



## ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ:

«Ο Νέος Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)  
(ΦΕΚ 42/Β/20-01-2012)»



# Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2012 στο πλαίσιο των Ευρωκώδικων Βασικές Αρχές



➤ **Στέφανος Δρίτσος**  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Σπάρτη, 3/11/2012

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

## 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



## Ιστορικό ΚΑΝ.ΕΠΕ.

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

## Δυσμένεια Παλαιών Κτιρίων

(α) Μόρφωση  $\Xi.O.$  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 αντιστοίχων 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.  $0,24 \times 2,5/3,5 = 0,17g$

$$\frac{0,14}{0,17} \cdot \frac{1,5}{3,5} \approx \frac{1}{3}$$

➔ **Δυνητική Δυσμένεια της τάξεως του 1:3**

➔ **Ανάγκη Αποτίμησης Σεισμικής Επάρκειας, Ανασχεδιασμού και Επεμβάσεων**

## Πώς:

6

## Ανασχεδιασμός ➔ Θέμα Δυσκολότερο από τον Σχεδιασμό Νέων Κτιρίων

- Γνώσεις λίγες και όχι επαρκώς τεκμηριωμένες
- Απουσία κανονισμού
- Μόρφωση του φορέα πιθανόν απαράδεκτη, αλλά υπαρκτή
- Αβέβαιες εκτιμήσεις βασικών δεδομένων στην αρχική φάση τεκμηρίωσης
- Χαμηλή ποιότητα σκυροδέματος, Διαβρωμένοι οπλισμοί, Κρυμμένες ατέλειες

7

## Γιατί χρειαζόμαστε έναν Κανονισμό για Επεμβάσεις:

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

- Διαφορετική η διαδικασία προσέγγισης
- Άλλα πράγματα χρειάζονται

8

## Διαδικασία

### 1° 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  $\uparrow \downarrow \rightarrow$

9

## 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  $q$ ;

$\rightarrow$  **Ανάγκη προχωρημένων μεθόδων ανάλυσης**

10

## 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;

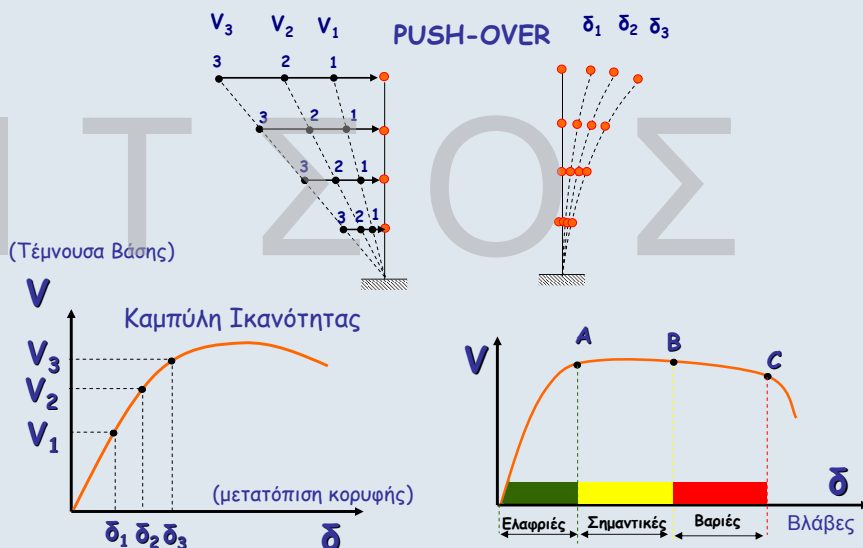
Θα τις δεχθούμε;

$\rightarrow$  **Ανάγκη Ορισμού επιπέδων βλάβης**

11

## Στάθμες Επιτελεστικότητας - Οριακές Καταστάσεις

Στατική Οριζόντια Φόρτιση Βαθμιαία Αυξανόμενη "μέχρι τέρμα"



12

## Για ποιά οριακή κατάσταση θα γίνει ο σχεδιασμός:

➔ Εθνικό προσάρτημα (πρέπει να ορίσει)

## Για ποιό σεισμό σχεδιασμού:

➔ Εθνικό προσάρτημα (πρέπει να ορίσει)

Πιθανότητα Υπέρβασης σεισμικής δράσης σε 50 χρόνια	Μηδανιές Βλάβες ή Άμεση Χρήση	Σοβαρές βλάβες ή Ασφάλεια ζωής	Οιονεί Κατάρρευση
2% Περιοδ. Επανάλ. 2475 χρόνια	DL <sub>2%</sub>	SD <sub>2%</sub>	NC <sub>2%</sub>
10% Περιοδ. Επανάλ. 475 χρόνια	DL <sub>10%</sub>	SD <sub>10%</sub>	NC <sub>10%</sub>
20% Περ. Επανάλ. 225 χρόνια	DL <sub>20%</sub>	SD <sub>20%</sub>	NC <sub>20%</sub>
50% Περ. Επανάλ. 70 χρόνια	DL <sub>50%</sub>	SD <sub>50%</sub>	NC <sub>50%</sub>

**KAN.ΕΠΕ** ➔ Δημόσια αρχή ➔ **Ελάχιστος στόχος κατά περίπτωση**  
 ➔ Ο κύριος του έργου ➔ επιλέγει

13

## Στάθμες Επιτελεστικότητας κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.

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

Η Δημόσια αρχή ορίζει πότε δεν επιτρέπεται πιθανότητα 50%

14

## 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)

15

## 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

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

16



## 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

## Μετά το ΦΕΚ

- ✓ Επιτροπή υποστήριξης (και μελλοντικής αναθεώρησης) ΚΑΝ.ΕΠ.Ε
- ✓ GCI  
(Greek Code for Interventions)
- ✓ ΚΑΔΕΤ  
(Κανονισμός Αποτίμησης και Δομητικών Επεμβάσεων για Τοιχοποιίες)
- ✓ Ημερίδες - Σεμινάρια
- ✓ ΕΚΠΠΣ  
Διεθνής Ομάδα Εργασίας - Διεθνές Workshop

Ανάρτηση

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



## ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ:

«Ο Νέος Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)  
(ΦΕΚ 42/Β/20-01-2012)»



## Διαστασιολόγηση Επεμβάσεων



➤ Στέφανος Δρίτσος  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Σπάρτη, 3/11/2012

1

## Διαδικασία

### 1<sup>ο</sup> Στάδιο:

Τεκμηρίωση υφιστάμενης κατάστασης- Αξιοπιστία Δεδομένων

### 2<sup>ο</sup> Στάδιο:

Αποτίμηση επάρκειας κατασκευής

### 3<sup>ο</sup> Στάδιο:

Λήψη απόφασης επέμβασης - Επιλογή λύσης

### 4<sup>ο</sup> Στάδιο:

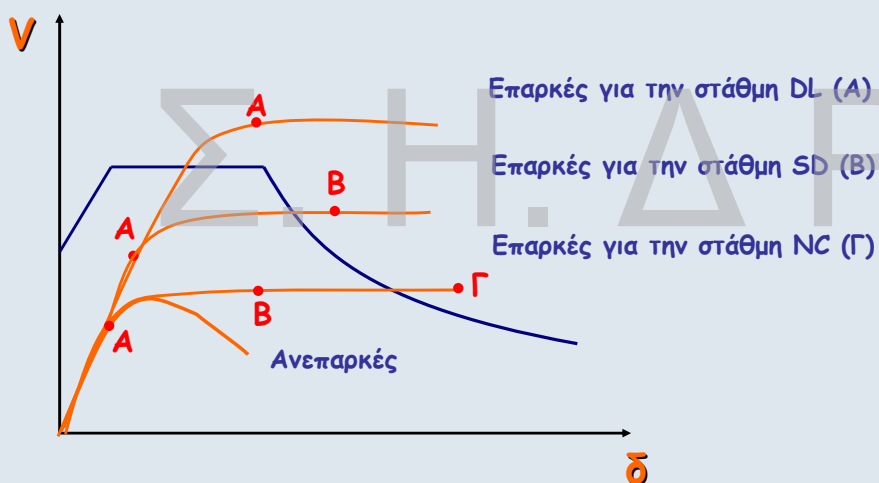
Αρχικός σχεδιασμός της λύσης επέμβασης

### 5<sup>ο</sup> Στάδιο:

Κατασκευή του Έργου ↑ ↓ →

2

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ



3

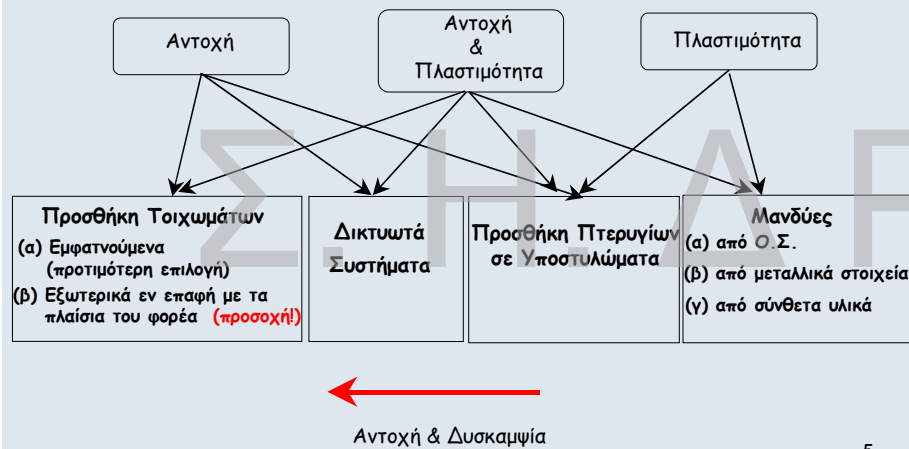
## ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΩΣ ΣΥΝΟΛΟΥ



### Στρατηγικές Ενίσχυσης

4

# ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

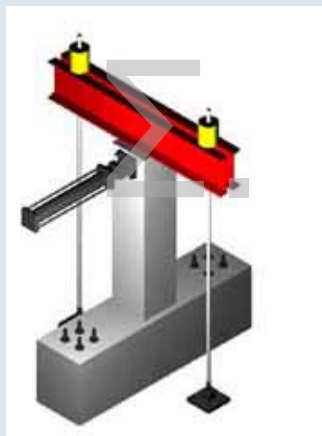


5

## ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

	Σκυρόδεμα	Χάλυβας	Σύνθετα
<b>Γενικές Απαιτήσεις</b>			
▪ Έλεγχος διεπιφανειών	Red	Blue	Yellow
<b>Επεμβάσεις σε Κρίσιμες Περιοχές Ραβδόμορφων Δομικών Στοιχείων</b>			
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της ικανότητας έναντι μεγεθών ορθής έντασης	Red	Blue	Yellow
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας έναντι τέμνουσας	Red	Blue	Yellow
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της τοπικής πλαστικότητας	Red	Blue	Yellow
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της δυσκαμψίας	Red	Blue	Yellow
<b>Επεμβάσεις σε Κόμβους Πλαισίων</b>			
▪ Ανεπάρκεια λόγω διαγώνιας θλίψης κόμβου	Red	Blue	Yellow
▪ Ανεπάρκεια σπλισμού κόμβου	Red	Blue	Yellow
<b>Επεμβάσεις σε Τοιχώματα</b>			
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση ικανότητας έναντι μεγεθών ορθής έντασης	Red	Blue	Yellow
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας τέμνουσας	Red	Blue	Yellow
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της τοπικής πλαστικότητας	Red	Blue	Yellow
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της δυσκαμψίας	Red	Blue	Yellow
<b>Εμφάνωση Πλαισίων</b>			
▪ Προσθήκη απλού "γεμίματος"	Red	Blue	Yellow
▪ Τοιχωματοποίηση πλαισίων	Red	Blue	Yellow
▪ Ενίσχυση υφιστάμενων τοίχων πληρώσεως	Red	Blue	Yellow
▪ Προσθήκη ράβδων δικτύωσης, μετατροπή πλαισίων σε κατακόρυφα δικτυώματα	Red	Blue	Yellow
<b>Προσθήκη Νέων Παράπλευρων Τοιχωμάτων και Δικτυωμάτων</b>			
▪ Σύνδεσμοι	Red	Blue	Yellow
▪ Θεμελίωση νέων τοιχωμάτων	Red	Blue	Yellow
▪ Διαφράγματα	Red	Blue	Yellow
<b>Επεμβάσεις σε Στοιχεία Θεμελίωσης</b>	Red	Blue	Yellow

6



7



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

8

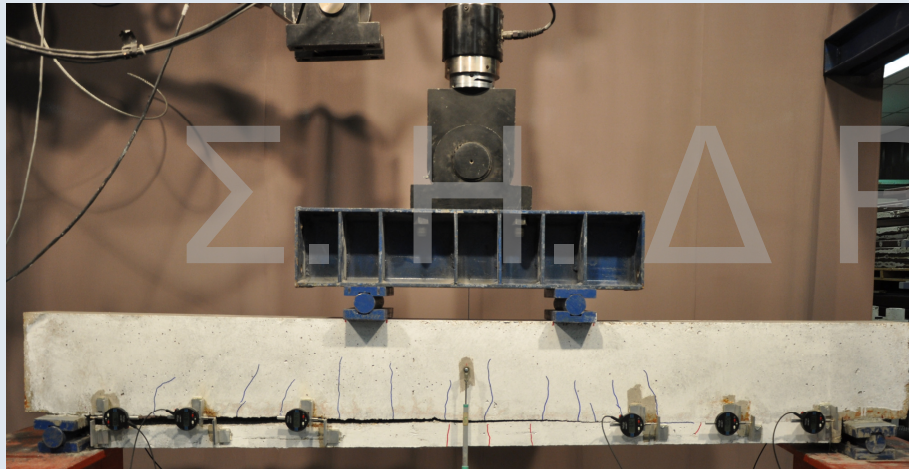


**Βλάβες σε Δοκίμιο με Έγχυτο Σκυρόδεμα, Λεία Διεπιφάνεια χωρίς Διατμητικούς Συνδέσμους**

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)

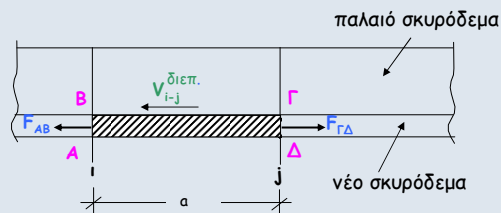
Εντατικά Μεγέθη  
που δρουν στη διεπιφάνεια

- Ελάχιστα και Μέγιστα

12

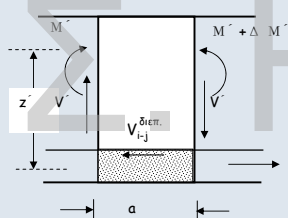


## Έλεγχος Διεπιφανειών



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

ή



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

$M', V' =$  Ροπή, Τέμνουσα λόγω δράσεων μετά την επέμβαση

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

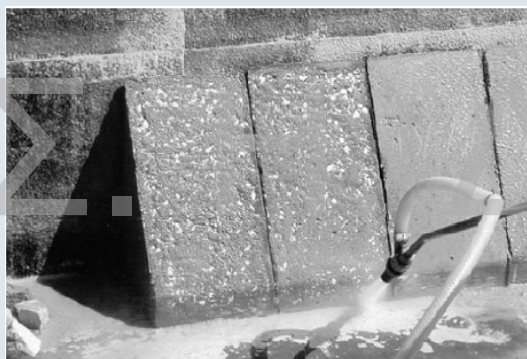
Ελάχιστο Ποσοστό Βλήτρων  $\rho_{\delta} = \frac{A_{sd}}{A_{c\delta} \sin \alpha} \geq 0,18 \frac{f_{ctm}^{13}}{f_{yk}}$

### ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ (ΠΕΤΕΠ)

Εργασίες Αποκατάστασης Ζημιών Κατασκευών από τον Σεισμό και λοιπούς Βλαπτικούς Παράγοντες

ΕΤΕΠ

ΦΕΚ 2221B/30-7-2012

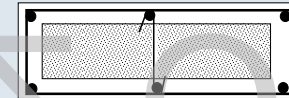


Εκτράχυνση με Αμμοβολή



Προετοιμασία Επιφάνειας με Αεροματσάκονο

**ΜΑΝΔΥΕΣ Ο.Σ.**

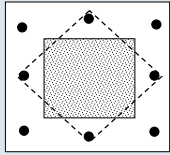


**Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε επιμήκεις διατομές**

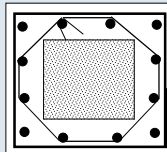


## Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε τετραγωνικές διατομές

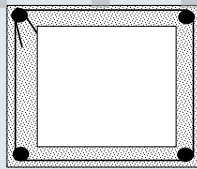
ΟΧΙ



ΝΑΙ



γωνία 45°



21



Άνοιγμα Συνδετήρων

22



Ηλεκτροσυγκόλληση άκρων Συνδετήρων Μανδύα 23

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

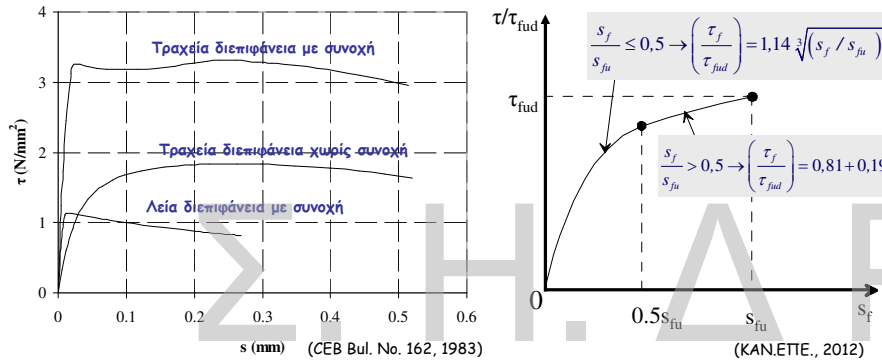
### Μηχανισμοί

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

24



# ΑΟΠΛΕΣ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ



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

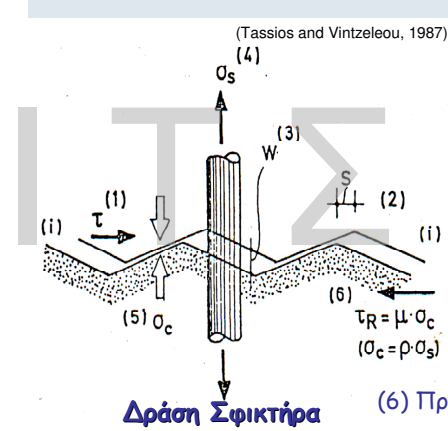
$$\tau_{fu} = 0.4 (f_c^2 * \sigma_c)^{1/3}$$

# ΟΠΛΙΣΜΕΝΕΣ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ

## Πρόσθετη Τριβή

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

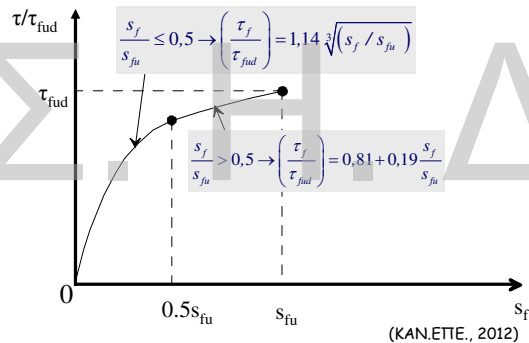
- Η επιφάνεια του υφιστάμενου σκυροδέματος έχει εκτραχυθεί
- Η χαλύβδινη ράβδος είναι επαρκώς αγκυρωμένη



- (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 ( $\sigma_c$ ) στη διεπιφάνεια
- (6) Πρόσθετη Τριβή → Πρόσθετη Διατμητική Αντίσταση

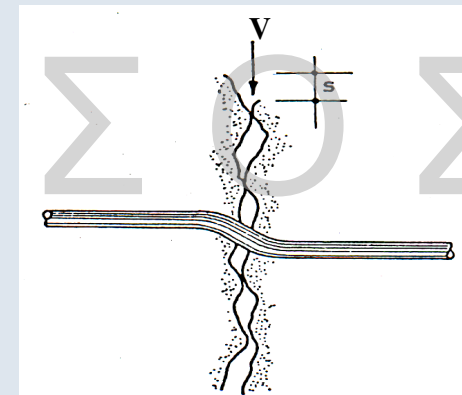
# Οπλισμένες Διεπιφάνειες

## Αντίσταση Τριβής



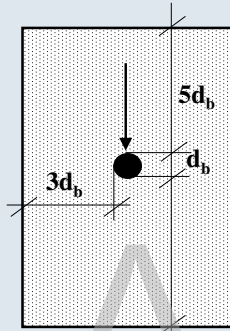
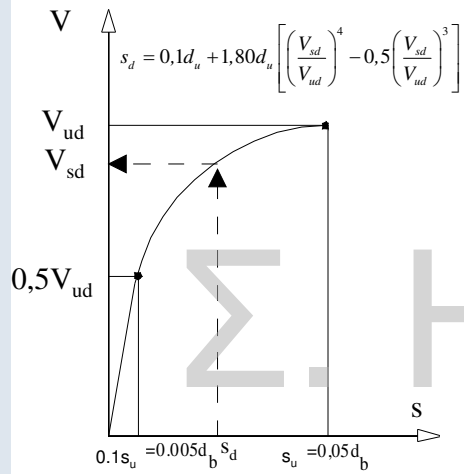
$$\tau_{fud} = 0.4 (f_{cd}^2 * (\sigma_{cd} + \rho_d f_{yd}))^{1/3}$$

# Οπλισμένες Διεπιφάνειες



## Μηχανισμός Δράσης Βλήτρου

## Διατμητική Αντίσταση Δράσης Βλήτρου

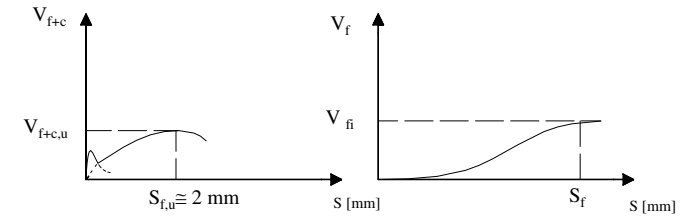


Ελάχιστη απαιτούμενη επικάλυψη οπλισμού για πλήρη ενεργοποίηση της Δράσης Βλήτρου

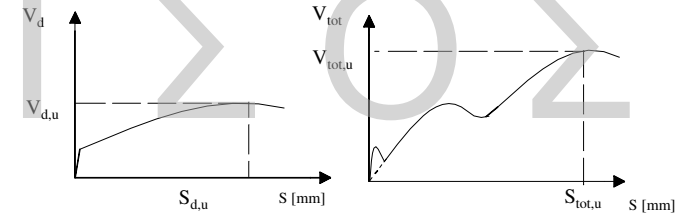
$$F_{ud} = \frac{1,30d_b^2}{\gamma_{Rd}} \sqrt{f_{cd}f_{yd}} \leq \frac{A_s f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad \gamma_{Rd} = 1.3$$

29

## Αλληλεπίδραση Μηχανισμού Ανάλυσης Διατμητικού Φορτίου



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



γ) Δράση βλήτρου

δ) Δράση όλων των μηχανισμών

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

30

## Εκτρέχυνση και Χρήση Χαλύβδινων Βλήτρων



31

## Οπλισμένες Διεπιφάνειες



Χαλύβδινοι Ηλεκτροσυγκολλημένοι Σύνδεσμοι (Αναρτήρες)

32

Θλίβουσα Δύναμη Μανδύα

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

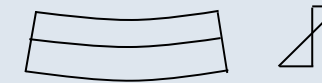
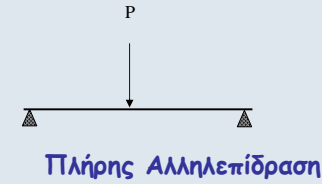
Ελάχιστοι Συνδετήρες Μανδύα

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

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



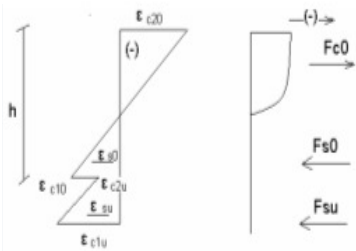
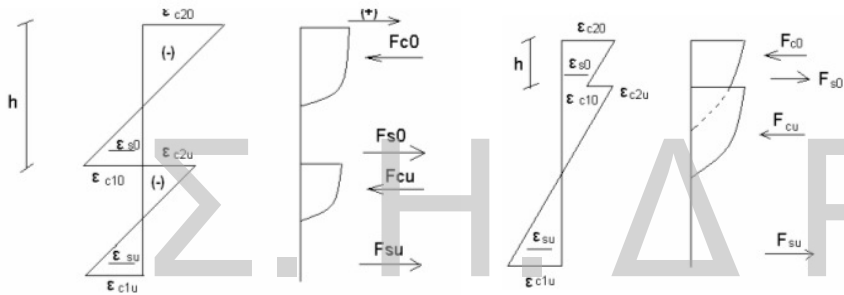
Μερική Αλληλεπίδραση



Διαχωρισμός

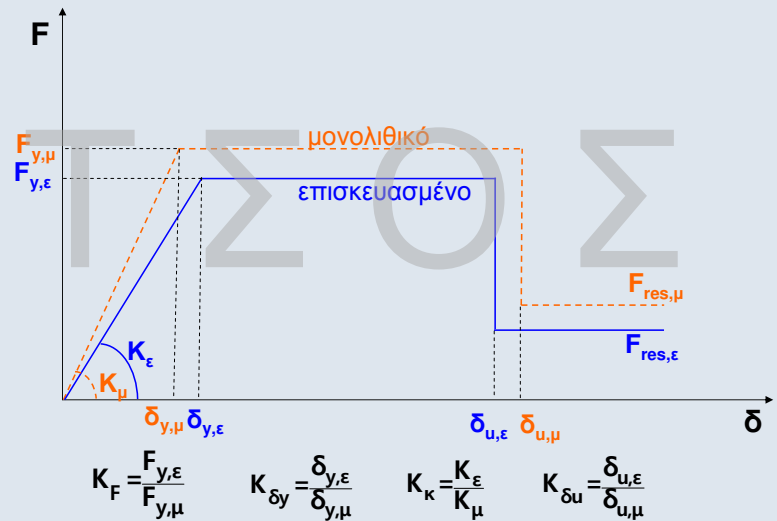


Πιθανή Κατανομή Παραμορφώσεων και Τάσεων



Πόσο θα ήταν το λάθος αν θεωρούσαμε μονολιθική συμπεριφορά;

Καμπύλες Εντατικού Μεγέθους-Παραμόρφωσης με Επισκευασμένα Στοιχεία



### Συντελεστές Μονολιθικότητας

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

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

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

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

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

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

37

### Προσθήκη Νέας Στρώσης Σκυροδέματος

#### Εκτίμηση Ικανότητας

- Με συνεκτίμηση της ολίσθησης
- Προσεγγιστικά με χρήση συντελεστών μονολιθικότητας

Για πλάκες:

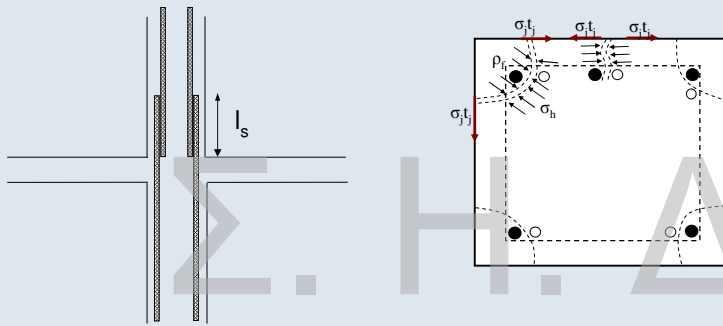
$$k_k = 0,85 \quad k_r = 0,95 \quad k_{\theta y} = 1,15 \quad k_{\theta u} = 0,85$$

Για λοιπά στοιχεία:

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

38

### Αποκατάσταση Ικανότητας Περιοχής με Μειωμένα Μήκη Ματισμένων Ράβδων



$$T_{απ} = (1-\lambda_s) A_b f_s$$

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

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

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

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

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

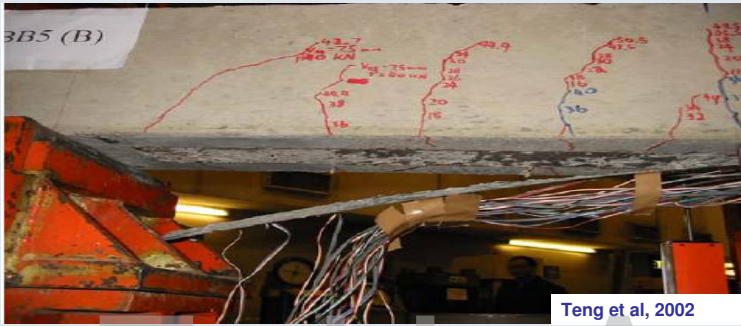
39

### Καμπτική Ενίσχυση

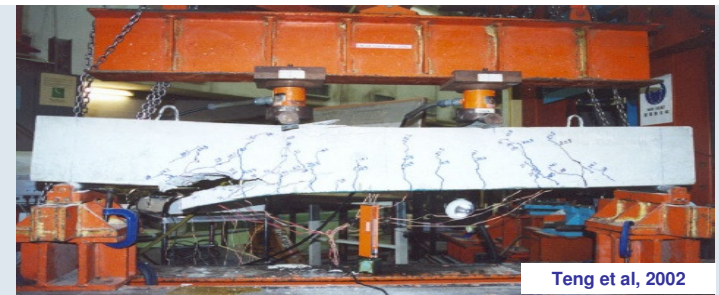
Building Klinkerstr, Amsterdam







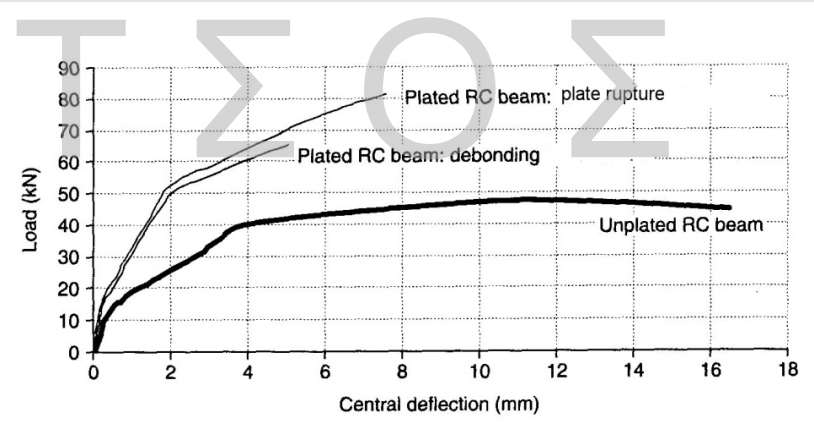
Αναλαμβανόμενη δύναμη επικολλητών φύλλων συναρτήσει του μήκους αγκύρωσης



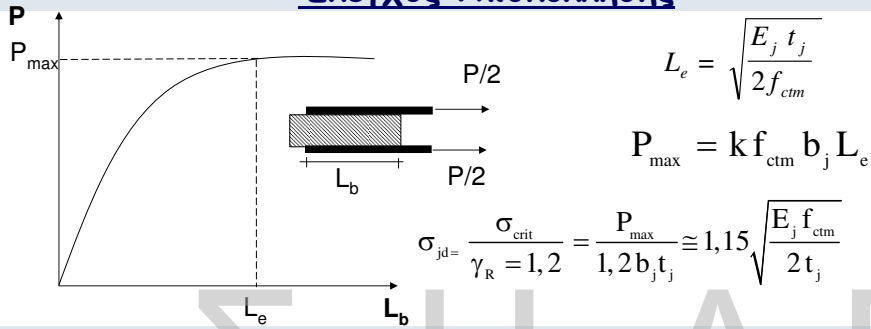
Απόσχιση επικάλυψης σκυροδέματος στο πέρας του σύνθετου υλικού



Διάγραμμα Φορτίου-Βύθισης για Δοκούς Ενισχυμένες με Επικολλητά Ελάσματα



## Έλεγχος Αποκόλλησης



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

$$f_{ctm} \cong 0,3 f_{ck}^{2/3} = 0,316^{2/3} = 1,92 \text{ MPa} \text{ και}$$

$$\sigma_{j,crit} = 1,15 \sqrt{\frac{200 \times 1,92 \times 10^3}{2}} = 504 \text{ MPa}$$

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

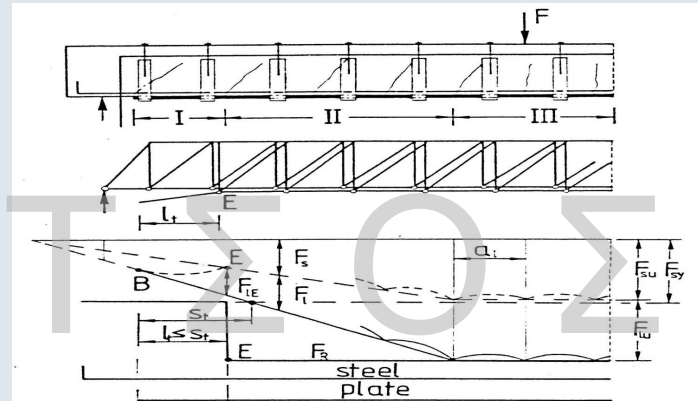
$$t_j \uparrow \Rightarrow \sigma_{j,crit} \downarrow$$

45

## Έλεγχος Απόσχισης Άκρου

$$V_{sd,απολ.} \leq V_{cd,απολ.}$$

$$M_{sd,απολ.} \leq 0,67 M_{Rd,απολ.}$$

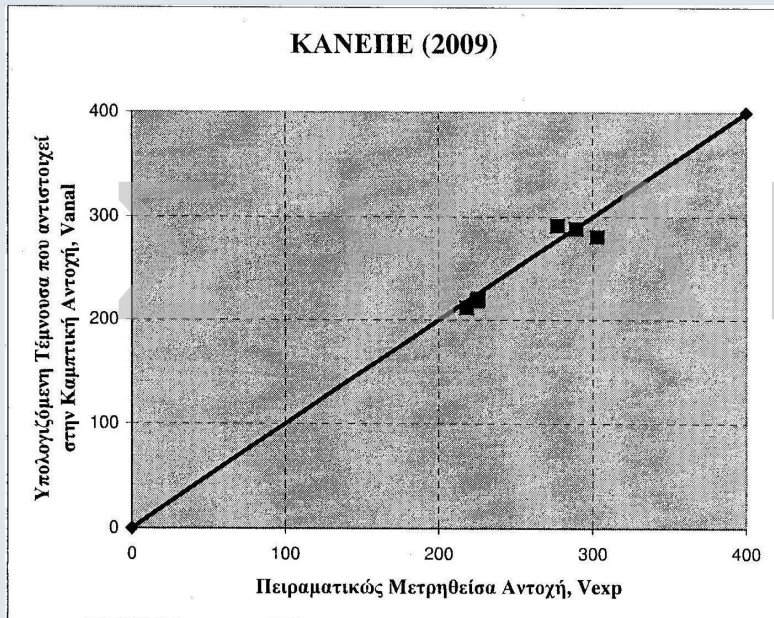


Rostasy, 1997

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

46

## ΚΑΝΕΠΕ (2009)

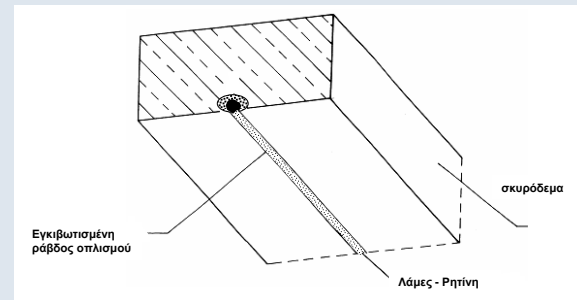
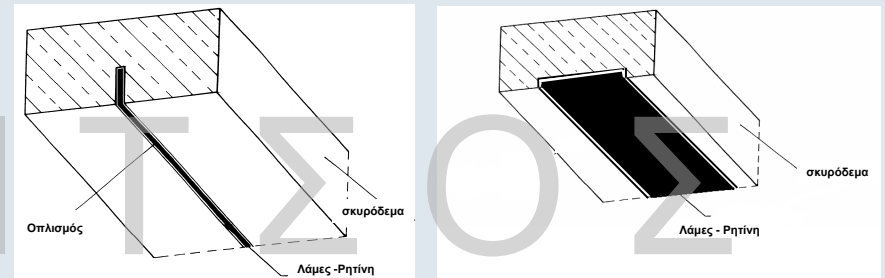


Μιτολίδης, Διδακτορική Διατριβή 2009, ΑΠΘ.

47

## Καμπτική Ενίσχυση με Οπλισμούς εντός "Αυλακιών"

(Δεν καλύπτεται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.)



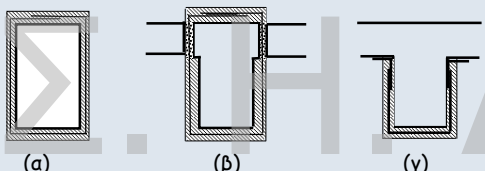
48



### 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



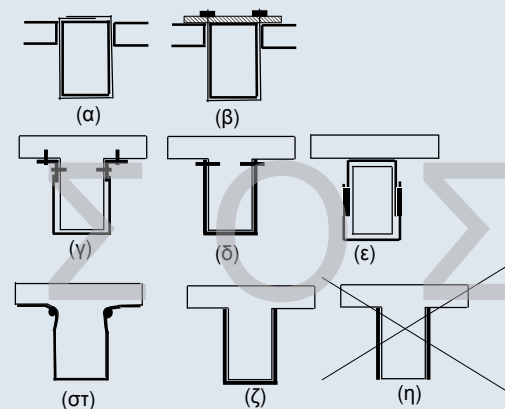
Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας σε λοξή θλίψη:  
 (α), (β) Κλειστές ενισχύσεις, (γ) Ανοικτές ενισχύσεις

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

49

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

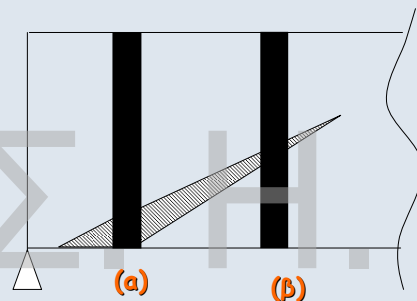
- Με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος
- Με εξωτερικά στοιχεία από χάλυβα ή ΙΟΠ



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

50

### 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 ➔  $k_v = 0,5$

51

### Περίσφιγξη με Μεταλλικό Κλωβό



52



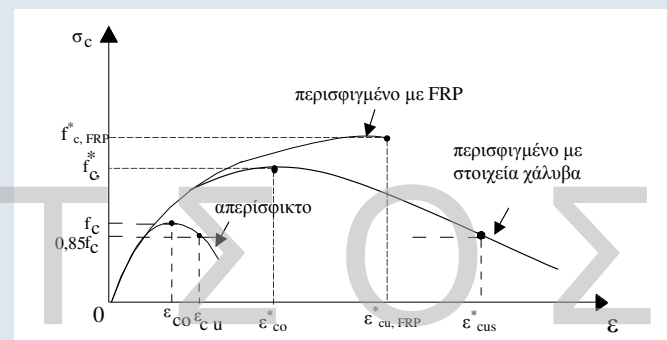
## Περίσφιξη με ΙΟΠ



53



54



Χαλύβδινη περίσφιξη

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

Περίσφιξη ΙΟΠ με ίνες άνθρακος

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

Περίσφιξη ΙΟΠ με ίνες γυαλιού

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

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  $q_u = q/q_0$  ( $q_0$  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  $\omega_w$ :

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  $\mu_d$  αντικαθιστάται με  $m_{\text{απ}}$ .

### Απαίτηση Επιθυμητής Ικανότητας Γωνίας Στροφής Χορδής $\theta_u$ :

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

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

Όπου η  $\theta_y$ :

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  $\mu_\theta$  και  $\mu_d$  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 ΙΟΤ



CEA, Sacley

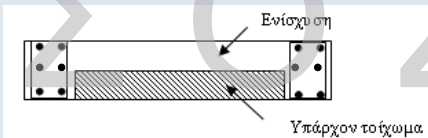
62



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  $m \leq 1,5$

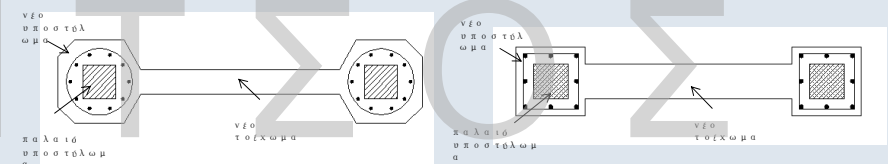
### Προσοχή

Πρόσθετες Τέμνουσες σε Δοκούς και Υποστυλώματα

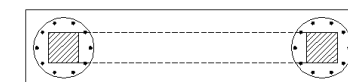
67

## Τοιχωματοποίηση Πλαισίου

Εμφανώσεις πάχους μικρότερου ή ίσου με το πλάτος της δοκού

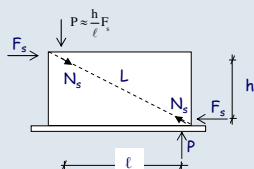


Εμφανώσεις πάχους μεγαλύτερου του πλάτους της δοκού



68

## Τοιχωματοποίηση Πλαισίου Προσομοίωμα Ελέγχου Επάρκειας



Ασκούμενη Τένουσα στο  
Τοίχωμα:

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

### Έλεγχος Αντίστασης Φαντνώματος:

- Θλίψη Διαγώνιου Θλιπτήρα:

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

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

$b_w$  = 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:

$$F_{\beta\lambda...οριζ.} = F_s - \frac{l}{L} N_R > \frac{1}{2} n_v D_u$$

$$F_{\beta\lambda...κατ.} = \frac{h}{l} F_{\beta\lambda...οριζ.} > \frac{1}{2} n_v D_u$$

Ελάχιστη ποσότητα βλήτρων 3Φ16 ανά μέτρο της περιμέτρου και  $\rho_{min}$



## Ενίσχυση Υφιστάμενων Τοίχων Πληρώσεως

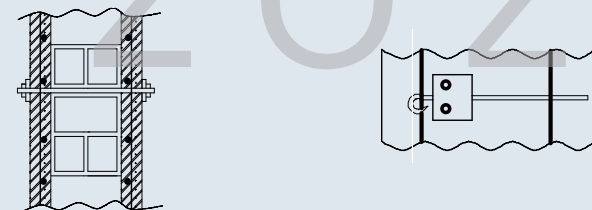
- Με αμφίπλευρες οπλισμένες στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος χωρίς υποχρεωτική αγκύρωση στο περιβάλλον πλαισίωμα.

Ελάχιστο πάχος στρώσης 50 mm

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

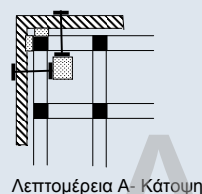
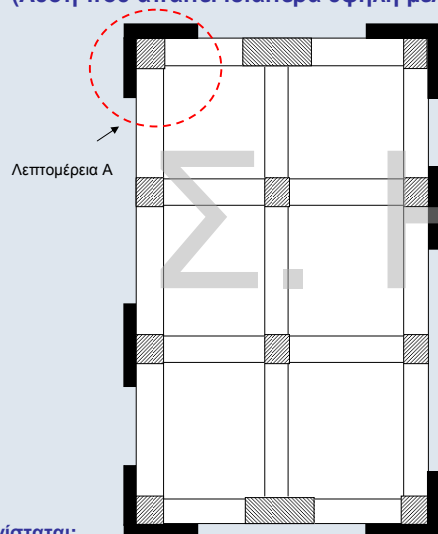
Εξασφάλιση της από κοινού λειτουργίας υφιστάμενης τοιχοποιίας με τις δύο στρώσεις ενίσχυσης μέσω διαμετρών κοχλωτών συνδέσμων:

- Αντίσταση ενισχυμένου τοίχου = Αντίσταση λοξού θλιπτήρα



70

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



Συνιστώμενη θέση τοιχωμάτων  
Ενδεικτική διάταξη συνδέσμων

Συνίσταται:

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

71

## ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΚΤΥΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



72

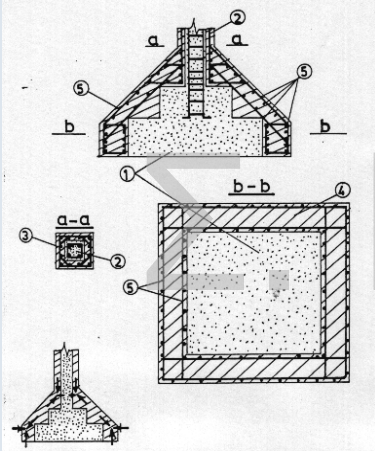
### ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

- 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 μανδύων, όταν η επέμβαση περιλαμβάνει και ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου

73

Ανάρτηση

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

74

Σ. Η. Δ Ρ Ι Τ Σ Ο Σ