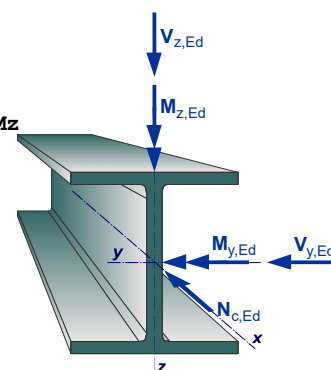


Vedlegg EUROCODEexpress

1. Segment 1

Tverrsnittkapasitet, Aksialkraft N, Skjær Vz-Vy og Bøyningsmoment My-Mz
(EC3 EN1993-1-1:2005, §6.2.10)



Profil : HE 300 A

Laster : Bøyning, aksialkraft og skjær N-V-M

$N_{c,ed} = 261.25 \text{ kN}$, $V_{z,ed} = -132.38 \text{ kN}$, $V_{y,ed} = 22.41 \text{ kN}$

$M_{y,ed} = -204.25 \text{ kNm}$, $M_{z,ed} = 8.25 \text{ kNm}$

Stålsort : S 355

2. Beregningsstandarder

EN1990:2002, Eurokode 0 Grunnlag for prosjektering
EN1993-1-1:2005, Eurokode 3 1-1 Prosjektering av stålkonstruksjoner
EN1993-1-3:2005, Eurokode 3 1-3 Kaldformede tynnplateprofiler
EN1993-1-5:2006, Eurokode 3 1-5 Platekonstruksjoner

3. Materialer

Stål: S 355

(EN1993-1-1, §3.2)

$t \leq 40 \text{ mm}$, Flytegrense $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$, Strekkfasthet $f_u = 510 \text{ N/mm}^2$

$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$, Flytegrense $f_y = 335 \text{ N/mm}^2$, Strekkfasthet $f_u = 470 \text{ N/mm}^2$

Elastisitetsmodul $E = 210000 \text{ N/mm}^2$, Poisson-tall $\nu = 0.30$, Enhetsmasse $\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$

Partial Lasterfaktorer

(EN1990, Tillegg A1)

$\gamma_G = 1.00$, $\gamma_Q = 1.00$, $\psi_0 = 0.70$

Materialfaktorer

(EN1993-1-1, §6.1)

$\gamma_{M0} = 1.05$, $\gamma_{M1} = 1.05$, $\gamma_{M2} = 1.25$

Tverrsnittlaster

Bøyning, aksialkraft og skjær $N_{c,ed} + M_{y,ed} + M_{z,ed} + V_{z,ed} + V_{y,ed}$

$N_{c,ed} = 261.25 \text{ kN}$ (Trykk)

$M_{y,ed} = 204.25 \text{ kNm}$, $M_{z,ed} = 8.25 \text{ kNm}$

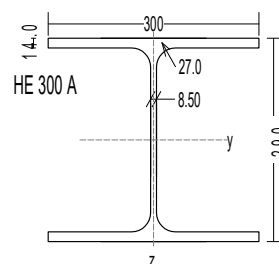
$V_{z,ed} = 132.38 \text{ kN}$, $V_{y,ed} = 22.41 \text{ kN}$

Ståltverrsnitt geometri

Tverrsnitt HE 300 A-S 355

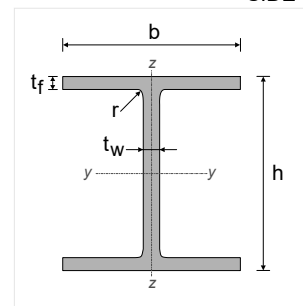
Tverrsnittsdata for profiler

Profilets totale høyde	$h = 290.00 \text{ mm}$
Profilets totale bredde	$b = 300.00 \text{ mm}$
Steghøyde	$h_w = 262.00 \text{ mm}$
Høyde på den rette delen av steget	$d_w = 208.00 \text{ mm}$
Stegtykkelse	$t_w = 8.50 \text{ mm}$
Flenstykkelse	$t_f = 14.00 \text{ mm}$
Avrundingradius for en kilsveis	$r = 27.00 \text{ mm}$
Egenvekt pr løpemeter	$= 88.30 \text{ Kg/m}$



Tverrsnitt geometri

Areal	A=	11250	mm ²	
Tregghetsmoment	I _y =	182.60x10 ⁶	mm ⁴	I _z =63.100x10 ⁶ mm ⁴
Tverrsnittsmoment	W _y =	1260.0x10 ³	mm ³	W _z =421.00x10 ³ mm ³
Plastisk tverrsnittsmoment	W _{py} =	1383.0x10 ³	mm ³	W _{pz} =641.20x10 ³ mm ³
Tregghetsradius	i _y =	127.4	mm	i _z = 74.9 mm
Skjærareal	A _{vz} =	3725	mm ²	A _{vy} = 8400 mm ²
Torsjonskonstant	I _t =	0.852x10 ⁶	mm ⁴	i _p = 148 mm
Torsjonsmodul	W _t =	60.838x10 ³	mm ³	
Hvelvingskonstant	I _w =	1199.8x10 ⁹	mm ⁶	

**4. Klassifisering av ståltverrsnitt, Bøyning og trykk**

(EN1993-1-1, §5.5)

Maksimale og minimale spenninger i tverrsnitt $\sigma = N_{ed}/A_{el} \pm M_{y,ed}/W_{el,y} \pm M_{z,ed}/W_{el,z}$
 $\sigma = [10^3] 261.25/11250 \pm [10^6] 204.25/1260.0 \times 10^3 \pm [10^6] 8.25/421.0 \times 10^3$
 $\sigma_1 = 205 \text{ N/mm}^2, \sigma_2 = -158 \text{ N/mm}^2, \sigma_3 = 166 \text{ N/mm}^2, \sigma_4 = -119 \text{ N/mm}^2$ (trykk har positivt fortegn)

Steg

$c = 290.0 - 2 \times 14.0 - 2 \times 27.0 = 208.0 \text{ mm}, t = 8.5 \text{ mm}, c/t = 208.0/8.5 = 24.47$

S 355, $t = 8.5 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$

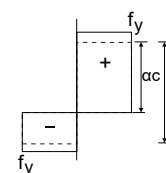
Posisjon av nøytralaksel for kombinert Bøyning og trykk

$N_{ed}/(2t_w \cdot f_y / \gamma_{M0}) = 261250 / (2 \times 8.5 \times 355 / 1.05) = 45.5 \text{ mm}$

$\alpha = (208.0/2 + 45.5) / 208.0 = 0.719 > 0.5$

$c/t = 24.47 \leq 396 \times 0.81 / (13 \times 0.719 - 1) = 38.46$

Steg er i tverrsnittsklasse 1 (EN1993-1-1, Tab.5.2)

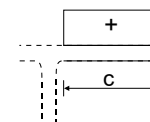
Flens

$c = 300.0/2 - 8.5/2 - 27.0 = 118.8 \text{ mm}, t = 14.0 \text{ mm}, c/t = 118.8/14.0 = 8.48$

S 355, $t = 14.0 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$

$10\varepsilon = 10 \times 0.81 = 8.10 < c/t = 8.48 \leq 14\varepsilon = 14 \times 0.81 = 11.34$

Flensene er i tverrsnittsklasse 3 (EN1993-1-1, Tab.5.2)



Tverrsnittsklasse er 3, Bøyning og trykk

5. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for trykk

(EN1993-1-1, §6.2.4)

N_{c,ed} = 261.25 kN

Trykkraftkapasitet $N_{pl,rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 11250 \times 355 / 1.05 = 3803.57 \text{ kN}$

$N_{ed} = 261.25 \text{ kN} < 3803.57 \text{ kN} = N_{c,rd} = N_{pl,rd}$, Kontroll godkjent

$N_{ed}/N_{c,rd} = 261.25/3803.57 = 0.069 < 1$

6. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyningmoment y-y

(EN1993-1-1, §6.2.5)

M_{y,ed} = 204.25 kNm

Bøyningmomentkapasitet $M_{y,rd} = W_{y,el} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-6}] \times 1260.0 \times 10^3 \times 355 / 1.05 = 426.00 \text{ kNm}$

$M_{y,ed} = 204.25 \text{ kNm} < 426.00 \text{ kNm} = M_{y,rd} = M_{pl,y,rd}$, Kontroll godkjent

$M_{y,ed}/M_{y,rd} = 204.25/426.00 = 0.479 < 1$

7. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyningmoment z-z

(EN1993-1-1, §6.2.5)

M_{z,ed} = 8.25 kNm

Bøyningmomentkapasitet $M_{z,rd} = W_{z,el} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-6}] \times 421.00 \times 10^3 \times 355 / 1.05 = 142.34 \text{ kNm}$

$M_{z,ed} = 8.25 \text{ kNm} < 142.34 \text{ kNm} = M_{z,rd} = M_{pl,z,rd}$, Kontroll godkjent

$M_{z,ed}/M_{z,rd} = 8.25/142.34 = 0.058 < 1$

8. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for skjær z

(EN1993-1-1, §6.2.6)

V_{z,ed} = 132.38 kN

$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) t_f = 11250 - 2 \times 300.0 \times 14.0 + (8.5 + 2 \times 27.0) \times 14.0 = 3725 \text{ mm}^2$

(EC3 §6.2.6.3)

$A_v = 3725 \text{ mm}^2 > \eta \cdot h_w \cdot t_w = 1.00 \times (290.0 - 2 \times 14.0) \times 8.5 = 1.00 \times 262.0 \times 8.5 = 2227 \text{ mm}^2$

Plastisk skjærkraftkapasitet $V_{pl,z,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 3725 \times (355 / 1.73) / 1.05 = 727.12 \text{ kN}$

$V_{z,ed} = 132.38 \text{ kN} < 727.12 \text{ kN} = V_{z,rd} = V_{pl,z,rd}$, Kontroll godkjent

$V_{z,ed}/V_{z,rd} = 132.38/727.12 = 0.182 < 1$

$$hw/tw = (290.0 - 2 \times 14.0) / 8.5 = 262.0 / 8.5 = 30.82 \leq 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 58.32 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S \ 355, \ t = 8.5 \leq 40 \text{ mm}, \ f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \ \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$$

(EC3 §6.2.6.6)

Skjærknegning er ikke aktuelt

9. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for skjær v

(EN1993-1-1, §6.2.6)

$$V_{y,ed} = 22.41 \text{ kN}$$

$$A_v = 2b \cdot t_f = 2 \times 300.0 \times 14.0 = 8400 \text{ mm}^2, \ A_v = 8400 \text{ mm}^2$$

$$\text{Plastisk skjærkraftkapasitet } V_{pl,y,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 8400 \times (355 / 1.73) / 1.05 = 1639.67 \text{ kN}$$

$$V_{y,ed} = 22.41 \text{ kN} < 1639.67 \text{ kN} = V_{y,rd} = V_{pl,y,rd}, \text{ Kontroll godkjent}$$

$$V_{y,ed} / V_{y,rd} = 22.41 / 1639.67 = 0.014 < 1$$

$$hw/tw = 300.0 / 14.0 = 21.43 \leq 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 58.32 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S \ 355, \ t = 14.0 \leq 40 \text{ mm}, \ f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \ \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$$

(EC3 §6.2.6.6)

Skjærknegning er ikke aktuelt

10. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyning, aksialkraft og skjær

(EN1993-1-1, §6.2.9)

$$N_{ed} = 261.25 \text{ kN (Trykk)}, \ V_{z,ed} = 132.38 \text{ kN}, \ V_{y,ed} = 22.41 \text{ kN}, \ M_{y,ed} = 204.25 \text{ kNm}, \ M_{z,ed} = 8.25 \text{ kNm}$$

$$N_{pl,rd} = 3803.57 \text{ kN}, \ M_{el,y,rd} = 426.00 \text{ kNm}, \ M_{el,z,rd} = 142.34 \text{ kNm}, \ V_{pl,z,rd} = 727.12 \text{ kN}, \ V_{pl,y,rd} = 1639.67 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 261.25 \text{ kN} \leq [10^{-3}] \times 0.5 \times 262.0 \times 8.5 \times 355 / 1.05 = 0.5 h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 376.47 \text{ kN}$$

$$n = N_{ed} / N_{pl,rd} = 261 / 3804 = 0.069$$

Ikke nødvendig å ta hensyn til virking av aksialkraft (EC3 §6.2.9.1 Lign.6.33, Lign.6.34, Lign.6.35)

$$V_{ed} = 132.38 \text{ kN} \leq 0.50 \times 727.12 = 0.50 \times V_{pl,rd} = 363.56 \text{ kN}$$

Ikke nødvendig å ta hensyn til virking av skjærkraft

(EC3 §6.2.8.2)

Maksimale og minimale spenninger i tverrsnitt $\sigma = N_{ed} / A_{el} \pm M_{y,ed} / W_{el,y} \pm M_{z,ed} / W_{el,z}$

$$\sigma = [10^3] 0.00 / 11250 \pm [10^6] 204.25 / 1260.0 \times 10^3 \pm [10^6] 8.25 / 421.0 \times 10^3$$

$$\sigma_1 = 182 \text{ N/mm}^2, \ \sigma_2 = -182 \text{ N/mm}^2, \ \sigma_3 = 143 \text{ N/mm}^2, \ \sigma_4 = -143 \text{ N/mm}^2 \text{ (trykk har positivt fortegn)}$$

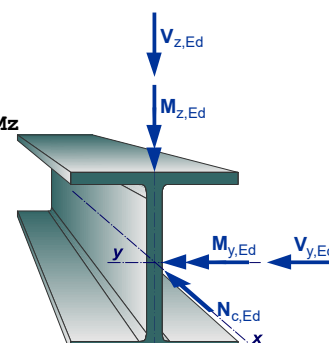
$$\sigma_{x,ed} = 182 < 355 / 1.05 = 338 = f_y / \gamma_{M0} \text{ N/mm}^2, \text{ Kontroll godkjent}$$

(EC3 Lign.6.42)

1. Segment 48

Tverrsnittkapasitet, Aksialkraft N, Skjær Vz-Vy og Bøyningsmoment My-Mz
(EC3 EN1993-1-1:2005, §6.2.10)

Profil : HE 300 A
Laster : Bøyning, aksialkraft og skjær N-V-M
Stålsort : S 355

**2. Beregningsstandarder**

EN1990:2002, Eurokode 0 Grunnlag for prosjektering
 EN1993-1-1:2005, Eurokode 3 1-1 Prosjektering av stålkonstruksjoner
 EN1993-1-3:2005, Eurokode 3 1-3 Kaldformede tynnplateprofiler
 EN1993-1-5:2006, Eurokode 3 1-5 Platekonstruksjoner

3. Materialer

Stål: S 355 (EN1993-1-1, §3.2)

$t \leq 40$ mm, Flytegrense $f_y = 355$ N/mm², Strekkfasthet $f_u = 510$ N/mm²
 $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm, Flytegrense $f_y = 335$ N/mm², Strekkfasthet $f_u = 470$ N/mm²
 Elastisitetsmodul $E = 210000$ N/mm², Poisson-tall $\nu = 0.30$, Enhetsmasse $\rho = 7850$ Kg/m³

Partial Lasterfaktorer (EN1990, Tillegg A1)

$\gamma_G = 1.00$, $\gamma_Q = 1.00$, $\psi_0 = 0.70$

Materialfaktorer (EN1993-1-1, §6.1)

$\gamma_{M0} = 1.05$, $\gamma_{M1} = 1.05$, $\gamma_{M2} = 1.25$

Tverrsnittlaster

Bøyning, aksialkraft og skjær $N_{c,ed} + M_{y,ed} + M_{z,ed} + V_{z,ed} + V_{y,ed}$

$N_{c,ed} = 132.85$ kN (Trykk)

$M_{y,ed} = 229.16$ kNm, $M_{z,ed} = 15.40$ kNm

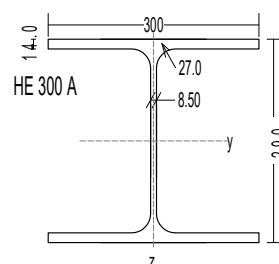
$V_{z,ed} = 194.12$ kN, $V_{y,ed} = 52.09$ kN

Ståltverrsnitt geometri

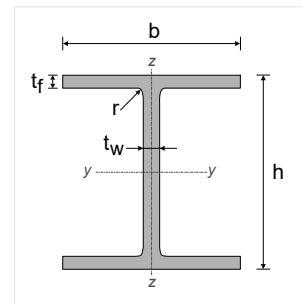
Tverrsnitt HE 300 A-S 355

Tverrsnittsdata for profiler

Profilets totale høyde	$h =$	290.00 mm
Profilets totale bredde	$b =$	300.00 mm
Steghøyde	$h_w =$	262.00 mm
Høyde på den rette delen av steget	$d_w =$	208.00 mm
Stegtykkelse	$t_w =$	8.50 mm
Flenstykkelse	$t_f =$	14.00 mm
Avrundingsradius for en kilsveis	$r =$	27.00 mm
Egenvekt pr løpemeter	$=$	88.30 Kg/m



Tverrsnitt geometri		
Areal	A=	11250 mm ²
Tregghetsmoment	I _y =	182.60x10 ⁶ mm ⁴
Tverrsnittsmodul	W _y =	1260.0x10 ³ mm ³
Plastisk tverrsnittsmodul	W _{py} =	1383.0x10 ³ mm ³
Tregghetsradius	i _y =	127.4 mm
Skjærareal	Av _z =	3725 mm ²
Torsjonskonstant	I _t =	0.852x10 ⁶ mm ⁴
Torsjonsmodul	W _t =	60.838x10 ³ mm ³
Hvelvingskonstant	I _w =	1199.8x10 ⁹ mm ⁶
	I _z =	63.100x10 ⁶ mm ⁴
	W _z =	421.00x10 ³ mm ³
	W _{pz} =	641.20x10 ³ mm ³
	i _z =	74.9 mm
	Av _y =	8400 mm ²
	i _p =	148 mm



4. Klassifisering av ståltverrsnitt, Bøyning og trykk

(EN1993-1-1, §5.5)

Maksimale og minimale spenninger i tverrsnitt $\sigma = N_{ed}/A_{el} \pm M_{y,ed}/W_{el,y} \pm M_{z,ed}/W_{el,z}$
 $\sigma = [10^3] 132.85/11250 \pm [10^6] 229.16/1260.0 \times 10^3 \pm [10^6] 15.40/421.0 \times 10^3$
 $\sigma_1 = 230 \text{ N/mm}^2, \sigma_2 = -207 \text{ N/mm}^2, \sigma_3 = 157 \text{ N/mm}^2, \sigma_4 = -133 \text{ N/mm}^2$ (trykk har positivt fortegn)

Steg

$c = 290.0 - 2 \times 14.0 - 2 \times 27.0 = 208.0 \text{ mm}, t = 8.5 \text{ mm}, c/t = 208.0/8.5 = 24.47$

S 355, $t = 8.5 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \epsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$

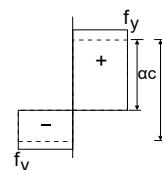
Posisjon av nøytralakse for kombinert Bøyning og trykk

$N_{ed}/(2t_w \cdot f_y / \gamma_{M0}) = 132850 / (2 \times 8.5 \times 355 / 1.05) = 23.1 \text{ mm}$

$\alpha = (208.0/2 + 23.1) / 208.0 = 0.611 > 0.5$

$c/t = 24.47 \leq 396 \times 0.81 / (13 \times 0.611 - 1) = 46.19$

Steg er i tverrsnittsklasse 1 (EN1993-1-1, Tab.5.2)



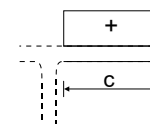
Flens

$c = 300.0/2 - 8.5/2 - 27.0 = 118.8 \text{ mm}, t = 14.0 \text{ mm}, c/t = 118.8/14.0 = 8.48$

S 355, $t = 14.0 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \epsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$

$10\epsilon = 10 \times 0.81 = 8.10 < c/t = 8.48 \leq 14\epsilon = 14 \times 0.81 = 11.34$

Flensene er i tverrsnittsklasse 3 (EN1993-1-1, Tab.5.2)



Tverrsnittsklasse er 3, Bøyning og trykk

5. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for trykk

(EN1993-1-1, §6.2.4)

$N_{c,ed} = 132.85 \text{ kN}$

Trykkraftkapasitet $N_{pl,rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^3] \times 11250 \times 355 / 1.05 = 3803.57 \text{ kN}$

$N_{ed} = 132.85 \text{ kN} < 3803.57 \text{ kN} = N_{c,rd} = N_{pl,rd}$, Kontroll godkjent

$N_{ed}/N_{c,rd} = 132.85/3803.57 = 0.035 < 1$

6. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyningmoment y-y

(EN1993-1-1, §6.2.5)

$M_{y,ed} = 229.16 \text{ kNm}$

Bøyningmomentkapasitet $M_{y,rd} = W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^6] \times 1260.0 \times 355 / 1.05 = 426.00 \text{ kNm}$

$M_{y,ed} = 229.16 \text{ kNm} < 426.00 \text{ kNm} = M_{y,rd} = M_{pl,y,rd}$, Kontroll godkjent

$M_{y,ed}/M_{y,rd} = 229.16/426.00 = 0.538 < 1$

7. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyningmoment z-z

(EN1993-1-1, §6.2.5)

$M_{z,ed} = 15.40 \text{ kNm}$

Bøyningmomentkapasitet $M_{z,rd} = W_{el,z} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^6] \times 421.00 \times 355 / 1.05 = 142.34 \text{ kNm}$

$M_{z,ed} = 15.40 \text{ kNm} < 142.34 \text{ kNm} = M_{z,rd} = M_{pl,z,rd}$, Kontroll godkjent

$M_{z,ed}/M_{z,rd} = 15.40/142.34 = 0.108 < 1$

8. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for skjær z

(EN1993-1-1, §6.2.6)

$V_{z,ed} = 194.12 \text{ kN}$

$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) t_f = 11250 - 2 \times 300.0 \times 14.0 + (8.5 + 2 \times 27.0) \times 14.0 = 3725 \text{ mm}^2$

(EC3 §6.2.6.3)

$A_v = 3725 \text{ mm}^2 > \eta \cdot h_w \cdot t_w = 1.00 \times (290.0 - 2 \times 14.0) \times 8.5 = 1.00 \times 262.0 \times 8.5 = 2227 \text{ mm}^2$

Plastisk skjærkraftkapasitet $V_{pl,z,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^3] \times 3725 \times (355 / 1.73) / 1.05 = 727.12 \text{ kN}$

$V_{z,ed} = 194.12 \text{ kN} < 727.12 \text{ kN} = V_{z,rd} = V_{pl,z,rd}$, Kontroll godkjent

$V_{z,ed}/V_{z,rd} = 194.12/727.12 = 0.267 < 1$

$$hw/tw = (290.0 - 2 \times 14.0) / 8.5 = 262.0 / 8.5 = 30.82 \leq 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 58.32 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S \ 355, \ t = 8.5 \leq 40 \text{ mm}, \ f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \ \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$$

(EC3 §6.2.6.6)

Skjærknemming er ikke aktuelt

9. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for skjær y

(EN1993-1-1, §6.2.6)

$$V_{y,ed} = 52.09 \text{ kN}$$

$$A_v = 2b \cdot t_f = 2 \times 300.0 \times 14.0 = 8400 \text{ mm}^2, \ A_v = 8400 \text{ mm}^2$$

$$\text{Plastisk skjærkraftkapasitet } V_{pl,y,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 8400 \times (355 / 1.73) / 1.05 = 1639.67 \text{ kN}$$

$$V_{y,ed} = 52.09 \text{ kN} < 1639.67 \text{ kN} = V_{y,rd} = V_{pl,y,rd}, \text{ Kontroll godkjent}$$

$$V_{y,ed} / V_{y,rd} = 52.09 / 1639.67 = 0.032 < 1$$

$$hw/tw = 300.0 / 14.0 = 21.43 \leq 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 58.32 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S \ 355, \ t = 14.0 \leq 40 \text{ mm}, \ f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \ \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$$

(EC3 §6.2.6.6)

Skjærknemming er ikke aktuelt

10. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyning, aksialkraft og skjær

(EN1993-1-1, §6.2.9)

$$N_{ed} = 132.85 \text{ kN (Trykk)}, \ V_{z,ed} = 194.12 \text{ kN}, \ V_{y,ed} = 52.09 \text{ kN}, \ M_{y,ed} = 229.16 \text{ kNm}, \ M_{z,ed} = 15.40 \text{ kNm}$$

$$N_{pl,rd} = 3803.57 \text{ kN}, \ M_{el,y,rd} = 426.00 \text{ kNm}, \ M_{el,z,rd} = 142.34 \text{ kNm}, \ V_{pl,z,rd} = 727.12 \text{ kN}, \ V_{pl,y,rd} = 1639.67 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 132.85 \text{ kN} \leq [10^{-3}] \times 0.5 \times 262.0 \times 8.5 \times 355 / 1.05 = 0.5 h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 376.47 \text{ kN}$$

$$n = N_{ed} / N_{pl,rd} = 133 / 3804 = 0.035$$

Ikke nødvendig å ta hensyn til virking av aksialkraft (EC3 §6.2.9.1 Lign.6.33, Lign.6.34, Lign.6.35)

$$V_{ed} = 194.12 \text{ kN} \leq 0.50 \times 727.12 = 0.50 \times V_{pl,rd} = 363.56 \text{ kN}$$

Ikke nødvendig å ta hensyn til virking av skjærkraft

(EC3 §6.2.8.2)

$$\text{Maksimale og minimale spenninger i tverrsnitt } \sigma = N_{ed} / A_{el} \pm M_{y,ed} / W_{el,y} \pm M_{z,ed} / W_{el,z}$$

$$\sigma = [10^3] 0.00 / 11250 \pm [10^6] 229.16 / 1260.0 \times 10^3 \pm [10^6] 15.40 / 421.0 \times 10^3$$

$$\sigma_1 = 218 \text{ N/mm}^2, \ \sigma_2 = -218 \text{ N/mm}^2, \ \sigma_3 = 145 \text{ N/mm}^2, \ \sigma_4 = -145 \text{ N/mm}^2 \text{ (trykk har positivt fortegn)}$$

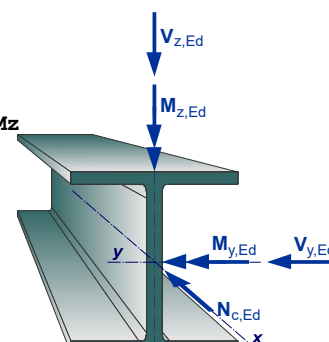
$$\sigma_{x,ed} = 218 < 355 / 1.05 = 338 = f_y / \gamma_{M0} \text{ N/mm}^2, \text{ Kontroll godkjent}$$

(EC3 Lign.6.42)

1. Segment 140

Tverrsnittkapasitet, Aksialkraft N, Skjær Vz-Vy og Bøyningsmoment My-Mz
(EC3 EN1993-1-1:2005, §6.2.10)

Profil : HE 300 A
Laster : Bøyning, aksialkraft og skjær N-V-M
Stålsort : S 355

**2. Beregningsstandarder**

EN1990:2002, Eurokode 0 Grunnlag for prosjektering
EN1993-1-1:2005, Eurokode 3 1-1 Prosjektering av stålkonstruksjoner
EN1993-1-3:2005, Eurokode 3 1-3 Kaldformede tynnplateprofiler
EN1993-1-5:2006, Eurokode 3 1-5 Platekonstruksjoner

3. Materialer

Stål: S 355 (EN1993-1-1, §3.2)
 $t \leq 40$ mm, Flytegrense $f_y = 355$ N/mm², Strekkfasthet $f_u = 510$ N/mm²
 $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm, Flytegrense $f_y = 335$ N/mm², Strekkfasthet $f_u = 470$ N/mm²
 Elastisitetsmodul $E = 210000$ N/mm², Poisson-tall $\nu = 0.30$, Enhetsmasse $\rho = 7850$ Kg/m³

Partial Lasterfaktorer (EN1990, Tillegg A1)
 $\gamma_G = 1.00$, $\gamma_Q = 1.00$, $\psi_0 = 0.70$

Materialfaktorer (EN1993-1-1, §6.1)
 $\gamma_{M0} = 1.05$, $\gamma_{M1} = 1.05$, $\gamma_{M2} = 1.25$

Tverrsnittlaster

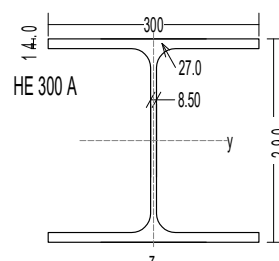
Bøyning, aksialkraft og skjær $N_{c,ed} + M_{y,ed} + M_{z,ed} + V_{z,ed} + V_{y,ed}$
 $N_{c,ed} = 338.64$ kN (Trykk)
 $M_{y,ed} = 179.28$ kNm, $M_{z,ed} = 13.58$ kNm
 $V_{z,ed} = 139.46$ kN, $V_{y,ed} = 42.90$ kN

Ståltverrsnitt geometri

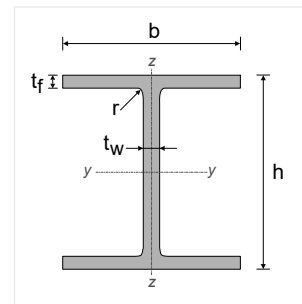
Tverrsnitt HE 300 A-S 355

Tverrsnittsdata for profiler

Profilets totale høyde	$h =$	290.00 mm
Profilets totale bredde	$b =$	300.00 mm
Steghøyde	$h_w =$	262.00 mm
Høyde på den rette delen av steget	$d_w =$	208.00 mm
Stegtykkelse	$t_w =$	8.50 mm
Flenstykkelse	$t_f =$	14.00 mm
Avrundingsradius for en kilsveis	$r =$	27.00 mm
Egenvekt pr løpemeter	$=$	88.30 Kg/m



Areal	A=	11250	mm ²	
Tregghetsmoment	I _y =	182.60x10 ⁶	mm ⁴	I _z =63.100x10 ⁶ mm ⁴
Tverrsnittsmodul	W _y =	1260.0x10 ³	mm ³	W _z =421.00x10 ³ mm ³
Plastisk tverrsnittsmodul	W _{py} =	1383.0x10 ³	mm ³	W _{pz} =641.20x10 ³ mm ³
Tregghetsradius	i _y =	127.4	mm	i _z = 74.9 mm
Skjærareal	A _{vz} =	3725	mm ²	A _{vy} = 8400 mm ²
Torsjonskonstant	I _t =	0.852x10 ⁶	mm ⁴	i _p = 148 mm
Torsjonsmodul	W _t =	60.838x10 ³	mm ³	
Hvelvingskonstant	I _w =	1199.8x10 ⁹	mm ⁶	

**4. Klassifisering av ståltverrsnitt, Bøyning og trykk**

(EN1993-1-1, §5.5)

Maksimale og minimale spenninger i tverrsnitt $\sigma = N_{ed}/A_{el} \pm M_{y,ed}/W_{el,y} \pm M_{z,ed}/W_{el,z}$
 $\sigma = [10^3] 338.64/11250 \pm [10^6] 179.28/1260.0 \times 10^3 \pm [10^6] 13.58/421.0 \times 10^3$
 $\sigma_1 = 205 \text{ N/mm}^2, \sigma_2 = -144 \text{ N/mm}^2, \sigma_3 = 140 \text{ N/mm}^2, \sigma_4 = -80 \text{ N/mm}^2$ (trykk har positivt fortegn)

Steg

$c = 290.0 - 2 \times 14.0 - 2 \times 27.0 = 208.0 \text{ mm}, t = 8.5 \text{ mm}, c/t = 208.0/8.5 = 24.47$

S 355, $t = 8.5 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \epsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$

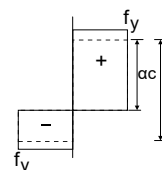
Posisjon av nøytralaksel for kombinert Bøyning og trykk

$N_{ed}/(2t_w \cdot f_y / \gamma_{M0}) = 338640 / (2 \times 8.5 \times 355 / 1.05) = 58.9 \text{ mm}$

$\alpha = (208.0/2 + 58.9) / 208.0 = 0.783 > 0.5$

$c/t = 24.47 \leq 396 \times 0.81 / (13 \times 0.783 - 1) = 34.93$

Steg er i tverrsnittsklasse 1 (EN1993-1-1, Tab.5.2)

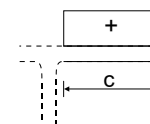
Flens

$c = 300.0/2 - 8.5/2 - 27.0 = 118.8 \text{ mm}, t = 14.0 \text{ mm}, c/t = 118.8/14.0 = 8.48$

S 355, $t = 14.0 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \epsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$

$10\epsilon = 10 \times 0.81 = 8.10 < c/t = 8.48 \leq 14\epsilon = 14 \times 0.81 = 11.34$

Flensene er i tverrsnittsklasse 3 (EN1993-1-1, Tab.5.2)



Tverrsnittsklasse er 3, Bøyning og trykk

5. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for trykk

(EN1993-1-1, §6.2.4)

N_{c,ed} = 338.64 kN

Trykkraftkapasitet $N_{pl,rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^3] \times 11250 \times 355 / 1.05 = 3803.57 \text{ kN}$

$N_{ed} = 338.64 \text{ kN} < 3803.57 \text{ kN} = N_{c,rd} = N_{pl,rd}$, Kontroll godkjent

$N_{ed}/N_{c,rd} = 338.64/3803.57 = 0.089 < 1$

6. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyningsmoment y-y

(EN1993-1-1, §6.2.5)

M_{y,ed} = 179.28 kNm

Bøyningsmomentkapasitet $M_{y,rd} = W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^6] \times 1260.0 \times 355 / 1.05 = 426.00 \text{ kNm}$

$M_{y,ed} = 179.28 \text{ kNm} < 426.00 \text{ kNm} = M_{y,rd} = M_{pl,y,rd}$, Kontroll godkjent

$M_{y,ed}/M_{y,rd} = 179.28/426.00 = 0.421 < 1$

7. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyningsmoment z-z

(EN1993-1-1, §6.2.5)

M_{z,ed} = 13.58 kNm

Bøyningsmomentkapasitet $M_{z,rd} = W_{el,z} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^6] \times 421.00 \times 355 / 1.05 = 142.34 \text{ kNm}$

$M_{z,ed} = 13.58 \text{ kNm} < 142.34 \text{ kNm} = M_{z,rd} = M_{pl,z,rd}$, Kontroll godkjent

$M_{z,ed}/M_{z,rd} = 13.58/142.34 = 0.095 < 1$

8. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for skjær z

(EN1993-1-1, §6.2.6)

V_{z,ed} = 139.46 kN

$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) t_f = 11250 - 2 \times 300.0 \times 14.0 + (8.5 + 2 \times 27.0) \times 14.0 = 3725 \text{ mm}^2$

(EC3 §6.2.6.3)

$A_v = 3725 \text{ mm}^2 > \eta \cdot h_w \cdot t_w = 1.00 \times (290.0 - 2 \times 14.0) \times 8.5 = 1.00 \times 262.0 \times 8.5 = 2227 \text{ mm}^2$

Plastisk skjærkraftkapasitet $V_{pl,z,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^3] \times 3725 \times (355 / 1.73) / 1.05 = 727.12 \text{ kN}$

$V_{z,ed} = 139.46 \text{ kN} < 727.12 \text{ kN} = V_{z,rd} = V_{pl,z,rd}$, Kontroll godkjent

$V_{z,ed}/V_{z,rd} = 139.46/727.12 = 0.192 < 1$

$$hw/tw = (290.0 - 2 \times 14.0) / 8.5 = 262.0 / 8.5 = 30.82 \leq 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 58.32 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S \ 355, \ t = 8.5 \leq 40 \text{ mm}, \ f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \ \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$$

(EC3 §6.2.6.6)

Skjærknekkning er ikke aktuelt

9. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for skjær y

(EN1993-1-1, §6.2.6)

$$V_{y,ed} = 42.90 \text{ kN}$$

$$A_v = 2b \cdot t_f = 2 \times 300.0 \times 14.0 = 8400 \text{ mm}^2, \ A_v = 8400 \text{ mm}^2$$

$$\text{Plastisk skjærkraftkapasitet } V_{pl,y,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 8400 \times (355 / 1.73) / 1.05 = 1639.67 \text{ kN}$$

$$V_{y,ed} = 42.90 \text{ kN} < 1639.67 \text{ kN} = V_{y,rd} = V_{pl,y,rd}, \text{ Kontroll godkjent}$$

$$V_{y,ed} / V_{y,rd} = 42.90 / 1639.67 = 0.026 < 1$$

$$hw/tw = 300.0 / 14.0 = 21.43 \leq 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 58.32 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S \ 355, \ t = 14.0 \leq 40 \text{ mm}, \ f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \ \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$$

Skjærknekkning er ikke aktuelt

(EC3 §6.2.6.6)

10. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyning, aksialkraft og skjær

(EN1993-1-1, §6.2.9)

$$N_{ed} = 338.64 \text{ kN (Trykk)}, \ V_{z,ed} = 139.46 \text{ kN}, \ V_{y,ed} = 42.90 \text{ kN}, \ M_{y,ed} = 179.28 \text{ kNm}, \ M_{z,ed} = 13.58 \text{ kNm}$$

$$N_{pl,rd} = 3803.57 \text{ kN}, \ M_{el,y,rd} = 426.00 \text{ kNm}, \ M_{el,z,rd} = 142.34 \text{ kNm}, \ V_{pl,z,rd} = 727.12 \text{ kN}, \ V_{pl,y,rd} = 1639.67 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 338.64 \text{ kN} \leq [10^{-3}] \times 0.5 \times 262.0 \times 8.5 \times 355 / 1.05 = 0.5 h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 376.47 \text{ kN}$$

$$n = N_{ed} / N_{pl,rd} = 339 / 3804 = 0.089$$

Ikke nødvendig å ta hensyn til virking av aksialkraft (EC3 §6.2.9.1 Lign.6.33, Lign.6.34, Lign.6.35)

$$V_{ed} = 139.46 \text{ kN} \leq 0.50 \times 727.12 = 0.50 \times V_{pl,rd} = 363.56 \text{ kN}$$

Ikke nødvendig å ta hensyn til virking av skjærkraft

(EC3 §6.2.8.2)

Maksimale og minimale spenninger i tverrsnitt $\sigma = N_{ed} / A_{el} \pm M_{y,ed} / W_{el,y} \pm M_{z,ed} / W_{el,z}$

$$\sigma = [10^3] 0.00 / 11250 \pm [10^6] 179.28 / 1260.0 \times 10^3 \pm [10^6] 13.58 / 421.0 \times 10^3$$

$$\sigma_1 = 175 \text{ N/mm}^2, \ \sigma_2 = -175 \text{ N/mm}^2, \ \sigma_3 = 110 \text{ N/mm}^2, \ \sigma_4 = -110 \text{ N/mm}^2 \text{ (trykk har positivt fortegn)}$$

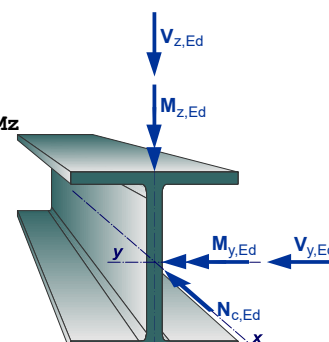
$$\sigma_{x,ed} = 175 < 355 / 1.05 = 338 = f_y / \gamma_{M0} \text{ N/mm}^2, \text{ Kontroll godkjent}$$

(EC3 Lign.6.42)

1. Segment 242

Tverrsnittkapasitet, Aksialkraft N, Skjær Vz-Vy og Bøyningsmoment My-Mz
(EC3 EN1993-1-1:2005, §6.2.10)

Profil : HE 300 A
Laster : Bøyning, aksialkraft og skjær N-V-M
Stålsort : S 355

**2. Beregningsstandarder**

EN1990:2002, Eurokode 0 Grunnlag for prosjektering
 EN1993-1-1:2005, Eurokode 3 1-1 Prosjektering av stålkonstruksjoner
 EN1993-1-3:2005, Eurokode 3 1-3 Kaldformede tynnplateprofiler
 EN1993-1-5:2006, Eurokode 3 1-5 Platekonstruksjoner

3. Materialer

Stål: S 355 (EN1993-1-1, §3.2)
 $t \leq 40$ mm, Flytegrense $f_y = 355$ N/mm², Strekkfasthet $f_u = 510$ N/mm²
 $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm, Flytegrense $f_y = 335$ N/mm², Strekkfasthet $f_u = 470$ N/mm²
 Elastisitetsmodul $E = 210000$ N/mm², Poisson-tall $\nu = 0.30$, Enhetsmasse $\rho = 7850$ Kg/m³

Partial Lasterfaktorer (EN1990, Tillegg A1)
 $\gamma_G = 1.00$, $\gamma_Q = 1.00$, $\psi_0 = 0.70$

Materialfaktorer (EN1993-1-1, §6.1)
 $\gamma_{M0} = 1.05$, $\gamma_{M1} = 1.05$, $\gamma_{M2} = 1.25$

Tverrsnittlaster

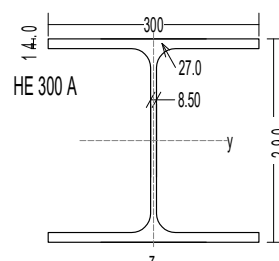
Bøyning, aksialkraft og skjær $N_{c,ed} + M_{y,ed} + M_{z,ed} + V_{z,ed} + V_{y,ed}$
 $N_{c,ed} = -134.05$ kN (Trykk)
 $M_{y,ed} = 225.62$ kNm, $M_{z,ed} = 15.72$ kNm
 $V_{z,ed} = 255.42$ kN, $V_{y,ed} = 31.44$ kN

Ståltverrsnitt geometri

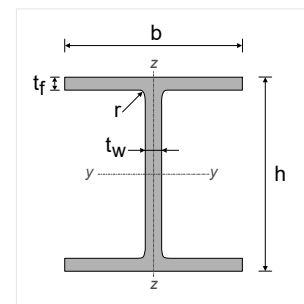
Tverrsnitt HE 300 A-S 355

Tverrsnittsdata for profiler

Profilets totale høyde	$h =$	290.00 mm
Profilets totale bredde	$b =$	300.00 mm
Steghøyde	$h_w =$	262.00 mm
Høyde på den rette delen av steget	$d_w =$	208.00 mm
Stegtykkelse	$t_w =$	8.50 mm
Flenstykkelse	$t_f =$	14.00 mm
Avrundingsradius for en kilsveis	$r =$	27.00 mm
Egenvekt pr løpemeter	$=$	88.30 Kg/m



Areal	A=	11250	mm ²	
Tregghetsmoment	I _y =	182.60x10 ⁶	mm ⁴	I _z =63.100x10 ⁶ mm ⁴
Tverrsnittsmodul	W _y =	1260.0x10 ³	mm ³	W _z =421.00x10 ³ mm ³
Plastisk tverrsnittsmodul	W _{py} =	1383.0x10 ³	mm ³	W _{pz} =641.20x10 ³ mm ³
Tregghetsradius	i _y =	127.4	mm	i _z = 74.9 mm
Skjærareal	A _{vz} =	3725	mm ²	A _{vy} = 8400 mm ²
Torsjonskonstant	I _t =	0.852x10 ⁶	mm ⁴	i _p = 148 mm
Torsjonsmodul	W _t =	60.838x10 ³	mm ³	
Hvelvingskonstant	I _w =	1199.8x10 ⁹	mm ⁶	

**4. Klassifisering av ståltverrsnitt, Bøyning og trykk**

(EN1993-1-1, §5.5)

Maksimale og minimale spenninger i tverrsnitt $\sigma = N_{ed}/A_{el} \pm M_{y,ed}/W_{el,y} \pm M_{z,ed}/W_{el,z}$
 $\sigma = [10^3] 134.05/11250 \pm [10^6] 225.62/1260.0 \times 10^3 \pm [10^6] 15.72/421.0 \times 10^3$
 $\sigma_1 = 228 \text{ N/mm}^2, \sigma_2 = -204 \text{ N/mm}^2, \sigma_3 = 154 \text{ N/mm}^2, \sigma_4 = -130 \text{ N/mm}^2$ (trykk har positivt fortegn)

Steg

$c = 290.0 - 2 \times 14.0 - 2 \times 27.0 = 208.0 \text{ mm}, t = 8.5 \text{ mm}, c/t = 208.0/8.5 = 24.47$

S 355, $t = 8.5 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \epsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$

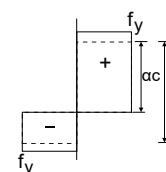
Posisjon av nøytralaksel for kombinert Bøyning og trykk

$N_{ed}/(2t_w \cdot f_y / \gamma_{M0}) = 134050 / (2 \times 8.5 \times 355 / 1.05) = 23.3 \text{ mm}$

$\alpha = (208.0/2 + 23.3) / 208.0 = 0.612 > 0.5$

$c/t = 24.47 \leq 396 \times 0.81 / (13 \times 0.612 - 1) = 46.10$

Steg er i tverrsnittsklasse 1 (EN1993-1-1, Tab.5.2)

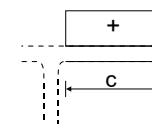
Flens

$c = 300.0/2 - 8.5/2 - 27.0 = 118.8 \text{ mm}, t = 14.0 \text{ mm}, c/t = 118.8/14.0 = 8.48$

S 355, $t = 14.0 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \epsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$

$10\epsilon = 10 \times 0.81 = 8.10 < c/t = 8.48 \leq 14\epsilon = 14 \times 0.81 = 11.34$

Flensene er i tverrsnittsklasse 3 (EN1993-1-1, Tab.5.2)



Tverrsnittsklasse er 3, Bøyning og trykk

5. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for trykk

(EN1993-1-1, §6.2.4)

N_{c,ed} = 134.05 kN

Trykkraftkapasitet $N_{pl,rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^3] \times 11250 \times 355 / 1.05 = 3803.57 \text{ kN}$

$N_{ed} = 134.05 \text{ kN} < 3803.57 \text{ kN} = N_{c,rd} = N_{pl,rd}$, Kontroll godkjent

$N_{ed}/N_{c,rd} = 134.05/3803.57 = 0.035 < 1$

6. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyningsmoment y-y

(EN1993-1-1, §6.2.5)

M_{y,ed} = 225.62 kNm

Bøyningsmomentkapasitet $M_{y,rd} = W_{y,el} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^6] \times 1260.0 \times 355 / 1.05 = 426.00 \text{ kNm}$

$M_{y,ed} = 225.62 \text{ kNm} < 426.00 \text{ kNm} = M_{y,rd} = M_{pl,y,rd}$, Kontroll godkjent

$M_{y,ed}/M_{y,rd} = 225.62/426.00 = 0.530 < 1$

7. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyningsmoment z-z

(EN1993-1-1, §6.2.5)

M_{z,ed} = 15.72 kNm

Bøyningsmomentkapasitet $M_{z,rd} = W_{z,el} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^6] \times 421.00 \times 355 / 1.05 = 142.34 \text{ kNm}$

$M_{z,ed} = 15.72 \text{ kNm} < 142.34 \text{ kNm} = M_{z,rd} = M_{pl,z,rd}$, Kontroll godkjent

$M_{z,ed}/M_{z,rd} = 15.72/142.34 = 0.110 < 1$

8. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for skjær z

(EN1993-1-1, §6.2.6)

V_{z,ed} = 255.42 kN

$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) t_f = 11250 - 2 \times 300.0 \times 14.0 + (8.5 + 2 \times 27.0) \times 14.0 = 3725 \text{ mm}^2$

(EC3 §6.2.6.3)

$A_v = 3725 \text{ mm}^2 > \eta \cdot h_w \cdot t_w = 1.00 \times (290.0 - 2 \times 14.0) \times 8.5 = 1.00 \times 262.0 \times 8.5 = 2227 \text{ mm}^2$

Plastisk skjærkraftkapasitet $V_{pl,z,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^3] \times 3725 \times (355 / 1.73) / 1.05 = 727.12 \text{ kN}$

$V_{z,ed} = 255.42 \text{ kN} < 727.12 \text{ kN} = V_{z,rd} = V_{pl,z,rd}$, Kontroll godkjent

$V_{z,ed}/V_{z,rd} = 255.42/727.12 = 0.351 < 1$

$$hw/tw = (290.0 - 2 \times 14.0) / 8.5 = 262.0 / 8.5 = 30.82 \leq 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 58.32 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S \ 355, \ t = 8.5 \leq 40 \text{ mm}, \ f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \ \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$$

(EC3 §6.2.6.6)

Skjærknekkning er ikke aktuelt

9. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for skjær y

(EN1993-1-1, §6.2.6)

$$V_{y,ed} = 31.44 \text{ kN}$$

$$A_v = 2b \cdot t_f = 2 \times 300.0 \times 14.0 = 8400 \text{ mm}^2, \ A_v = 8400 \text{ mm}^2$$

$$\text{Plastisk skjærkraftkapasitet } V_{pl,y,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 8400 \times (355 / 1.73) / 1.05 = 1639.67 \text{ kN}$$

$$V_{y,ed} = 31.44 \text{ kN} < 1639.67 \text{ kN} = V_{y,rd} = V_{pl,y,rd}, \text{ Kontroll godkjent}$$

$$V_{y,ed} / V_{y,rd} = 31.44 / 1639.67 = 0.019 < 1$$

$$hw/tw = 300.0 / 14.0 = 21.43 \leq 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 58.32 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S \ 355, \ t = 14.0 \leq 40 \text{ mm}, \ f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \ \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$$

Skjærknekkning er ikke aktuelt

(EC3 §6.2.6.6)

10. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyning, aksialkraft og skjær

(EN1993-1-1, §6.2.9)

$$N_{ed} = 134.05 \text{ kN (Trykk)}, \ V_{z,ed} = 255.42 \text{ kN}, \ V_{y,ed} = 31.44 \text{ kN}, \ M_{y,ed} = 225.62 \text{ kNm}, \ M_{z,ed} = 15.72 \text{ kNm}$$

$$N_{pl,rd} = 3803.57 \text{ kN}, \ M_{el,y,rd} = 426.00 \text{ kNm}, \ M_{el,z,rd} = 142.34 \text{ kNm}, \ V_{pl,z,rd} = 727.12 \text{ kN}, \ V_{pl,y,rd} = 1639.67 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 134.05 \text{ kN} \leq [10^{-3}] \times 0.5 \times 262.0 \times 8.5 \times 355 / 1.05 = 0.5 h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 376.47 \text{ kN}$$

$$n = N_{ed} / N_{pl,rd} = 134 / 3804 = 0.035$$

Ikke nødvendig å ta hensyn til virking av aksialkraft (EC3 §6.2.9.1 Lign.6.33, Lign.6.34, Lign.6.35)

$$V_{ed} = 255.42 \text{ kN} \leq 0.50 \times 727.12 = 0.50 \times V_{pl,rd} = 363.56 \text{ kN}$$

Ikke nødvendig å ta hensyn til virking av skjærkraft

(EC3 §6.2.8.2)

Maksimale og minimale spenninger i tverrsnitt $\sigma = N_{ed} / A_{el} \pm M_{y,ed} / W_{el,y} \pm M_{z,ed} / W_{el,z}$

$$\sigma = [10^3] 0.00 / 11250 \pm [10^6] 225.62 / 1260.0 \times 10^3 \pm [10^6] 15.72 / 421.0 \times 10^3$$

$$\sigma_1 = 216 \text{ N/mm}^2, \ \sigma_2 = -216 \text{ N/mm}^2, \ \sigma_3 = 142 \text{ N/mm}^2, \ \sigma_4 = -142 \text{ N/mm}^2 \text{ (trykk har positivt fortegn)}$$

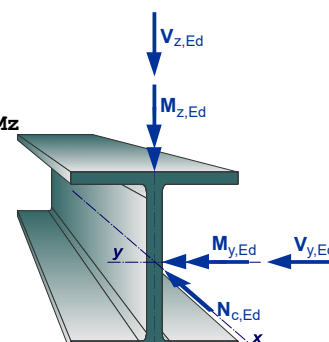
$$\sigma_{x,ed} = 216 < 355 / 1.05 = 338 = f_y / \gamma_{M0} \text{ N/mm}^2, \text{ Kontroll godkjent}$$

(EC3 Lign.6.42)

1. Segment 282

Tverrsnittkapasitet, Aksialkraft N, Skjær Vz-Vy og Bøyningsmoment My-Mz
(EC3 EN1993-1-1:2005, §6.2.10)

Profil : HE 300 A
Laster : Bøyning, aksialkraft og skjær N-V-M
Stålsort : S 355

**2. Beregningsstandarder**

EN1990:2002, Eurokode 0 Grunnlag for prosjektering
EN1993-1-1:2005, Eurokode 3 1-1 Prosjektering av stålkonstruksjoner
EN1993-1-3:2005, Eurokode 3 1-3 Kaldformede tynnplateprofiler
EN1993-1-5:2006, Eurokode 3 1-5 Platekonstruksjoner

3. Materialer

Stål: S 355 (EN1993-1-1, §3.2)
 $t \leq 40$ mm, Flytegrense $f_y = 355$ N/mm², Strekkfasthet $f_u = 510$ N/mm²
 $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm, Flytegrense $f_y = 335$ N/mm², Strekkfasthet $f_u = 470$ N/mm²
 Elastisitetsmodul $E = 210000$ N/mm², Poisson-tall $\nu = 0.30$, Enhetsmasse $\rho = 7850$ Kg/m³

Partial Lasterfaktorer (EN1990, Tillegg A1)
 $\gamma_G = 1.00$, $\gamma_Q = 1.00$, $\psi_0 = 0.70$

Materialfaktorer (EN1993-1-1, §6.1)
 $\gamma_{M0} = 1.05$, $\gamma_{M1} = 1.05$, $\gamma_{M2} = 1.25$

Tverrsnittlaster

Bøyning, aksialkraft og skjær $N_{c,ed} + M_{y,ed} + M_{z,ed} + V_{z,ed} + V_{y,ed}$
 $N_{c,ed} = 282.42$ kN (Trykk)

$M_{y,ed} = 188.01$ kNm, $M_{z,ed} = 9.41$ kNm

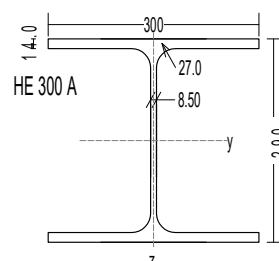
$V_{z,ed} = 111.13$ kN, $V_{y,ed} = 24.08$ kN

Ståltverrsnitt geometri

Tverrsnitt HE 300 A-S 355

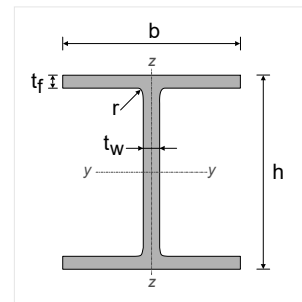
Tverrsnittsdata for profiler

Profilets totale høyde	$h =$	290.00 mm
Profilets totale bredde	$b =$	300.00 mm
Steghøyde	$h_w =$	262.00 mm
Høyde på den rette delen av steget	$d_w =$	208.00 mm
Stegtykkelse	$t_w =$	8.50 mm
Flenstykkelse	$t_f =$	14.00 mm
Avrundingsradius for en kilsveis	$r =$	27.00 mm
Egenvekt pr løpemeter	$=$	88.30 Kg/m



Tverrsnitt geometri

Areal	A=	11250	mm ²	
Tregghetsmoment	I _y =	182.60x10 ⁶	mm ⁴	I _z =63.100x10 ⁶ mm ⁴
Tverrsnittsmodul	W _y =	1260.0x10 ³	mm ³	W _z =421.00x10 ³ mm ³
Plastisk tverrsnittsmodul	W _{py} =	1383.0x10 ³	mm ³	W _{pz} =641.20x10 ³ mm ³
Tregghetsradius	i _y =	127.4	mm	i _z = 74.9 mm
Skjærareal	A _{vz} =	3725	mm ²	A _{vy} = 8400 mm ²
Torsjonskonstant	I _t =	0.852x10 ⁶	mm ⁴	i _p = 148 mm
Torsjonsmodul	W _t =	60.838x10 ³	mm ³	
Hvelvingskonstant	I _w =	1199.8x10 ⁹	mm ⁶	

**4. Klassifisering av ståltverrsnitt, Bøyning og trykk**

(EN1993-1-1, §5.5)

Maksimale og minimale spenninger i tverrsnitt $\sigma = N_{ed}/A_{el} \pm M_{y,ed}/W_{el,y} \pm M_{z,ed}/W_{el,z}$
 $\sigma = [10^3] 282.42/11250 \pm [10^6] 188.01/1260.0 \times 10^3 \pm [10^6] 9.41/421.0 \times 10^3$
 $\sigma_1 = 197 \text{ N/mm}^2, \sigma_2 = -146 \text{ N/mm}^2, \sigma_3 = 152 \text{ N/mm}^2, \sigma_4 = -102 \text{ N/mm}^2$ (trykk har positivt fortegn)

Steg

$c = 290.0 - 2 \times 14.0 - 2 \times 27.0 = 208.0 \text{ mm}, t = 8.5 \text{ mm}, c/t = 208.0/8.5 = 24.47$

S 355, $t = 8.5 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$

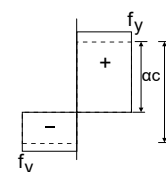
Posisjon av nøytralaksel for kombinert Bøyning og trykk

$N_{ed}/(2t_w \cdot f_y / \gamma_{M0}) = 282420 / (2 \times 8.5 \times 355 / 1.05) = 49.1 \text{ mm}$

$\alpha = (208.0/2 + 49.1) / 208.0 = 0.736 > 0.5$

$c/t = 24.47 \leq 396 \times 0.81 / (13 \times 0.736 - 1) = 37.42$

Steg er i tverrsnittsklasse 1 (EN1993-1-1, Tab.5.2)

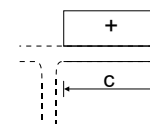
Flens

$c = 300.0/2 - 8.5/2 - 27.0 = 118.8 \text{ mm}, t = 14.0 \text{ mm}, c/t = 118.8/14.0 = 8.48$

S 355, $t = 14.0 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$

$10\varepsilon = 10 \times 0.81 = 8.10 < c/t = 8.48 \leq 14\varepsilon = 14 \times 0.81 = 11.34$

Flensene er i tverrsnittsklasse 3 (EN1993-1-1, Tab.5.2)



Tverrsnittsklasse er 3, Bøyning og trykk

5. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for trykk

(EN1993-1-1, §6.2.4)

N_{c,ed} = 282.42 kN

Trykkraftkapasitet $N_{pl,rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^3] \times 11250 \times 355 / 1.05 = 3803.57 \text{ kN}$

$N_{ed} = 282.42 \text{ kN} < 3803.57 \text{ kN} = N_{c,rd} = N_{pl,rd}$, Kontroll godkjent

$N_{ed}/N_{c,rd} = 282.42/3803.57 = 0.074 < 1$

6. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyningmoment y-y

(EN1993-1-1, §6.2.5)

M_{y,ed} = 188.01 kNm

Bøyningmomentkapasitet $M_{y,rd} = W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^6] \times 1260.0 \times 355 / 1.05 = 426.00 \text{ kNm}$

$M_{y,ed} = 188.01 \text{ kNm} < 426.00 \text{ kNm} = M_{y,rd} = M_{pl,y,rd}$, Kontroll godkjent

$M_{y,ed}/M_{y,rd} = 188.01/426.00 = 0.441 < 1$

7. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyningmoment z-z

(EN1993-1-1, §6.2.5)

M_{z,ed} = 9.41 kNm

Bøyningmomentkapasitet $M_{z,rd} = W_{el,z} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^6] \times 421.00 \times 355 / 1.05 = 142.34 \text{ kNm}$

$M_{z,ed} = 9.41 \text{ kNm} < 142.34 \text{ kNm} = M_{z,rd} = M_{pl,z,rd}$, Kontroll godkjent

$M_{z,ed}/M_{z,rd} = 9.41/142.34 = 0.066 < 1$

8. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for skjær z

(EN1993-1-1, §6.2.6)

V_{z,ed} = 111.13 kN

$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) t_f = 11250 - 2 \times 300.0 \times 14.0 + (8.5 + 2 \times 27.0) \times 14.0 = 3725 \text{ mm}^2$

(EC3 §6.2.6.3)

$A_v = 3725 \text{ mm}^2 > \eta \cdot h_w \cdot t_w = 1.00 \times (290.0 - 2 \times 14.0) \times 8.5 = 1.00 \times 262.0 \times 8.5 = 2227 \text{ mm}^2$

Plastisk skjærkraftkapasitet $V_{pl,z,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^3] \times 3725 \times (355 / 1.73) / 1.05 = 727.12 \text{ kN}$

$V_{z,ed} = 111.13 \text{ kN} < 727.12 \text{ kN} = V_{z,rd} = V_{pl,z,rd}$, Kontroll godkjent

$V_{z,ed}/V_{z,rd} = 111.13/727.12 = 0.153 < 1$

$$h_w/t_w = (290.0 - 2 \times 14.0) / 8.5 = 262.0 / 8.5 = 30.82 \leq 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 58.32 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S \ 355, \ t = 8.5 \leq 40 \text{ mm}, \ f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \ \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$$

(EC3 §6.2.6.6)

Skjærknækking er ikke aktuelt

9. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for skjær y

(EN1993-1-1, §6.2.6)

$$V_{y,ed} = 24.08 \text{ kN}$$

$$A_v = 2b \cdot t_f = 2 \times 300.0 \times 14.0 = 8400 \text{ mm}^2, \ A_v = 8400 \text{ mm}^2$$

$$\text{Plastisk skjærkraftkapasitet } V_{pl,y,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 8400 \times (355 / 1.73) / 1.05 = 1639.67 \text{ kN}$$

$$V_{y,ed} = 24.08 \text{ kN} < 1639.67 \text{ kN} = V_{y,rd} = V_{pl,y,rd}, \text{ Kontroll godkjent}$$

$$V_{y,ed} / V_{y,rd} = 24.08 / 1639.67 = 0.015 < 1$$

$$h_w/t_w = 300.0 / 14.0 = 21.43 \leq 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 58.32 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S \ 355, \ t = 14.0 \leq 40 \text{ mm}, \ f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \ \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$$

Skjærknækking er ikke aktuelt

(EC3 §6.2.6.6)

10. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyning, aksialkraft og skjær

(EN1993-1-1, §6.2.9)

$$N_{ed} = 282.42 \text{ kN (Trykk)}, \ V_{z,ed} = 111.13 \text{ kN}, \ V_{y,ed} = 24.08 \text{ kN}, \ M_{y,ed} = 188.01 \text{ kNm}, \ M_{z,ed} = 9.41 \text{ kNm}$$

$$N_{pl,rd} = 3803.57 \text{ kN}, \ M_{el,y,rd} = 426.00 \text{ kNm}, \ M_{el,z,rd} = 142.34 \text{ kNm}, \ V_{pl,z,rd} = 727.12 \text{ kN}, \ V_{pl,y,rd} = 1639.67 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 282.42 \text{ kN} \leq [10^{-3}] \times 0.5 \times 262.0 \times 8.5 \times 355 / 1.05 = 0.5 h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 376.47 \text{ kN}$$

$$n = N_{ed} / N_{pl,rd} = 282 / 3804 = 0.074$$

Ikke nødvendig å ta hensyn til virking av aksialkraft (EC3 §6.2.9.1 Lign.6.33, Lign.6.34, Lign.6.35)

$$V_{ed} = 111.13 \text{ kN} \leq 0.50 \times 727.12 = 0.50 \times V_{pl,rd} = 363.56 \text{ kN}$$

Ikke nødvendig å ta hensyn til virking av skjærkraft

(EC3 §6.2.8.2)

$$\text{Maksimale og minimale spenninger i tverrsnitt } \sigma = N_{ed} / A_{el} \pm M_{y,ed} / W_{el,y} \pm M_{z,ed} / W_{el,z}$$

$$\sigma = [10^3] 0.00 / 11250 \pm [10^6] 188.01 / 1260.0 \times 10^3 \pm [10^6] 9.41 / 421.0 \times 10^3$$

$$\sigma_1 = 172 \text{ N/mm}^2, \ \sigma_2 = -172 \text{ N/mm}^2, \ \sigma_3 = 127 \text{ N/mm}^2, \ \sigma_4 = -127 \text{ N/mm}^2 \text{ (trykk har positivt fortegn)}$$

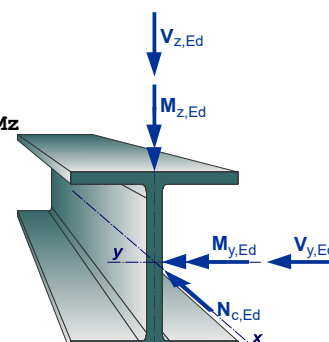
$$\sigma_{x,ed} = 172 < 355 / 1.05 = 338 = f_y / \gamma_{M0} \text{ N/mm}^2, \text{ Kontroll godkjent}$$

(EC3 Lign.6.42)

1. Segment 99

Tverrsnittkapasitet, Aksialkraft N, Skjær Vz-Vy og Bøyningsmoment My-Mz
(EC3 EN1993-1-1:2005, §6.2.10)

Profil : HE 340 B
Laster : Bøyning, aksialkraft og skjær N-V-M
Stålsort : S 355

**2. Beregningsstandarder**

EN1990:2002, Eurokode 0 Grunnlag for prosjektering
 EN1993-1-1:2005, Eurokode 3 1-1 Prosjektering av stålkonstruksjoner
 EN1993-1-3:2005, Eurokode 3 1-3 Kaldformede tynnplateprofiler
 EN1993-1-5:2006, Eurokode 3 1-5 Platekonstruksjoner

3. Materialer

Stål: S 355 (EN1993-1-1, §3.2)
 $t \leq 40$ mm, Flytegrense $f_y = 355$ N/mm², Strekkfasthet $f_u = 510$ N/mm²
 $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm, Flytegrense $f_y = 335$ N/mm², Strekkfasthet $f_u = 470$ N/mm²
 Elastisitetsmodul $E = 210000$ N/mm², Poisson-tall $\nu = 0.30$, Enhetsmasse $\rho = 7850$ Kg/m³

Partial Lasterfaktorer (EN1990, Tillegg A1)
 $\gamma_G = 1.00$, $\gamma_Q = 1.00$, $\psi_0 = 0.70$

Materialfaktorer (EN1993-1-1, §6.1)
 $\gamma_{M0} = 1.05$, $\gamma_{M1} = 1.05$, $\gamma_{M2} = 1.25$

Tverrsnittlaster

Bøyning, aksialkraft og skjær $N_{c,ed} + M_{y,ed} + M_{z,ed} + V_{z,ed} + V_{y,ed}$
 $N_{c,ed} = 1059.89$ kN (Trykk)

$M_{y,ed} = 26.03$ kNm, $M_{z,ed} = 70.28$ kNm

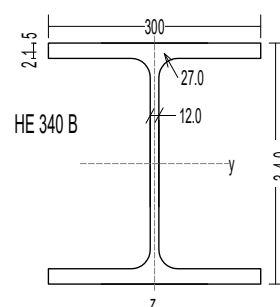
$V_{z,ed} = 10.27$ kN, $V_{y,ed} = 42.01$ kN

Ståltverrsnitt geometri

Tverrsnitt HE 340 B-S 355

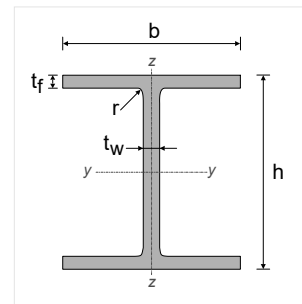
Tverrsnittsdata for profiler

Profilets totale høyde	$h =$	340.00 mm
Profilets totale bredde	$b =$	300.00 mm
Steghøyde	$h_w =$	297.00 mm
Høyde på den rette delen av steget	$d_w =$	243.00 mm
Stegtykkelse	$t_w =$	12.00 mm
Flenstykkelse	$t_f =$	21.50 mm
Avrundingsradius for en kilsveis	$r =$	27.00 mm
Egenvekt pr løpemeter	$=$	134.00 Kg/m



Tverrsnitt geometri

Areal	A=	17090	mm ²	
Tregghetsmoment	I _y =	366.60x10 ⁶	mm ⁴	I _z =96.900x10 ⁶ mm ⁴
Tverrsnittsmodul	W _y =	2156.0x10 ³	mm ³	W _z =646.00x10 ³ mm ³
Plastisk tverrsnittsmodul	W _{py} =	2408.0x10 ³	mm ³	W _{pz} =985.70x10 ³ mm ³
Tregghetsradius	i _y =	146.5	mm	i _z = 75.3 mm
Skjærareal	A _{vz} =	5609	mm ²	A _{vy} = 12900 mm ²
Torsjonskonstant	I _t =	2.572x10 ⁶	mm ⁴	i _p = 165 mm
Torsjonsmodul	W _t =	119.63x10 ³	mm ³	
Hvelvingskonstant	I _w =	2453.6x10 ⁹	mm ⁶	

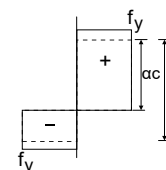
**4. Klassifisering av ståltverrsnitt, Bøyning og trykk**

(EN1993-1-1, §5.5)

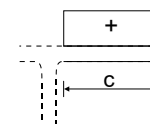
Maksimale og minimale spenninger i tverrsnitt $\sigma = \text{Ned}/A_{el} \pm \text{Myed}/W_{el,y} \pm \text{Mzed}/W_{el,z}$
 $\sigma = [10^3] 1059.89/17090 \pm [10^6] 26.03/2156.0 \times 10^3 \pm [10^6] 70.28/646.0 \times 10^3$
 $\sigma_1 = 183 \text{ N/mm}^2, \sigma_2 = -59 \text{ N/mm}^2, \sigma_3 = -35 \text{ N/mm}^2, \sigma_4 = 159 \text{ N/mm}^2$ (trykk har positivt fortegn)

Steg

$c = 340.0 - 2 \times 21.5 - 2 \times 27.0 = 243.0 \text{ mm}$, $t = 12.0 \text{ mm}$, $c/t = 243.0/12.0 = 20.25$
 S 355, $t = 12.0 \leq 40 \text{ mm}$, $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$, $\varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$
 Posisjon av nøytralaksel for kombinert Bøyning og trykk
 $\text{Ned}/(2t_w \cdot f_y / \gamma_{M0}) = 1059890 / (2 \times 12.0 \times 355 / 1.05) = 130.6 \text{ mm}$
 $\alpha = (243.0/2 + 130.6) / 243.0 = 1.038 > 0.5$, $\alpha = 1 > 0.5$
 $c/t = 20.25 \leq 396 \times 0.81 / (13 \times 1.000 - 1) = 26.73$
 Steget er i tverrsnittsklasse 1 (EN1993-1-1, Tab.5.2)

Flens

$c = 300.0/2 - 12.0/2 - 27.0 = 117.0 \text{ mm}$, $t = 21.5 \text{ mm}$, $c/t = 117.0/21.5 = 5.44$
 S 355, $t = 21.5 \leq 40 \text{ mm}$, $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$, $\varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$
 $c/t = 5.44 \leq 9 \times 0.81 = 7.29$
 Flensene er i tverrsnittsklasse 1 (EN1993-1-1, Tab.5.2)

**Tverrsnittsklasse er 1, Bøyning og trykk****5. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for trykk**

(EN1993-1-1, §6.2.4)

N_{c,ed} = 1059.89 kN

Trykkraftkapasitet $N_{pl,rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^3] \times 17090 \times 355 / 1.05 = 5778.05 \text{ kN}$
 $\text{Ned} = 1059.89 \text{ kN} < 5778.05 \text{ kN} = N_{c,rd} = N_{pl,rd}$, Kontroll godkjent
 $\text{Ned}/N_{c,rd} = 1059.89/5778.05 = 0.183 < 1$

6. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyningsmoment y-y

(EN1993-1-1, §6.2.5)

M_{y,ed} = 26.03 kNm

Bøyningsmomentkapasitet $M_{pl,y,rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^6] \times 2408.0 \times 355 / 1.05 = 814.13 \text{ kNm}$
 $M_{y,ed} = 26.03 \text{ kNm} < 814.13 \text{ kNm} = M_{y,rd} = M_{pl,y,rd}$, Kontroll godkjent
 $M_{y,ed}/M_{y,rd} = 26.03/814.13 = 0.032 < 1$

7. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyningsmoment z-z

(EN1993-1-1, §6.2.5)

M_{z,ed} = 70.28 kNm

Bøyningsmomentkapasitet $M_{pl,z,rd} = W_{pl,z} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^6] \times 985.70 \times 355 / 1.05 = 333.26 \text{ kNm}$
 $M_{z,ed} = 70.28 \text{ kNm} < 333.26 \text{ kNm} = M_{z,rd} = M_{pl,z,rd}$, Kontroll godkjent
 $M_{z,ed}/M_{z,rd} = 70.28/333.26 = 0.211 < 1$

8. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for skjær z

(EN1993-1-1, §6.2.6)

V_{z,ed} = 10.27 kN

$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) t_f = 17090 - 2 \times 300.0 \times 21.5 + (12.0 + 2 \times 27.0) \times 21.5 = 5609 \text{ mm}^2$ (EC3 §6.2.6.3)
 $A_v = 5609 \text{ mm}^2 > \eta \cdot h_w \cdot t_w = 1.00 \times (340.0 - 2 \times 21.5) \times 12.0 = 1.00 \times 297.0 \times 12.0 = 3564 \text{ mm}^2$
 Plastisk skjærkraftkapasitet $V_{pl,z,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^3] \times 5609 \times (355 / 1.73) / 1.05 = 1094.87 \text{ kN}$
 $V_{z,ed} = 10.27 \text{ kN} < 1094.87 \text{ kN} = V_{z,rd} = V_{pl,z,rd}$, Kontroll godkjent
 $V_{z,ed}/V_{z,rd} = 10.27/1094.87 = 0.009 < 1$

$$hw/tw = (340.0 - 2 \times 21.5) / 12.0 = 297.0 / 12.0 = 24.75 \leq 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 58.32 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S \ 355, \ t = 12.0 \leq 40 \text{ mm}, \ f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \ \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$$

(EC3 §6.2.6.6)

Skjærkneking er ikke aktuelt

9. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for skjær y

(EN1993-1-1, §6.2.6)

$$V_{y,ed} = 42.01 \text{ kN}$$

$$A_v = 2b \cdot t_f = 2 \times 300.0 \times 21.5 = 12900 \text{ mm}^2, \ A_v = 12900 \text{ mm}^2$$

$$\text{Plastisk skjærkraftkapasitet } V_{pl,y,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 12900 \times (355 / 1.73) / 1.05 = 2518.07 \text{ kN}$$

$$V_{y,ed} = 42.01 \text{ kN} < 2518.07 \text{ kN} = V_{y,rd} = V_{pl,y,rd}, \text{ Kontroll godkjent}$$

$$V_{y,ed} / V_{y,rd} = 42.01 / 2518.07 = 0.017 < 1$$

$$hw/tw = 300.0 / 21.5 = 13.95 \leq 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 58.32 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S \ 355, \ t = 21.5 \leq 40 \text{ mm}, \ f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \ \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$$

Skjærkneking er ikke aktuelt

(EC3 §6.2.6.6)

10. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyning, aksialkraft og skjær

(EN1993-1-1, §6.2.9)

$$N_{ed} = 1059.89 \text{ kN (Trykk)}, \ V_{z,ed} = 10.27 \text{ kN}, \ V_{y,ed} = 42.01 \text{ kN}, \ M_{y,ed} = 26.03 \text{ kNm}, \ M_{z,ed} = 70.28 \text{ kNm}$$

$$N_{pl,rd} = 5778.05 \text{ kN}, \ M_{pl,y,rd} = 814.13 \text{ kNm}, \ M_{pl,z,rd} = 333.26 \text{ kNm}, \ V_{pl,z,rd} = 1094.87 \text{ kN}, \ V_{pl,y,rd} = 2518.07 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 1059.89 \text{ kN} > [10^{-3}] \times 0.5 \times 297.0 \times 12.0 \times 355 / 1.05 = 0.5 h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 602.49 \text{ kN}$$

$$n = N_{ed} / N_{pl,rd} = 1060 / 5778 = 0.183$$

Må ta hensyn til virking av aksialkraft

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

$$V_{ed} = 42.01 \text{ kN} \leq 0.50 \times 2518.07 = 0.50 \times V_{pl,rd} = 1259.04 \text{ kN}$$

Ikke nødvendig å ta hensyn til virking av skjærkraft

(EC3 §6.2.8.2)

$$M_{ny,rd} = M_{py,rd} (1-n) / (1-0.50a) = 814.13 \times 0.931, \ M_{ny,rd} \leq M_{py,rd}, \ M_{ny,rd} = 757.67 \text{ kNm} \quad (\text{EC3 Lign.6.36})$$

$$M_{nz,rd} = M_{pz,rd}, \ (n \leq a), \ M_{nz,rd} = 333.26 \text{ kNm} \quad (\text{EC3 Lign.6.37, Lign.6.38})$$

$$n = N_{ed} / N_{pl,rd} = 1060 / 5778 = 0.183, \ a = (A - 2b \cdot t) / A, \ a \leq 0.5, \ a = (17090 - 2 \times 300 \times 21.5) / 17090 = 0.25 \quad (\text{§6.2.9.1.5})$$

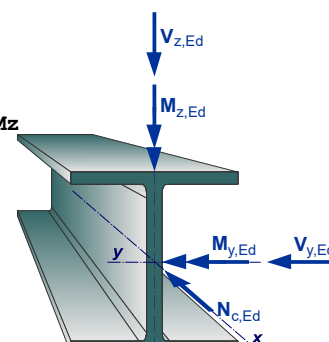
$$(M_{y,ed} / M_{ny,rd})^\alpha + (M_{z,ed} / M_{nz,rd})^\beta \leq 1, \ \alpha = 2.00, \ \beta = 5n (> 1) = 1.00 \quad (\text{EC3 Lign.6.41})$$

$$(26.03 / 757.67)^{2.00} + (70.28 / 333.26)^{1.00} = 0.00 + 0.21 = 0.21 < 1, \text{ Kontroll godkjent}$$

1. Segment 190

Tverrsnittkapasitet, Aksialkraft N, Skjær Vz-Vy og Bøyningsmoment My-Mz
(EC3 EN1993-1-1:2005, §6.2.10)

Profil : HE 340 B
Laster : Bøyning, aksialkraft og skjær N-V-M
Stålsort : S 355

**2. Beregningsstandarder**

EN1990:2002, Eurokode 0 Grunnlag for prosjektering
 EN1993-1-1:2005, Eurokode 3 1-1 Prosjektering av stålkonstruksjoner
 EN1993-1-3:2005, Eurokode 3 1-3 Kaldformede tynnplateprofiler
 EN1993-1-5:2006, Eurokode 3 1-5 Platekonstruksjoner

3. Materialer

Stål: S 355 (EN1993-1-1, §3.2)
 $t \leq 40$ mm, Flytegrense $f_y = 355$ N/mm², Strekkfasthet $f_u = 510$ N/mm²
 $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm, Flytegrense $f_y = 335$ N/mm², Strekkfasthet $f_u = 470$ N/mm²
 Elastisitetsmodul $E = 210000$ N/mm², Poisson-tall $\nu = 0.30$, Enhetsmasse $\rho = 7850$ Kg/m³

Partial Lasterfaktorer (EN1990, Tillegg A1)
 $\gamma_G = 1.00$, $\gamma_Q = 1.00$, $\psi_0 = 0.70$

Materialfaktorer (EN1993-1-1, §6.1)
 $\gamma_{M0} = 1.05$, $\gamma_{M1} = 1.05$, $\gamma_{M2} = 1.25$

Tverrsnittlaster

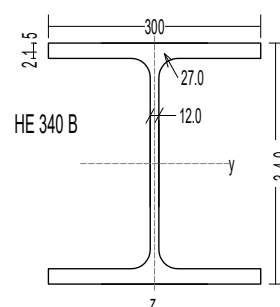
Bøyning, aksialkraft og skjær $N_{c,ed} + M_{y,ed} + M_{z,ed} + V_{z,ed} + V_{y,ed}$
 $N_{c,ed} = 1120.81$ kN (Trykk)
 $M_{y,ed} = 32.20$ kNm, $M_{z,ed} = 55.36$ kNm
 $V_{z,ed} = 11.86$ kN, $V_{y,ed} = 32.09$ kN

Ståltverrsnitt geometri

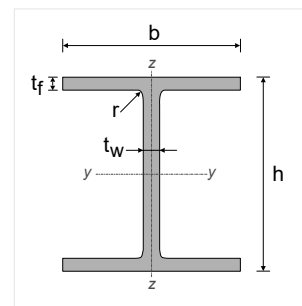
Tverrsnitt HE 340 B-S 355

Tverrsnittsdata for profiler

Profilets totale høyde	$h =$	340.00 mm
Profilets totale bredde	$b =$	300.00 mm
Steghøyde	$h_w =$	297.00 mm
Høyde på den rette delen av steget	$d_w =$	243.00 mm
Stegtykkelse	$t_w =$	12.00 mm
Flenstykkelse	$t_f =$	21.50 mm
Avrundingsradius for en kilsveis	$r =$	27.00 mm
Egenvekt pr løpemeter	$=$	134.00 Kg/m



Tverrsnitt geometri		
Areal	$A = 17090 \text{ mm}^2$	
Tregghetsmoment	$I_y = 366.60 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$I_z = 96.900 \times 10^6 \text{ mm}^4$
Tverrsnittsmodul	$W_y = 2156.0 \times 10^3 \text{ mm}^3$	$W_z = 646.00 \times 10^3 \text{ mm}^3$
Plastisk tverrsnittsmodul	$W_{py} = 2408.0 \times 10^3 \text{ mm}^3$	$W_{pz} = 985.70 \times 10^3 \text{ mm}^3$
Tregghetsradius	$i_y = 146.5 \text{ mm}$	$i_z = 75.3 \text{ mm}$
Skjærareal	$A_{vz} = 5609 \text{ mm}^2$	$A_{vy} = 12900 \text{ mm}^2$
Torsjonskonstant	$I_t = 2.572 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$i_p = 165 \text{ mm}$
Torsjonsmodul	$W_t = 119.63 \times 10^3 \text{ mm}^3$	
Hvelvingskonstant	$I_w = 2453.6 \times 10^9 \text{ mm}^6$	



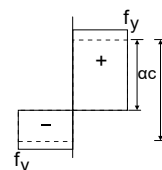
4. Klassifisering av ståltverrsnitt, Bøyning og trykk

(EN1993-1-1, §5.5)

Maksimale og minimale spenninger i tverrsnitt $\sigma = N_{ed}/A_{el} \pm M_{y,ed}/W_{el,y} \pm M_{z,ed}/W_{el,z}$
 $\sigma = [10^3] 1120.81/17090 \pm [10^6] 32.20/2156.0 \times 10^3 \pm [10^6] 55.36/646.0 \times 10^3$
 $\sigma_1 = 166 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_2 = -35 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_3 = -5 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_4 = 136 \text{ N/mm}^2$ (trykk har positivt fortegn)

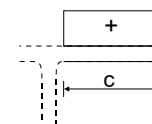
Steg

$c = 340.0 - 2 \times 21.5 - 2 \times 27.0 = 243.0 \text{ mm}$, $t = 12.0 \text{ mm}$, $c/t = 243.0/12.0 = 20.25$
 S 355, $t = 12.0 \leq 40 \text{ mm}$, $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$, $\varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$
 Posisjon av nøytralakse for kombinert Bøyning og trykk
 $N_{ed}/(2t_w \cdot f_y / \gamma_{M0}) = 1120810 / (2 \times 12.0 \times 355 / 1.05) = 138.1 \text{ mm}$
 $\alpha = (243.0/2 + 138.1) / 243.0 = 1.068 > 0.5$, $\alpha = 1 > 0.5$
 $c/t = 20.25 \leq 396 \times 0.81 / (13 \times 1.000 - 1) = 26.73$
 Steget er i tverrsnittsklasse 1 (EN1993-1-1, Tab.5.2)



Flens

$c = 300.0/2 - 12.0/2 - 27.0 = 117.0 \text{ mm}$, $t = 21.5 \text{ mm}$, $c/t = 117.0/21.5 = 5.44$
 S 355, $t = 21.5 \leq 40 \text{ mm}$, $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$, $\varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$
 $c/t = 5.44 \leq 9 \times 0.81 = 7.29$
 Flensene er i tverrsnittsklasse 1 (EN1993-1-1, Tab.5.2)



Tverrsnittsklasse er 1, Bøyning og trykk

5. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for trykk

(EN1993-1-1, §6.2.4)

$N_{c,ed} = 1120.81 \text{ kN}$

Trykkraftkapasitet $N_{pl,rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^3] \times 17090 \times 355 / 1.05 = 5778.05 \text{ kN}$

$N_{ed} = 1120.81 \text{ kN} < 5778.05 \text{ kN} = N_{c,rd} = N_{pl,rd}$, Kontroll godkjent

$N_{ed}/N_{c,rd} = 1120.81/5778.05 = 0.194 < 1$

6. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyningsmoment y-y

(EN1993-1-1, §6.2.5)

$M_{y,ed} = 32.20 \text{ kNm}$

Bøyningsmomentkapasitet $M_{pl,y,rd} = W_{py} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^6] \times 2408.0 \times 355 / 1.05 = 814.13 \text{ kNm}$

$M_{y,ed} = 32.20 \text{ kNm} < 814.13 \text{ kNm} = M_{y,rd} = M_{pl,y,rd}$, Kontroll godkjent

$M_{y,ed}/M_{y,rd} = 32.20/814.13 = 0.040 < 1$

7. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyningsmoment z-z

(EN1993-1-1, §6.2.5)

$M_{z,ed} = 55.36 \text{ kNm}$

Bøyningsmomentkapasitet $M_{pl,z,rd} = W_{pz} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^6] \times 985.70 \times 355 / 1.05 = 333.26 \text{ kNm}$

$M_{z,ed} = 55.36 \text{ kNm} < 333.26 \text{ kNm} = M_{z,rd} = M_{pl,z,rd}$, Kontroll godkjent

$M_{z,ed}/M_{z,rd} = 55.36/333.26 = 0.166 < 1$

8. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for skjær z

(EN1993-1-1, §6.2.6)

$V_{z,ed} = 11.86 \text{ kN}$

$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) t_f = 17090 - 2 \times 300.0 \times 21.5 + (12.0 + 2 \times 27.0) \times 21.5 = 5609 \text{ mm}^2$

(EC3 §6.2.6.3)

$A_v = 5609 \text{ mm}^2 > \eta \cdot h_w \cdot t_w = 1.00 \times (340.0 - 2 \times 21.5) \times 12.0 = 1.00 \times 297.0 \times 12.0 = 3564 \text{ mm}^2$

Plastisk skjærkraftkapasitet $V_{pl,z,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^3] \times 5609 \times (355 / 1.73) / 1.05 = 1094.87 \text{ kN}$

$V_{z,ed} = 11.86 \text{ kN} < 1094.87 \text{ kN} = V_{z,rd} = V_{pl,z,rd}$, Kontroll godkjent

$V_{z,ed}/V_{z,rd} = 11.86/1094.87 = 0.011 < 1$

$$h_w/t_w = (340.0 - 2 \times 21.5) / 12.0 = 297.0 / 12.0 = 24.75 \leq 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 58.32 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S_{355}, t = 12.0 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$$

(EC3 §6.2.6.6)

Skjærknegging er ikke aktuelt

9. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for skjær y

(EN1993-1-1, §6.2.6)

$$V_{y,ed} = 32.09 \text{ kN}$$

$$A_v = 2b \cdot t_f = 2 \times 300.0 \times 21.5 = 12900 \text{ mm}^2, A_v = 12900 \text{ mm}^2$$

$$\text{Plastisk skjærkraftkapasitet } V_{pl,y,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 12900 \times (355 / 1.73) / 1.05 = 2518.07 \text{ kN}$$

$$V_{y,ed} = 32.09 \text{ kN} < 2518.07 \text{ kN} = V_{y,rd} = V_{pl,y,rd}, \text{ Kontroll godkjent}$$

$$V_{y,ed} / V_{y,rd} = 32.09 / 2518.07 = 0.013 < 1$$

$$h_w/t_w = 300.0 / 21.5 = 13.95 \leq 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 58.32 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S_{355}, t = 21.5 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 355 \text{ N/mm}^2, \varepsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$$

Skjærknegging er ikke aktuelt

(EC3 §6.2.6.6)

10. Bruddgrensetilstanden, Verifisering for bøyning, aksialkraft og skjær

(EN1993-1-1, §6.2.9)

$$N_{ed} = 1120.81 \text{ kN (Trykk)}, V_{z,ed} = 11.86 \text{ kN}, V_{y,ed} = 32.09 \text{ kN}, M_{y,ed} = 32.20 \text{ kNm}, M_{z,ed} = 55.36 \text{ kNm}$$

$$N_{pl,rd} = 5778.05 \text{ kN}, M_{pl,y,rd} = 814.13 \text{ kNm}, M_{pl,z,rd} = 333.26 \text{ kNm}, V_{pl,z,rd} = 1094.87 \text{ kN}, V_{pl,y,rd} = 2518.07 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 1120.81 \text{ kN} > [10^{-3}] \times 0.5 \times 297.0 \times 12.0 \times 355 / 1.05 = 0.5 h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 602.49 \text{ kN}$$

$$n = N_{ed} / N_{pl,rd} = 1121 / 5778 = 0.194$$

Må ta hensyn til virking av aksialkraft

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

$$V_{ed} = 32.09 \text{ kN} \leq 0.50 \times 2518.07 = 0.50 \times V_{pl,rd} = 1259.04 \text{ kN}$$

Ikke nødvendig å ta hensyn til virking av skjærkraft

(EC3 §6.2.8.2)

$$M_{ny,rd} = M_{py,rd} (1-n) / (1-0.50a) = 814.13 \times 0.919, M_{ny,rd} \leq M_{py,rd}, M_{ny,rd} = 747.89 \text{ kNm} \quad (\text{EC3 Lign.6.36})$$

$$M_{nz,rd} = M_{pz,rd}, (n \leq a), M_{nz,rd} = 333.26 \text{ kNm} \quad (\text{EC3 Lign.6.37, Lign.6.38})$$

$$n = N_{ed} / N_{pl,rd} = 1121 / 5778 = 0.194, a = (A - 2b \cdot t) / A, a \leq 0.5, a = (17090 - 2 \times 300 \times 21.5) / 17090 = 0.25 \quad (\text{§6.2.9.1.5})$$

$$(M_{yed} / M_{ny,rd})^\alpha + (M_{zed} / M_{nz,rd})^\beta \leq 1, \alpha = 2.00, \beta = 5n (> 1) = 1.00 \quad (\text{EC3 Lign.6.41})$$

$$(32.20 / 747.89)^{2.00} + (55.36 / 333.26)^{1.00} = 0.00 + 0.17 = 0.17 < 1, \text{ Kontroll godkjent}$$