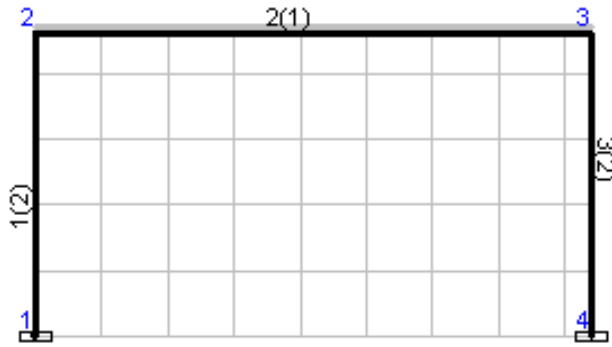


**1-Μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων (FEM)****Κόμβοι κατασκευής**

Κόμβος	x [m]	y [m]
1	0.000	0.000
2	0.000	4.600
3	8.400	4.600
4	8.400	0.000

**Στηρίξεις κατασκευής**

Κόμβος	είδος	$\delta x$ [mm]	$\delta y$ [mm]	$\delta \phi$ [rad]
1	πάκτιση	$\delta x = \delta y = \delta \phi = 0$		
4	πάκτιση	$\delta x = \delta y = \delta \phi = 0$		

**Υλικά κατασκευής**

Υλικό : Χάλυβας,  $E = 210.000$  [GPa]

Ειδικό βάρος :  $\rho = 78.500$  [kN/m<sup>3</sup>]

Το ίδιο βάρος στοιχείων, συμπεριλαμβάνεται σε φορτία και μάζα

**Διατομές στοιχείων**

Διατομή	b [mm]	h [mm]	$A_c$ [mm <sup>2</sup> ]	$I_c$ [mm <sup>4</sup> ]
1			1.15500E+004	4.82000E+008
2			1.56000E+004	9.20800E+008

**Στοιχεία κατασκευής**

Στοιχείο	κόμβος-1	κόμβος-2	υλικό	μήκος (m)	γωνία (°)
1	1	2	2	4.600	90.000
2	2	3	1	8.400	0.000
3	3	4	2	4.600	270.000

**Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς ( $\gamma_g=1.35$ ,  $\gamma_q=1.50$ )**

στοιχείο	G [kN/m]	Q [kN/m]	$\gamma_g G + \gamma_q Q$ [kN/m]	Είδος φορτίου	Κατεύθυνση φορτίου
2	8.600	12.400	30.210	ομοιόμορφο	κάθετο

**Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς λόγω ιδίου βάρους ( $\gamma_g=1.35$ ,  $\gamma_q=1.50$ )**

στοιχείο	G [kN/m]	Q [kN/m]	$\gamma_g G + \gamma_q Q$ [kN/m]	Είδος φορτίου	Κατεύθυνση φορτίου
1	1.225	0.000	1.654	ομοιόμορφο	κατακόρυφο
2	0.907	0.000	1.224	ομοιόμορφο	κατακόρυφο
3	1.225	0.000	1.654	ομοιόμορφο	κατακόρυφο

**2-Αποτελέσματα στατικής ελαστικής γραμμικής ανάλυσης****Διάγραμμα εσωτερικών δυνάμεων M, V, N και μετατοπίσεις δ, στοιχείου 1**

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	$\delta_x$ [mm]	$\delta_y$ [mm]	$\delta$ [mm]
0	0.000	0.00	78.05	51.98	-139.63	0.000	0.000	0.000
1	0.100	0.46	54.14	51.98	-138.87	-0.038	-0.019	0.043
2	0.200	0.92	30.23	51.98	-138.11	-0.136	-0.038	0.141
3	0.300	1.38	6.32	51.98	-137.35	-0.267	-0.057	0.273
4	0.400	1.84	-17.59	51.98	-136.59	-0.404	-0.076	0.411
5	0.500	2.30	-41.50	51.98	-135.83	-0.523	-0.095	0.531
6	0.600	2.76	-65.41	51.98	-135.07	-0.596	-0.115	0.606
7	0.700	3.22	-89.32	51.98	-134.31	-0.597	-0.134	0.612
8	0.800	3.68	-113.23	51.98	-133.55	-0.501	-0.152	0.523
9	0.900	4.14	-137.14	51.98	-132.79	-0.280	-0.172	0.329
10	1.000	4.60	-161.05	51.98	-132.02	0.090	-0.191	0.211

**Μέγιστες τιμές για στοιχείο 1**

maxM=	78.05 kNm,	minM=	-161.05 kNm
maxV=	51.98 kN,	minV=	51.98 kN
maxN=	-132.02 kN,	minN=	-139.63 kN
maxδ=	0.612 mm		

**Διάγραμμα εσωτερικών δυνάμεων M, V, N και μετατοπίσεις δ, στοιχείου 2**

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	$\delta_x$ [mm]	$\delta_y$ [mm]	$\delta$ [mm]
0	0.000	0.00	-161.05	-132.02	-51.98	0.090	-0.191	0.211
1	0.100	0.84	-61.23	-105.62	-51.98	0.072	-1.459	1.460
2	0.200	1.68	16.40	-79.21	-51.98	0.054	-3.167	3.167
3	0.300	2.52	71.85	-52.81	-51.98	0.036	-4.773	4.773
4	0.400	3.36	105.12	-26.40	-51.98	0.018	-5.891	5.891
5	0.500	4.20	116.21	0.00	-51.98	0.000	-6.290	6.290
6	0.600	5.04	105.12	26.40	-51.98	-0.018	-5.891	5.891
7	0.700	5.88	71.85	52.81	-51.98	-0.036	-4.773	4.773
8	0.800	6.72	16.40	79.21	-51.98	-0.054	-3.167	3.167
9	0.900	7.56	-61.23	105.62	-51.98	-0.072	-1.459	1.460
10	1.000	8.40	-161.04	132.02	-51.98	-0.090	-0.191	0.211

**Μέγιστες τιμές για στοιχείο 2**

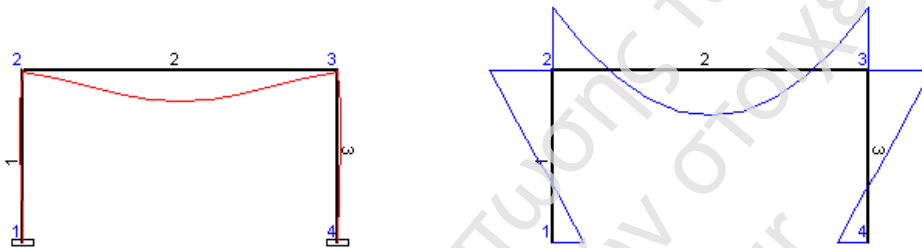
maxM=	116.21 kNm,	minM=	-161.05 kNm
maxV=	132.02 kN,	minV=	-132.02 kN
maxN=	-51.98 kN,	minN=	-51.98 kN
maxδ=	6.290 mm		

**Διάγραμμα εσωτερικών δυνάμεων M, V, N και μετατοπίσεις δ, στοιχείου 3**

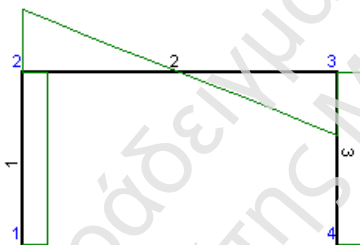
n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	δx [mm]	δy [mm]	δ [mm]
0	0.000	0.00	-161.05	-51.98	-132.02	-0.090	-0.191	0.211
1	0.100	0.46	-137.14	-51.98	-132.79	0.280	-0.172	0.329
2	0.200	0.92	-113.23	-51.98	-133.55	0.501	-0.153	0.523
3	0.300	1.38	-89.32	-51.98	-134.31	0.597	-0.134	0.612
4	0.400	1.84	-65.41	-51.98	-135.07	0.595	-0.114	0.606
5	0.500	2.30	-41.50	-51.98	-135.83	0.523	-0.095	0.531
6	0.600	2.76	-17.59	-51.98	-136.59	0.404	-0.076	0.411
7	0.700	3.22	6.32	-51.98	-137.35	0.267	-0.057	0.273
8	0.800	3.68	30.23	-51.98	-138.11	0.136	-0.038	0.142
9	0.900	4.14	54.14	-51.98	-138.87	0.038	-0.019	0.043
10	1.000	4.60	78.05	-51.98	-139.63	0.000	0.000	0.000

**Μέγιστες τιμές για στοιχείο 3**

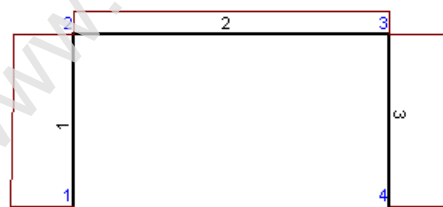
maxM= 78.05 kNm, minM= -161.05 kNm  
 maxV= -51.98 kN, minV= -51.98 kN  
 maxN= -132.02 kN, minN= -139.63 kN  
 maxδ= 0.612 mm



Διάγραμμα Παραμορφώσεων  
maxD=6.29 mm



Διάγραμμα Καμπτικών Ροπών  
maxM=116.21 kNm, minM=-161.05 kNm



Διάγραμμα Διατμητικών Δυνάμεων  
maxV=132.02 kN, minV=-132.02 kN

Διάγραμμα Άξονικών Δυνάμεων  
maxN=-51.98 kN, minN=-139.63 kN

**3-Διαστασιολόγηση χαλύβδινων κατασκευών (EC3 EN1993-1-1:2005)****Κανονισμοί**

EN1990:2002, Ευρωκώδικας 0 Βάσεις σχεδιασμού  
 EN1991-1-1:2002, Ευρωκώδικας 1-1 Δράσεις  
 EN1993-1-1:2005, Ευρωκώδικας 3 Κατασκευές από χάλυβα  
 EN1997-1-1:2004, Ευρωκώδικας 7 Θεμελιώσεις  
 EN1998-1-1:2004, Eurocode 8 Αντισεισμικός σχεδιασμός  
 NA -Εθνικό προσάρτημα: NA-ΕΛΟΤ:2010

**Υλικά****Χάλυβας: S 355**

(EN1993-1-1, §3.2)

$t \leq 40$  mm, Αντοχή διαρροής  $f_y = 355$  N/mm<sup>2</sup>, Αντοχή αστοχίας  $f_u = 510$  N/mm<sup>2</sup>  
 $40\text{mm} < t \leq 80$  mm, Αντοχή διαρροής  $f_y = 335$  N/mm<sup>2</sup>, Αντοχή αστοχίας  $f_u = 470$  N/mm<sup>2</sup>  
 Μέτρο ελαστικότητας  $E = 210000$  N/mm<sup>2</sup>, Λόγος Poisson  $\nu = 0.30$ , Πυκνότητα  $\rho = 7850$  Kg/m<sup>3</sup>

**Συντ. μόνιμης και μεταβλητής δράσης**

(EN1990, Παράρτημα A1)

$\gamma_G = 1.35$ ,  $\gamma_Q = 1.50$ ,  $\psi = 0.30$

**Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_m$** 

(EN1993-1-1, §6.1)

$\gamma_{M0} = 1.00$ ,  $\gamma_{M1} = 1.00$ ,  $\gamma_{M2} = 1.25$

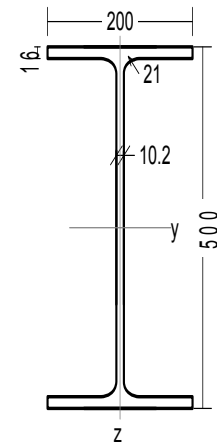
**Χαρακτηριστικά διατομών**

Διατομή : 1, IPE 500-S 355

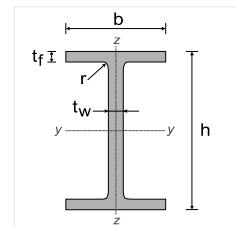
**Διαστάσεις διατομής**

Υψος διατομής	$h = 500.00$ mm
Πλάτος διατομής	$b = 200.00$ mm
Υψος κορμού	$h_w = 468.00$ mm
Υψος ευθύγραμμου τμήματος κορμού	$d_w = 426.00$ mm
Πάχος κορμού	$t_w = 10.20$ mm
Πάχος πέλματος	$t_f = 16.00$ mm
Ακτίνα συναρμογής	$r = 21.00$ mm
Μάζα	$= 90.70$ Kg/m

IPE 500

**Χαρακτηριστικά διατομών**

Εμβαδόν	$A = 11550$ mm <sup>2</sup>	
Ροπή αδράνειας	$I_y = 482.00 \times 10^6$ mm <sup>4</sup>	$I_z = 21.420 \times 10^6$ mm <sup>4</sup>
Ελαστική ροπή αντίστασης	$W_y = 1928.0 \times 10^3$ mm <sup>3</sup>	$W_z = 214.20 \times 10^3$ mm <sup>3</sup>
Πλαστική ροπή αντίστασης	$W_{py} = 2194.0 \times 10^3$ mm <sup>3</sup>	$W_{pz} = 335.90 \times 10^3$ mm <sup>3</sup>
Ακτίνα αδράνειας	$i_y = 204.3$ mm	$i_z = 43.1$ mm
Επιφάνεια διάτμησης	$A_{vz} = 5985$ mm <sup>2</sup>	$A_{vy} = 6718$ mm <sup>2</sup>
Σταθερά στρέψης	$I_t = 0.893 \times 10^6$ mm <sup>4</sup>	$i_p = 209$ mm
Σταθερά στρέβλωσης	$I_w = 1249.4 \times 10^9$ mm <sup>6</sup>	

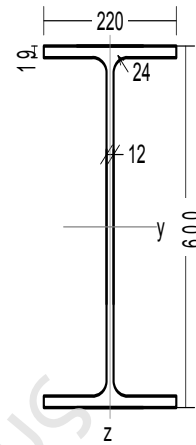


Διατομή : 2, IPE 600-S 355

**Διαστάσεις διατομής**

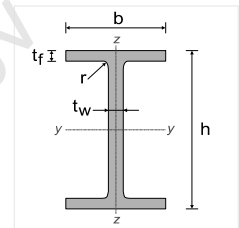
Υψος διατομής	h=	600.00 mm
Πλάτος διατομής	b=	220.00 mm
Υψος κορμού	hw=	562.00 mm
Υψος ευθύγραμμου τμήματος κορμού	dw=	514.00 mm
Πάχος κορμού	tw=	12.00 mm
Πάχος πέλματος	tf=	19.00 mm
Ακτίνα συναρμογής	r=	24.00 mm
Μάζα	=	122.00 Kg/m

IPE 600



**Χαρακτηριστικά διατομών**

Εμβαδόν	A=	15600 mm <sup>2</sup>	
Ροπή αδρανείας	I <sub>y</sub> =	920.80x10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	I <sub>z</sub> =33.870x10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>
Ελαστική ροπή αντίστασης	W <sub>y</sub> =	3069.0x10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	W <sub>z</sub> =307.90x10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
Πλαστική ροπή αντίστασης	W <sub>py</sub> =	3512.0x10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	W <sub>pz</sub> =485.60x10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
Ακτίνα αδρανείας	i <sub>y</sub> =	243.0 mm	i <sub>z</sub> = 46.6 mm
Επιφάνεια διάτμησης	Av <sub>z</sub> =	8380 mm <sup>2</sup>	Av <sub>y</sub> = 8792 mm <sup>2</sup>
Σταθερά στρέψης	It=	1.654x10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	i <sub>p</sub> = 247 mm
Σταθερά στρέβλωσης	Iw=	2845.5x10 <sup>9</sup> mm <sup>6</sup>	



**Υπολογισμοί μεταλλικών στοιχείων, στοιχείο 1, L= 4.600m, IPE 600**

**Κατάταξη διατομών, Κάμψη και Θλίψη**

(EN1993-1-1, §5.5)

Μέγιστη και ελάχιστη ορθή τάση διατομής  $\sigma = N_{ed}/A_{el} \pm M_{yed}/W_{el,y} \pm M_{zed}/W_{el,z}$   
 $\sigma_1 = 61 \text{ N/mm}^2, \sigma_2 = -44 \text{ N/mm}^2$  (Θλίψη θετική)

**Κορμός**

$c = 600.0 - 2 \times 19.0 - 2 \times 24.0 = 514.0 \text{ mm}$ ,  $t = 12.0 \text{ mm}$ ,  $c/t = 514.0/12.0 = 42.83$   
 S 355,  $t = 12.0 \leq 40 \text{ mm}$ ,  $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$ ,  $\epsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$   
 Θέση ουδέτερου άξονα για συνδυασμό Κάμψη και Θλίψη  
 $N_{ed} / (2t_w \cdot f_y / \gamma_{M0}) = 139632 / (2 \times 12.0 \times 355 / 1.00) = 16.4 \text{ mm}$   
 $\alpha = (514.0 / 2 + 16.4) / 514.0 = 0.532 > 0.5$   
 $c/t = 42.83 \leq 9 \epsilon = 9 \times 0.81 = 7.29$   
 Ο κορμός είναι κατηγορία 1 (EN1993-1-1, Πιν.5.2)

**Πέλμα**

$c = 220.0 / 2 - 12.0 / 2 - 24.0 = 80.0 \text{ mm}$ ,  $t = 19.0 \text{ mm}$ ,  $c/t = 80.0 / 19.0 = 4.21$   
 S 355,  $t = 19.0 \leq 40 \text{ mm}$ ,  $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$ ,  $\epsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$   
 $c/t = 4.21 \leq 9 \epsilon = 9 \times 0.81 = 7.29$   
 Το πέλμα είναι κατηγορία 1 (EN1993-1-1, Πιν.5.2)

Κατάταξη ολικής διατομής είναι κατηγορία 1, Κάμψη και Θλίψη  $N_{c,ed} + M_{y,ed}$

**Αντοχή διατομής**

(EN1993-1-1 §6.2.3, §6.2.4, §6.2.6, §6.2.5)

Εφελκυστική αντοχή	$N_{rd}, r_d = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 15600 \times 355 / 1.00 = 5538.00 \text{ kN}$
Θλιπτική αντοχή	$N_{rd}, r_d = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 15600 \times 355 / 1.00 = 5538.00 \text{ kN}$
Διατμητική αντοχή	$V_{rd}, r_d = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 8380 \times (355 / 1.73) / 1.00 = 1717.56 \text{ kN}$
Καμπτική αντοχή	$M_{rd}, r_d = W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^6] \times 3512.0 \times 10^3 \times 355 / 1.00 = 1246.76 \text{ kNm}$

Υπολογισμοί μεταλλικών στοιχείων, στοιχείο 1, [Ανοιγμα ], L= 4.600m, IPE 600

$$M_{ed} = -89.32 \text{ kNm}, V_{ed} = 51.98 \text{ kN}, N_{ed} = -134.31 \text{ kN}$$

Οριακή κατάσταση αστοχίας , Έλεγχος σε κάμψη γ-γ (EN1993-1-1, §6.2.5)

$$M_{y,ed} = 89.32 \text{ kNm}$$

Καμπτική αντοχή  $M_{ply,rd} = W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-6}] \times 3512.0 \times 10^3 \times 355 / 1.00 = 1246.76 \text{ kNm}$   
 $M_{y,ed} = 89.32 \text{ kNm} < 1246.76 \text{ kNm} = M_{y,rd} = M_{ply,rd}$ , Έλεγχος ικανοποιείται

Υπολογισμοί μεταλλικών στοιχείων, στοιχείο 1, [Αριστερό άκρο], L= 4.600m, IPE 600

$$M_{edA} = 78.05 \text{ kNm}, V_{edA} = 51.98 \text{ kN}, N_{edA} = -139.63 \text{ kN}$$

Οριακή κατάσταση αστοχίας , Έλεγχος σε κάμψη γ-γ (EN1993-1-1, §6.2.5)

$$M_{y,ed} = 78.05 \text{ kNm}$$

Καμπτική αντοχή  $M_{ply,rd} = W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-6}] \times 3512.0 \times 10^3 \times 355 / 1.00 = 1246.76 \text{ kNm}$   
 $M_{y,ed} = 78.05 \text{ kNm} < 1246.76 \text{ kNm} = M_{y,rd} = M_{ply,rd}$ , Έλεγχος ικανοποιείται

Υπολογισμοί μεταλλικών στοιχείων, στοιχείο 1, [Δεξιό άκρο ], L= 4.600m, IPE 600

$$M_{edB} = -161.05 \text{ kNm}, V_{edB} = 51.98 \text{ kN}, N_{edB} = -132.02 \text{ kN}$$

Οριακή κατάσταση αστοχίας , Έλεγχος σε κάμψη γ-γ (EN1993-1-1, §6.2.5)

$$M_{y,ed} = 161.05 \text{ kNm}$$

Καμπτική αντοχή  $M_{ply,rd} = W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-6}] \times 3512.0 \times 10^3 \times 355 / 1.00 = 1246.76 \text{ kNm}$   
 $M_{y,ed} = 161.05 \text{ kNm} < 1246.76 \text{ kNm} = M_{y,rd} = M_{ply,rd}$ , Έλεγχος ικανοποιείται

Υπολογισμοί μεταλλικών στοιχείων, στοιχείο 1 , L= 4.600m, IPE 600, Αντοχή σε λυγισμό

Καμπτικός λυγισμός, (Οριακή κατάσταση αστοχίας ) (EN1993-1-1, §6.3.1)

$$\text{Μήκη λυγισμού: } L_{cr,y} = 1.450 \times 4600 = 6670 \text{ mm}, L_{cr,z} = 1.000 \times 4600 = 4600 \text{ mm}$$

Αδιάστατη λυγηρότητα (Κατηγορία διατομής: 1 )

(EC3 §6.3.1.3)

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{cr,y})} = (L_{cr,y} / i_y) \cdot (1 / \lambda_1) = (6670 / 243.0) \times (1 / 76.06) = 0.361$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{cr,z})} = (L_{cr,z} / i_z) \cdot (1 / \lambda_1) = (4600 / 46.6) \times (1 / 76.06) = 1.298$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{(E / f_y)} = 93.9 \text{ ε} = 76.06, \text{ ε} = \sqrt{(235 / f_y)} = 0.81$$

$$h/b = 600/220 = 2.73 > 1.20, t_f = 19.0 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm}$$

$$\gamma\text{-}\gamma \text{ καμπύλη λυγισμού: } \alpha, \text{ συντελεστής ατελειών: } \alpha_y = 0.21, \chi_y = 0.963$$

(EC3 T.6.2, T.6.1, Σχ.6.4)

$$\phi_y = 0.5 [1 + \alpha_y (\bar{\lambda}_y - 0.2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0.5 \times [1 + 0.21 \times (0.361 - 0.2) + 0.361^2] = 0.582$$

$$\chi_y = 1 / [\phi_y + \sqrt{(\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2)}] = 1 / [0.582 + \sqrt{(0.582^2 - 0.361^2)}] = 0.963 < 1 \chi_y = 0.963$$

$$z\text{-}z \text{ καμπύλη λυγισμού: } \beta, \text{ συντελεστής ατελειών: } \alpha_z = 0.34, \chi_z = 0.428$$

$$\phi_z = 0.5 [1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0.2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0.5 \times [1 + 0.34 \times (1.298 - 0.2) + 1.298^2] = 1.529$$

$$\chi_z = 1 / [\phi_z + \sqrt{(\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2)}] = 1 / [1.529 + \sqrt{(1.529^2 - 1.298^2)}] = 0.428 < 1 \chi_z = 0.428$$

$$\text{Μειωτικός συντελεστής } \chi = 1 / [\phi + \sqrt{(\phi^2 - \bar{\lambda}^2)}], \chi \leq 1.0, \phi = 0.5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2], \chi = 0.428$$

(EC3 Εξ.6.49)

$$N_{b,rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0.428 \times [10^{-3}] \times 15600 \times 355 / 1.00 = 2370.26 \text{ kN}$$

(EC3 Εξ.6.47)

$$N_{c,ed} = 139.63 \text{ kN} < 2370.26 \text{ kN} = N_{b,rd}$$
, Έλεγχος ικανοποιείται

Πλευρικός λυγισμός (EN1993-1-1, §6.3.2)

Ελαστική κρίσιμη ροπή πλευρικού λυγισμού

(EC3 §6.3.2.2.2, EN1993:2002 ΠαράρτημαC)

Timoshenko, S.P, Gere, J.M, Theory of elastic stability, McGraw-Hill, 1961

$$M_{cr} = C_1 \cdot [\pi^2 EI_z / (kL)^2] \{ \sqrt{[(kz/kw)^2 (I_w/I_z) + (kL)^2 GI_t / (\pi^2 EI_z) + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2]} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \}$$

$$G = E / (2(1+\nu)) = 210000 / (2(1+0.30)) = 80769 = 8.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$$

$$k \cdot L = 4600 \text{ mm}, z_g = 0 \text{ mm}, z_j = 0 \text{ mm}$$

(EN1993:2002 T.C.1)

$$kz = 1.0, kw = 1.0, C_1 = 2.567, C_2 = 0.553, C_3 = 0.000$$

(EN1993:2002 T.C.1)

$$M_{cr} = [10^{-6}] 2.567 \times [\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 33.870 \times 10^6 / 4600^2]$$

$$\times \{ [1.0 \times (2845.5 \times 10^9 / 33.870 \times 10^6)]$$

$$+ 4600^2 \times 8.1 \times 10^4 \times 1.654 \times 10^6 / (\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 33.870 \times 10^6) \}^{0.5} = 3002.8 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}, l_t = \sqrt{(W_{pl,y} \cdot f_y / M_{cr})} = \sqrt{([10^{-6}] \times 3512.0 \times 10^3 \times 355 / 3002.8)} = 0.644 \quad (\text{EC3 Εξ.6.56})$$

$h/b = 600/220 = 2.73 > 2.00$  καμπύλη λυγισμού: b  
 συντελεστής ατελειών:  $\alpha, l_t = 0.34, \chi, l_t = 0.814 \quad (\text{EC3 Τ.6.2, Τ.6.1, Σχ.6.4})$   
 $\Phi, l_t = 0.5 [1 + \alpha, l_t (\bar{\lambda}, l_t - 0.2) + \bar{\lambda}, l_t^2] = 0.5 [1 + 0.34 \times (0.644 - 0.2) + 0.644^2] = 0.783$   
 $\chi, l_t = 1 / [\Phi, l_t + \sqrt{(\Phi, l_t^2 - \bar{\lambda}, l_t^2)}] = 1 / [0.783 + \sqrt{(0.783^2 - 0.644^2)}] = 0.814 \leq 1, \chi, l_t = 0.814$   
 Μειωτικός συντελεστής  $\chi, l_t = 1 / [\Phi, l_t + \sqrt{(\Phi, l_t^2 - \bar{\lambda}, l_t^2)}], \chi, l_t \leq 1.0, \chi, l_t = 0.814 \quad (\text{Εξ.6.56})$

$$M_{b,rd} = \chi, l_t \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0.814 \times [10^{-6}] \times 3512.0 \times 10^3 \times 355 / 1.00 = 1014.86 \text{ kNm} \quad (\text{EC3 Εξ.6.55})$$

$$M_{y,ed} = 161.05 \text{ kNm} < 1014.86 \text{ kNm} = M_{b,rd}, \text{ Έλεγχος ικανοποιείται}$$

**Άξονική δύναμη και καμπτική ροπή,** (EN1993-1-1, §6.3.3)

$$N_{ed} / (\chi_y \cdot N_{rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,ed} / (\chi_{LT} \cdot M_{y,rk} / \gamma_{M1}) \leq 1 \quad (\text{EC3 Εξ.6.61})$$

$$N_{ed} / (\chi_z \cdot N_{rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,ed} / (\chi_{LT} \cdot M_{y,rk} / \gamma_{M1}) \leq 1 \quad (\text{EC3 Εξ.6.62})$$

$$N_{rk} = A \cdot f_y = [10^{-3}] \times 15600 \times 355 = 5538.0 \text{ kN} \quad (\text{Πιν.6.7})$$

$$M_{y,rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = [10^{-6}] \times 3512.0 \times 10^3 \times 355 = 1246.8 \text{ kNm}$$

$$\chi_y \cdot N_{rk} / \gamma_{M1} = \chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0.963 \times [10^{-3}] \times 15600 \times 355 / 1.00 = 5333.1 \text{ kN}$$

$$\chi_z \cdot N_{rk} / \gamma_{M1} = \chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0.428 \times [10^{-3}] \times 15600 \times 355 / 1.00 = 2370.3 \text{ kN}$$

$$\chi_{LT} \cdot M_{y,rk} / \gamma_{M1} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0.814 \times [10^{-6}] \times 3512.0 \times 10^3 \times 355 / 1.00 = 1014.9 \text{ kNm}$$

**Συντελεστές κύρτωσης, Μέθοδος υπολογισμού: Μέθοδος 2 Παράρτημα Β** (EC3 Παράρτημα Β)

$$k_{yy} = C_{my} [1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) [N_{ed} / (\chi_y \cdot N_{rk} / \gamma_{M1})]], \quad k_{yy} \leq C_{my} [1 + 0.8 [N_{ed} / (\chi_y \cdot N_{rk} / \gamma_{M1})]] \quad (\text{EC3 Πιν.Β.1})$$

$$k_{zy} = 1 - [0.10 \bar{\lambda}_z / (C_{mt} - 0.25)] [N_{ed} / (\chi_z \cdot N_{rk} / \gamma_{M1})], \quad k_{zy} \geq 1 - [0.10 / (C_{mt} - 0.25)] [N_{ed} / (\chi_z \cdot N_{rk} / \gamma_{M1})]$$

$$\psi = -0.48, \quad C_{my} = 0.410, \quad C_{mt} = 0.41,$$

$$k_{yy} = 0.41 \times [1 + (0.361 - 0.2) \times (139.6 / 5333.1)], \quad k_{yy} \leq 0.41 \times [1 + 0.8 \times (139.6 / 5333.1)]$$

$$k_{yy} = 0.412, \quad k_{yy} \leq 0.419, \quad k_{yy} = 0.412$$

$$k_{zy} = [1 - [0.10 \times 1.298 / (0.41 - 0.25)] \times (139.6 / 2370.3)], \quad k_{zy} \geq [1 - [0.10 / (0.41 - 0.25)] \times (139.6 / 2370.3)]$$

$$k_{zy} = 0.952, \quad k_{zy} \geq 0.963, \quad k_{zy} = 0.963$$

$$N_{ed} / (\chi_y \cdot N_{rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,ed} / (\chi_{LT} \cdot M_{y,rk} / \gamma_{M1}) = \quad (\text{EC3 Εξ.6.61})$$

$$139.6 / (0.963 \times 5538.0 / 1.00) + 0.412 \times 161.0 / (0.814 \times 1246.8 / 1.00) = 0.092$$

$$0.092 < 1.000, \text{ Έλεγχος ικανοποιείται}$$

$$N_{ed} / (\chi_z \cdot N_{rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,ed} / (\chi_{LT} \cdot M_{y,rk} / \gamma_{M1}) = \quad (\text{EC3 Εξ.6.62})$$

$$139.6 / (0.428 \times 5538.0 / 1.00) + 0.963 \times 161.0 / (0.814 \times 1246.8 / 1.00) = 0.212$$

$$0.212 < 1.000, \text{ Έλεγχος ικανοποιείται}$$

**Υπολογισμοί μεταλλικών στοιχείων, στοιχείο 2, L= 8.400m, IPE 500**

**Κατάταξη διατομών. Κάμψη και Θλίψη** (EN1993-1-1, §5.5)

Μέγιστη και ελάχιστη ορθή τάση διατομής  $\sigma = N_{ed} / A_{el} \pm M_{y,ed} / W_{el,y} \pm M_{z,ed} / W_{el,z}$   
 $\sigma_1 = 88 \text{ N/mm}^2, \sigma_2 = -79 \text{ N/mm}^2$  (θλίψη θετική)

Κορμός  
 $c = 500.0 - 2 \times 16.0 - 2 \times 21.0 = 426.0 \text{ mm}, t = 10.2 \text{ mm}, c/t = 426.0 / 10.2 = 41.76$   
 $S 355, t = 10.2 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \epsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$   
 Θέση ουδέτερου άξονα για συνδυασμό Κάμψη και Θλίψη  
 $N_{ed} / (2t_w \cdot f_y / \gamma_{M0}) = 51978 / (2 \times 10.2 \times 355 / 1.00) = 7.2 \text{ mm}$   
 $\alpha = (426.0 / 2 + 7.2) / 426.0 = 0.517 > 0.5$   
 $c/t = 41.76 \leq 396 \times 0.81 / (13 \times 0.517 - 1) = 56.09$   
 Ο κορμός είναι κατηγορία 1 (EN1993-1-1, Πιν.5.2)

Πέλμα  
 $c = 200.0 / 2 - 10.2 / 2 - 21.0 = 73.9 \text{ mm}, t = 16.0 \text{ mm}, c/t = 73.9 / 16.0 = 4.62$   
 $S 355, t = 16.0 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \epsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$   
 $c/t = 4.62 \leq 9 \epsilon = 9 \times 0.81 = 7.29$   
 Το πέλμα είναι κατηγορία 1 (EN1993-1-1, Πιν.5.2)

**Κατάταξη ολικής διατομής είναι κατηγορία 1, Κάμψη και θλίψη  $N_{c,ed} + M_{y,ed}$**

Αντοχή διατομής

(EN1993-1-1 §6.2.3, §6.2.4, §6.2.6, §6.2.5)

Εφελκυστική αντοχή  $N_{rdt}, rd = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 11550 \times 355 / 1.00 = 4100.25 \text{ kN}$   
 Θλιπτική αντοχή  $N_{rdc}, rd = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 11550 \times 355 / 1.00 = 4100.25 \text{ kN}$   
 Διατμητική αντοχή  $V_{rdz}, rd = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 5985 \times (355 / 1.73) / 1.00 = 1226.72 \text{ kN}$   
 Καμπτική αντοχή  $M_{rdy}, rd = W_{ely} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-6}] \times 2194.0 \times 10^3 \times 355 / 1.00 = 778.87 \text{ kNm}$

Υπολογισμοί μεταλλικών στοιχείων, στοιχείο 2, [Ανοιγμα ], L= 8.400m, ΙΡΕ 500

$M_{ed} = 116.21 \text{ kNm}, V_{ed} = 0.00 \text{ kN}, N_{ed} = -51.98 \text{ kN}$

Οριακή κατάσταση αστοχίας , Έλεγχος σε κάμψη γ-γ

(EN1993-1-1, §6.2.5)

$M_{y,ed} = 116.21 \text{ kNm}$

Καμπτική αντοχή  $M_{ply, rd} = W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-6}] \times 2194.0 \times 10^3 \times 355 / 1.00 = 778.87 \text{ kNm}$   
 $M_{y,ed} = 116.21 \text{ kNm} < 778.87 \text{ kNm} = M_{y, rd} = M_{ply, rd}$ , Έλεγχος ικανοποιείται

Υπολογισμοί μεταλλικών στοιχείων, στοιχείο 2, [Αριστερό άκρο], L= 8.400m, ΙΡΕ 500

$M_{edA} = -161.05 \text{ kNm}, V_{edA} = 132.02 \text{ kN}, N_{edA} = -51.98 \text{ kN}$

Οριακή κατάσταση αστοχίας , Έλεγχος σε κάμψη γ-γ

(EN1993-1-1, §6.2.5)

$M_{y,ed} = 161.05 \text{ kNm}$

Καμπτική αντοχή  $M_{ply, rd} = W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-6}] \times 2194.0 \times 10^3 \times 355 / 1.00 = 778.87 \text{ kNm}$   
 $M_{y,ed} = 161.05 \text{ kNm} < 778.87 \text{ kNm} = M_{y, rd} = M_{ply, rd}$ , Έλεγχος ικανοποιείται

Οριακή κατάσταση αστοχίας , Έλεγχος σε διάτμηση z

(EN1993-1-1, §6.2.6)

$V_{z,ed} = 132.02 \text{ kN}$

$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) t_f = 11550 - 2 \times 200.0 \times 16.0 + (10.2 + 2 \times 21.0) \times 16.0 = 5985 \text{ mm}^2$  (EC3 §6.2.6.3)

$A_v = 5985 \text{ mm}^2 > \eta \cdot h_w \cdot t_w = 1.00 \times (500.0 - 2 \times 16.0) \times 10.2 = 1.00 \times 468.0 \times 10.2 = 4774 \text{ mm}^2$

Πλαστική διατμητική αντοχή  $V_{pl, z, rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 5985 \times (355 / 1.73) / 1.00 = 1226.72 \text{ kN}$

$V_{z,ed} = 132.02 \text{ kN} < 1226.72 \text{ kN} = V_{z, rd} = V_{pl, z, rd}$ , Έλεγχος ικανοποιείται

$h_w / t_w = (500.0 - 2 \times 16.0) / 10.2 = 468.0 / 10.2 = 45.88 \leq 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 58.32$  ( $\eta = 1.00$ )

S 355,  $t = 10.2 \leq 40 \text{ mm}$ ,  $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$ ,  $\varepsilon = (235 / 355)^{0.5} = 0.81$

Δεν απαιτείται έλεγχος της αντίστασης λυγισμού σε τέρνουσα

(EC3 §6.2.6.6)

Οριακή κατάσταση αστοχίας , Έλεγχος σε αξονική δύναμη, διάτμηση και κάμψη

(EN1993-1-1, §6.2.9)

$N_{ed} = 51.98 \text{ kN}$  (Θλίψη),  $V_{z,ed} = 132.02 \text{ kN}$ ,  $M_{y,ed} = 161.05 \text{ kNm}$

$N_{pl, rd} = 0.00 \text{ kN}$ ,  $M_{y, rd} = 778.87 \text{ kNm}$ ,  $V_{pl, z, rd} = 1226.72 \text{ kN}$

$N_{ed} = 0 \text{ kN}$ , Η επίδραση αξονικής δύναμης παραλείπεται

(EC3 §6.2.9.1 Εξ.6.33, Εξ.6.34, Εξ.6.35)

$V_{ed} = 132.02 \text{ kN} \leq 0.50 \times 1226.72 = 0.50 \times V_{pl, rd} = 613.36 \text{ kN}$

Η επίδραση διατμητικής δύναμης παραλείπεται

(EC3 §6.2.8.2)

$M_{y,ed} = 161.05 \text{ kNm} < 778.87 \text{ kNm} = M_{y, rd} = M_{ply, rd}$ , Έλεγχος ικανοποιείται

Υπολογισμοί μεταλλικών στοιχείων, στοιχείο 2, [Δεξιό άκρο ], L= 8.400m, ΙΡΕ 500

$M_{edB} = -161.04 \text{ kNm}, V_{edB} = 132.02 \text{ kN}, N_{edB} = -51.98 \text{ kN}$

Οριακή κατάσταση αστοχίας , Έλεγχος σε κάμψη γ-γ

(EN1993-1-1, §6.2.5)

$M_{y,ed} = 161.04 \text{ kNm}$

Καμπτική αντοχή  $M_{ply, rd} = W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-6}] \times 2194.0 \times 10^3 \times 355 / 1.00 = 778.87 \text{ kNm}$

$M_{y,ed} = 161.04 \text{ kNm} < 778.87 \text{ kNm} = M_{y, rd} = M_{ply, rd}$ , Έλεγχος ικανοποιείται

Οριακή κατάσταση αστοχίας , Έλεγχος σε διάτμηση z

(EN1993-1-1, §6.2.6)

$V_{z,ed} = 132.02 \text{ kN}$

$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) t_f = 11550 - 2 \times 200.0 \times 16.0 + (10.2 + 2 \times 21.0) \times 16.0 = 5985 \text{ mm}^2$  (EC3 §6.2.6.3)

$A_v = 5985 \text{ mm}^2 > \eta \cdot h_w \cdot t_w = 1.00 \times (500.0 - 2 \times 16.0) \times 10.2 = 1.00 \times 468.0 \times 10.2 = 4774 \text{ mm}^2$

Πλαστική διατμητική αντοχή  $V_{pl, z, rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 5985 \times (355 / 1.73) / 1.00 = 1226.72 \text{ kN}$

$V_{z,ed} = 132.02 \text{ kN} < 1226.72 \text{ kN} = V_{z, rd} = V_{pl, z, rd}$ , Έλεγχος ικανοποιείται

$h_w / t_w = (500.0 - 2 \times 16.0) / 10.2 = 468.0 / 10.2 = 45.88 \leq 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 58.32$  ( $\eta = 1.00$ )

S 355,  $t = 10.2 \leq 40 \text{ mm}$ ,  $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$ ,  $\varepsilon = (235 / 355)^{0.5} = 0.81$

Δεν απαιτείται έλεγχος της αντίστασης λυγισμού σε τέρνουσα

(EC3 §6.2.6.6)



**Οριακή κατάσταση αστοχίας , Έλεγχος σε αξονική δύναμη, διατήρηση και κάμψη** (EN1993-1-1, §6.2.9)  
**N.ed= 51.98kN (Θλίψη), Vz.ed= 132.02kNm, My.ed= 161.04kN**  
 $N_{pl,rd}=0.00kN$ ,  $V_{pl,rd}=778.87kNm$ ,  $V_{pl,z,rd}=1226.72kN$   
 $N_{ed}=0$  kN, Η επίδραση αξονικής δύναμης παραλείπεται (EC3 §6.2.9.1 Εξ.6.33, Εξ.6.34, Εξ.6.35)  
 $V_{ed}=132.02kN <= 0.50 \times 1226.72 = 0.50 \times V_{pl,rd} = 613.36kN$   
 Η επίδραση διατηρητικής δύναμης παραλείπεται (EC3 §6.2.8.2)  
 $M_{y,ed} = 161.04$  kNm  $< 778.87$  kNm =  $M_{pl,y,rd}$ , Έλεγχος ικανοποιείται

**Υπολογισμοί μεταλλικών στοιχείων, στοιχείο 2 , L= 8.400m, IPE 500, Αντοχή σε λυγισμό**

**Καμπτικός λυγισμός, (Οριακή κατάσταση αστοχίας )** (EN1993-1-1, §6.3.1)

Μήκη λυγισμού:  $L_{cr,y}=1.000 \times 8400=8400mm$ ,  $L_{cr,z}=0.250 \times 8400=2100mm$   
 Αδιάστατη λυγηρότητα (Κατηγορία διατομής: 1 ) (EC3 §6.3.1.3)  
 $\bar{\lambda}_y = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{cr,y})} = (L_{cr,y} / i_y) \cdot (1 / \lambda_1) = (8400 / 204.3) \times (1 / 76.06) = 0.541$   
 $\bar{\lambda}_z = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{cr,z})} = (L_{cr,z} / i_z) \cdot (1 / \lambda_1) = (2100 / 43.1) \times (1 / 76.06) = 0.641$   
 $\lambda_1 = \pi \sqrt{(E / f_y)} = 93.9$ ,  $\epsilon = \sqrt{(235 / f_y)} = 0.81$

$h/b = 500 / 200 = 2.50 > 1.20$ ,  $t_f = 16.0mm < 40$  mm  
 $\gamma$ - $\gamma$  καμπύλη λυγισμού:  $\alpha$ , συντελεστής ατελειών:  $\alpha_y = 0.21$ ,  $\chi_y = 0.911$  (EC3 Τ.6.2, Τ.6.1, Σχ.6.4)  
 $\Phi_y = 0.5 [1 + \alpha_y (\bar{\lambda}_y - 0.2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0.5 [1 + 0.21 \times (0.541 - 0.2) + 0.541^2] = 0.682$   
 $\chi_y = 1 / [\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2)}] = 1 / [0.682 + \sqrt{(0.682^2 - 0.541^2)}] = 0.911 < 1$   $\chi_y = 0.911$   
 $z$ - $z$  καμπύλη λυγισμού:  $\beta$ , συντελεστής ατελειών:  $\alpha_z = 0.34$ ,  $\chi_z = 0.816$   
 $\Phi_z = 0.5 [1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0.2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0.5 [1 + 0.34 \times (0.641 - 0.2) + 0.641^2] = 0.780$   
 $\chi_z = 1 / [\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2)}] = 1 / [0.780 + \sqrt{(0.780^2 - 0.641^2)}] = 0.816 < 1$   $\chi_z = 0.816$

Μειωτικός συντελεστής  $\chi = 1 / [\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \bar{\lambda}^2)}]$ ,  $\chi < 1.0$ ,  $\Phi = 0.5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$ ,  $\chi = 0.816$  (EC3 Εξ.6.49)  
 $N_{b,rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0.816 \times [10^{-3}] \times 11550 \times 355 / 1.00 = 3345.80kN$  (EC3 Εξ.6.47)  
 $N_{c,ed} = 51.98$  kN  $< 3345.80$  kN =  $N_{b,rd}$ , Έλεγχος ικανοποιείται

**Πλευρικός λυγισμός** (EN1993-1-1, §6.3.2)

Ελαστική κρίσιμη ροπή πλευρικού λυγισμού (EC3 §6.3.2.2.2, EN1993:2002 ΠαράρτημαC)  
*Timoshenko, S.P, Gere, J.M, Theory of elastic stability, McGraw-Hill, 1961*  
 $M_{cr} = C_1 \cdot [\pi^2 EI_z / (kL)^2] \{ \sqrt{[(kz/kw)^2 (I_w/I_z) + (kL)^2 GI_t / (\pi^2 EI_z) + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2]} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \}$   
 $G = E / (2(1+\nu)) = 210000 / (2(1+0.30)) = 80769 = 8.1 \times 10^4$  N/mm<sup>2</sup>  
 $k \cdot L = 2100mm$ ,  $z_g = h/2 = 500/2 = 250mm$ ,  $z_j = 0mm$  (EN1993:2002 Τ.С.1)  
 $kz = 1.0$ ,  $kw = 1.0$ ,  $C_1 = 1.623$ ,  $C_2 = 0.083$ ,  $C_3 = -2.587$  (EN1993:2002 Τ.С.1)  
 $M_{cr} = [10^{-6}] 1.623 \times [\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 21.420 \times 10^6 / 2100^2]$   
 $\times \{ [1.0 \times (1249.4 \times 10^9 / 21.420 \times 10^6) + 2100^2 \times 8.1 \times 10^4 \times 0.893 \times 10^6 / (\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 21.420 \times 10^6) + (0.083 \times 250)^2 - (0.083 \times 250) \} = 3856.0$  kNm

$\bar{\lambda}_{lt} = \sqrt{(W_{pl,y} \cdot f_y / M_{cr})} = \sqrt{([10^{-6}] \times 2194.0 \times 10^3 \times 355 / 3856.0)} = 0.449$  (EC3 Εξ.6.56)

$h/b = 500 / 200 = 2.50 > 2.00$  καμπύλη λυγισμού:  $\beta$   
 συντελεστής ατελειών:  $\alpha_{lt} = 0.34$ ,  $\chi_{lt} = 0.906$  (EC3 Τ.6.2, Τ.6.1, Σχ.6.4)  
 $\Phi_{lt} = 0.5 [1 + \alpha_{lt} (\bar{\lambda}_{lt} - 0.2) + \bar{\lambda}_{lt}^2] = 0.5 [1 + 0.34 \times (0.449 - 0.2) + 0.449^2] = 0.643$   
 $\chi_{lt} = 1 / [\Phi_{lt} + \sqrt{(\Phi_{lt}^2 - \bar{\lambda}_{lt}^2)}] = 1 / [0.643 + \sqrt{(0.643^2 - 0.449^2)}] = 0.906 < 1$   $\chi_{lt} = 0.906$   
 Μειωτικός συντελεστής  $\chi_{lt} = 1 / [\Phi_{lt} + \sqrt{(\Phi_{lt}^2 - \bar{\lambda}_{lt}^2)}]$ ,  $\chi_{lt} < 1.0$ ,  $\chi_{lt} = 0.906$  (Εξ.6.56)

$M_{b,rd} = \chi_{lt} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0.906 \times [10^{-6}] \times 2194.0 \times 10^3 \times 355 / 1.00 = 705.66kNm$  (EC3 Εξ.6.55)  
 $M_{y,ed} = 161.05$  kNm  $< 705.66$  kNm =  $M_{b,rd}$ , Έλεγχος ικανοποιείται

**Αξονική δύναμη και καμπτική ροπή,** (EN1993-1-1, §6.3.3)

$N_{ed} / (\chi_y \cdot N_{rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,ed} / (\chi_{LT} \cdot M_{y,rk} / \gamma_{M1}) < 1$  (EC3 Εξ.6.61)  
 $N_{ed} / (\chi_z \cdot N_{rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,ed} / (\chi_{LT} \cdot M_{y,rk} / \gamma_{M1}) < 1$  (EC3 Εξ.6.62)  
 $N_{rk} = A \cdot f_y = [10^{-3}] \times 11550 \times 355 = 4100.2$  kN (Πιν.6.7)  
 $M_{y,rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = [10^{-6}] \times 2194.0 \times 10^3 \times 355 = 778.9$  kNm  
 $\chi_y \cdot N_{rk} / \gamma_{M1} = \chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0.911 \times [10^{-3}] \times 11550 \times 355 / 1.00 = 3735.3kN$   
 $\chi_z \cdot N_{rk} / \gamma_{M1} = \chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0.816 \times [10^{-3}] \times 11550 \times 355 / 1.00 = 3345.8kN$   
 $\chi_{LT} \cdot M_{y,rk} / \gamma_{M1} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0.906 \times [10^{-6}] \times 2194.0 \times 10^3 \times 355 / 1.00 = 705.7kNm$

**Συντελεστές κύρτισης, Μέθοδος υπολογισμού: Μέθοδος 2 Παράρτημα Β**

(EC3 ΠαράρτημαB)

$k_{yy} = C_{my} [1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) [N_{ed} / (\chi_y \cdot N_{rk} / \gamma_{M1})]]$ ,  $K_{yy} \leq C_{my} [1 + 0.8 [N_{ed} / (\chi_y \cdot N_{rk} / \gamma_{M1})]]$  (EC3 Πιν.Β.1)  
 $k_{zy} = 1 - [0.10 \bar{\lambda}_z / (C_{mt} - 0.25)] [N_{ed} / (\chi_z \cdot N_{rk} / \gamma_{M1})]$ ,  $K_{zy} \geq 1 - [0.10 / (C_{mt} - 0.25)] [N_{ed} / (\chi_z \cdot N_{rk} / \gamma_{M1})]$   
 $\psi = 1.00$ ,  $a_s = 0.00$ ,  $C_{my} = 0.400$ ,  $C_{mt1} = 0.40$ ,

$K_{yy} = 0.40 \times [1 + (0.541 - 0.2) \times (52.0 / 3735.3)]$ ,  $K_{yy} \leq 0.40 \times [1 + 0.8 \times (52.0 / 3735.3)]$   
 $K_{yy} = 0.402$ ,  $K_{yy} \leq 0.404$ ,  $K_{yy} = 0.402$   
 $K_{zy} = [1 - [0.10 \times 0.641 / (0.40 - 0.25)] \times (52.0 / 3345.8)]$ ,  $K_{zy} \geq [1 - [0.10 / (0.40 - 0.25)] \times (52.0 / 3345.8)]$   
 $K_{zy} = 0.993$ ,  $K_{zy} \geq 0.990$ ,  $K_{zy} = 0.993$

$N_{ed} / (\chi_y \cdot N_{rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,ed} / (\chi_{LT} \cdot M_{y,rk} / \gamma_{M1}) =$  (EC3 Εξ.6.61)  
 $52.0 / (0.911 \times 4100.2 / 1.00) + 0.402 \times 161.0 / (0.906 \times 778.9 / 1.00) = 0.106$   
 $0.106 < 1.000$ , Έλεγχος ικανοποιείται

$N_{ed} / (\chi_z \cdot N_{rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,ed} / (\chi_{LT} \cdot M_{y,rk} / \gamma_{M1}) =$  (EC3 Εξ.6.62)  
 $52.0 / (0.816 \times 4100.2 / 1.00) + 0.993 \times 161.0 / (0.906 \times 778.9 / 1.00) = 0.242$   
 $0.242 < 1.000$ , Έλεγχος ικανοποιείται

Παράδειγμα εκτύπωσης τεύχους  
 μελέτης Μεταλλικών Στοιχείων  
 www.runet.gr