

Εξέταση στο μάθημα
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ Ω.Σ.
του 8^{ου} εξ. Πε 7-6-2018

Διάρκεια 3h Απαντήστε σε όλα τα ερωτήματα. Επιτρέπεται μόνο η χρήση του Τυπολογίου. Τα κινητά τηλέφωνα πρέπει να είναι **απενεργοποιημένα** (όχι απλώς σιωπηλά).

Ζήτημα 1^ο

Δίνεται κυκλικό υποστύλωμα-πρόβολος, με ύψος H και σταθερή καθύψος διατομή και όπλιση, το οποίο φορτίζεται στην κεφαλή του ως εξής (βλ. και σκαρίφημα):

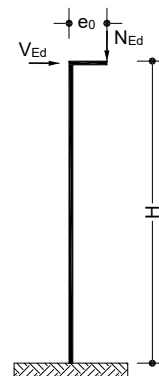
- Αξονική δύναμη $N_{Ed}=1000\text{kN}$, συμπεριλαμβανομένου του ιδίου βάρους, με εκκεντρότητα $e_o=0.05\text{ m}$, συμπεριλαμβανομένων των ατελειών, και
- Τέμνουσα δύναμη $V_{Ed}=100\text{kN}$.

Το διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων της διατομής (για $N_{Ed}=1000\text{kN}$) έχει ως εξής (τιμές σχεδιασμού):

- $M_u = M_y = 600\text{kNm}$, $(1/r)_u = 1.5 \cdot (1/r)_y = 30 \cdot 10^{-3}\text{ m}^{-1}$.

Ζητούνται τα εξής:

- α) Να υπολογιστεί αναλυτικώς το μέγιστο ύψος του υποστυλώματος-προβόλου έτσι ώστε να υπάρχει οριακή ασφάλεια έναντι λυγισμού ($K_r = K_\phi = 1$).
- β) Να επαληθευτεί και γραφικώς το ύψος H (που υπολογίστηκε κατά το ερώτημα α) συντάσσοντας το σχετικό διάγραμμα ροπών-βελών, και
- γ) Να σχεδιαστεί το διάγραμμα συνολικών (τελικών) ροπών κάμψεως καθύψος του στοιχείου (για H κατά το ερώτημα α). **(βαθμ. 2.5)**

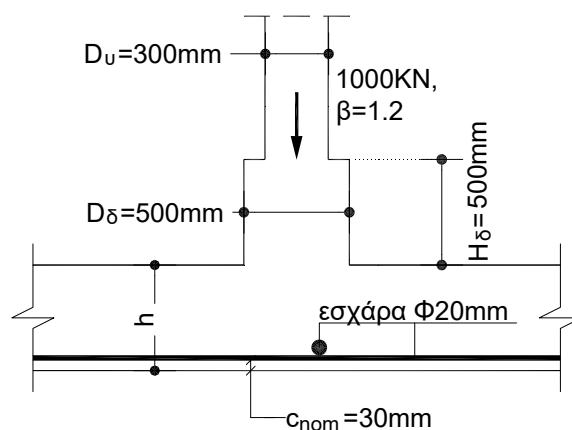


Ζήτημα 2^ο

Φυτευτό υποστύλωμα με θλιπτική δύναμη 1000kN και εκκεντρότητα έτσι ώστε $\beta=1.2$, έχει κυκλική διατομή με $D_o=0.3\text{m}$ και κυκλική διαπλάτυνση στον πόδα του με $D_\delta=0.5\text{m}$, ενώ εδράζεται σε συμπαγή πλάκα πάχους h , οπλισμένη με εσχάρα οπλισμού διαμέτρου $\Phi 20\text{mm}$ (& $c_{nom}=30\text{mm}$), βλ. σκαρίφημα. Η απόσταση των ράβδων της εσχάρας σκοπίμως δεν δίνεται. Υλικά C30/37 και B500C.

Στο πλαίσιο των ελέγχων διάτρησης της πλάκας, ζητούνται τα εξής:

- α) Να ευρεθεί η ελάχιστη τιμή του πάχους h της πλάκας έτσι ώστε να μη απαιτείται οπλισμός διάτρησης, με την παραδοχή $v_{Rd,c}=0.1 v_{Rd,max}$ για τις σχετικές αντοχές (σε όρους τάσεως) σε διάτρηση.
- β) Αν, παρόλα αυτά, για το πάχος h που βρήκατε στο προηγούμενο ερώτημα (α) τοποθετηθεί τελικώς οπλισμός διάτρησης, με εμβαδό κατά μήκος κάθε μιας από τις περιμέτρους γύρω από το υποστύλωμα $A_{sw}=2000\text{mm}^2$ και αξονική απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού $s_r=185\text{mm}$, ποιά είναι η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε διάτρηση $v_{Rd,cs}$ της υπόψη πλάκας με τον υπόψη οπλισμό διάτρησης ($\alpha=90^\circ$); **(βαθμ. 2.5)**

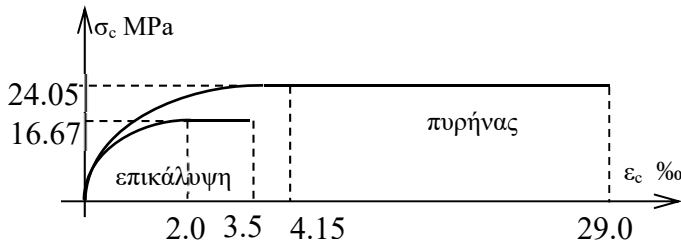


Συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

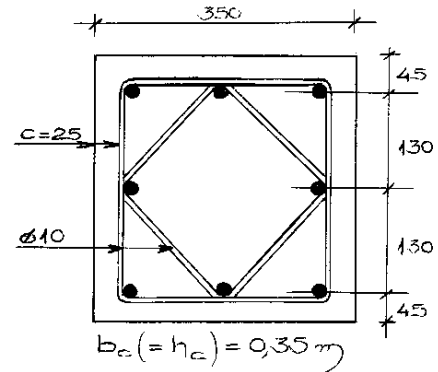
Συνέχεια από την προηγούμενη σελίδα

Ζήτημα 3°

Δίδεται τετραγωνικό υποστυλώμα, πλευράς 0.35m, σε κανονικό πλαισιακό κτήριο από Ω.Σ. με διαμήκη οπλισμό 8Φ20 και συνδετήρες 2Φ10/100mm., Το τροποποιημένο, λόγω της εικονιζόμενης περίσφιγξης, διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων του περισφιγμένου σκυροδέματος του πυρήνα δίδεται στο Σχήμα 1 (τιμές σχεδιασμού), στο οποίο φαίνεται επίσης και το αντίστοιχο δ/μα του απερίσφιγκτου σκυροδέματος της επικάλυψης. Υλικά: C25/30 και B500C



Σχήμα 1 Δ/τα σ-ε περισφιγμένου και απερίσφιγκτου σκυροδέματος (τιμές σχεδιασμού) (εκτός κλίμακας)



Ζητούνται:

α) Να υπολογισθεί η μέγιστη θλιπτική αξονική δύναμη του υποστυλώματος, $N_{Ed,max}$, υπό το σεισμικό συνδυασμό για ανάπτυξη πλαστιμότητας καμπυλοτήτων μ_ϕ ίσης με 10.

β) Υπό αξονικό θλιπτικό φορτίο $N_d = 0.5N_{Ed,max}$:

β.1) Να υπολογίσετε με δοκιμές, αγνοώντας την περίσφιγξη και τους δύο ενδιάμεσους οπλισμούς, την καμπυλότητα διαρροής της διατομής, $(1/r)_{yd}$, (δηλαδή όταν η παραμόρφωση του πλέον εφελκόμενου οπλισμού είναι ϵ_{yd}), καθώς και την αντίστοιχη τάση του πλέον θλιβόμενου οπλισμού, λf_{yd} . Να χρησιμοποιήσετε, για ολόκληρη την διατομή, τις τιμές του δ/τος σ-ε που αντιστοιχούν στην επικάλυψη (απερίσφιγκτο σκυρόδεμα).

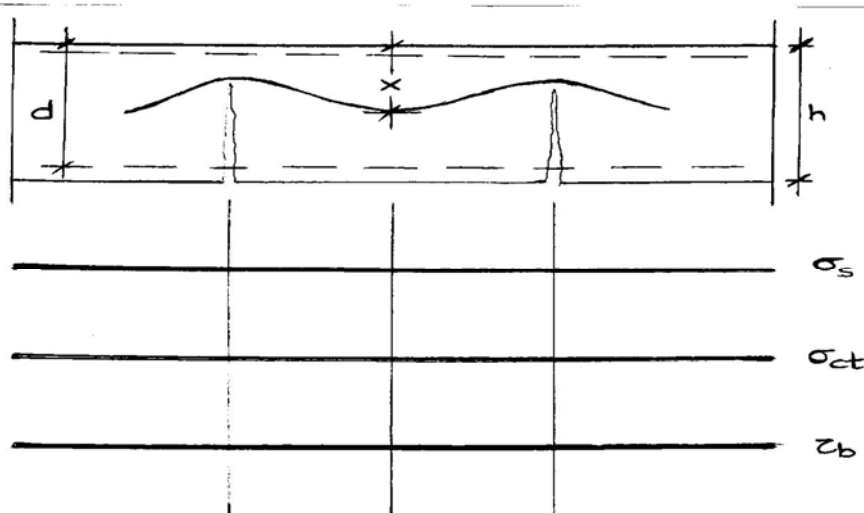
β.2) Αγνοώντας τη συνεισφορά της επικάλυψης (δηλαδή θεωρώντας ότι έχει γίνει αποφλοιώση), αγνοώντας τους δύο ενδιάμεσους οπλισμούς αλλά λαβαίνοντας υπόψη την περίσφιγξη, να υπολογίσετε με δοκιμές την καμπυλότητα αστοχίας, $(1/r)_{ud}$. Να χρησιμοποιήσετε τις δεδομένες τιμές του διαγράμματος τάσεων παραμορφώσεων του περισφιγμένου σκυροδέματος του πυρήνα και να θεωρήσετε ότι το ισοδύναμο ορθογώνιο στερεό τάσεων ισχύει σε όλο το ύψος x_u της θλιβόμενης ζώνης.

β.3) Να συγκρίνετε τη διατιθέμενη πλαστιμότητα καμπυλοτήτων μ_ϕ με την προσεγγιστική σχέση (αγνοώντας

$$\text{τους ενδιάμεσους οπλισμούς): } \mu_\phi = 1.2 \epsilon_{cud} \left\{ \frac{0.6}{\nu_d + (\varrho_1 - \lambda \varrho_2) \frac{f_{yd}}{f_{cd}}} - 1 \right\} \frac{E_s}{f_{syd}} \quad (\text{βαθμ. 4.0})$$

Ζήτημα 4°

Δίδεται σκαρίφημα μηκοτομής καμπτόμενης δοκού από Ω.Σ., περίπου στο μέσον της και μεταξύ δύο διαδοχικών καμπτικών ρωγμών, σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας. Να σχεδιάσετε ποιοτικά (πάνω στους διδόμενους άξονες τάσεων) την μεταβολή, μεταξύ των δύο ρωγμών, των τάσεων του οπλισμού, σ_s , του περιβάλλοντος την ράβδο σκυροδέματος, σ_{ct} , και της τάσεως συνάφειας, τ_b , μεταξύ των δύο υλικών. (βαθμ. 1.0)



Το κείμενο σε μπλε φόντο δεν είναι απαιτητό, απλώς δίνεται για την περαιτέρω εμβάθυνση των Σπουδαστών.

Θέμα 1

Μέθοδος οδομαεζικής καμψυχότητας, $L_0 = 2H$

α) Αναλυτικά

$$M_t = M_1 + M_2 \leq M_y \quad (\text{ζιμές εκδιαφομού, ΟΚΑ})$$

$$(N \cdot e_0 + V \cdot H) + N \cdot e_2 \leq M_y$$

$$(1000 \cdot 0,05 + 100H) + N \cdot \frac{L_0^2}{10} \cdot (1/r)_y \leq 600, \quad (1/r)_y = 20 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

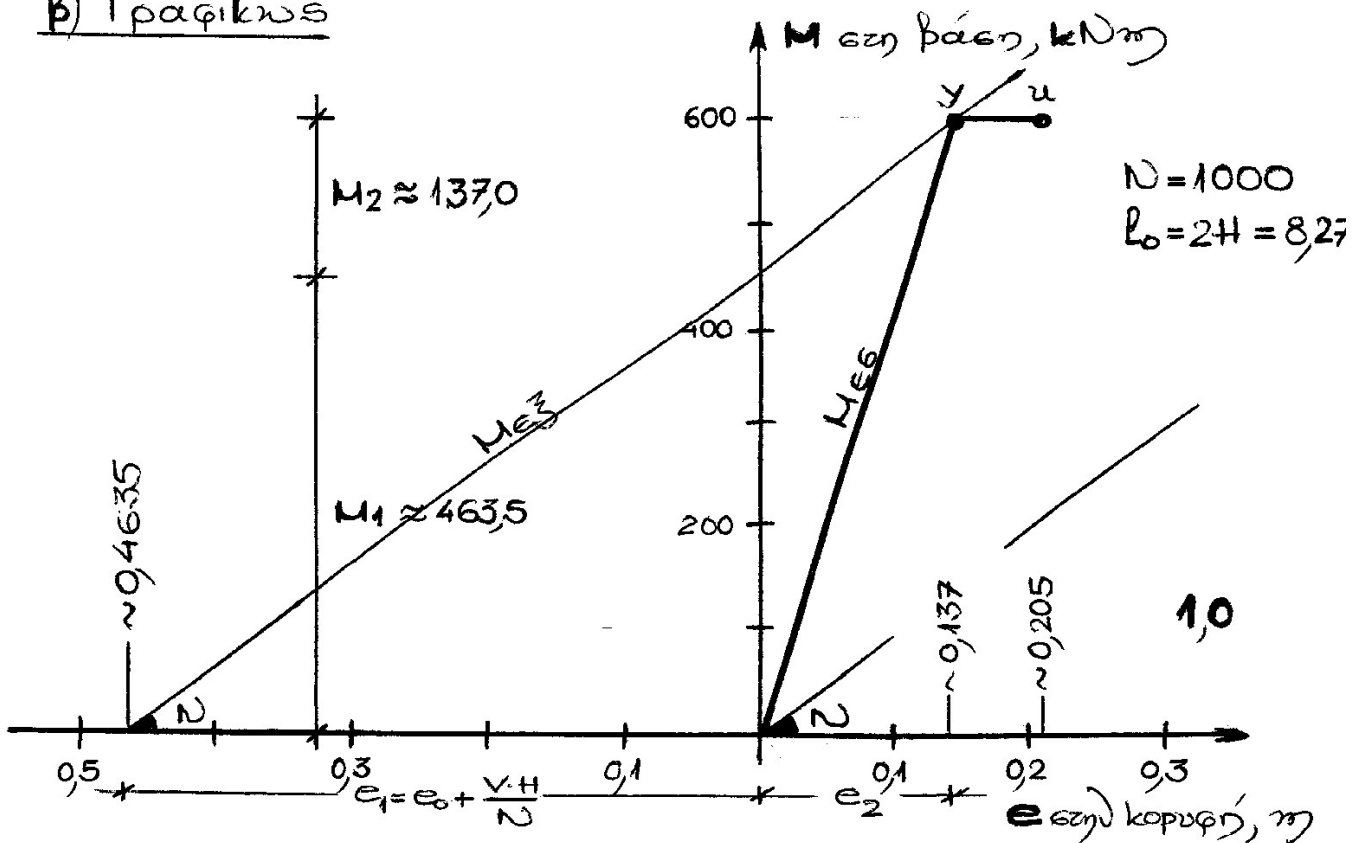
$$K_r = K_\phi = 1$$

$$(50 + 100H) + 8H^2 \leq 600$$

$$8H^2 + 100H - 550 = 0 \rightarrow \underline{H \approx 4,135 \text{ m}}$$

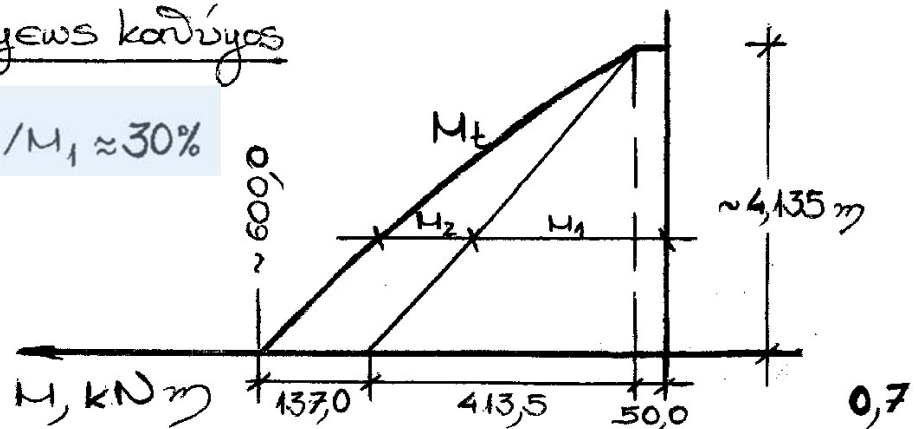
0,8

β) Γραφικά



γ) Ροχές κάμψης κοτύγος

Στη βάση: $M_2/M_1 \approx 30\%$



Θέμα 2

Για $C_{ηοη} = 3cm$ & $\phi = 2cm \rightarrow \underline{d = d_m = h - 5cm}$

α) h_{min}

- Φορτιζόμενη ηερίμετρος (υη/μα με διαηλάτυνη)

$$V_{Ed,0} = \beta \cdot V_{Ed} / u_0 d \leq V_{Rd,max} = 0,5 \cdot \nu \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \cdot \frac{f_{ck}}{1,5} \quad \text{multiplying by } 0,85$$

$$V_{Ed} = 1000 \quad \beta = 1,2 \quad \nu = 0,528$$

$$r_0 = 0,5 D_8, \quad u_0 = 2\eta r_0 = \eta \cdot D_8$$

$$\rightarrow V_{Ed,0} = 1,2 \cdot 1000 / (0,5 \cdot \eta \cdot d) \leq 5,28 \cdot 10^3 \text{ (kN/m)}$$

$$1,2 \leq 8,295 d \rightarrow \underline{d \geq 0,145 m = 0,15 m} \quad 0,6$$

- Βασική ηερίμετρος (σε αηόεζαη 2d)

$$V_{Ed,1} = \beta \cdot V_{Ed} / u_1 d \leq V_{Rd,C} = 0,1 V_{Rd,max} = 0,528 \cdot 10^3 \text{ (kN/m)}$$

$$r_1 = r_0 + 2d, \quad u_1 = 2\eta r_1 = \eta \cdot D_8 + 4\eta d$$

$$\rightarrow V_{Ed,1} = 1,2 \cdot 1000 / (0,5 \eta d + 4 \eta d^2) \leq 0,528 \cdot 10^3$$

$$1,2 \leq 0,8295 d + 6,635 d^2 \quad 6,635 d^2 + 0,8295 d - 1,2 \geq 0$$

$$\rightarrow \underline{d \geq 0,367 m = 0,37 m} \quad 1,0$$

$$\underline{h = 0,42 m}$$

β) $h/d = 0,42/0,37 m, \quad \alpha = 90^\circ$

$$V_{Rd,cs} = 0,75 V_{Rd,C} + 1,5 (d/s_r) \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd,eff} \cdot (1/u_1 d) \leq 1,5 V_{Rd,C}$$

$$d/s_r = 2, \quad u_1 = \eta (D_8 + 4d) = 6,22 m / u_1 d = 230 m^2$$

$$f_{ywd} \overset{MPa}{=} 250 + 0,25 d^{1/3} = 342,5 MPa \leq 435 MPa \quad OK$$

$$\rightarrow V_{Rd,cs} = 0,75 \cdot 0,528 \cdot 10^3 + 1,5 \cdot 2 \cdot (2000 / (23 \cdot 10^6)) \cdot 342,5 \cdot 10^3 \text{ kN/m}$$

$$\underline{\leq 1,5 \cdot 0,528 \cdot 10^3}$$

$$V_{Rd,cs} = 0,396 \cdot 10^3 + 0,893 \cdot 10^3 \leq 0,792 \cdot 10^3 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$= 1,289 \cdot 10^3 \leq \underline{0,792 \cdot 10^3 \text{ (kN/m}^2\text{)}}$$

0,9

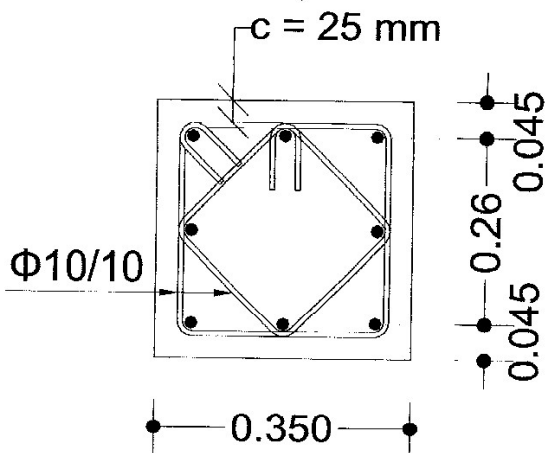
(Κατά ηερίηωση, χίηουζαη δεκζές και οι 2 αηαώηείς...)

Ο ηεριοηισμός $V_{Rd,cs} \leq 1,5 V_{Rd,C}$ ΔΕΝ υηάρχει εζο Τυηολόηιο.

Θέμα 3

$$f_y \approx 43,5 \text{ κN/cm}^2$$

$$f_c \approx 16,67 \text{ MPa}, f_{c,c} \approx 24,05 \text{ MPa}$$



$$8\text{Ø}20, \rho_L \approx 2,05\%$$

α) Περιγραφή

$$b_c = h_c = 35 \text{ cm}, b_i = 13 \text{ cm} (\eta = 8)$$

$$b_o = h_o = 35 - 2(2,5 + 0,5) = (13 + 13) + 2(1,0 + 0,5) = 29 \text{ cm}$$

$$\alpha_\eta = 1 - \frac{8 \cdot 13^2}{6 \cdot 29^2} \approx 0,732 \quad \alpha_s = \left(1 - \frac{10}{2 \cdot 29}\right)^2 \approx 0,685 \quad \underline{\alpha \approx 0,501^s}$$

$$\omega_{wd} = \frac{0,785 \cdot 4 \cdot (290 + \sqrt{2} \cdot 14,5)}{10 \cdot 29^2} \cdot \frac{43,5}{16,67} \approx 0,482^s \quad \underline{\alpha \omega_{wd} \approx 0,24}$$

$$\text{Κατά τον ΕΚ8: } \mu_\phi \cdot \nu_d = \frac{\epsilon_{cu,c} (= 0,0035 + 0,1 \alpha \omega_{wd})}{3 \cdot \epsilon_{yd} \cdot (b_c/b_o)}$$

$$\rightarrow \mu_\phi \cdot \nu_d \approx 3,492 \quad \text{Για } \mu_\phi = 10 \quad \underline{\nu_d \approx 0,35}$$

$$\text{Για } \nu_d = \frac{0,35}{2} \quad \underline{\mu_\phi \approx 20!}$$

$$\text{Άρα: } \underline{\max N_{Ed} \approx 715 \text{ κN}}$$

12

↑
αυαμενόμεν...
για το 50% της N

ΔΕΝ ΖΗΤΟΥΝΤΑΙ

Χαρακτηριστικά περιγραφόμενου εκμ/τος, για $\alpha \omega_{wd} \geq 0,1$:

$$f_{cd,c} = f_{cd} (1,125 + 1,250 \alpha \omega_{wd}) \approx 1,425 f_{cd} \approx 23,75 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{c2,c} = 2\% \cdot (f_{cd,c}/f_{cd})^2 \approx 4,06\%$$

$$\epsilon_{cu2,c} = 3,5\% + 0,1 \alpha \omega_{wd} \approx 27,50\%$$

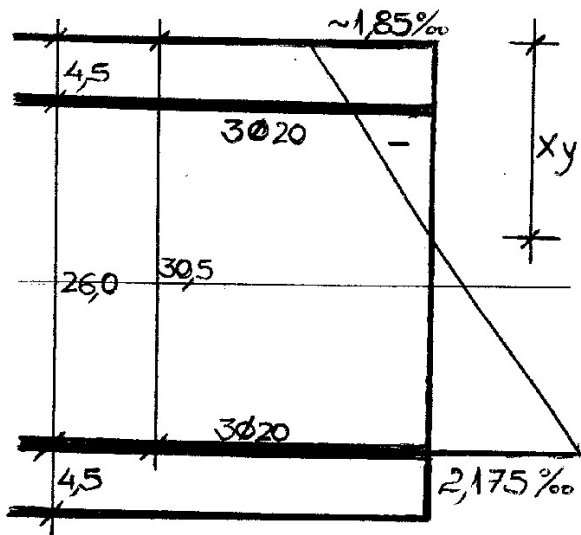
Ένδειξη αυτών, δόθηκαν ελαφρώς διαφοροποιημένες τιμές.

Β) Εκτιμήσεις σ_y & σ_u , για $N \approx 350 \text{ κΝ}$ ($\approx \eta_{ux} N_{Ed}/2$)
(κατ' αρχάς, χωρίς τα ενδιάμεσα $2\phi 20 \dots$)

Β.1) Πλήρης διατομή, χωρίς αεροποίηση/ηερίσφιξη

Β.1.1) Διαρροή

Σαφής διαρροή οηλιωών ($N \searrow$),
 $\epsilon_c < 2\%$



$$x_y = 30,5 \cdot \frac{1,85}{1,85 + 2,175} \approx 14,02 \text{ cm}$$

$$\epsilon_{s2} = 1,85\% \cdot \frac{x_y - 4,5}{x_y} \approx 1,255\%$$

$$\sigma_{s2} \approx 25,125 \text{ κΝ/αμ}^2$$

$$N = 350 = 0,64 \cdot 0,1402 \cdot 0,35 \cdot 16,67 \cdot 10^3 - 9,425 \text{ αμ}^2 \cdot (43,5 - 25,125) \text{ κΝ/αμ}^2$$

$$\approx 523,52 - 173,20 = 350,32 \text{ κΝ} \quad \text{OK}$$

$$\rightarrow \sigma_y = 1,85\% / 0,1402 \text{ m} \approx 13,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

$$\lambda \approx 25,125 / 43,5 \approx 0,578$$

1,2

Τα χαρακτηριστικά διαρροής μιας διατομής $\Phi\Sigma$, και κυρίως η σ_y , είναι ιδιαιτέρως χρήσιμα για τους ελέγχους έντασης βειβμού αλλά και λυγισμού.

Παρατηρήσεις/Σχόλια

i)
$$\underline{M_y} \approx 523,5 \cdot (0,175 - 0,37 \cdot 0,1402) + 9,425 \cdot (43,5 + 25,1) \cdot 0,13$$
$$\approx 64,45 + 84,05 \approx \underline{148,50 \text{ κNm}}$$

ii) Οι ενδιάμεσοι ογκισμοί ($A_{sv}, 2\emptyset 20$) εφεγκύονται,
με $\epsilon_{sv} = 1,85\% \cdot \frac{17,5 - x_y}{x_y} \approx 0,46\%.$

Η εγξοχή-zeus είναι μικρή...

iii) Κατά τον ΕΚ2, $\underline{\phi_y \approx \epsilon_{syd} / 0,45 d} \dots$

Δηλ., $\phi_y \approx 2,175\% / 0,45 \cdot 0,305 \text{ m}$
$$\approx 15,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1} \text{ (έστω } 13,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}).$$

Αυτή η τιμή της ϕ_y θεωρείται "κακή εκτιμή-
τρια", όχι μόνον για θέματα κυλισμού αλλά
και για θέματα σεισμού. Εξίτητος, είναι "ασφαλής".

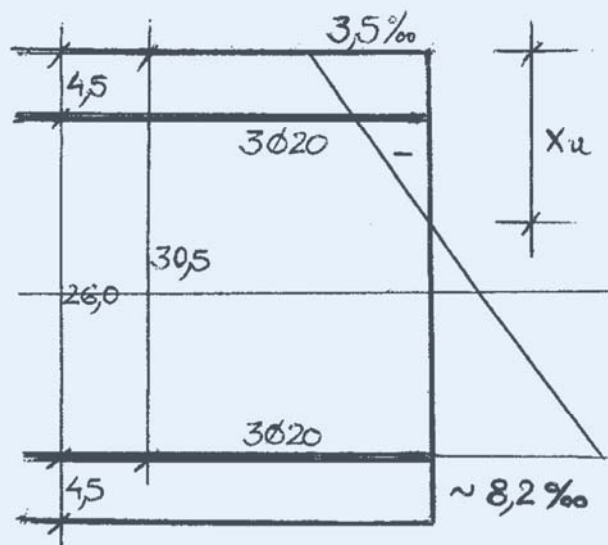
Υπενδύμιση (βλ. ΕΚ2): $d_{eff} \approx h/2 + i_s \dots$

Κατά τον ΚΑΝ.ΕΠΕ., και για μέσες τιμές
χαρακτηριστικών των υλικών, ισχύουν τα εξής:

- Υποστυλώματα $\phi_y \approx 1,77 \epsilon_{sy} / h$ ή $1,55 \epsilon_{sy} / d$
- Τοιχώματα $\phi_y \approx 1,44 \epsilon_{sy} / h$ ή $1,36 \epsilon_{sy} / d.$

β.1.2) Αξοχία

Συμβαζικώς. ΔΕΝ ΖΗΤΕΙΤΑΙ.



$$x_u = 30,5 \cdot \frac{3,5}{3,5 + 8,2} \approx 9,125 \text{ cm}$$

$$\varepsilon_{s2} = 3,5\% \cdot \frac{x_u - 4,5}{x_u} \approx 1,775\%$$

$$\sigma_{s2} \approx 35,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$N = 350 = 0,8 \cdot 0,09125 \cdot 0,35 \cdot 16,67 \cdot 10^3 - 9,425 \cdot (43,5 - 35,5)$$

$$= 425,9 - 75,4 = 350,50 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\rightarrow \varphi_u = 3,5\% / 0,09125 \text{ m} \approx 38,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

Βλ. στο ζέχος

$$M_u \approx 425,9 \cdot (0,175 - 0,4 \cdot 0,09125) + 9,425 \cdot (43,5 + 35,5) \cdot 0,13$$

$$\approx 59,0 + 96,8 \approx 155,8 \text{ kNm}$$

Βλ. στο ζέχος

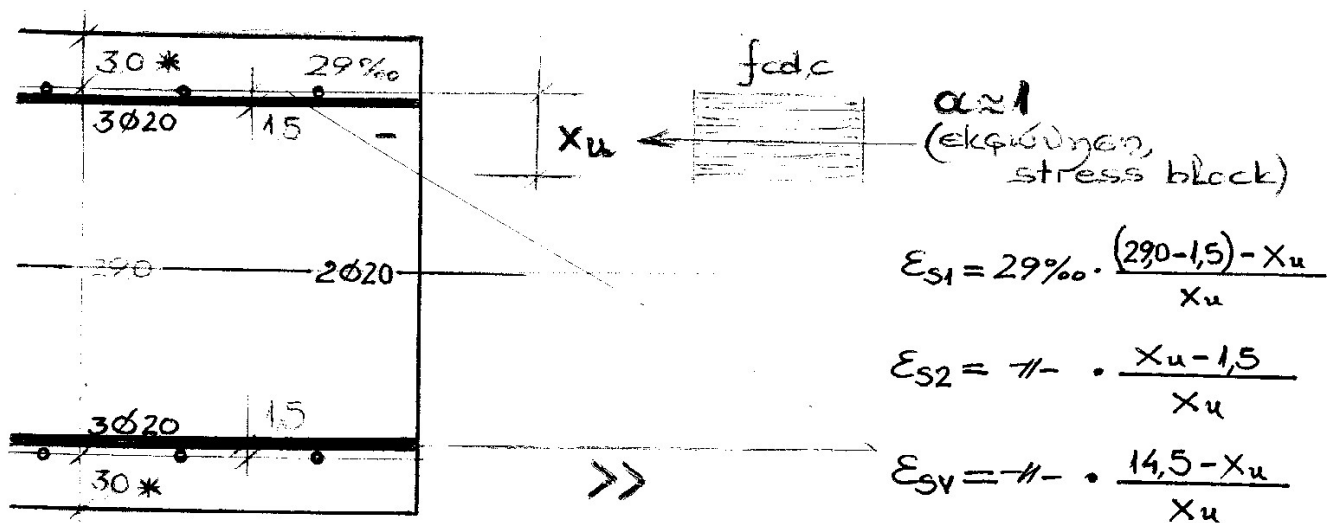
Ποιά θα ήζαν η διαμήκης όγκιση
της διατομής για

$$N_{Ed} = -350 \text{ kN} \quad \text{;} \quad \text{}$$

$$M_{Ed} = \pm 150 \text{ kNm} \quad \text{;} \quad \text{}$$

Οι ενδιαμέσοι σχηματισμοί, με $\varepsilon_{sv} = 3,5\% \cdot \frac{17,5 - x_u}{x_u} \approx 3,2\%$,
έχουν διαρρεύσει. Η επιρροή τους είναι σημαντική!

β.2) Διατομή με αεροφλοήση/ηέρίσφιξη (τελικά)



$$\epsilon_{s1} = 29\text{‰} \cdot \frac{(290 - 15) - X_u}{X_u}$$

$$\epsilon_{s2} = -11\text{‰} \cdot \frac{X_u - 15}{X_u}$$

$$\epsilon_{sv} = -11\text{‰} \cdot \frac{14,5 - X_u}{X_u}$$

$$N = 350 = (1,00 \cdot X_u) \cdot 0,29 \cdot 24,05 \cdot 10^3$$

$$\rightarrow X_u \approx 0,0502 \text{ m}$$

$$\kappa \quad \varphi_u \approx 29\text{‰} / 0,0502 \text{ m} \approx 577,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

$$\eta \quad \mu_\varphi = 577,7 / 13,2 \approx 43,8 !$$

1,2

$$\epsilon_{s1} \approx 129,9 \text{‰} ! \quad \text{OK}$$

$$\epsilon_{s2} \approx 20,3 \text{‰}$$

$$\epsilon_{sv} \approx 54,8 \text{‰} !$$

(*) Αεροφλοήση υπό σεισμική επεξεργασία (χρήσης) της ηέρίσφιξης του γυψοβά $\lambda_0 = \lambda_{0,0}$.

Επίσημη: "Επιτρέπεται" τιμές $\epsilon_s \approx 130 \text{‰}$, ακόμη και αν δεν ληφθεί υπόψη η κράση.

Παρατηρήσεις / Σχόλια

i)
$$\underline{M_u} \approx 350 \cdot (0,145 - 0,025) + 2 \cdot 9425 \cdot 43,5 \cdot 0,13$$
$$\approx 420 + 106,6 \approx \underline{148,60 \text{ κNm}} \quad (\approx M_y)$$

ii) Οι ενδιάμεσοι ογκισμοί (Asv, 2020) έχουν διαρρεύσει σε εφελκυσμόν.

Η επιρροή- τους είναι σημαντική.

$$350 + 6,28 \cdot 43,5 = \overset{\text{έδαμα } 1,00}{(0,95 \cdot X_u)} \cdot 0,29 \cdot 24,05 \cdot 10^{-3}$$

$$\rightarrow \underline{X_u \approx 0,094 \text{ m}}$$

↳

$$\overset{\text{έδαμα } 290\%}{\varphi_u \approx 27,5\% / 0,094 \text{ m}} \approx 292,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

$$\underline{\mu_\varphi = 292,5 / 13,2 \approx 22,2 !}$$

iii) Κατά τον ΕΚ8, $X_u \approx (\nu_d + \dots) \cdot \frac{b_c}{b_o} \cdot h_c$ ✓

$$\left(\nu_v = \frac{2020}{A_c} \cdot \frac{435}{16,67} \approx 0,135 \right)$$

$$\rightarrow X_u \approx 0,175 \cdot 1,205 \cdot 35 \text{ cm} \approx 7,5 \text{ cm}$$

$$\text{ή } X_u \approx (0,175 + 0,135) \cdot \dots \approx 13,0 \text{ cm}$$

Επίσης, βλ. ΚΑΝ.ΕΠΕ. για "κλειστές" εκφράσεις M_u/φ_u , M_y/φ_y κ.λπ., σε όρους μέσω των τιμών, στο πλαίσιο μη-γραμμικών αναλύσεων.

$M, \text{ kNm}$

Ζητές σχεδιασμού

$$v_d \approx 0,175 \quad \alpha \omega_{nd} \approx 0,24$$

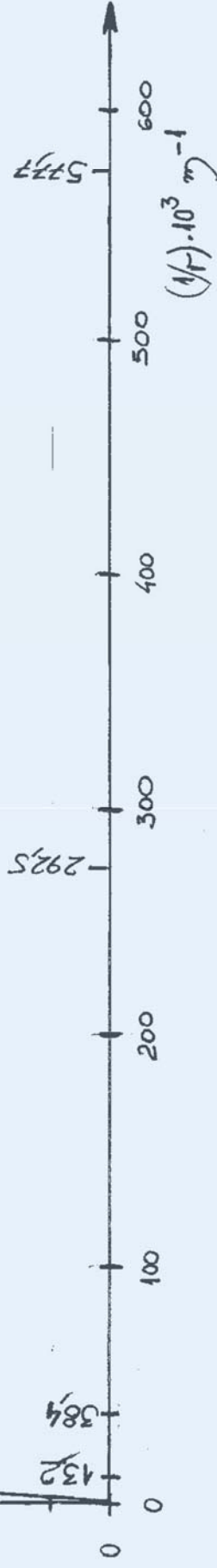
$$b_c/b_o \approx 1,205$$

Για τη σχέση, κατά την εκφώνηση: $\mu_\phi \approx 1,2 \cdot \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{sy}} \cdot \left(\frac{0,6}{v_d + (w_1 + w_2)(1 - \lambda)} - 1 \right) \quad \mathbf{0,4}$

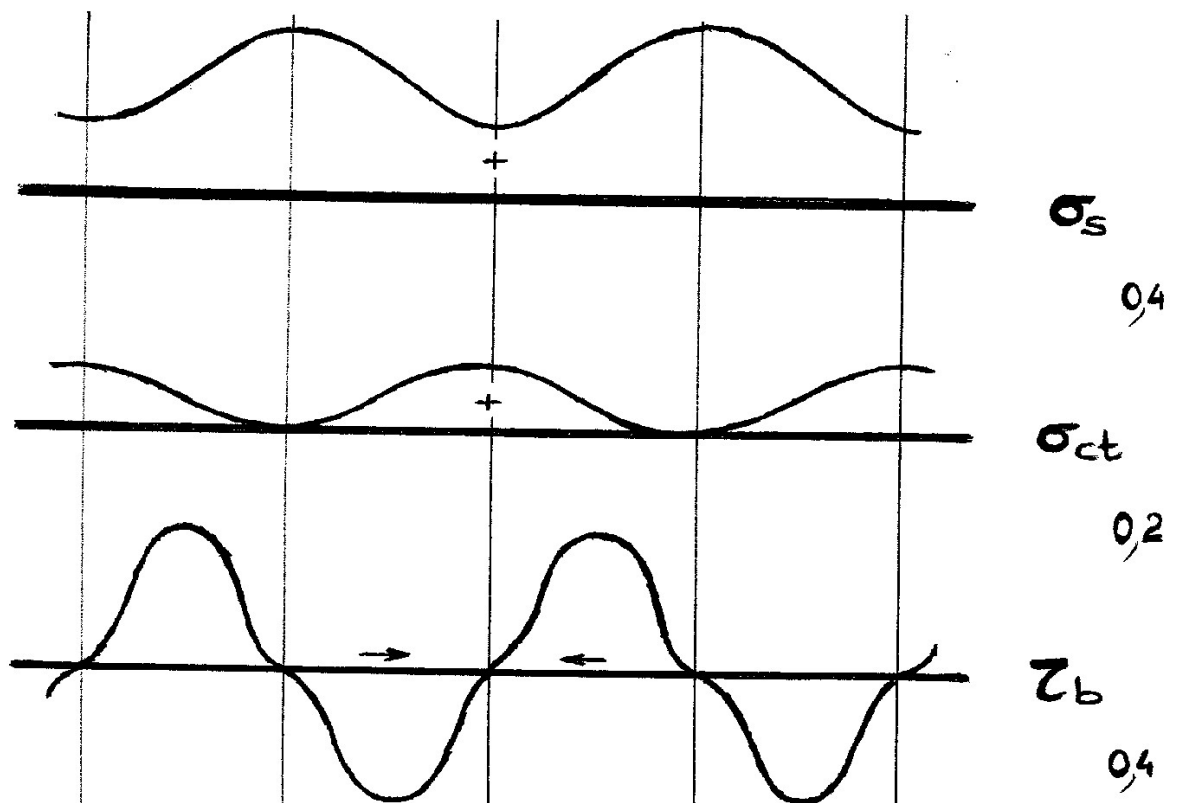
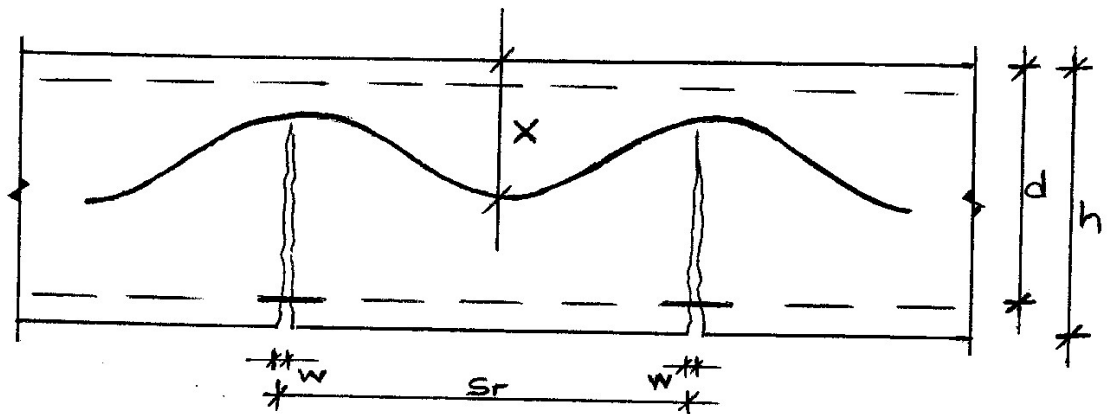
$$\approx 1,2 \cdot \frac{3,5}{2,175} \cdot \left(\frac{0,6}{0,175 + 0,085} - 1 \right) \approx 2,525$$

Συμβατικά, $\alpha \omega_{nd} = 0, \mu_\phi \approx 2,9$

$$\mu_\phi \approx 22,2$$



Θέμα 4



Βλ. Βιβλία, Σημειώσεις κ.λπ., & ζεχνίως ζα ζαυ
Καυοδισμού ηερί $S_{r,max}$, $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$, $w_k \dots$