

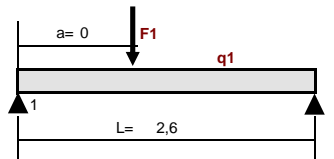


stalen ligger op 2 steunpunten met een q- en een F-last 1xprofiel 1: HE180B

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

kerngegevens		ontwerplevensduur = 50 jaar
toegepaste norm	= eurocode nieuwbouw	toepassing gebouwen en andere gewone constructies
ontwerplevensduur klasse	= 3	6.10.a 6.10.b 6.1 partiële factoren
gevolgklasse	CC 2	$\gamma_{Gj} = 1,35$ $\xi \gamma_{Gj} = 1,20$ $\gamma_{M0} = 1,00$ -
correctiefactor voor formule 6.10.b	$\xi =$ 0,89	$\gamma_{Q1} = 1,50$ $\gamma_{Q1} = 1,50$ $\gamma_{M1} = 1,00$ -
de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage		$\gamma_{Q2} = 1,50$ $\gamma_{Q2} = 1,50$ $\gamma_{M2} = 1,25$ -

diverse factoren		eigen gewicht ligger automatisch berekenen ja
gebouwcategorie	A: woon- en verblijfsruimtes	traagheidsmoment en weerstandsmoment in richting van de belast
(gewichtsberekening)	$\psi_0 = 0,4$ -	belasting profiel 1: sterke as
(elastische doorbuiging)	$\psi_1 = 0,5$ -	$\Sigma I = 3831$ cm ⁴ $\Sigma g = 0,51$ kN/m'
(kruip)	$\psi_2 = 0,3$ -	$\Sigma W_{pl} = 481$ cm ³ $\Sigma A = 65,3$ cm ²
reductiefactor vloerbelasting	$\psi_t = 1,00$ -	$\Sigma W_{el} = 426$ cm ³ E = 210000 N/mm ²
liggerlengte	L = 2,6 m	
toelaatbare einddoorbuiging	1: 250 * L	
toelaatbare bijkomende doorbuiging	1: 500 * L	
toegepaste zeeg	0 mm	



belastingen en combinaties onderdeel

q1:

permanente belasting	$G_{kj} = 50$ kN/m	G_{kj} : (incl.e.g.)	50	+	0,51	=	50,51	kN/m'
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom} = 30$ kN/m	STR/GEO	γ_{Gj}	G_{kj}	+	γ_Q	ΣQ_{mom}	
opgelegde belasting momentaan	$\Sigma Q_{mom} = 25$ kN/m	6.10.a:	1,35	50,51	+	1,50	25,00	= 105,69 kN/m'
		STR/GEO	$\xi \gamma_{Gj}$	G_{kj}	+	γ_Q	$\Sigma Q_{extr+mom}$	
		6.10.b:	1,20	50,51	+	1,50	30,00	= 105,69 kN/m'

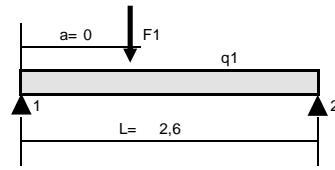
F1:

permanente belasting	$G_{kj} =$ kN	G_{kj} : (incl.e.g.)	0	=	0,00	kN		
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom} =$ kN	STR/GEO	γ_{Gj}	G_{kj}	+	γ_Q	ΣQ_{mom}	
opgelegde belasting momentaan	$\Sigma Q_{mom} =$ kN	6.10.a:	1,35	0	+	1,50	0	= 0,00 kN
plaats puntlast vanaf steunpunt 1 (links)	a = m	STR/GEO	$\xi \gamma_{Gj}$	G_{kj}	+	γ_Q	$\Sigma Q_{extr+mom}$	
		6.10.b:	1,20	0	+	1,50	0	= 0,00 kN

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

ULS	buiging	0,89	dwarskracht	0,50	onderflensinklemming	0,87	kip	0,96	SLS	u_{eind}	0,57	u_{bij}	0,43
-----	---------	------	-------------	------	----------------------	------	-----	------	-----	------------	------	-----------	------

resultaten mechanica berekeningen onderdeel



belastinggeval / combinatie	belastingen		dwarskracht (kN)		reactie (kN)	
	q1	F1	V _{1,2}	V _{2,1}	R ₁	R ₂
G_{kj}	50,51	0,00	-65,67	65,67	65,67	65,67
$Q_{k1} + \psi_{0,j} \cdot Q_{kj}$	30,00	0,00	-39,00	39,00	39,00	39,00
ULS(1) 6.10.a	105,69	0,00	-137,40	137,40	137,40	137,40
ULS(2) 6.10.b	105,69	0,00	-137,40	137,40	137,40	137,40
maatgevende waarden			$V_{Ed} =$ 137,40	kN	$R_{Ed} =$ 137,40	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_{kj}	0,0	0,0	42,68	1,30	3,7
$Q_{k1} + \psi_{0,j} \cdot Q_{kj}$	0,0	0,0	25,35	1,30	2,2
ULS(1) 6.10.a	0,0	0,0	89,31	1,30	
ULS(2) 6.10.b	0,0	0,0	89,31	1,30	
maatgevende waarden	$M_{Ed,s1} =$ 0,0	kNm	$M_{Ed,v} =$ 89,3	kNm	



toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand onderdeel

belastinggevallen en combinaties

veld	=	$U_{1,2}$	=	3,7
U_{on}	=	$G_{k,j}$	=	2,2
$U_{elastisch}$	=	$Q_{k1} + \psi_{0,j} \cdot Q_{k,j}$	=	0,0
U_{zeg}	=	volgens opgave	=	6,0
U_{eind}	=	$U_{on} + U_{elastisch} + U_{kruip} + U_{zeg}$	=	10,4
$U_{eind,toe}$	=	$U_{eind,toelaatbaar}$	=	0,57
U.C.	=	$U_{eind} / U_{eind,toelaatbaar}$	=	2,2
U_{bij}	=	$U_{elastisch}$	=	5,2
$U_{bij,toe}$	=	$U_{bij,toelaatbaar}$	=	0,43
U.C.	=	$U_{bij} / U_{bij,toelaatbaar}$	=	

toetsingen uiterste grenstoestand (samenvatting) onderdeel

buiging, art 6.2.5	M_{Ed}	=	89,3	6.12	$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{89,3}{100,0}$	=	0,89			
dwarskracht, art. 6.2.6	V_{Ed}	=	137,4	6.17	$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{137,4}{275,3}$	=	0,50			
onderflensinklemming, art. 6.3.1	R_1	=	137,4	6.46	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{137,4}{158,7}$	=	0,87			
	R_2	=	137,4	6.46	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{137,4}{158,7}$	=	0,87			
kip, art. 6.3.2	M_{Ed}	=	89,3	6.54	$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{89,3}{93,2}$	=	0,96			
opleglengte, art. 6.9 EC steen	R_1	I_{opleg}	=	N_{Ed}	/	(β	b	f_b)	=	146 mm
	R_2	I_{opleg}	=	$137,40 \cdot 10^3$	/	(1,34	180	3,890)	=	146 mm

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

rekenwaarde moment	M_{Ed}	=	89,3 kNm	profiel	=	HE180B	A	=	65,3 cm ²	
reductie flensdoorsnede (boutgat)	$A_{f,red}$	=	0,0 cm ²	kwalitei	=	S235	γ_{M0}	=	1,00	
				f_y	=	235 N/mm ²	γ_{M2}	=	1,25	
				f_u	=	360 N/mm ²	W_{pl}	=	481,4 cm ³	
				b	=	180 mm	$W_{el,min}$	=	425,7 cm ³	
				t_f	=	14 mm	$W_{ef,min}$	=	425,7 cm ³	
				A_f	=	18,0	1,4	=	25,2 cm ²	
				$A_{f,net}$	=	25,2	-	0,0	=	25,2 cm ²

de boutgaten mogen worden verwaarloosd

6.12 $\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0 = \frac{89,3}{100,0} = 0,89$

(2) voor doorsnedeklasse 1 en 2

6.13 $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{481,4 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 113,1$ kNm

voor doorsnedeklasse 3

6.14 $M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{425,7 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 100,0$ kNm

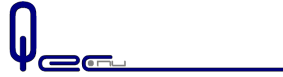
voor doorsnedeklasse 4

6.15 $M_{c,Rd} = M_{ef,Rd} = \frac{W_{ef,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{425,7 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 100,0$ kNm

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

$\frac{A_{f,net} \cdot 0,9 \cdot f_u \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M2}} = \frac{25,2 \cdot 0,9 \cdot 360 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 6,5$ kN

$\frac{A_f \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{25,2 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 5,9$ kN



art. 6.2.6 dwarskracht (afschuiving) onderdeel

rekenwaarde moment	$V_{Ed} = 137,4$ kN	profiel	= HE180B	A	= 65,3	cm ²
profiel	gewalste I en H profielen	kwaliteit	= S235	γ_{MO}	= 1,00	-
hoogte van het lijf	$h_w = 152$ mm	f_y	= 235	N/mm ²	I_y	= 3831
factor in formules gelast profiel	$\eta = 1$ -	b	= 180	mm	t_f	= 14
		h	= 180	mm	t_w	= 8,5
dikte in beschouwde punt	t = 6 mm	S_y	= 241	cm ³	I_t	= 42,2
		h_w	= 180	-	14	2 = 152
		afroningstraal in profiel	r	= 15	mm	

6.17 $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 = \frac{137,4}{275,3} = 0,50$ -

6.18 $V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\gamma_{MO}} / \sqrt{3} = \frac{2029 \cdot 235 \cdot 10^3}{1,00} / \sqrt{3} = 275,3$ 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 $\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{MO})} = \frac{106}{235 / (\sqrt{3} \cdot 1,00)} = 0,26$ -

algemeen geldt:

6.20 $\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} S}{I_y t} = \frac{137,4 \cdot 241 \cdot 10^2}{3831 \cdot 6} = 144$ N/mm²

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

6.21 $\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w}$ indien $A_f / A_w \geq 0,6 = \frac{137,4 \cdot 10^3}{1292} = 106$ N/mm²

$A_f = b t_f = 180 \cdot 14 = 25,2 \cdot 10^2$ cm²
 $A_w = h_w t_w = 152 \cdot 8,5 = 12,9 \cdot 10^2$ cm²
 $A_f / A_w = 25,2 / 12,9 = 2,0$ -

waarde voor τ_{Ed} waarmee mag worden gerekend voor I en H-profiel = 106 N/mm²

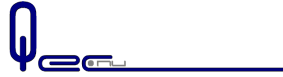
6.22 (6) Bovendien behoort, voor lijven zonder dwarsverstijvers, de weerstand tegen plooiën door afschuiving volgens hoofdstuk 5 van EN 1993-1-5 te zijn bepaald indien

$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\epsilon}{\eta}$ dus $\frac{152}{8,5} > 72 \frac{1,00}{1,00}$ eis 17,9 > 72,0

conclusie: weerstand tegen plooiën hoeft niet te worden berekend

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

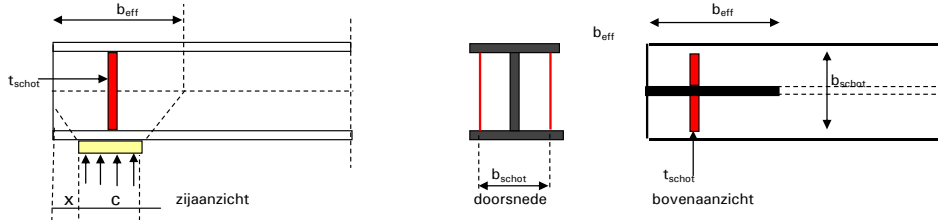
(3) a	gewalste I en H profieler	$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$	$A_v = 6530 - 2 \cdot 180 \cdot 14 + (8,5 + 2 \cdot 15) \cdot 14 = 2029$
(3) b	gewalste U en C profieler	$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + r) t_f$	$A_v = 6530 - 2 \cdot 180 \cdot 14 + (8,5 + 15) \cdot 14 = 1819$
(3) c	gewalste T profieler	$A_v = 0,9 (A - b t_f)$	$A_v = 0,9 (6530 - 180 \cdot 14) = 3609$
(3) d	gelast I,H, buis, // lijf	$A_v = \eta \Sigma (h_w t_w)$	$A_v = 1 \cdot (152 \cdot 8,5) = 1292$
(3) e	gelast I,H, buis, // flens	$A_v = A - \Sigma (h_w t_w)$	$A_v = 6530 - (152 \cdot 8,5) = 5238$
(3) f1	gewalste rh buis // hoogt	$A_v = A h / (b + h)$	$A_v = 6530 \cdot 180 / (180 + 180) = 3265$
(3) f2	gewalste rh buis // breed	$A_v = A b / (b + h)$	$A_v = 6530 \cdot 180 / (180 + 180) = 3265$
(3) g	ronde buisprofielen	$A_v = 2 A / \pi$	$A_v = 2 \cdot 6530 / \pi = 4157$



art. 6.3.1 onderflensinklemming (gaffeloplegging) onderdeel

rekenwaarde oplegreactie	N_{Ed}	=	137,4	kN	profiel	=	HE180B	E	=	210000	N/mm ²
extra normaalkracht in oplegging	N_{extra}	=	0	kN	kwaliteit	=	S235				
opleglengte	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}	=	0,0	mm	h	=	180	mm	b	=	180
zijkant oplegging c tot eind ligger	x	=	120,0	mm	kromme	=	c	t_w	=	8,5	mm

er worden geen verstijvingsschotjes toegepast



NEN 6770 art 12.2.4

$$b_{eff} = 0,5 \sqrt{(h^2 + c^2)} + x + c/2 = 0,5 \sqrt{(180,0^2 + 200,0^2)} + 120,0 + 200 / 2 = 354,5 \text{ mm}$$

$$b_{eff} < \sqrt{(h^2 + c^2)} = \sqrt{(180^2 + 200^2)} = 269,1 \text{ mm}$$

$$\text{kniklengte y-richting } l_{cr,y} = 2 \cdot 180 = 360,0 \text{ mm}$$

$$\text{doorsnede } A = b_{eff} t_w + (b_{schot} - t_w) t_{schot} = 269,1 \cdot 8,5 + (0,0 - 9) \cdot 0 = 22,87 \cdot 10^2 \text{ cm}^2$$

$$I = 1/12 (t_{schot} b_{schot}^3 + (b_{eff} - t_{schot}) t_w^3) = 1/12 (0 \cdot 0,0^3 + (269,1 - 0) \cdot 9^3) = 1,377 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\text{traagheidsstraal } i = \sqrt{I/A} = \sqrt{(1,377 \cdot 10^4 / 23 \cdot 10^2)} = 2,5 \text{ mm}$$

y-richting

$$6.46 \quad \frac{N_{Ed} + N_{extra}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{137,4 + 0,0}{158,7} = 0,87$$

$$6.47-6.48 \quad N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = N_{b,Rd} = 0,295 \cdot 22,9 \cdot 235 \cdot 10^{-1} / 1,00 = 158,7 \text{ kN}$$

$$6.49 \quad \chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} \leq 1,0 \quad \chi = \frac{1}{2,054 + \sqrt{(2,054^2 - 1,562^2)}} = 0,295$$

$$\Phi = 0,5 [1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2] \quad \Phi = 0,5 [1 + 0,49 (1,562 - 0,2) \cdot 1,562^2] = 2,054$$

$$6.50 \quad \lambda_y = l_{cr,y} / i_y = 360 / 2,5 = 146,7$$

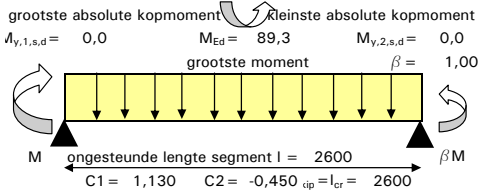
$$\lambda_1 = \pi \sqrt{(E / f_y)} = \pi \sqrt{(2E + 05 / 235)} = 93,9$$

$$\bar{\lambda}_y = \lambda_y / \lambda_1 = 146,7 / 93,9 = 1,562$$

$$\text{gemiddelde oplegspanning} = 137,4 \cdot 10^3 / (180 \cdot 200) = 3,82 \text{ N/mm}^2$$

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



reductie weerstandsmoment	$W_{red} = 0,0$ cm ³
reductie doorsnede	$A_{red} = 0,0$ cm ²
profiel	HE180B E = 210000 N/mm ²
kwaliteit	S235 A = 65,3 cm ²
f_y	235 N/mm ² G = 80769 N/mm ²
h	180 mm $\gamma_{M1} = 1,00$ -
t_f	14 mm b = 180 mm
I_y	3831 cm ⁴ $t_w = 8,5$ mm
i_y	76,6 mm $I_z = 1363$ cm ⁴
$W_{y,el}$	425,7 cm ³ $i_z = 45,7$ mm
$W_{y,pl}$	481,4 cm ³ $I_t = 42,2$ cm ⁴
$W_{y,eff}$	425,7 cm ³ h/b = 1,00 -
plaats van de horizontale kipsteunen bij liggerberekeningen	
$C_{kiplinks}$	0,00 * 2600 = 0 mm
$C_{kiprechts}$	1,00 * 2600 = 2600 mm
l	2600 - 0 = 2600 mm

invoergegevens tbc kipcontrole

basisgeval uit NEN 6771 tabel 10, q-last en kopmomenten
 momentenverloop **parabool scharnierend**
 soort profiel **gewalste I- en H-profielen**
 aangrijpingspunt belasting **zwaartepunt bovenflens**
 wijze zijdelijngse steunen **tussen 2 gaffels**

aanvullende invoer via een liggerberekeningen:

invoer van de kipsteunen **door gelijkmatige verdeling**
 te controleren veld **veld 1**
 grenstoestand **UGT1 vol - 6.10.a**

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



$M_{y,1,s,d} = 0,0$ $M_{y,2,s,d} = 0,0$ $M_{Ed} = 89,3$ kNm
 $l_g = 2600$

"tekenafpraak" getekende momentenlijn wijkt af van de mechanica-berekening

kipcontrole algemeen: **0,96** kipcontrole gewalst prof **0,90**

NEN 6771 art.12.2.5.3 bepaling vervangende ongesteunde kiplengte

tussen twee gaffels $l_{kip} = l_{st} = 2600$ mm
 tussen een gaffel en een kipsteun of tussen twee kipsteunen
 $l_{kip} = (1,4 - 0,8 \beta) l_{st}$ echter $1,0 \leq l_{kip} / l_{st} \leq 1,4$
 $f_2 = (1,4 - 0,8 \beta) = (1,4 - 0,8 \cdot 1,00) = 0,60$

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

Er wordt gerekend met de volgende gegevens:

lengte ligger tussen de gaffels $l_g = 2600$ mm
 ongesteunde horizontale lengte $l = 2600$ mm
 rekenwaarde buiging moment $M_{Ed} = 89,3$ kNm
 kopmoment met grootste absolute waarde $M_{y,1,s,d} = 0,0$ kNm
 kopmoment met kleinste absolute waarde $M_{y,2,s,d} = 0,0$ kNm

$l_{st} = f_1 l = 1,00 \cdot 2600 = 2600$ mm
 $l_{kip} = l_{cr} = f_2 l_{st} = 1,00 \cdot 2600 = 2600$ mm
 reken met een ongesteunde lengt $l_{kip} = l_{cr} = 2600$ mm
 afstand horizontale steun 1 v.a linker steunpunt 0,00 m
 afstand horizontale steun 2 v.a linker steunpunt 2,60 m

invloedsfactor uit tabel C1 $C_1 = 1,13$ -
 invloedsfactor uit tabel C2 -1 0,450 $C_2 = -0,45$ -
 verhouding $\varphi = \beta = M_{y,2,s,d} / M_{y,1,s,d} = 1,00$ -
 tabel 10, q-last en kopmomenten $B^* = 0,00$

toetsing kip art. 6.3.2.2 kipprommen - Algemeen

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

6.54 $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{89,3}{93,2} = 0,96$ -

gebruik bij formule 6.56 kromme a

6.55 $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y f_y / \gamma_{M1} = 0,931 \cdot 425,7 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 93,2$ kNm

6.56 $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} \leq 1,0$ $\chi_{LT} = \frac{1}{0,643 + \sqrt{(0,643)^2 - 0,477^2}} = 0,931$ -
 maatgevende waarde $\chi_{LT} = 0,931$ -

$\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - 0,2)] + \lambda_{LT}^2$ $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,21 (0,477 - 0,2) \cdot 0,477^2] = 0,643$ -

$\lambda_{LT} = \sqrt{W_y \cdot f_y / M_{cr}} = \sqrt{425,7 \cdot 235 \cdot 10^3 / 440} = 0,477$ -

12.2.7 $M_{cr} = M_{kib} = k_{red} C / l_g \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}$ $1,00 \cdot \frac{4}{2600} \cdot \sqrt{(2E+05) \cdot 1363 \cdot 80769 \cdot 42,2 \cdot 10^8} = 440$ kNm
 NEN 6771

b) dubbel-symmetrische profielen : $h / t_f \leq 75 = \frac{180}{14} = 12,9$ -

aan deze eis wordt voldaan

c) dubbel-symmetrische profielen : $\alpha = h t_f 10^{12} / t_w^3 b^2 \leq 575 = \frac{180 \cdot 14 \cdot 10^{12}}{8,5^3 \cdot 180 \cdot 2600^2} = 3372$ -

aan deze eis wordt niet voldaan

$k_{red} =$ als $h / t_w > 75$: $k_{red} = -5,4 \cdot 10^{-5} \alpha + 1,03 = -5,4 \cdot 10^{-5} \cdot 3372 + 1,03 = 0,848$



$$h / t_w = 180 / 8,5 = 21,176 \quad \alpha = 3372 \text{ eis} < 5000 \quad \text{conclusie:} \quad k_{red} = 1,00 -$$

toepassingsgebied voor art. 12.2.1 NEN 6770

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

$$NEN 6771 \quad C = \pi \frac{1,130 \cdot 2600}{2600} \left[\sqrt{1 + \frac{9,870 \cdot 825,1^2}{2600^2} (-0,450^2 + 1)} + \pi \frac{-0,450 \cdot 825,1}{2600} \right] = 3,7 -$$

$$12.2.11.b \quad S = \frac{h}{2} \sqrt{\left(\frac{E_d}{G_d} \frac{I_z}{I_t} \right)} = \frac{180}{2} \sqrt{\left(\frac{210000}{80769} \frac{1363,0}{42,2} \right)} = 825,1 -$$

benadering geldt alleen voor I-profielen

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

$$6.54 \quad \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{89,31}{99,4} = 0,90 - \text{ gebruik bij formule 6.57 kromme b}$$

$$6.55 \quad M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} W_y f_y / \gamma_{M1} \quad M_{b,Rd} = 0,993 \cdot 425,7 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 99,4 \text{ kNm}$$

$M_{cr} = 440 \quad \chi_{LT} = 0,48$ als bij berekening 6.3.2.2 kipkrommen algemeen

$$6.57 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta^{-1} \lambda_{LT}^2}} \leq 1,0 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{0,598 + \sqrt{0,598^2 - 0,75 \cdot 0,477^2}} = 0,970 -$$

$\chi_{LT} \leq 1 / \lambda_{LT}^2 = 1 / 0,48^2 = 4,4 -$ maatgevende waarde $\chi_{LT} = 0,970 -$

$$6.58 \quad \chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / f = 0,970 / 0,98 = 0,993 - \text{ reken met } \chi_{LT,mod} = 0,993 -$$

$f = 1 - 0,5(1 - k_2) [1 - 2,0(\lambda_{LT} - 0,8)^2] \leq 1,0 \quad f = 1 - 0,5(1 - 0,94) [1 - 2,0(0,477 - 0,8)^2] = 0,976 -$

kip $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta^{-1} \lambda_{LT}^2] \quad \Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,34 (0,48 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,48^2] = 0,598 -$

opmerking