

Υποβελώνυμα

Εστω C30/B37, B500C

$G = 675 \text{ kN}$, $Q = 300 \text{ kN}$

$\psi_2 = 0.3$

• Επιλογή διαστάσεων:

Από τον συνδυασμό Z:

$$N_d = G + \psi_2 Q = 675 + 0.3 \times 300 = 765 \text{ kN}$$

Απαιτείται $\nu \leq 0.5 \Rightarrow$

$$\nu = \frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{765}{b h \times 17000} \leq 0.5 \Rightarrow$$

$$b h \geq \frac{765}{17000 \times 0.5} = 0.09 \text{ m}^2$$

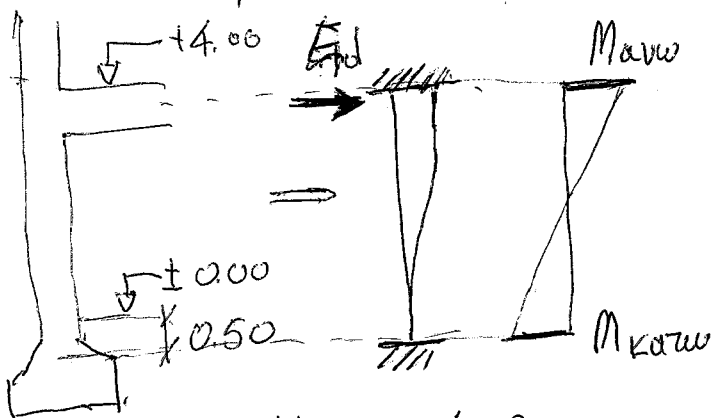
$$\Rightarrow b = h = 0.30 \text{ m.}$$

• Ένταση: Αξονική δύναμη

$$N_d = 765 \text{ kN}$$

Ορισμένη δύναμη $E_d = 0.1 N_d$

$$\Rightarrow E_d = 76.5 \text{ kN}$$



Εκτιμώ $H_{op} = 4.50 \text{ m}$

$$\Rightarrow M_{\text{max}} = M_{\text{min}} = E_d \cdot \frac{H_{op}}{2}$$

$$\Rightarrow M_{Ed} = 76.5 \times \frac{4.50}{2} = 172.1 \text{ kNm}$$

• Οπλισμοί Εστω $d_1 = 4.5 \text{ cm}$

$$d_1/h = 4.5/30 = 0.15$$

$$\nu_d = \frac{765}{0.3 \times 0.3 \times 17000} = 0.50 \checkmark$$

$$\mu_d = \frac{172.1}{0.3 \times 0.3^2 \times 17000} = 0.0375$$

$$\Sigma \times 2.3 \Rightarrow \omega_{\text{tot}} = 0.8 \Rightarrow$$

$$A_{s \text{ tot}} = 0.8 \times 30 \times 30 \times \frac{17}{435} = 28.1 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ελεγχος } \rho = \frac{A_{s \text{ tot}}}{b h} = \frac{28.1}{30 \times 30} = 3.1\%$$

Στην ευφάνηση ζητείται (για παιδαγωγικούς λόγους) να είναι $\rho \leq 2\%$

• Αλλαξω διαστάσεις (συνήθως ανά 5 cm)

Εστω $b = h = 35 \text{ cm}$

$$d_1/h = \frac{4.5}{35} = 0.13$$

Επί το δυσμενέστερον χρησιμοποιώ το Δ/μ του ΣΧ 2.3

$$\nu_d = \frac{77.5}{0.35 \times 0.35 \times 17000} = 0.37$$

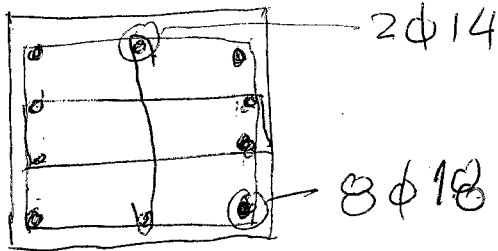
$$\mu_d = \frac{174.4}{0.35 \times 0.35^2 \times 17000} = 0.24$$

$$\Rightarrow \omega_{\text{tot}} = 0.4 \Rightarrow$$

$$A_{s \text{ tot}} = 0.4 \times 35 \times 35 \times \frac{17}{435} = 19 \text{ cm}^2$$

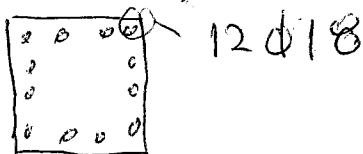
* Λογω ελάχιστης διαστάσεων $\Delta N = (0.35^2 - 0.30^2) \times 10,000 \times 25 \approx 10 \text{ kN}$

Τίθενται 8φ18 ($=20\text{cm}^2$)
 στις 2 πλευρές

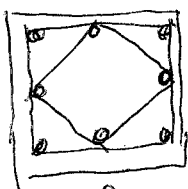


και για μετασχηματισμούς
 λόγω 2φ14 στα μέσα
 των άλλων 2 πλευρών.

Σημ. Επειδή πιθανόν
 να υπάρχει ροπή και
 μετά την άλλη διεύθυνση
 θα προτιμούσαμε οπλισμό
 ομοιομορφα κατανείμενο
 στην περιφέρεια, και επειδή
 θα ήταν υπέρβολη
 να οπλίζαμε έτσι:



Θα προτιμούσαμε να
 χρησιμοποιήσουμε τα
 ό/τα των σχημάτων
 2.5 και 2.6 (γραμμική
 παρεμβολή) από όπου
 θα είχαμε βρει $A_{stot} = 23,5\text{cm}^2$
 $\Rightarrow 8\phi 20$



(Επαληθευατε-τε)

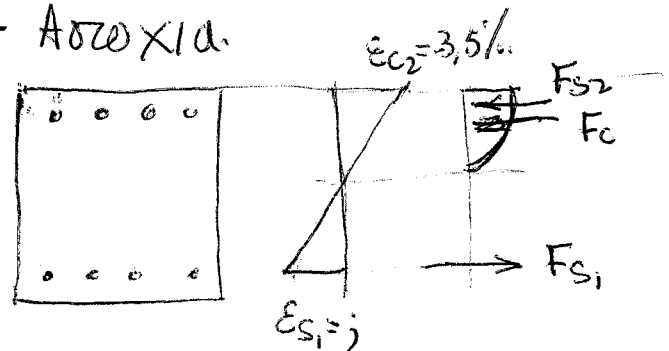
Εδώ, παρ' όλα αυτά,
 θα συνεχίσουμε με την
 παρατηρούμενη οπλισή
 των 8φ18 αγρούς και
 τα ενδιάμεσα 2φ14

• Δ/μα ροπών-αμνησίσεων
 για ατόνιση $N = 775\text{kN}$

Αντιστατεύεται θα το
 χαρατουμε από 2
 χαρακτηριστικά σημεία:

- Το σημείο αστοχίας
- Το σημείο όπου δια-
 ρεί οπλέον εφελκυσ-
 τικός οπλισμός.

← Αστοχία.



Ισοδυναμία ατόνιων δυνάμεων

$$N_{cs} = N_{cs} \Rightarrow$$

$$-775 = F_{s1} - F_{s2} - F_c$$

Αν αμεφοτεροι οι οπλισμοι
 έχουν υπέρταση $\Rightarrow$

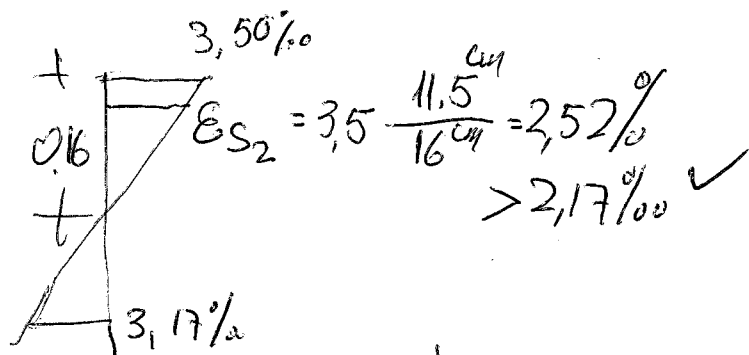
$$775 = F_c = \alpha \cdot x \cdot b \cdot f_{cd}$$

$$\text{Για } \epsilon_{c2} = -3.5\text{‰} \Rightarrow \alpha = 0.81$$

$$\Rightarrow x = 775 / (0.81 \times 0.35 \times 17000) = 0.16\text{m}$$

$$x = \frac{\epsilon_{c2}}{\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1}} \cdot d = \frac{3.5}{3.5 + \epsilon_{s1}} \times 0.305 \Rightarrow$$

$$-2- \epsilon_{s1} = 3.17\text{‰} (\geq 2.17\text{‰} \checkmark)$$

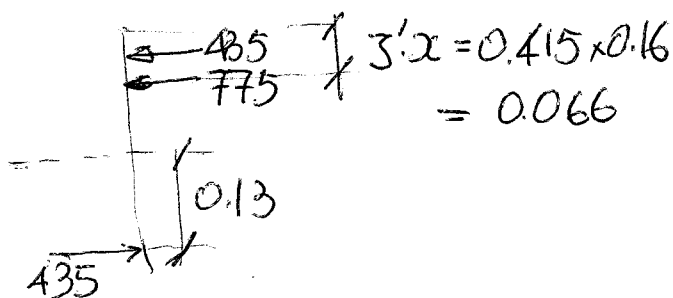


Εσωτερικές δυνάμεις

$$F_{s1} = F_{s2} = 10 \text{ cm}^2 \times 43.5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 435 \text{ N}$$

$$F_c = 0.81 \times 0.16 \times 0.35 \times 17000 = 771 \text{ N} < 775 \text{ N}$$

Ροπές ως προς ΚΒ

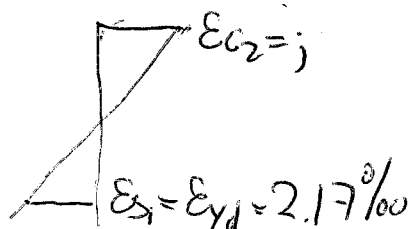


$$M_{R1} = (435 + 435) \times 0.13 + 775 \times 0.109 = 113.1 + 84.5 = 197.6 \text{ Nm}$$

Καμνυλότητα:

$$\left(\frac{1}{R}\right)_u = \frac{3.5 + 3.17}{0.305} = 21.9 \times 10^{-3} (\text{m}^{-1})$$

- Διαρροή πλέον εφ. ομλ.
Τώρα είναι αγνώστη
η ϵ_{c2} ;



Εστω ότι έχει διαρροήσει
ο θλιψόμενος οπλισμός
 $\Rightarrow N_{ef} = N_{co} \Rightarrow$

$$775 = \alpha \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} \Rightarrow$$

$$\alpha \cdot x = \frac{775}{0.35 \times 17000} = 0.13 \text{ m}$$

Με δοκιμές:

- Εστω $\epsilon_{c2} = 3.4\text{‰} \Rightarrow$

$$\alpha = \frac{3.4}{3.4 + 2.17} \times 0.305 = 0.186$$

$$\alpha = 0.804$$

$$\alpha x = 0.15 \text{ m} \neq 0.13$$

- Εστω $\epsilon_{c2} = 3.3\text{‰}$

$$\alpha = \dots = 0.184 \text{ m}$$

$$\alpha = 0.798$$

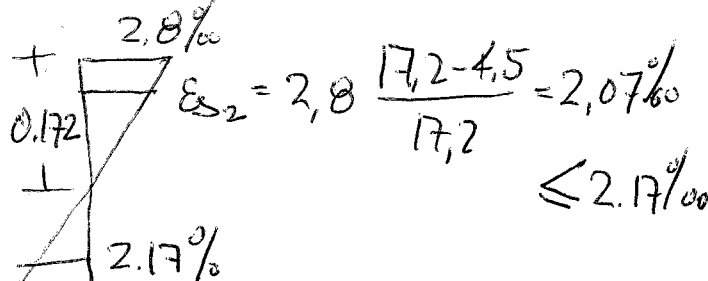
$$\alpha x = 0.147 \text{ m} \neq 0.13 \text{ m}$$

- Εστω $\epsilon_{c2} = 2.8\text{‰}$

$$\alpha = \dots = 0.172 \text{ m}$$

$$\alpha = 0.762$$

$$\alpha x = 0.131 \approx 0.13 \text{ m} \checkmark$$



Δεν έχει διαρροήσει ο
θλιψόμενος οπλισμός
 $\Rightarrow$ αναγράφω την εφίσταση
ισοδυναμίας δυνάμεων
στην $F_{s2} = A_{s2} \cdot (\epsilon_s \cdot \epsilon_{s2})$

$$-775 = 435 - 10 \cdot 20.000 \cdot \epsilon_{s2} - \alpha \cdot x \cdot 0.35 \times 17000$$

Με αγνωστο το ϵ_{c2}

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{c2} \frac{x - d_1}{x}$$

$$\text{και } x = \frac{\epsilon_{c2}}{\epsilon_{c2} + 2,17} \cdot 0.305$$

Με δομένες έχω για

$$\epsilon_{c2} = 2,9\text{‰} \Rightarrow$$

$$x = \frac{2,9}{2,9 + 2,17} \cdot 0.305 = 0.174 \text{ m}$$

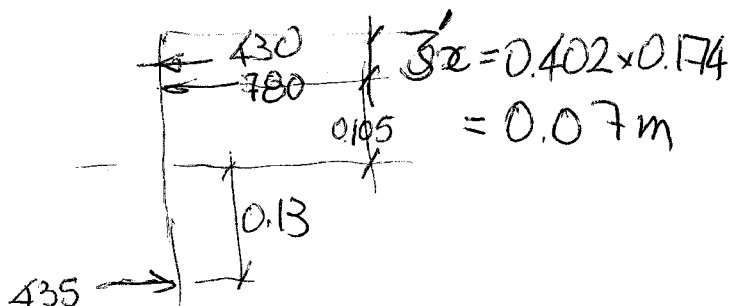
$$\alpha = 0.77$$

$$\epsilon_{s2} = 2,9 \frac{17,4 - 4,5}{17,4} = 215\text{‰}$$

$$\Rightarrow -775 \stackrel{?}{=} 435 - 430 \cdot 0.77 \cdot 0.174 \times 0.35 \times 17000$$

$$-775 \stackrel{?}{=} 435 - 430 \cdot 797 = 792 \text{ V}$$

Ροδες ως προς ΚΒ



$$M_y = 435 \times 0.13 + 430 \times 0.13 + 780 \times 0.105 =$$

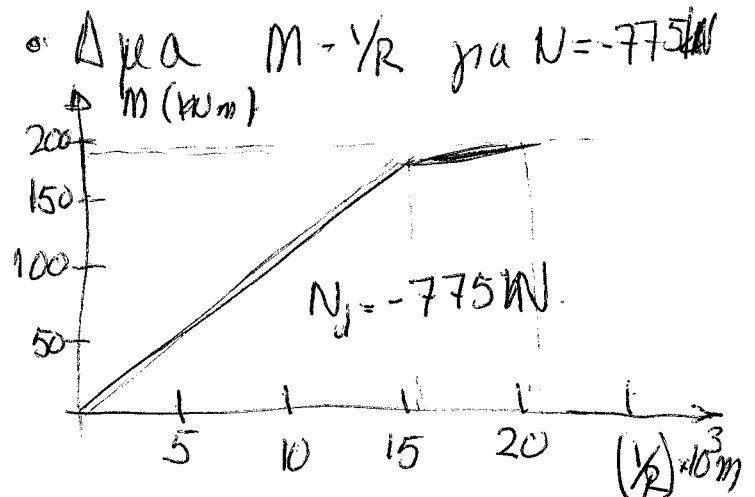
$$= 56,55 + 55,90 + 81,9 =$$

$$= 194,35 \text{ Nm}$$

? Ερώτηση: Γιατί όταν υπολογιστώ τις M_y έλαβα $F_c = 780 \text{ kN}$ και όχι 797 kN ;

καμπυλότητα

$$\left(\frac{1}{R}\right)_y = \frac{2,9 + 2,17}{0.305} = 16,6 \times 10^{-3} (\text{m}^{-1})$$



Παρατηρώ πολύ μικρό περιθώριο καμπυλότητας πέρα την διαρροή: πλαστιμότητα καμπυλότητας

$$\mu_{1/R} = \frac{21,9}{16,6} = 1,32$$

... η συνέχεια βρε ένομετο εταμνηο.

• Σύνθετος 1

$$N_d = 1.35 \times 675 + 1.5 \times 300 = 1361 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{1361}{0.35 \times 0.35 \times 17000} = 0.65$$

$$\mu = 0$$

$$\Rightarrow \omega_{tot} = 0.$$

Κρισιμος ειναι ο συνθετος 2.