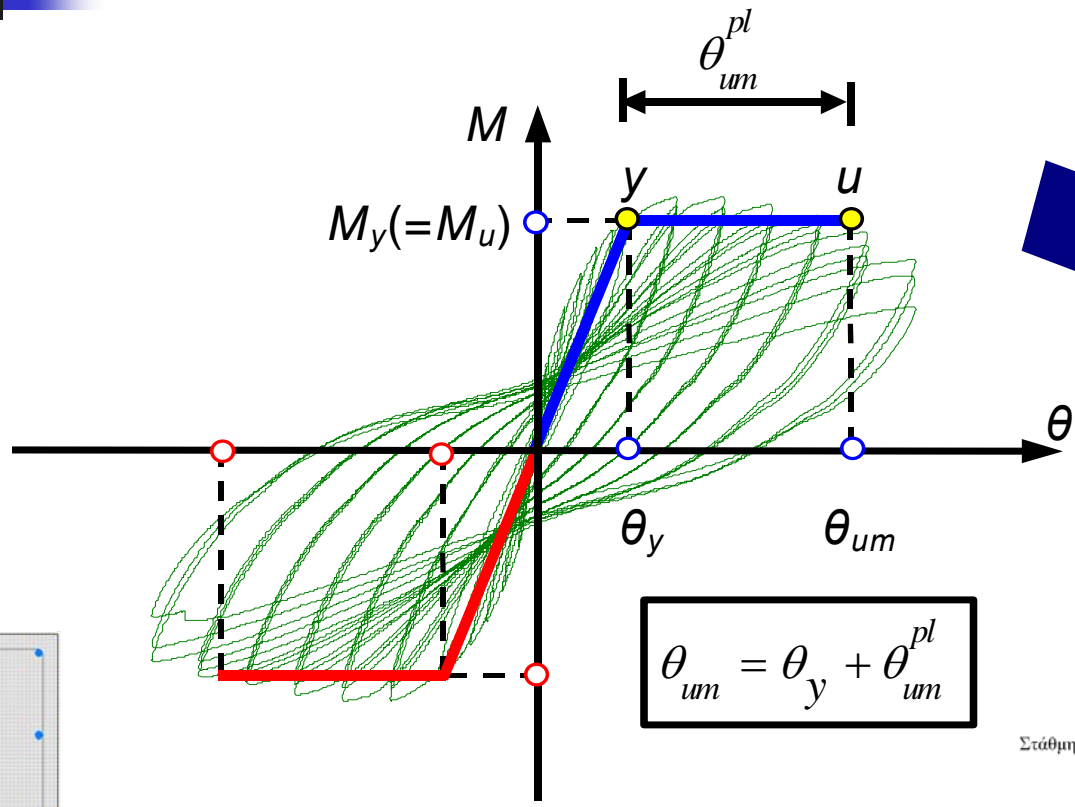
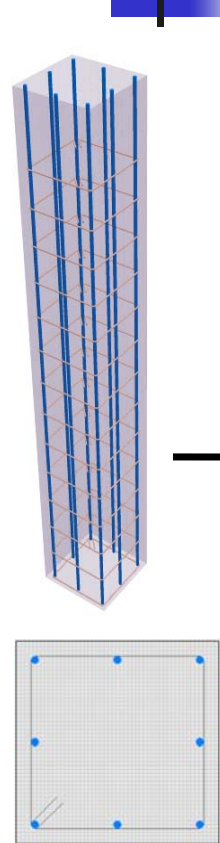
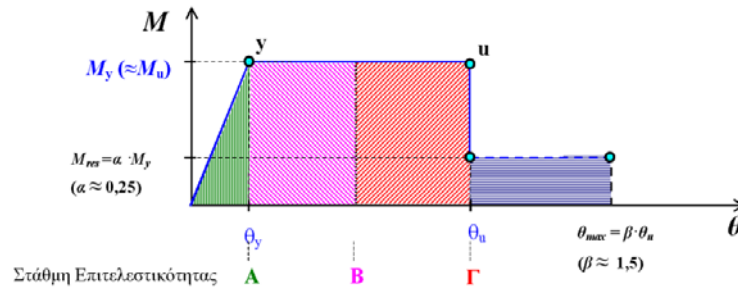
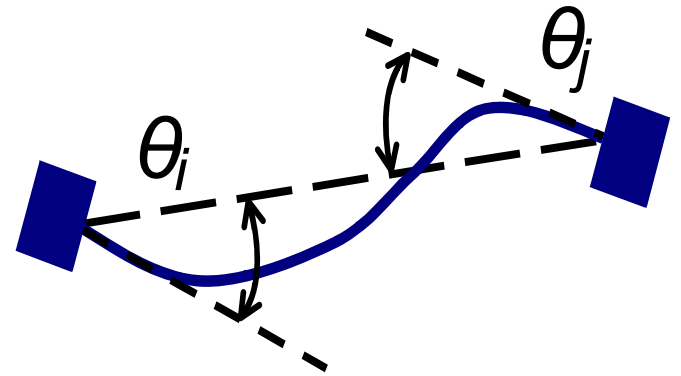


Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποκυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013



$$\theta_{um} = \theta_y + \theta_{um}^{pl}$$

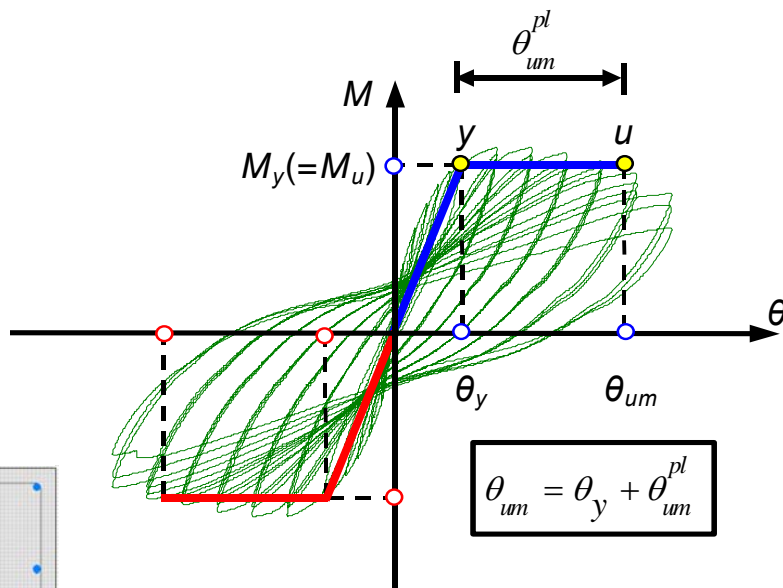


Β.Γ. Μώκος

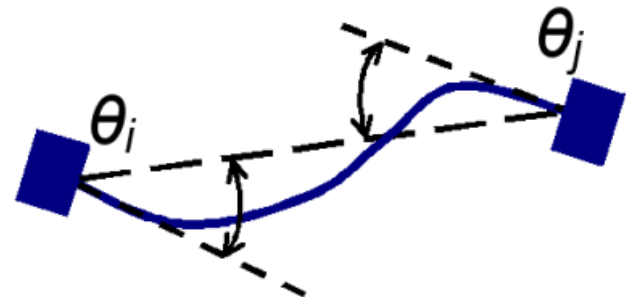
ΟΑΣΠ, Νοέμβριος 2016

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποτυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

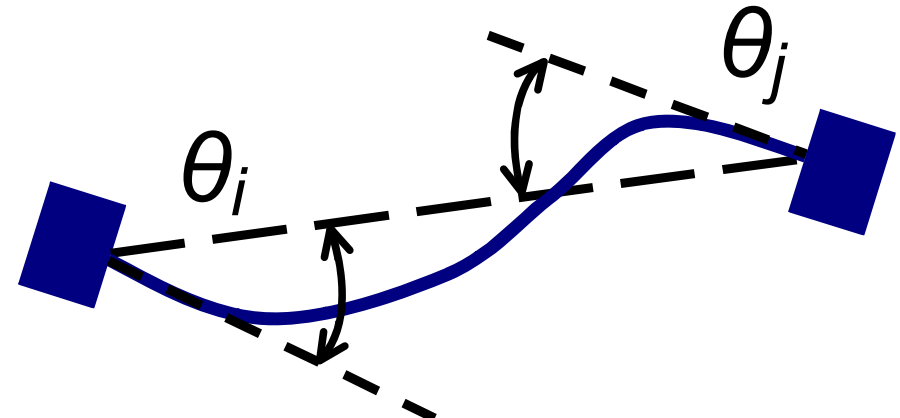
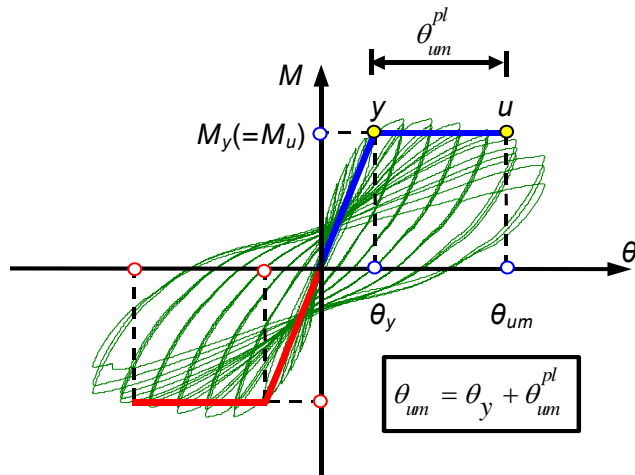
«Καταστατικός Νόμος»



Η μηχανική συμπεριφορά περιγράφεται με τη βοήθεια του Σκελετικού Διαγράμματος «F-δ» → «M-θ», όπου «M» η καμπτική ροπή και «θ» η γωνία στρώσης χορδής στα άκρα του στοιχείου που περιλαμβάνει το σύνολο των **καμπτικών** και **διατμητικών** παραμορφώσεων, καθώς και τη **στρόφη** των άκρων λόγω εξόλκευσης οπλισμών.



Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013



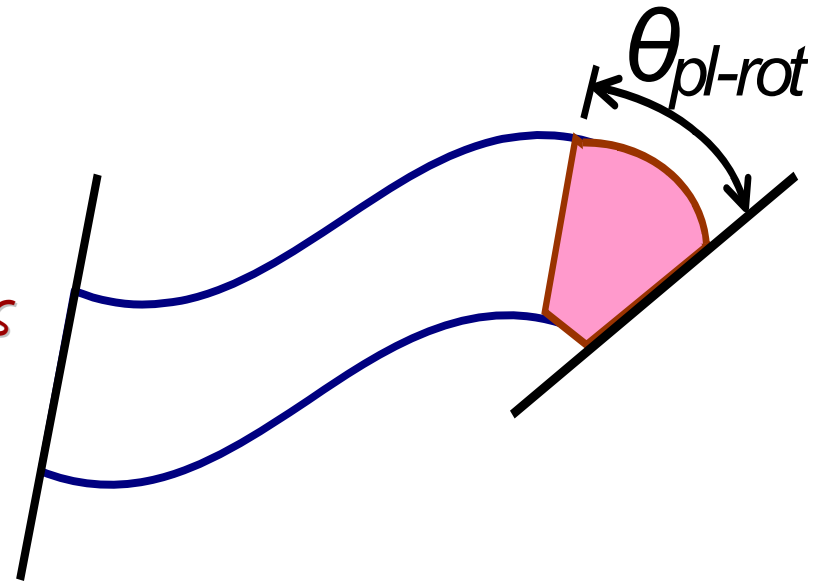
→ Ως γωνία στροφής χορδής ορίζεται η γωνία που σχηματίζει η εφαπτόμενη στον άξονα του μέλους στο άκρο με τη χορδή που συνδέει τα δύο άκρα στην παραμορφωμένη του κατάσταση.

→ Έτσι, η γωνία στροφής χορδής σε άκρο μέλους μπορεί να προσδιοριστεί ως, η γωνιακή παραμόρφωση του μέλους (δηλαδή το drift που ορίζεται ως ο λόγος του σχετικού βέλους δια το μήκος του μέλους) συν ή πλην τη στροφή του κόμβου του άκρου, ανάλογα με το εάν η στροφή και η γωνιακή παραμόρφωση έχουν αντίθετη ή ίδια φορά, αντίστοιχα.

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ

Αντίστοιχο κατάλληλο μέγεθος «δ»:
Γωνία Στροφής Πλαστικής Άρθρωσης

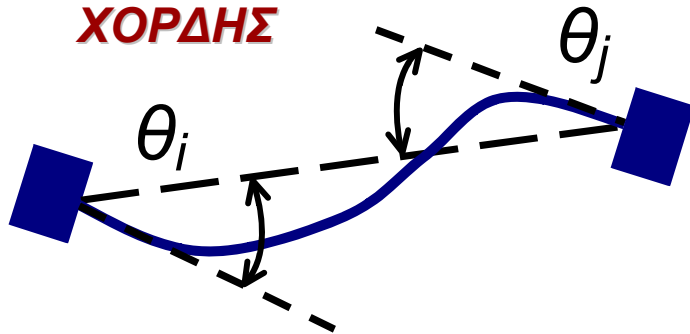


Ως γωνία στροφής πλαστικής άρθρωσης ορίζεται η διαφορά των καμπυλοτήτων της ακραίας διατομής στην αστοχία και στη διαρροή, αντίστοιχα, πολλαπλασιασμένη με το μήκος της πλαστικής άρθρωσης (δηλαδή ολοκλήρωμα καμπυλοτήτων), για το οποίο διατίθενται στη συναφή διεθνή βιβλιογραφία πληθώρα σχέσεων προσδιορισμού.

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποτυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

«Δύο Σχολές»

ΓΩΝΙΑ ΣΤΡΟΦΗΣ
ΧΟΡΔΗΣ



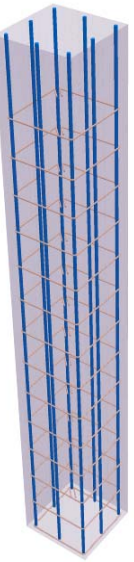
ΓΩΝΙΑ ΣΤΡΟΦΗΣ
ΠΛΑΣΤΙΚΗΣ
ΑΡΘΡΩΣΗΣ



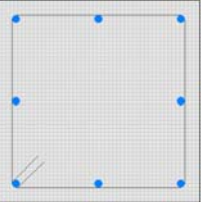
✓ Στα κανονιστικά κείμενα που αναπτύχθηκαν στις Η.Π.Α., δηλαδή ATC-40 και FEMA-356, ως κατάλληλο μέγεθος "δ" υιοθετείται η γωνία στροφής πλαστικής άρθρωσης.

✓ Αντίθετα, στις κανονιστικές διατάξεις που αναπτύχθηκαν στην Ευρώπη, δηλαδή Ευρωκώδικα 8-Μέρος 3 και ΚΑΝ.ΕΠΕ., ως αντίστοιχο κατάλληλο μέγεθος "δ" υιοθετείται η γωνία στροφής χορδής.

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 «Δύο Σχολές»



→ Όπως προκύπτει από τη συναφή διεθνή βιβλιογραφία (Bardakis & Dritsos, 2007), το πλαστικό τμήμα της γωνίας στροφής χορδής και η γωνία στροφής πλαστικής άρθρωσης είναι περίπου ίσες.



→ Αυτή η διαπίστωση είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς έτσι στην ανελαστική στατική ανάλυση εφόσον ως μέγεθος "δ" υιοθετηθεί η γωνία στροφής πλαστικής άρθρωσης, μπορούν στα κριτήρια επιτελεστικότητας για τα μέλη κατά τον έλεγχο της γωνίας στροφής πλαστικής άρθρωσης να χρησιμοποιηθούν οι αντίστοιχες εκφράσεις του πλαστικού τμήματος της γωνίας στροφής χορδής που ορίζει ο Ευρωκώδικας 8-Μέρος 3 ή ο ΚΑΝ.ΕΠΕ.

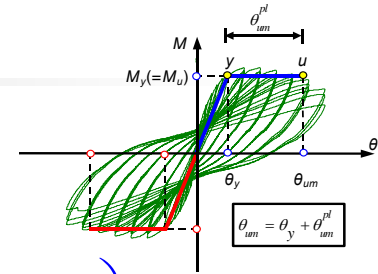
(Σημείωση: π.χ. το λογισμικό SAP2000 → Γωνία Στροφής Πλαστικής Άρθρωσης)

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποτυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 (ΚΑΝ.ΕΠΕ.: Κεφάλαιο 7)

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_v z}{3} + 0,0014 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}} \quad (\Sigma.2)$$

$$\theta_{um}^{pl} = 0,0145 (0,25^v) \left[\frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega)} \right]^{0,3} (f_c)^{0,2} (\alpha_s)^{0,35} \left(\frac{\alpha \rho_s f_{yw}}{f_c} \right) \left(1,275^{100 \rho_d} \right) \quad (\Sigma.8\beta)$$

$$\theta_{um} = 0,016 \cdot (0,3^v) \left[\frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega)} f_c \right]^{0,225} (\alpha_s)^{0,35} \left(\frac{\alpha \rho_s f_{yw}}{f_c} \right) (1,25^{100 \rho_d}) \quad (\Sigma.8\alpha)$$



Παρατήρηση 1η: $\theta_y^{(\Sigma.2)} + \theta_{um}^{pl,(\Sigma.8\beta)} \approx \theta_{um}^{(\Sigma.8\alpha)}$

Παρατήρηση 2η:

✓ Μάτιση-Νευροχάλυβες → Επηρεάζει: $\theta_y^{(\Sigma.2)}$ & $\theta_{um}^{pl,(\Sigma.8\beta)}$

✓ Μάτιση-Λείες Ράβδοι → Επηρεάζει: $\theta_y^{(\Sigma.2)}$ & $\theta_{um}^{(\Sigma.8\alpha)}$

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος	Βάση (Β) Υποστυλώματος
$\theta_{um_K}^{pl} = \min \{ \theta_{um_K}^{pl,1}, \theta_{um_K}^{pl,2} \}$	$\theta_{um_B}^{pl} = \min \{ \theta_{um_B}^{pl,1}, \theta_{um_B}^{pl,2} \}$
$\theta_{um_K} = \min \{ \theta_{um_K}^1, \theta_{um_K}^2 \}$	$\theta_{um_B} = \min \{ \theta_{um_B}^1, \theta_{um_B}^2 \}$

Όπου:

$\theta_{um_K}^1 = \lambda_{u_K} \cdot \theta_{um_K}^{\Sigma 8 \alpha}$	$\theta_{um_B}^1 = \lambda_{u_B} \cdot \theta_{um_B}^{\Sigma 8 \alpha}$
$\theta_{um_K}^{pl,1} = \lambda_{pl_K} \cdot \theta_{um_K}^{pl, \Sigma 8 \beta}$	$\theta_{um_B}^{pl,1} = \lambda_{pl_B} \cdot \theta_{um_B}^{pl, \Sigma 8 \beta}$
$\theta_{um_K}^2 = \theta_{y_K} + \theta_{um_K}^{pl,1}$	$\theta_{um_B}^2 = \theta_{y_B} + \theta_{um_B}^{pl,1}$
$\theta_{um_K}^{pl,2} = \theta_{um_K}^1 - \theta_{y_K}$	$\theta_{um_B}^{pl,2} = \theta_{um_B}^1 - \theta_{y_B}$

και $\lambda_{pl_K,B}, \lambda_{u_K,B} \rightarrow$ **Κατάλληλοι Συντελεστές**

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

$$\lambda_{V_R} = \frac{V_R}{V_{M_y}}, \text{ \textbf{όπου:} } \lambda_{V_R} > 1.00 \rightarrow \text{καμπτική αστοχία}$$

$$\lambda_{V_R} \leq 1.00 \rightarrow \text{ψαθυρή αστοχία}$$

Κορυφή (Κ)	Βάση (Β)	Κορυφή (Κ)	Βάση (Β)
$\lambda_{V_{R_K}} > 1.00$	$\lambda_{V_{R_B}} > 1.00$	$\lambda_{V_{R_K}} \leq 1.00$	$\lambda_{V_{R_B}} \leq 1.00$
$M_{y_K}^a = M_{y_K}$	$M_{y_B}^a = M_{y_B}$	$M_{y_K}^b = \lambda_{V_R} M_{y_K}$	$M_{y_B}^b = \lambda_{V_R} M_{y_B}$
$\theta_{y_K}^a = \theta_{y_K}$	$\theta_{y_B}^a = \theta_{y_B}$	$\theta_{y_K}^b = \lambda_{V_R} \theta_{y_K}$	$\theta_{y_B}^b = \lambda_{V_R} \theta_{y_B}$
$\theta_{um_K}^{pl,a} = \theta_{um_K}^{pl}$	$\theta_{um_B}^{pl,a} = \theta_{um_B}^{pl}$	$\theta_{um_K}^{pl,b} = 0.40 \theta_{y_K}$	$\theta_{um_B}^{pl,b} = 0.40 \theta_{y_B}$
$\theta_{um_K}^a = \theta_{um_K}$	$\theta_{um_B}^a = \theta_{um_B}$	$\theta_{um_K}^b = \theta_{y_K}^b + \theta_{um_K}^{pl,b}$	$\theta_{um_B}^b = \theta_{y_B}^b + \theta_{um_B}^{pl,b}$

ΤΕΛΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ

Κορυφή (Κ)	Βάση (Β)
$M_{y_K}^{final} = \min\{M_{y_K}^a; M_{y_K}^b\}$	$M_{y_B}^{final} = \min\{M_{y_B}^a; M_{y_B}^b\}$
$\theta_{y_K}^{final} = \min\{\theta_{y_K}^a; \theta_{y_K}^b\}$	$\theta_{y_B}^{final} = \min\{\theta_{y_B}^a; \theta_{y_B}^b\}$
$\theta_{um_K}^{pl,final} = \min\{\theta_{um_K}^{pl,a}; \theta_{um_K}^{pl,b}\}$	$\theta_{um_B}^{pl,final} = \min\{\theta_{um_B}^{pl,a}; \theta_{um_B}^{pl,b}\}$
$\theta_{um_K}^{final} = \min\{\theta_{um_K}^a; \theta_{um_K}^b\}$	$\theta_{um_B}^{final} = \min\{\theta_{um_B}^a; \theta_{um_B}^b\}$

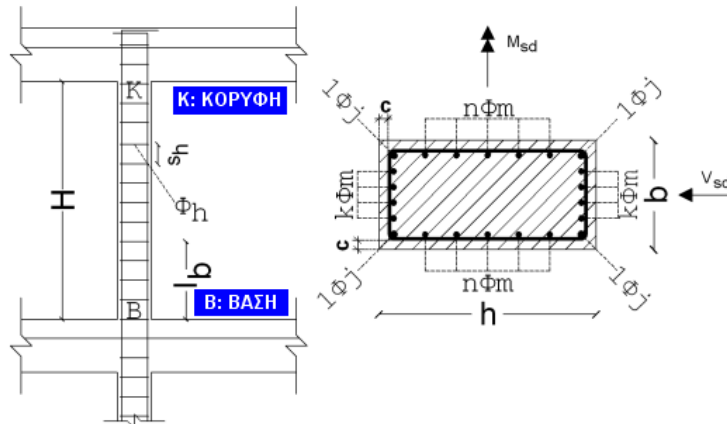
Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Μηχανική Συμπεριφορά Υποστυλώματος ΩΣ κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Τίτλος:

Χρήστης:

Ημερομηνία:



Σημείωση: α) Δεν υπάρχει διαγώνιος οπλισμός & β) Στη Βάση (B) υπάρχει επαρκής εγκιβωπισμός.

(Συντάκτης: ΒΓ Μάκος, 2016)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Διαστασιολόγηση – Κατασκευή: Κατασκευαστικές Διατάξεις πριν το 1985. Στοιχείο: Πρωτεύον

$h(\text{cm}) = 45$ $b(\text{cm}) = 45$ $H(\text{m}) = 3.00$

Δράση:

Αξονική Δύναμη (θλίψη=θετικό, Εφελκ.=0) $N(\text{kN}) = 400.00$

Σκυρόδεμα:

$f_{ck}(\text{MPa}) = 14.00$ $f_{cm}(\text{MPa}) = 19.00$ $c(\text{mm}) = 25$

Χάλυβας:

Διαμήκης Οπλισμός: Ράβδοι με νευρώσεις.

$\Phi_i(\text{mm}) = 16$ $\Phi_m(\text{mm}) = 16$ $n = 1$ $k = 1$ $l_b(\text{cm}) = 40$

$f_{yk}(\text{MPa}) = 400.00$ $f_{ym}(\text{MPa}) = 460.00$ $E_s(\text{GPa}) = 210.00$

Συνδετήρες: Οι συνδετήρες κλείνουν με άγκιστρο προς το εσωτερικό του σκυροδέματος.

$\Phi_h(\text{mm}) = 8$ $sh(\text{cm}) = 20$

$f_{yk}(\text{MPa}) = 400.00$ $f_{ym}(\text{MPa}) = 460.00$ $E_s(\text{GPa}) = 210.00$

(Δηλαδή, $\geq 135^\circ$ στις γωνίες και $\geq 90^\circ$ στο ενδιάμεσο των πλευρών)

Βάσει της αναλυτικής διαδικασίας που παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 7 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. συντάχθηκε

Υπολογιστικό Φύλλο Excel

και εξετάστηκαν αντιπροσωπευτικά παραδείγματα.

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Σύγκριση Αποτελεσμάτων

ΕΦΑΡΜΟΓΗ (Δρίτσος)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Υποστώμα με καθαρό ύψος : $H = 3,0$ m, σε διάφορη οικοδομή κατασκευασμένη το 1975

Οπλισμός : 8Φ16

Συνδετήρες : Φ8/200 (καλά αγκυρωμένοι με ημικυκλικά άγκιστρα)

Από κτίριο βρέθηκε : $f_{cm} = 19$ MPa

$$f_{ck} = f_{cm} - s = 14$$
 MPa

$N = 400$ kN

$400 \rightarrow f_{yk} = 400$ MPa

$$f_{ym} = 1,15 \times 400 = 460$$
 MPa

Υπολογισμός δυσκαμψίας (K)

α) Προσεγγιστικά (ΚΑΝΕΠΕ, Σ1.α, σελ. 7 - 5)

$$K = 0,175 E_c I_c$$

β) Ακριβής σχέση (ΚΑΝΕΠΕ, σελ. 7 - 13)

$$K \approx 0,145 E_c I_c$$

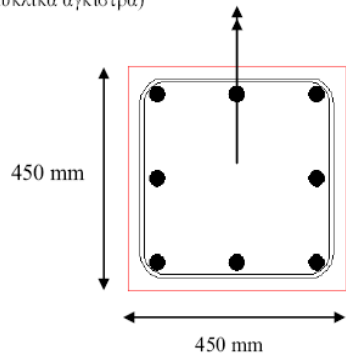
Υπολογισμός τοπικού δείκτη συμπεριφοράς (m)

Για στάθμη επιτελεστικότητας B

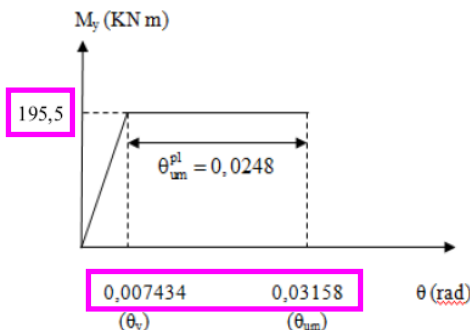
$$m = 1,75$$

Για στάθμη επιτελεστικότητας Γ

$$m = 2,83$$



Προσδιορισμός διαγράμματος M-θ



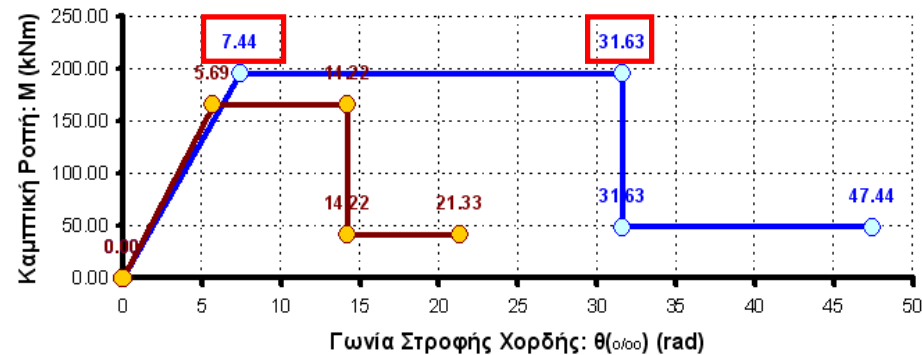
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στοιχείο: Πρωτεύων

$K_{y_Ακρ.} = 0.152 E_c I_c$ (Ενεργός Δυσκαμψία - Ακριβής Σχέση)

$K_{y_Γρ.} = 0.176 E_c I_c$ (Ενεργός Δυσκαμψία - Προσεγγιστική Σχέση)

ΣΚΕΛΕΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ



● Κορυφή (K) Υποστυλώματος ● Βάση (B) Υποστυλώματος

I) Κορυφή (K) Υποστυλώματος

II) Βάση (B) Υποστυλώματος

($I_b = 25 db$)

Τύπος Αστοχίας:

Δείκτης Πλαστιμότητας με:

Τοπικός Δείκτης "Πλαστιμότητας" m:

Στάθμη Επιτελεστικότητα A:

Στάθμη Επιτελεστικότητα B:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Γ:

Καμπτική Ροπή:

(Απομένουσα Αντίσταση)

Παραμορφώσεις Σχεδιασμού (rad):

Στάθμη Επιτελεστικότητα A:

Στάθμη Επιτελεστικότητα B:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Γ:

Καμπτική Αστοχία

$\mu_{\theta_K} = 4.25$

$m_{K_A} = 1.00$

$m_{K_B} = 1.75$

$m_{K_\Gamma} = 2.83$

$M_{y_K} (kNm) = 195.63$

$M_{res_K} (kNm) = 48.91$

$\theta_{d_{K_A}} (\text{o}/\text{o}) = 7.44$

$\theta_{d_{K_B}} (\text{o}/\text{o}) = 13.02$

$\theta_{d_{K_\Gamma}} (\text{o}/\text{o}) = 21.08$

Καμπτική Αστοχία

$\mu_{\theta_B} = 2.50$

$m_{B_A} = 1.00$

$m_{B_B} = 1.17$

$m_{B_\Gamma} = 1.67$

$M_{y_B} (kNm) = 165.63$

$M_{res_B} (kNm) = 41.41$

$\theta_{d_{B_A}} (\text{o}/\text{o}) = 5.69$

$\theta_{d_{B_B}} (\text{o}/\text{o}) = 6.64$

$\theta_{d_{B_\Gamma}} (\text{o}/\text{o}) = 9.48$

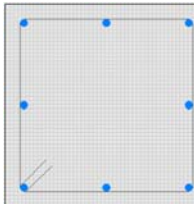
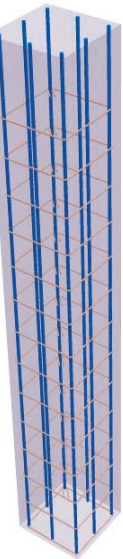
Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 1ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΜΑΤΙΣΗΣ ΡΑΒΔΩΝ

α) Συντελεστής Μάτισης: λ_{θ_y}

Για λείες ράβδους με ορθογωνικά ή ημικυκλικά άγκιστρα στα άκρα τους:	Για ράβδους με νευρώσεις και άκρα που επικαλύπτονται ευθύγραμμα:
$\lambda_{\theta_y} : \begin{cases} l_b \geq l_{by,min} \rightarrow \lambda_{\theta_y} = 1.0 \\ l_b < l_{by,min} \rightarrow \lambda_{\theta_y} = 0.0 \end{cases}$ <p>όπου:</p> $l_{by,min} = 15d_b$ $d_b = \min(\Phi_j; \Phi_m) \quad \checkmark$	$\lambda_{\theta_y} : \begin{cases} l_b \geq l_{by,min} \rightarrow \lambda_{\theta_y} = 1.0 \\ l_{by,min}/2 \leq l_b < l_{by,min} \rightarrow \lambda_{\theta_y} = l_b/l_{by,min} \\ l_b < l_{by,min}/2 \rightarrow \lambda_{\theta_y} = 0.0 \end{cases}$ <p>όπου:</p> $l_{by,min} = \left(0.3 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \right) d_b, \quad (f_y, f_c \rightarrow MPa) \quad \checkmark$ $d_b = \min(\Phi_j; \Phi_m) \quad \checkmark$



Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 1ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΜΑΤΙΣΗΣ ΡΑΒΔΩΝ

β) Συντελεστής Μάτισης: $\lambda_{\theta pl}$

Για λείες ράβδους με ορθογωνικά ή ημικυκλικά άγκιστρα στα άκρα τους:

$$\lambda_{\theta pl} = 1.00$$

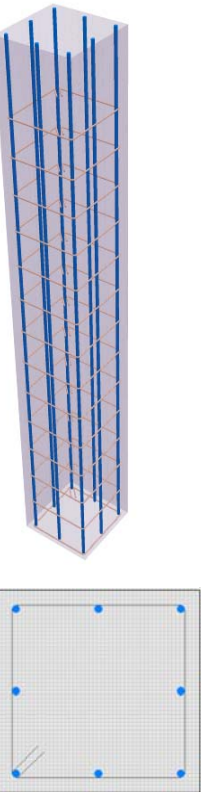
Για ράβδους με νευρώσεις και άκρα που επικαλύπτονται ευθύγραμμα:

$$\lambda_{\theta pl} : \begin{cases} l_b \geq l_{bpl, min} \rightarrow \lambda_{\theta pl} = 1.0 \\ l_b < l_{bpl, min} \rightarrow \lambda_{\theta pl} = l_b / l_{bpl, min} \end{cases}, \text{ όπου:}$$

$$l_{bpl, min} = \frac{d_b f_y}{\left(1.05 + 14.5 \alpha_1 \rho_s \frac{f_{yw}}{f_c} \right) \sqrt{f_c}}$$

(f_y, f_c, f_{yw} σε MPa)

$$\rho_s = \frac{A_{sw}}{b_w s_h}, \quad \alpha_1 = \left(1 - \frac{s_h}{2b_c} \right) \left(1 - \frac{s_h}{2h_c} \right) \frac{n_{rest}}{n_{tot}}$$



Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποτυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 1ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΜΑΤΙΣΗΣ ΡΑΒΔΩΝ

γ) Συντελεστής Μάτισης: λ_{θ_2}

Για λείες ράβδους με ορθογωνικά ή ημικυκλικά άγκιστρα στα άκρα τους:

$$\lambda_{\theta_2} : \begin{cases} l_b \geq 40d_b \rightarrow \lambda_{\theta_2} = 0.80 (= 0.95/1.20) \\ 15d_b \leq l_b < 40d_b \rightarrow \lambda_{\theta_2} = 0.016(10 + \min(40, l_b/d_b)) \quad \checkmark \\ l_b < 15d_b \rightarrow \lambda_{\theta_2} = 0.00 \end{cases}$$

Για ράβδους με νευρώσεις και άκρα που επικαλύπτονται ευθύγραμμα:

$$\lambda_{\theta_2} = 1.00$$

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 2ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ

1) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

α) Με Αναλυτικές Σχέσεις:

$$d_1(\text{mm})=d'(\text{mm})= 41$$

$$d(\text{mm})= 409$$

$$\delta'= 0.100$$

$$\rho(\text{o/o})= 3.276$$

$$\rho\nu(\text{o/o})= 2.184$$

$$\rho'(\text{o/o})= 3.276$$

$$f_y(\text{MPa})= 460.00$$

α1) Διαρροή λόγω χάλυβα:

$$A = \rho + \rho' + \rho_v + \frac{N}{bdf_y}, \quad B = \rho + \rho' \delta' + 0,5\rho_v(1 + \delta') + \frac{N}{bdf_y}$$

$$A = 0.013460$$

$$B = 0.009530$$

$$E_c = 9.50(f_{ck} + 8)^{\frac{1}{3}}, \quad \alpha = \frac{E_s}{E_c}, \quad \xi_y = (\alpha^2 A^2 + 2\alpha B)^{1/2} - \alpha A$$

$$E_c(\text{GPa})= 26.619$$

$$\alpha = 7.889$$

$$\xi_y = 0.295859$$

$$(1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1 - \xi_y)d} \quad (1/r)_{y_a1} \text{ (rad/m)} = 0.007606$$

α2) Διαρροή λόγω παραμορφώσεων σκυροδέματος:

$$A = \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{1.8\alpha bdf_c}, \quad B = \rho + \rho' \delta' + 0.5\rho_v(1 + \delta')$$

$$A = 0.000680$$

$$B = 0.004805$$

$$(1/r)_y = \frac{1.8f_c}{E_c \xi_y d} \quad (1/r)_{y_a2} \text{ (rad/m)} = 0.011633$$

$$\text{Οπότε: } (1/r)_{y_a} \text{ (rad/m)} = \min((1/r)_{y_a1}, (1/r)_{y_a2}) = 0.007606$$

β) Με Ημι-εμπειρική Σχέση (Προσεγγιστικά):

$$(1/r)_y = \frac{1.77f_y}{E_s h} \quad \eta \quad (1/r)_y = \frac{1.55f_y}{E_s d}$$

$$(1/r)_{y_B1} \text{ (rad/m)} = 0.008616$$

$$(1/r)_{y_B2} \text{ (rad/m)} = 0.008301$$

$$\text{Οπότε: } (1/r)_{y_B} \text{ (rad/m)} = \min((1/r)_{y_B1}, (1/r)_{y_B2}) = 0.008301$$

$$\text{Τελικά: } 1000(1/r)_{y_K} \text{ (rad/m)} = \min((1/r)_{y_a}, (1/r)_{y_B}) = 7.606$$

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 2ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ

II) Βάση (B) Υποστυλώματος

α) Με Αναλυτικές Σχέσεις:

$$d_1(\text{mm})=d'(\text{mm})= 41$$

$$\rho(\text{ο/ο})= 3.276$$

$$d(\text{mm})= 409$$

$$\rho\nu(\text{ο/ο})= 2.184$$

$$\delta'= 0.100$$

$$\rho(\text{ο/ο})= 6.551$$

(ρ' : Διπλάσιο)

$$\lambda_{\theta y}= 0.780$$

$$f_y(\text{MPa})= 358.58$$

($f_y: f_y \cdot \lambda_{\theta y}$)

α1) Διαρροή λόγω χάλυβα:

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

$$A = 0.018072$$

$$B = 0.011195$$

$$E_c = 9.50 (f_{ck} + 8)^{\frac{1}{3}}, \quad \alpha = \frac{E_s}{E_c}, \quad \xi_y = (\alpha^2 A^2 + 2\alpha B)^{1/2} - \alpha A$$

$$E_c(\text{GPa})= 26.619$$

$$\alpha = 7.889$$

$$\xi_y = 0.301229$$

$$(1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1-\xi_y)d} \quad (1/r)_{y_{\alpha 1}} \text{ (rad/m)} = 0.005975$$

α2) Διαρροή λόγω παραμορφώσεων σκυροδέματος:

$$A = \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{1.8\alpha bdf_c}, \quad B = \rho + \rho' \delta' + 0.5 \rho_v (1 + \delta')$$

$$A = 0.003955$$

$$B = 0.005134$$

$$\xi_y = 0.255105$$

$$(1/r)_y = \frac{1.8 f_c}{E_c \xi_y d} \quad (1/r)_{y_{\alpha 2}} \text{ (rad/m)} = 0.012314$$

Οπότε: $(1/r)_{y_{\alpha}} \text{ (rad/m)} = \min((1/r)_{y_{\alpha 1}}, (1/r)_{y_{\alpha 2}}) = 0.005975$

β) Με Ημι-εμπειρική Σχέση (Προσεγγιστικά):

$$(1/r)_y = \frac{1.77 f_y}{E_s h} \quad \text{ή} \quad (1/r)_y = \frac{1.55 f_y}{E_s d} \quad (1/r)_{y_{\beta 1}} \text{ (rad/m)} = 0.006716$$

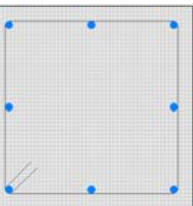
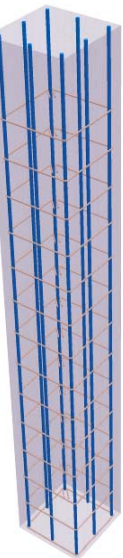
$$(1/r)_{y_{\beta 2}} \text{ (rad/m)} = 0.006471$$

Οπότε: $(1/r)_{y_{\beta}} \text{ (rad/m)} = \min((1/r)_{y_{\beta 1}}, (1/r)_{y_{\beta 2}}) = 0.006471$

Τελικά: $1000(1/r)_{y_{\beta}} \text{ (rad/m)} = \min((1/r)_{y_{\alpha}}, (1/r)_{y_{\beta}}) = 5.975$

(Σημ.: Απόκλιση (%) της $(1/r)_{y_{\beta}}$ ως προς την $(1/r)_{y_{\alpha}}$: 21.45

όπου: $1b = 25 \text{ db}$



Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 3ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ

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

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

$$\xi_{y_K} = \max(\xi_{y_a1}, \xi_{y_a2}) = 0.295859 \quad 1000(1/r)_{y_K} \text{ (rad/m)} = 7.606$$

$$M_{y_K} \text{ (kNm)} = 195.628$$

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

$$\xi_{y_B} = \max(\xi_{y_a1}, \xi_{y_a2}) = 0.301229 \quad 1000(1/r)_{y_B} \text{ (rad/m)} = 5.975$$

$$M_{y_B} \text{ (kNm)} = 165.627$$

(Σημ.: Απόκλιση (%) της M_{y_B} ως προς την M_{y_K} : 15.34

όπου: $l_b = 25 \text{ db}$)

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποτυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 4ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΛΟΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ

Δεδομένου ότι ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. είναι εναρμονισμένος με τους EC, για τον υπολογισμό της τέμνουσας (V_{R1}) που προκαλεί λοξή ρηγμάτωση υιοθετείται η αντοχή σε τέμνουσα στοιχείων χωρίς οπλισμό διάτμησης ($V_{R,c}$) του EC2:

$$V_{R1} = \lambda b_w d, \text{ όπου: } \checkmark$$

$$\lambda = \max \{ \lambda_1 ; \lambda_2 \}, \lambda_1 = 0.18k (100 \rho_l f_c)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \sigma_{cp} \quad \& \quad \lambda_2 = 0.035k^{\frac{3}{2}} f_c^{\frac{1}{2}} + 0.15 \sigma_{cp}$$

$$k = \min \left\{ 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} ; 2.00 \right\}, \rho_l = \min \left\{ \frac{A_{sl}}{b_w d} ; 0.02 \right\}, \sigma_{cp} = \min \left\{ \frac{N}{A_c} ; 0.20 f_c \right\}$$

(f_c, σ_{cp} [MPa], b_w, d [mm], V_{R1} [N], A_{sl} είναι το εμβαδόν του εφελκυσμένου οπλισμού)

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 5ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ ΤΗ ΣΤΙΓΜΗ ΤΗΣ ΚΑΜΠΤΙΚΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ

$$L_s(m) = 1.500$$

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

$$V_{M_y} = \frac{M_y}{L_s}$$

$$V_{M_y_K} \text{ (kN)} = 130.418$$

$$V_{M_y_B} \text{ (kN)} = 110.418$$

Βημά 6ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΟΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ

Συντελεστής Τέμνουσας κατά τη Λοξή Ρηγματίωση: $\lambda_{V_{R1}} = \frac{V_{R1}}{V_{M_y}}$

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

$$\lambda_{V_{R1_K}} = 1.212$$

$$\alpha_{v_K} = 0$$

όπου: $\lambda_{V_{R1}} > 1.00 \rightarrow \alpha_v = 0$

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

$$\lambda_{V_{R1_B}} = 1.432$$

$$\alpha_{v_B} = 0$$

$\lambda_{V_{R1}} \leq 1.00 \rightarrow \alpha_v = 1$

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 7ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΚΑΜΨΗΣ

Συντελεστής Κάμψης: λ_{M_y}	
Για λείες ράβδους με ορθογωνικά ή ημικυκλικά άγκιστρα στα άκρα τους:	Για ράβδους με νευρώσεις και άκρα που επικαλύπτονται ευθύγραμμα:
$\lambda_{M_y} : \begin{cases} l_b \geq l_{by,min} \rightarrow \lambda_{M_y} = 1.0 \\ l_b < l_{by,min} \rightarrow \lambda_{M_y} = 0.0 \end{cases}$	$\lambda_{M_y} : \begin{cases} l_b \geq l_{by,min} \rightarrow \lambda_{M_y} = 1.0 \\ l_{by,min}/2 \leq l_b < l_{by,min} \rightarrow \lambda_{M_y} = M_{y_B}/M_{y_K} \\ l_b < l_{by,min}/2 \rightarrow \lambda_{M_y} = 0.0 \end{cases}$

Οπότε:
 $\lambda_{M_y} = 0.847$

Βημά 8ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΓΩΝΙΑΣ ΣΤΡΟΦΗΣ ΧΟΡΔΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗ

Ανάλυση: Όχι έργα από διάτμηση κατά Timoshenko

Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος:

$$\theta_{y_K} = [\theta_{y_K}]_{καμψ.} + [\theta_{y_K}]_{\sigma\alpha\tau\eta} + [\theta_{y_K}]_{εξ\sigma\lambda\kappa.} \rightarrow$$

$$\theta_{y_K} = \left[(1/r)_{y_K} \frac{L_s + a_{V-K}z}{3} \right] + \left[0,0014 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s} \right) \right] + \left[\frac{(1/r)_{y_K} d_b f_y}{8\sqrt{f_c}} \right]$$

Βάση (Β) Υποστυλώματος:

$$\theta_{y_B} = [\theta_{y_B}]_{καμψ.} + \lambda_{M_y} [\theta_{y_B}]_{\sigma\alpha\tau\eta} + [\theta_{y_B}]_{εξ\sigma\lambda\kappa.} \rightarrow$$

$$\theta_{y_B} = \left[(1/r)_{y_B} \frac{L_s + a_{V-B}z}{3} \right] + \lambda_{M_y} \left[0,0014 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s} \right) \right] + \left[\frac{(1/r)_{y_B} d_b (\lambda_{\sigma\tau} f_y)}{8\sqrt{f_c}} \right]$$

f_c (MPa)= 19.00
 f_y (MPa)= 460.00
 L_s (m)= 1.500
 z (m)=d-d'= 0.368
 h (m)= 0.450
 d_b (m)= 0.016
 $(1/r)_{y_K}$ (rad/m) = 0.007606
 $(1/r)_{y_B}$ (rad/m) = 0.005975
 a_{V-K} = 0
 a_{V-B} = 0
 $\lambda_{\sigma\tau}$ = 0.780
 λ_{M_y} = 0.847

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

θ_{y_K} (ο/οο)= 7.438 (rad)

θ_{y_B} (ο/οο)= 5.689 (rad)

(Σημ.: Απόκλιση (%) της θ_{y_B} ως προς την θ_{y_K} : 23.52

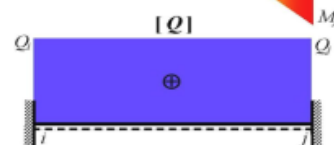
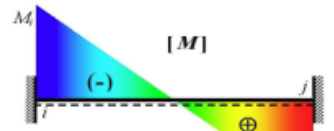
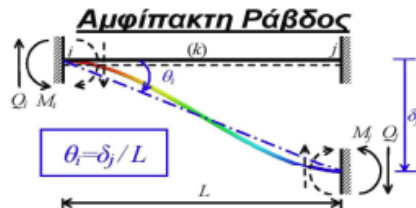
όπου: $l_b = 25 d_b$

20/47

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποτυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

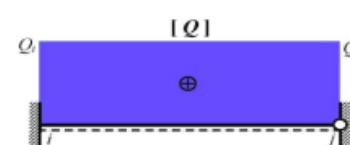
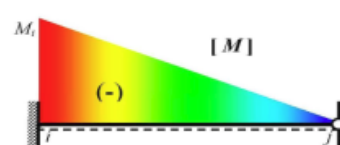
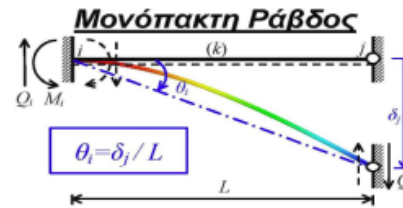
Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 9ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΣΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗ



$$|M_i| = |M_j| = \frac{6E_c I_c}{L^2} \delta_j = \frac{6E_c I_c}{L} \theta_i$$

$$|Q_i| = |Q_j| = \frac{12E_c I_c}{L^3} \delta_j = \frac{12E_c I_c}{L^2} \theta_i$$



$$|M_i| = \frac{3E_c I_c}{L^2} \delta_j = \frac{3E_c I_c}{L} \theta_i, |M_j| = 0$$

$$|Q_i| = |Q_j| = \frac{3E_c I_c}{L^3} \delta_j = \frac{3E_c I_c}{L^2} \theta_i$$

Ορίζεται ως **μήκος διάτμησης** L_s ο λόγος της καμπτικής ροπής προς την τέμνουσα δύναμη στην ακραία διατομή του στοιχείου, δηλαδή η απόσταση της ακραίας διατομής από το σημείο μηδενισμού των ροπών $\rightarrow L_s = M/Q$

Στην Αμφίπακτη Ράβδο: $L_s = L/2$

Στην Μονόπακτη Ράβδο: $L_s = L$

$$M = \frac{3E_c I_c}{L_s} \theta \rightarrow E_c I_c = \frac{ML_s}{3\theta}$$



(Κοινή σχέση για Αμφίπακτη & Μονόπακτη Ράβδο)

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

α) Ακριβής Σχέση:

Τη στιγμή της διαρροής των κρίσιμων διατομών ισχύει ακόμη η ελαστική ανάλυση, έτσι η ενεργός δυσκαμψία μπορεί να οριστεί ως:

$$K_y = \frac{M_y L_s}{3\theta_y}$$

Οπότε: $K_y = \frac{(K_{y_K} + K_{y_B})}{2}$ ✓

β) Προσεγγιστική Σχέση:

Αν οι σπλισμοί δεν είναι γνωστοί ή καθορισμένοι πριν από την ανάλυση, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν προσεγγιστικές τιμές της οιονεί ελαστικής καμπτικής δυσκαμψίας K , συναρτήσει της ροπής αδράνειας της αρηγμάτωτης διατομής, I_c , και του μέτρου ελαστικότητας του σκυροδέματος, E_c , της αξονικής δύναμης λόγω των κατακορύφων δράσεων, N (>0 για θλίψη), της επιφάνειας της διατομής, A_c , και του "λόγου διαμήσεως" $\alpha_s = M/(V \cdot h) = L_s/h$, ως εξής για τα υποστυλώματα:

$$K_y = 0,08 \left(0,8 + \ln \left[\max(0,6; \alpha_s) \right] \right) \left(1 + 0,048 \frac{N}{A_c} (MPa) \right) E_c I_c$$

$E_c I_c$ (kN/m²) = 90963.391
 $\alpha_s = 3.333$

A_c (mm²) = 202500.000
 N (N) = 400000.000

N/A_c (MPa) = 1.975

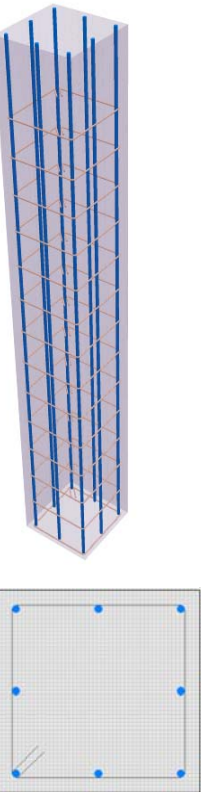
$K_y = 0.176 E_c I_c$ (Ενεργός Δυσκαμψία - Προσεγγιστική Σχέση)

(Σημ.: Απόκλιση (%) της $K_{y_Προσεγγιστική}$ ως προς την $K_{y_Ακριβή}$: 2.32)

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 10ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΣΤΟΧΙΑ ΑΠΟ ΚΑΜΨΗ



Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος	Βάση (Β) Υποστυλώματος
→ Πλαστική γωνία στροφής χορδής κατά την αστοχία: $\theta_{\omega n_K}^{pl}$	→ Πλαστική γωνία στροφής χορδής κατά την αστοχία: $\theta_{\omega n_B}^{pl}$
→ Συνολική γωνία στροφής χορδής κατά την αστοχία: $\theta_{\omega n_K}$	→ Συνολική γωνία στροφής χορδής κατά την αστοχία: $\theta_{\omega n_B}$

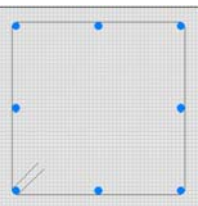
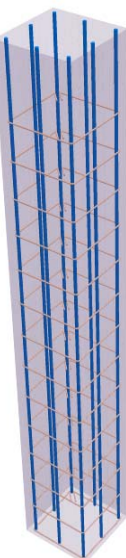
Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βήμα 10ο

Όπου:

Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος			Βάση (Β) Υποστυλώματος		
$\theta_{\omega m_K}^{pl} = \min \{ \theta_{\omega m_K}^{pl,1}, \theta_{\omega m_K}^{pl,2} \}$			$\theta_{\omega m_B}^{pl} = \min \{ \theta_{\omega m_B}^{pl,1}, \theta_{\omega m_B}^{pl,2} \}$		
$\theta_{\omega m_K} = \min \{ \theta_{\omega m_K}^1, \theta_{\omega m_K}^2 \}$			$\theta_{\omega m_B} = \min \{ \theta_{\omega m_B}^1, \theta_{\omega m_B}^2 \}$		
$\theta_{\omega m_K}^{pl,2} = \theta_{\omega m_K}^1 - \theta_{y_K}$			$\theta_{\omega m_B}^{pl,2} = \theta_{\omega m_B}^1 - \theta_{y_B}$		
$\theta_{\omega m_K}^2 = \theta_{y_K} + \theta_{\omega m_K}^{pl,1}$			$\theta_{\omega m_B}^2 = \theta_{y_B} + \theta_{\omega m_B}^{pl,1}$		
$\theta_{\omega m_K}^{pl,1} = \lambda_{pl_K} \cdot \theta_{\omega m_K}^{pl,\Sigma\delta\beta}$			$\theta_{\omega m_B}^{pl,1} = \lambda_{pl_B} \cdot \theta_{\omega m_B}^{pl,\Sigma\delta\beta}$		
$\theta_{\omega m_K}^1 = \lambda_{\omega_K} \cdot \theta_{\omega m_K}^{\Sigma\delta\alpha}$			$\theta_{\omega m_B}^1 = \lambda_{\omega_B} \cdot \theta_{\omega m_B}^{\Sigma\delta\alpha}$		
λ_{pl_K} :	Νευροχάλυβα	Πριν το 1985: 1/1.20	λ_{pl_B} :	Νευροχάλυβα	Πριν το 1985: $\lambda_{\theta_{pl}} / 1.20$
		Μετά το 1985: 1.00			Μετά το 1985: $\lambda_{\theta_{pl}}$
	Λείες ράβδοι	Πριν το 1985: 1/1.20		Λείες ράβδοι	Πριν το 1985: $\lambda_{\theta_{pl}} / 1.20$
λ_{ω_K} :	Νευροχάλυβα	Πριν το 1985: 1/1.20	λ_{ω_B} :	Νευροχάλυβα	Πριν το 1985: $\lambda_{\theta_{\omega}} / 1.20$
		Μετά το 1985: 1.00			Μετά το 1985: $\lambda_{\theta_{\omega}}$
	Λείες ράβδοι	Πριν το 1985: 0.95/1.20 = 0.80		Λείες ράβδοι	Πριν το 1985: $\lambda_{\theta_{\omega}}$

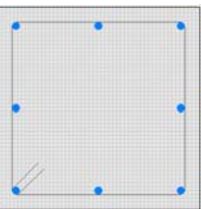
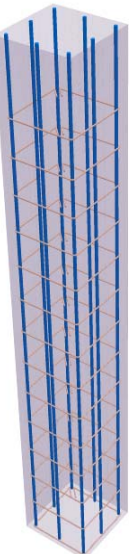


Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βήμα 10ο

Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος	Βάση (Β) Υποστυλώματος
$\theta_{\omega m_K}^{\Sigma \alpha} =$ $= 0,016 \cdot (0,3^{\nu}) \left[\frac{\max(0,01; \omega'_K)}{\max(0,01; \omega)} f_c \right]^{0.225}$ $\cdot (\alpha_s)^{0,35} \cdot \left(\alpha \rho_s \frac{f_{yw}}{f_c} \right)_{25}$	$\theta_{\omega m_B}^{\Sigma \alpha} =$ $= 0,016 \cdot (0,3^{\nu}) \left[\frac{\max(0,01; \omega'_B)}{\max(0,01; \omega)} f_c \right]^{0.225}$ $\cdot (\alpha_s)^{0,35} \cdot \left(\alpha \rho_s \frac{f_{yw}}{f_c} \right)_{25}$
$\theta_{\omega m_K}^{pl, \Sigma \beta} =$ $= 0,0145 \cdot (0,25^{\nu}) \left[\frac{\max(0,01; \omega'_K)}{\max(0,01; \omega)} \right]^{0,3} (f_c)^{0,2}$ $\cdot (\alpha_s)^{0,35} \cdot \left(\alpha \rho_s \frac{f_{yw}}{f_c} \right)_{25}$	$\theta_{\omega m_B}^{pl, \Sigma \beta} =$ $= 0,0145 \cdot (0,25^{\nu}) \left[\frac{\max(0,01; \omega'_B)}{\max(0,01; \omega)} \right]^{0,3} (f_c)^{0,2}$ $\cdot (\alpha_s)^{0,35} \cdot \left(\alpha \rho_s \frac{f_{yw}}{f_c} \right)_{25}$
<p>όπου:</p> <ul style="list-style-type: none"> α_s: ο λόγος διάτμησης ω, ω': μηχανικό ποσοστό εφελκόμενου και θλιβόμενου οπλισμού (ο ενδιάμεσος διαμήκης οπλισμός μεταξύ εφελκυσμένου και θλιβόμενου πέλματος θεωρείται ως εφελκόμενος). Στη Βάση (Β) του υποστυλώματος η τιμή του ω' λαμβάνεται διπλάσια. $\nu = N/bh_c$: (b = πλάτος θλιβόμενης ζώνης) $\rho_s = A_{st}/b_w s_h$: γεωμετρικό ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού παράλληλα στη διεύθυνση της φόρτισης $\alpha = \left(1 - \frac{s_h}{2b_c} \right) \left(1 - \frac{s_h}{2h_c} \right) \left(1 - \frac{\sum b_i^2}{6b_c h_c} \right)$ 	

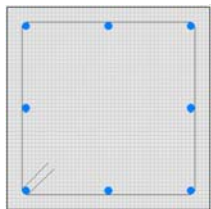
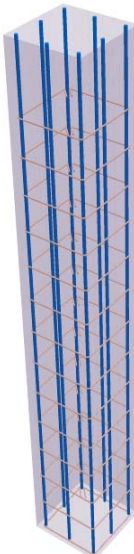


Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 11ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ ΓΩΝΙΑΣ ΣΤΡΟΦΗΣ ΧΟΡΔΗΣ

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος



✓
$$\mu_{\theta_K} = \frac{\theta_{um_K}}{\theta_{y_K}} \left\{ 1.00 \rightarrow \mu_{\theta_K} = 4.252 \right.$$

$$\mu_{\theta_K}^{pl} = \mu_{\theta_K} - 1 = 3.252$$

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

$$\mu_{\theta_B} = \frac{\theta_{um_B}}{\theta_{y_B}} \left\{ 1.00 \rightarrow \mu_{\theta_B} = 2.499 \right.$$

$$\mu_{\theta_B}^{pl} = \mu_{\theta_B} - 1 = 1.499$$

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 12ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

α) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΛΟΓΩ ΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

$$f_{yw}(\text{MPa}) = 460.00 \quad \rho_w(\text{o/o}) = 1.116$$

$$b_w(\text{m}) = 0.450 \quad z(\text{m}) = d - d' = 0.368$$

$$V_w (\text{kN}) = \rho_w b_w z f_{yw} = 85.046$$

β) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΛΟΓΩ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΣΥΝΔΕΤΗΡΩΝ

$$N(\text{kN}) = 400.000 \quad f_c(\text{MPa}) = 19.00 \quad \mu_{\theta_K}^{pl} = 3.252 \quad \mu_{\theta_B}^{pl} = 1.499 \quad \rho_{tot}(\text{o/o}) = 8.735$$

$$A_c(\text{m}^2) = 0.2025 \quad \alpha_s = 3.333 \quad \xi_{y_K} = 0.296 \quad \xi_{y_B} = 0.301 \quad d(\text{mm}) = 409 \quad h(\text{m}) = 0.450 \quad V_w(\text{kN}) = 85.05$$

$$x_K = d * \xi_{y_K}(\text{mm}) = 121 \quad x_B = d * \xi_{y_B}(\text{mm}) = 123 \quad L_s(\text{m}) = 1.500 \quad \alpha_s = 3.333$$

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

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

(μονάδες σε MN, m)

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

$$V_{R_K}^y (\text{kN}) = 163.294$$

$$V_{R_B}^y (\text{kN}) = 175.496$$

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 12ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

γ) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΛΟΓΩ ΔΙΑΓΩΝΙΑΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Λόγος διάτμησης: $\alpha_s \leq 2.0$:

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

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

(μονάδες σε MN, m)

$$\text{όπου: } \sin 2\delta = \frac{2 \tan \delta}{1 + \tan^2 \delta} \text{ και } \tan \delta = 0.5/\alpha_s$$

Λόγος διάτμησης: $\alpha_s > 2.0$: $V_{R,max_K}^u = V_{R_K}^y$ και $V_{R,max_B}^u = V_{R_B}^y$

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

$$\alpha_s = 3.333 \quad (>2.00)$$

$$V_{R,max_K}^u = 163.294$$

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

$$\alpha_s = 3.333 \quad (>2.00)$$

$$V_{R,max_B}^u = 175.496$$

δ) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

$$V_{R_K} = \min(V_{R_K}^y, V_{R,max_K}^u)$$

$$\rightarrow V_{R_K} = 163.294$$

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

$$V_{R_B} = \min(V_{R_B}^y, V_{R,max_B}^u)$$

$$\rightarrow V_{R_B} = 175.496$$

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 13ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΣΤΟΧΙΑ

$$\lambda_{V_R} = \frac{V_R}{V_{M_y}}, \text{ όπου: } \lambda_{V_R} > 1.00 \rightarrow \text{καμπτική αστοχία}$$
$$\lambda_{V_R} \leq 1.00 \rightarrow \text{ψαθυρή αστοχία}$$

$$V_{M_y_K} \text{ (kN)} = 130.418$$
$$V_{M_y_B} \text{ (kN)} = 110.418$$

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

$$\lambda_{V_{R_K}} = 1.252$$

Καμπτική Αστοχία

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

$$\lambda_{V_{R_B}} = 1.589$$

Καμπτική Αστοχία

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποκυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 14ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΕΛΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΑΜΠΤΙΚΗΣ ΡΟΠΗΣ & ΓΩΝΙΩΝ ΣΤΡΟΦΗΣ ΧΟΡΔΗΣ

Κορυφή (Κ)	Βάση (Β)	Κορυφή (Κ)	Βάση (Β)
$\lambda_{V_{R,K}} > 1.00$	$\lambda_{V_{R,K}} > 1.00$	$\lambda_{V_{R,B}} \leq 1.00$	$\lambda_{V_{R,B}} \leq 1.00$
$M_{y,K}^a = M_{y,K}$	$M_{y,B}^a = M_{y,B}$	$M_{y,K}^b = \lambda_{V_R} M_{y,K}$	$M_{y,B}^b = \lambda_{V_R} M_{y,B}$
$\theta_{y,K}^a = \theta_{y,K}$	$\theta_{y,B}^a = \theta_{y,B}$	$\theta_{y,K}^b = \lambda_{V_R} \theta_{y,K}$	$\theta_{y,B}^b = \lambda_{V_R} \theta_{y,B}$
$\theta_{um,K}^{pl,a} = \theta_{um,K}^{pl}$	$\theta_{um,B}^{pl,a} = \theta_{um,B}^{pl}$	$\theta_{um,K}^{pl,b} = 0.40\theta_{y,K}$	$\theta_{um,B}^{pl,b} = 0.40\theta_{y,B}$
$\theta_{um,K}^a = \theta_{um,K}$	$\theta_{um,B}^a = \theta_{um,B}$	$\theta_{um,K}^b = \theta_{y,K}^b + \theta_{um,K}^{pl,b}$	$\theta_{um,B}^b = \theta_{y,B}^b + \theta_{um,B}^{pl,b}$

ΤΕΛΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ

Κορυφή (Κ)	Βάση (Β)
$M_{y,K}^{final} = \min\{M_{y,K}^a; M_{y,K}^b\}$	$M_{y,B}^{final} = \min\{M_{y,B}^a; M_{y,B}^b\}$
$\theta_{y,K}^{final} = \min\{\theta_{y,K}^a; \theta_{y,K}^b\}$	$\theta_{y,B}^{final} = \min\{\theta_{y,B}^a; \theta_{y,B}^b\}$
$\theta_{um,K}^{pl,final} = \min\{\theta_{um,K}^{pl,a}; \theta_{um,K}^{pl,b}\}$	$\theta_{um,B}^{pl,final} = \min\{\theta_{um,B}^{pl,a}; \theta_{um,B}^{pl,b}\}$
$\theta_{um,K}^{final} = \min\{\theta_{um,K}^a; \theta_{um,K}^b\}$	$\theta_{um,B}^{final} = \min\{\theta_{um,B}^a; \theta_{um,B}^b\}$

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 15ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΕΛΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ ΓΩΝΙΑΣ ΣΤΡΟΦΗΣ ΧΟΡΔΗΣ

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

$$\checkmark \mu_{\theta_K}^{final} = \frac{\theta_{um_K}^{final}}{\theta_{y_K}^{final}} \left\{ 1.00 \rightarrow \mu_{\theta_K}^{final} = 4.252 \right.$$

$$\mu_{\theta_K}^{pl, final} = \mu_{\theta_K}^{final} - 1 = 3.252$$

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

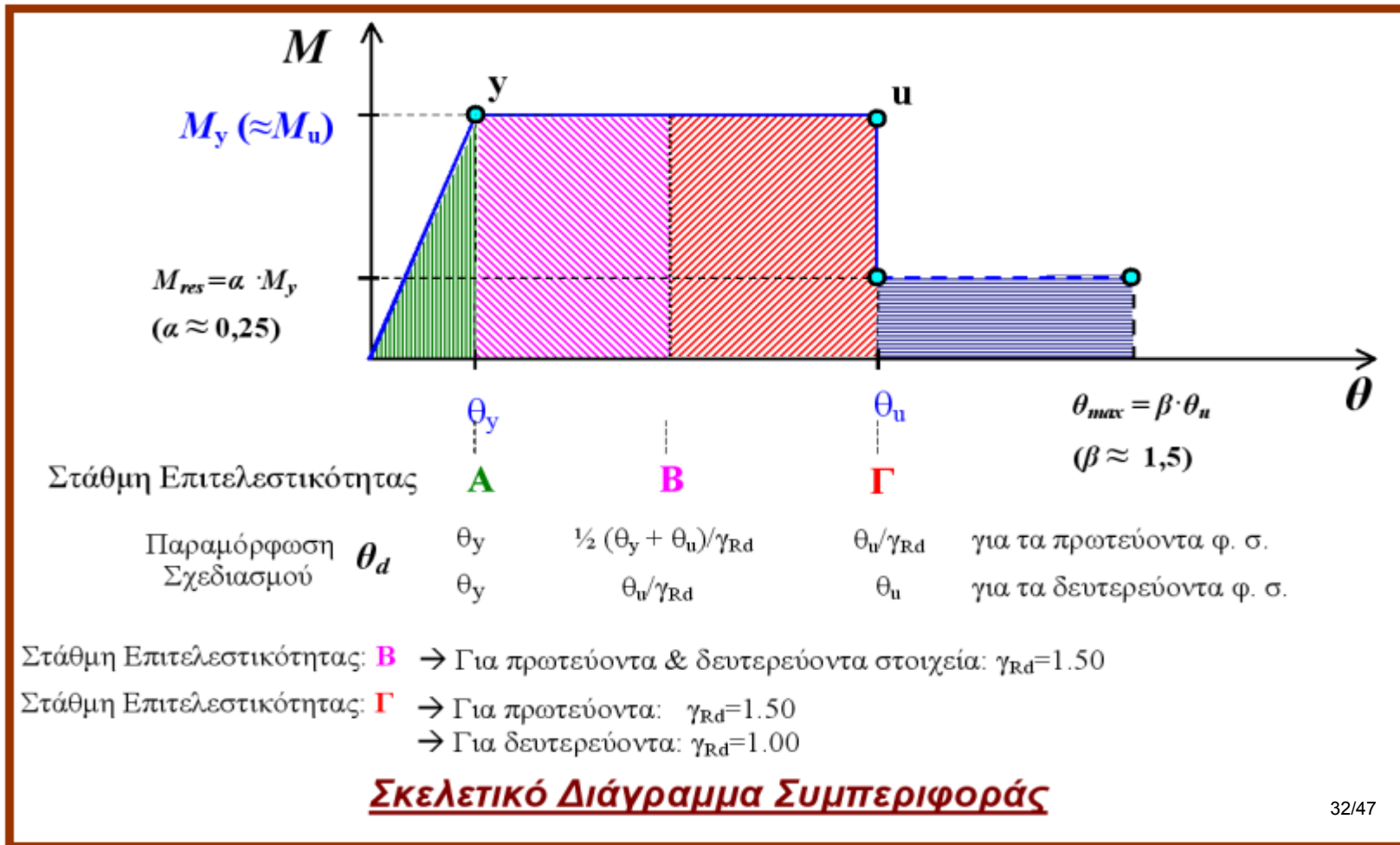
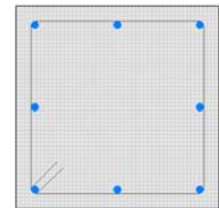
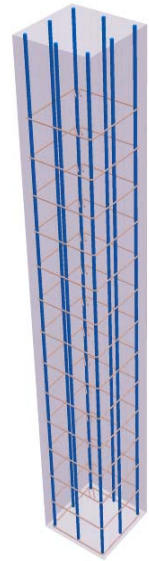
$$\mu_{\theta_B}^{final} = \frac{\theta_{um_B}^{final}}{\theta_{y_B}^{final}} \left\{ 1.00 \rightarrow \mu_{\theta_B}^{final} = 2.499 \right.$$

$$\mu_{\theta_B}^{pl, final} = \mu_{\theta_B}^{final} - 1 = 1.499$$

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Βημά 16ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΕΘΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΩΝΙΑΣ ΣΤΡΟΦΗΣ ΧΟΡΔΗΣ



Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

Στοιχείο: Πρωτεύον

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

$$\gamma_{Rd_K_B} = 1.50$$

$$\gamma_{Rd_K_r} = 1.50$$

$$M_{y_K} \text{ (kNm)} = 195.628$$

$$M_{res_K} \text{ (kNm)} = 48.907$$

(Απομένουσα Αντίσταση)

Στάθμη Επιτελεσματικότητα: **A**

$$\theta_{d_K_A} \text{ (o/o)} = 7.438$$

Στάθμη Επιτελεσματικότητα: **B**

$$\theta_{d_K_B} \text{ (o/o)} = 13.021$$

Στάθμη Επιτελεσματικότητα: **Γ**

$$\theta_{d_K_r} \text{ (o/o)} = 21.084$$

(Μέγιστη Παραμόρφωση Σχεδιασμού)

$$\theta_{d_K_max} \text{ (o/o)} = 31.626$$

(Μέγιστη Παραμόρφωση)

$$\theta_{K_max} \text{ (o/o)} = 47.438$$

(rad)

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

$$\gamma_{Rd_B_B} = 1.50$$

$$\gamma_{Rd_B_r} = 1.50$$

$$M_{y_K} \text{ (kNm)} = 165.627$$

$$M_{res_B} \text{ (kNm)} = 41.407$$

($\alpha=0.25$)

(Απομένουσα Αντίσταση)

Στάθμη Επιτελεσματικότητα: **A**

$$\theta_{d_B_A} \text{ (o/o)} = 5.689$$

Στάθμη Επιτελεσματικότητα: **B**

$$\theta_{d_B_B} \text{ (o/o)} = 6.636$$

Στάθμη Επιτελεσματικότητα: **Γ**

$$\theta_{d_B_r} \text{ (o/o)} = 9.479$$

(Μέγιστη Παραμόρφωση Σχεδιασμού)

$$\theta_{d_B_max} \text{ (o/o)} = 14.219$$

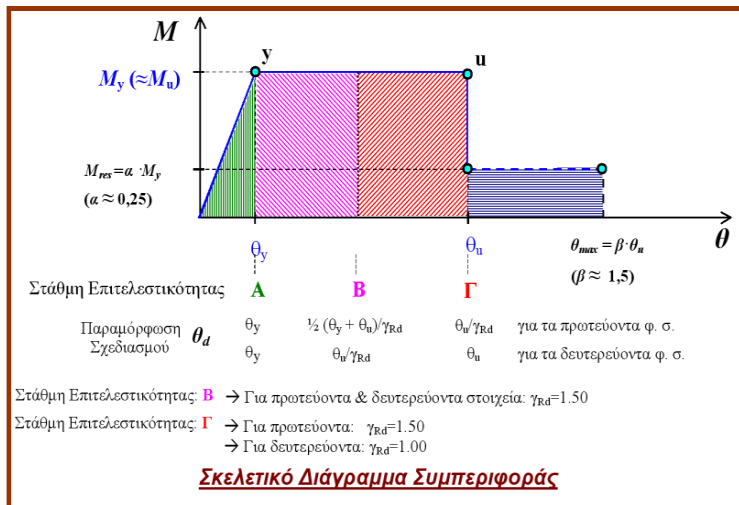
(Μέγιστη Παραμόρφωση)

$$\theta_{B_max} \text{ (o/o)} = 21.329$$

($\beta=1.50$)

(rad)

Βημά 16ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΕΘΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΩΝΙΑΣ ΣΤΡΟΦΗΣ ΧΟΡΔΗΣ



Βημά 17ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΠΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ "ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ"

$$(m = \theta \text{ d} / \theta \text{ y})$$



$$m < 1.00$$

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

Στάθμη Επιτελεσματικότητα: **A**

$$m_{K_A} = 1.000$$

Στάθμη Επιτελεσματικότητα: **B**

$$m_{K_B} = 1.751$$

Στάθμη Επιτελεσματικότητα: **Γ**

$$m_{K_r} = 2.834$$

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

Στάθμη Επιτελεσματικότητα: **A**

$$m_{B_A} = 1.000$$

Στάθμη Επιτελεσματικότητα: **B**

$$m_{B_B} = 1.166$$

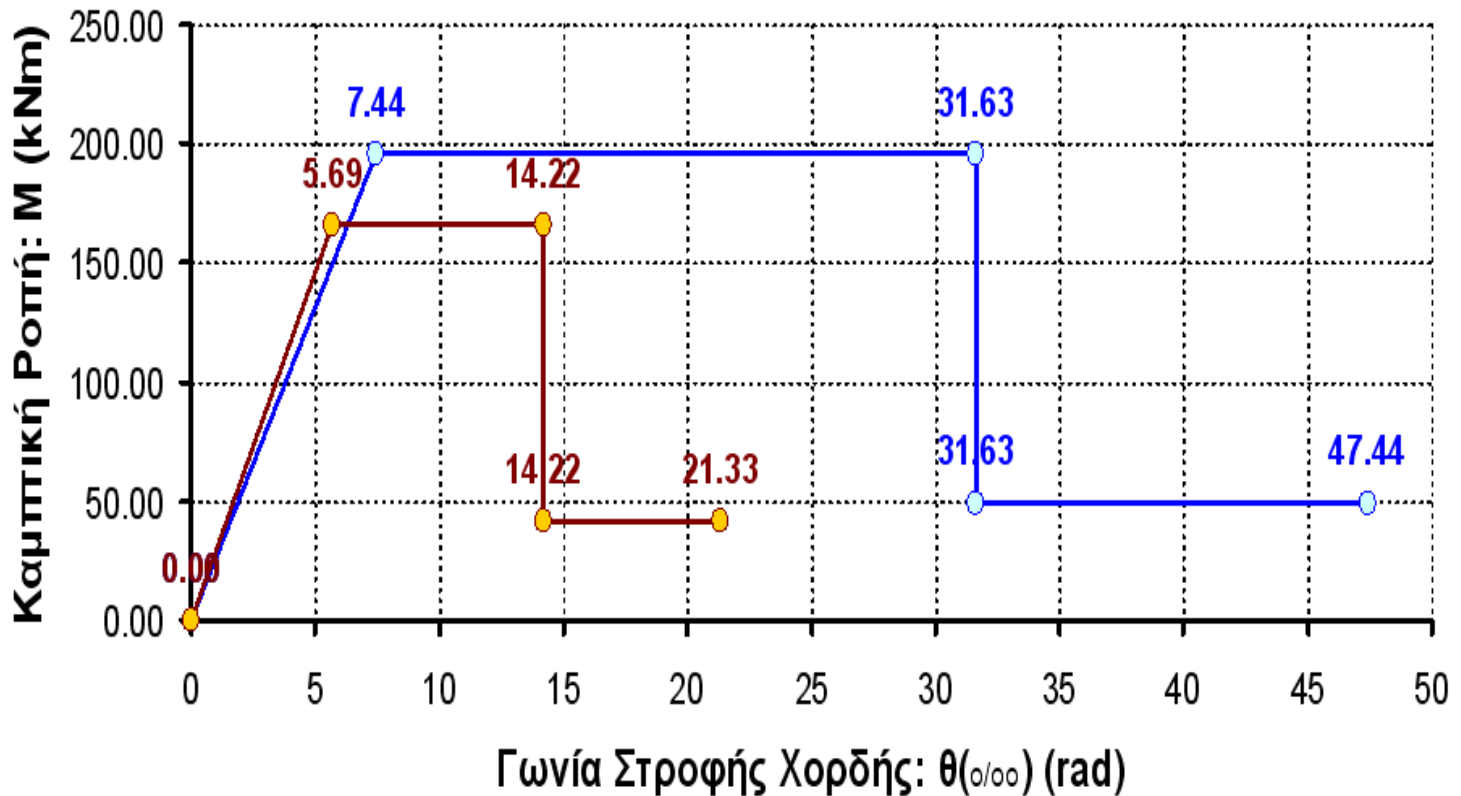
Στάθμη Επιτελεσματικότητα: **Γ**

$$m_{B_r} = 1.666$$

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ. κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

Υπολογιστικό Φύλλο Excel – Βήματα Υπολογισμού

ΣΚΕΛΕΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ



—○— Κορυφή (K) Υποστυλώματος —●— Βάση (B) Υποστυλώματος

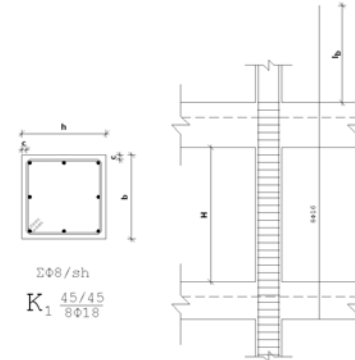
$I_b = 25 \text{ db}$

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ.

Δεδομένα:

Οπλισμός: 8Φ16
 Συνδετήρες: Φ8/s_h
 c=25mm

H=3.00m (Καθαρό Ύψος)
 bxh=45cmx45cm
 N=400kN (Θλίψη)



ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Επιλέξτε ένα υποστυλώμα, με συγκεκριμένες διαστάσεις, αξονικό φορτίο, οπλισμό και υλικά και θεωρήστε το ως πρωτεύον στοιχείο.

(α) Προσδιορίστε κατ' εφαρμογή του ΚΑΝ.ΕΠΕ. τις μέσες τιμές των παραμορφωσιακών μεγεθών στη φάση της διαρροής και στη φάση της αστοχίας, θ_y και θ_u αντίστοιχα (θεωρώντας πλάστιμο τρόπο αστοχίας από κάμψη). Επίσης προσδιορίστε για στάθμη επιτελεστικότητας "Σημαντικές Βλάβες" τον δείκτη συμπεριφοράς m , με βάση τα αναφερόμενα στο Κεφ.9 του ΚΑΝ.ΕΠΕ., θεωρώντας ως δ (του δομικού στοιχείου) την γωνία στροφής χορδής θ . Για τον προσδιορισμό της καμπυλότητας φ_y στη διαρροή μπορεί να γίνει με χρήση της ημιεμπειρικής σχέσης του ΚΑΝ.ΕΠΕ. $\varphi_y = 1,55f_{ym}/(E_s d)$.

Η τιμή της τέμνουσας V_{R1} που προκαλεί λοξή ρηγμάτωση του στοιχείου να προσδιοριστεί με βάση την σχέση V_{Rd1} του ΕΚΩΣ, χρησιμοποιώντας μέσες τιμές αντοχής υλικών, αντί για τιμές σχεδιασμού.

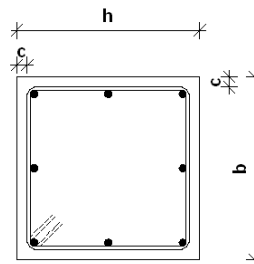
(β) Σχεδιάστε την καμπύλη ικανότητας Μ-θ μιας τυπικής διατομής.

(γ) Θεωρήστε ότι στη βάση του υποστυλώματος οι οπλισμοί έχουν μειωμένα μήκη παράθεσης α) πολύ μειωμένα π.χ. 25Φ και β) π.χ. 35Φ. Προσδιορίστε την καμπύλη ικανότητας Μ-θ και τον δείκτη συμπεριφοράς m , για αυτές τις περιπτώσεις και σχολιάστε τα αποτελέσματα.

(δ) Στην ιδεατή περίπτωση που όλα τα δομικά στοιχεία του κτιρίου είχαν την ίδια τιμή του δείκτη m , ποιά θα ήταν η τιμή του συντελεστή α ;

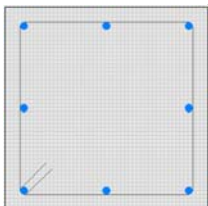
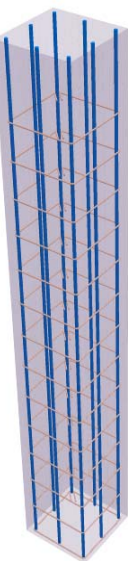
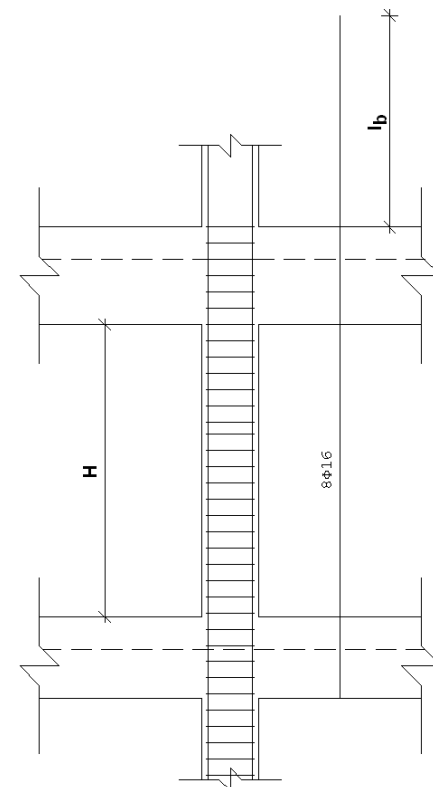
Σημείωση:

Να θεωρηθεί ότι όλα τα στοιχεία και δεδομένα της κατασκευής, είναι διαθέσιμα. Ως εκ τούτο επιλέξετε οποιοδήποτε άλλο στοιχείο (πρόσθετο από αυτά που ενδεικτικά αναφέρθηκαν), κρίνετε υποχρεωτικά απαραίτητο για την επίλυση της εφαρμογής.



ΣΦ8/s_h

$K_1 \frac{45/45}{8\Phi18}$

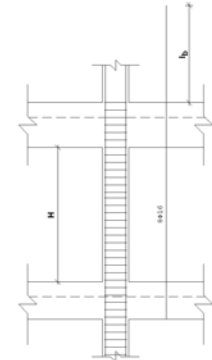
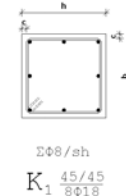


ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ.

Δεδομένα:

Οπλισμός: 8Φ16
 Συνδετήρες: Φ8/s_h
 c=25mm

H=3.00m (Καθαρό Ύψος)
 bxh=45cmx45cm
 N=400kN (Θλίψη)



Διαστασιολόγηση – Κατασκευή: Κατασκευαστικές Διατάξεις πριν το 1985. **Στοιχείο:** Πρωτεύων

h(cm)= 45 b(cm)= 45 H(m)= 3.00

Δράση:
 Αξονική Δύναμη (θλίψη=Θετικό, Εμφκ.=0) N(kN)= 400.00

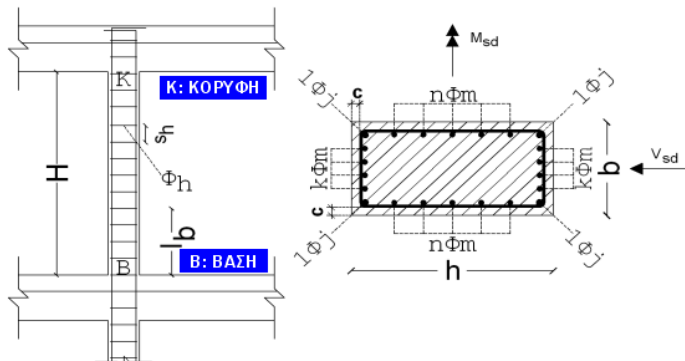
Σκυρόδεμα:
 f_{ck}(MPa)= 14.00 f_{cm}(MPa)= 19.00 c(mm)= 25

Χάλυβας:
Διαμήκης Οπλισμός: Ράβδοι με νευρώσεις.

Φ_j(mm)= 16 Φ_m(mm)= 16 n= 1 k= 1 l_b(cm)= 150
 f_{yk}(MPa)= 400.00 f_{ym}(MPa)= 460.00 E_s(GPa)= 210.00

Συνδετήρες: Οι συνδετήρες κλείνουν με άγκιστρο προς το εσωτερικό του σκυροδέματος.
 Φ_h(mm)= 8 s_h(cm)= 20 E_s(GPa)= 210.00
 f_{yk}(MPa)= 400.00 f_{ym}(MPa)= 460.00

(Δηλαδή, ≥135° στις γωνίες και ≥90° στο ενδιάμεσο των πλευρών)



Σημείωση: α) Δεν υπάρχει διαδιαγώνιος οπλισμός & β) Στη Βάση (B) υπάρχει επαρκής εγκλιτισμός.

- Περίπτωση A1: l_b=150cm
- Περίπτωση A2: l_b=75cm
- Περίπτωση A3: l_b=40cm
- Περίπτωση A4: l_b=150cm και Συνδ. Φ8/35

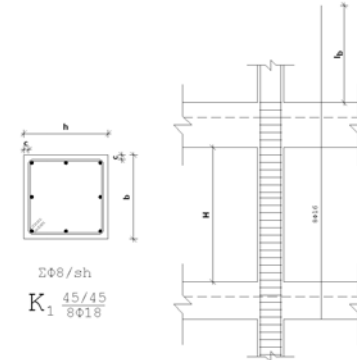
Περίπτωση: A

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ.

Δεδομένα:

Οπλισμός: 8Φ16
 Συνδετήρες: Φ8/s_h
 c=25mm

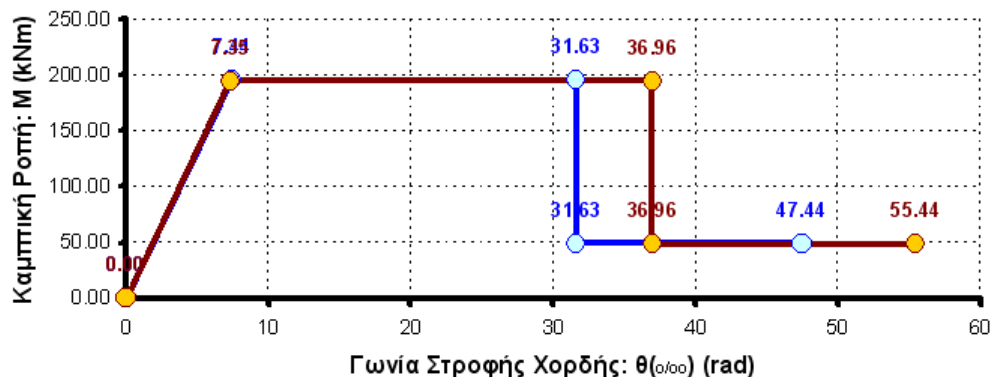
H=3.00m (Καθαρό Ύψος)
 bxh=45cmx45cm
 N=400kN (Θλίψη)



Στοιχείο: Πρωτεύον

K_{y_Ακρ.}= 0.145 E_cI_c (Ενεργός Δυσκαμψία - Ακριβής Σχέση)
 K_{y_Γρ.}= 0.176 E_cI_c (Ενεργός Δυσκαμψία - Προσεγγιστική Σχέση)

ΣΚΕΛΕΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ



● Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος ● Βάση (Β) Υποστυλώματος

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

Τύπος Αστοχίας:

Δείκτης Πλαστιμότητας με:

Τοπικός Δείκτης "Πλαστικότητας" m:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Α:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Β:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Γ:

Καμπτική Ροπή:

(Απομένουσα Αντίσταση)

Παραμορφώσεις Σχεδιασμού (rad):

Στάθμη Επιτελεστικότητα Α:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Β:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Γ:

Καμπτική Αστοχία
 με_κ= 4.25

m_{κ_Α}= 1.00
 m_{κ_Β}= 1.75
 m_{κ_Γ}= 2.83

M_{γ_κ} (kNm)= 195.63
 M_{res_κ} (kNm)= 48.91

θ_{d_κ_Α} (ο/οο)= 7.44
 θ_{d_κ_Β} (ο/οο)= 13.02
 θ_{d_κ_Γ} (ο/οο)= 21.08

(I_b= 94 I_{b0})
 Καμπτική Αστοχία
 με_β= 5.03

m_{β_Α}= 1.00
 m_{β_Β}= 2.01
 m_{β_Γ}= 3.35

M_{γ_β} (kNm)= 194.76
 M_{res_β} (kNm)= 48.69

θ_{d_β_Α} (ο/οο)= 7.35
 θ_{d_β_Β} (ο/οο)= 14.77
 θ_{d_β_Γ} (ο/οο)= 24.64

Περίπτωση: Α

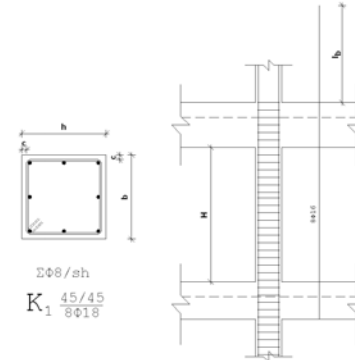
→ Περίπτωση Α1: I_b=150cm

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ.

Δεδομένα:

Οπλισμός: 8Φ16
 Συνδετήρες: Φ8/s_h
 c=25mm

H=3.00m (Καθαρό Ύψος)
 b×h=45cm×45cm
 N=400kN (Θλίψη)



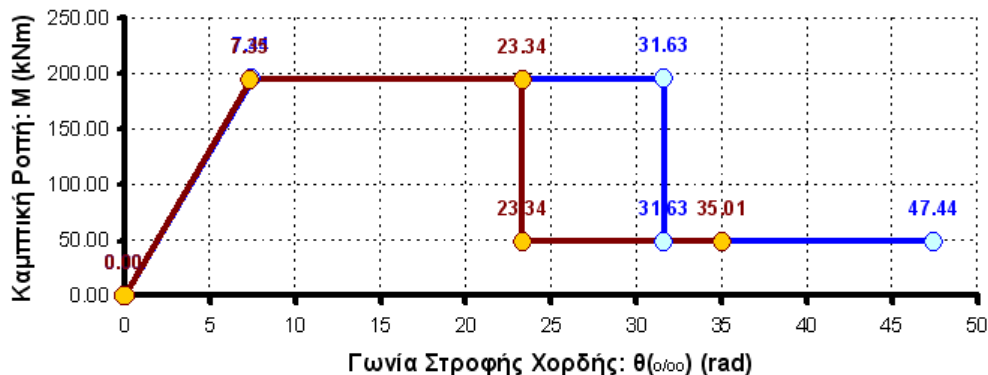
Σφ8/s_h
 K₁ 45/45
 8Φ16

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στοιχείο: Πρωτεύον

K_{y_Ακρ.}= 0.145 E_cl_e (Ενεργός Δυσκαμψία - Ακριβής Σχέση)
 K_{y_Γρ.}= 0.176 E_cl_e (Ενεργός Δυσκαμψία - Προσεγγιστική Σχέση)

ΣΚΕΛΕΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ



—●— Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος —●— Βάση (Β) Υποστυλώματος

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

Τύπος Αστοχίας:

Δείκτης Πλαστιμότητας με:

Τοπικός Δείκτης "Πλαστιμότητας" m:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Α:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Β:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Γ:

Καμπτική Ροπή:

(Απομένουσα Αντίσταση)

Παραμορφώσεις Σχεδιασμού (rad):

Στάθμη Επιτελεστικότητα Α:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Β:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Γ:

Καμπτική Αστοχία
 με_κ= 4.25

m_{κ_Α}= 1.00
 m_{κ_Β}= 1.75
 m_{κ_Γ}= 2.83

M_{γ_κ} (kNm)= 195.63
 M_{res_κ} (kNm)= 48.91

θ_{d_κ_Α} (ο/οο)= 7.44
 θ_{d_κ_Β} (ο/οο)= 13.02
 θ_{d_κ_Γ} (ο/οο)= 21.08

(I_b= 47 db)

Καμπτική Αστοχία
 με_β= 3.18

m_{β_Α}= 1.00
 m_{β_Β}= 1.39
 m_{β_Γ}= 2.12

M_{γ_β} (kNm)= 194.76
 M_{res_β} (kNm)= 48.69

θ_{d_β_Α} (ο/οο)= 7.35
 θ_{d_β_Β} (ο/οο)= 10.23
 θ_{d_β_Γ} (ο/οο)= 15.56

Περίπτωση: Α

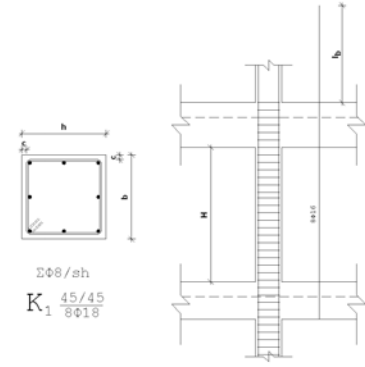
→ Περίπτωση Α2: I_b=75cm

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ.

Δεδομένα:

Οπλισμός: 8Φ16
 Συνδετήρες: Φ8/s_h
 c=25mm

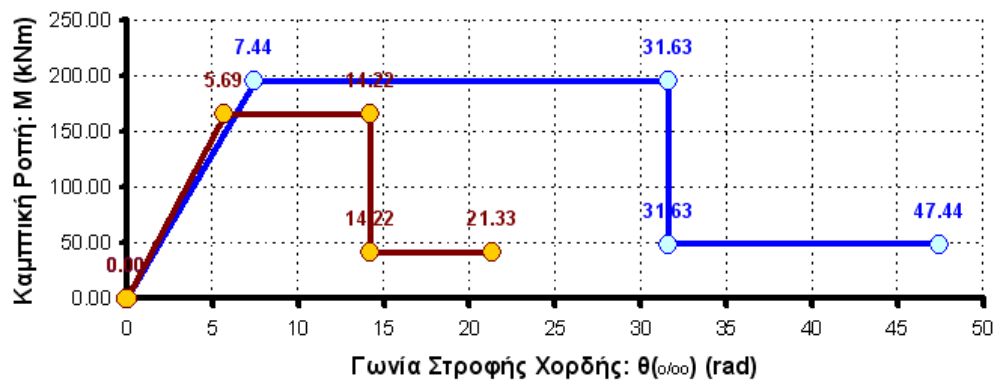
H=3.00m (Καθαρό Ύψος)
 bxh=45cmx45cm
 N=400kN (θλίψη)



ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στοιχείο: Πρωτεύον
 K_{y_Ακρ.}= 0.152 EeIe (Ενεργός Δυσκαμψία - Ακριβής Σχέση)
 K_{y_Πρ.}= 0.176 EeIe (Ενεργός Δυσκαμψία - Προσεγγιστική Σχέση)

ΣΚΕΛΕΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ



—●— Κορυφή (K) Υποστυλώματος —●— Βάση (B) Υποστυλώματος

I) Κορυφή (K) Υποστυλώματος

II) Βάση (B) Υποστυλώματος

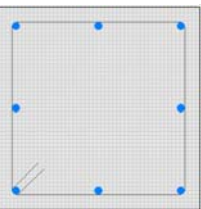
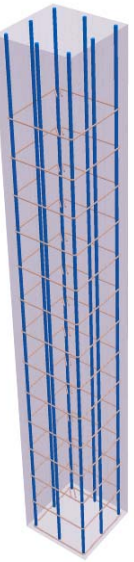
Τύπος Αστοχίας:
 Δείκτης Πλαστικότητας με:
 Τοπικός Δείκτης "Πλαστικότητας" m:
 Στάθμη Επιτελεστικότητα A:
 Στάθμη Επιτελεστικότητα B:
 Στάθμη Επιτελεστικότητα Γ:

Καμπτική Αστοχία
 μ_{θ_K}= 4.25
 m_{K_A}= 1.00
 m_{K_B}= 1.75
 m_{K_Γ}= 2.83
 M_{y_K} (kNm)= 195.63
 M_{res_K} (kNm)= 48.91
 θ_{d_K_A} (ο/οο)= 7.44
 θ_{d_K_B} (ο/οο)= 13.02
 θ_{d_K_Γ} (ο/οο)= 21.08

(I_b= 25 d⁴)
 Καμπτική Αστοχία
 μ_{θ_B}= 2.50
 m_{B_A}= 1.00
 m_{B_B}= 1.17
 m_{B_Γ}= 1.67
 M_{y_B} (kNm)= 165.63
 M_{res_B} (kNm)= 41.41
 θ_{d_B_A} (ο/οο)= 5.69
 θ_{d_B_B} (ο/οο)= 6.64
 θ_{d_B_Γ} (ο/οο)= 9.48

Περίπτωση: A

→ Περίπτωση A3: I_b=40cm



ΕΦΑΡΜΟΓΗ:

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ.

Δεδομένα:

Οπλισμός: 8Φ16

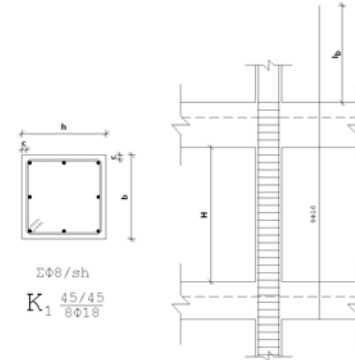
H=3.00m (Καθαρό Ύψος)

Συνδετήρες: Φ8/s_h

b_xh=45cmx45cm

c=25mm

N=400kN (θλίψη)



ΣΦ8/s_h
K₁ 45/45
8Φ16

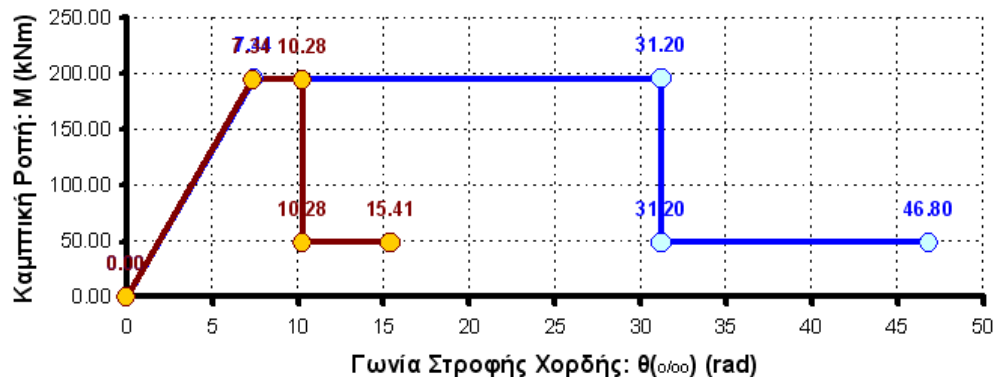
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στοιχείο: Πρωτεύων

K_{y_Ακρ.}= 0.145 E_ck (Ενεργός Δυσκαμψία - Ακριβής Σχέση)

K_{y_Γρ.}= 0.176 E_ck (Ενεργός Δυσκαμψία - Προσεγγιστική Σχέση)

ΣΚΕΛΕΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ



● Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος ● Βάση (Β) Υποστυλώματος

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

Τύπος Αστοχίας:

Δείκτης Πλαστιμότητας με:

Τοπικός Δείκτης "Πλαστιμότητας" m:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Α:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Β:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Γ:

Καμπτική Ροπή:

(Απομόνοια Αντίσταση)

Παραμορφώσεις Σχεδιασμού (rad):

Στάθμη Επιτελεστικότητα Α:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Β:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Γ:

Καμπτική Αστοχία

μ_{θ_κ} = 4.19

m_{κ_Α} = 1.00

m_{κ_Β} = 1.73

m_{κ_Γ} = 2.80

M_{y_κ} (kNm) = 195.63

M_{res_κ} (kNm) = 48.91

θ_{d_κ_Α} (ο/οο) = 7.44

θ_{d_κ_Β} (ο/οο) = 12.88

θ_{d_κ_Γ} (ο/οο) = 20.80

(I_b = 94 d⁴)

Ψαθυρή Αστοχία

μ_{θ_β} = 1.40

m_{β_Α} = 1.00

m_{β_Β} = 1.00

m_{β_Γ} = 1.00

M_{y_β} (kNm) = 194.48

M_{res_β} (kNm) = 48.62

θ_{d_β_Α} (ο/οο) = 7.34

θ_{d_β_Β} (ο/οο) = 5.87

θ_{d_β_Γ} (ο/οο) = 6.85

Περίπτωση: A

→ Περίπτωση A4: I_b=150cm

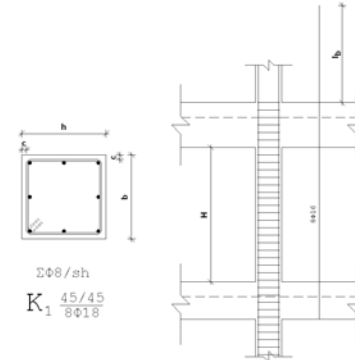
και Συνδ. Φ8/35

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ.

Δεδομένα:

Οπλισμός: 8Φ16
 Συνδετήρες: Φ8/s_h
 c=25mm

H=3.00m (Καθαρό Ύψος)
 bxh=45cmx45cm
 N=400kN (Θλίψη)



Διαστασιολόγηση – Κατασκευή: Κατασκευαστικές Διατάξεις πριν το 1985. **Στοιχείο:** Πρωτεύων

h(cm)= 45 b(cm)= 45 H(m)= 3.00

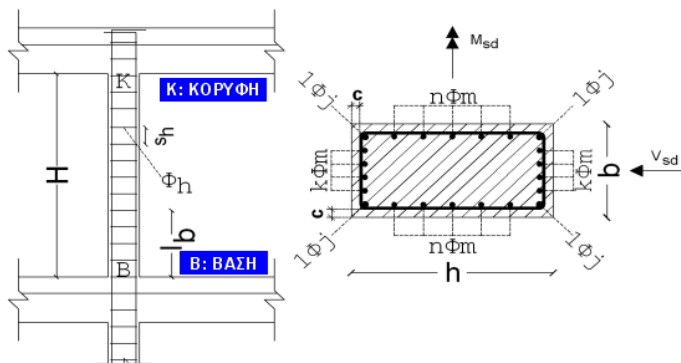
Δράση:
 Αξονική Δύναμη (θλίψη=Θετικό, Εφελκ.=0) N(kN)= 400.00

Σκυροδέμα:
 f_{ck}(MPa)= 8.00 f_{cm}(MPa)= 12.00 c(mm)= 20

Χάλυβας:
Διαμήκης Οπλισμός: Λείες ράβδοι με ορθογωνικά ή ημικυκλικά άγκιστρα στα άκρα τους (πριν το 1985).
 Φ_j(mm)= 16 Φ_m(mm)= 16 n= 1 k= 1 l_b(cm)= 100
 f_{yk}(MPa)= 240.00 f_{ym}(MPa)= 280.00 E_s(GPa)= 200.00

Συνδετήρες: Οι συνδετήρες δεν κλείνουν με άγκιστρο προς το εσωτερικό του σκυροδέματος.
 Φ_h(mm)= 8 s_h(cm)= 20
 f_{yk}(MPa)= 240.00 f_{ym}(MPa)= 280.00 E_s(GPa)= 200.00

(Δηλαδή, ≥135° στις γωνίες και ≥90° στο ενδιάμεσο των πλευρών)



→ Περίπτωση B1: l_b=100cm

→ Περίπτωση B2: l_b=50cm

→ Περίπτωση B3: l_b=100cm
 και Συνδ. Φ8/45

Σημείωση: α) Δεν υπάρχει διαδιαγώνιος οπλισμός & β) Στη Βάση (B) υπάρχει επαρκής εγκιβωτισμός.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ:

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ.

Δεδομένα:

Οπλισμός: 8Φ16

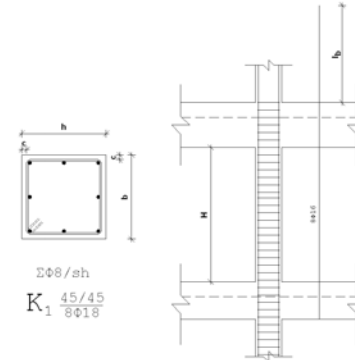
H=3.00m (Καθαρό Ύψος)

Συνδετήρες: Φ8/s_h

b_xh=45cmx45cm

c=25mm

N=400kN (θλίψη)



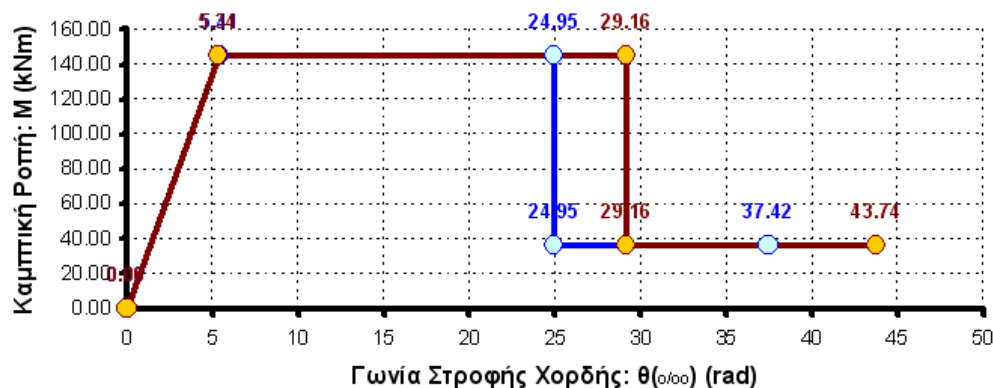
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στοιχείο: Πρωτεύων

K_{y_Ακρ.} = 0.165 E_sE_c (Ενεργός Δυσκαμψία - Ακριβής Σχέση)

K_{y_Γρ.} = 0.176 E_sE_c (Ενεργός Δυσκαμψία - Προσεγγιστική Σχέση)

ΣΚΕΛΕΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ



—●— Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος —●— Βάση (Β) Υποστυλώματος

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

Τύπος Αστοχίας:

Δείκτης Πλαστικότητας μ_θ:

Τοπικός Δείκτης "Πλαστικότητας" m:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Α:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Β:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Γ:

Καμπτική Ροπή:

(Απομόνωση Αντίστασης)

Παραμορφώσεις Σχεδιασμού (rad):

Στάθμη Επιτελεστικότητα Α:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Β:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Γ:

Καμπτική Αστοχία

μ_{θ_κ} = 4.61

m_{κ_Α} = 1.00

m_{κ_Β} = 1.87

m_{κ_Γ} = 3.07

M_{y_κ} (kNm) = 145.14

M_{res_κ} (kNm) = 36.28

θ_{d_κ_Α} (ο/ο) = 5.41

θ_{d_κ_Β} (ο/ο) = 10.12

θ_{d_κ_Γ} (ο/ο) = 16.63

(I_b = 63 d⁴)

Καμπτική Αστοχία

μ_{θ_β} = 5.46

m_{β_Α} = 1.00

m_{β_Β} = 2.15

m_{β_Γ} = 3.64

M_{y_β} (kNm) = 145.12

M_{res_β} (kNm) = 36.28

θ_{d_β_Α} (ο/ο) = 5.34

θ_{d_β_Β} (ο/ο) = 11.50

θ_{d_β_Γ} (ο/ο) = 19.44

Περίπτωση: Β

→ Περίπτωση Β1: I_b = 100cm

ΕΦΑΡΜΟΓΗ:

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ.

Δεδομένα:

Οπλισμός: 8Φ16

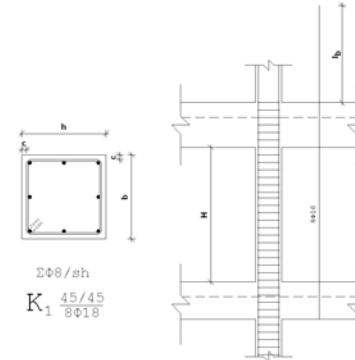
H=3.00m (Καθαρό Ύψος)

Συνδετήρες: Φ8/s_h

b_xh=45cmx45cm

c=25mm

N=400kN (θλίψη)



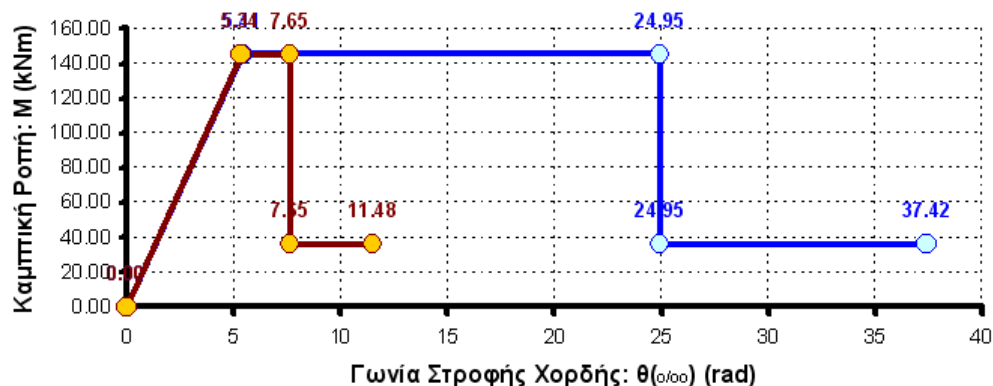
Στοιχείο: Πρωτεύον

K_{y,Ακρ.}= 0.165 E_sl_e (Ενεργός Δυσκαμψία - Ακριβής Σχέση)

K_{y,Πρ.}= 0.176 E_sl_e (Ενεργός Δυσκαμψία - Προσεγγιστική Σχέση)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΣΚΕΛΕΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ



—●— Κορυφή (K) Υποστυλώματος —●— Βάση (B) Υποστυλώματος

I) Κορυφή (K) Υποστυλώματος

II) Βάση (B) Υποστυλώματος

Τύπος Αστοχίας:

Δείκτης Πλαστικότητας μ_θ:

Τοπικός Δείκτης "Πλαστικότητας" m:

Στάθμη Επιτελεστικότητα A:

Στάθμη Επιτελεστικότητα B:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Γ:

Καμπτική Ροπή:

(Απομόνοια Αντίσταση)

Παραμορφώσεις Σχεδιασμού (rad):

Στάθμη Επιτελεστικότητα A:

Στάθμη Επιτελεστικότητα B:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Γ:

Καμπτική Αστοχία

μ_{θ_K}= 4.61

m_{K_A}= 1.00

m_{K_B}= 1.87

m_{K_Γ}= 3.07

M_{y_K} (kNm)= 145.14

M_{res_K} (kNm)= 36.28

θ_{d_K_A} (α/100)= 5.41

θ_{d_K_B} (α/100)= 10.12

θ_{d_K_Γ} (α/100)= 16.63

(I_b= 31 d⁴)

Καμπτική Αστοχία

μ_{θ_B}= 1.43

m_{B_A}= 1.00

m_{B_B}= 1.00

m_{B_Γ}= 1.00

M_{y_B} (kNm)= 145.12

M_{res_B} (kNm)= 36.28

θ_{d_B_A} (α/100)= 5.34

θ_{d_B_B} (α/100)= 4.33

θ_{d_B_Γ} (α/100)= 5.10

Περίπτωση: B

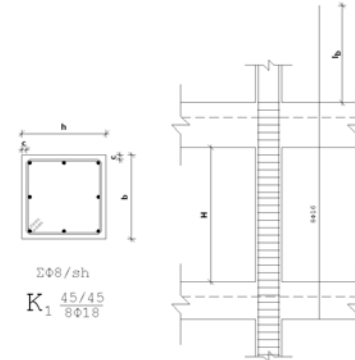
→ Περίπτωση B2: I_b=50cm

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ.

Δεδομένα:

Οπλισμός: 8Φ16
 Συνδετήρες: Φ8/s_h
 c=25mm

H=3.00m (Καθαρό Ύψος)
 b×h=45cm×45cm
 N=400kN (Θλίψη)



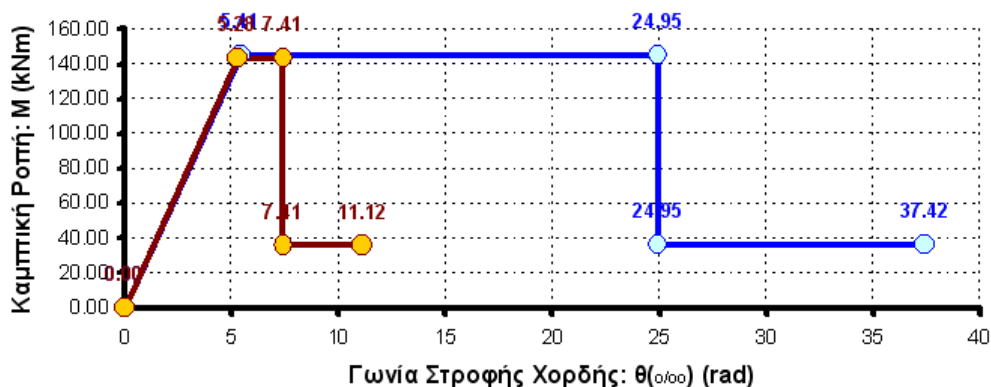
ΣΦ8/s_h
 K₁ 45/45
 8Φ16

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στοιχείο: Πρωτεύων

K_{y_Ακρ.}= 0.165 E_ck (Ενεργός Δυσκαμψία - Ακριβής Σχέση)
 K_{y_Πρ.}= 0.176 E_ck (Ενεργός Δυσκαμψία - Προσεγγιστική Σχέση)

ΣΚΕΛΕΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ



—●— Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος —●— Βάση (Β) Υποστυλώματος

I) Κορυφή (Κ) Υποστυλώματος

II) Βάση (Β) Υποστυλώματος

Τύπος Αστοχίας:

Δείκτης Πλαστιμότητας με:

Τοπικός Δείκτης "Πλαστιμότητας" m:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Α:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Β:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Γ:

Καμπτική Ροπή:

(Απομόνουσα Αντίσταση)

Παραμορφώσεις Σχεδιασμού (rad):

Στάθμη Επιτελεστικότητα Α:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Β:

Στάθμη Επιτελεστικότητα Γ:

Καμπτική Αστοχία

μ_{θ_κ}= 4.61

m_{κ_Α}= 1.00

m_{κ_Β}= 1.87

m_{κ_Γ}= 3.07

M_{y_κ} (kNm)= 145.14

M_{res_κ} (kNm)= 36.28

θ_{d_κ_Α} (ο/οο)= 5.41

θ_{d_κ_Β} (ο/οο)= 10.12

θ_{d_κ_Γ} (ο/οο)= 16.63

(I_b= 63 db)

Ψαθυρή Αστοχία

μ_{θ_β}= 1.40

m_{β_Α}= 1.00

m_{β_Β}= 1.00

m_{β_Γ}= 1.00

M_{y_β} (kNm)= 143.37

M_{res_β} (kNm)= 35.84

θ_{d_β_Α} (ο/οο)= 5.28

θ_{d_β_Β} (ο/οο)= 4.23

θ_{d_β_Γ} (ο/οο)= 4.94

Περίπτωση: Β

→ Περίπτωση Β3: I_b=100cm

και Συνδ. Φ8/45

ΕΦΑΡΜΟΓΗ:

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ.

Δεδομένα:

Οπλισμός: 8Φ16

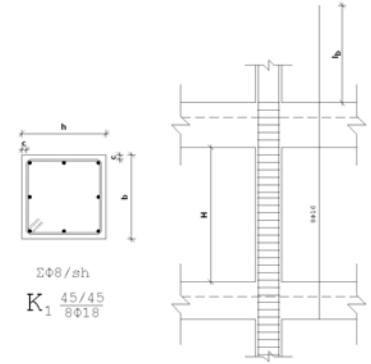
H=3.00m (Καθαρό Ύψος)

Συνδετήρες: Φ8/s_h

b×h=45cm×45cm

c=25mm

N=400kN (θλίψη)



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η παράθεση (υπερκάλυψη) ράβδων οπλισμού επηρεάζει σημαντικά την παραμορφωσιακή ικανότητα υποστυλωμάτων ωπλισμένου σκυροδέματος και επομένως θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην ανάλυση.

Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ.

Θεωρητικό Ερώτημα:

Στην ιδεατή περίπτωση που όλα τα δομικά στοιχεία του κτιρίου είχαν την ίδια τιμή του δείκτη m , ποια θα ήταν η τιμή του συντελεστή q ;

Απάντηση

Για κάθε δομικό στοιχείο i της κτιριακής κατασκευής ισχύει:

- Στη Μέθοδο «m»: $S_d^i = S_G^i + \frac{S_E^i}{m^i}$ (1)

- Στη Μέθοδο «q»: $S_d^i = S_G^i + \frac{S_E^i}{q}$ (2) (Γραμμική Ανάλυση \rightarrow Άρα, ισχύει η Αρχή της Επαλληλίας)

Στην ιδεατή περίπτωση που όλα τα δομικά στοιχεία του κτιρίου είχαν την ίδια τιμή του δείκτη m , τότε: $m^i = m$ (3)

Οπότε, από τις εξ.(1),(3) $\rightarrow S_d^i = S_G^i + \frac{S_E^i}{m}$ (4) και επομένως από τις εξ.(2),(4) λαμβάνουμε:

$$\frac{S_E^i}{m} = \frac{S_E^i}{q} \Rightarrow \boxed{q = m}$$

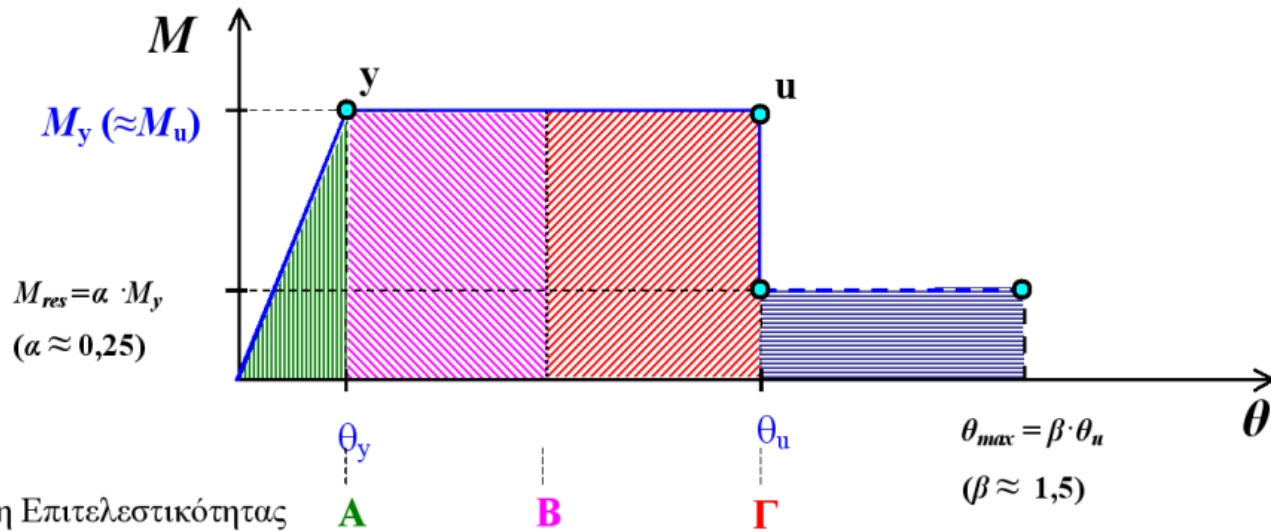
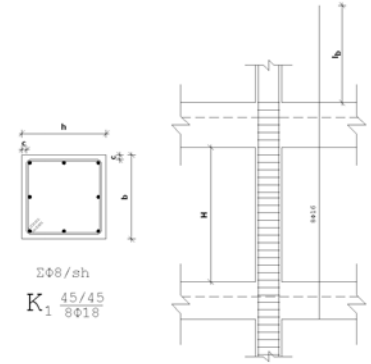
Δηλαδή στην ιδεατή προαναφερομένη περίπτωση, ο καθολικός δείκτης συμπεριφοράς q ταυτίζεται με τον τοπικό δείκτη m .

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ω.Σ.

Δεδομένα:

Οπλισμός: 8Φ16
 Συνδετήρες: Φ8/s_h
 c=25mm

H=3.00m (Καθαρό Ύψος)
 b×h=45cm×45cm
 N=400kN (θλίψη)



Ευχαριστώ για την προσοχή σας...