

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

- A. Ορισμοί - Βασικά Χαρακτηριστικά
- B. Εντατικό μέγεθος αντίστασης διαρροής ή αστοχίας.
- Γ. Παραμόρφωση διαρροής
- Δ. Παραμόρφωση αστοχίας
- Ε. Μετελαστική διατμητική αστοχία

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

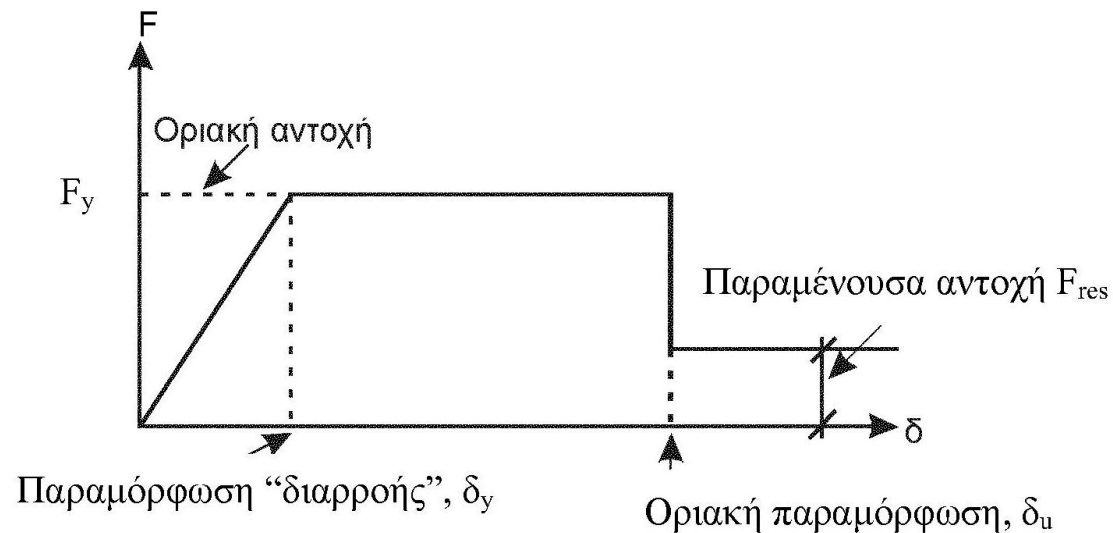
Α. Ορισμοί - Βασικά Χαρακτηριστικά

- Καμπύλη έντασης - παραμόρφωσης.
 - Διάγραμμα εντατικού μεγέθους "F" συναρτήσει παραμόρφωσης ή σχετικής μετακίνησης "δ".
 - Περιγράφει τη μηχανική συμπεριφορά ενός δομικού στοιχείου, της κρίσιμης περιοχής ενός δομικού στοιχείου ή μιας ενώσεως μεταξύ στοιχείων (κόμβου).
 - Είδος, διεύθυνση κλπ. του F επιλέγονται ώστε να χαρακτηρίζουν το κύριο μέρος της έντασης που προκαλεί ο σεισμός στο στοιχείο. Η παραμόρφωση δ τέτοια ώστε σε συνδυασμό με το $F \rightarrow$ ενέργεια παραμόρφωσης στοιχείου.
 - Για κάμψη καθοριστική: $M - (1/r)$, για διάτμηση: $V - \gamma$
 - Περιβάλλουσα εξασθενημένων αποκρίσεων F μετά από πλήρως ανακυκλιζόμενη επιβαλλόμενη παραμόρφωση $\pm \delta$.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Α. Ορισμοί - Βασικά Χαρακτηριστικά

- Ελαστικός κλάδος - διαρροή.
 - Πραγματική καμπύλη $F - \delta$ προσεγγίζεται με πολυγραμμικό διάγραμμα.



Αρχικός ευθύγραμμος κλάδος μέχρι τη διαρροή. Στη συνέχεια περίπου οριζόντια μέχρι την αστοχία.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

A. Ορισμοί - Βασικά Χαρακτηριστικά

- Ελαστικός κλάδος - διαρροή.
 - F_y : Οριακή αντίσταση για την κρίσιμη αστοχία.
 - (i) Για κάμψη:
 $F_y = M_u$ αν χρησιμοποιούνται ροπές
 $F_y = V_{Mu}$ αν χρησιμοποιούνται τέμνουσες
 - (ii) Για διάτμηση ($V_u < V_{Mu}$) :
 $F_y = M_{Vu}$ αν χρησιμοποιούνται ροπές
 $F_y = V_u$ αν χρησιμοποιούνται τέμνουσες
όπου $V_{Mu} = M_u / (a_s d)$ με $a_s = M / (V \cdot d)$ ο λόγος διάτμησης.
 - Η δ_y λαμβάνει υπόψη όλες τις παραμορφώσεις κατά τη διαρροή (καμπτικές, διατμητικές, εξόλκευση οπλισμών)
 - Δυσκαμψία: $K = F_y / \delta_y$. Στην περίπτωση των αγνώστων οπλισμών λαμβάνεται το 25% της δυσκαμψίας αρηγμάτωτου στοιχείου.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

A. Ορισμοί - Βασικά Χαρακτηριστικά

- Μετελαστικός κλάδος.
 - Για καλή πλαστιμότητα → οριζόντιος μέχρι την παραμόρφωση αστοχίας δ_u
 - Εξασθένιση λόγω ανακύκλισης ή φαινομένων 2^{ας} τάξης → αρνητική κλίση.
 - * στις ανελαστικές μεθόδους μπορεί να υπάρξουν προβλήματα. Συνίσταται κατάλληλη μείωση της F_y και χρήση χαμηλότερου μετελαστικού κλάδου.
- Παραμόρφωση αστοχίας - πλαστιμότητα.
 - Παραμόρφωση αστοχίας δ_u : 20% μείωση της απόκρισης σε σχέση με τη μέγιστη. Όχι απαραίτητα απώλεια αντίστασης σε κατακόρυφα φορτία.
 - Ικανότητα πλαστικής παραμόρφωσης: $\delta_{u,pl} = \delta_u - \delta_y$
 - Έκφραση παραμόρφωσης μέσω του λόγου $\delta/\delta_y \rightarrow$ δείκτης πλαστιμότητας: $\mu_\delta = \delta_u/\delta_y$. Αντίστοιχα αν χρησιμοποιηθούν στροφές χορδής θ ή καμπυλότητες $(1/r)$ προκύπτουν οι μ_θ και $\mu_{1/r}$.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Α. Ορισμοί - Βασικά Χαρακτηριστικά

- Απομένουσα αντοχή.
 - Η περίπου σταθερή απόκριση F_{res} από $\delta_u \rightarrow$ παραμόρφωση που προκαλεί απώλεια ικανότητας του στοιχείου να φέρει φορτία βαρύτητας.
 - Τόσο η F_{res} όσο και η τιμή της παραμόρφωσης που χάνεται η αντίσταση σε φορτία βαρύτητας εκτιμώνται δύσκολα.
- Πλάστιμη και ψαθυρή συμπεριφορά.
 - μ_δ ή $\mu_\theta > 2.5$, $\mu_{1/r} > 4.0 \rightarrow$ πλάστιμη συμπεριφορά. Διαφορετικά ψαθυρή.
 - Στοιχεία Ο/Σ που διαρρέουν σε διάτμηση πριν την κάμψη ($V_{Mu} = M_u / (a_s d) > V_u$) $\rightarrow$ ψαθυρή συμπεριφορά.
 - Στοιχεία Ο/Σ που διαρρέουν σε κάμψη πριν την διάτμηση ($V_{Mu} = M_u / (a_s d) < V_u$) $\rightarrow$ πλάστιμη συμπεριφορά.
 - Πλάστιμη συμπεριφορά: ανίσωση ασφαλείας σε όρους παραμορφώσεων.
 - Ψαθυρή συμπεριφορά: ανίσωση ασφαλείας σε όρους εντάσεων.
 - Πλάστιμα στοιχεία: έλεγχος για μετελαστική διατμητική αστοχία λόγω εξασθένησης διατμητικής αντοχής από ανακύκλιση.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Β. Εντατικό μέγεθος αντίστασης διαρροής ή αστοχίας.

- F_y : οριακή αντοχή από ΕΚΟΣ 2000 για μέσες τιμές αντοχής υλικών.
- Κάμψη καθοριστική: κάτω όριο της F_y η τιμή της ροπής για διαρροή του εφελκυσμένου χάλυβα.
- Για υψηλή τιμή N μπορεί να προηγηθεί αστοχία σκυροδέματος στη θλιβόμενη ζώνη $\rightarrow$ όχι σαφές όριο διαρροής. Συνίσταται ο προσδιορισμός του διαγράμματος $M-(1/r)$ και προσαρμογή ισοδύναμης καμπύλης $F-\delta$.
- Πλακοδοκοί με εφελκυσμό στο πέλμα: συνυπολογισμός των παράλληλων στη δοκό οπλισμών της πλάκας εντός του b_{ef} , επαρκώς αγκυρομένων πέρα από τη διατομή στήριξης.

Για το b_{ef} λαμβάνεται: $b_{ef} = \min(0.25l_b, 0.5 \cdot \text{απόσταση μέχρι πρώτη παράλληλη δοκό})$.

- Περιοχές ματίσεων:

(i) Στο θλιβόμενο οπλισμό προσμετρώνται και τα δύο άκρα.

(ii) Εφελκυσμένες ράβδοι: Γραμμική αύξηση f_y από το άκρο έως απόσταση l_{bmin} . Για $l_b < l_{bmin}$: στην περιοχή της ένωσης $f_y \cdot (l_b / l_{bmin})$.

*αν $\sqrt{f_c / f_y} > 0.01$ $l_{bmin} = 25\Phi$

*Λείες ράβδοι: άγκιστρα με $l_b \geq 15\Phi$ επαρκεί

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Γ. Παραμόρφωση διαρροής

- Καμπυλότητα διαρροής.

- Υπολογίζεται με βάσει τις παραδοχές επιπεδότητας διατομής, γραμμικού νόμου σ-ε για το χάλυβα και το σκυρόδεμα σε θλίψη και μηδενική εφελκυστική αντοχή για το σκυρόδεμα.
- Αναλυτικές σχέσεις:

(α) Διαρροή λόγω διαρροής εφελκυσμένου οπλισμού:

$$(1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1 - \xi_y)d}$$

(β) Διαρροή λόγω μη-γραμμικότητας σκυροδέματος.

$$(1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8f_c}{E_c \xi_y d}$$

όπου ξ_y το ύψος της θλιβόμενης ζώνης ανηγμένο στο στατικό ύψος d:

$$\xi_y = (\alpha^2 A^2 + 2\alpha B)^{1/2} - \alpha A$$

$\alpha = E_s/E_c$ και οι συντελεστές A και B προκύπτουν από τις ακόλουθες σχέσεις:

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Γ. Παραμόρφωση διαρροής

- Καμπυλότητα διαρροής.

(α) Διαρροή λόγω χάλυβα.

$$A = \rho + \rho' + \rho_v + \frac{N}{bdf_y},$$

$$B = \rho + \rho'\delta' + 0.5\rho_v(1 + \delta') + \frac{N}{bdf_y}$$

(β) Διαρροή λόγω σκυροδέματος.

$$A = \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{\epsilon_c E_s b d} \approx \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{1.8 \alpha b d f_c}$$

$$B = \rho + \rho'\delta' + 0.5\rho_v(1 + \delta')$$

ρ, ρ', ρ_v ποσοστά εφελκυσμένου, θλιβόμενου και μεταξύ τους κατανεμημένου οπλισμού

$\delta' = d' / d$, με d' απόσταση θλιβόμενου οπλισμού από ακραία θλιβ. ίνα.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Γ. Παραμόρφωση διαρροής

- Καμπυλότητα διαρροής.

- Εμπειρικές σχέσεις.

Για υποστυλώματα ή δοκούς

$$(1/r)_y = 1.85 f_y / E_s h$$

ή

$$(1/r)_y = 1.65 f_y / E_s d$$

Για τοιχώματα

$$(1/r)_y = 1.45 f_y / E_s h$$

ή

$$(1/r)_y = 1.35 f_y / E_s h$$

- Προσδιορισμός ροπής διαρροής από αντίστοιχη καμπυλότητα.

$$\frac{M_y}{bd^3} = (1/r)_y \left\{ E_c \frac{\xi_y^2}{2} \left(0.5(1+\delta') - \frac{\xi_y}{3} \right) + \left[(1-\xi_y)\rho + (\xi_y - \delta')\rho' + \frac{\rho_v}{6}(1-\delta') \right] \cdot (1-\delta') \frac{E_s}{2} \right\}$$

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Γ. Παραμόρφωση διαρροής

- Στροφή χορδής διαρροής.

Για δοκούς ή υποστυλώματα.

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_V z}{3} + 0.00135 \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{\varepsilon_y}{d - d_1} \frac{d_b f_y}{6\sqrt{f_c}} \quad (\Sigma.1a)$$

Για τοιχώματα.

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_V z}{3} + 0.002 \left(1 - 0.135 \frac{L_s}{h} \right) + \frac{\varepsilon_y}{d - d_1} \frac{d_b f_y}{6\sqrt{f_c}} \quad (\Sigma.2a)$$

- Εναλλακτικά

Για δοκούς ή υποστυλώματα.

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_V z}{3} + 0.0013 \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{0.13(1/r)_y d_b f_y}{\sqrt{f_c}} \quad (\Sigma.1b)$$

Για τοιχώματα.

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_V z}{3} + 0.002 \left(1 - 0.125 \frac{L_s}{h} \right) + \frac{0.13(1/r)_y d_b f_y}{\sqrt{f_c}} \quad (\Sigma.2b)$$

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Γ. Παραμόρφωση διαρροής

- Στροφή χορδής διαρροής.
 - 1^{ος} όρος: συμβολή καμπτικών παραμορφώσεων
 - 2^{ος} όρος: μέσες διατμητικές παραμορφώσεις στο μήκος διάτμησης $L_s = a_s \cdot d$
 - 3^{ος} όρος: εξόλκευση ράβδων.
 - $a_v z$: επιρροή μήκους μετάθεσης ροπών. Συντελεστής $a_v = 1$ αν η τέμνουσα που προκαλεί λοξή ρηγμάτωση $V_{R1} < V_{Mu} = M_y / L_s$, αλλιώς 0
 - Παράθεση ευθύγραμμων ράβδων:
 - (α) $(1/r)_y$ και M_y για σύγκριση με $V_{R1} \cdot L_s$ (συντελεστής a_v) υπολογίζονται με βάση όσα προβλέπονται για F_y στην περίπτωση ματίσεων.
 - (β) Αν $I_b < I_{bmin}$ ο 2^{ος} όρος των εξισώσεων πολλαπλασιάζεται με το λόγο (μειωμένης M_y λόγω μάτισης / M_y εκτός του μήκους παράθεσης). Ο 3^{ος} επί το λόγο I_b / I_{bmin} .
- Αν $V_R < V_{Mu} \rightarrow$ κρίσιμη διάτμηση $\rightarrow$ παραμόρφωση διαρροής: $(1/r)_y$ και θ_y επί $V_R L_s / M_y$.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Δ. Παραμόρφωση αστοχίας

- Καμπυλότητα κατά την αστοχία (από κάμψη).
 - Λαμβάνεται υπόψη πιθανή αστοχία λόγω θραύσης του εφελκυσμένου οπλισμού ή αστοχία σκυροδέματος σε θλίψη, πριν ή μετά την αποφλοιώση του απερίσφικτου τμήματος.
 - Αστοχία πριν την αποφλοιώση λόγω θραύσης χάλυβα:

$$(1/r)_{su} = \frac{\epsilon_{su}}{(1 - \xi_{su})d} \quad [\Sigma 3]$$

λόγω θλιπτικής αστοχίας του σκυροδέματος:

$$(1/r)_{cu} = \frac{\epsilon_{cu}}{\xi_{cu}d} \quad [\Sigma 4]$$

ξ_{su} , ξ_{cu} υψος θλιβόμενης ζώνης ανηγμένο στο d

ϵ_{su} ομοιόμορφη μήκυνση αστοχίας εφελκυσμένου οπλισμού

ϵ_{cu} βράχυνση αστοχίας ακραίας θλιβόμενης ίνας σκυροδέματος

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Δ. Παραμόρφωση αστοχίας

- Καμπυλότητα κατά την αστοχία (από κάμψη).
 - Αστοχία χάλυβα πριν απ' την αστοχία της θλιβόμενης ζώνης αν:

$$\xi_{su} = \frac{(1-\delta')\left(\frac{N}{bdf_c} + \frac{\rho f_t}{f_c} - \omega' + \frac{\varepsilon_{co}}{3\varepsilon_{su}}\right) + \left(\frac{1+\delta'}{2}\right)\frac{\rho_v(f_y + f_t)}{f_c}}{(1-\delta')\left(1 + \frac{\varepsilon_{co}}{3\varepsilon_{su}}\right) + \frac{\rho_v(f_y + f_t)}{f_c}} \quad [\Gamma 1] \leq \varepsilon_{su}/(\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{su})$$

Η απαίτηση αυτή μεταφράζεται στην ακόλουθη συνθήκη:

$$\frac{N}{bdf_c} < \frac{\varepsilon_{cu} - \frac{\varepsilon_{co}}{3}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{su}} + \omega' - \frac{\rho f_t}{f_c} - \frac{\rho_v(f_y + f_t)}{f_c} \frac{\varepsilon_{su}(1+\delta') - \varepsilon_{cu}(1-\delta')}{(1-\delta')(\varepsilon_{su} + \varepsilon_{cu})} \quad [\Gamma 2]$$

$\varepsilon_{co} \approx 0.002$ και $\varepsilon_{cu} = 0.0035$ (απερίσφικτο σκυρόδεμα)

f_t εφελκυστική αντοχή χάλυβα.

Τότε αστοχία για $(1/r)_u = (1/r)_{su}$

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Δ. Παραμόρφωση αστοχίας

- Καμπυλότητα κατά την αστοχία (από κάμψη).
 - Αν η προηγούμενη συνθήκη δεν ικανοποιείται → αποφλοίωση και προσωρινή πτώση καμπτικής αντίστασης. Τότε:
Υπολογίζεται η ροπή αντοχής M_{R0} της πλήρους και απερίσφικτης διατομής.
Υπολογίζεται η ροπή αντοχής M_{Rc} του περισφιγμένου πυρήνα με βάση τα f_{cc} , ϵ_{cc} του περισφιγμένου σκυροδέματος και για διαστάσεις b_c , d_c και d_c' που αναφέρονται στον πυρήνα.
(i) $M_{Rc} < 0.8M_{R0}$: αστοχία διατομής → εξάντληση ϵ_{cu} → $(1/r)_u = (1/r)_{cu}$
(ii) $M_{Rc} > 0.8M_{R0}$: αστοχία αφορά περισφιγμένο πυρήνα.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Δ. Παραμόρφωση αστοχίας

- Καμπυλότητα κατά την αστοχία (από κάμψη).

(i) $M_{Rc} < 0.8M_{R0}$ - υπολογισμός ξ_{cu} για χρήση στη [Σ4]

Εξάντληση ε_{cu} απερίσφικτου με διαρροή εφελκυσμένου οπλισμού εάν

$$\xi < \varepsilon_{cu}/(\varepsilon_{cu} + \varepsilon_y) \rightarrow$$

$$\frac{\varepsilon_{cu} - \frac{\varepsilon_{co}}{3}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{su}} + \omega' - \frac{\rho f_t}{f_c} - \frac{\rho_v(f_y + f_t)}{f_c} \frac{\varepsilon_{su}(1 + \delta') - \varepsilon_{cu}(1 - \delta')}{(1 - \delta')(\varepsilon_{su} + \varepsilon_{cu})} < \frac{N}{bdf_c} \leq \omega' - \omega - \frac{\delta'}{1 - \delta'} \frac{\rho_v f_y}{f_c} + \frac{\left(\varepsilon_{cu} - \frac{\varepsilon_{co}}{3}\right) + (\varepsilon_{cu} - \varepsilon_y) \frac{\rho_v f_y}{(1 - \delta')f_c}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_y} \quad [\Gamma 4]$$

Σε αυτή την περίπτωση το ξ υπολογίζεται ως:

$$\xi_{cu} = \frac{(1 - \delta') \left(\frac{N}{bdf_c} + \omega - \omega' \right) + (1 + \delta') \frac{\rho_v f_y}{f_c}}{(1 - \delta') \left(1 - \frac{\varepsilon_{co}}{3\varepsilon_{cu}} \right) + 2 \frac{\rho_v f_y}{f_c}} \quad [\Gamma 5]$$

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Δ. Παραμόρφωση αστοχίας

- Καμπυλότητα κατά την αστοχία (από κάμψη).

(i) $M_{Rc} < 0.8M_{R0}$ - υπολογισμός ξ_{cu} για χρήση στη [Σ4]

Εάν η προηγούμενη συνθήκη (ανισότητα) δεν ικανοποιείται, δηλαδή:

$$\omega' - \omega - \frac{\delta'}{1 - \delta'} \frac{\rho_v f_y}{f_c} + \frac{\left(\varepsilon_{cu} - \frac{\varepsilon_{co}}{3} \right) + (\varepsilon_{cu} - \varepsilon_y) \frac{\rho_v f_y}{(1 - \delta') f_c}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_y} \leq \frac{N}{b d f_c} \quad [\Gamma 6]$$

τότε το ξ προκύπτει ως η θετική ρίζα της ακόλουθης εξίσωσης:

$$\left[1 - \frac{\varepsilon_{co}}{3\varepsilon_{cu}} - \frac{\rho_v f_y}{2(1 - \delta') f_c} \frac{(\varepsilon_{cu} - \varepsilon_y)^2}{\varepsilon_{cu} \varepsilon_y} \right] \xi_{cu}^2 + \left[\omega' + \omega \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_y} - \frac{N}{b d f_c} + \frac{\rho_v f_y}{(1 - \delta') f_c} \left(\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_y} - \delta' \right) \right] \xi_{cu} - \left[\omega + \frac{\rho_v f_y}{2(1 - \delta') f_c} \right] \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_y} = 0 \quad [\Gamma 7]$$

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Δ. Παραμόρφωση αστοχίας

- Καμπυλότητα κατά την αστοχία (από κάμψη).

(i) $M_{Rc} > 0.8M_{R0}$

(α) Εξάντληση μήκυνσης αστοχίας εφελκυόμενου οπλισμού στον περισφιγμένο πυρήνα $\rightarrow (1/r)_u = (1/r)_{su} \rightarrow$ εξίσωση [Σ3]

Το ξ_{su} από [Γ1] - [Γ2] με χρήση f_{cc} , ϵ_{cc} για το περισφιγμένο σκυρόδεμα και b_c , d_c , d_c' διαστάσεις για τον πυρήνα.

(β) Εξάντληση βράχυνσης αστοχίας $\epsilon_{cu,c}$ περισφιγμένου σκυροδέματος $\rightarrow (1/r)_u = (1/r)_{cu} \rightarrow$ εξίσωση [Σ4]

Το ξ_{cu} από [Γ4] - [Γ7] με χρήση f_{cc} , ϵ_{cc} , $\epsilon_{cu,c}$ για το περισφιγμένο σκυρόδεμα και b_c , d_c , d_c' διαστάσεις για τον πυρήνα.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Δ. Παραμόρφωση αστοχίας

- Γωνία στροφής χορδής στην αστοχία - πλαστική γωνία στροφής
 - Γωνία στροφής πλαστικής άρθρωσης από διαρροή στο άκρο έως καμπτική αστοχία (διαθέσιμη τιμή):

$$\theta_u^{pl} = \left[(1/r)_u - (1/r)_y \right] L_{pl}$$

- L_{pl} : μήκος πλαστικής άρθρωσης. Ιδεατό μέγεθος που ορίζεται ώστε να ισχύει η προηγούμενη εξίσωση. Εκτιμάται ως:

$$L_{pl} = 0.1L_s + \frac{0.25f_y}{\sqrt{f_c}} d_b$$

- Γωνία στροφής χορδής στην αστοχία (διαθέσιμη τιμή):

$$\theta_u = \theta_y + ((1/r)_u - (1/r)_y) L_{pl} \left(1 - \frac{0.5L_{pl}}{L_s} \right)$$

Χρήση $L_{pl} \rightarrow$ μέσες τιμές θ_{pl} και θ_u . Για μέσες τιμές μείον τυπική απόκλιση $40\%L_{pl}$. Για κάτω όριο $30\%L_{pl}$

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Δ. Παραμόρφωση αστοχίας

- Γωνία στροφής χορδής στην αστοχία - πλαστική γωνία στροφής.
 - Εμπειρική σχέση για υποστυλώματα διατασιολογημένα και κατασκευασμένα μετά το 1985 (γωνία στροφής χορδής κατά την αστοχία):

$$\theta_{um} = 0.016 \cdot (0.3^v) \left[\frac{\max(0.01, \omega')}{\max(0.01, \omega)} f_c \right]^{0.225} (a_s)^{0.35} 25^{\left(\alpha \rho_s \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1.25^{100 \rho_d}) \quad [\Sigma 7a]$$

a_s λόγος διάτμησης

ω, ω' ποσοστό εφελκυόμενου και θλιβόμενου οπλισμού (ο μεταξύ τους κατανεμημένος θεωρείται εφελκυόμενος)

$$v = N/bhf_c,$$

$\rho_s = A_{sx}/b_w s_h$ ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού παράλληλα στη διεύθυνση φόρτισης

ρ_d ποσοστό δισδιαγώνιου οπλισμού.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Δ. Παραμόρφωση αστοχίας

- Γωνία στροφής χορδής στην αστοχία - πλαστική γωνία στροφής.
 - Πλαστικό τμήμα γωνίας στροφής χορδής κατά την αστοχία.

$$\theta_{um}^{pl} = \theta_u - \theta_y = 0.0145(0.25^v) \left[\frac{\max(0.01, \omega')}{\max(0.01, \omega)} \right]^{0.3} (f_c)^{0.2} (a_s)^{0.35} 25^{\left(\alpha_{ps} \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1.275^{100\rho_d}) \quad [\Sigma 7\beta]$$

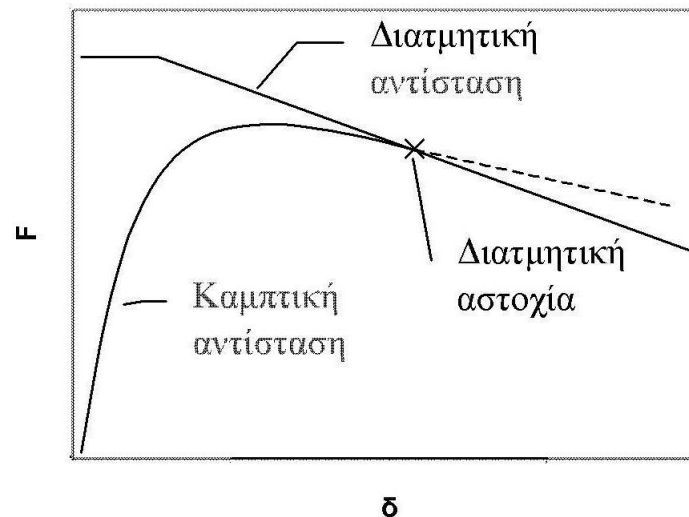
- Για τοιχώματα: $[\Sigma 7\alpha] \times 0.625$ και $[\Sigma 7\beta] \times 0.6$
- Στοιχεία χωρίς αντισεισμικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες: $[\Sigma 7\alpha]$ και $[\Sigma 7\beta] \times 0.85$
- Υποστύλωμα με μάτιση μήκους l_b στη διατομή βάσης: για την πλαστική γωνία στροφής $\rightarrow$ διπλάσιο ω' , $\times(l_b - 10\Phi)/30\Phi$, εφόσον $l_b < 40\Phi$
- Τοίχωμα με μάτιση μήκους l_b στη διατομή βάσης: ομοίως αλλά με χρήση των κατάλληλων συντελεστών.
- Λείες ράβδοι: $[\Sigma 7\alpha] \times 0.575$ και $[\Sigma 7\beta] \times 0.375$
- Λείες ράβδοι και μάτιση στη βάση με άγγιστρα $l_b \geq 15\Phi$: $a_s \rightarrow L_s = L_s - l_b$,
 $[\Sigma 7\alpha] \times 0.0025(180 + \min(50, l_b/\Phi))(1 - l_b/L_s)$
 $[\Sigma 7\beta] \times 0.0035(60 + \min(50, l_b/\Phi))(1 - l_b/L_s)$

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Δ. Μετελαστική διατμητική αστοχία

- Μηχανισμοί εξασθένησης.
 - Λειοτρίβιση ρωγμών - μείωση αλληλεμπλοκής αδρανών.
 - Συσσώρευση ανελαστικών παραμορφώσεων στους συνδετήρες - μείωση τάσεων συνάφειας κατά μήκος τους → διεύρυνση ρωγμών.
 - Εξασθένηση δράσης βλήτρου.
 - Διαμπερείς καμπτικές ρωγμές λόγω ανακύκλισης.
 - Μείωση αντοχής λοξών θλιπτήρων.

Σχηματικά:



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Ε. Μετελαστική διατμητική αστοχία

- Υπολογισμός.

$$V_R = \frac{h - x}{2L_s} \min(N, 0.55A_c f_c) + (1 - 0.05 \min(5, \mu_{\Delta}^{pl})) \left[0.16 \max(0.5, 100\rho_{tot}) (1 - 0.16 \min(5, a_s)) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right]$$

h ύψος διατομής

x ύψος θλιβόμενης ζώνης

N αξονικό φορτίο (για εφελκυσμό = 0)

a_s λόγος διάτμησης

A_c επιφάνεια σκυροδέματος ($b_w d$ σε ορθογωνική - $\pi D_c^2/4$ σε κυκλικές, D_c διάμετρος πυρήνα εντός των συνδετήρων)

ρ_{tot} συνολικό ποσοστό διαμήκους οπλισμού

V_w συμβολή εγκάρσιου οπλισμού:

- ορθογωνική: $V_w = \rho_w b_w z f_{yw}$
- Κυκλικές: $V_w = (\pi/2)(A_{sw}/s) f_{yw} (D-2c)$

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Ε. Μετελαστική διατμητική αστοχία

- Οριακές τιμές.
 - Τοιχώματα - αστοχία κορμού σε λοξή θλίψη:

$$V_{R,max} = 0.25 \left(1 - 0.06 \min(5, \mu_{\Delta}^{pl}) \right) \left(1 + 1.6 \min(0.2, \frac{N}{A_c f_c}) \right) \left(1 + 0.17 \max(1.5, 100 \rho_{tot}) \right) (1 - 0.24 \min(2, a_s)) f_c \max \left(0.4, 1 - \frac{f_c (MPa)}{150} \right) b_w z$$

- Υποστυλώματα με $a_s \leq 2$ - θλιπτική αστοχία σκυροδέματος κατά τη διαγώνιο του στοιχείου

$$V_{R,max} = \frac{1}{6} \left(1 - 0.02 \min(5, \mu_{\Delta}^{pl}) \right) \left(1 + 1.3 \frac{N}{A_c f_c} \right) (1 + 0.4 \rho_{tot}) f_c \max \left(0.4, 1 - \frac{f_c (MPa)}{100} \right) b_w z \sin 2\theta$$

θ γωνία της διαγωνίου ως προς τον άξονα του στοιχείου και $\tan \theta = h / 2L_s = 0.5 / a_s$