

Ο ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

(Μέρος Α)

Στέφανος Η. Δρίτσος
Πανεπιστήμιο Πατρών

Αθήνα 28/1/10

1

Γιατί χρειάζεται ένας νέος κανονισμός:

Οι υφιστάμενες κατασκευές:

- Έχουν κατασκευαστεί με γνώσεις που ανταποκρίνονται στην περίοδο της κατασκευής τους.
 - Είναι πιθανόν να έχουν κρυμμένα «χοντρά» σφάλματα ή ατέλειες.
 - 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 ασφάλειας στα υλικά και τις δράσεις, που θα εξαρτώνται από την αξιοπιστία των διαθέσιμων δεδομένων

2

■ Οι υφιστάμενες κατασκευές

Λόγω χαμηλής τους αντοχής, που σε πολλές περιπτώσεις σε προ του 1984 κατασκευές είναι της τάξεως 1:3, ο στόχος σεισμικής επάρκειας ίδιας με τις νέες κατασκευές είναι ανέφικτος ➔ **Θεσμοθέτηση: Στόχοι Επιτελεστικότητα**

■ Οι Κανονισμοί για τον σχεδιασμό νέων κατασκευών

- Υιοθετούν αναλυτικές διαδικασίες που δεν είναι κατάλληλες για υφιστάμενες κατασκευές

Στηρίζονται στην προαπαιτήση ότι η μόρφωση του φορέα των επί μέρους μελών τηρούν μία σειρά προϋποθέσεων (που οι ίδιοι επιβάλλουν) υπό τις οποίες τα αποτελέσματα είναι αξιόπιστα. Οι προϋποθέσεις αυτές **σπάνια** τηρούνται στις υφιστάμενες κατασκευές (π.χ. κοντά ματίσματα, έλλειψη αγκυρώσεων, ελάχιστοι ή μη αγκυρωμένοι συνδετήρες)

➔ **Υιοθέτηση: Νέες προχωρημένες μέθοδοι ανάλυσης**

- Χρησιμοποιούν αδιάκριτα-ισοπεδωτικά κριτήρια ελέγχου επάρκειας της κατασκευής

Θεωρούν ως κριτήριο αστοχίας της κατασκευής την υπέρβαση αντοχής έστω και ενός μέλους σε κάμψη! ➔ **Διάκριση: Πρωτεύοντα-δευτερεύοντα στοιχεία, πλάστιμες-ψαθυρές αστοχίες**

3

Τέλος

- Πώς θα ελέγχεται η εξασφάλιση της συνεργασίας παλαιών και νέων στοιχείων;
π.χ. συνεργασία νέων τοιχωμάτων με υφιστάμενο φορέα
- Πώς θα διαστασιολογούνται τα επισκευασμένα-ενισχυμένα στοιχεία;
π.χ.
 - ✓ ένας μανδύας
 - ✓ μία ενίσχυση σε κάμψη με εκτοξευόμενο ή με χαλύβδινα ελάσματα ή με σύνθετα υλικά και,
 - ✓ όποιες άλλες τεχνικές είναι δόκιμες και μπορεί να επιλεγούν

4

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.

5

Τι το ΚΑΙΝΟΥΡΙΟ στον ΚΑΝ.ΕΠΕ.:

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

6

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ (PERFORMANCE REQUIREMENTS)

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

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

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

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

7

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%}
20% Περ. Επανάλ. 225 χρόνια	NC _{20%}	SD _{20%}	DL _{20%}

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

8

ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ & ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ - ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Στάθμη Επιτελεστικότητας: Επιθυμητή Συμπεριφορά Κατασκευής = Αποδεκτός Βαθμός Βλάβης

Στόχος Επιτελεστικότητας: Στοχευόμενη Στάθμη Επιτελεστικότητας για Επιλεγμένη Σεισμική Δράση

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

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

9

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

10

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

11

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.

12

Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων

Δεδομένα:

ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΑΝΩΔΟΜΗΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ	ΙΔΙΑ ΒΑΡΗ ΕΠΕΤΡΩΣΕΩΝ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ, κ.λ.π.
ΟΠΛΙΣΗΣ			
ΔΙΑΤΑΞΗ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΡΑΒΔΩΝ	ΑΓΚΥΡΩΣΕΙΣ ΠΑΡΑΘΕΣΕΙΣ ΑΝΑΜΟΝΕΣ	«ΚΛΕΙΣΙΜΟ» ΣΥΝΔΕΤΗΡΩΝ	

13

Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων

Προέλευση Δεδομένου:

1	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει αποδεδειγμένα εφαρμοστεί	3	Δεδομένο που προέρχεται από αναφορά, σε μορφή κειμένου υπομνήματος, σε σχέδιο της αρχικής μελέτης.
2	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει εφαρμοστεί με λίγες τροποποιήσεις που εντοπίστηκαν κατά τη διερεύνηση	4	Δεδομένο που έχει διαπιστωθεί ή/και μετρηθεί ή/και αποτυπωθεί αξιόπιστα
		5	Δεδομένο που έχει προσδιοριστεί με έμμεσον τρόπο
		6	Δεδομένο που έχει ευλόγως θεωρηθεί κατά κρίση Μηχανικού
		7	Δεν υπάρχουν δεδομένα

14

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.ΕΠΕ.)

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) **Με έλεγχο δυνάμεων:** Μέθοδοι α) ή β) με χρήση q .

$q=1,5$ για κατασκευές από σκυρόδεμα

$q=2,0$ για μεταλλικές κατασκευές

Μεγαλύτερες τιμές q μετά από τεκμηρίωση

15

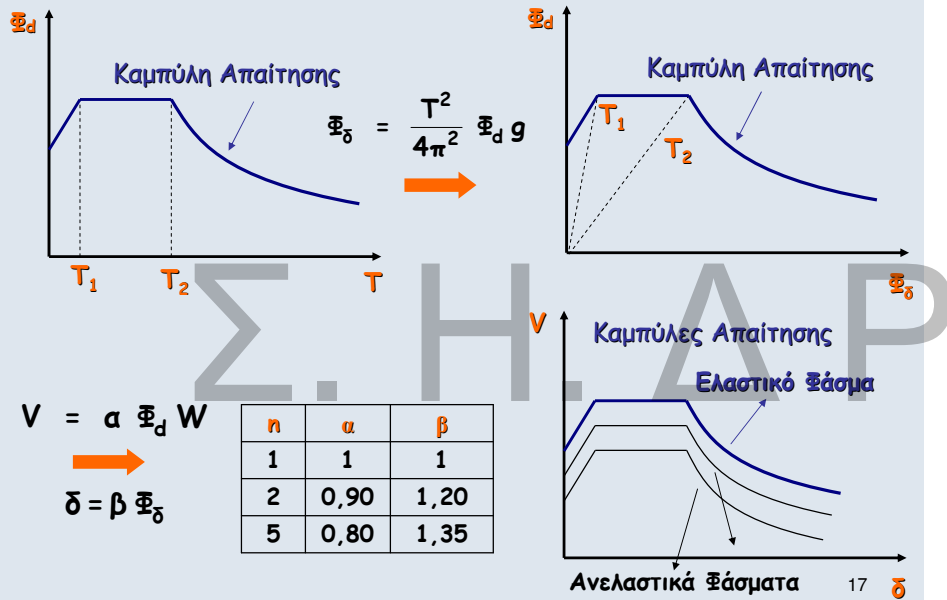
ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (μέθοδος q)

Χονδρική Εκτίμηση Δείκτη Συμπεριφοράς q

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

16

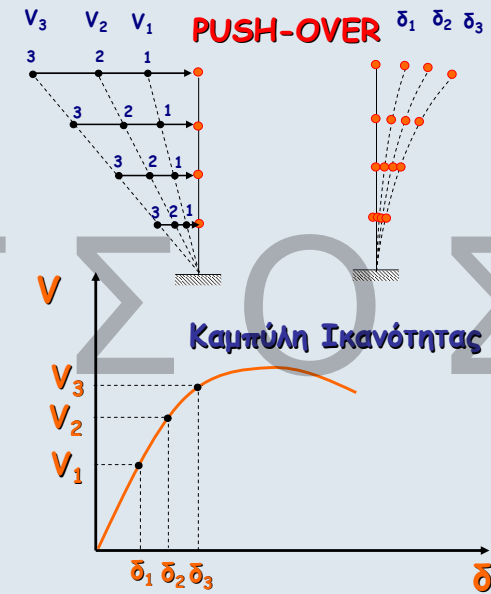
ΑΡΧΕΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ



17

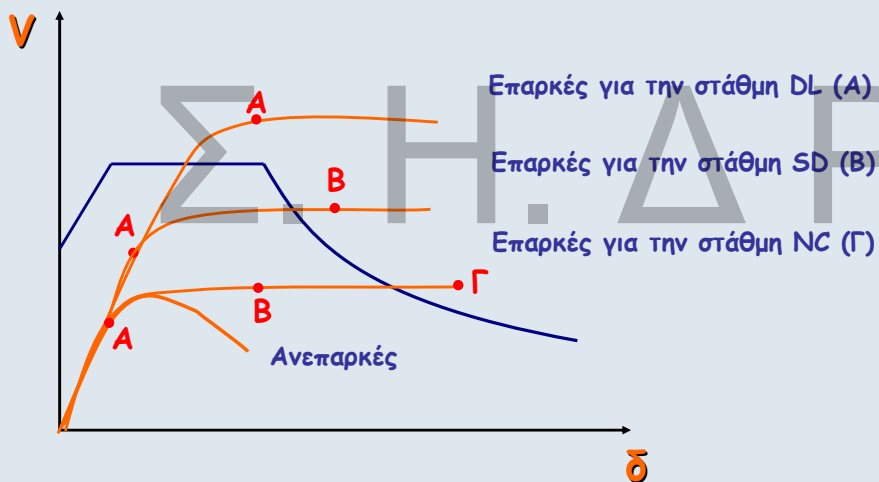
ΑΡΧΕΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Στατική Οριζόντια Φόρτιση Βαθμιαία Αυξανόμενη "μέχρι τέρμα"



18

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ



19

ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

ΩΣ ΣΥΝΟΛΟΥ

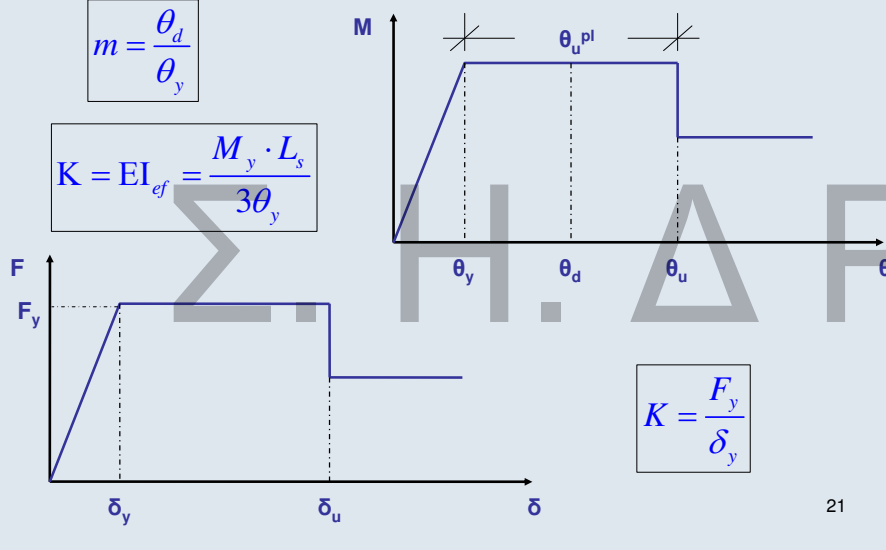


20

ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

EC8-Part3: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α (Informative)

ΚΑΝ.ΕΠΕ.



21

ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΛΩΝ

Ικανότητα στροφής χορδής κατά τη διαρροή:

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

Δοκοί και Υποστυλώματα

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

Τοιχεία ορθογωνικής, T- και I- 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 $l_o < 40d_b$

23

ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Στάθμη Επιτελεστικότητας:

- Άμεση Χρήση (DL):

$$\theta_d = \theta_y$$

- Ασφάλεια Ζωής (SD):

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

Δευτερεύοντα ή Τοιχοπληρώσεις:

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

Όπου: $\gamma_{Rd} = 1,8$ για πρωτεύοντα ή δευτερεύοντα
 $\gamma_{Rd} = 3,0$ για τοιχοπληρώσεις

- Οιονεί Κατάρρευση (NC)

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

Όπου: $\gamma_{Rd} = 1,8$ για πρωτεύοντα
 $\gamma_{Rd} = 1,0$ για δευτερεύοντα ή τοιχοπληρώσεις

24

ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΤΕΜΝΟΥΣΑ

Δοκοί και Υποστυλώματα

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

Όπου:

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

Για ορθογωνικές διατομές

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

Για κυκλικές διατομές

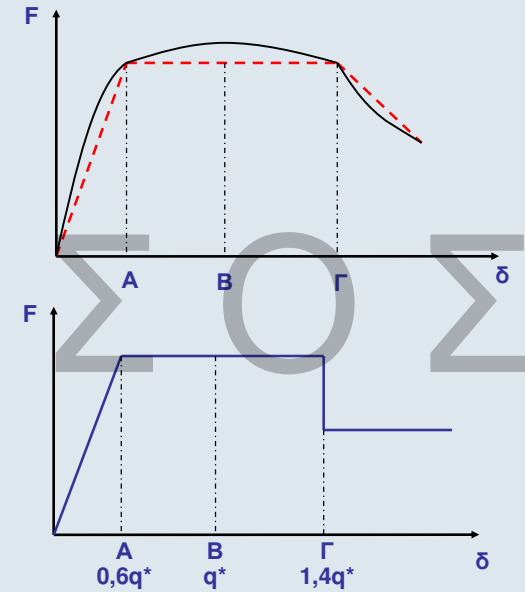
Τοιχώματα

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

Κοντά Υποστυλώματα ($L_V/h \leq 2$)

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

ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ



Σ. Η. Δ Ρ Ι Τ Σ Ο Σ