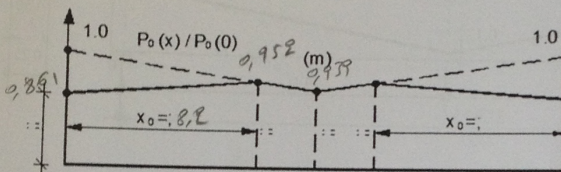
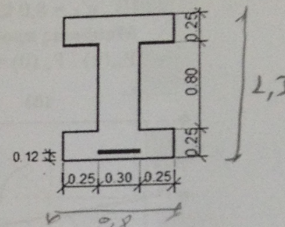
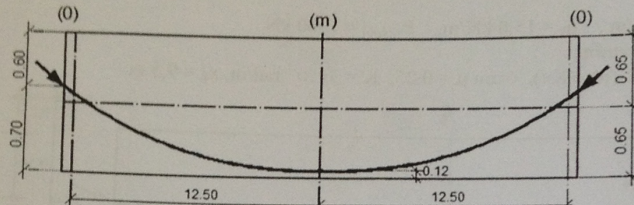


ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
ΕΞΕΤΑΣΗ 90Υ ΕΞΑΜΗΝΟΥ 27.01.2017
ΔΙΑΡΚΕΙΑ 3 ΩΡΕΣ

ΘΕΜΑ 1^ο

(5,0 μονάδες)

Η αμφιέρειστη δοκός με τα στοιχεία των σχημάτων και τα υπόλοιπα δεδομένα προεντίνεται αμφίπλευρα, φορτίζεται από το ίδιο βάρος της και ακολούθως από ομοιόμορφα φορτία g_k και q_k .



C35/45
Y1560 / 1770
 $\sigma_{cc} = 15.75 \text{ MPa}$
 $\sigma_{ct} = 0$
 $g_k = 8.0 \text{ kN/m}$

Ζητούνται:

- Να υπολογίσετε τη μέγιστη επιτρεπτή δύναμη αρχικής προεντάσεως $P_{0(m)}$ στη διατομή (m).
(1,0 μον.)
- Με την παραδοχή ότι το διάγραμμα μειώσεων της προεντάσεως έχει τη γραμμική μορφή του σχήματος,
 $[P_0(x) / P_0(0) = 1 - (\mu x + Kx), \mu = 0,25, K = 3 \times 10^{-3} \text{ rad/m}]$
ζητείται να υπολογίσετε:
 - την τιμή $P_0(m) / P_0(0)$ και την αντίστοιχη τιμή $P_0(0)$.
(0,5 μον.)
 - το μήκος του πέρατος της επιρροής της ολισθήσεως και να συμπληρώσετε τις τιμές του διαγράμματος των μειώσεων (παραδοχή $\delta = 4 \text{ mm}$ και $\epsilon_{p0} = 7 \times 10^{-3}$).
(0,5 μον.)
 - τον ελάχιστο απαιτούμενο οπλισμό προεντάσεως A_p για την πραγματοποίηση των ζητούμενων δυνάμεων προεντάσεως.
(0,5 μον.)
 - την επιμήκυνση (κατά την τάνυση) $\Delta \ell$ που αναμένεται σε κάθε άκρο.
(0,5 μον.)
- Με βάση τη δύναμη $P_0(m)$ και τον A_p των προηγούμενων ερωτημάτων να υπολογίσετε τις απώλειες λόγω ερπυσμού και συστολής ξηράνσεως ($\phi_{\infty} = 2,50$, $\epsilon_{s\infty} = 25 \times 10^{-5}$, $E_{cm} = 34 \text{ GPa}$, $E_p = 195 \text{ GPa}$).
(1,0 μον.)
- Με τα αποτελέσματα των (α) και (β) να υπολογίσετε τη μέγιστη τιμή του κινητού φορτίου που μπορεί να φέρει η δοκός.
(1,0 μον.)

Υπόδειξη: Στο ερώτημα γ να αγνοηθεί η συμβολή του κινητού φορτίου και να χρησιμοποιηθεί η απλοποιημένη σχέση.

ΘΕΜΑ 2^ο

(3,0 μονάδες)

Αμφιέριστη δοκός ανοίγματος $\ell=22.00\text{m}$ και με τα λοιπά δεδομένα του σχήματος, προεντίνεται με παραβολικό τένοντα, με μειώσεις κατά μήκος όπως δείχνονται. Για την εντατική κατάσταση στην οριακή κατάσταση αστοχίας (ΟΚΑ):

Ζητούνται:

- Να γίνει έλεγχος σε διάτμηση, στη διατομή Δ. [Σημ. Να ελεγχθούν οι στάθμες (1), (S), και (2)]. (1,5 μον.)
- Να υπολογισθεί το σημείο κατά μήκος της δοκού όπου η τάση στην κατώτατη εφελκυστική ίνα υπερβαίνει την τιμή f_{ctd} . (1,0 μον.)
- Να ελεγχθεί η επάρκεια σε τέμνουσα αμέσως μετά το σημείο αυτό (προς το ρηγματωμένο τμήμα της δοκού). (0,5 μον.)

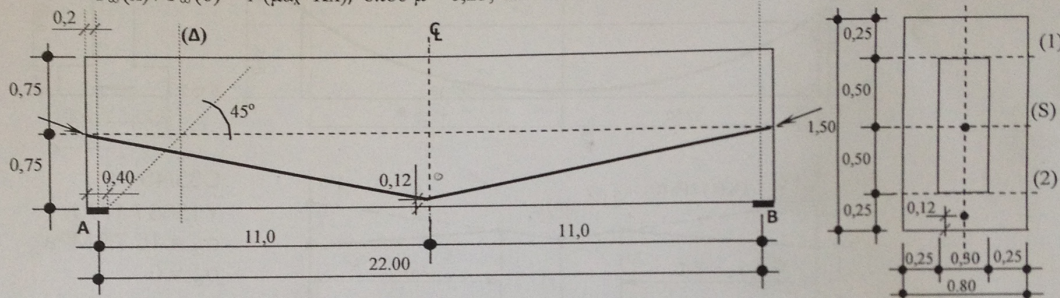
Υλικά: C30/37 ($f_{ctd} = 1,33 \text{ MPa}$), Y1870/1680

Φορτία:

IB, $g_k = 8,0 \text{ kN/m}$, $q_k = 15,0 \text{ kN/m}$, $P_{\infty(x=0)} = 1900 \text{ kN}$.

Μειώσεις προέντασης:

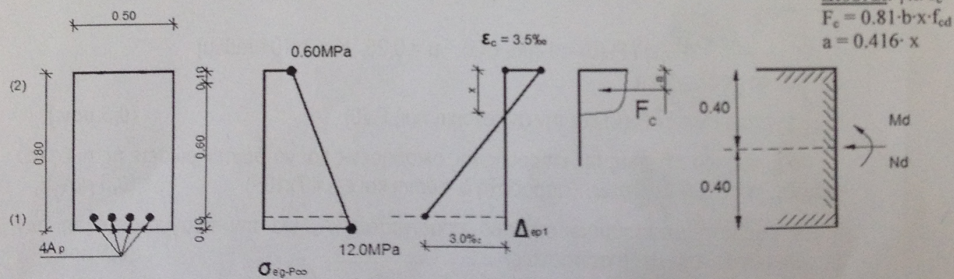
$P_{\infty}(x) / P_{\infty}(0) = 1 - (\mu x + Kx)$, όπου $\mu = 0,25$, $K = 3 \times 10^{-3} \text{ rad/m}$, $x_0 = 9,5 \text{ m}$



ΘΕΜΑ 3^ο

(2,0 μονάδες)

Δοκός ορθογωνικής διατομής $0,50 \times 0,80$ προεντίνεται με 4 τένοντες κάτω. Για την κατάσταση, μόνιμα + τελική προένταση ($g+P_{\infty}$) δίνεται το διάγραμμα των τάσεων του σκυροδέματος και η αντίστοιχη τάση (κοινή για όλους) των τενόντων $\sigma_{p,g+P_{\infty}} = 980 \text{ MPa}$ ($= 98,0 \text{ kN/cm}^2$).



Ζητούνται:

- Ποιες είναι οι προμηκύνσεις των τενόντων για την κατάσταση αποθλίψεως ($\sigma_c = 0$ στη στάθμη των τενόντων); (1,0 μον.)
- Οι τιμές των εξωτερικών εντατικών μεγεθών N_d , M_d οι οποίες αντιστοιχούν με την εικόνα των πρόσθετων παραμορφώσεων του σχήματος. (1,0 μον.)

Αφετηρία πρόσθετων παραμορφώσεων η Ο.Κ. αποθλίψεως του ερωτήματος (β).

Δίδονται: $A_p = 4.5 \text{ cm}^2$, C30/37, 1570/1770, $E_p/E_c = 6$, $E_p = 195000 \text{ MPa}$

Υπόδειξη: Η προένταση για το (β) θα θεωρηθεί γενικώς σαν τμήμα της αντοχής με $\gamma_p = 1,0$.

Übung 1

1) $A = 2 \cdot 0,25 \cdot 0,8 + 0,8 \cdot 0,5 = 0,64 \text{ m}^2$

$I = \frac{0,25^3 \cdot 0,8}{12} + 2 \cdot 0,25 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot (0,4 + 0,105)^2 + \frac{0,8^3 \cdot 0,3}{12} = 0,125 \text{ m}^4$

$y_{\text{WG}} = 0,65 \text{ m}$

$y_P = 0,65 - 0,12 = 0,53 \text{ m}$

$W_1 W_2 = I_{y_{\text{WG}}} = 0,19 \text{ m}^4$

$Q_1 = -\frac{1}{A} - \frac{y_P}{W_1} = -4,35$

$Q_2 = -\frac{1}{A} + \frac{y_P}{W_2} = 1,22$



$q_w = 25 \text{ A} = 16 \text{ kN/m}$

$M_{\text{WG}} = 16 \cdot 25^2 / 8 = 1250 \text{ kNm}$

Spanner: $6_1 > 6_{\text{crit}} \Rightarrow \frac{1250}{0,14} - 4,35 P_{\text{crit}} > -15750 \Rightarrow P_{\text{crit}} \leq 5133 \text{ kN}$

$6_2 < 6_{\text{crit}} \Rightarrow \frac{-1250}{0,14} + 1,22 P_{\text{crit}} \leq 0 \Rightarrow P_{\text{crit}} \leq 5343 \text{ kN}$

2) $P_{\text{crit}} = P_{\text{crit}} (1 - 0,25 Q_1 - 0,003 \cdot 12,5)$

$Q_1 = \arctan \left[\frac{0,7 - 0,12}{12,5} \right] = 0,0485 \text{ rad}$

$P_{\text{crit}} = 0,934 \Rightarrow P_{\text{crit}} = 5465 \text{ kN}$

3) $X_0 = \sqrt{\frac{\delta}{\frac{1}{4} k_x}} = \sqrt{\frac{0,004}{0,007 (0,25 \cdot 0,0485 + 0,003)}} \Rightarrow X_0 = 10,85 \text{ m}$

$P_{\text{crit}}(X_0) = (1 - k_x X_0) P_{\text{crit}} = 5170,8 \text{ kN}$

$P_{\text{crit}}' = (1 - 2 k_x X_0) P_{\text{crit}} = 4633,8 \text{ kN}$

4) $\frac{P_{\text{crit}}}{P_{\text{crit}}'} = 5,26\%$

$1 - \frac{P_{\text{max}}(X_0)}{P_{\text{max}}(0)} = 1 - \min \frac{0,8556 / 0,75 \cdot 1720}{0,9 \cdot 1560 / 0,8 \cdot 1720} = 1 - \frac{1326}{1404} = 5,55\% \Rightarrow A_P = \frac{P_{\text{crit}}(X_0)}{1326} \Rightarrow A_P = 39,2 \text{ cm}^2$

uplayen u $X_0 \Rightarrow$

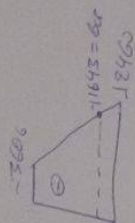
$$5) \Delta Q = \frac{P_{ext} + P_{int}}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot E_P A_P = \frac{5133 + 5465}{2} \cdot \frac{12,5}{195 \cdot 10^6 \cdot 34 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow \Delta L = 87 \mu m$$

6) Otwórca popyr p₀ y₀ = 0:

$$M_y = (16 + 8) \cdot \frac{25^2}{8} = 1875 \text{ kNm}$$

$$G_1 = \frac{1875}{0,19} - 4,35 \cdot 5133 = -12460 \text{ kN}$$

$$G_2 = \frac{-1875}{0,19} + 1,22 \cdot 5133 = -3606 \text{ kN}$$



$$\Delta P = A_P (E_P \varepsilon_{s20} + E_P \varphi_0 \frac{L}{E_m}) = 39 \cdot 10^{-4} \cdot (195 \cdot 10^6 \cdot 25 \cdot 10^{-6} + \frac{2,5 \cdot 11643 \cdot 195}{34}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta P = 841 \text{ kN} \Rightarrow w = 1 - \frac{\Delta P}{P_{cm}} \Rightarrow w = 0,836$$

$$7) G_L = \frac{1875}{0,19} - 4,35 \cdot 5133 \cdot 0,836 + \frac{M_y}{0,19} \leq G_{Lk} = 0 \Rightarrow M_y \leq 16553 \text{ kNm}$$

$$G_2 = \frac{-1875}{0,19} + 1,22 \cdot 5133 \cdot 0,836 - \frac{M_y}{0,19} \geq G_{2k} = -15700 \Rightarrow M_y \leq 2113,2 \text{ kNm}$$

$$\frac{q \cdot l^4}{8} = 1655,3 \Rightarrow q = 21,2 \text{ kN/m}$$

Odp. 2:

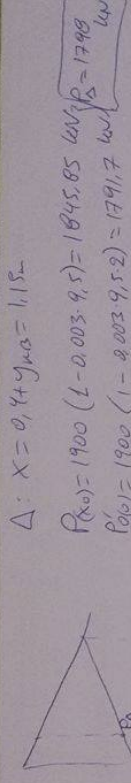
$$1) A = 2 \cdot 0,05 \cdot 0,8 + 2 \cdot 1 \cdot 0,25 = 0,9 \text{ m}^2$$

$$I = 2 \cdot \frac{0,05^3 \cdot 0,8}{12} + 2 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot (0,5 + 0,195)^2 + 2 \cdot \frac{1 \cdot 0,25^3}{12} = 0,22 \text{ m}^4$$

$$y_{cg} = 0,75 \text{ m}$$

$$W = W_2 = I / y_{cg} = 0,267 \text{ m}^3$$

$$q_s = 4,25 = 2,25 \text{ kN/m}$$



$$\Delta: x = 0.94 + y_{0.03} = 1.15$$

$$P_{k0} = 1900 (1 - 0.003 \cdot 9.5) = 1845.85 \text{ kN} \quad \boxed{P_0 = 1798 \text{ kN}}$$

$$P'_{k0} = 1900 (1 - 0.003 \cdot 9.5 \cdot 2) = 1791.7 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctan \frac{0.75 - 0.18}{1.1 + 0.2} = 3.22^\circ$$

$$P_x \approx P$$

$$P_y = P \sin \alpha = 1798 \sin 3.22 = 101 \text{ kN}$$

$$R \uparrow \quad q = 1.55 (g + 22.5) + 1.5 q_a = 63.7 \text{ kN/m}$$

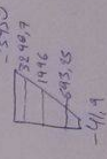
$$R = q \cdot \frac{l}{2} = 63.7 \cdot 1.1 = 70.07 \text{ kN}$$

$$V_0 = R - q \cdot 0.95 = 649.2 \text{ kN} \Rightarrow V_{k1} = 649.2 - 101 = 539.2 \text{ kN}$$

$$M = R \cdot 0.95 - q \cdot \frac{0.95^2}{2} = 700.7 \cdot 0.95 - 63.7 \cdot \frac{0.95^2}{2} = 636.9 \text{ kNm}$$

$$y_0 = 4.15 - \tan \alpha = 0.065 \text{ m}$$

$$q_1 = -\frac{1}{0.9} - \frac{0.065}{0.267} = -1.35 \quad q_2 = -\frac{1}{0.9} + \frac{0.065}{0.267} = -0.87$$



$$G_1 = \frac{636.9}{0.267} - 1798 \cdot 1.35 = -41.9 \text{ kPa}$$

$$G_2 = \frac{636.9}{0.267} - 1798 \cdot 0.87 = -3950 \text{ kPa}$$

$$(1): s = 0.85 \cdot Q_0 (0.5 + 0.95) = 0.1185 \text{ m}^3$$

$$z = \sqrt[3]{\frac{1333 + 1333 \cdot 3249.7}{0.1185}} = 2484.8 \text{ kPa} \Rightarrow V_{k1} = \frac{z \cdot b \cdot I}{S} = 1987.8 > V_{k1} \quad \checkmark$$

$$(5): z = \sqrt[3]{\frac{1333 + 1333 \cdot 1996}{0.1185}} = 2106.6$$

$$V_{k2} = 1123.5 \text{ kN} > V_{k2} \quad \checkmark$$

$$z = \sqrt[3]{\frac{1333 + 1333 \cdot 693.3}{0.1185}} = 1643.5$$

$$V_{k3} = 1314.8 \text{ kN} > V_{k3} \quad \checkmark$$

2) Gran Detu x arb cristin.

$$M_y = 7007 \cdot x - 637 \cdot \frac{x^2}{2}$$

$$y_p = \tan a : (x + 0,2)$$

$$a_1 = -\frac{1}{9} - \frac{y_0}{2267}, \quad b_2 = -\frac{1}{9} + \frac{y_0}{2267}$$

$$b_1 = P.Q_1 + \frac{A_{(1)}}{0.267} = 1333$$

$\frac{0.267}{0.267} = 1$

$$x = 1,65m$$

$$N(x) = 1069,44 \text{ uNm}$$

$$y_p = 0,1094$$

$$Q_1 = -1,5$$

$$p_x = p = 1802$$

$$3) V_{\text{red}} = 700.7 - 63.7 \cdot 1.65 - 1802 \cdot \sin 3.22^\circ = 499 \text{ kN}$$

$$d = \frac{b}{2} + y_p = 0,854 \text{ m} \Rightarrow k = \sqrt{2ay_p} + L = 6,98$$

Page 3

$$\epsilon_{pt} = \frac{\epsilon_p}{E_p} + \frac{160}{195061} = \frac{960}{195061} + \frac{10575}{325106} = 5.03\% + 0.33\% = \boxed{5.36\% \Delta \epsilon}$$

33 3433

$$E_p - E_{ex, Dep} = 0.36\% > E_y = \frac{F_y}{195 \text{ kN}} = \frac{1570 \text{ kN}}{195 \text{ kN}} = 0.35\% \text{ ok! Sloppiness}$$

$$f_p = f_{p_0} = 1570 \text{ MR} \cdot 4.45 \text{ cm}^2 = 2826 \text{ W}$$

$$N = 9826 - 2595.6 \rightarrow N_{ed} = 230.4_{w} \text{ cups of water}$$

$$\mu = \text{Fe } 0,3 + \text{Fe} \cdot (0,4 - 0,416 \cdot 0,337) \Rightarrow \mu_{\text{cal}} = 1479,2 \text{ kJ/mol}$$