

Αποτίμηση και Επεμβάσεις σε Υφιστάμενες Κατασκευές με βάση τον Ευρωκώδικα 8 και τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

➤ Στέφανος Δρίτσος
Καθηγητής

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

1

ΔΥΣΜΕΝΕΙΑ ΠΑΛΑΙΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

(α) Μόρφωση $\bar{\epsilon}$.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

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

(δ) Σχεδιασμός για σεισμικές δράσεις μικρότερες των αντιστοίχων για νέα κτίρια

Σεισμικές Δράσεις

Παλαιά κτίρια: $1,75\chi\epsilon$ π.χ. $1,75\chi 0,08=0.14g$

Νέα κτίρια (μετά 1995): $\alpha\chi 2.5/q$ 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

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
- Χαμηλή ποιότητα σκυροδέματος, Διαβρωμένοι οπλισμοί, Κρυσταλλισμένες ατέλειες

4

ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ → ΘΕΜΑ ΔΥΣΚΟΛΟΤΕΡΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

- Απαιτείται καλή γνώση των μέσων που διατίθενται για επεμβάσεις

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

- Ειδικότερες Τεχνικές για :
 - Υποστυλώματα
 - Τοιχώματα
 - Δοκούς
 - Πλάκες
 - Κόμβους Δοκών-Υποστυλωμάτων
 - Στοιχεία Θεμελίωσης

- Χρήση νέων υλικών υπό διερεύνηση
- Μικρή ή και αρνητική εξειδίκευση και εμπειρία συνεργείων

5

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

1^ο Στάδιο:

Τεκμηρίωση υφιστάμενης κατάστασης

2^ο Στάδιο:

Αποτίμηση επάρκειας κατασκευής

3^ο Στάδιο:

Λήψη απόφασης επέμβασης - Επιλογή λύσης

4^ο Στάδιο:

Αρχικός σχεδιασμός λύσης

5^ο Στάδιο:

Κατασκευή του Έργου ↑ ↓ →

6

ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

- Συστάσεις για Προσεισμικές & Μετασεισμικές Επεμβάσεις (ΟΑΣΠ)
- ΠΕΤΕΠ = Προσωρινές Εθνικές Προδιαγραφές
(www.iok.gr, TEE/IOK 2008)
- Ευροκώδικας 8, Part3 "Assessment & Retrofitting of Buildings"
- ΚΑΝ.ΕΠΕ.
(Ελληνικός Κανονισμός Επεμβάσεων, Σχέδιο 3, Μαρ.2009)
(www.oasp.gr)

7

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1998-3: 2005

March 2005

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

Ευροκώδικας 8: Αντισεισμικός Σχεδιασμός Κατασκευών

Μέρος 3: Αποτίμηση και Επισκευή/Ενίσχυση Κτιρίων

8

Γιατί χρειαζόμαστε έναν Κανονισμό για Επεμβάσεις:

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

- Άλλα πράγματα χρειάζονται
 - Τεκμηρίωση υφιστάμενου φορέα
 - Αντοχές υλικών
 - Οπλισμοί
 - Γεωμετρία (και θεμέλια)
 - Πραγματικά φορτία
 - Προηγούμενες βλάβες ή φθορές ή ελαττώματα

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

9

▪ Άλλες μέθοδοι ανάλυσης απαιτούνται

Οι 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.

10

▪ Τι είναι αστοχία;

Αντοχή < Ένταση

π.χ. $M_{Rd} = 150 \text{ KNm} < M_{sd} = 200 \text{ KNm}$

Σε μία μελέτη νέου κτιρίου φροντίζουμε αυτό να μην ισχύει

Σε ένα υφιστάμενο που η ανισότητα μπορεί να ισχύει

Ερωτήματα: Τι επίπεδα βλάβης θα υπάρξουν;

Ποιες οι συνέπειες;

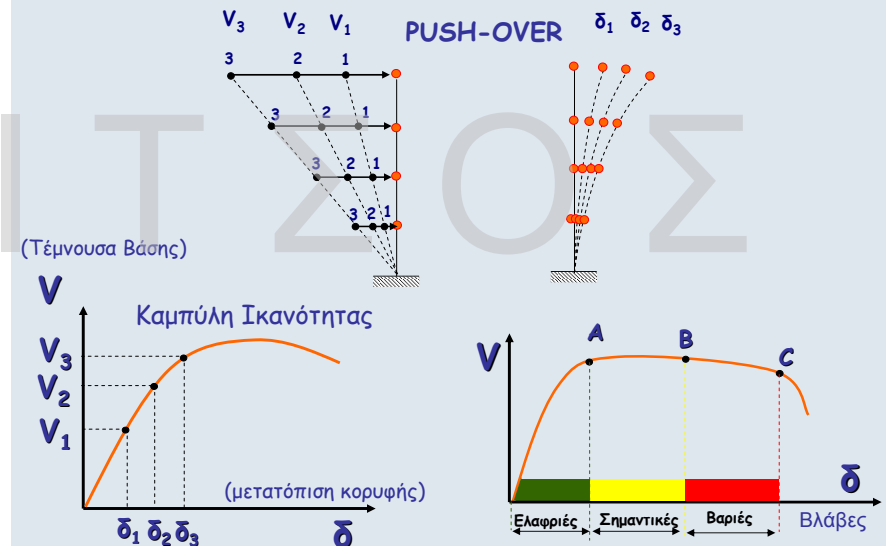
Θα τις δεχτούμε;

- ➔ Στάθμες επιτελεστικότητας - Οριακές καταστάσεις
 - Άμεση χρήση μετά το σεισμό - Damage limitation
 - Ασφάλεια ζωής ενοίκων - Significant damage
 - Όριο κατάρρευσης - Near collapse
- ➔ Πρωτεύοντα - Δευτερεύοντα στοιχεία

11

Στάθμες Επιτελεστικότητας - Οριακές Καταστάσεις

Στατική Οριζόντια Φόρτιση Βαθμιαία Αυξανόμενη "μέχρι τέρμα"



12

- 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

- Ποια η τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q ;

$$q \leq 3.5$$

Ποια η εναλλακτική διαδικασία;

$$q_{loc} = m$$

13

▪ Τοιχοπληρώσεις

Μέχρι τώρα τις αγνοούμε.
 Γιατί;

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

Παράδειγμα

Συμμετοχή στην συνολική αντοχή της κατασκευής

	Φέρων οργανισμός	Τοιχοπληρώσεις	Σύνολο
Νέες κατασκευές	500	100	600
Παλιές κατασκευές	100	100	200

Στις παλιές κατασκευές ο ρόλος τους σημαντικός

Αν αγνοηθούν στην αποτίμηση των παλαιών κατασκευών →

Ανάγκη σοβαρών ενισχύσεων (συχνά ανέφικτων)

14

- Τρόποι και διαστασιολόγηση ενισχύσεων



ΠΕΤΕΠ



EC8-Part 3 & KAN.ETPE.

- Ενίσχυση με εκτοξευόμενο
- Ενίσχυση με σύνθετα υλικά
- Ενίσχυση με νέα τοιχώματα
- Ενίσχυση με δικτυωτά συστήματα
- Ενίσχυση τοιχοπληρώσεων με εκτοξευόμενο → τοιχώματα τύπου sandwich

15

EC8-Part 3 & KAN.ETPE.

Λύνονται τα θέματα;

Κόστος:

Τεκμηρίωση +

Αποτίμηση Σεισμικής Αντοχής υπάρχοντος +

Μελέτη Ενίσχυσης ≈

8 x Κόστος Μελέτης Νέου Κτιρίου

16

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ (PERFORMANCE REQUIREMENTS)

(Οριακές καταστάσεις (LS) ή στάθμες εκτελεστικότητας ή επίπεδα βλάβης)

LS of Near Collapse (NC) ➔ Οιονεί κατάρρευση (KANETTE), βαριές και εκτεταμένες βλάβες, κτίριο πολύ κοντά στην κατάρρευση

LS of Significant Damage (SD) ➔ Ασφάλεια Ζωής (KANETTE), κτίριο με αποδεκτές σοβαρές βλάβες όπως ο σχεδιασμός νέων κτιρίων.

LS of Damage Limitation (DL) ➔ Άμεση χρήση (KANETTE), Μηδαμινές βλάβες, τα στοιχεία δεν έχουν ουσιωδώς ξεπεράσει την διαρροή τους

17

Για ποιά οριακή κατάσταση θα γίνει ο σχεδιασμός:

➔ Εθνικό προσάρτημα (πρέπει να ορίσει)

Για ποιά σεισμό σχεδιασμού:

➔ Εθνικό προσάρτημα (πρέπει να ορίσει)

Πιθανότητα Υπέρβασης σεισμικής δράσης σε 50 χρόνια	Μηδαμινές Βλάβες ή Άμεση Χρήση	Σοβαρές βλάβες ή Ασφάλεια ζωής	Οιονεί Κατάρρευση
2% Περιοδ. Επανάλ. 2475 χρόνια	DL _{2%}	SD _{2%}	NC _{2%}
10% Περιοδ. Επανάλ. 475 χρόνια	DL _{10%}	SD _{10%}	NC _{10%}
20% Περ. Επανάλ. 225 χρόνια	DL _{20%}	SD _{20%}	NC _{20%}
50% Περ. Επανάλ. 70 χρόνια	DL _{50%}	SD _{50%}	NC _{50%}

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

18

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

19

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ (COMPLIANCE CRITERIA)

▪ Διάκριση στοιχείων σε «πλάστιμα» και «Ψαθυρά»

Ανίσωση ασφαλείας $S_d \leq R_d$
Ψαθυρά: Έλεγχος σε όρους δυνάμεων (κατά τα γνωστά M, N, V)
Πλάστιμα: Έλεγχος σε όρους παραμορφώσεων (π.χ.)
Αν χρησιμοποιηθεί η μέθοδος q ➔ Έλεγχος σε όρους δυνάμεων

▪ Αντοχές υλικών

Υφιστάμενα υλικά: Μέσες τιμές/ συντελεστή αξιοπιστίας (συντελεστής αξιοπιστίας ανάλογα με την στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (Knowledge Level))
Νέα Υλικά: Χαρακτηριστικές Τιμές

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

Σεισμικώς δευτερεύοντα: Αποδεκτές μεγαλύτερες βλάβες

20

ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ (INFORMATION)

- Γενικές πληροφορίες
- Απαιτούμενα Δεδομένα
 - a) Προσδιορισμός φέροντος οργανισμού και έλεγχος αν τηρεί τα κριτήρια κανονικότητας του EC8- Part 1
 - b) Τύπος θεμελίωσης
 - c) Συνθήκες εδάφους
 - d) Διαστάσεις διατομών και μηχανικές χαρακτηριστικές υλικών
 - e) Πληροφορίες για πιθανά ελαττώματα στα υλικά και στην τοποθέτηση του οπλισμού
 - f) Πληροφορίες για τους κανόνες αντισεισμικού σχεδιασμού της εποχής μελέτης, $q=?$
 - g) Χρήση κτηρίου και κατηγοριοποίηση σπουδαιότητας
 - h) Επανεκτίμηση των πραγματικών δράσεων (φορτίων)
 - i) Πληροφορίες για προγενέστερες ή παρούσες βλάβες και τυχόν επεμβάσεις

21

ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ (INFORMATION)

- Στάθμες αξιοπιστίας (Knowledge Levels)

KL1: Χαμηλή στάθμη αξιοπιστίας (Limited Knowledge)

KL2: Συμβατική στάθμη αξιοπιστίας (Normal Knowledge)

KL3: Υψηλή στάθμη αξιοπιστίας (Full Knowledge)

22

ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ (INFORMATION)

- Συντελεστές αξιοπιστίας CF (Confidence factors)

Ανάλογα με KL

Knowledge Level	Geometry	Details	Materials	Analysis	CF
KL1		Simulated design in accordance with relevant practice and from limited <i>in-situ</i> inspection	Default values in accordance with standards of the time of construction and from limited <i>in-situ</i> testing	LF-MRS (Ισομορφική)	$CF_{KL1} = 1,35$
KL2	From original outline construction drawings with sample visual survey or from full survey	From incomplete original detailed construction drawings with limited <i>in-situ</i> inspection or from extended <i>in-situ</i> inspection	From original design specifications with limited <i>in-situ</i> testing or from extended <i>in-situ</i> testing	All	$CF_{KL2} = 1,20$
KL3		From original detailed construction drawings with limited <i>in-situ</i> inspection or from comprehensive <i>in-situ</i> inspection	From original test reports with limited <i>in-situ</i> testing or from comprehensive <i>in-situ</i> testing	All	$CF_{KL3} = 1,00$

Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων (ΣΑΔ) κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.

- Υψηλή → KL3
- Ικανοποιητική → KL2
- Ανεκτή → KL1
- Ανεπαρκής: επιτρέπεται, μόνο για δευτερεύοντα στοιχεία

Χάλυβας: Επιτρέπεται μακροσκοπική αναγνώριση και κατάταξη, οπότε η ΣΑΔ θεωρείται ικανοποιητική

24

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.

25

Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων

▪ Δεδομένα:

ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΑΝΩΔΟΜΗΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ	ΙΔΙΑ ΒΑΡΗ ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΩΝ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ, κ.λ.π.
--------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	--

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

26

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
- Δεν υπάρχουν δεδομένα

27

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (ASSESSMENT)

- Σεισμικές Δράσεις και Συνδυασμός δράσεων, Ελαστικό Φάσμα Ισχύει EC8-Part1

- Έλεγχοι : «Ψαθυροί» και «Πλάστιμοι» Τρόποι Αστοχίας

- Μέθοδοι Ανάλυσης

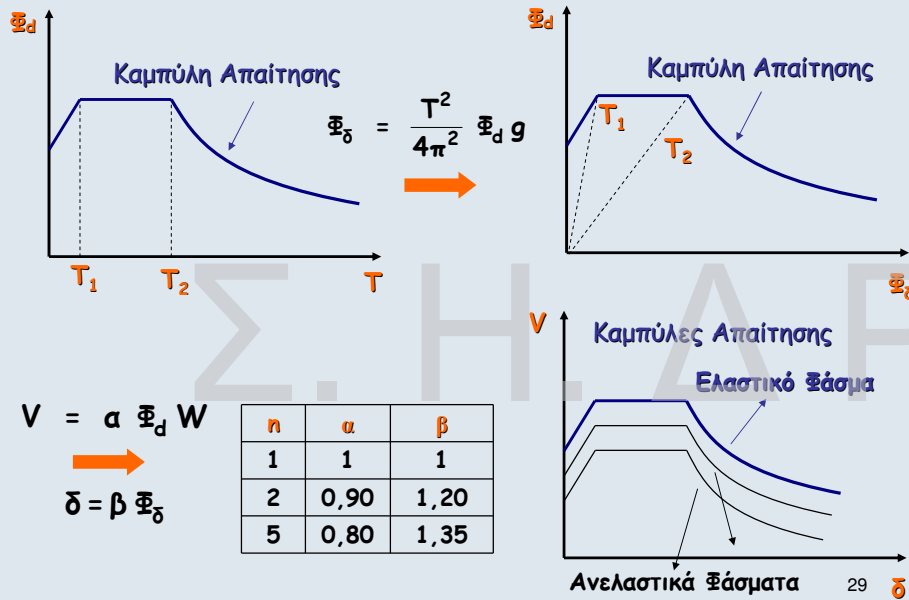
(με διαφορές προϋποθέσεων κατά EC8 και ΚΑΝ.ΕΤΤΕ.)

Ίδιες με αυτές που αφορούν τις νέες κατασκευές (EC8-Part 1)

- Μέθοδος Ανάλυσης οριζόντιας Φόρτισης (ελαστική)
- Ιδιομορφική Ανάλυση Φάσματος Απόκρισης (ελαστική)
- Μη Γραμμική Στατική Ανάλυση (push-over)
- Μη γραμμική Ανάλυση Χρονοϊστορίας (Δυναμική)
- Με έλεγχο δυνάμεων: Μέθοδοι α) ή β) με χρήση q .
 - $q=1,5$ για κατασκευές από σκυρόδεμα
 - $q=2,0$ για μεταλλικές κατασκευέςΜεγαλύτερες τιμές q μετά από τεκμηρίωση

28

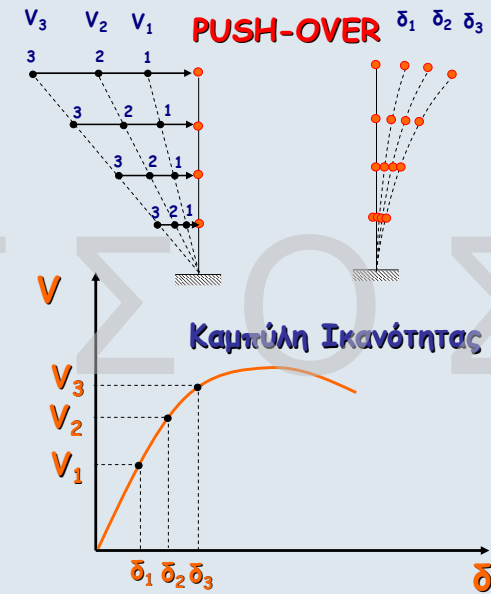
ΑΡΧΕΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ



29

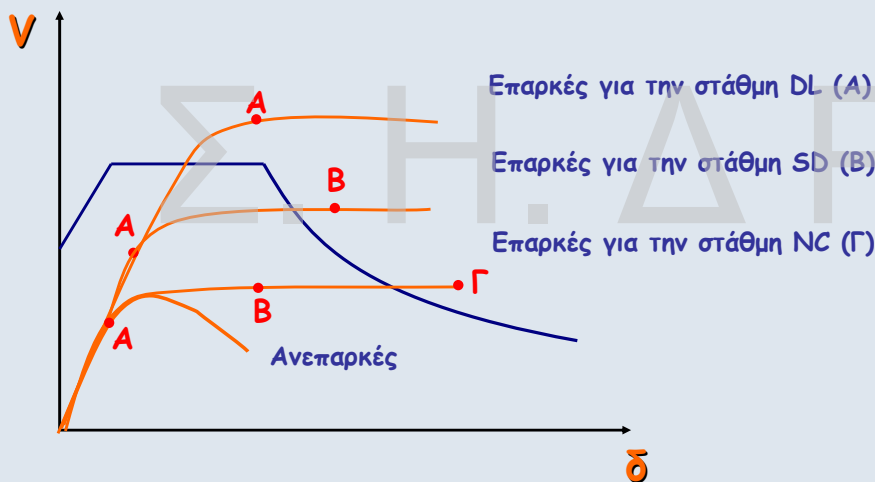
ΑΡΧΕΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Στατική Οριζόντια Φόρτιση Βαθμιαία Αυξανόμενη "μέχρι τέρμα"



30

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ



31

ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

ΩΣ ΣΥΝΟΛΟΥ



32

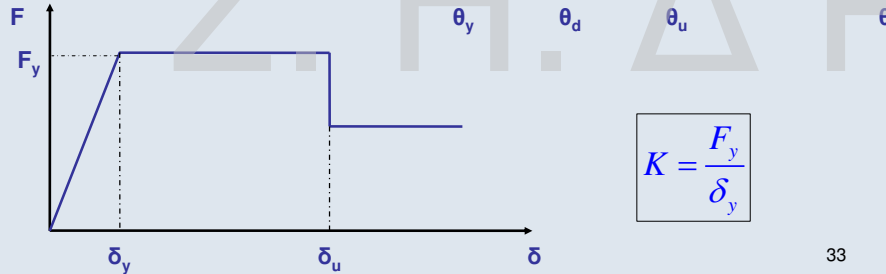
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

EC8-Part3: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α (Informative)

ΚΑΝ.ΕΠΕ.

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

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



33

ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΛΩΝ

Ικανότητα στροφής χορδής κατά τη διαρροή:

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

Δοκοί και Υποστυλώματα

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

Τοιχεία ορθογωνικής, Τ- και Ι- Διατομής

Οριακή ικανότητα στροφής χορδής:

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

Πλαστικό τμήμα ικανότητας στροφής χορδής:

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

Μάτιση Ράβδων με νευρώσεις σε ευθύγραμμο μήκος l_o

- Σε μάτιση θλιβομένων ράβδων μετρούν και οι δύο στο θλιβόμενο οπλισμό
- Για M_y, ϕ_y, θ_y : $f_y \times l_o / l_{oy,min}$, αν $l_o < l_{oy,min} = (0,3 \cdot f_y / \sqrt{f_c}) \cdot d_b$
- Για τη στροφή χορδής στην αστοχία: $\theta_{um}^{pl} \times l_o / l_{ou,min}$, αν $l_o < l_{ou,min} = d_b \cdot f_y / [(1,05 + 14,5 \cdot \alpha_{rs} \cdot \omega_{sx}) \sqrt{f_c}]$

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: θ_{um} επιπλέον $\times (10 + l_o / d_b) / 50$, αν $l_o < 40d_b$

35

ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Στάθμη Επιτελεστικότητας:

— Άμεση Χρήση (DL):

$$\theta_d = \theta_y$$

— Ασφάλεια Ζωής (SD):

Πρωτεύοντα:

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

Δευτερεύοντα ή Τοιχοπληρώσεις:

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

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

— Οιονεί Κατάρρευση (NC)

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

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

36

ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΤΕΜΝΟΥΣΑ

Δοκοί και Υποστυλώματα

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

Όπου:

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

Για ορθογωνικές διατομές

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

Για κυκλικές διατομές

Τοιχώματα

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

Κοντά Υποστυλώματα (LV/h)2

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

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΚΑΝ.ΕΠΕ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

8.1 Γενικές Απαιτήσεις

- Ελεγχος διεπιφανειών

8.2 Επεμβάσεις σε Κρίσιμες Περιοχές Ραβδόμορφων Δομικών Στοιχείων

- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της ικανότητας έναντι μεγθών 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

8.3 Επεμβάσεις σε Κόμβους Πλαισίων

- Ανεπάρκεια λόγω διαγώνιας θλίψης κόμβου
- Ανεπάρκεια σπλισμού κόμβου

8.4 Επεμβάσεις σε Τοιχώματα

- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση ικανότητας έναντι μεγθών ορθής έντασης
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας τέμνουσας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της πλαστιμότητας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της δυσκαμψίας

8.5 Εμφάνιση Πλαισίων

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

8.6 Προσθήκη Νέων Παράπλευρων Τοιχωμάτων και Δικτυωμάτων

- Σύνδεσμοι
- Θεμελίωση νέων τοιχωμάτων
- Διαφράγματα

8.7 Επεμβάσεις σε Στοιχεία Θεμελίωσης

38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Σκυρόδεμα Χάλυβας Σύνθετα

8.1 Γενικές Απαιτήσεις

- Ελεγχος διεπιφανειών

8.2 Επεμβάσεις σε Κρίσιμες Περιοχές Ραβδόμορφων Δομικών Στοιχείων

- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της ικανότητας έναντι μεγθών 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

8.3 Επεμβάσεις σε Κόμβους Πλαισίων

- Ανεπάρκεια λόγω διαγώνιας θλίψης κόμβου
- Ανεπάρκεια σπλισμού κόμβου

8.4 Επεμβάσεις σε Τοιχώματα

- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση ικανότητας έναντι μεγθών 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

8.5 Εμφάνιση Πλαισίων

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

8.6 Προσθήκη Νέων Παράπλευρων Τοιχωμάτων και Δικτυωμάτων

- Σύνδεσμοι
- Θεμελίωση νέων τοιχωμάτων
- Διαφράγματα

8.7 Επεμβάσεις σε Στοιχεία Θεμελίωσης

39

IOK

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ (ΠΕΤΕΠ)

Εργασίες Αποκατάστασης Ζημιών Κατασκευών από τον Σεισμό και λοιπούς Βλαπτικούς Παράγοντες

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
Αθήνα 2008

40



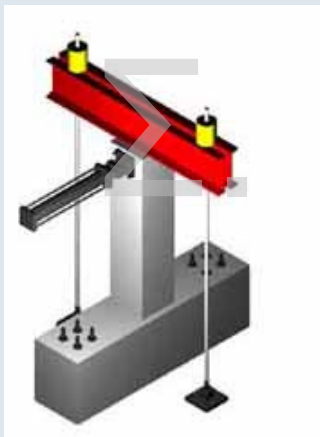
Εκτράχυνση με Αμμοβολή

41



Προετοιμασία Επιφάνειας με Αεροματσάκονο

42

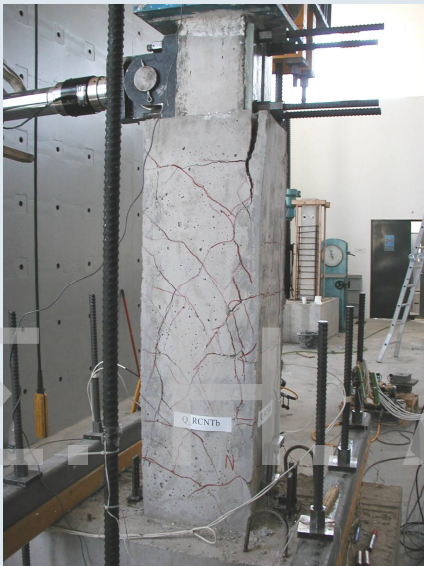


43



Βλάβες σε Δοκίμιο με Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα και Βλήτρα

44



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

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑ Ανίσωση Ασφαλείας

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

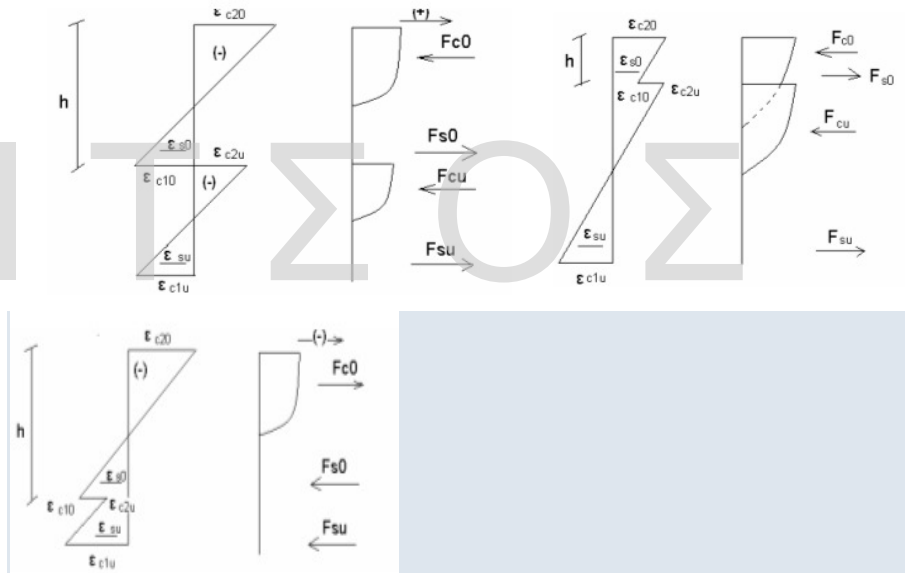
Αντίσταση Διεπιφάνειας
(σε θλίψη, σε εφελκυσμό, διατμητική)
(βλ. Κεφ.6)

Εντατικά Μεγέθη
που δρουν στη διεπιφάνεια

- Ελάχιστα και Μέγιστα

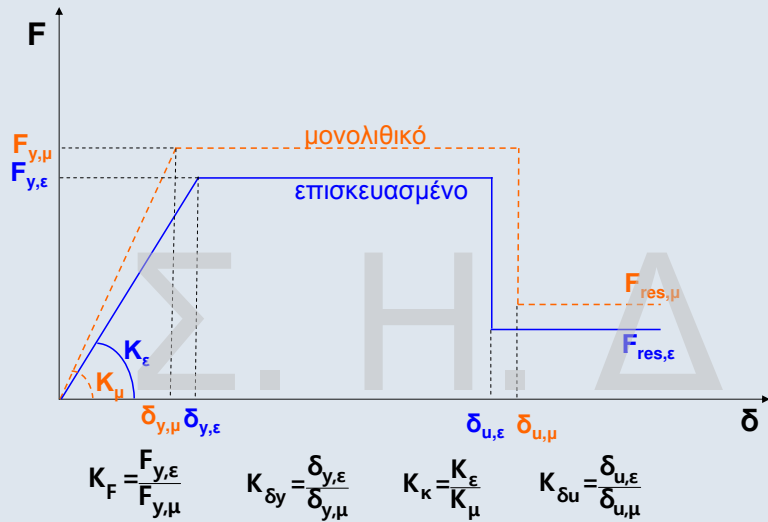


Πιθανή Κατανομή Παραμορφώσεων και Τάσεων



Πόσο θα ήταν το λάθος αν θεωρούσαμε μονολιθική συμπεριφορά;

ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΕΝΤΑΤΙΚΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ-ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΜΕ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ



49

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΤΗΤΑΣ

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

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

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

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

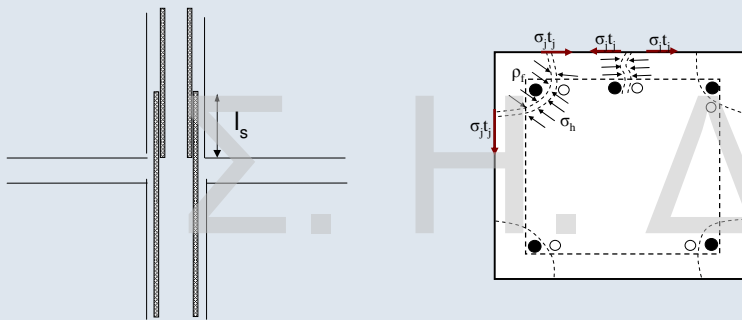
$$k_{\delta u} = \frac{\text{Οριακή παραμόρφωση πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Οριακή παραμόρφωση μονολιθικού στοιχείου}}$$

Προσεγγιστική Μέθοδος Μονολιθικής Συμπεριφοράς

Αντοχή, Πλαστιμότητα, Δυσκαμψία, Ικανότητα Παραμόρφωσης Ενισχυμένου Στοιχείου = \mathbf{K}_i (Αντοχή, Πλαστιμότητα, Δυσκαμψία, Ικανότητα Παραμόρφωσης Μονολιθικού Στοιχείου)

50

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΜΗΚΗ ΜΑΤΙΣΜΕΝΩΝ ΡΑΒΔΩΝ



$$T_{\alpha\pi} = (1-\lambda_s) A_b f_s$$

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

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

$$t_{j,\alpha\pi} = \frac{(1-\lambda_s) A_b f_s}{\beta \mu l_s \sigma_j}$$

51

Για Γωνιακές Ράβδους

$$\left(\frac{A_j}{s} \right)_{\alpha\pi} = \left[k_1 \left(\frac{f_{sy} d_s}{f_c l_s} \right) - 0,4 \frac{c}{d_s} - 0,30 \right]^2 \frac{f_c^2 \cdot d_s^2}{k_2 \cdot E_j \cdot f_{ctm}}$$

$$A_j / s = t_j \quad \text{για συνεχή μανδύα}$$

$$k_1 = 1,7 \text{ για στάθμη επιτελεστικότητας A}$$

$$= 1,5 \text{ για στάθμη επιτελεστικότητας B ή Γ}$$

$$k_2 = 0,3$$

$$\frac{c}{d_s} \geq 2$$

52

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΗΣ ΖΩΝΗΣ

- Προσθήκη Ελασμάτων (χάλυβα ή ΙΟΠ) ή υφασμάτων από ΙΟΠ στο εφελκούμενο πέλμα
- Προσθήκη Νέας Στρώσης Οπλισμένου Σκυροδέματος στο εφελκούμενο ή στο θλιβόμενο πέλμα

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΘΛΙΒΟΜΕΝΗΣ ΖΩΝΗΣ

- Προσθήκη Νέας Στρώσης Οπλισμένου Σκυροδέματος στο εφελκούμενο ή στο θλιβόμενο πέλμα

ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΗΣ ΚΑΙ ΘΛΙΒΟΜΕΝΗΣ ΖΩΝΗΣ

- Συνίσταται η χρήση μανδουλών

53

Καμπτική Ενίσχυση



ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ Η ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ

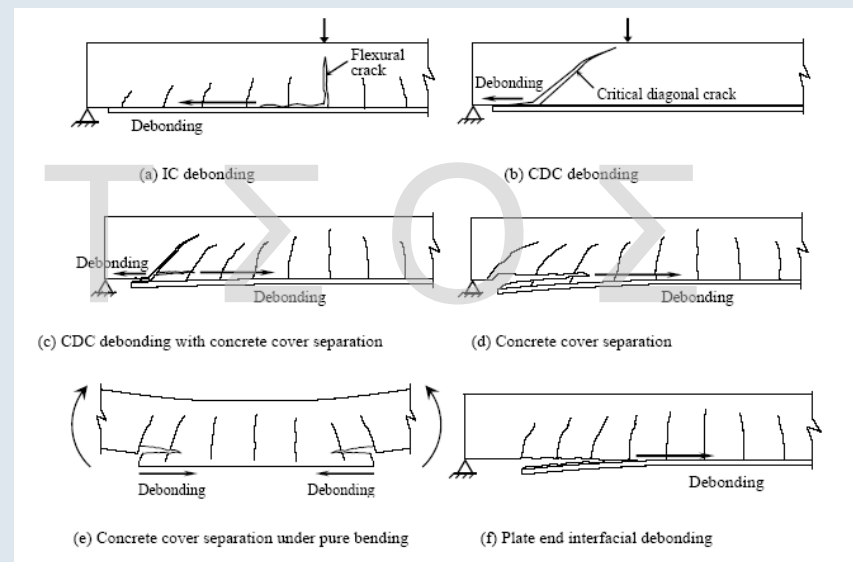
- Το υφιστάμενο στοιχείο πρέπει να μπορεί να αναλάβει την ένταση από μόνιμα φορτία
- Στην φάση αστοχίας να έχει διαρρεύσει ο υφιστάμενος εφελκούμενος οπλισμός
- Το υλικό ενίσχυσης θεωρείται νέος εξωτερικός οπλισμός και το στοιχείο μονολιθικό
Εφελκυστικές Δυνάμεις από την **συνολική καμπτική** ένταση
→ Νέος + Παλιός οπλισμός

Προσεγγιστικά:

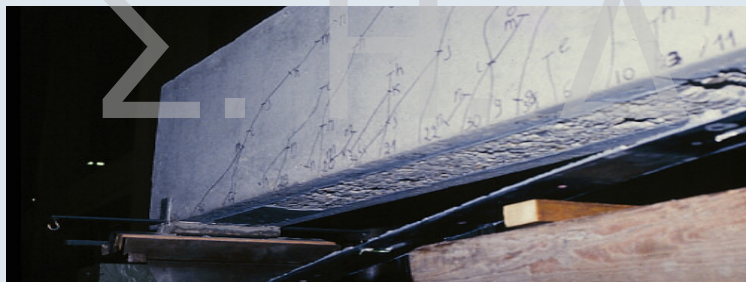
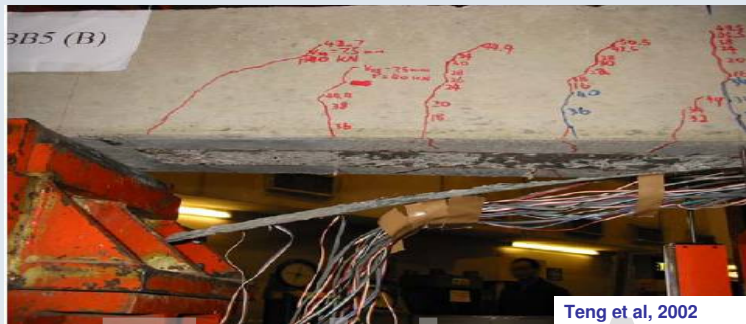
$$A_j = \frac{\Delta M_{do}}{z \cdot \sigma_{jd}}$$

- Κατασκευαστικές Διατάξεις
πάχος, πλάτος, πλήθος στρώσεων, χρήση βλήτρων, αποστάσεις
- Όχι σε περιοχές αλλαγής προσήμου της ροπής

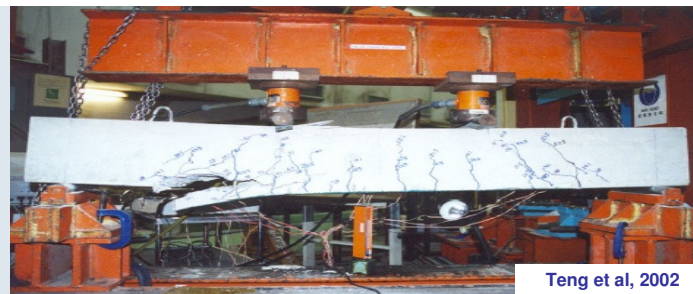
55



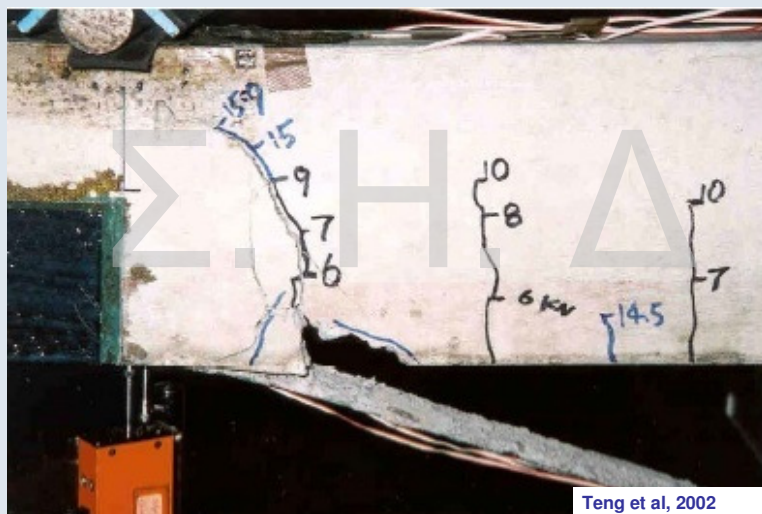
56



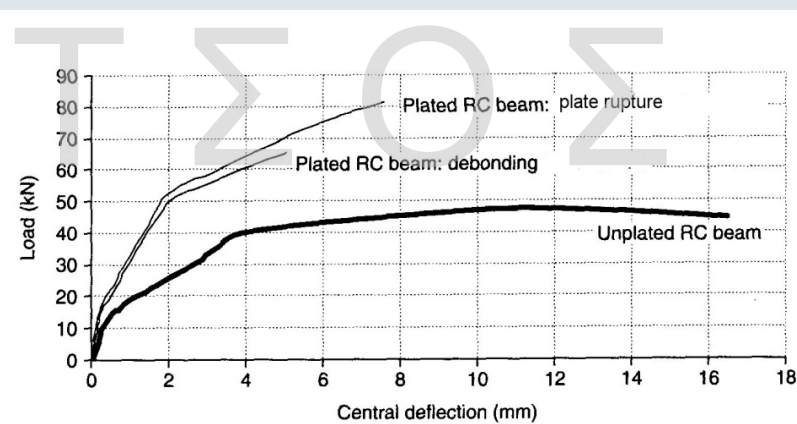
Αναλαμβανόμενη δύναμη επικολητών φύλλων συναρτήσεως του μήκους αγκύρωσης



Απόσχιση επικάλυψης σκυροδέματος στο πέρας του σύνθετου υλικού



Διάγραμμα Φορτίου-Βύθισης για Δοκούς Ενισχυμένες με Επικολητά Ελάσματα



Τάση Σχεδιασμού Υλικού Ενίσχυσης

$$\sigma_{jd} = \dots$$

Πιθανές Μορφές Αστοχίας

- Θραύση του υλικού ενίσχυσης: $\sigma_{jd} = \frac{1}{\gamma_m} \cdot f_{jk}$
- Πρώρη αποκόλληση του υλικού ενίσχυσης (στα άκρα ή σε ενδιάμεσες θέσεις) $\sigma_j = \frac{\sigma_{j,crit}}{\gamma_{Rd}} \quad \gamma_{Rd} = 1,2$

$$\sigma_{j,crit} = \beta \frac{\tau_b^{αποκ.}}{t_j} L_e$$

$$\beta = \beta_w \cdot \beta_L$$

Διορθωτικός συντελεστής

- β_w : Επιρροή πλάτους σπλισμού ενίσχυσης
- β_L : Επιρροή διατιθέμενου μήκους αγκύρωσης

$$L_e = \sqrt{\frac{E_j t_j}{2 f_{ctm}}}$$

Ενεργό μήκος αγκύρωσης

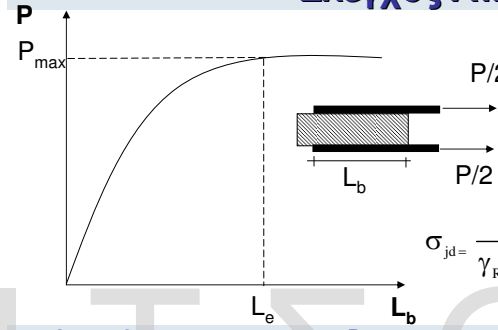
$$t_j = \psi \cdot k \cdot t_{j1}$$

t_{j1} = πάχος στρώσης

$$\psi = k^{-1/4} \quad \text{για } k \geq 4$$

61

Έλεγχος Αποκόλλησης



$$L_e = \sqrt{\frac{E_j t_j}{2 f_{ctm}}}$$

$$P_{max} = k f_{ctm} b_j L_e$$

$$\sigma_{jd} = \frac{\sigma_{crit}}{\gamma_R = 1,2} = \frac{P_{max}}{1,2 b_j t_j} \approx 1,15 \sqrt{\frac{E_j f_{ctm}}{2 t_j}}$$

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

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

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

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

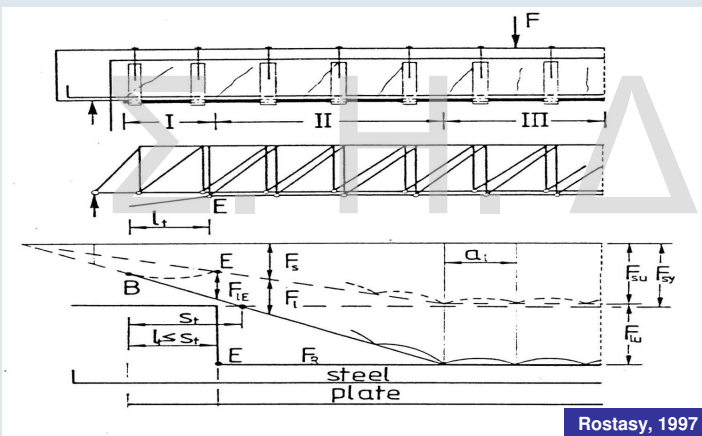
$$t_j \uparrow \Rightarrow \sigma_{j,crit} \downarrow$$

62

Έλεγχος Απόσχισης Άκρου

$$V_{sd, απολ.} \leq V_{cd, απολ.}$$

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

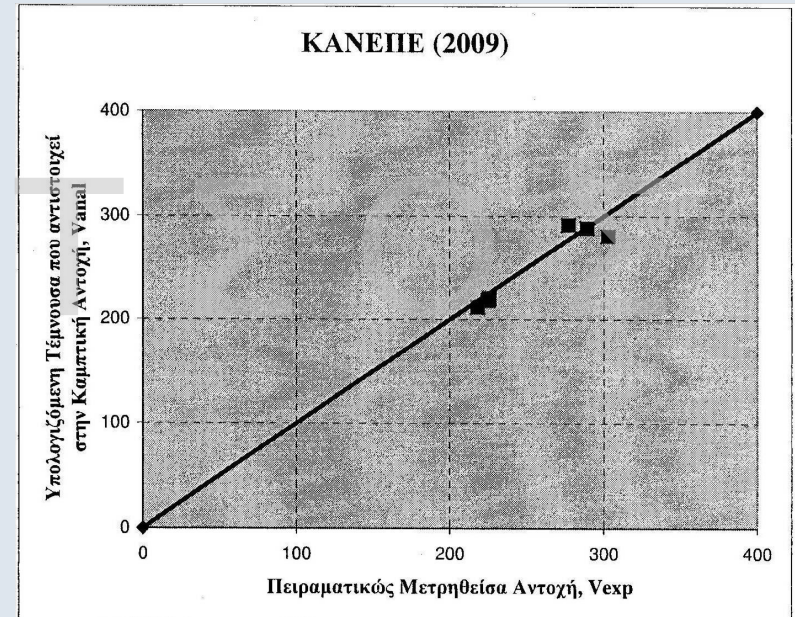


Rostasy, 1997

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

63

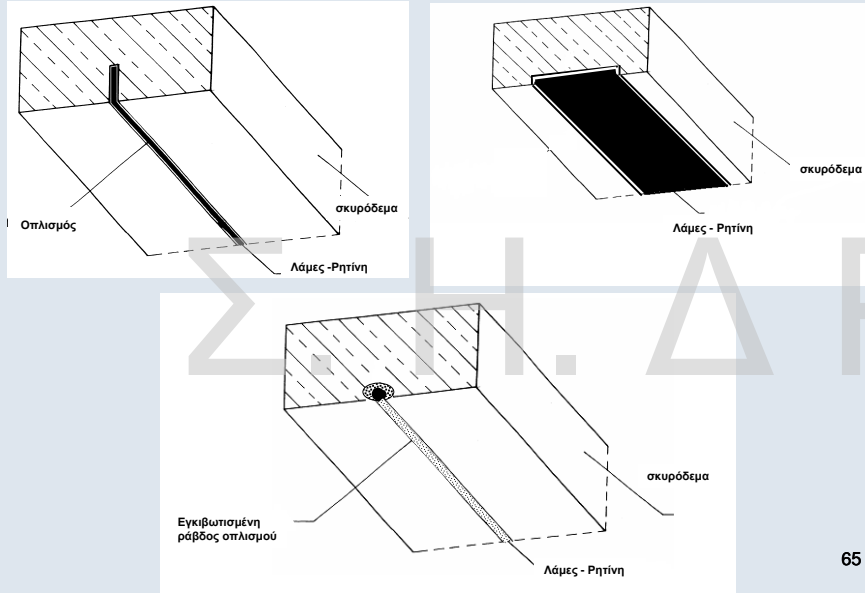
KANEΠE (2009)



Μιτολιδης, Διδακτορική Διατριβή 2009, ΑΠΘ.

Καμπτική Ενίσχυση με Οπλισμούς εντός “Αυλακιών”

(Δεν καλύπτεται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.)



65

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Εκτίμηση ικανότητας

- Με συνεκτίμηση της ολίσθησης
- Προσεγγιστικά με χρήση συντελεστών μονολιθικότητας

Για πλάκες:

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

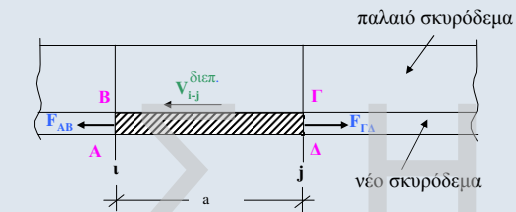
Για λοιπά στοιχεία:

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

66

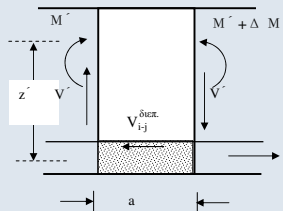
ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Έλεγχος Διεπεφανειών - Αγκυρώσεων



$$V_{i-j}^{\text{dielep.}} = F_{AB} - F_{GD}$$

ή



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

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

$$V_{i-j}^{\text{dielep.}} \leq \frac{V_{i-j}^{\text{dielep.}}}{R_d}$$

$$\text{Ελάχιστο Ποσοστό Βλήτρων } \rho_s = \frac{A_{sd}}{A_{c0} \sin \alpha} \geq 0,18 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \quad 67$$



68

ΜΑΝΔΥΞΕΣ Ο.Σ.



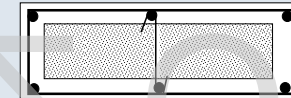
69



70



71

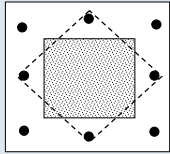


Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε επιμήκεις διατομές

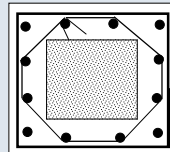
72

Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε τετραγωνικές διατομές

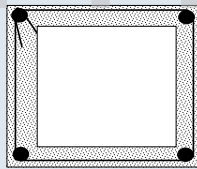
ΟΧΙ



ΝΑΙ



γωνία 45°



73



Άνοιγμα Συνδετήρων

74



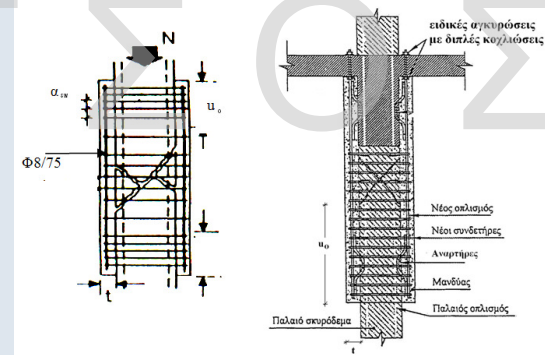
Ηλεκτροσυγκόλληση Άκρων Συνδετήρων Μανδύα 75

ΜΑΝΔΥΕΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Εκτίμηση Ικανότητας

Με συνεκτίμηση της σχετικής ολίσθησης στις διεπιφάνειες ή
Με χρήση συντελεστών μονολιθικότητας (Ref. 10, 12, 24)

Έλεγχος Μεταφοράς Δυνάμεων: Αρχικό Στοιχείο-Μανδύας



Ενδεικτική απεικόνιση άκρων μανδύα

- (α) Με επαρκές μήκος συναρμογής και στα δύο άκρα
- (β) Χωρίς επαρκές μήκος συναρμογής στο ένα άκρο

76

Θλίβουσα Δύναμη Μανδύα

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

Ελάχιστοι Συνδετήρες Μανδύα

ΕΚΩΣ 2000

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

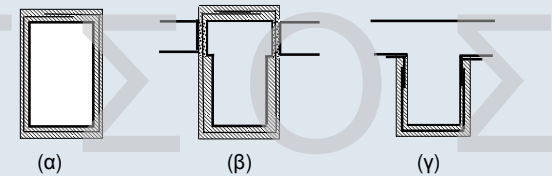
Προσεγγιστική Μέθοδος Μονολιθικής Συμπεριφοράς

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

ΑΥΞΗΣΗ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ

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

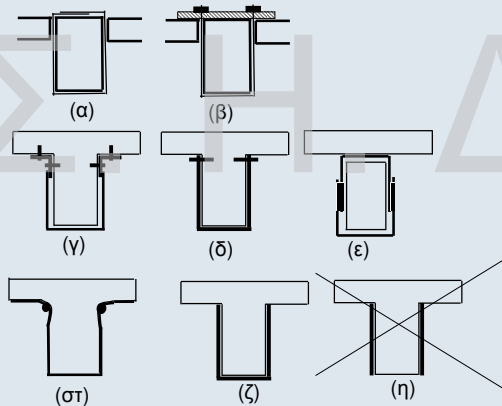


Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας σε λοξή θλίψη: (α), (β) Κλειστές ενισχύσεις, (γ) Ανοικτές ενισχύσεις

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

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

ΑΥΞΗΣΗ V_{Rd3}

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} + V_{jd}$$

Παλαιοί Συνδετήρες: $V_{wd} = \frac{A_{sw}}{S_w} z f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$

Νέα Ενίσχυση: $V_{jd} = \sigma_{jd} \cdot \rho_j \cdot b_w \cdot h_{j,ef} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin^2 \alpha$

$\rho_j = \frac{2A_j}{s_j \cdot b_w \cdot \sin \alpha}$ $A_j = t_j \cdot w_j$ $t_j = A_j / s_j$ $h_{j,ef} = 2/3 \cdot d$

Για $\theta = 45^\circ$ και $\alpha = 90^\circ$: $V_{jd} = \sigma_{jd} \cdot \rho_j \cdot b_w \cdot h_{j,ef} = \frac{2A_j}{s_j} \cdot h_{j,ef} \cdot \sigma_{jd}$

Τάση Σχεδιασμού Υλικού Ενίσχυσης

$$\sigma_{jd} = \dots ;$$

Πιθανές Μορφές Αστοχίας

- Θραύση υλικού ενίσχυσης
- Μείωση της συμβολής του σκυροδέματος (V_c) λόγω σημαντικής διεύρυνσης ανοίγματος ρωγμής
- Πρόωρη αποκόλληση λόγω ανεπάρκειας σύνδεσης

81

“ΚΛΕΙΣΤΕΣ” ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

- Για ΙΟΠ απαιτείται επαρκής υπερκάλυψη των άκρων του (150 έως 200mm)
- “Ανοικτές” Ενισχύσεις με εξασφάλιση πλήρους αγκύρωσης των άκρων = ονοεί “κλειστές”

$$\sigma_{jd} \leq \frac{1}{\gamma_m} f_{jk}$$

Για Χάλυβα

$$\gamma_m = 1,2$$

$$f_{jk} = f_{syk}$$

Για ΙΟΠ

$$\gamma_m = 1,2$$

$$f_{jk} = E_j \cdot \varepsilon_{j,crit}$$

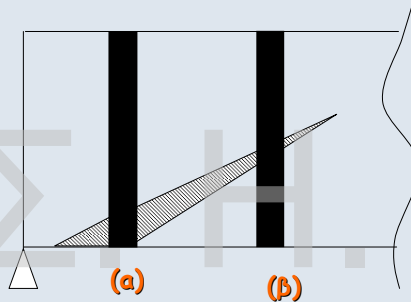
$$\varepsilon_{j,crit} = k_v \cdot \varepsilon_{j,max}$$

$$k_v = 0,5$$

$$\varepsilon_{j,max} = \min(\psi \varepsilon_{ju}, 1,5\%) \quad \psi = k^{-1/4}$$

82

ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ Ι.Ο.Π.



- 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 ➔ $k_v = 0,5$

83

“ΑΝΟΙΚΤΕΣ” ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

$$\sigma_{jd} \leq \frac{\sigma_{j,crit}}{\gamma_{Rd}} \quad \sigma_{jd,crit} = k_v \sigma_{j,max} < \sigma_{jd, \text{“κλειστό”}} \quad \gamma_{Rd} = 1,2$$

Μέγιστη τάση για να αποφευχθεί η αποκόλληση

$$\sigma_{j,max} = \beta \frac{\tau_b^{\alpha_{\text{ποκ.}}}}{t_j} L_e = \beta \sqrt{\frac{E_j \cdot f_{ctm}}{2 t_j}} \quad \beta = \beta_w \cdot \beta_L$$

Για ΙΟΠ

$$k_v = \begin{cases} 0,525 & \lambda \leq 0,5 \\ 0,40 + 0,25 \lambda & \lambda > 0,5 \end{cases} \text{ για } \lambda > 0,5$$

$$\lambda = \frac{\text{διατιθέμενο μήκος}}{\text{μήκος αγκύρωσης}} = \frac{L_{av}}{L_e} = \frac{h_{j,ef}}{L_e}$$

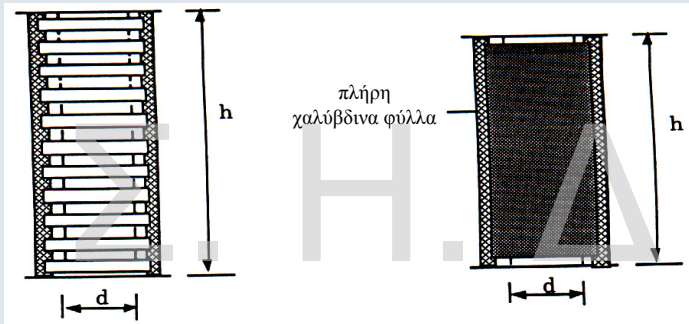
Για Χάλυβα

$$\text{Av } \sigma_{jd,crit} \geq \sigma_{jd, \text{“κλειστό”}} \quad k_v = 1,0$$

$$\text{Av } \sigma_{jd,crit} < \sigma_{jd, \text{“κλειστό”}} \quad k_v \text{ όπως ΙΟΠ}$$

84

Περίσφιγξη με μεταλλικό κλωβό ή μεταλλικό μανδύα



85

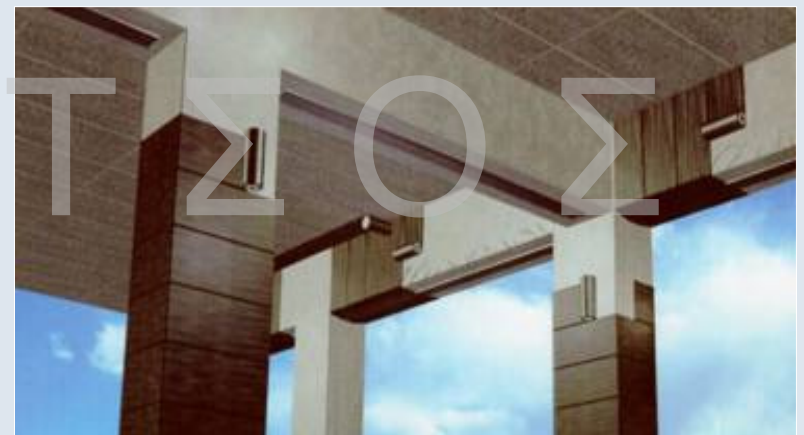
ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ



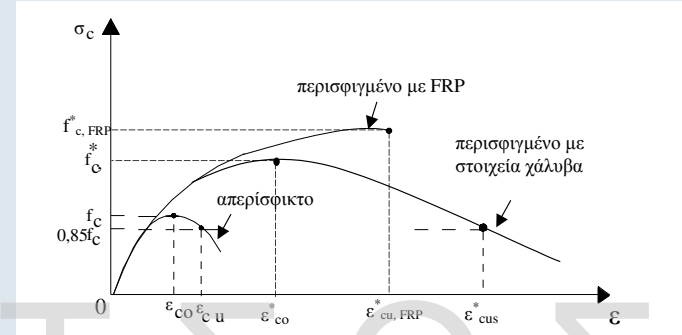
86



87



88



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

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΣΦΙΞΗΣ – ΑΥΞΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ

Απαίτηση Στοχευόμενου α:

- Υπολογίζεται ο απαιτούμενος δείκτης συμπεριφοράς $a_u = a/a_0$ (a_0 παράγοντας υπεραντοχής δομήματος κατά EC8)
- Υπολογίζεται ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας σε όρους μετακινήσεων:

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

- 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:

$$\epsilon_{cu}^* = 2,5 \cdot \mu_{1/r} \cdot \epsilon_{sy} \cdot \nu$$

- Ογκομετρικό μηχανικό ποσοστό περίσφιξης ω_w :

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

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

Περίσφιξη με GFRP: $\epsilon_{cu}^* = 0,007 (f_c^* : f_c)^2$ με $f_c^* = (1,125 + 1,25 \cdot \alpha \cdot \omega_w) f_c$

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΣΦΙΞΗΣ – ΑΥΞΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ

Απαίτηση Στοχευόμενου m:

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

Απαίτηση Επιθυμητής Ικανότητας Γωνίας Στροφής Χορδής θ_u :

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

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

Όπου η θ_y :

Για δοκούς ή υποστυλώματα

Για τοιχώματα

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

Η συσχέτιση των μ_θ και μ_d γίνεται μέσω των σχέσεων:

- $\mu_\theta = \mu_d$ μη σχηματισμός πλαστικού μηχανισμού ορόφων

- $\mu_\theta = \mu_d \frac{H_{tot}}{H_{op.}}$ πιθανός σχηματισμός πλαστικού μηχανισμού σε όροφο

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

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Ανεπάρκεια Έναντι Διαγώνιας Θλίψης

- Αύξηση διαστάσεων μανδύα
(για ικανοποίηση κριτηρίων παρ.7.2.5)

Ανεπάρκεια Οπλισμού Κόμβου

- Προσθήκη μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα
- Προσθήκη χιαστί κολλάρων από χαλύβδινα στοιχεία
- Προσθήκη επικολητών ελασμάτων (από χάλυβα ή ΙΟΠ)
ή υφασμάτων ΙΟΠ
- Αποκατάσταση ίσης διατομής και προσθήκη οπλισμών

93

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη χιαστί κολλάρων από χαλύβδινα στοιχεία



94

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη επικολητών ελασμάτων από χάλυβα



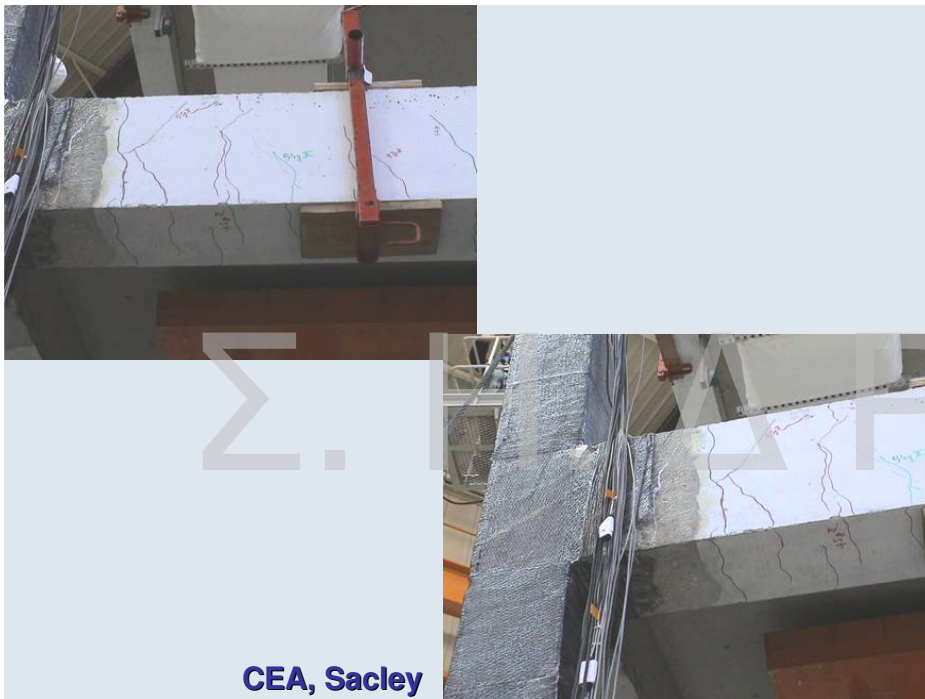
95

Ενίσχυση κόμβων με ΙΟΠ



CEA, Sacley

96

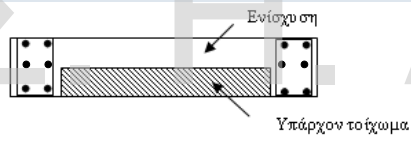


Επισκευή με ρητινενέσεις

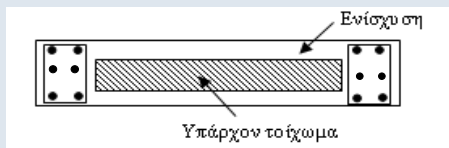


ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

- 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)



ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

- 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 περισφιγξης)
 - ✓ Αύξηση διατομής θλιβόμενου πέλματος με προσθήκη εγκάρσιου τοιχώματος με τοπική διεύρυνση του άκρου
 - ✓ Τοποθέτηση εγκαρσίων διαμπερών σφικτήρων

ΕΜΦΑΤΝΩΣΗ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

- 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 ξήρανσης

101

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΑΠΛΟΥ “ΓΕΜΙΣΜΑΤΟΣ”

- 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

102

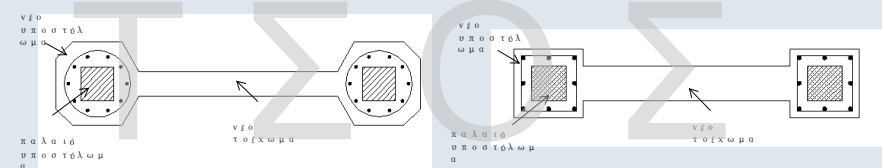
ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

- Εμφάνωση πλαισίων με Οπλισμένο Σκυρόδεμα
- Απαιτείται Εξασφάλιση της σύνδεσης με το περιβάλλον πλαίσιο
- Κατασκευή κλειστών μανδυών στα υποστυλώματα εκατέρωθεν του νέου τοιχώματος με κατακόρυφους συνεχείς οπλισμούς και οπλισμό περίσφιξης.

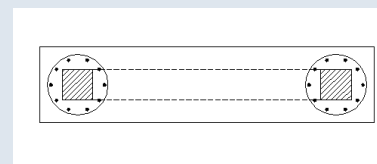
103

ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Εμφανώσεις πάχους μικρότερου ή ίσου με το πλάτος της δοκού



Εμφανώσεις πάχους μεγαλύτερου του πλάτους της δοκού



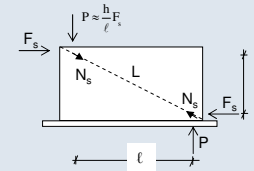
104



105

ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

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}

106

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΤΟΙΧΩΝ ΠΛΗΡΩΣΕΩΣ

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

Ελάχιστο πάχος στρώσης 50 mm

$$\text{Min } \rho_v = \rho_h = 0,005$$

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

- Αντίσταση ενισχυμένου τοίχου = Αντίσταση λοξού θλιπτήρα

υπό την προϋπόθεση $V_s \leq V_{u,w}$ (Διατμητική αντίσταση κορμού)

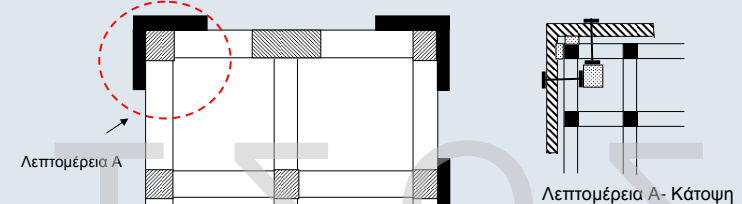
$$f_{wc,fd} = \frac{t \cdot f_{wcd} + a_c \cdot \Delta t \cdot f_{cd}}{t_w}$$

$$V_{u,w} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \left[\frac{0,3}{\sqrt{a_s}} (f_{wt,d} + \sigma_0) + \lambda_\varepsilon \cdot \rho_{v+h} \cdot f_{wyd} \right] \cdot L_w \cdot t_w$$

107

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

108

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΚΤΥΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



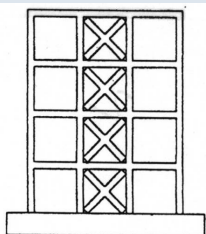
109



ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΚΤΥΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Κυρίως αύξηση δυσκαμψίας & πλαστιμότητας

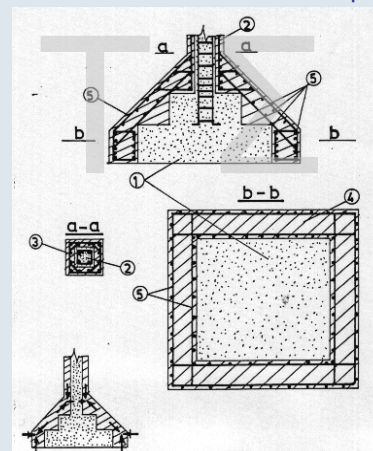
- Τύπος
- Χιαστί διαγωνίων, σχήματος Λ ή V, ορθού ή ανεστραμμένου Υ.
 - Απαγορεύεται η μορφή Κ
- Εμφανιζόμενα ή Παράπλευρα
- Κρίσιμα σημεία της μελέτης
- Αξιολόγηση ανακατανομής έντασης
 - Επάρκεια αντοχής κόμβων
- Κατασκευαστικές
- Απαιτείται εξειδικευμένη εμπειρία
- Λεπτομέρειες
- Προτιμάται η εμφάνιση της μεταλλικής δικτύωσης, έστω και μόνο στα υποστυλώματα. π.χ. στο εσωτερικό του κπρίου χωρίς καθαίρεση των τοιχοπληρώσεων
 - Συνιστάται η κατασκευή μεταλλικού περιμετρικού πλαισίου
 - Οι ατέλειες προσαρμογής στον περιβάλλοντα φέροντα οργανισμό αντιμετωπίζονται με την κατασκευή πρόσθετης στρώσης σκυροδέματος σύνδεσης μεταλλικού πλαισίου και Φ.Ο.



111

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

112

Ανάρτηση

www.episkeves.civil.upatras.gr

113

Σ. Η. Δ Ρ Ι Τ Σ Ο Σ