

ΑΣΚΗΣΗ ΤΕΤΡΑΕΡΕΙΣΤΩΝ ΠΛΑΚΩΝ (Σάββατο 27/2/2010)

Δεδομένα

C16/20, S400, $g'=1.5\text{kPa}$, $q=6.0\text{kPa}$

Θεωρητικά μήκη (βλ παρ 7.2.2 ΕΚΩΣ) (βλ ξυλότυπο πίσω)

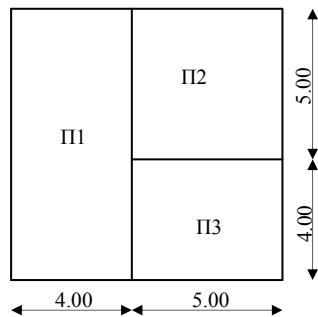
Εκλογή πάχους (για αποφυγή ελέγχου βέλους) (§16.2, 18.1.3 ΕΚΩΣ): $d \geq a_l/30$

Π1 $d \geq 0.8 \cdot 4.00/30 = 0.11\text{m}$

Π2 $d \geq 0.8 \cdot 5.00/30 = 0.13\text{m}$

Π3 $d \geq 0.8 \cdot 4.00/30 = 0.11\text{m}$

Εκλέγεται ενιαίο πάχος $d=0.13\text{m} \Rightarrow h=0.16\text{m}$ (Πάντως δεν είναι υποχρεωτικό το ενιαίο πάχος)



Ενταση συνεχών πλακών

Η ένταση θα προκύψει από τις αντίστοιχες μεμονωμένες πλάκες. Λόγω μεγάλου κινητού φορτίου θα γίνουν δυσμενείς φορτίσεις των πλακών (με ζατρικιοειδή φόρτιση). Θα χρησιμοποιηθούν οι Πίνακες Czerny.

$g=0.16 \cdot 25 = 4.0\text{kPa}$
 $g'=1.5\text{kPa}$
 $g_{\text{ολ}}=5.5\text{kPa}$

Αρα:

$$p' = (1.35g_{\text{ολ}} + 0.75q) = 1.35 \cdot 5.5 + 0.75 \cdot 6.0 = 11.93\text{kPa}$$

$$p'' = \pm 0.75q = \pm 0.75 \cdot 6.0 = 4.50\text{kPa}$$

Πλάκα Π1 $h=0.16\text{m}$ $l_y/l_x=9.0/4.0=2.25 > 2.00$ άρα καμπτόμενη κατά μία διεύθυνση. (**Προσοχή:** Ο δείκτης της ροπής x ή y δείχνει την διεύθυνση που θα μπουν τα σίδερα και όχι την διεύθυνση του διανύσματος της ροπής)

$$m_{x+} = (11.93/14.2 + 4.50/8) \cdot 4.00^2 = 22.4\text{kNm/m}$$

$$m_{x-} = -(11.93 + 4.50) \cdot 4.00^2/8 = -32.9\text{kNm/m}$$

Πλάκα Π2 $h=0.16\text{m}$ $l_x/l_y=5.00/5.00=1.0$

$$m_{x+} = (11.93/42.7 + 4.50/27.2) \cdot 5.00^2 = 11.1\text{kNm/m}$$

$$m_{y+} = 11.1\text{kNm/m}$$

$$m_{x-} = -(11.93/14.3 + 4.50/11.9) \cdot 5.00^2 = -30.3\text{kNm/m}$$

$$m_{y-} = -30.3\text{kNm/m}$$

Πλάκα Π3 $h=0.16\text{m}$ $l_x/l_y=5.00/4.00=1.25$ (**Προσοχή 1:** εναλλαγή των x και y στους Πίνακες) (**Προσοχή 2:** στους πίνακες Czerny, μπαίνει πάντα η μικρότερη διάσταση της πλάκας ανεξαρτήτως της διεύθυνσής που υπολογίζουμε τις ροπές)

$$m_{x+} = (11.93/45.6 + 4.50/29.9) \cdot 4.00^2 = 6.6\text{kNm/m}$$

$$m_{y+} = (11.93/28.0 + 4.50/17.8) \cdot 4.00^2 = 10.9\text{kNm/m}$$

$$m_{x-} = -(11.93/12.9 + 4.50/9.8) \cdot 4.00^2 = -22.1\text{kNm/m}$$

$$m_{y-} = -(11.93/11.1 + 4.50/9.9) \cdot 4.00^2 = -24.5\text{kNm/m}$$

Οπλισή πλακών – (βλ Κατασκευαστικές διατάξεις παρ 18.1.5 ΕΚΩΣ)

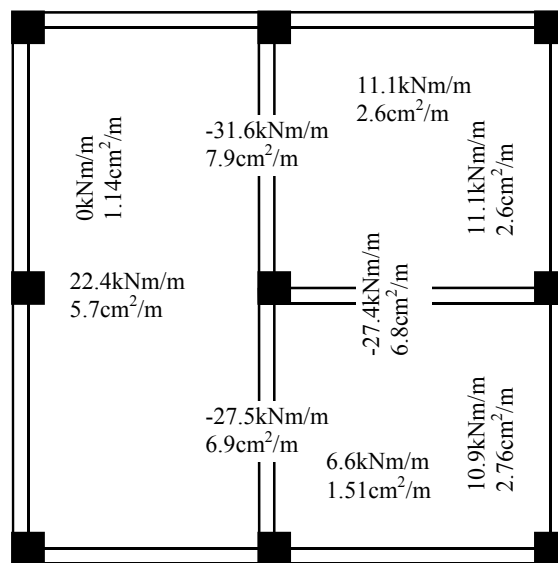
- $\min p = 0.15\% \Rightarrow \min A_s = 0.15\% \cdot 13 \cdot 100 = 2.0\text{cm}^2/\text{m}$
- $\max s = \min(1.5h, 20\text{cm}) = \min(1.5 \cdot 16, 20) = 20\text{cm}$
- $\min \Phi = 8\text{mm}$ (Αυτή δεν είναι απαίτηση του Κανονισμού, αλλά πρακτική σύσταση)

ΑΡΑ ελάχιστος οπλισμός $\Phi 8/20$ ($=2.5\text{cm}^2/\text{m} > 2.0\text{cm}^2/\text{m}$)

- Δευτερεύων οπλισμός: 20% του κύριου οπλισμού $\max s_{\text{δευτ}} = 25\text{cm}$
- Οπλισμός αποσχίσσεως^{F2}: 60% του κύριου οπλισμού

Οπλισμοί ανοιγμάτων. Ξεκινάμε να υπολογίζουμε πρώτα τους οπλισμούς των ανοιγμάτων, ώστε να ξέρουμε πόσο οπλισμό θα διαθέτουμε, από την ανάκαμψη του μισού οπλισμού στις στηρίξεις, και στην συνέχεια υπολογίζουμε τα πρόσθετα σίδερα των στηρίξεων («καπάκια»)

Ανακεφαλαίωση: ροπών κάμψεως (και απαιτούμενων οπλισμών όπως θα προκύψουν παρακάτω)



Π1 $h=16$, $m_{x+}=22.4\text{kNm/m} \Rightarrow \mu_{sd}=22.4/(1.00 \cdot 0.13^2 \cdot 10666)=0.13 \Rightarrow \omega=0.143 \Rightarrow$

$$A_{sx+}=0.143 \cdot 100 \cdot 13 \cdot 10666/348000=5.70\text{cm}^2/\text{m} \Rightarrow \Phi 10/14$$

$$A_{sy+}=0.2 \cdot 5.70=1.14\text{cm}^2/\text{m} \Rightarrow \Phi 8/25$$

$$\text{Αποσχίσσεως}^{F2} 0.6 \cdot 5.70=3.42\text{cm}^2/\text{m} \Rightarrow \Phi 8/14$$

Π2 $h=16$, $m_{x+}=11.1\text{kNm/m} \Rightarrow \mu_{sd}=11.1/(1.00 \cdot 0.13^2 \cdot 10666)=0.06 \Rightarrow \omega=0.065 \Rightarrow$

$$A_{sx+}=0.065 \cdot 100 \cdot 13 \cdot 10666/348000=2.6\text{cm}^2/\text{m} \Rightarrow \Phi 8/19$$

$$A_{sy+}=... \Rightarrow \Phi 8/19$$

(Ερ: Οι ροπές είναι ίδιες, οι οπλισμοί είναι ίδιοι;)

Π3 $h=16$, $m_{x+}=6.6\text{kNm/m} \Rightarrow \mu_{sd}=6.6/(1.00 \cdot 0.13^2 \cdot 10666)=0.037 \Rightarrow \omega=0.038 \Rightarrow$

$$A_{sx+}=0.038 \cdot 100 \cdot 13 \cdot 10666/348000=1.51\text{cm}^2/\text{m} \Rightarrow \Phi 8/19$$

$$m_{y+}=10.9\text{kNm/m} \Rightarrow \mu_{sd}=10.9/(1.00 \cdot 0.12^{2F3} \cdot 10666)=0.071 \Rightarrow \omega=0.075 \Rightarrow$$

$$A_{sy+}=0.075 \cdot 100 \cdot 12 \cdot 10666/348000=2.76\text{cm}^2/\text{m} \Rightarrow \Phi 8/19$$

Οπλισμοί στηρίξεων

Π1-Π2 $m_{x-}=-0.5(32.9+30.3)=-31.6\text{kNm/m} \Rightarrow \mu_{sd}=0.175 \Rightarrow .. A_{sx-}=7.9\text{cm}^2/\text{m}$

Διατίθενται από: **Π1:** $\Phi 10/28 = 2.8$

Π2: $\Phi 8/38 = 1.3$

$= 4.1\text{cm}^2/\text{m}$

$\Rightarrow$ πρόσθετα $7.9-4.1 = 3.8\text{cm}^2/\text{m} \Rightarrow \Phi 10/20$

^{F2} Οπλισμός αποσχίσσεως τίθεται όταν ο κύριος(;) οπλισμός είναι παράλληλος σε στήριξη η οποία δεν ελήφθη υπόψη στον υπολογισμό της πλάκας. Έτσι, στις τετραερείστες πλάκες, στις οποίες και οι δύο οπλισμοί είναι κύριοι, δεν τίθεται οπλισμός αποσχίσσεως: αρκεί ο κύριος.

^{F3} Αναπόφευκτα, τα στατικά ύψη d_x και d_y είναι διαφορετικά στις δύο διευθύνσεις: διαφέρουν κατά την διάμετρο των οπλισμών (εδώ $\Phi 8 \approx 1\text{cm}$). **Ερώτηση:** ποιος οπλισμός συμφέρει να τίθεται στην κατώτερη στρώση; (μεγαλύτερος μοχλοβραχίονας ή μεγαλύτερη επικάλυψη-προστασία;) Προσοχή να σημαίνεται ποιος από τους δύο οπλισμούς είναι ο κάτω όταν αυτό έχει σημασία!

Π1-Π3 $m_x = -0.5(32.9+22.1) = -27.5 \text{ kNm/m} \Rightarrow \mu_{sd} = \dots \Rightarrow A_{sx} = 6.9 \text{ cm}^2/\text{m}$
 Διατίθενται από: Π1: Φ10/28 = 2.8
 Π3: Φ8/38 = 1.3
 = 4.1 cm^2/m
 $\Rightarrow$ πρόσθετα 6.9-4.1 = 2.8 $\text{cm}^2/\text{m} \Rightarrow \underline{\Phi 8/17}$

Π2-Π3 $m_y = -0.5(30.3+24.5) = -27.4 \text{ kNm/m} \Rightarrow \mu_{sd} = \dots \Rightarrow A_{sy} = 6.8 \text{ cm}^2/\text{m}$
 Διατίθενται από: Π3: Φ8/32 = 1.3
 Π2: Φ8/32 = 1.3
 = 2.6 cm^2/m
 $\Rightarrow$ πρόσθετα 6.8-2.6 = 4.2 $\text{cm}^2/\text{m} \Rightarrow \underline{\Phi 10/18}$

Ελεγχος σε τέμνουσα (Συνήθως, αν τα φορτία είναι «μικρά», δεν χρειάζεται.) Η πλάκα είναι στοιχείο το οποίο επιτρέπεται να μην έχει οπλισμό διαμήσεως, άρα θα γίνει έλεγχος μόνον της V_{Rd1} .

$\max V_{sd}$ στην Π1 δεξιά: $V_B = 5ql/8 \Rightarrow$

$\max V_{sd} = 5 * (1.35 * 5.50 + 1.5 * 6.00) * 4.00 / 8 = 41.1 \text{ kN/m}$ (υπέρ της ασφαλείας δεν υπολογίσθηκε η τέμνουσα σε απόσταση d από την παρειά)

$V_{Rd1} = \tau_{Rd} * k * (1.2 + 40 * \rho_l) * d * b$

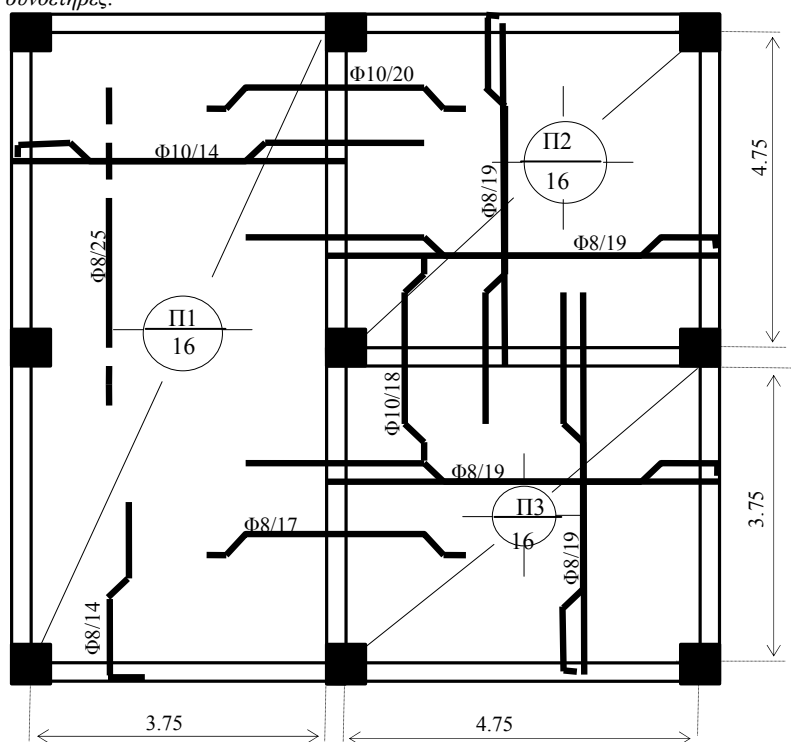
$k = 1.6 - 0.13 = 1.47$

$\rho_l = 6.8 / (100 * 13) = 0.52\% \Rightarrow (1.2 + 40 * \rho_l) = 1.41$ (υπέρ της ασφαλείας ελήφθη ο μικρότερος οπλισμός στηρίζεως)

Αρα:

$V_{Rd1} = 220 * 1.47 * (1.41) * 0.13 * 1.00 = 59.3 \text{ kN/m} > 39.4 \text{ kN/m}$

Αρα δεν απαιτείται οπλισμός διαμήσεως (δηλαδή συνδετήρες). Αν απαιτηθεί οπλισμός διαμήσεως, **συνήθως** αυξάνουμε το πάχος της πλάκας, προκειμένου να ικανοποιείται ο έλεγχος της V_{Rd1} και να αποφύγουμε τους συνδετήρες.



Ξυλότυπος Στάθμης +8.00 ΚΛ 4:50 (Εδώ είναι εκτός κλίμακας)
 (ενδεικτικά πάχη γραμμών: διαστάσεις 0.1mm, προβολές 0.2mm, τομές 0.3mm, οπλισμοί 0.4mm)

