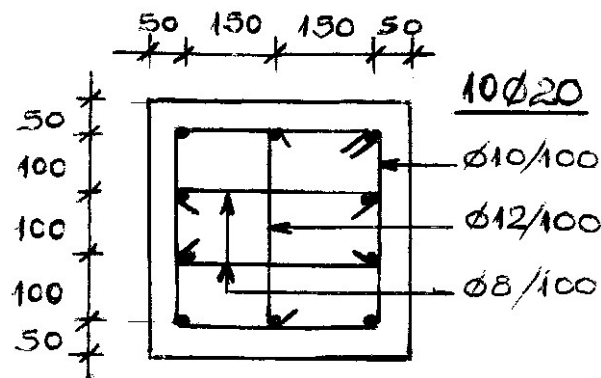


Εξέταση στο μάθημα
Ωπλισμένο Σκυρόδεμα II
του 7^{ου} εξ. Τε 28-8-2019

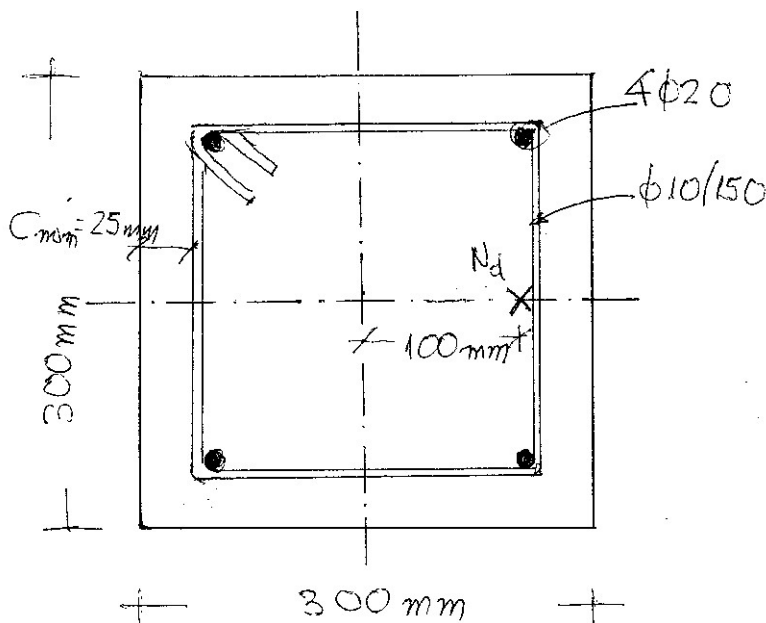
Διάρκεια 3h Απαντήστε σε όλα τα ερωτήματα. Επιτρέπεται μόνο η χρήση του Τυπολογίου. Τα κινητά τηλέφωνα πρέπει να είναι **απενεργοποιημένα** (όχι απλώς σιωπηλά).

Ζήτημα 1^ο Τετραγωνικό υποστύλωμα πλαισίου, με διατομή 0.40*0.40m, υλικά C30/37 και B500C, και λεπτομέρειες όπλισης κατά το συνημμένο σκαρίφημα, καταπονείται υπό σεισμόν με θλιπτική αξονική δύναμη $N_d = -500 \text{ kN}$. Λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της περισφίγξεως του υπόψη υποστυλώματος και την απαίτηση για πλαστιμότητα καμπυλοτήτων $\mu_\varphi = 9$, να εκτιμηθεί η μέγιστη υπό σεισμόν θλιπτική αξονική δύναμη η οποία επιτρέπεται να καταπονήσει το υπόψη υποστύλωμα ($\max N_d$, kN).
(βαθμ. 2.5)



Ζήτημα 2^ο Τετραγωνικό υποστύλωμα πρόβολος, με διατομή 0.30*0.30m, υλικά C30/37 και B500C, διαμήκη όπλισμό 4Φ20, συνδετήρες Φ10/150mm, ονομαστική επικάλυψη συνδετήρων $c_{nom} = 25 \text{ mm}$, καταπονείται υπό θλιπτική αξονική δύναμη N_d με μονοαξονική εκκεντρότητα 0.10m. Ζητούνται:

α) Αν το ύψος του υποστυλώματος είναι μικρό ώστε να μπορούν να αγνοηθούν τα φαινόμενα 2ας τάξεως, πόσο είναι το μέγιστο φορτίο, $\max N_{da}$, που μπορεί να αντέξει το υποστύλωμα;
β) Αν το υποστύλωμα καταπονείται με φορτίο σχεδιασμού ίσο προς το ήμισυ του φορτίου που βρήκατε στο α ερώτημα, $N_{d\beta} = 0.5 \max N_{da}$, με την ίδια ως άνω μονοαξονική εκκεντρότητα, να βρεθεί το μέγιστο ύψος του υποστυλώματος ώστε να υπάρχει ασφάλεια έναντι λυγισμού. Το ύψος να υπολογισθεί με τους εξής δύο τρόπους: β1) με διαγράμματα αλληλεπιδράσεως και β2) αναλυτικά εφαρμόζοντας την μέθοδο ονομαστικών καμπυλοτήτων (μέθοδος προτύπου υποστυλώματος), $K_\varphi = 1.0$. (**Προσοχή:** ζητείται η επίλυση και με τους δύο τρόπους β1 και β2).
Ό,τι δεν δίνεται επιλέγεται ευλόγως υπό του μελετητού.



(βαθμ. 4.0)

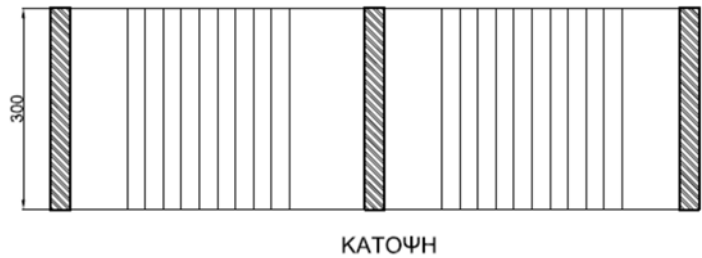
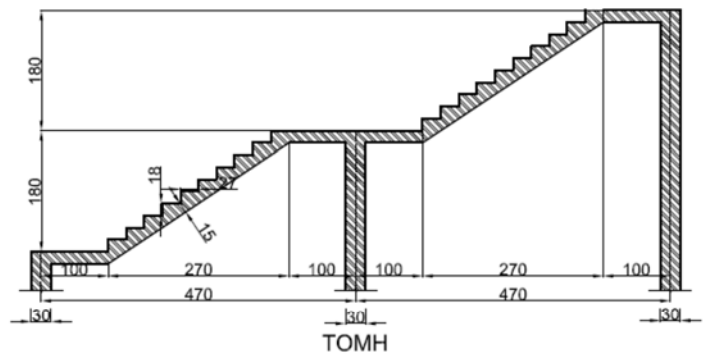
Ζήτημα 3^ο α) Η εικονιζόμενη σκάλα φέρει πρόσθετα μόνιμα φορτία (πλην του ιδίου βάρους) 2.8kN/m^2 και κινητά 3.5kN/m^2 . Ζητείται ο λεπτομερής προσδιορισμός του απαιτούμενου οπλισμού και τα αναπτύγματα αυτού σε σκίτσα με αναλυτικές διαστάσεις για καθολική φόρτιση (χωρίς δυσμενείς φορτίσεις). Υλικά C30/37 και B500C. Ύψος διατομής σκυροδέματος σκάλας και πλατυσκάλων 15cm .
Υπόδ.: Για την επίλυση ο φορέας μπορεί να προσομοιωθεί με συνεχή δοκό δύο ίσων ανοιγμάτων. Το κατανεμημένο φορτίο σχεδιασμού, p_d , να θεωρηθεί σταθερό ύστερα από ομοιομορφοποίηση του συνολικού φορτίου (που θα προσδιοριστεί αναλυτικά). Για συνεχή δοκό δύο ίσων ανοιγμάτων, μήκους L το καθένα, ισχύει:

$M_{\min} = -p_d L^2 / 8$ στη μεσαία στήριξη.

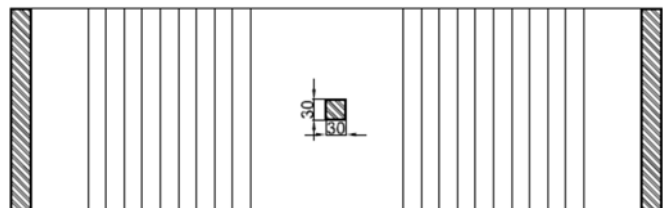
$M_{\max} = p_d L^2 / 14.22$ στη θέση $x = 5/8 L$ από τη μεσαία στήριξη.

Σημείο μηδενισμού ροπών στη θέση $x = 1/4 L$ από τη μεσαία στήριξη.

Αντίδραση στη μεσαία στήριξη: το 60% του συνολικού φορτίου.



β) Εναλλακτικώς προς την παραπάνω κάτοψη, εξετάζεται η περίπτωση της εξής διαμορφώσεως:



Στην περίπτωση αυτή, να προσδιορισθεί το ελάχιστο πάχος της πλάκας ώστε να μην απαιτείται οπλισμός διάτρησης. Προς απλούστευση των υπολογισμών, θεωρήσατε (παρόλο που δεν είναι ορθόν), ότι τα φορτία και η όπλιση της εναλλακτικής αυτής διαμόρφωσης είναι τα ίδια με του α ερωτήματος. Ό,τι δεν δίνεται επιλέγεται ευλόγως υπό του μελετητού.

(βαθμ. 4.0)

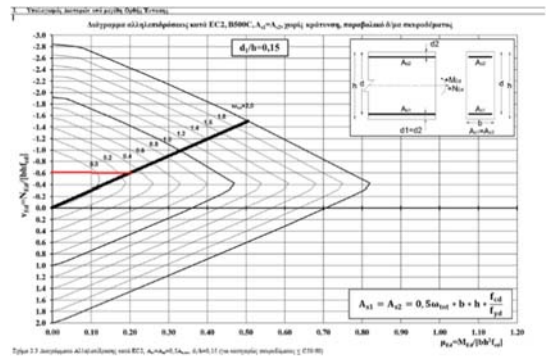
Ζήτηση 2°

$$d_1 = 25 + 10 + 0.5 \cdot 20 = 45 \text{ mm}, d_1/h = 45/300 = 0.15$$

$$\omega = [4 \cdot 3.14 \cdot 435] / [30 \cdot 30 \cdot 17] = 0.36$$

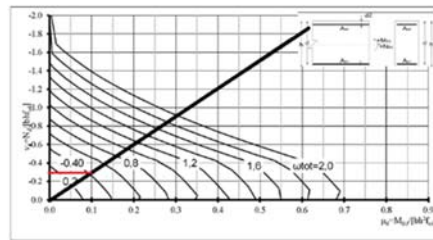
$$v = N_d / [b h f_{cd}], \mu = N_{de} / [b h^2 f_{cd}] \rightarrow v/\mu = h/e = 30/10 = 3$$

Αρα στο δ/μα αλληλεπιδράσεως φέρουμε μια ευθεία με κλίση $v/\mu = 3$ και αναζητούμε το σημείο τομής-της με την καμπύλη $\omega = 0.36$ (γραμμική παρεμβολή μεταξύ $\omega = 0.2$ και $\omega = 0.4$). Διαβάζουμε $v = 0.61$ και άρα $N_{da} = 0.61 [b h f_{cd}] = 0.61 \cdot 0.30^2 \cdot 17000 = \underline{933 \text{ kN}}$ **(βαθμ. 1.0)**

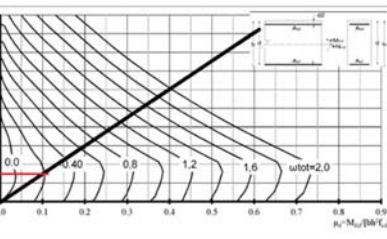


β1) Για $N_{d\beta} = 0.5 \max N_{da} = 466.5 \text{ kN}$, $\rightarrow v_\beta = 0.31$ και $\mu_\beta = 0.1$ θα απαιτούνταν:

Διάγραμμα αλληλεπιδράσεως κατά EC2, B500C, $A_s = A_{s2}$, χωρίς κίνδυνο, παραβολικό δ/μα παραβολόμοιο, $d_1/h = 0.15$, $d/h = 0.15$, $A_{s1}/A_{s2} = 0.5 \omega_{tot} / 0.5 \omega_{tot}$



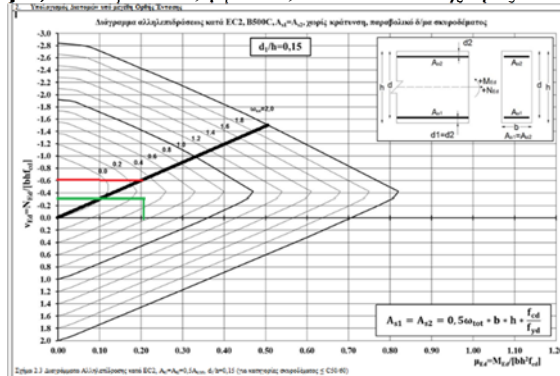
- Για λυγηρότητα $\lambda = L_0/h = 30$ $\omega = 0.4$ (δεν αντέχει)



- Για λυγηρότητα $\lambda = L_0/h = 20$ $\omega = 0.19$ (αντέχει)

Αρα για $\omega = 0.36$ με γραμμική παρεμβολή(!) προκύπτει ότι αντέχει λυγηρότητα $\lambda = 28$, άρα $2L/0.30 = 28 \rightarrow \underline{L = 4.20 \text{ m}}$ **(βαθμ. 1.5)**

β2) Για $v_\beta = 0.31$, $\mu_\beta = 0.1$, $\omega = 0.36$ και χωρίς κίνδυνο λυγισμού ($\lambda = 0$) προκύπτει ότι η διατομή έχει ροπή αντοχής $\mu_R = 0.22$



Αρα η διαφορά $\mu_R - \mu_\beta = 0.22 - 0.10$ είναι η ροπή 2ας τάξεως που μπορεί να αντέξει το υποσύλωμα:

$$M_2 = (0.22 - 0.10) \cdot 0.30^3 \cdot 17000 = 55 \text{ kNm}$$

$$\text{Αλλά } M_2 = N_{de} e_2 \text{ με } e_2 = (1/r) [L_0]^2 / 10, \text{ όπου } 1/r = K_r K_\phi e_{yd} / [0.45d]$$

$$K_\phi = 1, v = 0.31 < 0.40 \text{ άρα } K_r = 1 \text{ άρα:}$$

$$55 = [933/2] \cdot 2.17\% [L_0]^2 / [10 \cdot 0.45 \cdot 0.255] \rightarrow [L_0]^2 = 62.3, L_0 = 7.9 \text{ m}, \rightarrow \underline{L = 3.95 \text{ m}} \quad \textbf{(βαθμ. 1.5)}$$

Σημ.: Η διαφορά μεταξύ των δύο τρόπων επίλυσης οφείλεται εν μέρει στα λάθη ανάγνωσης των διαγραμμάτων και εν μέρει στο ότι δεν είναι σωστή η γραμμική παρεμβολή μεταξύ των διαφορετικών λυγηροτήτων. Δεν αξιολογείται.

ΖΗΤΗΜΑ 3

Φορτία:

Μόνιμα: 2,8 kPa

Κινητά: 3,5 kPa

Ίδιο Βάρος < Ορίζονται τμήμα: $0,15 \cdot 25 = 3,75 \text{ kPa}$
 Κεντρικό κένο: $((0,15 + \frac{0,15}{2}) / 0,87) \cdot 25 = 6,80 \text{ kPa}$

$$\frac{\sqrt{18^2 + 27^2}}{27} = \frac{32,4}{27} = 1,2$$

$$\cos \phi = 27/32,4$$

Συνολικό φορτίο (ανά μέτρο πλάτους πλάτους)

$$\text{Ίδιο Βάρος: } 1,35 \cdot [6,80 \cdot (2 \cdot 2,70) + 3,75 \cdot (4 \cdot 1,00)] = 69,82 \text{ kN/m (πλάτους)}$$

$$\text{Μόνιμα: } 1,35 \cdot 2,80 \cdot 2 \cdot 4,70 = 35,53 \text{ kN/m (πλάτους)}$$

$$\text{Κινητά: } 1,50 \cdot 3,5 \cdot 2 \cdot 4,70 \text{ kN/m/m} = 49,35$$

$$q = \frac{154,7 - 3,00}{2 \cdot 4,70} = 49,37 \text{ kN/m}$$

Εντασιακή ροπή

$$|M|_{\max} = \frac{q l^2}{8} = 126,33 \text{ kNm στη στήριξη}$$

$$M_{\max}^{(+)} = \frac{q l^2}{16,72} = 76,70 \text{ kNm στη θέση } x_1 = \left(\frac{5}{8} \cdot 4,70\right) = 2,94 \text{ από τη στήριξη}$$

$$\text{Μηδυνισμός ροπών στη θέση } x_2 = \left(\frac{1}{4} \cdot 4,70\right) = 1,175 \text{ από τη στήριξη}$$

$$\text{Μεσαία αντίδραση: } R_1 = (0,6) \cdot 49,37 \cdot 2 \cdot 4,70 = 278,45 \text{ kN}$$

(Η "ακρίβεια" τιμή είναι $(0,625)$ που οδηγεί σε $R_1 = 290,05 \text{ kN}$)

Οπλισμοί:

Για $b = 3000 \text{ mm}$ και $d = (150 - 30) = 120 \text{ mm}$ $f_{cd} = 0,85 \cdot 30 / 1,5 = 17 \text{ MPa}$ προκύπτει:

α) Για τις θετικές ροπές: Για $20\phi 10$ (1649 mm^2) $M_{rd} = 77,20 > 76,70 \checkmark$
 ($\phi 10/150$)

β) Για τις αρνητικές ροπές: Για $26\phi 10$ (2042 mm^2) $M_{rd} = 98,70 > 126,33 \checkmark$

ή: Για $39\phi 10$ (3063 mm^2) $M_{rd} = 139,35 > 126,33 \checkmark$

Υφίσταται $(10+10)\phi 10$ (από καμψη) \rightarrow Έξτρα $19\phi 10$ ($\phi 10/157$)

ή $20\phi 10$ ($\phi 10/150$) \checkmark

Ποσοστά οπλισμών στη στήριξη

ο υπολογισμός γίνεται με $40\phi 10$ (3146 mm^2) (αναλόγως για άλλες επιλογές)

$$\rho_x = \frac{3146}{3000 \cdot 120} = 0,00874$$

Βαθμολογείται
στα συντάγματα

Κατά την ελαφρώς έννοια πρέπει να τοποθετηθεί τουλάχιστον ο οπλισμός διατομής

$$\rho_{y,\min} = 0,20 \rho_x = 0,001748 \text{ . Ανά μέτρο } 1000 \cdot 120 \cdot 0,001748 = 209,73 \text{ mm}^2$$

$$= 4,19 \phi 8/\text{m}$$

$$(\phi 8/240)$$

$$\rho = \sqrt{\rho_x \rho_y} = 0,0039 \text{ (για χαιδύ στη διάτρησι)}$$

$$\downarrow$$

$$\text{Συνολικά } \frac{2 \cdot 470}{24} =$$

$$= 39\phi 8 \text{ l = 2m}$$

Έλεγχος διατρήσης

①

$$v = 0,6 \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,53$$

$$V_{Rdmax} = 0,5 \cdot 0,53 \cdot 20 = 5,28 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed} = 278450 \quad v_{Ed} = \frac{278450}{4 \cdot 130 \cdot 300} = 1,78 < 5,28 \quad \text{OK στην ηχοσυνά}$$

$$d_{eff} = \frac{130 + 139}{2} = 134,5 \text{ mm}$$

$$u_1 = 4 \cdot 0,30 + 4 \cdot \pi \cdot 0,1345 = 2,89 \text{ m}$$

$$V_{Rdc} = 0,12 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,0039 \cdot 30)^{1/3} = 0,545$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot 2^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,54 \leftarrow \text{ισχύει και για μικρότερα } \rho$$

$$\text{Πρέπει } u_1 \cdot d \cdot V_{Rdc} \gg V_{Ed} \rightarrow \underbrace{2890 \cdot 134,5 \cdot 0,545}_{211844} \gg 278450$$

Δεν ισχύει, άρα χρειάζεται αύξηση του d (από 134,5)

$$u_1 = 4 \cdot 0,30 + 4 \pi \cdot d$$

$$(4 \cdot 300 + 4 \pi \cdot d) d \cdot 0,54 \gg 278450, \quad d \text{ σε mm}$$

$$\Rightarrow 6,78d^2 + 648d - 278450 = 0 \quad \begin{array}{l} \uparrow \\ \text{ανεξάρτητο από ποσοστό οπλισμού} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{προσεταιρίζεται ότι } d \leq 200 \text{ mm, οπότε δίνει αλλιώς} \\ \text{[η τιμή του K]} \end{array}$$

$$\Rightarrow d^2 + 95,48d - 41069 = 0$$

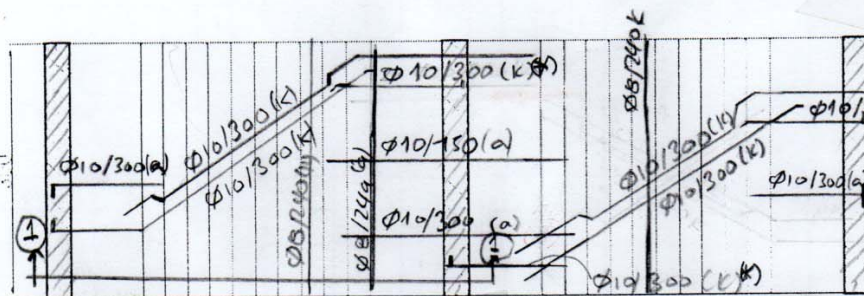
$$d_{1,2} = -47,74 \pm \sqrt{47,74^2 + 41069}$$

$$d_{\text{mm}} = -47,74 + 208,2 = 160,46, \quad h_{\text{min}} \approx 190 \text{ mm}$$

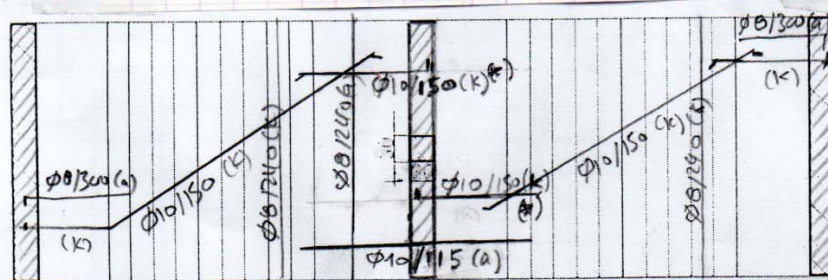
Παρατήρηση - διόρθωση: Η ροπή παρειάς είναι

$M_{\text{παρ}} = 136,33 - (278,45/2) \cdot 0,15 + (49,37 \cdot 0,15^2/2) = 116,00 \text{ kNm}$ και όχι 97,11 kNm. (βλ προηγούμενη σελίδα Εντατικά μεγέθη)

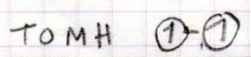
Έναντι αυτής της ροπής παρειάς θα έπρεπε να τροποποιηθούν η όπλιση και ο έλεγχος διάτρησης.



(*) Θα μπορούσε να είναι \varnothing 10/150



(*) (okoiws)



Όμιλοι κλιμ/είων

(1)

• Βλ. Σχέγραμμα $M_{Ed} + μειωμένες (d)$

• Σημ μετρία γάκωση, οι δέσεις $M_{Ed} = 0$ ευκρίνητων (πρακτικώς) με ως δάσεις, όγως 3 οι δέσεις 0,2L εως ακραίες εμπίζεις.

• Τηρούνται ως περί Αξμ, Σμαχ, διαρκών κ.η.

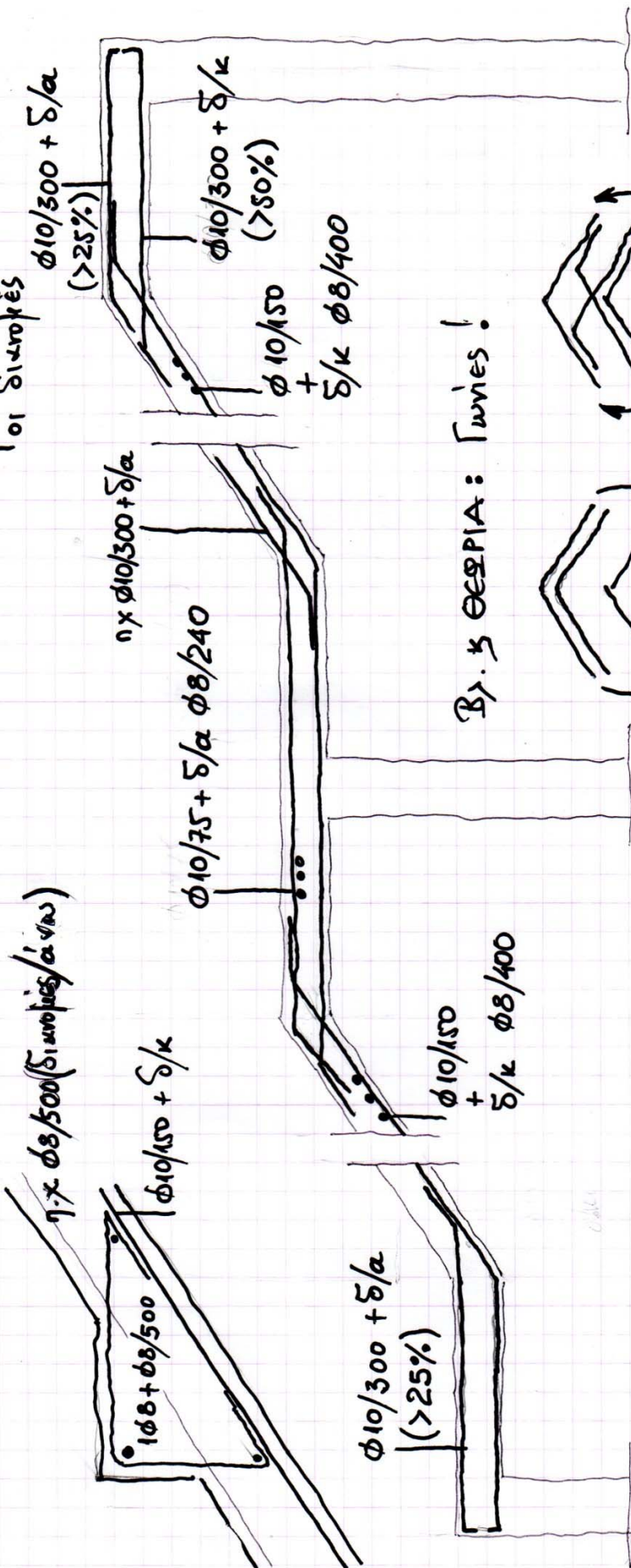
+ Ομιοχός ευνδερων άκρων!

+ Καρασκευατική περιμέτρία βωμιδοφόρων (δεν τινείει)

$$\left[\frac{2\phi_B}{\dots} \right] > 2h = 0,3m$$

η.χ. $\phi 8/500$ (δυναμικός/άκρος)

οι διαρκές $\phi 10/300 + \delta/a$ ($> 25\%$)



Βλ. 3 ΣΕΦΡΙΑ: Γυνίες!

