

## stalen ligger op 3 steunpunten met een scharnier in veld 2 1xprofiel 1: HE160A

werk **werk**  
 werknummer **werknummer**  
 onderdeel **onderdeel**

materiaal **S235**  
 klasse **3** flensdikte **<40**

**kerngegevens**

ontwerplevensduur = 50 jaar

toegepaste norm = eurocode nieuwbouw

ontwerplevensduur klasse = 3

gevolgklasse CC 1

correctiefactor voor formule 6.10.b  $\xi = 0,89$

de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage

ontwerplevensduur toepassing 6.10.a 6.10.b 6.10.b

$\gamma_{Gj} = 1,22$   $\xi \gamma_{Gj} = 1,08$   $\gamma_{M0} = 1,00$

$\gamma_{Q1} = 1,35$   $\gamma_{Q1} = 1,35$   $\gamma_{M1} = 1,00$

$\gamma_{Q2} = 1,35$   $\gamma_{Q2} = 1,35$   $\gamma_{M2} = 1,25$

gebouwen en andere gewone constructies 6.1 partiële factoren

**diverse factoren**

gebouwcategorie **A: woon- en verblijfsruimtes**

(gewichtsberekening)  $\psi_0 = 0,4$

(elastische doorbuiging)  $\psi_1 = 0,5$

(kruip)  $\psi_2 = 0,3$

reductiefactor vloerbelasting  $\psi_f = 1,00$

eigen gewicht ligger automatisch berekenen **ja**

traagheidsmoment en weerstandsmoment in richting van de belasting op profiel 1: sterke as

$\Sigma I = 1673 \text{ cm}^4$   $\Sigma g = 0,30 \text{ kN/m}'$

$\Sigma W_{pl} = 245 \text{ cm}^3$   $\Sigma A = 38,8 \text{ cm}^2$

$\Sigma W_{ef} = 220 \text{ cm}^3$   $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

liggerlengte L1= 3,5 m

liggerlengte L2= 4 m

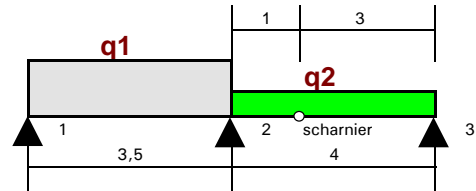
plaats scharnier tot R2 a= 1 m

toelaatbare einddoorbuiging 1: 250 \* L

toelaatbare bijkomende doorbuiging 1: 333,3 \* L

toegepaste zeeg veld 1 0 mm

toegepaste zeeg veld 2 0 mm



### belastingen en combinaties onderdeel

**q1:**

permanente belasting  $G_{kj} = 5 \text{ kN/m}$   $G_{kj}: (\text{incl.e.g.}) = 5 + 0,30 = 5,30 \text{ kN/m}'$

opgelegde belasting exteem+mom.  $\Sigma Q_{\text{extr+mom}} = 3 \text{ kN/m}$  **STR/GEO**  $\gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_Q \Sigma Q_{\text{mom}}$

opgelegde belasting momentaan  $\Sigma Q_{\text{mom}} = 2 \text{ kN/m}$  6.10.a:  $1,22 \cdot 5,30 + 1,35 \cdot 2,00 = 9,15 \text{ kN/m}'$

**STR/GEO**  $\xi \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_Q \Sigma Q_{\text{extr+mom}}$  6.10.b:  $1,08 \cdot 5,30 + 1,35 \cdot 3,00 = 9,79 \text{ kN/m}'$

**EQU**  $1,10 G_{kj} + 1,50 \Sigma Q_{\text{extr+mom}}$  6.10:  $1,10 \cdot 5,30 + 1,50 \cdot 3,00 = 10,34 \text{ kN/m}'$

**EQU en STR/GEO**  $0,9 G_{kj} = 0,9 \cdot 5,30 = 4,77 \text{ kN/m}'$

**q2:**

permanente belasting  $G_{kj} = 7 \text{ kN/m}$   $G_{kj}: (\text{incl.e.g.}) = 7 + 0,30 = 7,30 \text{ kN/m}'$

opgelegde belasting exteem+mom.  $\Sigma Q_{\text{extr+mom}} = 2,5 \text{ kN/m}$  **STR/GEO**  $\gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_Q \Sigma Q_{\text{mom}}$

opgelegde belasting momentaan  $\Sigma Q_{\text{mom}} = 1,5 \text{ kN/m}$  6.10.a:  $1,22 \cdot 7,30 + 1,35 \cdot 1,50 = 10,90 \text{ kN/m}'$

**STR/GEO**  $\xi \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_Q \Sigma Q_{\text{extr+mom}}$  6.10.b:  $1,08 \cdot 7,30 + 1,35 \cdot 2,50 = 11,27 \text{ kN/m}'$

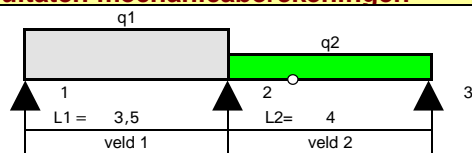
**EQU**  $1,1 G_{kj} + 1,5 \Sigma Q_{\text{extr+mom}}$  6.10:  $1,1 \cdot 7,30 + 1,5 \cdot 2,50 = 11,79 \text{ kN/m}'$

**EQU en STR/GEO**  $0,9 G_{kj} = 0,9 \cdot 7,30 = 6,57 \text{ kN/m}'$

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

ULS	buiging	0,44	dwarskracht	0,16	onderflensinklemming	0,92	kip	0,48	SLS	$u_{\text{eind}}$	0,49	$u_{\text{bij}}$	0,33
-----	---------	------	-------------	------	----------------------	------	-----	------	-----	-------------------	------	------------------	------

### resultaten mechanische berekeningen onderdeel



alle steunpunten blijven op druk

**EQU (groep A)**

belastinggeval / combinatie	belastingen		dwarskracht (kN)						reactie (kN)		
	q1	q2	$V_{1,2}$	$V_{2,1}$	$V_{2,3}$	$V_{3,2}$	$V_{\text{schar}}$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	
6.10 veld 1 volbelast	10,34	6,57	-14,3	21,8	-16,4	9,9	-9,9	14,3	38,3	9,9	
6.10 veld 2 volbelast	4,77	11,79	-1,6	15,1	-29,5	17,7	-17,7	1,6	44,6	17,7	



**STR/GEO (groep B)**

belastinggeval / combinatie	belastingen		dwarskracht (kN)					reactie (kN)			
	q1	q2	V <sub>1,2</sub>	V <sub>2,1</sub>	V <sub>2,3</sub>	V <sub>3,2</sub>	V <sub>schar</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	
G <sub>k,i</sub>	5,30	7,30	-5,1	13,5	-18,3	11,0	-11,0	5,1	31,7	11,0	
Q <sub>k1</sub> + ψ <sub>0,i</sub> · Q <sub>k,i</sub>	3,00	2,50	-3,8	6,7	-6,3	3,8	-3,8	3,8	12,9	3,8	
Q <sub>k1</sub> + ψ <sub>0,i</sub> · Q <sub>k,i</sub> (veld 1)	3,00	6,57	-1,5	9,0	-16,4	9,9	-9,9	1,5	25,4	9,9	
Q <sub>k1</sub> + ψ <sub>0,i</sub> · Q <sub>k,i</sub> (veld 2)	4,77	2,50	-6,9	9,8	-6,3	3,8	-3,8	6,9	16,0	3,8	
6.10.a (volbelast)	9,15	10,90	-9,8	22,2	-27,3	16,4	-16,4	9,8	49,5	16,4	
6.10.b (volbelast)	9,79	11,27	-10,7	23,6	-28,2	16,9	-16,9	10,7	51,8	16,9	
6.10.a (veld 1 volbelast)	9,15	6,57	-12,2	19,8	-16,4	9,9	-9,9	12,2	36,2	9,9	
6.10.b (veld 1 volbelast)	9,79	6,57	-13,4	20,9	-16,4	9,9	-9,9	13,4	37,3	9,9	
6.10.a (veld 2 volbelast)	4,77	10,90	-2,1	14,6	-27,3	16,4	-16,4	2,1	41,8	16,4	
6.10.b (veld 2 volbelast)	4,77	11,27	-1,9	14,8	-28,2	16,9	-16,9	1,9	43,0	16,9	
<b>maatgevende waarden</b>			<b>28,2</b>	kN				R <sub>Ed</sub> =	<b>51,8</b>	kN	

belastinggeval / combinatie	steunpuntmoment (kNm)			veldmoment (kNm)		positie M <sub>veld,max</sub> (m)		vervorming (mm)			
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>1,2</sub>	M <sub>2,3</sub>	uit R <sub>1</sub>	uit R <sub>2</sub>	u <sub>1,2</sub>	u <sub>2,3</sub>	u <sub>schar</sub>	
G <sub>k,i</sub>	0,0	-14,6	0,0	2,5	8,2	0,96	2,50	-0,2	3,9	3,5	
Q <sub>k1</sub> + ψ <sub>0,i</sub> · Q <sub>k,i</sub> (alles volbelast)	0,0	-5,0	0,0	2,4	2,8	1,27	2,50	0,6	1,0	0,6	
Q <sub>k1</sub> + ψ <sub>0,i</sub> · Q <sub>k,i</sub> (veld 1 volbelast)	0,0	-13,1	0,0	0,4	7,4	0,50	2,50	-1,2	4,0	4,0	
Q <sub>k1</sub> + ψ <sub>0,i</sub> · Q <sub>k,i</sub> (veld 2 volbelast)	0,0	-5,0	0,0	5,0	2,8	1,45	2,50	1,6	0,6	-0,3	
6.10.a (alles volbelast)	0,0	-21,8	0,0	5,2	12,3	1,07	2,50				
6.10.b (alles volbelast)	0,0	-22,5	0,0	5,8	12,7	1,09	2,50				
6.10.a (veld 1 volbelast)	0,0	-13,1	0,0	8,2	7,4	1,34	2,50				
6.10.b (veld 1 volbelast)	0,0	-13,1	0,0	9,1	7,4	1,37	2,50				
6.10.a (veld 2 volbelast)	0,0	-21,8	0,0	0,5	12,3	0,45	2,50				
6.10.b (veld 2 volbelast)	0,0	-22,5	0,0	0,4	12,7	0,40	2,50				
<b>maatgevende waarden</b>	M <sub>Ed,st</sub> =	<b>22,5</b>	kNm		M <sub>Ed,v</sub> =	<b>12,7</b>	kNm				

**toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand**

onderdeel

belastinggevallen en combinaties	alles volbelast			veld 1 volbelast			veld 2 volbelast			
	u <sub>1,2</sub>	u <sub>2,3</sub>	u <sub>schar</sub>	u <sub>1,2</sub>	u <sub>2,3</sub>	u <sub>schar</sub>	u <sub>1,2</sub>	u <sub>2,3</sub>	u <sub>schar</sub>	
veld	=	u <sub>1,2</sub>	u <sub>2,3</sub>	u <sub>schar</sub>	u <sub>1,2</sub>	u <sub>2,3</sub>	u <sub>schar</sub>	u <sub>1,2</sub>	u <sub>2,3</sub>	u <sub>schar</sub>
u <sub>on</sub> = G <sub>k,i</sub>	=	-0,2	3,9	3,5	-0,2	3,9	3,5	-0,2	3,9	3,5
u <sub>elastisch</sub> = Q <sub>k1</sub> + ψ <sub>0,i</sub> · Q <sub>k,i</sub>	=	0,6	1,0	0,6	-1,2	4,0	4,0	1,6	0,6	-0,3
u <sub>zeeg</sub> = volgens opgave	=	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
u <sub>eind</sub> = u <sub>on</sub> + u <sub>elastisch</sub> + u <sub>kruip</sub> + u <sub>zeeg</sub>	=	0,3	5,0	4,0	-1,4	7,9	7,5	1,3	4,5	3,1
u <sub>bij</sub> = u <sub>elastisch</sub> + u <sub>kruip</sub>	=	0,6	1,0	0,6	-1,2	4,0	4,0	1,6	0,6	-0,3
u <sub>eind,toe</sub> = u <sub>eind,toelaatbaar</sub>	=	14,0	16,0		14,0	16,0		14,0	16,0	
u.c. = u <sub>eind</sub> / u <sub>eind,toelaatbaar</sub>	=	0,02	0,31		0,10	0,49		0,10	0,28	
u <sub>bij,toe</sub> = u <sub>bij,toelaatbaar</sub>	=	10,5	12,0		10,5	12,0		10,5	12,0	
u.c. = u <sub>bij</sub> / u <sub>bij,toelaatbaar</sub>	=	0,06	0,09		0,11	0,33		0,15	0,05	

**toetsingen uiterste grenstoestand (samenvatting)**

onderdeel

buiging, art 6.2.5	M <sub>Ed</sub>	=	22,5	6.12	$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{22,5}{51,7}$	=	<b>0,44</b>	-
dwarskracht, art. 6.2.6	V <sub>Ed</sub>	=	28,2	6.17	$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{28,2}{179,6}$	=	<b>0,16</b>	-
onderflensinklemming, art. 6.3.1	R <sub>1</sub>	=	13,4	6.46	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{13,4}{56,5}$	=	<b>0,24</b>	-
	R <sub>2</sub>	=	51,8	6.46	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{51,8}{56,5}$	=	<b>0,92</b>	-
	R <sub>3</sub>	=	16,9	6.46	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{16,9}{56,5}$	=	<b>0,30</b>	-
kip, art. 6.3.2	M <sub>Ed</sub>	=	22,5	6.54	$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{22,5}{47,1}$	=	<b>0,48</b>	-
opleglengte, art. 6.9 EC steen		=	N <sub>Ed</sub>	/	( β b f <sub>b</sub> )					
	R <sub>1</sub>	I <sub>opleg</sub>	=	13,4 · 10 <sup>3</sup>	/	( 1,34 160 3,89 )	=		16	mm
	R <sub>2</sub>	I <sub>opleg</sub>	=	51,8 · 10 <sup>3</sup>	/	( 1,34 160 3,89 )	=		62	mm
	R <sub>2</sub>	I <sub>opleg</sub>	=	16,9 · 10 <sup>3</sup>	/	( 1,34 160 3,89 )	=		20	mm

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

rekenwaarde moment	$M_{Ed} = 22,5$ kNm	profiel	= HE160A	A	= 38,8	cm <sup>2</sup>
reductie flensdoorsnede (boutgater	$A_{f,red} = 0,0$ cm <sup>2</sup>	kwaliteit	= S235	$\gamma_{M0}$	= 1,00	-
<b>de boutgaten mogen worden verwaarloosd</b>						
		$f_y$	= 235	N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M2}$	= 1,25
		$f_u$	= 360	N/mm <sup>2</sup>	$W_{pl}$	= 245,1
		b	= 160	mm	$W_{el,min}$	= 220,1
		$t_f$	= 9	mm	$W_{ef,min}$	= 220,1
		$A_f$	= 16,0	0,9	= 14,4	cm <sup>2</sup>
		$A_{f,net}$	= 14,4	-	0,0	= 14,4
6.12	$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} <= 1,0 = \frac{22,548}{51,7} = 0,44$					
(2) voor doorsnedeklasse 1 en 2						
6.13	$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{245,1 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 57,6$ kNm					
voor doorsnedeklasse 3						
6.14	$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{220,1 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 51,7$ kNm					
voor doorsnedeklasse 4						
6.15	$M_{c,Rd} = M_{ef,Rd} = \frac{W_{ef,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{220,1 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 51,7$ kNm					
6.16 (4) gaten voor verbindingmiddelen mogen worden verwaarloosd als:						
	$\frac{A_{f,net} \cdot 0,9 \cdot f_u \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M2}} = \frac{14,4 \cdot 0,9 \cdot 360 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 3,7$ kN					
	$\frac{A_f \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{14,4 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 3,4$ kN					

**art. 6.2.6 dwarskracht (afschuiving)** onderdeel

rekenwaarde moment	$V_{Ed} = 28,2$ kN	profiel	= HE160A	A	= 38,8	cm <sup>2</sup>
profiel	<b>gewalste I en H profielen</b>	kwaliteit	= S235	$\gamma_{M0}$	= 1,00	-
		$f_y$	= 235	N/mm <sup>2</sup>	$I_y$	= 1673
factor in formules gelast profiel	$\eta = 1$	b	= 160	mm	$t_f$	= 9
		h	= 152	mm	$t_w$	= 6
dikte in beschouwde punt	t = 6 mm	$S_y$	= 123	cm <sup>3</sup>	$I_t$	= 12,2
		$h_w$	= 152	-	9	2 = 134
		reken met hoogte van het lijf		$h_w$	= 134	mm
		afroningstraal in profiel		r	= 15	mm
6.17	$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} <= 1,0 = \frac{28,2}{179,6} = 0,16$					
6.18	$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\gamma_{M0}} / \sqrt{3} = \frac{1324 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} / \sqrt{3} = 179,6$ 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  $\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} = \frac{35,1}{235 / (\sqrt{3} \cdot 1,00)} = 0,09$

algemeen geldt:

6.20  $\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} S}{I_y t} = \frac{28,2 \cdot 123 \cdot 10^2}{1673 \cdot 6} = 34$  N/mm<sup>2</sup>

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

6.21  $\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} \text{ indien } A_f / A_w > 0,6 = \frac{28,2 \cdot 10^3}{804} = 35$  N/mm<sup>2</sup>

$A_f = b t_f = 160 \cdot 9 = 14,4 \cdot 10^2$  cm<sup>2</sup>  
 $A_w = h_w t_w = 134 \cdot 6 = 8,0 \cdot 10^2$  cm<sup>2</sup>  
 $A_f / A_w = 14,4 / 8,0 = 1,8$

waarde voor  $\tau_{Ed}$  waarmee mag worden gerekend voor I en H-profielen = 35 N/mm<sup>2</sup>

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  $\frac{134}{6} > 72 \frac{1,00}{1,00}$  eis 22,3 > 72,0

**conclusie: weerstand tegen plooiën hoeft niet te worden berekend**

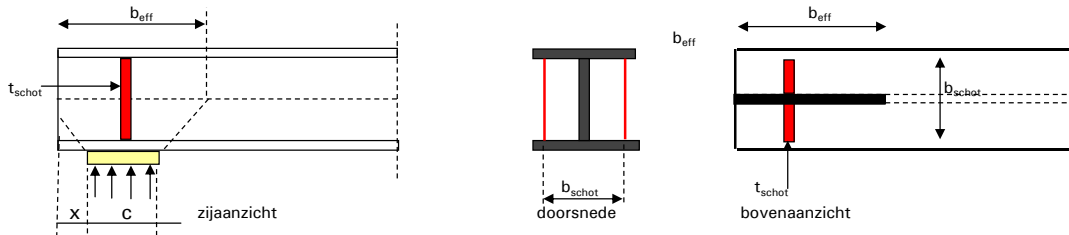
met  $\epsilon = \sqrt{(235 / f_y)} = \sqrt{(235 / 235)} = 1,00$

(3) a	gewalste I en H profielen	$A_v = A - 2 b t_f + ( t_w + 2 r ) t_f$	$= 3880 - 2 \cdot 160 \cdot 9 + ( 6 + 2 \cdot 15 ) \cdot 9$	$= 1324$
(3) b	gewalste U en C profielen	$A_v = A - 2 b t_f + ( t_w + r ) t_f$	$= 3880 - 2 \cdot 160 \cdot 9 + ( 6 + 15 ) \cdot 9$	$= 1189$
(3) c	gewalste T profielen	$A_v = 0,9 ( A - b t_f )$	$= 0,9 ( 3880 - 160 \cdot 9 )$	$= 2196$
(3) d	gelast I,H, buis, // lijf	$A_v = \eta \Sigma ( h_w t_w )$	$= 1 ( 134 \cdot 6 )$	$= 804$
(3) e	gelast I,H, buis, // flens	$A_v = A - \Sigma ( h_w t_w )$	$= 3880 - \Sigma ( 134 \cdot 6 )$	$= 3076$
(3) f1	gewalste rh buis // hoogte	$A_v = A h / ( b + h )$	$= 3880 \cdot 152 / ( 160 + 152 )$	$= 1890,3$
(3) f2	gewalste rh buis // breedte	$A_v = A b / ( b + h )$	$= 3880 \cdot 160 / ( 160 + 152 )$	$= 1989,7$
(3) g	ronde buisprofielen	$A_v = 2 A / \pi$	$= 2 \cdot 3880 / \pi$	$= 2470,1$

**art. 6.3.1 onderflensinklemming (gaffeloplegging) onderdeel**

rekenwaarde oplegreactie	$N_{Ed} = 51,8$ kN	profiel	= HE160A	E	= 210000 N/mm <sup>2</sup>
extra normaalkracht in oplegging	$N_{extra} = 25$ kN	kwaliteit	= S235		
oplegplengte	$c = 100$ mm	$f_y$	= 235 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M1}$	= 1,00 -
totale dikte schotjes	$t_{schot} = 0$ mm	y-richting		z-richting	
totale breedte schotjes (incl. lijf)	$b_{schot} = 279,0$ mm	h	= 152 mm	b	= 160 mm
zijkant oplegging c tot eind ligger	$x = 120,0$ mm	kromme	= c	$t_w$	= 6 mm

er worden geen verstijvingsschotjes toegepast



NEN 6770 art 12.2.4

$$b_{eff} = 0,5 \sqrt{(h^2 + c^2)} + x + c/2 = 0,5 \sqrt{(152,0^2 + 100,0^2)} + 120,0 + 100 / 2 = 261,0 \text{ mm}$$

$$b_{eff} < \sqrt{(h^2 + c^2)} = \sqrt{(152^2 + 100^2)} = 181,9 \text{ mm}$$

$$\text{kniklengte y-richting } l_{cr,y} = 2 \cdot 152 = 304,0 \text{ mm}$$

$$\text{doorsnede } A = b_{eff} t_w + (b_{schot} - t_w) t_{schot} = 181,9 \cdot 6 + (279,0 - 6) \cdot 0 = 10,92 \cdot 10^2 \text{ cm}^2$$

$$I = 1/12 ( t_{schot} b_{schot}^3 + (b_{eff} - t_{schot}) t_w^3 ) = 1/12 ( 0 \cdot 279,0^3 + (181,9 - 0) \cdot 6^3 ) = 0,3275 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\text{traagheidsstraal } i = \sqrt{I/A} = \sqrt{(0,3275 \cdot 10^4 / 11 \cdot 10^2)} = 1,7 \text{ mm}$$

**y-richting**

6.46  $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{N_{extra}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{51,8 + 25,0}{56,5} = 0,92$

6.47-6.48  $N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0,220 \cdot 10,9 \cdot 235 \cdot 10^{-1} / 1,00 = 56,5 \text{ kN}$

6.49  $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda^2)}} \leq 1,0 \quad \chi = \frac{1}{2,655 + \sqrt{(2,655^2 - 1,869^2)}} = 0,220$

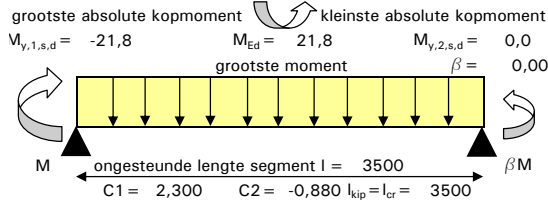
$\Phi = 0,5 [ 1 + \alpha ( \bar{\lambda} - 0,2 ) + \bar{\lambda}^2 ] \quad \Phi = 0,5 [ 1 + 0,49 ( 1,869 - 0,2 ) + 1,869^2 ] = 2,655$

6.50  $\lambda_y = l_{cr,y} / i_y = 304 / 1,7 = 175,5$   
 $\lambda_1 = \pi \sqrt{(E / f_y)} = \pi \sqrt{(210000 / 235)} = 93,9$   
 $\bar{\lambda}_y = \lambda_y / \lambda_1 = 175,5 / 93,9 = 1,869$

gemiddelde oplegspanning =  $51,8 \cdot 10^3 / (160 \cdot 100) = 3,23 \text{ N/mm}^2$

**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 <sup>3</sup>
reductie doorsnede	$A_{red} = 0,0$ cm <sup>2</sup>
profiel = HE160A	E = 210000 N/mm <sup>2</sup>
kwaliteit = S235	A = 38,8 cm <sup>2</sup>
$f_y = 235$ N/mm <sup>2</sup>	G = 80769 N/mm <sup>2</sup>
h = 152 mm	$\gamma_{M1} = 1,00$ -
$t_f = 9$ mm	b = 160 mm
$I_y = 1673$ cm <sup>4</sup>	$t_w = 6$ mm
$i_y = 65,7$ mm	$I_z = 616$ cm <sup>4</sup>
$W_{y,el} = 220,1$ cm <sup>3</sup>	$i_z = 39,8$ mm
$W_{y,pl} = 245,1$ cm <sup>3</sup>	$I_t = 12,2$ cm <sup>4</sup>
$W_{y,eff} = 220,1$ cm <sup>3</sup>	h/b = 0,95 -
plaats van de horizontale kipsteunen bij liggerberekeningen	
$C_{kip,links} = 0,00$	* 3500 = 0 mm
$C_{kip,rechts} = 1,00$	* 3500 = 3500 mm
l = 3500	- 0 = 3500 mm

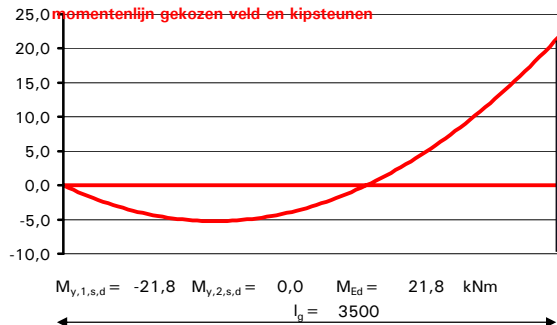
**invoergegevens tbc kipcontrole**

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 zijdelingse steunen **tussen 2 gaffels**

**aanvullende invoer via een liggerberekeningen:**

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

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



kipcontrole algemeen: **0,46** kipcontrole gewalst profiel **0,44** "tekenafpraak" getekende momentenlijn wijkt af van de mechanica berekening

**NEN 6771 art.12.2.5.3 bepaling vervangende ongesteunde kiplengte**

tussen twee gaffels  $l_{kip} = l_{st} = 3500$  mm  
 tussen een gaffel en een kipsteun of tussen twee kipsteunen  
 $l_{kip} = (1,4 - 0,8 \beta) l_{st}$  echter  $1,0 \leq l_{kip} / l_{st} \leq 1,4$   
 $f_2 = (1,4 - 0,8 \beta) = (1,4 - 0,00) = 1,40$

**deze factor is niet van toepassing, zodat f2=1,00**

**Er wordt gerekend met de volgende gegevens:**

lengte ligger tussen de gaffels  $l_g = 3500$  mm  
 ongesteunde horizontale lengte  $l = 3500$  mm  
 rekenwaarde buigend moment  $M_{Ed} = 21,8$  kNm  
 kopmoment met grootste absolute waarde  $M_{y,1,s,d} = -21,8$  kNm  
 kopmoment met kleinste absolute waarde  $M_{y,2,s,d} = 0,0$  kNm

$l_{st} = f_1 l = 1,00 \cdot 3500 = 3500$  mm  
 $l_{kip} = l_{cr} = f_2 l_{st} = 1,00 \cdot 3500 = 3500$  mm  
 reken met een ongesteunde lengte  $l_{kip} = l_{cr} = 3500$  mm  
 afstand horizontale steun 1 v.a linker steunpunt = 0,00 m  
 afstand horizontale steun 2 v.a linker steunpunt = 3,50 m

invloedsfactor uit tabel C1  $C_1 = 2,300$  -  
 invloedsfactor uit tabel C2 = -1 0,880  $C_2 = -0,880$  -  
 verhouding  $\varphi = \beta = M_{y,2,s,d} / M_{y,1,s,d} = 0,00$  -  
 tabel 10, q-last en kopmomenten  $B^* = -0,49$

**toetsing kip art. 6.3.2.2 kipprommen - Algemeen**

6.54  $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{21,8}{47,1} = 0,46$

**let op: de waarden voor C1 en C2 moet uit de tabellen 9 t/m 13 worden gehaald**  
 gebruik bij formule 6.56 kromme a

6.55  $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y f_y / \gamma_{M1}$   $M_{b,Rd} = 0,911 \cdot 220,1 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 47,1$  kNm

6.56  $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} \leq 1,0$   $\chi_{LT} = \frac{1}{0,683 + \sqrt{(0,683^2 - 0,542^2)}} = 0,911$   
 maatgevende waarde  $\chi_{LT} = 0,911$

$\Phi_{LT} = 0,5 [ 1 + \alpha_{LT} ( \lambda_{LT} - 0,2 ) + \lambda_{LT}^2 ]$   $\Phi_{LT} = 0,5 [ 1 + 0,21 ( 0,542 - 0,2 ) + 0,542^2 ] = 0,683$

$\lambda_{LT} = \sqrt{ ( W_y \cdot f_y / M_{cr} ) }$   $= \sqrt{ 220,1 \cdot 235 \cdot 10^3 / 176 } = 0,542$

12.2.7  $M_{cr} = M_{ke} = k_{red} C / I_g \cdot \sqrt{ ( E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t ) }$   $= 1,00 \cdot \frac{5}{3500} \cdot \sqrt{ ( 210000 \cdot 616 \cdot 80769 \cdot 12,2 \cdot 10^8 ) } = 176$  kNm  
 NEN 6771



b) dubbel-symmetrische profielen :  $h / t_f \leq 75 = \frac{152}{9} = 16,9$  -

**aan deze eis wordt voldaan**

c) dubbel-symmetrische profielen :  $\alpha = h t_f 10^{12} / t_w^3 b l_g^2 \leq 575 = \frac{152 \cdot 9 \cdot 10^{12}}{6^3 \cdot 160 \cdot 3500^2} = 3231$  -

**aan deze eis wordt niet voldaan**

$k_{red} = \text{als } h / t_w > 75: k_{red} = -5,4 \cdot 10^{-5} \alpha + 1,03 = -5,4 \cdot 10^{-5} \cdot 3231 + 1,03 = 0,856$

$h / t_w = \frac{152}{6} = 25,333$   $\alpha = 3231$  eis < 5000 conclusie:  $k_{red} = 1,00$  -  
 toepassingsgebied voor art. 12.2.1 NEN 6770

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

$C = \pi \frac{2,300 \cdot 3500}{3500} \left[ \sqrt{1 + \frac{9,870 \cdot 870,9^2}{3500^2}} (-0,880^2 + 1) + \pi \frac{-0,880 \cdot 870,9}{3500} \right] = 5,5$  -

12.2.11.b  $S = \frac{h}{2} \sqrt{\left( \frac{E_d}{G_d} \frac{l_z}{l_t} \right)} = \frac{152}{2} \sqrt{\left( \frac{210000}{80769} \frac{615,6}{12,2} \right)} = 870,9$  -

**benadering geldt alleen voor I-profielen**

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

6.54  $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{21,8}{50,1} = 0,44$  - gebruik bij formule 6.57 kromme b

6.55  $M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} W_y f_y / \gamma_{M1}$   $M_{b,Rd} = 0,968 \cdot 220,1 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 50,1$  kNm

$M_{cr} = 176$   $\lambda_{LT} = 0,54$  als bij berekening 6.3.2.2 kipprommen algemeen

6.57  $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2}} \leq 1,0$   $\chi_{LT} = \frac{1}{0,634 + \sqrt{0,634^2 - 0,75 \cdot 0,542^2}} = 0,943$  -

$\chi_{LT} \leq 1 / \lambda_{LT}^2 = 1 / 0,54^2 = 3,4$  - maatgevende waarde  $\chi_{LT} = 0,943$  -

6.58  $\chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / f = 0,943 / 0,97 = 0,968$  - reken met  $\chi_{LT,mod} = 0,968$  -

$f = 1 - 0,5(1 - k_c) [1 - 2,0(\lambda_{LT} - 0,8)^2] \leq 1,0$   $f = 1 - 0,5(1 - 0,94) [1 - 2,0(0,542 - 0,8)^2] = 0,974$  -

**kip**  $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda_{LT}^2]$   $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,34 (0,54 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,54^2] = 0,634$  -

**opmerking**