



stalen ligger op 4 steunpunten met 3 q-lasten

1xprofiel 1: HE160A

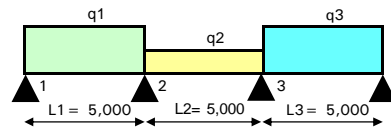
werk	werk	
werknummer	werknummer	materiaal S235
onderdeel	onderdeel	klasse 3 flensdikte <40

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 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		$\gamma_{Q3} = 1,35$ $\gamma_{Q3} = 1,35$ $\gamma_{M2} = 1,25$ -

diverse factoren		eigen gewicht ligger automatisch berekenen ja
gebouwcategorie	A: woon- en verblijfsruimtes	traagheidsmoment en weerstandsmoment in richting van de belasting
(gewichtsberekening)	$\psi_0 = 0,4$ -	belasting profiel 1 : sterke as
(elastische doorbuiging)	$\psi_1 = 0,5$ -	$\Sigma I = 1673 \text{ cm}^4$ $\Sigma g = 0,30 \text{ kN/m}$
(kruip)	$\psi_2 = 0,3$ -	$\Sigma W_{pl} = 245 \text{ cm}^3$ $\Sigma A = 38,8 \text{ cm}^2$
reductiefactor vloerbelasting	$\psi_f = 1,00$ -	$\Sigma W_{el} = 220 \text{ cm}^3$ $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

invoergegevens van de ligger

liggerlengte	L1= 5 m
liggerlengte	L2= 5 m
liggerlengte	L3= 5 m
wilt u de EI per liggerdeel aanpassen	nee
toelaatbare einddoorbuiging	1: 250 * L
toelaatbare bijkomende doorbuiging	1: 333,3 * L
toegepaste zeeg veld 1	-1 mm
toegepaste zeeg veld 2	-2 mm
toegepaste zeeg veld 3	-3 mm



belastingen en combinaties onderdeel

q1:

permanente belasting	$G_{kj} = 5 \text{ kN/m}$	G_{kj} : (incl.e.g.)	5	+	0,30	=	5,30 kN/m'
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom} = 3 \text{ kN/m}$	STR/GEO	γ_{Gj}	G_{kj}	+	γ_Q	ΣQ_{mom}
opgelegde belasting momentaan	$\Sigma Q_{mom} = 2 \text{ kN/m}$	6.10.a:	1,22	5,30	+	1,35	2,00 = 9,15 kN/m'
		STR/GEO	$\xi \gamma_{Gj}$	G_{kj}	+	γ_Q	$\Sigma Q_{extr+mom}$
		6.10.b:	1,08	5,30	+	1,35	3,00 = 9,79 kN/m'
		EQU	1,1	G_{kj}	+	1,5	$\Sigma Q_{extr+mom}$
		6.10:	1,1	5,30	+	1,5	3,00 = 10,34 kN/m'
		EQU en STR/GEO	0,9	G_{kj}	=	0,9	5,30 = 4,77 kN/m'

q2:

permanente belasting	$G_{kj} = 5 \text{ kN/m}$	G_{kj} : (incl.e.g.)	5	+	0,30	=	5,30 kN/m'
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom} = 4 \text{ kN/m}$	STR/GEO	γ_{Gj}	G_{kj}	+	γ_Q	ΣQ_{mom}
opgelegde belasting momentaan	$\Sigma Q_{mom} = 3 \text{ kN/m}$	6.10.a:	1,22	5,30	+	1,35	3,00 = 10,50 kN/m'
		STR/GEO	$\xi \gamma_{Gj}$	G_{kj}	+	γ_Q	$\Sigma Q_{extr+mom}$
		6.10.b:	1,08	5,30	+	1,35	4,00 = 11,14 kN/m'
		EQU	1,10	G_{kj}	+	1,50	$\Sigma Q_{extr+mom}$
		6.10:	1,10	5,30	+	1,50	4,00 = 11,84 kN/m'
		EQU en STR/GEO	0,9	G_{kj}	=	0,9	5,30 = 4,77 kN/m'

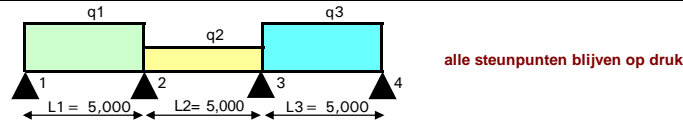
q3:

permanente belasting	$G_{kj} = 5 \text{ kN/m}$	G_{kj} : (incl.e.g.)	5	+	0,30	=	5,30 kN/m'
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom} = 2 \text{ kN/m}$	STR/GEO	γ_{Gj}	G_{kj}	+	γ_Q	ΣQ_{mom}
opgelegde belasting momentaan	$\Sigma Q_{mom} = 1 \text{ kN/m}$	6.10.a:	1,22	5,30	+	1,35	1,00 = 7,80 kN/m'
		STR/GEO	$\xi \gamma_{Gj}$	G_{kj}	+	γ_Q	$\Sigma Q_{extr+mom}$
		6.10.b:	1,08	5,30	+	1,35	2,00 = 8,44 kN/m'
		EQU	1,10	G_{kj}	+	1,50	$\Sigma Q_{extr+mom}$
		6.10:	1,10	5,30	+	1,50	2,00 = 8,84 kN/m'
		EQU en STR/GEO	0,9	G_{kj}	=	0,9	5,30 = 4,77 kN/m'

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

ULS	buiging	0,55	dwarskracht	0,17	onderflensinklemming	0,77	kip	0,60	SLS	U_{eind}	0,52	U_{bij}	0,34
-----	---------	------	-------------	------	----------------------	------	-----	------	-----	------------	------	-----------	------

resultaten mechanische berekeningen onderdeel



EQU (groep A)

belastinggeval / combinatie	belastingen			dwarskracht (kN)						reactie (kN)			
	q1	q2	q3	V _{1,2}	V _{2,1}	V _{2,3}	V _{3,2}	V _{3,4}	V _{4,3}	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
EQU 6.10													
veld L1 volbelast	10,34	4,77	4,77	-21,6	30,1	-14,3	9,6	-13,9	10,0	21,6	44,3	23,5	10,0
veld L2 volbelast	4,77	11,84	4,77	-7,8	16,1	-29,6	29,6	-16,1	7,8	7,8	45,7	45,7	7,8
veld L3 volbelast	4,77	4,77	8,84	-9,9	14,0	-10,2	13,6	-25,8	18,3	9,9	24,2	39,5	18,3

belastinggeval / combinatie	belastingen			dwarskracht (kN)						reactie (kN)			
	q1	q2	q3	V _{1,2}	V _{2,1}	V _{2,3}	V _{3,2}	V _{3,4}	V _{4,3}	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
BGT 6.14.b													
permanente belasting	5,30	5,30	5,30	-10,6	15,9	-13,3	13,3	-15,9	10,6	10,6	29,2	29,2	10,6
veld L1 + L2 + L3 volbelast	3,00	4,00	2,00	-5,7	9,3	-10,4	9,6	-6,4	3,6	5,7	19,7	16,0	3,6
veld L1 volbelast	3,00	0,00	0,00	-6,5	8,5	-1,3	-1,3	0,2	0,2	6,5	9,8	-1,5	0,2
veld L1 en L2 volbelast	3,00	4,00	0,00	-5,5	9,5	-11,2	8,8	-0,8	-0,8	5,5	20,7	9,5	-0,8
veld L1 + L3 volbelast	3,00	0,00	2,00	-6,7	8,3	-0,4	-0,4	-5,4	4,6	6,7	8,8	5,0	4,6
veld L2 volbelast	0,00	4,00	0,00	1,0	1,0	-10,0	10,0	-1,0	-1,0	-1,0	11,0	11,0	-1,0
veld L2 + L3 volbelast	0,00	4,00	2,00	0,8	0,8	-9,2	10,8	-6,7	3,3	-0,8	10,0	17,5	3,3
veld L3 volbelast	0,00	0,00	2,00	-0,2	-0,2	0,8	0,8	-5,7	4,3	0,2	-1,0	6,5	4,3

UGT 6.10.a

veld L1 + L2 + L3 volbelast	9,15	10,50	7,80	-17,8	27,9	-26,8	25,7	-23,9	15,0	17,8	54,7	49,6	15,0
veld L1 volbelast	9,15	4,77	4,77	-19,0	26,7	-13,8	10,1	-14,0	9,9	19,0	40,5	24,1	9,9
veld L1 en L2 volbelast	9,15	10,50	4,77	-17,6	28,1	-28,1	24,4	-15,4	8,5	17,6	56,2	39,8	8,5
veld L1 + L3 volbelast	9,15	4,77	7,80	-19,3	26,5	-12,5	11,4	-22,5	16,5	19,3	39,0	33,9	16,5
veld L2 volbelast	4,77	10,50	4,77	-8,1	15,8	-26,2	26,2	-15,8	8,1	8,1	42,0	42,0	8,1
veld L2 + L3 volbelast	4,77	10,50	7,80	-8,4	15,5	-25,0	27,5	-24,3	14,7	8,4	40,5	51,8	14,7
veld L3 volbelast	4,77	4,77	7,80	-9,8	14,1	-10,7	13,2	-22,9	16,1	9,8	24,7	36,1	16,1

UGT 6.10.b

veld L1 + L2 + L3 volbelast	9,79	11,14	8,44	-19,1	29,8	-28,4	27,3	-25,9	16,3	19,1	58,2	53,1	16,3
veld L1 volbelast	9,79	4,77	4,77	-20,4	28,5	-14,0	9,8	-13,9	10,0	20,4	42,5	23,8	10,0
veld L1 en L2 volbelast	9,79	11,14	4,77	-18,8	30,1	-29,9	25,8	-15,5	8,4	18,8	60,0	41,2	8,4
veld L1 + L3 volbelast	9,79	4,77	8,44	-20,7	28,2	-12,5	11,4	-24,3	17,9	20,7	40,7	35,7	17,9
veld L2 volbelast	4,77	11,14	4,77	-8,0	15,9	-27,8	27,8	-15,9	8,0	8,0	43,8	43,8	8,0
veld L2 + L3 volbelast	4,77	11,14	8,44	-8,3	15,6	-26,3	29,4	-26,3	15,9	8,3	41,9	55,7	15,9
veld L3 volbelast	4,77	4,77	8,44	-9,9	14,0	-10,4	13,5	-24,7	17,5	9,9	24,4	38,2	17,5

maatgevende waarden

V_{Ed} = 30,1 kN

R_{Ed} = 60,0 kN

belastinggeval / combinatie	steunpuntmoment (kNm)				veldmoment (kNm)			positie M _{veld,max} (m)			vervorming (mm)		
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M _{1,2}	M _{2,3}	M _{3,4}	uit R ₁	uit R ₂	uit R ₃	u _{1,2}	u _{2,3}	u _{3,4}
BGT 6.14.b													
permanente belasting	0,0	-13,3	-13,3	0,0	10,6	3,3	10,6	2,0	2,5	3,0	6,4	0,5	6,4
veld L1 + L2 + L3 volbelast	0,0	-9,2	-7,1	0,0	5,4	4,4	3,2	1,9	2,6	3,2	2,9	2,0	1,5
veld L1 volbelast	0,0	-5,0	1,2	0,0	7,0	n.v.t.	n.v.t.	2,2	n.v.t.	n.v.t.	4,7	-1,7	0,6
veld L1 en L2 volbelast	0,0	-10,0	-3,8	0,0	5,0	5,8	n.v.t.	1,8	2,8	n.v.t.	2,5	3,2	-1,7
veld L1 + L3 volbelast	0,0	-4,2	-2,1	0,0	7,4	n.v.t.	5,3	2,2	n.v.t.	2,7	5,1	-2,8	3,7
veld L2 volbelast	0,0	-5,0	-5,0	0,0	n.v.t.	7,5	n.v.t.	n.v.t.	2,5	n.v.t.	-2,2	4,8	-2,2
veld L2 + L3 volbelast	0,0	-4,2	-8,3	0,0	n.v.t.	6,3	2,8	n.v.t.	2,3	3,3	-1,9	3,7	0,9
veld L3 volbelast	0,0	0,8	-3,3	0,0	n.v.t.	n.v.t.	4,7	n.v.t.	n.v.t.	2,8	0,4	-1,1	3,2
UGT 6.10.a													
veld L1 + L2 + L3 volbelast	0,0	-25,1	-22,3	0,0	17,4	9,1	14,5	2,0	2,6	3,1			
veld L1 volbelast	0,0	-19,2	-10,1	0,0	19,8	0,6	10,3	2,1	2,9	2,9			
veld L1 en L2 volbelast	0,0	-26,4	-17,3	0,0	16,9	11,1	7,5	1,9	2,7	3,2			
veld L1 + L3 volbelast	0,0	-18,0	-15,1	0,0	20,3	-1,6	17,4	2,1	2,6	2,9			
veld L2 volbelast	0,0	-19,1	-19,1	0,0	6,9	13,7	6,9	1,7	2,5	3,3			
veld L2 + L3 volbelast	0,0	-17,8	-24,1	0,0	7,3	11,9	13,8	1,8	2,4	3,1			
veld L3 volbelast	0,0	-10,7	-17,0	0,0	10,1	1,3	16,6	2,1	2,2	2,9			
UGT 6.10.b													
veld L1 + L2 + L3 volbelast	0,0	-26,7	-23,9	0,0	18,7	9,5	15,8	2,0	2,6	3,1			
veld L1 volbelast	0,0	-20,3	-9,8	0,0	21,3	0,3	10,4	2,1	2,9	2,9			
veld L1 en L2 volbelast	0,0	-28,2	-17,8	0,0	18,1	12,0	7,3	1,9	2,7	3,2			
veld L1 + L3 volbelast	0,0	-18,8	-16,0	0,0	21,9	-2,4	19,0	2,1	2,6	2,9			
veld L2 volbelast	0,0	-19,9	-19,9	0,0	6,6	14,9	6,6	1,7	2,5	3,3			
veld L2 + L3 volbelast	0,0	-18,4	-26,0	0,0	7,2	12,7	15,0	1,7	2,4	3,1			
veld L3 volbelast	0,0	-10,4	-18,0	0,0	10,2	0,9	18,1	2,1	2,2	2,9			

maatgevende waarden

M_{Ed,sl} = 28,2 kNm

M_{Ed,v} = 21,9 kNm



toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand onderdeel

		veld L1 + L2 + L3 volbelast			veld L1 volbelast			veld L1 en L2 volbelast			veld L1 + L3 volbelast		
veld		u _{1,2}	u _{2,3}	u _{3,4}	u _{1,2}	u _{2,3}	u _{3,4}	u _{1,2}	u _{2,3}	u _{3,4}	u _{1,2}	u _{2,3}	u _{3,4}
u _{on}	G _{kj}	6,4	0,5	6,4	6,4	0,5	6,4	6,4	0,5	6,4	6,4	0,5	6,4
U _{elastisch}	Q _{k1} + ψ _{0j} · Q _{kj}	2,9	2,0	1,5	4,7	-1,7	0,6	2,5	3,2	-1,7	5,1	-2,8	3,7
U _{zeeg}	volgens opgave	-1,0	-2,0	-3,0	-1,0	-2,0	-3,0	-1,0	-2,0	-3,0	-1,0	-2,0	-3,0
U _{eind}	u _{on} + U _{elastisch} + U _{zeeg}	8,3	0,5	4,9	10,1	-3,2	3,9	7,9	1,6	1,7	10,5	-4,3	7,1
U _{bij}	U _{elastisch}	2,9	2,0	1,5	4,7	-1,7	0,6	2,5	3,2	-1,7	5,1	-2,8	3,7
U _{eind,toe}	U _{eind,toelaatbaar}	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
u.c.	U _{eind} / U _{eind,toelaatbaar}	0,41	0,03	0,24	0,51	0,16	0,20	0,39	0,08	0,09	0,52	0,21	0,35
U _{bij,toe}	U _{bij,toelaatbaar}	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
u.c.	U _{bij} / U _{bij,toelaatbaar}	0,19	0,14	0,10	0,31	0,11	0,04	0,17	0,21	0,11	0,34	0,19	0,25

		veld L2 volbelast			veld L2 + L3 volbelast			veld L3 volbelast		
veld		u _{1,2}	u _{2,3}	u _{3,4}	u _{1,2}	u _{2,3}	u _{3,4}	u _{1,2}	u _{2,3}	u _{3,4}
u _{on}	G _{kj}	6,4	0,5	6,4	6,4	0,5	6,4	6,4	0,5	6,4
U _{elastisch}	Q _{k1} + ψ _{0j} · Q _{kj}	-2,2	4,8	-2,2	-1,9	3,7	0,9	0,4	-1,1	3,2
U _{zeeg}	volgens opgave	-1,0	-2,0	-3,0	-1,0	-2,0	-3,0	-1,0	-2,0	-3,0
U _{eind}	u _{on} + U _{elastisch} + U _{zeeg}	3,2	3,3	1,2	3,5	2,2	4,3	5,8	-2,6	6,5
U _{bij}	U _{elastisch}	-2,2	4,8	-2,2	-1,9	3,7	0,9	0,4	-1,1	3,2
U _{eind,toe}	U _{eind,toelaatbaar}	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
u.c.	U _{eind} / U _{eind,toelaatbaar}	0,16	0,17	0,06	0,18	0,11	0,22	0,29	0,13	0,33
U _{bij,toe}	U _{bij,toelaatbaar}	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
u.c.	U _{bij} / U _{bij,toelaatbaar}	0,15	0,32	0,15	0,12	0,25	0,06	0,02	0,07	0,21

maximum 0,52

maximum 0,34

toetsingen uiterste grenstoestand (samenvatting) onderdeel

buiging, art 6.2.5 $M_{Ed} = 28,2$ 6.12 $\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0 = \frac{28,2}{51,7} = 0,55$

dwarskracht, art. 6.2.6 $V_{Ed} = 30,1$ 6.17 $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 = \frac{30,1}{179,6} = 0,17$

onderflensinklemming, art. 6.3.1 $R_1 = 20,7$ 6.46 $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{20,7}{78,0} = 0,27$

$R_2 = 60,0$ 6.46 $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{60,0}{78,0} = 0,77$

$R_3 = 55,7$ 6.46 $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{55,7}{78,0} = 0,71$

$R_4 = 17,9$ 6.46 $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{17,9}{78,0} = 0,23$

kip, art. 6.3.2 $M_{Ed} = 28,2$ 6.54 $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{28,2}{47,4} = 0,60$

oplegplengte, art. 6.9 EC steen

	l_{opleg}	N_{Ed}	/ (	β	b	f_b)	=	
R ₁	l_{opleg}	$20,7 \cdot 10^3$	/ (	1,28	160	3,89	)	=	26 mm
R ₂	l_{opleg}	$60,0 \cdot 10^3$	/ (	1,28	160	3,89	)	=	76 mm
R ₃	l_{opleg}	$55,7 \cdot 10^3$	/ (	1,28	160	3,89	)	=	70 mm
R ₄	l_{opleg}	$17,9 \cdot 10^3$	/ (	1,28	160	3,89	)	=	23 mm

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

rekenwaarde moment	M_{Ed}	=	28,2 kNm	profiel	=	HE160A	A	=	38,8 cm ²
reductie flensdoorsnede (boutgat)	$A_{f,red}$	=	0,0 cm ²	kwaliteit	=	S235	γ_{M0}	=	1,00 -

de boutgaten mogen worden verwaarloosd

6.12 $\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0 = \frac{28,24}{51,7} = 0,55$ - $A_f = 16,0$ 0,9 = 14,4 cm²
 $A_{f,net} = 14,4$ - 0,0 = 14,4 cm²

(2) voor doorsnedeklasse 1 en 2

6.13 $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{245,1 \cdot 235 \cdot 10^3}{1,00} = 57,6$ kNm

voor doorsnedeklasse 3

6.14 $M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{220,1 \cdot 235 \cdot 10^3}{1,00} = 51,7$ kNm



voor doorsnedeklasse 4

$$6.15 \quad M_{c,Rd} = M_{ef,Rd} = \frac{W_{ef,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{220,1 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 51,7 \text{ kNm}$$

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

$$\frac{A_{f,net} \cdot 0,9 \cdot f_u \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M2}} = \frac{14,4 \cdot 0,9 \cdot 360 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 3,7 \text{ kN}$$

$$\frac{A_f \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{14,4 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 3,4 \text{ kN}$$

art. 6.2.6 dwarskracht (afschuiving) onderdeel

rekenwaarde moment	$V_{Ed} = 30,1 \text{ kN}$	profiel	= HE160A	A	= 38,8 cm ²
profiel	gewalste I en H profielen	kwaliteit	= S235	γ_{M0}	= 1,00 -
		f_y	= 235 N/mm ²	I_y	= 1673 cm ⁴
factor in formules gelast profiel	$\eta = 1$ -	b	= 160 mm	t_f	= 9 mm
		h	= 152 mm	t_w	= 6 mm
dikte in beschouwde punt	t = 6 mm	S_y	= 123 cm ³	I_t	= 12,2 cm ⁴
		h_w	= 152 -	9	2 = 134 mm
		reken met hoogte van het lijf	h_w	= 134 mm	
6.17	$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 = \frac{30,1}{179,6} = 0,17$ -	afroningstraal in profiel	r	= 15 mm	

$$6.18 \quad V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = \frac{1324 \cdot 235 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3}}{1,00} = 179,6 \text{ kN}$$

(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:

$$6.19 \quad \frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} = \frac{37,5}{235 / (\sqrt{3} \cdot 1,00)} = 0,09$$

algemeen geldt:

$$6.20 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot S}{I_y \cdot t} = \frac{30,1 \cdot 123 \cdot 10^2}{1673 \cdot 6} = 37 \text{ N/mm}^2$$

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

$$6.21 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} \text{ indien } A_f / A_w > 0,6 = \frac{30,1 \cdot 10^3}{804} = 37 \text{ N/mm}^2$$

$$A_f = b \cdot t_f = 160 \cdot 9 = 14,4 \cdot 10^2 \text{ cm}^2$$

$$A_w = h_w \cdot t_w = 134 \cdot 6 = 8,0 \cdot 10^2 \text{ cm}^2$$

$$A_f / A_w = 14,4 / 8,0 = 1,8$$

waarde voor τ_{Ed} waarmee mag worden gerekend voor I en H-profiel = 37 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

$$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\epsilon}{\eta} \text{ dus } \frac{134}{6} > 72 \frac{1,00}{1,00} \text{ eis } 22,3 > 72,0$$

conclusie: weerstand tegen plooiën hoeft niet te worden berekend

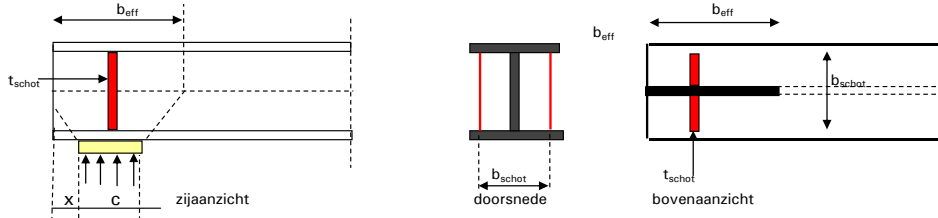
$$\text{met } \epsilon = \sqrt{(235 / f_y)} = \sqrt{(235 / 235)} = 1,00$$

(3) a	gewalste I en H profieler	$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$	
		$A_v = 3880 - 2 \cdot 160 \cdot 9 + (6 + 2 \cdot 15) \cdot 9$	= 1324
(3) b	gewalste U en C profieler	$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + r) \cdot t_f$	
		$A_v = 3880 - 2 \cdot 160 \cdot 9 + (6 + 15) \cdot 9$	= 1189
(3) c	gewalste T profieler	$A_v = 0,9 \cdot (A - b \cdot t_f)$	
		$A_v = 0,9 \cdot (3880 - 160 \cdot 9)$	= 2196
(3) d	gelast I,H, buis, // lijf	$A_v = \eta \cdot \Sigma (h_w \cdot t_w)$	
		$A_v = 1 \cdot (134 \cdot 6)$	= 804
(3) e	gelast I,H, buis, // flens	$A_v = A - \Sigma (h_w \cdot t_w)$	
		$A_v = 3880 - \Sigma (134 \cdot 6)$	= 3076
(3) f1	gewalste rh buis // hoogt	$A_v = A \cdot h / (b + h)$	
		$A_v = 3880 \cdot 152 / (160 + 152)$	= 1890
(3) f2	gewalste rh buis // breed	$A_v = A \cdot b / (b + h)$	
		$A_v = 3880 \cdot 160 / (160 + 152)$	= 1990
(3) g	ronde buisprofielen	$A_v = 2 \cdot A / \pi$	
		$A_v = 2 \cdot 3880 / \pi$	= 2470

art. 6.3.1 onderflensinklemming (gaffeloplegging) onderdeel

rekenwaarde oplegreactie	$N_{Ed} = 60,0$ kN	profiel	= HE160A	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	= 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

$$b_{eff} = 0,5 \sqrt{(h^2 + c^2)} + x + c/2 = 0,5 \sqrt{(152,0^2 + 200,0^2)} + 120,0 + 200 / 2 = 345,6 \text{ mm}$$

$$b_{eff} < \sqrt{(h^2 + c^2)} = \sqrt{(152^2 + 200^2)} = 251,2 \text{ mm}$$

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

$$\text{doorsnede } A = b_{eff} t_w + (b_{schot} - t_w) t_{schot} = 251,2 \cdot 6 + (279,0 - 6) \cdot 0 = 15,07 \cdot 10^2 \text{ cm}^2$$

$$I = 1/12 (t_{schot} b_{schot}^3 + (b_{eff} - t_{schot}) t_w^3) = 1/12 (0 \cdot 279,0^3 + (251,2 - 0) \cdot 6^3) = 0,452 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\text{traagheidsstraal } i = \sqrt{I/A} = \sqrt{(0,452 \cdot 10^4 / 15 \cdot 10^2)} = 1,7 \text{ mm}$$

y-richting

$$6.46 \quad \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{N_{extra}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{60,0 + 0,0}{78,0} = 0,77$$

$$6.47-6.48 \quad N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = N_{b,Rd} = 0,220 \cdot 15,1 \cdot 235 \cdot 10^{-1} / 1,00 = 78,0 \text{ kN}$$

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

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

$$6.50 \quad \lambda_y = l_{cr,y} / i_y = 304 / 1,7 = 175,5$$

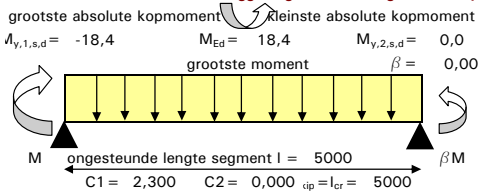
$$\lambda_1 = \pi \sqrt{(E / f_y)} = \pi \sqrt{(210000 / 235)} = 93,9$$

$$\lambda_y = \lambda_y / \lambda_1 = 175,5 / 93,9 = 1,869$$

$$\text{gemiddelde oplegspanning} = 60,0 \cdot 10^3 / (160 \cdot 200) = 1,876 \text{ N/mm}^2$$

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

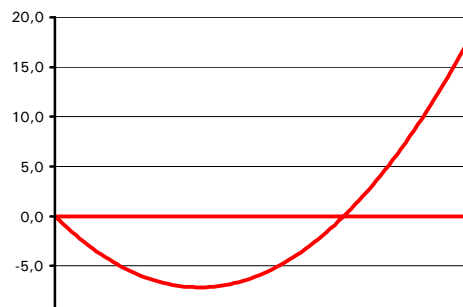


invoergegevens tbc kipcontrole

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**

reductie weerstandsmoment	$W_{red} = 0,0$ cm ³
reductie doorsnede	$A_{red} = 0,0$ cm ²
profiel	= HE160A
kwaliteit	= S235
f_y	= 235 N/mm ²
h	= 152 mm
t_r	= 9 mm
l_y	= 1673 cm ⁴
i_y	= 65,7 mm
$W_{y,el}$	= 220,1 cm ³
$W_{y,pl}$	= 245,1 cm ³
$W_{y,eff}$	= 220,1 cm ³
plaats van de horizontale kipsteunen bij liggerberekeningen	
$C_{kiplinks}$	= 0,00 * 5000 = 0 mm
$C_{kiprechts}$	= 1,00 * 5000 = 5000 mm
l	= 5000 - 0 = 5000 mm

momentenlijn gekozen veld en kipsteunen





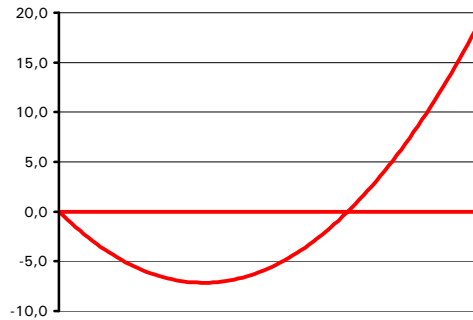
het grootste steunpuntmoment zit bij formule **6.10.b**
 het grootste veldmoment zit bij formule **6.10.b**
 het grootste moment is **28,2 kNm**
 het grootste veldmoment zit in **veld 1**
 het grootste steunpuntmoment zit bij **steunpunt 2**
 maatgevende belastingschikking **veld L1 en L2 volbelast**

aanvullende invoer via een liggerberekeningen:

invoer van de kipsteunen **door gelijkmatige verdeling veld 1**
 te controleren veld **UGT2 - 6.10.b**
 grenstoestand **veld L2 +L3 volbelast**
 belastingschikking

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

momentenlijn gekozen veld en kipsteunen



$M_{y,1,s,d} = -18,4$ $M_{y,2,s,d} = 0,0$ $M_{Ed} = 18,4$ kNm
 $I_g = 5000$

kipcontrole algemeen: **0,39** kipcontrole gewalst prof **0,36** "tekenafpraak" getekende momentenlijn wijkt af van de mechanica bereker

NEN 6771 art.12.2.5.3 bepaling vervangende ongesteunde kiplengte

tussen twee gaffels $l_{kip} = l_{st} = 5000$ 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 $f_2=1,00$

Er wordt gerekend met de volgende gegevens:

lengte ligger tussen de gaffels $l_g = 5000$ mm

ongesteunde horizontale lengte $l = 5000$ mm

rekenwaarde buigend moment $M_{Ed} = 18,4$ kNm

kopmoment met grootste absolute waarde $M_{y,1,s,d} = -18,4$ kNm

kopmoment met kleinste absolute waarde $M_{y,2,s,d} = 0,0$ kNm

$l_{st} = f_1 l = 1,00 \cdot 5000 = 5000$ mm

$l_{kip} = l_{cr} = f_2 l_{st} = 1,00 \cdot 5000 = 5000$ mm

reken met een ongesteunde lengt $l_{kip} = l_{cr} = 5000$ mm

$0,00$ m

$5,00$ m

invloedsfactor uit tabel C1 $C_1 = 2,300$ -

invloedsfactor uit tabel C2 $-1 \cdot 0,000$ $C_2 = 0,000$ -

verhouding $\varphi = \beta = M_{y,2,s,d} / M_{y,1,s,d} = 0,00$ -

tabel 10, q-last en kopmomenten $B^* = -1,00$

toetsing kip art. 6.3.2.2 kipprommen - Algemeen

6.54 $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{18,4}{47,4} = 0,39$ -

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

6.55 $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y f_y / \gamma_{M1}$ $M_{b,Rd} = 0,915 \cdot 220,1 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 47,4$ kNm

6.56 $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} \leq 1,0$ $\chi_{LT} = \frac{1}{0,674 + \sqrt{0,674^2 - 0,528^2}} = 0,915$ -
 maatgevende waarde $\chi_{LT} = 0,915$ -

$\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2]$ $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,21 (0,528 - 0,2) + 0,528^2] = 0,674$ -

$\lambda_{LT} = \sqrt{W_y f_y / M_{cr}}$ $= \sqrt{220,1 \cdot 235 \cdot 10^3 / 186} = 0,528$ -

12.2.7 $M_{cr} = M_{k0} = k_{red} C / I_g \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}$ $1,00 \cdot \frac{8}{5000} \cdot \sqrt{210000 \cdot 616 \cdot 80769 \cdot 12,2 \cdot 10^8} = 186$ 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 : $\alpha = h t_f 10^{12} / t_w^3 b I_g^2 \leq 575 = \frac{152 \cdot 9 \cdot 10^{12}}{6^3 \cdot 160 \cdot 5000^2} = 1583$ -

aan deze eis wordt niet voldaan

$k_{red} =$ als $h / t_w > 75$: $k_{red} = -5,4 \cdot 10^{-5} \alpha + 1,03 = -5,4 \cdot 10^{-5} \cdot 1583 + 1,03 = 0,945$

$h / t_w = \frac{152}{6} = 25,333$ $\alpha = 1583$ eis < 5000 conclusie: $k_{red} = 1,00$ -

toepassingsgebied voor art. 12.2.1 NEN 6770

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

NEN 6771

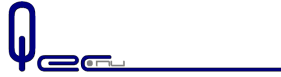
$C = \pi \frac{2,300 \cdot 5000}{5000} \left[\sqrt{1 + \frac{9,870 \cdot 870,9^2}{5000^2} (0,000^2 + 1)} + \pi \frac{0,000 \cdot 870,9}{5000} \right] = 8,2$ -

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

benadering geldt alleen voor I-profielen

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

6.54 $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{18,36}{50,4} = 0,36$ - gebruik bij formule 6.57 kromme b



6.55 $M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} W_y f_y / \gamma_{M1}$ $M_{b,Rd} = 0,974 \cdot 220,1 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 50,4 \text{ kNm}$

$M_{cr} = 186$ $\bar{\lambda}_{LT} = 0,53$ als bij berekening 6.3.2.2 kipkrommen algemeen

6.57 $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1,0$ $\chi_{LT} = \frac{1}{0,626 + \sqrt{(0,626^2 - 0,75 \cdot 0,528^2)}} = 0,949$

$\chi_{LT} \leq 1 / \bar{\lambda}_{LT}^2 = 1 / 0,53^2 = 3,6$ maatgevende waarde $\chi_{LT} = 0,949$

6.58 $\chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / f = 0,949 / 0,97 = 0,974$ reken met $\chi_{LT,mod} = 0,974$
 $f = 1 - 0,5(1 - k_\sigma) [1 - 2,0(\bar{\lambda}_{LT} - 0,8)^2] \leq 1,0$ $f = 1 - 0,5(1 - 0,94) [1 - 2,0(0,528 - 0,8)^2] = 0,974$

kip $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^2]$ $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,34 (0,53 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,53^2] = 0,626$

opmerking