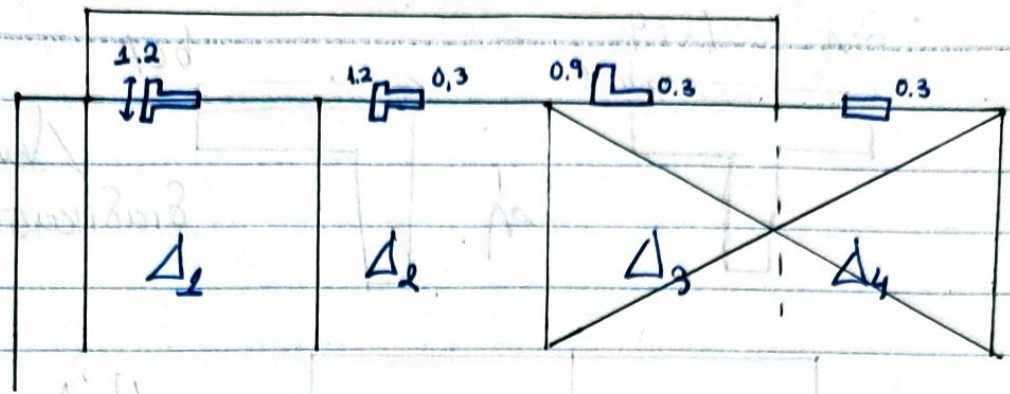
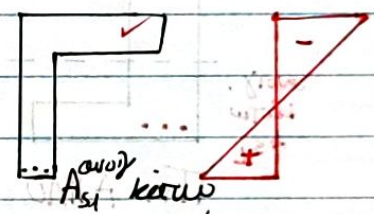
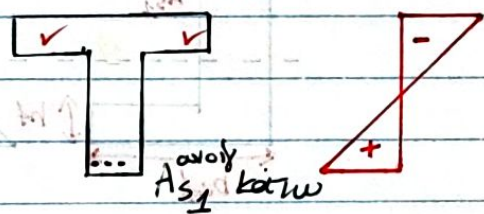


① Άνοιγμα Δ_1 is Δ_2

② Άνοιγμα Δ_3



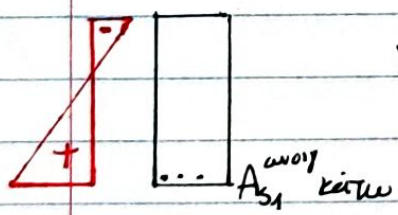
Πλατόδοκος $b_{ef} = 1.2m$

Πλατόδοκος $b_{ef} = 0.9m$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{ef} \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

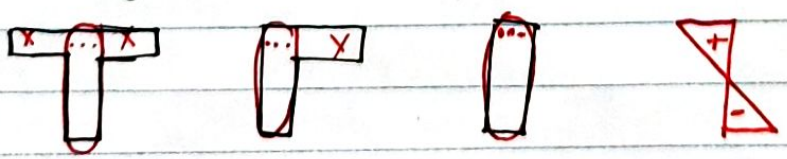
$$A_{s1} = w \cdot b_{ef} \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

③ Άνοιγμα Δ_4



Πιν. ΑΠΛΟ ορθογωνίων CEB $b_w = 0.3m$

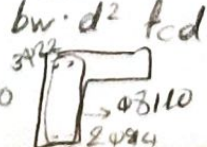
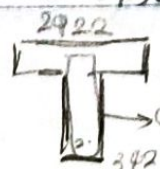
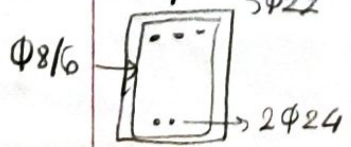
④ Στοιχείο όλων $\Delta_1 - \Delta_2$, $\Delta_2 - \Delta_3$, $\Delta_3 - \Delta_4$



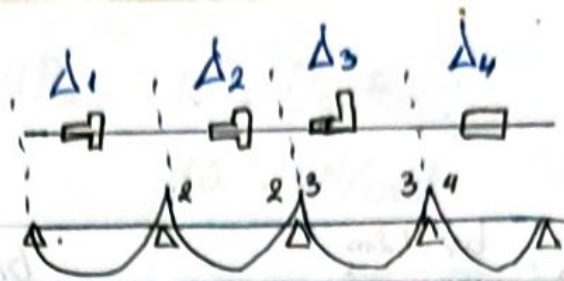
παντού ορθογωνική ($b_w = 0.3m$)

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

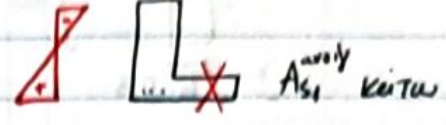
$$\rightarrow \rho \rightarrow A_{s1} = \rho \cdot b_w \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$



Ανεστραμμένα

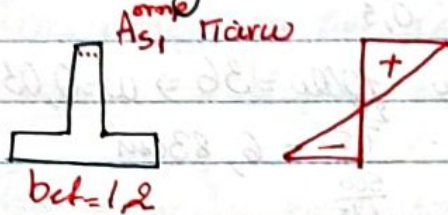


- ① Άνω γίγα Δ_1 κ' Δ_2 ② Άνω γίγα Δ_3

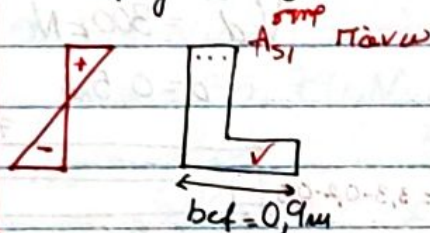


- ① Επομένως ΑΝΕΣΤΡ. ΔΟΚΟΣ → παντός ορθογωνική
 A_{s1} κείται, Πινακας CEB $b_w = 0,3m$

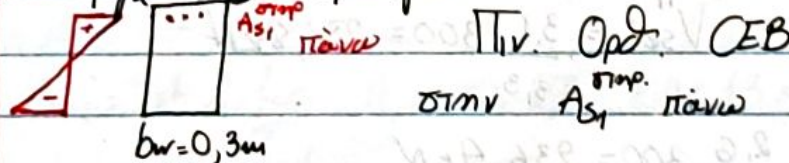
- ② Στήριξη $\Delta_1 - \Delta_2$
 κ' στήριξη $\Delta_2 - \Delta_3$ αριστερά



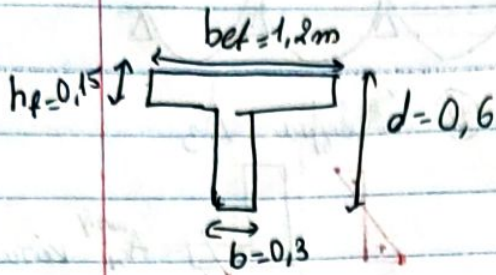
- ③ Στήριξη $\Delta_2 - \Delta_3$ δεξιά κ'
 στήριξη $\Delta_3 - \Delta_4$ αριστερά



- ④ Στήριξη $\Delta_3 - \Delta_4$ δεξιά



Πιν. Ορθ. CEB
 στην A_{s1} πάνω



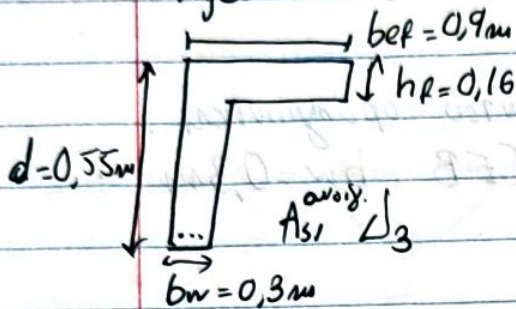
$$b/b_w = \frac{1.2}{0.3} = 4$$

πινάκας πλακών

$$h_f/d = \frac{0.15}{0.6} = \frac{1}{4}$$

Αν για μ_{sd} δεν υπάρχει τιμή θα χρησιμοποι. is A_{s2}

Project (2018)



$$M_{sd} = 150 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{150}{0.9 \cdot 0.55^2 \cdot \frac{25 \cdot 10^3}{1.5}} = 0.033 < \mu_{lim} = 0.25$$

$$h_f/d = \frac{0.16}{0.55} = 0.29 \approx 0.30$$

C25 / S500

$$b_{ef}/b_w = \frac{0.9}{0.3} = 3$$

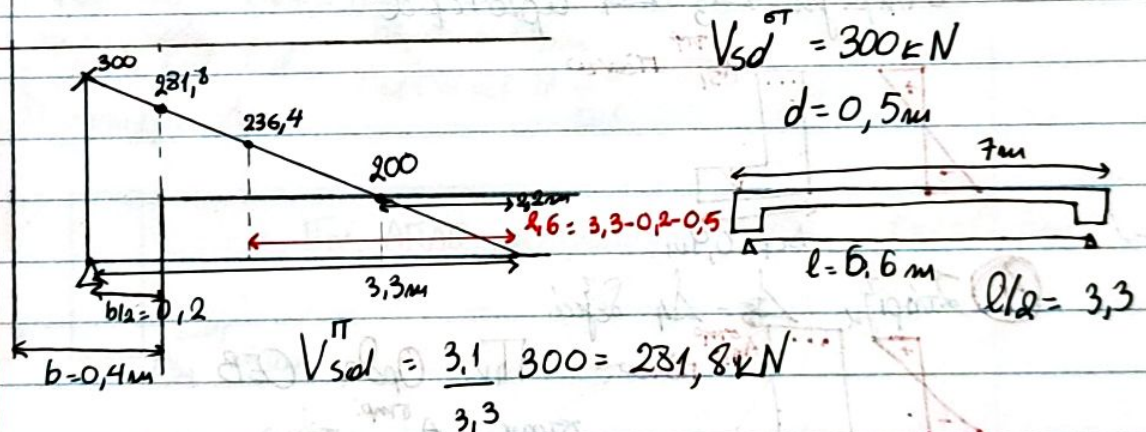
35

Από πίνακα πλακ. βρίσκω $1000w = 36 \Rightarrow w = 0.036$

$$\text{Άρα } A_{s1} = 90 \cdot 55 \cdot 0.036 \cdot \frac{25}{1.5} = 6.83 \text{ cm}^2$$

Πινάκας ραβδών $5\phi 14 = 7.70 \text{ cm}^2$

~ ~ n ~ ~ n ~ ~



$$V_{sd}^{ST} = 300 \text{ kN}$$

$$d = 0.5 \text{ m}$$

$$V_{sd}^{\pi} = \frac{3.1}{3.3} 300 = 281.8 \text{ kN}$$

$$V_{sd}^{\pi+d} = \frac{2.6}{3.3} 300 = 236.4 \text{ kN}$$

$$l_{cr} = 2 \times 0.45 = 0.9 \text{ m}$$

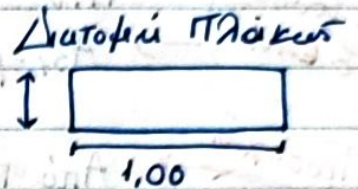
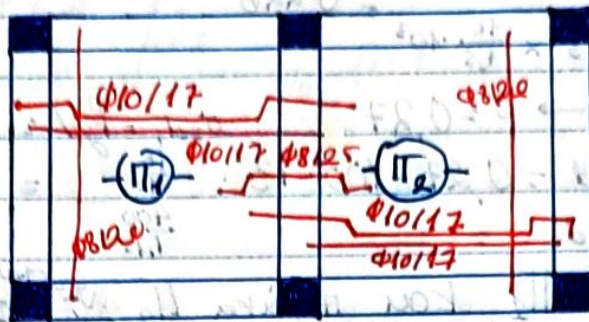
$$2.2 = 3.3 - 0.2 - 0.5 - 0.4$$

$$V_{sd}^{\pi+l_{cr}} = \frac{2.2}{3.3} 300 = 200 \text{ kN}$$

$$\frac{0.04 - 0.03}{0.04 - 0.02} = \frac{42 - x}{42 - 21}$$

$$1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 1 \text{ MPa} = 10^3 \text{ kN/m}^2 = 10^{-4} \text{ kN/cm}^2$$

Ασκήσεις:



$\max M_{sd} = 35,79 \text{ kNm}$
 $\min M_{sd} = 40,82 \text{ kNm}$

C16, S400
 $h = 0,15 \text{ m}, d = 0,13 \text{ m}$
 $d_1 = 0,02 \text{ m}, b = 1,0 \text{ m}$

Στα ανοίγματα των πλευρών εφελκύεται η κάτω πλευρά
Προσοχή → Κύριος εφελκυσμένος οπλισμός A_{s1} : Κάτω

Στη στήριξη εφελκύεται η πάνω πλευρά
Προσοχή → Κύριος εφελκυσμένος οπλισμός A_{s2} : Πάνω

α. Υπολογισμός οπλισμού κάψης στο μέσον των Π_1 & Π_2
 $M_{sd} = 35,79 \text{ kNm}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{35,79}{1 \cdot 0,13^2 \cdot \frac{16}{1,5} \cdot 10^3} = 0,198$$

Πιν CEB → $\rho = 0,230$, $\epsilon_s = 6,37 \text{ ‰}$, $\sigma_{sd1} = f_{yd} = \frac{400}{1,15} = 347,8 \text{ MPa}$

σε cm → $A_{s1} = \rho b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,23 \cdot 100 \cdot 13 \cdot \frac{16}{\frac{400}{1,15}} = 9,17 \text{ cm}^2/\text{m πλάκας}$

πλάκες $\Phi 12$ Από πίνακα οπλισμού πλακών για $\Phi 10/8,5 \rightarrow A_{s1} = 9,2 \text{ cm}^2$ πλάκες $\Phi 10/17 = 4,6 \text{ cm}^2$ (κάτω) τα οποία τυποδετώνται:



6. Οπλισμοί κάμψης στη στήριξη $\Pi_1 - \Pi_2$, $M_{sd} = 40,82 \text{ kNm}$

$$\mu_{sd} = \frac{40,82}{2 \times 0,13^2 \times \frac{16}{1,5} \cdot 10^3} = 0,226$$

Προσοχή
σε cm

$\Pi_{\text{iv. CEB}} \rightarrow \rho = 0,27$, $\sigma_{sd1} = \rho_{yd} : 347,8 \text{ MPa}$
 $A_{s1} = \rho b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,27 \cdot 100 \cdot 13 \cdot \frac{\frac{16}{1,5}}{\frac{400}{1,5}} = 10,76 \text{ cm}^2/\text{m πλάκας}$

Προσοχή

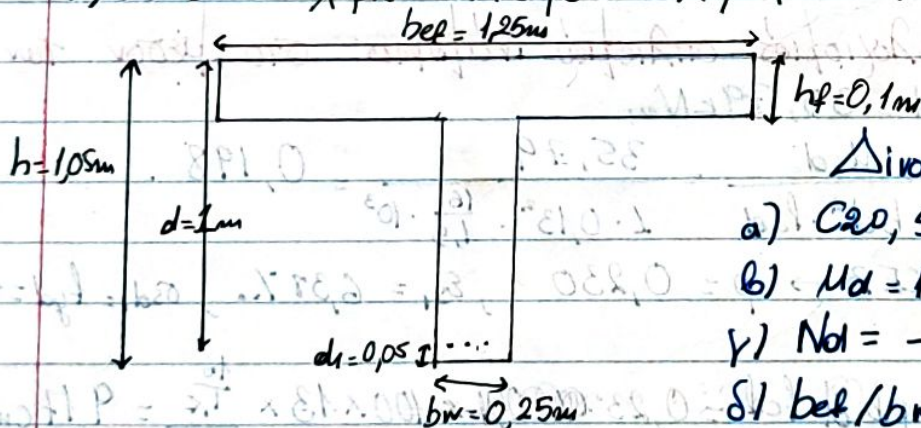
Από πλάκα Π_1 και πλάκα Π_2 υπάρχουν διότρη
 πλευρά της στήριξης, $\Phi 10/17 = 4,6 + 4,6 = 9,2 \text{ cm}^2$
 Οπλισμός: $10,76 - 9,2 = 1,56 \text{ cm}^2/\text{m}$

πλάκες
 (πάνω) $\leftarrow \Phi 8/25 (= 2,0 \text{ cm}^2/\text{m}) \quad \Phi 8/25$
 που έχουν μορφή

Συνολικά: $A_{s1}^{\text{στρο}} = 9,2 + 2 = 11,2 \text{ cm}^2/\text{m}$

8. Δευτερεύοντα οπλισμός πλακί
 Βαζω $\Phi 8/20$ & χωρίς πράξεις

Πλακοδοκός χωρίς θλιβόμενο οπλισμό (Μόνο A_{s1})

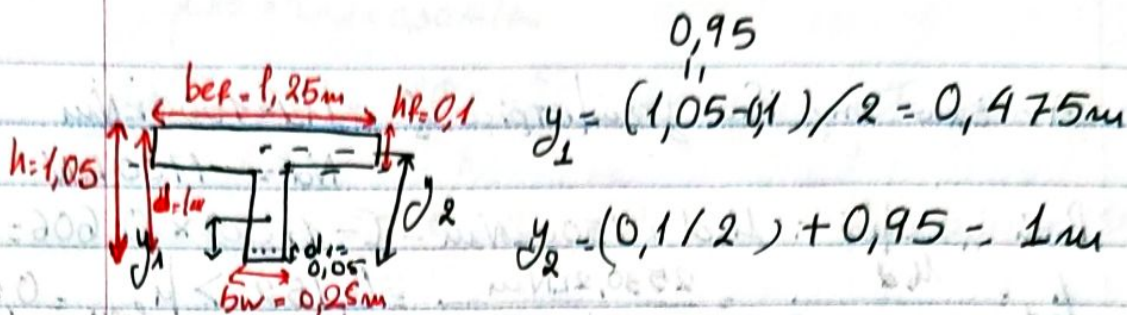


- Δίνονται:
- α) $C_{20,5400}$
 - β) $M_d = 1300 \text{ kNm}$
 - γ) $N_d = -100 \text{ kNm}$
 - δ) $b_{eff}/b_w = 1,25/0,25 = 5$
 - ε) $h_f/d = 0,1/1 = 0,1$

Προσοχή Επειδή υπάρχει N_d πρέπει να βρεθεί
 το y_{s1}

Για να βρεθεί το y_{s1} πρέπει να βρεθεί το
 $y_{\text{κεν}}$

C20, 5400



$$A_L = 0.25 \times 0.95 = 0.2375 \text{ m}^2, A_2 = 0.1 \times 1.25 = 0.125 \text{ m}^2$$

$$A \cdot y_{KB} = (A_1 + A_2) y_{KB} = A_1 y_1 + A_2 y_2 \Rightarrow y_{KB} = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{A_1 + A_2}$$

$$y_{KB} = \frac{0.2375 \text{ m}^2 \cdot 0.475 \text{ m} + 0.125 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ m}}{0.2375 \text{ m}^2 + 0.125 \text{ m}^2} = 0.656 \text{ m}$$

$$\text{Άρα } y_{s1} = y_{KB} - d_L = 0.656 - 0.05 = 0.606 \text{ m}$$

Προσμήν

$$\text{Στοίχευτος } M_{sd} = M_d - y_{s1} N_d = 1300 \text{ kNm} - (0.606 \text{ m} \times (-100 \text{ kN})) = 1360.6 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1360.6}{1.25 \times 1^2 \times \frac{20}{1.5} \cdot 10^3} = 0.0816 < \mu_{lim}$$

$$\left. \begin{array}{l} h_f/d = 0.1/1 = 0.1 \\ b_{eff}/b_w = 1.25/0.25 = 5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{μινικες} \\ \text{πλακοκυλ} \end{array} \mu_{lim} = 0.131$$

$$1000 \omega = 86 \Rightarrow \omega = 0.086$$

$$A_{s1} = \omega \cdot b_{eff} \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} = 0.086 \cdot \frac{1.25}{1.5} \cdot 100 \cdot \frac{20}{1.5} - \frac{100}{400/1.5} \cdot 10^2$$

$$\Rightarrow A_{s1} = 38.34 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 9 \phi 24 = 40.63 \text{ cm}^2 \text{ (2 διο στρώσεις)}$$

$$A_{s1} = 9.5 \phi 22 = 40.0 \text{ cm}^2 \text{ (2 διο στρώσεις)}$$

Προσμήν

$$0.0816 \rightarrow \begin{array}{cc} 0.08 & 84 \\ 0.10 & 108 \end{array} \quad \begin{array}{c} 103 - 84 \times 16 + 84 = 86 \\ \hline 2 \cdot 84 \end{array}$$

Ar Exw Inv idia gewetpica is $M_d = 1500 \text{ kNm}$
 $N_d = -1700 \text{ kN}$

Porti exdiaphri: $M_{sd} = 1500 \text{ kNm} - (-1700) \times 0,606 = 2530,2 \text{ kNm}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2530,2 \text{ kNm}}{1,25 \times 1^2 \times \frac{20}{1,5} \cdot 10^3} = 0,152 > \mu_{lim} = 0,131$$

$$\Delta\mu = \mu_{sd} - \mu_{lim} = 0,152 - 0,131 = 0,021$$

Arto tiraken CEB (Γρακωδ.) $w_{1000} = 159 \Rightarrow w = 0,159$

$$A_{s1} = \left\{ \frac{1}{f_{yd}} \left[w_{lim} + \frac{\Delta\mu}{1 - d_2/d} \right] \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + N_d \right\}$$

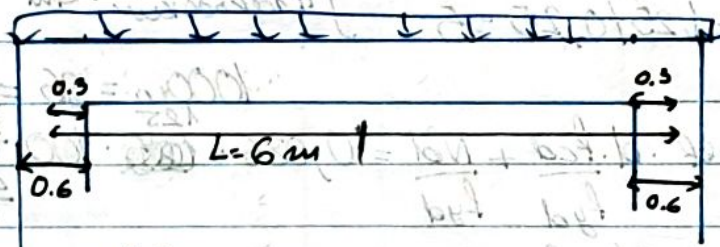
$$\Rightarrow A_{s1} = 37,9 \text{ cm}^2 \rightarrow 10 \Phi 22 = 38 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = \frac{1}{f_{yd}} \left(\frac{\Delta\mu}{1 - d_2/d} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \right) = 10,59 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow 4 \Phi 20 = 12,56 \text{ cm}^2$$

Άσκηση Διάφραξης

$$q = 80 \text{ kN/m}$$

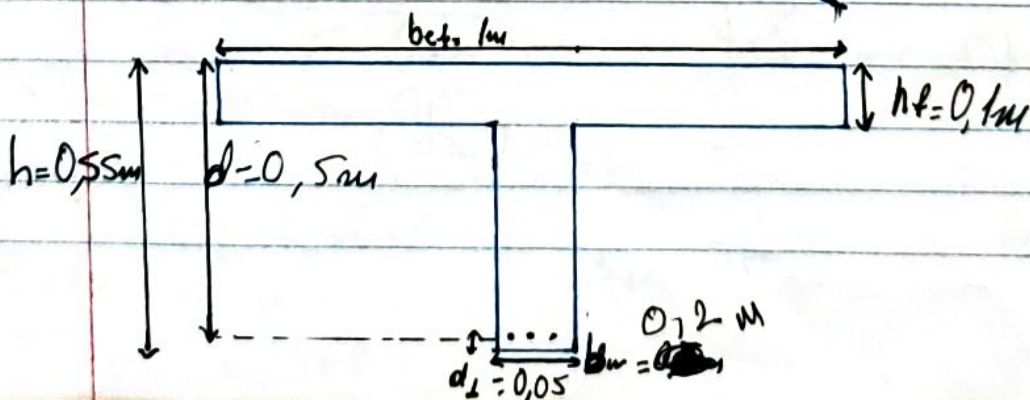


$V_{sd}(x)$
 $V_{sd}(\pi+d)$
 $V_{sd}(\pi+2h_b)$

C16

Ord. Kypar S500

Ord. διαφραξης S400



$$C16 \rightarrow \tau_{rd} = 0,22 \text{ MPa} \quad , \quad C12 \rightarrow \tau_{rd} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$C80 \rightarrow \tau_{rd} = 0,26 \text{ MPa}$$

$$C25 \rightarrow \tau_{rd} = 0,30 \text{ MPa}$$

$$M_{sd}^{max} = \frac{qL^2}{8} = \frac{80 \times 6^2}{8} = 360 \text{ kNm}$$

$$\text{Τρυπόδεμα C16} \rightarrow f_{cd} = \frac{16}{1,5} = 10,67 \text{ MPa}$$

$$V_{sd} = \frac{qL}{2} = \frac{80 \times 6}{2} = 240 \text{ kN}$$

$$\text{Οπλ. κάλυψης S500} \rightarrow f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$V_{sd}^{(\pi)} = (3 - 0,3)240 = 216 \text{ kN}$$

$$\text{Οπλ. διστίμων S400} \rightarrow f_{yd} = \frac{400}{1,15} = 347,83 \text{ MPa}$$

$$V_{sd}^{(\pi+d)} = (3 - 0,3 - 0,5)240 = 176 \text{ kN}$$

$$2h_b$$

$$V_{sd}^{(\pi+e_{cr})} = \frac{3(3 - 1,2)}{1,8}240 = 144 \text{ kN}$$

$$e_{cr} = (h - d_1 - d_2) \times 2 = (0,55 - 0,05 - 0,05) \times 2 = 0,9$$

$$\pi + e_{cr} = 0,3 + 0,9 = 1,2$$

Στο άνοιγμα η δοκός οπλίζεται ως πλακοδοκός

$$h/d = \frac{0,1}{0,5} = 0,2$$

$$b_{ef}/b_w = \frac{1}{0,2} = 5$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{ef} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{360 \text{ kNm}}{1 \cdot 0,5^2 \cdot \frac{16}{1,5} \cdot 10^3} = 0,135$$

χρησιμοποιώ S500

$$\text{Πίνακα CEB} \rightarrow \mu_{lim} = 0,186 \quad \text{κ}' \quad 1000\omega = 148$$

$$(CM) \rightarrow A_{s1} = \omega \cdot b_{ef} \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{M_{sd}}{f_{yd}} = 0,148 \times 100 \times \frac{50}{1,15} \times \frac{16}{1,5} = 18,16 \text{ cm}^2$$

$$6 \phi 20 \rightarrow A_{s1} = 18,84 \text{ cm}^2 \quad (\text{κέρως})$$

$$L=5 \text{ Έλεγχος διστίμων: } V_{rd1} \geq V_{sd}^{(\pi+d)} = 176 \text{ kN}$$

$$V_{rd1} = \tau_{rd} \cdot k \cdot (1,2 + 40\rho_L) \cdot d \cdot b_w$$

$$C16 \rightarrow \tau_{rd} = 0,22 \text{ MPa} = 220 \text{ kN/m}^2$$

$$k = 1,6 - d = 1,6 - 0,5 = 1,1 > 1,0$$

$$\rho_L = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} = \frac{18,84}{20 \cdot 50} = 0,0188 < 0,02$$

$$V_{rd1} = 220 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,1 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,0188) \cdot 0,5 \cdot 0,2 = 47,24 < 176$$

Συνεπώς χρειάζεται οπλισμός διστίμων.

2^{ος} έλεγχος διατμήσης: $V_{rd2} \geq V_{sd} = 216 \text{ kN}$

$$V_{rd2} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot 0.9 \cdot d (1 + \cot \alpha) \quad (\alpha = 90^\circ \rightarrow \cot \alpha = 0)$$

$$v = 0.7 - \frac{f_{ct}}{200} = 0.7 - \frac{16}{200} = 0.62 > 0.5$$

$$\text{kN} \rightarrow V_{rd2} = 0.5 \cdot 0.62 \cdot \frac{16}{1.5} \cdot 10^3 \cdot 0.2 \cdot 0.9 \cdot 0.5 = 297.7 \text{ kN} > 216 \text{ kN}$$

Συνεπώς δε χρειάζεται αλλαγή διατομής

3^{ος} έλεγχος διατμήσης: εύρεση οπλισμένης διατομής

α) Στη κρίσιμη περιοχή: Από την παρεία (π) του υποστυλώματος έως απόσταση $(2h_b) = 2 \cdot 0.45 = 0.9 \text{ m}$ σε κάθε στήριξη της δοκού.

$$V_{rd3} = V_{wd} + V_{cd} \geq V_{sd}^{(\pi+d)} = 176 \text{ kN} \quad (1)$$

Επειδή πρόκειται για γραμμικό στοιχείο δοκού άρα η V_{cd} στη κρίσιμη περιοχή είναι: $V_{cd}^{(\pi+d)} = 0.3 \cdot V_{rd1} = 0.3 \cdot 47.24 = 14.17 \text{ kN}$

$$\text{Άρα: } (1) \Rightarrow V_{wd} = V_{rd}^{(\pi+d)} - V_{cd} = V_{sd}^{(\pi+d)} - 0.3 \cdot V_{rd1} = 176 \text{ kN} - 14.17 = 161.83 \text{ kN} \quad (2)$$

$$V_{wd} = \frac{0.9d}{5} A_{sw} \cdot f_{ywd} (1 + \cot \alpha) \sin \alpha \quad (\alpha = 90^\circ \rightarrow \cot \alpha = 0.5, \sin \alpha = 1)$$

$$\text{Συνεπώς } V_{wd} = \frac{0.9d}{5} A_{sw} \cdot 347.83 \cdot 10^3 = 156.52 \cdot 10^3 \frac{A_{sw}}{5} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{m}} \right) \text{ kN}$$

$$\text{ή } V_{wd} = 15.65 \cdot \frac{A_{sw}}{5} \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} \text{ kN} \quad (3)$$

Επιλέγοντας έγκριμτος ανδετάρει διατομική Φ10:

$$A_{sw} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 0.1^2}{4} = 1.57 \text{ cm}^2 \quad (4)$$

$$\text{Οπότε } (1), (2), (3), (4) \rightarrow 161.83 = 15.65 \cdot 1.57 \rightarrow$$

$$s = 0.152 \text{ m} = 15.2 \text{ cm}$$

Έλεγχος μέγιστης απόστασης συνδετήρων εντός κρίσιμης περιοχής.

$$S_{\max} = \min \left\{ \frac{h_e}{3}, 10 \cdot \frac{d}{4}, 20 \cdot \phi_w, 200 \text{ mm} \right\}$$

$$= \min \left\{ \frac{450}{3}, 10 \cdot 20, 20 \cdot 10, 200 \text{ mm} \right\} = 150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$$

Άρα $S = S_{\max} = 15 \text{ cm}$ (Διπλ. Φ10/15 συνδετήρες στις κρίσιμες περιοχές).

6) Έλεγχος ΕΚΤΟΣ κρίσιμων περιοχών: Από απόσταση $2h_e$ από την κάθε παρειά έως το μέσο του αγκυρώματος της δοκού.

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} \geq V_{sd}^{(\pi+2h_e)} = 144 \text{ kN} \quad (5)$$

Η χρήση του $V_{sd}^{(\pi+2h_e)}$ είναι πιο οικονομική επιλογή από το να γίνει ο έλεγχος με την $V_{sd}^{(\pi+d)}$. Ο S γνωστός εκτός κρίσιμων περιοχών $V_{cd} = V_{Rd1} = 47,24 \text{ kN}$

$$\text{Άρα } V_{wd} = 144 - 47,24 = 96,76 \text{ kN} \quad (6)$$

Επιλέγω ομοίως όπως πριν διάμετρος Φ10

$$(3), (5), (6) \rightarrow 96,76 = 15,65 \cdot \frac{1,57}{S} \rightarrow S = 0,254 \text{ m} = 25,4 \text{ cm}$$

ii) Έλεγχος μέγιστης απόστασης συνδετήρων εκτός κρίσιμων περιοχών.

$$V_{sd}^{(\pi+2h_e)} = 144 \text{ kN} < 0,67 V_{Rd2} = 199,46 \text{ kN} \rightarrow$$

$$S_{\max} = \min \{ 0,6 \cdot d, 300 \text{ mm} \} = 30 \text{ cm} \rightarrow \underline{\underline{\Phi 10/25,4}}$$

iii) Έλεγχος ποσοστού διαμήκινου οπλισμού

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{bws} = \frac{1,57}{20 \cdot 25,4} = 0,0031 > \rho_w^{\min} = 0,0009 \quad (0 \text{ k εφ' όσον } C16 \text{ ή } S400)$$

iv) Έλεγχος αποστάσεων σκελών ανέναντι

$$V_{sd}^{(\pi+d)} = 176 \text{ kN} < 0,67 V_{Rd2} = 0,67 \cdot 297,7 = 199,46 \text{ kN}$$

$$V_{sd}^{(\pi+d)} \geq 0,2 V_{Rd2} = 60 \text{ kN}$$

$$a = \max \{ 0,6 \cdot d, 300 \text{ mm} \} = \max \{ 0,6 \cdot 500, 300 \text{ mm} \} = 300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$$

$$d = 15 \text{ cm} < 30$$

