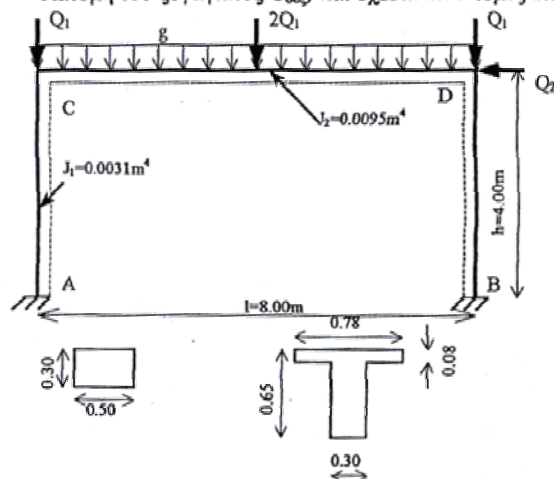


Ε.Μ.Π.
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΠΛ. ΣΚΥΡ.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ Ω.Σ.
ΛΕΚΗΘΗ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

- Μέσα στην αίθουσα με την καθοδήγηση του Διδάσκοντα: θα υπολογισθούν από τους Σπουδαστές, οι οπλισμοί κάμψης των κόμβων C, D (στύλου και ζυγώματος) καθώς και του μέσου m του ζυγώματος και θα σχεδιασθούν με λεπτομέρεια οι αντίστοιχοι οπλισμοί στην περιοχή των κόμβων C, D και ζυγώματος (μήκη ράβδων, ακτίνες κάμψης οπλισμών, μήκη παραθέσεως κ.λπ.)
- θα ολοκληρωθεί η άσκηση (ορθή ένταση στις διατομές A, B και διάτμηση στην διατομή του ζυγώματος C_{med}) και σχέδια 1:50 τομές 1:10



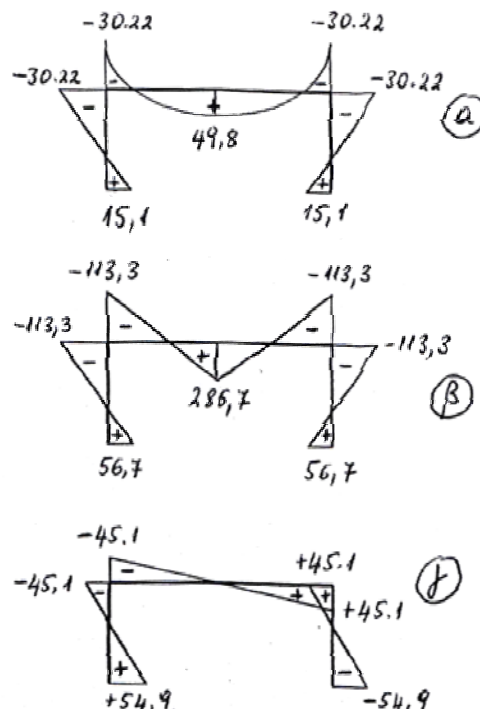
Δεδομένα

C20/25, S400, $g=10\text{kN/m}$ (συμπ. το ι.β.), $Q_1=100\text{kN}$, $Q_2=50\text{kN}$, $J_1=0.0031\text{m}^4$, $J_2=0.0095\text{m}^4$. Ο έλεγχος και η όπλιση να γίνουν μόνον για τον συνδυασμό: $1.35g+1.5Q_1+1.5\cdot0.6\cdot Q_2$

Υπενθυμίζεται: Μήκος αγκυρώσεως $l_b=\Phi_{sd}/(4f_{bd})$, $f_{bd}=2.3\text{MPa}$, Διάμετρος τυμπάνου για κάμψη οπλισμών στους κόμβους: $D_{\text{τυμπ}}=20\Phi$

Δίνονται οι επιλύσεις του πλαισίου για τις διάφορες φορτίσεις: $(k=(J_2h)/(J_1l))$

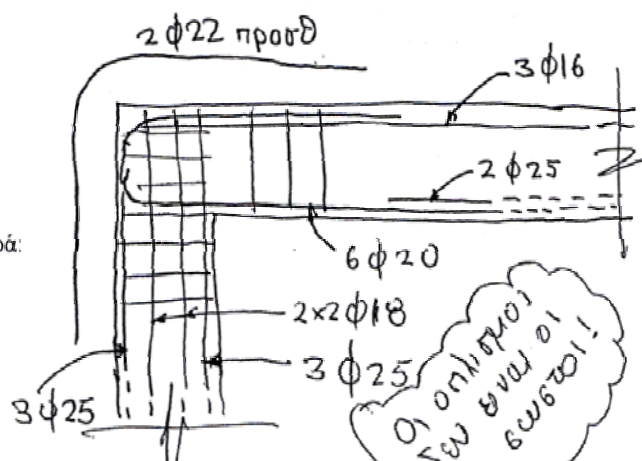
- Ομοιόμορφο φορτίο g:
 $H_A=H_B=g l^2/[4h(k+2)]$
 $M_A=M_B=Hh/3$
 $M_C=M_D=-2Hh/3$
- Συγκεντρωμένο φορτίο P στο μέσον
 $M_A=M_B=Pl/[8(k+2)]$
 $M_C=M_D=-2M_A$
 $H_A=H_B=3M_A/h$
- Οριζόντιο φορτίο E στο D με φορά προς τα αριστερά:
 $M_A=-M_B=Eh(3k+1)/[2(6k+1)]$
 $M_C=M_D=-Eh3k/[2(6k+1)]$
 $H_A=H_B=E/2$
 $N_A=-N_B=-Eh3k/[l(6k+1)]$



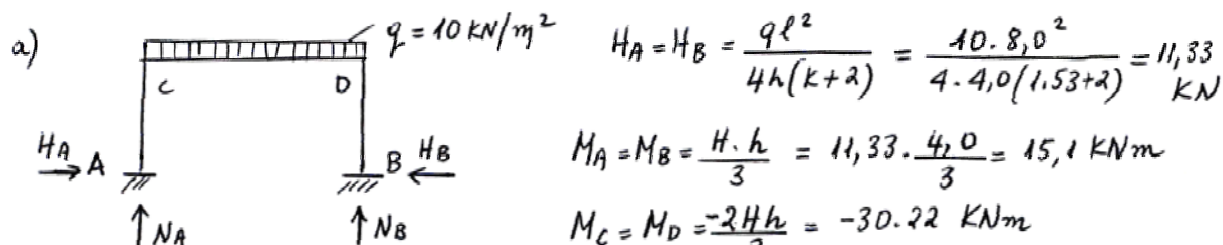
Συμπληρώστε τις τιμές στα διαγράμματα ροπών κάμψης της κάθε μιας φορτίσεως, υπολογίστε για κάθε διατομή την ροπή σχεδιασμού, π.χ.:

$M_A=1.35\cdot15.1+1.5\cdot56.7+1.5\cdot0.6\cdot54.9=154.8\text{kNm}$
και συντάξτε το τελικό διάγραμμα ροπών σχεδιασμού. Το ίδιο και για τις αξονικές δυνάμεις...

Σκαρίφημα οπλίσεως (τα σίδερα, οι διαμέτροι και τα μήκη είναι ενδεικτικά, εσείς θα σχεδιάσετε υπό κλίμακα και θα υπολογίσετε τα απαιτούμενα σίδερα διαμέτρους και μήκη)



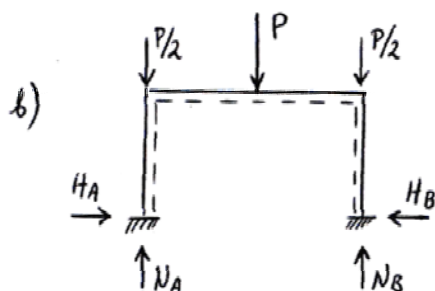
$$K = \frac{J_2 \cdot h}{J_1 \cdot l} = \frac{0,0045 \cdot 4,0}{0,0031 \cdot 8,0} = 1,53$$



$$M_A = M_B = \frac{H \cdot h}{3} = 11,33 \cdot \frac{4,0}{3} = 15,1 \text{ kNm}$$

$$M_C = M_D = -\frac{2Hh}{3} = -30,22 \text{ kNm}$$

$$N_A = N_B = \frac{10 \times 8}{2} = 40,00 \text{ kN}$$

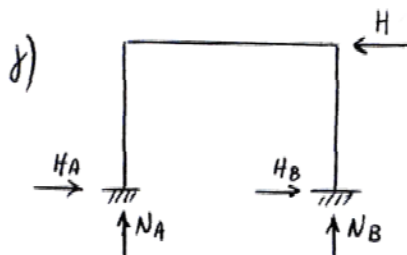


$$H_A = H_B = \frac{Pl}{8(k+2)} = \frac{2 \times 100 \times 8,0}{8(1,53+2)} = 56,7 \text{ kNm}$$

$$M_C = M_D = -2H_A = -113,3 \text{ kNm}$$

$$H_A = H_B = \frac{3M_A}{h} = \frac{3 \times 56,7}{4,0} = 42,5 \text{ kN}$$

$$N_A = N_B = \frac{2P}{2} = 200 \text{ kN}$$



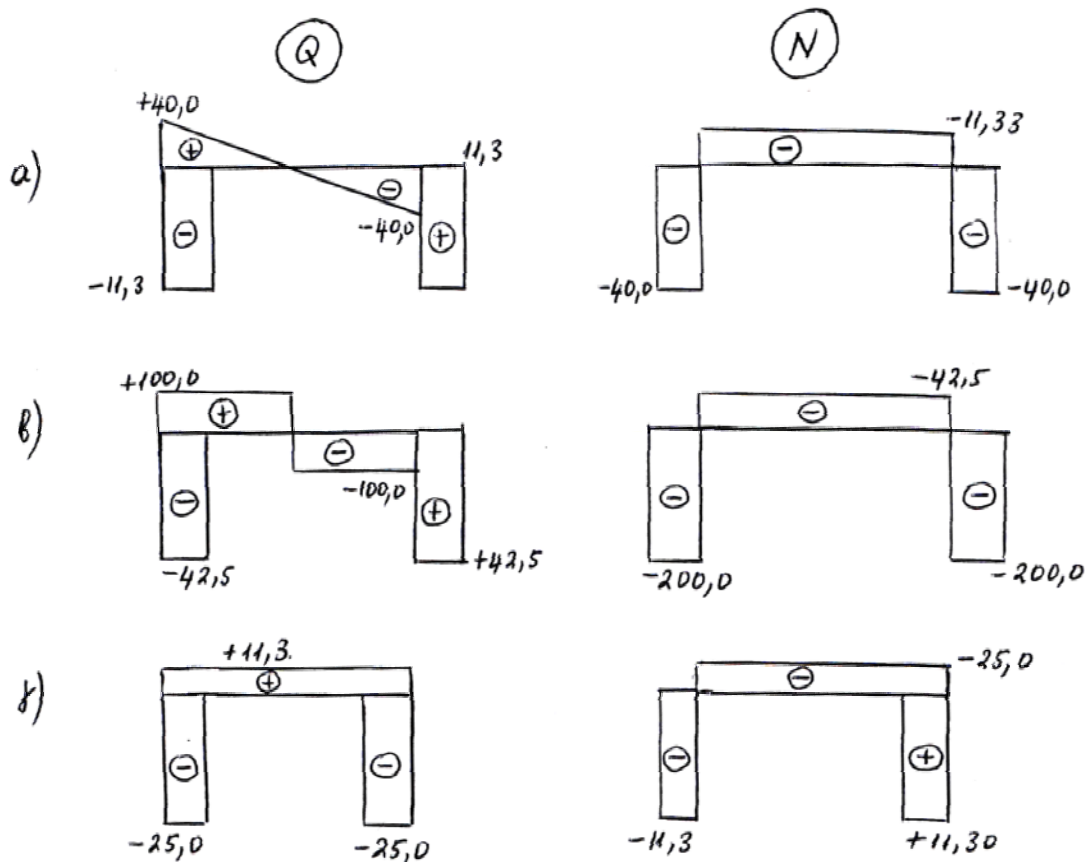
$$H_A = H_B = \frac{H}{2} = 25 \text{ kN}$$

$$M_A = M_B = Hh \frac{3k+1}{12k+2} = 50 \cdot 4,0 \cdot \frac{3 \times 1,53+1}{12 \times 1,53+2} = 54,9 \text{ kNm}$$

$$M_C = -M_D = -Hh \frac{3k}{2(6k+1)} = -50 \cdot 4,0 \cdot \frac{3 \times 1,53}{2(6 \cdot 1,53+1)} = -45,1 \text{ kNm}$$

$$N_A = -N_B = -\frac{Hh}{l} \frac{3k}{6k+1} = \frac{-50 \cdot 4,0 \cdot 3 \cdot 1,53}{8,0(6 \times 1,53+1)} =$$

$$= 11,3 \text{ kN}$$



$$\text{Σ ενδραγός} \quad (a) \quad (b) \quad (γ)$$

$$1,35 g + 1,5 Q_1 + 1,5 \cdot 0,6 P_2$$

$$M_A = 1,35 \cdot 15,1 + 1,5 \cdot 56,7 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 54,9 = +154,8 \text{ kNm}$$

$$M_B = + \quad + \quad - \quad = +56,0 \text{ kNm}$$

$$M_C = -1,35 \cdot 30,22 - 1,5 \cdot 113,3 - 1,5 \cdot 0,6 \cdot 45,1 = -251,3 \text{ kNm}$$

$$M_D = - \quad - \quad + \quad = -170,1 \text{ kNm}$$

$$M_m = +1,35 \cdot 49,8 + 1,5 \cdot 286,7 + 0 \quad = 497,3 \text{ kNm}$$

$$N_A \approx N_C = -1,35 \cdot 40,0 - 1,5 \cdot 200,0 - 1,5 \times 11,3 \times 0,6 = -364,1 \text{ kNm}$$

$$N_B \approx N_D = - \quad - \quad + \quad = -343,8 \text{ kNm}$$

$$N_{CD} = -1,35 \times 11,33 - 1,5 \cdot 42,5 - 1,5 \cdot 25,0 \times 0,6 = -101,5 \text{ kN}$$

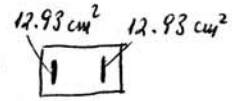
C : Στήλος $M_c = -251.3 \text{ kNm}$
 $N_c = -364.1 \text{ kN}$

$$\mu_d = \frac{M_c}{A_c \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{-251.3}{0.3 \cdot 0.5^2 \cdot 20/1.5} = 0.251$$

$$\nu_d = \frac{N_c}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{-364.1 \text{ kN}}{0.3 \cdot 0.5 \cdot 13.33} = -0.182$$

από πίνακα ΕΜΠ (πίνακας 6.5) : $w_{tot} = 0.45 \rightarrow$

$$A_{stot} = w_{tot} \cdot \frac{A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = 0.45 \cdot \frac{0.3 \cdot 0.5 \cdot 20/1.5}{400/1.15} = 25.9 \text{ cm}^2$$



Τοποθετείται οπλισμός $3\phi 25 = 14.7 \text{ cm}^2$ / πλευρά και $2\phi 18$ συνδίαση
 6cm πλευρά των 50cm

C : Ύψωμα : $M_c = -251.3 \text{ kNm}$
 $N_c = -101.5 \text{ kN}$

$$M_{sd} = M_c + N_c \cdot y = -251.3 - 101.5 \cdot 0.325 \stackrel{(\sim 1/2)}{=} -284.3 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b d^2 f_{cd}} = \frac{284.3}{0.3 \cdot 0.6^2 \cdot 13.333} = 0.197 \xrightarrow[\text{CEB}]{\text{πίνακας}} w = 0.23$$

$$A_s = w \cdot \frac{b d}{f_{yd}/f_{cd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} = 0.23 \cdot \frac{30 \times 60}{348/13.333} - \frac{101.5}{34.8} = 13.0 \text{ cm}^2$$

Τοποθετούνται $3\phi 25 = 14.7 \text{ cm}^2$

Μέσον Ύψωματος m : $M_m = 497.3 \text{ kNm}$ $N_m = -101.5 \text{ kN}$

$$M_{sd} = M_m - N_c y = 497.3 + 101.5 \cdot 0.325 \stackrel{(\sim 1/2)}{=} 530.3 \text{ kNm}$$

Πλασμοδοτούς :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b d^2 f_{cd}} = \frac{530.3}{0.78 \cdot 0.6^2 \cdot 13.333} = 0.141$$

Τοποθετούνται $6\phi 25 = 29.46 \text{ cm}^2$

$$\frac{b_{ef}}{b_w} = \frac{0.78}{0.30} = 2.6 \quad \frac{h_f}{d} = \frac{8}{60} = 0.133 \xrightarrow[\text{CEB}]{\text{πίνακας (7.5.a)}}$$

$$w = 0.16 \rightarrow A_s = w \cdot \frac{b_{ef} \cdot d}{f_{yd}/f_{cd}} - \frac{N_m}{f_{yd}} = 0.16 \cdot \frac{78.60}{348/13.333} - \frac{101.5}{34.8} = 25.8 \text{ cm}^2$$

A : (ελεύθερος) $M_A = +154,8 \text{ KNm}$
 $N_A = -364,1 \text{ KNm}$

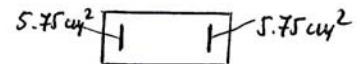
$$\mu_d = \frac{M_A}{A_c \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{+154,8}{0,30 \times 0,5^2 \cdot \frac{20000}{1,5}} = 0,15$$

$$\nu_d = \frac{N_A}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{-364,1}{0,30 \cdot 0,50 \times \frac{20000}{1,5}} = -0,182$$

Από τον πίνακα ΕΜΠ : $w_{tot} = 0,20$ (niv. 6.6)

$$A_{s,tot} = w_{tot} \cdot \frac{A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = 0,20 \cdot \frac{0,3 \cdot 0,5 \cdot 20/1,5}{400/1,15} = 11,5 \text{ cm}^2$$

Υπάρχουν 3 $\phi 25$ ανά πλευρά και
 2 $\phi 18$ ενδιάμεσα



D : Δεξιός $M_D = -170,1 \text{ KNm}$
 $N_D = -343,8 \text{ KNm}$

$$\mu_d = \frac{M_D}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{170,1}{0,30 \cdot 0,5^2 \cdot \frac{20000}{1,50}} = 0,17$$

$$\nu_d = \frac{N_D}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{-343,87}{0,3 \cdot 0,5 \cdot \frac{20000}{1,5}} = -0,17$$

Από τον πίνακα αλληλεπίδρασης ΕΜΠ (niv. 6.6) $\rightarrow w_{tot} = 0,26$

$$A_{s,tot} = w_{tot} \cdot \frac{A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = 0,26 \cdot \frac{0,3 \cdot 0,5 \cdot 20/1,5}{400/1,15} = 14,95 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = A_{s2} = 7,47 \text{ cm}^2 \rightarrow 3 \phi 20 (= 9,42 \text{ cm}^2) \text{ Τοποθετώνται}$$

2 πρόσδεση πα' έδου $\phi 18$ σε κα'θε πλευρά 500 mm

D: Στήλη: $M_D = -170,1 \text{ kNm}$
 $N_D = -101,5 \text{ kN}$

$$M_{sd} = M_D + N_D \cdot y = -170,1 - 101,5 \cdot 0,325^{(\sim h/2)} = -203,09 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b d^2 f_{cd}} = \frac{203,09}{0,3 \cdot 0,6^2 \cdot 13,333} = 0,141 \xrightarrow[\text{CEB}]{\text{πίνακας}} \omega = 0,156$$

$$A_s = \omega \frac{b d}{f_{yd}/f_{cd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} = 0,156 \cdot \frac{30 \times 60}{348/13,333} - \frac{101,5}{34,8} = 7,84 \text{ cm}^2$$

Τοποθετούνται $3\phi 20 = 9,42 \text{ cm}^2$

B: (6ώλος) $M_B = 56 \text{ kNm}$
 $N_B = -343,8 \text{ kNm}$

$$\mu_d = \frac{M_d}{b h^2 f_{cd}} = \frac{56}{0,30 \cdot 0,5^2 \cdot 20000/1,5} = 0,05$$

$$\nu_d = \frac{-343,87}{0,3 \cdot 0,5^2 \cdot 20000/1,5} = -0,17$$

Από πίνακα αλληλεπιδράσεως ΕΜΗ (σημ. 6.6) προκύπτει
 $\omega_{\text{πρ.ακμ.}} = 0 \rightarrow$ αρκεί ογκόχρωσ οπλισμός 1% ηρημέ-
 τρινα $\rightarrow 15 \text{ cm}^2$.

Υπάρχουν $4\phi 22 + 4\phi 18 = 25,39 \text{ cm}^2$ αρκούν

Έλεγχος σε διάτμηση Cδ3

- Έλεγχος έναντι ροζής θλίψης κορμού

$$V_{sd, \text{ναρ}} = 1.35 \cdot 40 + 1.5 \cdot 100 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 11.3 = 214.17 \text{ kN}$$

$$V_{Rd2} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$v = 0.7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0.7 - \frac{20}{200} = 0.6$$

$$b_w = 0.3 \text{ m} \quad \text{διο'α } \phi = 25 \text{ mm} < \frac{b_w}{8} = 37.5 \text{ mm}$$

$$\text{Άρα } V_{Rd2} = 0.5 \cdot 0.6 \cdot \frac{20 \cdot 10^3}{1.5} \cdot 0.3 \cdot 0.6 = 720 \text{ kN} \gg V_{sd, \text{ναρ}}$$

- Έλεγχος ορθογώνιου κορμού

$$\text{δε απόβλεψη d από την παρική } V_{sd, d} = 199.30 \text{ kN}$$

$$V_{cd} = \tau_{rd} \cdot K (1.2 + 40 \rho_e) b_w \cdot d$$

$$\tau_{rd} = 0.26 \text{ MPa (C20)}$$

$$K = 1.6 - d = 1.6 - 0.6 = 1.0$$

$$\rho_e = \frac{A_{se}(3\phi 25)}{b_w \cdot d} = \frac{14.7}{30 \cdot 60} = 0.008 < 0.02$$

$$V_{cd} = 0.26 \cdot 10^3 \cdot 1.0 (1.2 + 40 \cdot 0.008) 0.30 \cdot 0.60 = 71.13 \text{ kN}$$

$$\text{Άρα: } V_{wd} = V_{sd, d} - V_{cd} = 199.30 - 71.13 = 128.164 \text{ kN}$$

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} 0.9 d f_{ywd} \quad \text{Έστω δέκα μέρη ενδοκρήρις}$$

$$\phi 8: A_{sw} = 2 \cdot 0.5 = 1.0 \text{ cm}^2$$

$$\text{Άρα: } s = \frac{A_{sw}}{V_{wd}} \cdot 0.9 \cdot d \cdot f_{ywd} = \frac{1}{128.16} \cdot 0.9 \cdot 60 \cdot 34.7 = 14.6 \text{ cm}$$

$$\text{Τοποθετούνται } \phi 8 / 14$$

Βασικό μήκος αγκύρωσης : § 17.6.2

-8-

$$l_b = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}}$$

$f_{bd} \rightarrow$ τιμή σχεδιασμού τάσης εντάφιας § 17.5
ή ίσως 17.4 (τιμή εξαρτώμενη από την
περιοχή εντάφιας I ή II)

Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης § 17.6.3

$$l_{b, \text{req}} = a \cdot l_b \cdot \frac{A_{s, \text{req}}}{A_{s, \text{prov}}} \geq l_{b, \text{min}}$$

$A_{s, \text{req}} \rightarrow$ θεωρητική απαιτούμενη διατομή οπλισμού

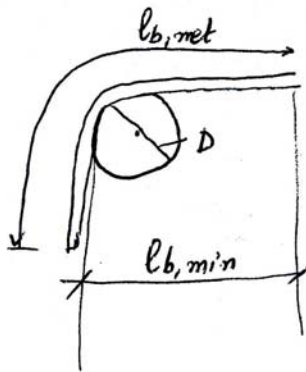
$A_{s, \text{prov}} \rightarrow$ υφάρχουσα " "

$a \rightarrow$ τύπος αγκύρωσης βλ. 17.1

$l_{b, \text{min}} \rightarrow$ ελάχιστο συνδύραγμα ελάχιστη αγκύρωση:

$\rightarrow 0.3 l_b (\geq 10\phi)$ για τετραγωνό

$\rightarrow 0.6 l_b (\geq 10\phi)$ για ορθογ.



Διάμετρος πυρήνων D από 17.1

$D = 20\phi$ για απόσταση εστ. $\leq 50 \text{ mm}$
και απόστ. πλάτους $\leq 3\phi$
οπλισμού $\leq 3\phi$

Αντίνα τυμπάνου :

$$\begin{aligned} D_{\min} = 20 \phi &= 20 \times 2,5 = 50 \text{ cm} & 20 \times 1,8 &= 36 \text{ cm} \\ & 20 \times 2,2 &= 44 \text{ cm} & 20 \times 1,6 &= 32 \text{ cm} \\ & 20 \times 2,0 &= 40 \text{ cm} \end{aligned}$$

Μήκη αγκυρώσεως

$$l_b = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} = \frac{348}{4 \cdot 2,3} \phi \text{ (για περιοχή υψηλής εντάφιας)}$$

$$\phi = 25 \rightarrow l_b = 94,5 \text{ cm} \quad \begin{array}{l} \text{_____} \\ \text{L} \end{array}$$

$$x 0,7 = 66,2 \text{ cm}$$

$$\phi = 20 \rightarrow l_b = 75,6 \text{ cm} \quad \begin{array}{l} \text{_____} \\ \text{L} \end{array}$$

$$x 0,7 = 52,9 \text{ cm}$$

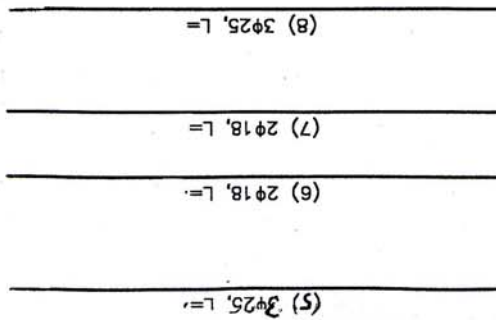
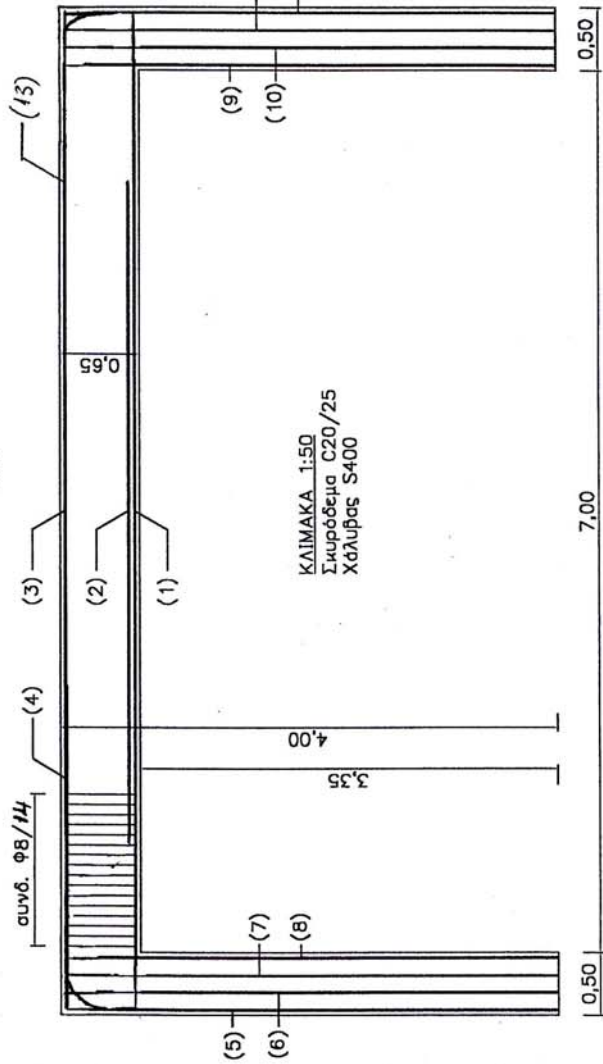
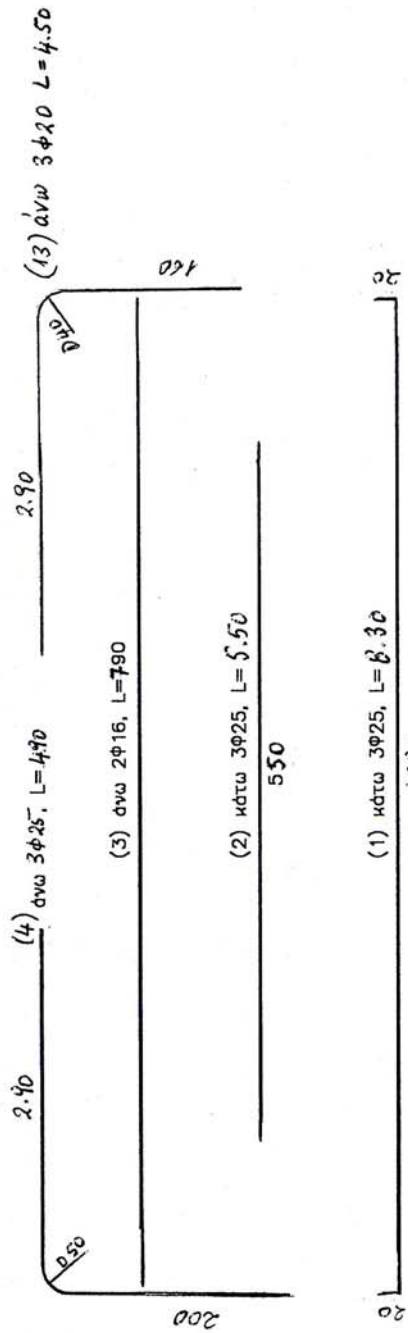
$$l_b = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} = \frac{348}{4 \cdot 2,3 \cdot 0,7} \phi \text{ (για περιοχή υψηλής εντάφιας)}$$

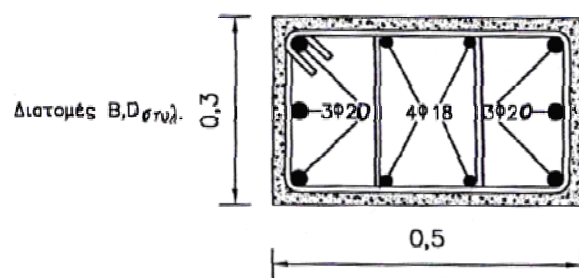
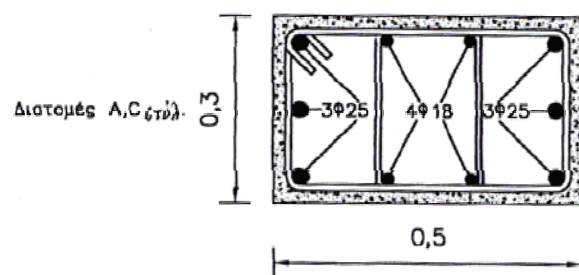
$$\phi = 25 \rightarrow l_b = 1,35 \text{ m} \quad \begin{array}{l} \text{_____} \\ \text{L} \end{array}$$

$$x 0,7 = 94,56 \text{ cm}$$

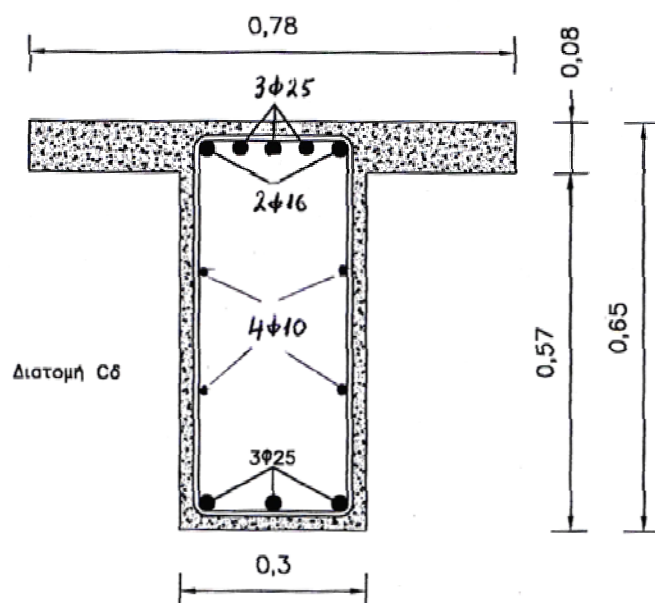
$$\phi = 20 \rightarrow l_b = 1,08 \text{ m} \quad \begin{array}{l} \text{_____} \\ \text{L} \end{array}$$

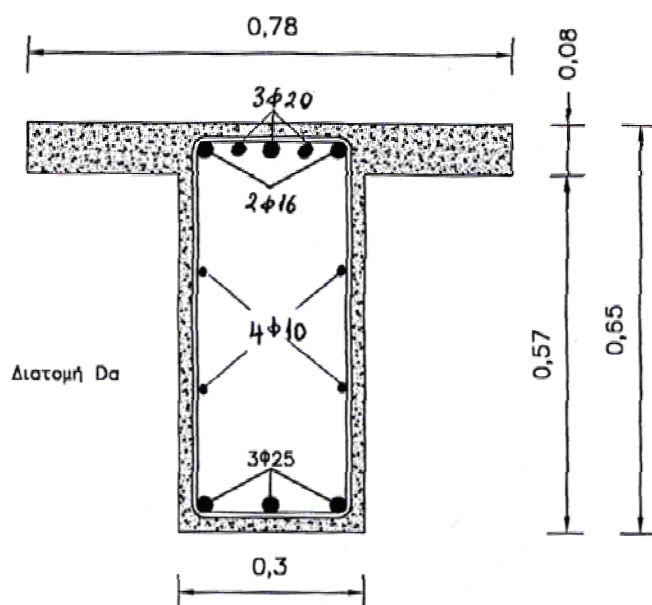
$$x 0,7 = 75,6 \text{ cm}$$





ΚΛΙΜΑΚΑ 1:10
Σκυρόδεμα C20/25
Χάλυβας S400





ΚΛΙΜΑΚΑ 1:10
Σκυρόδεμα C20/25
Χάλυβας S400

