

ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

➤ Στέφανος Δρίτσος
Καθηγητής

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Σύλλογος Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδος
Μυτιλήνη, 11/10/2008

1

ΔΥΣΜΕΝΕΙΑ ΠΑΛΑΙΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

(α) Σχεδιασμός για σεισμικές δράσεις $\cong$ 50% των αντιστοίχων για νέα κτίρια

(β) Μόρφωση Ξ.Ο. με αρχιτεκτονικές υπερβολές

(Έλλειψη κανονικότητας: γεωμετρίας ή αντοχής σε επίπεδο ορόφου ή κτιρίου)

(γ) Προσδιορισμός των εντατικών μεγεθών με απλοποιητικές παραδοχές

(Έλλειψη υπολογιστικών μέσων: απουσία χωρικής ανάλυσης & διδιάστατης πλαισιακής λειτουργίας)

(δ) Διαστασιολόγηση με διαδικασίες που σήμερα έχουν αναθεωρηθεί

(Ανακριβή προσομοιώματα, απουσία ικανοτικού σχεδιασμού και πλαστιμότητας, ανεπαρκείς κατασκευαστικές διατάξεις για ελάχιστα και μέγιστα, κ.α.)

⇒ Δυνητική Δυσμένεια 1:2 έως 1:3

2

ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

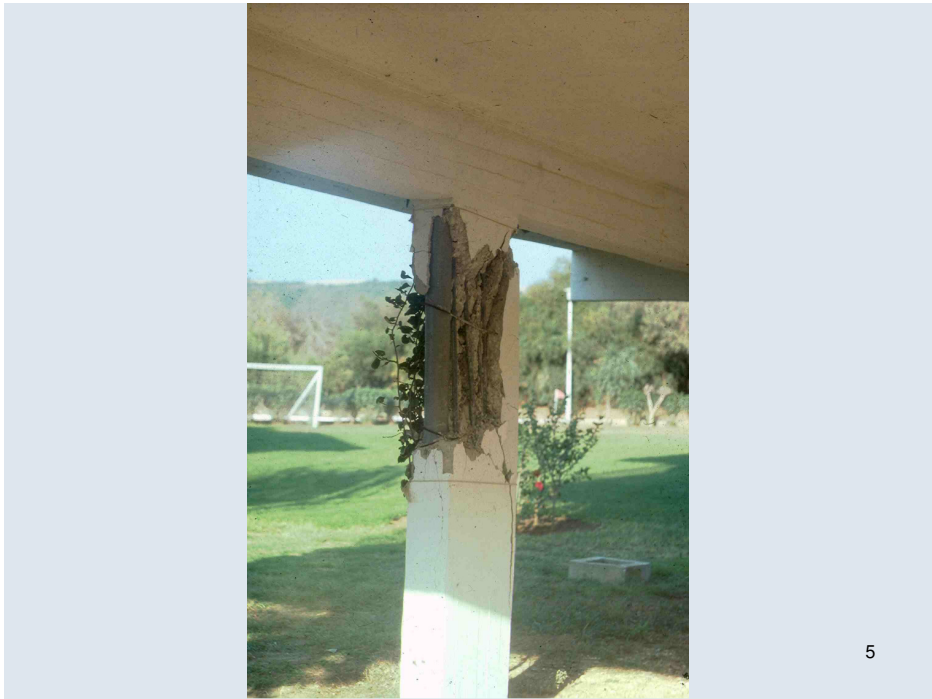
- Ποιες κατασκευές έχουν προτεραιότητα να ενισχυθούν, και πως θα προσδιοριστούν σε μεμονωμένη βάση;
- Μπορούν (ή αξίζει τον κόπο) να ενισχυθούν και μέχρι ποιο σημείο; Μήπως η λύση της κατεδάφισης και ανακατασκευής είναι προτιμότερη;
- Τι μέσα (υλικά, μέθοδοι, τεχνικές) διατίθενται για να επέμβει κανείς και κάτω από ποιες προδιαγραφές αυτά εφαρμόζονται;
- Ποια είναι η καταλληλότερη μέθοδος ενίσχυσης ενός δεδομένου κτιρίου;
- Ποιο είναι το υπολογιστικό υπόβαθρο που είναι απαραίτητο στο μηχανικό για να τεκμηριώσει τις επιλογές του, και ποιες οι διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου των εργασιών;

3

ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ➡ ΘΕΜΑ ΔΥΣΚΟΛΟΤΕΡΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

- Γνώσεις λίγες και όχι επαρκώς τεκμηριωμένες
- Απουσία κανονισμού
- Μόρφωση του φορέα πιθανόν απαράδεκτη, αλλά υπαρκτή
- Αβέβαιες εκτιμήσεις βασικών δεδομένων στην αρχική φάση τεκμηρίωσης
- Χρήση νέων υλικών υπό διερεύνηση
- Μικρή ή και αρνητική εξειδίκευση και εμπειρία συνεργείων

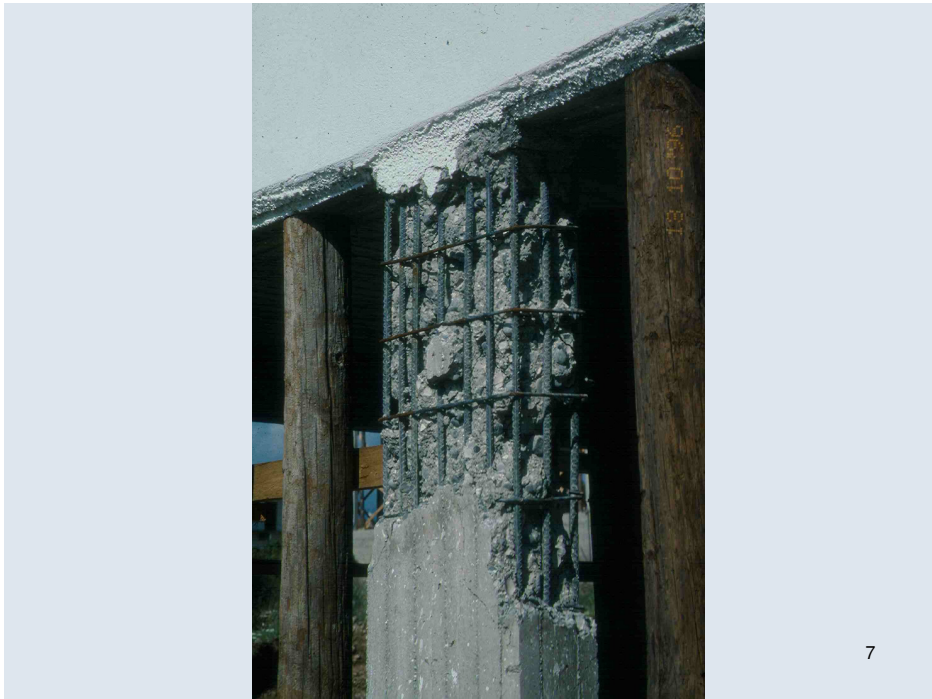
4



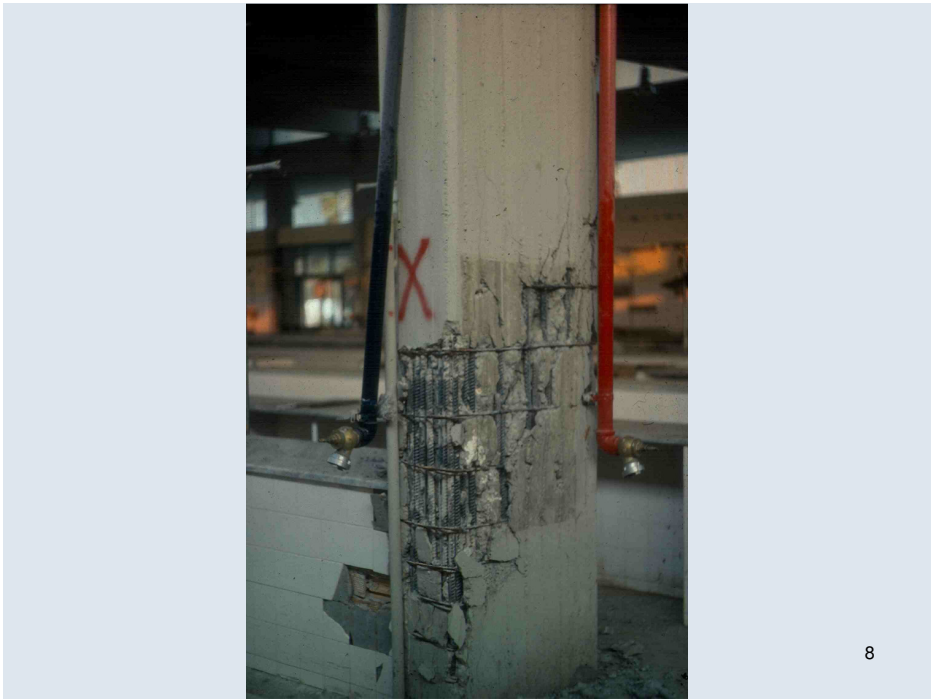
5



6



7



8



9



10

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

1° Στάδιο:

Τεκμηρίωση δεδομένων και αποτίμηση επάρκειας κατασκευής

2° Στάδιο:

Λήψη απόφασης επέμβασης - Επιλογή λύσης

3° Στάδιο:

Σχεδιασμός λύσης

11

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΛΥΣΗΣ

• Ποιος είναι ο στόχος της επεμβάσης:

Από τι πάσχει η κατασκευή;

• Υλικά και Τεχνολογίες Επεμβάσεων

- Ειδικοί Τύποι Σκυροδέματος
- Πολυμερικές Κόλες (ρητίνες)
- Επισκευαστικά Κονιάματα
- Επικολητά Φύλλα από Χάλυβα ή
- Ινοπλισμένα Πολυμερή (FRP)
- Διατμητικοί Σύνδεσμοι (Βλήτρα) - Αγκύρια
- Αγκυρώσεις και Συγκολλήσεις Νέων Ράβδων Οπλισμού

• Τι Διατίθεται:

• Ειδικότερες Τεχνικές για :

- Υποστυλώματα
- Τοιχώματα
- Δοκούς
- Πλάκες
- Κόμβους Δοκών-Υποστυλωμάτων
- Στοιχεία Θεμελίωσης

• Η Γενική Υπολογιστική Διαδικασία

Ανάλυση

• Πώς θα γίνει ο Επανυπολογισμός:

Διαστασιολόγηση

• Υπολογιστικά Θέματα για Ειδικότερες Τεχνικές

12

ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

- Συστάσεις για Προσεισμικές & Μετασεισμικές Επεμβάσεις **(ΟΑΣΠ)**
- **ΠΕΤΕΠ** = Προσωρινές Εθνικές Προδιαγραφές (www.ioek.gr) **2005**
- Αμερικανικές Προδιαγραφές **(FEMA Reports)**
- Ευρωκώδικας 8, Part3 "Assessment & Retrofitting of Buildings"
(Draft 5, preEN 1998-3, 2004)
- Fib Bul **14, 24, 25**
- **ΚΑΝ.ΕΠΕ.** (Ελληνικός Κανονισμός Επεμβάσεων, Σχέδιο 2, Οκτ.2005)

13

Τι το ΚΑΙΝΟΥΡΙΟ στον ΚΑΝ.ΕΠΕ.:

1. Στάθμες & Στόχοι Επιτελεστικότητας (Επιλογή με συμμετοχή του ιδιοκτήτη)
2. Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων
3. Πρωτεύοντα - Δευτερεύοντα Στοιχεία
4. Συνυπολογισμός Τοιχοπληρώσεων
5. Ελαστική Ανάλυση με χρήση τοπικών δεικτών συμπεριφοράς **(m)**
6. Εκτίμηση Δείκτη Συμπεριφοράς **(q)** σε υφιστάμενες κατασκευές
7. Ανελαστικές Αναλύσεις
8. Έλεγχος $S_d \leq R_d$
Σε όρους δυνάμεων για ψαθυρές αστοχίες **(Διάτμηση)**
Σε όρους παραμορφώσεων για πλάστιμες αστοχίες **(Κάμψη)**
9. Μεθόδους Επισκευής & Ενίσχυσης των Κατασκευών
10. Υπολογιστικό Υπόβαθρο για τον Έλεγχο των Επεμβάσεων ¹⁴

ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ & ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ - ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Στάθμη Επιτελεστικότητας: Επιθυμητή Συμπεριφορά Κατασκευής = Αποδεκτός Βαθμός Βλάβης

Στόχος Επιτελεστικότητας: Στοχευόμενη Στάθμη Επιτελεστικότητας για Επιλεγμένη Σεισμική Δράση

	Στάθμη Επιτελεστικότητας Ξέροντος Οργανισμού		
Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Άμεση χρήση μετά το σεισμό	Προστασία ζωής ενοίκων	Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης
10%	A1	B1	Γ1
50%	A2	B2	Γ2

- Για πιθανότητα υπέρβασης 10% σε 50 έτη χρησιμοποιείται η δράση που προβλέπει ο ΕΑΚ 2000
- Για πιθανότητα υπέρβασης 50% λαμβάνεται υπόψη το 60% αυτής

15

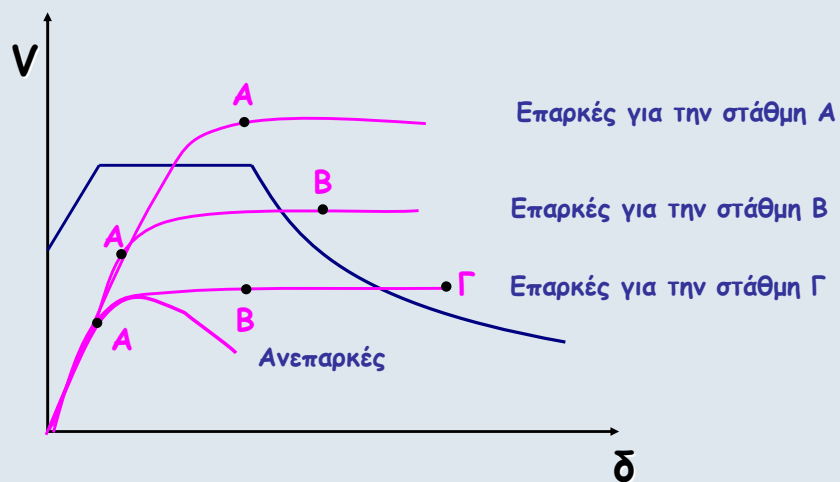
ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (μέθοδος q)

- Χονδρική Εκτίμηση Δείκτη Συμπεριφοράς **q**

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

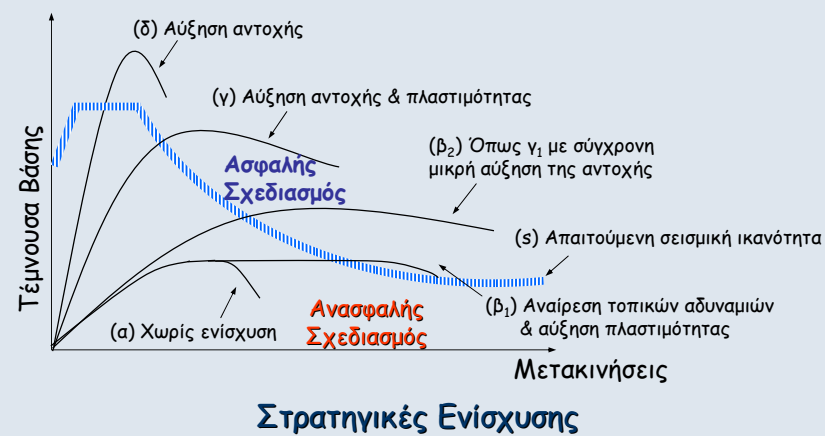
16

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ



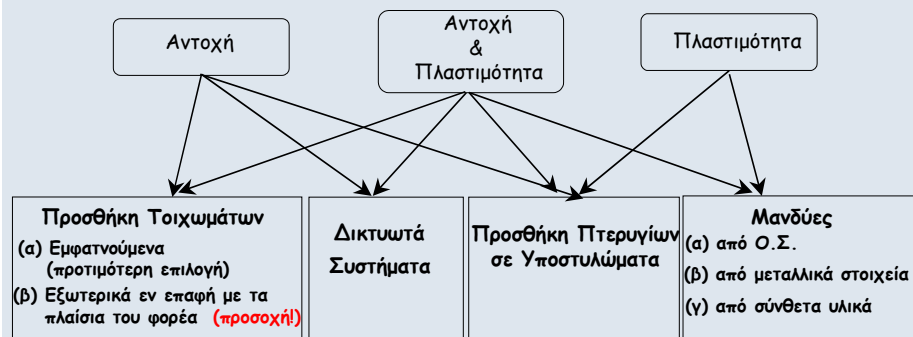
17

ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΩΣ ΣΥΝΟΛΟΥ



18

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



←
Αντοχή & Δυσκαμψία

19



20



21



22



23

Η κατασκευή δικτυωτών συστημάτων



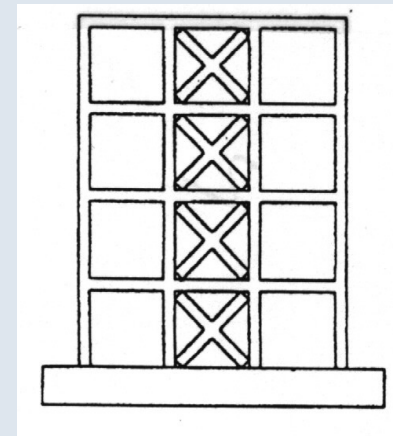
μέτρια αύξηση αντοχής,
κυρίως αύξηση δυσκαμψίας & πλαστιμότητας

Τύπος

- Μεταλλικά συστήματα (σχήμα Κ, ρόμβου ή χιαστί διαγωνίων)

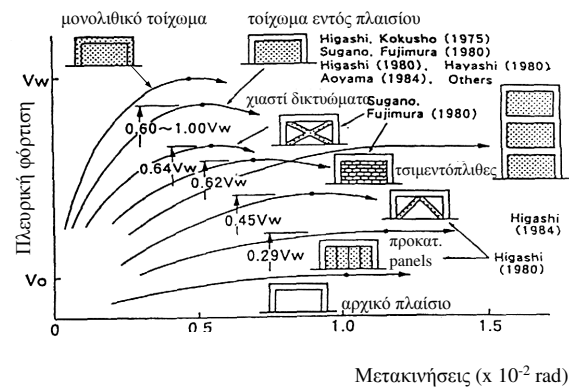
Κρίσιμα σημεία

- Αξιολόγηση ανακατανομής έντασης
- Επάρκεια αντοχής κόμβων



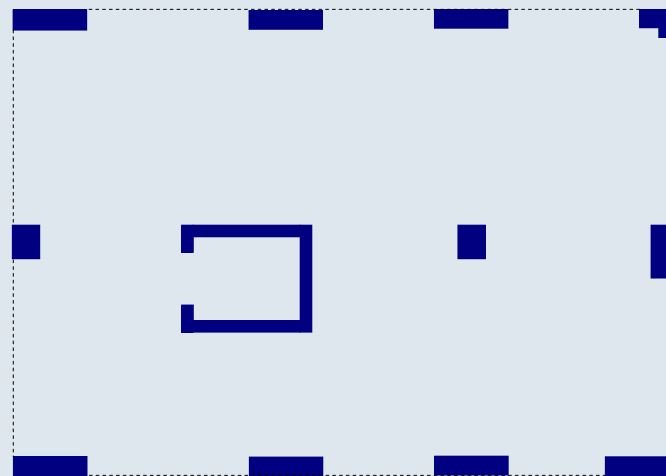
24

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ



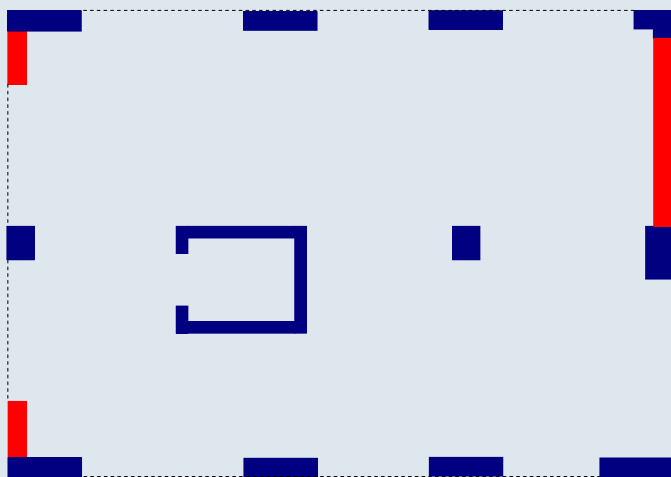
25

ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ



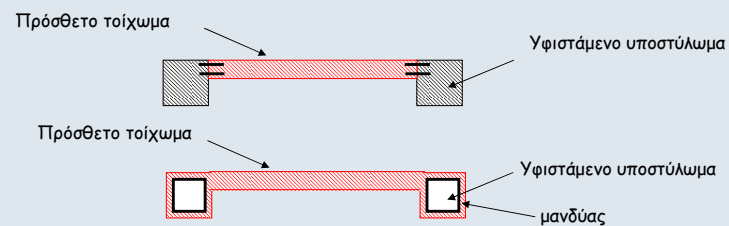
26

ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

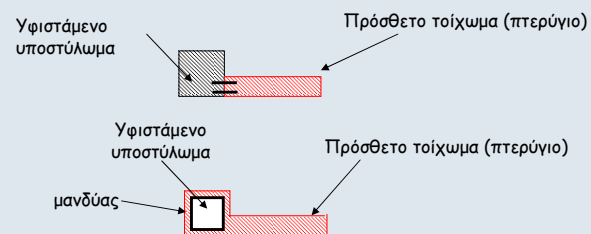


27

ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ



ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ



28

ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ



29



30

ΜΑΝΔΥΕΣ Ο.Σ.



31



32



Ολικός Μανδύας

33



Χρήση Αεροματσάκονου για Εκτράχυνση της Διεπιφάνειας

34



Εκτράχυνση και Χρήση Χαλύβδινων Βλήτρων

35



Άνοιγμα Συνδετήρων

36



Ηλεκτροσυγκόλληση Άκρων Συνδετήρων Μανδύα

37

ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΜΕ ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ

➤ Επικουρικός ρόλος παρουσία υφιστάμενου οπλισμού

Προϋπόθεση (ACI. 440-2R):

Ανάληψη φορτίων από την υπάρχουσα κατασκευή: $1.2G + 0.85Q$



- Υφάσματα
- Ελάσματα
- Φύλλα
- Λωρίδες
- Πλέγματα

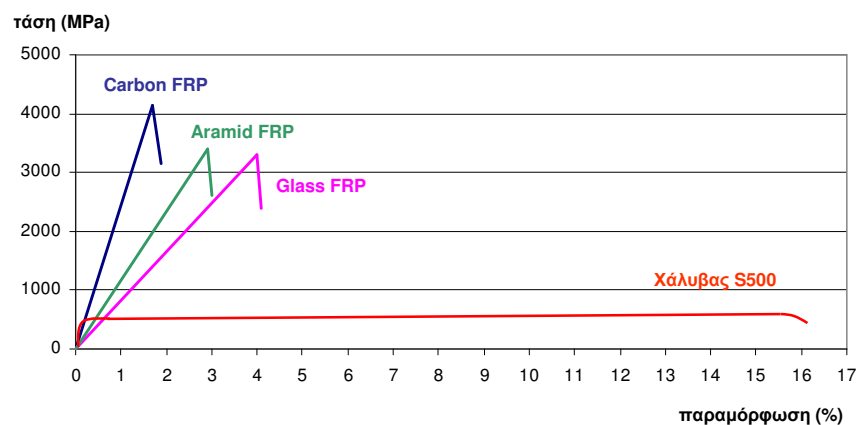
➤ Μεγιστοποίηση ταχύτητας εκτέλεσης εργασίας

➤ Ελαχιστοποίηση αναστάτωσης

➤ Όχι για καμπτική ενίσχυση υποστυλωμάτων

38

Σχεδιασμός με Οπλισμό από Σύνθετα Υλικά



*Παρατήρηση: όχι για ανάληψη θλιπτικών δυνάμεων

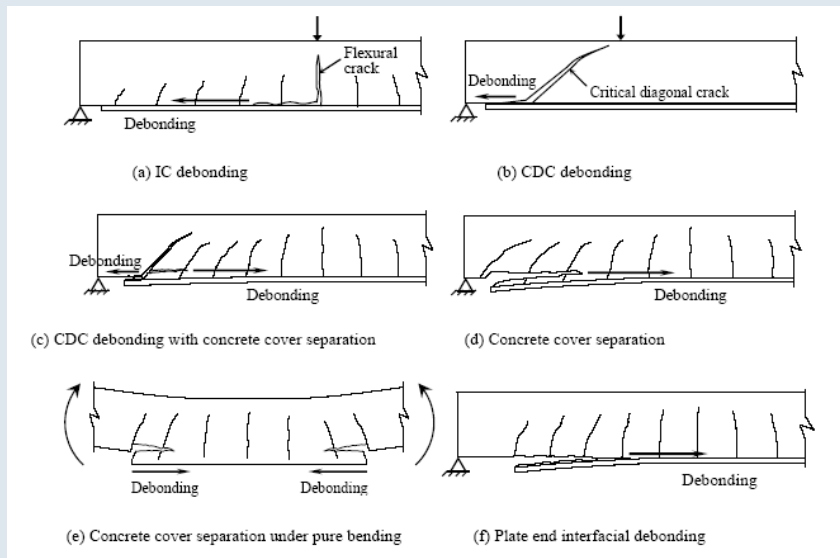
39

Καμπτική Ενίσχυση

Μικρό βάρος



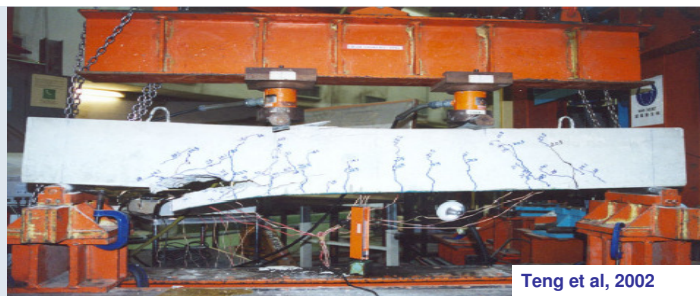
40



41

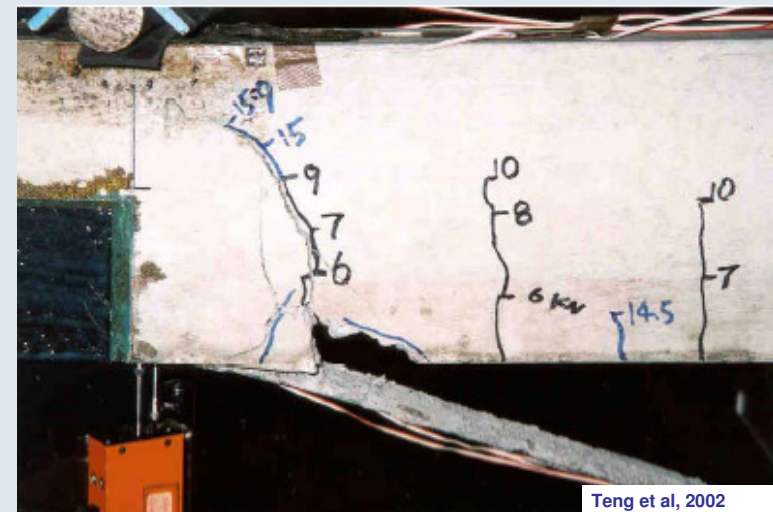


Αναλαμβανόμενη δύναμη επικολητών φύλλων συναρτήσεως του μήκους αγκύρωσης

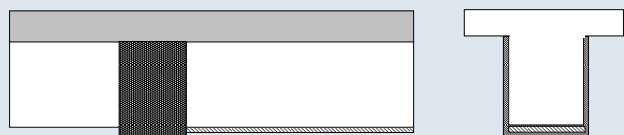
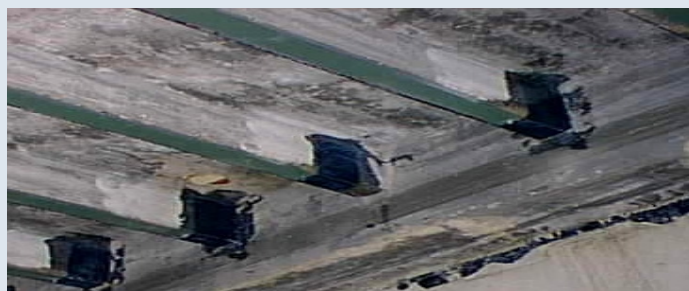


Απόσχιση επικάλυψης σκυροδέματος στο πέρας του σύνθετου υλικού

43



44



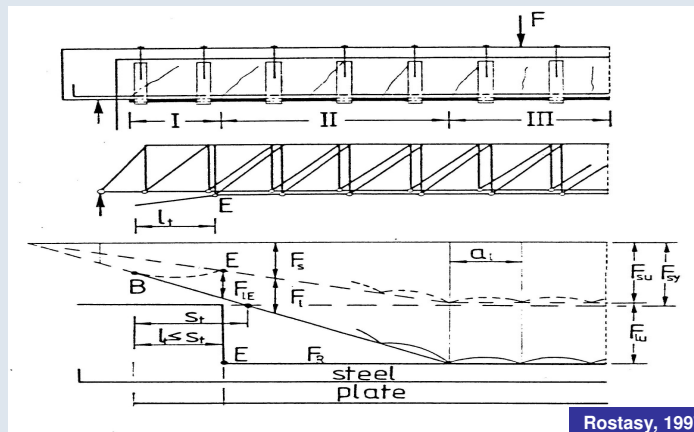
Χρήση στοιχείων αγκύρωσης στα άκρα

45

Έλεγχος Απόσχισης Άκρου

$$V_{sd, απολ.} \leq V_{cd, απολ.}$$

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

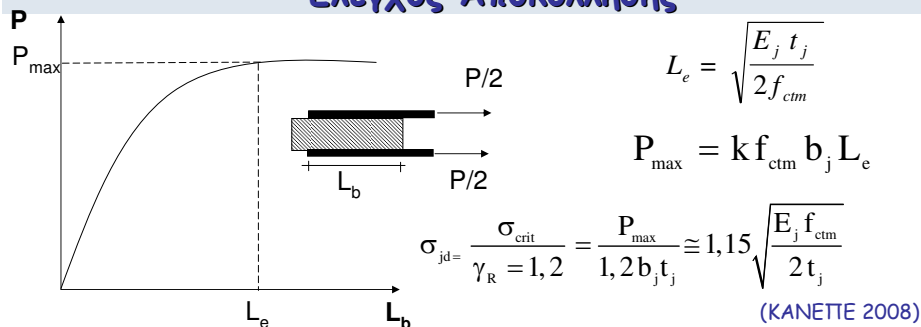


Rostasy, 1997

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

46

Έλεγχος Αποκόλλησης



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

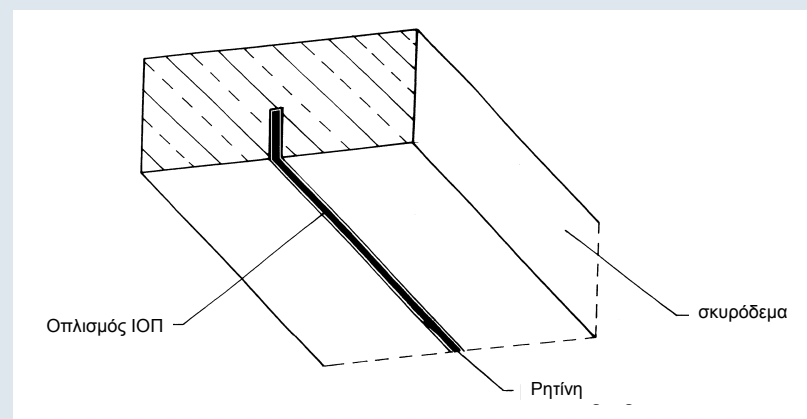
$$f_{ctm} \cong 0.3 f_{ck}^{2/3} = 0.316^{2/3} = 1.92 \text{ MPa} \quad \text{και}$$

$$\sigma_{j,crit} = 1.15 \sqrt{\frac{200 \times 1.92 \times 10^3}{2}} = 504 \text{ MPa}$$

47

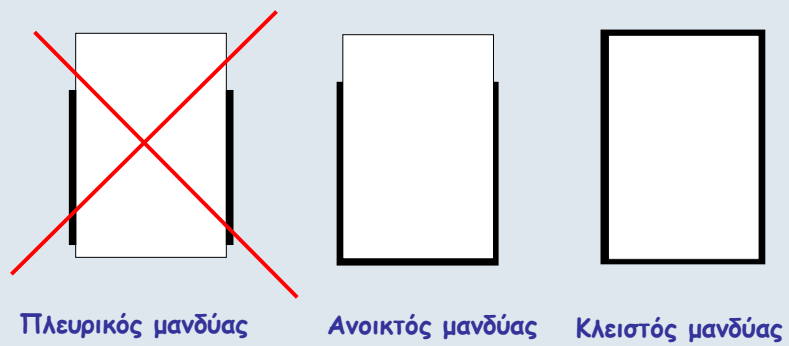
■ Χρήσιμη τεχνική για ενισχύσεις γύρω από νέα ανοίγματα σε πλάκες, τοιχώματα

Καμπτική Ενίσχυση με Οπλισμούς εντός “Αυλακιών”



48

Διατμητική Ενίσχυση



49

Διατμητική Ενίσχυση



50



51

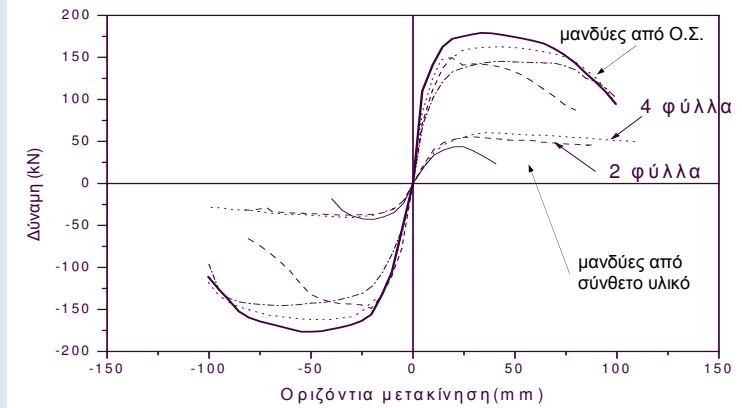


52

Γιατί Περίσιφιξη:

- Αύξηση της πλαστιμότητας του υποστυλώματος
- Αύξηση της θλιπτικής αντοχής του υποστυλώματος
- Αποφυγή αστοχίας συνάφειας των κατακόρυφων ράβδων του υποστυλώματος, στην περιοχή της υπερκάλυψής τους
- Αύξηση της διατμητικής αντοχής του υποστυλώματος
- Ικανοποίηση απαιτήσεων ικανοτικού σχεδιασμού

53



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

54



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

56

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ (ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ)

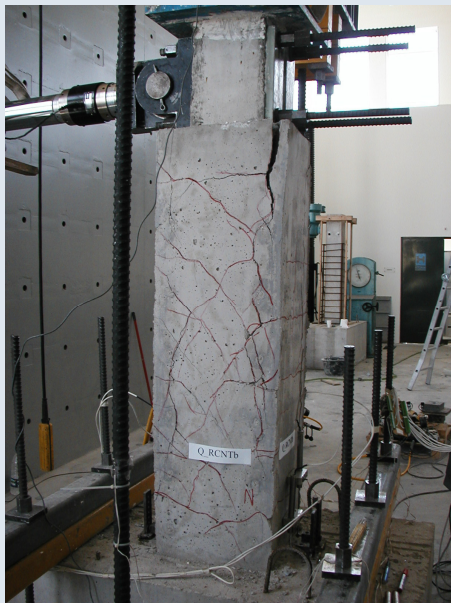


57



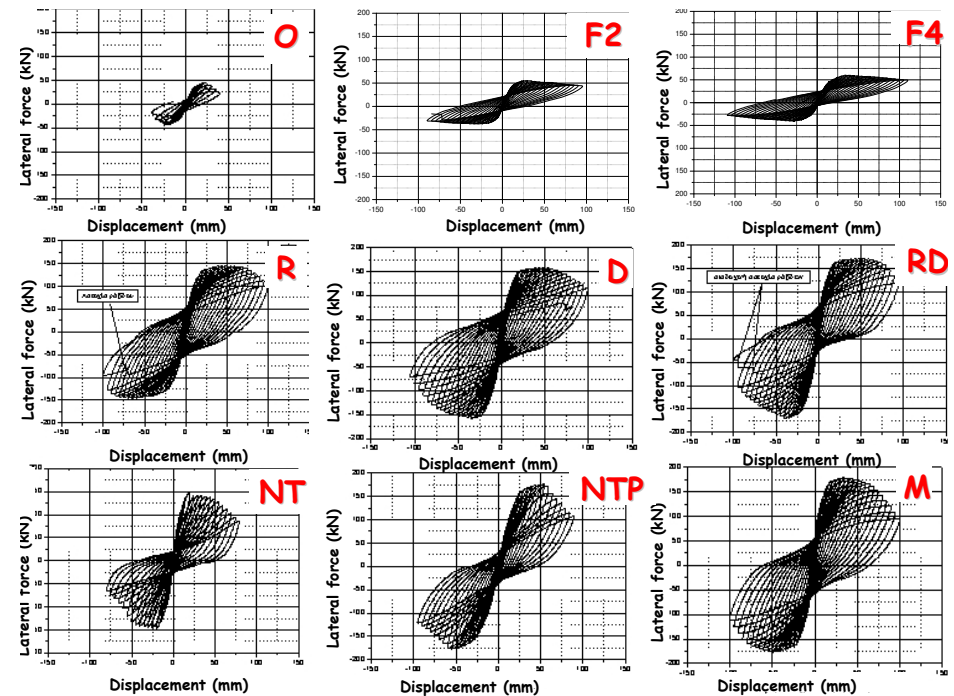
Βλάβες σε Δοκίμιο με Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα και Βλήτρα

58

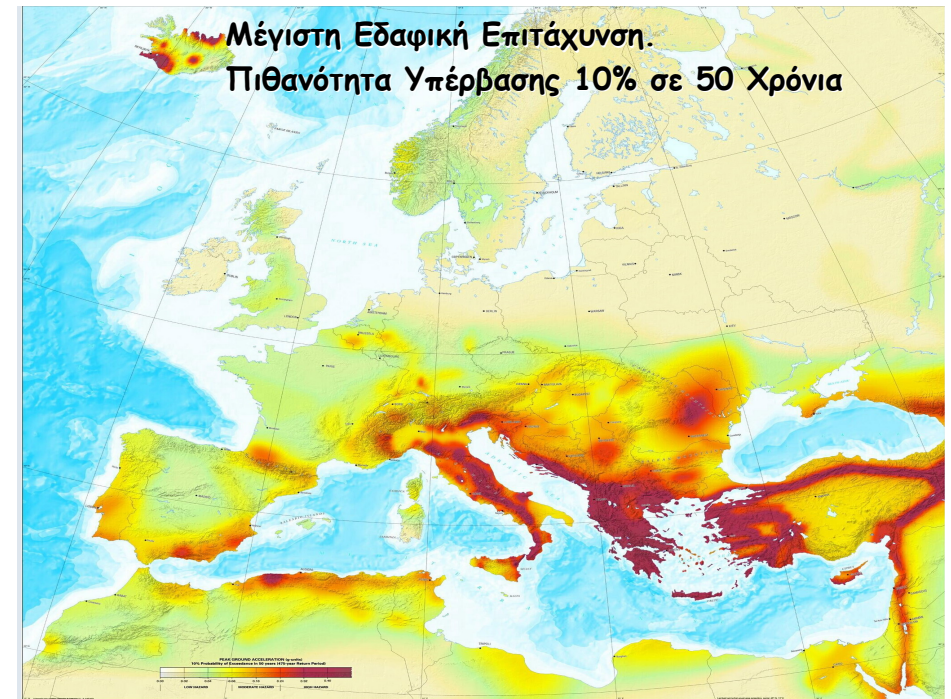
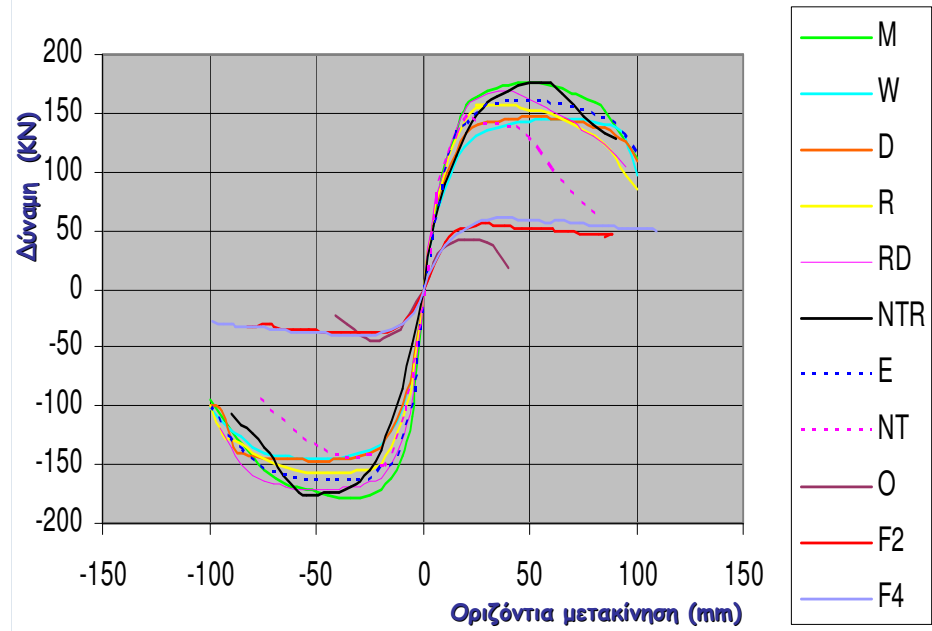


Βλάβες σε Δοκίμιο με Έγχυτο Σκυρόδεμα, Λεία Διεπιφάνεια
χωρίς Διατμητικούς Συνδέσμους

59



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΕΣ ΒΡΟΓΧΩΝ ΥΣΤΕΡΗΣΗΣ



www.episkeves.civil.upatras.gr