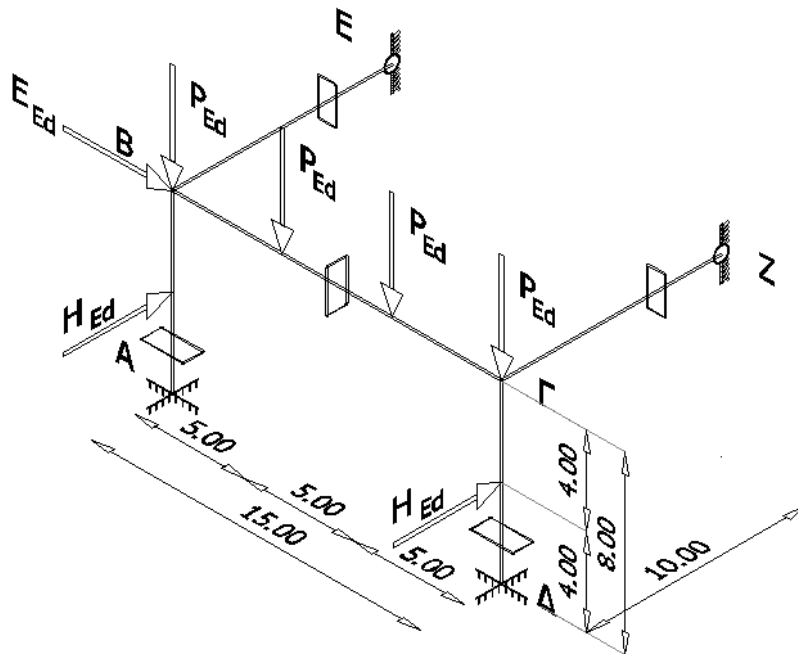


## Άσκηση 2

Το χωρικό πλαίσιο του Σχήματος 1 από χάλυβα ποιότητας S235 φορτίζεται από κατακόρυφα φορτία σχεδιασμού  $P_{Ed}=100\text{kN}$  και οριζόντια  $E_{Ed}=50\text{kN}$  και  $H_{Ed}=60\text{kN}$ . Ζητείται να ελεγχθούν τα υποστυλώματα ΑΒ και ΓΔ.

Η διατομή των στύλων είναι RHS 400x200x12.5, ενώ η διατομή της δοκού ΒΓ είναι RHS 400x200x10 και η διατομή των δοκών ΒΕ και ΓΖ είναι RHS 350x250x8.

Οι διατομές των υποστυλωμάτων και η διατομή της δοκού ΒΓ είναι κατάλληλα προσανατολισμένες, ώστε οι ισχυροί τους άξονες να ενεργοποιούνται για φορτία εντός του επιπέδου του πλαισίου ΑΒΓΔ, ενώ οι διατομές των δοκών ΒΕ και ΓΖ είναι προσανατολισμένες έτσι ώστε ο ισχυρός άξονας να ενεργοποιείται για φορτία εντός των επιπέδων των πλαισίων ΑΒΕ και ΔΓΖ, αντίστοιχα.



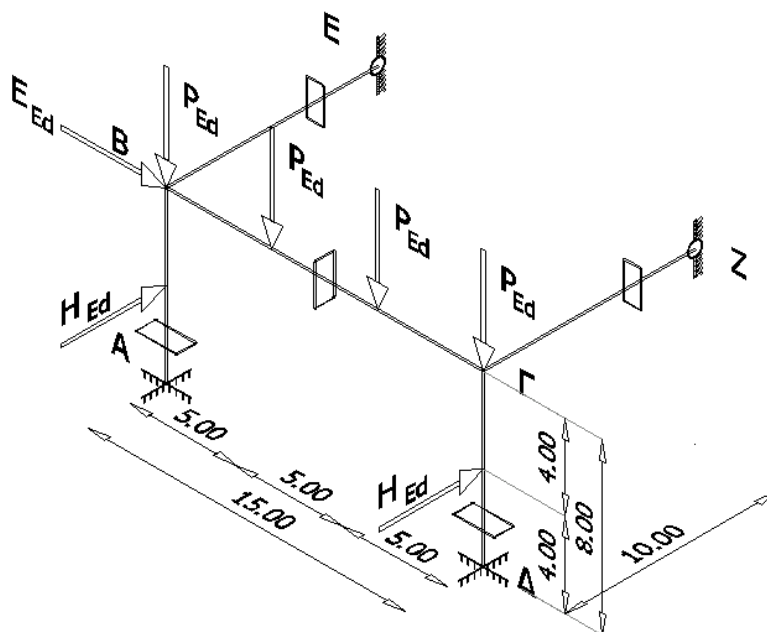
Σχήμα 1: Προοπτικό πλαιίου

Πίνακας 1: Γεωμετρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά διατομών RHS θερμής έλασης

$h \times b \times t$	$h$	$b$	$t$	$r_i$	$A$	$I_y$	$W_y$	$i_y$	$I_z$	$W_z$	$i_z$	$W_{ply}$	$W_{plz}$
mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
350 x 250 x 8	350	200	8	8	92.8	16449	940	13.3	9798	784	10.30	1118	888
400 x 200 x 10	400	200	10	10	114.9	23914	1196	14.4	8084	808.4	8.39	1480	911
400 x 200 x 12.5	400	200	13	13	142.1	29063	1453	14.3	9738	973.8	8.28	1813	1111

## ΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΗΣ 2

### 1. ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΑ



Σχήμα 1: Γεωμετρία και Φορτία

### 2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

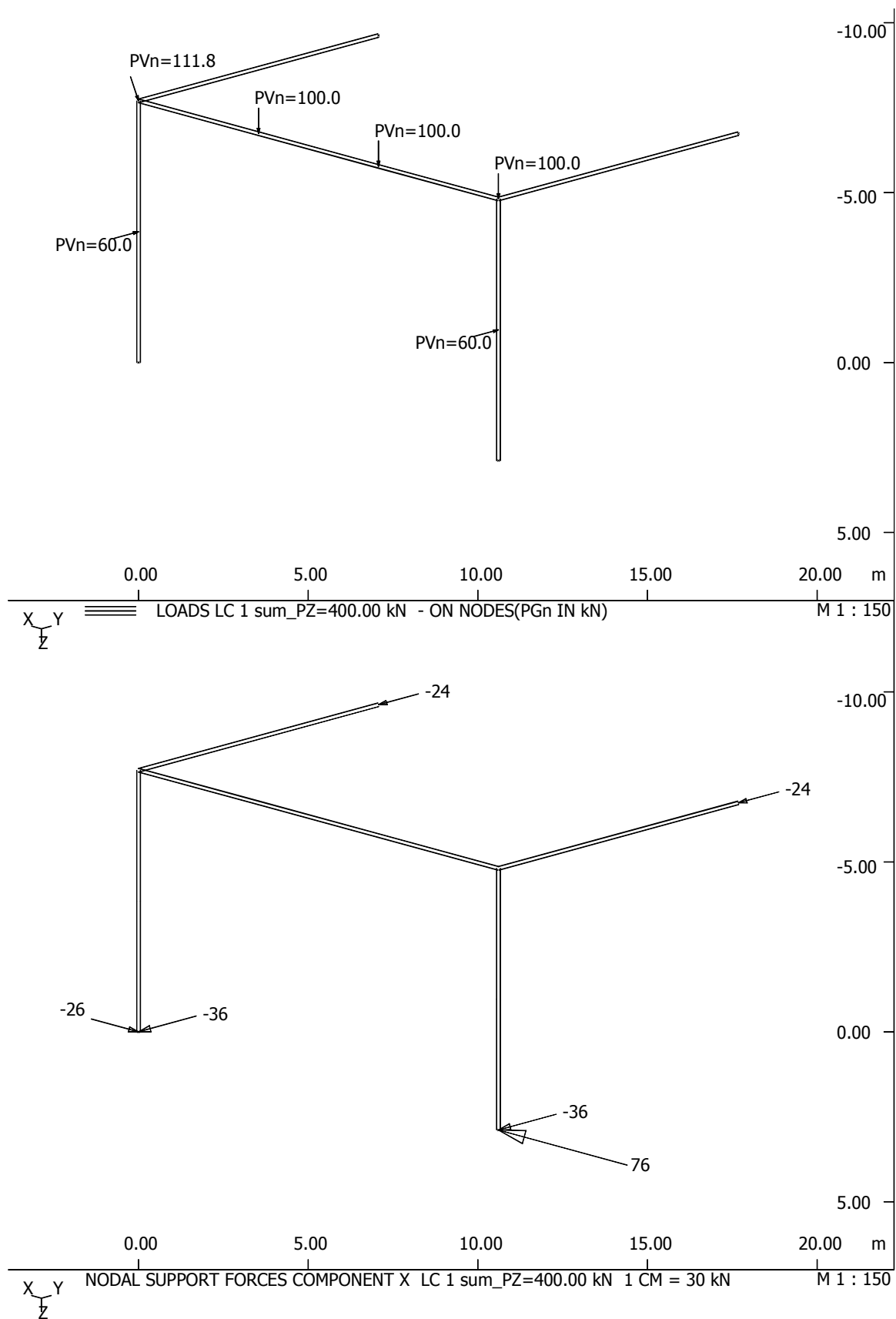
Η κατάταξη διατομής μπορεί συντηρητικά να γίνει για την περίπτωση καθαρής θλίψης. Αν προκύψει ότι η διατομή είναι κατηγορίας 1 ή 2 τότε μπορεί να σταματήσει η διαδικασία ελέγχου. Αν προκύψει ότι είναι κατηγορίας 3, θα πρέπει να γίνει πιο ακριβής έλεγχος για να εξεταστεί η πιθανότητα να είναι η διατομή κατηγορίας 1 ή 2 υπό θλίψη και κάμψη (ευμενέστερη περίπτωση, αφού τότε ένα μέρος της διατομής είναι σε εφελκυσμό).

Από τους πίνακες για την κατάταξη κοίλων ορθογωνικών διατομών, από χάλυβα S235, για καθαρή θλίψη προκύπτει ότι:

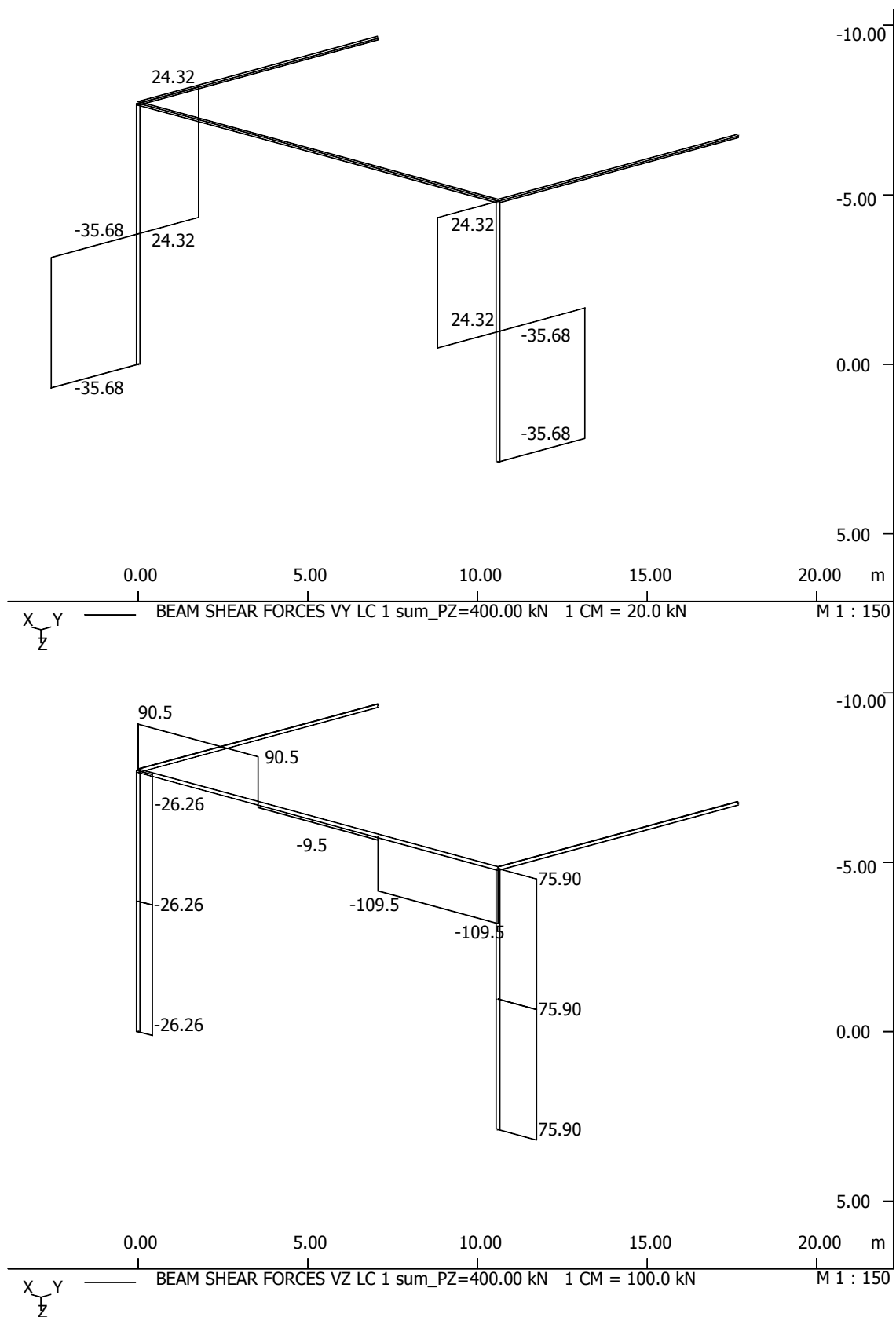
$$c/t = (h - 2 \times t_f - 2 \times r) / t_w = (400 - 2 \times 12,5 - 2 \times 12,5) / 12,5 = 28 < 33 \varepsilon = 33$$

Επομένως η διατομή ανήκει στην κατηγορία 1 και δεν χρειάζεται να γίνει ακριβέστερος έλεγχος.

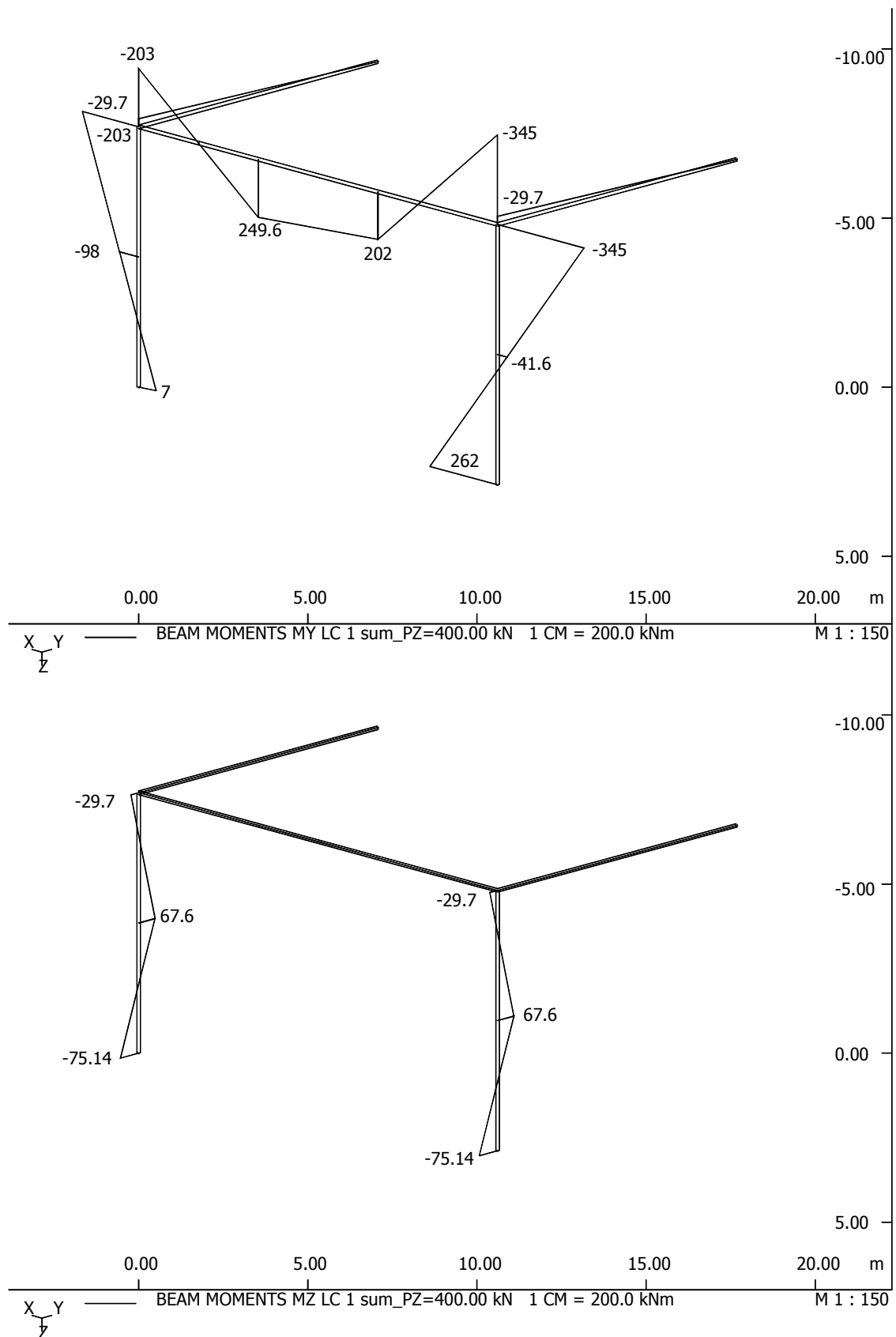
### 3. ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ ΦΟΡΕΑ – ΦΟΡΤΙΑ, ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ & ΕΝΤΑΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ



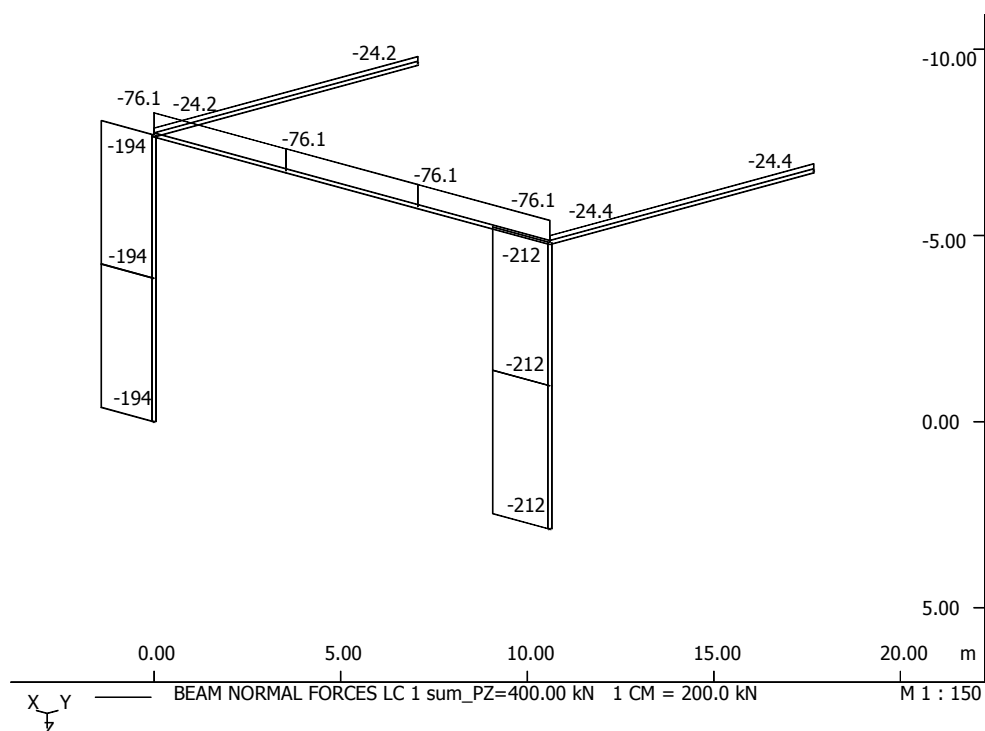
Σχήμα 2: Φορτίσεις και αντιδράσεις



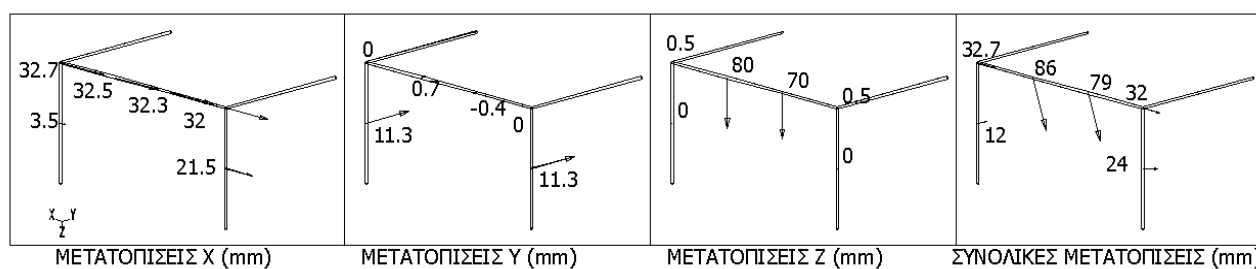
Σχήμα 3: Διαγράμματα τεμνουσών  $V_y$  και  $V_z$



Σχήμα 4: Διαγράμματα καμπτικών ροπών  $M_y$  και  $M_z$



Σχήμα 5: Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων N



Σχήμα 6: Μετατοπίσεις κόμβων

Από τα διαγράμματα εντατικών μεγεθών προκύπτει ότι δυσμενέστερο εκ των δύο υποστυλωμάτων είναι το ΓΔ με μεγαλύτερες ροπές και αξονικές δυνάμεις.

#### 4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ

##### Κατά τον τοπικό άξονα z

Για ελατές κοίλες ορθογωνικές διατομές, ομοιόμορφου πάχους και φορτίο παράλληλο προς το ύψος

$$A_{vz} = Ah / (b + h) = 142,1 \times 40,0 / (20,0 + 40,0) = 94,73 \text{ cm}^2$$

Ισχύει:

$$V_{pl,Rd} = A_v \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 94,73 \text{ cm}^2 \times \frac{23,5 \text{ kN/cm}^2}{\sqrt{3} \cdot 1,00} = 1285,27 \text{ kN} > V_{Ed,z} = 75,90 \text{ kN}$$

##### Κατά τον τοπικό άξονα y

Για ελατές κοίλες ορθογωνικές διατομές, ομοιόμορφου πάχους και φορτίο παράλληλο προς το πλάτος

$$A_{vy} = Ab / (b + h) = 142,1 \times 20,0 / (20,0 + 40,0) = 47,37 \text{ cm}^2$$

Επομένως θα έχουμε:

$$V_{pl,Rd,y} = A_{vy} \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 47,37 \text{ cm}^2 \times \frac{23,5 \text{ kN/cm}^2}{\sqrt{3} \cdot 1,00} = 642,63 \text{ kN} > V_{Ed,y} = 35,35 \text{ kN}$$

Επομένως ο έλεγχος σε διάτμηση ικανοποιείται.

#### 4.1. Έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας τέμνουσας

Ισχύει:

$$V_{Ed,z} = 75,90 \text{ kN} < 0,50 V_{pl,Rd,z} = 642,63 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,y} = 35,68 \text{ kN} < 0,50 V_{pl,Rd,y} = 321,32 \text{ kN}$$

Επομένως δεν χρειάζεται απομείωση των αντοχών σε ροπές κάμψης  $M_{pl,Rd,y}$  και  $M_{pl,Rd,z}$  αντίστοιχα, λόγω παρουσίας διάτμησης.

#### 5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΑΞΟΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

Για διατομές διπλής συμμετρίας I ή άλλες διατομές με πέλματα δεν χρειάζεται να γίνει πρόβλεψη για την επίδραση της αξονικής δύναμης στην πλαστική ροπή αντοχής περί τον άξονα y-y, όταν ικανοποιούνται και τα δύο παρακάτω κριτήρια:

$$\alpha) N_{Ed} \leq 0,25 N_{pl,Rd}$$

όπου

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{142,1 \text{ cm}^2 \times 23,5 \text{ kN/cm}^2}{1,00} = 3339,35 \text{ kN}$$

$$0,25 N_{pl,Rd} = 0,25 \times 3339,35 \text{ kN} = 834,84 \text{ kN}$$

και

$$\beta) N_{Ed} \leq 2 \times \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} = 2 \times \frac{0,5 \times (40 \text{ cm} - 2 \times 1,25 \text{ cm}) \times 1,25 \text{ cm} \times 23,5 \text{ kN/cm}^2}{1,00} = 1101,56 \text{ kN}$$

και δεν χρειάζεται να γίνει πρόβλεψη για την επίδραση της αξονικής δύναμης στην πλαστική ροπή αντοχής περί τον άξονα z-z όταν ικανοποιείται το παρακάτω κριτήριο:

$$\gamma) N_{Ed} \leq 2 \times \frac{0,5 b t_f f_y}{\gamma_{M0}} = 2 \times \frac{0,5 \times (20 \text{ cm} - 2 \times 1,25 \text{ cm}) \times 1,25 \text{ cm} \times 23,5 \text{ kN/cm}^2}{1,00} = 514,06 \text{ kN}$$

$$\text{όπου } N_{Ed} = 212 \text{ kN.}$$

Επειδή ικανοποιούνται και τα τρία κριτήρια, δεν χρειάζεται απομείωση καμπτικών αντοχών λόγω αξονικής δύναμης.

Θα πρέπει σε κάθε διατομή του υποστυλώματος να ισχύει:

$$\left( \frac{M_{Ed,y}}{M_{N,y,Rd}} \right)^{\alpha} + \left( \frac{M_{Ed,z}}{M_{N,z,Rd}} \right)^{\beta} \leq 1$$

όπου

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} f_y / \gamma_{M0}$$

Για κοίλες ορθογωνικές διατομές:

$$\alpha = \beta = \frac{1,66}{1 - 1,13 n^2} \text{ αλλά } \alpha = \beta \leq 6$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$$

Ο έλεγχος αυτός επιλέγεται να γίνει στη βάση και στην κορυφή του δεξιού υποστυλώματος, όπου αναπτύσσονται οι μέγιστες καμπτικές ροπές  $M_{y,Ed}$  και  $M_{z,Ed}$  αντίστοιχα, ενώ η αξονική δύναμη είναι σταθερή σε όλο το ύψος.

Ισχύει:

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{212 \text{ kN}}{3339,35 \text{ kN}} = 0,063$$

$$\text{επομένως } \alpha = \beta = 1,66 / (1 - 1,13 \times 0,063^2) = 1,67 < 6,00$$

Οι πλαστικές καμπτικές αντοχές περί τον ισχυρό και ασθενή άξονα, αντίστοιχα, είναι:

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1813 \text{ cm}^3 \times 23,5 \text{ kN/cm}^2}{1,00} = 42605,50 \text{ kNcm}$$

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1111 \text{ cm}^3 \times 23,5 \text{ kN/cm}^2}{1,00} = 26108,50 \text{ kNcm}$$

Έλεγχος διατομής υποστυλώματος στη θέση μέγιστης καμπτικής ροπής  $M_{y,Ed}$  (κορυφή δεξιού υποστυλώματος)

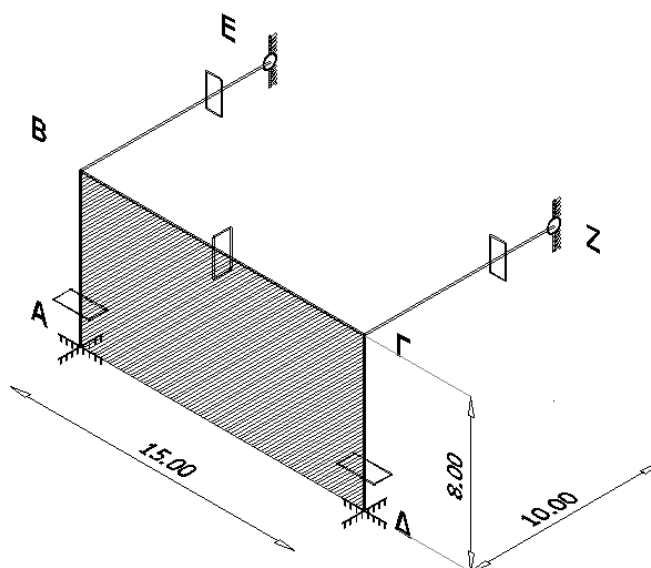
$$\left( \frac{M_{Ed,y}}{M_{pl,Rd,y}} \right)^{\alpha} + \left( \frac{M_{Ed,z}}{M_{pl,Rd,z}} \right)^{\beta} = \left( \frac{34500 \text{ kNcm}}{42605,50 \text{ kNcm}} \right)^{1,67} + \left( \frac{2970 \text{ kNcm}}{26108,50 \text{ kNcm}} \right)^{1,67} = 0,81^{1,67} + 0,11^{1,67} = 0,73 < 1,00$$

Έλεγχος διατομής υποστυλώματος στη θέση μέγιστης καμπτικής ροπής  $M_{z,Ed}$  (βάση δεξιού υποστυλώματος)

$$\left( \frac{M_{Ed,y}}{M_{pl,Rd,y}} \right)^{\alpha} + \left( \frac{M_{Ed,z}}{M_{pl,Rd,z}} \right)^{\beta} = \left( \frac{26200 \text{ kNcm}}{42605,50 \text{ kNcm}} \right)^{1,67} + \left( \frac{7514 \text{ kNcm}}{26108,50 \text{ kNcm}} \right)^{1,67} = 0,61^{1,67} + 0,29^{1,67} = 0,56 < 1,00$$

## 6. ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΛΟΥΣ ΥΠΟ ΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ

### 6.1. Έλεγχος υποστυλώματος εντός του επιπέδου του πλαισίου ΑΒΓΔ



Σχήμα 7: Επίπεδο πλαισίου ΑΒΓΔ

### 6.2. Υπολογισμός δυσκαμψιών

Η δυσκαμψία του υποστυλώματος είναι:

$$K_c = \frac{I_c}{L_c} = \frac{I_y}{L_y} = \frac{29063 \text{ cm}^4}{800 \text{ cm}} = 36,33 \text{ cm}^3$$

ενώ η δυσκαμψία του ζυγώματος ΒΓ είναι:

$$K_{12} = \frac{1,50 \times I_{12}}{L_{12}} \left( 1 - 0,20 \frac{N}{N_E} \right) = \frac{1,50 \times 23914 \text{ cm}^4}{1500 \text{ cm}} \left( 1 - 0,20 \frac{76,10 \text{ kN} \times (1500 \text{ cm})^2}{\pi^2 \times 21000 \text{ kN/cm}^2 \times 23914 \text{ cm}^4} \right) = 23,75 \text{ cm}^3$$

για την οποία θεωρούμε στροφή όπως στο πλησιέστερο άκρο (διπλή καμπυλότητα) σύμφωνα με την πρώτη κανονική μορφή λυγισμού για μεταθετά πλαίσια.

Έτσι ο συντελεστής κατανομής  $\eta_1$  θα είναι:

$$\eta_1 = \frac{K_c}{K_c + K_{12}} = \frac{36,33\text{cm}^3}{36,33\text{cm}^3 + 23,75\text{cm}^3} = 0,60$$

Ενώ ο συντελεστής  $\eta_2=0$  (πάκτωση)

### 6.3. Υπολογισμός μήκους λυγισμού εντός του επιπέδου του πλαισίου ΑΒΓΔ

Για υποστύλωμα με μεταθετά άκρα για  $\eta_1=0,60$  και  $\eta_2=0$  εκτιμούμε γραφικά τον συντελεστή ισοδυνάμου μήκους λυγισμού  $\beta_y=1,30$ . Επομένως το μήκος λυγισμού του υποστυλώματος εντός του επιπέδου του πλαισίου ΑΒΓΔ θα είναι:

$$L_{cr,y} = \beta_y L = 1,30 \times 800\text{cm} = 1040\text{cm}$$

### 6.4. Υπολογισμός λυγηρότητας εντός του επιπέδου του πλαισίου ΑΒΓΔ

Υπολογίζεται η λυγηρότητα  $\lambda_y$  και η ανηγμένη λυγηρότητα  $\bar{\lambda}_y$ :

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y \times \lambda_1} = \frac{\beta_y \times L_y}{i_y \times 93,9\epsilon} = \frac{1040\text{cm}}{14,30\text{cm} \times 93,9} = 0,77$$

$$\text{όπου } \epsilon = \sqrt{235 / f_y} = 1$$

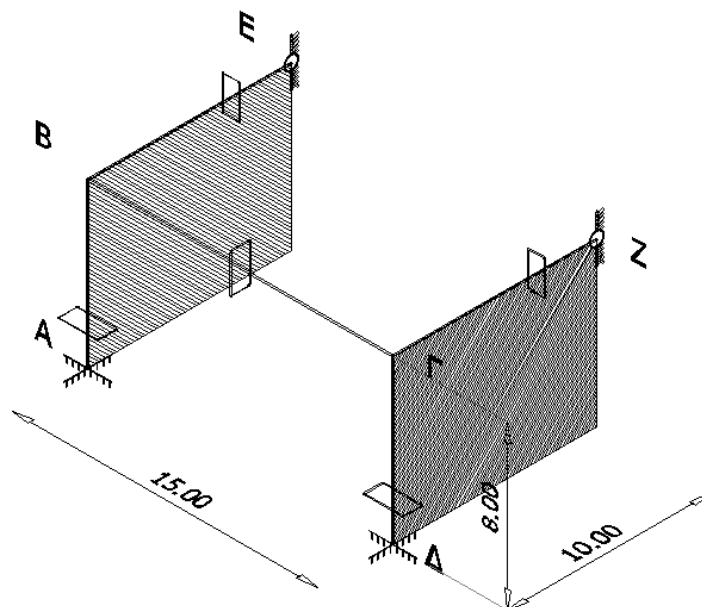
### 6.5. Καμπύλες λυγισμού

Για κοίλη ορθογωνική διατομή εν θερμώ έλαση για χάλυβα S235, η καμπύλη λυγισμού είναι η α.

### 6.6. Μειωτικός συντελεστής $\chi_y$

Για ανηγμένη λυγηρότητα κατά τον άξονα  $y$ ,  $\bar{\lambda}_y = 0,77$  ο συντελεστής  $\chi_y$  για καμπύλη λυγισμού α είναι ίσος με  $\chi_y=0,81$ .

### 6.7. Έλεγχος υποστυλώματος εκτός του επιπέδου του πλαισίου ΑΒΓΔ (επίπεδα ΑΒΕ και ΔΓΖ)



Σχήμα 8: Επίπεδα πλαισίων ΑΒΕ και ΔΓΖ

### 6.8. Υπολογισμός δυσκαμψιών

Λόγω πάκτωσης του κάτω άκρου του στύλου ισχύει και για λυγισμό εκτός επιπέδου του πλαισίου ΑΒΓΔ:  $\eta_2=0$   
Η δυσκαμψία του υποστυλώματος κατά τον ασθενή του άξονα θα είναι:

$$K_c = \frac{I_c}{L_c} = \frac{I_z}{L_z} = \frac{9738 \text{ cm}^4}{800 \text{ cm}} = 12,17 \text{ cm}^3$$

ενώ η δυσκαμψία των ζυγωμάτων ΒΕ και ΓΖ θα είναι:

$$K_{12} = \frac{0,75 \times I_{12}}{L_{12}} \times \left(1 - \frac{N}{N_E}\right) = \frac{0,75 \times 16449 \text{ cm}^4}{1000 \text{ cm}} \times \left(1 - \frac{24,40 \text{ kN} \times (1000 \text{ cm})^2}{\pi^2 \times 21000 \text{ kN/cm}^2 \times 16449 \text{ cm}^4}\right) = 12,25 \text{ cm}^3$$

για την οποία θεωρήσαμε άρθρωση στο απομακρυσμένο άκρο.

Ο συντελεστής κατανομής  $\eta_1$  θα είναι:

$$\eta_1 = \frac{K_c}{K_c + K_{12}} = \frac{12,17 \text{ cm}^3}{12,17 \text{ cm}^3 + 12,25 \text{ cm}^3} = 0,50$$

### 6.9. Υπολογισμός μήκους λυγισμού εκτός του επιπέδου του πλαισίου ΑΒΓΔ

Για υποστυλώμα με αμετάθετα άκρα και για  $\eta_1=0,50$  και  $\eta_2=0$ , εκτιμούμε γραφικά τον συντελεστή ισοδύναμου μήκους λυγισμού  $\beta_z=0,59$ . Επομένως το μήκος λυγισμού του υποστυλώματος εκτός επιπέδου του πλαισίου ΑΒΓΔ θα είναι:

$$L_{cr,z} = \beta_z L = 0,59 \times 800 \text{ cm} = 472 \text{ cm}$$

### 6.10. Υπολογισμός λυγηρότητας εκτός του επιπέδου του πλαισίου ΑΒΓΔ

Υπολογίζεται η λυγηρότητα  $\lambda_z$  και η ανηγμένη λυγηρότητα  $\bar{\lambda}_z$ :

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z \times \lambda_1} = \frac{\beta_z \times L}{i_z \times 93,9\epsilon} = \frac{472 \text{ cm}}{8,28 \text{ cm} \times 93,9} = 0,61$$

### 6.11. Μειωτικός συντελεστής $\chi_z$

Ο μειωτικός συντελεστής  $\chi_z$  περί τον τοπικό άξονα  $z$  υπολογίζεται για καμπύλη λυγισμού  $a$  και με τη λυγηρότητα  $\bar{\lambda}_z = 0,61$  και είναι ίσος με  $\chi_z=0,89$ .

### 6.12. Συντελεστές αλληλεπίδρασης σύμφωνα με τη μέθοδο Β

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3 υπάρχουν δύο εναλλακτικές μέθοδοι για τον υπολογισμό των συντελεστών αλληλεπίδρασης. Η μέθοδος Α δίνεται αναλυτικά στο Παράρτημα Α. Στο Παράρτημα Β δίνονται οι πίνακες που χρησιμοποιούνται για τη μέθοδο Β, η οποία παρατίθεται στη συνέχεια.

Κατά τον άξονα  $y$  το υποστυλώμα λυγίζει από μετάθεση, επομένως ισχύει  $C_{my}=0,9$ .

Κατά τον άξονα  $z$  τα πλαίσια θεωρούνται αμετάθετα, επομένως το  $C_{mz}$  θα υπολογιστεί από το διάγραμμα των ροπών κατά την διεύθυνση  $z-z$ .

Η ροπή  $M_s$  στο μέσον του υποστυλώματος είναι μικρότερη από τη ροπή που αναπτύσσεται στη βάση του υποστυλώματος  $M_h$ :

$$M_s = 67,60 \text{ kNm} = 6760 \text{ kNcm}$$

$$M_h = -75,14 \text{ kNm} = -7514 \text{ kNcm}$$

Η ροπή στην κορυφή του υποστυλώματος είναι:

$$\psi M_h = -29,70 \text{ kNm} = -2970 \text{ kNcm}$$

Ο λόγος των ροπών στα άκρα του υποστυλώματος είναι:

$$\psi = \frac{-2970 \text{ kNcm}}{-7514 \text{ kNcm}} = 0,40 < 1$$

ενώ ο συντελεστής  $a_s$  δίνεται ως εξής:

$$a_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{6760 \text{ kNcm}}{-7514 \text{ kNcm}} = -0,90$$

Εφόσον ισχύει:  $-1 < a_s = -0,90 < 0$  και  $0 < \psi = 0,40 < 1$  για συγκεντρωμένο φορτίο θα ισχύει:

$$C_{mz} = -0,8a_s = -0,8(-0,90) = 0,72 > 0,40$$

$$\bar{\lambda}_y - 0,2 = 0,77 - 0,20 = 0,57 < 0,80$$

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / Y_{M1}} \right) = 0,90 \left( 1 + 0,57 \frac{212 \text{ kN}}{0,81 \times \frac{3339,35 \text{ kN}}{1,00}} \right) = 0,94$$

$$\bar{\lambda}_z - 0,2 = 0,61 - 0,20 = 0,41 < 0,80$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / Y_{M1}} \right) = 0,72 \left( 1 + 0,41 \frac{212 \text{ kN}}{0,89 \times \frac{3339,35 \text{ kN}}{1,00}} \right) = 0,74$$

$$k_{zy} = 0,6k_{yy} = 0,56$$

$$k_{yz} = 0,6k_{zz} = 0,44$$

### 6.13. Έλεγχος μέλους σε κάμψη και θλίψη

Για διατομές κατηγορίας 1, για μέλη που δεν είναι ευαίσθητα σε στρεπτική παραμόρφωση και για διαξονική κάμψη περί τον άξονα y και z, θα πρέπει να ισχύει:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

όπου  $N_{Rk} = N_{pl,Rd} = 3339,35 \text{ kN}$   
 $M_{y,Rk} = M_{pl,Rd,y} = 42605,50 \text{ kNcm}$   
 $M_{z,Rk} = M_{pl,Rd,z} = 26108,50 \text{ kNcm}$

$$\chi_y = 0,81 \text{ και } \chi_z = 0,89$$

οι μειωτικοί συντελεστές λόγω καμπτικού λυγισμού

$$k_{yy} = 0,94, k_{yz} = 0,44, k_{zy} = 0,56, k_{zz} = 0,74$$

οι συντελεστές αλληλεπίδρασης

$$Y_{M1}$$

$$1,00$$

Έλεγχος υποστυλώματος λαμβάνοντας υπόψη τα μέγιστα εντατικά μεγέθη κατά μήκος του μέλους:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = \frac{212 \text{ kN}}{0,81 \times \frac{3339,35 \text{ kN}}{1,00}} + 0,94 \frac{34500 \text{ kNcm}}{42605,50 \text{ kNcm}} + 0,44 \frac{7514 \text{ kNcm}}{26108,50 \text{ kNcm}} = 0,08 + 0,76 + 0,13 = 0,97 < 1,00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = \frac{212 \text{ kN}}{0,89 \times \frac{3339,35 \text{ kN}}{1,00}} + 0,56 \frac{34500 \text{ kNcm}}{42605,50 \text{ kNcm}} + 0,74 \frac{7514 \text{ kNcm}}{26108,50 \text{ kNcm}} = 0,07 + 0,45 + 0,21 = 0,73 < 1,00$$

Επομένως, η διατομή του υποστυλώματος επαρκεί.

## **Παράρτημα Α: Μέθοδος Α υπολογισμού συντελεστών αλληλεπίδρασης**

**A.1 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ Α**Πίνακας A1: Συντελεστές αλληλεπίδρασης  $k_{ij}$ 

Συντελεστές αλληλεπίδρασης	Παραδοχές σχεδιασμού	
	ελαστικές ιδιότητες διατομής κατηγορία 3, κατηγορία 4	πλαστικές ιδιότητες διατομής κατηγορία 1, κατηγορία 2
$k_{yy}$	$C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$	$C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \frac{1}{C_{yy}}$
$k_{yz}$	$C_{mz} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$	$C_{mz} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \frac{1}{C_{yz}} 0,6 \sqrt{\frac{w_z}{w_y}}$
$k_{zy}$	$C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$	$C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \frac{1}{C_{zy}} 0,6 \sqrt{\frac{w_y}{w_z}}$
$k_{zz}$	$C_{mz} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$	$C_{mz} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \frac{1}{C_{zz}}$
<b>Βοηθητικοί συντελεστές</b>		
$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$ $\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$ $w_y = \frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}} \leq 1,5$ $w_z = \frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}} \leq 1,5$ $n_{pl} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rk} / \gamma_{M1}}$ $a_{LT} = 1 - \frac{I_T}{I_y} \geq 0$	$C_{yy} = 1 + (w_y - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{w_y} C_{my}^2 \bar{\lambda}_{max} - \frac{1,6}{w_y} C_{my}^2 \bar{\lambda}_{max}^2 \right) n_{pl} - b_{LT} \right] \geq \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$ με $b_{LT} = 0,5 a_{LT} \frac{\bar{\lambda}_0^2}{\chi_{LT}} \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}}$ $C_{yz} = 1 + (w_z - 1) \left[ \left( 2 - 14 \frac{C_{mz}^2 \bar{\lambda}_{max}^2}{w_z^5} \right) n_{pl} - c_{LT} \right] \geq 0,6 \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$ με $c_{LT} = 10 a_{LT} \frac{\bar{\lambda}_0^2}{5 + \bar{\lambda}_z^4} \frac{M_{y,Ed}}{C_{my} \chi_{LT} M_{pl,y,Rd}}$ $C_{zy} = 1 + (w_y - 1) \left[ \left( 2 - 14 \frac{C_{my}^2 \bar{\lambda}_{max}^2}{w_y^5} \right) n_{pl} - d_{LT} \right] \geq 0,6 \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$ με $d_{LT} = 2 a_{LT} \frac{\bar{\lambda}_0}{0,1 + \bar{\lambda}_z^4} \frac{M_{y,Ed}}{C_{my} \chi_{LT} M_{pl,y,Rd}} \frac{M_{z,Ed}}{C_{mz} M_{pl,z,Rd}}$ $C_{zz} = 1 + (w_z - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{w_z} C_{mz}^2 \bar{\lambda}_{max} - \frac{1,6}{w_z} C_{mz}^2 \bar{\lambda}_{max}^2 \right) n_{pl} - e_{LT} \right] \geq \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$ με $e_{LT} = 1,7 a_{LT} \frac{\bar{\lambda}_0}{0,1 + \bar{\lambda}_z^4} \frac{M_{y,Ed}}{C_{my} \chi_{LT} M_{pl,y,Rd}}$	

Πίνακας Α1 (συνέχεια): Συντελεστές αλληλεπίδρασης  $k_{ij}$ 

$$\bar{\lambda}_{\max} = \max \left\{ \frac{\bar{\lambda}_y}{\bar{\lambda}_z} \right\}$$

$\bar{\lambda}_0$  = ανηγμένη λυγηρότητα για στρεπτοκαμπτικό (πλευρικό) λυγισμό λόγω σταθερής καμπτικής ροπής, δηλ.  $\psi_y = 1,0$  στον Πίνακα Α2

$\bar{\lambda}_{LT}$  = ανηγμένη λυγηρότητα για στρεπτοκαμπτικό (πλευρικό) λυγισμό

$$\text{Εάν } \bar{\lambda}_0 \leq 0,2\sqrt{C_1} \sqrt[4]{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,T}}\right)} : C_{my} = C_{my,0}$$

$$C_{mz} = C_{mz,0}$$

$$C_{mLT} = 1,0$$

$$\text{Εάν } \bar{\lambda}_0 > 0,2\sqrt{C_1} \sqrt[4]{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,T}}\right)} : C_{my} = C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) \frac{\sqrt{\varepsilon_y} a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_y} a_{LT}}$$

$$C_{mz} = C_{mz,0}$$

$$C_{mLT} = C_{my}^2 \frac{a_{LT}}{\sqrt{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,T}}\right)}} \geq 1$$

$$\varepsilon_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \frac{A}{W_{el,y}} \quad \text{για διατομές κατηγορίας 1, 2 και 3}$$

$$\varepsilon_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \frac{A_{eff}}{W_{eff,y}} \quad \text{για διατομές κατηγορίας 4}$$

$N_{cr,y}$  = ελαστική δύναμη καμπτικού λυγισμού περί τον άξονα γ-γ

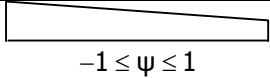
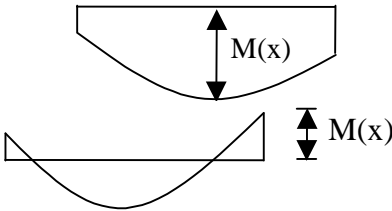
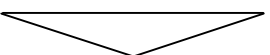
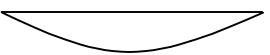
$N_{cr,z}$  = ελαστική δύναμη καμπτικού λυγισμού περί τον άξονα z-z

$N_{cr,T}$  = ελαστική δύναμη στρεπτικού λυγισμού

$I_T$  = σταθερά στρέψης St. Venant

$I_y$  = ροπή αδρανείας ως προς τον άξονα γ-γ

Πίνακας Α2: Συντελεστές  $C_{mi,0}$  ισοδύναμης ομοιόμορφης ροής

Διάγραμμα ροής	$C_{mi,0}$
	$C_{mi,0} = 0,79 + 0,21\psi_i + 0,36(\psi_i - 0,33) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$
	$C_{mi,0} = 1 + \left( \frac{\pi^2 EI_i  \delta_x }{L^2  M_{i,Ed}(x) } - 1 \right) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$ <p><math>M_{i,Ed}(x)</math> είναι η μέγιστη ροπή <math>M_{y,Ed}</math> ή <math>M_{z,Ed}</math>  <math> \delta_x </math> είναι η μέγιστη μετατόπιση του μέλους κατά το μήκος  του</p>
	$C_{mi,0} = 1 - 0,18 \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$
	$C_{mi,0} = 1 + 0,03 \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$

Η ανηγμένη λυγηρότητα για στρεπτοκαμπτικό (πλευρικό) λυγισμό λόγω σταθερής καμπτικής ροής είναι:

$$\bar{\lambda}_0 = 0$$

$$b_{LT} = 0, d_{LT} = 0, c_{LT} = 0, e_{LT} = 0$$

Η ελαστική δύναμη καμπτικού λυγισμού περί τον άξονα γ-γ είναι:

$$N_{cr,y} = \pi^2 EI_y / L_{cr,y}^2 = \pi^2 \times 21000 \text{ kN/cm}^2 \times 29063 \text{ cm}^4 / (1040 \text{ cm})^2 = 5569,20 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 EI_z / L_{cr,z}^2 = \pi^2 \times 21000 \text{ kN/cm}^2 \times 9738 \text{ cm}^4 / (472 \text{ cm})^2 = 9059,51 \text{ kN}$$

Με βάση το διάγραμμα των ροών  $M_y$  υπολογίζεται ο συντελεστής  $C_{my}$ :

Η ροπή στη βάση του υπό εξέταση υποστυλώματος είναι μικρότερη από τη ροπή που αναπτύσσεται στη κορυφή του υποστυλώματος οι οποίες είναι:

$$M_1 = -345 \text{ kNm (κορυφή υποστυλώματος)}$$

$$\psi M_1 = 262 \text{ kNm (βάση υποστυλώματος)}$$

Ο λόγος των ροών στα άκρα του υποστυλώματος είναι:

$$\psi = \frac{262}{-345} = -0,76 < 1$$

$$C_{my} = C_{my,0} = 0,79 + 0,21\psi_y + 0,36(\psi_y - 0,33) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} =$$

$$= 0,79 + 0,21 \times (-0,76) + 0,36(-0,76 - 0,33) \frac{212 \text{ kN}}{5569,20 \text{ kN}} = 0,615$$

Με βάση το διάγραμμα των ροών  $M_z$  υπολογίζεται ο συντελεστής  $C_{mz}$ :

Η μέγιστη ροπή  $M_z$  αναπτύσσεται στη βάση του υποστυλώματος και είναι:

$$M_{z,Ed} = -75,14 \text{ kNm} = -7514 \text{ Ncm}$$

ενώ η μέγιστη παραμόρφωση του υποστυλώματος εκτός επιπέδου ΑΒΓΔ παρουσιάζεται στο μέσον του υποστυλώματος και είναι ίση με:

$$\delta = 11,3 \text{ mm} = 1,13 \text{ cm}$$

$$C_{mz} = C_{mz,0} = 1 + \left( \frac{\pi^2 EI_z |\delta|}{L^2 |M_{z,Ed}|} - 1 \right) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} = 1 + \left( \frac{\pi^2 \times 21000 \times 9738 \times |1,13|}{800^2 \times |7514|} - 1 \right) \frac{212}{9059,51} = 1,01$$

$$C_{mLT} = 1,00$$

$$w_y = \frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}} = \frac{1813\text{cm}^3}{1453\text{cm}^3} = 1,25 < 1,5$$

$$w_z = \frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}} = \frac{1111\text{cm}^3}{973,8\text{cm}^3} = 1,14 < 1,5$$

$$\bar{\lambda}_{\max} = \max \left\{ \bar{\lambda}_y = \max \left\{ \begin{matrix} 0,77 \\ 0,61 \end{matrix} \right\} \right\} = 0,77$$

$$n_{pl} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{212\text{kN}}{\frac{3339,35\text{kN}}{1,00}} = 0,063$$

$$\begin{aligned} C_{yy} &= 1 + (w_y - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{w_y} C_{my}^2 \bar{\lambda}_{\max} - \frac{1,6}{w_y} C_{my}^2 \bar{\lambda}_{\max}^2 \right) n_{pl} - b_{LT} \right] = \\ &= 1 + (1,25 - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{1,10} \times 0,615^2 \times 0,77 - \frac{1,6}{1,10} \times 0,615^2 \times 0,77^2 \right) \times 0,053 - 0 \right] \Rightarrow \\ &\Rightarrow C_{yy} = 1,02 > \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}} = \frac{1453\text{cm}^3}{1813\text{cm}^3} = 0,80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{yz} &= 1 + (w_z - 1) \left[ \left( 2 - 14 \frac{C_{mz}^2 \bar{\lambda}_{\max}^2}{w_z^5} \right) n_{pl} - c_{LT} \right] \geq 0,6 \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}} \\ &= 1 + (1,14 - 1) \left[ \left( 2 - 14 \frac{1,01^2 \times 0,77^2}{1,14^5} \right) \times 0,063 - 0 \right] \Rightarrow C_{yz} = 0,98 > 0,6 \sqrt{\frac{1,14}{1,25}} \frac{973,8}{1111} = 0,50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{zy} &= 1 + (w_y - 1) \left[ \left( 2 - 14 \frac{C_{my}^2 \bar{\lambda}_{\max}^2}{w_y^5} \right) n_{pl} - d_{LT} \right] \geq 0,6 \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}} \\ &= 1 + (1,25 - 1) \left[ \left( 2 - 14 \times \frac{0,615^2 \times 0,77^2}{1,25^5} \right) \times 0,063 - 0 \right] \Rightarrow C_{zy} = 1,015 > 0,6 \sqrt{\frac{1,25}{1,14}} \frac{1453\text{cm}^3}{1813\text{cm}^3} = 0,50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{zz} &= 1 + (w_z - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{w_z} C_{mz}^2 \bar{\lambda}_{\max} - \frac{1,6}{w_z} C_{mz}^2 \bar{\lambda}_{\max}^2 \right) n_{pl} - e_{LT} \right] = \\ &= 1 + (1,14 - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{1,14} \times 1,01^2 \times 0,77 - \frac{1,6}{1,14} \times 1,01^2 \times 0,77^2 \right) \times 0,063 - 0 \right] \Rightarrow \\ C_{zz} &= 1,00 > \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}} = \frac{973,8\text{cm}^3}{1111\text{cm}^3} = 0,88 \end{aligned}$$

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = \frac{1 - \frac{212\text{kN}}{5569,20\text{kN}}}{1 - 0,81 \frac{212\text{kN}}{5569,20\text{kN}}} = 0,99$$

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} = \frac{1 - \frac{212\text{kN}}{9059,51\text{kN}}}{1 - 0,89 \frac{212\text{kN}}{9059,51\text{kN}}} = 1,00$$

$$k_{yy} = C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \frac{1}{C_{yy}} = 0,615 \times 1,00 \times \frac{0,99}{1 - \frac{212}{5569,20}} \times \frac{1}{1,02} = 0,62$$

$$k_{yz} = C_{mz} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \frac{1}{C_{yz}} 0,6 \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} = 1,01 \times 1,00 \times \frac{1,00}{1 - \frac{212}{9059,51}} \times \frac{1}{0,98} \times 0,6 \sqrt{\frac{1,14}{1,25}} = 0,60$$

$$k_{zy} = C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \frac{1}{C_{zy}} 0,6 \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} = 0,615 \times 1,00 \times \frac{1,00}{1 - \frac{212}{5569,20}} \times \frac{1}{1,015} \times 0,6 \sqrt{\frac{1,25}{1,14}} = 0,40$$

$$k_{zz} = C_{mz} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \frac{1}{C_{zz}} = 1,01 \times 1,00 \times \frac{1,00}{1 - \frac{212}{9059,51}} \times \frac{1}{1,01} = 1,02$$

## A.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ Α

Έλεγχος υποστυλώματος λαμβάνοντας υπόψη τα μέγιστα εντακτικά μεγέθη κατά μήκος του μέλους:

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} = \frac{212\text{kN}}{0,81 \times \frac{3339,35\text{kN}}{1,00}} + 0,62 \frac{34500\text{kNcm}}{42605,50\text{kNcm}} + 0,60 \frac{7514\text{kNcm}}{26108,50\text{kNcm}} = 0,08 + 0,50 + 0,17 = 0,75 < 1,00$$


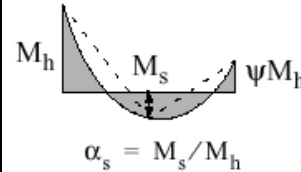
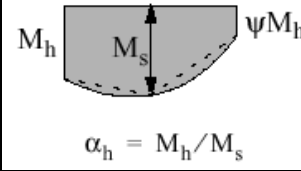
$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} = \frac{212\text{kN}}{0,89 \times \frac{3339,35\text{kN}}{1,00}} + 0,40 \frac{34500\text{kNcm}}{42605,50\text{kNcm}} + 1,02 \frac{7514\text{kNcm}}{26108,50\text{kNcm}} = 0,07 + 0,32 + 0,29 = 0,68 < 1,00$$

## **Παράρτημα Β: Μέθοδος Β υπολογισμού συντελεστών αλληλεπίδρασης**

**Β.1. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ Β**Πίνακας Β1: Συντελεστές αλληλεπίδρασης  $k_{ij}$  για μέλη μη ευαίσθητα σε στρεπτικές παραμορφώσεις

Συντελεστές αλληλεπίδρασης	Τύπος διατομών	Παραδοχές σχεδιασμού	
		ελαστικές ιδιότητες διατομών κατηγορία 3, κατηγορία 4	πλαστικές ιδιότητες διατομών κατηγορία 1, κατηγορία 2
$k_{yy}$	διατομές I διατομές RHS	$C_{my} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$	$C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$
$k_{yz}$	διατομές I διατομές RHS	$k_{zz}$	$0,6 k_{zz}$
$k_{zy}$	διατομές I διατομές RHS	$0,8 k_{yy}$	$0,6 k_{yy}$
$k_{zz}$	διατομές I	$C_{mz} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$	$C_{mz} \left( 1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$
	διατομές RHS		$C_{mz} \left( 1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / Y_{M1}} \right)$
Για διατομές I και H και ορθογωνικές κοίλες διατομές με αξονική θλίψη και μονοαξονική κάμψη $M_{y,Ed}$ ο συντελεστής $k_{zy}$ μπορεί να είναι $k_{zy} = 0$ .			

Πίνακας Β2: Συντελεστής  $C_{my}$  ισοδύναμης ομοιόμορφης ροπής

Διάγραμμα ροπής	Περιοχή		$C_{my}$ και $C_{mz}$ και $C_{mLT}$	
			Ομοιόμορφο φορτίο	Συγκεντρωμένο φορτίο
	$-1 \leq \psi \leq 1$		$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$-0,8\alpha_s \geq 0,4$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_h(1+2\psi)$	$0,90 - 0,10\alpha_h(1+2\psi)$
Για μέλη με λυγισμό από μετάθεση ο συντελεστής ισοδύναμης ομοιόμορφης ροπής πρέπει να λαμβάνεται $C_{my} = 0,9$ ή $C_{mz} = 0,9$ αντίστοιχα.				
Τα $C_{my}$ , $C_{mz}$ και $C_{mLT}$ πρέπει να λαμβάνονται σύμφωνα με το διάγραμμα ροπών μεταξύ των αντίστοιχων πλευρικά στηριζόμενων σημείων ως εξής:				
συντελεστής ροπής	άξονας κάμψης	σημεία εξασφαλιζόμενα κατά τη διεύθυνση		
$C_{my}$	y-y	z-z		
$C_{mz}$	z-z	y-y		
$C_{mLT}$	y-y	y-y		