

Εξέταση στο μάθημα  
**Ωπλισμένο Σκυρόδεμα II**  
του 7<sup>ου</sup> εξ. Τε 12-6-2019

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<sup>ο</sup>** Να διαμορφώσετε μια δοκιδωτή τετραέρειστη πλάκα με θεωρητικά μήκη  $L_x=L_y=7.00\text{m}$ . Η πλάκα εδράζεται σε τέσσερις περιμετρικές δοκούς 250/600mm, οι δοκοί εδράζονται σε τέσσερα γωνιακά υποστυλώματα 300/300mm. Ειδικότερα ζητούνται: το συνολικό πάχος της πλάκας, η γεωμετρία των νευρώσεων και να γίνουν οι έλεγχοι κάμψης και διατμήσεως. Να σχεδιασθεί ο ξυλότυπος με τους οπλισμούς και μια τυπική λεπτομέρεια. Δίδονται: Υλικά: C25/30, B500C. Φορτία (πέραν του ι.β. της πλάκας): μόνιμα επικαλύψεως  $g_k=1.5\text{kPa}$ , ωφέλιμα  $q_k=3.0\text{kPa}$ . (βαθμ. 3.0)

**Ζήτημα 2<sup>ο</sup>** Πλάκα στεγάστρου, πάχους  $h=150\text{mm}$ , στηρίζεται, μέσω δοκού 250/500mm, σε υποστύλωμα διαστάσεων 250/375mm το οποίο έχει οπλισμό 4Φ20 ( $d_1=40\text{mm}$ ). Να βρεθεί το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο  $q_k$  (πέραν του ι.β.  $g_k$ ) το οποίο φορτίζει ομοιόμορφα και καθολικά το στέγαστρο σε όλη την έκτασή του.

Συγκεκριμένα ζητείται να γίνει χωριστός έλεγχος προς τις δύο διευθύνσεις, λαμβάνοντας υπόψη και τα φαινόμενα 2ας τάξεως με την μέθοδο της ονομαστικής καμπυλότητας (μέθοδος προτύπου υποστυλώματος). Η αθέλητη, κατασκευαστική εκκεντρότητα να ληφθεί ίση προς  $e_{at}=50\text{mm}$ . Το ι.β. της δοκού και του υποστυλώματος να αγνοηθούν. Ο ερπυσμός να αγνοηθεί. Υλικά: C25/30, B500C.

**Σημ.:** Δεν απαγορεύεται η χρήση διαγραμμάτων αλληλεπιδράσεως, αλλά θα πρέπει να γίνει σαφής αναφορά του χρησιμοποιούμενου διαγράμματος. (βαθμ. 3.5)

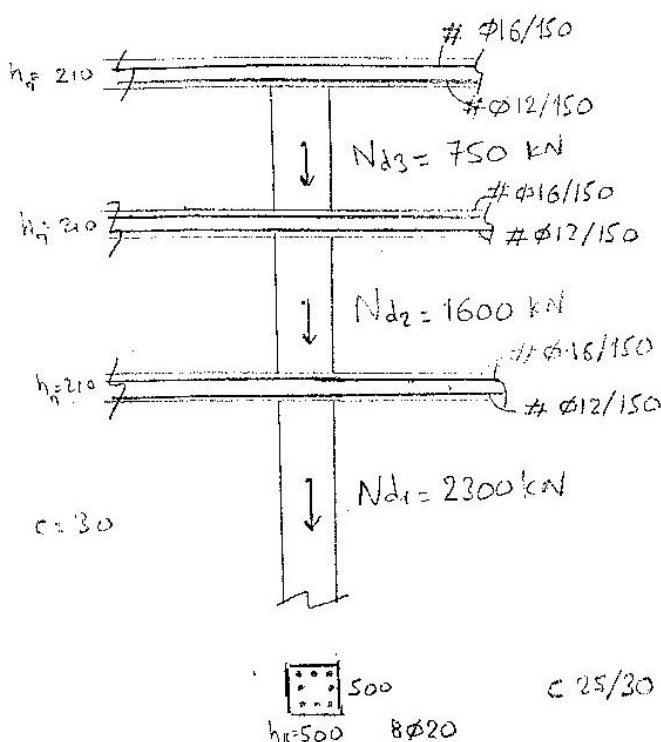
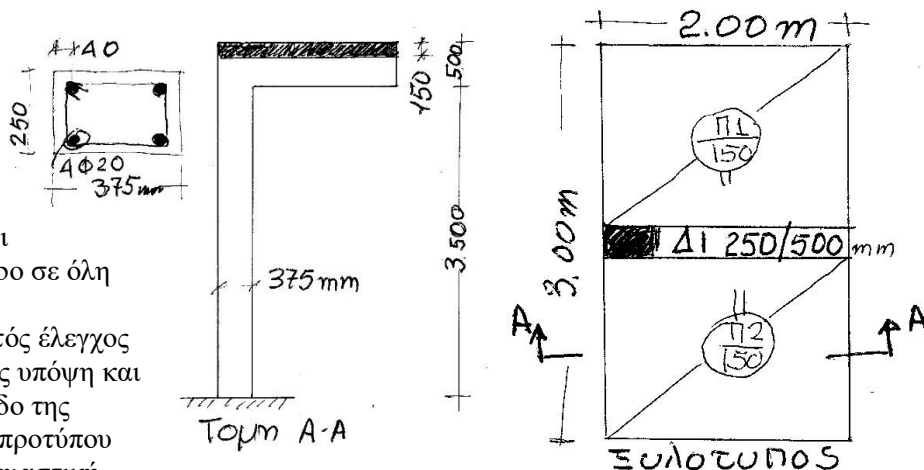
**Ζήτημα 3<sup>ο</sup>** Υποστύλωμα, διαστάσεων 500\*500mm και οπλισμό 8Φ20, στηρίζει πλάκες χωρίς δοκούς (πάχους  $h_p=210\text{mm}$ ) από τις οποίες καταπονείται μόνο με αξονική δύναμη χωρίς εκκεντρότητα (με  $\beta=1$ ) όπως φαίνεται στο σκαρίφημα. Οι πλάκες, στην περιοχή των στύλων, έχουν οπλισμό Φ16/150mm προς τις δύο κατευθύνσεις άνω και Φ12/150mm προς τις δύο κατευθύνσεις κάτω.

Στο πλαίσιο του ελέγχου έναντι διατρήσεως στην δυσμενέστερη πλάκα, ζητούνται:

α) Να δείξετε την μορφή του κώνου διατρήσεως, και την βασική περίμετρο ελέγχου σε κάτοψη και τομή  
β) Υπάρχει επάρκεια διαστάσεων? Αν δεν υπάρχει επάρκεια, αγνοήστε-το και συνεχίστε στα επόμενα.  
γ) Απαιτείται τοποθέτηση οπλισμού διατρήσεως? Αν ναι, να τον υπολογίσετε και να τον δείξετε σε κάτοψη και τομή.

δ) Αν δεν απαιτήθηκε οπλισμός διατρήσεως, να δείξετε, παρόλα αυτά, μέχρι που θα τοποθετούνταν σε περίπτωση που απαιτούνταν.

Υλικά: C25/30, B500C,  $c_{nom}=30\text{mm}$  (γενικώς), να μην ληφθούν υπόψη κατασκευαστικές απαιτήσεις (μέγιστες/ελάχιστες αποστάσεις οπλισμών, μέγιστα/ελάχιστα ποσοστά οπλισμού κλπ). (βαθμ. 3.5)



**Πρόταση βαθμολογίας (άριστα 10.5)**

**Ζήτημα 1<sup>ο</sup>** Γεωμετρία 0.6, ένταση 0.8, κάμψη 0.8, διάτμηση 0.8, σχέδια 0.5 **Σύνολο 3.5**

**Ζήτημα 2<sup>ο</sup>** Ροπή 1<sup>ης</sup> τάξεως 1.0, ροπή 2<sup>ας</sup> τάξεως 1.0, δ/μα αλληλ/σεως M-N 1.0, φορτίο 0.5 **Σύνολο 3.5**

**Ζήτημα 3<sup>ο</sup>** Αξονική 0.2, κώνος 0.3, d 0.2, γεωμ. % 0.2,  $V_{Ed}$  0.2,  $v_{Rdc}$  0.3,  $f_{ywd,eff}$  0.2,  $v_{Rds}$  0.3,  $u_{out}$  0.2, a 0.2+0.2+0.2, 0.2, 0.2, 0.4 **Σύνολο 3.5**

**Ζήτημα 1<sup>ο</sup>** Ελεύθερη διαμόρφωση η οποία όμως να σέβεται τις γεωμετρικές απαιτήσεις. Πλάκα τετραέρειστη (Czerny). Υπολογισμός έντασης και οπλισμών ανά νεύρωση (και όχι ανά μέτρο). (βλ και σχετική άσκηση).

**Ζήτημα 2°** Λύση είτε από διαγράμματα χωρίς κίνδυνο λυγισμού όπου όμως η ροπή 2ας τάξεως θα προστεθεί στην ροπή πρώτης τάξεως, είτε από το κατάλληλο διάγραμμα λυγισμού. Η αθέλητη εκκεντρότητα είναι ροπή 1ης τάξεως. Προσοχή στα θεωρητικά μήκη. Σε κάθε περίπτωση φέρνουμε την ευθεία (μ,ν) με την κατάλληλη κλίση και όπου αυτή η ευθεία τμήσει την καμπύλη για το δεδομένο  $\omega=0.41$  έχουμε το ζητούμενο ν.

$$N = 6 P_d \quad M_{LX} = N \left( 1,0 - \frac{0.375}{2} + 0,05 \right) = 0.8625 N$$

$$l_0 = 2 \cdot \left( 3,5 + \frac{0,5}{2} \right) = 7,5 \text{ m}$$

$$\frac{y}{l_0} = \frac{\epsilon_{yd}}{0,45d} = \frac{2,17\text{‰}}{0,45 \times 0,335} = 14,4\text{‰ (m}^{-1}\text{)}$$

$$k_\sigma = k_\varphi = 1 \Rightarrow e_2 = 14,4\text{‰} \times \frac{7,5^2}{10} = 0,081 \text{ m}$$

$$\Rightarrow M_2 = N \cdot e_2$$

$$\Rightarrow M = M_1 + M_2 = N \cdot 0,9435$$

$$\omega = \frac{4 \times 3,14}{25 \times 37,5} \frac{435}{14,167} = 0,41$$

$$d_1/h = 40/37,5 = 0,10$$

$$\frac{\mu}{\nu} = \frac{N \cdot 0,9435 \cdot b \cdot h \cdot f_{cd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd} \cdot N} = \frac{0,9435}{0,375} = 2,5$$

$$\Rightarrow N = 0,08 \times 0,25 \times 0,375 \times 14167 = 106 \text{ kN} \Rightarrow P_d = \frac{106}{6} = 17,7 \text{ kPa}$$

$$P_d = 17,7 = 1,35 q_k + 1,5 q_k \Rightarrow q_{k,c} = 8,2 \text{ kPa}$$

$$\frac{l_0}{h} = \frac{7,5}{0,375} = 20 \quad \frac{\mu}{\nu} = \frac{0,8625}{0,375} = 2,3 \xrightarrow{\mu=0,3} \mu=0,18 \Rightarrow \nu=0,08$$

$$\frac{y}{l_0} = \frac{2,17}{0,45 \times 0,2} = 23\text{‰ m}^{-1} \quad e_2 = 0,129 \text{ m}$$

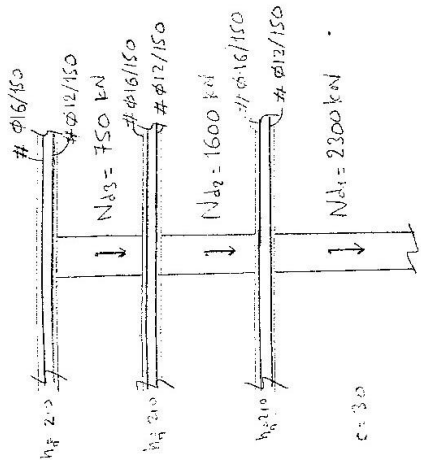
$$M = N (0,05 + 0,129) = 0,179 N$$

$$\frac{\mu}{\nu} = \frac{0,179}{0,25} = 0,72 \xrightarrow{\mu=0,23} \mu=0,24 \Rightarrow \nu=0,23$$

$$\frac{l_0}{h} = \frac{7,5}{0,25} = 30 \quad \frac{\mu}{\nu} = \frac{0,05}{0,25} = 0,2$$

$$d_1/h = \frac{0,04}{0,25} = 0,15 \xrightarrow{\mu=0,63} \mu=0,07 \Rightarrow \nu=0,35$$

# Ζήτημα 3<sup>ο</sup>



500  
800

Να ελεγχθεί σε διάτμηση η δοκίμια-  
νίστρυα περιρριπώση πλέους τω Σχήματος.  
(Ν<sub>0</sub> θεωρηθεί  $\phi = 1$ ) και να τρωεί ο ανώ-  
τερη

$$\begin{aligned} \text{Max } \{ 750, (1600-750), (2300-1600) \} &= \\ = \text{Max } \{ 750, 850, 700 \} &= 850 \text{ kN (Μέγιστη στήθω)} \end{aligned}$$

στυχοι οηδιεφεί διάτμησης (Υπολογισμοί, επαρκήματα)

Συμπεράσματ: Καλώς (0,30) B

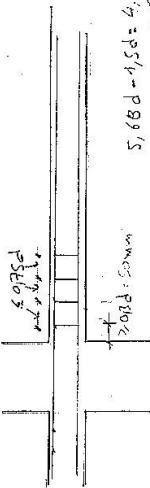
$$\begin{aligned} d_s &= 210 - 30 - 16 - \frac{2}{2} = 137 \\ d_y &= 210 - 30 - 16 - \frac{16}{2} = 136 \\ d &= \frac{137+136}{2} = 164 \quad (0,2) \text{ r} \\ N &= 0,6 \left( 1 - \frac{25}{250} \right) = 0,54 \\ \rho_x = \rho_y &= \frac{(100) \cdot (16)^2}{1000 \cdot (164)^2} = 0,82\% \quad (0,2) \Delta \\ V_{Rd,max} &= 0,5 \cdot 0,54 \cdot \frac{25}{164} = 4,5 \text{ MPa} \\ V_{Ed} &= \frac{850 \cdot 10^3}{4 \cdot 500 \cdot 164} = 2,59 < 4,5 \checkmark \quad (0,2) \text{ E} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u_1 &= 4 \cdot 500 + 2 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 164 = 4061 \\ V_{Rd} &= \frac{850 \cdot 10^3}{4061 \cdot 164} = 1,28 \end{aligned}$$

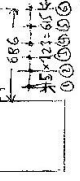
$$\begin{aligned} V_{Rd,c} &= 0,12 \cdot K \cdot (100 \rho_f f_{ck})^{1/3} > V_{min} \\ K &= 1 + \sqrt{\frac{200}{164}} = 2,172 \text{ mm}^3 \quad K = 2 \\ \rho_f &= \frac{f_{yk} \rho_y}{f_{yk}} (\leq 2\%) = 0,82\% \\ V_{Rd,c} &= 0,12 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,0082 \cdot 25)^{1/3} \\ &= 0,66 \text{ MPa} \\ V_{min} &= 0,035 \cdot 2^{3/2} \cdot 25 = 0,49 (< 0,66) \\ 1,28 &> 0,66 \quad (\text{Ανεπάρκεια οηδιεφεί}) \end{aligned}$$

(0,3) Z

$$\begin{aligned} V_{Rd,s} &= 0,75 V_{Rd} + 1,5 \frac{A_{sw} f_{yk}}{s} \left( \frac{1}{u_{eff}} \right) \leq V_{Rd,s} \quad (\leq V_{Rd,s} V_{Rd,c}) \\ f_{yk,eff} &= 250 + 0,25 \cdot 164 (\leq f_{yk,eff}) = 291 \text{ MPa} \quad (0,2) \text{ H} \\ s \neq 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 164 = 123 \text{ mm} \\ V_{Rd,s} \cdot V_{Ed} &\Rightarrow A_{sw} = \frac{V_{Ed} - 0,75 V_{Rd,c} u_{eff}}{1,5 f_{yk,eff}} \\ &= \frac{(1118 - 0,75 \cdot 0,66) \cdot 4061 \cdot 291}{1,5 \cdot 291} \\ &= 898,3 \text{ mm}^2 \quad (0,5) \text{ B} \\ u_{eff} &= \frac{850000}{0,66 \cdot 164} = 7853 \text{ mm} \quad (0,2) \text{ I} \\ A_{sk} &= \frac{V_{Ed} - 4 \cdot h_e}{2n} = \frac{7853 - 4 \cdot 500}{6,28} = 932 \text{ mm} \quad (0,2) \text{ K} \\ &= 568 \text{ d} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Μέγιστη αντιστάση διάτμησης: } 975 \cdot 164 = 1623 \text{ mm} \\ \frac{986}{172} = 5,73 \text{ mm} \\ 172 \times 5 = 860 \text{ mm} \end{aligned}$$



Τοποθετούνται 6 περίκρητοι οηδιεφεί.  
Ελεγχών οηδιεφεί διάτμησης σε κάθε περίκρητο:  $A_{sw} = 898,3 \text{ mm}^2$   
Οι οηδιεφεί δώ ηρέσει να οηδιεφεί, σε κάθε περίκρητο, οηδιεφεί οηδιεφεί.  
από  $1,5d = 1,5 \cdot 164 = 246 \text{ mm}$ . (0,17) N  
Εξισορροπία οηδιεφεί:  $4 \cdot 500 + 2 \cdot 0,66 = 6308$ . (0,2) E  
Εξισορροπία οηδιεφεί:  $\frac{6308}{246} = 26$ .  $\frac{898,3}{246} = 34 \text{ mm}^2 < 48 = 50$   
Άρα 26 οηδιεφεί οηδιεφεί.  
Ελεγχών οηδιεφεί οηδιεφεί:  $\frac{6308}{50} = 126$ , σε αντιστάση οηδιεφεί:  $13 \times 246 = 3200$   
η, αντιστάση σε οηδιεφεί:  $(3200 - 4 \cdot 500) \cdot 2 \cdot 11 = 199$   
Άρα: οηδιεφεί (1)  $\rightarrow 13$   
(2)  $\rightarrow 17$   
(3)  $\rightarrow 126$   
(4)  $\rightarrow 26$   
ΤΕΛΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ

(0,4) Γ