

**stalen ligger op 2 steunpunten met twee F-lasten
 en een q-last over de gehele lengte**

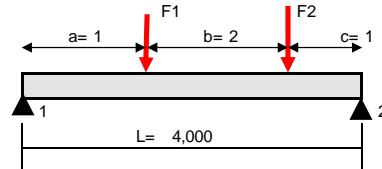
1xprofiel 1: HE140A

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

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	1	$\gamma_{Gj} = 1,22$	$\xi \gamma_{Gj} = 1,08$	$\gamma_{M0} = 1,00$ -
correctiefactor voor formule 6.10.b	$\xi =$	0,89	$\gamma_{Q1} = 1,35$	$\gamma_{Q1} = 1,35$	$\gamma_{M1} = 1,00$ -
de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage			$\gamma_{Q1} = 1,35$	$\gamma_{Q1} = 1,35$	$\gamma_{M2} = 1,25$ -

diverse factoren		eigen gewicht ligger automatisch berekenen	ja
gebouwcategorie	A: woon- en verblijfsruimtes	traagheidsmoment en weerstandsmoment in richting van de belasting	
(gewichtsberekening)	$\psi_{0f} = 0,4$ -	belasting profiel 1: sterke as	
(elastische doorbuiging)	$\psi_{1f} = 0,5$ -	$\Sigma I = 1033$ cm ⁴	$\Sigma g = 0,25$ kN/m'
(kruip)	$\psi_{2f} = 0,3$ -	$\Sigma W_{pl} = 174$ cm ³	$\Sigma A = 31,4$ cm ²
reductiefactor vloerbelasting	$\psi_{ff} = 1,00$ -	$\Sigma W_{ef} = 155$ cm ³	$E = 210000$ N/mm ²

liggerlengte	L1=	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:

permanente belasting	$G_{k,f} = 1,5$ kN/m	$G_{k,j}$ (incl.e.g.)	1,5	+	0,25	=	1,75	kN/m'
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom} = 4$ kN/m	STR/GEO γ_{Gj}	$G_{k,j}$	+	γ_Q	ΣQ_{mom}		
opgelegde belasting momentaan	$\Sigma Q_{mom} = 2$ kN/m	6.10.a: 1,22	1,75	+	1,35	2,00	=	4,82 kN/m'
		STR/GEO $\xi \gamma_{Gj}$	$G_{k,j}$	+	γ_Q	$\Sigma Q_{extr+mom}$		
		6.10.b: 1,08	1,75	+	1,35	4,00	=	7,29 kN/m'

F1:

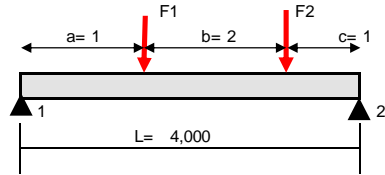
permanente belasting	$G_{k,f} = 4$ kN	$G_{k,j}$ (incl.e.g.)	4	=	4,00	kN		
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom} = 5$ kN	STR/GEO γ_{Gj}	$G_{k,j}$	+	γ_Q	ΣQ_{mom}		
opgelegde belasting momentaan	$\Sigma Q_{mom} = 3$ kN	6.10.a: 1,22	4,00	+	1,35	3,00	=	8,91 kN
afstand uit linker steunpunt	a = 1 m	STR/GEO $\xi \gamma_{Gj}$	$G_{k,j}$	+	γ_Q	$\Sigma Q_{extr+mom}$		
		6.10.b: 1,08	4,00	+	1,35	5,00	=	11,08 kN

F2:

permanente belasting	$G_{k,f} = 2$ kN	$G_{k,j}$ (incl.e.g.)	2	=	2,00	kN		
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom} = 5$ kN	STR/GEO γ_{Gj}	$G_{k,j}$	+	γ_Q	ΣQ_{mom}		
opgelegde belasting momentaan	$\Sigma Q_{mom} = 1$ kN	6.10.a: 1,22	2,00	+	1,35	1,00	=	3,78 kN
afstand van F1 tot F2	b = 2 m	STR/GEO $\xi \gamma_{Gj}$	$G_{k,j}$	+	γ_Q	$\Sigma Q_{extr+mom}$		
		6.10.b: 1,08	2,00	+	1,35	5,00	=	8,91 kN

unity-checks	er worden geen verstijvingsschotjes toegepast				zie ook de invoercellen verderop in deze berekening								
ULS	buiging	0,67	dwarskracht	0,18	onderflensinklemming	0,35	kip	0,83	SLS	u_{eind}	0,97	u_{bij}	0,86

resultaten mechanica berekeningen onderdeel



STR/GEO (groep B)

belastinggeval / combinatie	belastingen			dwarskracht (kN)		reactie (kN)	
	q1	F1	F2	V _{1,2}	V _{2,1}	R ₁	R ₂
G _{k,j}	1,75	4,00	2,00	-7,0	6,0	7,0	6,0
Q _{k1} + ψ _{0,i} · Q _{k,i}	4,00	5,00	5,00	-13,0	13,0	13,0	13,0
6.10.a	4,82	8,91	3,78	-17,3	14,7	17,3	14,7
6.10.b	7,29	11,08	8,91	-25,1	24,0	25,1	24,0

maatgevende waarden

belastinggeval / combinatie	steunpuntmoment (kNm)		veidmoment (kNm)	positie M _{veid,max} (m)	vervorming (mm)
	M ₁	M ₂	M _{1,2}	uit R ₁	u _{1,2}
G _{k,j}	0,0	0,0	6,6	1,71	5,2
Q _{k1} + ψ _{0,i} · Q _{k,i}	0,0	0,0	13,0	2,00	10,4
6.10.a	0,0	0,0	16,2	1,73	
6.10.b	0,0	0,0	24,6	1,93	

maatgevende waarden: V_{Ed} = **25,1** kN, R_{Ed} = **25,1** kN

toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand onderdeel

belastinggevallen en combinaties

veld	=	u _{1,2}
u _{on}	= G _{k,j}	= 5,2
u _{elastisch}	= Q _{k1} + ψ _{0,i} · Q _{k,i} (volbelast)	= 10,4
u _{zeeg}	= volgens opgave	= 0,0
u _{eind}	= u _{on} + u _{elastisch} + u _{zeeg}	= 15,6
u _{bij}	= u _{elastisch}	= 10,4
u _{eind,toe}	= u _{eind,toelaatbaar}	= 16,0
u.c.	= u _{eind} / u _{eind,toelaatbaar}	= 0,97
u _{bij,toe}	= u _{bij,toelaatbaar}	= 12,0
u.c.	= u _{bij} / u _{bij,toelaatbaar}	= 0,86

toetsingen uiterste grenstoestand (samenvatting) onderdeel

buiging, art 6.2.5	M _{Ed}	=	24,6	6.12	$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{24,6}{36,5}$	=	0,67
dwarskracht, art. 6.2.6	V _{Ed}	=	25,1	6.17	$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{25,1}{137,1}$	=	0,18
onderflensinklemming, art. 6.3.1	R ₁	=	25,1	6.46	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{25,1}{71,5}$	=	0,35
	R ₂	=	24,0	6.46	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{24,0}{71,5}$	=	0,34
kip, art. 6.3.2	M _{Ed}	=	24,6	6.54	$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{24,6}{29,6}$	=	0,83
opleglengte, art. 6.9 EC steen	R ₁	I _{opleg}	=	N _{Ed}	/ (β b t _b)				
	R ₂	I _{opleg}	=	25,1 · 10 ³	/ (1,28 140 4,97)	=		=	28 mm
		I _{opleg}	=	24,0 · 10 ³	/ (1,28 140 4,97)	=		=	27 mm

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

rekenwaarde moment	M_{Ed}	=	24,6	kNm	profiel	=	HE140A	A	=	31,4	cm ²
reductie flensdoorsnede (boutgater	$A_{f,red}$	=	0,0	cm ²	kwaliteit	=	S235	γ_{M0}	=	1,00	-

de boutgaten mogen worden verwaarloosd

					f_y	=	235	N/mm ²	γ_{M2}	=	1,25	-
					f_u	=	360	N/mm ²	W_{pl}	=	173,5	cm ³
					b	=	140	mm	$W_{el,min}$	=	155,4	cm ³
					t_f	=	8,5	mm	$W_{ef,min}$	=	155,4	cm ³
6.12	$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} <= 1,0$	=	$\frac{24,591}{36,5}$	=	0,67	-						
					$A_{f,net}$	=	11,9	-	0,0	=	11,9	cm ²

(2) voor doorsnedeklasse 1 en 2

$$6.13 \quad M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{173,5 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 40,8 \text{ kNm}$$

voor doorsnedeklasse 3

$$6.14 \quad M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{155,4 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 36,5 \text{ kNm}$$

voor doorsnedeklasse 4

$$6.15 \quad M_{c,Rd} = M_{ef,Rd} = \frac{W_{ef,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{155,4 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 36,5 \text{ kNm}$$

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

$$\frac{A_{f,net} \cdot 0,9 \cdot f_u \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M2}} = \frac{11,9 \cdot 0,9 \cdot 360 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 3,1 \text{ kN}$$

$$\frac{A_f \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{11,9 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 2,8 \text{ kN}$$

art. 6.2.6 dwarskracht (afschuiving) onderdeel

rekenwaarde moment	V_{Ed}	=	25,1	kN	profiel	=	HE140A	A	=	31,4	cm ²
profiel					kwaliteit	=	S235	γ_{M0}	=	1,00	-

					f_y	=	235	N/mm ²	I_y	=	1033	cm ⁴	
factor in formules gelast profiel	η	=	1	-	b	=	140	mm	t_f	=	8,5	mm	
					h	=	133	mm	t_w	=	5,5	mm	
dikte in beschouwde punt	t	=	6	mm	S_y	=	87	cm ³	I_t	=	8,1	cm ⁴	
					h_w	=	133	-	8,5	2=	116	mm	
6.17	$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} <= 1,0$	=	$\frac{25,1}{137,1}$	=	0,18	-			reken met hoogte van het lijf	h_w	=	116	mm
									afroningstraal in profiel	r	=	12	mm

$$6.18 \quad V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\gamma_{M0}} / \sqrt{3} = \frac{1011 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} / \sqrt{3} = 137,1 \text{ kN}$$

(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:

$$6.19 \quad \frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} = \frac{39,4}{235 / (\sqrt{3} \cdot 1,00)} = 0,10$$

algemeen geldt:

$$6.20 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} S}{I_y t} = \frac{25,1 \cdot 87 \cdot 10^2}{1033 \cdot 6} = 35 \text{ N/mm}^2$$

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

$$6.21 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} \text{ indien } A_f / A_w > 0,6 = \frac{25,1 \cdot 10^3}{638} = 39 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_f = b \cdot t_f &= 140 \cdot 8,5 = 11,9 \cdot 10^2 \text{ cm}^2 \\ A_w = h_w \cdot t_w &= 116 \cdot 5,5 = 6,4 \cdot 10^2 \text{ cm}^2 \\ A_f / A_w &= 11,9 / 6,4 = 1,9 \end{aligned}$$

waarde voor τ_{Ed} waarmee mag worden gerekend voor I en H-profiel = 39 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

$$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\epsilon}{\eta} \text{ dus } \frac{116}{5,5} > 72 \frac{1,00}{1,00} \text{ eis } 21,1 > 72,0$$

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

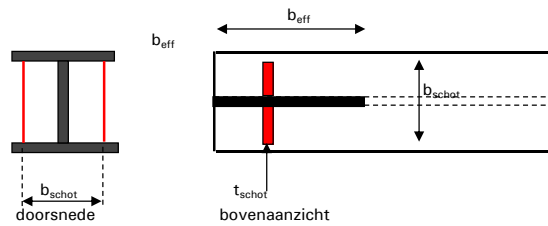
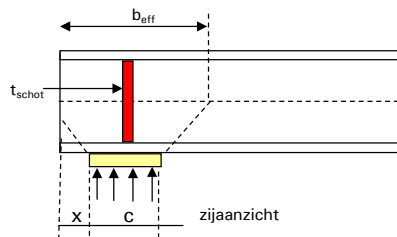
conclusie: weerstand tegen plooiën hoeft niet te worden berekend

(3) a	gewalste I en H profielen	$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$	$A_v = 3140 - 2 \cdot 140 \cdot 8,5 + (5,5 + 2 \cdot 12) \cdot 8,5 = 1010,8$
(3) b	gewalste U en C profielen	$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + r) \cdot t_f$	$A_v = 3140 - 2 \cdot 140 \cdot 8,5 + (5,5 + 12) \cdot 8,5 = 908,75$
(3) c	gewalste T profielen	$A_v = 0,9 \cdot (A - b \cdot t_f)$	$A_v = 0,9 \cdot (3140 - 140 \cdot 8,5) = 1755$
(3) d	gelast I,H, buis, // lijf	$A_v = \eta \cdot \Sigma (h_w \cdot t_w)$	$A_v = 1 \cdot (116 \cdot 5,5) = 638$
(3) e	gelast I,H, buis, // flens	$A_v = A - \Sigma (h_w \cdot t_w)$	$A_v = 3140 - (116 \cdot 5,5) = 2502$
(3) f1	gewalste rh buis // hoogte	$A_v = A \cdot h / (b + h)$	$A_v = 3140 \cdot 133 / (140 + 133) = 1529,7$
(3) f2	gewalste rh buis // breedte	$A_v = A \cdot b / (b + h)$	$A_v = 3140 \cdot 140 / (140 + 133) = 1610,3$
(3) g	ronde buisprofielen	$A_v = 2 \cdot A / \pi$	$A_v = 2 \cdot 3140 / \pi = 1999$

art. 6.3.1 onderflensinklemming (gaffeloplegging) onderdeel

rekenwaarde oplegreactie	$N_{Ed} = 25,1$ kN	profiel	= HE140A	E	= 210000 N/mm ²
extra normaalkracht oplegging	$N_{extra} = 0$ kN	kwaliiteit	= 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	= 133 mm	b	= 140 mm
zijkant oplegging c tot eind ligger	$x = 12,3$ mm	kromme	= c	t_w	= 5,5 mm

er worden geen verstijgingsschotjes toegepast



NEN 6770 art 12.2.4

$$b_{eff} = 0,5 \sqrt{(h^2 + c^2)} + x + c/2 = 0,5 \sqrt{(133,0^2 + 200,0^2)} + 12,3 + 200 / 2 = 232,3 \text{ mm}$$

$$b_{eff} < \sqrt{(h^2 + c^2)} = \sqrt{(133^2 + 200^2)} = 240,2 \text{ mm}$$

kniklengte y-richting $l_{cr,y} = 2 \cdot 133 = 266$

doorsnede $A = b_{eff} t_w + (b_{schot} - t_w) t_{schot} = 232,3 \cdot 5,5 + (279,0 - 6) \cdot 0 = 12,78 \cdot 10^2 \text{ cm}^2$

$I = 1/12 (t_{schot} b_{schot}^3 + (b_{eff} - t_{schot}) t_w^3) = 1/12 (0 \cdot 279,0^3 + (232,3 - 0) \cdot 6^3) = 0,3221 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

traagheidsstraal $i = \sqrt{I/A} = \sqrt{(0,3221 \cdot 10^4 / 13 \cdot 10^2)} = 1,6 \text{ mm}$

y-richting

6.46 $\frac{N_{Ed} + N_{extra}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{25,1 + 0,0}{71,5} = 0,35$

6.47-6.48 $N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0,238 \cdot 12,8 \cdot 235 \cdot 10^{-1} / 1,00 = 71,5 \text{ kN}$

6.49 $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda^2)}} \leq 1,0 \quad \chi = \frac{1}{2,479 + \sqrt{(2,479^2 - 1,784^2)}} = 0,238$

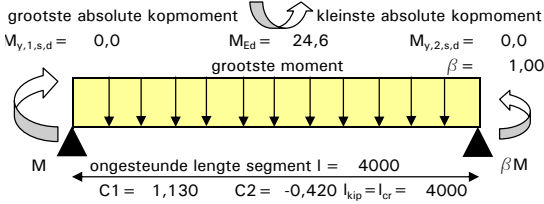
$\Phi = 0,5 [1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2] \quad \Phi = 0,5 [1 + 0,49 (1,784 - 0,2) + 1,784^2] = 2,479$

6.50 $\lambda_y = l_{cr,y} / i_y = 266 / 1,6 = 167,5$
 $\lambda_1 = \pi \sqrt{(E / f_y)} = \pi \sqrt{(210000 / 235)} = 93,9$
 $\lambda_y > \lambda_1$

gemiddelde oplegspanning $= 25,1 \cdot 10^3 / (140 \cdot 200) = 0,8969 \text{ N/mm}^2$

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

schema van het te controleren liggersegment tussen gaffels of kipsteunen



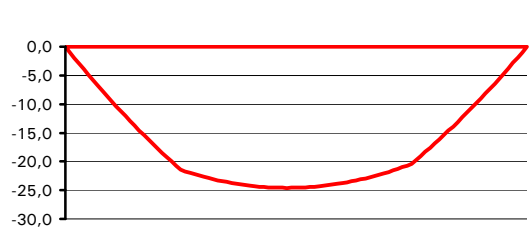
reductie weerstandsmoment	$W_{red} = 0,0 \text{ cm}^3$
reductie doorsnede	$A_{red} = 0,0 \text{ cm}^2$
profiel	= HE140A
kwaliiteit	= S235
f_y	= 235 N/mm ²
h	= 133 mm
t_f	= 8,5 mm
I_y	= 1033 cm ⁴
i_y	= 57,4 mm
$W_{y,el}$	= 155,4 cm ³
$W_{y,pl}$	= 173,5 cm ³
$W_{y,eff}$	= 155,4 cm ³
plaats van de horizontale kipsteunen bij liggerberekeningen	
$C_{kip,links}$	= 0,00 * 4000 = 0 mm
$C_{kip,rechts}$	= 1,00 * 4000 = 4000 mm
l	= 4000 - 0 = 4000 mm

invoergegevens tbc kipcontrole

basisgeval uit NEN 6771
 momentenverloop
 soort profiel
 aangrijpingspunt belasting
 wijze zijdelijngse steunen

tabel 9, geval 4:2 puntlasten op 0,25L
parabool een zijde ingeklemd
gewalste I- en H-profielen
zwaartepunt bovenflens
tussen 2 gaffels

momentenlijn gekozen veld en kipsteunen



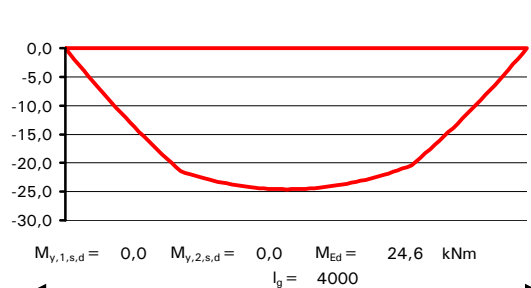
aanvullende invoer via een liggerberekening:

invoer van de kipsteunen
 te controleren veld
 grenstoestand

door gelijkmatige verdeling
 veld 1
 UGT2 vol - 6.10.b

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

momentenlijn gekozen veld en kipsteunen



kipcontrole algemeen: 0,83 kipcontrole gewalst profiel 0,77 "tekenafpraak" getekende momentenlijn wijkt af van de mechanica berekening

NEN 6771 art.12.2.5.3 bepaling vervangende ongesteunde kiplengte

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

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

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

Er wordt gerekend met de volgende gegevens:

lengte ligger tussen de gaffels $l_g = 4000$ mm
 ongesteunde horizontale lengte $l = 4000$ mm
 rekenwaarde buigend moment $M_{Ed} = 24,6$ 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

invloedsfactor uit tabel C1 $C_1 = 1,130$ -
 invloedsfactor uit tabel C2 = -1 0,420 $C_2 = -0,420$ -
 verhouding $\varphi = \beta = M_{y,2,s,d} / M_{y,1,s,d} = 1,00$ -
 tabel 9, geval 4:2 puntlasten op 0,25L

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 gehaal

6.54 $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{24,6}{29,6} = 0,83$ -

gebruik bij formule 6.56 kromme a

6.55 $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y f_y / \gamma_{M1}$ $M_{b,Rd} = 0,810 \cdot 155,4 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 29,6$ kNm

6.56 $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)}} \leq 1,0$ $\chi_{LT} = \frac{1}{0,860 + \sqrt{(0,860^2 - 0,774^2)}} = 0,810$ -
 maatgevende waarde $\chi_{LT} = 0,810$ -

$\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2]$ $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,21 (0,774 - 0,2) + 0,774^2] = 0,860$ -

$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y \cdot f_y / M_{cr})} = \sqrt{155,4 \cdot 235 \cdot 10^3 / 61} = 0,774$ -

12.2.7 $M_{cr} = M_{ke} = k_{red} C / l_g \cdot \sqrt{(E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t)}$ = 1,00 $\frac{3}{4000} \sqrt{(210000 \cdot 389 \cdot 80769 \cdot 8,1 \cdot 10^8)} = 61$ kNm
 NEN 6771

b) dubbel-symmetrische profielen : $h / t_f \leq 75 = \frac{133}{9} = 15,6$ -

c) dubbel-symmetrische profielen : $\alpha = \frac{h t_f 10^{12}}{t_w^3 b l_g^2} \leq 575 = \frac{133 \cdot 8,5 \cdot 10^{12}}{5,5^3 \cdot 140 \cdot 4000^2} = 3033$ -

$k_{red} =$ als $h / t_w > 75$: $k_{red} = -5,4 \cdot 10^{-5} \alpha + 1,03 = -5,4 \cdot 10^{-5} \cdot 3033 + 1,03 = 0,866$

$h / t_w = \frac{133}{5,5} = 24,182$ $\alpha = 3033$ eis < 5000 conclusie: $k_{red} = 1,00$ -
 toepassingsgebied voor art. 12.2.1 NEN 6770



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

$$NEN 6771 \quad C = \pi \frac{1,130 \cdot 4000}{4000} \left[\sqrt{1 + \frac{9,870 \cdot 742,0^2}{4000^2} (-0,420^2 + 1)} + \pi \frac{-0,420 \cdot 742,0}{4000} \right] = 3,3$$

$$12.2.11.b \quad S = \frac{h}{2} \sqrt{\left(\frac{E_d}{G_d} \frac{I_z}{I_t} \right)} = \frac{133}{2} \sqrt{\left(\frac{210000}{80769} \frac{389,3}{8,1} \right)} = 742,0$$

benadering geldt alleen voor I-profielen

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

6.54 $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{24,591}{31,8} = 0,77$ - gebruik bij formule 6.57 kromme b

6.55 $M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} W_y f_y / \gamma_{M1} \quad M_{b,Rd} = 0,871 \cdot 155,4 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 31,8 \text{ kNm}$
 $M_{cr} = 61 \quad \chi_{LT} = 0,77$ als bij berekening 6.3.2.2 kipkrommen algemeen

6.57 $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \beta \chi_{LT}^2)}} \leq 1,0 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{0,788 + \sqrt{(0,788^2 - 0,75 \cdot 0,774^2)}} = 0,831$
 $\chi_{LT} \leq 1 / \chi_{LT}^2 = 1 / 0,77^2 = 1,7$ - maatgevende waarde $\chi_{LT} = 0,831$

6.58 $\chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / f = 0,831 / 0,96 = 0,871$ - reken met $\chi_{LT,mod} = 0,871$
 $f = 1 - 0,5(1 - k_\phi) [1 - 2,0(\chi_{LT} - 0,8)^2] \leq 1,0 \quad f = 1 - 0,5(1 - 0,91) [1 - 2,0(0,774 - 0,8)^2] = 0,955$
kip $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\chi_{LT} - \chi_{LT,0}) + \beta \chi_{LT}^2] \quad \Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,34 (0,77 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,77^2] = 0,788$

opmerking