

Οριακή κατάσταση αντοχής συμμεικτων υποστυλωμάτων.

Αντοχή σε αξονική φόρτιση.

Σύμφωνα με τον ΕΚ 4.1 η αξονική αντοχή ενός σύμμεικτου υποστυλώματος δίνεται από :

$$N_{pl,Rd} = A_a f_{yd} + 0,85 A_c f_{cd} + A_s f_{sd} \dots \dots \dots \text{ΕΚ 4.1 εξ 6.30}$$

Όπου :

A_a, A_c και A_s είναι οι επιφάνειες της σιδηροδοκού, του σκυροδέματος και των ράβδων οπλισμού αντίστοιχα.

f_{yd}, f_{cd} και f_{sd} είναι η αντοχή σχεδιασμού του δομικού χάλυβα, του σκυροδέματος και του χάλυβα οπλισμού αντίστοιχα, που δίνονται από :

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_a}; \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}; \quad f_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_s}$$

f_y, f_{ck} και f_{sk} είναι η χαρακτηριστική αντοχή του δομικού χάλυβα, του σκυροδέματος και του χάλυβα οπλισμού αντίστοιχα.

γ_a, γ_c και γ_s είναι οι συντελεστές ασφάλειας του δομικού χάλυβα, του σκυροδέματος και του χάλυβα οπλισμού αντίστοιχα.

a_e είναι ο συντελεστής αντοχής σκυροδέματος, ο οποίος ισούται 1.0 για πλήρωση κοιλοδοκών ορθογωνικές ή τετράγωνες και 0.85 για πλήρεις ή μερικώς εγκιβωτισμένες διατομές I ή H.

Καμπτικός λυγισμός σύμμεικτων υποστυλωμάτων.

Κρίσιμο αξονικό φορτίο.

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 (EI)_{eff}}{l^2}$$

Όπου :

l είναι το μήκος λυγισμού του υποστυλώματος.

$(EI)_{eff}$ είναι η χαρακτηριστική τιμή της καμπτικής δυσκαμψίας ενός σύμμεικτου υποστυλώματος και λαμβάνεται ως συνδυασμός των δυσκαμψιών των επιμέρους διατομών.

$$(EI)_{eff} = E_a I_a + 0,6 E_{cm} I_c + E_s I_s$$

I_a, I_c και I_s είναι οι δεύτερες ροπές επιφάνειας της σιδηροδοκού, του σκυροδέματος (μη ρηγματωμένο) και του οπλισμού.

E_a και E_s είναι τα μέτρα ελαστικότητας της διατομής χάλυβα και του χάλυβα οπλισμού αντίστοιχα.

E_{cm} Επιβατικό μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος.

Σχετική λυγηρότητα.

Σύμφωνα με τον ΕΚ 4.1 § 6.7.3.3

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{cr}}}$$

όπου

$N_{pl,Rk}$: είναι η χαρακτηριστική τιμή της πλαστικής αντοχής .

N_{cr} : είναι το κρίσιμο αξονικό φορτίο.

Καμπύλες λυγισμού.

Για τους κύριους άξονες ενός υποστυλώματος πρέπει να ισχύει :

$$N_{Ed} \leq \chi \cdot N_{pl,Rd} \dots\dots\dots \text{Εκ 4.1 εξ. 6.44}$$

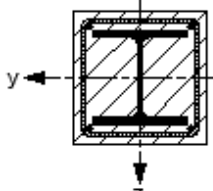
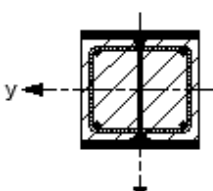
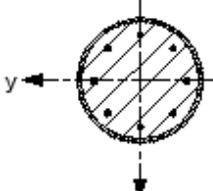
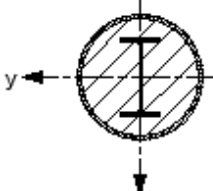
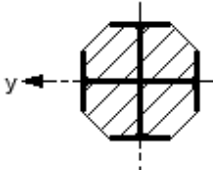
Για το χ υιοθετούνται οι καμπύλες λυγισμού του ΕΚ 3.1

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1.0$$

όπου :

$$\phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$$

Ο συντελεστής 'α' λαμβάνει τιμές 0.21, 0.34 και 0.49 για τις καμπύλες λυγισμού a,b,c αντίστοιχα. Οι καμπύλες λυγισμού προκύπτουν από το είδος του σύμμεικτου υποστυλώματος σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα του ΕΚ 4.1 πιν.6,5 :

Διατομές	Ορια	Άξονας λυγισμού	Καμπύλη λυγισμού	Ατέλειες μέλους
Διατομή εγκιβωτισμένη σε σκυρόδεμα 		y-y	b	L/200
		z-z	c	L/150
Διατομή μερικώς εγκιβωτισμένη σε σκυρόδεμα 		y-y	b	L/200
		z-z	c	L/150
Κυκλικές και ορθογώνιες χαλύβδινες κοιλοδοκοί 	$\rho_s \leq 3\%$	any	a	L/300
	$3\% < \rho_s \leq 6\%$	any	b	L/200
Κυκλική χαλύβδινη κοιλοδοκός με πρόσθετη διατομή I 		y-y	b	L/200
		z-z	b	L/200
Διασταυρούμενη διατομή μερικώς εγκιβωτισμένη. 		any	b	L/200

Πιν. 1 – Καμπύλες λυγισμού και αθέλητες εκκεντρότητες σύμμεικτων υποστυλωμάτων.

Αυξητικός συντελεστής θεωρίας II τάξης.

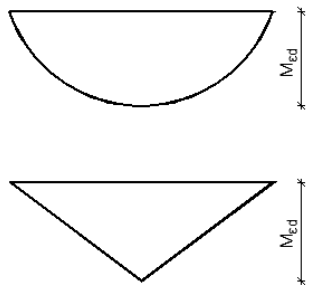
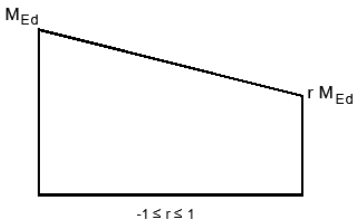
Σύμφωνα με τον ΕΚ 4.1 § 6.7.3.4 (5) κατά μήκος ενός σύμμεικτου υποστυλώματος η επιρροή των φαινομένων II τάξης λαμβάνεται υπόψη αν η μέγιστη καμπτική ροπή του υποστυλώματος πολλαπλασιαστεί με τον συντελεστή 'k', όπου :

$$k = \frac{\beta}{1 - N_{Ed} / N_{cr,eff}} , \quad \geq 1,0$$

όπου :

$N_{cr,eff}$ είναι το κρίσιμο φορτίο λυγισμού

β είναι ο ισοδύναμος συντελεστής που δίνεται στον παρακάτω πίνακα :

Κατανομή ροπής	Συντελεστές ροπής β	Σχόλια
	Ροπές πρώτης τάξης από ατέλειες μελών ή από πλευρικό φορτίο : $\beta=1,0$	M_{Ed} είναι η μέγιστη ροπή εντός του μήκους του υποστυλώματος αγνοώντας δεύτερης τάξης επιπτώσεις.
	Ροπές άκρων : $\beta=0,66 + 0,44r$ αλλά $\beta \geq 0,44$	M_{Ed} και $r M_{Ed}$ είναι οι ροπές άκρων πρώτης τάξης ή δεύτερης τάξης καθολικής ανάλυσης.

Πιν. 2 – Συντελεστής β για το προσδιορισμό ροπών II τάξης.

Έλεγχος επάρκειας έναντι λυγισμού σε μονοαξονική κάμψη.

Σύμφωνα με τον ΕΚ 4.1 § 6.7.3.6 ο έλεγχος επάρκειας έναντι λυγισμού για μονοαξονική κάμψη ικανοποιείται όταν :

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,N,Rd}} = \frac{M_{Ed}}{\mu_d M_{pl,Rd}} \leq \alpha_M \dots \dots \dots \text{ΕΚ 4.1 εξ 6.45}$$

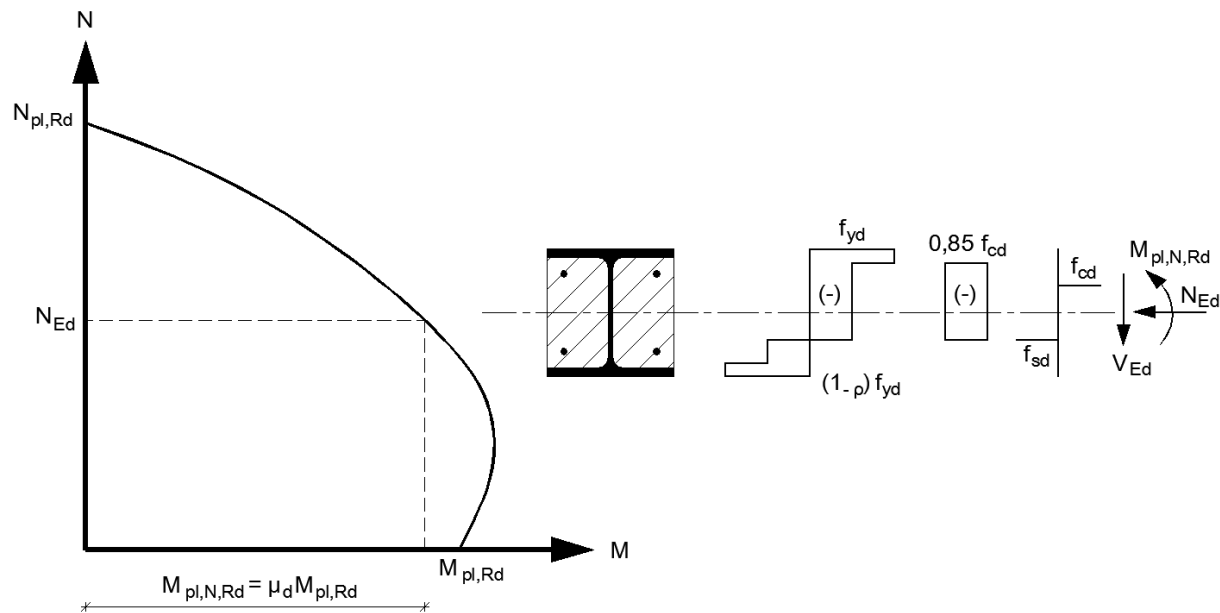
όπου :

M_{Ed} είναι η μεγαλύτερη από τις ροπές κάμψης εντός του εύκαμπτου μήκους του υποστυλώματος, υπολογίζεται σύμφωνα με τον ΕΚ 4.1 § 6.7.3.4, συμπεριλαμβανομένων ατελειών και αποτελέσματα θεωρίας δεύτερης τάξης.

$M_{pl,N,Rd}$ είναι η ροπή αντοχής λαμβάνοντας υπόψη την ορθή δύναμη N_{Ed} ,

$M_{pl,Rd}$ είναι η ροπή αντοχής χωρίς να ληφθεί υπόψη η ορθή δύναμη N_{Ed}

Η τιμή του μ_d προκύπτει από το παρακάτω σχήμα :



Σχήμα 1 – Προσδιορισμός του συντελεστή 'μ' .

Έλεγχος επάρκειας έναντι λυγισμού σε διαξονική κάμψη.

Για συνδυασμένη διαξονική κάμψη με ορθή δύναμη, πρέπει να ικανοποιούνται οι ακόλουθες σχέσεις :

$$\frac{M_{y,Ed}}{\mu_{dy} M_{pl,y,Rd}} \leq \alpha_{M,y} \quad \frac{M_{z,Ed}}{\mu_{dz} M_{pl,z,Rd}} \leq \alpha_{M,z} \dots\dots\dots \text{ΕΚ 4.1 εξ.6.46}$$

και :

$$\frac{M_{y,Ed}}{\mu_{dy} M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{\mu_{dz} M_{pl,z,Rd}} \leq 1,0 \dots\dots\dots \text{ΕΚ 4.1 εξ.6.47}$$

όπου:

$M_{pl,y,Rd}$ και $M_{pl,z,Rd}$ είναι οι πλαστικές ροπές αντοχής του σχετικού επιπέδου κάμψης.

$M_{y,Ed}$ και $M_{z,Ed}$ είναι οι ροπές σχεδιασμού, συμπεριλαμβανομένων της επίδρασης φαινομένων II τάξης και ατελειών, σύμφωνα με ΕΚ 4.1 § 6.7.3.4.

μ_{dy} και μ_{dz} ορίζονται στον ΕΚ 4.1 § 6.7.3.6.

$\alpha_M = \alpha_{M,y}$ και $\alpha_M = \alpha_{M,z}$ δίδονται στον ΕΚ 4.1 § 6.7.3.6(1).

Διατμητική αντοχή σύμμεικτων υποστυλωμάτων.

Γενικώς η διατμητική δράση μπορεί, από την πλευρά της ασφάλειας, να θεωρηθεί ότι παραλαμβάνεται εξολοκλήρου από την σιδηροδοκό σύμφωνα με τον ΕΚ 4.1 § 6.7.3.2 (3).

Σύμφωνα με τον ΕΚ 4.1 § 6.2.2.4 εφόσον $V_{Ed} < 0.5 \cdot V_{a,Rd}$ δεν επηρεάζεται η καμπτική αντοχή των υποστυλωμάτων.

Αν $V_{Ed} > 0.5 \cdot V_{a,Rd}$ τότε για διατομές κατηγορίας 1 ή 2 η οριακή αντοχή σε κάμψη ελαττώνεται, μειώνοντας την αντοχή σχεδιασμού του δομικού χάλυβα κατά $(1-\rho) \cdot f_{yd}$, όπου :

$$\rho = (2V_{Ed} / V_{Rd} - 1)^2 \dots\dots\dots \text{ΕΚ 4.1 εξ. 6.5}$$

V_{Ed} : η διατμητική δράση

V_{Rd} : η διατμητική αντοχή σύμφωνα με τον ΕΚ 3.1 § 6.2.6.

Δυσκαμψία συμμείκτων υποστυλωμάτων.

Σύμφωνα με τον ΕΚ 8.1 § 7.7.2 (4) η δυσκαμψία των συμμείκτων υποστυλωμάτων δίνεται από την σχέση :

$$(EI)_c = 0.9 (EI_a + r E_{cm} I_c + E I_s) \dots\dots\dots \text{ΕΚ 8.1 εξ 7.14}$$

Όπου :

E και E_{cm} : μέτρα ελαστικότητας δομικού χάλυβα και σκυροδέματος.

r : ο συντελεστής μείωσης της ρηγματωμένης διατομής του σκυροδέματος ($r=0.5$)

I_a , I_c , I_s : Οι ροπές αδράνειας της χαλύβδινης διατομής, της διατομής σκυροδέματος και των οπλισμών αντιστοίχως.