

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

ΕΥΡΟΚΩΔΙΚΑΣ 8 – Μέρος 3 ΚΑΝ.ΕΠΕ.

➤ Στέφανος Δρίτσος

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Ρέθυμνο, Απρίλιος 2009

1

ΔΥΣΜΕΝΕΙΑ ΠΑΛΑΙΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

(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 & δισδιάστατης 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: $1,75 \times \varepsilon \quad \pi.χ. 1,75 \times 0,08 = 0.14g$

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

$$\frac{0.14}{0.17} \cdot \frac{1.5}{3.5} \approx \frac{1}{3}$$

⇒ Δυνητική Δυσμένηεια της τάξεως του 1:3

2

ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

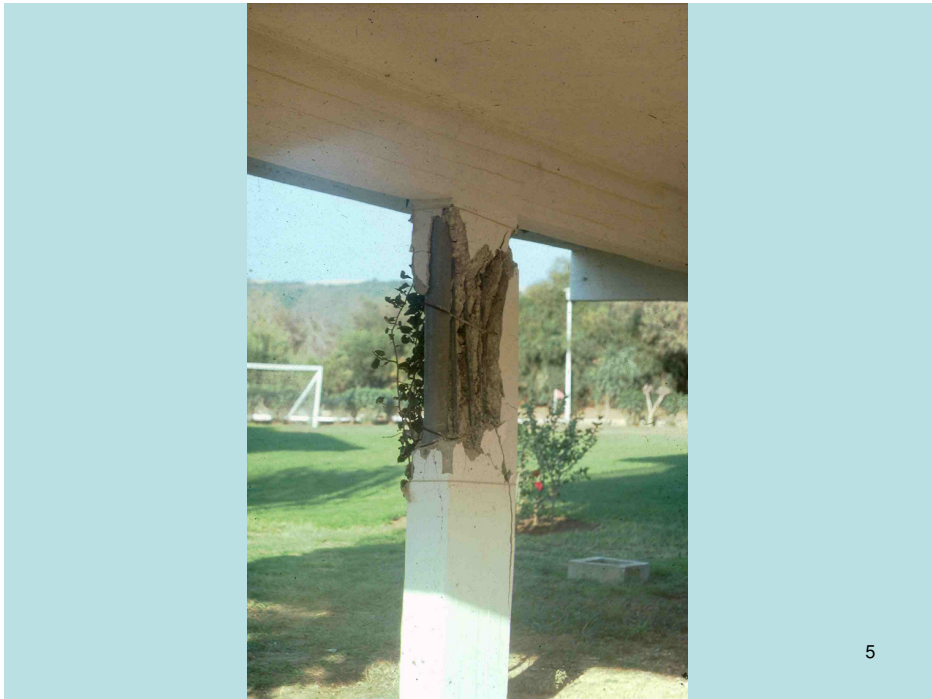
- Ποιες κατασκευές έχουν προτεραιότητα να ενισχυθούν, και πως θα προσδιοριστούν σε μεμονωμένη βάση;
- Μπορούν (ή αξίζει τον κόπο) να ενισχυθούν και μέχρι ποιο σημείο; Μήπως η λύση της κατεδάφισης και ανακατασκευής είναι προτιμότερη;
- Τι μέσα (υλικά, μέθοδοι, τεχνικές) διατίθενται για να επέμβει κανείς 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, Κρυμμένες ατέλειες

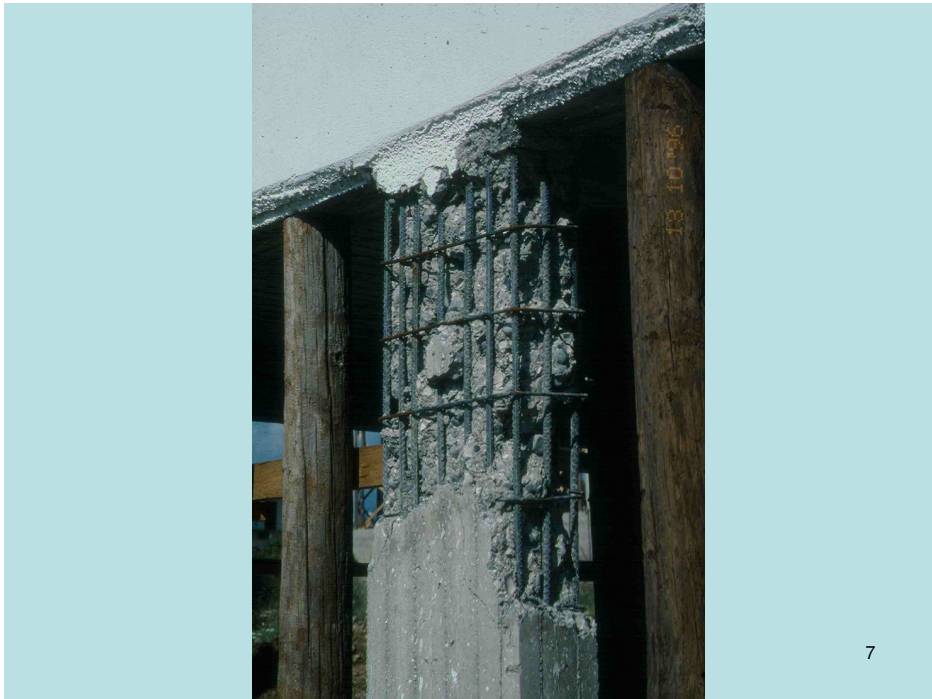
4



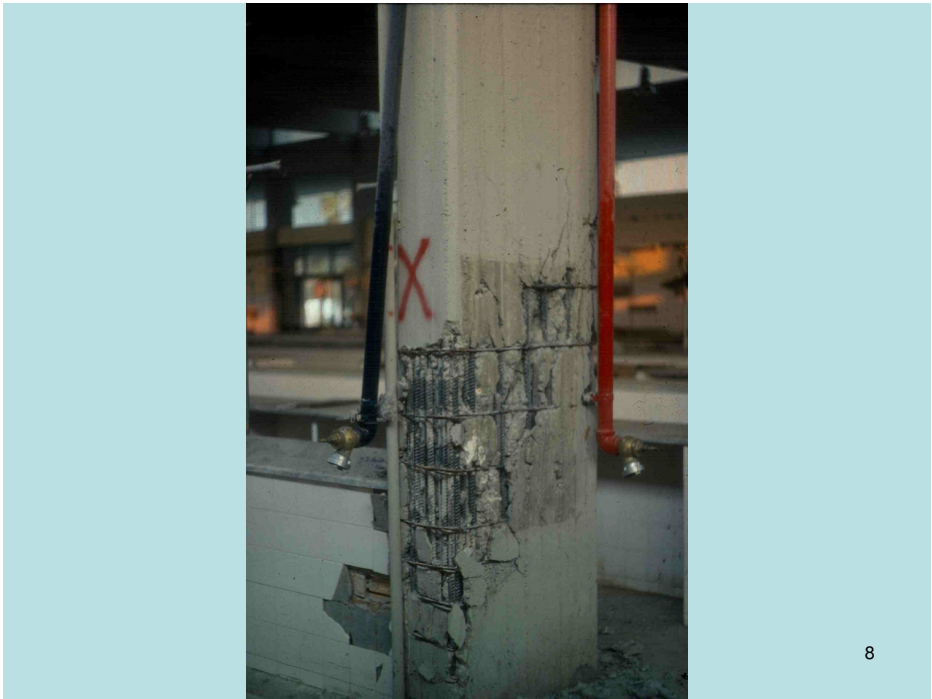
5



6



7



8



9



10



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)
 - Διατμητικοί 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

12

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

1° Στάδιο:

Τεκμηρίωση υφιστάμενης κατάστασης

2° Στάδιο:

Αποτίμηση επάρκειας κατασκευής

3° Στάδιο:

Λήψη απόφασης επέμβασης - Επιλογή λύσης

4° Στάδιο:

Αρχικός σχεδιασμός λύσης

5ο Στάδιο:

Κατασκευή του Έργου



13

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)

14

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

Γιατί χρειάζεται ένας νέος κανονισμός:

Οι υφιστάμενες κατασκευές:

- a) Έχουν κατασκευαστεί με γνώσεις που ανταποκρίνονται στην περίοδο της κατασκευής τους.
- b) Είναι πιθανόν να έχουν κρυμμένα «χοντρά» σφάλματα ή ατέλειες.
- c) Έχουν πιθανότητα υποστεί προηγούμενες σεισμικές (ή άλλες) επιβαρύνσεις με επιπτώσεις που δεν είναι πάντοτε εμφανείς.

➔ Αποτίμηση της ικανότητάς τους υπόκειται σε μεγαλύτερο βαθμό αβεβαιότητας απ' ό,τι οι νέες κατασκευές

➔ Απαιτούνται νέοι συντελεστές στα υλικά και νέες μέθοδοι ανάλυσης, που θα εξαρτώνται από την αξιοπιστία των διαθέσιμων δεδομένων

ΣΚΟΠΟΣ

- Αποτίμηση σεισμικής συμπεριφοράς υφισταμένων κατασκευών
- Επιλογή απαραίτητων μέτρων επέμβασης
- Σχεδιασμός της λύσης επέμβασης
 - Το σκεπτικό
 - Τρόποι στατικής ανάλυσης
 - Διαστασιολόγηση των τελικών στοιχείων και των συνδέσεών τους με τα παλαιά.

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 ουσιαστικά ξεπεράσει την διαρροή τους

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	Οιονεί Κατάρρευση	Σοβαρές βλάβες ή Ασφάλεια Ζωής	Μηδαμινές Βλάβες ή Άμεση Χρήση
2% Περιοδ. Επανάλ. 2475 χρόνια	NC _{2%}	SD _{2%}	DL _{2%}
10% Περιοδ. Επανάλ. 475 χρόνια	NC _{10%}	SD _{10%}	DL _{10%}
Περ. Επανάλ. 225 χρόνια	NC _{20%}	SD _{20%}	DL _{20%}

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

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ (COMPLIANCE CRITERIA)

- Διάκριση στοιχείων σε «πλάστιμα» και «Ψαθυρά»

Ανίωση 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

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

ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ (INFORMATION)

▪ Στάθμες αξιοπιστίας (Knowledge Levels)

KL1: Χαμηλή στάθμη αξιοπιστίας (Limited Knowledge)

KL2: Συμβατική στάθμη αξιοπιστίας (Normal Knowledge)

KL3: Υψηλή στάθμη αξιοπιστίας (Full Knowledge)

ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ (INFORMATION)

▪ Συντελεστές αξιοπιστίας CF (Confidence factors)

Ανάλογα με KL

Knowledge Level	Geometry	Details	Materials	Analysis	CF
KL1	From original outline construction drawings with sample visual survey or from full survey	Simulated design in accordance with relevant practice and from limited in-situ inspection	Default values in accordance with standards of the time of construction and from limited in-situ testing	LF-MRS	CF_{KL1}
KL2		From incomplete original detailed construction drawings with limited in-situ inspection or from extended in-situ inspection	From original design specifications with limited in-situ testing or from extended in-situ testing	All	CF_{KL2}
KL3		From original detailed construction drawings with limited in-situ inspection or from comprehensive in-situ inspection	From original test reports with limited in-situ testing or from comprehensive in-situ testing	All	CF_{KL3}

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (ASSESSMENT)

▪ Σεισμικές Δράσεις και Συνδυασμός δράσεων, Ελαστικό Ξάσμα

Ισχύει EC8-Part1

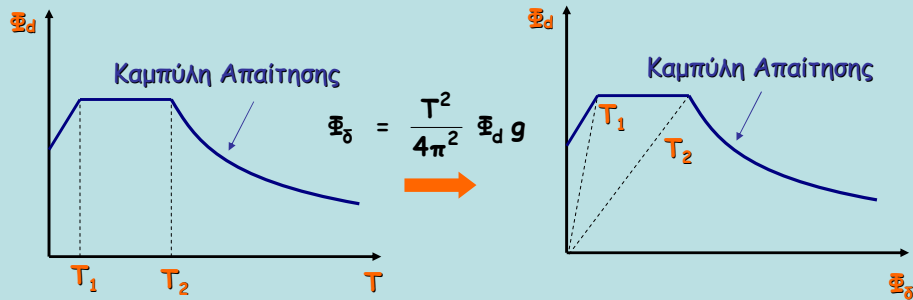
▪ Μέθοδοι Ανάλυσης

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)
- ε) Μέθοδοι α) ή β) με χρήση q .
 $q=1,5$ για κατασκευές από σκυρόδεμα
 $q=2,0$ για μεταλλικές κατασκευές

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

ΑΡΧΕΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ



$$V = \alpha \Phi_d W$$

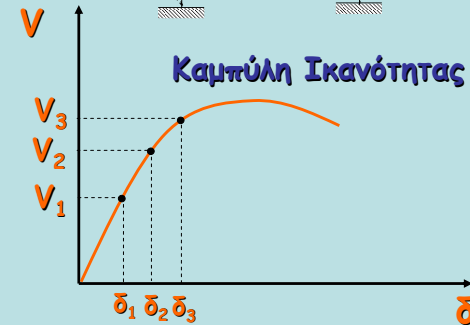
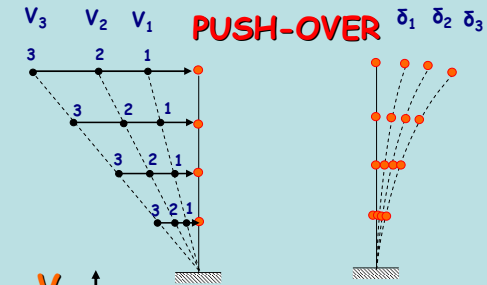
$$\delta = \beta \Phi_0$$

n	α	β
1	1	1
2	0,90	1,20
5	0,80	1,35

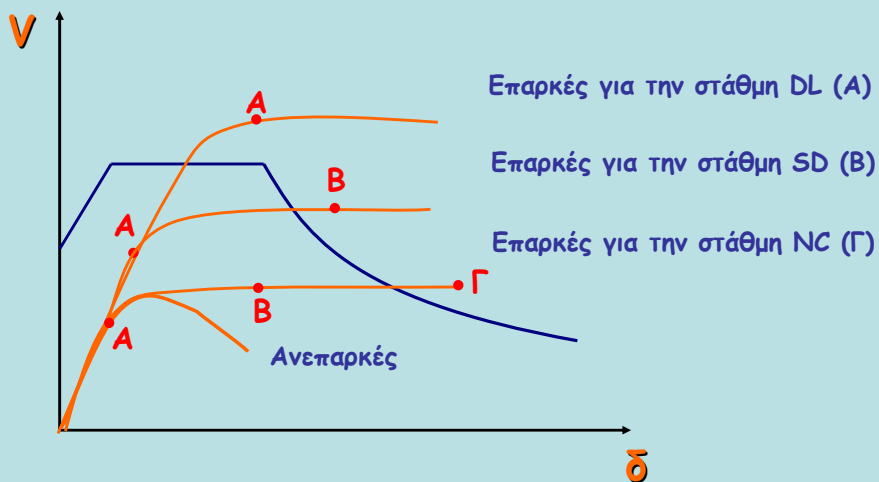


ΑΡΧΕΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Στατική Οριζόντια Φόρτιση Βαθμιαία Αυξανόμενη "μέχρι τέρμα"



ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ



ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΩΣ ΣΥΝΟΛΟΥ



ΑΠΟΦΑΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (DECISION OF STRUCTURAL INTERVENTION)

▪ Κριτήρια

Επιλογή του σχήματος επέμβασης με βάση

- Τεχνικά κριτήρια
- Κοινωνικά Κριτήρια
- Πολιτιστικά Κριτήρια
- Οικονομικά Κριτήρια

ΑΠΟΦΑΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (DECISION OF STRUCTURAL INTERVENTION)

▪ Τεχνικά Κριτήρια

- Αποτελέσματα Αποτίμησης
- Ανεύρεση τοπικών σφαλμάτων σχεδιασμού ή κατασκευής
- Βελτίωση κανονικότητας (σε κάτοψη και καθ' ύψος)
- Αναβάθμιση ικανότητας υφιστάμενων δομικών στοιχείων ή/και προσθήκη νέων
- Αύξηση τοπικής πλαστιμότητας μελών
- Αύξηση αντοχής χωρίς μείωση της συνολικής πλαστιμότητας του φορέα
- Σε κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία: Αντικατάσταση ψαθυρών σεναζιών, ανεπαρκών συνδέσεων μεταξύ πατωμάτων και τοίχων, περιορισμός των, εκτός επιπέδου, ωθήσεων των τοίχων.

ΑΠΟΦΑΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (DECISION OF STRUCTURAL INTERVENTION)

▪ Τύποι επέμβασης

- Τοπικές ή συνολικές μεταβολές σε βλαμμένα ή αβλαβή στοιχεία
- Προσθήκη νέων στοιχείων
 - Εμφάνιση τοιχωμάτων
 - Χαλύβδινα δικτυώματα
 - Ζώνες ή τένοντες περίσφιγξης σε κατασκευές από Φ.Τ.
- Αλλαγή στατικού συστήματος
 - Διεύρυνση ή κατάργηση υπαρχουσών ενώσεων
 - Κατάργηση τρωτών στοιχείων
 - Τροποποιήσεις που βελτιώνουν την συμπεριφορά δομικών στοιχείων (π.χ. κατάργηση «κοντών υποστυλωμάτων» με αρμό ή διαχωρισμός ενός κτηρίου σε δύο, για λόγους βελτίωσης κανονικότητας ή και αντίθετα).

ΑΠΟΦΑΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (DECISION OF STRUCTURAL INTERVENTION)

▪ Τύποι επέμβασης

- Προσθήκη ενός νέου φέροντος οργανισμού που θα παραλαμβάνει το σύνολο ή μέρος της συνολικής σεισμικής δράσης
- Μετατροπή υφιστάμενων μη φερόντων στοιχείων σε φέροντα
- Εισαγωγή συνδέσμων παθητικής προστασίας είτε με δικτυώσεις απόσβεσης ενέργειας είτε με σεισμική μόνωση.
- Μείωση μάζας
- Περιορισμός ή αλλαγή χρήσης κτηρίου
- Τμηματική κατεδάφιση
- Επεμβάσεις προστασίας μη-φερόντων στοιχείων από κατάρρευση

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (DESIGN OF STRUCTURAL INTERVENTION)

Διαδικασία

1. Σχεδιασμός Λύσης Επέμβασης

- Επιλογή τεχνικών και υλικών
- Αρχική εκτίμηση διαστάσεων πρόσθετων στοιχείων
- Αρχική εκτίμηση δυσκαμψιών

2. Ανάλυση

- Ανάλυση του ανασχεδιασμένου φορέα λαμβάνοντας υπ' όψιν τα τροποποιημένα χαρακτηριστικά.

3. Επιβεβαίωση

- Εφαρμογή κριτηρίων αποδοχής

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

■ Προσδιορισμός γεωμετρίας, λεπτομερειών και υλικών

■ Προσομοιώματα αντοχής για αποτίμηση

➤ ΚΑΜΨΗ ΜΕ Ή ΧΩΡΙΣ ΑΞΟΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

- Στάθμη Επιτελεσματικότητας: Οιονεί Κατάρρευση(NC)

Οριακή ικανότητα στροφής χορδής:

A)

$$\theta_{um} = \frac{1}{\gamma_{el}} 0,016 \cdot (0,3^v) \left[\frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega)} f_c \right]^{0,225} \left(\frac{L_V}{h} \right)^{0,35} 25^{\left(\frac{\alpha_{\rho_{lx}} f_{yk}}{f_c} \right)} (1,25^{100 \rho_d})$$

ή

$$\theta_{um} = \frac{1}{\gamma_{el}} \left(\theta_y + (\varphi_u - \varphi_y) L_{pl} \left(1 - \frac{0,5 L_{pl}}{L_V} \right) \right)$$

Όπου:

$$L_{pl} = 0,1 L_V + 0,17 h + 0,24 \frac{d_{bl} f_y (\text{MPa})}{\sqrt{f_c} (\text{MPa})} \quad \text{ή} \quad L_{pl} = \frac{L_V}{30} + 0,2 h + 0,11 \frac{d_{bl} f_y (\text{MPa})}{\sqrt{f_c} (\text{MPa})}$$

Ανάλογα με τις συνθήκες

Πλαστικό τμήμα ικανότητας στροφής χορδής:

$$B) \theta_{um}^{pl} = \theta_{um} - \theta_y = \frac{1}{\gamma_{el}} 0,0145 \cdot (0,25^v) \left[\frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega)} \right]^{0,3} \cdot f_c^{0,2} \cdot \left(\frac{L_V}{h} \right)^{0,35} 25^{\left(\frac{\alpha_{\rho_{lx}} f_{yk}}{f_c} \right)} (1,275^{100 \rho_d})$$

- Στάθμη Επιτελεσματικότητας: Ασφάλεια Ζωής (SD)

$$\theta_{SD} = \frac{3}{4} \cdot \theta_{um, NC}$$

- Στάθμη Επιτελεσματικότητας: Άμεση Χρήση (DL)

Ικανότητα στροφής χορδής κατά τη διαρροή:

$$\theta_y = \phi_y \frac{L_V + a_v z}{3} + 0,00135 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_V} \right) + \frac{\varepsilon_y}{d - d'} \frac{d_b f_y}{6 \sqrt{f_c}}$$

$$\theta_y = \phi_y \frac{L_V + a_v z}{3} + 0,0013 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_V} \right) + 0,13 \phi_y \frac{d_b f_y}{\sqrt{f_c}}$$

ή
Δοκοί και
Υποστυλώματα

$$\theta_y = \phi_y \frac{L_V + a_v z}{3} + 0,002 \left(1 - 0,135 \frac{L_V}{h} \right) + \frac{\varepsilon_y}{d - d'} \frac{d_b f_y}{6 \sqrt{f_c}}$$

$$\theta_y = \phi_y \frac{L_V + a_v z}{3} + 0,002 \left(1 - 0,125 \frac{L_V}{h} \right) + 0,13 \phi_y \frac{d_b f_y}{\sqrt{f_c}}$$

ή
Τοιχεία ορθογωνικής,
Τ- και Ι-
Διατομής

➤ ΔΙΑΤΜΗΣΗ

- Στάθμη Επιτελεστικότητας: Οιονεί Κατάρρευση(NC)

Δοκοί και Υποστυλώματα

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

Όπου:

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

Για ορθογωνικές διατομές

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

Για κυκλικές διατομές

Τοιχεία

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

Κοντά Υποστυλώματα (LV/h) ≤ 2

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

- Στάθμες Επιτελεστικότητας: Άμεση Χρήση (DL) και Ασφάλεια Ζωής (SD)

Ο έλεγχος για την υπέρβαση αυτών των δύο σταθμών επιτελεστικότητας δεν απαιτείται, εκτός εάν αυτές είναι οι μόνες στάθμες επιτελεστικότητας που ζητείται να ελεγχθούν. Για την περίπτωση αυτή εφαρμόζεται η ίδια διαδικασία ελέγχου που γίνεται και για στάθμη επιτελεστικότητας οιονεί κατάρρευσης

➤ ΚΟΜΒΟΙ ΔΟΚΩΝ - ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

- Στάθμη Επιτελεστικότητας: Οιονεί Κατάρρευση(NC)

Ο έλεγχος γίνεται σύμφωνα με τον Ευροκώδικα 8, μέρος 1.

- Στάθμες Επιτελεστικότητας: Άμεση Χρήση (DL) και Ασφάλεια Ζωής (SD)

Ο έλεγχος για την υπέρβαση αυτών των δύο σταθμών επιτελεστικότητας δεν απαιτείται, εκτός εάν αυτές είναι οι μόνες στάθμες επιτελεστικότητας που ζητείται να ελεγχθούν. Για την περίπτωση αυτή εφαρμόζεται η ίδια διαδικασία ελέγχου που γίνεται και για στάθμη επιτελεστικότητας οιονεί κατάρρευσης

▪ Προσομοιώματα αντοχής για ενίσχυση

➤ Μανδύες από Σκυρόδεμα

Αποκατάσταση της αντοχής, της δυσκαμψίας και της ικανότητας παραμόρφωσης

$$V_R^* = 0,9 V_R$$

$$M_y^* = M_y$$

$$\theta_y^* = 1,05 \theta_y$$

Για εκτραχυμένες επιφάνειες παλαιού σκυροδέματος

$$\theta_y^* = 1,2 \theta_y$$

Για όλες τις άλλες περιπτώσεις

$$\theta_u^* = \theta_u$$

➤ Μεταλλικοί Μανδύες

- Διατμητική Ενίσχυση

Για χρήση μόνο του 50% της αντοχής διαρροής του μανδύα, η πρόσθετη διατμητική δύναμη που μεταφέρει ο μανδύας δίνεται από τη σχέση:

$$V_j = 0,5 \frac{2t_j b}{s} f_{y,j,d} \frac{1}{\cos \alpha}$$

- Περίσφιξη (Δράση Σφινγκτήρα) στις περιοχές μάτισης των ράβδων

- Μήκος μανδύα $\geq 50\%$ του μήκους μάτισης
- Πίεση μανδύα με τουλάχιστον δύο σειρές βλήτρων σε κάθε πλευρά της κολώνας και με διεύθυνση παράλληλη στη φόρτιση
- Για περιοχή μάτισης στη βάση της κολώνας, η μια σειρά βλήτρων πρέπει να τοποθετείται στην κορυφή της περιοχής μάτισης και η άλλη σε απόσταση ίση με το $1/3$ του ύψους της, ξεκινώντας από τη βάση

➤ Μανδύες από ΙΟΠ (FRP)

- Διατμητική Ενίσχυση

❖ Για μέλη με ορθογωνική διατομή:

Η συμβολή του ΙΟΠ στη διατμητική ικανότητα δίνεται από τις σχέσεις:

Μανδύες μορφής U:

$$V_{Rd,f} = 0,9 d \cdot f_{fdd,e} \cdot 2 \cdot t_f \cdot \left(\frac{w_f}{s_f} \right)^2 \cdot (\cot \theta + \cot \beta) \cdot \sin \beta$$

Μανδύες μορφής //:

$$V_{Rd,f} = 0,9 d \cdot f_{fdd,e} \cdot 2 \cdot t_f \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \theta} \cdot \frac{w_f}{s_f}$$

❖ Για μέλη με κυκλική διατομή:

$$V_f = 0,5 A_c \cdot \rho_f \cdot E_f \cdot \varepsilon_{f,ed}$$

Ενεργή τάση αποκόλλησης του ΙΟΠ (FRP)

Κλειστοί Μανδύες:

$$f_{fdd,e,W} = f_{fdd} \cdot \left[1 - k \frac{L_e \sin \beta}{2z} \right] + \frac{1}{2} (f_{fu,W}(R) - f_{fdd}) \cdot \left[1 - \frac{L_e \sin \beta}{z} \right]$$

Όπου:

$$f_{fdd} = \frac{1}{\gamma_{fd}} \sqrt{0,6 \frac{E_f f_{ctm} k_b}{t_f}}$$

$$k_b = \sqrt{1,5 \cdot (2 - w_f/s_f) / (1 + w_f/100 \text{ mm})}$$

$$f_{fu,W}(R) = f_{fdd} + \langle \eta_R \cdot f_{fu} - f_{fdd} \rangle$$

$$L_e = \sqrt{\frac{E_f \cdot t_f}{4 \cdot \tau_{\max}}}$$

Μανδύες μορφής U:

$$f_{fdd,e,U} = f_{fdd} \cdot \left[1 - k \frac{L_e \sin \beta}{z} \right]$$

Μανδύες μορφής //:

$$f_{fdd,e,S} = f_{fdd} \cdot \frac{z_{rid,eq}}{z} \cdot \left(1 - \sqrt{k \frac{L_{eq}}{z_{rid,eq}}} \right)^2$$

- Περίσφιξη για αύξηση πλαστιμότητας

Απαραίτητο ποσοστό τάσης περίσφιξης δίνεται από τη σχέση:

$$f_1 = 0,4 I_x^2 \frac{f_c \cdot \varepsilon_{cu}^2}{\varepsilon_{ju}^{1,5}}$$

$$I_{\chi} = \mu_{\phi,tar} / \mu_{\phi,ava}$$

$$f_{f,e} = \min(f_{u,f}, \varepsilon_{u,f} E_f) \left(1 - 0,7 \min(f_{u,f}, \varepsilon_{u,f} E_f) \frac{\rho_f}{f_c} \right)$$

$$\alpha = 1 - \frac{(b - 2R)^2 + (h - 2R)^2}{3bh}$$

- Περίσφιξη σε περιοχές με ανεπαρκή μήκη μάτισης ράβδων

Απαραίτητο πάχος ΙΟΠ

$$t_f = \frac{D(\sigma_1 - \sigma_{sw})}{2E_f \cdot 0,001}$$

Τάση Υλικού Περίσφιξης για μήκος μάτισης L_s

$$\sigma_l = \frac{A_s f_{yL}}{\left[\frac{P}{2n} + 2(d_{bL} + c) \right] L_s}$$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΜΕΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

■ Προσδιορισμός Χαρακτηριστικών

- Γεωμετρία
- Λεπτομέρειες
- Υλικά

■ Απαιτήσεις γεωμετρίας και υλικών για νέα και επισκευασμένα μέλη

- Γεωμετρία
- Υλικά

■ Ανασχεδιασμός Δομικού Συστήματος

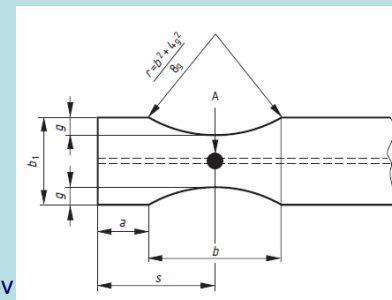
- Πλαισιακοί Φορείς (Moment Resisting Frames)
- Φορείς με μεταλλικά δικτυώματα (Braced Frames)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΜΕΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

■ Αποτίμηση και Ανασχεδιασμός Μελών

- Γενικές Απαιτήσεις
- Ικανότητες Παραμόρφωσης Μελών
- Δοκοί

- Επάρκεια Ευστάθειας
- Επάρκεια Αντιστάσεων
- Επισκευή πελμάτων που έχουν υποστεί λυγισμό και/ή θραύση
- Εξασθένηση δοκών
 - ως ασφάλεια προστασίας συνδέσμων δοκών-υποστυλωμάτων
 - για αύξηση πλαστιμότητας
- Ειδικές διατάξεις για σύμμεικτες δοκούς



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΜΕΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

■ Αποτίμηση και Ανασχεδιασμός Μελών

➤ Υποστυλώματα

- Επάρκεια Ευστάθειας
- Επάρκεια Αντιστάσεων
- Επισκευή πελμάτων που έχουν υποστεί λυγισμό και/ή θραύση και επισκευή ματίσεων που έχουν υποστεί θραύση
- Απαιτήσεις για ματίσεις υποστυλωμάτων
- Απαιτήσεις Κομβοελασμάτων
- Ειδικές διατάξεις για σύμμεικτα υποστυλώματα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΜΕΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

■ Αποτίμηση και Ανασχεδιασμός Μελών

- Ράβδοι Δικτύωσης
 - Επάρκεια Ευστάθειας
 - Επάρκεια Αντιστάσεων
 - Ειδικές διατάξεις για σύμμεικτες ράβδους δικτύωσης
 - Ασύνδετες ράβδοι δικτύωσης

■ Επισκευή Σύνδεσης

- Συνδέσεις δοκών - υποστυλωμάτων
 - Αντικατάσταση Συγκολλήσεων
 - Στρατηγικές Εξασθένησης
 - Στρατηγικές Ενίσχυσης
- Συνδέσεις Ράβδων δικτύωσης και σεισμικών συνδέσμων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

■ Προσδιορισμός Χαρακτηριστικών

- Γεωμετρία
- Λεπτομέρειες
- Υλικά

■ Μέθοδοι Ανάλυσης

- Γραμμικές Μέθοδοι
 - Μέθοδος Ανάλυσης Οριζόντιας φόρτισης
 - Ιδιομορφική Ανάλυση Φάσματος Απόκρισης
- Μη Γραμμικές Μέθοδοι
 - Μη Γραμμική Στατική Ανάλυση (push-over)
 - Μη Γραμμική Ανάλυση Χρονοϊστορίας (Δυναμική)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

■ Μέθοδοι Ανάλυσης

- Προϋποθέσεις Γραμμικών Μεθόδων
 - Διατμητικοί Τοίχοι τοποθετούνται ομοιόμορφα και στις δύο διευθύνσεις
 - Τοίχοι συνεχείς καθ' ύψος
 - Ο λόγος της δυσκαμψίας του πιο δύσκαμπτου προς τον πιο εύκαμπτο τοίχο, λαμβάνοντας υπόψη τα ανοίγματα, δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 2.5.
 - Τα πατώματα θεωρούνται ως διαφράγματα όταν έχουν αρκετή δυσκαμψία εντός του επιπέδου τους και έχουν ικανοποιητική σύνδεση με τους περιμετρικούς τοίχους
 - Όταν οι παραπάνω προϋποθέσεις δεν ισχύουν εφαρμόζονται οι Μη Γραμμικές Μέθοδοι
- Η ικανότητα προσδιορίζεται σε όρους μετακινήσεων οροφής.
Η οριακή ικανότητα μετατόπισης προκύπτει ως μετακίνηση οροφής, όταν η συνολική πλευρική αντίσταση (τέμνουσα βάση) μειωθεί στο 80% της αντοχής της κατασκευής, εξαιτίας της σταδιακής βλάβης και αστοχίας των πλευρικών στοιχείων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

■ Προσομοιώματα Αντοχής για Αποτίμηση (Capacity models)

- Προσομοιώματα για καθολική αποτίμηση

- Σ.Ε. Οιονεί Κατάρρευση (NC)
- Σ.Ε. Ασφάλεια Ζωής (SD)

Σε αυτές τις Σ.Ε.:

Κριτήρια αποτίμησης σε όρους καθολικής απόκρισης μπορούν να εφαρμοστούν μόνο όταν η ανάλυση είναι μη γραμμική

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

■ Προσομοιώματα Αντοχής για Αποτίμηση (Capacity models)

- Προσομοιώματα για καθολική αποτίμηση

- Σ.Ε. Άμεση Χρήση (DL)

Για γραμμική ανάλυση, το κριτήριο για καθολική αποτίμηση προσδιορίζεται σε όρους τέμνουσας βάσης στην οριζόντια διεύθυνση της σεισμικής δράσης.

Για μη γραμμική ανάλυση, το κριτήριο για καθολική αποτίμηση προσδιορίζεται σαν το όριο διαρροής της ιδανικής ελαστοπλαστικής σχέσης τάσης - παραμόρφωσης ενός αντίστοιχου μονοβάθμιου συστήματος

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

■ Προσομοιώματα Αντοχής για Αποτίμηση (Capacity models)

- Έλεγχος για Ένταση από Αξονική Δύναμη και Κάμψη
- Σ.Ε. Ασφάλεια Ζωής (SD)
- Η καμπτική ικανότητα τοίχου σε όρους τέμνουσας ισούται με:

$$V_f = \frac{DN}{2H_0}(1 - 1,15 v_d)$$

Όπου: D: Οριζόντια διάσταση τοίχου

H_0 : Ιδεατό ύψος = Απόσταση διατομής maxM από M=0

- Η καμπτική ικανότητα τοίχου σε όρους σχετικής μετακίνησης ορόφων ισούται με: $0,008 H_0/D$ για κύριους τοίχους
 $0,012 H_0/D$ για δευτερεύοντες τοίχους
- Σ.Ε. Οιονεί Κατάρρευση (NC)
- Η καμπτική ικανότητα τοίχου σε όρους σχετικής μετακίνησης ορόφων ισούται με: $(4/3) \times SD$
- Σ.Ε. Άμεση Χρήση (DL): Έλεγχος μόνο με V_f

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

■ Προσομοιώματα Αντοχής για Αποτίμηση (Capacity models)

- Έλεγχος για Διατμητική Ένταση
- Σ.Ε. Ασφάλεια Ζωής (SD)
- Η διατμητική ικανότητα τοίχου ισούται με:

$$V_f = f_{vd} \cdot D' \cdot t \quad \text{όπου:} \quad f_{vd} = f_{vm0} + 0,4 \cdot \frac{N}{D'} \cdot t \leq 0,065 \cdot f_m$$

- Η διατμητική ικανότητα τοίχου σε όρους σχετικής μετακίνησης ορόφων ισούται με: $0,004$ για κύριους τοίχους
 $0,006$ για δευτερεύοντες τοίχους
- Σ.Ε. Οιονεί Κατάρρευση (NC)
- Η καμπτική ικανότητα τοίχου σε όρους σχετικής μετακίνησης ορόφων ισούται με: $(4/3) \times SD$
- Σ.Ε. Άμεση Χρήση (DL): Έλεγχος μόνο με V_f

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

- Ποια η κρίσιμη ένταση; **ΚΑΜΨΗ** ή **ΔΙΑΤΜΗΣΗ**;

Όταν: $V_f = f_{vd} \cdot D' \cdot t \leq V_f = \frac{DN}{2H_0}(1 - 1,15 v_d)$ **ΚΑΜΨΗ**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

■ Δομικές Επεμβάσεις (Structural interventions)

- Επισκευές και Τεχνικές Ενίσχυσης
- Επισκευή Ρωγμών
- Εάν το πάχος της ρωγμής (≤ 10 mm) και το πάχος του τοίχου είναι σχετικά μικρά, οι ρωγμές μπορούν να σφραγίζονται με κονίαμα (!)
- Εάν το πάχος της ρωγμής είναι σχετικά μικρό αλλά το πάχος του τοίχου όχι, τότε θα χρησιμοποιηθεί τσιμεντένεμα. Όπου χρειάζεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί μη συρρικνούμενο κονίαμα ή ένεμα από εποξειδική ρητίνη
- Εάν το πάχος της ρωγμής είναι μεγάλο (> 10 mm), τότε η κατεστραμμένη περιοχή πρέπει να ανακατασκευαστεί με χρήση συνδετικών τοιχοσωμάτων. Αλλιώς, θα χρησιμοποιηθούν διχαλωτά τζινέτια, μεταλλικές πλάκες ή πολυμερικό πλέγμα για να ενώσουν τα δύο χείλη της ρωγμής. Τυχόν κενά πρέπει να γεμίζονται με τσιμεντοκονίαμα κατάλληλης ρευστότητας

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

▪ Δομικές Επεμβάσεις (Structural interventions)

- Επισκευές και Τεχνικές Ενίσχυσης
- Επισκευή Ρωγμών
- Όπου οι οριζόντιοι αρμοί είναι σχετικά λείοι, η αντοχή των τοίχων έναντι κάθετων ρηγματώσεων μπορεί να βελτιωθεί ικανοποιητικά μέσω εμποτισμού στους οριζόντιους αρμούς είτε συρματόσχοινου, είτε λωρίδων από ΙΟΠ
- Για επισκευή διαγώνιων ρωγμών, κατακόρυφες ζώνες ραφής από σκυρόδεμα πρέπει να συνδέονται καλά με φωλιές και στις δύο όψεις του τοίχου. Τέτοιες ζώνες ραφής πρέπει να ενισχύονται με πυκνούς συνδετήρες και με διαμήκη οπλισμό. Επίσης, πλέγματα από ΙΟΠ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καλύψουν τη μία ή και τις δύο πλευρές του τοίχου, σε συνδυασμό με το κατάλληλο κονίαμα και επίχρισμα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

▪ Δομικές Επεμβάσεις (Structural interventions)

- Επισκευές και Τεχνικές Ενίσχυσης
- Επισκευή και Ενίσχυση στις Ενώσεις των Τοίχων
- Για τη βελτίωση της σύνδεσης μεταξύ δυο τοίχων θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν γωνιακά τούβλα ή λίθοι (ακρογωνιαίοι λίθοι). Η σύνδεση μπορεί να γίνει πιο αποτελεσματική με τους εξής τρόπους:
 - Με κατασκευή ζώνης από οπλισμένο σκυρόδεμα
 - Με την προσθήκη μεταλλικών πλακών στις ενώσεις
 - Με την εισαγωγή κεκλιμένων μεταλλικών ράβδων σε οπές που διανοίγονται στην τοιχοποιία και έπειτα προσθήκη ενέματος
 - Με την εισαγωγή τενόντων προέντασης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

▪ Δομικές Επεμβάσεις (Structural interventions)

- Επισκευές και Τεχνικές Ενίσχυσης
- Επισκευή και Αύξηση της Δυσκαμψίας των Οριζόντιων Διαφραγμάτων
- Τα ξύλινα πατώματα μπορούν να ενισχυθούν και να αυξήσουν την εντός επιπέδου δυσκαμψία τους μέσω:
 - Προσθήκης μιας επιπλέον στρώσης από ξύλινες σανίδες (ορθογωνικά ή διαγώνια) πάνω στις ήδη υπάρχουσες
 - Σκυροδέτησης μιας επιπλέον στρώσης οπλισμένου σκυροδέματος. Διατμητικές συνδέσεις με το ξύλινο πάτωμα και αγκύρωση στους φέροντες τοίχους
- Τα ζευκτά της στέγης πρέπει να αγκυρώνονται καλά στους φέροντες τοίχους. Πρέπει να δημιουργείται ένα διάφραγμα (με προσθήκη δικτύωσης) στο επίπεδο της βάσης των ζευκτών της στέγης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

▪ Δομικές Επεμβάσεις (Structural interventions)

- Επισκευές και Τεχνικές Ενίσχυσης
- Διαζώματα
- Εάν τα ήδη υπάρχοντα διαζώματα μεταξύ τοίχων και πατωμάτων έχουν καταστραφεί, πρέπει να επισκευαστούν ή να ανακατασκευαστούν.
- Εάν δεν υπάρχουν διαζώματα εξ αρχής, τότε πρέπει να προστίθενται μετέπειτα
- Ενίσχυση Κτιρίων μέσω Μεταλλικών Στοιχείων Σύνδεσης
- Η προσθήκη μεταλλικών στοιχείων σύνδεσης, οριζόντια ή κάθετα στον τοίχο, εξωτερικά ή μέσα σε οπές είναι ένας ικανοποιητικός τρόπος σύνδεσης των τοίχων και βοηθά στη συνολική συμπεριφορά κτιρίων από τοιχοποιία
- Προεντεταμένα στοιχεία σύνδεσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της αντοχής των τοίχων έναντι εφελκυστικών τάσεων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

▪ Δομικές Επεμβάσεις (Structural interventions)

➤ Επισκευές και Τεχνικές Ενίσχυσης

- Ενίσχυση του Πυρήνα Τρίστρωτης Τοιχοποιίας

- Η ενδιάμεση στρώση τρίστρωτης τοιχοποιίας μπορεί να ενισχυθεί με τσιμεντένεμα. Εάν η πρόσφυση του ενέματος στα αδρανή δεν είναι πολύ καλή, η ένεση πρέπει να υποστηρίζεται με χαλύβδινες ράβδους που εισάγονται κάθετα στον τοίχο και αγκυρώνονται στις εξωτερικές στρώσεις του

- Ενίσχυση Τοίχων μέσω Πλεγμάτων από ΙΟΠ

- Πλέγματα από ΙΟΠ μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση υφισταμένων αλλά και νέων στοιχείων από τοιχοποιία. Σε περίπτωση υφισταμένων στοιχείων, οι μανδύες πρέπει να τοποθετούνται στη 1 ή και στις 2 πλευρές και πρέπει να αγκυρώνονται στους εγκάρσιους τοίχους. Σε περίπτωση νέων στοιχείων, η επέμβαση μπορεί να περιλαμβάνει την εισαγωγή ΙΟΠ στους οριζόντιους αρμούς.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

▪ Δομικές Επεμβάσεις (Structural interventions)

➤ Επισκευές και Τεχνικές Ενίσχυσης

- Ενίσχυση Τοίχων μέσω Μανδύων από Οπλισμένο Σκυρόδεμα ή Χάλυβα

- Χρησιμοποιείται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα οπλισμένο με πλέγμα ή ράβδους οπλισμού
- Προτιμάται ο αμφίπλευρος μανδύας. Σ' αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται εγκάρσιοι σύνδεσμοι που διαπερνούν την τοιχοποιία και αγκυρώνονται στις εκατέρωθεν στρώσεις
- Σε μονόπλευρους μανδύες είναι απαραίτητη η κατασκευή φωλεών
- Μεταλλικοί μανδύες μπορεί να χρησιμοποιηθούν με παρόμοιο τρόπο, με προϋπόθεση εξασφάλισης επαρκούς σύνδεσης (όπως παραπάνω)

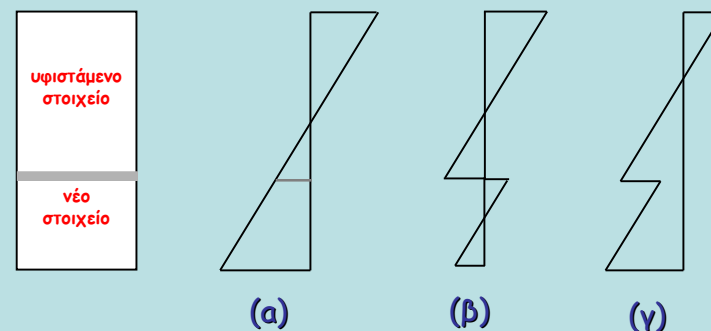
ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

www.oasp.gr

Σχέδιο 3 - Μάρτιος 2009

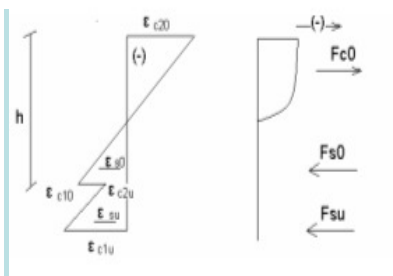
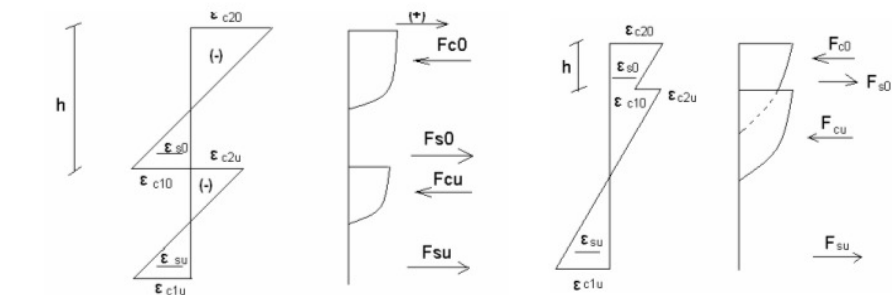
ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

ΝΕΟ "ΣΥΝΘΕΤΟ" ΣΤΟΙΧΕΙΟ



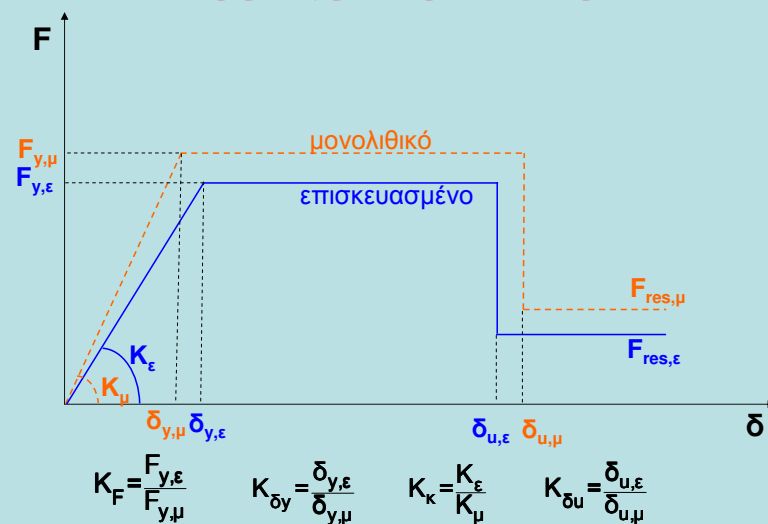
Κατανομή παραμορφώσεων στη σύνθετη διατομή
(α) με μονολιθική συμπεριφορά,
(β), (γ) με ολίσθηση στη διεπιφάνεια

Απαιτείται προσομοίωμα μεταφοράς Διατμητικής Δύναμης



Πιθανή Κατανομή Παραμορφώσεων και Τάσεων

ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΕΝΤΑΤΙΚΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ-ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΜΕ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ



66

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΤΗΤΑΣ

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

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

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

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

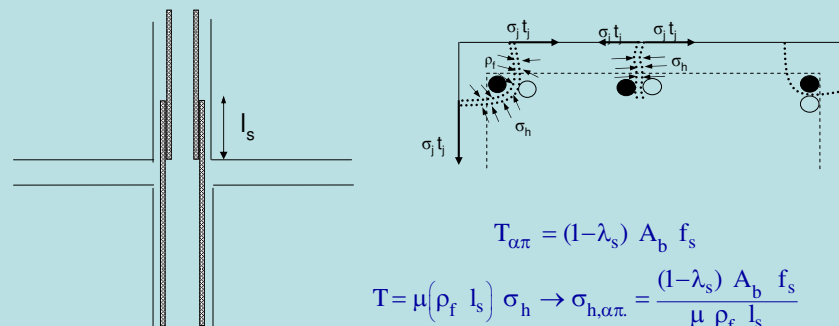
$$k_{δu} = \frac{\text{Οριακή παραμόρφωση πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Οριακή παραμόρφωση μονολιθικού στοιχείου}}$$

Προσεγγιστική Μέθοδος Μονολιθικής Συμπεριφοράς

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

67

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΜΗΚΗ ΜΑΤΙΣΜΕΝΩΝ ΡΑΒΔΩΝ



$$T_{απ} = (1 - λ_s) A_b f_s$$

$$T = μ (ρ_f l_s) σ_h \rightarrow σ_{h,απ} = \frac{(1 - λ_s) A_b f_s}{μ ρ_f l_s}$$

$$σ_j t_j = σ_h B \quad \text{όπου: } β = \frac{ρ_f}{B}$$

$$t_{j,απ} = \frac{(1 - λ_s) A_b f_s}{β μ l_s σ_j}$$

68

$$A_j / s = \gamma_{Rd} \frac{(1-\lambda_s)}{\beta} \frac{1}{\mu} \frac{f_{yk}}{\sigma_j} \frac{A_b}{l_s}$$

$$A_j = t_j \cdot w_j$$

$$A_j / s = t_j$$

για συνεχή μανδύα

$$\sigma_{jd} = E_j \cdot \varepsilon_{jd} \leq \sigma_{j,max}$$

$$\sigma_{j,max} = f_{yd}$$

για στοιχεία από χάλυβα

$$\sigma_{j,max} = 0,75 \cdot E_j \cdot \varepsilon_{ju}$$

για στοιχεία από ΙΟΠ

$$0 \leq \lambda_s \leq 1$$

$$\lambda_s = \frac{l_s}{l_{so}}$$

$$\lambda_s = 0$$

$$\mu = \mu_0 \left(f_{ck} / \sigma_N \right)^{2/3}$$

(πρακτικά $\mu = 0,4$ έως $2,0$)

Γωνιακές ράβδοι

$$\varepsilon_j = \frac{\sqrt{2} \cdot w}{b}, \quad w = 0,6 \delta^{2/3}$$

Priestley, Sieble κ.α. (Ref. 20)

$$\varepsilon_j = 1\text{‰}$$

$$\mu = 1,0 - 1,4$$

$$\beta = 1,0$$

$$\lambda_s = 0$$

69

Για Γωνιακές Ράβδους

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

$$A_j / s = t_j$$

για συνεχή μανδύα

$k_1 = 1,7$ για στάθμη επιτελεστικότητας A

$= 1,5$ για στάθμη επιτελεστικότητας B ή Γ

$k_2 = 0,3$

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

70

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 μανδυνών

71

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, κ.λ.π.

72

Τάση Σχεδιασμού Υλικού Ενίσχυσης

$$\sigma_{jd} = ;$$

Πιθανές Μορφές Αστοχίας

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

$$\sigma_{j,crit} = \beta \frac{\tau_{\text{αποκ.}}}{t_j} L_e$$

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

Διορθωτικός συντελεστής

β_w : Επιρροή πλάτους οπλισμού ενίσχυσης

β_L : Επιρροή διατιθέμενου μήκους αγκύρωσης

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

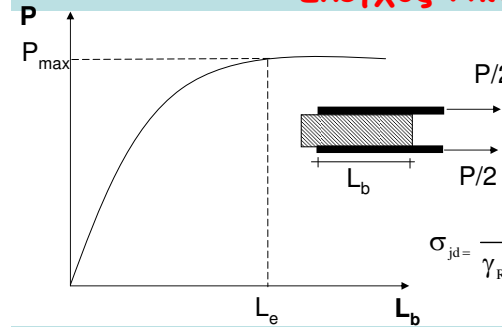
Ενεργό μήκος αγκύρωσης

$$t_j = \psi \cdot k \cdot t_{j1} \quad t_{j1} = \text{πάχος στρώσης}$$

$$\psi = k^{-1/4}$$

73

Έλεγχος Αποκόλλησης



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

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

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

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

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

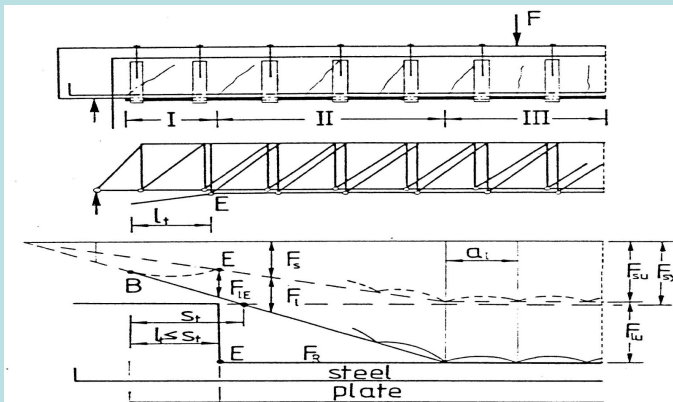
$$\sigma_{j,crit} = 1,15 \sqrt{\frac{200 \times 1,92 \times 10^3}{2}} = 504 \text{ MPa}$$

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

Έλεγχος Απόσχισης Άκρου

$$V_{sd, \text{απόλ.}} \leq V_{cd, \text{απόλ.}}$$

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



Rostasy, 1997

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



Χρήση στοιχείων αγκύρωσης στα άκρα

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Εκτίμηση ικανότητας

- Με συνεκτίμηση της ολίσθησης
- Προσεγγιστικά με χρήση συντελεστών μονολιθικότητας

Για πλάκες:

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

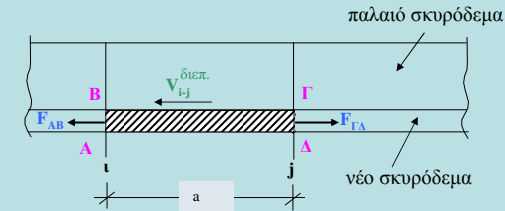
Για λοιπά στοιχεία:

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

77

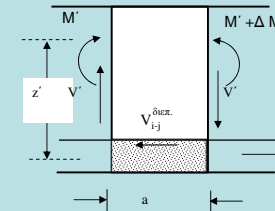
ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Έλεγχος Διεπεφανιών - Αγκυρώσεων



$$V_{i-j}^{\delta.επ.} = F_{AB} - F_{\Gamma\Delta}$$

ή



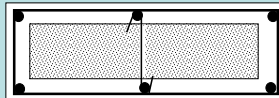
$$V_{i-j}^{\delta.επ.} = \frac{\Delta M'}{z'} = V' \frac{a}{z'}$$

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

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

Ελάχιστο Ποσοστό Βλητρω

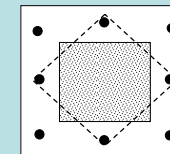
$$\rho_{\delta} = \frac{A_{sd}}{A_{\phi} \sin \alpha} \geq 0,18 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$$



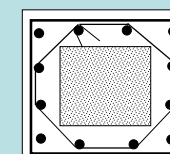
Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε επιμήκεις διατομές

Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε τετραγωνικές διατομές

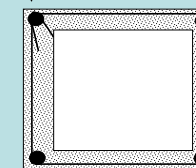
ΟΧΙ



ΝΑΙ



γωνία 45°



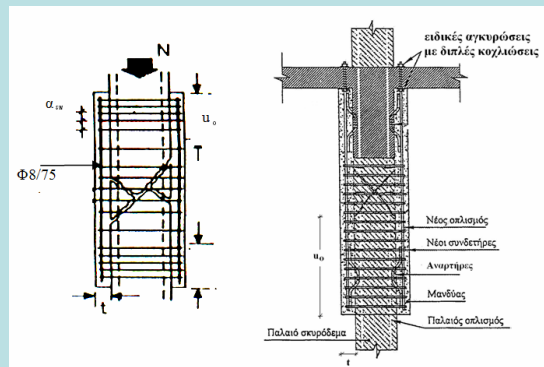
ΜΑΝΔΥΕΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Εκτίμηση Ικανότητας

Με συνεκτίμηση της σχετικής ολίσθησης στις διεπιφάνειες ή

Με χρήση συντελεστών μονολιθικότητας

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

81

Θλίβουσα Δύναμη Μανδύα

$$F_{cm} = 4u_o \mu f_{ctm} + 10n_b \frac{A_{sb}}{h_s} + n_D F_{uD}$$

Τριβή Αναρτήσεις
 “(πάπιες)” Βλήτρα

Ελάχιστοι Συνδετήρες Μανδύα

ΕΚΩΣ 2000

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

Προσεγγιστική Μέθοδος Μονολιθικής Συμπεριφοράς

$$k_k = 0,80$$

$$k_r = 0,90$$

$$k_{\theta y} = 1,25$$

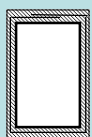
$$k_{\theta u} = 0,80$$

82

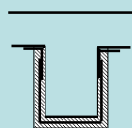
ΑΥΞΗΣΗ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ

Ανεπάρκεια Έναντι Λοξής Θλίψης ($V_{sd} > V_{Rd2}$)

- Με περισφιγξη
 $f_{ck,c} = (1,125 + 1,25a_w) f_{ck}$
- Με προσθήκη νέων στρώσεων σκυροδέματος
 - κλειστός μανδύας (συνιστάται)
 - τρίπλευρη ενίσχυση



(α)



(β)

Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας σε λοξή θλίψη:

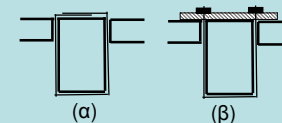
- (α) Κλειστή ενίσχυση, (β) Ανοικτή ενίσχυση

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

83

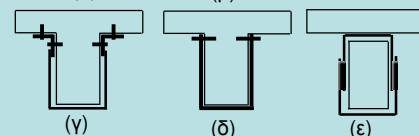
Ανεπάρκεια Οπλισμού Διάτμησης ($V_{sd} > V_{Rd3}$)

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



(α)

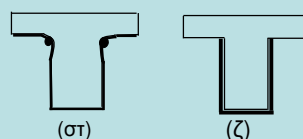
(β)



(γ)

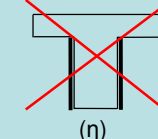
(δ)

(ε)



(στ)

(ζ)



(η)

Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας οπλισμού διάτμησης:
(α), (β) “κλειστή” ενίσχυση, (γ), (δ), (ε), (στ), (ζ) “ανοικτή” ενίσχυση με αγκυρωμένα άκρα & (η) “ανοικτή” ενίσχυση αποδεκτή κατά παρέκκλιση, (η) Δεν επιτρέπεται

84

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

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

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

$$\sigma_{jd} = ;$$

Πιθανές Μορφές Αστοχίας

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

86

"ΚΛΕΙΣΤΕΣ" ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

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

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

Για Χάλυβα

$$\gamma_m = 1,2 \quad f_{jk} = f_{syk}$$

Για ΙΟΠ

$$\gamma_m = 1,2 \quad f_{jk} = E_j \cdot \varepsilon_{j,crit} \quad \varepsilon_{j,crit} = k_v \cdot \varepsilon_{j,max} \quad k_v = 0,5$$

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

87

"ΑΝΟΙΚΤΕΣ" ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

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

Μέγιστη τάση για να αποφευχθεί η αποκόλληση

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

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

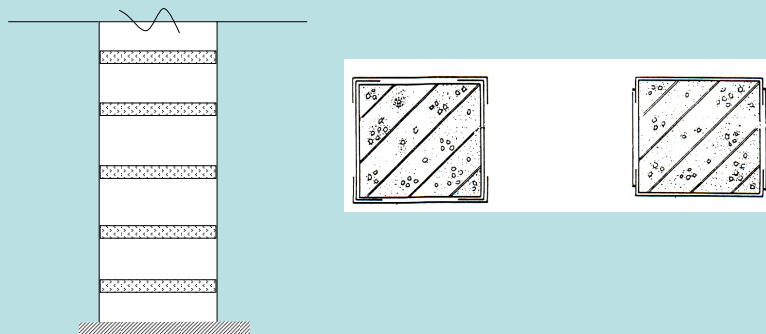
$$\begin{aligned} \text{Αν } \sigma_{jd,crit} &\geq \sigma_{jd,"κλειστό"} & k_v &= 1,0 \\ \text{Αν } \sigma_{jd,crit} &< \sigma_{jd,"κλειστό"} & k_v &\text{ όπως ΙΟΠ} \end{aligned}$$

88

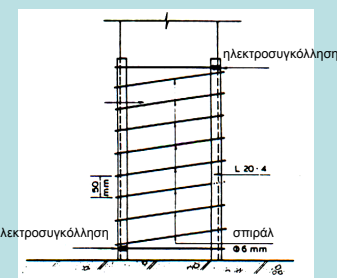
ΑΥΞΗΣΗ ΤΟΠΙΚΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ

Με κολάρα από χάλυβα ή ΙΟΤ

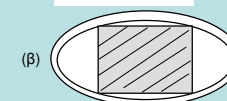
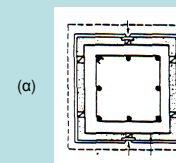
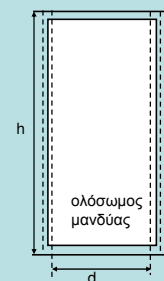
- Επικολλητά ή προεντεταμένα



89

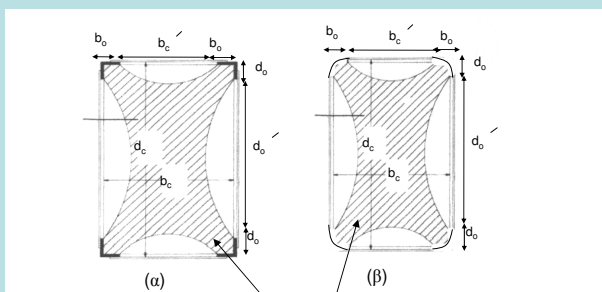


Περίσφιγξη με σπειροειδή οπλισμό



Περίσφιγξη με γενικό μεταλλικό μανδύα
(α) ορθογωνική
(β) ελλειπτική

90



(α) : Περίσφιγξη με μεταλλικό κλωβό
(β): Περίσφιγξη με ινοπλισμένα πολυμερή

91

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΣΦΙΞΗΣ - ΑΥΞΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ

Απαίτηση Στοχευόμενου q :

- Υπολογίζεται ο απαιτούμενος δείκτης συμπεριφοράς $q_\mu = q/q_0$ (q_0 παράγοντας υπεραντοχής δομήματος κατά EC8)
 - Υπολογίζεται ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας σε όρους μετακινήσεων:
- $$\mu_d = \begin{cases} q_\mu & \text{όταν } T > T_2 \\ 1 + \frac{T_2}{T} (q_\mu - 1) & \text{όταν } T < T_2 \end{cases}$$
- 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 $f_c^* = (1,125 + 1,25 \cdot \alpha \cdot \omega_w) f_c$

92

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΣΦΙΞΗΣ - ΑΥΞΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ

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_y :

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

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

Όπου η θ_y :

Για δοκούς ή υποστυλώματα

Για τοιχώματα

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

Η συσχέτιση των μ_θ και μ_d γίνεται μέσω των σχέσεων:

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

$$\mu_{1/r,\alpha\pi.} = 3\mu_{d,\alpha\pi.} - 2 \quad \longrightarrow \quad \epsilon_{cu,\alpha\pi}^* \quad \longrightarrow \quad \omega_{w,\alpha\pi}$$

93

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 επικολλητών ελασμάτων (από χάλυβα ή ΙΟΠ) ή υφασμάτων ΙΟΠ
- Αποκατάσταση ίσης διατομής και προσθήκη οπλισμών

94

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη Μανδύα από Ο.Σ.

- Αν οι διαστάσεις του κόμβου δεν αποτρέπουν τη διαγώνια εφελκυστική ρηγμάτωση (ΚΑΝ.ΕΠΕ., Κεφ. 7) ο οπλισμός του μανδύα στην περιοχή του κόμβου υπολογίζεται:

Οριζόντιος Οπλισμός

$$A_{jh} = \frac{V_{jh}}{f_{ywd}}$$

Κατακόρυφος Οπλισμός

$$A_{jv} = \frac{V_{jv}}{f_{ywd}}$$

όπου οι V_{jh} και V_{jv} υπολογίζονται ανάλογα με:

$$\Sigma M_{yb} < \Sigma M_{yc} \quad \text{ή} \quad \Sigma M_{yb} > \Sigma M_{yc}$$

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη χιαστί κολλάρων από χαλύβδινα στοιχεία



96

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη χιαστί κολλάρων από χαλύβδινα στοιχεία

- Απαιτούμενη Διατομή Χαλύβδινων Στοιχείων σε κάθε Διαγώνια διεύθυνση δίνεται από τη σχέση:

$$A_{j\delta} = \frac{F_{j\delta}}{\gamma_{Rd} f_{yd}}$$

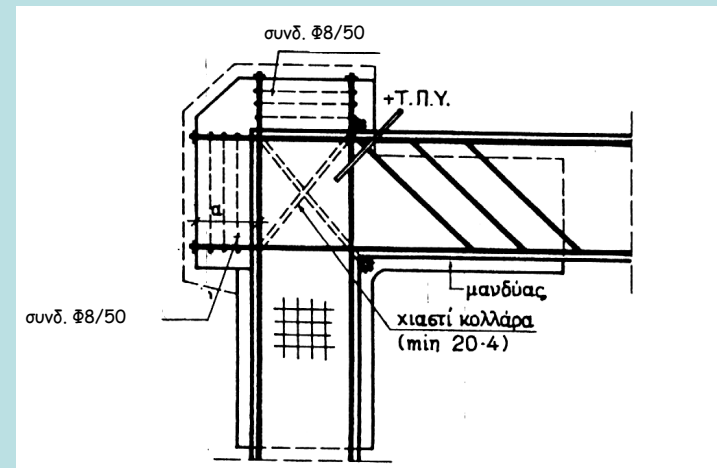
Όπου η διαγώνια εφελκυστική δύναμη στον κόμβο ($F_{j\delta}$) ισούται με:

$$F_{j\delta} = \frac{V_{jh}}{h_c} h_{\delta} = \frac{V_{jv}}{h_b} h_{\delta}$$

h_{δ} : μήκος διαγωνίου του κόμβου

V_{jh} , V_{jv} : δίνονται από τους ίδιους τύπους για τους μανδύες

Προσθήκη μήκους αγκύρωσης - τεχνική "καμπούρας"



ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη επικολλητών ελασμάτων (από χάλυβα ή ΙΟΠ) ή υφασμάτων ΙΟΠ

- Ελάσματα από χάλυβα:

$$t_{ελ} \geq \max \left(\frac{V_{jh}}{h_b \sigma_{jd}}, \frac{V_{jv}}{h_c \sigma_{jd}} \right)$$

- Ελάσματα ή Υφάσματα από ΙΟΠ:

Απαιτούνται ίνες και προς τις δύο διευθύνσεις.

Ίνες // άξονα δοκού

$$t_{jh} = \frac{V_{jh}}{h_d \sigma_{jd}}$$

Ίνες // άξονα υποστυλώματος

$$t_{jv} = \frac{V_{jv}}{h_c \sigma_{jd}}$$

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Αποκατάσταση ίσης διατομής και προσθήκη σπλισμών

- Η Αποκατάσταση ίσης Διατομής γίνεται με την προσθήκη οριζόντιων και κατακόρυφων συνδετήρων.

Η συνολική διατομή τους υπολογίζεται από τις σχέσεις:

$$A_{jh,tot} \geq \frac{\gamma_{Rd} V_{jh}}{f_{ywd}}$$

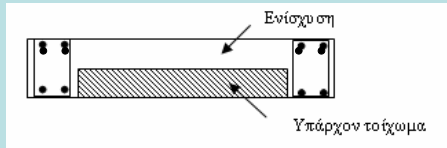
Οριζόντιοι συνδετήρες

$$A_{jv,tot} \geq \frac{\gamma_{Rd} V_{jv}}{f_{ywd}}$$

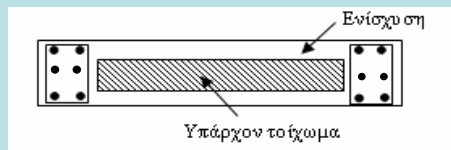
Κατακόρυφοι Συνδετήρες

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)



101

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 "Γεμίσματος"
- 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 αγκυροδέτησης (ανεπαρκής πρόσβαση στην κορυφή)
- Αντιμετώπιση συστολής ξήρανσης

103

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 γεμίσματος με το πλαίσιο
- Προσομοίωση του γεμίσματος μέσω διαγώνιου θλιπτήρα
- Χαμηλή πλαστιμότητα. Συνιστάται $m \leq 1,5$

Προσοχή

Πρόσθετες Τέμνουσες σε Δοκούς και Υποστυλώματα

104

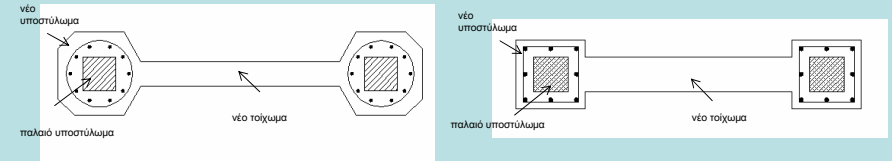
ΤΟΙΧΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

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

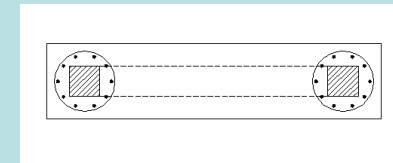
105

ΤΟΙΧΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Εμφανώσεις πάχους μικρότερου ή ίσου με το πλάτος της δοκού



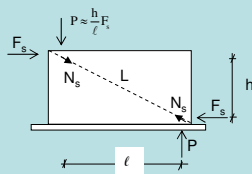
Εμφανώσεις πάχους μεγαλύτερου του πλάτους της δοκού



106

ΤΟΙΧΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Προσομοίωμα Ελέγχου Επάρκειας



Ασκούμενη Τέμνουσα 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:

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

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

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

107

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΤΟΙΧΩΝ ΠΛΗΡΩΣΕΩΣ

- Με αμφίπλευρες στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος
- Ελάχιστο πάχος 20 mm
- Ελάχιστη Αντοχή 30 MPa
- Χρήση αναστολέων διάβρωσης

Εξασφάλιση της από κοινού λειτουργίας υφιστάμενης τοιχοποιίας με τις δύο στρώσεις ενίσχυσης: Έλεγχος διατμητικής ικανότητας διεπιφανειών, Διαμπερής σύνδεση νέων πλεγμάτων μέσω σιγμοειδών συνδέσμων (τουλάχιστον 2 /m²)

- Αντίσταση ενισχυμένου τοίχου = Αντίσταση λοξού θλιπτήρα με αντοχή

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

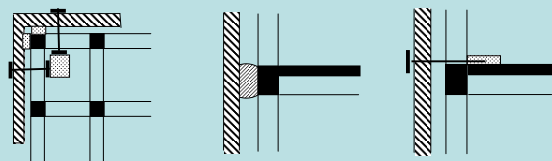
υπό την προϋπόθεση $V_s \leq V_{u,w}$ (Διατμητική αντίσταση κορμού)

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

108

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΩΝ ΠΑΡΑΠΛΕΥΡΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

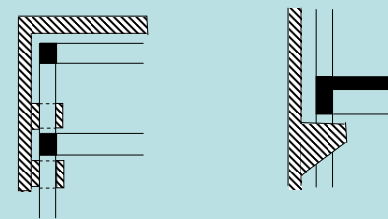
(Λύση που απαιτεί ιδιαίτερα υψηλή μελετητική και κατασκευαστική εμπειρία)



Ενδεικτική διάταξη συνδέσμων: α) κάτοψη, β) τομή σε θλιπτικό σύνδεσμο, γ) τομή σε εφελκυστικό σύνδεσμο

109

- Επιτρέπεται η διάταξη προεξοχών των τοιχωμάτων εντός υφιστάμενου του σκελετού για παρεμπόδιση της ελεύθερης ανύψωσης του εφελκυσμένου πέλματος τους



Ενδεικτική θέση προεξοχών τοιχώματος για παρεμπόδιση ανύψωσης του εφελκυσμένου πέλματός του

Θεμελίωση

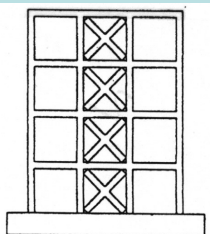
- Συνίσταται να θεμελιώνονται χωριστά
- Ελέγχονται οι επιπτώσεις καθίζησης και στα στοιχεία θεμελίωσης του υφιστάμενου δομήματος

110

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΚΤΥΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Κυρίως αύξηση δυσκαμψίας & πλαστιμότητας

Τύπος	- Χιαστί διαγωνίων, σχήματος Λ ή V, ορθού ή ανεστραμμένου Υ. - Απαγορεύεται η μορφή K Εμφαντούμενα 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 κτιρίου χωρίς καθάρσεις 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

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΚΤΥΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Διαστασιολόγηση

Κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. και EC8 - Μέρος 3

Υπό προϋποθέσεις προτείνεται:

- Σ.Ε. «Προστασία Ζωής»:
 - Απλές διαγώνιες ράβδους και δισδιαγώνιες δικτυώσεις τύπου Χ: $q = 3,5$
 - Δικτυώσεις τύπου V ή Λ: $q = 1,5 - 2$ ανάλογα με τον τύπο διατομής δικτύωσης
 - Σ.Ε. «Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης»: Αύξηση των ανωτέρω κατά 35%
Για δικτυωτά συστήματα με εκκεντρότητα (παρουσία δοκού σύζευξης - «σεισμικού συνδέσμου»)
 - Υπό προϋποθέσεις
 - Σ.Ε. «Προστασία Ζωής»: $q = 5$
 - Σ.Ε. «Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης»: $q = 7$
- Εν γένει για Σ.Ε. «Άμεση χρήση μετά από σεισμό»: $q = 1$

112

ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Στάθμη Επιτελεστικότητας **B** και **Γ**

Πρωτεύοντα:

- (α) τα στοιχεία των Δικτυωτών Συνδέσμων
- (β) τα περιβάλλοντα "σύμμεικτα" κατακόρυφα και οριζόντια στοιχεία

Ανάλογα με την Στάθμη Επιτελεστικότητας και τον τύπο συνδέσμων προτείνονται συντελεστές συμπεριφοράς q υπό προϋποθέσεις:

- ✓ Συμμετρικής διάταξης και διατομών
- ✓ Ομαλής κατανομής υπεραντοχής σε κάτοψη και καθ' ύψος
- ✓ Υπεραντοχή κατακόρυφων και οριζοντίων στοιχείων έναντι των ράβδων δικτύωσης
- ✓ κ.α

Στάθμη Επιτελεστικότητας **A**

- ✓ Όλα τα στοιχεία του δομήματος συμμετέχουν στο προσομοίωμα
- ✓ $q=1,00$

113

ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

- ✓ Όλα τα στοιχεία του ενισχυμένου δομήματος συμμετέχουν στο προσομοίωμα
- ✓ Ελαστοπλαστική συμπεριφορά ράβδων δικτύωσης

$F_y = F_{\text{διαρροής}}$	για εφελκόμενα μέλη
$F_y = 20\% F_{\text{λυγισμού}}$	για θλιβόμενα μέλη
$\delta_u = 12\delta_y$	για εφελκόμενα μέλη
$\delta_u = 8-10 \delta_{\text{λυγισμού}}$	για θλιβόμενα μέλη

114

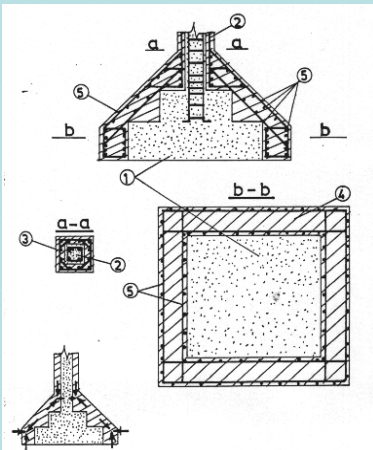
ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

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

115

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

ΦΑΣΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ

1. Έκθεση Συλλογής Στοιχείων και Πληροφοριών

- Διαθέσιμα στοιχεία Μελετών
- Οικοδομική Άδεια
- Βλάβες
- Προηγούμενες Επεμβάσεις

2. Έκθεση Αποτύπωσης - Τεκμηρίωσης

- Μετρήσεις
- Φωτογραφίες
- Λήψη Δοκιμών
- Εργαστηριακές Δοκιμές

3. Γενικά Σχέδια Αποτύπωσης του Φέροντος Οργανισμού και Παρουσίασης των Βλαβών

ΦΑΣΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ

4. Έκθεση Αποτίμησης Φέρουσας Ικανότητας

- Παραδοχές Αποτίμησης
- Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων
- Έδαφος Θεμελίωσης
- Στάθμη Επιτελεστικότητας
- Συμπεριφορά της Κατασκευής
- Συμπεράσματα της Αποτίμησης

ΦΑΣΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ

5. Έκθεση Λήψης Αποφάσεων - Προτάσεις Επεμβάσεων

- Επιδιωκόμενη Στάθμη Επιτελεστικότητας
- Εφικτό των Επεμβάσεων
- Οικονομικότητα

6. Τεύχη Υπολογισμών, Αναλύσεων και Ελέγχων

- Παραδοχές Αποτίμησης
- Φορτία
- Χαρακτηριστικά των Υλικών
- Προσομοιώματα Αναλύσεων (Πρωτεύοντα - Δευτερεύοντα Στοιχεία)

ΦΑΣΗ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

1. Έκθεση Εφαρμογής Επεμβάσεων

2. Γενικά Σχέδια Περιγραφής των Επεμβάσεων

3. Σχέδια Λεπτομερειών

4. Πρότυπα Υλικών, Προδιαγραφές Εργασιών και Απαιτήσεις Ποιοτικού Ελέγχου

5. Έκθεση Μέτρων Συντήρησης

6. Τεύχη Υπολογισμών, Αναλύσεων και Ελέγχων

www.episkeves.civil.upatras.gr