

- ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

= Δράσεων

Μονίμων →  $\gamma_G = 1.35$

Μεταβλητών →  $\gamma_Q = 1.50$

= Υλικών

- Οριακή Κατάσταση Αστοχίας

Δομικού Χάλυβα →  $\gamma_a = 1.10$

Σκυροδέματος →  $\gamma_c = 1.50$

Χάλυβα Οπλισμών →  $\gamma_s = 1.15$

Συνδέσμων Διάτμησης →  $\gamma_v = 1.25$

- Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας →  $\gamma_M = 1.00$

- ΦΟΡΤΙΑ ΠΛΑΚΩΝ

I. Βάρος →  $0.12 \times 25 = 3.0 \text{ kN/m}^2$

- ΦΟΡΤΙΑ ΔΟΚΩΝ

Πλάκες →  $3.0 \times 3.33 = 10.0 \text{ kN/m}$

I. Βάρος IPE 450 →  $0.8 \text{ kN/m}$

Δάπεδο+Τοιχοπ. →  $2.0 \times 3.33 = 6.66 \text{ kN/m}$

Κινητό →  $2.0 \times 3.33 = 6.66 \text{ kN/m}$

- ΦΟΡΤΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

$q_k = 1.35 \times (10.0 + 0.8 + 6.66) + 1.5 \times 6.66 = 33.56 \text{ kN/m}$

$M_{Sd} = 33.56 \times 12^2 / 8 = 604.0 \text{ kNm}$

$V_{Sd} = 33.56 \times 12 / 2 = 201.4 \text{ kN}$

- ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

= Γεωμετρικά Στοιχεία:

$$b_{eff} = 2 L_0 / 8 = 2 \times 1200 / 8 = 300.0 \text{ cm} < 333.0$$

IPE 450

$h_a = 450.0 \text{ mm}$	$A_a = 9880.0 \text{ mm}^2$
$b = 190.0 \text{ mm}$	$J_{a,y} = 33740 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
$d = 378.0 \text{ mm}$	$W_{el,y} = 1500 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
$t_f = 14.6 \text{ mm}$	$W_{pl,y} = 1702 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
$t_w = 9.4 \text{ mm}$	$i_y = 185.0 \text{ mm}$
$r = 21.0 \text{ mm}$	$i_z = 41.2 \text{ mm}$

= Κατάταξη Διατομής

Σύμφωνα με τον EC4, το θλιβόμενο άνω πέλμα είναι στην Κατηγορία 1, επειδή συνεργάζεται με το σκυρόδεμα μέσω των συνδέσμων διάτμησης.

= Πλαστικός Ουδέτερος Αξονας Διατομής

Σκυρόδεμα:  $F_c = 0.85 f_{ck} b_{eff} h_c / \gamma_c \rightarrow$

$$F_c = 0.85 \times 25 \times 3000 \times 120 \times 10^{-3} / 1.5 = 5100.0 \text{ kN}$$

Χάλυβας:  $F_a = A_a f_y / \gamma_a = 9880 \times 235 \times 10^{-3} / 1.1 = 2111.0 \text{ kN} < 5100.0$

$F_c > F_a \rightarrow$  Ο Πλαστικός Ουδέτερος Αξονας μέσα στην πλάκα και επομένως:

$z_c = F_a / (0.85 f_{ck} b_{eff} / \gamma_c) \rightarrow$

$$z_c = 2111 \times 1.5 / (0.85 \times 25 \times 3000 \times 10^{-3}) = 49.7 \text{ mm} \leq h_c = 120.0 \text{ mm}$$

= Πλαστική Αντοχή σε Ροπή της Σύμμικτης Διατομής

$M_{pl,Rd} = F_a (h_a / 2 + h_c + h_p - z_c / 2) \rightarrow$

$$M_{pl,Rd} = 2111 \times \left( \frac{450}{2} + 120 - \frac{49.7}{2} \right) \times 10^{-3} = 675.75 \text{ kNm} > 604.0 = M_{Sd}$$

= Πλαστική Αντοχή σε Διάτμηση της Σύμμικτης Διατομής

$A_v = 1.04 h_a t_w = 1.04 \times 450 \times 9.4 = 4399.2 \text{ mm}^2$

$V_{pl,Rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_a \rightarrow$

$$V_{pl,Rd} = 4399.2 \times 235 \times 10^{-3} / (1.1 \times \sqrt{3}) = 542.6 \text{ kN} > 201.4 = V_{Sd}$$

= Κύρτωση

$$d / t_w = 378.0 / 9.4 = 40.2 < 69 \quad \varepsilon = 69$$

- = Σύνδεσμοι Διάτμησης
- Διαμήκης Διατμητική Δύναμη
- \* Πλήρης Διατμητική Σύνδεση

$$V_I = F_{cf} \quad \text{όπου} \quad \min \left\{ \begin{array}{l} F_{cf} = A_a f_y / \gamma_a \\ F_{cf} = 0.85 f_{ck} b_{eff} h_c / \gamma_c \end{array} \right. \rightarrow$$

$$F_{cf} = 9880 \times 235 \times 10^{-3} / 1.1 = 2111.0 \text{ kN και}$$

$$F_{cf} = 0.85 \times 3000 \times 120 \times 25 \times 10^{-3} / 1.5 = 5100.0 \text{ kN} > 2111.0$$

- Αντοχή Σχεδιασμού Συνδέσμων Ηλου Κεφαλής ( $d = 19 \text{ mm} / h = 100 \text{ mm}$ )

$$\min \left\{ \begin{array}{l} P_{Rd} = 0.8 f_u (\pi d^2 / 4) / \gamma_v \\ P_{Rd} = 0.29 \alpha d^2 \sqrt{(f_{ck} E_{cm})} / \gamma_v \end{array} \right. \rightarrow$$

$$P_{Rd} = 0.8 \times 450 \times (\pi \times 19^2 / 4) \times 10^{-3} / 1.25 = 81.7 \text{ kN και}$$

$$P_{Rd} = 0.29 \times 1 \times 19^2 \sqrt{(25 \times 30500)} \times 10^{-3} / 1.25 = 73.1 \text{ kN} < 81.7$$

$$(h / d = 100 / 19 = 5.26 \rightarrow \alpha = 1)$$

$$\text{πρέπει } t_f > 0.4d \text{ που ισχύει: } 14.6 > 0.4 \times 19 = 7.6$$

- Αριθμός Συνδέσμων

$$N_f = 2 F_{cf} / P_{Rd} = 2 \times 2111 / 73.1 = 57.76 \text{ σύνδεσμοι σε όλο το μήκος}$$

τίθενται  $2 \times 29 = 58$  σύνδεσμοι (με  $d = 19$ ) σε όλο το μήκος.

- Κατανομή Συνδέσμων

Προϋποθέσεις ισοκατανομής:

✓ όλες οι κρίσιμες διατομές του ανοίγματος να είναι στην κατηγορία 1 ή 2 που ισχύει

$$\checkmark M_{pl,Rd} / M_{apl,Rd} \leq 2.5 \rightarrow$$

$$M_{apl,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_a = 1702 \times 10^3 \times 235 \times 10^{-3} / 1.1 = 363.6 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} / M_{apl,Rd} = 675.75 / 363.6 = 1.86 < 2.5 \rightarrow \text{ισχύει.}$$

Εξάλλου θα πρέπει:

✓  $h \geq 2d$  και  $h_c - h \geq 20 \text{ mm}$  (μετά τη συγκόλληση):

$$95 > 2 \times 19 = 38 \text{ και } 120 - 95 = 25 \text{ mm.}$$

✓ Κατά μήκος απόσταση μεταξύ:  $5 d \leq s_l \leq 6 h_c$  και  $s_l \leq 800 \text{ mm}$   
 $s_l = (12000 - 40) / 57 = 210 \text{ mm} > 5 d = 95 \text{ mm}$   
 $< 6h_c = 720 \text{ mm}$  και  $< 800 \text{ mm}$ .

\* Μερική Διατμητική Σύνδεση

Προϋποθέσεις μερικής διατμητικής σύνδεσης:

✓ όλες οι κρίσιμες διατομές του ανοίγματος να είναι στην κατηγορία 1 ή 2 που ισχύει

✓  $h \geq 4 d$  (όγκιμοι σύνδεσμοι)  $\rightarrow 95 \geq 4 \times 19 = 76 \text{ mm}$  που ισχύει.

Ελάχιστος βαθμός σύνδεσης:  $N / N_f \geq 0.25 + 0.03 L = 0.61$

Η δύναμη που μεταφέρουν οι σύνδεσμοι διάτμησης είναι:

$$F_c = \frac{M_{Sd} - M_{apl,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{apl,Rd}} F_{cf} = \frac{604.0 - 363.6}{675.75 - 363.6} \times 2111.0 = 1625.8 \text{ kN}$$

$N = 2 F_c / P_{rd} = 2 \times 1625.8 / 73.1 = 44.5$  σύνδεσμοι σε όλο το μήκος  
 τίθενται  $2 \times 23 = 46$  σύνδεσμοι (με  $d = 19$ ) σε όλο το μήκος, οπότε  
 $N / N_f = 46 / 58 = 0.79 > 0.61$

Πραγματική Ροπή Αντοχής Σχεδιασμού:

$$M_{pl,Rd}^{(red)} = M_{apl,Rd} + (M_{pl,Rd} - M_{apl,Rd}) \frac{N}{N_f}$$

$$M_{pl,Rd}^{(red)} = 363.6 + (675.75 - 363.6) \times 0.79 = 610.2 \text{ kNm} > 604.0$$

*Δες και τον Ελεγχο σε Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας για τον τελικό αριθμό και αποστάσεις των συνδέσμων.*

= Εγκάρσιος Οπλισμός

- Ελάχιστος εγκάρσιος οπλισμός πλακός:

$$A_e \geq 0.002 A_c = 0.002 \times 120 \times 1000 = 240 \text{ mm}^2/\text{m} \rightarrow \varnothing 8 / 20 \text{ άνω και κάτω.}$$

- Διαμήκης Διάτμηση Σχεδιασμού

$$V_{Sd} = 73.1 \times 1000 / 210 = 348.1 \text{ kN/m}$$

- Αντοχή Σχεδιασμού σε Διαμήκη Διάτμηση

$$\min \begin{cases} V_{Rd} = 2.5 A_{cv} \eta \tau_{Rd} + A_e f_{sk} / \gamma_s + v_{pd} \\ V_{Rd} = 0.2 A_{cv} \eta f_{ck} / \gamma_c + v_{pd} / \sqrt{3} \end{cases} \rightarrow$$

α. Κάθετα στην πλάκα ( a-a):

όπου:  $\tau_{Rd} = 0.3$  (Πίνακας 6.7),  $\eta = 1$ ,  $V_{pd} = 0$ ,  $A_e = 2 \times 251 \text{ mm}^2/\text{m}$  και  $A_{cv} = 120 \times 1000 = 120 \times 10^3 \text{ mm}^2/\text{m}$

$$V_{Rd} = (2.5 \times 120 \times 10^3 \times 1 \times 0.3 + 2 \times 251 \times 420 / 1.15) \times 10^{-3} = 273.6 \text{ kN/m και}$$

$$V_{Rd} = (0.2 \times 120 \times 10^3 \times 1 \times 25 / 1.5) \times 10^{-3} = 400.0 \text{ kN/m} > 273.6$$

$$\text{Για κάθε επίπεδο a-a: } V_{Sd} / 2 = 348.1 / 2 = 174.05 < 273.6 \text{ kN/m}$$

β. Κατά το Περίγραμμα των Συνδέσμων (b-b):

$$A_{cv} = (2 \times 95 + 32) \times 1000 = 222 \times 10^3 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$V_{Rd} = (2.5 \times 222 \times 10^3 \times 1 \times 0.3 + 2 \times 251 \times 420 / 1.15) \times 10^{-3} = 349.84 \text{ kN/m και}$$

$$V_{Rd} = (0.2 \times 222 \times 10^3 \times 1 \times 25 / 1.5) \times 10^{-3} = 740.0 \text{ kN/m} > 349.84$$

$$V_{Sd} = 348.1 < 349.84 \text{ kN/m}$$

#### • ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

\* Πλήρης Διατμητική Σύνδεση

= Μακρόχρονα Φορτία

$$n = E_a / (E_{cm} / 3) = 210 / (30.5 / 3) = 20.65$$

$$A_b / n = 3000 \times 120 / 20.65 = 17433.4 \text{ mm}^2$$

$$J_b / n = 3000 \times 120^3 / (12 \times 20.65) = 20920097.0 \text{ mm}^4$$

$$e_0 = (17433.4 \times 60 + 9880 \times 345) / (17433.4 + 9880) = 163.1 \text{ mm}$$

$$J_{i,1} = 20920097 + 33740 \times 10^4 + 17433.4 \times 103.1^2 + 9880 \times 181.9^2 = 87053.6 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$q = 10.0 + 0.8 + 6.66 = 17.46 \text{ kN/m}$$

$$\delta_1 = 5 \times 17.46 \times 10^{-3} \times 12000^4 / (384 \times 210 \times 87053.6 \times 10^4) = 25.78 \text{ mm}$$

= Βραχύχρονα Φορτία

$$n = E_a / E_{cm} = 210 / 30.5 = 6.89$$

$$A_b / n = 3000 \times 120 / 6.89 = 52249.6 \text{ mm}^2$$

$$J_b / n = 3000 \times 120^3 / (12 \times 6.89) = 6270.0 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$e_0 = (52249.6 \times 60 + 9880 \times 345) / (52249.6 + 9880) = 105.32 \text{ mm}$$

$$J_{i,2} = 6270 \times 10^4 + 33740 \times 10^4 + 52249.6 \times 45.32^2 + 9880 \times 239.68^2 \\ = 107498.7 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$q = 6.66 \text{ kN/m}$$

$$\delta_2 = 5 \times 6.66 \times 10^{-3} \times 12000^4 / (384 \times 210 \times 107498.7 \times 10^4)$$

$$= 7.97 \text{ mm} < L / 350 = 34.30 = \delta_{2\max}$$

= Βύθιση Λόγω Συστολής

$$\epsilon_{cs} = 325 \times 10^{-6} < 400 \times 10^{-6} \quad L / h_{ολ} = 12000 / 570 = 21.05 > 20 \rightarrow$$

Κανονικά δεν χρειάζεται έλεγχος της βύθισης λόγω Συστολής:

$$N_s = \epsilon_{cs} A_c E_{cm} / 3 = 325 \times 10^{-6} \times 3333 \times 120 \times 30.5 / 3 = 1321.5 \text{ kN}$$

$$M_s = 1321.5 \times 103.1 = 136.25 \text{ kNm}$$

$$\delta_s = M_s L^2 / 8 E_a J_{i,1} \rightarrow$$

$$\delta_s = 136.25 \times 10^3 \times 12000^2 / (8 \times 210 \times 87053.6 \times 10^4) = 13.42 \text{ mm}$$

$$\delta_{ΟΛ} = 25.78 + 7.97 + 13.42 = 47.17 \text{ mm} < L / 250 = 48.0 = \delta_{\max}$$

\* Μερική Διατμητική Σύνδεση

= Επίδραση της Μερικής Σύνδεσης στο Βέλος:

$$\# \text{ 1η περίπτωση: Με Συστολή} \rightarrow q_a = 10.0 + 0.8 + 6.66 + 6.66 = 24.12 \text{ kN/m}$$

$$\delta_a = 5 \times 24.12 \times 10^{-3} \times 12000^4 / (384 \times 210 \times 33740 \times 10^4) = 91.91 \text{ mm}$$

$$\delta_c = 25.78 + 7.97 = 33.75 \text{ mm}$$

$$\text{Για } \delta = 48 - 13.42 = 34.58 \text{ mm, από την } \frac{\delta}{\delta_c} = 1 + C \left[ 1 - \frac{N}{N_f} \right] \left[ \frac{\delta_a}{\delta_c} - 1 \right]$$

προκύπτει (C = 0.5):  $N / N_f \geq 0.971 \rightarrow N \geq 56.3 \rightarrow N = 58 = N_f$ . Δεν είναι εφικτή επομένως η μερική σύνδεση.

$$\# \text{ 2η περίπτωση: Χωρίς Συστολή} \rightarrow q_a = 10.0 + 0.8 + 6.66 + 6.66 = 24.12 \text{ kN/m}$$

$$\delta_a = 5 \times 24.12 \times 10^{-3} \times 12000^4 / (384 \times 210 \times 33740 \times 10^4) = 91.91 \text{ mm}$$

$$\delta_c = 25.78 + 7.97 = 33.75 \text{ mm}$$

$$\text{Για } \delta = 48 \text{ mm, από την } \frac{\delta}{\delta_c} = 1 + C \left[ 1 - \frac{N}{N_f} \right] \left[ \frac{\delta_a}{\delta_c} - 1 \right]$$

προκύπτει (C = 0.5):  $N / N_f \geq 0.51 \rightarrow N \geq 30 < 46$  που έχει ήδη υπολογιστεί.

Τίθενται επομένως 2X23 = 46 σύνδεσμοι (με d = 19) σε όλο το μήκος.

Κατά μήκος απόσταση μεταξύ των συνδέσεων:

$$s_l = (12000 - 40) / 45 \approx 266 \text{ mm} > 5 d = 95 \text{ mm}$$

$$< 6h_c = 720 \text{ mm και } < 800 \text{ mm.}$$

## 2η ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Να γίνει έλεγχος συμπίκτου υποστυλώματος ( $h=4.0$  m) με διατομή όπως στο σχήμα το οποίο δέχεται αξονικό θλιπτικό φορτίο ίσο με  $N_{Sd} = 322.0$  kN και ροπή κατά τον άξονα z ίση με 20.0 kNm (λόγω εκκεντρότητας του αξονικού φορτίου).

- ΥΛΙΚΑ

Δες προηγούμενη εφαρμογή

- ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Δες προηγούμενη εφαρμογή

- ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

HEA 200

$h_a = 190.0$  mm

$b = 200.0$  mm

$d = 134.0$  mm

$t_f = 10.0$  mm

$t_w = 6.5$  mm

$A_a = 5380.0$  mm<sup>2</sup>

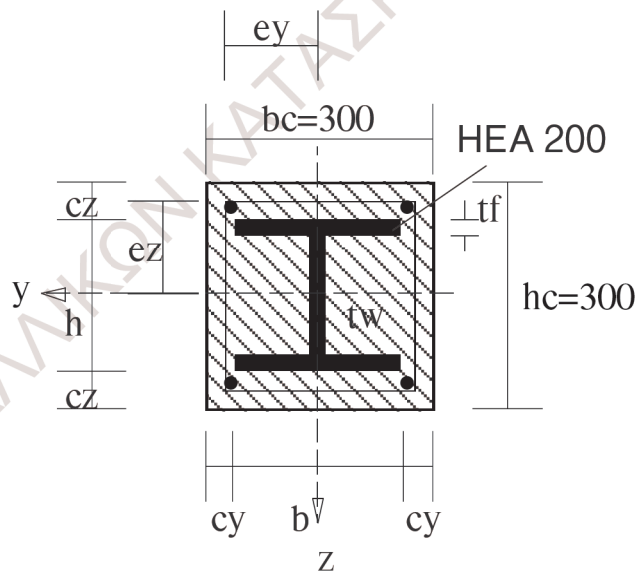
$J_{a,y} = 3690 \times 10^4$  mm<sup>4</sup>

$J_{a,z} = 1340 \times 10^4$  mm<sup>4</sup>

$W_{el,y} = 389 \times 10^3$  mm<sup>3</sup>

$W_{pl,y} = 429 \times 10^3$  mm<sup>3</sup>

$i_y = 828.0$  mm



$$c_y = (300 - 200) / 2 = 50 \text{ mm} > 40 \text{ mm} \text{ και } > b / 6 = 33.33 \text{ mm}$$

$$c_z = (300 - 190) / 2 = 55 \text{ mm} > 40 \text{ mm} \text{ και } > b / 6 = 33.33 \text{ mm}$$

$$\text{Οπλισμός: } 4 \text{ } \varnothing 12 \rightarrow A_s = 452.4 \text{ mm}^2$$

- ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

= Αντοχή της Διατομής σε Αξονική Θλίψη

$$N_{pl,Rd} = A_a f_y / \gamma_a + \alpha A_c f_{ck} / \gamma_c + A_s f_{sk} / \gamma_s \rightarrow$$

$$N_{pl,Rd} = \left[ \frac{5380 \times 235}{1.1} + \frac{0.85 \times (300^2 - 5380) \times 25}{1.5} + \frac{452.4 \times 420}{1.15} \right] \times 10^{-3}$$

$$N_{pl,Rd} = 2513.4 \text{ kN}$$

- Ελαστική Καμπτική Ακαμψία της Διατομής

$$(EI)_e = E_a I_a + 0.8 E_{cd} I_c + E_s I_s \rightarrow$$

$$(EI)_e^y = 210 \times 3690 \times 10^4 + 0.8 \times \frac{30.5}{1.35} \left[ \frac{300^4}{12} - 3690 \times 10^4 \right] +$$

$$+ 210 \times 2 \times 226.2 \times 115^2 = 2.054 \times 10^{10}$$

$$(EI)_e^z = 210 \times 1340 \times 10^4 + 0.8 \times \frac{30.5}{1.35} \left[ \frac{300^4}{12} - 1340 \times 10^4 \right] +$$

$$+ 210 \times 2 \times 226.2 \times 115^2 = 1.603 \times 10^{10}$$

- Ανηγγμένη Λυγηρότητα

$$N_{pl,R} = \left[ 5380 \times 235 + 0.85 \times (300^2 - 5380) \times 25 + 452.4 \times 420 \right] \times 10^{-3}$$

$$= 3252.5 \text{ kN}$$

$$N_{cr} = \pi^2 (EI)_e / L^2 \rightarrow$$

$$N_{cr}^y = \frac{\pi^2 \times 2.054 \times 10^{10}}{4000^2} = 12670.0 \text{ kN}$$

$$N_{cr}^z = \frac{\pi^2 \times 1.603 \times 10^{10}}{4000^2} = 9888.0 \text{ kN}$$

$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,R}}{N_{cr}}}$  Αν  $\bar{\lambda} < 0.8$  δεν λαμβάνεται υπόψιν η μεταβολή της συμπεριφοράς του σκυροδέματος συναρτήσει του χρόνου (επίδραση του ερπυσμού και της συστολής):

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{3252.5}{12670}} = 0.508 < 0.8, \quad \bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{3252.5}{9888}} = 0.574 < 0.8$$

• ΑΠΛΟΥΣΤΕΥΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

= Έλεγχος αν η διατομή είναι μέσα στα όρια εφαρμογής της μεθόδου

- Η διατομή είναι συμμετρική κατά τους δύο άξονες και ομοιόμορφη σε όλο το μήκος του στύλου.

- Το ποσοστό συμμετοχής του χάλυβα  $\delta$  θα πρέπει να είναι:

$$0.2 \leq \delta \leq 0.9 \rightarrow \delta = \frac{A_a f_y / \gamma_a}{N_{pl,Rd}} = \frac{5380 \times 235}{1.1 \times 2513.4} \times 10^{-3} = 0.457$$

- Πρέπει  $\max \bar{\lambda} \leq 2.0 \rightarrow \max \bar{\lambda} = 0.574 < 2.0$
- Όρια του πάχους της επικάλυψης από σκυρόδεμα που επιτρέπεται να χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς:  
 Διεύθυνση y-y:  $40 \text{ mm} \leq c_y \leq 0.4 b \rightarrow 40 \text{ mm} < 50 < 0.4 b = 80 \text{ mm}$   
 Διεύθυνση z-z:  $40 \text{ mm} \leq c_z \leq 0.3 h$  και  $b/6 \leq c_z \rightarrow$   
 $40 \text{ mm} < 55 < 0.3 h = 57$  και  $33.33 < 55$
- Εμβαδόν του διαμήκους οπλισμού που επιτρέπεται να χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς ( $4 \text{ } \varnothing 12 \rightarrow A_s = 452.4 \text{ mm}^2$ ):  
 $0.3\% \leq A_s / A_c \leq 4.0\% \rightarrow$   
 min οπλισμός  $A_s = 0.003 (300^2 - 5380) = 254.0 \text{ mm}^2 < 452.4$   
 max οπλισμός  $A_s = 0.04 (300^2 - 5380) = 3385.0 \text{ mm}^2 > 452.4$

Επομένως η διατομή είναι μέσα στα όρια εφαρμογής της Απλουστευμένης Μεθόδου.

- = Αντοχή του Στύλου σε Αξονική Θλίψη  
 Θα πρέπει και κατά τους δύο άξονες  $N_{sd} \leq \chi N_{pl,Rd} \rightarrow$   
 Συντ. Ατελειών:  $\alpha = 0.49$ ,  $\varphi = 0.756 \rightarrow$  Συν. Μείωσης  $\chi = 0.8$   
 (ή από τον πίνακα των σημειώσεων (στήλη c) με γραμμική παρεμβολή):  
 $322.0 < 0.8 \times 2513.4 = 2010.7$

- = Αντοχή της Διατομής σε Θλίψη με Μονοαξονική Κάμψη
- Αντοχή σε θλίψη της διατομής του σκυροδέματος μόνο:

$$N_{pm,Rd} = \frac{A_c \alpha f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{(300^2 - 5380) \times 0.85 \times 25}{1.5} \times 10^{-3} = 1198.8 \text{ kN}$$

- Πλαστική Αντοχή σε Κάμψη  
 Πλαστική Ροπή Αντίστασης Χάλυβα Οπλισμών:

$$W_{ps} = \sum_{i=1}^n A_{si} |e_i| = 4 \times \frac{\pi 12^2}{4} \times 115 = 52.02 \times 10^3 \text{ mm}^3 \quad A_s = 452.4 \text{ mm}^2$$

Πλαστική Ροπή Αντίστασης Δομικού Χάλυβα:  $W_{pa} = 429 \times 10^3 \text{ mm}^3$

Πλαστική Ροπή Αντίστασης Τμήματος Σκυροδέματος:

$$W_{pc} = \frac{b_c h_c^2}{4} = \frac{3003}{4} - 429 \times 10^3 - 52.02 \times 10^3 = 6269 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

Προσδιορισμός Θέσης Ουδέτερου Αξονα:

Ουδέτερος άξονας στο πέλμα ( $h/2 - t_f \leq h_n \leq h/2$ )

$$h_n = \frac{A_c f_{cd} - A_{sn} (2 f_{sd} - f_{cd}) + (b - t_w) (h - 2 t_f) (2 f_{yd} - f_{cd})}{2 b_c f_{cd} + 2 b (2 f_{yd} - f_{cd})}$$

Δεν υπάρχουν οπλισμοί μέσα στην περιοχή  $2 h_n \rightarrow$

$$h_n = \frac{1198800 + (200 - 6.5) \times (190 - 2 \times 10) \times (2 \times 213.64 - 14.17)}{2 \times 300 \times 14.17 + 2 \times 200 \times (2 \times 213.64 - 14.17)} = 85.11 \text{ mm}$$

$$h/2 - t_f = 85.0 \text{ mm} \quad h/2 = 95.0 \text{ mm}$$

$$W_{pan} = b h_n^2 - \frac{(b - t_w) (h - 2 t_f)^2}{4} \rightarrow$$

$$W_{pan} = 200 \times 85.11^2 - \frac{(200 - 6.5) \times (190 - 2 \times 10)^2}{4} = 50809.0 \text{ mm}^3$$

$$W_{pcn} = b_c h_n^2 - W_{pan} - W_{psn} = 300 \times 85.11^2 - 50809 = 2122304.6 \text{ mm}^3$$

( $W_{psn} = 0$ )

$$f_{yd} = f_y / 1.1 = 235 / 1.1 = 213.64 \quad f_{cd} = \alpha f_{ck} / 1.5 = 0.85 \times 25 / 1.5 = 14.17$$

$$f_{sd} = f_{sk} / 1.15 = 420 / 1.15 = 365.2$$

$$M_{pl,Rd} = f_{yd} (W_{pa} - W_{pan}) + 0.5 f_{cd} (W_{pc} - W_{pcn}) + f_{sd} (W_{ps} - W_{psn})$$

$$M_{pl,Rd} = 213.64 \times (429000 - 50809) + 0.5 \times 14.17 \times (6269000 - 2122304.6) + 365.2 \times 52020 = 129.17 \text{ kNm}$$

= Αντοχή του Στύλου σε Θλίψη με Μονοαξονική Κάμψη

Συντελεστής Μείωσης  $\chi = 0.8$

$$\chi_d = N_{sd} / N_{pl,Rd} = 322.0 / 2513.4 = 0.128 \text{ και αντίστοιχα}$$

$$\chi_{pm} = N_{pm,Rd} / N_{pl,Rd} = 1198.8 / 2513.4 = 0.477 > 0.128 \rightarrow$$

