

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2012 στο Πλαίσιο των Ευρωκωδίκων Βασικές Αρχές

Σ. Η. Δ. Ρ.

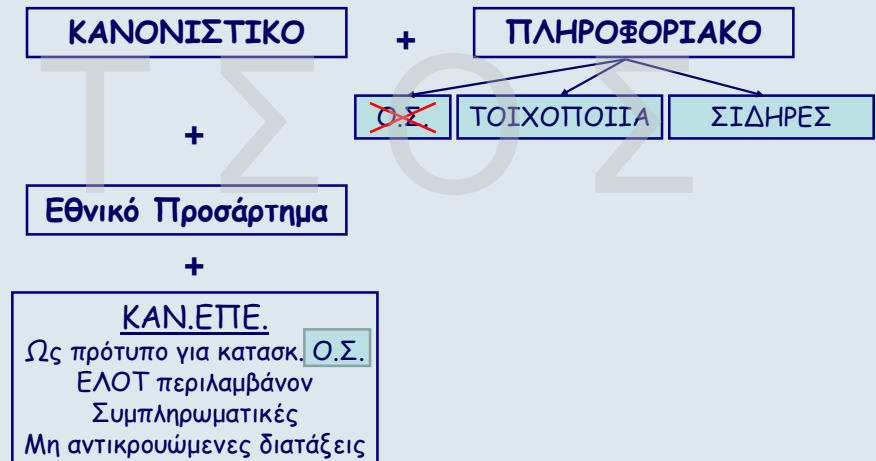
➤ καθ. Στέφανος Η. Δρίτσος
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

ΕΚΔΔ, Αθήνα 26/4/2012

1

ΕΚ8-Μέρος 3

Assessment and Retrofitting of Existing Structures



2

Δυσμένεια Παλαιών Κτιρίων

- (α) Μόρφωση Ξ.Ο. με αρχιτεκτονικές υπερβολές
(Έλλειψη κανονικότητας: γεωμετρίας ή αντοχής σε επίπεδο ορόφου ή κτιρίου)
- (β) Προσδιορισμός των εντατικών μεγεθών με απλοποιητικές παραδοχές
(Έλλειψη υπολογιστικών μέσων: απουσία χωρικής ανάλυσης & διαδιάστατης πλαισιακής λειτουργίας)
- (γ) Διαστασιολόγηση με διαδικασίες που σήμερα έχουν αναθεωρηθεί
(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: $1,75 \times \epsilon$ π.χ. $1,75 \times 0,08 = 0.14g$

Νέα κτίρια (μετά 1995): $\alpha \times 2.5/q$ π.χ. $0.24 \times 2.5/3.5 = 0.17g$

$$\frac{0.14}{0.17} \cdot \frac{1.5}{3.5} \approx \frac{1}{3} \Rightarrow \text{Δυνητική Δυσμένεια της τάξεως του } 1:3$$

3

Ανασχεδιασμός → Θέμα Δυσκολότερο από τον Σχεδιασμό Νέων Κτιρίων

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

4

Γιατί χρειαζόμαστε έναν Κανονισμό για Επεμβάσεις:

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

- Διαφορετική η διαδικασία προσέγγισης
- Άλλα πράγματα χρειάζονται

5

Διαδικασία

1° Στάδιο:

Τεκμηρίωση υφιστάμενης κατάστασης

2° Στάδιο:

Αποτίμηση επάρκειας κατασκευής

3° Στάδιο:

Λήψη απόφασης επέμβασης - Επιλογή λύσης

4° Στάδιο:

Αρχικός σχεδιασμός της λύσης επέμβασης

5ο Στάδιο:

Κατασκευή του Έργου 

6




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

7

Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων (ΣΑΔ)

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

8

Συντελεστές αξιοπιστίας CF (Confidence factors)

EΚ8-Μέρος 3

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 (Ιδιομορφική)	$CF_{KL1} = 1,35$
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)

Σκυρόδεμα

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

Χάλυβας

Επιτρέπεται μακροσκοπική αναγνώριση και κατάταξη, οπότε η ΣΑΔ θεωρείται ικανοποιητική

10

Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων

Δεδομένα:

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

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

11

Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων

Πρόελευση 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

12

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.

Μέθοδοι Ανάλυσης

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

- α) Μέθοδος Ανάλυσης οριζόντιας Φόρτισης (ελαστική)
- β) Ιδιομορφική Ανάλυση Φάσματος Απόκρισης (ελαστική)
- γ) Μη Γραμμική Στατική Ανάλυση (push-over)
- δ) Μη γραμμική Ανάλυση Χρονοϊστορίας (Δυναμική)

13

Ποια η τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q;

Χονδρική Εκτίμηση Δείκτη Συμπεριφοράς q για Στάθμη Επιτελεστικότητας Β

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

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

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

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

Ποια η εναλλακτική διαδικασία;

$$q_{loc} = m$$

14

Τι είναι αστοχία;

Αντοχή < Ένταση

▪ Διάκριση στοιχείων σε «πλάστιμα» και «Ψαθυρά»

Ψαθυρά: Έλεγχος σε όρους δυνάμεων (κατά τα γνωστά M , N , V)

Πλάστιμα: Έλεγχος σε όρους παραμορφώσεων

Έστω $M_{Rd} = 150 \text{ KNm} < M_{sd} = 200 \text{ KNm}$

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 δεχθούμε;

15

Επίπεδα Βλάβης

Στάθμες Επιτελεστικότητας ή Οριακές Καταστάσεις (LS)

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 ουσιαστικά ξεπεράσει την διαρροή τους

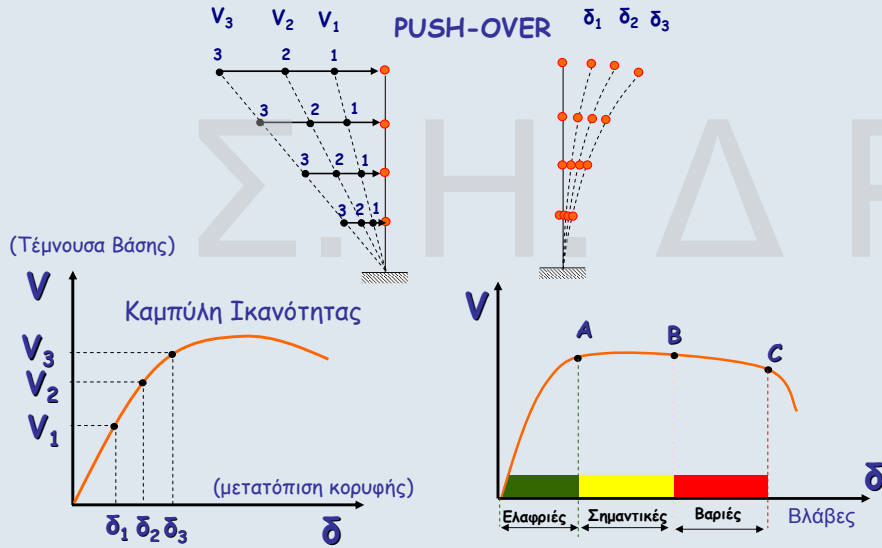
▪ Διάκριση στοιχείων σε «σεισμικώς πρωτεύοντα» και «σεισμικώς δευτερεύοντα»

Σεισμικώς δευτερεύοντα: Αποδεκτές μεγαλύτερες βλάβες

16

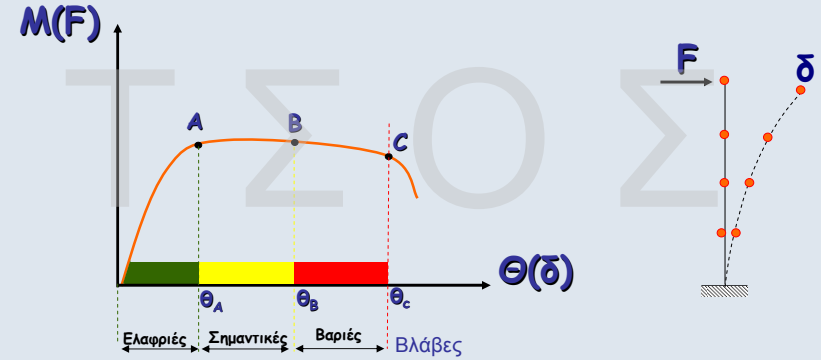
Στάθμες Επιτελεστικότητας - Οριακές Καταστάσεις

Στατική Οριζόντια Φόρτιση Βαθμιαία Αυξανόμενη "μέχρι τέρμα"



17

Επίπεδα Βλάβης Μελών



18

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	Οιονει 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%}

ΚΑΝ.ΕΠΕ ➔ Δημόσια αρχή ➔ Ελάχιστος στόχος κατά περίπτωση

➔ Ο κύριος του έργου ➔ επιλέγει

19

Στάθμες Επιτελεστικότητας κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.

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

Η Δημόσια αρχή ορίζει ποτέ δεν επιτρέπεται πιθανότητα 50%

20

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	600	100	700
Παλαιές κατασκευές	200	150	350

Στις παλαιές κατασκευές ο ρόλος τους σημαντικός

Αν αγνοηθούν στην αποτίμηση των παλαιών κατασκευών →

Ανάγκη σοβαρών ενισχύσεων (συχνά ανέφικτων)

21

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

22

Μάτιση Ράβδων με νευρώσεις σε ευθύγραμμο μήκος l_o

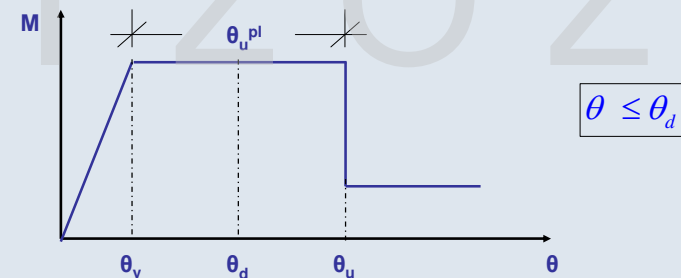
- Σε μάτιση θλιβομένων ράβδων μετρούν και οι δύο στο θλιβόμενο σπλισμό (παρουσία εγκιβωτισμού ή περίσφιξης)
- Για M_y, φ_y, θ_y : $f_y \times l_o / l_{o, \min}$, αν $(1/2)l_{o, \min} < l_o < l_{o, \min} = (0.3 \cdot f_y / \sqrt{f_c}) \cdot d_b$
π.χ. Για $\Phi 20, C16, S400$: $l_{o, \min} = 30 d_b$
-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

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

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

23

Πως γίνεται ο έλεγχος των παραμορφώσεων;



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

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

24

ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΛΩΝ

Ικανότητα στροφής χορδής κατά τη διαρροή:

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

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

Οριακή ικανότητα στροφής χορδής:

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

Πλαστικό τμήμα ικανότητας στροφής χορδής:

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

ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Στάθμη Επιτελεστικότητας:

– Άμεση Χρήση (DL):

$$\theta_d = \theta_y$$

– Ασφάλεια Ζωής (SD):

Πρωτεύοντα:

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

Δευτερεύοντα ή Τοιχοπληρώσεις:

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

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

– Οιονεί Κατάρρευση (NC)

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

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

26

ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΤΕΜΝΟΥΣΑ

Δοκοί και Υποστυλώματα

$$V_R = \frac{h-x}{2L_s} \min(N; 0,55 A_c f_c) + (1 - 0,05 \min(5; \mu_9^{pl})) \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) (1 - 0,16 \min(5; \alpha_s)) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right]$$

Όπου:

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

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

Για ορθογωνικές διατομές

Για κυκλικές διατομές

Τοιχώματα

$$V_{R,max} = 0,85 (1 - 0,06 \min(5; \mu_9^{pl})) \left(1 + 1,8 \min(0,15; \frac{N}{A_c f_c}) \right) (1 + 0,25 \max(1,75; 100 \rho_{tot})) (1 - 0,2 \min(2; a_s)) \sqrt{f_c} b_w z$$

Κοντά Υποστυλώματα (LV/h) < 2

$$V_{R,max} = \frac{4}{7} (1 - 0,02 \min(5; \mu_9^{pl})) \left(1 + 1,35 \frac{N}{A_c f_c} \right) (1 + 0,45 (100 \rho_{tot})) \sqrt{\min(40; f_c)} b_w z \sin 2\delta$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

	Σκυρόδεμα	Χάλυβας	Σύνθετα
8.1 Γενικές Απαιτήσεις • Έλεγχος 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 "γεμίματος" • Τοιχοματοποίηση πλαισίων • Ενίσχυση υφιστάμενων τοίχων πληρώσεως • Προσθήκη ραβδών 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			

28

Διαστασιολόγηση Επεμβάσεων σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. και τον ΕΚ8-3

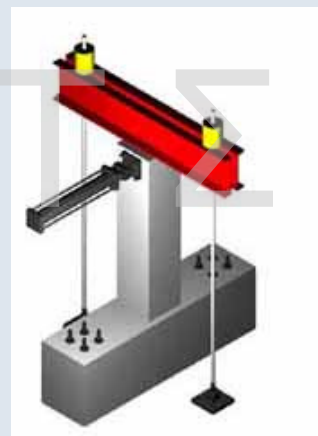
Σ. Η. Δ. Ρ.

➤ καθ. Στέφανος Η. Δρίτσος

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

ΕΚΔΔ, Αθήνα 26/4/2012

1



2



Βλάβες σε Δοκίμιο με Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα και Βλήτρα

3



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

4



5

Έλεγχος Συνεργασίας στη Διεπιφάνεια

Ανίσωση Ασφαλείας

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

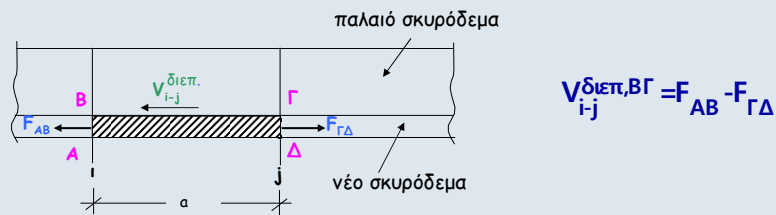
Αντίσταση Διεπιφάνειας
(σε θλίψη, σε εφελκυσμό, διατμητική)
(βλ. Κεφ.6)

Εντατικά Μεγέθη
που δρουν στη διεπιφάνεια

- Ελάχιστα και Μέγιστα

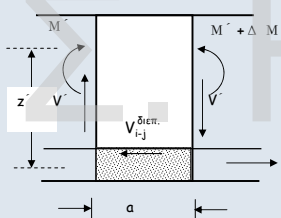
6

Έλεγχος Διεπιφανειών



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

ή



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

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

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

$$\text{Ελάχιστο Ποσοστό Βλήτρων } \rho_s = \frac{A_{sd}}{A_{c\delta}} \geq 0,18 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$$

IOK

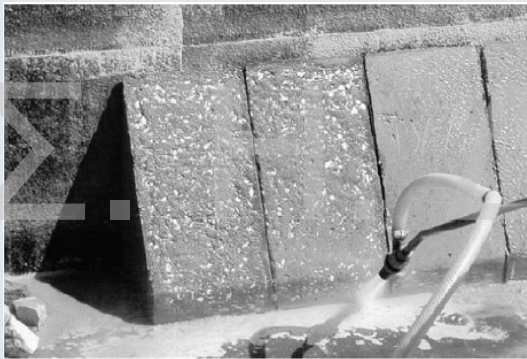
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ (ΠΕΤΕΠ)

Εργασίες Αποκατάστασης Ζημιών Κατασκευών
από τον Σεισμό και λοιπούς Βλαπτικούς Παράγοντες

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
Αθήνα 2008

8



Εκτράχυνση με Αμμοβολή

9



Προετοιμασία Επιφάνειας με Αεροματσάκονο

10

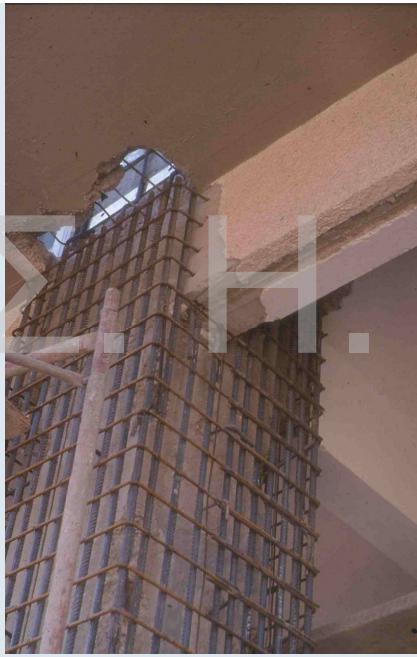
ΜΑΝΔΥΕΣ Ο.Σ.



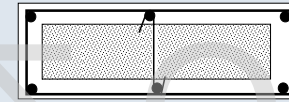
11



12



13

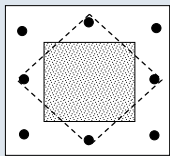


Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε επιμήκεις διατομές

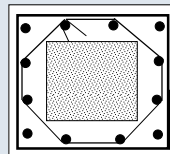
14

Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε τετραγωνικές διατομές

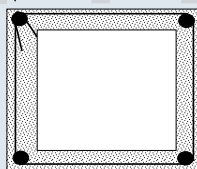
ΟΧΙ



ΝΑΙ



γωνία 45°



15



Άνοιγμα Συνδετήρων

16



Ηλεκτροσυγκόλληση Άκρων Συνδετήρων Μανδύα 17

Θλίβουσα Δύναμη Μανδύα

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

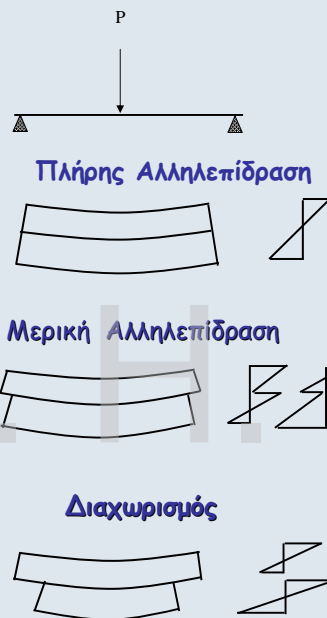
Ελάχιστοι Συνδετήρες Μανδύα

ΕΚΩΣ 2000

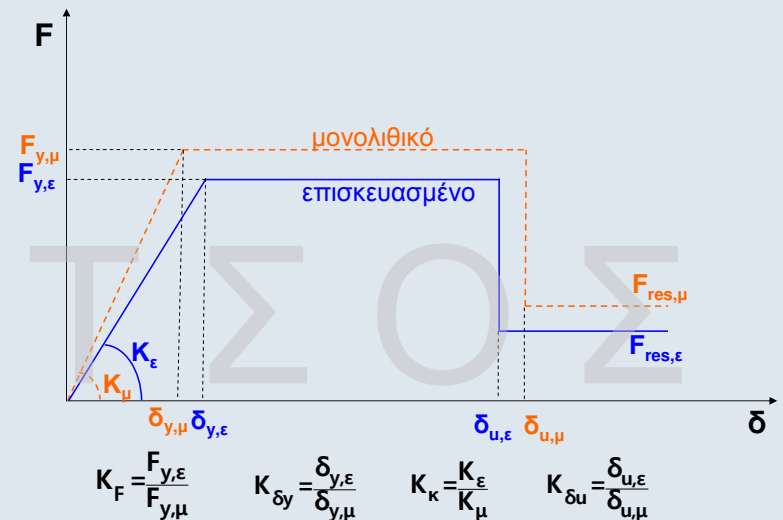
Και $\frac{A_{sw}}{a_{sw}} \geq \frac{t \cdot f_{ctm}}{f_{ywd}}$, δηλ. $\alpha_{sw} \leq 0.8 \left(\frac{f_{ywd}}{f_{ctm}} \right) \cdot \frac{d_h^2}{t}$

Προσεγγιστική Μέθοδος Μονολιθικής Συμπεριφοράς

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



Καμπύλες Εντατικού Μεγέθους-Παραμόρφωσης με Επισκευασμένα Στοιχεία



Συντελεστές Μονολιθικότητας

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

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

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

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

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

Προσεγγιστική Μέθοδος Μονολιθικής Συμπεριφοράς

Αντοχή, Πλαστιμότητα, Δυσκαμψία, Ικανότητα Παραμόρφωσης Ενισχυμένου Στοιχείου = k_i (Αντοχή, Πλαστιμότητα, Δυσκαμψία, Ικανότητα Παραμόρφωσης Μονολιθικού Στοιχείου)

21

Προσθήκη Νέας Στρώσης Σκυροδέματος

Εκτίμηση Ικανότητας

- Με συνεκτίμηση της ολίσθησης
- Προσεγγιστικά με χρήση συντελεστών μονολιθικότητας

Για πλάκες:

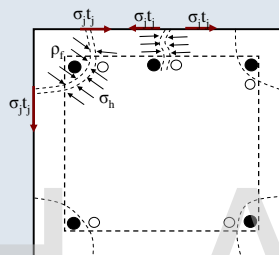
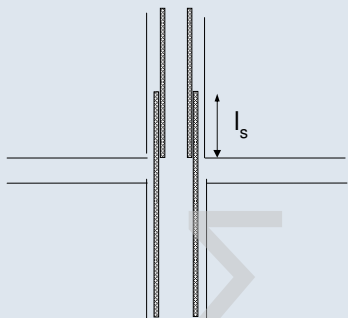
$$k_k = 0,85 \quad k_r = 0,95 \quad k_{\theta y} = 1,15 \quad k_{\theta u} = 0,85$$

Για λοιπά στοιχεία:

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

22

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΜΗΚΗ ΜΑΤΙΣΜΕΝΩΝ ΡΑΒΔΩΝ



$$T_{απ} = (1 - \lambda_s) A_b f_s$$

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

$$\sigma_{jt_j} = \sigma_h B \quad \text{όπου:} \quad \beta = \rho_f / B$$

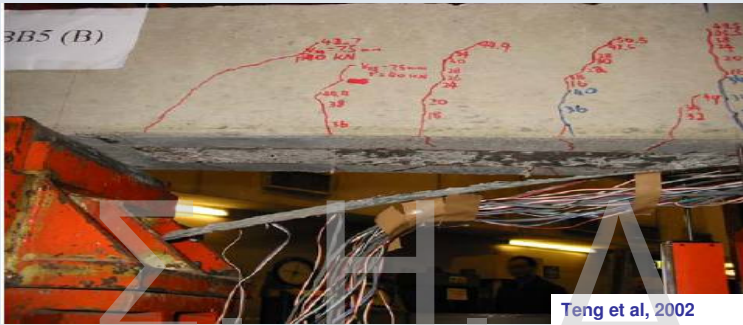
$$t_{j,απ} = \frac{(1 - \lambda_s) A_b f_s}{\beta \mu l_s \sigma_j}$$

23

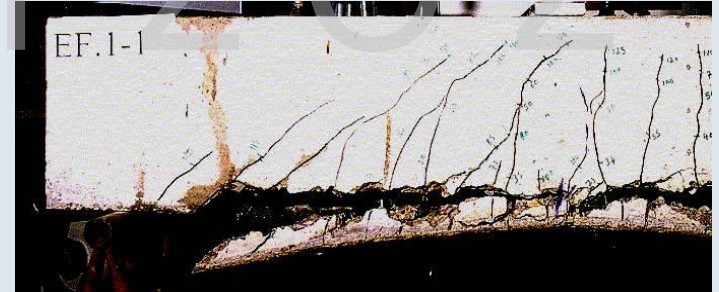
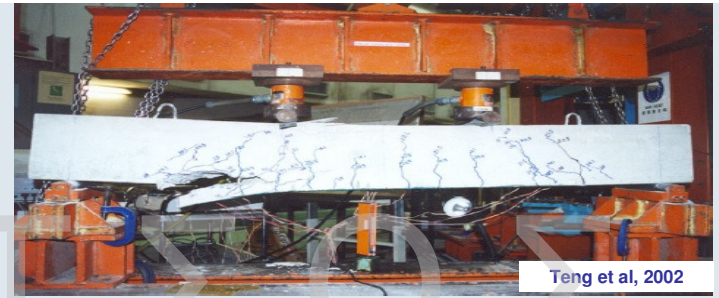
Καμπτική Ενίσχυση

Building Klinkerstr, Amsterdam

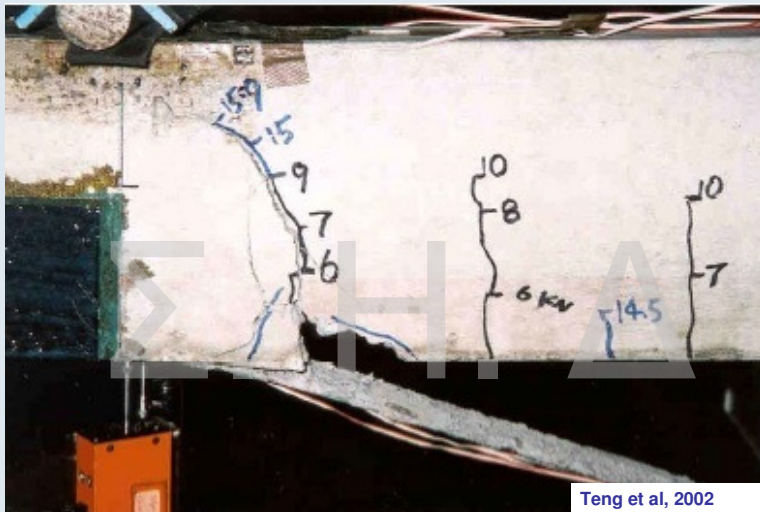




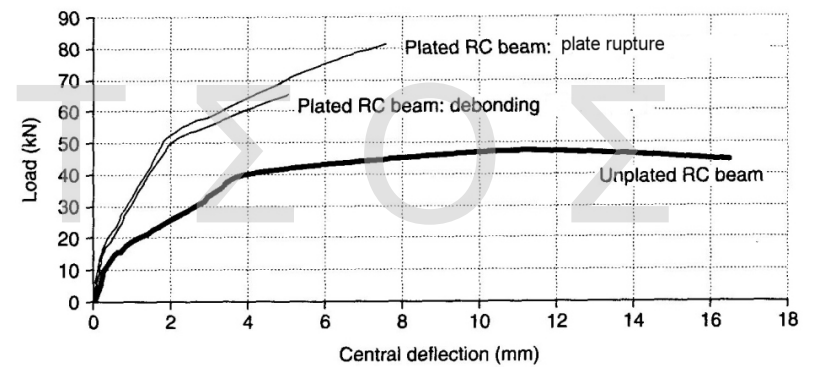
Αναλαμβανόμενη δύναμη επικολητών φύλλων συναρτήσει του μήκους αγκύρωσης



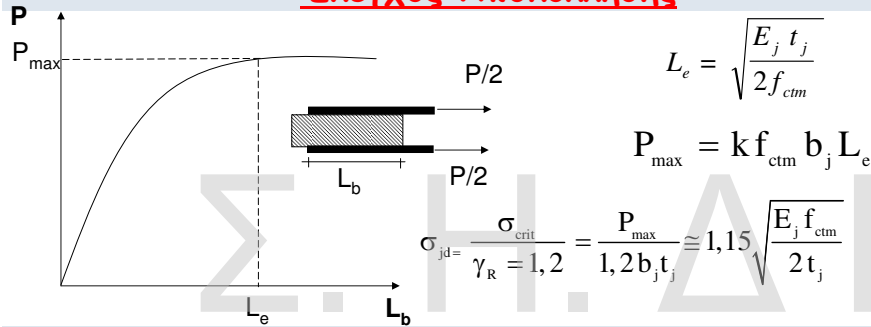
Απόσχιση επικάλυψης σκυροδέματος στο πέρας του σύνθετου υλικού



Διάγραμμα Φορτίου-Βύθισης για Δοκούς Ενισχυμένες με Επικολητά Ελάσματα



Έλεγχος Αποκόλλησης



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

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

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

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

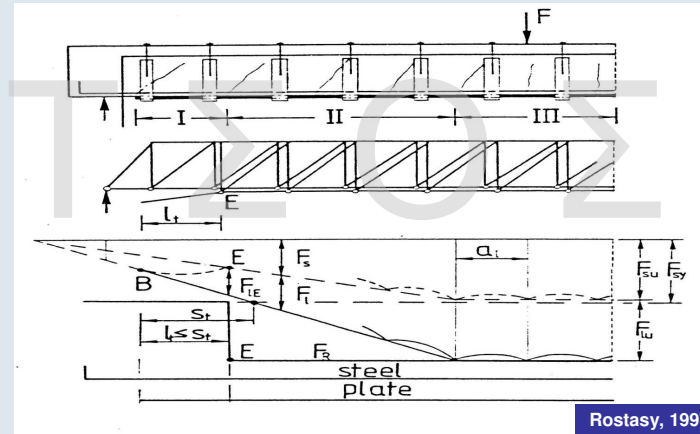
$$t_j \uparrow \Rightarrow \sigma_{j,crit} \downarrow$$

29

Έλεγχος Απόσχισης Άκρου

$$V_{sd,απολ} \leq V_{cd,απολ}$$

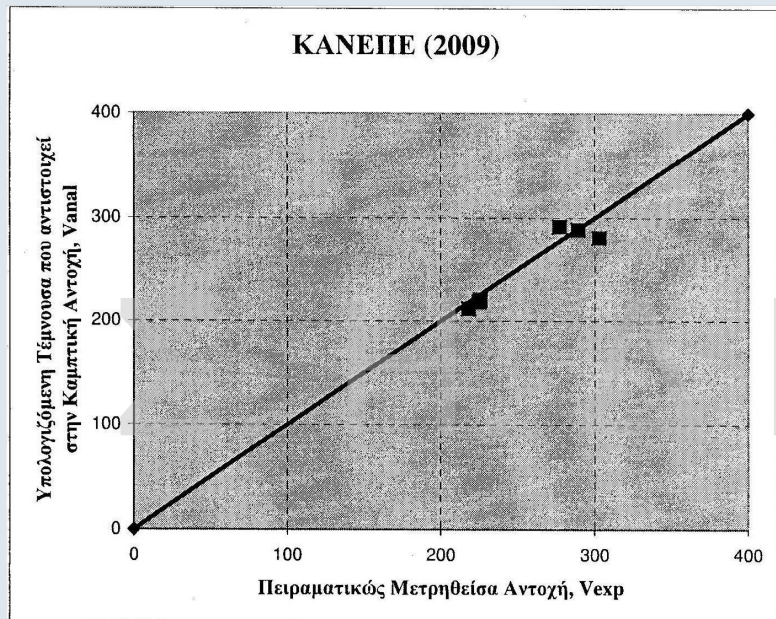
$$M_{sd,απολ} \leq 0.67 M_{Rd,απολ}$$



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

30

ΚΑΝΕΠΕ (2009)

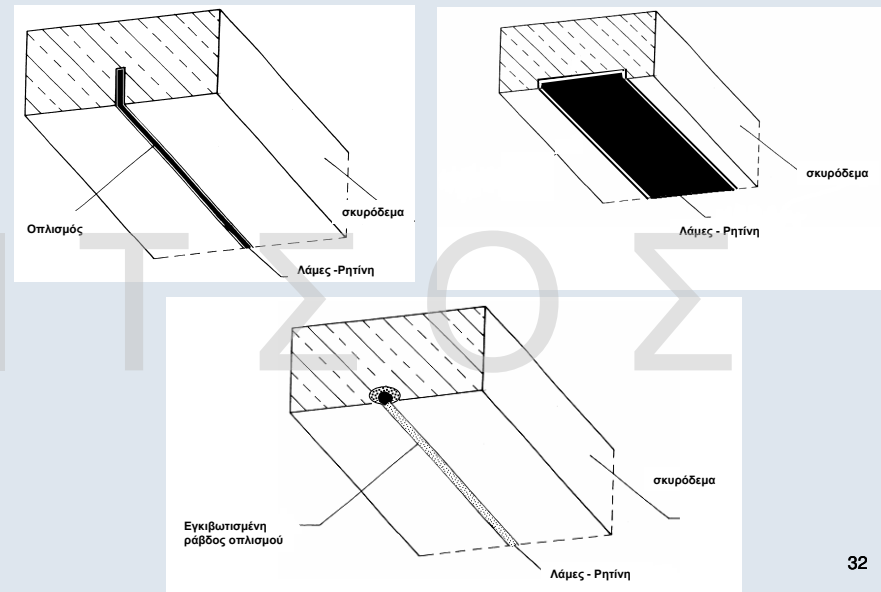


Μιτολίδης, Διδακτορική Διατριβή 2009, ΑΠΘ.

31

Καμπτική Ενίσχυση με Οπλισμούς εντός "Αυλακιών"

(Δεν καλύπτεται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

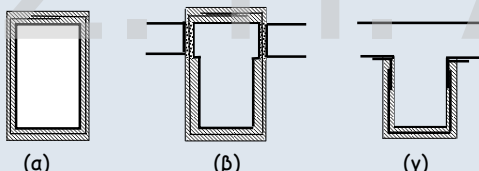


32

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



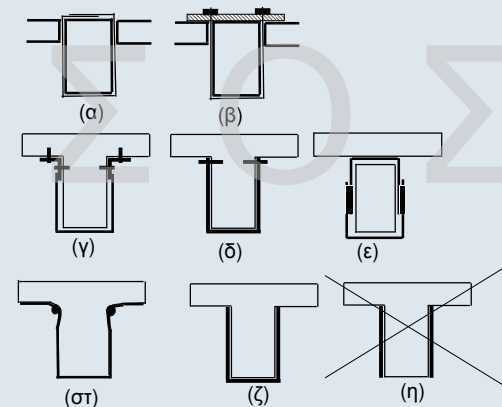
Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας σε λοξή θλίψη:
 (α), (β) Κλειστές ενισχύσεις, (γ) Ανοικτές ενισχύσεις

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

33

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

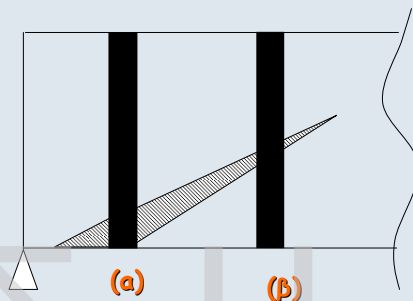
- Με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος
- Με εξωτερικά στοιχεία από χάλυβα ή ΙΟΠ



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

34

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 ➔ $k_v = 0,5$

35

Περίσφιγξη με Μεταλλικό Κλωβό



36

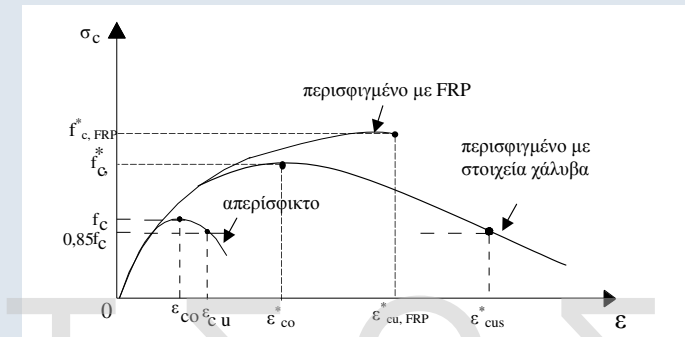
Περίσφιξη με ΙΟΠ



37



38



Χαλύβδινη περίσφιξη

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

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

40

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 ω_w :

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

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

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

41

Απαιτούμενος Οπλισμός Περίσφιξης - Αύξηση Πλαστιμότητας

Απαίτηση Στοχευόμενου m :

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

Απαίτηση Επιθυμητής Ικανότητας Γωνίας Στροφής Χορδής θ_u :

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

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

Όπου η θ_y :

Για δοκούς ή υποστυλώματα

Για τοιχώματα

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

Η συσχέτιση των μ_θ και μ_d γίνεται μέσω των σχέσεων:

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

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

42

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη χιαστί κολλάρων από χαλύβδινα στοιχεία



43

Επισκευή με ρητινενέσεις



CEA, Sacley

44

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη επικολλητών ελασμάτων από χάλυβα



45

Ενίσχυση κόμβων με ΙΟΠ



CEA, Sacley

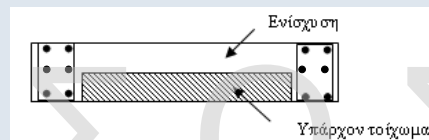
46



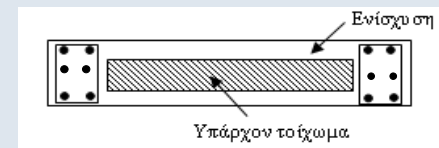
CEA, Sacley

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)



48

Ενίσχυση Τοιχωμάτων

- **Αύξηση Ξέρουσας 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

49

Εμφάνιση 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

50

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 $m \leq 1,5$

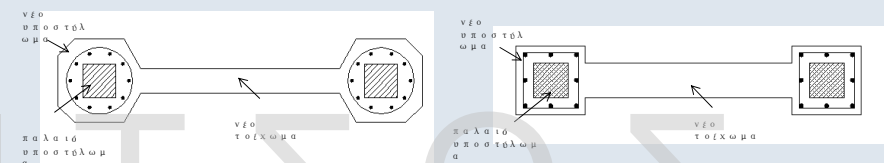
Προσοχή

Πρόσθετες Τέμνουσες σε Δοκούς και Υποστυλώματα

51

Τοιχωματοποίηση Πλαισίου

Εμφανώσεις πάχους μικρότερου ή ίσου με το πλάτος της δοκού

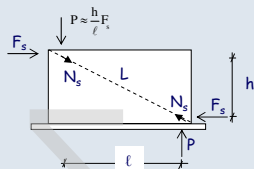


Εμφανώσεις πάχους μεγαλύτερου του πλάτους της δοκού



52

Τοιχωματοποίηση Πλαισίου Προσομοίωμα Ελέγχου Επάρκειας



Ασκούμενη Τένουσα στο
Τοίχωμα:

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

Έλεγχος Αντίστασης Φατνύματος:

- Θλίψη Διαγώνιου Θλιπτήρα:

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

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

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:

$$F_{\beta\lambda...οριζ.} = F_s - \frac{\ell}{L} N_R > \frac{1}{2} n_\delta D_u$$

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

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

53

Ενίσχυση Υφιστάμενων Τοίχων Πληρώσεως

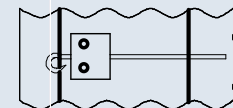
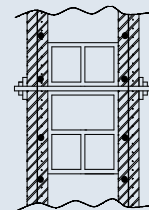
- Με αμφίπλευρες οπλισμένες στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος χωρίς υποχρεωτική αγκύρωση στο περιβάλλον πλαισίωμα.

Ελάχιστο πάχος στρώσης 50 mm

Μin $\rho_v = \rho_h = 0,005$

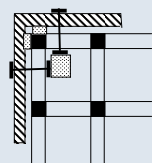
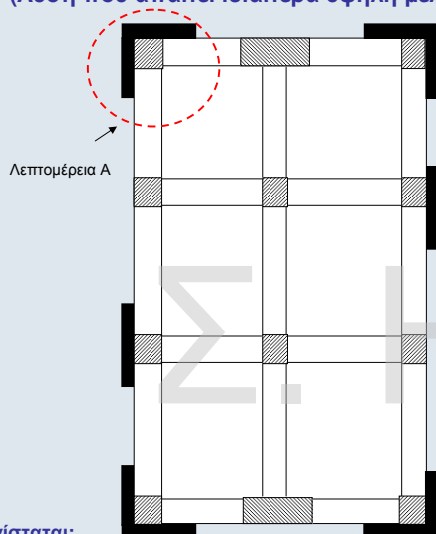
Εξασφάλιση της από κοινού λειτουργίας υφιστάμενης τοιχοποιίας με τις δύο στρώσεις ενίσχυσης μέσω διαμετρών κοχλωτών συνδέσμων:

- Αντίσταση ενισχυμένου τοίχου = Αντίσταση λοξού θλιπτήρα



54

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



Λεπτομέρεια Α- Κάτοψη

Συνιστώμενη θέση τοιχωμάτων
Ενδεικτική διάταξη συνδέσμων

Συνίσταται:

- 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

55

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΚΤΥΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



56

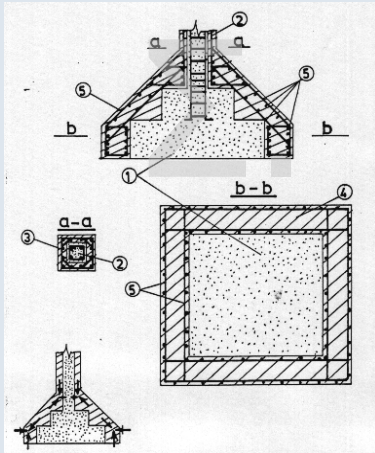
ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

- 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

57

Ανάρτηση

www.episkeves.civil.upatras.gr

58

Σ. Η. Δ Ρ Ι Τ Σ Ο Σ