

Εξέταση στο μάθημα
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ Ω.Σ.
του 8^{ου} εξ. Τε 14-9-2016

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

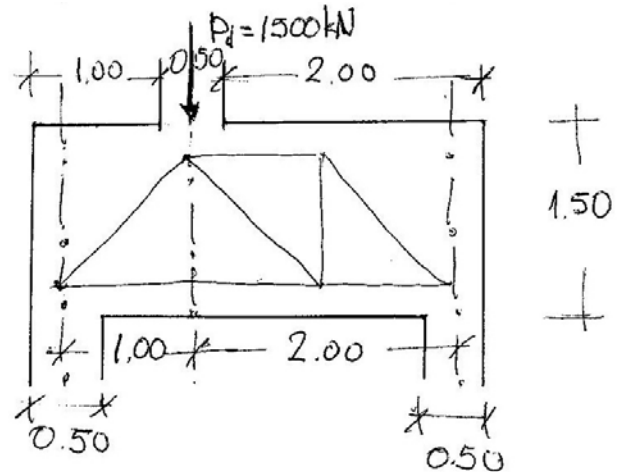
Ζήτημα 1 Γιατί οι μικρής διαμέτρου ράβδοι είναι καλύτερες για τον περιορισμό του εύρους των ρωγμών σε σύγκριση με τις μεγαλύτερης διαμέτρου ράβδους (ίσου συνολικού εμβαδού)? Ζητείται ποιοτική και αναλυτική απάντηση. **Βαθμ. 1.0**

Ζήτημα 2 Σε μια πλάκα με συγκεντρωμένο «σημειακό φορτίο «κοντά» στο μέσον του ανοίγματος:

α) ο έλεγχος σε διάτμηση (όχι διάτρηση) θα γίνει «κοντά» στο συγκεντρωμένο φορτίο ή «κοντά» στην στήριξη; Γιατί?
β) Για τον έλεγχο σε κάμψη της πλάκας ορίζεται ένα «υπολογιστικό πλάτος διανομής του φορτίου», b_m , εγκαρσίως προς την διεύθυνση του κυρίως οπλισμού, ωστόσο ο απαιτούμενος οπλισμός λόγω του συγκεντρωμένου φορτίου κατανέμεται στο μισό πλάτος, $0.5b_m$. Σε τι χρησιμεύει το πλάτος b_m και γιατί ο οπλισμός κατανέμεται στο $0.5b_m$ (και όχι στο b_m); **Βαθμ. 1.0**

Ζήτημα 3 Ο παρακάτω φορέας φορτίζεται με συγκεντρωμένο φορτίο $P_d=1500kN$ (τιμή σχεδιασμού, το ι.β. αγνοείται).

Εφαρμόζοντας την μέθοδο του θλιπτήρα-ελκυστήρα, προτείνεται, ως ένα πιθανό προσομοίωμα, το εικονιζόμενο «δικτύωμα» (στο οποίο δεν δείχνονται ποιοι είναι οι θλιπτήρες και ποιοι είναι οι ελκυστήρες). Ζητείται να κάνετε έλεγχο των «ράβδων» του δικτύωματος. Για τον έλεγχο να θεωρήσετε ότι όλες οι ράβδοι (θλιπτήρες και ελκυστήρες) έχουν διαστάσεις $0.50m*0.50m$, αν χρειαστεί να κάνετε οποιαδήποτε άλλη γεωμετρική παραδοχή. Συγκεκριμένα ζητείται: **α)** να ελέγξετε την επάρκεια των θλιπτήρων (Ως αντοχή του σκυροδέματος να ληφθεί η αντοχή που λαμβάνεται στον έλεγχο λοξής θλίψης). **β)** Να προσδιορίσετε τους απαιτούμενους οπλισμούς των ελκυστήρων και να τους σχεδιάσετε με σαφήνεια (Ζητούνται αναπτύγματα, χωρίς ιδιαίτερο υπολογισμό των αγκυρώσεων). **γ)** Αν δεν είχατε εφαρμόσει την μέθοδο του θλιπτήρα-ελκυστήρα, πόσο καμπτικό και πόσο διατμητικό οπλισμό θα είχατε προσδιορίσει (με την θεώρηση ραβδόμορφου φορέα); Συγκρίνατε τις δύο θεωρήσεις. Να τοποθετήσετε αποκλειστικά τους οπλισμούς που υπολογίσατε, να μην τοποθετηθούν οπλισμοί από λοιπές κανονιστικές διατάξεις. Σκυρόδεμα C25/30, χάλυβας B500C. Αν κάποιος έλεγχος δεν ικανοποιείται, αγνοήστε-το και ολοκληρώσατε την άσκηση.



Βαθμ. 3.5

Ζήτημα 4 Κατά τον έλεγχο σε διάτμηση υπό σεισμό, και όταν υπάρχει «μεγάλη» εναλλασσόμενη τέμνουσα, τότε για δοκούς σε κτήρια υψηλής κατηγορίας πλαστιμότητας (ΚΠΥ, DCH) προβλέπεται η τοποθέτηση «δισδιαγώνιου» οπλισμού. Γιατί κρίνεται απαραίτητη η τοποθέτηση αυτή του δισδιαγώνιου οπλισμού, σε τί συμβάλλει, γιατί δεν επαρκεί η πύκνωση των συνδετήρων; Γιατί δεν προβλέπεται αντιστοίχως τέτοια τοποθέτηση σε υποστυλώματα; Δεν ζητούνται αριθμητικές τιμές.

Βαθμ. 1.0

Για ό,τι δεν δίνεται, μπορείτε να κάνετε όποια εύλογη παραδοχή θέλετε (ισχύει για όλα τα Θέματα).

Συνεχίζεται στην πίσω σελίδα

Συνέχεια από την πίσω σελίδα

Ζήτημα 5^ο. Δίδεται φυτευτό υποστύλωμα Φ1 30/30 εδραζόμενο στο μέσον αμφιέριστης πλάκας πάχους $h=22\text{cm}$, με θεωρητικό άνοιγμα 5.0m κατά τη μικρή διάσταση (κατά την άλλη διεύθυνση μπορεί να θεωρηθεί απειρομήκης), όπως στο παρακάτω Σχήμα 1. Η πλάκα έχει επικάλυψη, επί της οποίας εδράζεται το φυτευτό υποστύλωμα, πάχους $s=5\text{cm}$. **Ζητείται** να υπολογισθεί και να σχεδιασθεί σε σκαρίφημα ξυλοτύπου ο οπλισμός της πλάκας, προς κάθε διεύθυνση, έναντι κάμψεως καθώς και οι έλεγχοι διάτρησης (αν απαιτηθεί οπλισμός διάτρησης, μην προχωρήσετε στον υπολογισμό-του).

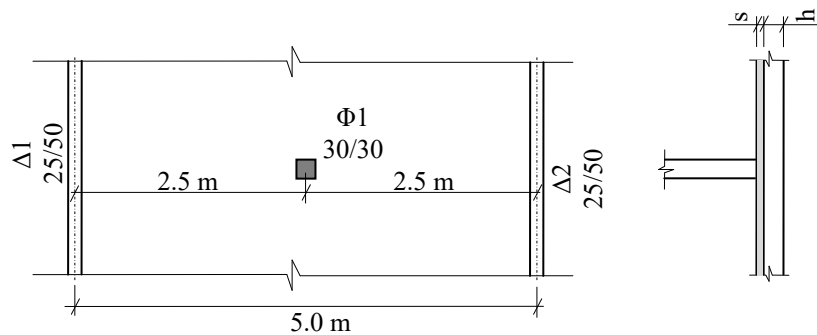
Φορτία (πέραν του ιδίου βάρους): α) εφ' όλης της κάτοψης: $g'_k=2,0\text{kN/m}^2$ (συμπεριλαμβανομένου του ι.β. της επικάλυψης) και $q_k=2,5\text{kN/m}^2$. β) Αξονικά στο υποστύλωμα: $G_k=70\text{kN}$, $Q_k=50\text{kN}$ (δρα ταυτόχρονα με το q_k , με $\psi_i=1$). Υλικά C25/30, B500C. Ονομαστική επικάλυψη c_{nom} : $2,5\text{cm}$. Κάθε άλλο απαραίτητο στοιχείο θα επιλεγεί ευλόγως από τον Μελετητή.

Υπόδειξη: Σχετικώς με την όπλιση έναντι κάμψεως, υπενθυμίζονται τα εξής:

- Κύριος οπλισμός: ο πρόσθετος απαιτούμενος για το συγκεντρωμένο φορτίο, να συγκεντρωθεί στο ήμισυ του πλάτους διανομής b_m (εντός του $b_m/2$)
- Εγκάρσιος οπλισμός διανομής: να τοποθετηθεί το 60% του κύριου οπλισμού λόγω του συγκεντρωμένου φορτίου, χωρίς πύκνωση ή άλλες απαιτήσεις (εντός $b_m/2$).

(βαθμ. 3.5)

Σχήμα 1
Κάτοψη και τομή



Απαντήσεις

Ζήτηση 1^ο. Ποιοτική απάντηση: Οι μεγάλης διαμέτρου ράβδοι θα είναι σε μεγαλύτερες μεταξύ-τους αποστάσεις (ίδιο συνολικό εμβαδόν), άρα μέχρι να ενεργοποιηθούν από τις απομακρυσμένες διατομές θα έχουν ανοίξει μεγάλες ρωγμές (ανάλογο στην ραφή υφάσματος: χοντρή κλωστή και αραιές βελονιές σε σύγκριση με λεπτή κλωστή και πυκνές βελονιές).

Αναλυτική απάντηση: Από τον τύπο της απόστασης των ρωγμών: $s_{r,max} = k_3c + k_1k_2k_4\Phi/\rho_{p,eff}$

προκύπτει ότι μικρής διαμέτρου ράβδοι οδηγούν σε μικρές αποστάσεις μεταξύ των ρωγμών, $s_{r,max}$. Εξάλλου επειδή έχουμε το ίδιο εμβαδόν χάλυβα, έχουμε τις ίδιες τάσεις χάλυβα και άρα δεν αλλάζει και η σχετική παραμόρφωση του χάλυβα ως προς το σκυρόδεμα (δηλαδή δεν αλλάζει ο όρος $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$).

Οπότε μικρότερο εύρος ρωγμής ($w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$).

Βαθμολογία: μόνο ποιοτική ή μόνο αναλυτική απάντηση βαθμ. 0.7

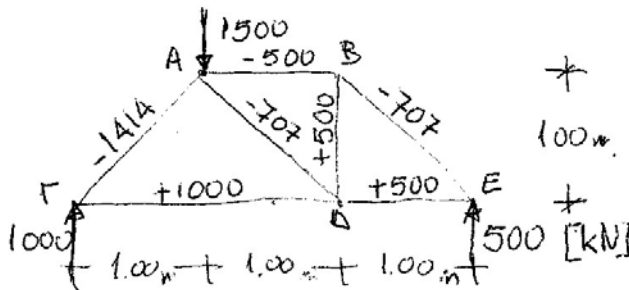
Ζήτηση 2^ο. α) Ο έλεγχος θα γίνει κοντά στην στήριξη όπου και η τέμνουσα είναι μεγαλύτερη (και όχι βεβαίως στο συγκεντρωμένο φορτίο όπου η τέμνουσα ΔΕΝ είναι ίση με το συγκεντρωμένο φορτίο!) **Βαθμ. 0.3**

β1) Το υπολογιστικό πλάτος b_m χρησιμεύει για να ελέγξουμε την επάρκεια σε θλίψη του καμπτόμενου σκυροδέματος. Στο πλάτος αυτό θεωρούμε ότι η ανά μέτρο μήκους ροπή, m , είναι **σταθερή** οπότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τους πίνακες και να βρούμε τους απαιτούμενους οπλισμούς. **Βαθμ. 0.3**

β2) Ο οπλισμός κατανέμεται στο μισό υπολογιστικό πλάτος επειδή στην πραγματικότητα η κατά πλάτος ανηγμένη ροπή **δεν είναι σταθερή** αλλά είναι μεγαλύτερη κάτω από το συγκεντρωμένο φορτίο οπότε και συγκεντρώνουμε εκεί τον οπλισμό. **Βαθμ. 0.4**

Ζήτηση 3^ο. α) Έχουμε

Γεωμετρία	0.2
Επίλυση	0.5
Θλιπτήρες	0.7
Ελκυστήρες	0.7
Σχέδιο	0.7
Ραβδόμορφος	0.7



Εκτιμώ ύψος δικτυώματος $1.50 - 0.25 - 0.25 = 1.00m$

Βαθμ. 0.2

Από την επίλυση του δικτυώματος προκύπτει ότι εφελκόμενες ράβδοι (ελκυστήρες) είναι οι ΓΔ, ΔΕ και ΕΕ. Όλες οι άλλες ράβδοι είναι θλιβόμενες (θλιπτήρες). Οι **αξονικές** δυνάμεις των ράβδων (σε kN) φαίνονται στο σχήμα. **Βαθμ. 0.5**

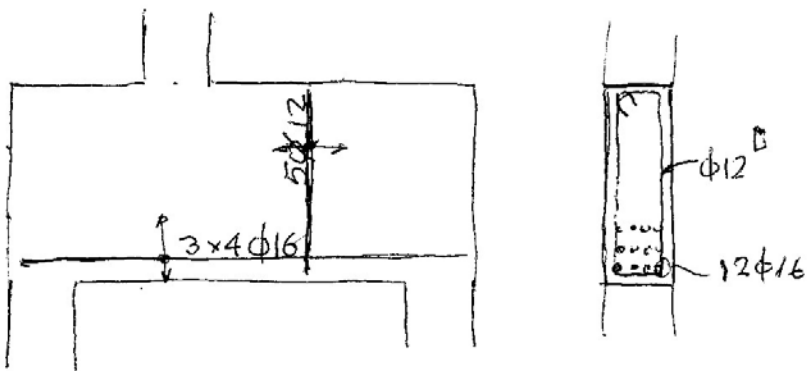
Έλεγχος θλιπτήρων: αντοχή σκυροδέματος σε λοξή θλίψη $0.6(1 - f_{ck}/250)f_{cd} = 0.6(1 - 25/250)25000/1.5 = 9000kN/m^2$. Στον θλιπτήρα ΑΓ με την μεγαλύτερη θλιπτική δύναμη έχουμε: $\sigma_c = 1414/[0.5 \cdot 0.5] = 5656kN/m^2 \leq 9000kN/m^2$. **Βαθμ. 0.7**

Οπλισμός: ράβδος ΓΔ $A_s = 1000/43.5 = 23cm^2$, τίθενται (στο κατώτερο 0.50m) **3*4Φ16 (=24cm²)**

ράβδος ΔΕ $A_s = 500/43.5 = 11.5cm^2$, μπορούμε να συνεχίσουμε τον οπλισμό της ΓΔ

ράβδος ΒΔ $A_s = 500/43.5 = 11.5cm^2$, τίθενται (επί μήκους 0.50m και συμμετρικά ως προς τον άξονα της ΒΔ) **5*2Φ12**

Βαθμ. 0.7



Βαθμ. 0.7

Ως **ραβδόμορφο φορέα** θα είχαμε: $M_{Ed}=1000\text{kNm}$, $V_{Ed}=1000\text{kN}$
 Οπότε: κάμψη: $\mu=1000/(0.5*1.4^2*0.85*16667)=0.072$
 $\Rightarrow\omega=0.075\Rightarrow A_s=0.075*50*140*0.85*16.667/435=17.1\text{cm}^2$
 $3*3\Phi 16 (=18\text{cm}^2)$

Διάτμηση: $V_{Rdmax}=0.50*[0.9*1.4]*9000/2=2835\text{kN}>V_{Ed}=1000\text{kN} \checkmark$
 Συνδετήρες: Στο τμήμα αριστερά του φορτίου:
 $A_{sw}/s=1000/[0.9*1.4*43.5]=18.2\text{cm}^2/\text{m}$ π.χ. $\Phi 12/12$.
 Στο τμήμα δεξιά του φορτίου: $\Phi 12/24$

Βαθμ. 0.7

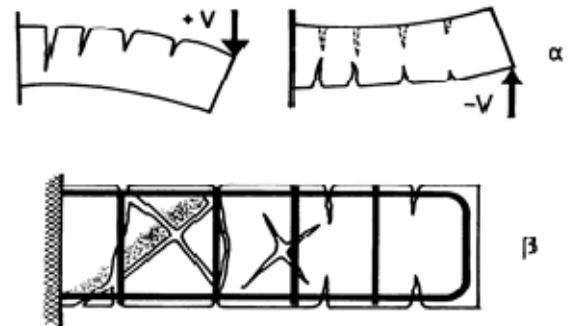
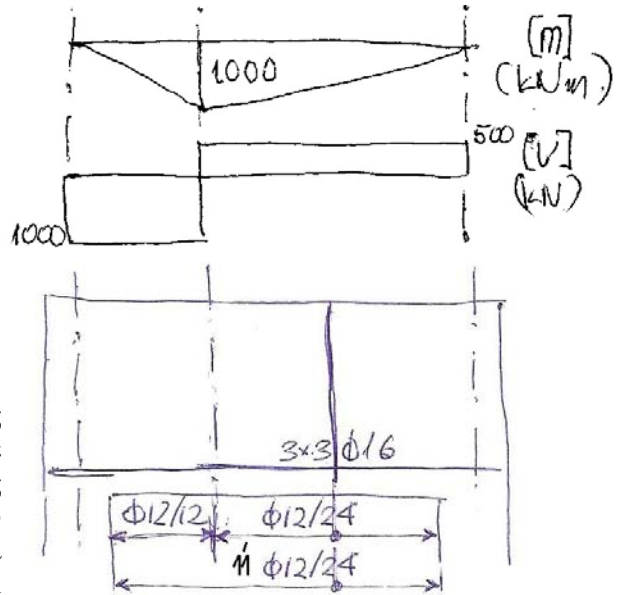
Σημείωση: Κανονικά έπρεπε:

1. Να ελέγξουμε με τέμνουσα σε απόσταση d από την παρειά της στηρίξεως δηλαδή με 500kN (για αμφότερα τα άκρα), οπότε θα είχαμε $\Phi 12/24$ σε όλο το μήκος. Δεκτά και τα δύο. Όμως πηγαίνοντας σε απόσταση d από το αριστερό στήριγμα, όπου η τέμνουσα δεν έχει απλώς μειωθεί αλλά έχει αλλάξει και πρόσημο, σημαίνει ότι ο θλιπτήρας του δικτύωματος Moersch (του ραβδόμορφου φορέα) έχει αλλάξει κλίση. Δηλαδή πρακτικώς στο τμήμα αριστερά του φορτίου δεν απαιτείται οπλισμός διατμήσεως. **Βεβαίως αυτά δεν τα απαιτούσαμε από τους Σπουδαστές.**
2. να ληφθεί επίσης υπόψη ότι εδώ έχουμε την περίπτωση του συγκεντρωμένου φορτίου «κοντά» στην στήριξη γεγονός το οποίο θα οδηγούσε στην μείωση των συνδετήρων (βλ. Ευρωκώδικα παρ. 6.2.3(8)). Ωστόσο, και επειδή δεν υπάρχει στο Τυπολόγιο, ούτε αυτό το απαιτούμε.
3. Παρόλο που στην πραγματικότητα ο φορέας είναι υψίκορμη δοκός, στην άσκηση αυτή δεν ζητούσαμε επίλυση ως υψίκορμη δοκό: αντιθέτως ζητείται επίλυση ως «ραβδόμορφος φορέας». Η υψίκορμη δοκός δεν είναι ραβδόμορφος φορέας.

Σύγκριση: Ο καμπτικός οπλισμός προκύπτει λίγο μειωμένος λόγω της διαφοράς στον μοχλοβραχίονα εσωτερικών δυνάμεων (στην μέθοδο θλιπτήρα ελκυστήρα λάβαμε μικρό ύψος δικτύωματος). Ο διατμητικός διαφέρει τόσο σε ποσότητα όσο και στην τοποθέτηση μέσα στην ράβδο. Πάντως αν λαβαίναμε υπόψη και τις παραπάνω δύο Σημειώσεις, οι διαφορές δεν θα ήταν τόσο μεγάλες.

Λάθος εψ. Αφαιρούνται: -0.5

Ζήτημα 4^ο. α) Εχουμε σχεδόν πλήρη αντιστροφή των τεμνουσών δυνάμεων, αναπτύσσεται διασδιαγώνια ρηγμάτωση και αν η μέγιστη τέμνουσα είναι «μεγάλη» οι ρωγμές των δύο πελμάτων ενώνονται σε συνεχείς ανοικτές ρωγμές. Όμως, κάθετα σε μια ανοικτή ρωγμή δεν μπορεί να μεταφερθεί η δύναμη του λοξού θλιπτήρα. Πρέπει πρώτα να κλείσει η ρωγμή και κατόπιν αρχίζει να λειτουργεί το δίκτυωμα του Moersch. Αυτό οδηγεί σε μεγάλες παραμορφώσεις του στοιχείου και σε αποδιοργάνωση του σκυροδέματος. Γι' αυτό χρειάζεται διασδιαγώνιος οπλισμός που να περνά από τις πιθανές θέσεις των διαμπερών ρωγμών. Δηλαδή η συμβολή του διασδιαγώνιου οπλισμού δεν είναι τόσο όταν εφελκύεται (αυτό θα μπορούσαν να το κάνουν και οι συνδετήρες) αλλά όταν θλίβεται. **Βαθμ. 0.6**



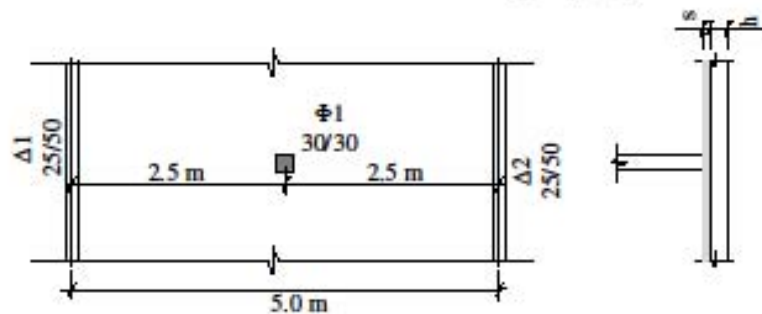
β) Στα υποστυλώματα οι σημαντικές θλιπτικές δυνάμεις εμποδίζουν την ανάπτυξη διαμπερών ρωγμών, και έτσι υπάρχει πάντα μια θλιβόμενη ζώνη σκυροδέματος που να μπορεί να μεταβιβάσει τέμνουσα. Επίσης στα υποστυλώματα τόσο η συμβολή της εμπλοκής των αδρανών όσο και η δράση βλήτρου των διαμήκων οπλισμών στον περισφιγμένο πυρήνα είναι πιο ουσιαστικές από ότι σε δοκούς. **Βαθμ. 0.4**

Ζήτημα 1^ο. Δίδεται φτευτό υποστύλωμα $\Phi 1$ 30/30 εδραζόμενο στο μέσον αμφιέριστης πλάκας πάχους $h=22\text{cm}$, με θεωρητικό άνοιγμα 5.0m κατά τη μικρή διάσταση (κατά την άλλη διεύθυνση μπορεί να θεωρηθεί απειρομήκης), όπως στο παρακάτω Σχήμα 1. Η πλάκα έχει επικάλυψη, επί της οποίας εδράζεται το φτευτό υποστύλωμα, πάχους $s=5\text{cm}$. **Ζητείται** να υπολογισθεί και να σχεδιασθεί σε σκαρίφημα ξυλοτύπου ο οπλισμός της πλάκας, προς κάθε διεύθυνση, έναντι κάμψως καθώς και οι έλεγχοι διάτρησης (αν απαιτηθεί οπλισμός διάτρησης, μην προχωρήσετε στον υπολογισμό-του).

Φορτία (πέραν του ιδίου βάρους): α) εφ' όλης της κάτοψης: $g_k=2.0\text{kN/m}^2$ (συμπεριλαμβανομένου του ι.β. της επικάλυψης) και $q_k=2.5\text{kN/m}^2$. β) Αξονικά στο υποστύλωμα: $G_k=70\text{kN}$, $Q_k=50\text{kN}$ (δρα ταυτόχρονα με το q_k με $\psi=1$). Υλικά C25/30, B500C. Ονομαστική επικάλυψη c_{nom} : 2.5cm . Κάθε άλλο απαραίτητο στοιχείο θα επιλεγεί εulόγως από τον Μελετητή.

(βαθμ. 3.5)

Σχήμα 1
Κάτοψη και τομή



Λύση:

I) Υλικά:

$$f_{cd} = 0.85 \cdot \frac{25000}{1.50} = 14.166 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}, \quad f_{yd} = \frac{500000}{1.15} = 434.782 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

II) Δράσεις σχεδιασμού :

II.1) Φορτία πλάκας ((καταναμημένα):

Μόνιμα g_k : IB+ επικάλυψη: $g_k = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0.22\text{m} + 2.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 7.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Κινητά q_k : $q_k = 2.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Συνολικό καταναμημένο φορτίο: $w_d = 1.35 \cdot 7.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.50 \cdot 2.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 13.875 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Ροπή στο άνοιγμα λόγω καταναμημένου (kNm/m): $m_d = \frac{w_d \cdot l^2}{8} = \frac{13.875 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 5.0^2}{8} = 43.36 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

Τέμνουσα στη στήριξη λόγω καταναμημένου (kN/m): $q_d = \frac{w_d \cdot l}{2} = \frac{13.875 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 5.0}{2} = 34.69 \text{ kN/m}$

II.2) Φορτία πλάκας από το φτευτό υποστύλωμα (σημειακά στο μέσον):

Μόνιμα: $G_k = 70 \text{ kN}$

Κινητά: $Q_k = 50 \text{ kN}$

Συνολικό φορτίο (σημειακά στο μέσον): $P_d = 1.35 \cdot 70 \text{ kN} + 1.50 \cdot 50 \text{ kN} = 169.5 \text{ kN}$

Ροπή στο άνοιγμα (kNm): $M_d = \frac{P_d \cdot l}{4} = \frac{169.5 \text{ kN} \cdot 5.0}{4} = 211.88 \text{ kNm}$

Τέμνουσα στη στήριξη (kN): $Q_d = \frac{P_d}{2} = \frac{169.5 \text{ kN}}{2} = 84.75 \text{ kN}$

Ισοδύναμο πλάτος διανομής :

$$t_x = t_y = b_c + s + h = 30 + 22 + 5 = 57\text{cm}$$

Κάμψης: $b_M^m = t_y + 2.5 \cdot x \cdot \left(1 - \frac{x}{l}\right) = 0.57\text{m} + 2.5 \cdot 2.5\text{m} \cdot \left(1 - \frac{2.5\text{m}}{5\text{m}}\right) = 3.70 \text{ m}$

Τέμνουσας: $b_Q^m = t_y + 0.5 \cdot x = 0.57\text{m} + 0.5 \cdot 2.5\text{m} = 1.82 \text{ m}$

Ανηγγμένη ροπή στο άνοιγμα λόγω σημειακού (kNm/m): $m_d = \frac{M_d}{b_M^m} = \frac{211.88 \text{ kNm}}{3.70 \text{ m}} = 57.26 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

Έλεγχος σε διάτρηση (άνογμα):

Κεντρική θλίψη, άρα $\beta = 1.15$

$$V_{Ed} = 1.15 P_d = 1.15 \cdot 169.5 = \mathbf{195.0 \text{ kN}}$$

$$d_x = 0.19\text{m}, d_y = 0.178\text{m} \rightarrow d = \frac{d_x + d_y}{2} = 0.18\text{m}$$

α) Έλεγχος του διατιθέμενου πάχους πλάκας αν επαρκεί σε μέγιστη αντοχή σε διάτρηση στην παρειά:

$$u_0 = 4 \cdot 0.30 \text{ m} = 1.20 \text{ m} \rightarrow v_{Ed} = \frac{195 \text{ kN}}{1.20 \cdot 0.18 \text{ m}^2} = 1.083 \text{ MPa}$$

$$v = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right) = 0.54 \rightarrow$$

$$v_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 0.54 \cdot 14.166 \text{ MPa} = 3.825 \text{ MPa} > 1.083 \text{ MPa} \quad \text{η διατομή επαρκεί.}$$

β) Έλεγχος στην κρίσιμη περίμετρο σε απόσταση $2d = 0.36\text{m}$, αν απαιτείται οπλισμός σε διάτρηση:

$$u_1 = 4 \cdot 0.30 + 2 \cdot \pi \cdot 0.36 \text{ m} = 3.46 \text{ m} \rightarrow v_{Ed} = \frac{195 \text{ kN}}{3.46 \cdot 0.18 \text{ m}^2} = 0.313 \text{ MPa}$$

$$C_{Rd,c} = 0.12 \text{ MPa}$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}}, \quad \rho_{lx} = 0.0075, \quad \rho_{ly} = 0.6 \cdot \rho_{lx} = 0.0045 \rightarrow \rho_l = \sqrt{0.0075 \cdot 0.0045} = 0.0058 :$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{180}} = 2.05 \leq 2.0 \rightarrow k = 2.0$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} = 0.12 \cdot 2.0 \cdot (100 \cdot 0.0058 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} = 0.585 \text{ MPa} > = 0.313 \text{ MPa}$$

Δεν απαιτείται οπλισμός διάτρησης.

Ανηγμένη τέμνουσα στη στήριξη λόγω σημειακού (kN/m) : $q_d = \frac{Q_d}{b \cdot Q} = \frac{84.75 \text{ kN}}{1.82 \text{ m}} = 46.56 \text{ kN/m}$

Π.3) Τελικές δράσεις σχεδιασμού:

Ανηγμένη ροπή στο άνοιγμα (kNm/m) : $m_d = 43.36 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} + 57.26 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} = 100.62 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

Ανηγμένη τέμνουσα στη στήριξη: $q_d = 34.69 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 46.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 81.25 \text{ kN/m}$

III) Έλεγχοι / όπλιση:

Έλεγχος / όπλιση σε κάμψη (άνοιγμα):

$h = 22 \text{ cm}, c = 2.5 \text{ cm} \rightarrow d = 22 - 2.5 - 0.5 = 19 \text{ cm}$

$m_d = 100.62 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \therefore \mu_{sd} = \frac{m_d}{bd^2 f_{cd}} = \frac{100.62 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}}{1.0 \cdot 0.19^2 \cdot 14.166} = 0.197 < \mu_{lim} = 0.372 \rightarrow \omega = 0.225$

$A_s = \omega b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.225 \cdot 100 \cdot 19 \text{ cm}^2 \frac{14.166 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}{434.782 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}} = 13.9 \text{ cm}^2/\text{m}$ τίθενται $\Phi 12/8$ ($14.25 \text{ cm}^2/\text{m}$)

$\rho_{lx} = \frac{A_s}{bd} = \frac{14.25}{1900} = 0.0075 > \rho_{min}$

Κατανομή οπλισμών

Οπλισμός λόγω κατανεμημένων φορτίων :

$m_d = 43.36 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \rightarrow \mu_{sd} = \frac{m_d}{bd^2 f_{cd}} = \frac{43.36 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}}{1.0 \cdot 0.19^2 \cdot 14.166} = 0.085 \rightarrow \omega = 0.089$

$A_s = \omega b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.089 \cdot 100 \cdot 19 \text{ cm}^2 \frac{14.166 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}{434.782 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}} = 5.5 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\Phi 12/20$ Κάτω (κύριος οπλισμός)

Άρα, συνολικός πρόσθετος οπλισμός στη ζώνη λόγω σημειακού :

Διαμήκης (κύριος) : $A_{sm} = (13.9 - 5.5) \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \cdot 3.70 \text{ m} = 31. \text{ cm}^2$: $28\Phi 12$ (32 cm^2)

Εγκάρσιος (δευτερεύων) : $0.6 \cdot A_{sm} = 0.6 \cdot 31. \text{ cm}^2 = 18.6 \text{ cm}^2$: $25\Phi 10$ (18.75 cm^2)

Τίθενται:

Κύριος: $\Phi 12/20$. Δευτερεύων: $0.2 \cdot 5.5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = 1.1 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$ $\Phi 10/25 = 3.0 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$

Σε πλάτος: $\frac{b_m^2}{2} = \frac{3.70}{2} = 1.85 \text{ m}$:

Πρόσθετος κύριος οπλισμός: $28\Phi 12$ ή $\Phi 12/7.5$

Πρόσθετος εγκάρσιος οπλισμός: $25\Phi 10$ ή $\Phi 10/10$

Οι πρόσθετοι εγκάρσιοι οπλισμοί αγκυρώνονται σε μήκος ευθύγραμμης αγκύρωσης εκτός της ζώνης b_m .

Έλεγχος σε τέμνουσα (στήριξη):

Γίνεται έλεγχος συντηρητικά επάνω στη στήριξη:

$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{190}} = 2.025 \leq 2.0 \rightarrow k = 2.0$

$v_{min} = 0.035 k^{3/2} \sqrt{f_{ck}} = 0.035 \cdot 2.0^{3/2} \sqrt{25} \text{ MPa} = 0.495 \text{ MPa} \rightarrow$

$\rightarrow Q_{min} = 495 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1.0 \cdot 0.19 \text{ m}^2 = 94 \frac{\text{kN}}{\text{m}} > 81.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ επαρκεί. Δεν απαιτείται οπλισμός σε τέμνουσα.