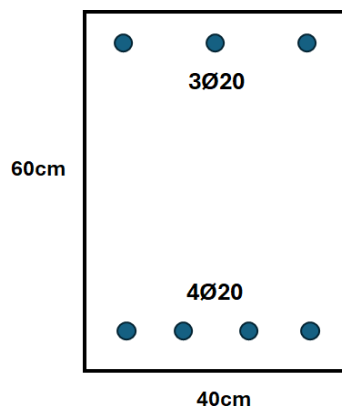


ΑΣΚΗΣΗ 4 (Παράδοση 10 Δεκεμβρίου 2024)

Α) Στο Σχήμα 1 δίνεται ορθογωνική διατομή οπλισμένου σκυροδέματος διαστάσεων 40x60cm. Το σκυρόδεμα είναι C20/25 ενώ ο χάλυβας B500C. Η διατομή διαθέτει οπλισμό 4Ø20 και 3Ø20 όπως στο σχήμα. Να μορφωθεί το διάγραμμα αλληλεπίδρασης από 4 χαρακτηριστικά σημεία που αντιστοιχούν:

1. Στο μέγιστο εφελκυσμό.
2. Στη μέγιστη θλίψη.
3. Στη μέγιστη ροπή που εφελκύνει τις κάτω ίνες.
4. Στη μέγιστη ροπή που εφελκύνει τις άνω ίνες.

Β) Αν ο οπλισμός ήταν συμμετρικός τι θα συνέβαινε: i) στα σημεία 1 και 2 και ii) στα σημεία 3 και 4; Αν δεν μπορεί να απαντηθεί ποιοτικά, να επιλυθεί ξανά η διατομή για ίδιο συμμετρικό οπλισμό 4Ø20.



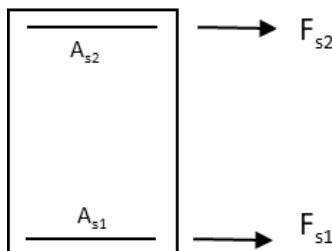
Σχήμα 1: Διατομή οπλισμένου σκυροδέματος.

Λύση

1. Κεντρικός εφελκυσμός

$$F_{s1} = 4\text{Ø}20 \cdot f_{yd} = 12.56 \cdot 10^{-4} \cdot (500000/1.15) = 546.09 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = 3\text{Ø}20 \cdot f_{yd} = 9.42 \cdot 10^{-4} \cdot (500000/1.15) = 409.56 \text{ kN}$$



$$N_{sd} = F_{s1} + F_{s2} = 546.09 + 409.56 = 955.66 \text{ kN}$$

$$M_{d, KB} = F_{s1} \cdot 0.25 - F_{s2} \cdot 0.25 = 34.13 \text{ kNm}$$

$$\nu_d^+ = (N_{sd} / b d f_{cd}) = 955.66 / (0.4 \cdot 0.55 \cdot (20000/1.5)) = 0.326$$

$$\mu_d^+ = 34.13 / (b d^2 f_{cd}) = 34.13 / (0.4 \cdot 0.55^2 \cdot (20000/1.5)) = 0.021$$

2. Κεντρική θλίψη

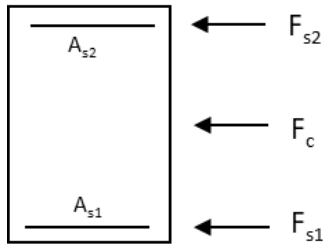
$$e_c = e_s = 2\text{‰}$$

$$\text{Χάλυβας S500} \rightarrow e_y = 2.17\text{‰} > e_s = 2\text{‰} \rightarrow \sigma_s = f_{yd} \cdot (e_s / e_y) \rightarrow \sigma_s = (500000 / 1.15) \cdot (2 / 2.17) = 400721.3 \text{ kN/m}^2$$

$$F_c = A_c \cdot 0.85 \cdot f_{cd} = 0.40 \cdot 0.60 \cdot 0.85 \cdot (20000 / 1.50) = 2720 \text{ kN}$$

$$F_{s1} = A(4\emptyset 20) \cdot \sigma_s = 9.42 \cdot 10^{-4} \cdot 400721.3 = 377.48 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = A(3\emptyset 20) \cdot \sigma_s = 12.56 \cdot 10^{-4} \cdot 400721.3 = 503.31 \text{ kN}$$



$$N_{sd} = F_{s2} + F_c + F_{s1} = 377.48 + 2720 + 503.31 = 3600.79 \text{ kN (θλιπτική)}$$

$$M_{d, KB} = F_{s1} \cdot 0.25 - F_{s2} \cdot 0.25 = -31.46 \text{ kNm}$$

$$v_d = (N_{sd} / b \cdot d^2 \cdot f_{cd}) = -3600.79 / (0.4 \cdot 0.55 \cdot (20000 / 1.5)) = -1.228$$

$$\mu_d = -31.46 / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd}) = -31.46 / (0.4 \cdot 0.55^2 \cdot (20000 / 1.5)) = -0.02$$

3. Μέγιστη ροπή που εφελκύνει τις κάτω ίνες

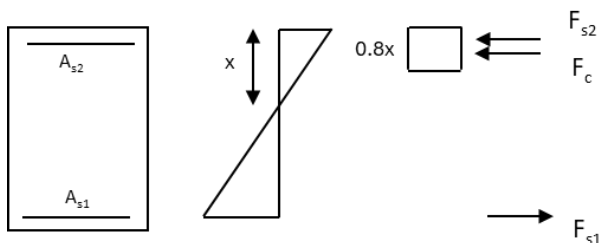
$$x = d \cdot (\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})) = 0.55 \cdot (3.5 / (3.5 + 2.17)) = 0.3395 \text{ m}$$

$$F_c = 0.85 f_{cd} \cdot 0.8x \cdot b = 0.85 \cdot (20000 / 1.5) \cdot 0.8 \cdot 0.3395 \cdot 0.40 = 1231.28 \text{ kN}$$

$$F_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd} = 12.56 \cdot 10^{-4} \cdot (500000 / 1.15) = 546.09 \text{ kN}$$

$$(e_{s2} / e_{c2}) = ((x - d_2) / x) = ((0.3395 - 0.05) / 0.3395) \rightarrow e_{s2} = 2.98 \text{ ‰} > e_y = 2.17 \text{ ‰}$$

$$F_{s2} = A_{s2} \cdot f_{yd} = 9.42 \cdot 10^{-4} \cdot (500000 / 1.15) = 409.56$$



$$N_{sd} = F_c + F_{s2} - F_{s1} = 1231.28 + 409.56 - 546.09 = 1094.74 \text{ kN (θλίψη)}$$

$$M_d = 546.09 \cdot (0.25) + 409.56 \cdot 0.25 + 1231.28 \cdot (0.3 - 0.4 \cdot 0.3395) = 441.09 \text{ kNm}$$

$$v_d^- = N_{sd} / (b d f_{cd}) = -1094.75 / (0.4 \cdot 0.55 \cdot (20000/1.5)) = -0.373$$

$$\mu_d^+ = M_{sd} / (b d^2 f_{cd}) = 441.09 / (0.4 \cdot 0.55^2 \cdot (20000/1.5)) = 0.273$$

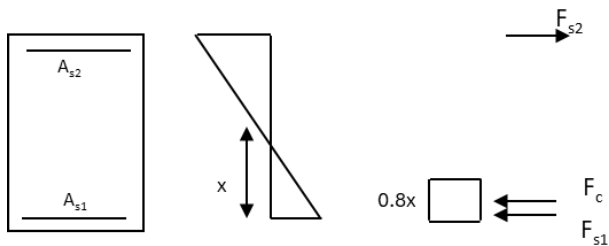
4. Μέγιστη ροπή που εφελκύνει τις άνω ίνες

$$x = d(e_{cz} / (e_{sz} + e_y)) = 0.3395$$

$$F_c = 1231.28 \text{ kN}$$

$$F_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd} = 9.42 \cdot 10^{-4} \cdot (500000/1.15) = 409.56 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = A_{s2} \cdot f_{yd} = 12.56 \cdot 10^{-4} \cdot (500000/1.15) = 546.09 \text{ kN}$$



$$N_{sd} = F_c + F_{s2} - F_{s1} = 1231.28 + 546.09 - 409.56 = 1367.81 \text{ (θλίψη)}$$

$$M_d = -F_{s1}((h/2) - d_1) - F_{s2}((h/2) - d_2) - F_c((h/2) - 0.4x) = 441.09 \text{ kNm}$$

$$v_d^- = N_{sd} / (b d f_{cd}) = -1367.81 / (0.4 \cdot 0.55 \cdot (20000/1.5)) = -0.466$$

$$\mu_d^- = -M_{sd} / (b d^2 f_{cd}) = -441.09 / (0.4 \cdot 0.55^2 \cdot (20000/1.5)) = -0.273$$

Τα σημεία του διαγράμματος είναι τα ακόλουθα (αν ο σπλισμός ήταν συμμετρικός τα σημεία (1) και (2) θα ήταν πάνω στον άξονα και τα (3) και (4) συμμετρικά.):

$$1. v_d^+ = 0.326 \quad \mu_d^+ = 0.021$$

$$2. v_d^- = -1.228 \quad \mu_d^- = -0.02$$

$$3. v_d^- = -0.373 \quad \mu_d^+ = 0.273$$

$$4. v_d^- = -0.466 \quad \mu_d^- = -0.273$$

