



uitkragende stalen ligger met een variabele EI een trapeziumbelasting en een puntlast

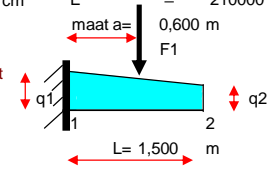
1xprofiel 1: HE140A

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

kerngegevens		ontwerplevensduur	=	50	jaar
toegepaste norm	=	eurocode nieuwbouw			
ontwerplevensduur klasse	=	3			
gevolgklasse	CC	1			
correctiefactor voor formule 6.10.b	ξ =	0,89			
de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage					

toepassing	6.10.a	6.10.b	6.10.b	6.1 partiele factoren	
$\gamma_{G,F}$	1,22	$\xi \gamma_{G,F}$	1,08	γ_{M0}	1,00 -
$\gamma_{Q,1}$	1,35	$\gamma_{Q,1}$	1,35	γ_{M1}	1,00 -
$\gamma_{Q,F}$	1,35	$\gamma_{Q,F}$	1,35	γ_{M2}	1,25 -

diverse factoren		eigen gewicht ligger automatisch berekenen	nee
gebouwcategorie	A: woon- en verblijfsruimtes	traagheidsmoment en weerstandsmoment in richting van de belasting	
(gewichtsberekening)	ψ_0 = 0,4 -	belasting profiel 1: sterke as	
(elastische doorbuiging)	ψ_1 = 0,5 -	ΣI	= 1033 cm ⁴ Σg = 0,00 kN/m'
(kruip)	ψ_2 = 0,3 -	ΣW_{pl}	= 174 cm ³ ΣA = 31,4 cm ²
reductiefactor vloerbelasting	ψ_t = 1,00 -	ΣW_{el}	= 155 cm ³ E = 210000 N/mm ²
lengte van het overstek	L = 1,5 m	deze file is afgeleid van de ligger op 2 steunpunten met een uitkraging.	
toelaatbare einddoorbuiging uitkraging	1: 125 * L		
bijkomende doorbuiging uitkraging	1: 167 * L		
toegepaste zeeg (knoop 2)	0 mm		



belastingen en combinaties onderdeel

q1: (bij de inklemming)

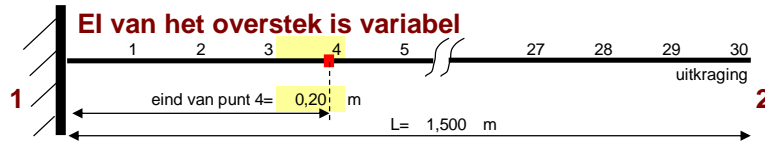
permanente belasting	$G_{k,F}$ = 4 kN/m	$G_{k,j}$: (incl.e.g.)	4	+	0,00	=	4,00	kN/m'	
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom}$ = 3 kN/m	STR/GEO $\gamma_{G,j}$	$G_{k,j}$	+	γ_Q	ΣQ_{mom}			
opgelegde belasting momentaan	ΣQ_{mom} = 2 kN/m	6.10.a: 1,22	4,00	+	1,35	2,00	=	7,56	kN/m'
		STR/GEO $\xi \gamma_{G,j}$	$G_{k,j}$	+	γ_Q	$\Sigma Q_{extr+mom}$			
		6.10.b: 1,08	4,00	+	1,35	3,00	=	8,38	kN/m'

q2: (aan het uiteinde)

permanente belasting	$G_{k,F}$ = 5 kN/m	$G_{k,j}$: (incl.e.g.)	5	+	0,00	=	5,00	kN/m'	
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom}$ = 2 kN/m	STR/GEO $\gamma_{G,j}$	$G_{k,j}$	+	γ_Q	ΣQ_{mom}			
opgelegde belasting momentaan	ΣQ_{mom} = 1 kN/m	6.10.a: 1,22	5,00	+	1,35	1,00	=	7,43	kN/m'
		STR/GEO $\xi \gamma_{G,j}$	$G_{k,j}$	+	γ_Q	$\Sigma Q_{extr+mom}$			
		6.10.b: 1,08	5,00	+	1,35	2,00	=	8,11	kN/m'

F1:

permanente belasting	$G_{k,F}$ = 6 kN	$G_{k,j}$: (incl.e.g.)	6	=	6,00	kN			
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom}$ = 3 kN	STR/GEO $\gamma_{G,j}$	$G_{k,j}$	+	γ_Q	ΣQ_{mom}			
opgelegde belasting momentaan	ΣQ_{mom} = 2 kN	6.10.a: 1,22	6,00	+	1,35	2,00	=	9,99	kN
maat vanaf steunpunt 2	a = 0,6 m	STR/GEO $\xi \gamma_{G,j}$	$G_{k,j}$	+	γ_Q	$\Sigma Q_{extr+mom}$			
		6.10.b: 1,08	6,00	+	1,35	3,00	=	10,54	kN



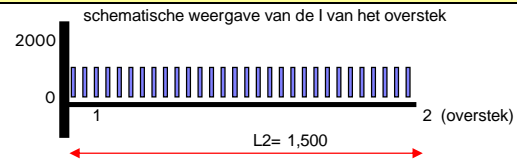
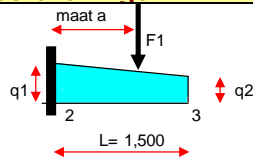
element nr	afstand uit inklemming 1 x (m)	I_y (cm ⁴)
1	0,05	1033
2	0,10	1033
3	0,15	1033
4	0,20	1033
5	0,25	1033
6	0,30	1033
7	0,35	1033
8	0,40	1033
9	0,45	1033
10	0,50	1033

element nr	afstand uit inklemming x (m)	I_y (cm ⁴)
11	0,55	1033
12	0,60	1033
13	0,65	1033
14	0,70	1033
15	0,75	1033
16	0,80	1033
17	0,85	1033
18	0,90	1033
19	0,95	1033
20	1,00	1033

element nr	afstand uit inklemming x (m)	I_y (cm ⁴)
21	1,05	1033
22	1,10	1033
23	1,15	1033
24	1,20	1033
25	1,25	1033
26	1,30	1033
27	1,35	1033
28	1,40	1033
29	1,45	1033
30	1,50	1033

unity-checks		er worden geen verstijvingsschotjes toegepast			zie ook de invoercellen verderop in deze berekening								
ULS	buiging	0,43	dwarskracht	0,17	onderffensinklemming	0,32	kip	0,42	SLS	u_{eind}	0,25	u_{bij}	0,11

resultaten mechaniekberekeningen onderdeel



STR/GEO (groep B)

belastinggeval / combinatie	belastingen		
	q1	q2	F1
$G_{k,j}$	4,00	5,00	6,00
$Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	3,00	2,00	3,00
ULS(1) 6.10.a	7,56	7,43	9,99
ULS(2) 6.10.b	8,38	8,11	10,54

dwarskracht (kN)		reactie (kN)	
$V_{1,2}$	-12,8	R_1	12,8
	-6,8		6,8
	-21,2		21,2
	-22,9		22,9

maatgevende waarden

belastinggeval / combinatie	steunpuntmoment (kNm)		vervorming (mm)	
	M_1		u_3	
$G_{k,j}$	-8,8		2,0	
$Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	-4,4		1,0	
ULS(1) 6.10.a	-14,4			
ULS(2) 6.10.b	-15,5			
maatgevende waarden	$M_{Ed,sl} =$	15,5 kNm		

toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand onderdeel

belastinggevallen en combinaties		uitkraging	
u_{on}	= $G_{k,j}$	=	u_2
$u_{elastisch}$	= $Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	=	2,0
u_{zeeg}	= volgens opgave	=	1,0
u_{eind}	= $u_{on} + u_{elastisch} + u_{zeeg}$	=	0,0
u_{bij}	= $u_{elastisch}$	=	3,0
$u_{eind,toe}$	= $u_{eind,toelaatbaar}$	=	1,0
u.c.	= $u_{eind} / u_{eind,toelaatbaar}$	=	12,0
$u_{bij,toe}$	= $u_{bij,toelaatbaar}$	=	0,25
u.c.	= $u_{bij} / u_{bij,toelaatbaar}$	=	9,0
		=	0,11

toetsingen uiterste grenstoestand (samenvatting) onderdeel

buiging, art 6.2.5	$M_{Ed} = 15,5$	6.12	$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0 = \frac{15,5}{36,5} = 0,43$
dwarskracht, art. 6.2.6	$V_{Ed} = 22,9$	6.17	$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 = \frac{22,9}{137,1} = 0,17$
onderflensinklemming, art. 6.3.1	$R_2 = 22,9$	6.46	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{22,9}{71,5} = 0,32$
kip, art. 6.3.2	$M_{Ed} = 15,5$	6.54	$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{15,5}{37,1} = 0,42$

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

rekenwaarde moment	$M_{Ed} = 15,5$ 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
		b	= 140	mm	$W_{el,min}$	= 155,4
		t_f	= 8,5	mm	$W_{ef,min}$	= 155,4
6.12	$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0 = \frac{15,544}{36,5} = 0,43$	A_f	= 14,0	0,9	= 11,9	cm ²
		$A_{f,net}$	= 11,9	-	0,0	= 11,9
6.13	(2) voor doorsnedeklasse 1 en 2 $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{173,5 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 40,8$ kNm					
6.14	voor doorsnedeklasse 3 $M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{155,4 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 36,5$ kNm					
6.15	voor doorsnedeklasse 4 $M_{c,Rd} = M_{ef,Rd} = \frac{W_{ef,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{155,4 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 36,5$ kNm					
6.16	(4) gaten voor verbindingsmiddelen mogen worden verwaarloosd als: $\frac{A_{f,net} \cdot 0,9 \cdot f_u \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M2}} = \frac{11,9 \cdot 0,9 \cdot 360 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 3,1$ kN $\frac{A_f \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{11,9 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 2,8$ kN					

art. 6.2.6 dwarskracht (afschuiving) onderdeel

rekenwaarde moment	$V_{Ed} = 22,9$ kN	profiel	= HE140A	A	= 31,4	cm ²
profiel	gewalste I en H profielen	kwaliteit	= S235	γ_{M0}	= 1,00	-
		f_y	= 235	N/mm ²	I_y	= 1033
factor in formules gelast profiel	$\eta = 1$	b	= 140	mm	t_f	= 8,5
		h	= 133	mm	t_w	= 5,5
dikte in beschouwde punt	$t = 6$ mm	S_y	= 87	cm ³	I_t	= 8,1
		h_w	= 133	-	8,5	2= 116
		reken met hoogte van het lijf		h_w	= 116	mm
6.17	$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 = \frac{22,9}{137,1} = 0,17$	afroningstraal in profiel		r	= 12	mm
6.18	$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\gamma_{M0}} / \sqrt{3} = \frac{1011 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} / \sqrt{3} = 137,1$ 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:



$$6.19 \quad \frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} = \frac{35,9}{235 / (\sqrt{3} \cdot 1,00)} = 0,09$$

algemeen geldt:

$$6.20 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{I_y} \frac{S}{t} = \frac{22,9}{1033} \frac{87 \cdot 10^2}{6} = 32 \text{ N/mm}^2$$

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

$$6.21 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} \text{ indien } A_f / A_w > 0,6 = \frac{22,9 \cdot 10^3}{638} = 36 \text{ N/mm}^2$$

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

waarde voor τ_{Ed} waarmee mag worden gerekend voor I en H-profieler = 36 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

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

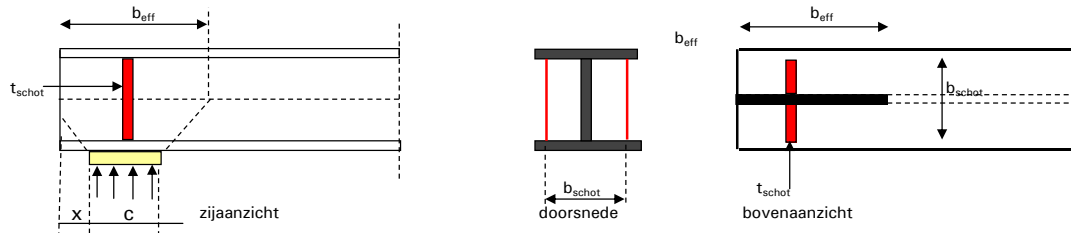
conclusie: weerstand tegen plooiën hoeft niet te worden berekend

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

(3) a	gewalste I en H 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	$N_{Ed} = 22,9$ kN	profiel = HE140A	E = 210000 N/mm ²
oplegglengte	$c = 200$ mm	kwaliteit = S235	
totale dikte schotjes	$t_{schot} = 0$ mm	$f_y = 235$ N/mm ²	$\gamma_{M1} = 1,00$
totale breedte schotjes (incl. lijf)	$b_{schot} = 279,0$ mm	y-richting	z-richting
zijkant oplegging c tot eind ligger	$x = 12,3$ mm	$h = 133$ mm	$b = 140$ mm
er worden geen verstijvingsschotjes toegepast		$c = 200$ mm	$t_w = 5,5$ mm





NEN 6770 art 12.2.4

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

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

$$\text{kniklengte y-richting } l_{cr,y} = 2 \cdot 133 = 266,0 \text{ mm}$$

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

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

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

y-richting

6.46 $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{22,9}{71,5} = 0,32$

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

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

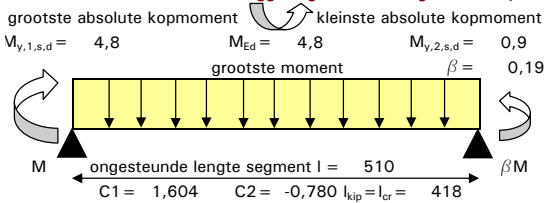
$\Phi = 0,5 [1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2] \quad \Phi = 0,5 [1 + 0,49 (1,784 - 0,2) + 1,784^2] = 2,479$

6.50 $\lambda_y = l_{cr,y} / i_y = 266 / 1,6 = 167,5$
 $\lambda_1 = \pi \sqrt{(E / f_y)} = \pi \sqrt{(210000 / 235)} = 93,9$
 $\lambda_y = \lambda_y / \lambda_1 = 167,5 / 93,9 = 1,784$

gemiddelde oplegspanning = $22,9 \cdot 10^3 / (140 \cdot 200) = 0,8178 \text{ N/mm}^2$

art. 6.3.2 prismaische 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	
$C_{kip,links}$	0,33 * 1500 = 495 mm
$C_{kip,rechts}$	0,67 * 1500 = 1005 mm
l	1005 - 495 = 510 mm

invoergegevens tbc kipcontrole

basisgeval uit NEN 6771 **tabel 9, geval 6:q-last op uitkraging**
 momentenverloop **verschillend moment**
 soort profiel **gewalste I- en H-profielen**
 aangrijpingspunt belasting **zwaartepunt bovenflens**
 wijze zijdelingse steunen **tussen 2 gaffels**

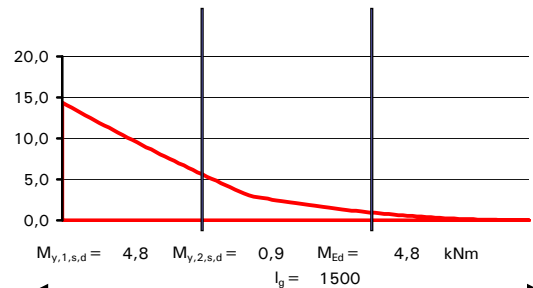
aanvullende invoer via een liggerberekeningen:

invoer van de kipsteunen **door gelijkmatige verdeling**

grenstoestand **UGT1 vol - 6.10.a**

aantal kipsteunen $n = 2$
 te controleren liggerdeel (tussen de kipsteunen) 2

momentenlijn gekozen veld en kipsteunen



kipcontrole algemeen: $0,13$ kipcontrole gewalst profiel $0,13$ "tekenafpraak" getekende momentenlijn wijkt af van de mechanica berekening



NEN 6771 art.12.2.5.3 bepaling vervangende ongesteunde kiplengte

tussen twee gaffels $l_{kip} = l_{st} = 418$ mm
 tussen een gaffel en een kipsteun of tussen twee kipsteunen
 $l_{kip} = (1,4 - 0,8 \beta) l_{st}$ echter $1,0 \leq l_{kip} / l_{st} \leq 1,4$
 $f_2 = (1,4 - 0,8 \beta) = (1,4 - 0,19) = 1,25$

$l_{st} = f_1 l = 0,82 \cdot 510 = 418$ mm
 $l_{kip} = l_{cr} = f_2 l_{st} = 1,00 \cdot 418 = 418$ mm
 reken met een ongesteunde lengte $l_{kip} = l_{cr} = 418$ mm
 afstand horizontale steun 1 v.a linker steunpunt = 0,50 m
 afstand horizontale steun 2 v.a linker steunpunt = 1,01 m

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

Er wordt gerekend met de volgende gegevens:

lengte ligger tussen de gaffels $l_g = 1500$ mm
 ongesteunde horizontale lengte $l = 510$ mm
 rekenwaarde buigend moment $M_{Ed} = 4,8$ kNm
 kopmoment met grootste absolute waarde $M_{y,1,s,d} = 4,8$ kNm
 kopmoment met kleinste absolute waarde $M_{y,2,s,d} = 0,9$ kNm

invloedsfactor uit tabel C1 $C_1 = 1,604$ -
 invloedsfactor uit tabel C2 = -1 0,780 $C_2 = -0,780$ -
 verhouding $\varphi = \beta = M_{y,2,s,d} / M_{y,1,s,d} = 0,19$ -
 tabel 9, geval 6:q-last op uitkraging

toetsing kip art. 6.3.2.2 kipprommen - Algemeen

de waarden voor C1 en C2 wordt uit de tabellen 9 t/m 13 gehaald

6.54 $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} <= 1,0 = \frac{4,8}{37,1} = 0,13$ -

gebruik bij formule 6.56 kromme a

6.55 $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y f_y / \gamma_{M1} \quad M_{b,Rd} = 1,017 \cdot 155,4 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 37,1$ kNm

6.56 $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)}} <= 1,0 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{0,499 + \sqrt{(0,499^2 - 0,122^2)}} = 1,017$ -
 maatgevende waarde $\chi_{LT} = 1,000$ -

$\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2] \quad \Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,21 (0,122 - 0,2) + 0,122^2] = 0,499$ -

$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y \cdot f_y / M_{cr})} = \sqrt{155,4 \cdot 235 \cdot 10^3 / 2465} = 0,122$ -

12.2.7 $M_{cr} = M_{k0} = k_{red} C / I_g \cdot \sqrt{(E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t)} = 1,00 \cdot \frac{50}{1500} \cdot \sqrt{(210000 \cdot 389 \cdot 80769 \cdot 8,1 \cdot 10^8)} = 2465$ kNm
 NEN 6771

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

c) dubbel-symmetrische profielen : $\alpha = \frac{h \cdot t_f \cdot 10^{12} / t_w^3 \cdot b \cdot I_g}{5,5^3} <= 575 = \frac{133 \cdot 8,5 \cdot 10^{12}}{140 \cdot 1500^2} = 21571$ -

$k_{red} =$ als $h / t_w > 75$: $k_{red} = -5,4 \cdot 10^{-5} \alpha + 1,03 = -5,4 \cdot 10^{-5} \cdot 21571 + 1,03 = -0,135$

$h / t_w = \frac{133}{5,5} = 24,182 \quad \alpha = 21571$ eis < 5000 conclusie: $k_{red} = 1,00$ -
 toepassingsgebied voor art. 12.2.1 NEN 6770

12.2.5.3 $C = \pi \frac{C_1 I_g}{I_{kip}} \left[\sqrt{\left(1 + \frac{\pi^2 S^2}{I_{kip}^2} \left(C_2^2 + 1 \right) + \pi \frac{C_2 S}{I_{kip}} \right)} \right]$
 NEN 6771
 $C = \pi \frac{1,604 \cdot 1500}{418,2} \left[\sqrt{\left(1 + \frac{9,870 \cdot 742,0^2}{418,2^2} \left(-0,780^2 + 1 \right) + \pi \frac{-0,780 \cdot 742,0}{418,2} \right)} \right] = 50,5$ -

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

benadering geldt alleen voor I-profielen

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

6.54 $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} <= 1,0 = \frac{4,8139}{36,5} = 0,13$ -

gebruik bij formule 6.57 kromme b

6.55 $M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} W_y f_y / \gamma_{M1} \quad M_{b,Rd} = 1,000 \cdot 155,4 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 36,5$ kNm



$M_{cr} = 2465$ $\lambda_{LT} = 0,12$ als bij berekening 6.3.2.2 kipkrommen algemeen

6.57 $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2)}} \leq 1,0$ $\chi_{LT} = \frac{1}{0,458 + \sqrt{(0,458^2 - 0,75 \cdot 0,122^2)}} = 1,000$ -

$\chi_{LT} \leq 1 / \lambda_{LT}^2 = 1 / 0,12^2 = 67,5$ - maatgevende waarde $\chi_{LT} = 1,000$ -

6.58 $\chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / f = 1,000 / 0,99 = 1,008$ - reken met $\chi_{LT,mod} = 1,000$ -
 $f = 1 - 0,5(1 - k_\phi) [1 - 2,0(\lambda_{LT} - 0,8)^2] \leq 1,0$ $f = 1 - 0,5(1 - 0,79) [1 - 2,0(0,122 - 0,8)^2] = 0,992$ -

kip $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda_{LT}^2]$ $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,34 (0,12 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,12^2] = 0,458$ -

opmerking