώσεις

– Στάθμη Γ (Οιονεί Κατάρρευση)

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

34

Εφαρμόζεται ο ΕΚ8-3 ή ο ΚΑΝ.ΕΠΕ.  
σε κάθε περίπτωση επέμβασης;

ΦΕΚ 350/17- 02 - 2016

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΣΕ ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

(Ανεξαρτήτως Υλικού Κατασκευής)

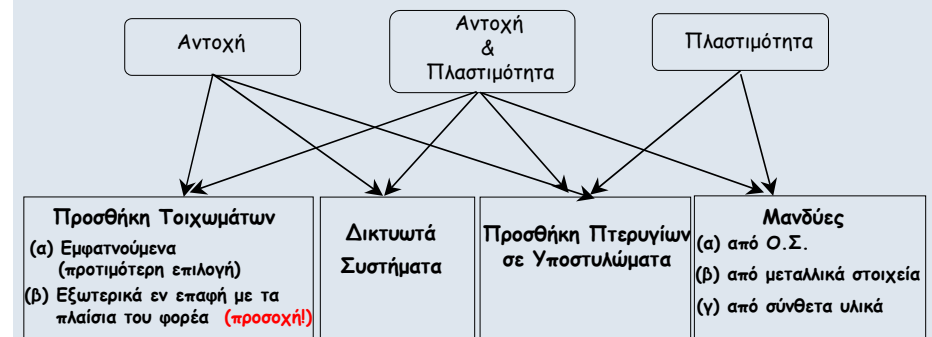
➔ ΚΑΤΑΡΓΗΣΗ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Ε ΤΟΥ ΕΑΚ

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΑΠΑΛΛΑΓΗΣ από έλεγχο γενικού κριτηρίου

(ΚΑΝ.ΕΠΕ. ή ΕΚ8-3)

στις ειδικές περιπτώσεις επεμβάσεων  
για

ΠΡΟΣΘΗΚΕΣ ή ΑΛΛΑΓΕΣ ΧΡΗΣΗΣ – ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ή συνδυασμός τους

**ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

Αντοχή & Δυσκαμψία

36

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ	Σκυρόδεμα	Χάλυβας	Σύνθετα
<b>Γενικές Απαιτήσεις</b>			
▪ Έλεγχος διεπιφανειών	■	■	■
<b>Επεμβάσεις σε Κρίσιμες Περιοχές Ραβδόμορφων Δομικών Στοιχείων</b>			
▪ 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 πλαστιμότητας	■	■	■
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της δυσκαμψίας	■	■	■
<b>Επεμβάσεις σε Κόμβους Πλαισίων</b>			
▪ Ανεπάρκεια λόγω διαγώνιας θλίψης κόμβου	■	■	■
▪ Ανεπάρκεια σπλισμού κόμβου	■	■	■
<b>Επεμβάσεις σε Τοιχώματα</b>			
▪ 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 πλαστιμότητας	■	■	■
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της δυσκαμψίας	■	■	■
<b>Εμφάνιση Πλαισίων</b>			
▪ Προσθήκη απλού "γεμίματος"	■	■	■
▪ Τοιχοματοποίηση πλαισίων	■	■	■
▪ Ενίσχυση υφιστάμενων τοίχων πληρώσεως	■	■	■
▪ Προσθήκη ράβδων δικτύωσης, μετατροπή πλαισίων σε κατακόρυφα δικτυώματα	■	■	■
<b>Προσθήκη Νέων Παράπλευρων Τοιχωμάτων και Δικτυωμάτων</b>			
▪ Σύνδεσμοι	■	■	■
▪ Θεμελίωση νέων τοιχωμάτων	■	■	■
▪ Διαφράγματα	■	■	■
<b>Επεμβάσεις σε Στοιχεία Θεμελίωσης</b>	■	■	■



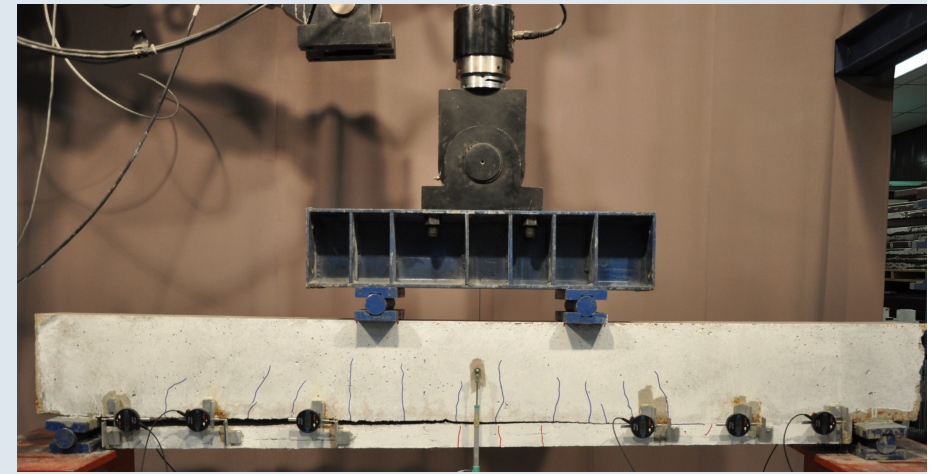
**Βλάβες σε Δοκίμιο με Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα και Βλήτρα**



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



41



Απώλεια Σύνδεσης στη Διεπιφάνεια

42

## Έλεγχος Συνεργασίας στη Διεπιφάνεια

### Ανίσωση Ασφαλείας

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

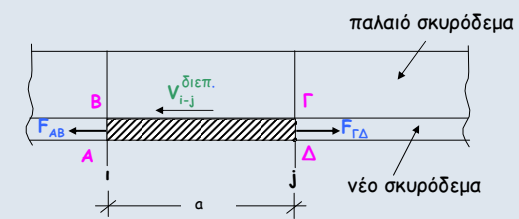
Αντίσταση Διεπιφάνειας  
(σε θλίψη, σε εφελκυσμό, διατμητική)  
(βλ. Κεφ.6)

Εντατικά Μεγέθη  
που δρουν στη διεπιφάνεια

- Ελάχιστα και Μέγιστα

43

## Έλεγχος Διεπιφανειών



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

44



Εκτράχυνση με Αμμοβολή

45



Προετοιμασία Επιφάνειας με Αεροματσάκονο

46

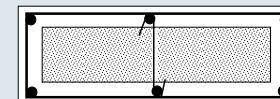
## ΜΑΝΔΥΕΣ Ο.Σ.



47



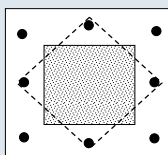
48



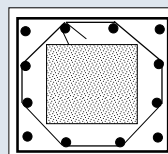
Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε επιμήκεις διατομές

Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε τετραγωνικές διατομές

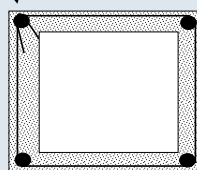
ΟΧΙ



ΝΑΙ



γωνία 45°



Άνοιγμα Συνδετήρων

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

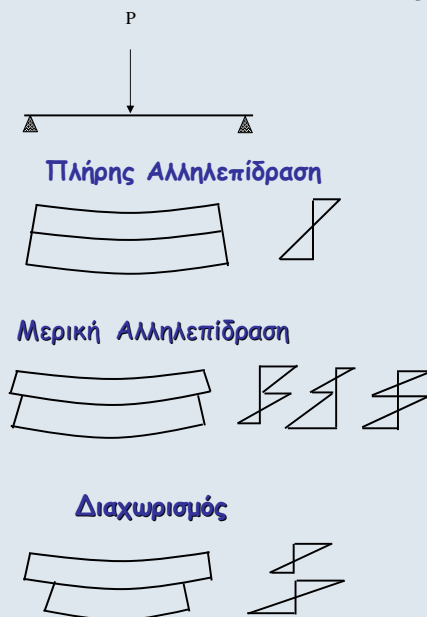
### Μηχανισμοί

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

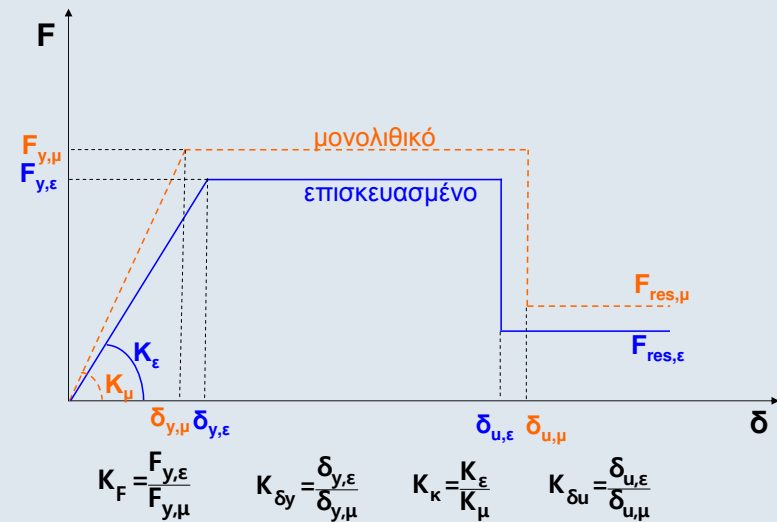


Ηλεκτροσυγκόλληση Άκρων Συνδετήρων Μανδύα 53

## Ικανότητα Σύνθετου Μέλους



## Καμπύλες Εντατικού Μεγέθους-Παραμόρφωσης με Επισκευασμένα Στοιχεία



Συντελεστές Μονολιθικότητας

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

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

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

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

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

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

57

Προσθήκη Νέας Στρώσης ΣκυροδέματοςΕκτίμηση Ικανότητας

- Με συνεκτίμηση της ολίσθησης
- Προσεγγιστικά με χρήση συντελεστών μονολιθικότητας

Για πλάκες:

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

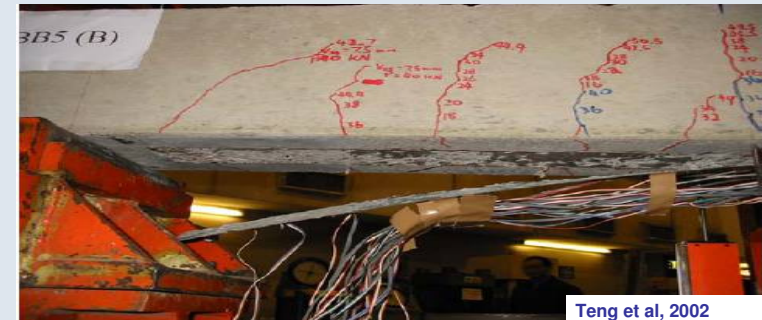
Για λοιπά στοιχεία:

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

58

Καμπτική Ενίσχυση

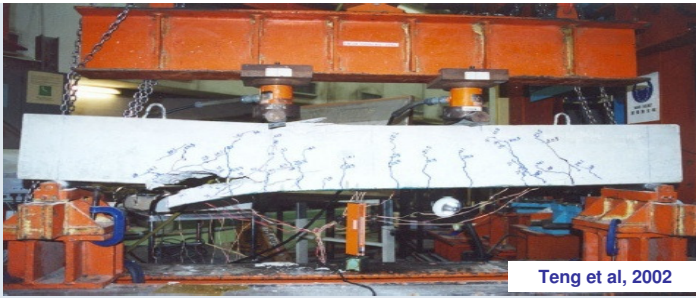
Building Klinkerstr, Amsterdam



Teng et al, 2002



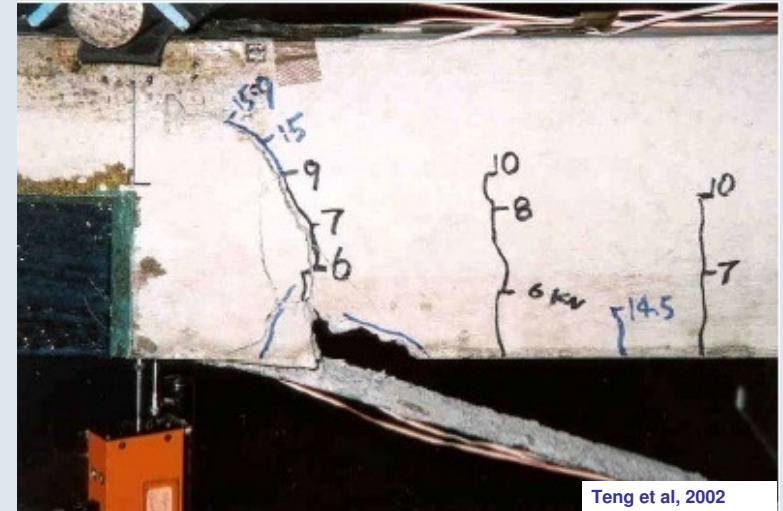
Αναλαμβανόμενη δύναμη επικολλητών φύλλων συναρτήσει του μήκους αγκύρωσης



Teng et al, 2002

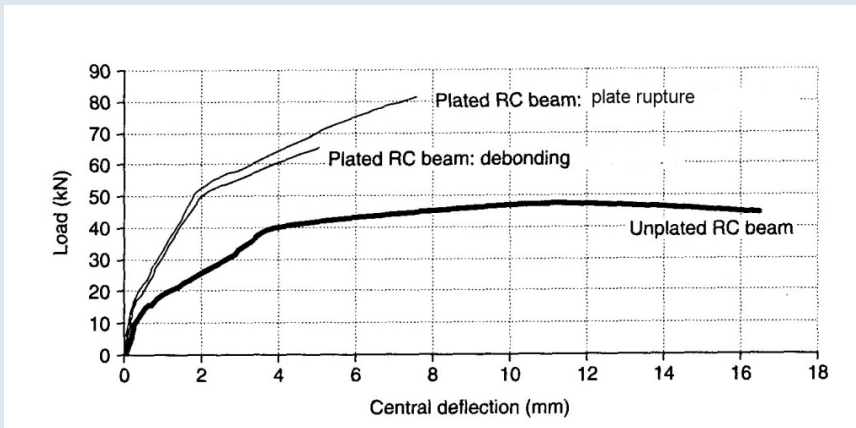


Απόσχιση επικάλυψης σκυροδέματος στο πέρας του σύνθετου υλικού

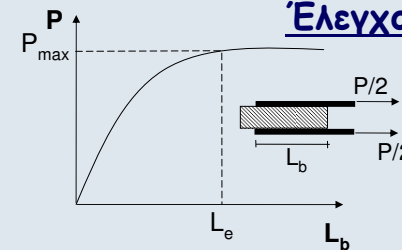


Teng et al, 2002

**Διάγραμμα Φορτίου-Βύθισης για Δοκούς Ενισχυμένες με Επικολητά Ελάσματα**



**Έλεγχος Αποκόλλησης**



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

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

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

$\beta_L = 1$  για πλήρη αγκύρωση

ΚΑΝ.ΕΠΕ.  
§ 8.2.1.3

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

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

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

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

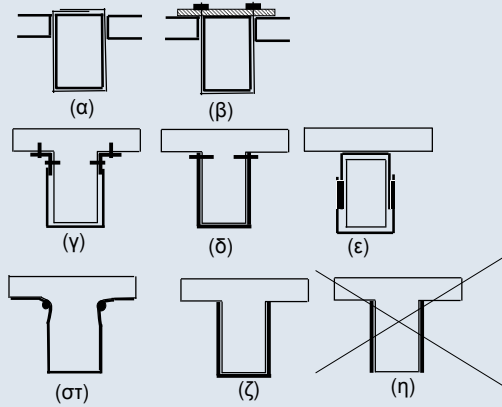
$$t_j \uparrow \Rightarrow \sigma_{j,crit} \downarrow$$

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



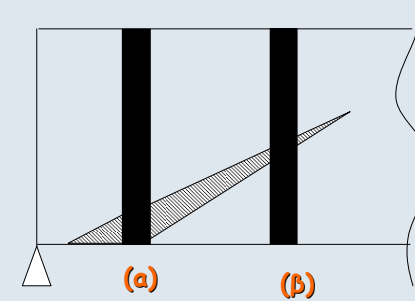
Ανεπάρκεια Οπλισμού Διάτμησης ( $V_{sd} > V_{Rd3}$ )

- 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

65

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 ➔  $k_v = 0,5$

66

Περίσφιγξη με Μεταλλικό Κλωρό

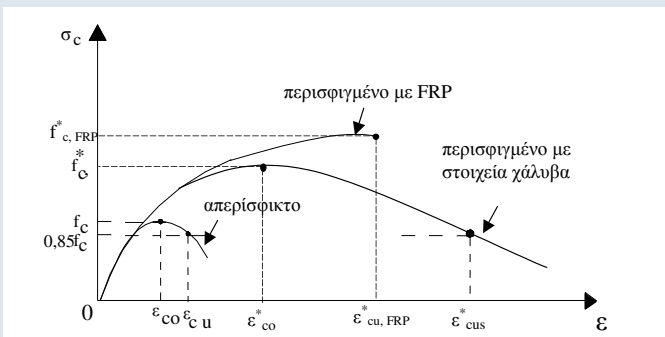
67

Περίσφιγξη με ΙΟΠ

68



69



Γενικώς

$$f_{cc} = (1 + 2,5\alpha\omega_w) f_c \quad \text{για } \alpha\omega_w \leq 0,10$$

$$f_{cc} = (1,125 + 1,25\alpha\omega_w) f_c \quad \text{για } \alpha\omega_w \geq 0,10$$

Χαλύβδινη περίσφιξη

$$\epsilon_{cu,c} = 0,0035 + 0,1\alpha\omega_w$$

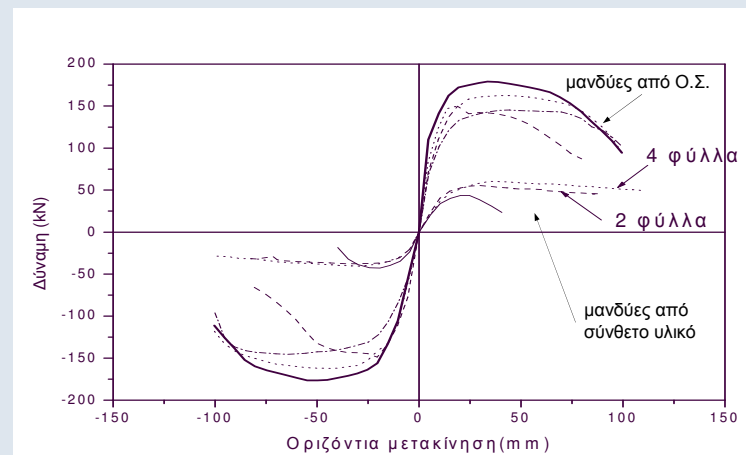
Περίσφιξη ΙΟΠ με ίνες άνθρακος

$$\epsilon_{cu,c} = 0,0035(f_{cc}/f_c)^2 \quad \text{όπου}$$

Περίσφιξη ΙΟΠ με ίνες γυαλιού

$$\epsilon_{cu,c} = 0,007(f_{cc}/f_c)^2 \quad f_{cc} = (1,125 + 1,25\alpha\omega_w) f_c$$

71



Διαγράμματα φορτίου-οριζόντιας μετακίνησης υποστυλωμάτων ενισχυμένων με μανδύες από σύνθετα υλικά και Ο.Σ.

## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη χιαστί κολλάρων από χαλύβδινα στοιχεία



73

## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη επικολλητών ελασμάτων από χάλυβα



74

## Ενίσχυση κόμβων με ΙΟΠ



CEA, Sacley

75



CEA, Sacley

## 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

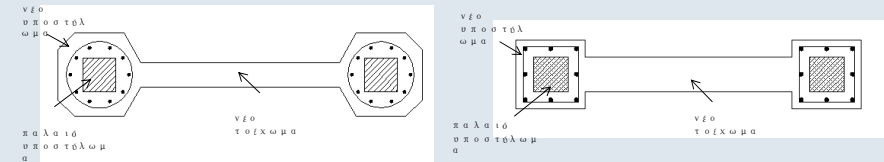
### Κατασκευαστικά θέματα

- Δυσκολία σκυροδέτησης (ανεπαρκής πρόσβαση στην κορυφή)
- Αντιμετώπιση συστολής ξήρασης

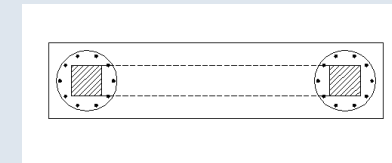
77

## Τοιχωματοποίηση Πλαισίου

Εμφανώσεις πάχους μικρότερου ή ίσου με το πλάτος της δοκού



Εμφανώσεις πάχους μεγαλύτερου του πλάτους της δοκού



78

## Ενίσχυση Υφισταμένων Τοίχων Πληρώσεως

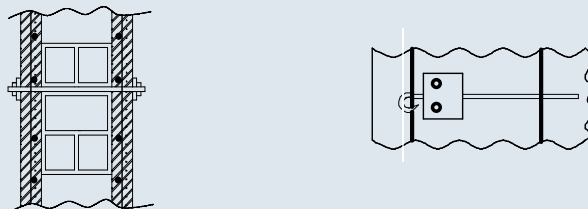
- Με αμφίπλευρες οπλισμένες στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος χωρίς υποχρεωτική αγκύρωση στο περιβάλλον πλαισίωμα.

Ελάχιστο πάχος στρώσης 50 mm

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

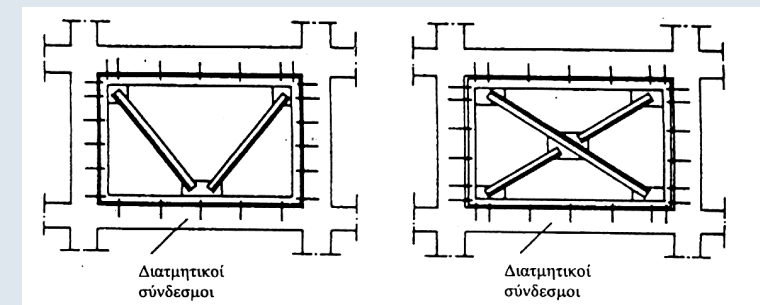
Εξασφάλιση της από κοινού λειτουργίας υφιστάμενης τοιχοποιίας με τις δύο στρώσεις ενίσχυσης μέσω διαμπερών κοχλιωτών συνδέσμων:

- Αντίσταση ενισχυμένου τοίχου = Αντίσταση λοξού θλιπτήρα



79

## Μεταλλικά δικτυώματα εντός πλαισίων

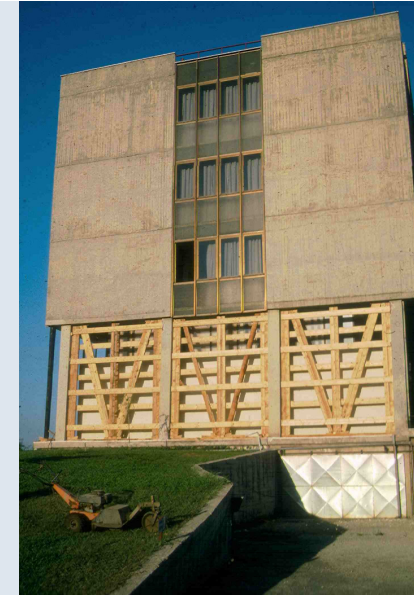


80



Προσθήκη παράπλευρων εξωτερικών μεταλλικών συστημάτων

81



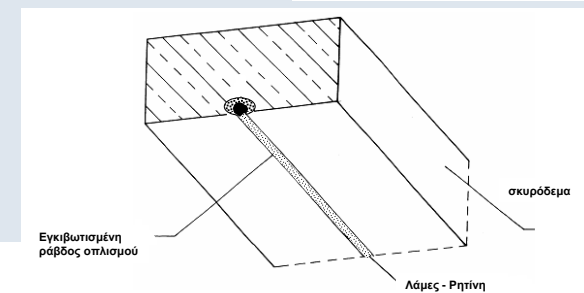
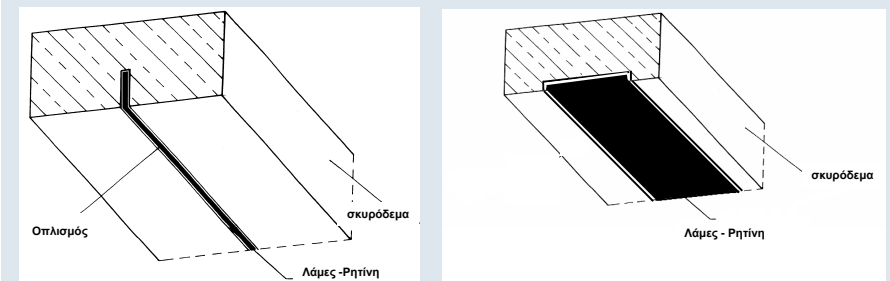
Temporary support and stiffening of the damaged soft floor

82

## ΤΙ ΤΟ ΚΑΙΝΟΥΡΙΟ;

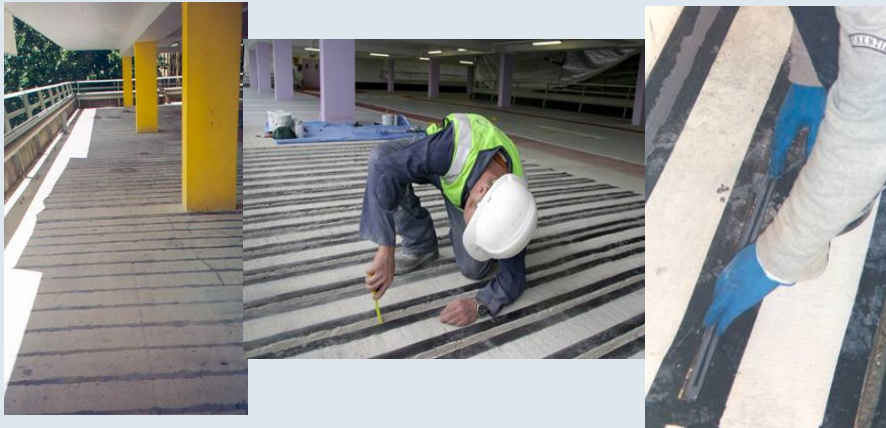
- **NSM** → Near-Surface Mounted Reinforcement
- Αντικατάσταση ρητίνης: **TRM** (textile reinforced mortars)
- Άλλοι τύποι ινών → φυσικές ίνες
- Αντικατάσταση τσιμέντου → geopolymers
- Συνδυασμός με οπτικές ίνες

## Καμπτική Ενίσχυση με Οπλισμούς εντός “Αυλακιών” (NSM)



84

## Near Surface Mounted (NSM) Reinforcement (Ανοξειδωτος Χάλυβας ή Σύνθετα Υλικά)

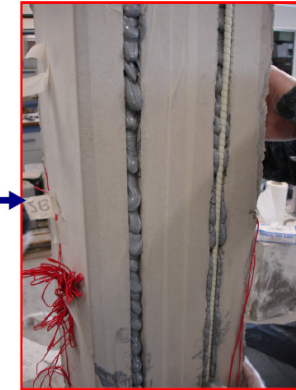


T. TRIANTAFILLOU

### Strengthening procedures



Grooves and holes were filled by injecting the bonding agent



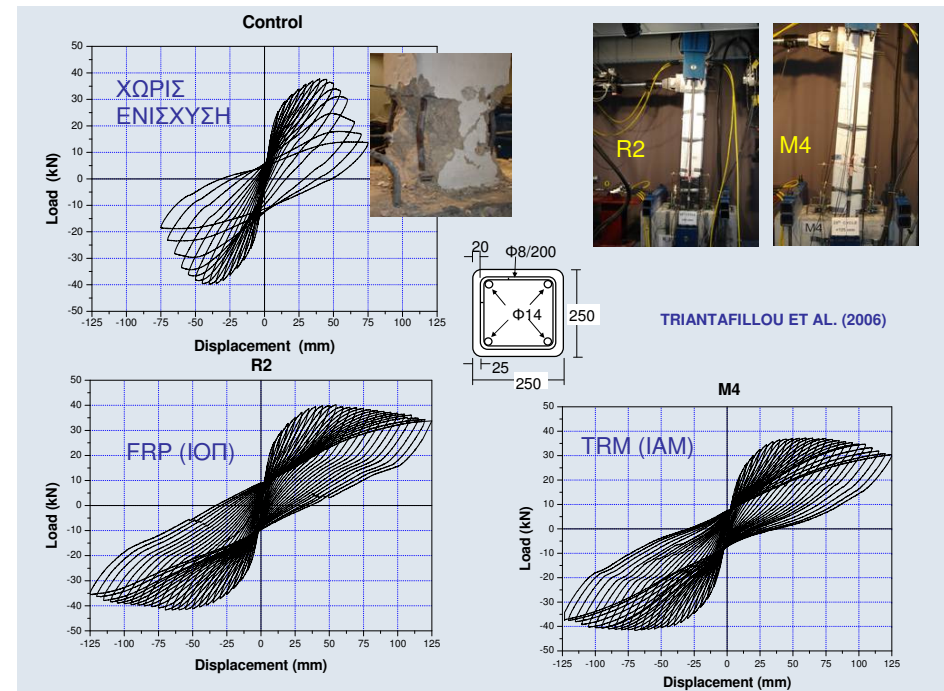
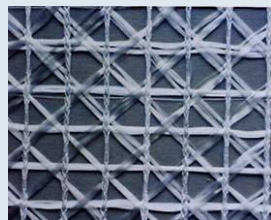
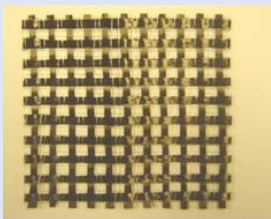
The NSM reinforcement was placed into position and the bonding material in excess was removed

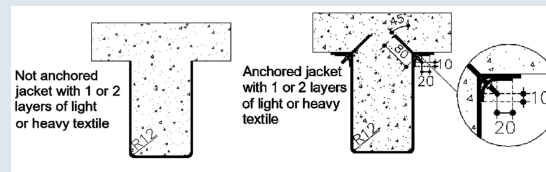
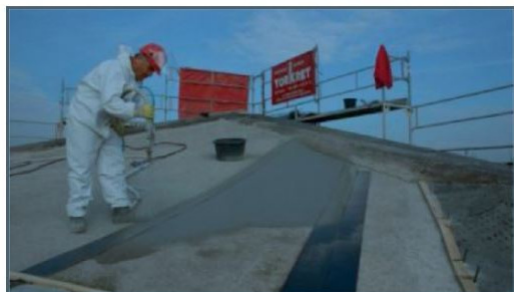


4 layers of a TRM jacket (only for confined specimens)

## Textile Reinforced Mortars (TRM)

Μανδύες από Ινοπλέγματα σε Ανόργανη Μήτρα (IAM)

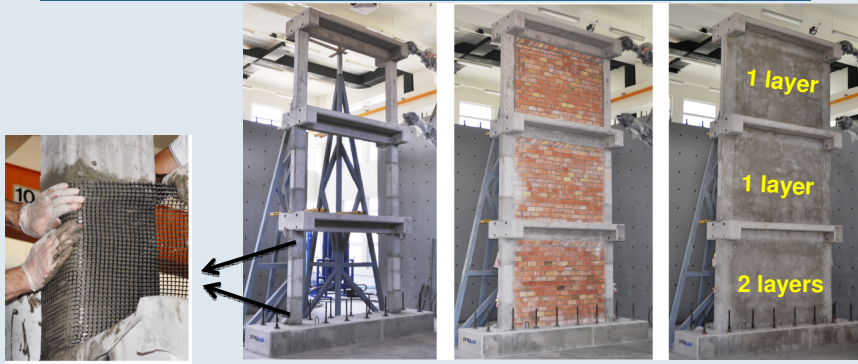




T. TRIANTAFILLOU

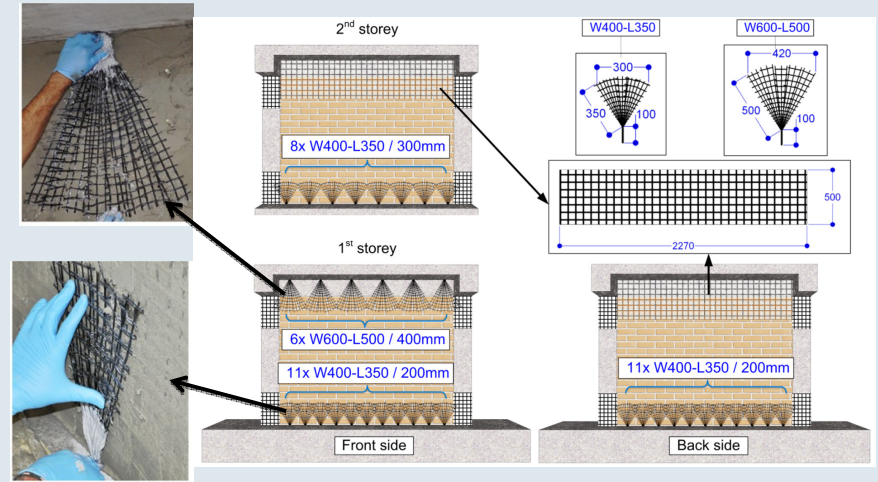


**Seismic Retrofitting of Masonry-Infilled RC Frames with Textile-Reinforced Mortar (TRM): Experimental and Analytical Study**

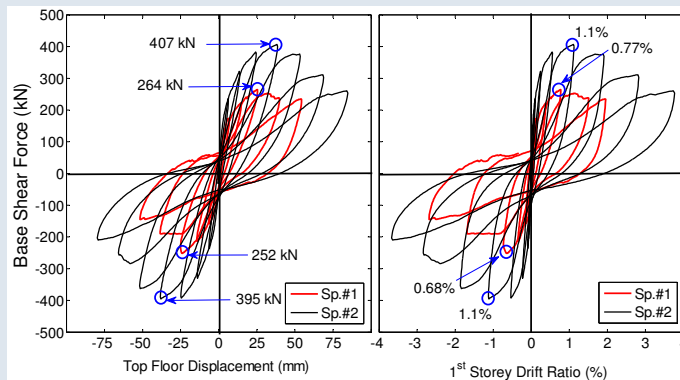


- Shear strengthening of the columns ends with TRM before the infilling
- Application of the externally bonded layers of G-TRM on the faces of infills and proper connection to the members of the surrounding frame

Structural Lab, University of Patras: Koutas L., Triantafillou T., Bousias S.



Structural Lab, University of Patras: Koutas L., Triantafillou T., Bousias S.

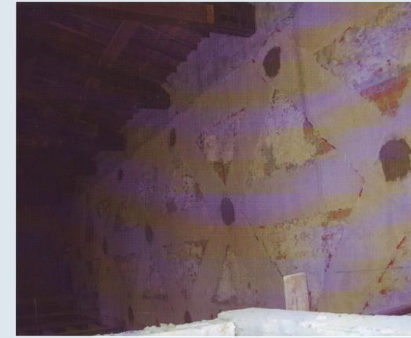


**Enhanced global response** of the infilled frame both in terms of lateral strength and deformation capacity.

- 55% increase in the lateral strength
- 56% higher deformation capacity at the top of the structure at ultimate strength state







WOODHEAD PUBLISHING SERIES IN CIVIL AND STRUCTURAL ENGINEERING



# Textile Fibre Composites in Civil Engineering

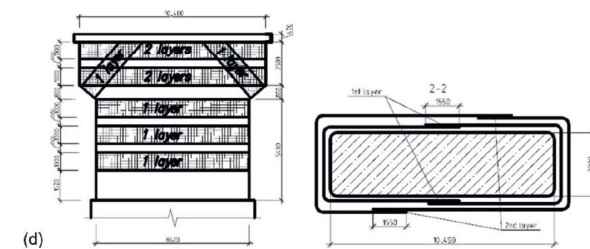
Edited by T. C. Triantafillou

WP  
WOODHEAD  
PUBLISHING

Elsevier 2016

<https://goo.gl/EZY28R>

## RC Bridge Piers (Russia 2007)



(a) Reopened cracks were repaired using epoxy injection; (b) application of the inorganic matrix and the PBO textile reinforcement; (c) overall view of the heating tent constructed to allow curing of the cementitious mortar; and (d) strengthening reinforcement configuration and cross section of the bridge pier.  
Kind permission of Ruredil SPA.

## Stadium San Siro (Italy 2003)



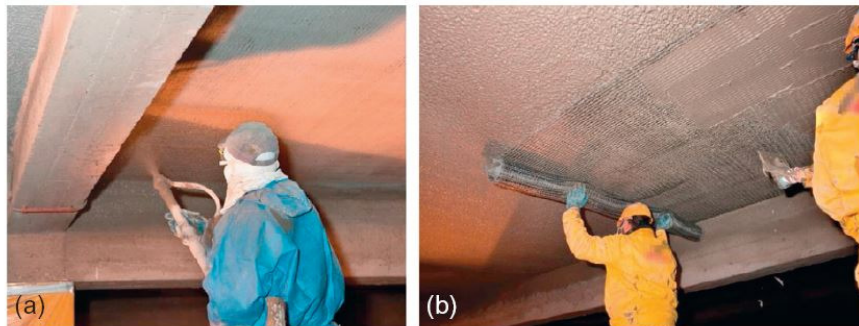
(a) Existing RC frame supporting the tier of seats; (b) typical damage found in RC beams; (c) application of a U-shaped TRM jacket for shear strengthening of the beam; and (d) strengthened beam at the end.  
Kind permission of Ruredil SPA.

## Cooling Tower (Germany 2012)



(a) Screeding of the inorganic matrix on the tower shells; (b) application of two layers of PBO textile reinforcement; and (c) overview of the strengthening application.  
Kind permission of Ruredil SPA.

## Super Market Slabs by Shotcreting (Netherlands 2013)



Strengthening of RC slab: (a) shotcreting and (b) application of the reinforcement.  
Kind permission of S&P Clever Reinforcement.

## Masonry Chimney (France)



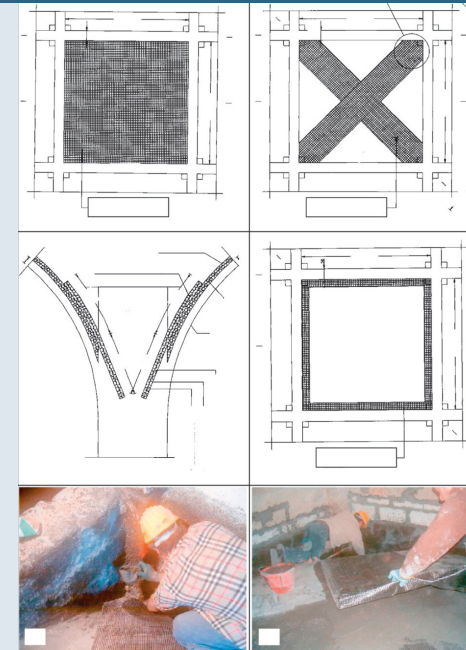
The unreinforced masonry chimney: (a) with scaffolding during repair; (b) before strengthening; and (c) during strengthening with carbon fiber textile bonded in a cementitious matrix.  
Kind permission of Ruredil SPA.

Vaulted Structures – Tuna Factory (Sicily 2005)



The tuna factory.  
Kind permission of Ruredil SPA.

Vaulted Structures – Tuna Factory (Sicily 2005)



Strengthening of the vaults.  
Kind permission of Ruredil SPA.

Egnatia Odos RC Tunnel (Greece 2008)



(a) Surface preparation by hydrojetting; (b) application of the inorganic matrix; and (c) application of the PBO textile reinforcement.  
Kind permission of Ruredil SPA.

Ενίσχυση με Εξωτερικές Στρώσεις Ινοπλισμένου Σκυροδέματος Υπερ-υψηλής Επιτελεστικότητας (UHPFRC)



Υλικό: Ολιπτική αντοχή 150-200 ΜΡα, Εφελκυστική αντοχή 10-15 ΜΡα  
Τοίχος ενισχυμένος με μία στρώση 1,5cm: 10 έως 15 φορές μεγαλύτερη φέρουσα ικανότητα και ικανότητα παραμόρφωσης

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!



ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ & ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

REPAIR & STRENGTHENING OF STRUCTURES - UNIVERSITY OF PATRAS

[www.episkeves.civil.upatras.gr](http://www.episkeves.civil.upatras.gr)