

Εξέταση στο μάθημα
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ Ω.Σ.

του 8^{ου} εξ. Τε 13-9-2017

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

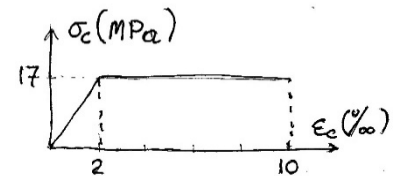
Ζήτημα 1^ο Σε πλάστιμα τοιχία ωπλισμένου σκυροδέματος:

α) Γιατί γίνεται η περίσφιγξη των ακραίων περιοχών (στοιχείων); (απαντήσεις του τύπου: «για μεγαλύτερη ασφάλεια», «για αποφυγή ψαθυρής αστοχίας» δεν είναι επαρκείς).

β) Ποιοι μηχανισμοί αντιστέκονται στην διατμητική ολίσθηση στους αρμούς διακοπής εργασίας; (δεν ζητούνται τύποι, μόνον συνοπτική περιγραφή κάθε μηχανισμού και ο τρόπος με τον οποίο συμβάλλει ο καθένας).

γ) Πώς υπολογίζεται η ικανοτική τέμνουσα στην βάση-τους (δεν ζητούνται ακριβείς τιμές, αρκεί η διατύπωση της απαίτησης). **(Βαθμ. 1.5)**

Ζήτημα 2° Υποσύλωμα διατομής $0.30 \times 0.30\text{m}$ έχει οπλισμό $4\Phi 25$ (ένα σε κάθε γωνία), $d_1=0.06\text{m}$, B500C και είναι από ειδικό σκυρόδεμα του οποίου το διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων φαίνεται στο σχήμα (τιμές σχεδιασμού), χωρίς περίσφιγξη. Να βρείτε την πλαστιμότητα καμπυλοτήτων όταν η αξονική δύναμη του υποσυλώματος είναι $N_d=550.8\text{kN}$ (θλιπτική, τιμή σχεδιασμού). Για την καμπυλότητα διαρροής να χρησιμοποιήσετε τις σχέσεις που δίνονται στο κεφάλαιο περί λυγισμού και ειδικότερα στην μέθοδο ανάλυσης βάσει της ονομαστικής καμπυλότητας. Αγνοείτε οποιαδήποτε p εκτός πυρήνα). Ό,τι δεν δίνεται θα εκτιμηθεί δικαιολογημένα από τον Μελετητή.

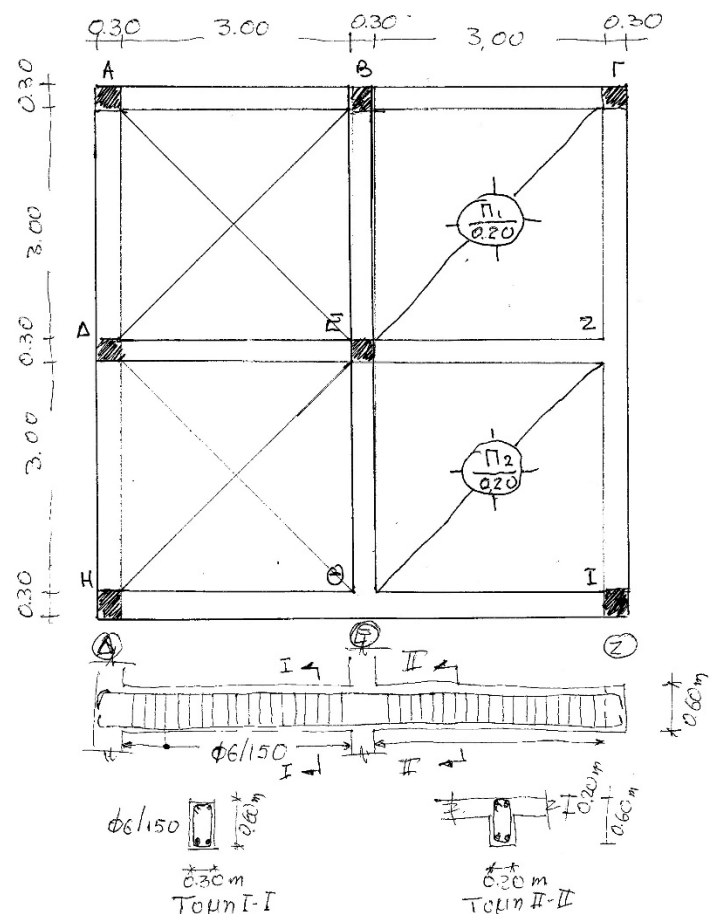


(Bαθμ. 2.0)

Ζήτημα 3^ο Όλες οι δοκοί έχουν τις ίδιες διαστάσεις, 0.30/0.60m, τους ίδιους οπλισμούς και τις ίδιες ροπές αντοχής άνω και κάτω πέλματος: $M^+=M^-=135\text{kNm}$ και δίτμητους συνδετήρες σταθερούς σε όλο το μήκος $\Phi 6/150\text{mm}$. Μεταξύ των δοκών ΒΓΖΕΒ και ΕΖΙΘΕ υπάρχουν πλάκες πάχους 0.20m με ωφέλιμο φορτίο $q_k=8\text{kN/m}^2$ συντελεστής $\psi=0.6$ και με φορτίο επικάλυψης $g_k'=1.5\text{kN/m}^2$ (χαρακτηριστικές τιμές). Μεταξύ των δοκών ΑΒΕΔΑ και ΔΕΘΗΔ δεν υπάρχουν πλάκες.

Στο πλαίσιο του ικανοτικού ελέγχου τέμνουσας των δοκών ΔΕΖ, η οποία απλουστευτικώς θεωρείται απλώς εδραζόμενη στην δοκό ΓΙ, ζητούνται:

1. Να σχεδιασθεί το διάγραμμα τέμνουσας ικανοτικού ελέγχου κατά μήκος των δοκών ΔΕΖ. Το ίδιο βάρος της δοκού αγνοείται.
2. Να εξετάσετε αν οι σταθεροί σε όλο το μήκος συνδετήρες Φ6/150mm επαρκούν για την ικανοποίηση του ικανοτικού ελέγχου και την απαίτηση περί ελαχίστου οπλισμού διατμήσεως και μέγιστης αποστάσεως των συνδετήρων υπό σεισμό. Αν όχι, εσείς τι θα προτείνετε? Σημειώνεται ότι στην μέση πλαστιμότητα δεν εξετάζεται η τοποθέτηση δισδιαγώνιου οπλισμού (έλεγχος του «ζ»).



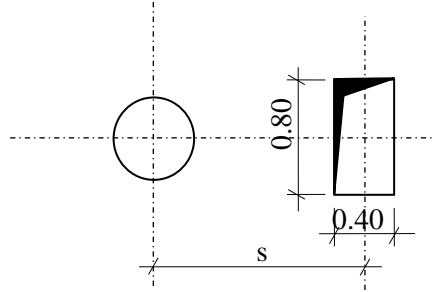
Δίνονται: κατηγορία πλαστιμότητας μέση (DCM) $\gamma_{Rd}=1.0$,
σκυρόδεμα C30/37, χάλυβας B500C, $d_1=0.05m$. Διαμήκης $\Phi 20$.
Ό,τι δεν δίνεται θα εκτιμηθεί δικαιολογημένα από τον Μελετητή.

(Bαθμ. 3.0)

Συνεχίζεται στην πίσω σελίδα

Συνέχεια από την πίσω σελίδα

Ζήτημα 4^ο Σε ισόγειο κτήριο, δίδεται η στήριξη μονολιθικής πλάκας ενιαίου πάχους h επί κυκλικού υποστυλώματος διαμέτρου Φ , σύμφωνα με την κάτοψη του Σχήματος. Θεωρείται ότι το υποστύλωμα είναι εσωτερικό και υπάρχουν επαρκή τοιχώματα, ώστε να υπόκειται σε κεντρική θλίψη χωρίς ροπές, οπότε $\beta=1.15$. Το αξονικό φορτίο σχεδιασμού στο υποστύλωμα είναι $N_{Ed}=1800\text{kN}$.



Ζητούνται:

1. Για πάχος πλάκας $h = 0.50\text{m}$, να υπολογισθεί η ελάχιστη διάμετρος, Φ , του υποστυλώματος για να επαρκεί η στήριξη της πλάκας έναντι διάτρησης (έλεγχος $v_{Rd,max}$).
2. Για διάμετρο υποστυλώματος $\Phi=0.40\text{m}$ και πάχος πλάκας $h = 0.60\text{m}$:
 - α) να ελεγχθεί αν η πλάκα επαρκεί με οπλισμό διάτρησης, αγνοώντας την ύπαρξη της οπής για την διέλευση του αγωγού μηχανολογικών και θεωρώντας για τον σκοπό αυτό πως η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε διάτρηση μιας πλάκας με οπλισμό διάτρησης, $v_{Rd,cs}$, πρέπει να είναι μικρότερη από $1.5v_{Rd,c}$ ¹, όπου $v_{Rd,c}$ η αντοχή σε διάτρηση χωρίς οπλισμό διάτρησης. (Να θεωρήσετε, απλουστευτικά, ότι το αξονικό στο υποστύλωμα παραμένει αμετάβλητο $N_{Ed}=1800\text{kN}$).
 - β) να προσδιορίσετε την απόσταση της περιμέτρου, u_{out} , από την παρειά του υποστυλώματος πέραν της οποίας δεν απαιτείται οπλισμός διάτρησης καθώς και
 - γ) την ελάχιστη απόσταση, s , της οπής ώστε να μπορεί να αγνοηθεί η ύπαρξή της κατά τον έλεγχο έναντι διάτρησης.
3. Για κατασκευαστικούς λόγους, η τελική γεωμετρία θα είναι: διάμετρος υποστυλώματος $\Phi=0.40\text{m}$, πάχος πλάκας $h=0.60\text{m}$ και η απόσταση του αγωγού μηχανολογικών $s=2.50\text{m}$. Σε αυτή την περίπτωση, να διερευνηθεί κατά πόσον η πλάκα επαρκεί με ή χωρίς οπλισμό διάτρησης (Να θεωρήσετε, απλουστευτικά, ότι το αξονικό στο υποστύλωμα παραμένει αμετάβλητο $N_{Ed}=1800\text{kN}$). Αν απαιτείται, να υπολογίσετε αυτόν τον οπλισμό (πλήθος και διάμετρος ράβδων) (θεωρήστε $s_r = d/2$), και να δείξετε τον οπλισμό σε μια περίμετρο σε απόσταση $1.0d$ από την παρειά. Να μην ελέγξετε ελάχιστη διάμετρο οπλισμού διατρήσεως και μέγιστη απόσταση συνδετήρων στην περίμετρο όπλισης.

Δεδομένα:

Σκυρόδεμα C25/30, χάλυβας B500C. Ονομαστική επικάλυψη οπλισμών $c_{nom}=30\text{mm}$ άνω είτε κάτω. Να θεωρήσετε ότι από τον υπολογισμό έναντι κάμψεως της πλάκας, στην περιοχή της στήριξης τοποθετούνται δύο εσχάρες διαμήκων οπλισμών (άνω και κάτω) $\Phi 20/250\text{mm}$ σε κάθε διεύθυνση σε μεγάλο πλάτος της κάτοψης. **(Βαθμ. 3.5)**

¹ $v_{Rd,cs}=0.75v_{Rd,c}+1.5(d/s_r)A_{sw}f_{ywd,ef}(1/(u_1d))\sin\alpha\leq 1.5v_{Rd,c}$

Απαντήσεις και πρόταση βαθμολογίας

Ζήτημα 1

α) Τα τοιχία έχουν μικρό πλάτος θλιβόμενης περιοχής και άρα ψαθυρή καμπτική αστοχία. Για την βελτίωση και την εξασφάλιση πλαστικής συμπεριφοράς περισφίγγουμε τις ακραίες περιοχές με κλειστούς και καλά αγκυρωμένους συνδετήρες (βέβαια και η απαίτηση περί ελαχίστου πλάτους του τοιχώματος συμβάλλει επίσης σ' αυτό, αλλά αυτό δεν το ζητούσαμε). Η περισφίγξη εκτείνεται μέχρι ενός βάθους της θλιβόμενης ζώνης, πέραν του οποίου δεν υπάρχει κίνδυνος αποφλοίωσης του σκυροδέματος (η παραμόρφωση έχει μειωθεί κάτω από το 3.5‰), προσφέροντας έτσι στα άκρα αυξημένη παραμόρφωση αστοχίας του σκυροδέματος, ϵ_{cu} , με όλες τις ευνοϊκές επιπτώσεις που αυτό συνεπάγεται. **(Βαθμ. 0.5)**

Το γεγονός ότι οι πυκνοί συνδετήρες, εκτός από την αύξηση της παραμόρφωσης αστοχίας του σκυροδέματος, προστατεύουν και τις διαμήκεις ράβδους από λυγισμό, δεν αποτελούσε μέρος του ερωτήματος.

Η απάντηση «...για την αύξηση της πλαστιμότητας», χωρίς να εξειδικεύεται, δεν αξιολογείται. Η περισφίγξη των άκρων δεν συμβάλλει στον ικανοτικό σχεδιασμό του τοιχώματος έναντι τέμνουσας.

β) Οι μηχανισμοί που αντιστέκονται στην διατμητική ολίσθηση στους αρμούς διακοπής εργασίας (στην βάση κυρίως) των τοιχωμάτων είναι:

- η τριβή μεταξύ των διεπιφανειών (εξαρτάται από την αξονική δύναμη, τον συντελεστή τριβής, το ύψος της θλιβόμενης ζώνης στο οποίο και αναπτύσσεται η τριβή)
- η δράση βλήτρου των διαμήκων ράβδων (εξαρτάται από το εμβαδόν των ράβδων που δρουν ως βλήτρο, αλλά και από τις αντοχές σκυροδέματος και χάλυβα)
- και, αν δεν επαρκούν τα προηγούμενα, η συμβολή πρόσθετων λοξών, κατά δύο διευθύνσεις, ράβδων (συνεκτιμώντας την δυσμενή επίπτωση στην καμπτική υπεραντοχή).

(Βαθμ. 0.5)

γ) Η ικανοτική τέμνουσα υπολογίζεται ως μια προσαύξηση της τέμνουσας που προκύπτει από την ανάλυση. Η προσαύξηση αυτή εξαρτάται από την κατηγορία πλαστιμότητας και κατά βάση λαβαίνει υπόψη τους εξής παράγοντες:

- την καμπτική υπεραντοχή της βάσεως του τοιχώματος (ο τοποθετούμενος οπλισμός μπορεί να είναι σημαντικά μεγαλύτερος από τον απαιτούμενο από την ανάλυση) (προσοχή: στα τοιχώματα, σε αντίθεση με τις δοκούς, έχουμε μόνο μια πλαστική ροπή στην βάση).
- την αυξημένη συμβολή των ανώτερων κανονικών μορφών μετά την εμφάνιση των βλαβών, για εύκαμπτα συστήματα.

Ο τρόπος υπολογισμού της ικανοτικής τέμνουσας στα τοιχώματα διαφέρει από τον αντίστοιχο υπολογισμό για τις δοκούς.

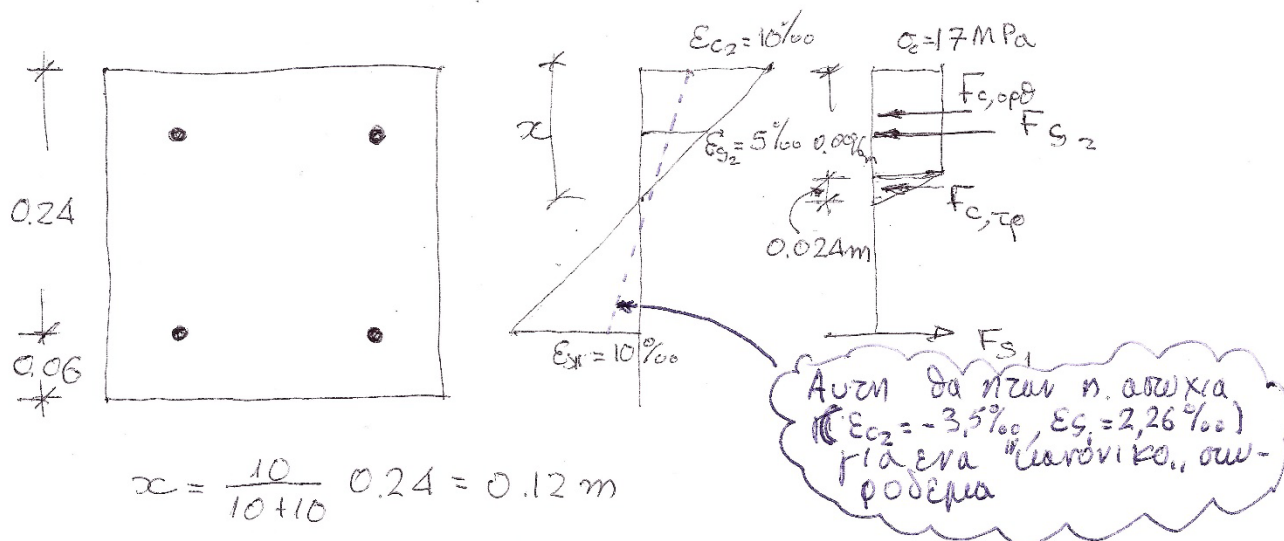
(Βαθμ. 0.5)

Ζήτημα 2

$$\mu_R = \frac{(\frac{1}{R})_u}{(\frac{1}{R})_y}$$

Καμπυλότητα απόχλισης:

1^η δοκίμηση Έστω $\epsilon_{s1} = 10\text{‰}$ (και $\epsilon_{c2} = 10\text{‰}$)



$$x = \frac{10}{10+10} \cdot 0.24 = 0.12 \text{ m}$$

$$\epsilon_{s2} = 5\text{‰} > 2.17\text{‰} \Rightarrow F_{s1} = -F_{s2}$$

$$F_c = F_{c, \tau p} + F_{c, op \theta} = \frac{1}{2} \cdot 0.024 \times 0.30 \times 17000 + 0.096 \times 0.30 \times 17000 = 61.2 + 489.6 = 550.8 \text{ kN}$$

$$\text{Ειλερχας} \quad N_d \stackrel{?}{=} N_{ed} : \\ 550 \stackrel{?}{=} F_{s2} - F_{s1} + 550.8 \quad \checkmark$$

Αρα ορθή η υποθέση $\epsilon_{s1} = 10\text{‰} \Rightarrow$

$$\left(\frac{1}{R}\right)_u = \frac{10+10}{0.24} \text{‰} = 83.3\text{‰} (\text{m}^{-1}) \quad (\text{βαθμ } 1,6)$$

Καμπυλότητα διαρροής

$$\left(\frac{1}{R}\right)_y \simeq \frac{\epsilon_{yd}}{0.45d} = \frac{2.17\text{‰}}{0.45 \cdot 0.24} = 20\text{‰} (\text{m}^{-1}) \quad (\text{βαθμ } 0.4)$$

$$\Rightarrow \boxed{\mu_R = \frac{83.3}{20} = 4.1}$$

Για να γίνει απλούστερη η άσκηση, δόθηκε ένα «ειδικό» σκυρόδεμα με το εικονιζόμενο διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων (αποφύγαμε να πούμε ότι πρόκειται για περισφιγμένο σκυρόδεμα ώστε να μην χρειασθεί να υπολογισθούν η περίσφιγξη, οι ιδιότητες του περισφιγμένου και μη περισφιγμένου σκυροδέματος, να ληφθεί υπόψη η αποφλοίωση κλπ.)

Οποσδήποτε δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν πίνακες, δ/τα αλληλεπιδράσεως, συντελεστές πλήρωσης κλπ μιας και το σκυρόδεμα έχει διαφορετικό διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων από το συμβατικό. Θα πρέπει να υπολογισθεί η θλιπτική δύναμη εντός της διατομής ολοκληρώνοντας τις τάσεις.

Πλαστιμότητα καμπυλοτήτων ορίζεται ως: $\mu_R = (1/R)_u / (1/R)_y$.

Πρέπει να υπολογίσουμε τις δύο καμπυλότητες: στην αστοχία και στην διαρροή.

Για την αστοχία: στο κατώτερο τμήμα της θλιβόμενης ζώνης (στο 0.20x) οι τάσεις του σκυροδέματος είναι τριγωνικές (εμβαδόν τριγώνου) ενώ στο ανώτερο 80% της θλιβόμενης ζώνης οι τάσεις είναι σταθερές (εμβαδόν ορθογωνίου).

Προσέξτε: αστοχία σκυροδέματος $\epsilon_{cu} = -10\text{‰}$ και όχι -3.5‰ .

Τάση σχεδιασμού του σκυροδέματος 17MPa (επίτηδες δόθηκε απευθείας η τιμή σχεδιασμού και όχι η χαρακτηριστική, για να μην μπλεχτούν οι Σπουδαστές με το $\alpha_{cc} = 0.85$ ή 1.00)

Για την διαρροή: θα μπορούσε να εφαρμοσθεί η ίδια διαδικασία, αλλά, για απλούστευση, ζητήθηκε να χρησιμοποιηθεί η σχέση που δίνεται για την καμπυλότητα διαρροής στο κεφάλαιο του λυγισμού.

Οι αντίστοιχες ροπές (αστοχίας και διαρροής) δεν χρειάζεται να υπολογισθούν.

Προσέξτε: Για την θλιπτική δύναμη του σκυροδέματος δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι συντελεστές 0.8 ή 0.81 (οι οποίοι, έχοντας ολοκληρώσει τις τάσεις καθ ύψος της θλιβόμενης ζώνης, δίνουν την μέση τάση του σκυροδέματος) διότι αυτοί ισχύουν για το συμβατικό διάγραμμα του σκυροδέματος, γι' αυτό η άσκηση εδώ λύθηκε με δοκιμές.

Πάντως, ένας παρατηρητικός Σπουδαστής, βλέποντας ότι στο 20% της θλιβόμενης ζώνης οι τάσεις είναι τριγωνικές και στο υπόλοιπο 80% οι τάσεις είναι σταθερές, θα υπολόγιζε τον συντελεστή της μέσης τάσης ως εξής: $\alpha = 0.2 * 0.5 + 0.8 * 1.0 = 0.9$.

Υποθέτοντας (και επιβεβαιώνοντας στην συνέχεια) ότι άπαντες οι οπλισμοί έχουν διαρρεύσει θα εύρισκε το ύψος της θλιβόμενης ζώνης: $0.9 * b * f_{cd} = N$ άρα $x = 550.8 / [0.9 * 0.3 * 17000] = 0.12\text{m}$ άρα $(1/R)_u = 10\text{‰} / 0.12 = 83.3\text{‰m}^{-1}$.

Οποιος δεν αιτιολόγησε την επιλογή-του για τον υπολογισμό της μέσης τάσης αφαιρείται **βαθμ.1.0**

Η άσκηση ήθελε να δείξει την μεγάλη σημασία της παραμόρφωσης αστοχίας του σκυροδέματος. Κανονικά θα υπήρχε και το εξής ερώτημα (το οποίο τελικά δεν δόθηκε για να μην επιβαρυνθεί η άσκηση): Πόση θα ήταν η πλαστιμότητα καμπυλοτήτων αν το διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων του σκυροδέματος ήταν το γνωστό συμβατικό: παραβολή μέχρι το 2‰ και ορθογώνιο μέχρι το 3.5‰?

Πάλι με δοκιμές, προκύπτει ότι για $\epsilon_{c2} = -3.5\text{‰}$, $\epsilon_{s1} = 2.26\text{‰}$ (βλ. σχήμα παρακάτω) (οι Σπουδαστές ως το επιβεβαιώσουν) έχουμε ισοδυναμία εσωτερικών και εξωτερικών δυνάμεων άρα $(1/R)_u = (3.5 + 2.26)\text{‰} / 0.24 = 24\text{‰m}^{-1}$ και άρα πλαστιμότητα καμπυλοτήτων (η καμπυλότητα διαρροής έστω(?) ότι δεν αλλάζει) άρα: $\mu_R = 24/20 = 1.2$ (έναντι της τιμής 4.1).

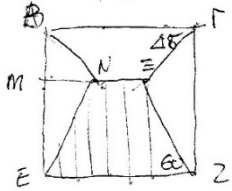
Παρατηρήσατε στο διάγραμμα της παραμορφωμένης διατομής (βλ. χειρόγραφο) ότι το ύψος της θλιβόμενης ζώνης παρέμεινε πρακτικώς το ίδιο, οπότε επιβεβαιώνεται το γνωστόν ότι η **καμπυλότητα αστοχίας** (η οποία επίσης γράφεται: ϵ_{cu}/x) **είναι περίπου ανάλογη της παραμόρφωσης αστοχίας του σκυροδέματος** ($10/3.5 \approx 4.1/1.2$).

Ζήτημα 3

$$\underline{\Delta E} \quad V_{CD} = 1.0 \frac{135+135}{3.0} = \pm 90 \text{ kN}, \quad V_0 = 0$$

$$\underline{E2} \quad V_{CD} = 1.0 \frac{135}{3.0} = \pm 45 \text{ kN}$$

$$V_0: \text{τραπέζιο} \quad \frac{MN}{\tan 45} + \frac{MN}{\tan 30} = 3.0 \text{ m} \rightarrow$$



$$M.N = 1.10 \text{ m} \Rightarrow E.M = 1.90 \text{ m}, \quad N.E = 0.80 \text{ m}$$

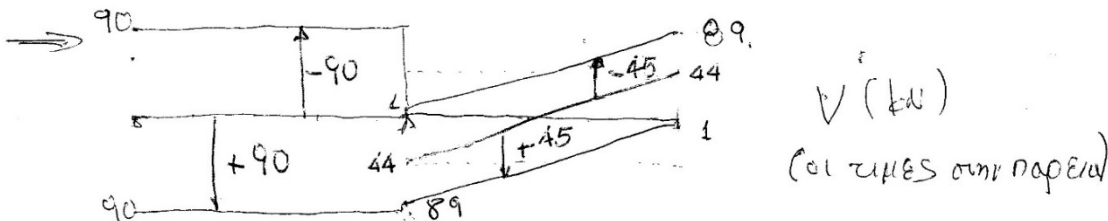
φορτίου επιφάνεια:

$$E = \frac{1}{2} (0.80 + 3.00) (1.90 + 0.15) = 3.90 \text{ m}^2$$

φορτίο σχηματισμού

$$q = 25 \times 0.2 + 1.5 + 0.6 \times 8.0 = 11.3 \text{ kN/m}^2$$

$$\Rightarrow R_E = R_Z = 11.3 \times 3.90 = 44.0 \text{ kN}$$



$$V_{Rds} = \frac{A_s}{s} \sigma_{sd} f_{yd} \Rightarrow s = \frac{2 \times 0.283 \text{ cm}^2}{90 \text{ kN}} \times 0.90 \times 0.55 \times 43.5 \text{ N/cm}^2$$

$$\Rightarrow s = 135$$

$$\rho_{w,min} = 0.08 \frac{\sqrt{f_{ct}}}{f_{yk}} = 0.08 \frac{\sqrt{30}}{500} = 0.88 \text{ ‰}$$

$$\rho_{w,prov} = \frac{2 \times 0.283}{13.5 \times 30} = 1.4 \text{ ‰} > 0.88 \text{ ‰} \quad \checkmark$$

$$\delta_{max} = \min \left[8d_{b,l}, \frac{h}{4}, 24\phi_w, 225 \right] = \min \left[8 \times 20, \frac{600}{4}, 24 \times 6, 225 \right] = 144 \text{ mm}$$

$$\min \phi_w = 6 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Αρα, τίθενται Φ6/135 παντού, όποιος δεν προτείνει ποσοτικά τους απαιτούμενους συνδετήρες αφαιρείται **βαθμ. 0.5** (Οι συνδετήρες εκτός των κρίσιμων περιοχών της δοκού ΕΖ-και μόνον σ' αυτήν- θα μπορούσαν να αραιώσουν, αλλά δεν το ζητούμε).

Βαθμολογία:

3.1 Διάγραμμα τεμνουσών

βαθμ. 1.5

3.2 Συνδετήρες

βαθμ. 1.5

Συχνά λάθη: 1) Γωνίες κατανομής του φορτίου στις δοκούς. 2) Στον κόμβο Ζ δεν μπορεί να σχηματισθεί πλαστική άρθρωση: διότι αφενός στο Ζ δεν υπάρχει υποστύλωμα ώστε να

σχηματισθεί καμπτόμενος κόμβος και αφετέρου η δυστρεψία της δοκού ΓΖΙ δεν θεωρείται ικανή ότι μπορεί να δημιουργήσει πλαστική άρθρωση στην δοκό ΕΖ (πρόκειται άλλωστε για έμμεση στρέψη η οποία έτσι κι' αλλιώς αγνοείται), έτσι η δοκός ΕΖ έχει μόνο μία πλαστική ροπή στο Ε.

3) Στις ικανοτικές τέμνουσες μπαίνει το καθαρό μήκος (η πλαστική ροπή αναπτύσσεται στην παρειά της δοκού). **4)** Κατά την εναλλαγή της φοράς του σεισμού, η τέμνουσα λόγω των κατακορύφων φορτίων παραμένει η ίδια (δεν αλλάζει), ενώ αλλάζει πρόσημο η ικανοτική τέμνουσα (προσθαφαιρείται στην τέμνουσα των κατακορύφων φορτίων).

Ζήτημα 4

ΕΡΩΤΗΜΑ 4.

$$1. f_{pd} = 500 / 1,15 = 434,8 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 25 / 1,50 = 16,67 \text{ MPa}$$

Ενδιαφέρον:

$$\sigma_{cd} = 0,85 f_{cd} = 14,17 \text{ MPa}$$

Ερ. 1. αμύλη 429/250.

$$C_{\text{αμύ}} = 30 \text{ mm}$$

$$d_x = 40 \text{ mm} \quad d_y = 60 \text{ mm}$$

$$d = 50 \text{ mm} \Rightarrow \bar{d} = 0,45$$

$$N_{cd} = 1,15 \cdot 1800 = 2070 \text{ kN}$$

$$\sigma_{pd, \max} = 0,5 \cdot \sigma_{cd}$$

$$v = 0,6 (1 - 25 / 50) = 0,54$$

$$\sigma_{pd, \max} = 0,50 \cdot 0,54 \cdot 16,67 = 4,5 \text{ MPa}$$

με 0,85

$$(\sigma_{pd, \max} = 3,826 \text{ MPa})$$

με 0,85

$$\left(\begin{array}{l} \frac{2070}{\pi \phi \cdot 0,45} \leq 3,826 \\ \Rightarrow \phi \geq 0,38 \text{ m.} \end{array} \right)$$

Ερώτημα

$$\frac{2070 / 1000}{\pi \phi \cdot 0,45} \leq 4,50$$

$$\Rightarrow \phi \geq 0,33 \text{ m}$$

$$\phi_{\min} \geq 0,33 \text{ m}$$

Ερ. 2 $\phi = 0,40 \text{ m}$ $h = 0,60 \text{ m}$

$$\bar{d} = 0,55$$

$$\sigma_{pd, cs} = 0,12 \cdot k (100 \rho, f_{ck})^{1/3}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{550}} = 1,60 < 2,0$$

$$\rho_{ix} = \frac{4 \times 3,1}{100 \times 56} = 0,00214$$

$$\rightarrow (100 \rho, f_{ck})^{1/3} = 1,75$$

$$\rho_{iy} = \frac{4 \times 3,1}{100 \times 54} = 0,0022$$

$$\sigma_{pd, c} = 0,12 \cdot 1,60 \cdot 1,75 = 0,336 \text{ MPa}$$

$$\rho = \sqrt{\rho_{ix} \rho_{iy}} = 0,00219 < 0,02$$

$$\sigma_{\min} = 0,035 \cdot \sqrt{1,60^3} \cdot 50 = 0,354 \checkmark$$

$$u_{pd,c} = 0,354 \text{ MPa}$$

$$u_{pd,cs} = 1,5 \times 0,354 = 0,531 \text{ MPa}$$

$$\text{Επειδή σε } \bar{2d} = 1,10 \text{ m από την πηγή. } u_1 = 8,16 \text{ m}$$

$$\therefore u_{fd} = \frac{2070/1000}{\pi(2,20+0,4) \cdot 0,55} = 0,46 \text{ MPa}$$

επαρμεί με σφίγγο

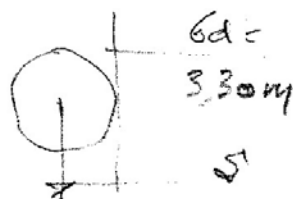
$$\text{Επιδόσεις } u_{out} = \pi \cdot \phi_{out} :$$

$$u_{pd,c} = 0,354 \text{ MPa} = \frac{2070/1000}{\pi \phi_{out} \cdot 0,55}$$

$$\phi_{out} = 3,38 \text{ m} \quad u_{out} = 10,64 \text{ m}$$

$$\text{Αρα "κράτος"} = \frac{1}{2}(3,38 - 0,4) = 1,49 = 2,40d$$

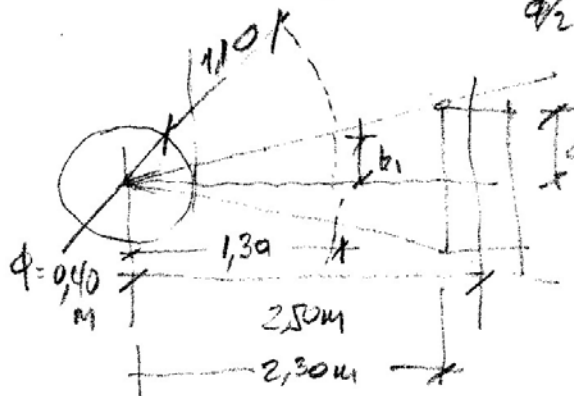
Επειδή υπάρχει στην "κράτος" $6d = 3,30 \text{ m}$ από την πηγή του α/τος



$$S = 6d + 0,20 + 0,20 = 3,70 \text{ m}$$

$$\text{Εξ. 3} \quad \phi = 0,40 \text{ m} \quad \eta = 0,60 \text{ m} \quad \bar{d} = 0,55 \text{ m}$$

$$S = 2,50 \text{ m} \quad \text{κράτος } \bar{S} = 2,50 - 0,20 = 0,20 \text{ m} = 2,10 \text{ m} < 3,30 \text{ m} \text{ άρα διαφέρει πολύ.}$$



u_1 στο $\bar{2d} = 1,10 \text{ m}$ από την πηγή

$$h_1 = \frac{0,90}{2,30} \times 1,30 = 0,23$$

$$u_1 = \pi(2,60) = 8,17 \text{ m}$$

$$\bar{u}_1 = 8,17 \text{ m} - 2 \times 0,23 \text{ m} = 7,71 \text{ m} \quad (\text{από την πηγή})$$

$$u_{Ed} = \frac{2070/1000}{(0,55) \cdot 7,71} = 0,488 \text{ MPa} > 0,354 \text{ MPa}$$

αποτελείται από 16 φ8

από αρ. 3.2 (1020 h) $u_{Ed,s} \leq 1,50 \cdot 0,354 = 0,53 \text{ MPa}$

από συνθήκες στο 2d:

$$f_{yd,eff} = 250 + 0,25 \cdot 550 = 387,5 < f_{yd} =$$

$$0,488 = 0,75 \cdot (0,354) + 1,5 \cdot (2,0) \cdot A_{sw} \cdot (387,5) = 0,00081 \text{ m}^2$$

$$(7,71) \cdot (0,55) = 8,1 \text{ cm}^2$$

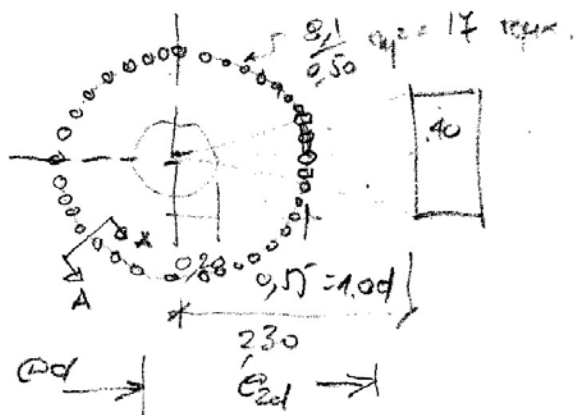
πρόκειται σε 2d για την διατομή:

$$\phi 8 (=0,50 \text{ cm}^2) @ \frac{7,71}{(8,1/0,50)} = 0,48 \text{ m}$$

πρόβλ

$$\phi 8/300 \quad (δίνονται 12,85 \text{ cm}^2) \quad \underline{\underline{16 \phi 8}} \quad \underline{\underline{στο 2d}}$$

β) στο 1d: πρόκειται 1020m διατομή (8,1 cm²) σε πλάτος:



$$h_1 = \frac{0,75}{2,50} \cdot 0,48 = 0,13$$

$$\text{περίμετρος } \pi(1,50) - 0,26 = 4,65 \text{ m}$$

πρόκειται

$$\phi 8 @ \frac{4,65}{16} = 0,26 \text{ m}$$

→ φ8/250 πλάτος σε 2d το μήκος (18 γενόμενα)

