

Constructie berekening

Verbouwen woning aan de Blekestraat 2 Groede

5.1.2e



Philipsen
Bouwkundig Ingenieursbureau

Projectgegevens

projectnummer	25032
project	Verbouwen woning aan de Blekestraat 2 4503 BG Groede
opdrachtgever	POM 5.1.2e 5.1.2e Groede
onderdeel	houten balken staalconstructie fundering
datum	12-10-2025

Inhoudsopgave

Inleiding

Belastingen

houten balken

staalconstructie

gewichtsberekening

begane grondvloer

bijlagen:

- berekening stalen balk 1

- berekening stalen balk 2

- berekening stalen portaal 1

- berekening stalen portaal 2

- berekening stalen portaal 3

- berekening stalen portaal 4

- berekening stalen portaal 5

- berekening pons kolom portaal 3

- berekening pons kolom portaal 2 as C en 03

- berekening pons middenkolom portaal 2 as 03

Inleiding

Gebruikte normen:

NEN-EN 1990 t/m 1997
Betrouwbaarheidsklasse 1
Gevolgklasse CC1

Gebruikte materialen:

beton	betonkwaliteit C20/25 milieuklasse XC3 betonstaal B 500B
hout	sterkteklasse C-24
staal	slaatkwaliteit S235 JR

Begane grondvloer

advies pons berekening maak de vloer 200 mm dik en dubbel net van rond 8-150-150
onder de kolom de vloer verdikken ivm ankers

Belasting aannamen

Hellend dak: $\alpha = 35^\circ$

permanente belasting

geïsoleerd dakelement + pannen	$0,65 / \cos \alpha$	G_{rep}	$= \frac{0,79 \text{ KN/m}^2}{0,79 \text{ KN/m}^2}$
--------------------------------	----------------------	-----------	---

sneeuwbelasting

$$\psi = 0$$

$$P_{rep;sn} = 0,70 \text{ KN/m}^2 \quad u_1 = 0,67$$

$$Q_{rep} = 0,70 \times 0,67 = 0,47 \text{ KN/m}^2$$

Plat dak tuifel:

permanente belasting

houten balken en beschot	$= 0,36 \text{ KN/m}^2$
--------------------------	-------------------------

dakbedekking	$= 0,08 \text{ KN/m}^2$
--------------	-------------------------

plafond	$= 0,10 \text{ KN/m}^2$
---------	-------------------------

$$G_{rep} = 0,54 \text{ KN/m}^2$$

sneeuwbelasting

$$\psi = 0$$

$$P_{rep;sn} = 0,70 \text{ KN/m}^2 \quad \mu_1 = 0,80$$

$$Q_{rep} = 0,70 \times 0,80 = 0,56 \text{ KN/m}^2$$

veranderlijke belasting

$$\psi = 0$$

$$Q_{rep} = 1,00 \text{ KN/m}^2$$

Plat dak dakterras:

permanente belasting

houten balken en beschot	$= 0,36 \text{ KN/m}^2$
--------------------------	-------------------------

dakbedekking	$= 0,08 \text{ KN/m}^2$
--------------	-------------------------

plafond	$= 0,10 \text{ KN/m}^2$
---------	-------------------------

$$G_{rep} = 0,54 \text{ KN/m}^2$$

sneeuwbelasting

$$\psi = 0$$

$$P_{rep;sn} = 0,70 \text{ KN/m}^2 \quad \mu_1 = 0,80$$

$$Q_{rep} = 0,70 \times 0,80 = 0,56 \text{ KN/m}^2$$

veranderlijke belasting

$$\psi = 0$$

$$Q_{rep} = 2,50 \text{ KN/m}^2$$

Verdiepingsvloer:

permanente belasting

houten vloer + balken

= 0,30 kN/m²

estrich vloer

= 0,30 kN/m²

plafond

= 0,10 kN/m²

$$G_{rep} = \frac{0,30 + 0,30 + 0,10}{1} = 0,70 \text{ kN/m}^2$$

veranderlijke belasting

$\psi = 0$

$Q_{rep} = 1,75 \text{ kN/m}^2$

lichte scheidingswanden hsb

$\psi = 0$

$Q_{rep} = 0,50 \text{ kN/m}^2$

Begane grondvloer:

permanente belasting

betonvloer

0,15 x 24,00

= 3,60 kN/m²

cementdekvloer

0,08 x 20,00

= 1,60 kN/m²

$$G_{rep} = \frac{3,60 + 1,60}{1} = 5,20 \text{ kN/m}^2$$

veranderlijke belasting

$\psi = 0,4$

$Q_{rep} = 1,75 \text{ kN/m}^2$

Wanden:

permanente belasting

halfsteens merselwerk

0,10 x 20,00

$G_{rep} = 2,00 \text{ kN/m}^2$

steens metselwerk

0,18 x 20,00

$G_{rep} = 3,60 \text{ kN/m}^2$

HSB wand

$G_{rep} = 0,60 \text{ kN/m}^2$

Vorstrand bestaand:

permanente belasting

vorstrand

$$0,35 \times 0,52 \times 24,00 \quad G_{rep} = 4,37 \text{ kN/m}$$

Aanname toelaatbare gronddruk

$\sigma_{gr} = 0,05 \text{ N/mm}^2$

Aanname beddingsconstante

2000 kN/m³

Balklaag plat dak dakterras

balken 70x170 mm
H.O.H 0,40 m
 L_t 3350 mm

permanente belasting $0,54 \times 0,40 = 0,22 \text{ KN/m1}$
veranderlijke belasting $2,56 \times 0,40 = 1,02 \text{ KN/m1}$

$q_{rep} = 1,00 \times 0,22 + 1,00 \times 1,02 = 1,24 \text{ KN/m1}$
 $q_d = 1,08 \times 0,22 + 1,35 \times 1,02 = 1,62 \text{ KN/m1}$

$R_d = q_d \times L_t \times 1/2 = 2,71 \text{ KN}$
 $M_d = 1/8 \times q_d \times l_t^2 = 2,27 \text{ KNm}$

Weerstandsmoment

$W_{ben} = M_d \cdot 10^6 / 14 = 162 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Traagheidsmoment $U_{eind} = 13,4 \text{ mm}$

$I_{ben} = (0,01302 \times q_{rep} \times l_t^4) / (11000 \times U_{eind}) = 1379 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

balken BxH **70 x 170** $W = 337 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ voldoet
 $I = 2866 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ voldoet
doorbuiging $U_{eind} = 6,45 < 13,4$

De balken 70x170mm voldoen

Nieuwe balklaag verdiepingsvloer

balken 70x170 mm
H.O.H 0,40 m
 L_t 3350 mm

permanente belasting $0,70 \times 0,40 = 0,28 \text{ KN/m1}$
veranderlijke belasting $1,75 \times 0,40 = 0,70 \text{ KN/m1}$

$q_{rep} = 1,00 \times 0,28 + 1,00 \times 0,70 = 0,98 \text{ KN/m1}$
 $q_d = 1,08 \times 0,28 + 1,35 \times 0,70 = 1,25 \text{ KN/m1}$

$R_d = q_d \times L_t \times 1/2 = 2,09 \text{ KN}$
 $M_d = 1/8 \times q_d \times l_t^2 = 1,75 \text{ KNm}$

Weerstandsmoment

$W_{ben} = M_d \cdot 10^6 / 14 = 125 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Traagheidsmoment $U_{eind} = 13,4 \text{ mm}$

$I_{ben} = (0,01302 \times q_{rep} \times l_t^4) / (11000 \times U_{eind}) = 1090 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

balken BxH **70 x 170** $W = 337 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ voldoet
 $I = 2866 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ voldoet
doorbuiging $U_{eind} = 5,10 < 13,4$

De balken 70x170mm voldoen

Controle balklaag verdiepingsvloer

balken 75x160 mm tussen as 01 en 03 en as B en C
H.O.H 0,57 m
 L_t 4200 mm

permanente belasting $0,70 \times 0,57 = 0,40 \text{ KN/m1}$
veranderlijke belasting $2,25 \times 0,57 = 1,28 \text{ KN/m1}$

$q_{rep} = 1,00 \times 0,40 + 1,00 \times 1,28 = 1,68 \text{ KN/m1}$

$q_d = 1,08 \times 0,40 + 1,35 \times 1,28 = 2,16 \text{ KN/m1}$

$R_d = q_d \times L_t \times 1/2 = 4,54 \text{ KN}$

$M_d = 1/8 \times q_d \times L_t^2 = 4,77 \text{ KNm}$

Weerstandsmoment

$W_{ben} = M_d \cdot 10^6 / 14 = 341 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Traagheidsmoment $U_{eind} = 16,8 \text{ mm}$

$I_{ben} = (0,01302 \times q_{rep} \times L_t^4) / (11000 \times U_{eind}) = 3686 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

balken BxH **75 x 160** $W = 320 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$I = 2560 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

doorbuiging $U_{eind} = 24,19 < 16,8$

De bestaande balken 75x160mm voldoen niet

advies:

plaats een extra balk zodat de h.o.h. afstand kleiner wordt (h.o.h. 285 mm)

zie berekening hierna

balken 75x160 mm
H.O.H 0,29 m
 L_t 4200 mm

permanente belasting $0,70 \times 0,29 = 0,20 \text{ KN/m1}$
verandelijke belasting $2,25 \times 0,29 = 0,64 \text{ KN/m1}$

$q_{rep} = 1,00 \times 0,20 + 1,00 \times 0,64 = 0,84 \text{ KN/m1}$
 $q_d = 1,08 \times 0,20 + 1,35 \times 0,64 = 1,08 \text{ KN/m1}$

$R_d = q_d \times L_t \times 1/2 = 2,27 \text{ KN}$
 $M_d = 1/8 \times q_d \times l_t^2 = 2,38 \text{ KNm}$

Weerstandsmoment

$W_{ben} M_d \cdot 10^6 / 14 = 170 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Traagheidsmoment $U_{eind} = 16,8 \text{ mm}$

$I_{ben} (0,01302 \times q_{rep} \times l_t^4) / (11000 \times U_{eind}) = 1843 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

balken BxH **75 x 160** $W = 320 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ voldoet
 $I = 2560 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ voldoet
doorbuiging $U_{eind} = 12,10 < 16,8$

De bestaande balken 75x160mm met de extra balk voldoet

balken 75x160 mm tussen as 03 en 04 en as B en C
H.O.H 0,58 m
 L_t 2700 mm maatgevende overspanning

permanente belasting $0,70 \times 0,58 = 0,41 \text{ KN/m1}$
verandelijke belasting $2,25 \times 0,58 = 1,31 \text{ KN/m1}$

$q_{rep} = 1,00 \times 0,41 + 1,00 \times 1,31 = 1,71 \text{ KN/m1}$
 $q_d = 1,08 \times 0,41 + 1,35 \times 1,31 = 2,20 \text{ KN/m1}$

$R_d = q_d \times L_t \times 1/2 = 2,97 \text{ KN}$
 $M_d = 1/8 \times q_d \times l_t^2 = 2,00 \text{ KNm}$

Weerstandsmoment

$W_{ben} M_d \cdot 10^6 / 14 = 143 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Traagheidsmoment $U_{eind} = 10,8 \text{ mm}$

$I_{ben} (0,01302 \times q_{rep} \times l_t^4) / (11000 \times U_{eind}) = 997 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

balken BxH **75 x 160** $W = 320 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ voldoet
 $I = 2560 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ voldoet
doorbuiging $U_{eind} = 4,20 < 10,8$

De bestaande balken 75x160mm voldoen

Staalconstructie

stalen balk 1 raamkozijn 4a bestaand muur 180 mm dik

L_t 2250 mm

permanente belasting

steens metselwerk $3,60 \times 1,30 = 4,68 \text{ KN/m1}$

eg door programma $= \text{KN/m1}$

$$G_{rep} = 4,68 \text{ KN/m1}$$

veranderlijke belasting

$$Q_{rep} = 0,00 \text{ KN/m1}$$

zie berekening stalen balk 1

praktisch profiel hoekstaal 150x150x12

oplegging: op metselwerk

$$f'_m = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

$$R_d = 6,80 \text{ KN}$$

$$a = R_d \cdot 10^3 / (2/3) \times f'_m \times b$$

$$b = 140 \text{ mm} \quad \text{breedte profiel}$$

$$a = 27 \text{ mm}$$

neem een oplegging van 100 mm

stalen balk 2 openslaande deuren 4b bestaande spouwmuur
binnenblad en buitenblad

L_t 1900 mm

permanente belasting

halfsteens metselwerk $2,00 \times 4,60 = 9,20 \text{ KN/m1}$

eg door programma $= \text{KN/m1}$

$$G_{rep} = 9,20 \text{ KN/m1}$$

veranderlijke belasting

$$Q_{rep} = 0,00 \text{ KN/m1}$$

zie berekening stalen balk 2

praktisch profiel hoekstaal 2x 150x100x10

oplegging: op metselwerk

$$f'_m = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

$$R_d = 10,90 \text{ KN}$$

$$a = R_d \cdot 10^3 / (2/3) \times f'_m \times b$$

$$b = 90 \text{ mm} \quad \text{breedte profiel}$$

$$a = 67 \text{ mm}$$

neem een oplegging van 150 mm

portaal 1

L_t 3000 mm hoogte 2700

permanente belasting

hellend dak	$0,79 \times 2,50 =$	1,98 KN/m1
plat dak dakterras	$0,54 \times 1,70 =$	0,92 KN/m1
verdiepingsvloer	$0,70 \times 1,40 =$	0,98 KN/m1
steens metselwerk	$3,60 \times 2,50 =$	9,00 KN/m1
eg door programma	$=$	KN/m1

$$G_{rep} = 12,87 \text{ KN/m1}$$

veranderlijke belasting

$0,47 \times 2,50 =$	1,18 KN/m1
$2,50 \times 1,70 =$	4,25 KN/m1
$1,75 \times 1,40 =$	2,45 KN/m1

$$Q_{rep} = 7,88 \text{ KN/m1}$$

zie berekening stalen portaal 1

kolommen **HE140A**
bovenligger **HE180A** praktisch
onderligger **HE180A**

onderligger op bestaande fundering plaatsen

bepalen puntlasten uit ondersteuningsbalken luifel/dakrand tussen as 01 en 03 op as A

puntlast F1

L_t 4300 mm

permanente belasting

dakrand	$0,60 \times 0,50 =$	0,30 KN/m1
plat dak luifel	$0,54 \times 0,40 =$	0,22 KN/m1
eg balk	$=$	0,30 KN/m1
	$G_{rep} =$	0,82 KN/m1

veranderlijke belasting

$1,00 \times 0,40 =$	0,40 KN/m1
$Q_{rep} =$	0,40 KN/m1

$$R_d \quad q_d \times L_t \times 1/2 = 1,754 \text{ KN} \quad = 0,86 \text{ KN}$$

portaal 2

L_t 5900 mm hoogte 2700 met tussensteunpunt op 800 en 3100

Q

permanente belasting

verdiepingsvloer	$0,70 \times 2,60 =$	1,82 KN/m1
halfsteens metselwerk	$2,00 \times 2,40 =$	4,80 KN/m1
eg door programma	$=$	KN/m1
	$G_{rep} =$	6,62 KN/m1

veranderlijke belasting

$2,25 \times 2,60 =$	5,85 KN/m1
$Q_{rep} =$	5,85 KN/m1

$$\begin{array}{lll} \text{puntlast F1} & = & 1,75 \text{ KN} & = & 0,86 \text{ KN} \\ \text{reactiekracht portaal 3} & = & 4,00 \text{ KN} & = & 10,60 \text{ KN} \end{array}$$

zie berekening stalen portaal 2

kolommen **HE200A en HE160A**
bovenligger **HE180A**

portaal 3

L_t 4700 mm hoogte 2700

permanente belasting

verdiepingsvloer $0,70 \times 2,45 = 1,72 \text{ KN/m1}$

eg door programma $= \text{KN/m1}$

$G_{rep} = 1,72 \text{ KN/m1}$

veranderlijke belasting

$2,25 \times 2,45 = 5,51 \text{ KN/m1}$

$Q_{rep} = 5,51 \text{ KN/m1}$

zie berekening stalen portaal 3

kolommen
bovenligger

HE160A
2x hoekstaal 100x150x10

portaal 4

L_t 7300 mm hoogte 2700 met tussensteunpunt op 2900 en 5900

Q1

permanente belasting

hellend dak $0,79 \times 2,50 = 1,98 \text{ KN/m1}$

plat dak luifel $0,54 \times 0,40 = 0,22 \text{ KN/m1}$

verdiepingsvloer $0,70 \times 1,15 = 0,81 \text{ KN/m1}$

halfsteens metselwerk $2,00 \times 2,50 = 5,00 \text{ KN/m1}$

halfsteens metselwerk $2,00 \times 2,50 = 5,00 \text{ KN/m1}$

eg door programma $= \text{KN/m1}$

$G_{rep} = 13,00 \text{ KN/m1}$

veranderlijke belasting

$0,47 \times 2,50 = 1,18 \text{ KN/m1}$

$1,00 \times 0,40 = 0,40 \text{ KN/m1}$

$2,25 \times 1,15 = 2,59 \text{ KN/m1}$

$Q_{rep} = 4,16 \text{ KN/m1}$

Q2

permanente belasting

hellend dak $0,79 \times 2,50 = 1,98 \text{ KN/m1}$

plat dak luifel $0,54 \times 0,40 = 0,22 \text{ KN/m1}$

halfsteens metselwerk $2,00 \times 2,50 = 5,00 \text{ KN/m1}$

halfsteens metselwerk $2,00 \times 2,50 = 5,00 \text{ KN/m1}$

eg door programma $= \text{KN/m1}$

$G_{rep} = 12,19 \text{ KN/m1}$

veranderlijke belasting

$0,47 \times 2,50 = 1,18 \text{ KN/m1}$

$1,00 \times 0,40 = 0,40 \text{ KN/m1}$

$Q_{rep} = 1,58 \text{ KN/m1}$

reactiekracht portaal 2 $= 8,8 \text{ KN}$

reactiekracht portaal 5 $= 6,5 \text{ KN}$

$= 6,2 \text{ KN}$

$= 19,3 \text{ KN}$

zie berekening stalen portaal

kolommen
bovenligger
onderligger

HE160A
HE220A praktisch
HE200A

onderligger op bestaande fundering plaatsen

portaal 5

L_t 2900 mm hoogte 2700

permanente belasting

hellend dak $0,79 \times 1,00 = 0,79 \text{ KN/m1}$

verdiepingsvloer $0,70 \times 2,15 = 1,51 \text{ KN/m1}$

halfsteens metselwerk $2,00 \times 3,50 = 7,00 \text{ KN/m1}$

halfsteens metselwerk $2,00 \times 3,50 = 7,00 \text{ KN/m1}$

eg door programma $= \text{KN/m1}$

$$G_{rep} = 16,30 \text{ KN/m1}$$

veranderlijke belasting

$0,47 \times 1,00 = 0,47 \text{ KN/m1}$

$2,25 \times 2,15 = 4,84 \text{ KN/m1}$

$$Q_{rep} = 5,31 \text{ KN/m1}$$

puntlast F1 $= 1,75 \text{ KN}$

$= 0,86 \text{ KN}$

zie berekening stalen portaal

kolommen
bovenligger
onderligger

HE160A
HE220A praktisch
HE200A

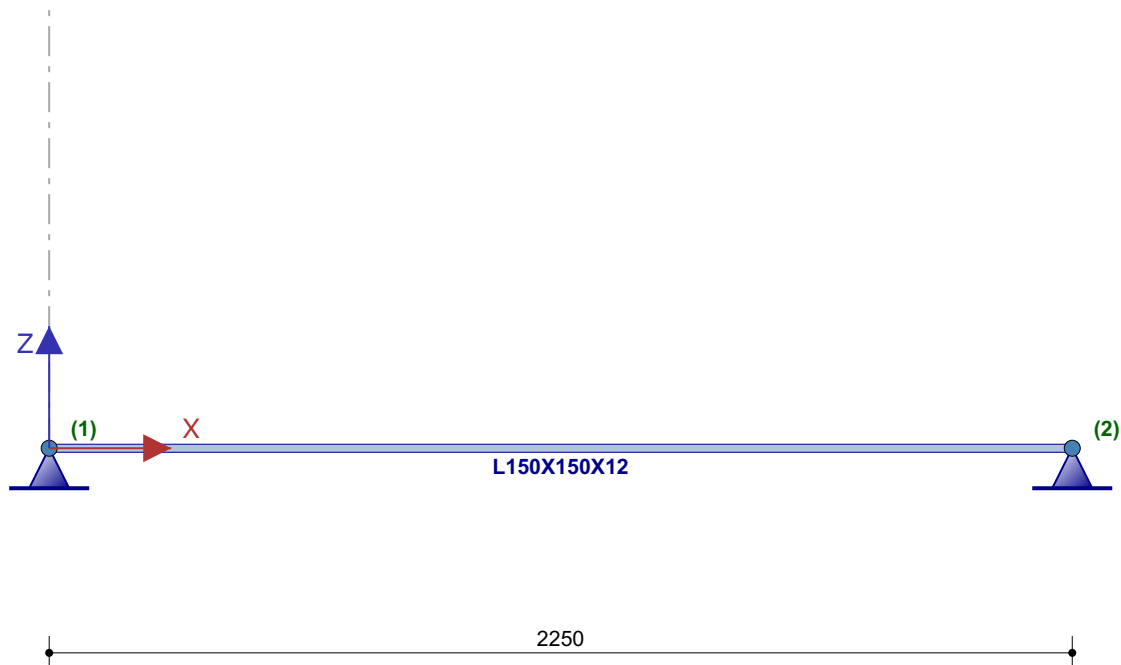
onderligger op bestaande fundering plaatsen

Bestand :.....25061 stalen balk 1.xbe2**Inhoudsopgave**

1.1 KNOPEN.....	1
1.2 STAVEN.....	1
1.3 PROFIELEN.....	1
1.4 BELASTINGSGEVALLEN.....	2
1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht.....	3
1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk.....	4
2.1 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT).....	5
2.1.2 Omhullende reactiekrachten.....	6
2.1.3 Omhullende staafkrachten.....	6
2.2 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT).....	7
2.2.2 Omhullende knoopverplaatsingen.....	7
2.3 EN1993 TOETSINGEN.....	8
2.4 BEREKENING VAN UNITY CHECKS.....	8
2.4.1 Staaf 1 - L150X150X12 (S 235).....	8


Gehanteerde normen : NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl

Gevolgklasse : CC1

Zwaartekrachtversnelling g : 9,81 m/s²**1 Invoergegevens****1.1 KNOPEN**

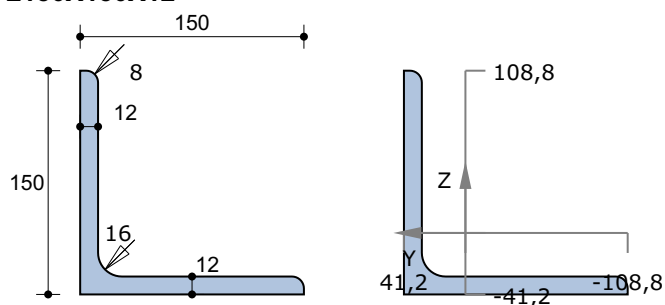
Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingen		
	X [mm]	Z [mm]	Tx	Tz	Ry
1	0	0	A	A	
2	2250	0	A	A	

1.2 STAVEN

Staaf-nummer	Knoop		Staaf-type	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar			
1	1	2		L150X150X12	2250

1.3 PROFIELEN

Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm ²]	A [mm ²]	Iy [mm ⁴]	Wy;el_1 [mm ³]	Wy;el_2 [mm ³]
1	L150X150X12	27,3	210000	3,484E3	7,3664E6	6,7717E4	1,7872E5

L150X150X12**Materiaalgegevens**

Staalsoort

S 235 Warmgewalst

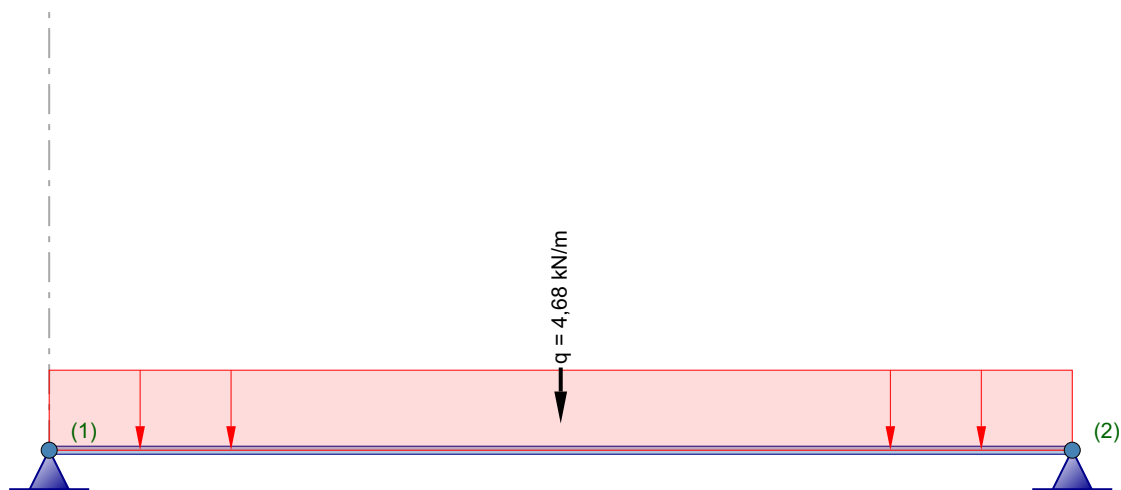
Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm²**Doorsnedegegevens**

Maximale coördinaat	y_{max} =	41,2 mm	z_{max} =	108,8 mm
Minimale coördinaat	y_{min} =	-108,8 mm	z_{min} =	-41,2 mm
Zwaartelijn	z_s =	0,0 mm	y_s =	0,0 mm
Oppervlak / Gewicht	A =	3483,5 mm ²	G =	27,3 kg/m
Statisch moment	S_y =	69504 mm ³	S_z =	69504 mm ³
Traagheidsmoment	I_y =	7366355 mm ⁴	I_z =	7366355 mm ⁴
Traagheidsstraal	i_y =	46,0 mm	i_z =	46,0 mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y,el}$ =	67717 mm ³	$W_{z,el}$ =	67717 mm ³
Centrifugaalmoment	C_{yz} =	-4332612 mm ³	hoek =	45,00 °
Traagheidsmoment	I_{max} =	11698967 mm ⁴	I_{min} =	3033744 mm ⁴
Traagheidsstraal	i_{max} =	58,0 mm	i_{min} =	29,5 mm
Halveringslijn	z_h =	29,5 mm	y_h =	29,5 mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y,pl}$ =	123319 mm ³	$W_{z,pl}$ =	123319 mm ³

1.4 BELASTINGSGEVALLEN

Nr.	Omschrijving	Type	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	Permanent	Permanent incl. eigen gewicht	1,00	1,00	1,00
2	Veranderlijk	A:Woonfunctie en logiesfunctie	0,40	0,50	0,30

1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht

*) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!

Totaal eigen gewicht: : 60 kg.

1.5.1 Staafbelastingen

Type	Belasting			Afstand van		
	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
q	-0,268 kN/m	-0,268 kN/m	0,0	1	0	2250
q	-4,680 kN/m	-4,680 kN/m	0,0	1	0	2250

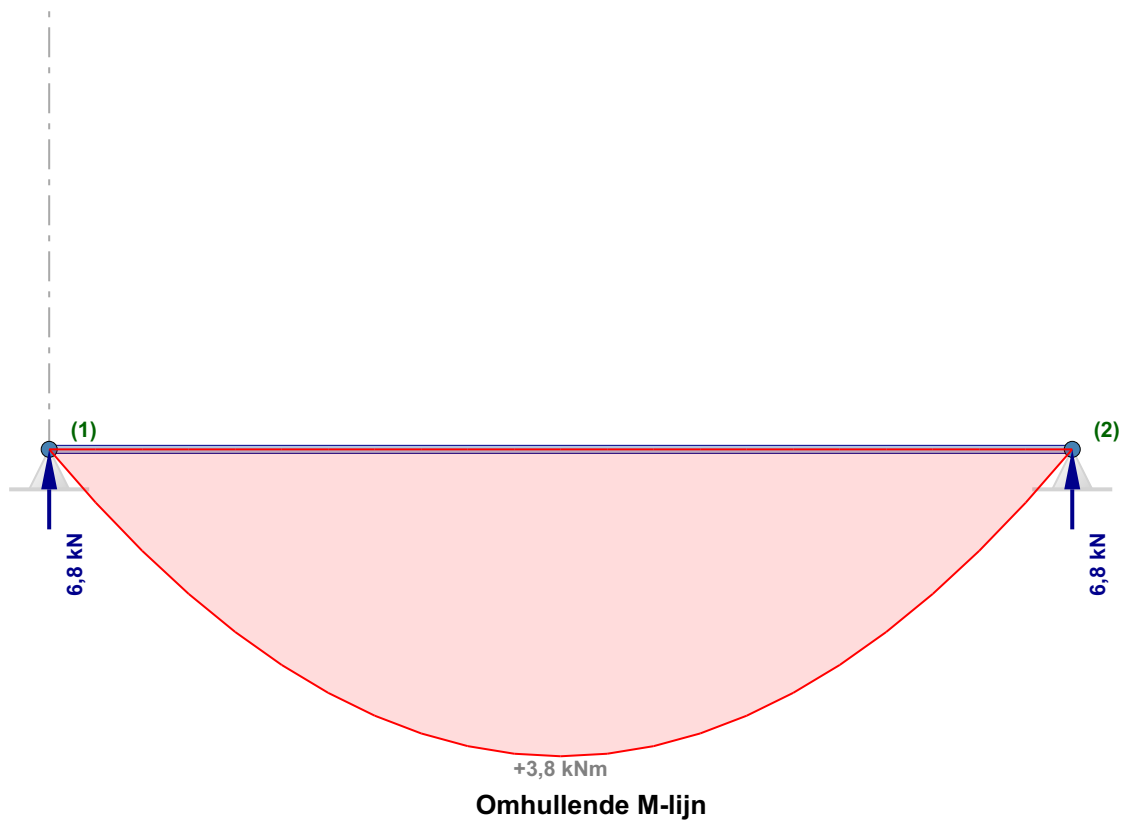
1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk

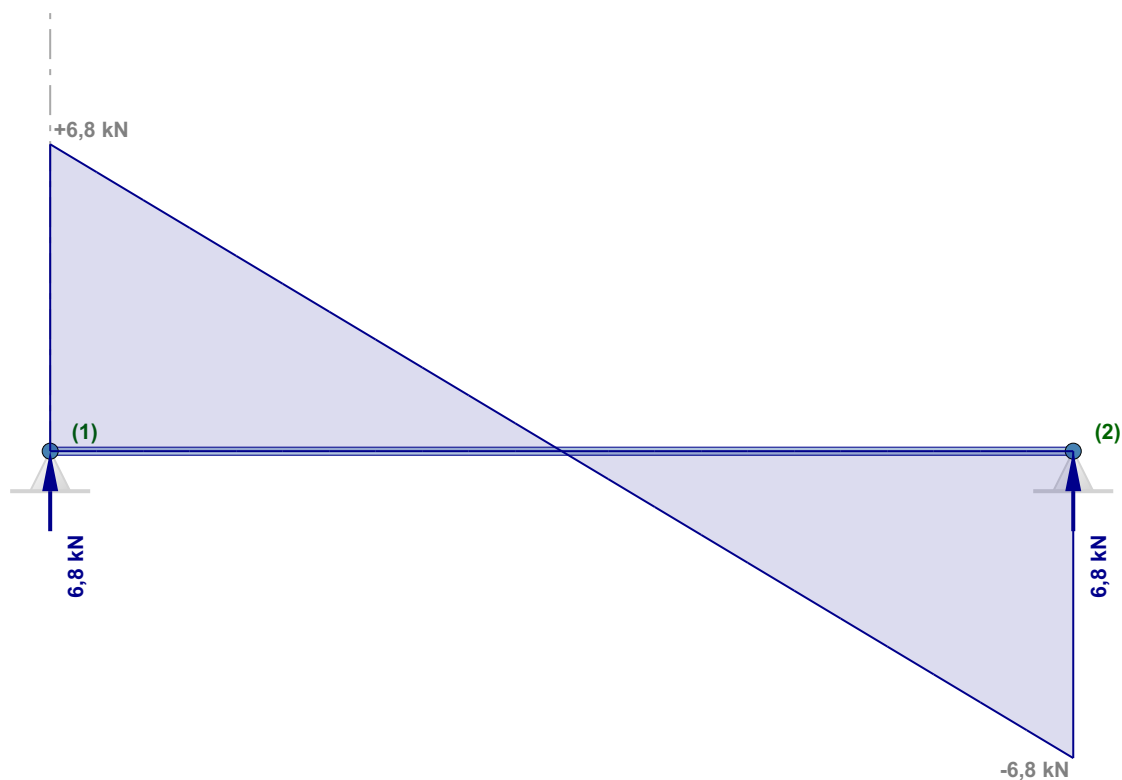


2 Berekeningsresultaten**2.1 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)****2.1.1 Belastingscombinaties****(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling**

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
1	Combinatie1 (6.10a)	UGT
2	Combinatie2 (6.10b)	UGT

Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times \gamma$)				
	1	2			
1	1,00x1,22	0,40x1,35			
2	1,00x1,08	1,00x1,35			





Omhullende D-lijn

2.1.2 Omhullende reactiekrachten

Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
1	1		6,791	
	2		6,012	
2	1		6,791	
	2		6,012	
Minimale / maximale waarden				
1	2		6,012	
1	1		6,791	

2.1.3 Omhullende staafkrachten

Staaf-nummer	Combinatie nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1	1	1		0,000	6,791	0,000
	2	1		0,000	6,012	0,000
	1		1125	0,000	0,000	3,820
	1	2		0,000	6,791	0,000
	2	2		0,000	6,012	0,000

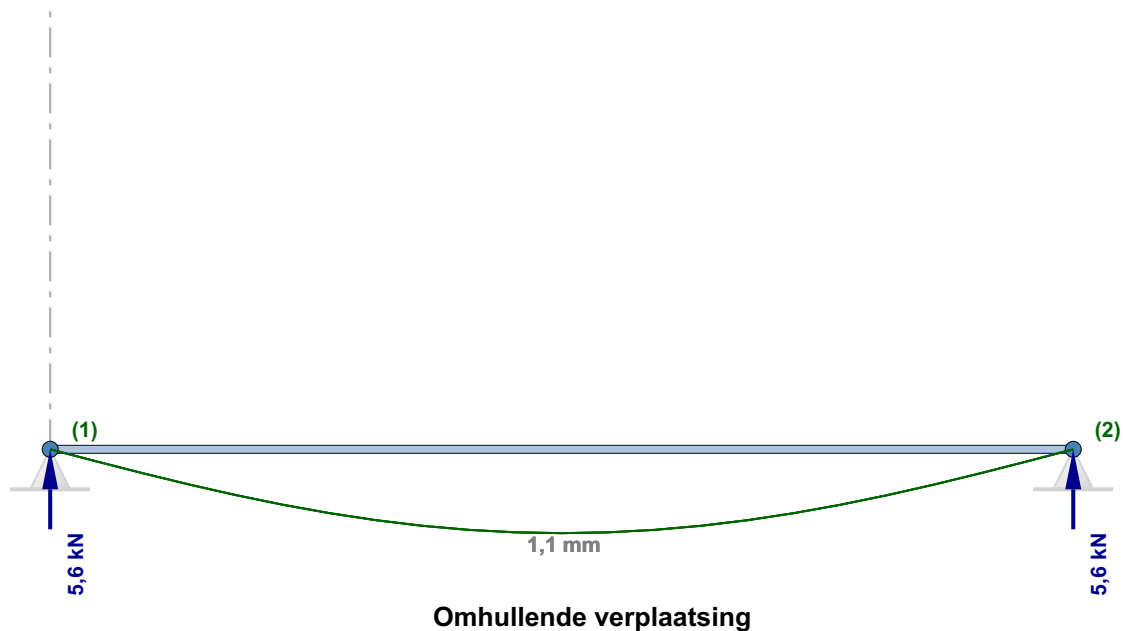
2.2 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

2.2.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
3	BGT Blijvend	BGT Blijvend
4	BGT Quasi blijvend	BGT Quasi blijvend
5	Combinatie	BGT

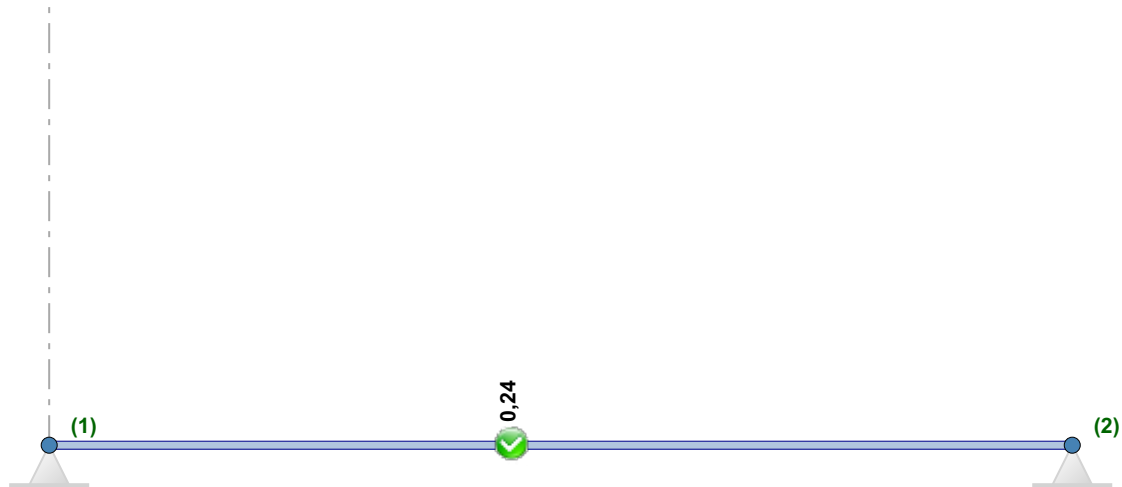
Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times \gamma$)				
	1	2			
3	1,00x1,00				
4	1,00x1,00	0,30x1,00			
5	1,00x1,00	1,00x1,00			



2.2.2 Omhullende knoopverplaatsingen

Knoop-nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
1	3	0,0	0,0	-1,5
2	3	0,0	0,0	1,5
Minimale / maximale waarden				
1	3	0,0		
1	3	0,0		
1	3		0,0	
1	3		0,0	
1	3			-1,5
2	3			1,5

2.3 EN1993 TOETSINGEN



Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
1	L150X150X12	1	3	6.2.5	0,24
		1	1	6.2.6	0,03
		5		Doorbuiging	0,12

2.4 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

2.4.1 Staaf 1 - L150X150X12 (S 235)

Buigend moment (maatgevend)

art. 6.2.5

Combinatie: 1 $x = 1125 \text{ mm}$ $N_x = 0 \text{ kN}$ $V_z = 0 \text{ kN}$ $M_y = 3,82 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{el,y,Rd} = \frac{W_{el,y,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{67717 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 15,913 \text{ kNm} \quad (6.14)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{3,820}{15,913} = 0,24 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 1 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = 0 \text{ kN}$ $V_z = 6,791 \text{ kN}$ $M_y = 0 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1684 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 228,5 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{6,8}{228,5} = 0,03 < 1,0 \quad (6.17)$$

Doorbuiging

Combinatie: 5 $x = 1130 \text{ mm}$ $N_x = 0 \text{ kN}$ $V_z = -0,025 \text{ kN}$ $M_y = 3,131 \text{ kNm}$

Lokale knoopverplaatsingen $d_{z1} = 0 \text{ mm}$ $d_{z2} = 0 \text{ mm}$

$$w_{\text{eind},z} = w_z - w_{\text{Zeeg},z} = -1,1 - 0 = -1,1 \text{ mm}$$

$$\frac{|w_{\text{eind},z}|}{w_{\text{eind},z,\text{max}}} = \frac{|-1,1|}{2250 / 250} = \frac{|-1,1|}{9} = 0,12 < 1,0$$

$$w_{\text{bijk},z} = w_z - w_{\text{BGT Blijvend},z} = -1,1 + 1,1 = 0 \text{ mm}$$

$$\frac{|w_{\text{bijk},z}|}{w_{\text{bijk},z,\text{max}}} = \frac{|0|}{2250 / 333} = \frac{|0|}{6,8} = 0,00 < 1,0$$

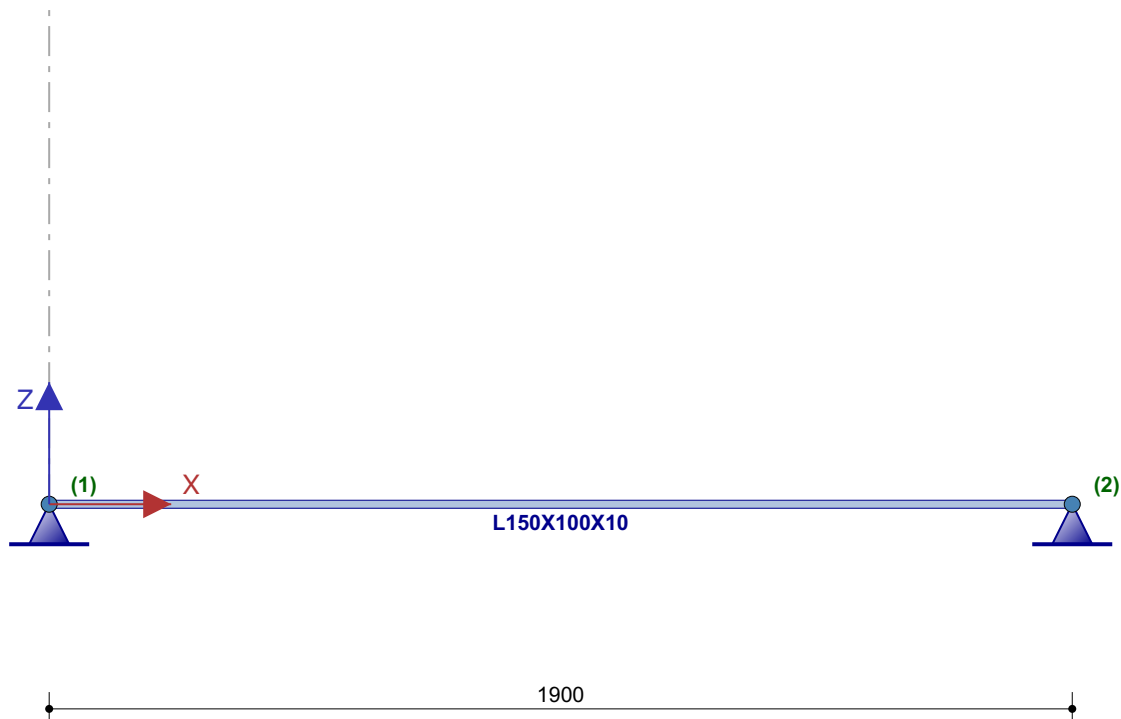
Bestand :.....25061 stalen balk 2.xbe2

Inhoudsopgave

1.1 KNOPEN.....	2
1.2 STAVEN.....	2
1.3 PROFIELEN.....	2
1.4 BELASTINGSGEVALLEN.....	3
1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht.....	4
1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk.....	5
2.1 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT).....	6
2.1.2 Omhullende reactiekrachten.....	7
2.1.3 Omhullende staafkrachten.....	7
2.2 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT).....	8
2.2.2 Omhullende knoopverplaatsingen.....	8
2.3 EN1993 TOETSINGEN.....	9
2.4 BEREKENING VAN UNITY CHECKS.....	9
2.4.1 Staaf 1 - L150X100X10 (S 235).....	9

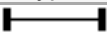
Gehanteerde normen : NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl

Gevolgklasse : CC1

Zwaartekrachtversnelling g : 9,81 m/s²**1 Invoergegevens****1.1 KNOEPEN**

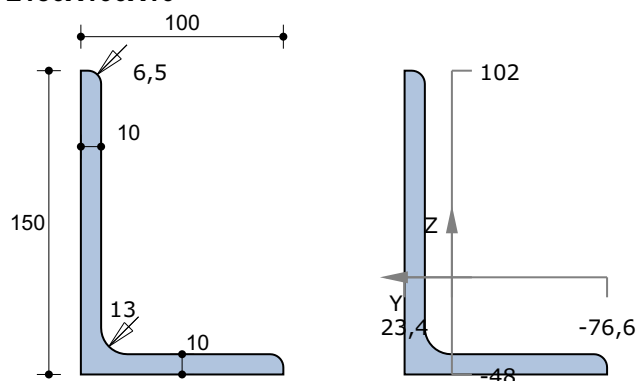
Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingen		
	X [mm]	Z [mm]	Tx	Tz	Ry
1	0	0	A	A	
2	1900	0	A	A	

1.2 STAVEN

Staaf-nummer	Knoop		Staaf-type	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar			
1	1	2		L150X100X10	1900

1.3 PROFIELEN

Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm ²]	A [mm ²]	I _y [mm ⁴]	Wy;el_1 [mm ³]	Wy;el_2 [mm ³]
1	L150X100X10	19,0	210000	2,418E3	5,5153E6	5,406E4	1,1496E5

L150X100X10**Materiaalgegevens**

Staalsoort

S 235 Warmgewalst

Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm²**Doorsnedegegevens**

Maximale coördinaat

 $y_{max} =$

23,4 mm

 $z_{max} =$

102,0 mm

Minimale coördinaat

 $y_{min} =$

-76,6 mm

 $z_{min} =$

-48,0 mm

Zwaartelij

 $z_s =$

0,0 mm

 $y_s =$

0,0 mm

Oppervlak / Gewicht

A =

2418,3 mm²

G =

19,0 kg/m

Statisch moment

 $S_y =$ 51115 mm³ $S_z =$ 28676 mm³

Traagheidsmoment

 $I_y =$ 5515349 mm⁴ $I_z =$ 1976600 mm⁴

Traagheidsstraal

 $i_y =$

47,8 mm

 $i_z =$

28,6 mm

Elastisch weerstandsmoment

 $W_{y,el} =$ 54060 mm³ $W_{z,el} =$ 25790 mm³

Centrifugaalmoment

 $C_{yz} =$ -1913533 mm³

hoek =

23,62 °

Traagheidsmoment

 $I_{max} =$ 6352177 mm⁴ $I_{min} =$ 1139771 mm⁴

Traagheidsstraal

 $i_{max} =$

51,3 mm

 $i_{min} =$

21,7 mm

Halveringslijn

 $z_h =$

19,8 mm

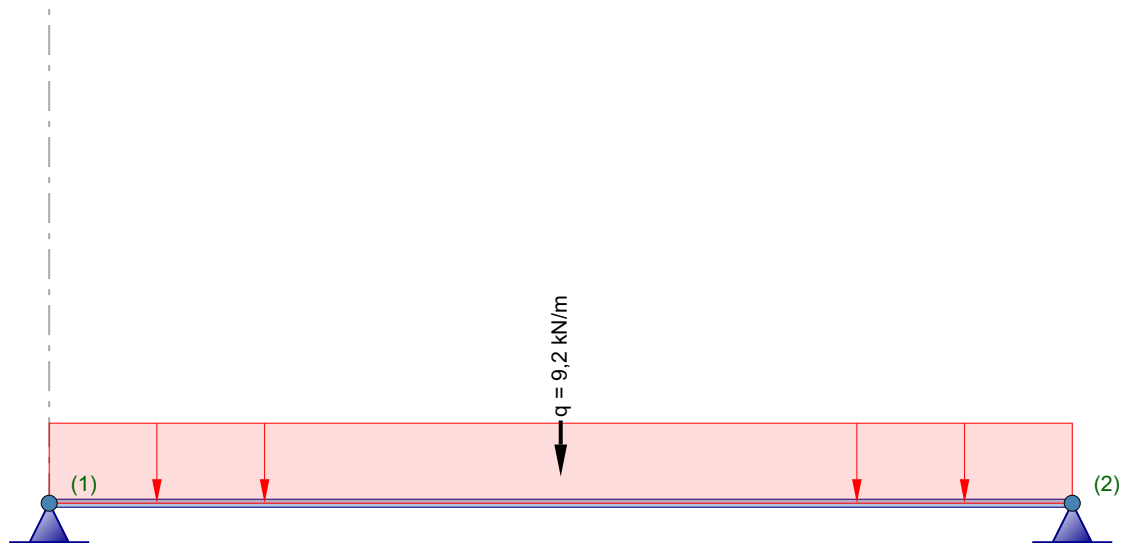
 $y_h =$

15,3 mm

Plastisch weerstandsmoment

 $W_{y,pl} =$ 98302 mm³ $W_{z,pl} =$ 46734 mm³**1.4 BELASTINGSGEVALLEN**

Nr.	Omschrijving	Type	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	Permanent	Permanent incl. eigen gewicht	1,00	1,00	1,00
2	Veranderlijk	A:Woonfunctie en logiesfunctie	0,40	0,50	0,30

1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht

*) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!

Totaal eigen gewicht: : 35 kg.

1.5.1 Staafbelastingen

Type	Belasting			Knoop	Afstand van	
	q1	q2	Hoek		a [mm]	L [mm]
q	-0,186 kN/m	-0,186 kN/m	0,0	1	0	1900
q	-9,200 kN/m	-9,200 kN/m	0,0	1	0	1900

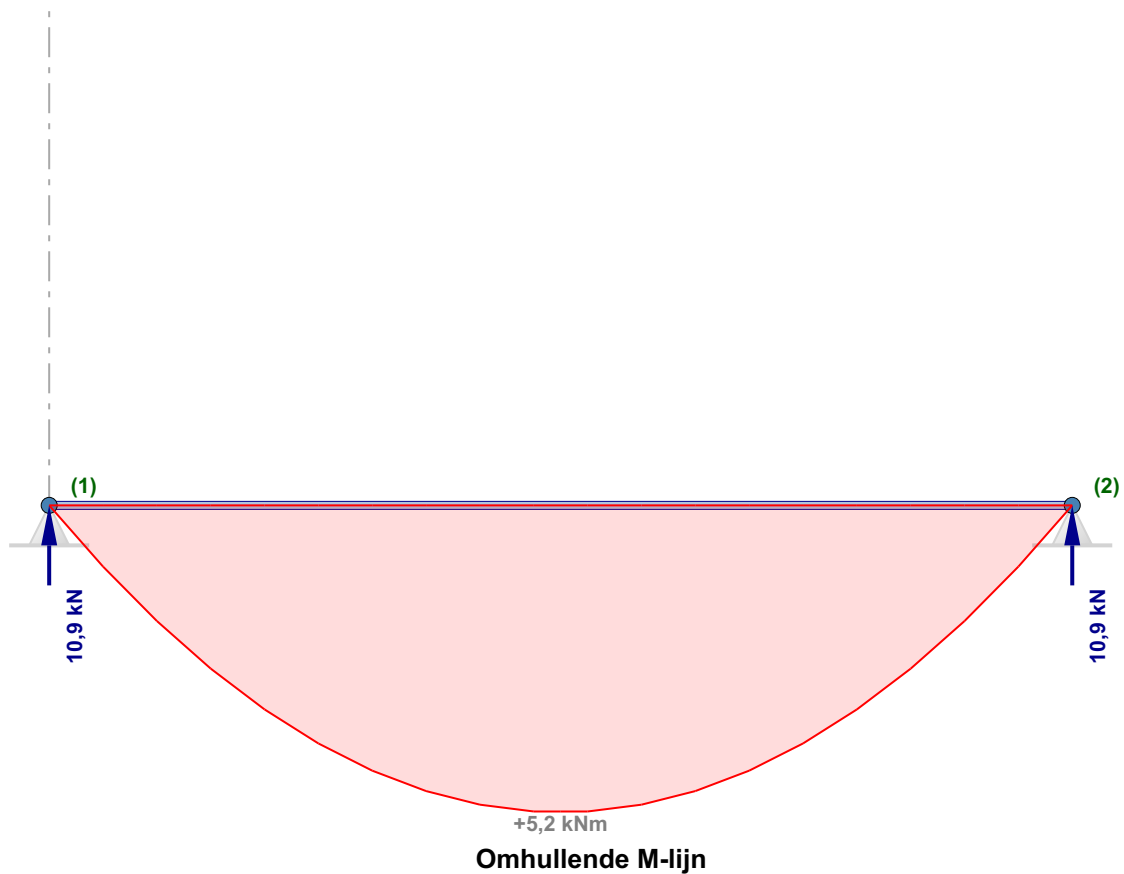
1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk

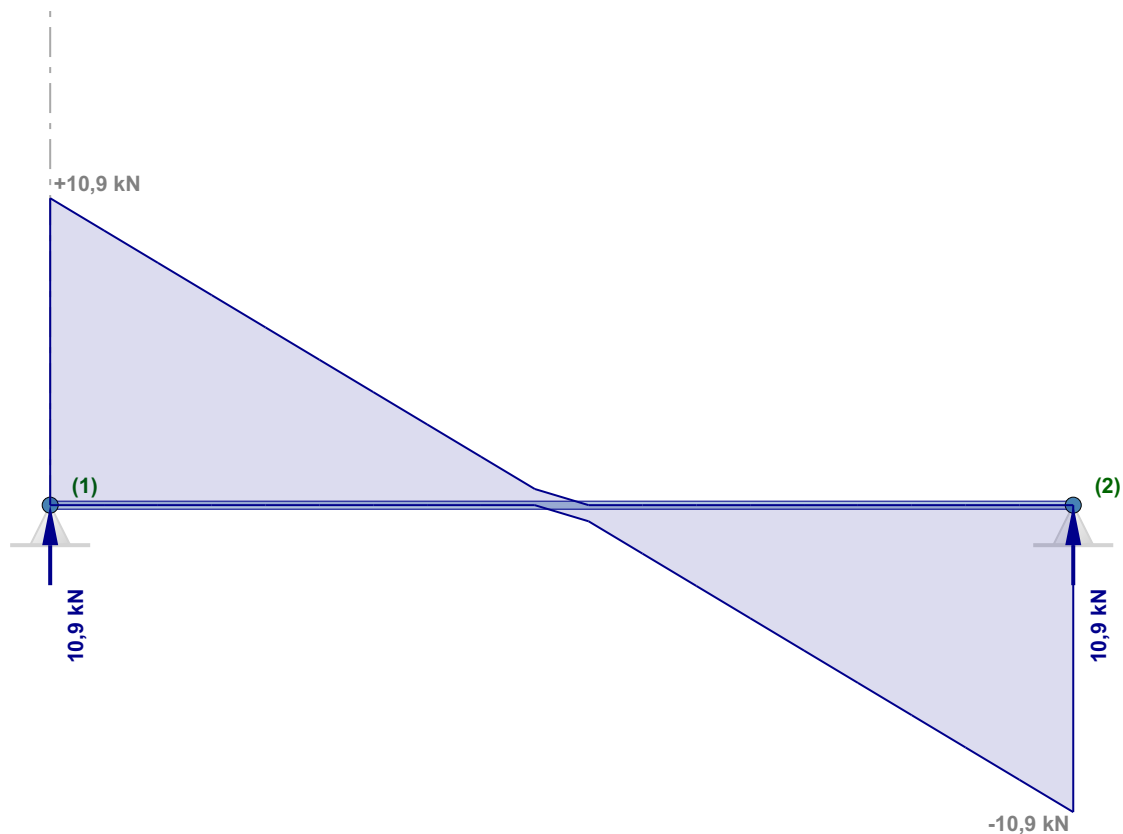


2 Berekeningsresultaten**2.1 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)****2.1.1 Belastingscombinaties****(GL) Geometrisch lineaire krachtsverdeling**

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
1	Combinatie1 (6.10a)	UGT
2	Combinatie2 (6.10b)	UGT

Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times \gamma$)				
	1	2			
1	1,00x1,22	0,40x1,35			
2	1,00x1,08	1,00x1,35			





Omhullende D-lijn

2.1.2 Omhullende reactiekrachten

Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
1	1		10,879	
	2		9,630	
2	1		10,879	
	2		9,630	
Minimale / maximale waarden				
1	2		9,630	
1	1		10,879	

2.1.3 Omhullende staafkrachten

Staaf-nummer	Combinatie nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1	1	1		0,000	10,879	0,000
	2	1		0,000	9,630	0,000
	1		950	0,000	0,000	5,167
	1	2		0,000	10,879	0,000
	2	2		0,000	9,630	0,000

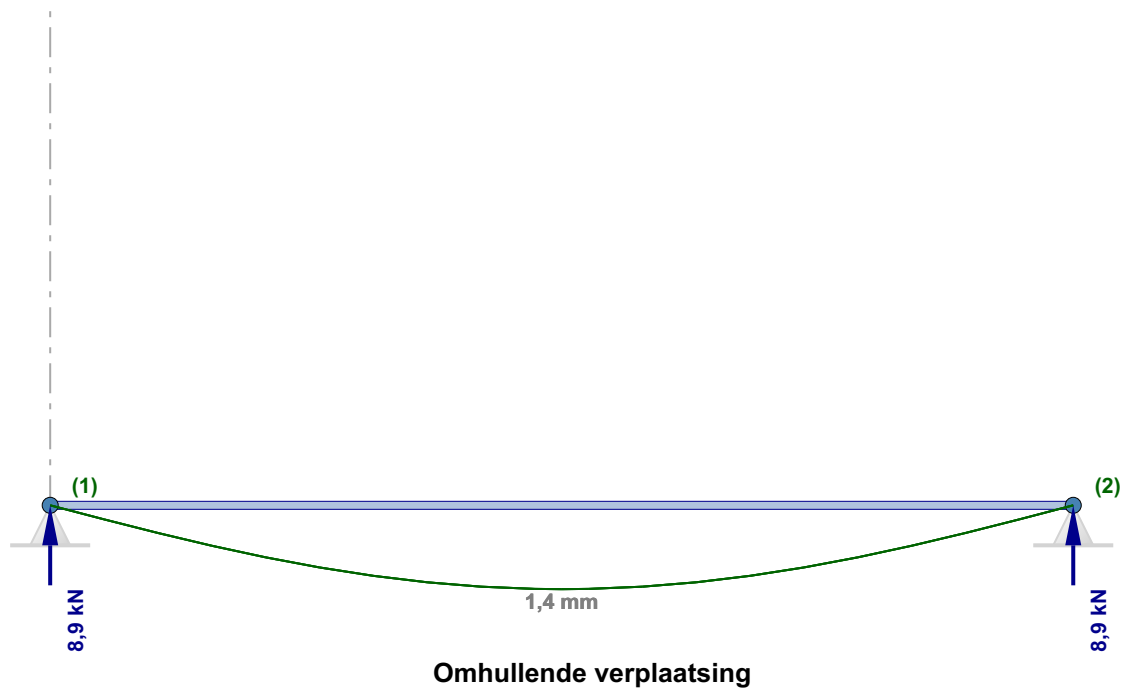
2.2 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

2.2.1 Belastingscombinaties

(GL) Geometrisch lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
3	BGT Blijvend	BGT Blijvend
4	BGT Quasi blijvend	BGT Quasi blijvend
5	Combinatie	BGT

Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times \gamma$)				
	1	2			
3	1,00x1,00				
4	1,00x1,00	0,30x1,00			
5	1,00x1,00	1,00x1,00			

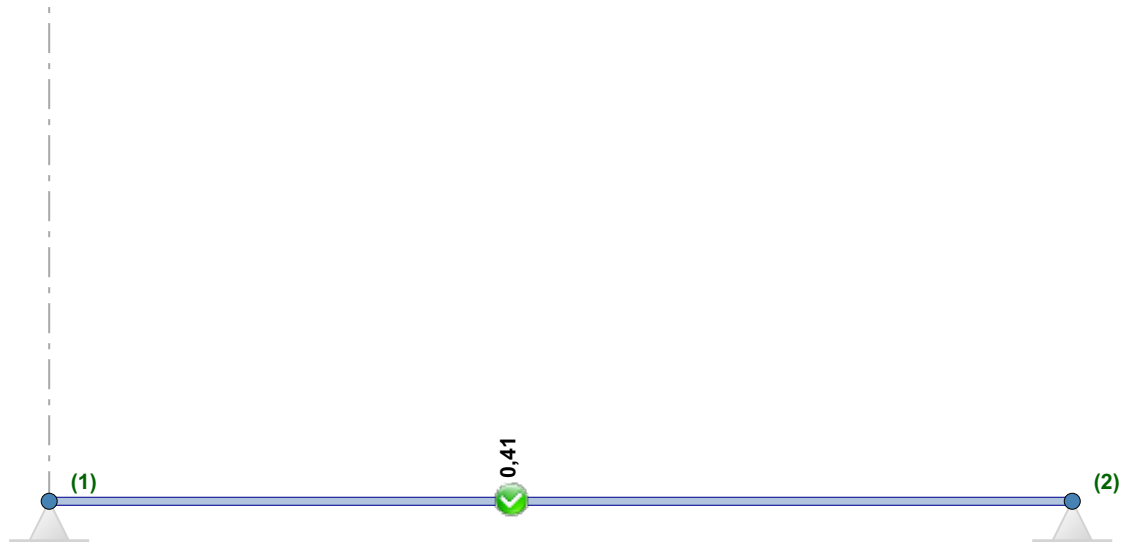


2.2.2 Omhullende knoopverplaatsingen

Knoop-nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
1	3	0,0	0,0	-2,3
2	3	0,0	0,0	2,3
Minimale / maximale waarden				
1	3	0,0		
1	3	0,0		
2	3		0,0	
1	3		0,0	
1	3			-2,3

Knoop-nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
2	3			2,3

2.3 EN1993 TOETSINGEN



Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
1	L150X100X10	1	3	6.2.5	0,41
		1	1	6.2.6	0,06
		5		Doorbuiging	0,18

2.4 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

2.4.1 Staaf 1 - L150X100X10 (S 235)

Buigend moment (maatgevend)

art. 6.2.5

Combinatie: 1 $x = 950 \text{ mm}$ $N_x = 0 \text{ kN}$ $V_z = 0 \text{ kN}$ $M_y = 5,167 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{el,y,Rd} = \frac{W_{el,y,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{54060 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 12,704 \text{ kNm} \quad (6.14)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{5,167}{12,704} = 0,41 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 1 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = 0 \text{ kN}$ $V_z = 10,879 \text{ kN}$ $M_y = 0 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1418 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 192,4 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{10,9}{192,4} = 0,06 < 1,0 \quad (6.17)$$

Doorbuiging

Combinatie: 5 x = 950 mm Nx = 0 kN Vz = 0 kN My = 4,236 kNm

Lokale knoopverplaatsingen d_{z1} = 0 mm d_{z2} = 0 mm

$$w_{eind,z} = w_z - w_{Zeeg,z} = -1,4 - 0 = -1,4 \text{ mm}$$

$$\frac{|w_{eind,z}|}{w_{eind,z,max}} = \frac{|-1,4|}{1900 / 250} = \frac{|-1,4|}{7,6} = 0,18 < 1,0$$

$$w_{bijk,z} = w_z - w_{BGT \text{ Blijvend},z} = -1,4 + 1,4 = 0 \text{ mm}$$

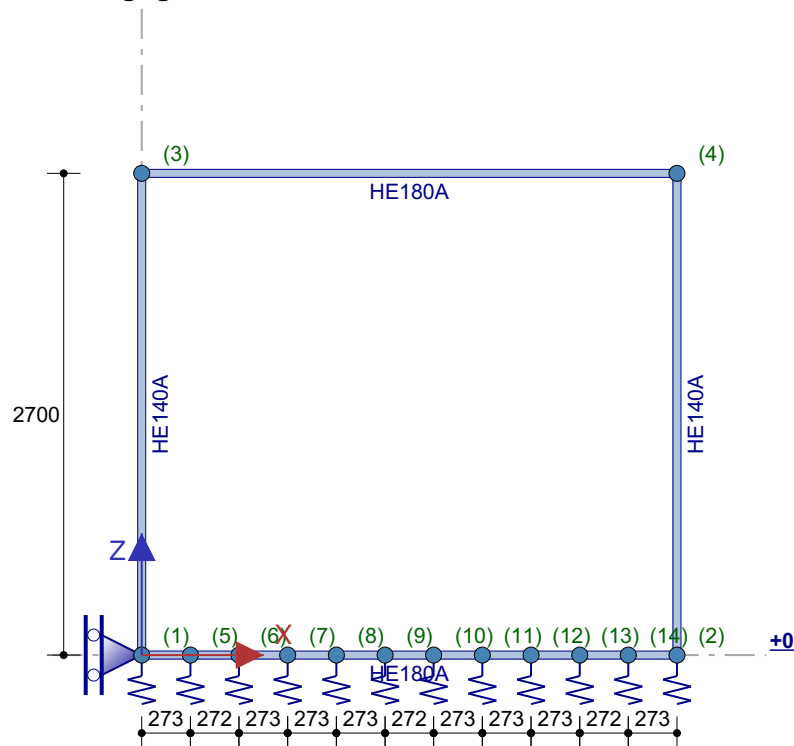
$$\frac{|w_{bijk,z}|}{w_{bijk,z,max}} = \frac{|0|}{1900 / 333} = \frac{|0|}{5,7} = 0,00 < 1,0$$

Bestand :.....25061 portaal 1.xfr2**Inhoudsopgave**

1.1 KNOPEN.....	2
1.2 STAVEN.....	2
1.3 PROFIELEN.....	3
1.4 BELASTINGSGEVALLEN.....	4
1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht.....	5
1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk.....	6
2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand.....	7
2.2 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT).....	7
2.2.2 Omhullende reactiekrachten.....	9
2.2.3 Omhullende staafkrachten.....	10
2.3 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT).....	11
2.3.2 Omhullende knoopverplaatsingen.....	12
2.4 EN1993 TOETSINGEN.....	12
2.5 BEREKENING VAN UNITY CHECKS.....	14
2.5.1 Staaf 2 - HE140A (S 235).....	14
2.5.2 Staaf 4 - HE180A (S 235).....	17

Gehanteerde normen : NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl

Gevolgklasse : CC1

Zwaartekrachtversnelling g : 9,81 m/s²**1 Invoergegevens****1.1 KNOPEN**

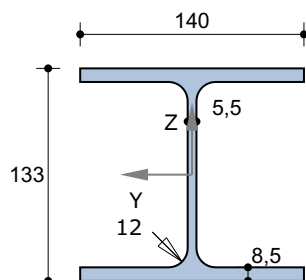
Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingen			Veerwaarden		
	X [mm]	Z [mm]	Tx	Tz	Ry	Kx [kN/m]	Kz [kN/m]	Cy [kNm/rad]
1	0	0	A	P			49	
2	3000	0		P			49	
3	0	2700						
4	3000	2700						
5	273	0		P			98	
6	545	0		P			98	
7	818	0		P			98	
8	1091	0		P			98	
9	1364	0		P			98	
10	1636	0		P			98	
11	1909	0		P			98	
12	2182	0		P			98	
13	2455	0		P			98	
14	2727	0		P			98	

1.2 STAVEN

Staaf-nummer	Knoop		Staaf-type	Bedding [kN/m ³]	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar				
1	1	2	HE180A	2000	HE180A	3000
2	1	3	HE140A		HE140A	2700
3	2	4	HE140A		HE140A	2700
4	3	4	HE180A		HE180A	3000

1.3 PROFIELEN

Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm ²]	A [mm ²]	I _y [mm ⁴]	Wy;el_1 [mm ³]	Wy;el_2 [mm ³]
1	HE140A	24,7	210000	3,1439E3	1,0338E7	1,5546E5	1,5546E5
2	HE180A	35,5	210000	4,528E3	2,5115E7	2,9374E5	2,9374E5

HE140A**Materiaalgegevens**

Staalsoort

S 235 Warmgewalst

Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm²**Doorsnedegegevens**

Maximale coördinaat

 $y_{\max} = 70,0 \text{ mm}$ $z_{\max} = 66,5 \text{ mm}$

Minimale coördinaat

 $y_{\min} = -70,0 \text{ mm}$ $z_{\min} = -66,5 \text{ mm}$

Zwaartelij

 $z_s = 0,0 \text{ mm}$ $y_s = 0,0 \text{ mm}$

Oppervlak / Gewicht

 $A = 3143,9 \text{ mm}^2$ $G = 24,7 \text{ kg/m}$

Statisch moment

 $S_y = 86809 \text{ mm}^3$ $S_z = 42432 \text{ mm}^3$

Traagheidsmoment

 $I_y = 10337922 \text{ mm}^4$ $I_z = 3893360 \text{ mm}^4$

Traagheidsstraal

 $i_y = 57,3 \text{ mm}$ $i_z = 35,2 \text{ mm}$

Elastisch weerstandsmoment

 $W_{y;el} = 155457 \text{ mm}^3$ $W_{z;el} = 55619 \text{ mm}^3$

Centrifugaalmoment

 $C_{yz} = 0 \text{ mm}^3$ $\text{hoek} = 0,00^\circ$

Traagheidsmoment

 $I_{\max} = 10337922 \text{ mm}^4$ $I_{\min} = 3893360 \text{ mm}^4$

Traagheidsstraal

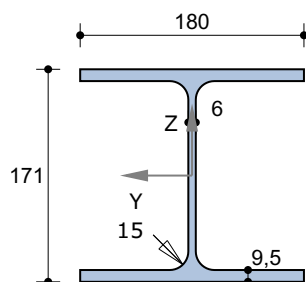
 $i_{\max} = 57,3 \text{ mm}$ $i_{\min} = 35,2 \text{ mm}$

Halveringslijn

 $z_h = 0,0 \text{ mm}$ $y_h = 0,0 \text{ mm}$

Plastisch weerstandsmoment

 $W_{y;pl} = 173618 \text{ mm}^3$ $W_{z;pl} = 84865 \text{ mm}^3$

HE180A**Materiaalgegevens**

Staalsoort

S 235 Warmgewalst

Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm²**Doorsnedegegevens**

Maximale coördinaat

 $y_{\max} =$

90,0 mm

 $z_{\max} =$

85,5 mm

Minimale coördinaat

 $y_{\min} =$

-90,0 mm

 $z_{\min} =$

-85,5 mm

Zwaartelij

 $z_s =$

0,0 mm

 $y_s =$

0,0 mm

Oppervlak / Gewicht

A =

4527,5 mm²

G =

35,5 kg/m

Statisch moment

 $S_y =$ 162511 mm³ $S_z =$ 78257 mm³

Traagheidsmoment

 $I_y =$ 25114862 mm⁴ $I_z =$ 9246276 mm⁴

Traagheidsstraal

 $i_y =$

74,5 mm

 $i_z =$

45,2 mm

Elastisch weerstandsmoment

 $W_{y;el} =$ 293741 mm³ $W_{z;el} =$ 102736 mm³

Centrifugaalmoment

 $C_{yz} =$ 0 mm³

hoek =

0,00 °

Traagheidsmoment

 $I_{\max} =$ 25114862 mm⁴ $I_{\min} =$ 9246276 mm⁴

Traagheidsstraal

 $i_{\max} =$

74,5 mm

 $i_{\min} =$

45,2 mm

Halveringslijn

 $z_h =$

0,0 mm

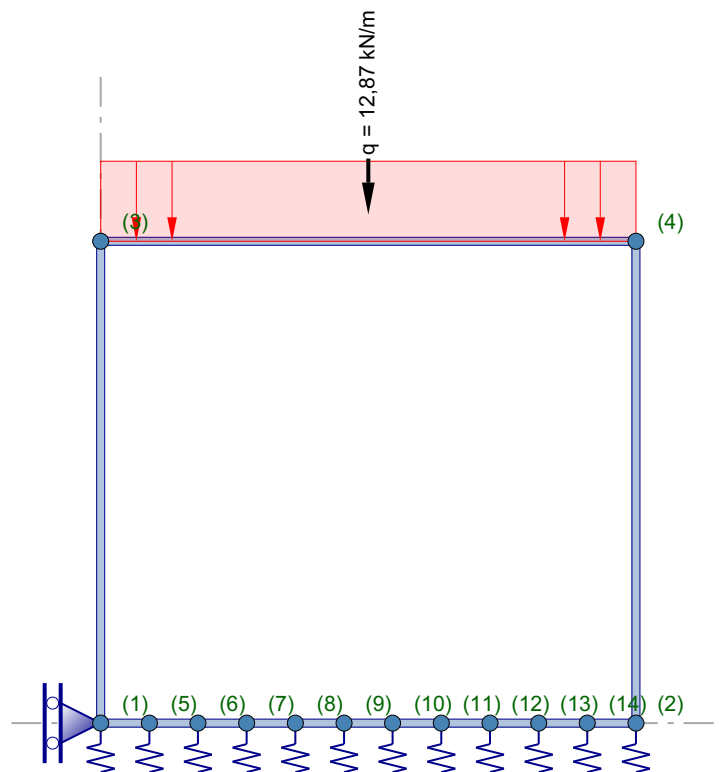
 $y_h =$

0,0 mm

Plastisch weerstandsmoment

 $W_{y;pl} =$ 325022 mm³ $W_{z;pl} =$ 156515 mm³**1.4 BELASTINGSGEVALLEN**

Nr.	Omschrijving	Type	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	Permanent	Permanent incl. eigen gewicht	1,00	1,00	1,00
2	Veranderlijk	A:Woonfunctie en logiesfunctie	0,40	0,50	0,30

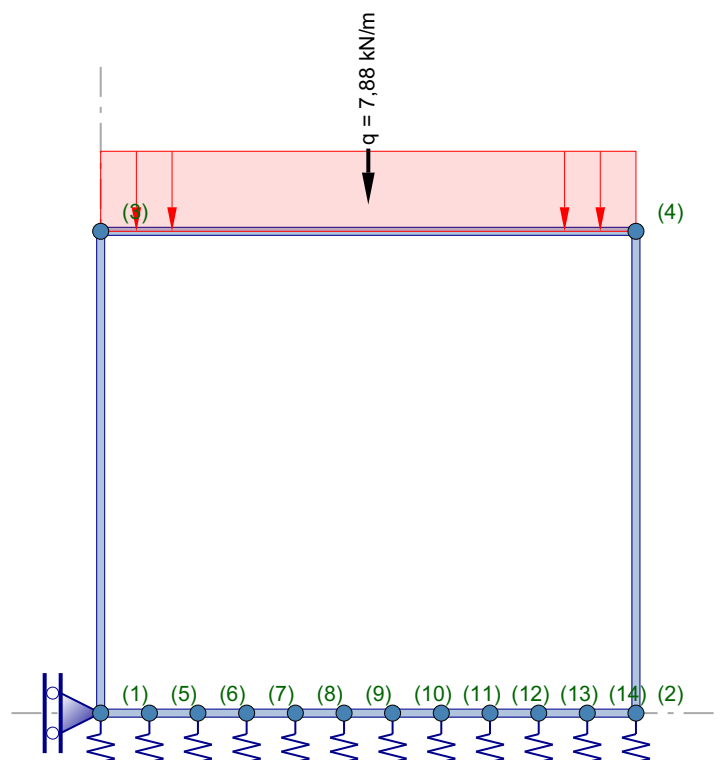
1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht


*) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!

Totaal eigen gewicht: : 235 kg.

1.5.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	q	-0,349 kN/m	-0,349 kN/m	0,0	1	0	3000
2	q	-0,242 kN/m	-0,242 kN/m	-90,0	1	0	2700
3	q	-0,242 kN/m	-0,242 kN/m	-90,0	2	0	2700
4	q	-12,870 kN/m	-12,870 kN/m	0,0	3	0	3000

1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk**1.6.1 Staafbelastingen**

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
4	 q	-7,880 kN/m	-7,880 kN/m	0,0	3	0	3000

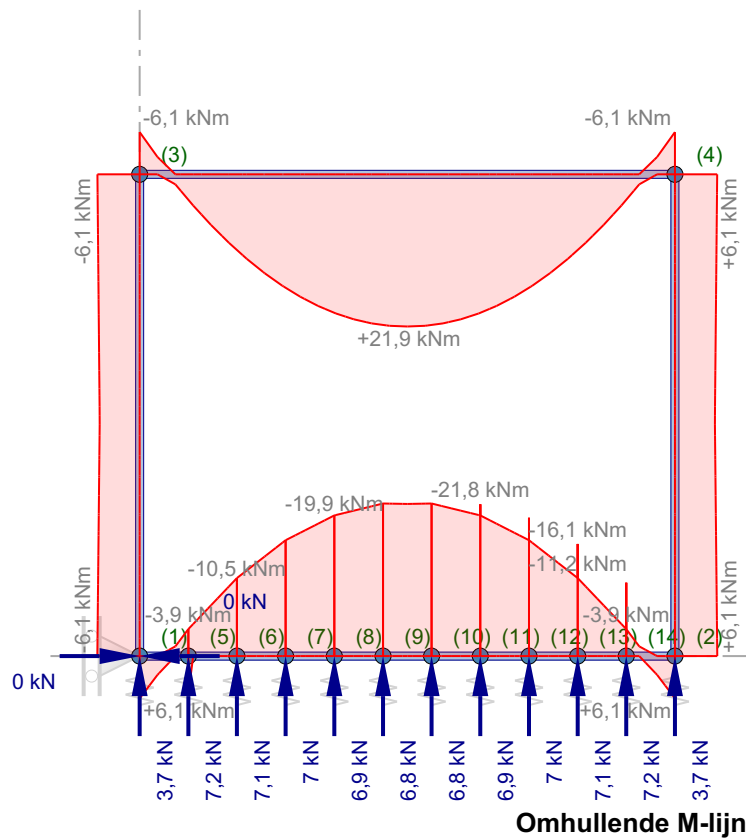
2 Berekeningsresultaten**2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand**

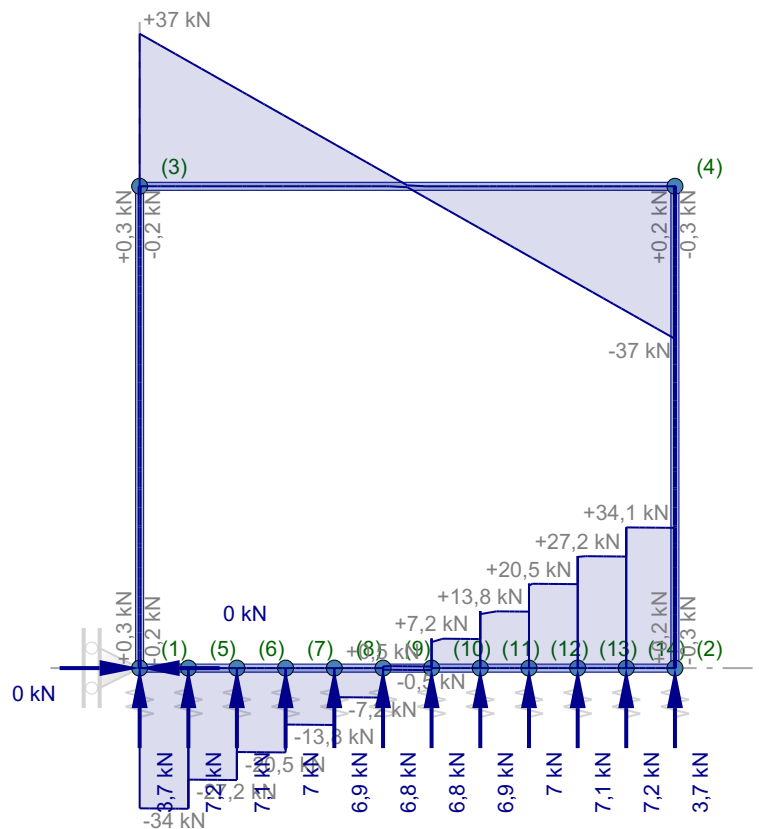
Knoop-nummer	1/200 in +X		1/200 in -X	
	X [mm]	Z [mm]	X [mm]	Z [mm]
1	0	0	0	0
2	3000	0	3000	0
3	14	2700	-14	2700
4	3014	2700	2987	2700
5	273	0	273	0
6	545	0	545	0
7	818	0	818	0
8	1091	0	1091	0
9	1364	0	1364	0
10	1636	0	1636	0
11	1909	0	1909	0
12	2182	0	2182	0
13	2455	0	2455	0
14	2727	0	2727	0

2.2 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)**2.2.1 Belastingscombinaties****(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling**

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
1.1	Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 +X	UGT
1.2	Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 -X	UGT
2.1	Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 +X	UGT
2.2	Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 -X	UGT

Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times \gamma$)				
	1	2			
1.1	1,00x1,22	0,40x1,35			
1.2	1,00x1,22	0,40x1,35			
2.1	1,00x1,08	1,00x1,35			
2.2	1,00x1,08	1,00x1,35			





Omhullende D-lijn

2.2.2 Omhullende reactiekrachten

Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]	Beddingbel. [kN/m2]
1	1.1	0,008	2,852		116,077
	1.2	-0,008	3,038		123,627
	2.2	-0,007	3,697		150,451
2	1.2		2,852		116,077
	2.1		3,697		150,451
5	1.1		5,658		115,351
	2.2		7,250		147,800
6	1.1		5,615		114,481
	2.2		7,111		144,983
7	1.1		5,584		113,636
	2.2		6,988		142,202
8	1.1		5,571		113,366
	2.2		6,887		140,147
9	1.1		5,580		113,755
	2.2		6,813		138,908
10	1.2		5,580		113,755
	2.1		6,813		138,908
11	1.2		5,571		113,366
	2.1		6,887		140,147
12	1.2		5,584		113,636

Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]	Beddingbel. [kN/m2]
12	2.1		6,988		142,202
13	1.2		5,615		114,481
	2.1		7,111		144,983
14	1.2		5,658		115,351
	2.1		7,250		147,800
Minimale / maximale waarden					
1	1.2	-0,008			
1	1.1	0,008			
1	1.1		2,852		
14	2.1		7,250		
8	1.1				113,366
2	2.1				150,451

2.2.3 Omhullende staafkrachten

Staa-nummer	Combinatie nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1	1.1	1		0,037	-27,705	-4,987
	1.1	14		-0,037	27,987	-3,141
	1.2	14		-0,029	27,821	-2,592
	2.1	10		-0,015	-0,490	-21,935
	2.1	14		-0,015	34,149	-3,883
	2.2	5		-0,008	-34,149	-3,883
	1.1	2		-0,037	-27,871	4,483
	2.2	2		-0,008	-33,829	6,085
2	1.1	1		30,556	0,223	4,987
	1.2	1		30,908	-0,159	4,483
	2.1	1		37,282	0,260	6,085
	2.2	1		37,742	-0,240	5,425
	1.1	3		-29,759	-0,223	-4,386
	2.1	3		-36,576	-0,260	-5,382
	2.2	3		-37,036	0,240	-6,072
	1.1	2		30,908	0,159	-4,483
3	1.2	2		30,556	-0,223	-4,987
	2.1	2		37,742	0,240	-5,425
	2.2	2		37,282	-0,260	-6,085
	1.2	4		-29,759	0,223	4,386
	2.1	4		-37,036	-0,240	6,072
	2.2	4		-36,576	0,260	5,382
	1.1	3		-0,033	29,759	4,386
	1.2	3		-0,033	30,111	4,913
4	2.1	3		-0,012	36,576	5,382
	2.2	3		-0,012	37,037	6,072
	2.2		1509	0,012	0,000	21,879
	1.2	4		0,033	29,759	-4,386
	2.1	4		0,012	37,037	-6,072

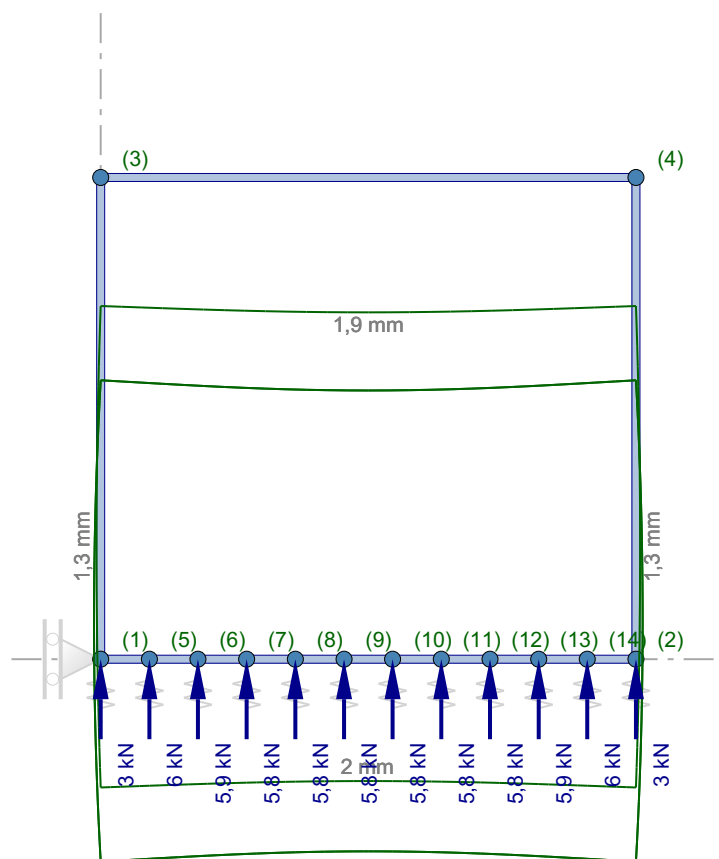
2.3 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

2.3.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
3	BGT Blijvend	BGT Blijvend
4	BGT Quasi blijvend	BGT Quasi blijvend
5	Combinatie	BGT

Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times \gamma$)				
	1	2			
3	1,00x1,00				
4	1,00x1,00	0,30x1,00			
5	1,00x1,00	1,00x1,00			



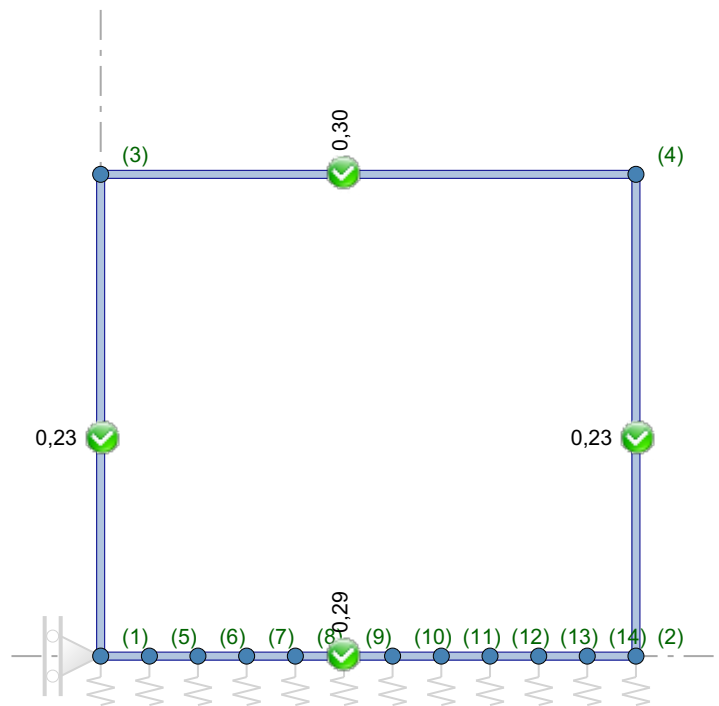
Omhullende verplaatsing

2.3.2 Omhullende knoopverplaatsingen

Knoop-nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
1	3	0,0	-39,2	1,9
	4	0,0	-46,0	2,3
	5	0,0	-61,9	3,1
2	3	0,0	-39,2	-1,9
	5	0,0	-61,9	-3,1
3	3	0,0	-39,3	-1,9
	5	0,0	-62,0	-3,0
4	3	0,0	-39,3	1,9
	5	0,0	-62,0	3,0
5	3	0,0	-38,7	1,9
	5	0,0	-61,0	3,1
6	3	0,0	-38,2	1,7
	5	0,0	-60,2	2,8
7	3	0,0	-37,8	1,4
	5	0,0	-59,5	2,2
8	3	0,0	-37,4	0,9
	5	0,0	-59,1	1,4
9	3	0,0	-37,3	0,3
	5	0,0	-58,8	0,5
10	3	0,0	-37,3	-0,3
	5	0,0	-58,8	-0,5
11	3	0,0	-37,4	-0,9
	5	0,0	-59,1	-1,4
12	3	0,0	-37,8	-1,4
	5	0,0	-59,5	-2,2
13	3	0,0	-38,2	-1,7
	5	0,0	-60,2	-2,8
14	3	0,0	-38,7	-1,9
	5	0,0	-61,0	-3,1
Minimale / maximale waarden				
3	3	0,0		
1	3	0,0		
3	5		-62,0	
10	3		-37,3	
14	5			-3,1
5	5			3,1

2.4 EN1993 TOETSINGEN

De toetsing van de staalprofielen in de uiterste grenstoestand volgens EN 1993-1-1 is gebaseerd op een geometrische niet-lineaire krachtsverdeling (tweede orde analyse) inclusief de gegeven imperfecties volgens art.5.3.2. (a) algemene initiële scheefstanden, volgens figuur 5.2)



Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
1	HE180A	2.1	1	6.2.5	0,29
		2.1	1	6.2.6	0,17
		2.1	1	6.2.8	0,29
		2.1	1	6.3.2.1	0,29
		5		Doorbuiging	0,26
		5		Doorbuiging	0,13
2	HE140A	2.2	1	6.2.4	0,05
		2.1	1	6.2.5	0,15
		2.1	1	6.2.8	0,15
		2.1	1	6.2.9.1	0,15
		2.2	1	6.3.2.1	0,16
		2.2	1	6.3.3	0,23
3	HE140A	5		Doorbuiging	0,19
		2.1	1	6.2.4	0,05
		2.2	1	6.2.5	0,15
		2.2	1	6.2.8	0,15
		2.2	1	6.2.9.1	0,15
		2.2	1	6.3.2.1	0,15
4	HE180A	2.1	1	6.3.3	0,23
		5		Doorbuiging	0,19
		2.2	1	6.2.5	0,29
		2.1	1	6.2.6	0,19
		2.2	1	6.2.8	0,29
		2.2	1	6.3.2.1	0,30

Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
4	HE180A	5		Doorbuiging	0,26
		5		Doorbuiging	0,13

2.5 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

2.5.1 Staaf 2 - HE140A (S 235)

Axiale druk

art. 6.2.4

Combinatie: 2.2 x = 0 mm Nx = -37,742 kN Vz = -0,24 kN My = -5,425 kNm

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3143,9 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 738,817 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{37,7}{738,8} = 0,05 < 1,0 \quad (6.9)$$

Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 2.1 x = 0 mm Nx = -37,282 kN Vz = 0,26 kN My = -6,085 kNm

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{173618 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 40,8 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{6,085}{40,800} = 0,15 < 1,0 \quad (6.12)$$

Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 2.1 x = 0 mm Nx = -37,282 kN Vz = 0,26 kN My = -6,085 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1015 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 137,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,Ed} = 0,260 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 137,666 / 2 = 68,833 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht

art. 6.2.9

Combinatie: 2.1 x = 0 mm Nx = -37,282 kN Vz = 0,26 kN My = -6,085 kNm

$$N_{Ed} < 0,25 N_{pl,Rd} = 0,25 \times 738,8 = 184,7 \text{ kN} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} < \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 116 \times 5,5 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 75 \text{ kN} \quad (6.34)$$

Het effect van de normaalkracht op het vloeimoment hoeft niet in rekening te worden gebracht. (4)

Kipstabiliteit

art. 6.3.2.1

Combinatie: 2.2 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -37,742 \text{ kN}$ $V_z = -0,24 \text{ kN}$ $M_y = -6,072 \text{ kNm}$

Aantal kipsteunen: 0
 $d' = h - t = 133 - 8,5 = 124,5 \text{ mm}$ $I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{124,5^2 \times 140^3 \times 8,5}{24} = 15 \times 10^9 \text{ mm}^6$

torsiestijfheid volgens Roark geval 26 $I_t = 81643 \text{ mm}^4$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl figuren NB.33 en NB.34:

$L_g = 2700 \text{ mm}$ $L_{st} = 2700 \text{ mm}$

$M_{y,1,Ed} = -5,425 \text{ kNm}$ $M_{y,2,Ed} = -6,072 \text{ kNm}$ $M_{yEd} (x=L_{st}/2 = 1350 \text{ mm}) = -5,749 \text{ kNm}$

Berekende equivalente belasting $q = 0 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times -6,072 \times 10^6}{8 \times |-6,072 \times 10^6| + 0 \times 2700^2} = -1 \quad \text{D.4.3 (3)}$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{-5,425}{-6,072} = 0,893 \quad C_1 = 1,171 \quad C_2 = 0$$

aangrijpingspunt belasting op $z = 0 \text{ mm}$

$L_{kip} = L_{st} = 2700 \text{ mm}$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{133}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 3893360}{80769 \times 81643}} = 740 \text{ mm} \quad \text{(NB.159)}$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) = \quad \text{(NB.157)}$$

$$= \frac{\pi \times 1,171 \times 2700}{2700} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 740^2}{2700^2} \times (0^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times 0 \times 740}{2700} \right) = 4,857$$

$h / t_w = 133 / 5,5 = 24,2 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad \text{(NB.153)}$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} = \quad \text{(NB.148)}$$

$$= 1 \times \frac{4,857}{2700} \times \sqrt{210000 \times 3893360 \times 80769 \times 81643} \times 10^{-6} = 132,077 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{173618 \times 235}{132077397}} = 0,556 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

Kipkromme b $\alpha_{Lt} = 0,34$

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - \lambda_{Lt,0}) + \beta \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,556 - 0,4) + 0,75 \times 0,556^2] = 0,642$$

$$\chi_{Lt} = \min \left(\frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^2 - \beta \lambda_{Lt}^2}}; 1,0; \frac{1}{\lambda_{Lt}^2} \right) \quad \text{(6.57)}$$

$$= \min \left(\frac{1}{0,642 + \sqrt{0,642^2 - 0,75 \times 0,556^2}}; 1,0; \frac{1}{0,556^2} \right) = 0,937$$

$$\psi = \frac{M1}{M2} = \frac{-5,425}{-6,072} = 0,893$$

$$k_c = \frac{1}{1,33 - 0,33 \psi} = \frac{1}{1,33 - 0,33 \times 0,893} = 0,966$$

$$f = 1 - 0,5 (1 - k_c) [1 - 2,0 (\lambda_{Lt} - 0,8)^2] = 1 - 0,5 \times (1 - 0,966) \times [1 - 2,0 \times (0,556 - 0,8)^2] = 0,985$$

$$\chi_{Lt,mod} = \frac{\chi_{Lt}}{f} = \frac{0,937}{0,985} = 0,951 \quad (6.58)$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,951 \times 173618 \times \frac{235}{1,00} \times 10^{-6} = 38,8 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{6,1}{38,8} = 0,16 < 1,0 \quad (6.54)$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven (maatgevend)

art. 6.3.3

Combinatie: 2.2 x = 2700 mm Nx = -37,742 kN Vz = -0,24 kN My = -6,072 kNm

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2700}{57,3} \frac{1}{93,9} = 0,501 \quad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2700}{35,2} \frac{1}{93,9} = 0,817 \quad (6.50)$$

Knikkromme $y-y$ b $\alpha = 0,34$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,501 - 0,2) + 0,501^2] = 0,677$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,677 + \sqrt{0,677^2 - 0,501^2}} = 0,884 \quad (6.49)$$

Knikkromme $z-z$ c $\alpha = 0,49$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,817 - 0,2) + 0,817^2] = 0,985$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,985 + \sqrt{0,985^2 - 0,817^2}} = 0,651 \quad (6.49)$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 3144 \times 10^{-3} = 738,8 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 173618 \times 10^{-6} = 40,8 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 84865 \times 10^{-6} = 19,9 \text{ kNm}$$

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$$\varphi = M_2 / M_1 = -5,425 / -6,072 = 0,89 \rightarrow C_{my} = 0,6 + 0,4 \varphi = 0,6 + 0,4 \times 0,89 = 0,957 > 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,957 \times \left(1 + (0,501 - 0,2) \times \frac{37,742}{0,884 \times 738,817 / 1,00} \right) = 0,974$$

$$\varphi = M_2 / M_1 = -5,425 / -6,072 = 0,89 \rightarrow C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \varphi = 0,6 + 0,4 \times 0,89 = 0,957 > 0,4$$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{0,1 \lambda_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = \left(1 - \frac{0,1 \times 0,817}{(0,957 - 0,25)} \times \frac{37,742}{0,651 \times 738,817 / 1,00} \right) = 0,991$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{37,742}{0,884 \times 738,817 / 1,00} + 0,974 \times \frac{6,072}{0,951 \times \frac{40,8}{1,00}} = 0,21 < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{37,742}{0,651 \times 738,817 / 1,00} + 0,991 \times \frac{6,072}{0,951 \times \frac{40,8}{1,00}} = 0,23 < 1 \quad (6.62)$$

Doorbuiging

Combinatie: 5 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -31,779 \text{ kN}$ $V_z = 0,015 \text{ kN}$ $M_y = -4,884 \text{ kNm}$

Lokale knoopverplaatsingen $d_{z1} = 0 \text{ mm}$ $d_{z2} = 0 \text{ mm}$

$$w_{eind,z} = w_z - w_{Zeeg,z} = 2 - 0 = 2 \text{ mm}$$

$$\frac{|w_{eind,z}|}{w_{eind,z,max}} = \frac{|2|}{2700 / 250} = \frac{|2|}{10,8} = 0,19 < 1,0$$

$$w_{bijk,z} = w_z - w_{BGT \text{ Blijvend},z} = 2 - 1,3 = 0,8 \text{ mm}$$

$$\frac{|w_{bijk,z}|}{w_{bijk,z,max}} = \frac{|0,8|}{2700 / 333} = \frac{|0,8|}{8,1} = 0,09 < 1,0$$

2.5.2 Staaf 4 - HE180A (S 235)

Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 2.2 $x = 1509 \text{ mm}$ $N_x = 0,012 \text{ kN}$ $V_z = 0 \text{ kN}$ $M_y = 21,879 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{325022 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 76,38 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{21,879}{76,380} = 0,29 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 2.1 $x = 3000 \text{ mm}$ $N_x = 0,012 \text{ kN}$ $V_z = -37,037 \text{ kN}$ $M_y = -6,072 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1450 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 196,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{37,0}{196,7} = 0,19 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 2.2 $x = 1509 \text{ mm}$ $N_x = 0,012 \text{ kN}$ $V_z = 0 \text{ kN}$ $M_y = 21,879 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1450 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 196,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,Ed} = 0,000 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 196,732 / 2 = 98,366 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Kipstabiliteit (maatgevend)

art. 6.3.2.1

Combinatie: 2.2 $x = 1509 \text{ mm}$ $N_x = 0,012 \text{ kN}$ $V_z = 0,23 \text{ kN}$ $M_y = 21,879 \text{ kNm}$

$$\text{Aantal kipsteunen: } 0$$

$$d' = h - t = 171 - 9,5 = 161,5 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{161,5^2 \times 180^3 \times 9,5}{24} = 60 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 148603 \text{ mm}^4$$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 3000 \text{ mm} \quad L_{st} = 3000 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = -5,382 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = -6,072 \text{ kNm} \quad M_{yEd} (x=L_{st}/2 = 1500 \text{ mm}) = 21,878 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting $q = 24,537 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times -6,072 \times 10^6}{8 \times |-6,072 \times 10^6| + 24,537 \times 3000^2} = -0,18 \quad D.4.3 (3)$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{-5,382}{-6,072} = 0,886 \quad C_1 = 1,162 \quad C_2 = -0,598$$

aangrijpingspunt belasting op $z = 86 \text{ mm}$

$$L_{kip} = L_{st} = 3000 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{171}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 9246276}{80769 \times 148603}} = 1087 \text{ mm} \quad (\text{NB.159})$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) = \quad (NB.157)$$

$$= \frac{\pi \times 1,162 \times 3000}{3000} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 1087^2}{3000^2} \times (-0,598^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times -0,598 \times 1087}{3000} \right) = 3,577$$

$$h / t_w = 171 / 6 = 28,5 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad (NB.153)$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} = \quad (NB.148)$$

$$= 1 \times \frac{3,577}{3000} \times \sqrt{210000 \times 9246276 \times 80769 \times 148603} \times 10^{-6} = 182,037 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{325022 \times 235}{182036630}} = 0,648 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

$$\text{Kipkromme b} \quad \alpha_{Lt} = 0,34$$

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - \lambda_{Lt,0}) + \beta \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,648 - 0,4) + 0,75 \times 0,648^2] = 0,699$$

$$\chi_{Lt} = \min \left(\frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^2 - \beta \lambda_{Lt}^2}}; 1,0; \frac{1}{\lambda_{Lt}^2} \right) \quad (6.57)$$

$$= \min \left(\frac{1}{0,699 + \sqrt{0,699^2 - 0,75 \times 0,648^2}}; 1,0; \frac{1}{0,648^2} \right) = 0,895$$

$$k_c = 0,90$$

$$f = 1 - 0,5 (1 - k_c) [1 - 2,0 (\lambda_{Lt} - 0,8)^2] = 1 - 0,5 \times (1 - 0,90) \times [1 - 2,0 \times (0,648 - 0,8)^2] = 0,952$$

$$\chi_{Lt,mod} = \frac{\chi_{Lt}}{f} = \frac{0,895}{0,952} = 0,94 \quad (6.58)$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,94 \times 325022 \times \frac{235}{1,00} \times 10^{-6} = 71,8 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{21,9}{71,8} = 0,30 < 1,0 \quad (6.54)$$

Doorbuiging

$$\text{Combinatie: 5} \quad x = 1500 \text{ mm} \quad N_x = 0,015 \text{ kN} \quad V_z = 0 \text{ kN} \quad M_y = 18,499 \text{ kNm}$$

$$\text{Lokale knoopverplaatsingen} \quad d_{z1} = -62 \text{ mm} \quad d_{z2} = -62 \text{ mm}$$

$$w_{eind,z} = w_z - w_{Zeeg,z} = -3,1 - 0 = -3,1 \text{ mm}$$

$$\frac{|w_{\text{eind},z}|}{w_{\text{eind},z,\text{max}}} = \frac{|-3,1|}{3000 / 250} = \frac{|-3,1|}{12} = 0,26 < 1,0$$

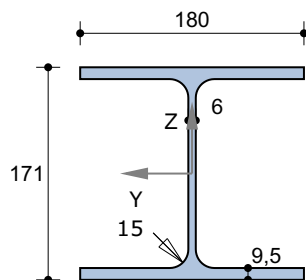
$$w_{\text{bijk},z} = w_z - w_{\text{BGT Blijvend},z} = -3,1 + 1,9 = -1,2 \text{ mm}$$

$$\frac{|w_{\text{bijk},z}|}{w_{\text{bijk},z,\text{max}}} = \frac{|-1,2|}{3000 / 333} = \frac{|-1,2|}{9} = 0,13 < 1,0$$

Bestand :.....25061 portaal 2.xfr2

Inhoudsopgave

1.1 KNOPEN.....	2
1.2 STAVEN.....	2
1.3 PROFIELEN.....	2
1.4 BELASTINGSGEVALLEN.....	4
1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht.....	5
1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk.....	6
2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand.....	7
2.2 BELASTINGSGEVALLEN.....	7
2.2.1 Reactiekrachten.....	7
2.3 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT).....	7
2.3.2 Omhullende reactiekrachten.....	9
2.3.3 Omhullende staafkrachten.....	9
2.4 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT).....	10
2.4.2 Omhullende knoopverplaatsingen.....	11
2.5 EN1993 TOETSINGEN.....	11
2.6 BEREKENING VAN UNITY CHECKS.....	12
2.6.1 Staaf 1 - HE180A (S 235).....	12
2.6.2 Staaf 2 - HE200A (S 235).....	16
2.6.3 Staaf 3 - HE160A (S 235).....	18

HE180A**Materiaalgegevens**

Staalsoort

S 235 Warmgewalst

Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm²**Doorsnedegegevens**

Maximale coördinaat

 $y_{\max} = 90,0 \text{ mm}$ $z_{\max} = 85,5 \text{ mm}$

Minimale coördinaat

 $y_{\min} = -90,0 \text{ mm}$ $z_{\min} = -85,5 \text{ mm}$

Zwaartelij

 $z_s = 0,0 \text{ mm}$ $y_s = 0,0 \text{ mm}$

Oppervlak / Gewicht

 $A = 4527,5 \text{ mm}^2$ $G = 35,5 \text{ kg/m}$

Statisch moment

 $S_y = 162511 \text{ mm}^3$ $S_z = 78257 \text{ mm}^3$

Traagheidsmoment

 $I_y = 25114862 \text{ mm}^4$ $I_z = 9246276 \text{ mm}^4$

Traagheidsstraal

 $i_y = 74,5 \text{ mm}$ $i_z = 45,2 \text{ mm}$

Elastisch weerstandsmoment

 $W_{y;el} = 293741 \text{ mm}^3$ $W_{z;el} = 102736 \text{ mm}^3$

Centrifugaalmoment

 $C_{yz} = 0 \text{ mm}^3$ $\text{hoek} = 0,00^\circ$

Traagheidsmoment

 $I_{\max} = 25114862 \text{ mm}^4$ $I_{\min} = 9246276 \text{ mm}^4$

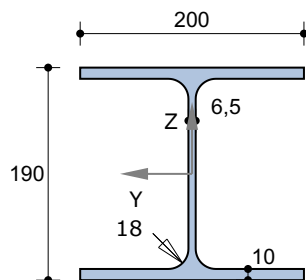
Traagheidsstraal

 $i_{\max} = 74,5 \text{ mm}$ $i_{\min} = 45,2 \text{ mm}$

Halveringslijn

 $z_h = 0,0 \text{ mm}$ $y_h = 0,0 \text{ mm}$

Plastisch weerstandsmoment

 $W_{y;pl} = 325022 \text{ mm}^3$ $W_{z;pl} = 156515 \text{ mm}^3$ **HE200A****Materiaalgegevens**

Staalsoort

S 235 Warmgewalst

Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm²**Doorsnedegegevens**

Maximale coördinaat

 $y_{\max} = 100,0 \text{ mm}$ $z_{\max} = 95,0 \text{ mm}$

Minimale coördinaat

 $y_{\min} = -100,0 \text{ mm}$ $z_{\min} = -95,0 \text{ mm}$

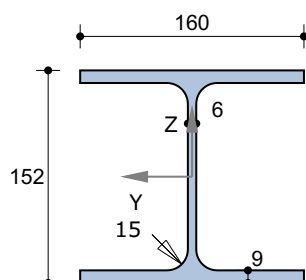
Zwaartelij

 $z_s = 0,0 \text{ mm}$ $y_s = 0,0 \text{ mm}$

Oppervlak / Gewicht

 $A = 5385,3 \text{ mm}^2$ $G = 42,3 \text{ kg/m}$

Statisch moment	S_y	=	214826 mm ³	S_z	=	101919 mm ³
Traagheidsmoment	I_y	=	36934754 mm ⁴	I_z	=	13355364 mm ⁴
Traagheidsstraal	i_y	=	82,8 mm	i_z	=	49,8 mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	388787 mm ³	$W_{z;el}$	=	133554 mm ³
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0 mm ³	hoek	=	0,00 °
Traagheidsmoment	I_{max}	=	36934754 mm ⁴	I_{min}	=	13355364 mm ⁴
Traagheidsstraal	i_{max}	=	82,8 mm	i_{min}	=	49,8 mm
Halveringslijn	Z_h	=	0,0 mm	y_h	=	0,0 mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y;pl}$	=	429652 mm ³	$W_{z;pl}$	=	203839 mm ³

HE160A**Materiaalgegevens**

Staalsoort

S 235 Warmgewalst

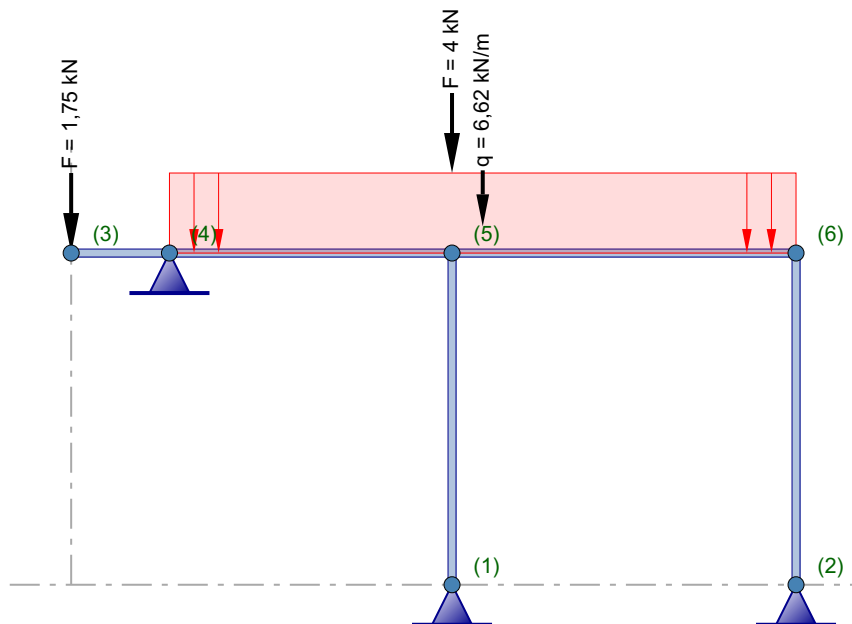
Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm²**Doorsnedegegevens**

Maximale coördinaat	y_{max}	=	80,0 mm	z_{max}	=	76,0 mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-80,0 mm	z_{min}	=	-76,0 mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0 mm	y_s	=	0,0 mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	3879,5 mm ²	G	=	30,5 kg/m
Statisch moment	S_y	=	122648 mm ³	S_z	=	58826 mm ³
Traagheidsmoment	I_y	=	16738907 mm ⁴	I_z	=	6155952 mm ⁴
Traagheidsstraal	i_y	=	65,7 mm	i_z	=	39,8 mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	220249 mm ³	$W_{z;el}$	=	76949 mm ³
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0 mm ³	hoek	=	0,00 °
Traagheidsmoment	I_{max}	=	16738907 mm ⁴	I_{min}	=	6155952 mm ⁴
Traagheidsstraal	i_{max}	=	65,7 mm	i_{min}	=	39,8 mm
Halveringslijn	Z_h	=	0,0 mm	y_h	=	0,0 mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y;pl}$	=	245295 mm ³	$W_{z;pl}$	=	117653 mm ³

1.4 BELASTINGSGEVALLEN

Nr.	Omschrijving	Type	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	Permanent	Permanent incl. eigen gewicht	1,00	1,00	1,00
2	Veranderlijk	A:Woonfunctie en logiesfunctie	0,40	0,50	0,30

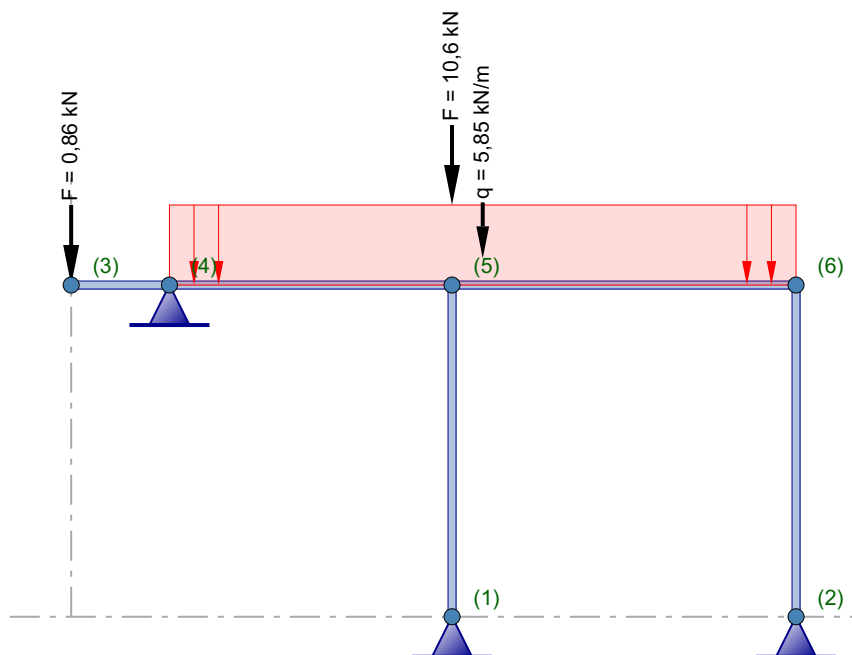
1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht

*) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!

Totaal eigen gewicht: : 206 kg.

1.5.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	q	-0,349 kN/m	-0,349 kN/m	0,0	3	0	5900
1	q	-6,620 kN/m	-6,620 kN/m	0,0	3	800	5100
1	F	-1,750 kN		0,0	3	0	
1	F	-4,000 kN		0,0	3	3100	

1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk**1.6.1 Staafbelastingen**

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	F	-10,600 kN		0,0	3	3100	
1	q	-5,850 kN/m	-5,850 kN/m	0,0	3	800	5100
1	F	-0,860 kN		0,0	3	0	

2 Berekeningsresultaten**2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand**

Knoop-nummer	1/200 in +X		1/200 in -X	
	X [mm]	Z [mm]	X [mm]	Z [mm]
1	3100	0	3100	0
2	5900	0	5900	0
3	14	2700	-14	2700
4	814	2700	787	2700
5	3114	2700	3087	2700
6	5914	2700	5887	2700

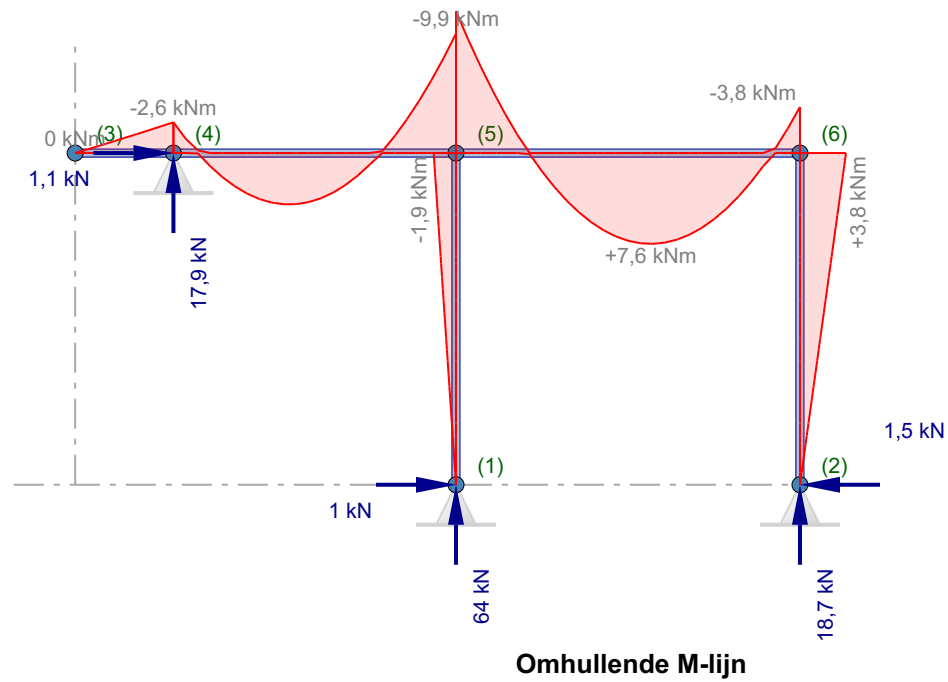
2.2 BELASTINGSGEVALLEN**(GL) Geometrisch lineaire krachtsverdeling****2.2.1 Reactiekrachten**

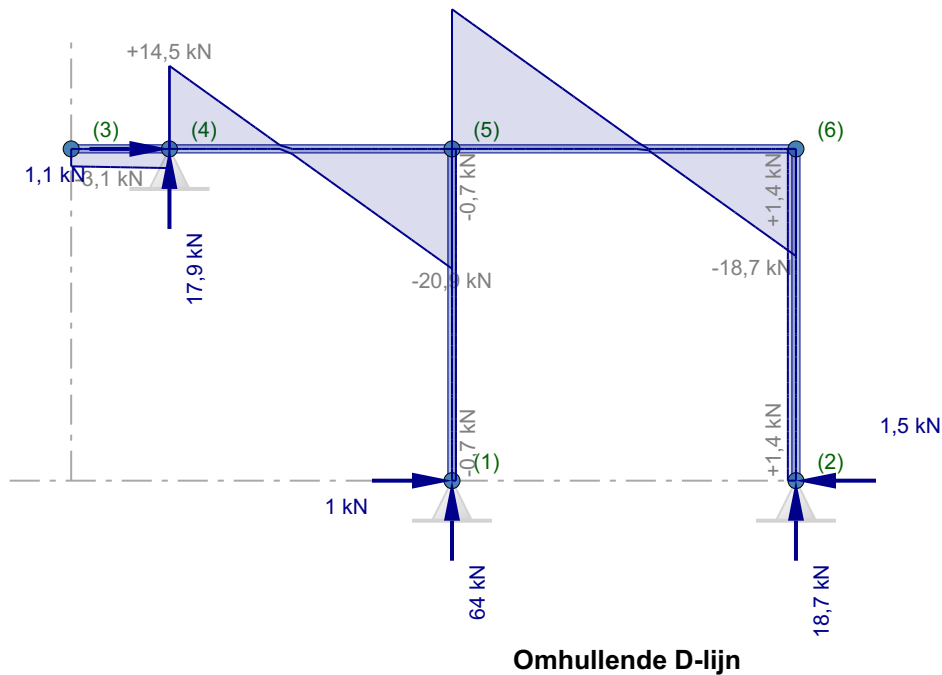
Knoop-nummer	Belastingsgeval	F _x [kN]	F _z [kN]	M _y [kNm]
1	1	0,336	24,306	
	2	0,241	27,972	
2	1	-0,640	8,477	
	2	-0,540	7,107	
4	1	0,304	8,786	
	2	0,300	6,216	
Minimale / maximale waarden				
2	1	-0,640		
1	1	0,336		
4	2		6,216	
1	2		27,972	

2.3 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)**2.3.1 Belastingscombinaties****(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling**

Combinatienummer	Omschrijving	Type
1.1	Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 +X	UGT
1.2	Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 -X	UGT
2.1	Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 +X	UGT
2.2	Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 -X	UGT

Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times \gamma$)				
	1	2			
1.1	1,00x1,22	0,40x1,35			
1.2	1,00x1,22	0,40x1,35			
2.1	1,00x1,08	1,00x1,35			
2.2	1,00x1,08	1,00x1,35			





2.3.2 Omhullende reactiekrachten

Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
1	1.1	0,763	44,760	
	1.2	0,317	44,761	
	2.1	1,006	64,015	
	2.2	0,368	64,017	
2	1.1	-1,001	14,179	
	1.2	-1,142	14,177	
	2.1	-1,326	18,748	
	2.2	-1,512	18,746	
4	1.1	0,238	14,075	
	2.2	1,143	17,880	
Minimale / maximale waarden				
2	2.2	-1,512		
4	2.2	1,143		
4	1.1		14,075	
1	2.2		64,017	

2.3.3 Omhullende staafkrachten

Staaf-nummer	Combinatie nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1	1.1	4		-0,238	11,135	-2,216
	1.1		1755	-0,238	0,000	3,101
	1.1	5		-0,238	-15,685	-7,448
	1.2	4		-0,825	11,136	-2,216
	2.1	5		-0,320	-20,947	-9,945

Staaf-nummer	Combinatie-nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1	2.2	5		-1,512	24,441	-11,801
	2.2		4685	-1,512	0,000	7,563
	2.2	6		-1,512	18,746	-3,829
2	1.1	1		44,763	-0,539	0,000
	1.2	1		44,759	-0,541	0,000
	2.1	1		64,020	-0,686	0,000
	2.2	1		64,014	-0,689	0,000
	1.1	5		-44,763	0,539	-1,455
	1.2	5		-44,759	0,541	-1,460
	2.1	5		-64,020	0,686	-1,852
	2.2	5		-64,014	0,689	-1,859
3	1.1	2		14,174	1,072	0,000
	1.2	2		14,183	1,071	0,000
	2.1	2		18,742	1,419	0,000
	2.2	2		18,753	1,418	0,000
	1.1	6		-14,174	-1,072	2,894
	1.2	6		-14,183	-1,071	2,892
	2.1	6		-18,742	-1,419	3,832
	2.2	6		-18,753	-1,418	3,829

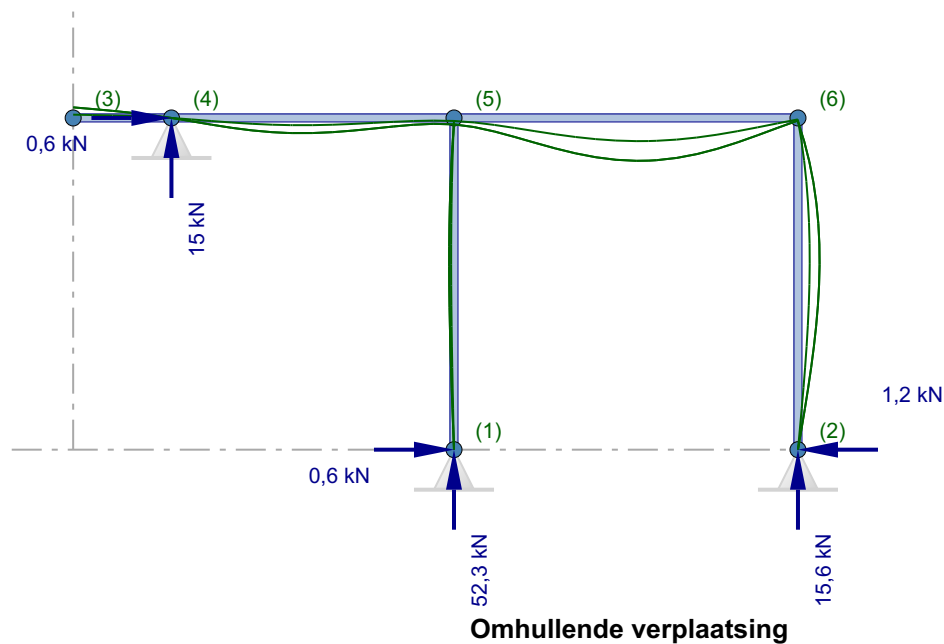
2.4 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

2.4.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
3	BGT Blijvend	BGT Blijvend
4	BGT Quasi blijvend	BGT Quasi blijvend
5	Combinatie	BGT

Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times \gamma$)				
	1	2			
3	1,00x1,00				
4	1,00x1,00	0,30x1,00			
5	1,00x1,00	1,00x1,00			

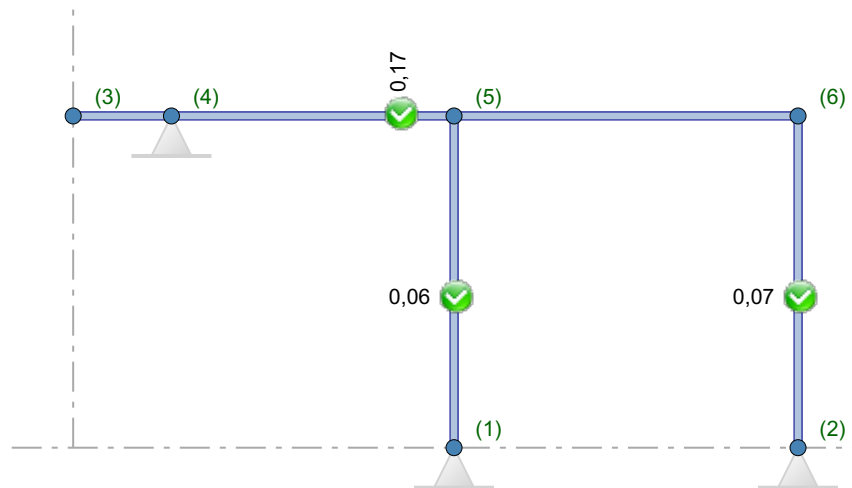


2.4.2 Omhullende knoopverplaatsingen

Knoop-nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
1	3	0,0	0,0	0,1
	5	0,0	0,0	0,1
2	3	0,0	0,0	-0,2
	5	0,0	0,0	-0,4
3	3	0,0	0,1	0,0
	5	0,0	0,2	-0,2
4	3	0,0	0,0	-0,2
	5	0,0	0,0	-0,4
5	3	0,0	-0,1	-0,1
	5	0,0	-0,1	-0,2
6	3	0,0	0,0	0,4
	5	0,0	-0,1	0,8
Minimale / maximale waarden				
6	5	0,0		
2	5	0,0		
5	5		-0,1	
3	5		0,2	
2	5			-0,4
6	5			0,8

2.5 EN1993 TOETSINGEN

De toetsing van de staalprofielen in de uiterste grenstoestand volgens EN 1993-1-1 is gebaseerd op een geometrische niet-lineaire krachtsverdeling (tweede orde analyse) inclusief de gegeven imperfecties volgens art.5.3.2. (a) algemene initiële scheefstanden, volgens figuur 5.2)



Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
1	HE180A	2.2	1	6.2.5	0,15
		2.2	1	6.2.6	0,12
		2.2	1	6.2.8	0,15
		2.2	1	6.3.2.1	0,16
		2.2	1	6.3.3	0,17
		2.2	1	6.3.3	0,17
2	HE200A	2.1	1	6.2.4	0,05
		2.2	1	6.2.5	0,02
		2.2	1	6.2.8	0,02
		2.2	1	6.2.9.1	0,02
		1.1	1	6.3.2.1	0,00
		2.2	1	6.3.3	0,06
		2.2	1	6.3.3	0,06
3	HE160A	2.2	1	6.2.4	0,02
		2.1	1	6.2.5	0,07
		2.1	1	6.2.6	0,01
		2.1	1	6.2.8	0,07
		2.1	1	6.2.9.1	0,07
		2.1	1	6.3.2.1	0,07
		2.1	1	6.3.3	0,06
		2.1	1	6.3.3	0,06

2.6 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

2.6.1 Staaf 1 - HE180A (S 235)

Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 2.2 $x = 3100 \text{ mm}$ $N_x = -1,512 \text{ kN}$ $V_z = 24,441 \text{ kN}$ $M_y = -11,802 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{325022 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 76,38 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{11,802}{76,380} = 0,15 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 2.2 $x = 3100 \text{ mm}$ $N_x = -1,512 \text{ kN}$ $V_z = 24,441 \text{ kN}$ $M_y = -11,802 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1450 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 196,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{24,4}{196,7} = 0,12 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 2.2 $x = 3100 \text{ mm}$ $N_x = -1,512 \text{ kN}$ $V_z = 24,441 \text{ kN}$ $M_y = -11,802 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1450 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 196,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,Ed} = 24,441 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 196,732 / 2 = 98,366 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Kipstabiliteit

art. 6.3.2.1

Combinatie: 2.2 $x = 3100 \text{ mm}$ $N_x = -1,512 \text{ kN}$ $V_z = -18,633 \text{ kN}$ $M_y = -11,802 \text{ kNm}$

$$\text{Aantal kipsteunen: } 0 \quad d' = h - t = 171 - 9,5 = 161,5 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{161,5^2 \times 180^3 \times 9,5}{24} = 60 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 148603 \text{ mm}^4$$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 5900 \text{ mm} \quad L_{st} = 5900 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = 0 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = -3,828 \text{ kNm} \quad M_{y,Ed} (x=L_{st}/2 = 2950 \text{ mm}) = -6,974 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting $q = 1,163 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times 3,828 \times 10^6}{8 \times |3,828 \times 10^6| + 1,163 \times 5900^2} = 0,431 \quad D.4.3 (3)$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{0}{-3,828} = 0 \quad C_1 = 1,113 \quad C_2 = 0,32$$

aangrijpingspunt belasting op $z = -86 \text{ mm}$

$$L_{kip} = L_{st} = 5900 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{171}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 9246276}{80769 \times 148603}} = 1087 \text{ mm} \quad (\text{NB.159})$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) =$$

$$= \frac{\pi \times 1,113 \times 5900}{5900} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 1087^2}{5900^2} \times (0,32^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times 0,32 \times 1087}{5900} \right) = 4,74 \quad (\text{NB.157})$$

$$h/t_w = 171/6 = 28,5 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad (\text{NB.153})$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} =$$

$$= 1 \times \frac{4,74}{5900} \times \sqrt{210000 \times 9246276 \times 80769 \times 148603} \times 10^{-6} = 122,657 \text{ kNm} \quad (\text{NB.148})$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{325022 \times 235}{5.1.1e}} = 0,789 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

$$\text{Kipkromme b} \quad \alpha_{Lt} = 0,34$$

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - \lambda_{Lt,0}) + \beta \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,789 - 0,4) + 0,75 \times 0,789^2] = 0,8$$

$$\chi_{Lt} = \min \left(\frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^2 - \beta \lambda_{Lt}^2}}; 1,0; \frac{1}{\lambda_{Lt}^2} \right) \quad (\text{6.57})$$

$$= \min \left(\frac{1}{0,8 + \sqrt{0,8^2 - 0,75 \times 0,789^2}}; 1,0; \frac{1}{0,789^2} \right) = 0,823$$

$$\psi = \frac{M1}{M2} = \frac{0}{-3,828} = 0 \quad k_c = \frac{1}{1,33 - 0,33 \psi} = \frac{1}{1,33 - 0,33 \times 0} = 0,752$$

$$f = 1 - 0,5 (1 - k_c) [1 - 2,0 (\lambda_{Lt} - 0,8)^2] = 1 - 0,5 \times (1 - 0,752) \times [1 - 2,0 \times (0,789 - 0,8)^2] = 0,876$$

$$\chi_{Lt,mod} = \frac{\chi_{Lt}}{f} = \frac{0,823}{0,876} = 0,94 \quad (\text{6.58})$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,94 \times 325022 \times \frac{235}{1,00} \times 10^{-6} = 71,8 \text{ kNm} \quad (\text{6.55})$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{11,8}{71,8} = 0,16 < 1,0 \quad (\text{6.54})$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven (maatgevend)

art. 6.3.3

Combinatie: 2.2 x = 3100 mm N_x = -1,512 kN V_z = -18,633 kN M_y = -11,802 kNm

$$\lambda_{y1} = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_{y1}} = \frac{5900}{74,5} \frac{1}{93,9} = 0,844 \quad (6.50)$$

$$\lambda_{z1} = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_{z1}} = \frac{5900}{45,2} \frac{1}{93,9} = 1,39 \quad (6.50)$$

Knikkromme $y-y$ b $\alpha = 0,34$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,844 - 0,2) + 0,844^2] = 0,965$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,965 + \sqrt{0,965^2 - 0,844^2}} = 0,697 \quad (6.49)$$

Knikkromme $z-z$ c $\alpha = 0,49$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (1,39 - 0,2) + 1,39^2] = 1,758$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{1,758 + \sqrt{1,758^2 - 1,39^2}} = 0,353 \quad (6.49)$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 4528 \times 10^{-3} = 1064 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 325022 \times 10^{-6} = 76,4 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 156515 \times 10^{-6} = 36,8 \text{ kNm}$$

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$$\varphi = M_2 / M_1 = 0 / -3,828 = 0 \quad \alpha_h = M_h / M_s = -3,828 / -6,974 = 0,55$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \alpha_h = 0,95 + 0,05 \times 0,55 = 0,977$$

$$k_{yy} = C_{my} \left[1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right] = 0,977 \times \left[1 + (0,844 - 0,2) \times \frac{1,512}{0,697 \times 1063,972 / 1,00} \right] = 0,979$$

$$\varphi = M_2 / M_1 = 0 / -3,828 = 0 \quad \alpha_h = M_h / M_s = -3,828 / -6,974 = 0,55$$

$$C_{mLT} = 0,95 + 0,05 \alpha_h = 0,95 + 0,05 \times 0,55 = 0,977$$

$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right] = \left[1 - \frac{0,1}{(0,977 - 0,25)} \times \frac{1,512}{0,353 \times 1063,972 / 1,00} \right] = 0,999$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{1,512}{0,697 \times 1063,972} + 0,979 \times \frac{11,802}{0,94 \times \frac{76,38}{1,00}} = 0,16 < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{1,512}{0,353 \times 1063,972} + 0,999 \times \frac{11,802}{0,94 \times \frac{76,38}{1,00}} = 0,17 < 1 \quad (6.62)$$

2.6.2 Staaf 2 - HE200A (S 235)

Axiale druk

art. 6.2.4

Combinatie: 2.1 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -64,02 \text{ kN}$ $V_z = -0,686 \text{ kN}$ $M_y = 0 \text{ kNm}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5385,3 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 1265,536 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{64,0}{1265,5} = 0,05 < 1,0 \quad (6.9)$$

Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 2.2 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -64,014 \text{ kN}$ $V_z = -0,689 \text{ kN}$ $M_y = -1,859 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{429652 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 100,968 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{1,859}{100,968} = 0,02 < 1,0 \quad (6.12)$$

Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 2.2 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -64,014 \text{ kN}$ $V_z = -0,689 \text{ kN}$ $M_y = -1,859 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1810 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 245,6 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,Ed} = 0,689 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 245,576 / 2 = 122,788 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht

art. 6.2.9

Combinatie: 2.2 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -64,014 \text{ kN}$ $V_z = -0,689 \text{ kN}$ $M_y = -1,859 \text{ kNm}$

$$N_{Ed} < 0,25 N_{pl,Rd} = 0,25 \times 1265,5 = 316,4 \text{ kN} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} < \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 170 \times 6,5 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 129,8 \text{ kN} \quad (6.34)$$

Het effect van de normaalkracht op het vloeimoment hoeft niet in rekening te worden gebracht. (4)

Kipstabiliteit

art. 6.3.2.1

Combinatie: 1.1 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -44,763 \text{ kN}$ $V_z = -0,539 \text{ kN}$ $M_y = -1,455 \text{ kNm}$

$$\text{Aantal kipsteunen: } 0$$

$$d' = h - t = 190 - 10 = 180 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{180^2 \times 200^3 \times 10,0}{24} = 108 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 210852 \text{ mm}^4$$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 2700 \text{ mm} \quad L_{st} = 2700 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = 0 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = -1,455 \text{ kNm} \quad M_{yEd} (x=L_{st}/2 = 1350 \text{ mm}) = -0,728 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting $q = 0 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times -1,455 \times 10^6}{8 \times |-1,455 \times 10^6| + 0 \times 2700^2} = -1 \quad \text{D.4.3 (3)}$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{0}{-1,455} = 0 \quad C_1 = 1,803 \quad C_2 = 0$$

aangrijpingspunt belasting op $z = 0 \text{ mm}$

$$L_{kip} = L_{st} = 2700 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{190}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 13355364}{80769 \times 210852}} = 1219 \text{ mm} \quad \text{(NB.159)}$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) =$$

$$= \frac{\pi \times 1,803 \times 2700}{2700} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 1219^2}{2700^2} \times (0^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times 0 \times 1219}{2700} \right) = 9,829 \quad \text{(NB.157)}$$

$$h / t_w = 190 / 6,5 = 29,2 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad \text{(NB.153)}$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} = \quad \text{(NB.148)}$$

$$= 1 \times \frac{9,829}{2700} \times \sqrt{210000 \times 13355364 \times 80769 \times 210852} \times 10^{-6} = 795,608 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{429652 \times 235}{795608034}} = 0,356 < \lambda_{Lt,0} = 0,4 \quad \rightarrow \chi_{Lt} = 1,00$$

$$\lambda_{Lt} = 0,356 < \lambda_{Lt,0} = 0,4 \rightarrow \chi_{Lt} = 1,00$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven (maatgevend)

art. 6.3.3

Combinatie: 2.2 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -64,014 \text{ kN}$ $V_z = -0,689 \text{ kN}$ $M_y = -1,859 \text{ kNm}$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2700}{82,8} \frac{1}{93,9} = 0,347 \quad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2700}{49,8} \frac{1}{93,9} = 0,577 \quad (6.50)$$

Knikkromme y - y b $\alpha = 0,34$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,347 - 0,2) + 0,347^2] = 0,585$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,585 + \sqrt{0,585^2 - 0,347^2}} = 0,947 \quad (6.49)$$

Knikkromme z - z c $\alpha = 0,49$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,577 - 0,2) + 0,577^2] = 0,759$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,759 + \sqrt{0,759^2 - 0,577^2}} = 0,799 \quad (6.49)$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 5385 \times 10^{-3} = 1265,5 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 429652 \times 10^{-6} = 101 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 203839 \times 10^{-6} = 47,9 \text{ kNm}$$

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$$\varphi = M_2 / M_1 = 0 / -1,859 = 0 \quad \rightarrow C_{my} = 0,6 + 0,4 \varphi = 0,6 + 0,4 \times 0 = 0,6 > 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,6 \times \left(1 + (0,347 - 0,2) \times \frac{64,014}{0,947 \times 1265,536 / 1,00} \right) = 0,605$$

$$k_{zy} = 0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{64,014}{0,947 \times 1265,536} + 0,605 \times \frac{1,859}{1 \times \frac{100,968}{1,00}} = 0,06 < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{64,014}{0,799 \times 1265,536} + 0 \times \frac{1,859}{1 \times \frac{100,968}{1,00}} = 0,06 < 1 \quad (6.62)$$

2.6.3 Staaf 3 - HE160A (S 235)

Axiale druk**art. 6.2.4**Combinatie: 2.2 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -18,753 \text{ kN}$ $V_z = 1,418 \text{ kN}$ $M_y = 0 \text{ kNm}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3879,5 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 911,692 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{18,8}{911,7} = 0,02 < 1,0 \quad (6.9)$$

Buigend moment (maatgevend)**art. 6.2.5**Combinatie: 2.1 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -18,742 \text{ kN}$ $V_z = 1,419 \text{ kN}$ $M_y = 3,832 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{245295 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 57,644 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{3,832}{57,644} = 0,07 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)**art. 6.2.6**Combinatie: 2.1 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -18,742 \text{ kN}$ $V_z = 1,419 \text{ kN}$ $M_y = 0 \text{ kNm}$

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

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{1,4}{179,6} = 0,01 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht**art. 6.2.8**Combinatie: 2.1 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -18,742 \text{ kN}$ $V_z = 1,419 \text{ kN}$ $M_y = 3,832 \text{ kNm}$

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

$$V_{z,Ed} = 1,419 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 179,637 / 2 = 89,818 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht**art. 6.2.9**Combinatie: 2.1 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -18,742 \text{ kN}$ $V_z = 1,419 \text{ kN}$ $M_y = 3,832 \text{ kNm}$

$$N_{Ed} < 0,25 N_{pl,Rd} = 0,25 \times 911,7 = 227,9 \text{ kN} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} < \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 134 \times 6 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 94,5 \text{ kN} \quad (6.34)$$

Het effect van de normaalkracht op het vloeimoment hoeft niet in rekening te worden gebracht. (4)

Kipstabiliteit

art. 6.3.2.1

Combinatie: 2.1 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -18,742 \text{ kN}$ $V_z = 1,419 \text{ kN}$ $M_y = 3,832 \text{ kNm}$

$$\text{Aantal kipsteunen: } 0$$

$$d' = h - t = 152 - 9 = 143 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{143^2 \times 160^3 \times 9,0}{24} = 31 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 122540 \text{ mm}^4$$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 2700 \text{ mm} \quad L_{st} = 2700 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = 0 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = 3,832 \text{ kNm} \quad M_{yEd} (x=L_{st}/2 = 1350 \text{ mm}) = 1,916 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting $q = 0 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times 3,832 \times 10^6}{8 \times |3,832 \times 10^6| + 0 \times 2700^2} = 1 \quad \text{D.4.3 (3)}$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{0}{3,832} = 0 \quad C_1 = 1,803 \quad C_2 = 0$$

aangrijpingspunt belasting op $z = 0 \text{ mm}$

$$L_{kip} = L_{st} = 2700 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{152}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 6155952}{80769 \times 122540}} = 869 \text{ mm} \quad \text{(NB.159)}$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) =$$

$$= \frac{\pi \times 1,803 \times 2700}{2700} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 869^2}{2700^2} \times (0^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times 0 \times 869}{2700} \right) = 8,052 \quad \text{(NB.157)}$$

$$h/t_w = 152/6 = 25,3 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad \text{(NB.153)}$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} = \quad \text{(NB.148)}$$

$$= 1 \times \frac{8,052}{2700} \times \sqrt{210000 \times 6155952 \times 80769 \times 122540} \times 10^{-6} = 337,328 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{245295 \times 235}{337327613}} = 0,413 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

$$\text{Kipkromme b} \quad \alpha_{Lt} = 0,34$$

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - \lambda_{Lt,0}) + \beta \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,413 - 0,4) + 0,75 \times 0,413^2] = 0,566$$

$$\chi_{Lt} = \min \left(\frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^2 - \beta \lambda_{Lt}^2}}; 1,0; \frac{1}{\lambda_{Lt}^2} \right) \quad \text{(6.57)}$$

$$= \min \left(\frac{1}{0,566 + \sqrt{0,566^2 - 0,75 \times 0,413^2}}; 1,0; \frac{1}{0,413^2} \right) = 0,995$$

$$\psi = \frac{M1}{M2} = \frac{0}{3,832} = 0 \quad k_c = \frac{1}{1,33 - 0,33 \psi} = \frac{1}{1,33 - 0,33 \times 0} = 0,752$$

$$f = 1 - 0,5 (1 - k_c) [1 - 2,0 (\lambda_{Lt} - 0,8)^2] = 1 - 0,5 \times (1 - 0,752) \times [1 - 2,0 \times (0,413 - 0,8)^2] = 0,913$$

$$\chi_{Lt,mod} = \frac{\chi_{Lt}}{f} = \frac{0,995}{0,913} = 1,09 \quad (6.58)$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1 \times 245295 \times \frac{235}{1,00} \times 10^{-6} = 57,6 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{3,8}{57,6} = 0,07 < 1,0 \quad (6.54)$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven**art. 6.3.3**Combinatie: 2.1 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -18,742 \text{ kN}$ $V_z = 1,419 \text{ kN}$ $M_y = 3,832 \text{ kNm}$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2700}{65,7} \frac{1}{93,9} = 0,438 \quad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2700}{39,8} \frac{1}{93,9} = 0,722 \quad (6.50)$$

Knikkromme $y-y$ b $\alpha = 0,34$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,438 - 0,2) + 0,438^2] = 0,636$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,636 + \sqrt{0,636^2 - 0,438^2}} = 0,911 \quad (6.49)$$

Knikkromme $z-z$ c $\alpha = 0,49$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,722 - 0,2) + 0,722^2] = 0,888$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,888 + \sqrt{0,888^2 - 0,722^2}} = 0,711 \quad (6.49)$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 3880 \times 10^{-3} = 911,7 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 245295 \times 10^{-6} = 57,6 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 117653 \times 10^{-6} = 27,6 \text{ kNm}$$

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$$\varphi = M_2 / M_1 = 0/3,832 = 0 \quad \rightarrow C_{my} = 0,6 + 0,4 \varphi = 0,6 + 0,4 \times 0 = 0,6 > 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,6 \times \left(1 + (0,438 - 0,2) \times \frac{18,742}{0,911 \times 911,692 / 1,00} \right) = 0,603$$

$$k_{zy} = 0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{18,742}{0,911 \times 911,692 / 1,00} + 0,603 \times \frac{3,832}{1 \times \frac{57,644}{1,00}} = 0,06 < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{18,742}{0,711 \times 911,692 / 1,00} + 0 \times \frac{3,832}{1 \times \frac{57,644}{1,00}} = 0,03 < 1 \quad (6.62)$$

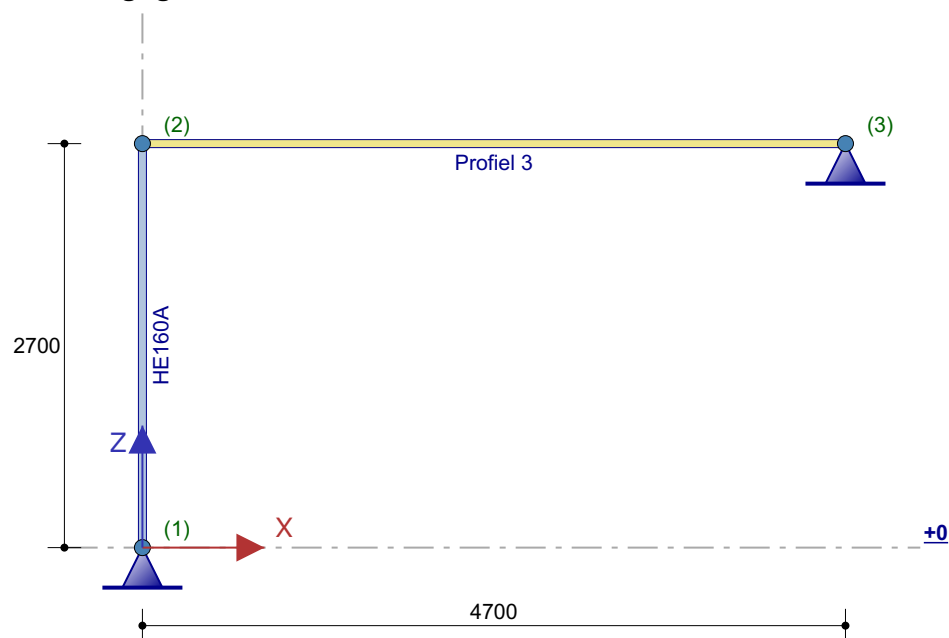
Bestand :.....25061 portaal 3.xfr2

Inhoudsopgave

1.1 KNOPEN.....	2
1.2 STAVEN.....	2
1.3 PROFIELEN.....	2
1.4 BELASTINGSGEVALLEN.....	5
1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht.....	5
1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk.....	6
2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand.....	7
2.2 BELASTINGSGEVALLEN.....	7
2.2.1 Reactiekrachten.....	7
2.3 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT).....	7
2.3.2 Omhullende reactiekrachten.....	9
2.3.3 Omhullende staafkrachten.....	9
2.4 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT).....	9
2.4.2 Omhullende knoopverplaatsingen.....	10
2.5 EN1993 TOETSINGEN.....	11
2.6 BEREKENING VAN UNITY CHECKS.....	12
2.6.1 Staaf 1 - HE160A (S 235).....	12
2.6.2 Staaf 2 - PROFIEL 3 (S 235).....	15



Gehanteerde normen : NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl

Gevolgklasse : CC1

Zwaartekrachtversnelling g : 9,81 m/s²**1 Invoergegevens****1.1 KNOPEN**

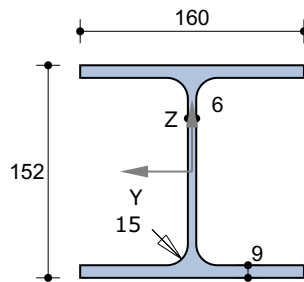
Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingen		
	X [mm]	Z [mm]	Tx	Tz	Ry
1	0	0	A	A	
2	0	2700			
3	4700	2700	A	A	

1.2 STAVEN

Staal-nummer	Knoop		Staal-type	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar			
1	1	2		HE160A	2700
2	2	3		Profiel 3	4700

1.3 PROFIELEN

Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm ²]	A [mm ²]	Iy [mm ⁴]	Wy;el_1 [mm ³]	Wy;el_2 [mm ³]
1	HE160A	30,5	210000	3,88E3	1,6739E7	2,2025E5	2,2025E5
3	Profiel 3	38,0	210000	4,837E3	1,1031E7	1,0812E5	2,2992E5

HE160A**Materiaalgegevens**

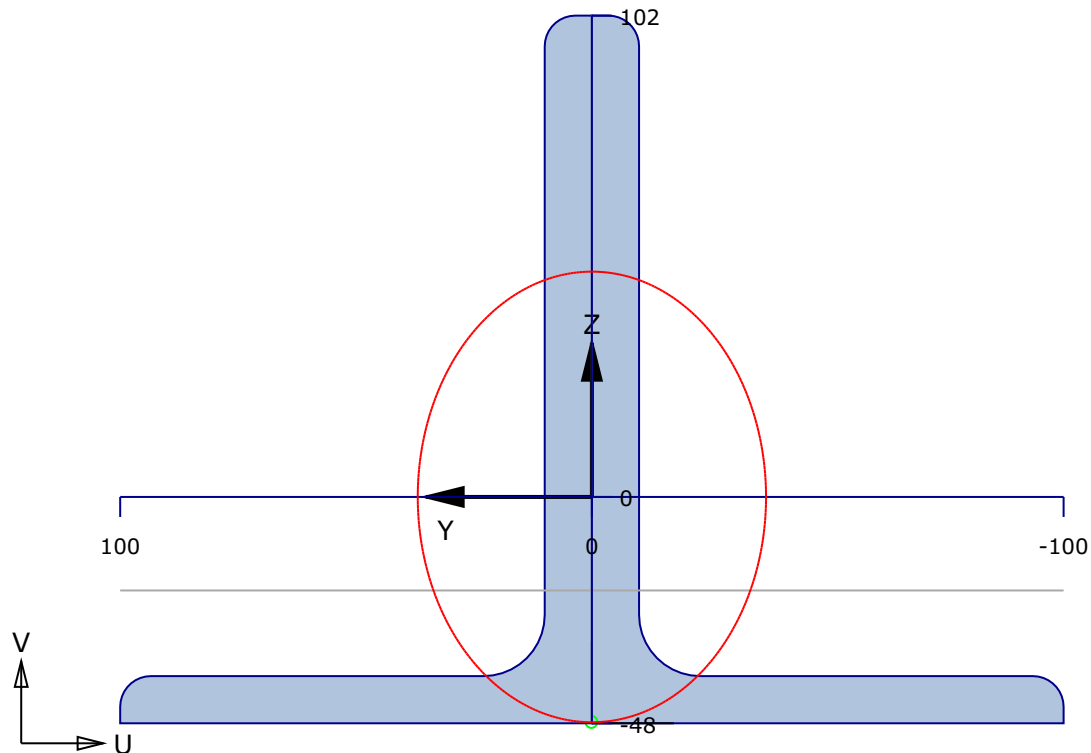
Staalsoort

S 235 Warmgewalst

Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm²**Doorsnedegegevens**

Maximale coördinaat	y_{\max} =	80,0 mm	z_{\max} =	76,0 mm
Minimale coördinaat	y_{\min} =	-80,0 mm	z_{\min} =	-76,0 mm
Zwaartelij	z_s =	0,0 mm	y_s =	0,0 mm
Oppervlak / Gewicht	A =	3879,5 mm ²	G =	30,5 kg/m
Statisch moment	S_y =	122648 mm ³	S_z =	58826 mm ³
Traagheidsmoment	I_y =	16738907 mm ⁴	I_z =	6155952 mm ⁴
Traagheidsstraal	i_y =	65,7 mm	i_z =	39,8 mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$ =	220249 mm ³	$W_{z;el}$ =	76949 mm ³
Centrifugaalmoment	C_{yz} =	0 mm ³	hoek =	0,00 °
Traagheidsmoment	I_{\max} =	16738907 mm ⁴	I_{\min} =	6155952 mm ⁴
Traagheidsstraal	i_{\max} =	65,7 mm	i_{\min} =	39,8 mm
Halveringslijn	z_h =	0,0 mm	y_h =	0,0 mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y;pl}$ =	245295 mm ³	$W_{z;pl}$ =	117653 mm ³

Profiel 3**Invoergegevens****1:L150X100X10**

Staalsoort

S 235

Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm²

Coördinaten (u,v)

u = 0,0 mm v = 0,0 mm

Hoek

hoek = 0,0 °

Hoogte

h = 150,0 mm

Breedte

b = 100,0 mm

Flensdikte

tf = 10,0 mm

Lijfdikte

tw = 10,0 mm

Afrondingsstraal r

r = 6,5 mm

Afrondingsstraal r

r1 = 13,0 mm

2:L100X150X10

Staalsoort

S 235

Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm²

Coördinaten (u,v)

u = 0,0 mm v = 0,0 mm

Hoek

hoek = 90,0 °

Hoogte

h = 100,0 mm

Breedte

b = 150,0 mm

Flensdikte

tf = 10,0 mm

Lijfdikte

tw = 10,0 mm

Afrondingsstraal r

r = 6,5 mm

Afrondingsstraal r

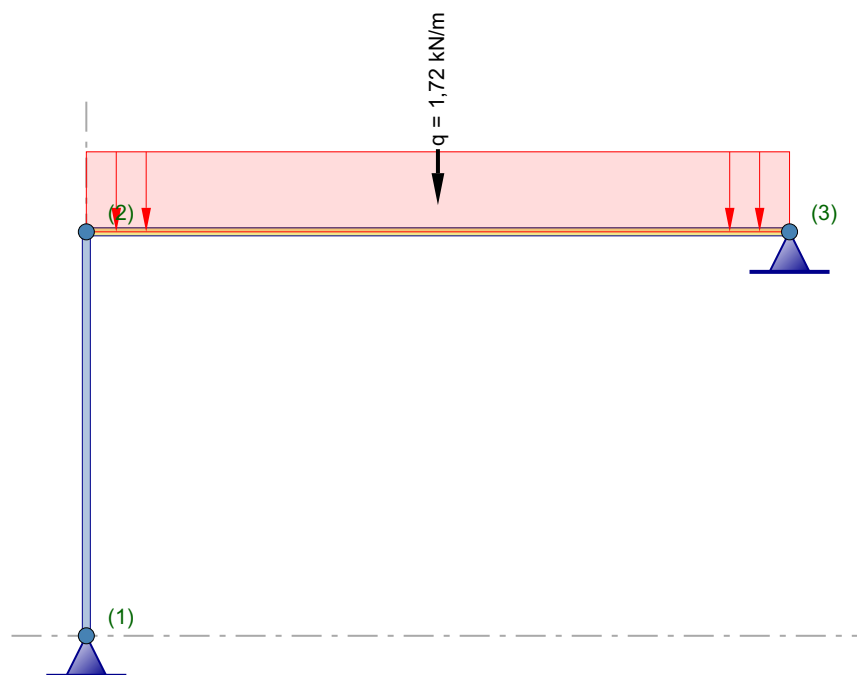
r1 = 13,0 mm

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y_{\max}	=	100,0 mm	z_{\max}	=	102,0 mm
Minimale coördinaat	y_{\min}	=	-100,0 mm	z_{\min}	=	-48,0 mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0 mm	y_s	=	0,0 mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	4836,7 mm ²	G	=	38,0 kg/m
Statisch moment	S_y	=	102229 mm ³	S_z	=	56487 mm ³
Traagheidsmoment	I_y	=	11030697 mm ⁴	I_z	=	6592043 mm ⁴
Traagheidsstraal	i_y	=	47,8 mm	i_z	=	36,9 mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	108120 mm ³	$W_{z;el}$	=	65920 mm ³
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0 mm ³	hoek	=	0,00 °
Traagheidsmoment	I_{\max}	=	11030697 mm ⁴	I_{\min}	=	6592043 mm ⁴
Traagheidsstraal	i_{\max}	=	47,8 mm	i_{\min}	=	36,9 mm
Halveringslijn	z_h	=	19,8 mm	y_h	=	0,0 mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y;pl}$	=	196603 mm ³	$W_{z;pl}$	=	112975 mm ³

1.4 BELASTINGSGEVALLEN




Nr.	Omschrijving	Type	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	Permanent	Permanent incl. eigen gewicht	1,00	1,00	1,00
2	Veranderlijk	A:Woonfunctie en logiesfunctie	0,40	0,50	0,30

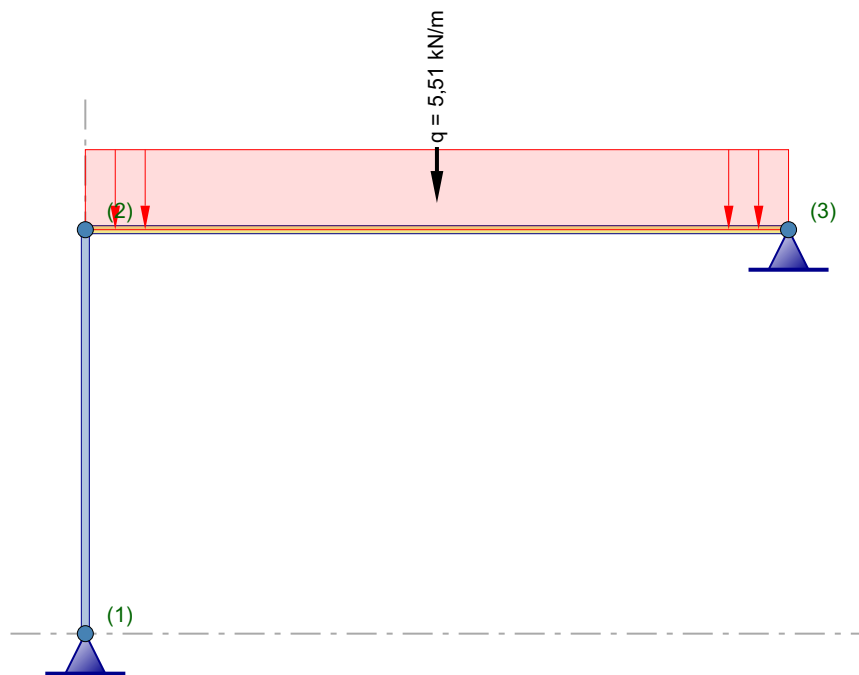
1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht


*) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!

Totaal eigen gewicht: : 256 kg.

1.5.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	 q	-0,299 kN/m	-0,299 kN/m	-90,0	1	0	2700
2	 q	-0,372 kN/m	-0,372 kN/m	0,0	2	0	4700
2	 q	-1,720 kN/m	-1,720 kN/m	0,0	2	0	4700

1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk**1.6.1 Staafbelastingen**

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
2	 q	-5,510 kN/m	-5,510 kN/m	0,0	2	0	4700

2 Berekeningsresultaten**2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand**

Knoop-nummer	1/200 in +X		1/200 in -X	
	X [mm]	Z [mm]	X [mm]	Z [mm]
1	0	0	0	0
2	14	2700	-14	2700
3	4714	2700	4687	2700

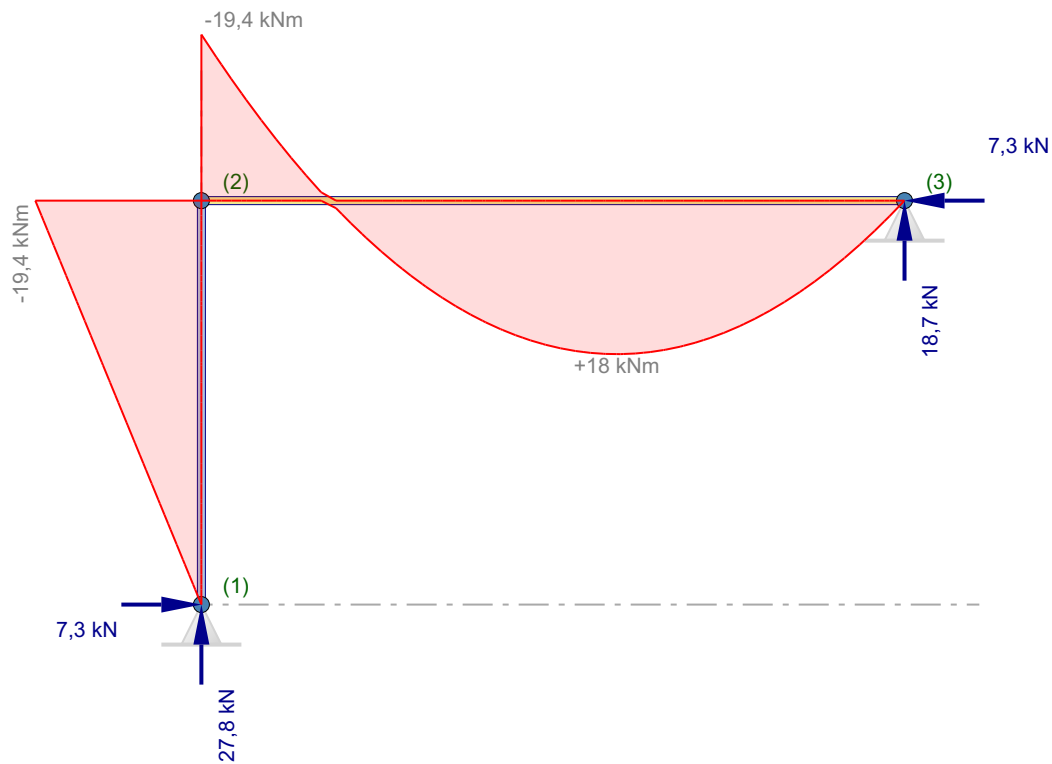
2.2 BELASTINGSGEVALLEN**(GL) Geometrisch lineaire krachtsverdeling****2.2.1 Reactiekrachten**

Knoop-nummer	Belastings geval	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
1	1	1,549	6,614	
	2	4,081	15,293	
3	1	-1,549	4,027	
	2	-4,081	10,604	
Minimale / maximale waarden				
3	2	-4,081		
1	2	4,081		
3	1		4,027	
1	2		15,293	

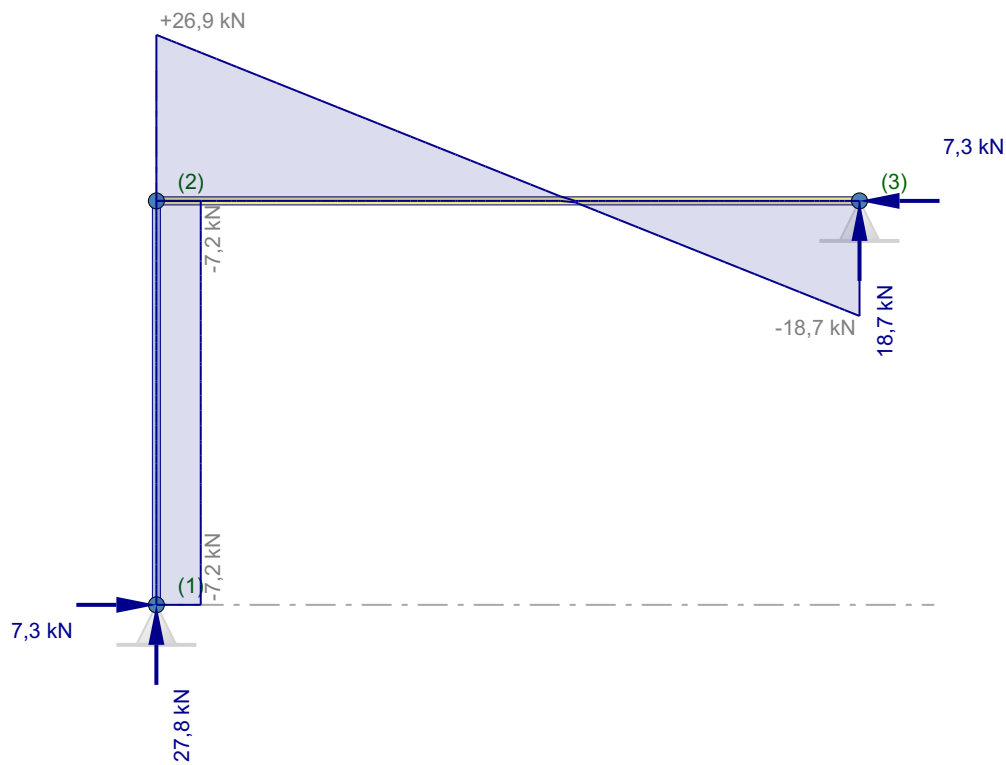
2.3 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)**2.3.1 Belastingscombinaties****(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling**

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
1.1	Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 +X	UGT
1.2	Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 -X	UGT
2.1	Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 +X	UGT
2.2	Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 -X	UGT

Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times \gamma$)				
	1	2			
1.1	1,00x1,22	0,40x1,35			
1.2	1,00x1,22	0,40x1,35			
2.1	1,00x1,08	1,00x1,35			
2.2	1,00x1,08	1,00x1,35			



Omhullende M-lijn



Omhullende D-lijn

2.3.2 Omhullende reactiekrachten

Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
1	1.1	4,179	16,329	
	1.2	4,015	16,329	
	2.1	7,331	27,794	
3	1.2	-4,020	10,638	
	2.1	-7,327	18,659	
	2.2	-7,057	18,660	
Minimale / maximale waarden				
3	2.1	-7,327		
1	2.1	7,331		
3	1.2		10,638	
1	2.1		27,794	

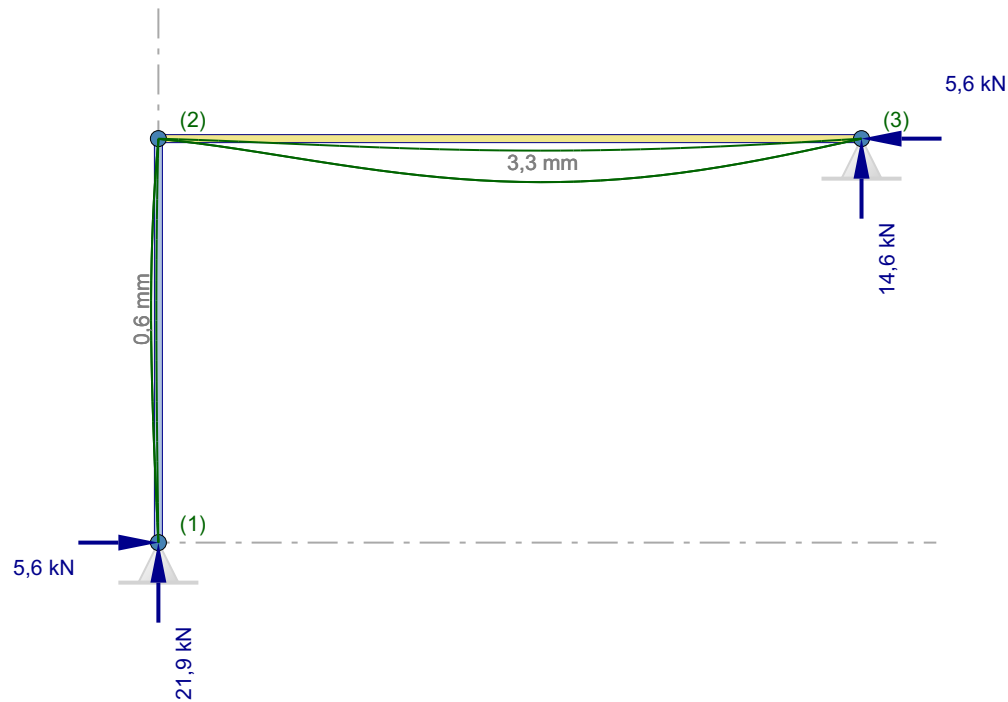
2.3.3 Omhullende staafkrachten

Staaf-nummer	Combinatie nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1	1.1	1		16,350	-4,097	0,000
	1.2	1		16,309	-4,097	0,000
	2.1	1		27,830	-7,192	0,000
	1.1	2		-15,366	4,097	-11,062
	1.2	2		-15,325	4,097	-11,062
	2.1	2		-26,959	7,192	-19,418
2	1.1	2		4,174	15,345	11,062
	1.2	2		4,020	15,345	11,062
	2.1	2		7,327	26,923	19,418
	2.2		2776	-7,057	0,000	17,951
	1.2	3		-4,020	10,638	0,000
	2.1	3		-7,327	18,660	0,000
	2.2	3		-7,057	18,660	0,000

2.4 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)**2.4.1 Belastingscombinaties****(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling**

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
3	BGT Blijvend	BGT Blijvend
4	BGT Quasi blijvend	BGT Quasi blijvend
5	Combinatie	BGT

Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times \gamma$)				
	1	2			
3	1,00x1,00				
4	1,00x1,00	0,30x1,00			
5	1,00x1,00	1,00x1,00			



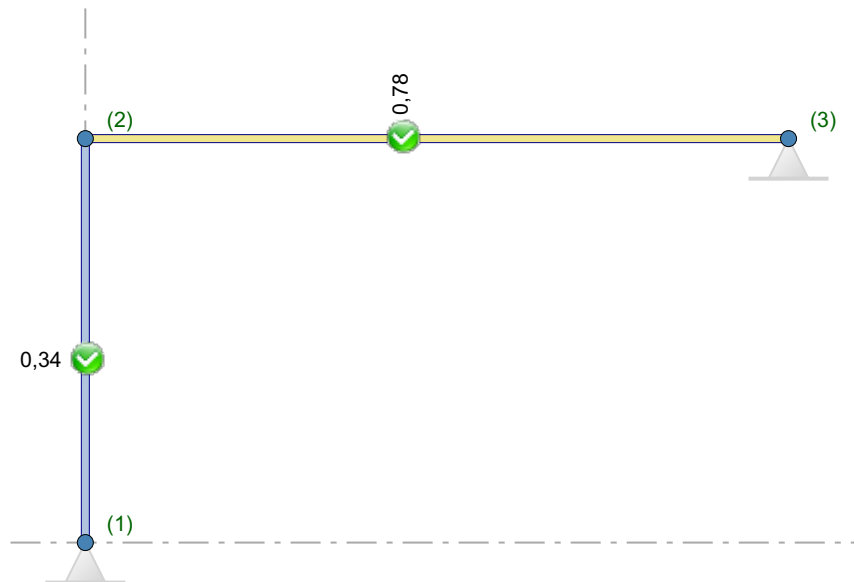
Omhullende verplaatsing

2.4.2 Omhullende knoopverplaatsingen

Knoop-nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
1	3	0,0	0,0	0,5
	5	0,0	0,0	1,9
2	3	0,0	0,0	-1,1
	5	0,0	-0,1	-3,9
3	3	0,0	0,0	2,5
	5	0,0	0,0	9,1
Minimale / maximale waarden				
1	5	0,0		
2	5	0,0		
2	5		-0,1	
3	3		0,0	
2	5			-3,9
3	5			9,1

2.5 EN1993 TOETSINGEN

De toetsing van de staalprofielen in de uiterste grenstoestand volgens EN 1993-1-1 is gebaseerd op een geometrische niet-lineaire krachtsverdeling (tweede orde analyse) inclusief de gegeven imperfecties volgens art.5.3.2. (a) algemene initiële scheefstanden, volgens figuur 5.2)



Staaflnummer	Profiel	Combinatienummer	Klasse	Artikel	U.C.
1	HE160A	2.1	1	6.2.4	0,03
		2.1	1	6.2.5	0,34
		2.1	1	6.2.6	0,04
		2.1	1	6.2.8	0,34
		2.1	1	6.2.9.1	0,34
		2.1	1	6.3.2.1	0,34
		2.1	1	6.3.3	0,24
		5		Doorbuiging	0,19
		5		Doorbuiging	0,18
2	Profiel 3	2.1	1	6.2.4	0,01
		2.1	3	6.2.5	0,76
		2.1	1	6.2.6	0,07
		2.2	1	6.2.9.2	0,76
		2.1	1	6.3.3	0,78
		5		Doorbuiging	0,63
		5		Doorbuiging	0,61

2.6 BEREKENING VAN UNITY CHECKS**2.6.1 Staaf 1 - HE160A (S 235)****Axiale druk****art. 6.2.4**

Combinatie: 2.1 x = 0 mm Nx = -27,83 kN Vz = -7,192 kN My = 0 kNm

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3879,5 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 911,692 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{27,8}{911,7} = 0,03 < 1,0 \quad (6.9)$$

Buigend moment (maatgevend)**art. 6.2.5**

Combinatie: 2.1 x = 2700 mm Nx = -26,959 kN Vz = -7,192 kN My = -19,418 kNm

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{245295 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 57,644 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{19,418}{57,644} = 0,34 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)**art. 6.2.6**

Combinatie: 2.1 x = 0 mm Nx = -27,83 kN Vz = -7,192 kN My = 0 kNm

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

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{7,2}{179,6} = 0,04 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht**art. 6.2.8**

Combinatie: 2.1 x = 2700 mm Nx = -26,959 kN Vz = -7,192 kN My = -19,418 kNm

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

$$V_{z,Ed} = 7,192 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 179,637 / 2 = 89,818 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht**art. 6.2.9**

Combinatie: 2.1 x = 2700 mm Nx = -26,959 kN Vz = -7,192 kN My = -19,418 kNm

$$N_{Ed} < 0,25 N_{pl,Rd} = 0,25 \times 911,7 = 227,9 \text{ kN} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} < \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 134 \times 6 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 94,5 \text{ kN} \quad (6.34)$$

Het effect van de normaalkracht op het vloeimoment hoeft niet in rekening te worden gebracht. (4)

Kipstabiliteit

art. 6.3.2.1

Combinatie: 2.1 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -27,83 \text{ kN}$ $V_z = -7,192 \text{ kN}$ $M_y = -19,418 \text{ kNm}$

Aantal kipsteunen: 0

$$d' = h - t = 152 - 9 = 143 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{143^2 \times 160^3 \times 9,0}{24} = 31 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

torsiestijfheid volgens Roark geval 26 $I_t = 122540 \text{ mm}^4$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 2700 \text{ mm} \quad L_{st} = 2700 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = 0 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = -19,418 \text{ kNm} \quad M_{yEd} (x=L_{st}/2 = 1350 \text{ mm}) = -9,709 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting $q = 0 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times -19,418 \times 10^6}{8 \times |-19,418 \times 10^6| + 0 \times 2700^2} = -1 \quad D.4.3 (3)$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{0}{-19,418} = 0 \quad C_1 = 1,803 \quad C_2 = 0$$

aangrijpingspunt belasting op $z = 0 \text{ mm}$

$$L_{kip} = L_{st} = 2700 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{152}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 6155952}{80769 \times 122540}} = 869 \text{ mm} \quad (NB.159)$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) = \quad (NB.157)$$

$$= \frac{\pi \times 1,803 \times 2700}{2700} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 869^2}{2700^2} \times (0^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times 0 \times 869}{2700} \right) = 8,052$$

$$h / t_w = 152 / 6 = 25,3 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad (NB.153)$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} = \quad (NB.148)$$

$$= 1 \times \frac{8,052}{2700} \times \sqrt{210000 \times 6155952 \times 80769 \times 122540} \times 10^{-6} = 337,328 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{245295 \times 235}{337327660}} = 0,413 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

Kipkromme b $\alpha_{Lt} = 0,34$

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - \lambda_{Lt,0}) + \beta \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,413 - 0,4) + 0,75 \times 0,413^2] = 0,566$$

$$\chi_{Lt} = \min \left(\frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^2 - \beta \lambda_{Lt}^2}}; 1,0; \frac{1}{\lambda_{Lt}^2} \right) \quad (6.57)$$

$$= \min \left(\frac{1}{0,566 + \sqrt{0,566^2 - 0,75 \times 0,413^2}}; 1,0; \frac{1}{0,413^2} \right) = 0,995$$

$$\psi = \frac{M_1}{M_2} = \frac{0}{-19,418} = 0 \quad k_c = \frac{1}{1,33 - 0,33 \psi} = \frac{1}{1,33 - 0,33 \times 0} = 0,752$$

$$f = 1 - 0,5 (1 - k_c) [1 - 2,0 (\lambda_{Lt} - 0,8)^2] = 1 - 0,5 \times (1 - 0,752) \times [1 - 2,0 \times (0,413 - 0,8)^2] = 0,913$$

$$\chi_{Lt,mod} = \frac{\chi_{Lt}}{f} = \frac{0,995}{0,913} = 1,09 \quad (6.58)$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1 \times 245295 \times \frac{235}{1,00} \times 10^{-6} = 57,6 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{19,4}{57,6} = 0,34 < 1,0 \quad (6.54)$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven**art. 6.3.3**Combinatie: 2.1 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -27,83 \text{ kN}$ $V_z = -7,192 \text{ kN}$ $M_y = -19,418 \text{ kNm}$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2700}{65,7} \frac{1}{93,9} = 0,438 \quad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2700}{39,8} \frac{1}{93,9} = 0,722 \quad (6.50)$$

Knikkromme $y-y$ b $\alpha = 0,34$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,438 - 0,2) + 0,438^2] = 0,636$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,636 + \sqrt{0,636^2 - 0,438^2}} = 0,911 \quad (6.49)$$

Knikkromme $z-z$ c $\alpha = 0,49$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,722 - 0,2) + 0,722^2] = 0,888$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,888 + \sqrt{0,888^2 - 0,722^2}} = 0,711 \quad (6.49)$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 3880 \times 10^{-3} = 911,7 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 245295 \times 10^{-6} = 57,6 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 117653 \times 10^{-6} = 27,6 \text{ kNm}$$

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$$\varphi = M_2 / M_1 = 0 / -19,418 = 0 \quad \rightarrow C_{my} = 0,6 + 0,4 \varphi = 0,6 + 0,4 \times 0 = 0,6 > 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,6 \times \left(1 + (0,438 - 0,2) \times \frac{27,83}{0,911 \times 911,692 / 1,00} \right) = 0,605$$

$$k_{zy} = 0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{27,83}{0,911 \times 911,692} + 0,605 \times \frac{19,418}{1 \times \frac{57,644}{1,00}} = 0,24 < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{27,83}{0,711 \times 911,692} + 0 \times \frac{19,418}{1 \times \frac{57,644}{1,00}} = 0,04 < 1 \quad (6.62)$$

Doorbuiging

Combinatie: 5 $x = 1559 \text{ mm}$ $N_x = -21,444 \text{ kN}$ $V_z = -5,636 \text{ kN}$ $M_y = -8,788 \text{ kNm}$

Lokale knoopverplaatsingen $d_{z1} = 0 \text{ mm}$ $d_{z2} = 0 \text{ mm}$

$$w_{eind,z} = w_z - w_{Zeeg,z} = 2 - 0 = 2 \text{ mm}$$

$$\frac{|w_{eind,z}|}{w_{eind,z,max}} = \frac{|2|}{2700 / 250} = \frac{|2|}{10,8} = 0,19 < 1,0$$

$$w_{bijk,z} = w_z - w_{BGT \text{ Blijvend},z} = 2 - 0,6 = 1,5 \text{ mm}$$

$$\frac{|w_{bijk,z}|}{w_{bijk,z,max}} = \frac{|1,5|}{2700 / 333} = \frac{|1,5|}{8,1} = 0,18 < 1,0$$

2.6.2 Staaf 2 - PROFIEL 3 (S 235)

Axiale druk

art. 6.2.4

Combinatie: 2.1 $x = 2776 \text{ mm}$ $N_x = -7,327 \text{ kN}$ $V_z = 0 \text{ kN}$ $M_y = 17,95 \text{ kNm}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4836,7 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 1136,621 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{7,3}{1136,6} = 0,01 < 1,0 \quad (6.9)$$

Buigend moment**art. 6.2.5**

Combinatie: 2.1

x = 0 mm Nx = -7,327 kN Vz = 26,923 kN My = -19,418 kNm

$$M_{y,c,Rd} = M_{el,y,Rd} = \frac{W_{el,y,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{108120 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 25,408 \text{ kNm} \quad (6.14)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{19,418}{25,408} = 0,76 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)**art. 6.2.6**

Combinatie: 2.1

x = 0 mm Nx = -7,327 kN Vz = 26,923 kN My = -19,418 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{3037 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 412 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{26,9}{412,0} = 0,07 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en normaalkracht**art. 6.2.9**

Combinatie: 2.2

x = 0 mm Nx = -7,057 kN Vz = 26,923 kN My = -19,418 kNm

$$\sigma_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,el}} = \frac{7,1 \times 10^3}{4836,7} + \frac{-19,4 \times 10^6}{108120} = -178,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed} < \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{235}{1,00} = 235 \text{ N/mm}^2 \quad (6.42)$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven (maatgevend)**art. 6.3.3**

Combinatie: 2.1

x = 0 mm Nx = -7,327 kN Vz = 4,132 kN My = -19,418 kNm

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{4700}{47,8} \frac{1}{93,9} = 1,048 \quad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{4700}{36,9} \frac{1}{93,9} = 1,356 \quad (6.50)$$

Knikkromme y-y b $\alpha = 0,34$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (1,048 - 0,2) + 1,048^2] = 1,193$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{1,193 + \sqrt{1,193^2 - 1,048^2}} = 0,567 \quad (6.49)$$

Knikkromme $z-z$ b $\alpha = 0,34$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (1,356 - 0,2) + 1,356^2] = 1,615$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{1,615 + \sqrt{1,615^2 - 1,356^2}} = 0,401 \quad (6.49)$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 4837 \times 10^{-3} = 1136,6 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{el,y} = 235 \times 108120 \times 10^{-6} = 25,4 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{el,z} = 235 \times 65920 \times 10^{-6} = 15,5 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{7,327}{0,567 \times 1136,621} + 1 \times \frac{19,418}{1 \times \frac{25,408}{1,00}} = 0,78 < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{7,327}{0,401 \times 1136,621} + 1 \times \frac{19,418}{1 \times \frac{25,408}{1,00}} = 0,78 < 1 \quad (6.62)$$

Doorbuiging

Combinatie: 5 $x = 2570 \text{ mm}$ $N_x = -5,636 \text{ kN}$ $V_z = 1,563 \text{ kN}$ $M_y = 13,912 \text{ kNm}$

Lokale knoopverplaatsingen $d_{z1} = -0,1 \text{ mm}$ $d_{z2} = 0 \text{ mm}$

$$w_{eind,z} = w_z - w_{Zeeg,z} = -11,9 - 0 = -11,9 \text{ mm}$$

$$\frac{|w_{eind,z}|}{w_{eind,z,max}} = \frac{|-11,9|}{4700 / 250} = \frac{|-11,9|}{18,8} = 0,63 < 1,0$$

$$w_{bijk.,z} = w_z - w_{BGT \text{ Blijvend},z} = -11,9 + 3,3 = -8,6 \text{ mm}$$

$$\frac{|w_{bijk.,z}|}{w_{bijk.,z,max}} = \frac{|-8,6|}{4700 / 333} = \frac{|-8,6|}{14,1} = 0,61 < 1,0$$

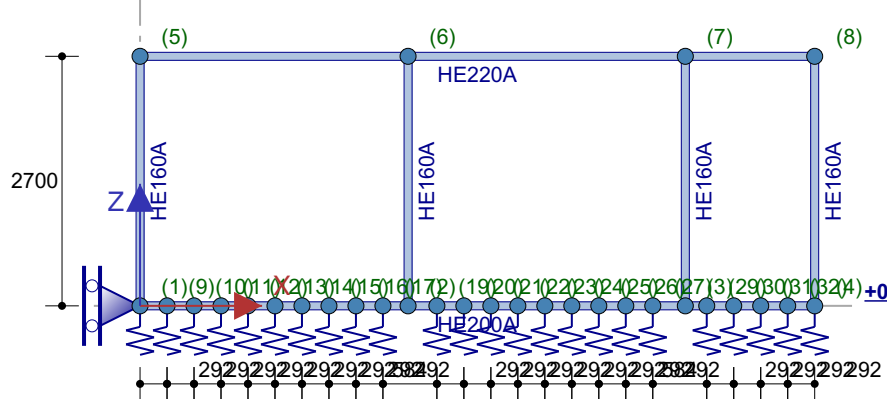
Bestand :.....25061 portaal 4.xfr2

Inhoudsopgave

1.1 KNOPEN.....	2
1.2 STAVEN.....	3
1.3 PROFIELEN.....	3
1.4 BELASTINGSGEVALLEN.....	5
1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht.....	5
1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk.....	6
2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand.....	7
2.2 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT).....	7
2.2.2 Omhullende reactiekrachten.....	8
2.2.3 Omhullende staafkrachten.....	10
2.3 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT).....	11
2.3.2 Omhullende knoopverplaatsingen.....	11
2.4 EN1993 TOETSINGEN.....	13
2.5 BEREKENING VAN UNITY CHECKS.....	14
2.5.1 Staaf 1 - HE200A (S 235).....	14
2.5.2 Staaf 3 - HE160A (S 235).....	17
2.5.3 Staaf 6 - HE220A (S 235).....	20

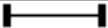





Gehanteerde normen : NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl

Gevolgklasse : CC1

Zwaartekrachtversnelling g : 9,81 m/s²**1 Invoergegevens****1.1 KNOPEN**

Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingsen			Veerwaarden		
	X [mm]	Z [mm]	Tx	Tz	Ry	Kx [kN/m]	Kz [kN/m]	Cy [kNm/rad]
1	0	0	A	P			58,5	
2	2900	0						
3	5900	0						
4	7300	0		P			58,5	
5	0	2700						
6	2900	2700						
7	5900	2700						
8	7300	2700						
9	292	0		P			117	
10	584	0		P			117	
11	876	0		P			117	
12	1168	0		P			117	
13	1460	0		P			117	
14	1752	0		P			117	
15	2044	0		P			117	
16	2336	0		P			117	
17	2628	0		P			117	
19	3212	0		P			117	
20	3504	0		P			117	
21	3796	0		P			117	
22	4088	0		P			117	
23	4380	0		P			117	
24	4672	0		P			117	
25	4964	0		P			117	
26	5256	0		P			117	
27	5548	0		P			117	
29	6132	0		P			117	
30	6424	0		P			117	
31	6716	0		P			117	
32	7008	0		P			117	

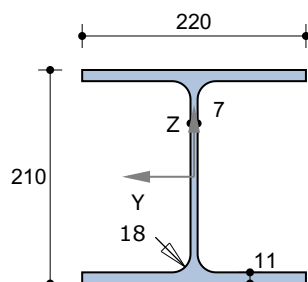
1.2 STAVEN

Staaf-nummer	Knoop		Staaf-type	Bedding [kN/m3]	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar				
1	1	4		2000	HE200A	7300
2	1	5			HE160A	2700
3	2	6			HE160A	2700
4	3	7			HE160A	2700
5	4	8			HE160A	2700
6	5	8			HE220A	7300

1.3 PROFIELEN

Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm ²]	A [mm ²]	I _y [mm ⁴]	Wy;el_1 [mm ³]	Wy;el_2 [mm ³]
1	HE220A	50,5	210000	6,436E3	5,4113E7	5,1537E5	5,1537E5
2	HE160A	30,5	210000	3,88E3	1,6739E7	2,2025E5	2,2025E5
3	HE200A	42,3	210000	5,385E3	3,6935E7	3,8879E5	3,8879E5

HE220A



Materiaalgegevens

Staalsoort

S 235 Warmgewalst

Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm²

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat

 $y_{max} = 110,0 \text{ mm}$ $z_{max} = 105,0 \text{ mm}$

Minimale coördinaat

 $y_{min} = -110,0 \text{ mm}$ $z_{min} = -105,0 \text{ mm}$

Zwaartelij

 $z_s = 0,0 \text{ mm}$ $y_s = 0,0 \text{ mm}$

Oppervlak / Gewicht

 $A = 6436,3 \text{ mm}^2$ $G = 50,5 \text{ kg/m}$

Statisch moment

 $S_y = 284322 \text{ mm}^3$ $S_z = 135308 \text{ mm}^3$

Traagheidsmoment

 $I_y = 54113401 \text{ mm}^4$ $I_z = 19545887 \text{ mm}^4$

Traagheidsstraal

 $i_y = 91,7 \text{ mm}$ $i_z = 55,1 \text{ mm}$

Elastisch weerstandsmoment

 $W_{y;el} = 515366 \text{ mm}^3$ $W_{z;el} = 177690 \text{ mm}^3$

Centrifugaalmoment

 $C_{yz} = 0 \text{ mm}^3$ $hoek = 0,00^\circ$

Traagheidsmoment

 $I_{max} = 54113401 \text{ mm}^4$ $I_{min} = 19545887 \text{ mm}^4$

Traagheidsstraal

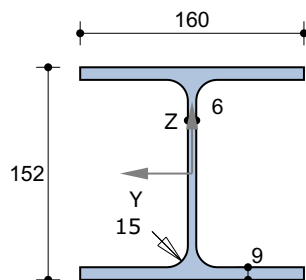
 $i_{max} = 91,7 \text{ mm}$ $i_{min} = 55,1 \text{ mm}$

Halveringslijn

 $z_h = 0,0 \text{ mm}$ $y_h = 0,0 \text{ mm}$

Plastisch weerstandsmoment

 $W_{y;pl} = 568644 \text{ mm}^3$ $W_{z;pl} = 270616 \text{ mm}^3$

HE160A**Materiaalgegevens**

Staalsoort

S 235 Warmgewalst

Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm²**Doorsnedegegevens**

Maximale coördinaat

 $y_{\max} = 80,0 \text{ mm}$ $z_{\max} = 76,0 \text{ mm}$

Minimale coördinaat

 $y_{\min} = -80,0 \text{ mm}$ $z_{\min} = -76,0 \text{ mm}$

Zwaartelij

 $z_s = 0,0 \text{ mm}$ $y_s = 0,0 \text{ mm}$

Oppervlak / Gewicht

 $A = 3879,5 \text{ mm}^2$ $G = 30,5 \text{ kg/m}$

Statisch moment

 $S_y = 122648 \text{ mm}^3$ $S_z = 58826 \text{ mm}^3$

Traagheidsmoment

 $I_y = 16738907 \text{ mm}^4$ $I_z = 6155952 \text{ mm}^4$

Traagheidsstraal

 $i_y = 65,7 \text{ mm}$ $i_z = 39,8 \text{ mm}$

Elastisch weerstandsmoment

 $W_{y;el} = 220249 \text{ mm}^3$ $W_{z;el} = 76949 \text{ mm}^3$

Centrifugaalmoment

 $C_{yz} = 0 \text{ mm}^3$ $\text{hoek} = 0,00^\circ$

Traagheidsmoment

 $I_{\max} = 16738907 \text{ mm}^4$ $I_{\min} = 6155952 \text{ mm}^4$

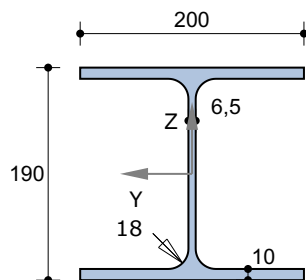
Traagheidsstraal

 $i_{\max} = 65,7 \text{ mm}$ $i_{\min} = 39,8 \text{ mm}$

Halveringslijn

 $z_h = 0,0 \text{ mm}$ $y_h = 0,0 \text{ mm}$

Plastisch weerstandsmoment

 $W_{y;pl} = 245295 \text{ mm}^3$ $W_{z;pl} = 117653 \text{ mm}^3$ **HE200A****Materiaalgegevens**

Staalsoort

S 235 Warmgewalst

Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm²**Doorsnedegegevens**

Maximale coördinaat

 $y_{\max} = 100,0 \text{ mm}$ $z_{\max} = 95,0 \text{ mm}$

Minimale coördinaat

 $y_{\min} = -100,0 \text{ mm}$ $z_{\min} = -95,0 \text{ mm}$

Zwaartelij

 $z_s = 0,0 \text{ mm}$ $y_s = 0,0 \text{ mm}$

Oppervlak / Gewicht

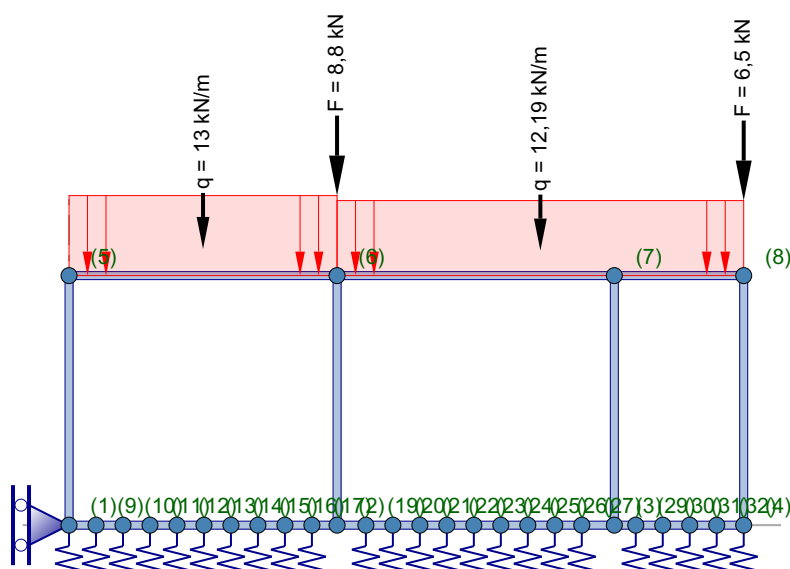
 $A = 5385,3 \text{ mm}^2$ $G = 42,3 \text{ kg/m}$

Statisch moment	S_y	=	214826 mm ³	S_z	=	101919 mm ³
Traagheidsmoment	I_y	=	36934754 mm ⁴	I_z	=	13355364 mm ⁴
Traagheidsstraal	i_y	=	82,8 mm	i_z	=	49,8 mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y,el}$	=	388787 mm ³	$W_{z,el}$	=	133554 mm ³
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0 mm ³	hoek	=	0,00 °
Traagheidsmoment	I_{max}	=	36934754 mm ⁴	I_{min}	=	13355364 mm ⁴
Traagheidsstraal	i_{max}	=	82,8 mm	i_{min}	=	49,8 mm
Halveringslijn	Z_h	=	0,0 mm	y_h	=	0,0 mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y,pl}$	=	429652 mm ³	$W_{z,pl}$	=	203839 mm ³

1.4 BELASTINGSGEVALLEN

Nr.	Omschrijving	Type	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	Permanent	Permanent incl. eigen gewicht	1,00	1,00	1,00
2	Veranderlijk	A:Woonfunctie en logiesfunctie	0,40	0,50	0,30

1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht




*) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!

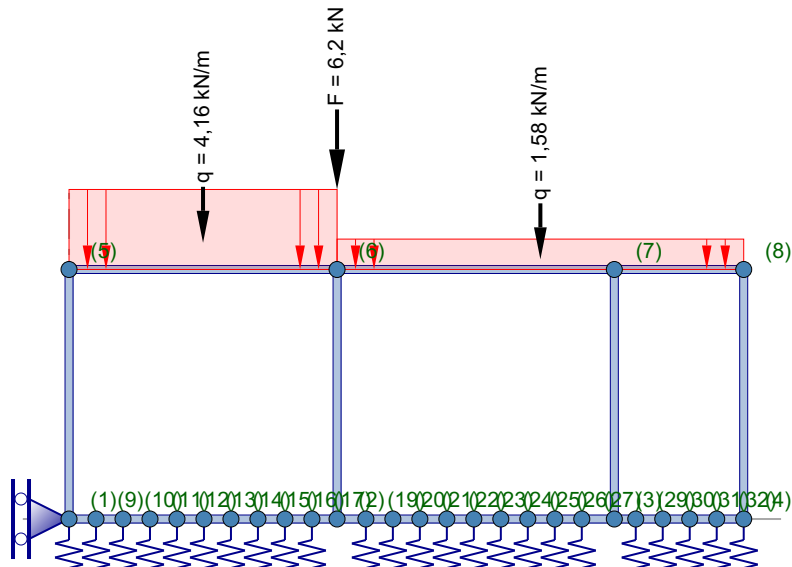
Totaal eigen gewicht : 987 kg.

1.5.1 Staafbelastingen




Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1		-0,415 kN/m	-0,415 kN/m	0,0	1	0	7300
2		-0,299 kN/m	-0,299 kN/m	-90,0	1	0	2700
3		-0,299 kN/m	-0,299 kN/m	-90,0	2	0	2700
4		-0,299 kN/m	-0,299 kN/m	-90,0	3	0	2700
5		-0,299 kN/m	-0,299 kN/m	-90,0	4	0	2700
6		-0,496 kN/m	-0,496 kN/m	0,0	5	0	7300
6		-13,000 kN/m	-13,000 kN/m	0,0	5	0	2900
6		-12,190 kN/m	-12,190 kN/m	0,0	5	2900	4400
6		-8,800 kN		0,0	5	2900	

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
6	 F	-6,500 kN		0,0	5	7300	

1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk



1.6.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
6	 F	-6,200 kN		0,0	5	2900	
6	 q	-1,580 kN/m	-1,580 kN/m	0,0	5	2900	4400
6	 q	-4,160 kN/m	-4,160 kN/m	0,0	5	0	2900

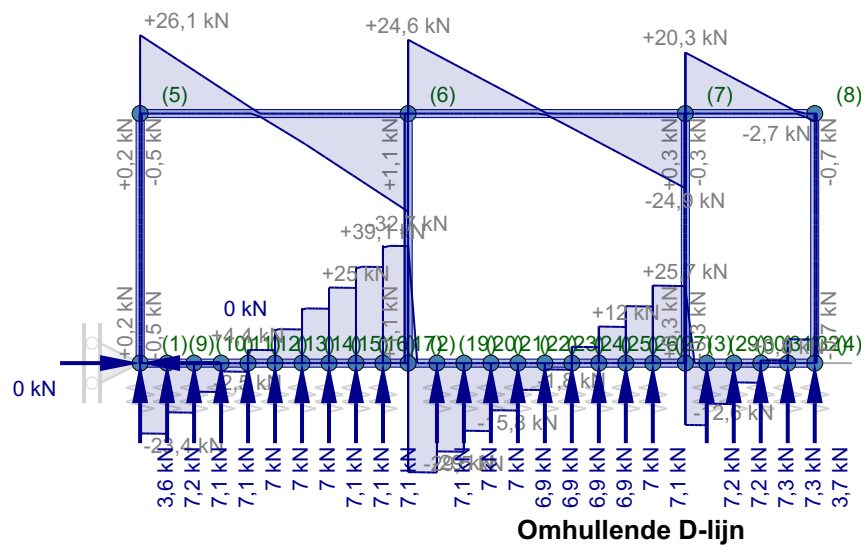
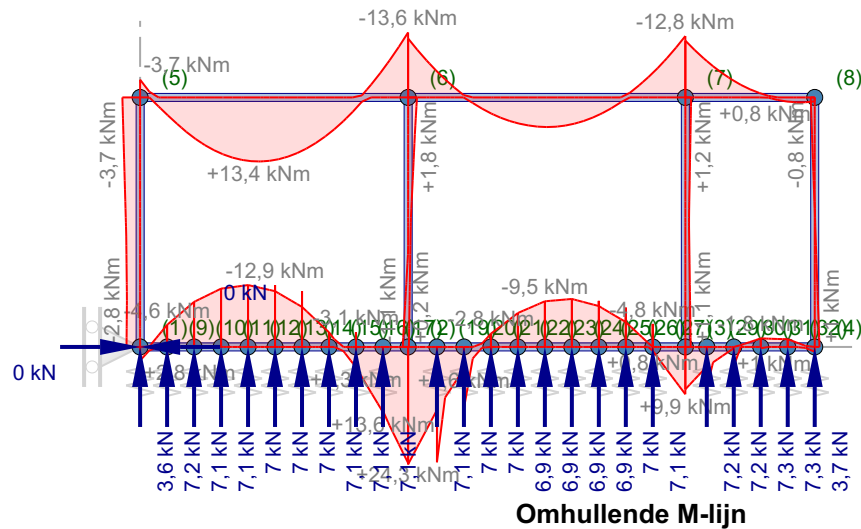
2 Berekeningsresultaten**2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand**

Knoop- nummer	1/200 in +X		1/200 in -X	
	X [mm]	Z [mm]	X [mm]	Z [mm]
1	0	0	0	0
2	2900	0	2900	0
3	5900	0	5900	0
4	7300	0	7300	0
5	14	2700	-14	2700
6	2914	2700	2887	2700
7	5914	2700	5887	2700
8	7314	2700	7287	2700
9	292	0	292	0
10	584	0	584	0
11	876	0	876	0
12	1168	0	1168	0
13	1460	0	1460	0
14	1752	0	1752	0
15	2044	0	2044	0
16	2336	0	2336	0
17	2628	0	2628	0
19	3212	0	3212	0
20	3504	0	3504	0
21	3796	0	3796	0
22	4088	0	4088	0
23	4380	0	4380	0
24	4672	0	4672	0
25	4964	0	4964	0
26	5256	0	5256	0
27	5548	0	5548	0
29	6132	0	6132	0
30	6424	0	6424	0
31	6716	0	6716	0
32	7008	0	7008	0

2.2 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)**2.2.1 Belastingscombinaties****(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling**

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
1.1	Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 +X	UGT
1.2	Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 -X	UGT
2.1	Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 +X	UGT
2.2	Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 -X	UGT

Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times \gamma$)				
	1	2			
1.1	1,00x1,22	0,40x1,35			
1.2	1,00x1,22	0,40x1,35			
2.1	1,00x1,08	1,00x1,35			
2.2	1,00x1,08	1,00x1,35			



2.2.2 Omhullende reactiekrachten

Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]	Beddingbel. [kN/m ²]
1	1.1	0,020	3,119		106,800
	1.2	-0,020	3,191		109,284
	2.2	-0,017	3,605		123,466
4	1.1		3,700		126,720

Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]	Beddingbel. [kN/m2]
4	2.2		3,364		115,213
9	1.1		6,251		107,044
	2.2		7,155		122,510
10	1.1		6,269		107,354
	2.2		7,104		121,648
11	1.1		6,297		107,829
	2.2		7,066		120,987
12	1.1		6,338		108,525
	2.2		7,042		120,585
13	1.1		6,393		109,462
	2.2		7,035		120,462
14	1.1		6,460		110,618
	2.2		7,042		120,587
15	1.1		6,537		111,931
	2.2		7,060		120,889
16	1.1		6,617		113,298
	2.2		7,081		121,251
17	1.1		6,691		118,639
	2.2		7,096		125,820
19	1.1		6,784		112,321
	2.2		7,064		116,959
20	1.1		6,803		116,485
	2.2		7,018		120,175
21	1.2		6,809		116,591
	2.1		6,974		119,410
22	1.2		6,815		116,690
	2.1		6,935		118,744
23	1.2		6,829		116,938
	2.1		6,904		118,217
24	1.1		6,895		118,063
	2.2		6,844		117,185
25	1.1		6,944		118,910
	2.2		6,825		116,865
26	1.1		7,004		119,939
	2.2		6,816		116,719
27	1.1		7,071		109,791
	2.2		6,814		105,801
29	1.1		7,193		137,262
	2.2		6,797		129,722
30	1.1		7,244		124,035
	2.2		6,780		116,091
31	1.1		7,294		124,900
	2.2		6,761		115,774
32	1.1		7,347		125,796
	2.2		6,744		115,482
Minimale / maximale waarden					
1	1.2	-0,020			
1	1.1	0,020			
1	1.1		3,119		
32	1.1		7,347		
27	2.2				105,801
29	1.1				137,262

2.2.3 Omhullende staafkrachten

Staaf-nummer	Combinatie nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1	1.2	2		-0,711	-34,575	22,450
	1.2	19		-0,711	-34,733	11,639
	2.1	2		-0,220	-36,307	24,522
	2.1	19		-0,220	-36,446	13,173
	2.2	12		0,409	-2,610	-12,930
	2.2	12		0,409	4,432	-12,930
	2.2	13		0,409	4,301	-11,655
	2.2	13		0,409	11,336	-11,654
	2.2	14		0,409	11,205	-8,364
	2.2	14		0,409	18,247	-8,363
	2.2	15		0,409	18,117	-3,055
	2.2	15		0,409	25,176	-3,054
2	2.2	16		0,409	25,046	4,278
	2.2	17		0,409	39,093	13,640
	1.1	1		24,256	0,168	2,841
	2.2	1		27,015	-0,543	2,241
3	1.1	5		-23,272	-0,168	-2,388
	2.2	5		-26,143	0,543	-3,706
	1.1	2		70,183	1,104	1,133
	2.2	2		74,904	0,289	-0,161
4	1.1	6		-69,199	-1,104	1,848
	2.2	6		-74,033	-0,289	0,942
	1.1	3		46,127	0,148	-0,567
	1.2	3		45,729	-0,261	-1,112
	2.1	3		44,586	0,343	-0,283
	2.2	3		44,176	-0,080	-0,847
	1.1	7		-45,143	-0,148	0,968
	1.2	7		-44,745	0,261	0,408
5	2.1	7		-43,715	-0,343	1,210
	2.2	7		-43,305	0,080	0,630
	1.1	4		11,495	-0,456	-0,701
	1.2	4		11,431	-0,678	-0,993
	2.1	4		10,568	-0,294	-0,479
	2.2	4		10,504	-0,523	-0,781
	1.1	8		-10,511	0,456	-0,531
	1.2	8		-10,447	0,678	-0,836
6	2.1	8		-9,697	0,294	-0,315
	2.2	8		-9,633	0,523	-0,631
	2.2	5		0,396	26,146	3,706
	1.1	6		0,016	-30,990	-13,579
	1.2	6		0,721	24,583	-12,311
	1.2		4406	0,721	0,000	6,193
	1.2	7		0,721	-24,405	-12,044
	2.1		1283	-0,343	0,000	13,386
	2.1	6		-0,343	-32,655	-13,021
	2.2		1295	-0,396	0,000	13,222
	2.2	6		-0,396	-32,409	-12,788
	1.2	8		0,637	10,451	0,836

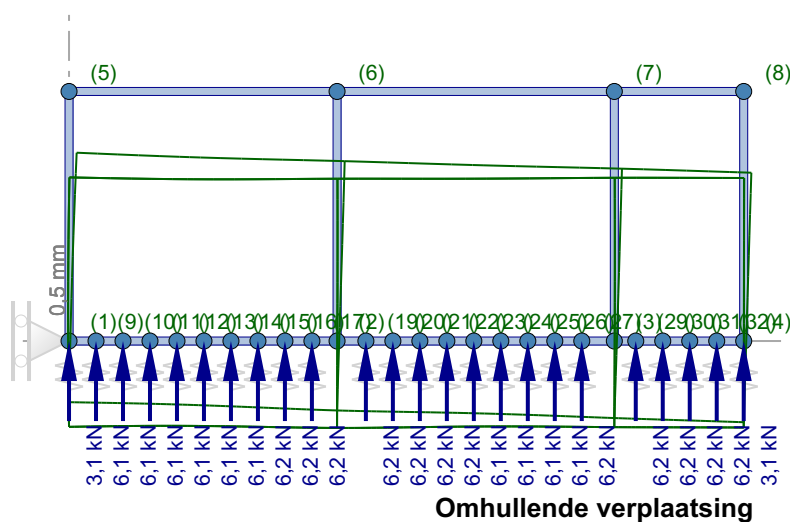
2.3 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

2.3.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
3	BGT Blijvend	BGT Blijvend
4	BGT Quasi blijvend	BGT Quasi blijvend
5	Combinatie	BGT

Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times \gamma$)				
	1	2			
3	1,00x1,00				
4	1,00x1,00	0,30x1,00			
5	1,00x1,00	1,00x1,00			



2.3.2 Omhullende knoopverplaatsingen

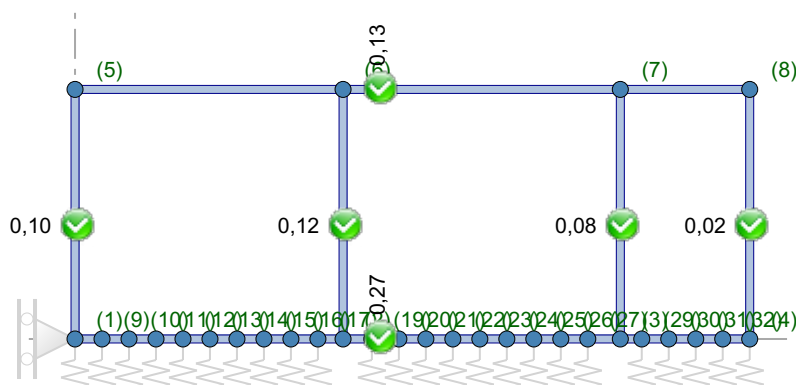
Knoop-nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
1	3	0,0	-37,5	-1,0
	4	0,0	-42,1	-0,4
	5	0,0	-52,7	0,9
2	3	0,0	-42,6	-1,7
	5	0,0	-53,3	-0,2
3	3	0,0	-47,3	-2,0
	5	0,0	-52,9	-0,3
4	3	0,0	-49,8	-1,9
	5	0,0	-53,1	-0,2
5	3	4,7	-37,6	-2,4
	5	0,2	-52,7	-1,1
6	3	4,7	-42,8	-1,5
	5	0,2	-53,6	0,2

Knoop-nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
7	3	4,7	-47,4	-1,5
	5	0,2	-53,0	0,2
8	3	4,7	-49,9	-1,8
	5	0,2	-53,1	-0,1
9	3	0,0	-37,8	-1,0
	5	0,0	-52,4	0,8
10	3	0,0	-38,1	-1,1
	5	0,0	-52,2	0,6
11	3	0,0	-38,5	-1,4
	5	0,0	-52,1	0,3
12	3	0,0	-38,9	-1,7
	5	0,0	-52,1	-0,1
13	3	0,0	-39,5	-2,0
	5	0,0	-52,2	-0,5
14	3	0,0	-40,1	-2,2
	5	0,0	-52,4	-0,9
15	3	0,0	-40,7	-2,3
	5	0,0	-52,6	-1,0
16	3	0,0	-41,4	-2,3
	5	0,0	-53,0	-1,0
17	3	0,0	-42,1	-2,1
	5	0,0	-53,2	-0,7
19	3	0,0	-43,1	-1,2
	5	0,0	-53,3	0,5
20	3	0,0	-43,4	-1,0
	5	0,0	-53,1	0,8
21	3	0,0	-43,7	-1,0
	5	0,0	-52,9	0,8
22	3	0,0	-44,0	-1,1
	5	0,0	-52,6	0,7
23	3	0,0	-44,3	-1,4
	5	0,0	-52,5	0,4
24	3	0,0	-44,8	-1,7
	5	0,0	-52,4	0,1
25	3	0,0	-45,3	-1,9
	5	0,0	-52,4	-0,2
26	3	0,0	-45,9	-2,1
	5	0,0	-52,5	-0,5
27	3	0,0	-46,5	-2,2
	5	0,0	-52,7	-0,5
29	3	0,0	-47,7	-1,8
	5	0,0	-52,9	-0,2
30	3	0,0	-48,2	-1,8
	5	0,0	-53,0	-0,1
31	3	0,0	-48,8	-1,8
	5	0,0	-53,0	-0,1
32	3	0,0	-49,3	-1,8
	5	0,0	-53,0	-0,2
Minimale / maximale waarden				
4	3	0,0		
8	3	4,7		
6	5		-53,6	

Knoop-nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
1	3		-37,5	
5	3			-2,4
1	5			0,9

2.4 EN1993 TOETSINGEN

De toetsing van de staalprofielen in de uiterste grenstoestand volgens EN 1993-1-1 is gebaseerd op een geometrische niet-lineaire krachtsverdeling (tweede orde analyse) inclusief de gegeven imperfecties volgens art.5.3.2. (a) algemene initiële scheefstanden, volgens figuur 5.2)



Staa-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
1	HE200A	2.1	1	6.2.5	0,24
		2.2	1	6.2.6	0,16
		2.1	1	6.2.8	0,24
		2.2	1	6.3.2.1	0,27
		1.2	1	6.3.3	0,26
2	HE160A	2.2	1	6.2.4	0,03
		2.2	1	6.2.5	0,06
		2.2	1	6.2.8	0,06
		2.2	1	6.2.9.1	0,06
		2.2	1	6.3.2.1	0,06
		2.1	1	6.3.3	0,10
3	HE160A	2.2	1	6.2.4	0,08
		1.1	1	6.2.5	0,03
		1.1	1	6.2.6	0,01
		1.1	1	6.2.8	0,03
		1.1	1	6.2.9.1	0,03
		2.2	1	6.3.2.1	0,02
		2.2	1	6.3.3	0,12
4	HE160A	1.1	1	6.2.4	0,05
		2.1	1	6.2.5	0,02
		2.1	1	6.2.8	0,02

Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
4	HE160A	2.1	1	6.2.9.1	0,02
		2.1	1	6.3.2.1	0,02
		2.2	1	6.3.3	0,08
5	HE160A	1.1	1	6.2.4	0,01
		1.2	1	6.2.5	0,02
		1.2	1	6.2.8	0,02
		1.2	1	6.2.9.1	0,02
		1.1	1	6.3.2.1	0,00
		1.2	1	6.3.3	0,02
6	HE220A	1.1	1	6.2.5	0,10
		2.1	1	6.2.6	0,12
		1.1	1	6.2.8	0,10
		1.1	1	6.3.2.1	0,13

2.5 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

2.5.1 Staaf 1 - HE200A (S 235)

Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 2.1 x = 2900 mm Nx = -0,22 kN Vz = -36,307 kN My = 24,522 kNm

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{429652 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 100,968 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{24,522}{100,968} = 0,24 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 2.2 x = 2628 mm Nx = 0,409 kN Vz = 39,093 kN My = 13,64 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1810 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 245,6 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{39,1}{245,6} = 0,16 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 2.1 x = 2900 mm Nx = -0,22 kN Vz = -36,307 kN My = 24,522 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1810 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 245,6 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,Ed} = 36,307 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 245,576 / 2 = 122,788 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Kipstabiliteit (maatgevend)

art. 6.3.2.1

Combinatie: 2.2 $x = 2900 \text{ mm}$ $N_x = -0,464 \text{ kN}$ $V_z = -22,184 \text{ kN}$ $M_y = 24,257 \text{ kNm}$

$$\text{Aantal kipsteunen: } 0$$

$$d' = h - t = 190 - 10 = 180 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{180^2 \times 200^3 \times 10,0}{24} = 108 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 210852 \text{ mm}^4$$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 7300 \text{ mm} \quad L_{st} = 7300 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = 0,781 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = 2,24 \text{ kNm} \quad M_{yEd} (x=L_{st}/2 = 3650 \text{ mm}) = 1,14 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting $q = -0,056 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times 2,24 \times 10^6}{8 \times |2,24 \times 10^6| + -0,056 \times 7300^2} = 1 \quad \text{D.4.3 (3)}$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{0,781}{2,24} = 0,349 \quad C_1 = 1,463 \quad C_2 = 0$$

aangrijpingspunt belasting op $z = 0 \text{ mm}$

$$L_{kip} = L_{st} = 7300 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{190}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 13355364}{80769 \times 210852}} = 1219 \text{ mm} \quad \text{(NB.159)}$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) =$$

$$= \frac{\pi \times 1,463 \times 7300}{7300} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 1219^2}{7300^2} \times (0^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times 0 \times 1219}{7300} \right) = 5,19 \quad \text{(NB.157)}$$

$$h / t_w = 190 / 6,5 = 29,2 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad \text{(NB.153)}$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} =$$

$$= 1 \times \frac{5,19}{7300} \times \sqrt{210000 \times 13355364 \times 80769 \times 210852} \times 10^{-6} = 155,383 \text{ kNm} \quad \text{(NB.148)}$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{429652 \times 235}{155382939}} = 0,806 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

$$\text{Kipkromme b} \quad \alpha_{Lt} = 0,34$$

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - \lambda_{Lt,0}) + \beta \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,806 - 0,4) + 0,75 \times 0,806^2] = 0,813$$

$$\chi_{Lt} = \min \left(\frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^2 - \beta \lambda_{Lt}^2}}; 1,0; \frac{1}{\lambda_{Lt}^2} \right) \quad \text{(6.57)}$$

$$= \min \left(\frac{1}{0,813 + \sqrt{0,813^2 - 0,75 \times 0,806^2}}; 1,0; \frac{1}{0,806^2} \right) = 0,814$$

$$\psi = \frac{M1}{M2} = \frac{0,781}{2,24} = 0,349$$

$$k_c = \frac{1}{1,33 - 0,33 \psi} = \frac{1}{1,33 - 0,33 \times 0,349} = 0,823$$

$$f = 1 - 0,5 (1 - k_c) [1 - 2,0 (\lambda_{Lt} - 0,8)^2] = 1 - 0,5 \times (1 - 0,823) \times [1 - 2,0 \times (0,806 - 0,8)^2] = 0,912$$

$$\chi_{Lt,mod} = \frac{\chi_{Lt}}{f} = \frac{0,814}{0,912} = 0,893 \quad (6.58)$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,893 \times 429652 \times \frac{235}{1,00} \times 10^{-6} = 90,1 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{24,3}{90,1} = 0,27 < 1,0 \quad (6.54)$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven**art. 6.3.3**

Combinatie: 1.2 x = 2900 mm Nx = -0,711 kN Vz = -21,35 kN My = 22,45 kNm

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{7300}{82,8} \frac{1}{93,9} = 0,939 \quad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{7300}{49,8} \frac{1}{93,9} = 1,561 \quad (6.50)$$

Knikkromme $y-y$ b $\alpha = 0,34$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,939 - 0,2) + 0,939^2] = 1,066$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{1,066 + \sqrt{1,066^2 - 0,939^2}} = 0,636 \quad (6.49)$$

Knikkromme $z-z$ c $\alpha = 0,49$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (1,561 - 0,2) + 1,561^2] = 2,052$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{2,052 + \sqrt{2,052^2 - 1,561^2}} = 0,296 \quad (6.49)$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 5385 \times 10^{-3} = 1265,5 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 429652 \times 10^{-6} = 101 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 203839 \times 10^{-6} = 47,9 \text{ kNm}$$

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$$\phi = M_2 / M_1 = 0,993 / 2,456 = 0,4 \quad \alpha_h = M_h / M_s = 2,456 / 0,348 = 1$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \alpha_h = 0,95 + 0,05 \times 1 = 1$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 1 \times \left(1 + (0,939 - 0,2) \times \frac{0,711}{0,636 \times 1265,536 / 1,00} \right) = 1,001$$

$$\phi = M_2 / M_1 = 0,993 / 2,456 = 0,4 \quad \alpha_h = M_h / M_s = 2,456 / 0,348 = 1$$

$$C_{mLT} = 0,95 + 0,05 \alpha_h = 0,95 + 0,05 \times 1 = 1$$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = \left(1 - \frac{0,1}{(1 - 0,25)} \times \frac{0,711}{0,296 \times 1265,536 / 1,00} \right) = 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{0,711}{0,636 \times 1265,536} + 1,001 \times \frac{22,45}{0,877 \times \frac{100,968}{1,00}} = 0,25 < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{0,711}{0,296 \times 1265,536} + 1 \times \frac{22,45}{0,877 \times \frac{100,968}{1,00}} = 0,26 < 1 \quad (6.62)$$

2.5.2 Staaf 3 - HE160A (S 235)

Axiale druk

art. 6.2.4

Combinatie: 2.2 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -74,904 \text{ kN}$ $V_z = 0,289 \text{ kN}$ $M_y = 0,161 \text{ kNm}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3879,5 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 911,692 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{74,9}{911,7} = 0,08 < 1,0 \quad (6.9)$$

Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 1.1 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -69,199 \text{ kN}$ $V_z = 1,104 \text{ kN}$ $M_y = 1,848 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{245295 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 57,644 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{1,848}{57,644} = 0,03 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 1.1 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -70,183 \text{ kN}$ $V_z = 1,104 \text{ kN}$ $M_y = -1,133 \text{ kNm}$

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

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{1,1}{179,6} = 0,01 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 1.1 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -69,199 \text{ kN}$ $V_z = 1,104 \text{ kN}$ $M_y = 1,848 \text{ kNm}$

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

$$V_{z,Ed} = 1,104 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 179,637 / 2 = 89,818 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht

art. 6.2.9

Combinatie: 1.1 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -69,199 \text{ kN}$ $V_z = 1,104 \text{ kN}$ $M_y = 1,848 \text{ kNm}$

$$N_{Ed} < 0,25 N_{pl,Rd} = 0,25 \times 911,7 = 227,9 \text{ kN} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} < \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 134 \times 6 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 94,5 \text{ kN} \quad (6.34)$$

Het effect van de normaalkracht op het vloeimoment hoeft niet in rekening te worden gebracht. (4)

Kipstabiliteit

art. 6.3.2.1

Combinatie: 2.2 $x = 2700 \text{ mm}$ $N_x = -74,904 \text{ kN}$ $V_z = 0,289 \text{ kN}$ $M_y = 0,942 \text{ kNm}$

$$\text{Aantal kipsteunen: } 0 \quad d' = h - t = 152 - 9 = 143 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{143^2 \times 160^3 \times 9,0}{24} = 31 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 122540 \text{ mm}^4$$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 2700 \text{ mm} \quad L_{st} = 2700 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = 0,161 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = 0,942 \text{ kNm} \quad M_{yEd} (x=L_{st}/2 = 1350 \text{ mm}) = 0,552 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting $q = 0 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times 0,942 \times 10^6}{8 \times |0,942 \times 10^6| + 0 \times 2700^2} = 1 \quad \text{D.4.3 (3)}$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{0,161}{0,942} = 0,171 \quad C_1 = 1,636 \quad C_2 = 0$$

aangrijpingspunt belasting op $z = 0 \text{ mm}$

$$L_{kip} = L_{st} = 2700 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{152}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 6155952}{80769 \times 122540}} = 869 \text{ mm} \quad (\text{NB.159})$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) =$$

$$= \frac{\pi \times 1,636 \times 2700}{2700} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 869^2}{2700^2} \times (0^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times 0 \times 869}{2700} \right) = 7,306 \quad (\text{NB.157})$$

$$h/t_w = 152/6 = 25,3 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad (\text{NB.153})$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} =$$

$$= 1 \times \frac{7,306}{2700} \times \sqrt{210000 \times 6155952 \times 80769 \times 122540} \times 10^{-6} = 306,096 \text{ kNm} \quad (\text{NB.148})$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{245295 \times 235}{306095519}} = 0,434 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

$$\text{Kipkromme b} \quad \alpha_{Lt} = 0,34$$

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - \lambda_{Lt,0}) + \beta \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,434 - 0,4) + 0,75 \times 0,434^2] = 0,576$$

$$\chi_{Lt} = \min \left(\frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^2 - \beta \lambda_{Lt}^2}}; 1,0; \frac{1}{\lambda_{Lt}^2} \right) \quad (\text{6.57})$$

$$= \min \left(\frac{1}{0,576 + \sqrt{0,576^2 - 0,75 \times 0,434^2}}; 1,0; \frac{1}{0,434^2} \right) = 0,987$$

$$\psi = \frac{M_1}{M_2} = \frac{0,161}{0,942} = 0,171 \quad k_c = \frac{1}{1,33 - 0,33 \psi} = \frac{1}{1,33 - 0,33 \times 0,171} = 0,785$$

$$f = 1 - 0,5 (1 - k_c) [1 - 2,0 (\lambda_{Lt} - 0,8)^2] = 1 - 0,5 \times (1 - 0,785) \times [1 - 2,0 \times (0,434 - 0,8)^2] = 0,921$$

$$\chi_{Lt,mod} = \frac{\chi_{Lt}}{f} = \frac{0,987}{0,921} = 1,071 \quad (\text{6.58})$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1 \times 245295 \times \frac{235}{1,00} \times 10^{-6} = 57,6 \text{ kNm} \quad (\text{6.55})$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{0,9}{57,6} = 0,02 < 1,0 \quad (\text{6.54})$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven (maatgevend)

art. 6.3.3

$$\text{Combinatie: 2.2} \quad x = 2700 \text{ mm} \quad N_x = -74,904 \text{ kN} \quad V_z = 0,289 \text{ kN} \quad M_y = 0,942 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{y1} = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_{y1}} = \frac{2700}{65,7} \frac{1}{93,9} = 0,438 \quad (6.50)$$

$$\lambda_{y1} = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_{y1}} = \frac{2700}{39,8} \frac{1}{93,9} = 0,722 \quad (6.50)$$

Knikkromme $y-y$ b $\alpha = 0,34$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,438 - 0,2) + 0,438^2] = 0,636$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,636 + \sqrt{0,636^2 - 0,438^2}} = 0,911 \quad (6.49)$$

Knikkromme $z-z$ c $\alpha = 0,49$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,722 - 0,2) + 0,722^2] = 0,888$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,888 + \sqrt{0,888^2 - 0,722^2}} = 0,711 \quad (6.49)$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 3880 \times 10^{-3} = 911,7 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 245295 \times 10^{-6} = 57,6 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 117653 \times 10^{-6} = 27,6 \text{ kNm}$$

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$$\varphi = M_2 / M_1 = 0,161 / 0,942 = 0,17 \rightarrow C_{my} = 0,6 + 0,4 \varphi = 0,6 + 0,4 \times 0,17 = 0,669 > 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,669 \times \left(1 + (0,438 - 0,2) \times \frac{74,904}{0,911 \times 911,692 / 1,00} \right) = 0,683$$

$$k_{zy} = 0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{74,904}{0,911 \times 911,692} + 0,683 \times \frac{0,942}{1 \times \frac{57,644}{1,00}} = 0,10 < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{74,904}{0,711 \times 911,692} + 0 \times \frac{0,942}{1 \times \frac{57,644}{1,00}} = 0,12 < 1 \quad (6.62)$$

2.5.3 Staaf 6 - HE220A (S 235)

Buigend moment**art. 6.2.5**Combinatie: 1.1 $x = 2900 \text{ mm}$ $N_x = 0,016 \text{ kN}$ $V_z = -30,988 \text{ kN}$ $M_y = -13,576 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{568644 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 133,631 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{13,576}{133,631} = 0,10 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)**art. 6.2.6**Combinatie: 2.1 $x = 2900 \text{ mm}$ $N_x = -0,343 \text{ kN}$ $V_z = -32,654 \text{ kN}$ $M_y = -13,018 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{2069 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 280,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{32,7}{280,7} = 0,12 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht**art. 6.2.8**Combinatie: 1.1 $x = 2900 \text{ mm}$ $N_x = 0,016 \text{ kN}$ $V_z = -30,988 \text{ kN}$ $M_y = -13,576 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{2069 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 280,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,Ed} = 30,988 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 280,716 / 2 = 140,358 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Kipstabiliteit (maatgevend)**art. 6.3.2.1**Combinatie: 1.1 $x = 2900 \text{ mm}$ $N_x = 0,671 \text{ kN}$ $V_z = 11,881 \text{ kN}$ $M_y = -13,579 \text{ kNm}$

$$\text{Aantal kipsteunen: } 0 \quad d' = h - t = 210 - 11 = 199 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{199^2 \times 220^3 \times 11,0}{24} = 193 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 285781 \text{ mm}^4$$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 7300 \text{ mm} \quad L_{st} = 7300 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = 0,531 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = -2,387 \text{ kNm} \quad M_{y,Ed} (x = L_{st} / 2 = 3650 \text{ mm}) = 1,773 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting $q = 0,405 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times -2,387 \times 10^{-6}}{8 \times |-2,387 \times 10^{-6}| + 0,405 \times 7300^2} = -0,469 \quad \text{D.4.3 (3)}$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{0,531}{-2,387} = -0,223 \quad C_1 = 1,548 \quad C_2 = -0,702$$

aangrijpingspunt belasting op $z = 105 \text{ mm}$

$$L_{kip} = L_{st} = 7300 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{210}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 19545887}{80769 \times 285781}} = 1400 \text{ mm} \quad (\text{NB.159})$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) =$$

$$= \frac{\pi \times 1,548 \times 7300}{7300} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 1400^2}{7300^2} \times (-0,702^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times -0,702 \times 1400}{7300} \right) = 3,983 \quad (\text{NB.157})$$

$$h / t_w = 210 / 7 = 30 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad (\text{NB.153})$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} =$$

$$= 1 \times \frac{3,983}{7300} \times \sqrt{210000 \times 19545887 \times 80769 \times 285781} \times 10^{-6} = 167,947 \text{ kNm} \quad (\text{NB.148})$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{568644 \times 235}{167946984}} = 0,892 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

$$\text{Kipkromme b} \quad \alpha_{Lt} = 0,34$$

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - \lambda_{Lt,0}) + \beta \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,892 - 0,4) + 0,75 \times 0,892^2] = 0,882$$

$$\chi_{Lt} = \min \left(\frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^2 - \beta \lambda_{Lt}^2}}; 1,0; \frac{1}{\lambda_{Lt}^2} \right) \quad (\text{6.57})$$

$$= \min \left(\frac{1}{0,882 + \sqrt{0,882^2 - 0,75 \times 0,892^2}}; 1,0; \frac{1}{0,892^2} \right) = 0,765$$

$$k_c = 0,90$$

$$f = 1 - 0,5 (1 - k_c) [1 - 2,0 (\lambda_{Lt} - 0,8)^2] = 1 - 0,5 \times (1 - 0,90) \times [1 - 2,0 \times (0,892 - 0,8)^2] = 0,951$$

$$\chi_{Lt,mod} = \frac{\chi_{Lt}}{f} = \frac{0,765}{0,951} = 0,804 \quad (\text{6.58})$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,804 \times 568644 \times \frac{235}{1,00} \times 10^{-6} = 107,5 \text{ kNm} \quad (\text{6.55})$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{13,6}{107,5} = 0,13 < 1,0 \quad (\text{6.54})$$

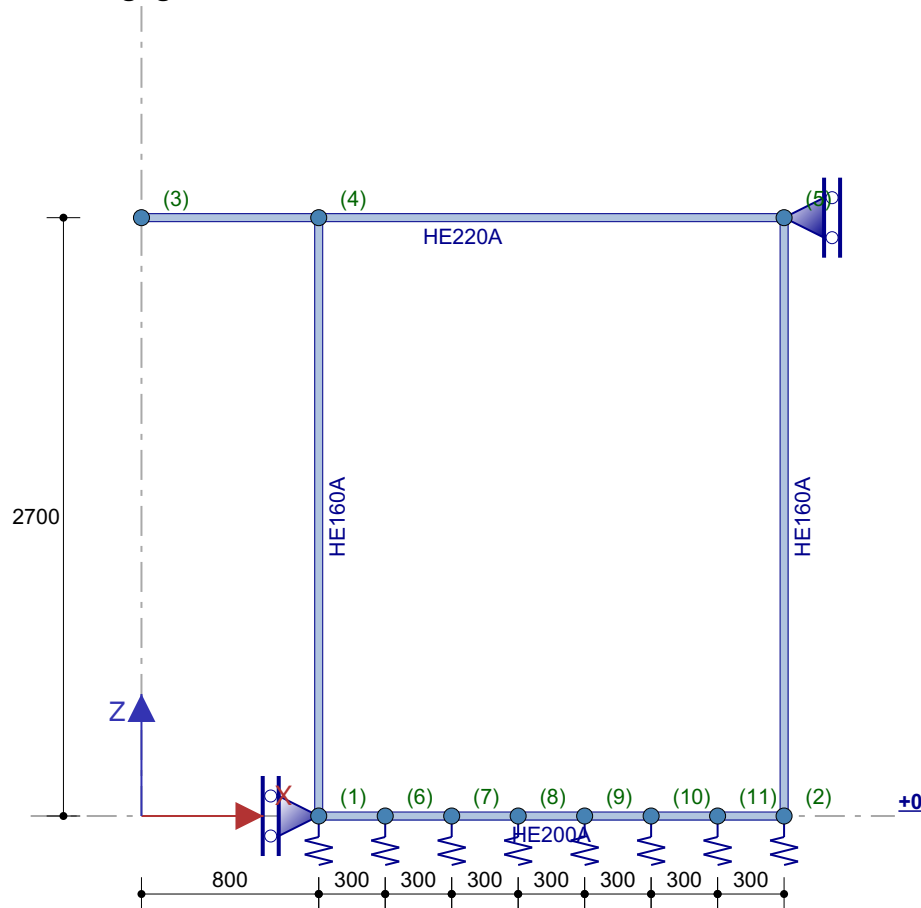
Bestand :.....25061 portaal 5.xfr2

Inhoudsopgave

1.1 KNOPEN.....	2
1.2 STAVEN.....	2
1.3 PROFIELEN.....	3
1.4 BELASTINGSGEVALLEN.....	5
1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht.....	5
1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk.....	6
2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand.....	7
2.2 BELASTINGSGEVALLEN.....	7
2.2.1 Reactiekrachten.....	7
2.3 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT).....	8
2.3.2 Omhullende reactiekrachten.....	9
2.3.3 Omhullende staafkrachten.....	10
2.4 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT).....	11
2.4.2 Omhullende knoopverplaatsingen.....	12
2.5 EN1993 TOETSINGEN.....	12
2.6 BEREKENING VAN UNITY CHECKS.....	14
2.6.1 Staaf 1 - HE200A (S 235).....	14
2.6.2 Staaf 2 - HE160A (S 235).....	15
2.6.3 Staaf 4 - HE220A (S 235).....	19

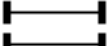

Gehanteerde normen : NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl



Gevolgklasse : CC1

Zwaartekrachtversnelling g : 9,81 m/s²**1 Invoergegevens****1.1 KNOPEN**

Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingen			Veerwaarden		
	X [mm]	Z [mm]	Tx	Tz	Ry	Kx [kN/m]	Kz [kN/m]	Cy [kNm/rad]
1	800	0	A	P			60	
2	2900	0		P			60	
3	0	2700						
4	800	2700						
5	2900	2700	A					
6	1100	0		P			120	
7	1400	0		P			120	
8	1700	0		P			120	
9	2000	0		P			120	
10	2300	0		P			120	
11	2600	0		P			120	

1.2 STAVEN

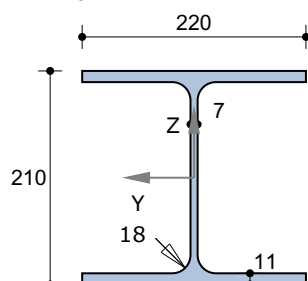
Staaf-nummer	Knoop		Staaf-type	Bedding [kN/m ³]	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar				
1	1	2		2000	HE200A	2100
2	1	4			HE160A	2700

Staaf-nummer	Knoop		Staaf-type	Bedding [kN/m3]	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar				
3	2	5			HE160A	2700
4	3	5			HE220A	2900

1.3 PROFIELEN

Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm ²]	A [mm ²]	I _y [mm ⁴]	Wy;el_1 [mm ³]	Wy;el_2 [mm ³]
1	HE220A	50,5	210000	6,436E3	5,4113E7	5,1537E5	5,1537E5
2	HE160A	30,5	210000	3,88E3	1,6739E7	2,2025E5	2,2025E5
3	HE200A	42,3	210000	5,385E3	3,6935E7	3,8879E5	3,8879E5

HE220A



Materiaalgegevens

Staalsoort

S 235 Warmgewalst

Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm²

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat

y_{max} = 110,0 mm z_{max} = 105,0 mm

Minimale coördinaat

y_{min} = -110,0 mm z_{min} = -105,0 mm

Zwaartelij

z_s = 0,0 mm y_s = 0,0 mm

Oppervlak / Gewicht

A = 6436,3 mm² G = 50,5 kg/m

Statisch moment

S_y = 284322 mm³ S_z = 135308 mm³

Traagheidsmoment

I_y = 54113401 mm⁴ I_z = 19545887 mm⁴

Traagheidsstraal

i_y = 91,7 mm i_z = 55,1 mm

Elastisch weerstandsmoment

W_{y;el} = 515366 mm³ W_{z;el} = 177690 mm³

Centrifugaalmoment

C_{yz} = 0 mm³ hoek = 0,00 °

Traagheidsmoment

I_{max} = 54113401 mm⁴ I_{min} = 19545887 mm⁴

Traagheidsstraal

i_{max} = 91,7 mm i_{min} = 55,1 mm

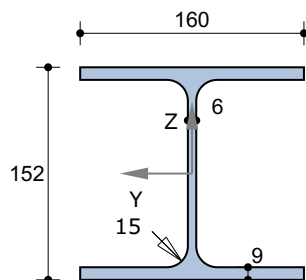
Halveringslijn

z_h = 0,0 mm y_h = 0,0 mm

Plastisch weerstandsmoment

W_{y;pl} = 568644 mm³ W_{z;pl} = 270616 mm³

HE160A



Materiaalgegevens

Staalsoort

S 235 Warmgewalst

Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm²

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat

$y_{max} = 80,0 \text{ mm}$ $z_{max} = 76,0 \text{ mm}$

Minimale coördinaat

$y_{min} = -80,0 \text{ mm}$ $z_{min} = -76,0 \text{ mm}$

Zwaartelij

$z_s = 0,0 \text{ mm}$ $y_s = 0,0 \text{ mm}$

Oppervlak / Gewicht

$A = 3879,5 \text{ mm}^2$ $G = 30,5 \text{ kg/m}$

Statisch moment

$S_y = 122648 \text{ mm}^3$ $S_z = 58826 \text{ mm}^3$

Traagheidsmoment

$I_y = 16738907 \text{ mm}^4$ $I_z = 6155952 \text{ mm}^4$

Traagheidsstraal

$i_y = 65,7 \text{ mm}$ $i_z = 39,8 \text{ mm}$

Elastisch weerstandsmoment

$W_{y;el} = 220249 \text{ mm}^3$ $W_{z;el} = 76949 \text{ mm}^3$

Centrifugaalmoment

$C_{yz} = 0 \text{ mm}^3$ $hoek = 0,00^\circ$

Traagheidsmoment

$I_{max} = 16738907 \text{ mm}^4$ $I_{min} = 6155952 \text{ mm}^4$

Traagheidsstraal

$i_{max} = 65,7 \text{ mm}$ $i_{min} = 39,8 \text{ mm}$

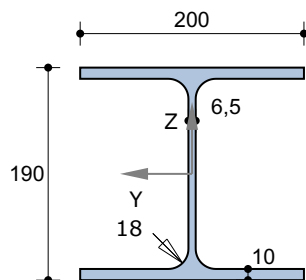
Halveringslijn

$z_h = 0,0 \text{ mm}$ $y_h = 0,0 \text{ mm}$

Plastisch weerstandsmoment

$W_{y;pl} = 245295 \text{ mm}^3$ $W_{z;pl} = 117653 \text{ mm}^3$

HE200A



Materiaalgegevens

Staalsoort

S 235 Warmgewalst

Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm²

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat

$y_{max} = 100,0 \text{ mm}$ $z_{max} = 95,0 \text{ mm}$

Minimale coördinaat

$y_{min} = -100,0 \text{ mm}$ $z_{min} = -95,0 \text{ mm}$

Zwaartelij

$z_s = 0,0 \text{ mm}$ $y_s = 0,0 \text{ mm}$

Oppervlak / Gewicht

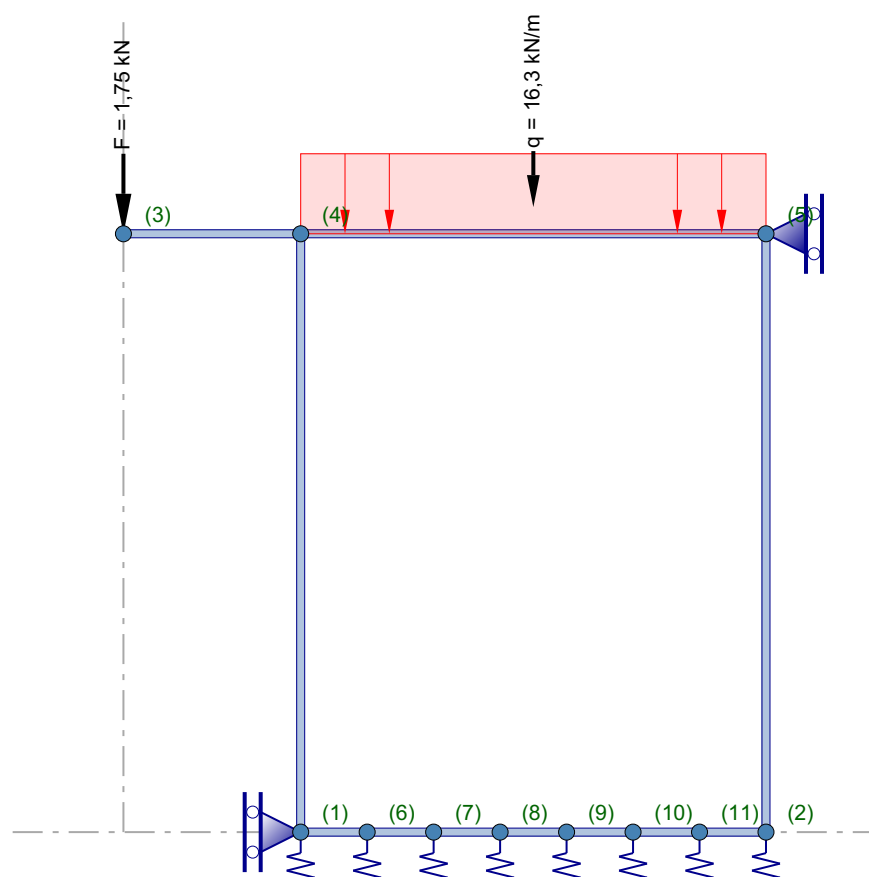
$A = 5385,3 \text{ mm}^2$ $G = 42,3 \text{ kg/m}$

Statisch moment	S_y	=	214826 mm ³	S_z	=	101919 mm ³
Traagheidsmoment	I_y	=	36934754 mm ⁴	I_z	=	13355364 mm ⁴
Traagheidsstraal	i_y	=	82,8 mm	i_z	=	49,8 mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	388787 mm ³	$W_{z;el}$	=	133554 mm ³
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0 mm ³	hoek	=	0,00 °
Traagheidsmoment	I_{max}	=	36934754 mm ⁴	I_{min}	=	13355364 mm ⁴
Traagheidsstraal	i_{max}	=	82,8 mm	i_{min}	=	49,8 mm
Halveringslijn	Z_h	=	0,0 mm	y_h	=	0,0 mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y;pl}$	=	429652 mm ³	$W_{z;pl}$	=	203839 mm ³

1.4 BELASTINGSGEVALLEN

Nr.	Omschrijving	Type	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	Permanent	Permanent incl. eigen gewicht	1,00	1,00	1,00
2	Veranderlijk	A:Woonfunctie en logiesfunctie	0,40	0,50	0,30

1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht

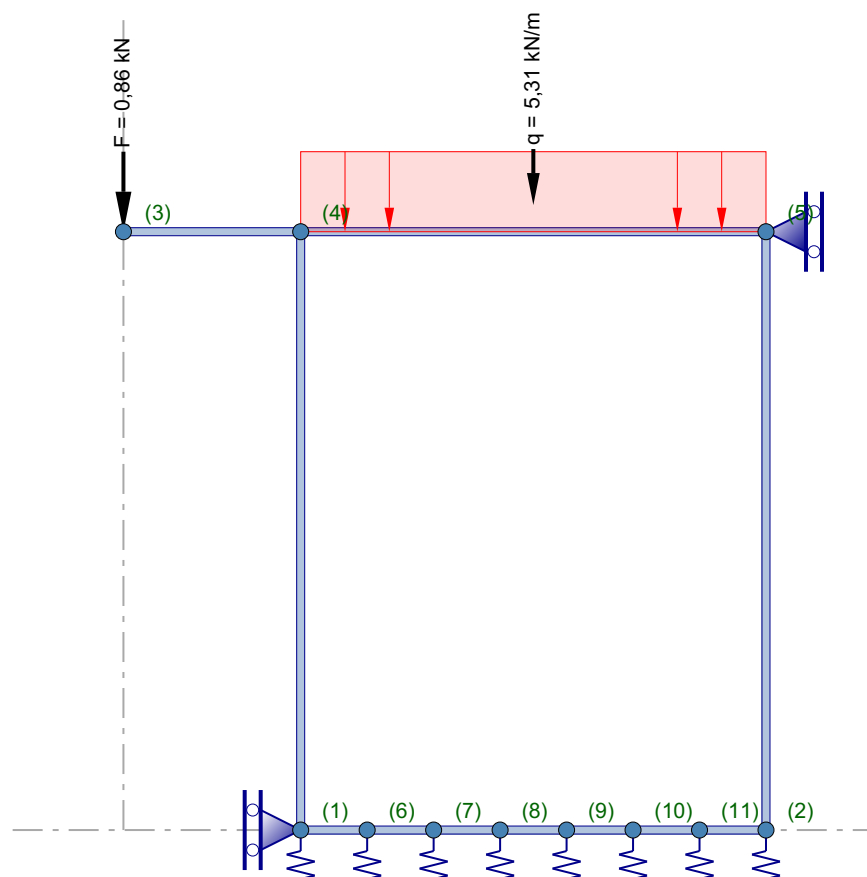


*) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!

Totaal eigen gewicht: : 392 kg.

1.5.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	q	-0,415 kN/m	-0,415 kN/m	0,0	1	0	2100
2	q	-0,299 kN/m	-0,299 kN/m	-90,0	1	0	2700
3	q	-0,299 kN/m	-0,299 kN/m	-90,0	2	0	2700
4	q	-0,496 kN/m	-0,496 kN/m	0,0	3	0	2900
4	F	-1,750 kN		0,0	3	0	
4	q	-16,300 kN/m	-16,300 kN/m	0,0	3	800	2100

1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk**1.6.1 Staafbelastingen**

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
4	q	-5,310 kN/m	-5,310 kN/m	0,0	3	800	2100
4	F	-0,860 kN		0,0	3	0	

2 Berekeningsresultaten**2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand**

Knoop- nummer	1/200 in +X		1/200 in -X	
	X [mm]	Z [mm]	X [mm]	Z [mm]
1	800	0	800	0
2	2900	0	2900	0
3	14	2700	-14	2700
4	814	2700	787	2700
5	2914	2700	2887	2700
6	1100	0	1100	0
7	1400	0	1400	0
8	1700	0	1700	0
9	2000	0	2000	0
10	2300	0	2300	0
11	2600	0	2600	0

2.2 BELASTINGSGEVALLEN**(GL) Geometrisch lineaire krachtsverdeling****2.2.1 Reactiekrachten**

Knoop- nummer	Belastings geval	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]	Beddingbel. [kN/m2]
1	1	-1,394	2,876		95,858
	2	-0,582	0,867		28,892
2	1		2,858		95,259
	2		0,859		28,643
5	1	1,394			
	2	0,582			
6	1		5,725		95,410
	2		1,725		28,747
7	1		5,700		95,008
	2		1,717		28,615
8	1		5,684		94,736
	2		1,711		28,521
9	1		5,678		94,639
	2		1,709		28,480
10	1		5,683		94,722
	2		1,710		28,496
11	1		5,697		94,952
	2		1,713		28,557
Minimale / maximale waarden					
1	1	-1,394			
5	1	1,394			
2	2		0,859		
6	1		5,725		
9	2				28,480
1	1				95,858

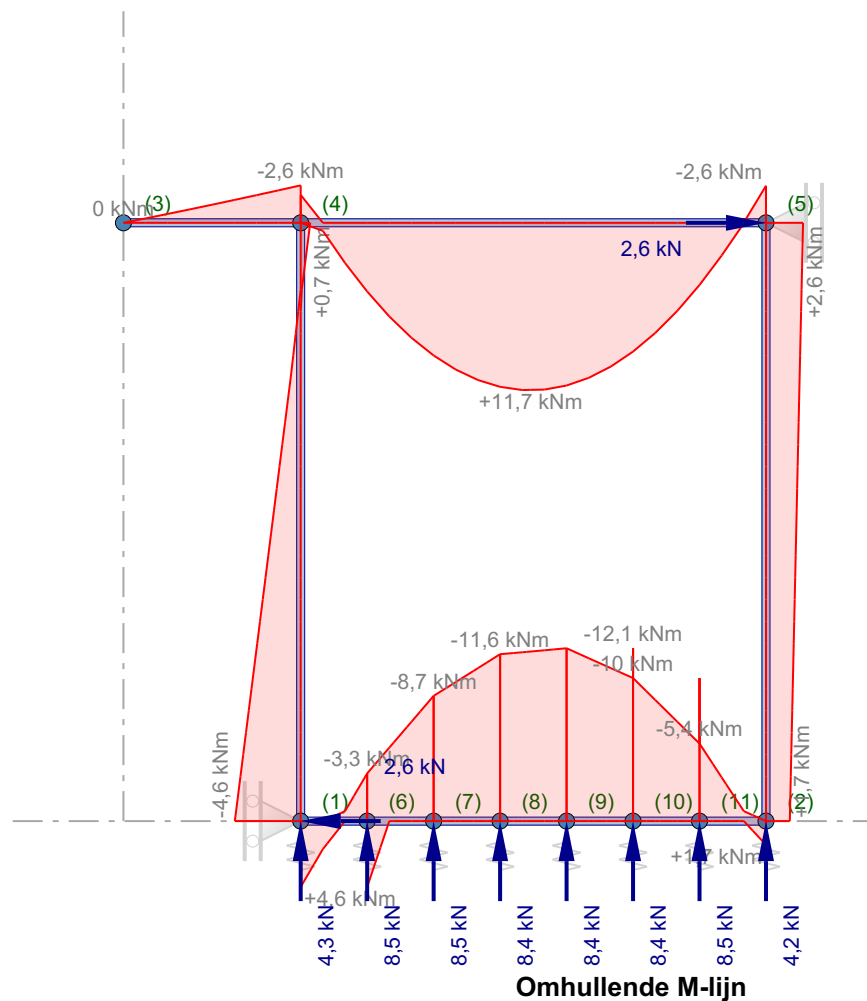
2.3 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)

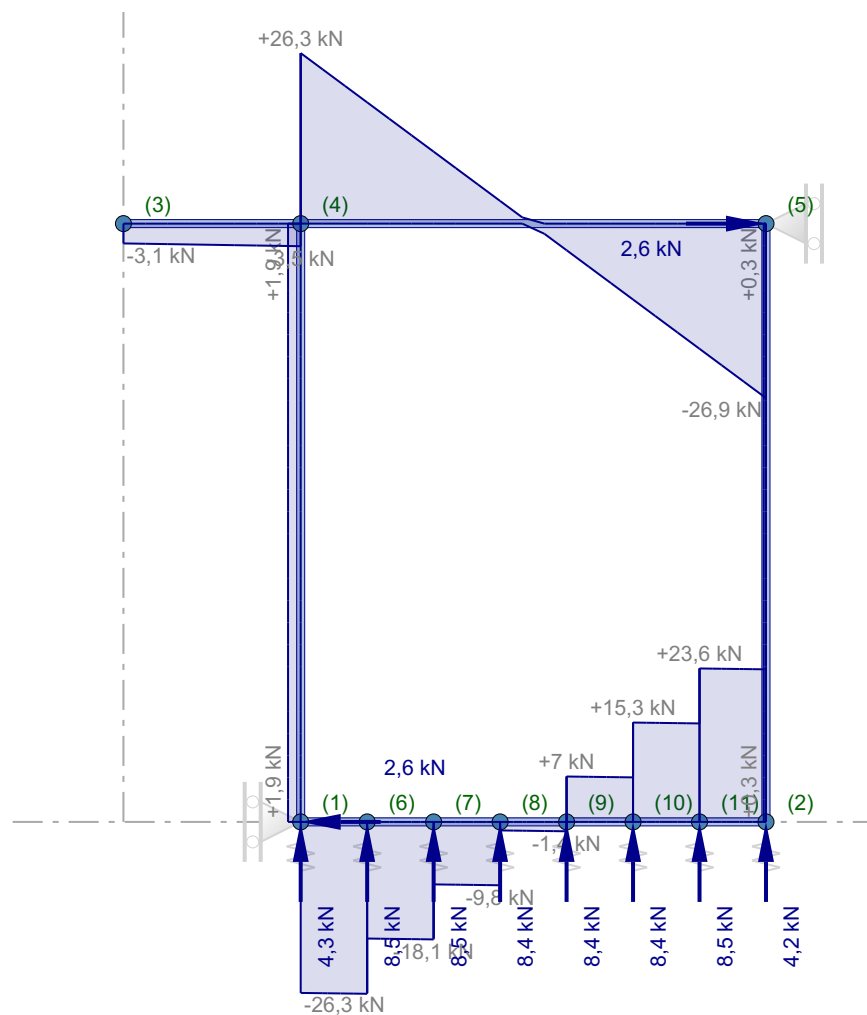
2.3.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
1.1	Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 +X	UGT
1.2	Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 -X	UGT
2.1	Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 +X	UGT
2.2	Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 -X	UGT

Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times \gamma$)				
	1	2			
1.1	1,00x1,22	0,40x1,35			
1.2	1,00x1,22	0,40x1,35			
2.1	1,00x1,08	1,00x1,35			
2.2	1,00x1,08	1,00x1,35			





Omhullende D-lijn

2.3.2 Omhullende reactiekrachten

Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]	Beddingbel. [kN/m ²]
1	1.1	-1,744	3,976		132,549
	2.2	-2,583	4,276		142,533
2	1.2		3,950		131,683
	2.1		4,246		141,549
5	1.1	1,754			
	2.2	2,574			
6	1.1		7,915		131,924
	2.2		8,511		141,852
7	1.1		7,882		131,362
	2.2		8,474		141,239
8	1.1		7,859		130,979
	2.2		8,449		140,818
9	1.2		7,850		130,838
	2.1		8,439		140,658
10	1.2		7,857		130,948

Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]	Beddingbel. [kN/m2]
10	2.1		8,446		140,768
11	1.2		7,876		131,262
	2.1		8,466		141,101
Minimale / maximale waarden					
1	2.2	-2,583			
5	2.2	2,574			
2	1.2		3,950		
6	2.2		8,511		
9	1.2				130,838
1	2.2				142,533

2.3.3 Omhullende staafkrachten

Staaf-nummer	Combinatie nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1	2.2	1		-0,482	-26,343	-4,595
	1.1	6		0,140	-24,489	-3,137
	2.1	6		0,204	-26,477	-3,327
	2.1	9		0,204	-1,446	-12,059
	2.1	11		0,204	23,637	-5,410
	2.2	10		0,482	15,305	-9,981
	2.2	11		0,482	15,171	-5,410
	2.2	2		0,482	-23,502	1,661
2	1.1	1		28,306	1,746	4,187
	1.2	1		28,323	1,746	4,187
	2.1	1		30,610	1,948	4,595
	2.2	1		30,629	1,948	4,595
	1.1	4		-27,322	-1,746	0,527
	1.2	4		-27,339	-1,746	0,526
	2.1	4		-29,739	-1,948	0,664
	2.2	4		-29,758	-1,948	0,664
3	1.1	2		25,788	0,269	-1,605
	1.2	2		25,791	0,269	-1,605
	2.1	2		27,747	0,343	-1,661
	2.2	2		27,751	0,343	-1,661
	1.1	5		-24,804	-0,269	2,332
	1.2	5		-24,807	-0,269	2,332
	2.1	5		-26,876	-0,343	2,586
	2.2	5		-26,880	-0,343	2,586
4	1.1	4		1,609	24,247	-1,746
	1.1		1838	1,609	0,000	10,839
	2.1	4		0,000	-3,479	-2,612
	2.1		1838	1,799	0,000	11,686
	2.2	4		2,097	26,269	-1,948
	2.2		1838	2,097	0,000	11,686
	1.1	5		1,609	24,805	-2,332
	2.1	5		1,799	26,877	-2,586
	2.2	5		2,097	26,877	-2,586

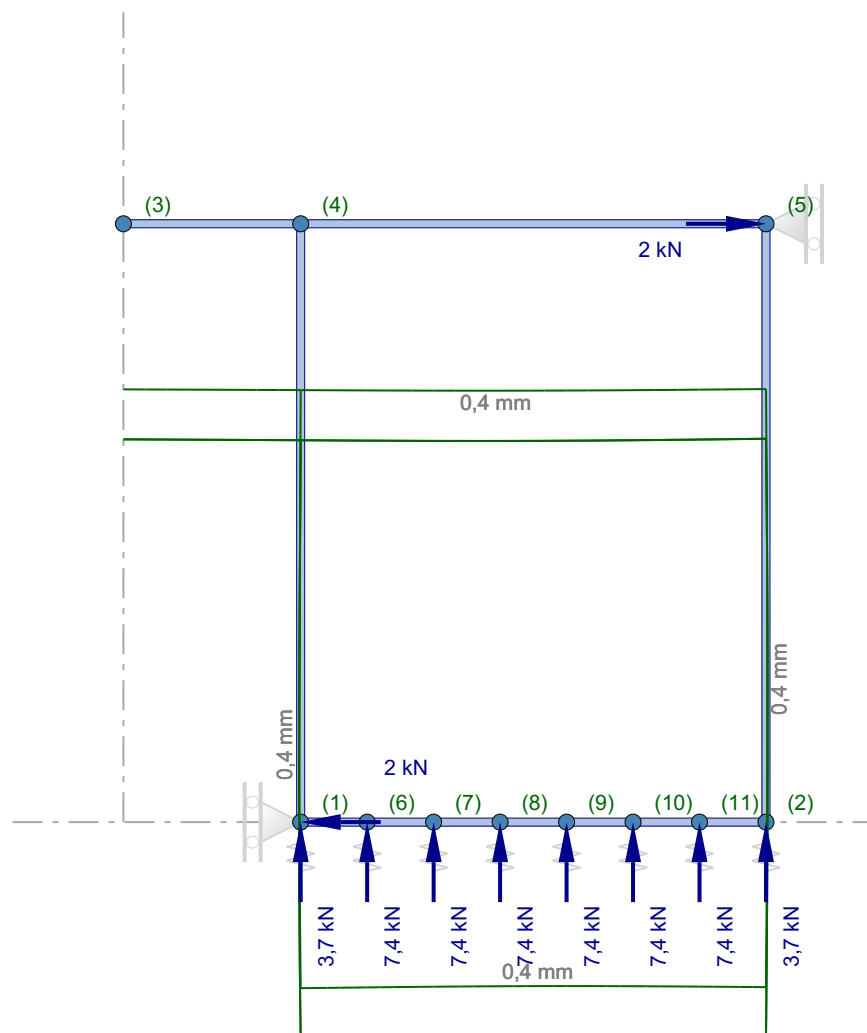
2.4 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

2.4.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
3	BGT Blijvend	BGT Blijvend
4	BGT Quasi blijvend	BGT Quasi blijvend
5	Combinatie	BGT

Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times \gamma$)				
	1	2			
3	1,00x1,00				
4	1,00x1,00	0,30x1,00			
5	1,00x1,00	1,00x1,00			



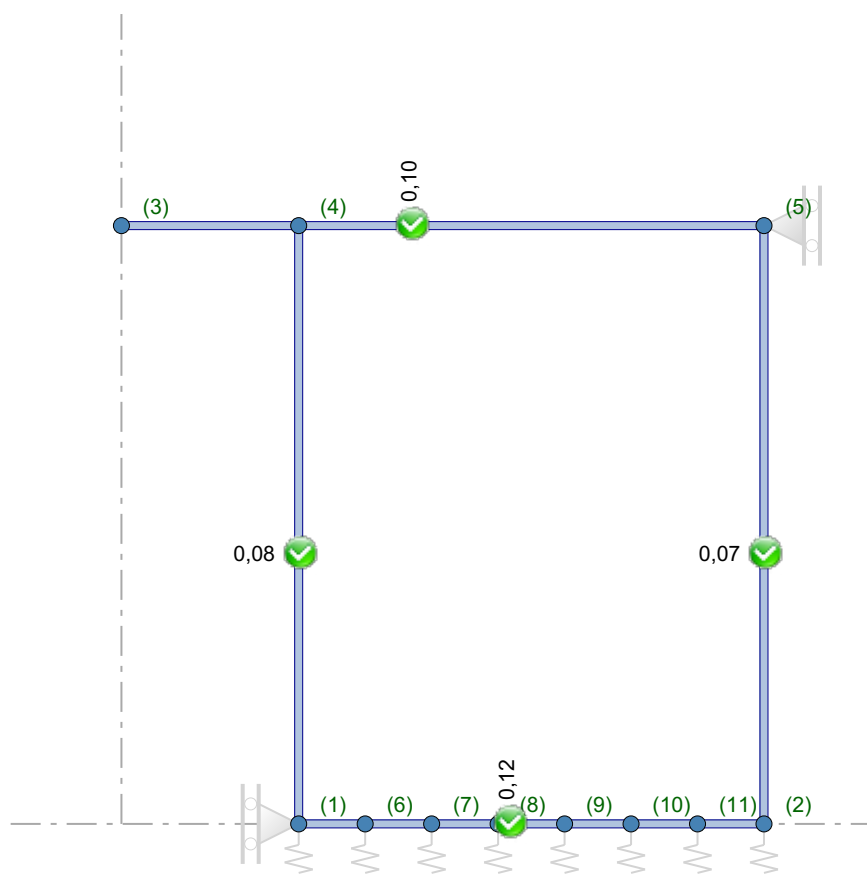
Omhullende verplaatsing

2.4.2 Omhullende knoopverplaatsingen

Knoop-nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
1	3	0,0	-47,9	0,7
	5	0,0	-62,4	1,0
2	3	0,0	-47,6	-0,5
	5	0,0	-62,0	-0,7
3	3	0,0	-47,8	-0,2
	5	0,0	-62,2	-0,3
4	3	0,0	-48,0	-0,3
	5	0,0	-62,5	-0,4
5	3	0,0	-47,7	0,6
	5	0,0	-62,0	0,8
6	3	0,0	-47,7	0,7
	5	0,0	-62,1	1,0
7	3	0,0	-47,5	0,6
	5	0,0	-61,8	0,8
8	3	0,0	-47,4	0,3
	5	0,0	-61,6	0,4
9	3	0,0	-47,3	0,0
	5	0,0	-61,6	0,0
10	3	0,0	-47,4	-0,3
	5	0,0	-61,6	-0,3
11	3	0,0	-47,5	-0,5
	5	0,0	-61,8	-0,6
Minimale / maximale waarden				
3	5	0,0		
2	5	0,0		
4	5		-62,5	
9	3		-47,3	
2	5			-0,7
6	5			1,0

2.5 EN1993 TOETSINGEN

De toetsing van de staalprofielen in de uiterste grenstoestand volgens EN 1993-1-1 is gebaseerd op een geometrische niet-lineaire krachtsverdeling (tweede orde analyse) inclusief de gegeven imperfecties volgens art.5.3.2. (a) algemene initiële scheefstanden, volgens figuur 5.2)



Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
1	HE200A	2.1	1	6.2.5	0,12
		2.1	1	6.2.6	0,11
		2.1	1	6.2.8	0,12
		1.1	1	6.3.2.1	0,00
2	HE160A	2.2	1	6.2.4	0,03
		2.1	1	6.2.5	0,08
		2.1	1	6.2.6	0,01
		2.1	1	6.2.8	0,08
		2.1	1	6.2.9.1	0,08
		4	1	6.3.2.1	0,06
		2.2	1	6.3.3	0,08
3	HE160A	2.2	1	6.2.4	0,03
		2.1	1	6.2.5	0,04
		2.1	1	6.2.8	0,04
		2.1	1	6.2.9.1	0,04
		2.1	1	6.3.2.1	0,04
		2.2	1	6.3.3	0,07
4	HE220A	2.1	1	6.2.5	0,09
		2.1	1	6.2.6	0,10

Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
4	HE220A	2.1	1	6.2.8	0,09
		2.1	1	6.3.2.1	0,09

2.6 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

2.6.1 Staaf 1 - HE200A (S 235)

Buigend moment (maatgevend)

art. 6.2.5

Combinatie: 2.1 x = 1200 mm Nx = 0,204 kN Vz = 6,993 kN My = -12,059 kNm

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{429652 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 100,968 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{12,059}{100,968} = 0,12 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 2.1 x = 300 mm Nx = 0,204 kN Vz = -26,477 kN My = -3,325 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1810 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 245,6 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{26,5}{245,6} = 0,11 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 2.1 x = 1200 mm Nx = 0,204 kN Vz = 6,993 kN My = -12,059 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1810 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 245,6 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,Ed} = 6,993 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 245,576 / 2 = 122,788 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Kipstabiliteit

art. 6.3.2.1

Combinatie: 1.1 x = 1200 mm Nx = 0,14 kN Vz = -1,213 kN My = -11,172 kNm

$$\text{Aantal kipsteunen: } 0 \quad d' = h - t = 190 - 10 = 180 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{180^2 \times 200^3 \times 10,0}{24} = 108 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 210852 \text{ mm}^4$$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 2100 \text{ mm} \quad L_{st} = 2100 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = 1,605 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = 4,187 \text{ kNm} \quad M_{yEd} (x=L_{st}/2 = 1050 \text{ mm}) = -10,984 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting $q = -25,179 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times 4,187 \times 10^6}{8 \times |4,187 \times 10^6| + -25,179 \times 2100^2} = -0,432 \quad \text{D.4.3 (3)}$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{1,605}{4,187} = 0,383 \quad C_1 = 2,001 \quad C_2 = 0$$

aangrijpingspunt belasting op $z = 0 \text{ mm}$

$$L_{kip} = L_{st} = 2100 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E x I_z}{G x I_t}} = \frac{190}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 13355364}{80769 \times 210852}} = 1219 \text{ mm} \quad \text{(NB.159)}$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) =$$

$$= \frac{\pi \times 2,001 \times 2100}{2100} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 1219^2}{2100^2} \times (0^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times 0 \times 1219}{2100} \right) = 13,078 \quad \text{(NB.157)}$$

$$h/t_w = 190/6,5 = 29,2 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad \text{(NB.153)}$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E x I_z \times G x I_t} =$$

$$= 1 \times \frac{13,078}{2100} \times \sqrt{210000 \times 13355364 \times 80769 \times 210852} \times 10^{-6} = 1361,054 \text{ kNm} \quad \text{(NB.148)}$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{429652 \times 235}{1361054382}} = 0,272 < \lambda_{Lt,0} = 0,4 \quad \rightarrow \chi_{Lt} = 1,00$$

$$\lambda_{Lt} = 0,272 < \lambda_{Lt,0} = 0,4 \rightarrow \chi_{Lt} = 1,00$$

2.6.2 Staaf 2 - HE160A (S 235)

Axiale druk

art. 6.2.4

Combinatie: 2.2 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -30,629 \text{ kN}$ $V_z = 1,948 \text{ kN}$ $M_y = -4,595 \text{ kNm}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3879,5 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 911,692 \text{ kN} \quad \text{(6.10)}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{30,6}{911,7} = 0,03 < 1,0 \quad \text{(6.9)}$$

Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 2.1 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -30,61 \text{ kN}$ $V_z = 1,948 \text{ kN}$ $M_y = -4,595 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{245295 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 57,644 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{4,595}{57,644} = 0,08 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)**art. 6.2.6**Combinatie: 2.1 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -30,61 \text{ kN}$ $V_z = 1,948 \text{ kN}$ $M_y = -4,595 \text{ kNm}$

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

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{1,9}{179,6} = 0,01 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht**art. 6.2.8**Combinatie: 2.1 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -30,61 \text{ kN}$ $V_z = 1,948 \text{ kN}$ $M_y = -4,595 \text{ kNm}$

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

$$V_{z,Ed} = 1,948 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 179,637 / 2 = 89,818 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht**art. 6.2.9**Combinatie: 2.1 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -30,61 \text{ kN}$ $V_z = 1,948 \text{ kN}$ $M_y = -4,595 \text{ kNm}$

$$N_{Ed} < 0,25 N_{pl,Rd} = 0,25 \times 911,7 = 227,9 \text{ kN} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} < \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 134 \times 6 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 94,5 \text{ kN} \quad (6.34)$$

Het effect van de normaalkracht op het vloeimoment hoeft niet in rekening te worden gebracht. (4)

Kipstabiliteit**art. 6.3.2.1**Combinatie: 4 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -22,3 \text{ kN}$ $V_z = 1,365 \text{ kN}$ $M_y = -3,288 \text{ kNm}$

$$\text{Aantal kipsteunen: } 0$$

$$d' = h - t = 152 - 9 = 143 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{143^2 \times 160^3 \times 9,0}{24} = 31 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 122540 \text{ mm}^4$$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 2700 \text{ mm} \quad L_{st} = 2700 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = 0,398 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = -3,288 \text{ kNm} \quad M_{yEd} (x=L_{st}/2 = 1350 \text{ mm}) = -1,445 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting $q = 0 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times -3,288 \times 10^6}{8 \times |-3,288 \times 10^6| + 0 \times 2700^2} = -1 \quad \text{D.4.3 (3)}$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{0,398}{-3,288} = -0,121 \quad C_1 = 1,923 \quad C_2 = 0$$

aangrijpingspunt belasting op $z = 0 \text{ mm}$

$$L_{kip} = L_{st} = 2700 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{152}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 6155952}{80769 \times 122540}} = 869 \text{ mm} \quad \text{(NB.159)}$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) =$$

$$= \frac{\pi \times 1,923 \times 2700}{2700} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 869^2}{2700^2} \times (0^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times 0 \times 869}{2700} \right) = 8,59 \quad \text{(NB.157)}$$

$$h/t_w = 152/6 = 25,3 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad \text{(NB.153)}$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} = \quad \text{(NB.148)}$$

$$= 1 \times \frac{8,59}{2700} \times \sqrt{210000 \times 6155952 \times 80769 \times 122540} \times 10^{-6} = 359,859 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{245295 \times 235}{5.1.1e}} = 0,4 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

$$\text{Kipkromme b} \quad \alpha_{Lt} = 0,34$$

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - \lambda_{Lt,0}) + \beta \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,4 - 0,4) + 0,75 \times 0,4^2] = 0,56$$

$$\chi_{Lt} = \min \left(\frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^2 - \beta \lambda_{Lt}^2}}; 1,0; \frac{1}{\lambda_{Lt}^2} \right) \quad \text{(6.57)}$$

$$= \min \left(\frac{1}{0,56 + \sqrt{0,56^2 - 0,75 \times 0,4^2}}; 1,0; \frac{1}{0,4^2} \right) = 1$$

$$\psi = \frac{M_1}{M_2} = \frac{0,398}{-3,288} = -0,121 \quad k_c = \frac{1}{1,33 - 0,33 \psi} = \frac{1}{1,33 - 0,33 \times -0,121} = 0,73$$

$$f = 1 - 0,5 (1 - k_c) [1 - 2,0 (\lambda_{Lt} - 0,8)^2] = 1 - 0,5 \times (1 - 0,73) \times [1 - 2,0 \times (0,4 - 0,8)^2] = 0,908$$

$$\chi_{Lt,mod} = \frac{\chi_{Lt}}{f} = \frac{1}{0,908} = 1,101 \quad (6.58)$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1 \times 245295 \times \frac{235}{1,00} \times 10^{-6} = 57,6 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{3,3}{57,6} = 0,06 < 1,0 \quad (6.54)$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven (maatgevend)**art. 6.3.3**

Combinatie: 2.2 x = 0 mm Nx = -30,629 kN Vz = 1,948 kN My = -4,595 kNm

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2700}{65,7} \frac{1}{93,9} = 0,438 \quad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2700}{39,8} \frac{1}{93,9} = 0,722 \quad (6.50)$$

Knikkromme y-y b α = 0,34

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,438 - 0,2) + 0,438^2] = 0,636$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,636 + \sqrt{0,636^2 - 0,438^2}} = 0,911 \quad (6.49)$$

Knikkromme z-z c α = 0,49

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,722 - 0,2) + 0,722^2] = 0,888$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,888 + \sqrt{0,888^2 - 0,722^2}} = 0,711 \quad (6.49)$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 3880 \times 10^{-3} = 911,7 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 245295 \times 10^{-6} = 57,6 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 117653 \times 10^{-6} = 27,6 \text{ kNm}$$

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$$\varphi = M_2 / M_1 = 0,664 / -4,595 = -0,14 \quad \rightarrow C_{my} = 0,6 + 0,4 \varphi = 0,6 + 0,4 \times -0,14 = 0,542 > 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,542 \times \left(1 + (0,438 - 0,2) \times \frac{30,629}{0,911 \times 911,692 / 1,00} \right) = 0,547$$

$k_{zy} = 0$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{30,629}{0,911 \times 911,692} + 0,547 \times \frac{4,595}{1 \times \frac{57,644}{1,00}} = 0,08 < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{30,629}{0,711 \times 911,692} + 0 \times \frac{4,595}{1 \times \frac{57,644}{1,00}} = 0,05 < 1 \quad (6.62)$$

2.6.3 Staaf 4 - HE220A (S 235)

Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 2.1 $x = 1838 \text{ mm}$ $N_x = 1,799 \text{ kN}$ $V_z = 0 \text{ kN}$ $M_y = 11,686 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{568644 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 133,631 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{11,686}{133,631} = 0,09 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving) (maatgevend)

art. 6.2.6

Combinatie: 2.1 $x = 2900 \text{ mm}$ $N_x = 1,799 \text{ kN}$ $V_z = -26,877 \text{ kN}$ $M_y = -2,586 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{2069 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 280,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{26,9}{280,7} = 0,10 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 2.1 $x = 1838 \text{ mm}$ $N_x = 1,799 \text{ kN}$ $V_z = 0 \text{ kN}$ $M_y = 11,686 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{2069 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 280,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,Ed} = 0,000 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 280,716 / 2 = 140,358 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Kipstabiliteit

art. 6.3.2.1

Combinatie: 2.1 $x = 1838 \text{ mm}$ $N_x = 1,799 \text{ kN}$ $V_z = 9,819 \text{ kN}$ $M_y = 11,686 \text{ kNm}$

Aantal kipsteunen: 0

$$d' = h - t = 210 - 11 = 199 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{199^2 \times 220^3 \times 11,0}{24} = 193 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 285781 \text{ mm}^4$$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 2900 \text{ mm} \quad L_{st} = 2900 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = 0 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = -2,586 \text{ kNm} \quad M_{yEd} (x=L_{st}/2 = 1450 \text{ mm}) = 9,781 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting $q = 10,534 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8M}{8|M| + qL_{st}^2} = \frac{8 \times -2,586 \times 10^6}{8 \times |-2,586 \times 10^6| + 10,534 \times 2900^2} = -0,189 \quad \text{D.4.3 (3)}$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{0}{-2,586} = 0 \quad C_1 = 1,148 \quad C_2 = -0,528$$

aangrijpingspunt belasting op $z = 105 \text{ mm}$

$$L_{kip} = L_{st} = 2900 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E x I_z}{G x I_t}} = \frac{210}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 19545887}{80769 \times 285781}} = 1400 \text{ mm} \quad \text{(NB.159)}$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) = \quad \text{(NB.157)}$$

$$= \frac{\pi \times 1,148 \times 2900}{2900} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 1400^2}{2900^2} \times (-0,528^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times -0,528 \times 1400}{2900} \right) = 4,271$$

$$h/t_w = 210/7 = 30 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad \text{(NB.153)}$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E x I_z \times G x I_t} = \quad \text{(NB.148)}$$

$$= 1 \times \frac{4,271}{2900} \times \sqrt{210000 \times 19545887 \times 80769 \times 285781} \times 10^{-6} = 453,356 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{568644 \times 235}{453356360}} = 0,543 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

$$\text{Kipkromme b} \quad \alpha_{Lt} = 0,34$$

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - \lambda_{Lt,0}) + \beta \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,543 - 0,4) + 0,75 \times 0,543^2] = 0,635$$

$$\chi_{Lt} = \min \left(\frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^2 - \beta \lambda_{Lt}^2}}; 1,0; \frac{1}{\lambda_{Lt}^2} \right) \quad \text{(6.57)}$$

$$= \min \left(\frac{1}{0,635 + \sqrt{0,635^2 - 0,75 \times 0,543^2}}; 1,0; \frac{1}{0,543^2} \right) = 0,942$$

$$k_c = 0,91$$

$$f = 1 - 0,5 (1 - k_c) [1 - 2,0 (\lambda_{Lt} - 0,8)^2] = 1 - 0,5 \times (1 - 0,91) \times [1 - 2,0 \times (0,543 - 0,8)^2] = 0,961$$

$$\chi_{Lt,mod} = \frac{\chi_{Lt}}{f} = \frac{0,942}{0,961} = 0,98 \quad (6.58)$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,98 \times 568644 \times \frac{235}{1,00} \times 10^{-6} = 131 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{11,7}{131,0} = 0,09 < 1,0 \quad (6.54)$$

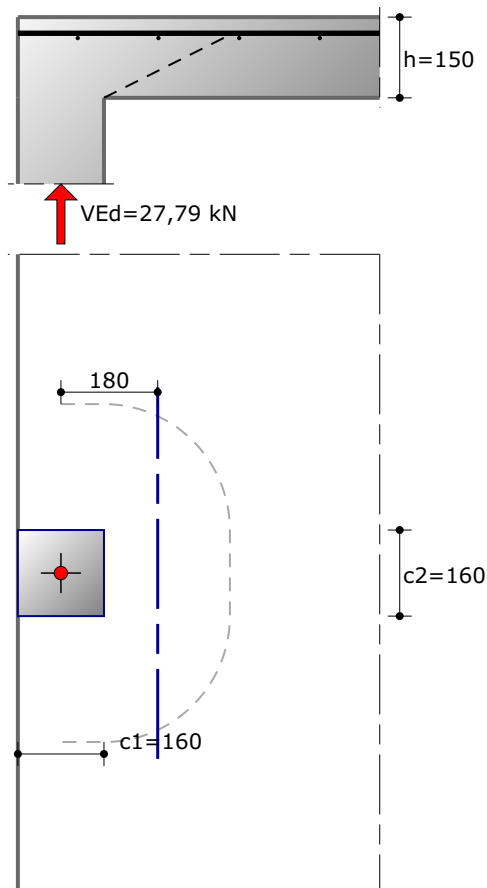
ALGEMEEN

Bestand :25061 pons.xcst

Gevolgklasse : CC1

PONS: Pons kolom portaal 3

INVOERGEGEVENS



Betonsterkteklasse	C20/25
Betonstaalsoort	B500B
Langswapening y	8-150
Langswapening z	8-150
1ste laag	Langswapening y
Dekking c	25 mm
Hoek ponswapening	90 graden
VEd	27,79 kN
Excentriciteit	ey = 0 mm ez = 0 mm
qEd	0 kN/m2

BEREKENING volgens Eurocode 2

Gehanteerde normen: : NEN-EN 1992-1-1+C1:2011/NB:2016+A1:2020 nl

Ponsberekening**art. 6.4.3**

$$d_{\text{eff}} = \frac{d_y + d_z}{2} = \frac{121 + 113}{2} = 117 \text{ mm} \quad \dots(6.32)$$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{\text{ck}}}{250} \right] = 0,6 \times \left[1 - \frac{20}{250} \right] = 0,552 \quad \dots(6.6N)$$

$$v_{\text{Rd,max}} = 0,4 v f_{\text{cd}} = 0,4 \times 0,552 \times 13,3 = 2,94 \text{ MPa}$$

$$c_1 / (2 c_2) = 160 / (2 \times 160) = 0,5 \quad k = 0,45 \quad \dots(T 6.1)$$

$$W_1 = 0,275 \text{ m}^2 \quad \dots(6.40)$$

$$\beta = \frac{u_1}{u_{1*}} + k \frac{u_1}{W_1} e_{\text{par}} = \frac{1215}{1055} + 0,45 \times \frac{1215}{0,275 \times 10^6} \times 0 = 1,15 \quad \dots(6.44)$$

$$u_0 = c_2 + 2c_1 = 160 + 2 \times 160 = 480 \text{ mm}$$

$$v_{\text{Ed}} = \beta \frac{V_{\text{Ed}}}{u_0 d} = 1,15 \times \frac{27,79 \times 10^3}{480 \times 117} = 0,57 \text{ MPa} < v_{\text{Rd,max}} = 2,94 \text{ MPa} \quad \dots(6.53)$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{117}} = 2,000 \leq 2,0$$

$$\rho_{ly} = A_{sly} / (b_w d_y) = 335 / (1000 \times 121) = 0,00277$$

$$\rho_{lz} = A_{slz} / (b_w d_z) = 335 / (1000 \times 113) = 0,00297$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \rho_{lz}} = \sqrt{0,003 \times 0,003} = 0,0028 < 0,02$$

$$v_{\text{Rd,c1}} = C_{\text{Rd,c}} k (100 \rho_l f_{\text{ck}})^{1/3} + k_1 \sigma_{\text{cp}} = \quad \dots(6.47)$$

$$= 0,12 \times 2 \times (100 \times 0,003 \times 20)^{1/3} + 0,15 \times 0 = 0,43 \text{ MPa}$$

$$v_{\text{min}} = 0,035 k^{3/2} f_{\text{ck}}^{1/2} = 0,035 \times 2^{3/2} \times 20^{1/2} = 0,44 \text{ MPa} \quad \dots(6.3N)$$

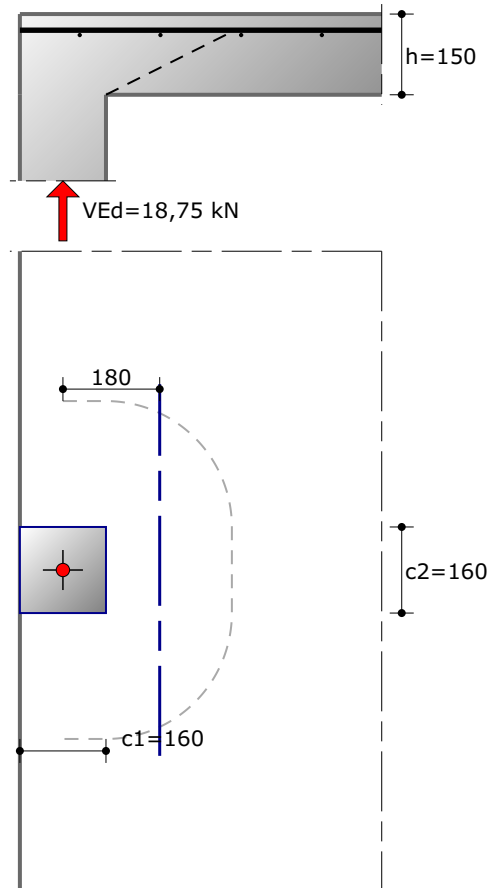
$$v_{\text{Rd,c2}} = v_{\text{min}} + k_1 \sigma_{\text{cp}} = 0,443 + 0,15 \times 0 = 0,44 \text{ MPa}$$

$$u_1 = 1215 \text{ mm} \quad u_{1*} = 1055 \text{ mm} \quad A_1 = 0,22 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{Ed}} = V_{\text{Ed}} - A_1 q_{\text{Ed}} = 28 - 0,22 \times 0,00 = 27,79 \text{ kN}$$

$$v_{\text{Ed}} = \beta \frac{V_{\text{Ed}}}{u_1 d} = 1,15 \times \frac{27,79 \times 10^3}{1215 \times 117} = 0,23 \text{ MPa} < v_{\text{Rd,c}} = 0,44 \text{ MPa}$$

Ponswapening is niet nodig

PONS: Pons kolom portaal 2 as C en 03**INVOERGEGEVENS**

Betonsterkteklasse	C20/25
Betonstaalsoort	B500B
Langswapening y	8-150
Langswapening z	8-150
1ste laag	Langswapening y
Dekking c	25 mm
Hoek ponswapening	90 graden
VEd	18,75 kN
Excentriciteit	ey = 0 mm ez = 0 mm
qEd	0 kN/m ²

BEREKENING volgens Eurocode 2

Gehanteerde normen: : NEN-EN 1992-1-1+C1:2011/NB:2016+A1:2020 nl

Ponsberekening**art. 6.4.3**

$$d_{\text{eff}} = \frac{d_y + d_z}{2} = \frac{121 + 113}{2} = 117 \text{ mm} \quad \dots(6.32)$$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{\text{ck}}}{250} \right] = 0,6 \times \left[1 - \frac{20}{250} \right] = 0,552 \quad \dots(6.6N)$$

$$v_{\text{Rd,max}} = 0,4 v f_{\text{cd}} = 0,4 \times 0,552 \times 13,3 = 2,94 \text{ MPa}$$

$$c_1 / (2 c_2) = 160 / (2 \times 160) = 0,5 \quad k = 0,45 \quad \dots(T 6.1)$$

$$W_1 = 0,275 \text{ m}^2 \quad \dots(6.40)$$

$$\beta = \frac{u_1}{u_{1*}} + k \frac{u_1}{W_1} e_{\text{par}} = \frac{1215}{1055} + 0,45 \times \frac{1215}{0,275 \times 10^6} \times 0 = 1,15 \quad \dots(6.44)$$

$$u_0 = c_2 + 2c_1 = 160 + 2 \times 160 = 480 \text{ mm}$$

$$v_{\text{Ed}} = \beta \frac{V_{\text{Ed}}}{u_0 d} = 1,15 \times \frac{18,75 \times 10^3}{480 \times 117} = 0,38 \text{ MPa} < v_{\text{Rd,max}} = 2,94 \text{ MPa} \quad \dots(6.53)$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{117}} = 2,000 \leq 2,0$$

$$\rho_{\text{ly}} = A_{\text{sly}} / (b_w d_y) = 335 / (1000 \times 121) = 0,00277$$

$$\rho_{\text{lz}} = A_{\text{slz}} / (b_w d_z) = 335 / (1000 \times 113) = 0,00297$$

$$\rho_{\text{l}} = \sqrt{\rho_{\text{ly}} \rho_{\text{lz}}} = \sqrt{0,003 \times 0,003} = 0,0028 < 0,02$$

$$v_{\text{Rd,c1}} = C_{\text{Rd,c}} k (100 \rho_{\text{l}} f_{\text{ck}})^{1/3} + k_1 \sigma_{\text{cp}} = \quad \dots(6.47)$$

$$= 0,12 \times 2 \times (100 \times 0,003 \times 20)^{1/3} + 0,15 \times 0 = 0,43 \text{ MPa}$$

$$v_{\text{min}} = 0,035 k^{3/2} f_{\text{ck}}^{1/2} = 0,035 \times 2^{3/2} \times 20^{1/2} = 0,44 \text{ MPa} \quad \dots(6.3N)$$

$$v_{\text{Rd,c2}} = v_{\text{min}} + k_1 \sigma_{\text{cp}} = 0,443 + 0,15 \times 0 = 0,44 \text{ MPa}$$

$$u_1 = 1215 \text{ mm} \quad u_{1*} = 1055 \text{ mm} \quad A_1 = 0,22 \text{ m}^2$$

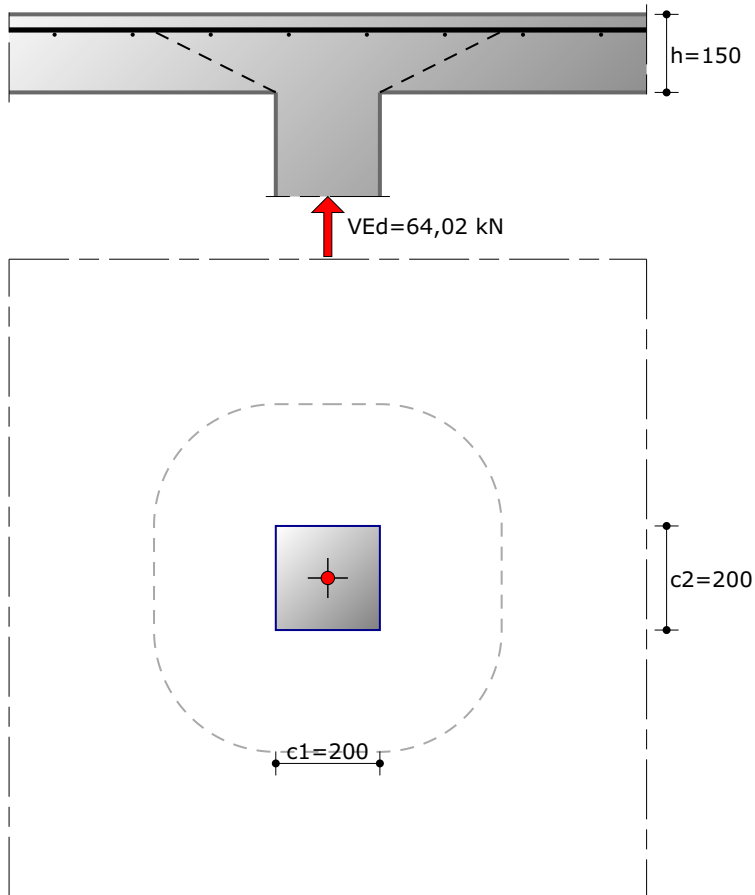
$$V_{\text{Ed}} = V_{\text{Ed}} - A_1 q_{\text{Ed}} = 19 - 0,22 \times 0,00 = 18,75 \text{ kN}$$

$$v_{\text{Ed}} = \beta \frac{V_{\text{Ed}}}{u_1 d} = 1,15 \times \frac{18,75 \times 10^3}{1215 \times 117} = 0,15 \text{ MPa} < v_{\text{Rd,c}} = 0,44 \text{ MPa}$$

Ponswapening is niet nodig

PONS: Pons middenkolom portaal 2 as 03

INVOERGEGEVENS



Betonsterkteklasse	C20/25
Betonstaalsoort	B500B
Langswapening y	8-150
Langswapening z	8-150
1ste laag	Langswapening y
Dekking c	25 mm
Hoek ponswapening	90 graden
VEd	64,02 kN
Excentriciteit	ey = 0 mm ez = 0 mm
qEd	0 kN/m2

BEREKENING volgens Eurocode 2

Gehanteerde normen: : NEN-EN 1992-1-1+C1:2011/NB:2016+A1:2020 nl

Ponsberekening**art. 6.4.3**

$$d_{\text{eff}} = \frac{d_y + d_z}{2} = \frac{121 + 113}{2} = 117 \text{ mm} \quad \dots(6.32)$$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \times \left[1 - \frac{20}{250} \right] = 0,552 \quad \dots(6.6N)$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 v f_{cd} = 0,4 \times 0,552 \times 13,3 = 2,94 \text{ MPa}$$

$$c_1/c_2 = 200 / 200 = 1 \quad k = 0,6 \quad \dots(T 6.1)$$

$$W_1 = 0,520 \text{ m}^2 \quad \dots(6.40)$$

$$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1} = 1 + 0,6 \times \frac{0 \times 10^6}{64,02 \times 10^3} \times \frac{2270}{0,520 \times 10^6} = 1,00 \quad \dots(6.39)$$

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_0 d} = 1,00 \times \frac{64,02 \times 10^3}{800 \times 117} = 0,68 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 2,94 \text{ MPa} \quad \dots(6.53)$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{117}} = 2,000 \leq 2,0$$

$$\rho_{ly} = A_{sly} / (b_w d_y) = 335 / (1000 \times 121) = 0,00277$$

$$\rho_{lz} = A_{slz} / (b_w d_z) = 335 / (1000 \times 113) = 0,00297$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \rho_{lz}} = \sqrt{0,003 \times 0,003} = 0,0028 < 0,02$$

$$v_{Rd,c1} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} = \quad \dots(6.47)$$

$$= 0,12 \times 2 \times (100 \times 0,003 \times 20)^{1/3} + 0,15 \times 0 = 0,43 \text{ MPa}$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 2^{3/2} \times 20^{1/2} = 0,44 \text{ MPa} \quad \dots(6.3N)$$

$$v_{Rd,c2} = v_{\min} + k_1 \sigma_{cp} = 0,443 + 0,15 \times 0 = 0,44 \text{ MPa}$$

$$u_1 = 2270 \text{ mm} \quad A_1 = 0,40 \text{ m}^2$$

$$V_{Ed} = V_{Ed} - A_1 q_{Ed} = 64 - 0,40 \times 0,00 = 64,02 \text{ kN}$$

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d} = 1,00 \times \frac{64,02 \times 10^3}{2270 \times 117} = 0,24 \text{ MPa} < v_{Rd,c} = 0,44 \text{ MPa}$$

Ponswapening is niet nodig

Legenda toegepaste uitzonderingsgrondslagen

In dit document zijn gegevens definitief geanonimiseerd op grond van:

Wet	Artikel	Omschrijving	Pagina's
Wet open overheid	Art. 5.1 lid 1 sub e	Nummers betreft die dienen ter identificatie van personen die bij wet of algemene maatregel van bestuur zijn voorgeschreven	69, 133
Wet open overheid	Art. 5.1 lid 2 sub e	De eerbiediging van de persoonlijke levenssfeer	1, 2