

Εξέταση στο μάθημα
ΣΙΔΗΡΟΠΑΓΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
του 7ου εξ. Τρ 31-1-2017

Διάρκεια 2h 30min. Επιτρέπεται η χρήση μόνον του διανεμηθέντος Τυπολογίου, η χρήση άλλων βιβλίων και κάθε είδους σημειώσεων (είτε προσωπικών είτε του Εργαστηρίου) απαγορεύεται.

ΘΕΜΑ 1^ο Η οριακή ανηγμένη ροπή, μ_{lim} , ώστε να έχει διαρρεύσει ο εφελκόμενος σπλισμός σε μια ορθογωνική διατομή με χάλυβα B500C χωρίς θλιβόμενο σπλισμό, είναι: $\mu_{lim}=0.372$. Πόση θα ήταν η αντίστοιχη ανηγμένη ροπή για χάλυβα B400C; Πόση θα ήταν η αντίστοιχη ανηγμένη ροπή για χάλυβα με χαρακτηριστικό όριο διαρροής $f_{yk}=450\text{MPa}$; Σχολιάσατε τα αποτελέσματα. (βαθμ. 2.0)

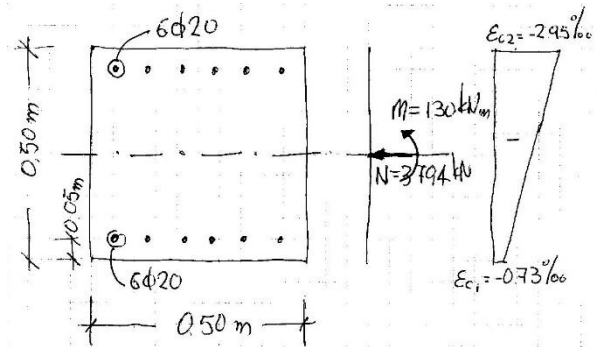
ΘΕΜΑ 2^ο Δίδεται τετραγωνική διατομή $0.50 \times 0.50\text{m}$, C20/25, B500C, με σπλισμό $(6+6)\Phi 20$, $d_1=0.05\text{m}$

2.1 Θεωρείται η διατομή, ευρισκόμενη υπό παραμορφώσεις $(-2.95\%$ $-0.73\%)$ όπως στο σχήμα, ότι είναι σε κατάσταση αστοχίας;

Για τις παραπάνω παραμορφώσεις, τα αναπτυσσόμενα εσωτερικά μεγέθη είναι $N=-3794\text{kN}$ (θλιπτική) και $M=130\text{kNm}$ (εφελκεί τις κάτω ίνες) (Οι τιμές δίνονται, δεν ζητείται ο υπολογισμός-τους ή η επιβεβαίωσή-τους)

2.2 Αν η διατομή καταπονείται από ροπή κάμψεως $M=130\text{kNm}$, να βρεθεί, με χρήση των εξισώσεων ισοδυναμίας, η μέγιστη εφελκυστική δύναμη που μπορεί να αντέξει η διατομή.

2.3 Αν η διατομή καταπονείται από ροπή κάμψεως $M=130\text{kNm}$, ποιες είναι οι ακραίες τιμές της αξονικής δύναμης ώστε να μην αστοχεί η διατομή; (βαθμ. 3.0)



ΘΕΜΑ 3^ο Για ένα υποστύλωμα $0.25 \times 0.60\text{m}$ το ελάχιστο γεωμετρικό ποσοστό σπλισμού διατμήσεως είναι $\rho_{w,min}=1\%$. Ζητείται να επιλέξετε κατάλληλους συνδετήρες διαμέτρου Φ8 για τους οποίους το γεωμετρικό ποσοστό για αμφότερες τις διευθύνσεις να είναι ακριβώς ίσο με το $\rho_{w,min}=1\%$. (βαθμ. 2.5)

ΘΕΜΑ 4^ο Για τον έλεγχο των βελών κάμψεως ο κανονισμός προβλέπει ορισμένες απαλλακτικές διατάξεις (το στατικό ύψος, d , να είναι μεγαλύτερο από ένα κλάσμα του θεωρητικού μήκους L). Στις περιπτώσεις όμως όπου δεν ικανοποιούνται οι απαλλακτικές διατάξεις τότε ο Μηχανικός πρέπει να υπολογίσει αναλυτικά τα βέλη κάμψεως και να ελέγξει ότι ικανοποιούν τα όρια $L/500$ και $L/250$.

Σε μια αμφιέρειστη πλάκα, μήκους $L=7.00\text{m}$, η οποία φέρει ευαίσθητα διαχωριστικά, υπολογίστηκαν τα εξής βέλη κάμψεως:

στιγμιαίο βέλος λόγω ιδίων βαρών, $1.0 \cdot g_{tot}$, $a_{0g,tot}=15\text{mm}$,
στιγμιαίο βέλος λόγω ωφελίμου φορτίου, $1.0 \cdot q$, $a_{0q}=14\text{mm}$,
βέλος λόγω ερπυσμού από τα οιονεί μόνιμα φορτία, $g_{tot}+0.3q$, $a_{creep}=13\text{mm}$

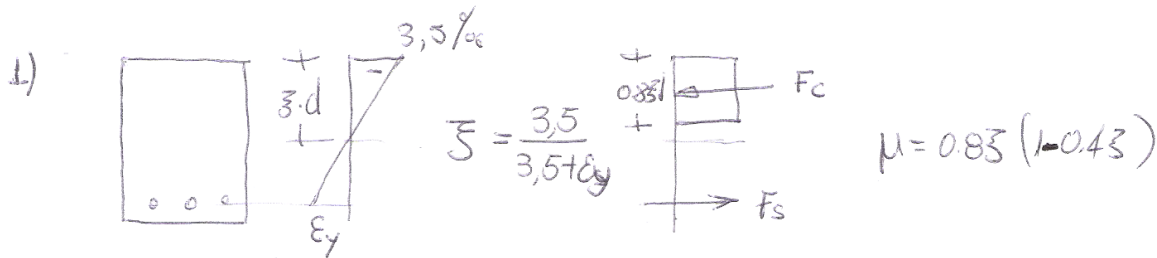
Ο Μηχανικός φοβούμενος ότι δεν θα ικανοποιούνται οι έλεγχοι, εξετάζει το ενδεχόμενο να υπερυψώσει τον ξυλότυπο, στο μέσον σε σχέση με τις στηρίξεις, κατά $a_{υπερ}=30\text{mm}$ (χωρίς να αλλάξει τίποτα άλλο).

- 4.1 Σε τί αντιστοιχούν τα όρια $L/500$ και $L/250$;
- 4.2 Τί λαμβάνεται υπόψη με τον συντελεστή συνδυασμού $\psi=0.3$;
- 4.3 Ικανοποιούνται οι έλεγχοι βελών κάμψεως;
- 4.4 Σχολιάσατε την σκέψη του Μηχανικού για υπερύψωση του ξυλότυπου. Κάνετε οποιαδήποτε εύλογη παραδοχή θέλετε για ό,τι δεν δίνεται.

(βαθμ. 2.5)

Λύσεις και πρόταση βαθμολογίας

ΘΕΜΑ 1° Ο χάλυβας θα είναι στην παραμόρφωση διαρροής, ε_y και το σκυρόδεμα στην παραμόρφωση αστοχίας -3.5% . Βρίσκω το ξ συναρτήσει της παραμόρφωσης διαρροής του χάλυβα, και από την εξίσωση των ροπών βρίσκω το μ_{lim} .



| | | | |
|----------------|--------------------------|---------------|---------------|
| B 500 C | $\varepsilon_y = 2.17\%$ | $\xi = 0.617$ | $\mu = 0.372$ |
| $f_{yk} = 450$ | 1.96 | 0.641 | 0.381 ← |
| B 400 C | 1.74 | 0.668 | 0.392 ← |

Καθώς μειώνεται η ποιότητα του χάλυβα (μειώνεται η παραμόρφωση διαρροής) αυξάνεται το ύψος της θλιβόμενης ζώνης. Αυτό έχει τις εξής δύο συνέπειες: αυξάνεται η θλιπτική δύναμη του σκυροδέματος και μειώνεται (λίγο) ο μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων. Το τελικό αποτέλεσμα, από το γινόμενο των δύο αυτών μεγεθών, είναι η αύξηση της ροπής για την οποία διαρρέει ο οπλισμός.

Σημ. Προφανώς η άσκηση δεν ζητούσε πόση ροπή αντέχει η διατομή με ίδιο εμβαδόν χάλυβα διαφορετικής ποιότητας. **(βαθμ. 2.0)**

Η απάντηση θα μπορούσε να είχε δοθεί και από τον πίνακα του Τυπολογίου (από την στήλη ε_{s1} για την εκάστοτε τιμή του ορίου διαρροής, διαβάζουμε στην στήλη μ την ζητούμενη τιμή), με αιτιολόγηση όμως της δυνατότητας χρήσεως-του (αφού η τελευταία στήλη γράφει B500C).

ΘΕΜΑ 2°

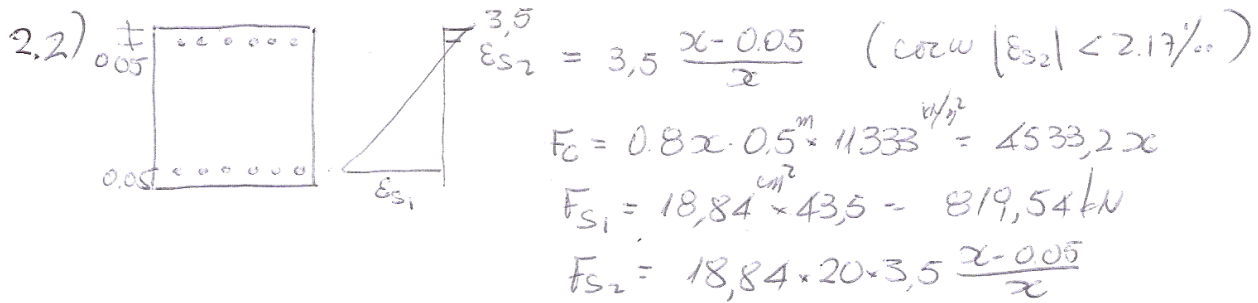
2.1 Είναι σε αστοχία, διότι στην θέση 3/7h από την πλέον θλιβόμενη ίνα η παραμόρφωση είναι 2‰ το οποίο είναι ο ορισμός της αστοχίας για μια διατομή η οποία βρίσκεται όλη σε θλίψη:

$$\epsilon_{3/7} = 0.73 + (2.95 - 0.73) \cdot 4/7 = 2\text{‰}$$

(βαθμ. 0.7)

Απαντήσεις όπως: το σκυρόδεμα δεν είναι στο -3.5‰ ή ο χάλυβας δεν έχει διαρρεύσει είναι λάθος και δεν βαθμολογούνται.

2.2



Απαιτηση

$$M_{εσ} = 130 \text{ kNm} = 4533.2x \cdot (0.25 - 0.4x) + 819.54 \cdot 0.2 + 263.76 \frac{x - 0.05}{x}$$

⇒ (με δοκιμές) $x = 0.039 \text{ m}$

$$F_c = -4533.2 \times 0.039 = -176.8 \text{ kN}$$

$$F_{s1} = 819.54 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = 1318.8 \frac{0.039 - 0.05}{0.039} = 372 \text{ kN (εφ. β)}$$



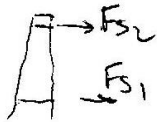
$$m = 819.54 \times 0.2 - 372 \times 0.2 + 176.8(0.25 - 0.4 \times 0.039) = 163.9 - 74.4 + 41.4 = 130.9 \approx 130 \checkmark$$

Άρα $N = 819.54 + 372 - 176.8 = \underline{\underline{1014.7 \text{ kN}}}$ εφ.

(βαθμ. 1.6)

Ανεκτή (με μειωμένη βαθμολογία) και η λύση με όλη την διατομή σε εφελκυσμό (παρόλο που η διατομή δεν βρίσκεται σε «συμβατική αστοχία»).

2.2) Eval.



$$M = (F_{s1} - F_{s2}) \cdot 0.2 \Rightarrow 130 = (819.54 - F_{s2}) \cdot 0.2 \Rightarrow$$

$$F_{s2} = +169.54 \text{ kN} \Rightarrow N = 819.54 + 169.54 = \underline{\underline{+989 \text{ kN}}}$$

2.3 Η απάντηση προκύπτει ήδη από τα προηγούμενα: $-3794 \text{ kN} \leq N \leq 1014 \text{ kN}$

(βαθμ. 0.7)

Δεκτή (για το ερώτημα αυτό) και η απάντηση μέσω διαγράμματος αλληλεπιδράσεως:

$$\omega = \frac{12 \times 3,14}{2500} \frac{435}{11.333} = 0,579 \quad \left. \vphantom{\omega} \right\} \frac{d_1}{b} = 0,10 \quad -1,33 < \gamma < 0,35$$

$$\mu = \frac{130}{0,5^3 \times 11333} = 0,0918$$

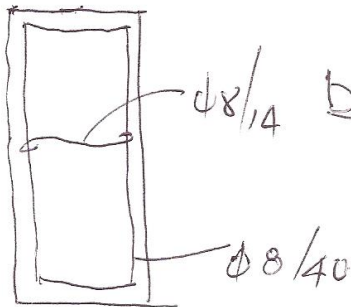
$$\Rightarrow -1,33 \times [0,5^3 \times 11333] \leq N \leq 0,359 [\quad]$$

$$-3794 \text{ kN} \leq N \leq 1017 \text{ kN}$$

Πάντως, οι απαντήσεις των ερωτημάτων 2.2 και 2.3 δεν πρέπει να έρχονται σε κραυγαλέα αντίφαση!

ΘΕΜΑ 3° Είναι προφανές ότι αναμένονται περισσότεροι συνδετήρες κατά x-x (από ότι κατά y-y). Υπολογίζω τους συνδετήρες κατά y-y: προκύπτει ένας περιμετρικός Φ8/40 και στην συνέχεια υπολογίζω τους επιπλέον (πέραν των Φ8/40 που έτσι κι αλλιώς υπάρχουν) συνδετήρες που απαιτεί η διεύθυνση x-x.

3) $b = 0,25 \text{ m} \Rightarrow 1\% = \frac{A_{sw}}{b \cdot s} \Rightarrow \frac{A_{sw}}{s} = 2,5 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $\Rightarrow \underline{\Phi 8/40}$



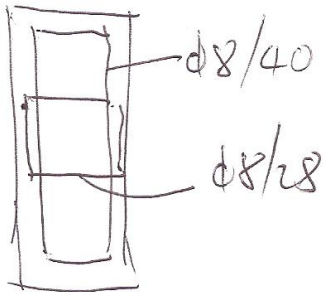
$b = 0,60 \text{ m} \Rightarrow \frac{A_{sw}}{s_w} = 6,0 \text{ cm}^2/\text{m}$

Εχω από τον περιμετρικό
 $2,5 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow$ πρόσθετα $3,5 \text{ cm}^2/\text{m}$

Μονομετρώς $\underline{\Phi 8/14}$

Δίμετρώς $\Phi 8/25$

2)



Υπολογισμός συνδετήρων κατά y-y μόνο: 0.4, υπολογισμός συνδετήρων κατά x-x μόνο: 0.4.

Η δήλωση «...θα βάλω κατά y-y Φ8/40 δίμετρώς (=1%) και κατά x-x Φ8/16 δίμετρώς (=1%)...» χωρίς να φαίνεται πώς θα γίνει αυτό βαθμολογείται με 0.8.

Η θεώρηση ότι $\rho_{w,min} = A_{sw,min}/bd$ είναι παντελώς λάθος και το ερώτημα μηδενίζεται.

Η αναζήτηση λύσης με ρομβοειδή συνδετήρα είναι προς την λάθος κατεύθυνση διότι τα κεκλιμένα σκέλη δίνουν στην μικρή πλευρά μεγαλύτερη συμβολή και στην μεγάλη μικρότερη (ενώ βεβαίως εμείς θέλουμε το αντίθετο).

ΘΕΜΑ 4^ο

4.1 Το όριο $L/500$ είναι για την μή βλάβη ευαίσθητων διαχωριστικών και αναφέρεται στα βέλη που θα εμφανισθούν **μετά** την τοποθέτηση των διαχωριστικών. Το όριο $L/250$ είναι για την εμφάνιση και την ψυχολογία του χρήστη και αναφέρεται στο **ολικό** βέλος του φορέα σε άπειρο χρόνο. **(βαθμ. 0.4)**

4.2 Λαμβάνεται υπόψη το οιονεί μόνιμο τμήμα των ωφέλιμων φορτίων (η ίδια τιμή των ωφέλιμων φορτίων χρησιμοποιείται και για τον σεισμικό συνδυασμό, αλλά η συνεπαγωγή ότι «...κατά τον έλεγχο των βελών κάμψεως ο συντελεστής $\psi=0.3$ λαβαίνει υπόψη τα σεισμικά φορτία...» είναι τελείως λάθος και άνευ νοήματος!) **(βαθμ. 0.4)**

4.3 Ολικό βέλος = βέλος από τα ίδια βάρη, g , (15mm)+βέλος από το οιονεί μόνιμο τμήμα των κινητών, ψq , ($0.3 \cdot 14$ mm)+το ερπυστικό βέλος από τα οιονεί μόνιμα φορτία, $g+\psi q$, (13mm)

$a_{ολ,∞}=15+0.3 \cdot 14+13=32.2\text{mm} > L/250=7000/250=28\text{mm}$ **δεν ικανοποιείται.**

Βέλος μετά την τοποθέτηση των διαχωριστικών (θεωρείται ότι τα διαχωριστικά τοποθετούνται μετά που θα έχουν αναπτυχθεί τα βέλη από τα ίδια βάρη, και άρα λαβαίνονται υπόψη τα βέλη από το οιονεί μόνιμο τμήμα των κινητών, ψq , ($0.3 \cdot 14$ mm)+το ερπυστικό βέλος από τα οιονεί μόνιμα φορτία, $g+\psi q$, (13mm):

$a_{διαχ,∞}=0.3 \cdot 14+13=17.2\text{mm} > L/500=7000/500=14\text{mm}$ **δεν ικανοποιείται.**

(βαθμ. 1.2)

4.4 Η υπερύψωση του ξυλοτύπου **λύνει το πρόβλημα το ολικού βέλους** διότι το βέλος που θα είναι τελικά ορατό στον χρήστη είναι $32.2-30.0=2.2\text{mm} < 28.0\text{mm}$. Πάντως, δεν απαιτούνταν τόσο μεγάλη υπερύψωση για την άρση αυτού του προβλήματος: θα αρκούσε και υπερύψωση κατά 4.2mm.

Η υπερύψωση **δεν λύνει το πρόβλημα των διαχωριστικών** μιας και, ανεξαρτήτως της υπερύψωσης, το βέλος μετά την τοποθέτηση των διαχωριστικών δεν επηρεάζεται από την υπερύψωση. **(βαθμ. 0.5)**

Τέλος το μέγεθος της υπερύψωσης (30mm) δεν έπρεπε να υπερβαίνει το $L/250=7000/250=28\text{mm}$ (βλ. Ευρωκώδικα 2 παρ. 7.4.1(4)) ή συντηρητικότερα το βέλος από τα ίδια βάρη (15mm). (αυτό δεν έχουμε την αξίωση να το ξέρουν και δεν αξιολογείται).