

stalen ligger op 2 steunpunten met een driehoek-belasting en een gelijkmatige q-last over de gehele lengte

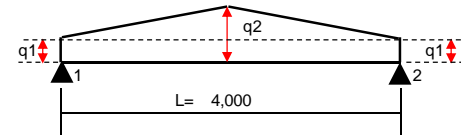
1xprofiel 1: HE200A

werk	werk	materiaal	S235
werknnummer	werknnummer	klasse	3 flensdikte <40
onderdeel	onderdeel		

kerngegevens		ontwerplevensduur	=	50	jaar
toegepaste norm	=	eurocode nieuwbouw	toepassing	6.10.a	6.10.b
ontwerplevensduur klasse	=	3			6.1 partiële factoren
gevolgklasse	CC	1	γ_{G_i}	1,22	$\xi \gamma_{G_i}$ 1,08
correctiefactor voor formule 6.10.b	ξ	0,89	γ_{Q_1}	1,35	γ_{M_1} 1,00 -
de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage			γ_{Q_i}	1,35	γ_{M_2} 1,25 -

diverse factoren		eigen gewicht ligger automatisch berekenen	ja
gebouwcategorie	A: woon- en verblijfsruimtes	traagheidsmoment en weerstandsmoment in richting van de belasting	
(gewichtsberekening)	ψ_0	0,4	
(elastische doorbuiging)	ψ_1	0,5	
(kruip)	ψ_2	0,3	
reductiefactor vloerbelasting	ψ_t	1,00	

liggerlengte	L=	4	m
toelaatbare einddoorbuiging veld 1	1:	250	* L
bijkomende doorbuiging veld 1	1:	333,3	* L
toegepaste zeeg veld 1		0	mm



belastingen en combinaties onderdeel

q1: (t.p.v. de steunpunten)

permanente belasting	G_{k_j}	4	kN/m	G_{k_j} : (incl.e.g.)	4	+	0,42	=	4,42	kN/m'
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom}$	20	kN/m	STR/GEO	γ_{G_j}	G_{k_j}	+	γ_Q	ΣQ_{mom}	
opgelegde belasting momentaan	ΣQ_{mom}	2	kN/m	6.10.a:	1,22	4,42	+	1,35	2,00	= 8,07 kN/m'
				STR/GEO	$\xi \gamma_{G_j}$	G_{k_j}	+	γ_Q	$\Sigma Q_{extr+mom}$	
				6.10.b:	1,08	4,42	+	1,35	20,00	= 31,78 kN/m'

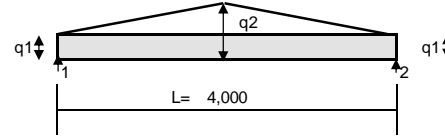
q2: (in het midden van de overspanning)

permanente belasting	G_{k_j}	8	kN/m	G_{k_j} : (incl.e.g.)	8	+	0,42	=	8,42	kN/m'
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom}$	15	kN/m	STR/GEO	γ_{G_j}	G_{k_j}	+	γ_Q	ΣQ_{mom}	
opgelegde belasting momentaan	ΣQ_{mom}	2	kN/m	6.10.a:	1,22	8,42	+	1,35	2,00	= 12,93 kN/m'
				STR/GEO	$\xi \gamma_{G_j}$	G_{k_j}	+	γ_Q	$\Sigma Q_{extr+mom}$	
				6.10.b:	1,08	8,42	+	1,35	15,00	= 29,36 kN/m'

unity-checks er worden geen verstijvingsschotjes toegepast zie ook de invoercellen verderop in deze berekening

ULS	buiging	0,66	dwarskracht	0,25	onderflensinklemming	0,93	kip	0,77	SLS	u_{eind}	0,64	u_{bij}	0,60
-----	---------	------	-------------	------	----------------------	------	-----	------	-----	------------	------	-----------	------

resultaten mechanische berekeningen onderdeel



STR/GEO (groep B)

belastinggeval / combinatie	belastingen		dwarskracht (kN)		reactie (kN)			
	q1	q2	$V_{1,2}$	$V_{2,1}$	R_1	R_2		
G_{k_j}	4,42	8,42	-12,8	12,8	12,8	12,8		
$Q_{k1} + \psi_{0,j} \cdot Q_{k,j}$	20,00	15,00	-35,0	35,0	35,0	35,0		
6.10.a	8,07	12,93	-21,0	21,0	21,0	21,0		
6.10.b	31,78	29,36	-61,1	61,1	61,1	61,1		
maatgevende waarden			V_{Ed}	61,1	kN	R_{Ed}	61,1	kN



belastinggeval / combinatie	steunpuntmoment (kNm)		veldmoment (kNm)	positie $M_{veld,max}$ (m)	vervorming (mm)
	M_1	M_2	$M_{1,2}$	uit R_1	$u_{1,2}$
$G_{k,j}$	0,0	0,0	14,2	2,00	3,0
$Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	0,0	0,0	33,3	2,00	7,2
6.10.a	0,0	0,0	22,6	2,00	
6.10.b	0,0	0,0	60,3	2,00	
maatgevende waarden	$M_{Ed,st} =$	0,0 kNm	$M_{Ed,v} =$	60,33 kNm	

toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand onderdeel

belastinggevallen en combinaties

veld		=	$u_{1,2}$
u_{on}	=	$G_{k,j}$	= 3,0
$u_{elastisch}$	=	$Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ (volbelast)	= 7,2
u_{zeeg}	=	volgens opgave	= 0,0
u_{eind}	=	$u_{on} + u_{elastisch} + u_{zeeg}$	= 10,2
u_{bij}	=	$u_{elastisch}$	= 7,2
$u_{eind,toe}$	=	$u_{eind,toelaatbaar}$	= 16,0
u.c.	=	$u_{eind} / u_{eind,toelaatbaar}$	= 0,64
$u_{bij,toe}$	=	$u_{bij,toelaatbaar}$	= 12,0
u.c.	=	$u_{bij} / u_{bij,toelaatbaar}$	= 0,60

toetsingen uiterste grenstoestand (samenvatting) onderdeel

buiging, art 6.2.5	M_{Ed}	=	60,3	6.12	$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{60,3}{91,3}$	=	0,66	-
dwarskracht, art. 6.2.6	V_{Ed}	=	61,1	6.17	$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{61,1}{244,9}$	=	0,25	-
onderflensinklemming, art. 6.3.1	R_1	=	61,1	6.46	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{61,1}{65,8}$	=	0,93	-
	R_2	=	61,1	6.46	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{61,1}{65,8}$	=	0,93	-
kip, art. 6.3.2	M_{Ed}	=	60,3	6.54	$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{60,3}{78,2}$	=	0,77	-
opleglengte, art. 6.9 EC steen	R_1	l_{opleg}	=	$N_{Ed} / (\beta \cdot b \cdot f_b)$						
		l_{opleg}	=	$61,1 \cdot 10^3 / (1,28 \cdot 200 \cdot 4,97)$						48 mm
	R_2	l_{opleg}	=	$61,1 \cdot 10^3 / (1,28 \cdot 200 \cdot 4,97)$						48 mm

art. 6.2.5 buigend moment, enkele buiging, rekenen met gecombineerde profielgegevens onderdeel

rekenwaarde moment	M_{Ed}	=	60,3 kNm	profiel	=	HE200A	A	=	53,8 cm ²	
reductie flensdoorsnede (boutgater	$A_{f,red}$	=	0,0 cm ²	kwaliteit	=	S235	γ_{M0}	=	1,00 -	
				f_y	=	235 N/mm ²	γ_{M2}	=	1,25 -	
				f_u	=	360 N/mm ²	W_{pl}	=	429,5 cm ³	
				b	=	200 mm	$W_{el,min}$	=	388,6 cm ³	
				t_f	=	10 mm	$W_{ef,min}$	=	388,6 cm ³	
6.12	$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{60,331}{91,3}$	A_f	=	20,0	1,0	=	20,0 cm ²	
			0,66	$A_{f,net}$	=	20	-	0,0	=	20,0 cm ²
(2) voor doorsnedeklasse 1 en 2										
6.13	$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} =$	$\frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$	=	$\frac{429,5 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00}$	=	100,9 kNm				
voor doorsnedeklasse 3										
6.14	$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} =$	$\frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$	=	$\frac{388,6 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00}$	=	91,3 kNm				

voor doorsnedeklasse 4

$$6.15 \quad M_{c,Rd} = M_{ef,Rd} = \frac{W_{ef,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{388,6 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 91,3 \text{ kNm}$$

6.16 (4) gaten voor verbindingsmiddelen mogen worden verwaarloosd als:

$$\frac{A_{f,net} \cdot 0,9 \cdot f_u \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M2}} = \frac{20,0 \cdot 0,9 \cdot 360 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 5,2 \text{ kN}$$

$$\frac{A_f \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{20 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 4,7 \text{ kN}$$

art. 6.2.6 dwarskracht (afschuiving) onderdeel

rekenwaarde moment	$V_{Ed} = 61,1 \text{ kN}$	profiel	= HE200A	A	= 53,8 cm ²
profiel	gewalste I en H profielen	kwaliteit	= S235	γ_{M0}	= 1,00 -
factor in formules gelast profiel	$\eta = 1$	f_y	= 235 N/mm ²	I_y	= 3692 cm ⁴
dikte in beschouwde punt	$t = 6 \text{ mm}$	b	= 200 mm	t_f	= 10 mm
		h	= 190 mm	t_w	= 6,5 mm
		S_y	= 215 cm ³	I_t	= 21,0 cm ⁴
		h_w	= 190 - 10	2 =	170 mm
		reken met hoogte van het lijf	h_w	=	170 mm
		afroningstraal in profiel	r	=	18 mm

$$6.17 \quad \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} <= 1,0 = \frac{61,1}{244,9} = 0,25$$

$$6.18 \quad V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0}} / \sqrt{3} = \frac{1805 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} / \sqrt{3} = 244,9 \text{ kN}$$

(4) Om de rekenwaarde van de elastische weerstand tegen dwarskracht $V_{c,Rd}$ te toetsen mag, voor een kritiek punt van de doorsnede, het volgende criterium zijn gebruikt tenzij het toetsen op plooiën volgens hoofdstuk 5 van EN 1993-1-5 van toepassing is:

$$6.19 \quad \frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} = \frac{55,3}{235 / (\sqrt{3} \cdot 1,00)} = 0,14$$

algemeen geldt:

$$6.20 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} S}{I_y t} = \frac{61,1 \cdot 215 \cdot 10^2}{3692 \cdot 6} = 59 \text{ N/mm}^2$$

(5) Voor I- of H-profielen mag de schuifspanning in het lijf als volgt zijn bepaald:

$$6.21 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} \text{ indien } A_f / A_w >= 0,6 = \frac{61,1 \cdot 10^3}{1105} = 55 \text{ N/mm}^2$$

$$A_f = b t_f = 200 \cdot 10 = 20 \cdot 10^2 \text{ cm}^2$$

$$A_w = h_w t_w = 170 \cdot 6,5 = 11,1 \cdot 10^2 \text{ cm}^2$$

$$A_f / A_w = 20 / 11,1 = 1,8$$

waarde voor τ_{Ed} waarmee mag worden gerekend voor I en H-profielen = 55 N/mm²

6.22 (6) Bovendien behoort, voor lijven zonder dwarsverstijvers, de weerstand tegen plooiën door afschuiving volgens hoofdstuk 5 van EN 1993-1-5 te zijn bepaald indien

$$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\epsilon}{\eta} \text{ dus } \frac{170}{6,5} > 72 \frac{1,00}{1,00} \text{ eis } 26,2 > 72,0$$

$$\text{met } \epsilon = \sqrt{(235 / f_y)} = \sqrt{(235 / 235)} = 1,00$$

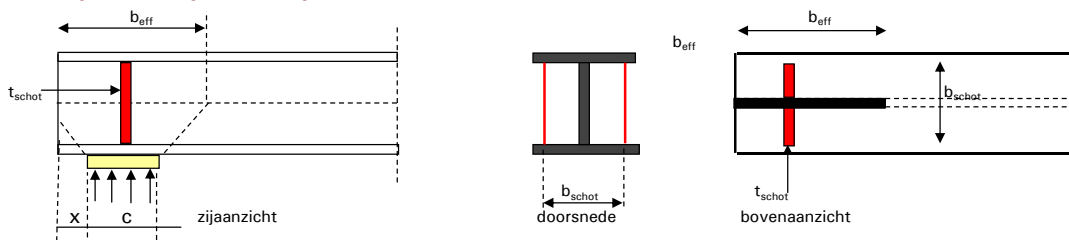
conclusie: weerstand tegen plooiën hoeft niet te worden berekend

(3) a	gewalste I en H profielen	$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$	$A_v = 5380 - 2 \cdot 200 \cdot 10 + (6,5 + 2 \cdot 18) \cdot 10 = 1805$
(3) b	gewalste U en C profielen	$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + r) \cdot t_f$	$A_v = 5380 - 2 \cdot 200 \cdot 10 + (6,5 + 18) \cdot 10 = 1625$
(3) c	gewalste T profielen	$A_v = 0,9 \cdot (A - b \cdot t_f)$	$A_v = 0,9 \cdot (5380 - 200 \cdot 10) = 3042$
(3) d	gelast I,H, buis, // lijf	$A_v = \eta \cdot \Sigma (h_w \cdot t_w)$	$A_v = 1 \cdot (170 \cdot 6,5) = 1105$
(3) e	gelast I,H, buis, // flens	$A_v = A - \Sigma (h_w \cdot t_w)$	$A_v = 5380 - (170 \cdot 6,5) = 4275$
(3) f1	gewalste rh buis // hoogte	$A_v = A \cdot h / (b + h)$	$A_v = 5380 \cdot 190 / (200 + 190) = 2621$
(3) f2	gewalste rh buis // breedte	$A_v = A \cdot b / (b + h)$	$A_v = 5380 \cdot 200 / (200 + 190) = 2759$
(3) g	ronde buisprofielen	$A_v = 2 \cdot A / \pi$	$A_v = 2 \cdot 5380 / \pi = 3425$

art. 6.3.1 onderflensinklemming (gaffeloplegging) onderdeel

rekenwaarde oplegreactie	$N_{Ed} = 61,1$ kN	profiel	= HE200A	E	= 210000 N/mm ²
extra normaalkracht in oplegging	$N_{extra} = 0$ kN	kwaliteit	= S235		
oplegglengte	$c = 200$ mm	f_y	= 235 N/mm ²	γ_{M1}	= 1,00 -
totale dikte schotjes	$t_{schot} = 0$ mm	y-richting		z-richting	
totale breedte schotjes (incl. lijf)	$b_{schot} = 279,0$ mm	h	= 190 mm	b	= 200 mm
zijkant oplegging c tot eind ligger	$x = 12,3$ mm	kromme	= c	t_w	= 6,5 mm

er worden geen verstijfingsschotjes toegepast



NEN 6770 art 12.2.4

$$b_{eff} = 0,5 \sqrt{(h^2 + c^2)} + x + c/2 = 0,5 \sqrt{(190,0^2 + 200,0^2)} + 12,3 + 200 / 2 = 250,2 \text{ mm}$$

$$b_{eff} < \sqrt{(h^2 + c^2)} = \sqrt{(190^2 + 200^2)} = 275,9 \text{ mm}$$

$$\text{kniklengte } y\text{-richting } l_{cr,y} = 2 \cdot 190 = 380,0 \text{ mm}$$

$$\text{doorsnede } A = b_{eff} \cdot t_w + (b_{schot} - t_w) \cdot t_{schot} = 250,2 \cdot 6,5 + (279,0 - 6,5) \cdot 0 = 16,26 \cdot 10^2 \text{ cm}^2$$

$$I = 1/12 (t_{schot} \cdot b_{schot}^3 + (b_{eff} - t_{schot}) \cdot t_w^3) = 1/12 (0 \cdot 279,0^3 + (250,2 - 0) \cdot 6,5^3) = 0,5725 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\text{traagheidsstraal } i = \sqrt{I/A} = \sqrt{(0,5725 \cdot 10^4 / 16 \cdot 10^2)} = 1,9 \text{ mm}$$

y-richting

$$6.46 \quad \frac{N_{Ed} + N_{extra}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{61,1 + 0,0}{65,8} = 0,93$$

$$6.47-6.48 \quad N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = N_{b,Rd} = 0,172 \cdot 16,3 \cdot 235 \cdot 10^{-1} / 1,00 = 65,8 \text{ kN}$$

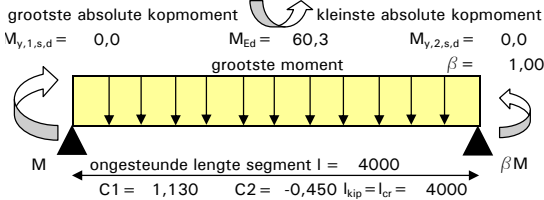
$$6.49 \quad \chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda^2)}} \leq 1,0 \quad \chi = \frac{1}{3,304 + \sqrt{(3,304^2 - 2,156^2)}} = 0,172$$

$$\Phi = 0,5 [1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2] \quad \Phi = 0,5 [1 + 0,49 (2,156 - 0,2) + 2,156^2] = 3,304$$

$$\begin{aligned}
 6.50 \quad \lambda_y = l_{cr,y} / i_y &= 380 / 1,9 = 202,5 - \\
 \lambda_1 = \pi \sqrt{E / f_y} &= \pi \sqrt{(210000 / 235)} = 93,9 - \\
 \lambda_y = \lambda_y / \lambda_1 &= 202,5 / 93,9 = 2,156 - \\
 \text{gemiddelde oplegspanning} &= 61,1 \cdot 10^3 / (200 \cdot 200) = 1,5285 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

art. 6.3.2 prismatische op buiging belaste staven (kip) Kipcontrole gebeurt altijd met alleen profiel 1 onderdeel

schema van het te controleren liggersegment tussen gaffels of kipsteunen



invoergegevens tbc kipcontrole

basisgeval uit NEN 6771	tabel 9, geval 2:q-last
momentenverloop	parabool scharnierend
soort profiel	gewalste I- en H-profielen
aangrijpingspunt belasting	zwaartepunt bovenflens
wijze zijdelingse steunen	tussen 2 gaffels

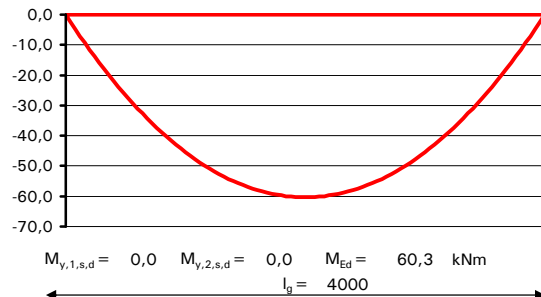
aanvullende invoer via een liggerberekeningen:

invoer van de kipsteunen	door gelijkmatige verdeling
te controleren veld	veld 1
grenstoestand	UGT2 vol - 6.10.b

aantal kipsteunen	n = 0
te controleren liggerdeel (tussen de kipsteunen)	1

reductie weerstandsmoment	$W_{red} = 0,0 \text{ cm}^3$
reductie doorsnede	$A_{red} = 0,0 \text{ cm}^2$
profiel	HE200A E = 210000 N/mm ²
kwaliteit	S235 A = 53,8 cm ²
f_y	235 N/mm ² G = 80769 N/mm ²
h	190 mm $\gamma_{M1} = 1,00$
t_f	10 mm b = 200 mm
I_y	3692 cm ⁴ $t_w = 6,5 \text{ mm}$
i_y	82,8 mm $I_z = 1336 \text{ cm}^4$
$W_{y,el}$	388,6 cm ³ $i_z = 49,8 \text{ mm}$
$W_{y,pl}$	429,5 cm ³ $I_t = 21,0 \text{ cm}^4$
$W_{y,eff}$	388,6 cm ³ h/b = 0,95
plaats van de horizontale kipsteunen bij liggerberekeningen	
$C_{kip,links}$	0,00 * 4000 = 0 mm
$C_{kip,rechts}$	1,00 * 4000 = 4000 mm
l	4000 - 0 = 4000 mm

momentenlijn gekozen veld en kipsteunen



kipcontrole algemeen: 0,77 kipcontrole gewalst profiel 0,73 "tekenafpraak" getekende momentenlijn wijkt af van de mechanica berekening

NEN 6771 art.12.2.5.3 bepaling vervangende ongesteunde kiplengte

tussen twee gaffels $l_{kip} = l_{st} = 4000 \text{ mm}$
 tussen een gaffel en een kipsteun of tussen twee kipsteunen
 $l_{kip} = (1,4 - 0,8 \beta) l_{st}$ echter $1,0 \leq l_{kip} / l_{st} \leq 1,4$
 $f_2 = (1,4 - 0,8 \beta) = (1,4 - 1,00) = 0,60$

deze factor is niet van toepassing, zodat $f_2=1,00$

Er wordt gerekend met de volgende gegevens:

lengte ligger tussen de gaffels	$l_g = 4000 \text{ mm}$
ongesteunde horizontale lengte	$l = 4000 \text{ mm}$
rekenwaarde buigend moment	$M_{Ed} = 60,3 \text{ kNm}$
kopmoment met grootste absolute waarde	$M_{y,1,s,d} = 0,0 \text{ kNm}$
kopmoment met kleinste absolute waarde	$M_{y,2,s,d} = 0,0 \text{ kNm}$

$l_{st} = f_1 l$	$= 1,00 \cdot 4000 = 4000 \text{ mm}$
$l_{kip} = l_{cr} = f_2 l_{st}$	$= 1,00 \cdot 4000 = 4000 \text{ mm}$
reken met een ongesteunde lengte	$l_{kip} = l_{cr} = 4000 \text{ mm}$
afstand horizontale steun 1 v.a linker steunpunt	$= 0,00 \text{ m}$
afstand horizontale steun 2 v.a linker steunpunt	$= 4,00 \text{ m}$

invloedsfactor uit tabel C1	$C_1 = 1,130$
invloedsfactor uit tabel C2=	$C_2 = -0,450$
verhouding $\varphi = \beta = M_{y,2,s,d} / M_{y,1,s,d}$	$= 1,00$
tabel 9, geval 2:q-last	



toetsing kip art. 6.3.2.2 kipkrommen - Algemeen

let op: de waarden voor C1 en C2 moet uit de tabellen 9 t/m 13 worden gehaald

6.54 $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{60,3}{78,2} = 0,77$ - gebruik bij formule 6.56 kromme a

6.55 $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y f_y / \gamma_{M1}$ $M_{b,Rd} = 0,857 \cdot 388,6 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 78,2$ kNm

6.56 $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)}} \leq 1,0$ $\chi_{LT} = \frac{1}{0,782 + \sqrt{(0,782^2 - 0,680^2)}} = 0,857$ -
 maatgevende waarde $\chi_{LT} = 0,857$ -

$\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2]$ $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,21 (0,680 - 0,2) + 0,680^2] = 0,782$ -

$\lambda_{LT} = \sqrt{W_y \cdot f_y / M_{cr}}$ $= \sqrt{388,6 \cdot 235 \cdot 10^3 / 197} = 0,680$ -

12.2.7 $M_{cr} = M_{ke} = k_{red} C / I_g \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t} = 1,00 \cdot \frac{4}{4000} \cdot \sqrt{(210000 \cdot 1336 \cdot 80769 \cdot 21,0 \cdot 10^8)} = 197$ kNm
 NEN 6771

b) dubbel-symmetrische profielen : $h / t_f \leq 75 = 190 / 10 = 19,0$ -

c) dubbel-symmetrische profielen : $\alpha = h t_f 10^{12} / t_w^3 b I_g^2 \leq 575 = \frac{190 \cdot 10 \cdot 10^{12}}{6,5^3 \cdot \frac{200}{4000^2}} = 2162$ -
 aan deze eis wordt voldaan

$k_{red} =$ als $h / t_w > 75$: $k_{red} = -5,4 \cdot 10^{-5} \alpha + 1,03 = -5,4 \cdot 10^{-5} \cdot 2162 + 1,03 = 0,913$
 aan deze eis wordt niet voldaan

$h / t_w = 190 / 6,5 = 29,231$ $\alpha = 2162$ eis < 5000 conclusie: $k_{red} = 1,00$ -
 toepassingsgebied voor art. 12.2.1 NEN 6770

12.2.5.3 $C = \pi \frac{C_1 I_g}{I_{kip}} \left[\sqrt{1 + \frac{\pi^2 S^2}{I_{kip}^2}} (C_2^2 + 1) + \pi \frac{C_2 S}{I_{kip}} \right]$
 NEN 6771

$C = \pi \frac{1,130 \cdot 4000}{4000} \left[\sqrt{1 + \frac{9,870 \cdot 1222,4^2}{4000^2}} (-0,450^2 + 1) + \pi \frac{-0,450 \cdot 1222,4}{4000} \right] = 3,6$ -

12.2.11.b $S = \frac{h}{2} \sqrt{\left(\frac{E_d}{Gd} \frac{I_z}{I_t} \right)} = \frac{190}{2} \sqrt{\left(\frac{210000 \cdot 1336,0}{80769 \cdot 21,0} \right)} = 1222,4$ -

benadering geldt alleen voor I-profielen

toetsing kip art. 6.3.2.3 kipkrommen voor gewalste profielen of equivalente gelaste profielen

6.54 $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{60,331}{82,7} = 0,73$ - gebruik bij formule 6.57 kromme b

6.55 $M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} W_y f_y / \gamma_{M1}$ $M_{b,Rd} = 0,906 \cdot 388,6 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 82,7$ kNm

$M_{cr} = 197$ $\lambda_{LT} = 0,68$ als bij berekening 6.3.2.2 kipkrommen algemeen

6.57 $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2)}} \leq 1,0$ $\chi_{LT} = \frac{1}{0,721 + \sqrt{(0,721^2 - 0,75 \cdot 0,680^2)}} = 0,879$ -

$\chi_{LT} \leq 1 / \lambda_{LT}^2 = 1 / 0,68^2 = 2,2$ - maatgevende waarde $\chi_{LT} = 0,879$ -

6.58 $\chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / f = 0,879 / 0,97 = 0,906$ - reken met $\chi_{LT,mod} = 0,906$ -
 $f = 1 - 0,5(1 - k_\phi) [1 - 2,0(\lambda_{LT} - 0,8)^2] \leq 1,0$ $f = 1 - 0,5(1 - 0,94) [1 - 2,0(0,680 - 0,8)^2] = 0,971$ -

kip $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda_{LT}^2]$ $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,34 (0,68 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,68^2] = 0,721$ -

opmerking