

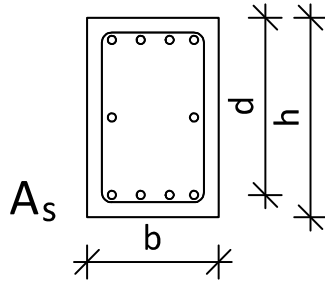
EC-Dutch

EC2 Beton

Berekening dwarskrachtwapening betondoorsnede

NEN-EN 1992-1-1 6.2

Geometrie



Hoogte $h =$		600 mm
Breedte $b =$		400 mm
Diameterhoofdwapening $d_{\text{hoofd}} =$		16 mm
Dekking $c_{\text{nom}} =$		40 mm
Diameterbeugels $d_{\text{beugels}} =$		8 mm
h.o.h afstand beugels $s =$		50 mm
$b_w =$	b	$= 400 \text{ mm}$
$d =$	$h - c_{\text{nom}} - d_{\text{beugels}} - 0,5 \cdot d_{\text{hoofd}}$	$= 544 \text{ mm}$
$z =$	$0,900 \cdot d$	$= 490 \text{ mm}$
$A_{\text{sw}} =$	$2 \cdot \pi \cdot (1/2 \cdot d_{\text{beugels}})^2$	$= 101 \text{ mm}^2$

Materialen

Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C20/25
Wapening =	SEL("NL/betonstaal";Naam;fyk≤600)	=	B500
$f_{\text{ck}} =$	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	20 N/mm ²
$f_{\text{yk}} =$	TAB("NL/betonstaal";fyk;Naam=Wapening)	=	500 N/mm ²
$\gamma_c =$			1,50
$\gamma_s =$			1,15
$f_{\text{cd}} =$	f_{ck} / γ_c	=	13 N/mm ²
$f_{\text{ywd}} =$	f_{yk} / γ_s	=	435 N/mm ²

Belasting

$V_{\text{Ed}} =$		600 kN
-------------------	--	--------

Berekening

$$V_{Ed} = \frac{V_{Ed} * 10^3}{b_w * d} = 2,76 \text{ N/mm}^2$$

$$v = 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,55$$

$$v_1 = v = 0,55$$

$$\alpha_{cw} = 1$$

$$\Theta = \text{MAX}\left(0,5 * \text{ASIN}\left(\frac{2 * V_{Ed} * 10^3}{\alpha_{cw} * b_w * z * v_1 * f_{cd}}\right) + 1; 25\right) = 30^\circ$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} * z * f_{ywd} * \frac{1}{\tan(\Theta)} * 10^{-3} = 746 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} * b_w * z * v_1 * f_{cd}}{1 / \tan(\Theta) + \tan(\Theta)} * 10^{-3} = 607 \text{ kN}$$

$$s_{min} = \frac{A_{sw}}{V_{Ed}} * z * f_{ywd} * \frac{1}{\tan(\Theta)} * 10^{-3} = 62 \text{ mm}$$

$$V_{Rd} = \text{MIN}(V_{Rd,max}; V_{Rd,s}) = 607 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 600 \text{ kN} < V_{Rd}$$

Berekening dwarskrachtwapening betondoorsnede

Geometrie

Hoogte h =		400 mm
Breedte b_w =		250 mm
Diameterhoofdwapening d_{hoofd} =		16 mm
Dekking c_{nom} =		35 mm
Diameterbeugels $d_{beugels}$ =		12 mm
h.o.h afstand beugels s =		50 mm
d =	$h - c_{nom} - d_{beugels} - 0,5 * d_{hoofd}$	= 345 mm
z =	$0,9 * d$	= 311 mm
A_{sw} =	$2 * \pi * (1/2 * d_{beugels})^2$	= 226 mm ²

Belasting

V_{Ed} =		350 kN
------------	--	--------

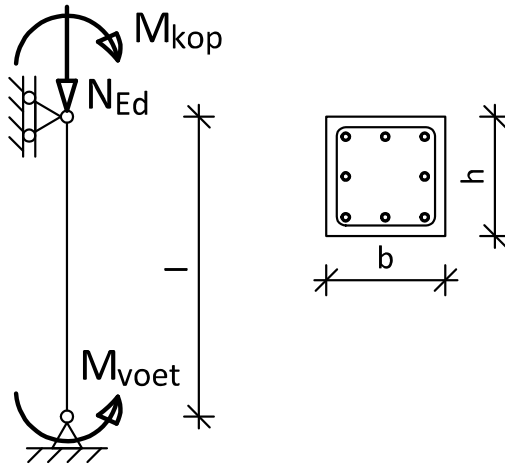
Berekening

$V_{Rd,s}$ =	$\frac{A_{sw}}{s} * z * 435 * 10^{-3}$	= 611 kN
$V_{Rd,max}$ =	$\frac{1 * b_w * z * 0,53 * 19}{2} * 10^{-3}$	= 391 kN
s_{min} =	$\frac{A_{sw}}{V_{Ed}} * z * 435 * 10^{-3}$	= 87 mm
V_{Rd} =	$MIN(V_{Rd,max}; V_{Rd,s})$	= 391 kN
V_{Ed}		= 350 kN < V_{Rd}

Berekening geschoorde kolom

NEN-EN 1992-1-1 artikel 5.8.3

Geometrie



Breedte $b =$		300 mm
Hoogte $h =$		300 mm
Lengte $l =$		3000 mm
Figuur 5.7 van NEN EN 1992-1-1 geeft		
Effectieve lengtefactor $F =$		1,0
Effectieve lengte $l_0 =$	$F \cdot l$	$= 3000 \text{ mm}$
Traagheidsstraal $i =$	$\sqrt{1/12 \cdot h^2}$	$= 87 \text{ mm}$

Materialen en veiligheidsfactoren

Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C28/35
Wapening =	SEL("NL/betonstaal";Naam;fyk≤600)	=	B500
$f_{ck} =$	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	28,0 N/mm ²
$f_{yk} =$	TAB("NL/betonstaal";fyk;Naam=Wapening)	=	500 N/mm ²
$\gamma_c =$			1,50
$\gamma_s =$			1,15
$f_{cd} =$	f_{ck} / γ_c	=	18,7 N/mm ²
$f_{yd} =$	f_{yk} / γ_s	=	435 N/mm ²

Belastingen

$N_{Ed} =$	500 kN
$M_{kop} =$	9 kNm
$M_{voet} =$	45 kNm

Eerste-orde eindmomenten

$e_i =$	$\text{MAX}(l_0 / 400; h / 30; 20)$	=	20 mm
$M_{01} =$	$\text{MIN}(M_{kop} ; M_{voet}) + e_i \cdot 10^{-3} \cdot N_{Ed}$	=	19 kNm
$M_{02} =$	$\text{MAX}(M_{kop} ; M_{voet}) + e_i \cdot 10^{-3} \cdot N_{Ed}$	=	55 kNm

M_{01} en M_{02} moeten hetzelfde teken hebben als zij aan dezelfde zijde trek veroorzaken.

Slankheid

$$\begin{aligned} \lambda &= l_0 / i &= & 34 \\ \varphi_{ef} &= & & 2,14 \\ A_s &= & & 1008 \text{ mm}^2 \\ A_c &= b \cdot h &= & 90000 \text{ mm}^2 \\ \omega &= A_s \cdot f_{yd} / (A_c \cdot f_{cd}) &= & 0,261 \\ n &= N_{Ed} \cdot 10^3 / (A_c \cdot f_{cd}) &= & 0,30 \\ r_m &= M_{01} / M_{02} &= & 0,35 \\ A &= 1 / (1 + 0,2 \cdot \varphi_{ef}) &= & 0,70 \\ B &= \sqrt{1 + 2 \cdot \omega} &= & 1,23 \\ C &= 1,7 - r_m &= & 1,35 \\ \lambda_{lim} &= 20 \cdot A \cdot B \cdot C / \sqrt{n} &= & 42 \\ \text{Als } \lambda < \lambda_{lim} &\text{ dan is de kolom niet slank} \\ \lambda &= \lambda &= & 34 < \lambda_{lim} \end{aligned}$$

Vaststellen benodigde wapening voor niet slanke kolom

$$\begin{aligned} M_{Ed} &= M_{02} &= & 55 \text{ kNm} \\ N_{Ed} / (f_{cd} \cdot A_c) \cdot 10^3 &= & & 0,30 \\ M_{Ed} / (f_{cd} \cdot b \cdot h^2) \cdot 10^6 &= & & 0,11 \\ \text{Lees } r = A_s f_{yk} / b h f_{ck} &\text{ af uit de grafiek} \\ r &= & & 0,20 \\ A_{s,rqd,tot} &= r \cdot \frac{A_c \cdot f_{ck}}{f_{yk}} &= & 1008 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

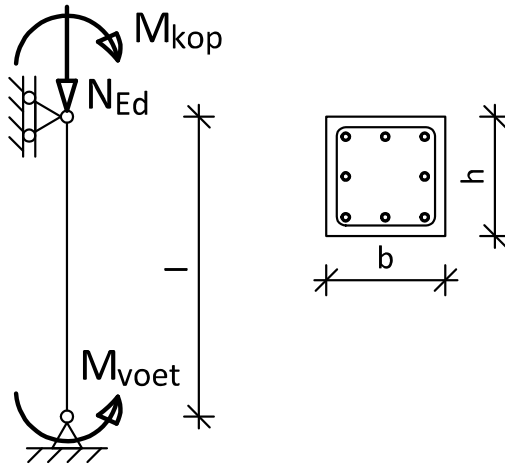
Toegepaste wapening

$$\begin{aligned} \text{Wapening} &= \text{GEW}(\text{"NL/wapening"; Naam}; A_s > A_{s,rqd,tot}) &= & 6 \text{ } \varnothing 16 \\ A_{s,toe} &= \text{TAB}(\text{"NL/wapening"; } A_s; \text{Naam=Wapening}) &= & 1206 \text{ mm}^2 > A_{s,rqd,tot} \end{aligned}$$

Berekening geschoorde kolom

NEN-EN 1992-1-1 artikel 5.8.3

Geometrie



Breedte $b =$		300 mm
Hoogte $h =$		300 mm
Lengte $l =$		6000 mm
Figuur 5.7 van NEN EN 1992-1-1 geeft		
Effectieve lengtefactor $F =$		1,0
Effectieve lengte $l_0 =$	$F \cdot l$	$= 6000 \text{ mm}$
Traagheidsstraal $i =$	$\sqrt{1/12 \cdot h^2}$	$= 87 \text{ mm}$

Materialen en veiligheidsfactoren

Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C28/35
Wapening =	SEL("NL/betonstaal";Naam;fyk≤600)	=	B500
$f_{ck} =$	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	28,0 N/mm ²
$f_{yk} =$	TAB("NL/betonstaal";fyk;Naam=Wapening)	=	500 N/mm ²
$\gamma_c =$			1,50
$\gamma_s =$			1,15
$f_{cd} =$	f_{ck} / γ_c	=	18,7 N/mm ²
$f_{yd} =$	f_{yk} / γ_s	=	435 N/mm ²
$E_s =$			210000 N/mm ²

Belastingen

$N_{Ed} =$	800 kN
$M_{kop} =$	9 kNm
$M_{voet} =$	20 kNm

Eerste-orde eindmomenten

$e_i =$	$\text{MAX}(l_0 / 400; h / 30; 20)$	=	20 mm
$M_{01} =$	$\text{MIN}(M_{kop} ; M_{voet}) + e_i \cdot 10^{-3} \cdot N_{Ed}$	=	25 kNm
$M_{02} =$	$\text{MAX}(M_{kop} ; M_{voet}) + e_i \cdot 10^{-3} \cdot N_{Ed}$	=	36 kNm

M_{01} en M_{02} moeten hetzelfde teken hebben als zij aan dezelfde zijde trek veroorzaken.

Slankheid

$$\begin{aligned} \lambda &= l_0 / i &= & 69 \\ \varphi_{ef} &= & & 2,14 \\ A_s &= & & 2270 \text{ mm}^2 \\ A_c &= b \cdot h &= & 90000 \text{ mm}^2 \\ \omega &= A_s \cdot f_{yd} / (A_c \cdot f_{cd}) &= & 0,587 \\ n &= N_{Ed} \cdot 10^3 / (A_c \cdot f_{cd}) &= & 0,48 \\ r_m &= M_{01} / M_{02} &= & 0,69 \\ A &= 1 / (1 + 0,2 \cdot \varphi_{ef}) &= & 0,70 \\ B &= \sqrt{1 + 2 \cdot \omega} &= & 1,47 \\ C &= 1,7 - r_m &= & 1,01 \\ \lambda_{lim} &= 20 \cdot A \cdot B \cdot C / \sqrt{n} &= & 30 \\ \text{Als } \lambda &\geq \lambda_{lim} \text{ dan is de kolom slank} \\ \lambda &= \lambda &= & 69 \geq \lambda_{lim} \end{aligned}$$

Vaststellen benodigde wapening voor slanke kolom

$$\begin{aligned} n_u &= 1 + \omega &= & 1,587 \\ n_{bal} &= & & 0,40 \\ K_r &= \text{MIN}\left(\frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}}; 1\right) &= & 0,933 \\ \beta &= 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 &= & 0,030 \\ K_\varphi &= \text{MAX}(1 + \beta \cdot \varphi_{ef}; 1) &= & 1,064 \\ d &= 0,9 \cdot h &= & 270 \text{ mm} \\ e_2 &= 0,1 \cdot K_r \cdot K_\varphi \cdot f_{yd} \cdot l_0^2 / (0,45 \cdot d \cdot E_s) &= & 61 \text{ mm} \\ M_{0e} &= \text{MAX}(0,6 \cdot M_{02} + 0,4 \cdot M_{01}; 0,4 \cdot M_{02}) &= & 32 \text{ kNm} \\ M_2 &= N_{Ed} \cdot e_2 \cdot 10^{-3} &= & 49 \text{ kNm} \\ M_{Ed} &= \text{MAX}(M_{02}; M_{0e} + M_2; M_{01} + 0,5 \cdot M_2) &= & 81 \text{ kNm} \\ N_{Ed} / (f_{cd} \cdot A_c) \cdot 10^3 & &= & 0,48 \\ M_{Ed} / (f_{cd} \cdot b \cdot h^2) \cdot 10^6 & &= & 0,16 \\ \text{Lees } r &= A_s f_{yk} / b h f_{ck} \text{ af uit de grafiek} \\ r &= & & 0,45 \\ A_{s,rqd,tot} &= r \cdot \frac{A_c \cdot f_{ck}}{f_{yk}} &= & 2268 \text{ mm}^2 \\ \text{Controleer of de geschatte wapening overeenkomt met } A_{s,rqd,tot} \\ A_s / A_{s,rqd,tot} &= & & 1,00 \end{aligned}$$

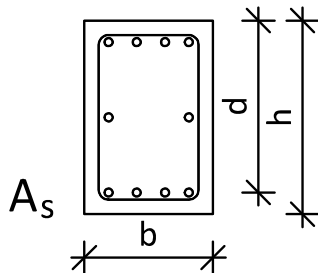
Toegepaste wapening

$$\begin{aligned} \text{Wapening} &= \text{GEW}(\text{"NL/wapening"; Naam}; A_s > A_{s,rqd,tot}) &= & 8 \text{ } \varnothing 20 \\ A_{s,toe} &= \text{TAB}(\text{"NL/wapening"; } A_s; \text{Naam=Wapening}) &= & 2513 \text{ mm}^2 > A_{s,rqd,tot} \end{aligned}$$

Berekening hoofdwapening betondoorsnede

NEN-EN 1992-1-1 artikel 6.1

Geometrie



Hoogte h =	600 mm
Breedte b =	400 mm
Diameterhoofdwapening d_{hoofd} =	16 mm
Dekking c_{nom} =	35 mm
Diameterbeugels $d_{beugels}$ =	8 mm
b_i =	b = 400 mm

Materialen

Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C28/35
Wapening =	SEL("NL/betonstaal";Naam;fyk≤600)	=	B500
f_{ck} =	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	28 N/mm ²
f_{ctm} =	TAB("NL/betonsterkteklassen";fctm;Naam=Beton)	=	2,80 N/mm ²
f_{yk} =	TAB("NL/betonstaal";fyk;Naam=Wapening)	=	500 N/mm ²
γ_c =			1,50
γ_s =			1,15
f_{yd} =	f_{yk} / γ_s	=	435 N/mm ²
f_{cd} =	f_{ck} / γ_c	=	19 N/mm ²

Belastingen

M_{Ed} =	425 kNm
δ =	1,0
Geen herverdeling.	

Bepaling hoofdwapening

$$d = h - c_{nom} - d_{beugels} - 0,5 * d_{hoofd} = 549 \text{ mm}$$

$$K = \frac{M_{Ed} * 10^6}{b * d^2 * f_{ck}} = 0,126$$

$$K' = 0,51 * \delta - 0,1244 * \delta^2 - 0,2 = 0,19$$

$$z = \frac{d}{2} * (1 + \sqrt{1 - 28 * K / 9}) = 489 \text{ mm}$$

$$x = \frac{18}{7} * (d - z) = 154 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{M_{Ed} * 10^6}{f_{yd} * z} = 1998 \text{ mm}^2$$

Controle drukwapening

$$K' = 0,51 * \delta - 0,1244 * \delta^2 - 0,2 = 0,19$$

$$K / K' = 0,66 \leq 1$$

Als $K / K' > 1$ dan drukwapening toepassen

Controle minimumwapening

$$A_{s,min1} = \frac{0,26 * f_{ctm} * b_t * d}{f_{yk}} = 320 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min2} = 0,0013 * b_t * d = 285 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \text{MAX}(A_{s,min1}; A_{s,min2}) = 320 \text{ mm}^2 < A_s$$

Controle maximumwapening

$$A_c = b * h = 240000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 9600 > A_s$$

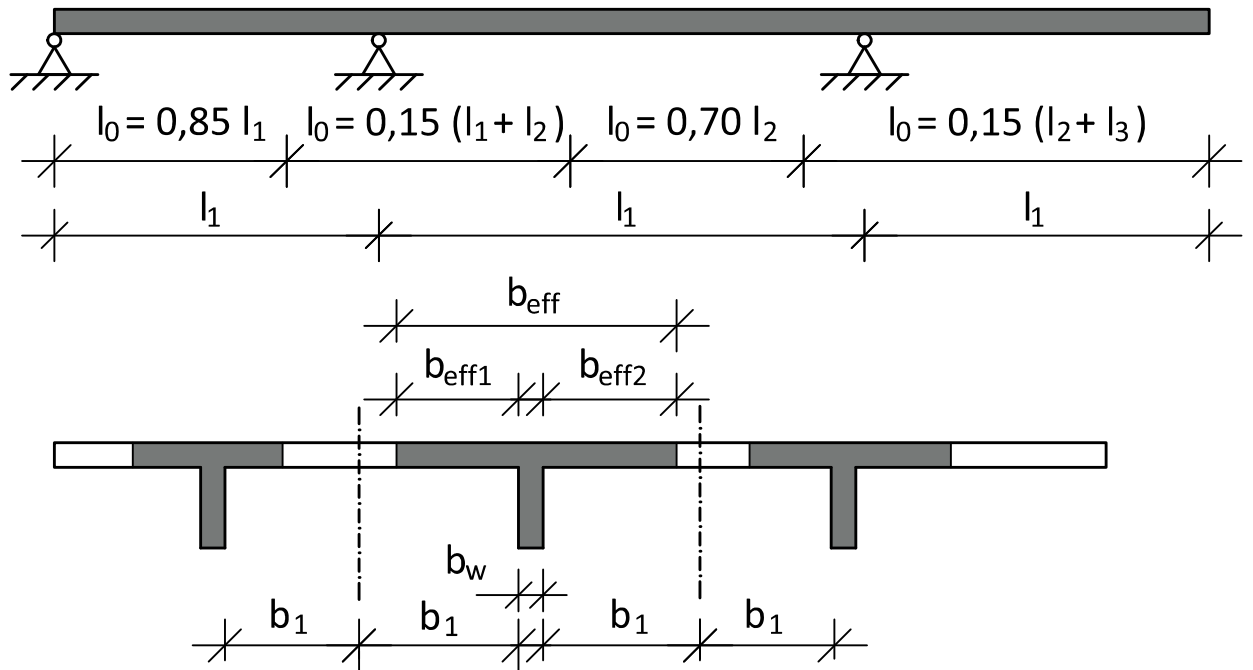
Toegepaste wapening

$$\text{Wapening} = \text{GEW}(\text{"NL/wapening";Naam}; A_s > A_s) = 10 \text{ } \varnothing 16$$

$$A_{s,toe} = \text{TAB}(\text{"NL/wapening";} A_s; \text{Naam=Wapening}) = 2010 > A_s$$

Berekening hoofdwapening T ligger

Geometrie



Totale hoogte $h =$		600 mm
Dikte flens $h_f =$		300 mm
Breedte $b_w =$		300 mm
$b_1 =$		900 mm
$b_2 =$		800 mm
$l_1 =$		3500 mm
$l_2 =$		4500 mm
$l_3 =$		10000 mm
$l_0 =$	$0,85 * l_1$	= 2975 mm
$l_0 =$	$0,15 * (l_1 + l_2)$	= 1200 mm
$l_0 =$	$0,7 * l_2$	= 3150 mm
$l_0 =$	$0,15 * (l_2 + l_3)$	= 2175 mm
$b_{eff1} =$	$MIN((0,2 * b_1 + 0,1 * l_0); 0,2 * l_0; b_1)$	= 398 mm
$b_{eff2} =$	$MIN((0,2 * b_2 + 0,1 * l_0); 0,2 * l_0; b_2)$	= 378 mm
$b_{eff} =$	$(b_w + b_{eff1} + b_{eff2})$	= 1076 mm
$b =$	b_{eff}	= 1076 mm
Diameterhoofdwapening $d_{hoofd} =$		16 mm
Dekking $c_{nom} =$		25 mm
Diameterbeugels $d_{beugels} =$		8 mm

Materialen

Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C20/25
Wapening =	SEL("NL/betonstaal";Naam;fyk≤600)	=	B500
f _{ck} =	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	20 N/mm ²
f _{yk} =	TAB("NL/betonstaal";fyk;Naam=Wapening)	=	500 N/mm ²
γ _c =			1,50
γ _s =			1,15
f _{yd} =	f _{yk} / γ _s	=	435 N/mm ²
f _{ywd} =	f _{yk} / γ _s	=	435 N/mm ²
f _{cd} =	f _{ck} / γ _c	=	13 N/mm ²

Belastingen

$$M_{Ed} = 1500 \text{ kNm}$$

$$\delta = 1,0$$

δ geeft de herverdelingverhouding aan, δ = 1 voor een herverdeling van 0%

Bepaling hoofdwapening

$$d = h - c_{nom} - d_{beugels} - 0,5 * d_{hoofd} = 559 \text{ mm}$$

$$K = \frac{M_{Ed} * 10^6}{b * d^2 * f_{ck}} = 0,223$$

$$K' = 0,51 * \delta - 0,1244 * \delta^2 - 0,2 = 0,19$$

$$z = \frac{d}{2} * (1 + \sqrt{1 - 28 * K / 9}) = 434 \text{ mm}$$

$$x = \frac{18}{7} * (d - z) = 321 \text{ mm}$$

Als $x \leq h_f$ dan A_s berekenen als rechthoekige doorsnede anders uitgebreide methode

$$A_s = \frac{M_{Ed} * 10^6}{f_{yd} * z} = 7945 \text{ mm}^2$$

Uitgebreide methode bepaling A_s :

$$M_{R,f} = \frac{0,67 * f_{ck} * (b_{eff} - b_w) * h_f * (d - 0,5 * h_f)}{10^6} = 1276 \text{ kNm}$$

$$K_f = \frac{(M_{Ed} - M_{R,f}) * 10^6}{f_{ck} * b_w * d^2} = 0,12 < K'$$

$$A_s = \frac{M_{R,f} * 10^6}{f_{ywd} * (d - 0,5 * h_f)} + \frac{(M_{Ed} - M_{R,f}) * 10^6}{f_{ywd} * z} = 8358 \text{ mm}^2$$

Controle schuifspanning in de verticale aansluitvlakken tussen lijf en flens

$$\Delta x = 970 \text{ mm}$$

$$\Delta F_d = 840 \text{ kN}$$

$$v = 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,55$$

$$v_{Ed} = \Delta F_d * 10^3 / (h_f * \Delta x) = 2,89 \text{ N/mm}^2$$

De flens is niet op trek belast:

$$\Theta_f = \text{MAX} \left(0,5 * \text{asin} \left(\frac{V_{Ed}}{0,2 * f_{ck} * (1 - f_{ck} / 250)} \right); 26,5 \right) = 26,5^\circ$$

$$v_{Rd} = v * f_{cd} * \text{SIN}(\Theta_f) * \text{COS}(\Theta_f) = 2,86 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd} = 2,86 \geq v_{Ed}$$

$$A_{sf} = \frac{v_{Ed} * h_f * 10^3}{f_{yd} / \tan(\Theta_f)} = 994 \text{ mm}^2/\text{m}$$

De flens is op trek belast:

$$\Theta_f = \text{MAX} \left(0,5 * \text{asin} \left(\frac{V_{Ed}}{0,2 * f_{ck} * (1 - f_{ck} / 250)} \right); 38,6 \right) = 38,6^\circ$$

$$v_{Rd} = v * f_{cd} * \text{SIN}(\Theta_f) * \text{COS}(\Theta_f) = 3,49 \text{ N/mm}^2$$

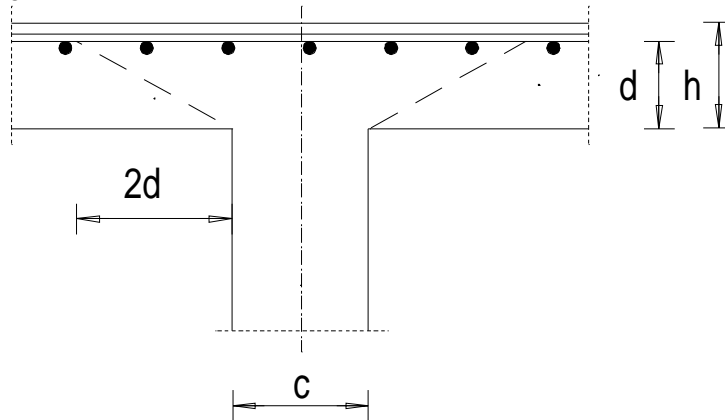
$$v_{Rd} = 3,49 \geq v_{Ed}$$

$$A_{sf} = \frac{v_{Ed} * h_f * 10^3}{f_{yd} / \tan(\Theta_f)} = 1591 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ponsberekening rechthoekige hoekkolom

NEN-EN 1992-1-1:2005 artikel 6.4, geen excentriciteiten

Geometrie:



Hoogte $h =$		200 mm
Ø hoofwapening in x richting $d_{\text{hoofd},x} =$		12 mm
Ø hoofwapening in y richting $d_{\text{hoofd},y} =$		12 mm
Dekking $c_{\text{nom}} =$		20 mm
Breedte kolom $c_1 =$		400 mm
Dikte kolom $c_2 =$		250 mm
$d_x =$	$h - c_{\text{nom}} - 0,5 * d_{\text{hoofd},x}$	$= 174 \text{ mm}$
$d_y =$	$h - c_{\text{nom}} - d_{\text{hoofd},x} - 0,5 * d_{\text{hoofd},y}$	$= 162 \text{ mm}$
$d_{\text{eff}} =$	$(d_x + d_y) / 2$	$= 168 \text{ mm}$

Materialen en veiligheidsfactoren

Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C30/37
Wapening =	SEL("NL/betonstaal";Naam;fyk≤600)	=	B500B
$f_{\text{ck}} =$	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	30 N/mm ²
$f_{\text{yk}} =$	TAB("NL/betonstaal";fyk;Naam=Wapening)	=	500 N/mm ²
$\gamma_c =$			1,50
$\gamma_s =$			1,15
$f_{\text{ywd}} =$	f_{yk} / γ_s	=	435 N/mm ²

Belastingen

$$V_{\text{Ed}} = 120 \text{ kN}$$

Controle schuifspanning direct naast de kolom

Hoekkolom $\beta =$		1,50
$u_0 =$	$\text{MIN}(3 * d_{\text{eff}}; c_1 + c_2)$	$= 504 \text{ mm}$
$v_{\text{Rdmax}} =$	$0,5 * 0,6 * \left(1 - \frac{f_{\text{ck}}}{250}\right) * f_{\text{ck}} / 1,5$	$= 5,28 \text{ N/mm}^2$
$v_{\text{Ed,max}} =$	$\beta * V_{\text{Ed}} / (u_0 * d_{\text{eff}}) * 10^3$	$= 2,13 \text{ N/mm}^2 < v_{\text{Rdmax}}$

Controle schuifspanning eerste controledoorsnede

$$\begin{aligned}
 u_1 &= 0,5 * \pi * d_{\text{eff}} + c_1 + c_2 && = 914 \text{ mm} \\
 k &= \text{MIN}(1 + \sqrt{(200 / d_{\text{eff}}); 2}) && = 2,000 \\
 \text{Wapening in x richting } \rho_{1x} &= 0,020 \\
 \text{Wapening in y richting } \rho_{1y} &= 0,020 \\
 \rho &= \text{MIN}(\sqrt{\rho_{1x} * \rho_{1y}}; 0,02) && = 0,020 \\
 v_{\text{Rd,c}} &= \text{MAX}(0,12 * k * (100 * \rho * f_{\text{ck}})^{1/3}; 0,035 * k^{3/2} * f_{\text{ck}}^{1/2}) && = 0,94 \text{ N/mm}^2 \\
 v_{\text{Ed,max}} &= \beta * V_{\text{Ed}} / (u_1 * d_{\text{eff}}) * 10^3 && = 1,17 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bepaling vereiste hoeveelheid ponswapening voor eerste doorsnede

$$\begin{aligned}
 f_{\text{ywd,ef}} &= \text{MIN}(250 + 0,25 * d_{\text{eff}}; f_{\text{ywd}}) && = 292 \text{ N/mm}^2 \\
 s_r &= 100 \text{ mm} \\
 A_{\text{sw}} &= (v_{\text{Ed,max}} - 0,75 * v_{\text{Rd,c}}) * s_r * u_1 / (1,5 * f_{\text{ywd,ef}}) && = 97 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

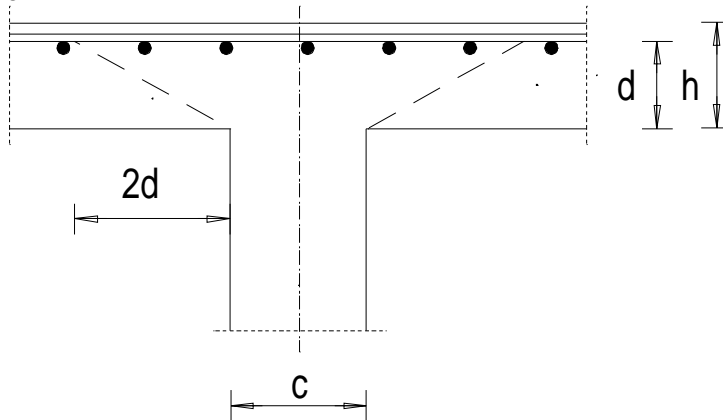
Bepaling van de controle-omtrek waarvoor geen ponswapening is vereist

$$\begin{aligned}
 u_{\text{out,ef}} &= \beta * V_{\text{Ed}} / (v_{\text{Rd,c}} * d_{\text{eff}}) * 10^3 && = 1140 \text{ mm} \\
 r_{\text{out,ef}} &= (u_{\text{out,ef}} - c_1 - c_2) / (0,5 * \pi) && = 312 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Ponsberekening rechthoekige middenkolom

NEN-EN 1992-1-1:2005, geen excentriciteiten

Geometrie:



Hoogte $h =$		200 mm
\varnothing hoofdwapening in x richting $d_{\text{hoofd,x}} =$		12 mm
\varnothing hoofdwapening in y richting $d_{\text{hoofd,y}} =$		12 mm
Dekking $c_{\text{nom}} =$		20 mm
Breedte kolom $c_1 =$		400 mm
Dikte kolom $c_2 =$		250 mm
$d_x =$	$h - c_{\text{nom}} - 0,5 * d_{\text{hoofd,x}}$	$= 174 \text{ mm}$
$d_y =$	$h - c_{\text{nom}} - d_{\text{hoofd,x}} - 0,5 * d_{\text{hoofd,y}}$	$= 162 \text{ mm}$
$d_{\text{eff}} =$	$(d_x + d_y) / 2$	$= 168 \text{ mm}$

Materialen en veiligheidsfactoren

Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C30/37
Wapening =	SEL("NL/betonstaal";Naam;fyk≤600)	=	B500B
$f_{\text{ck}} =$	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	30 N/mm ²
$f_{\text{yk}} =$	TAB("NL/betonstaal";fyk;Naam=Wapening)	=	500 N/mm ²
$\gamma_c =$			1,50
$\gamma_s =$			1,15
$f_{\text{ywd}} =$	f_{yk} / γ_s	=	435 N/mm ²

Belastingen

$$V_{\text{Ed}} = 700 \text{ kN}$$

Controle schuifspanning direct naast de kolom

Middenkolom $\beta =$		1,15
$u_0 =$	$2 * c_1 + 2 * c_2$	$= 1300 \text{ mm}$
$v_{\text{Rdmax}} =$	$0,5 * 0,6 * \left(1 - \frac{f_{\text{ck}}}{250}\right) * f_{\text{ck}} / 1,5$	$= 5,28 \text{ N/mm}^2$
$v_{\text{Ed,max}} =$	$\beta * V_{\text{Ed}} / (u_0 * d_{\text{eff}}) * 10^3$	$= 3,69 \text{ N/mm}^2 < v_{\text{Rdmax}}$

Controle schuifspanning eerste controledoorsnede

$$\begin{aligned}
 u_1 &= \pi * 2 * 2 * d_{\text{eff}} + u_0 && = 3411 \text{ mm} \\
 k &= \text{MIN}(1 + \sqrt{(200 / d_{\text{eff}}); 2}) && = 2,000 \\
 \text{Wapening in x richting } \rho_{1x} &= 0,020 \\
 \text{Wapening in y richting } \rho_{1y} &= 0,020 \\
 \rho &= \text{MIN}(\sqrt{\rho_{1x} * \rho_{1y}}; 0,02) && = 0,020 \\
 v_{\text{Rd,c}} &= \text{MAX}(0,12 * k * (100 * \rho * f_{\text{ck}})^{1/3}; 0,035 * k^{3/2} * f_{\text{ck}}^{1/2}) && = 0,94 \text{ N/mm}^2 \\
 v_{\text{Ed,max}} &= \beta * V_{\text{Ed}} / (u_1 * d_{\text{eff}}) * 10^3 && = 1,40 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bepaling vereiste hoeveelheid ponswapening voor eerste doorsnede

$$\begin{aligned}
 f_{\text{ywd,ef}} &= \text{MIN}(250 + 0,25 * d_{\text{eff}}; f_{\text{ywd}}) && = 292 \text{ N/mm}^2 \\
 s_r &= 100 \text{ mm} \\
 A_{\text{sw}} &= (v_{\text{Ed,max}} - 0,75 * v_{\text{Rd,c}}) * s_r * u_1 / (1,5 * f_{\text{ywd,ef}}) && = 541 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Bepaling van de controle-omtrek waarvoor geen ponswapening is vereist

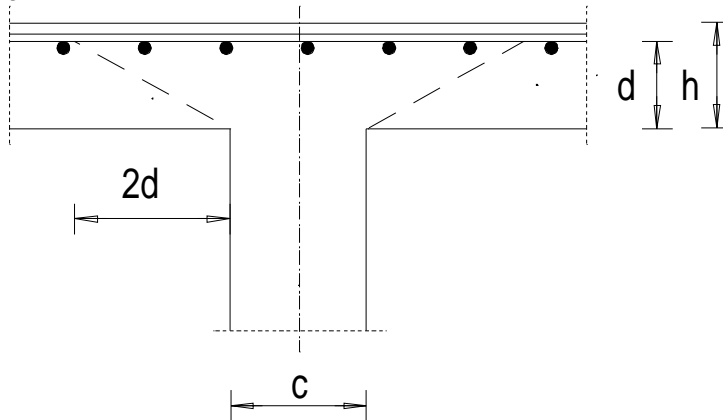
$$\begin{aligned}
 u_{\text{out,ef}} &= \beta * V_{\text{Ed}} / (v_{\text{Rd,c}} * d_{\text{eff}}) * 10^3 && = 5098 \text{ mm} \\
 r_{\text{out,ef}} &= (u_{\text{out,ef}} - u_0) / (2 * \pi) && = 604 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$r_{\text{out,ef}}$ is de afstand tussen de buitenkant van de kolom tot aan de controle-omtrek $r_{\text{out,ef}}$ is de afstand

Ponsberekening rechthoekige randkolom

NEN-EN 1992-1-1:2005, geen excentriciteiten

Geometrie:



Hoogte $h =$		200 mm
\varnothing hoofwapening in x richting $d_{\text{hoofd,x}} =$		12 mm
\varnothing hoofwapening in y richting $d_{\text{hoofd,y}} =$		12 mm
Dekking $c_{\text{nom}} =$		20 mm
Breedte kolom $c_1 =$		250 mm
Dikte kolom $c_2 =$		150 mm
$d_x =$	$h - c_{\text{nom}} - 0,5 * d_{\text{hoofd,x}}$	$= 174 \text{ mm}$
$d_y =$	$h - c_{\text{nom}} - d_{\text{hoofd,x}} - 0,5 * d_{\text{hoofd,y}}$	$= 162 \text{ mm}$
$d_{\text{eff}} =$	$(d_x + d_y) / 2$	$= 168 \text{ mm}$

Materialen en veiligheidsfactoren

Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C30/37
Wapening =	SEL("NL/betonstaal";Naam;fyk≤600)	=	B500B
$f_{\text{ck}} =$	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	30 N/mm ²
$f_{\text{yk}} =$	TAB("NL/betonstaal";fyk;Naam=Wapening)	=	500 N/mm ²
$\gamma_c =$			1,50
$\gamma_s =$			1,15
$f_{\text{ywd}} =$	f_{yk} / γ_s	=	435 N/mm ²

Belastingen

$$V_{\text{Ed}} = 400 \text{ kN}$$

Controle schuifspanning direct naast de kolom

Randkolom $\beta =$		1,40
$u_0 =$	$\text{MIN}(c_2 + 3 * d_{\text{eff}}; c_2 + 2 * c_1)$	$= 650 \text{ mm}$
$v_{\text{Rdmax}} =$	$0,5 * 0,6 * \left(1 - \frac{f_{\text{ck}}}{250}\right) * f_{\text{ck}} / 1,5$	$= 5,28 \text{ N/mm}^2$
$v_{\text{Ed,max}} =$	$\beta * V_{\text{Ed}} / (u_0 * d_{\text{eff}}) * 10^3$	$= 5,13 \text{ N/mm}^2 < v_{\text{Rdmax}}$

Controle schuifspanning eerste controledoorsnede

$$\begin{aligned}
 u_1 &= \pi * d_{\text{eff}} + c_1 + c_2 && = 928 \text{ mm} \\
 k &= \text{MIN}(1 + \sqrt{(200 / d_{\text{eff}}); 2}) && = 2,000 \\
 \text{Wapening in x richting } \rho_{1x} &= 0,020 \\
 \text{Wapening in y richting } \rho_{1y} &= 0,020 \\
 \rho &= \text{MIN}(\sqrt{\rho_{1x} * \rho_{1y}}; 0,02) && = 0,020 \\
 v_{\text{Rd,c}} &= \text{MAX}(0,12 * k * (100 * \rho * f_{\text{ck}})^{1/3}; 0,035 * k^{3/2} * f_{\text{ck}}^{1/2}) && = 0,94 \text{ N/mm}^2 \\
 v_{\text{Ed,max}} &= \beta * V_{\text{Ed}} / (u_1 * d_{\text{eff}}) * 10^3 && = 3,59 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bepaling vereiste hoeveelheid ponswapening voor eerste doorsnede

$$\begin{aligned}
 f_{\text{ywd,ef}} &= \text{MIN}(250 + 0,25 * d_{\text{eff}}; f_{\text{ywd}}) && = 292 \text{ N/mm}^2 \\
 s_r &= 100 \text{ mm} \\
 A_{\text{sw}} &= (v_{\text{Ed,max}} - 0,75 * v_{\text{Rd,c}}) * s_r * u_1 / (1,5 * f_{\text{ywd,ef}}) && = 611 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Bepaling van de controle-omtrek waarvoor geen ponswapening is vereist

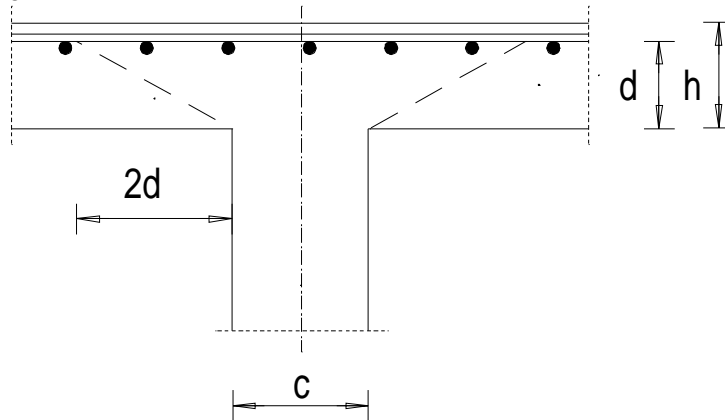
$$\begin{aligned}
 u_{\text{out,ef}} &= \beta * V_{\text{Ed}} / (v_{\text{Rd,c}} * d_{\text{eff}}) * 10^3 && = 3546 \text{ mm} \\
 r_{\text{out,ef}} &= (u_{\text{out,ef}} - c_1 - c_2) / \pi && = 1001 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$r_{\text{out,ef}}$ is de afstand tussen de buitenkant van de kolom tot aan de controle-omtrek tussen de

Ponsberekening ronde hoekkolom

NEN-EN 1992-1-1:2005, geen excentriciteiten

Geometrie:



Hoogte h =		200 mm
Ø hoofwapening in x richting $d_{\text{hoofd},x}$ =		12 mm
Ø hoofwapening in y richting $d_{\text{hoofd},y}$ =		12 mm
Dekking c_{nom} =		20 mm
Afmeting kolom c =		300 mm
d_x =	$h - c_{\text{nom}} - 0,5 * d_{\text{hoofd},x}$	= 174 mm
d_y =	$h - c_{\text{nom}} - d_{\text{hoofd},x} - 0,5 * d_{\text{hoofd},y}$	= 162 mm
d_{eff} =	$(d_x + d_y) / 2$	= 168 mm

Materialen en veiligheidsfactoren

Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C30/37
Wapening =	SEL("NL/betonstaal";Naam;fyk≤600)	=	B500
f_{ck} =	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	30 N/mm ²
f_{ctm} =	TAB("NL/betonsterkteklassen";fctm;Naam=Beton)	=	2,90 N/mm ²
f_{yk} =	TAB("NL/betonstaal";fyk;Naam=Wapening)	=	500 N/mm ²
γ_c =			1,50
γ_s =			1,15
f_{ywd} =	f_{yk} / γ_s	=	435 N/mm ²
f_{cd} =	f_{ck} / γ_c	=	20 N/mm ²

Belastingen

$$V_{\text{Ed}} = 150 \text{ kN}$$

Controle schuifspanning direct naast de kolom

Hoekkolom β =		1,50
u_0 =	$\pi * c / 2$	= 471 mm
V_{Rdmax} =	$0,5 * 0,6 * \left(1 - \frac{f_{\text{ck}}}{250}\right) * f_{\text{ck}} / 1,5$	= 5,28 N/mm ²
$V_{\text{Ed,max}}$ =	$\beta * V_{\text{Ed}} / (u_0 * d_{\text{eff}}) * 10^3$	= 2,84 N/mm ² < V_{Rdmax}

Controle schuifspanning eerste controledoorsnede

$$\begin{aligned}
 u_1 &= \pi * (c + 2 * 2 * d_{\text{eff}}) / 4 &= 763 \text{ mm} \\
 k &= \text{MIN}(1 + \sqrt{(200 / d_{\text{eff}}); 2}) &= 2,000 \\
 \text{Wapening in x richting } \rho_{1x} &= 0,020 \\
 \text{Wapening in y richting } \rho_{1y} &= 0,020 \\
 \rho &= \text{MIN}(\sqrt{\rho_{1x} * \rho_{1y}}; 0,02) &= 0,020 \\
 v_{\text{Rd,c}} &= \text{MAX}(0,12 * k * (100 * \rho * f_{\text{ck}})^{1/3}; 0,035 * k^{3/2} * f_{\text{ck}}^{1/2}) &= 0,94 \text{ N/mm}^2 \\
 v_{\text{Ed,max}} &= \beta * V_{\text{Ed}} / (u_1 * d_{\text{eff}}) * 10^3 &= 1,76 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bepaling vereiste hoeveelheid ponswapening voor eerste doorsnede

$$\begin{aligned}
 f_{\text{ywd,ef}} &= \text{MIN}(250 + 0,25 * d_{\text{eff}}; f_{\text{ywd}}) &= 292 \text{ N/mm}^2 \\
 s_r &= 100 \text{ mm} \\
 A_{\text{sw}} &= (v_{\text{Ed,max}} - 0,75 * v_{\text{Rd,c}}) * s_r * u_1 / (1,5 * f_{\text{ywd,ef}}) &= 184 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Bepaling van de controle-omtrek waarvoor geen ponswapening is vereist

$$\begin{aligned}
 u_{\text{out,ef}} &= \beta * V_{\text{Ed}} / (v_{\text{Rd,c}} * d_{\text{eff}}) * 10^3 &= 1425 \text{ mm} \\
 r_{\text{out,ef}} &= 2 * u_{\text{out,ef}} / \pi &= 907 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Controle schuifspanning eerste controledoorsnede

$$\begin{aligned}
 u_1 &= \pi * (c + 2 * 2 * d_{\text{eff}}) && = 3054 \text{ mm} \\
 k &= \text{MIN}(1 + \sqrt{(200 / d_{\text{eff}}); 2}) && = 2,000 \\
 \text{Wapening in x richting } \rho_{1x} &= 0,020 \\
 \text{Wapening in y richting } \rho_{1y} &= 0,020 \\
 \rho &= \text{MIN}(\sqrt{\rho_{1x} * \rho_{1y}}; 0,02) && = 0,020 \\
 v_{\text{Rd,c}} &= \text{MAX}(0,12 * k * (100 * \rho * f_{\text{ck}})^{1/3}; 0,035 * k^{3/2} * f_{\text{ck}}^{1/2}) && = 0,94 \text{ N/mm}^2 \\
 v_{\text{Ed,max}} &= \beta * V_{\text{Ed}} / (u_1 * d_{\text{eff}}) * 10^3 && = 1,57 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bepaling vereiste hoeveelheid ponswapening voor eerste doorsnede

$$\begin{aligned}
 f_{\text{ywd,ef}} &= \text{MIN}(250 + 0,25 * d_{\text{eff}}; f_{\text{ywd}}) && = 292 \text{ N/mm}^2 \\
 s_r &= 100 \text{ mm} \\
 A_{\text{sw}} &= (v_{\text{Ed,max}} - 0,75 * v_{\text{Rd,c}}) * s_r * u_1 / (1,5 * f_{\text{ywd,ef}}) && = 603 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

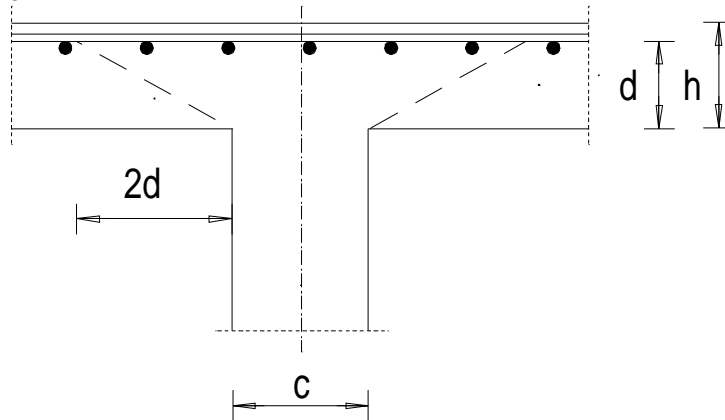
Bepaling van de controle-omtrek waarvoor geen ponswapening is vereist

$$\begin{aligned}
 u_{\text{out,ef}} &= \beta * V_{\text{Ed}} / (v_{\text{Rd,c}} * d_{\text{eff}}) * 10^3 && = 5098 \text{ mm} \\
 r_{\text{out,ef}} &= u_{\text{out,ef}} / (2 * \pi) && = 811 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Ponsberekening ronde randkolom

NEN-EN 1992-1-1:2005, geen excentriciteiten

Geometrie:



Hoogte h =		200 mm
Ø hoofwapening in x richting $d_{hoofd,x}$ =		12 mm
Ø hoofwapening in y richting $d_{hoofd,y}$ =		12 mm
Dekking c_{nom} =		20 mm
Afmeting kolom c =		200 mm
d_x =	$h - c_{nom} - 0,5 * d_{hoofd,x}$	= 174 mm
d_y =	$h - c_{nom} - d_{hoofd,x} - 0,5 * d_{hoofd,y}$	= 162 mm
d_{eff} =	$(d_x + d_y) / 2$	= 168 mm

Materialen en veiligheidsfactoren

Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C30/37
Wapening =	SEL("NL/betonstaal";Naam;fyk≤600)	=	B500B
f_{ck} =	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	30 N/mm ²
f_{yk} =	TAB("NL/betonstaal";fyk;Naam=Wapening)	=	500 N/mm ²
γ_c =			1,50
γ_s =			1,15
f_{ywd} =	f_{yk} / γ_s	=	435 N/mm ²

Belastingen

$$V_{Ed} = 190 \text{ kN}$$

Controle schuifspanning direct naast de kolom

Randkolom β =		1,40
u_0 =	$\pi * c / 2$	= 314 mm
V_{Rdmax} =	$0,5 * 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) * f_{ck} / 1,5$	= 5,28 N/mm ²
$V_{Ed,max}$ =	$\beta * V_{Ed} / (u_0 * d_{eff}) * 10^3$	= 5,04 N/mm ² < V_{Rdmax}

Controle schuifspanning eerste controledoorsnede

$$\begin{aligned}
 u_1 &= \pi * (c + 2 * 2 * d_{\text{eff}}) / 2 && = 1370 \text{ mm} \\
 k &= \text{MIN}(1 + \sqrt{(200 / d_{\text{eff}}); 2}) && = 2,000 \\
 \text{Wapening in x richting } \rho_{1x} &= 0,020 \\
 \text{Wapening in y richting } \rho_{1y} &= 0,020 \\
 \rho &= \text{MIN}(\sqrt{\rho_{1x} * \rho_{1y}}; 0,02) && = 0,020 \\
 v_{\text{Rd,c}} &= \text{MAX}(0,12 * k * (100 * \rho * f_{\text{ck}})^{1/3}; 0,035 * k^{3/2} * f_{\text{ck}}^{1/2}) && = 0,94 \text{ N/mm}^2 \\
 v_{\text{Ed,max}} &= \beta * V_{\text{Ed}} / (u_1 * d_{\text{eff}}) * 10^3 && = 1,16 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bepaling vereiste hoeveelheid ponswapening voor eerste doorsnede

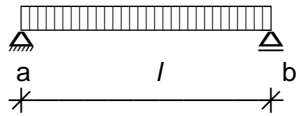
$$\begin{aligned}
 f_{\text{ywd,ef}} &= \text{MIN}(250 + 0,25 * d_{\text{eff}}; f_{\text{ywd}}) && = 292 \text{ N/mm}^2 \\
 s_r &= 100 \text{ mm} \\
 A_{\text{sw}} &= (v_{\text{Ed,max}} - 0,75 * v_{\text{Rd,c}}) * s_r * u_1 / (1,5 * f_{\text{ywd,ef}}) && = 142 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Bepaling van de controle-omtrek waarvoor geen ponswapening is vereist

$$\begin{aligned}
 u_{\text{out,ef}} &= \beta * V_{\text{Ed}} / (v_{\text{Rd,c}} * d_{\text{eff}}) * 10^3 && = 1684 \text{ mm} \\
 r_{\text{out,ef}} &= u_{\text{out,ef}} / (2 * \pi) && = 268 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Vrij opgelegde ligger

Schema



Geometrie

$$\text{Overspanning } l = 5,00 \text{ m}$$

Belastingfactoren

$$\gamma_G = 1,20$$

$$\gamma_Q = 1,50$$

Belastingen

Blijvende belasting:

$$\text{Last 1} = 32 \text{ kN/m}$$

$$\text{Last 2} = 15 \text{ kN/m}$$

$$G_k = \underline{47 \text{ kN/m}}$$

Variabele belasting:

$$\text{Last 3} = 16 \text{ kN/m}$$

$$\text{Last 4} = 9 \text{ kN/m}$$

$$Q_k = \underline{25 \text{ kN/m}}$$

Rekenwaarde belasting:

$$E_d = \gamma_G * G_k + \gamma_Q * Q_k = 94 \text{ kN/m}$$

Krachtswerking

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} * E_d * l^2 = 294 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} * E_d * l = 235 \text{ kN}$$

$$R_{a,G} = \frac{1}{2} * G_k = 24 \text{ kN}$$

$$R_{a,Q} = \frac{1}{2} * Q_k = 13 \text{ kN}$$

Bepaling wapeningshoeveelheid fundering**Balkdoorsneden stekken en poeren**

Doorsnede 1

Afmetingbalk

hoogte h = 600 mm
 breedte b = 400 mm

Toegepaste wapening

Bovenwapening = GEW("NL/wapening";Naam;) = 4 Ø 12
 Flankwapening = GEW("NL/wapening";Naam;) = 2 Ø 8
 Onderwapening = GEW("NL/wapening";Naam;) = 5 Ø 12
 Extrawapening = GEW("NL/wapening";Naam;) = 0
 Beugelwapening = GEW("NL/bwapening";Naam;) = Ø8-150

Hoeveelheidlangswapening

Hoeveelheidboven = TAB("NL/wapening";As;Naam=Bovenwapening) = 452 mm²
 Hoeveelheidflank = TAB("NL/wapening";As;Naam=Flankwapening) = 100 mm²
 Hoeveelheidextra = TAB("NL/wapening";As;Naam=Extrawapening) = 0 mm²
 Hoeveelheidonder = TAB("NL/wapening";As;Naam=Onderwapening) = 565 mm²

Totaal langswapening = 1117 mm²

Gewicht langswapening = langswapening * 10³ * 10⁻⁹ * 8000 = 9 kg/m

Hoeveelheidbeugelwapening

Beugellengte = $2 * (b - 2 * 20) + 2 * (h - 2 * 20) + 300$ = 2140 mm
 Aantal beugels n = TAB("NL/bwapening";n;Naam=Beugelwapening) = 6,67 /m
 Doorsnede staaf A_s = TAB("NL/bwapening";A;Naam=Beugelwapening) = 50 mm²

Gewicht beugelwapening = Beugellengte * n * A_s * 8000 * 10⁻⁹ = 6 kg/m

Hoeveelheidwapening

Totaal wapening = langswapening + beugelwapening = 15 kg/m
 Totaal wapeningdrsn₁ = wapening / (b*h) * 10⁶ = 63 kg/m³
 A₁ = b * h * 10⁻⁶ = 0,24 m²

Doorsnede 2

Afmetingbalk

hoogte h = 600 mm
 breedte b = 400 mm

Toegepaste wapening

Bovenwapening = GEW("NL/wapening";Naam;) = 4 Ø 12
 Flankwapening = GEW("NL/wapening";Naam;) = 2 Ø 8
 Onderwapening = GEW("NL/wapening";Naam;) = 5 Ø 12
 Extrawapening = GEW("NL/wapening";Naam;) = 3 Ø 16
 Beugelwapening = GEW("NL/bwapening";Naam;) = Ø8-150

Hoeveelheidlangwapening

Hoeveelheidboven =	TAB("NL/wapening";As;Naam=Bovenwapening)	=	452 mm ²
Hoeveelheidflank =	TAB("NL/wapening";As;Naam=Flankwapening)	=	100 mm ²
Hoeveelheidextra =	TAB("NL/wapening";As;Naam=Extrawapening)	=	603 mm ²
Hoeveelheidonder =	TAB("NL/wapening";As;Naam=Onderwapening)	=	565 mm ²

Totaal langswapening = 1720 mm²

$$\text{Gewicht langswapening} = \text{langswapening} * 10^3 * 10^{-9} * 8000 = 14 \text{ kg/m}$$

Hoeveelheidbeugelwapening

Beugellengte =	$2 * (b - 2 * 20) + 2 * (h - 2 * 20) + 300$	=	2140 mm
Aantal beugels n =	TAB("NL/bwapening";n;Naam=Beugelwapening)	=	6,67 /m
Doorsnede staaf A _s =	TAB("NL/bwapening";A;Naam=Beugelwapening)	=	50 mm ²

$$\text{Gewicht beugelwapening} = \text{Beugellengte} * n * A_s * 8000 * 10^{-9} = 6 \text{ kg/m}$$

Hoeveelheidwapening

Totaal wapening =	langswapening + beugelwapening	=	20 kg/m
Totaal wapeningdrsn ₂ =	wapening / (b*h) * 10 ⁶	=	83 kg/m ³
A ₂ =	b * h * 10 ⁻⁶	=	0,24 m ²

Doorsnede 3

Afmetingbalk

hoogte h =	600 mm
breedte b =	350 mm

Toegepaste wapening

Bovenwapening =	GEW("NL/wapening";Naam;)	=	4 Ø 10
Flankwapening =	GEW("NL/wapening";Naam;)	=	2 Ø 8
Onderwapening =	GEW("NL/wapening";Naam;)	=	5 Ø 12
Extrawapening =	GEW("NL/wapening";Naam;)	=	0
Beugelwapening =	GEW("NL/bwapening";Naam;)	=	Ø8-300

Hoeveelheidlangwapening

Hoeveelheidboven =	TAB("NL/wapening";As;Naam=Bovenwapening)	=	314 mm ²
Hoeveelheidflank =	TAB("NL/wapening";As;Naam=Flankwapening)	=	100 mm ²
Hoeveelheidextra =	TAB("NL/wapening";As;Naam=Extrawapening)	=	0 mm ²
Hoeveelheidonder =	TAB("NL/wapening";As;Naam=Onderwapening)	=	565 mm ²

Totaal langswapening = 979 mm²

$$\text{Gewicht langswapening} = \text{langswapening} * 10^3 * 10^{-9} * 8000 = 8 \text{ kg/m}$$

Hoeveelheidbeugelwapening

Beugellengte =	$2 * (b - 2 * 20) + 2 * (h - 2 * 20) + 300$	=	2040 mm
Aantal beugels n =	TAB("NL/bwapening";n;Naam=Beugelwapening)	=	3,33 /m
Doorsnede staaf A _s =	TAB("NL/bwapening";A;Naam=Beugelwapening)	=	50 mm ²

$$\text{Gewicht beugelwapening} = \text{Beugellengte} * n * A_s * 8000 * 10^{-9} = 3 \text{ kg/m}$$

Hoeveelheidwapening

Totaal wapening =	langswapening + beugelwapening	=	11 kg/m
Totaal wapeningdrsn ₃ =	wapening / (b*h) * 10 ⁶	=	52 kg/m ³
A ₃ =	b * h * 10 ⁻⁶	=	0,21 m ²

Wandstekken 1

Rij1 =	GEW("NL/bwapening";Naam;)	=	Ø10-150
Rij2 =	GEW("NL/bwapening";Naam;)	=	Ø10-150
A _{s1} =	TAB("NL/bwapening";A1;Naam=Rij1)	=	519 mm ² /m
A _{s2} =	TAB("NL/bwapening";A1;Naam=Rij2)	=	519 mm ² /m
Totale steklengte =			700 mm
Hoeveelheid wapening stek ₁ =	(A _{s1} + A _{s2}) * steklengte * 8000 * 10 ⁻⁹	=	6 kg/m

Poer 1

Afmetingen poer

hoogte h =	900 mm
breedte b =	2000 mm
lengte l =	2000 mm
Volume poer V _{poer1} =	h * b * l * 10 ⁻⁹ = 3,60 m ³

Wapening poer

Bovenwapening x-richting bx =	GEW("NL/wapperm";Naam;)	=	Ø16-150
Bovenwapening y-richting by =	GEW("NL/wapperm";Naam;)	=	Ø16-150
Onderwapening x-richting ox =	GEW("NL/wapperm";Naam;)	=	Ø20-175
Onderwapening y-richting oy =	GEW("NL/wapperm";Naam;)	=	Ø20-150
Flank =	GEW("NL/wapening";Naam;)	=	4 Ø 16

Hoeveelheid boven x-richting bx =	TAB("NL/wapperm";As;Naam=bx)	=	1340 mm ² /m
Hoeveelheid boven y-richting by =	TAB("NL/wapperm";As;Naam=by)	=	1340 mm ² /m
Hoeveelheid boven x-richting ox =	TAB("NL/wapperm";As;Naam=ox)	=	1795 mm ² /m
Hoeveelheid boven y-richting oy =	TAB("NL/wapperm";As;Naam=oy)	=	2094 mm ² /m
Hoeveelheid flank A _{s,flank} =	TAB("NL/Wapening";As;Naam=Flank)	=	804 mm ²

Lengte staven

Lengte opgebogen staafdeel l _{op} =			600 mm
Lengte vergrotingsfactor =	(l _{op} + l) / l + l _{op} / b	=	1,60
Lengte flankstaven l _{flank} =	2 * (b + l) + 300	=	8300 mm

Hoeveelheid wapening

Boven x-richting =	bx * vergrotingsfactor * 8000 / h * 10 ⁻³	=	19,1 kg/m ³
Boven y-richting =	by * vergrotingsfactor * 8000 / h * 10 ⁻³	=	19,1 kg/m ³
Onder x-richting =	ox * vergrotingsfactor * 8000 / h * 10 ⁻³	=	25,5 kg/m ³
Onder y-richting =	oy * vergrotingsfactor * 8000 / h * 10 ⁻³	=	25,5 kg/m ³
Flankwapening =	l _{flank} * A _{s,flank} * 8000 / (b * l) * 10 ⁻³	=	13 kg/m ³

Totaal poer₁ = 102,2 kg/m³

Totalen

Totaal hoeveelheid wapening

Balk ₁ =	wapeningdrsn ₁ * A ₁ * 5	=	75,6 kg
Balk ₂ =	wapeningdrsn ₂ * A ₂ * 5	=	99,6 kg
Balk ₃ =	wapeningdrsn ₂ * A ₂ * 5	=	99,6 kg
Balk ₄ =	wapeningdrsn ₁ * A ₁ * 5	=	75,6 kg
Balk ₅ =	wapeningdrsn ₃ * A ₃ * 12	=	131,0 kg
Balk ₆ =	wapeningdrsn ₃ * A ₃ * 12	=	131,0 kg
Stekken =	stek ₁ * 15	=	90,0 kg
Poeren =	2 * poer ₁ * V _{poer1}	=	734,4 kg

Totaal wapening fundering W = 1436,8 kg

Hoeveelheid beton fundering

Balk ₁ =	A ₁ * 5	=	1,20 m ³
Balk ₂ =	A ₂ * 5	=	1,20 m ³
Balk ₃ =	A ₂ * 5	=	1,20 m ³
Balk ₄ =	A ₁ * 5	=	1,20 m ³
Balk ₅ =	A ₃ * 12	=	2,52 m ³
Balk ₆ =	A ₃ * 12	=	2,52 m ³
Poeren =	2 * V _{poer1}	=	7,20 m ³

Totaal volume fundering V = 17,04 m³

Totaal

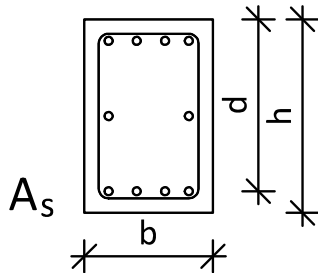
Wapeningshoeveelheid fundering w =	W / V	=	84,3 kg/m ³
Knipverlies =	0,15 * w	=	12,6 kg/m ³
Lassen =	0,1 * w	=	8,4 kg/m ³

Totaal = 105,3 kg/m³

Berekening wringwapening betondoorsnede

NEN-EN 1992-1-1:2005

Geometrie



Hoogte $h =$		500 mm
Breedte $b =$		300 mm
Diameterhoofdwapening $d_{hoofd} =$		12 mm
Dekking $c_{nom} =$		31 mm
Diameterbeugels $d_{beugels} =$		8 mm
h.o.h afstand beugels $s =$		50 mm
$b_w =$	b	$= 300$ mm
$d =$	$h - c_{nom} - d_{beugels} - 0,5 * d_{hoofd}$	$= 455$ mm
$z =$	$0,9 * d$	$= 410$ mm
$t_{ef} =$	$MAX(b * h / (2 * b + 2 * h); 2 * (h - d))$	$= 94$ mm
$A_k =$	$(b - t_{ef}) * (h - t_{ef})$	$= 83636$ mm ²
$u_k =$	$b + h$	$= 800$ mm

Materialen

Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C30/37
Wapening =	SEL("NL/betonstaal";Naam;fyk≤600)	=	B500
$f_{ck} =$	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	30 N/mm ²
$f_{ctm} =$	TAB("NL/betonsterkteklassen";fctm;Naam=Beton)	=	2,90 N/mm ²
$f_{yk} =$	TAB("NL/betonstaal";fyk;Naam=Wapening)	=	500 N/mm ²
$\gamma_c =$			1,50
$\gamma_s =$			1,15
$f_{cd} =$	f_{ck} / γ_c	=	20 N/mm ²
$f_{ctd} =$	f_{ctm} / γ_c	=	2 N/mm ²
$f_{ywd} =$	f_{yk} / γ_s	=	435 N/mm ²
$f_{yd} =$	f_{yk} / γ_s	=	435 N/mm ²

Belasting

$T_{Ed} =$	15 kNm
$V_{Ed} =$	20 kN

Bepaling noodzakelijkheid wapening

$$T_{Rd,c} = f_{ctd} * t_{ef} * 2 * A_k * 10^{-6} = 31 \text{ kNm}$$

$$k = \text{MIN}(1 + \sqrt{(200/d)}; 2,0) = 1,663$$

$$\rho_l = 0,008$$

$$V_{Rd,c1} = 0,12 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} * b_w * d * 10^{-3} = 79 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c2} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} * b_w * d * 10^{-3} = 56 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \text{MAX}(V_{Rd,c1}; V_{Rd,c2}) = 79 \text{ kN}$$

$$\text{Toetsing} = T_{Ed} / T_{Rd,c} + V_{Ed} / V_{Rd,c} = 0,74 \geq 1$$

Als $T_{Ed} / T_{Rd,c} + V_{Ed} / V_{Rd,c} < 1$ dan is alleen minimale wapening vereist

Controle betondrukdiagonalen

$$v = 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,53$$

$$\alpha_{cw} = 1$$

$$\Theta = 26,7^\circ$$

$$T_{Rd,max} = 2 * v * \alpha_{cw} * f_{cd} * A_k * t_{ef} * \sin(\Theta) * \cos(\Theta) * 10^{-6} = 67 \text{ kNm}$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} * b_w * z * v * f_{cd} / (1 / \tan(\Theta) + \tan(\Theta)) * 10^{-3} = 523 \text{ kN}$$

$$\text{Toetsing} = T_{Ed} / T_{Rd,max} + V_{Ed} / V_{Rd,max} = 0,26 \leq 1$$

Berekening benodigde langswapening voor wrijving

$$\Sigma A_{sl} = \frac{u_k * T_{Ed}}{f_{yd} * 2 * A_k} * \frac{1}{\tan(\Theta)} * 10^6 = 328 \text{ mm}^2$$

Berekening benodigde beugelwapening

$$\tau = T_{Ed} / (2 * A_k * t_{ef}) * 10^6 = 0,95 \text{ N/mm}^2$$

$$V_H = V_{Ed} + \tau * b_w * h * 10^{-3} = 163 \text{ kN}$$

$$A_{sw} = \frac{V_H * s}{z * f_{ywd} * 1 / \tan(\Theta)} * 10^3 = 23 \text{ mm}^2$$

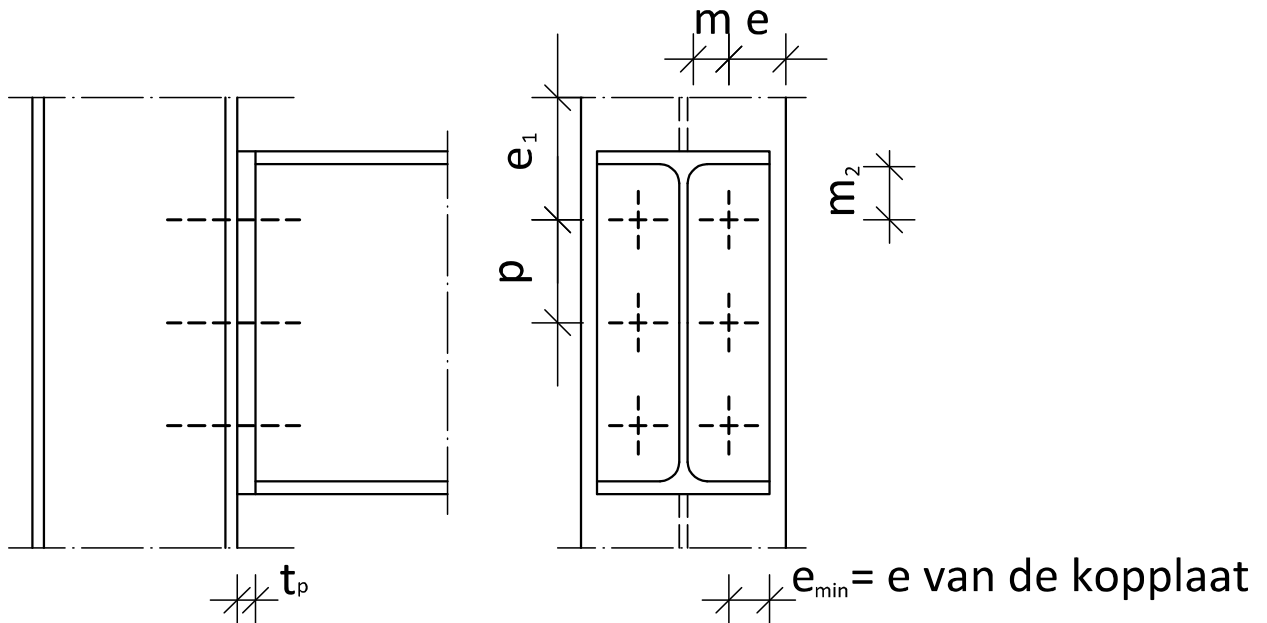
$$\text{Diameter beugelwapening} = d_{beugels} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Minimale h.o.h. afstand van de beugels} = \frac{2 * \pi * (d_{beugels} / 2)^2}{A_{sw} / s} = 219 \text{ mm} \geq s$$

EC3 Staal - Basiscomponenten verbindingen

Kolomflens in dwarsbuiging

NEN-EN 1993-1-8 6.2.6.4, de kopplaat is smaller dan de kolomflens



Geometrie

$e_{\min} =$	40 mm
$e =$	40 mm
$m =$	25 mm
$p =$	90 mm
$e_1 =$	300 mm

Profieltypekolom =	SEL("NL/profielen"; Naam;)	=	HEA
Kolom =	SEL("NL/Profieltypekolom; Naam;)	=	HEA 160
$t_{fc} =$	TAB("NL/Profieltypekolom; tf; Naam=Kolom)	=	9 mm
$F_{t,Rd} =$			141 kN

Bepaling $l_{\text{eff,cp-nc}}$ van de bovenste en tweede boutrij

Afzonderlijke boutrij

$$l_{\text{eff,cp,1,enkel}} = \text{MIN}(2 \cdot \pi \cdot m; \pi \cdot m + 2 \cdot e_1) = 157 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,1,enkel}} = \text{MIN}(4 \cdot m + 1,25 \cdot e; 2 \cdot m + 0,625 \cdot e + e_1) = 150 \text{ mm}$$

Boutrij als onderdeel van een groep boutrijen

$$l_{\text{eff,cp,1,groep}} = \text{MIN}(\pi \cdot m + p; 2 \cdot e_1 + p) = 169 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,1,groep}} = \text{MIN}(2 \cdot m + 0,625 \cdot e + 0,5 \cdot p; e_1 + 0,5 \cdot p) = 120 \text{ mm}$$

Bepaling totale lengte van $l_{\text{eff,cp-nc}}$ en $l_{\text{eff,1-2}}$ van de bovenste en tweede boutrij

$$l_{\text{eff,cp}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp,1,enkel}}; l_{\text{eff,cp,1,groep}}) = 157 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,nc,1,enkel}}; l_{\text{eff,nc,1,groep}}) = 120 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,1}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp}}; l_{\text{eff,nc}}) = 120 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,2}} = l_{\text{eff,nc}} = 120 \text{ mm}$$

Bepaling rekenwaarde van de weerstand van de bovenste en tweede boutrij

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 * I_{eff,1} * t_{fc}^2 * 235 / 1,00 * 10^{-6} = 0,57 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m} * 10^3 = 91 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 * I_{eff,2} * t_{fc}^2 * 235 / 1,00 * 10^{-6} = 0,57 \text{ kNm}$$

$$n = \text{MIN}(e_{min}; 1,25 * m) = 31 \text{ mm}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} * 10^3 + n * 4 * F_{t,Rd}}{m + n} = 333 \text{ kN}$$

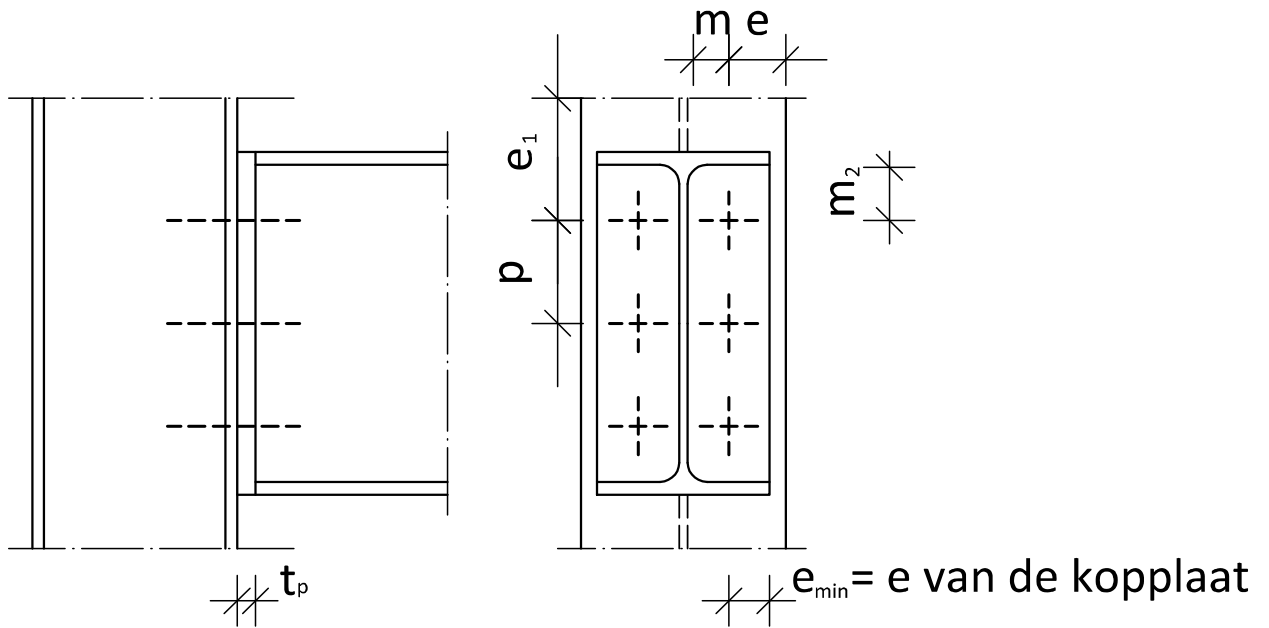
$$F_{T,3,Rd} = 4 * F_{t,Rd} = 564 \text{ kN}$$

$$F_{fc,r1j1,Rd} = \text{MIN}(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = 91 \text{ kN}$$

$$F_{fc,r1j2,Rd} = \text{MIN}(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = 91 \text{ kN}$$

Kolomlijf op afschuiving

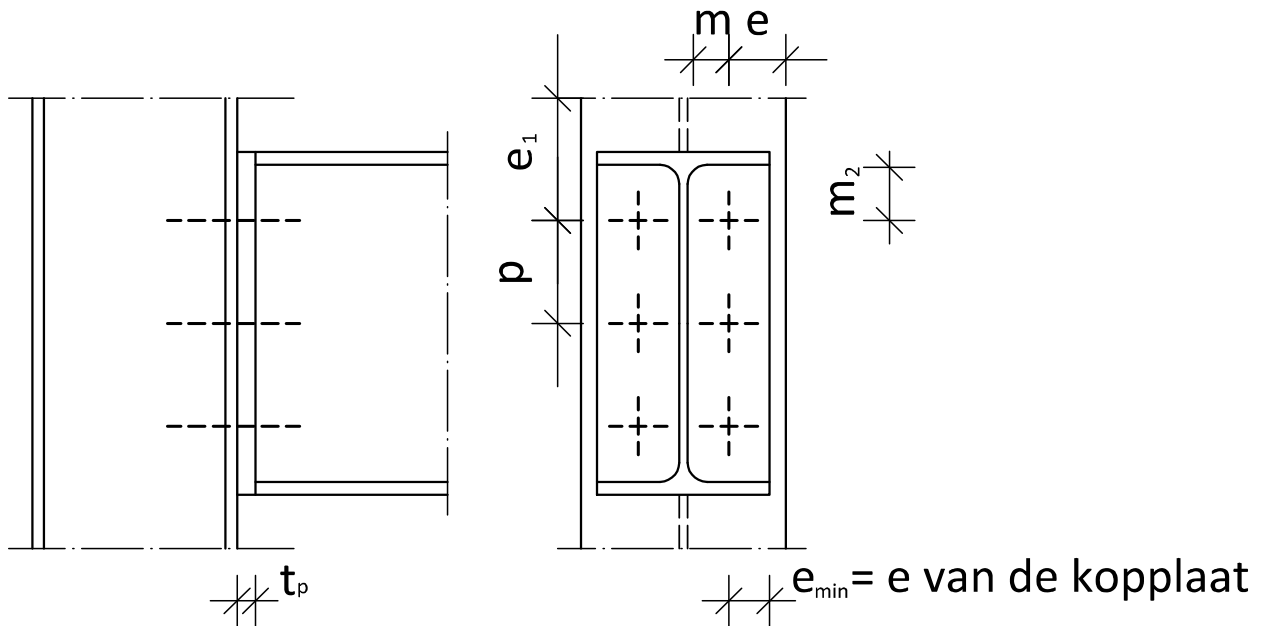
NEN-EN 1993-1-8 6.2.6.1



Profielkolom =	SEL("NL/profielen"; Naam;)	=	HEA
Kolom =	SEL("NL/Profielkolom; Naam;)	=	HEA 160
d =	TAB("NL/Profielkolom; d; Naam=Kolom;)	=	104 mm
t_w =	TAB("NL/Profielkolom; t_w ; Naam=Kolom;)	=	6 mm
Slankheid =	d/t_w	=	$17 \leq 69$
A_{vc} =	TAB("NL/Profielkolom; A_v ; Naam=Kolom;)*100	=	1324 mm ²
$V_{wp,Rd}$ =	$\frac{0,9 \cdot 235 \cdot A_{vc}}{\sqrt{3} \cdot 1,0} \cdot 10^{-3}$	=	162 kN

Kolomlijf op druk in de dwarsrichting

NEN-EN 1993-1-8 6.2.6.2

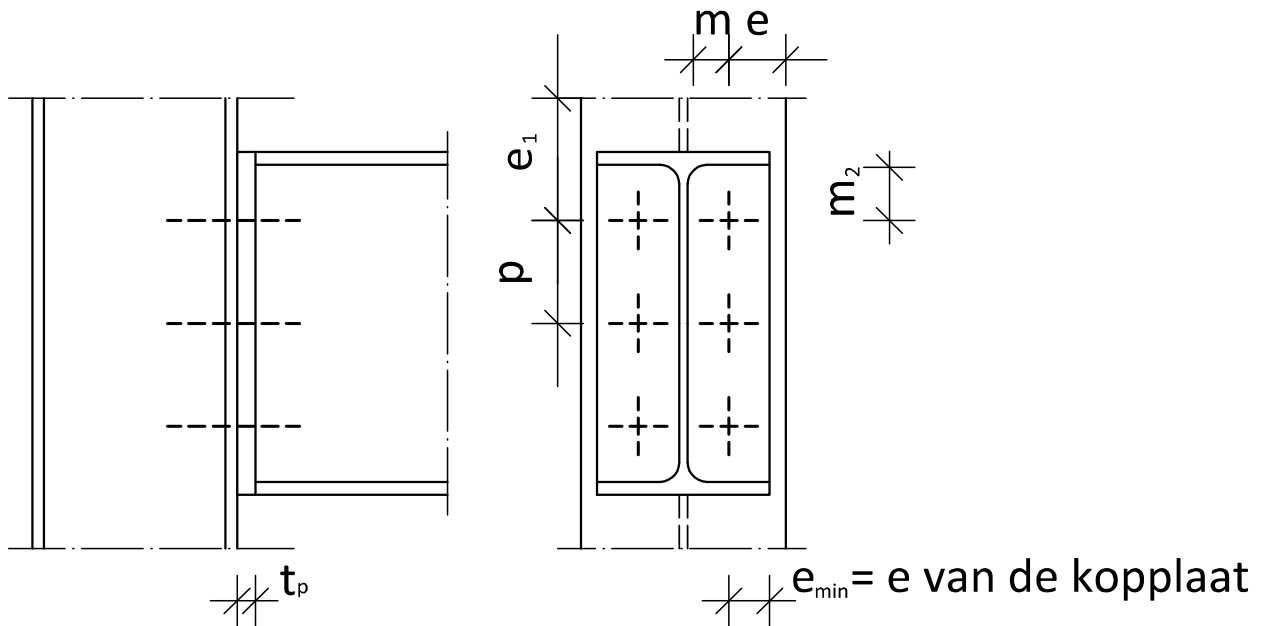


Profielkolom =	SEL("NL/profielen"; Naam;)	=	HEA
Kolom =	SEL("NL/Profielkolom; Naam;)	=	HEA 140
Profielligger =	SEL("NL/profielen"; Naam;)	=	IPE
Ligger =	SEL("NL/Profielligger; Naam;)	=	IPE 270
Lasdikte a =			8 mm
Dikte kopplaat t_p =			20 mm
Vlgns tabel 5.4 β =			1
t_{fb} =	TAB("NL/Profielligger; tf; Naam=Ligger)	=	10,2 mm
a_p =	a	=	8 mm
t_{fc} =	TAB("NL/Profielkolom; tf; Naam=Kolom)	=	9 mm
r_c =	TAB("NL/Profielkolom; r; Naam=Kolom)	=	12 mm
s =	r_c	=	12 mm
s_p =	t_p	=	20 mm
$b_{eff,c,wc}$ =	$t_{fb} + 2 * \sqrt{2} * a_p + 5 * (t_{fc} + s) + s_p$	=	158 mm
t_{wc} =	TAB("NL/Profielkolom; tw; Naam=Kolom)	=	6 mm
A_{vc} =	TAB("NL/Profielkolom; Av; Naam=Kolom;)*100	=	1011 mm ²
ω_1 =	$\frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 * (b_{eff,c,wc} * t_{wc} / A_{vc})^2}}$	=	0,68
ω =	ω_1	=	0,68
k_{wc} =		=	1,0
$F_{c,wc,Rd,1}$ =	$\frac{\omega * k_{wc} * b_{eff,c,wc} * t_{wc} * 235}{1,0} * 10^{-3}$	=	151 kN

$h_c =$	TAB("NL/"Profielkolom; h; Naam=Kolom)	=	133 mm
$d_{wc} =$	$h_c - 2 * (t_{fc} + r_c)$	=	91 mm
$\lambda_p =$	$0,932 * \sqrt{\frac{b_{eff,c,wc} * d_{wc} * 235}{210000 * t_{wc}^2}}$	=	0,62
$\rho =$	$\text{MIN}(1,0; (\lambda_p - 0,2) / \lambda_p^2)$	=	1,00
$F_{c,wc,Rd,2} =$	$\frac{\omega * k_{wc} * \rho * b_{eff,c,wc} * t_{wc} * 235}{1,0} * 10^{-3}$	=	151 kN
$F_{c,wc,Rd} =$	$\text{MIN}(F_{c,wc,Rd,1}; F_{c,wc,Rd,2})$	=	151 kN

Kolomlijf op trek in de dwarsrichting

NEN-EN 1993-1-8 6.2.6.3



Geometrie

$e_{\min} =$	40 mm
$e =$	40 mm
$m =$	25 mm
$p =$	90 mm
$e_1 =$	300 mm

Profieltypekolom =	SEL("NL/profielen"; Naam;)	=	HEA
Kolom =	SEL("NL/"Profieltypekolom; Naam;)	=	HEA 160
Volgens tabel 5.4 $\beta =$			1

Bepaling $l_{\text{eff,cp-nc}}$ van de boutrij 1 en 2

Afzonderlijke boutrij

$$l_{\text{eff,cp,1,enkel}} = \text{MIN}(2 \cdot \pi \cdot m; \pi \cdot m + 2 \cdot e_1) = 157 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,1,enkel}} = \text{MIN}(4 \cdot m + 1,25 \cdot e; 2 \cdot m + 0,625 \cdot e + e_1) = 150 \text{ mm}$$

Boutrij als onderdeel van een groep boutrijen

$$l_{\text{eff,cp,1,groep}} = \text{MIN}(\pi \cdot m + p; 2 \cdot e_1 + p) = 169 \text{ mm}$$

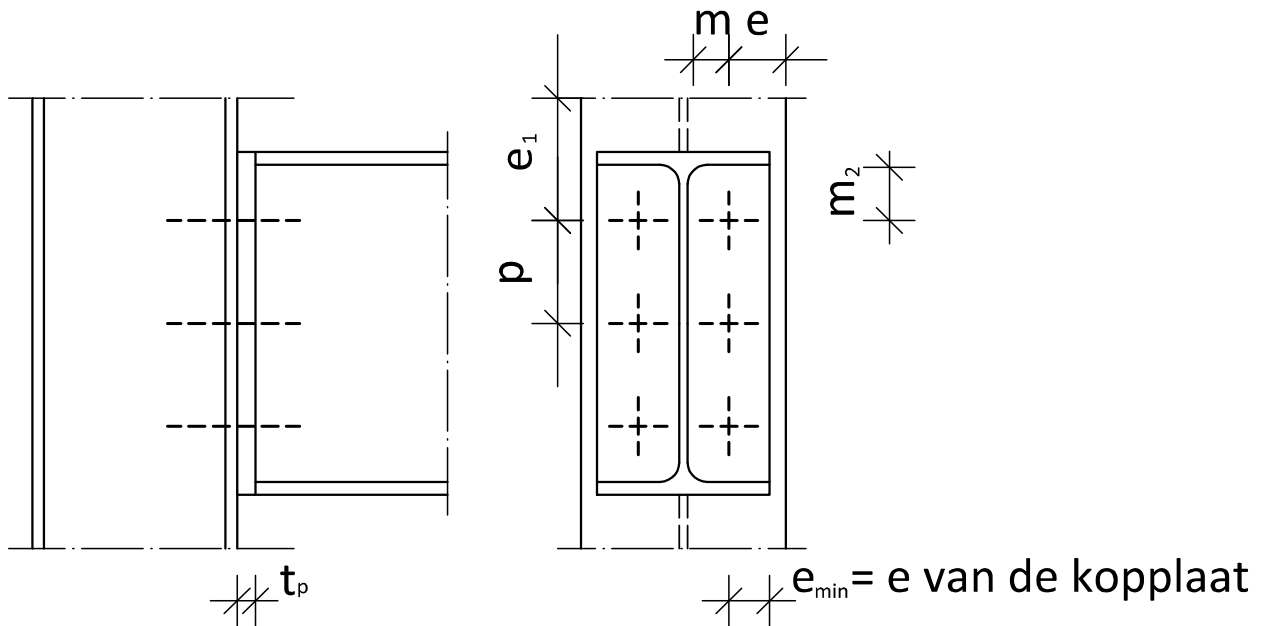
$$l_{\text{eff,nc,1,groep}} = \text{MIN}(2 \cdot m + 0,625 \cdot e + 0,5 \cdot p; e_1 + 0,5 \cdot p) = 120 \text{ mm}$$

Bepaling totale lengte van $l_{\text{eff,cp-nc}}$ en $l_{\text{eff,1-2}}$

$$\begin{aligned}
 l_{\text{eff,cp}} &= \text{MIN}(l_{\text{eff,cp,1,enkel}}; l_{\text{eff,cp,1,groep}}) &&= 157 \text{ mm} \\
 l_{\text{eff,nc}} &= \text{MIN}(l_{\text{eff,nc,1,enkel}}; l_{\text{eff,nc,1,groep}}) &&= 120 \text{ mm} \\
 l_{\text{eff,1}} &= \text{MIN}(l_{\text{eff,cp}}; l_{\text{eff,nc}}) &&= 120 \text{ mm} \\
 b_{\text{eff,t,wc}} &= 2 * l_{\text{eff,1}} &&= 240 \text{ mm} \\
 t_{\text{wc}} &= \text{TAB}(\text{"NL/"Profieltypekolom}; \text{tw}; \text{Naam=Kolom}) &&= 6 \text{ mm} \\
 A_{\text{vc}} &= \text{TAB}(\text{"NL/"Profieltypekolom}; \text{Av}; \text{Naam=Kolom;}) * 100 &&= 1324 \text{ mm}^2 \\
 \omega_1 &= \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 * (b_{\text{eff,t,wc}} * t_{\text{wc}} / A_{\text{vc}})^2}} &&= 0,63 \\
 \omega &= \omega_1 &&= 0,63 \\
 F_{\text{t,wc,Rd}} &= \frac{\omega * b_{\text{eff,t,wc}} * t_{\text{wc}} * 235}{1,00} * 10^{-3} &&= 213 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kopplaat op buiging

NEN-EN 1993-1-8 6.2.6.5



Geometrie

$$m = 32,0 \text{ mm}$$

$$p = 90 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = 40 \text{ mm}$$

$$e \text{ van de kopplaat is } e = e_{\min} = 40 \text{ mm}$$

$$m_2 = 30 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = 0,44$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = 0,42$$

$$\text{Figuur 6.11 geeft } \alpha = 6,18$$

$$\text{Dikte kopplaat } t_p = 20 \text{ mm}$$

$$F_{t,Rd} = 141 \text{ kNm}$$

Bepaling $l_{\text{eff,cp-nc}}$ van boutrij 1

Afzonderlijke boutrij

$$l_{\text{eff,cp,1,enkel}} = 2 \cdot \pi \cdot m = 201 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,1,enkel}} = \alpha \cdot m = 198 \text{ mm}$$

Boutrij als onderdeel van een groep boutrijen

$$l_{\text{eff,cp,1,groep}} = \pi \cdot m + p = 191 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,1,groep}} = 0,5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0,625 \cdot e) = 154 \text{ mm}$$

Bepaling totale lengte van $l_{\text{eff,cp-nc}}$ en $l_{\text{eff,1-2}}$ van boutrij 1

$$l_{\text{eff,cp,rij1}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp,1,enkel}} ; l_{\text{eff,cp,1,groep}}) = 191 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,rij1}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,nc,1,enkel}} ; l_{\text{eff,nc,1,groep}}) = 154 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,1,rij1}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp,rij1}} ; l_{\text{eff,nc,rij1}}) = 154 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,2,rij1}} = l_{\text{eff,nc,rij1}} = 154 \text{ mm}$$

Bepaling $l_{\text{eff,cp-nc}}$ van boutrij 2

Afzonderlijke boutrij

$$l_{\text{eff,cp,2,enkel}} = 2 \cdot \pi \cdot m = 201 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,2,enkel}} = 4 \cdot m + 1,25 \cdot e = 178 \text{ mm}$$

Boutrij als onderdeel van een groep boutrijen

$$l_{\text{eff,cp,2,groep}} = \pi \cdot m + p = 191 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,2,groep}} = 2 \cdot m + 0,625 \cdot e + 0,5 \cdot p = 134 \text{ mm}$$

Bepaling totale lengte van $l_{\text{eff,cp-nc}}$ en $l_{\text{eff,1-2}}$ van boutrij 2

$$l_{\text{eff,cp,rij2}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp,2,enkel}} ; l_{\text{eff,cp,2,groep}}) = 191 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,rij2}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,nc,2,enkel}} ; l_{\text{eff,nc,2,groep}}) = 134 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,1,rij2}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp,rij2}} ; l_{\text{eff,nc,rij2}}) = 134 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,2,rij2}} = l_{\text{eff,nc,rij2}} = 134 \text{ mm}$$

Bepaling rekenwaarde van de weerstand boutrij 1

$$M_{\text{pl,1,Rd}} = 0,25 \cdot l_{\text{eff,1,rij1}} \cdot t_p^2 \cdot \frac{235}{1,00} \cdot 10^{-6} = 3,6 \text{ kNm}$$

$$F_{\text{T,1,Rd}} = \frac{4 \cdot M_{\text{pl,1,Rd}}}{m} \cdot 10^3 = 450 \text{ kN}$$

$$n = \text{MIN}(e_{\text{min}} ; 1,25 \cdot m) = 40 \text{ mm}$$

$$M_{\text{pl,2,Rd}} = 0,25 \cdot l_{\text{eff,2,rij1}} \cdot t_p^2 \cdot \frac{235}{1,00} \cdot 10^{-6} = 3,6 \text{ kNm}$$

$$F_{\text{T,2,Rd}} = \frac{2 \cdot M_{\text{pl,2,Rd}} \cdot 10^3 + n \cdot 2 \cdot F_{\text{T,Rd}}}{m + n} = 257 \text{ kN}$$

$$F_{\text{T,3,Rd}} = 2 \cdot F_{\text{T,Rd}} = 282 \text{ kN}$$

$$F_{\text{p,rij1,Rd}} = \text{MIN}(F_{\text{T,1,Rd}} ; F_{\text{T,2,Rd}} ; F_{\text{T,3,Rd}}) = 257 \text{ kN}$$

Bepaling rekenwaarde van de weerstand boutrij 2

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 * I_{eff,1,rij2} * t_p^2 * \frac{235}{1,00} * 10^{-6} = 3,1 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m} * 10^3 = 387,500 \text{ kN}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 * I_{eff,2,rij2} * t_p^2 * \frac{235}{1,00} * 10^{-6} = 3,1 \text{ kNm}$$

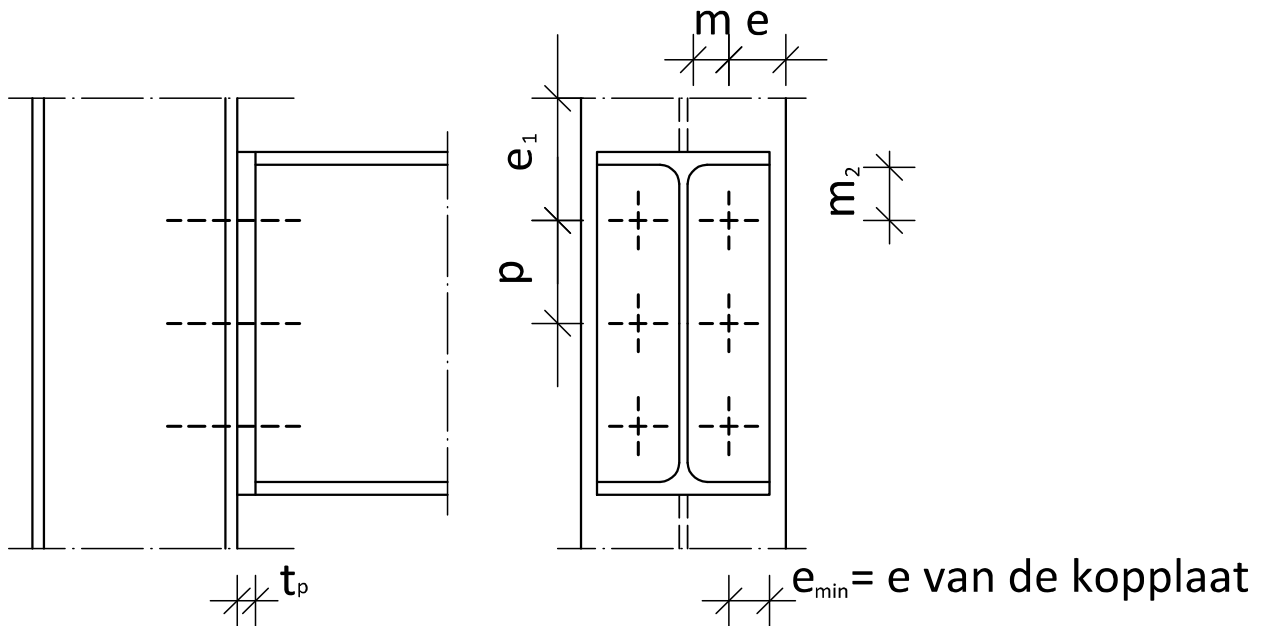
$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} * 10^3 + n * 2 * F_{t,Rd}}{m + n} = 243 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = 2 * F_{t,Rd} = 282 \text{ kN}$$

$$F_{p,rij2,Rd} = \text{MIN}(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = 243 \text{ kN}$$

Liggerflens en liggerlijf op druk

NEN-EN 1993-1-8 6.2.6.7



Geometrie

Profielligger =	SEL("NL/profielen"; Naam;)	=	IPE
Ligger =	SEL("NL/Profielligger; Naam;)	=	IPE 270
W_{el} =	TAB("NL/Profielligger;W _{el} ;Naam=Ligger)	=	429 10 ³ mm ³
h =	TAB("NL/Profielligger;h;Naam=Ligger)	=	270 mm
t_{fb} =	TAB("NL/Profielligger;tf;Naam=Ligger)	=	10,2 mm

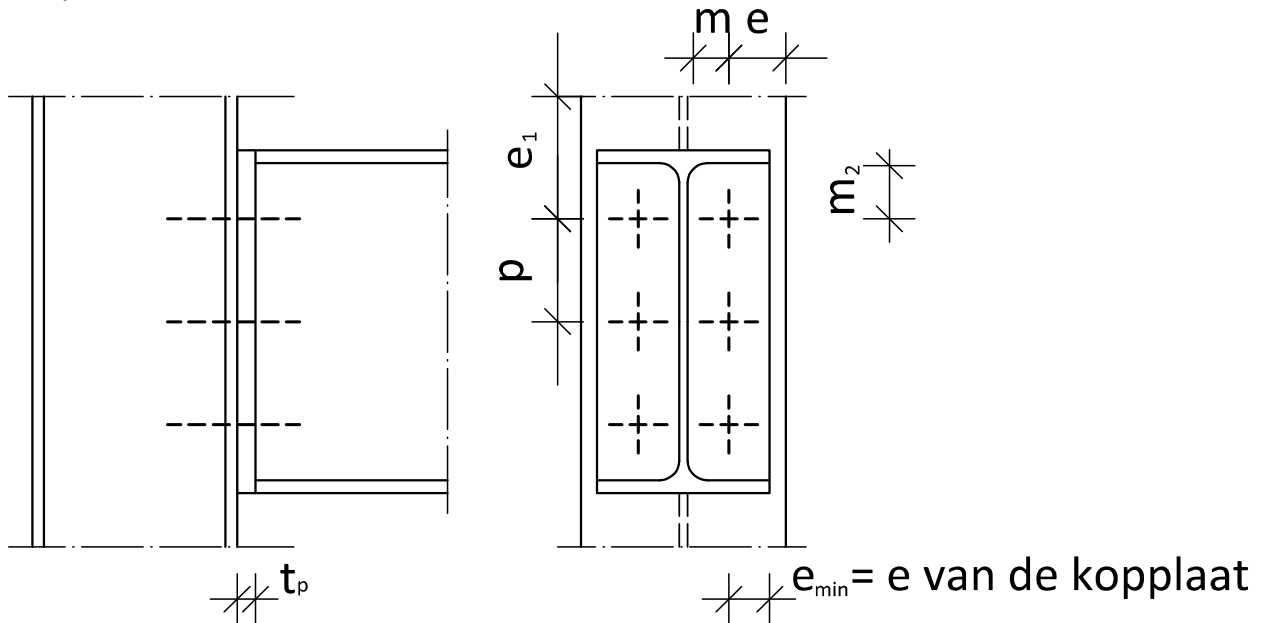
Weerstand

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} * 235}{1,0} * 10^{-3} = 101 \text{ kNm}$$

$$F_{c,fb,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_{fb}) * 10^3 = 389 \text{ kN}$$

Liggerlijf op trek

NEN-EN 1993-1-8 6.2.6.8

Let op α zelf invoeren

Geometrie			
Profielligger =	SEL("NL/profielen"; Naam;)	=	IPE
Ligger =	SEL("NL/"Profielligger; Naam;)	=	IPE 270
t_{wb} =	TAB("NL/"Profielligger;tw;Naam=Ligger)	=	6,6 mm
m =			32,0 mm
p =			90 mm
e_{min} =			32 mm
e van kopplaat e =	e_{min}	=	32 mm
m_2 =			30 mm
λ_1 =	$\frac{m}{m + e}$	=	0,50
λ_2 =	$\frac{m_2}{m + e}$	=	0,47
Figuur 6.11 geeft α =			5,70
Dikte kopplaat t_p =			20 mm
$F_{t,Rd}$ =			141 kNm

Bepaling $I_{eff,cp-nc}$ van boutrij 1

Afzonderlijke boutrij

$$I_{eff,cp,1,enkel} = 2 \cdot \pi \cdot m = 201 \text{ mm}$$

$$I_{eff,nc,1,enkel} = \alpha \cdot m = 182 \text{ mm}$$

Boutrij als onderdeel van een groep boutrijen

$$I_{eff,cp,1,groep} = \pi \cdot m + p = 191 \text{ mm}$$

$$I_{eff,nc,1,groep} = 0,5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0,625 \cdot e) = 143 \text{ mm}$$

Bepaling totale lengte van $l_{\text{eff,cp-nc}}$ en $l_{\text{eff,1-2}}$ van boutrij 1

$$\begin{aligned}
 l_{\text{eff,cp,rij1}} &= \text{MIN}(l_{\text{eff,cp,1,enkel}} ; l_{\text{eff,cp,1,groep}}) &= 191 \text{ mm} \\
 l_{\text{eff,nc,rij1}} &= \text{MIN}(l_{\text{eff,nc,1,enkel}} ; l_{\text{eff,nc,1,groep}}) &= 143 \text{ mm} \\
 l_{\text{eff,1,rij1}} &= \text{MIN}(l_{\text{eff,cp,rij1}} ; l_{\text{eff,nc,rij1}}) &= 143 \text{ mm} \\
 l_{\text{eff,2,rij1}} &= l_{\text{eff,nc,rij1}} &= 143 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Bepaling $l_{\text{eff,cp-nc}}$ van boutrij 2

Afzonderlijke boutrij

$$\begin{aligned}
 l_{\text{eff,cp,2,enkel}} &= 2 \cdot \pi \cdot m &= 201 \text{ mm} \\
 l_{\text{eff,nc,2,enkel}} &= 4 \cdot m + 1,25 \cdot e &= 168 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Boutrij als onderdeel van een groep boutrijen

$$\begin{aligned}
 l_{\text{eff,cp,2,groep}} &= \pi \cdot m + p &= 191 \text{ mm} \\
 l_{\text{eff,nc,2,groep}} &= 2 \cdot m + 0,625 \cdot e + 0,5 \cdot p &= 129 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Bepaling totale lengte van $l_{\text{eff,cp-nc}}$ en $l_{\text{eff,1-2}}$ van boutrij 2

$$\begin{aligned}
 l_{\text{eff,cp,rij2}} &= \text{MIN}(l_{\text{eff,cp,2,enkel}} ; l_{\text{eff,cp,2,groep}}) &= 191 \text{ mm} \\
 l_{\text{eff,nc,rij2}} &= \text{MIN}(l_{\text{eff,nc,2,enkel}} ; l_{\text{eff,nc,2,groep}}) &= 129 \text{ mm} \\
 l_{\text{eff,1,rij2}} &= \text{MIN}(l_{\text{eff,cp,rij2}} ; l_{\text{eff,nc,rij2}}) &= 129 \text{ mm} \\
 l_{\text{eff,2,rij2}} &= l_{\text{eff,nc,rij2}} &= 129 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$b_{\text{eff,t,wb,rij1}} = l_{\text{eff,1,rij1}} = 143 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff,t,wb,rij2}} = l_{\text{eff,1,rij2}} = 129 \text{ mm}$$

Bepaling weerstand

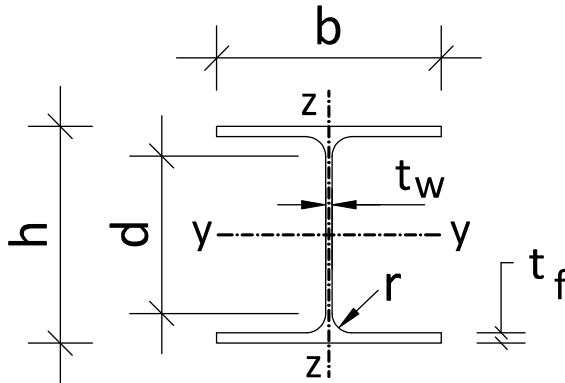
$$F_{\text{t,wb,rij1,Rd}} = b_{\text{eff,t,wb,rij1}} \cdot t_{\text{wb}} \cdot 235 / 1,0 \cdot 10^{-3} = 222 \text{ kN}$$

$$F_{\text{t,wb,rij2,Rd}} = b_{\text{eff,t,wb,rij2}} \cdot t_{\text{wb}} \cdot 235 / 1,0 \cdot 10^{-3} = 200 \text{ kN}$$

EC3 Staal

Berekening kip van een op buiging belaste stalen ligger

NEN-EN 1993-1-1:2006+C1:2006 artikel 6.3.2.4 (vereenvoudigde methode)



Materialen, materialenfactoren en profiel

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;)	=	S235
f_y =	TAB("NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal)	=	235 N/mm ²
E =	TAB("NL/Constructiestaal";E;Naam=Staal)	=	210000 N/mm ²
γ_{M1} =			1,00
Profieltype =	SEL("NL/profielen"; Naam;)	=	HEA
Gekozen profiel =	SEL("NL/"Profieltype; Naam;)	=	HEA 280
b =	TAB("NL/"Profieltype; b;Naam=profiel)	=	280 mm
d =	TAB("NL/"Profieltype; d;Naam=profiel)	=	196 mm
t_w =	TAB("NL/"Profieltype; tw;Naam=profiel)	=	8 mm
t_f =	TAB("NL/"Profieltype; tf;Naam=profiel)	=	13,0 mm

Belastingen en steunen

Moment M_{Ed} =	209 kNm
Lengte tussen de steunen L_c =	2,667 m
Slankheidscorrectiefactor volgens tabel 6.6 k_c =	1,00

Toetsing gevoeligheid voor kip

$$\begin{aligned}
 I_{f,z} &= \left(\frac{1}{12} \cdot t_f \cdot b^3 + \frac{1}{12} \cdot d \cdot 6 \cdot t_w^3 \right) &= 2378 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \\
 A_{f,z} &= t_f \cdot b + d \cdot 6 \cdot t_w &= 3901 \text{ mm}^2 \\
 i_{f,z} &= \sqrt{\frac{I_{f,z}}{A_{f,z}}} &= 78 \text{ mm} \\
 \lambda_1 &= \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} &= 93,9 \\
 \lambda_{c0} &= &= 0,20 \\
 W_y &= \frac{1}{6} \cdot t_f \cdot b^2 &= 170 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 M_{c,Rd} &= W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \cdot 10^{-6} &= 40 \text{ kNm} \\
 \text{Grenswaarde} &= \lambda_{c0} \cdot \frac{M_{c,Rd}}{M_{Ed}} &= 0,04 \\
 \lambda_f &= \frac{k_c \cdot L_c}{i_{f,z} \cdot \lambda_1} \cdot 10^3 &= 0,36 \geq \text{Grenswaarde}
 \end{aligned}$$

Als λ_f kleiner is dan de grenswaarde is de ligger niet gevoelig voor kip.

Bepaling rekenwaarde van de kipweerstand

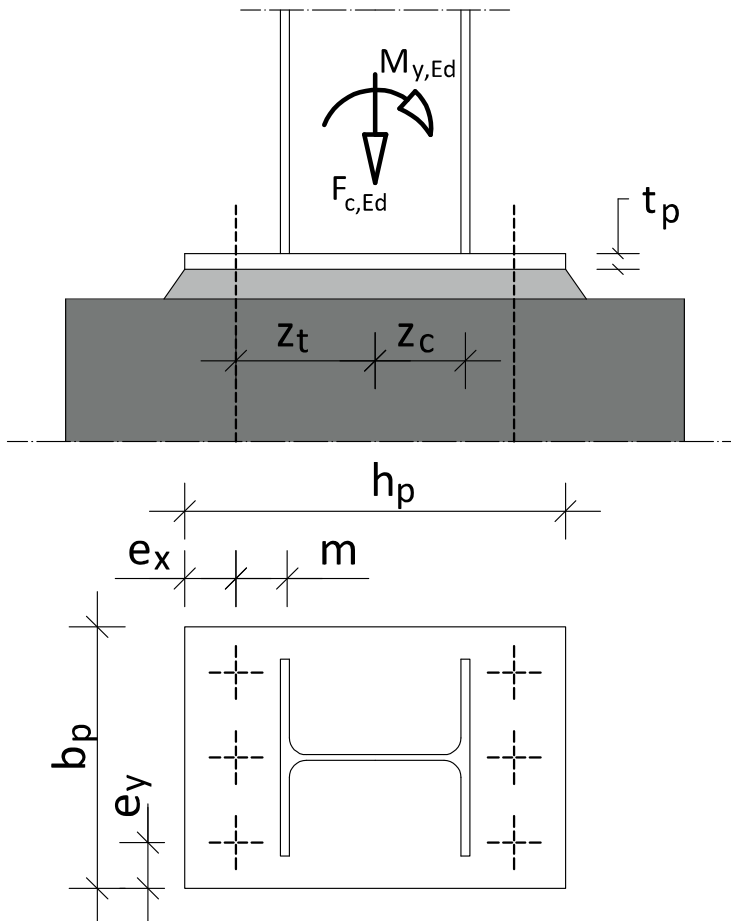
Geen gelaste profielen dus kromme c wordt toegepast.

$$\begin{aligned}
 \text{Tabel 6.3 geeft } \alpha_{LT} &= &= 0,49 \\
 k_{fl} &= &= 1,10 \\
 \Phi_f &= 0,5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_f - 0,2) + \lambda_f^2 \right) &= 0,60 \\
 \chi &= \text{MIN} \left(\frac{1}{\Phi_f + \sqrt{\Phi_f^2 - \lambda_f^2}}; 1,0 \right) &= 0,93 \\
 W_y &= \text{TAB}(\text{"NL"/"Profieltype"; Wyel; Naam=profiel}) \cdot 10^3 &= 1010 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 M_{c,Rd} &= W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \cdot 10^{-6} &= 237 \text{ kNm} \\
 M_{b,Rd} &= \text{MIN}(k_{fl} \cdot \chi \cdot M_{c,Rd}; M_{c,Rd}) &= 237 \text{ kNm} \geq M_{Ed}
 \end{aligned}$$

Berekening kolomvoet

NEN-EN 1993-1-8:2006

Geometrie



Profieltype =	SEL("NL/profielen"; Naam;)	=	HEA
Gekozen profiel =	SEL("NL/Profieltype; Naam;)	=	HEA 300
Breedte voetplaat b_p =		=	400 mm
Lengte voetplaat h_p =		=	450 mm
Dikte voetplaat t_p =		=	36 mm
dubbelzijdige hoeklassen a =		=	8 mm
e_x =		=	40 mm
e_y =		=	40 mm
Ankerbout =	SEL("NL/Bout";Naam;)	=	M27
Hoogte profiel h =	TAB("NL/Profieltype; h;Naam=profiel)	=	290 mm
Breedte profiel b =	TAB("NL/Profieltype; b;Naam=profiel)	=	300 mm
Dikte flens t_f =	TAB("NL/Profieltype; t_f;Naam=profiel)	=	14,0 mm
m =	$(h_p - h) / 2 - e_x$	=	40 mm
A_s =	TAB("NL/Bout";Spanningsdoorsnede;Naam=Ankerbout)	=	459 mm ²

Materialen en veiligheidsfactoren

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;)	=	S235
Ankerkwaliteit =	SEL("NL/Boutkwaliteit";Naam;)	=	8.8
Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C20/25
f_y =	TAB("NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal)	=	235 N/mm ²
f_{ub} =	TAB("NL/Boutkwaliteit";fub;Naam=Ankerkwaliteit)	=	800 N/mm ²
f_{ck} =	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	20 N/mm ²
γ_{M0} =			1,00
γ_{M2} =			1,25
γ_c =			1,50
f_{cd} =	f_{ck} / γ_c	=	13 N/mm ²

Belastingen

Drukkracht in verbinding $F_{c,Ed}$ =	225 kN
Moment in verbinding $M_{y,Ed}$ =	230 kNm

Reactie krachten

z_C =	$h / 2 - t_f / 2$	=	138,0 mm
z_T =	$h_p / 2 - e_x$	=	185,0 mm
z =	$z_C + z_T$	=	323,0 mm
Trekkracht in ankerrij $F_{T,I,Ed}$ =	$\frac{M_{y,Ed}}{z * 10^{-3}} - F_{c,Ed} * \frac{z_C}{z}$	=	616 kN
Drukkracht $F_{C,r,Ed}$ =	$F_{c,Ed} + F_{T,I,Ed}$	=	841 kN

Stuikdruk fundering

NEN 1992-1-1 6.7 (6.63)

f_{jd} =	$2/3 * f_{cd} * 1,98$	=	17 N/mm ²
c =	$t_p * \sqrt{\frac{f_y}{3 * f_{jd} * \gamma_{M0}}}$	=	77 mm
b_{eff} =	$\text{MIN}(2 * c + t_f; 2 * e_x + 2 * m + t_f)$	=	168 mm
l_{eff} =	$\text{MIN}(2 * c + b; b_p)$	=	400 mm
$F_{C,r,Rd}$ =	$f_{jd} * b_{eff} * l_{eff} * 10^{-3}$	=	1142 kN > $F_{C,r,Ed}$

Voetplaat op buiging

Bepaling $l_{eff,1-2}$ voor buitenste twee ankers

m_x =	$m - 0,8 * a * \sqrt{2}$	=	30,9 mm
w =	$(b_p - 2 * e_y) / 2$	=	160 mm
$l_{eff,cp}$ =	$\text{MIN}(2 * \pi * m_x; \pi * m_x + w; \pi * m_x + 2 * e_y)$	=	177 mm
$l_{eff,nc}$ =	$\text{MIN}(4 * m_x + 1,25 * e_x; e_x + 2 * m_x + 0,625 * e_x; 0,5 * b_p; 0,5 * w + 2 * m_x + 0,625 * e_x)$	=	127 mm
$l_{eff,1,buiten}$ =	$\text{MIN}(l_{eff,cp}; l_{eff,nc})$	=	127 mm

Bepaling $l_{\text{eff},1-2}$ voor midden anker

$$e = w / 2 = 80 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,cp}} = \text{MIN}(2 \cdot \pi \cdot m_x; \pi \cdot m_x + w; \pi \cdot m_x + 2 \cdot e) = 194 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc}} = \text{MIN}(4 \cdot m_x + 1,25 \cdot e_x; e + 2 \cdot m_x + 0,625 \cdot e_x; 0,5 \cdot b_p; 0,5 \cdot w + 2 \cdot m_x + 0,625 \cdot e_x) = 167 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},1,\text{midden}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp}}; l_{\text{eff,nc}}) = 167 \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{\text{eff},1} = \text{MIN}(l_{\text{eff},1,\text{buiten}} + l_{\text{eff},1,\text{midden}} + l_{\text{eff},1,\text{buiten}}; b_p) = 400 \text{ mm}$$

Bezwijkvorm 1 en 2

$$M_{\text{pl,Rd}} = 0,25 \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_p^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot 10^{-6} = 30 \text{ kNm}$$

$$F_{\text{T},1,2,\text{Rd}} = M_{\text{pl,Rd}} / m_x \cdot 10^3 = 971 \text{ kN}$$

Bezwijkvorm 3

$$F_{\text{t,Rd}} = \frac{0,9 \cdot f_{\text{ub}} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot 10^{-3} = 264 \text{ kN}$$

$$F_{\text{T},3,\text{Rd}} = 3 \cdot F_{\text{t,Rd}} = 792 \text{ kN}$$

$$F_{\text{T},\text{l,Rd}} = \text{MIN}(F_{\text{T},1,2,\text{Rd}}; F_{\text{T},3,\text{Rd}}) = 792 \text{ kN}$$

$$\text{Toetsing voetplaat: } F_{\text{T},\text{l,Ed}} / F_{\text{T},\text{l,Rd}} = 0,78 \leq 1$$

Toetsing kolomvoet

$$e = \frac{M_{y,\text{Ed}}}{-F_{c,\text{Ed}}} \cdot 10^3 = -1022 \text{ mm}$$

$$M_{j,\text{Rd},1} = \frac{F_{\text{T},\text{l,Rd}} \cdot z}{z_C / e + 1} \cdot 10^{-3} = 296 \text{ kNm}$$

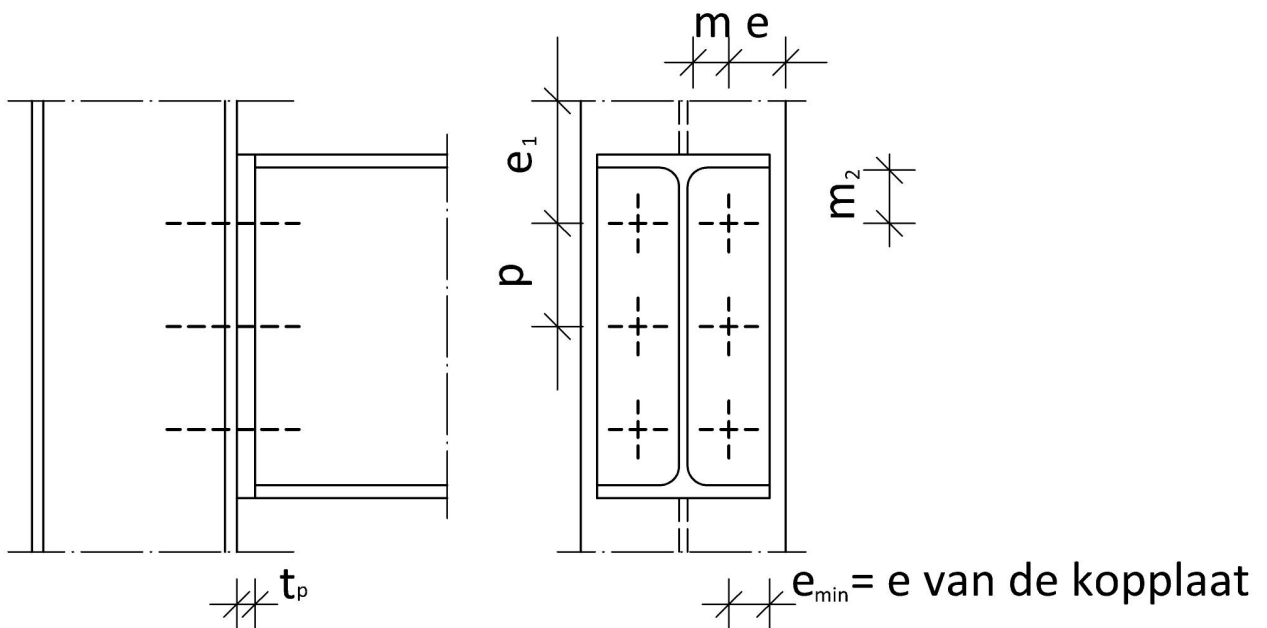
$$M_{j,\text{Rd},2} = \frac{-F_{\text{C},\text{r,Rd}} \cdot z}{z_T / e - 1} \cdot 10^{-3} = 312 \text{ kNm}$$

$$M_{j,\text{Rd}} = \text{MIN}(M_{j,\text{Rd},1}; M_{j,\text{Rd},2}) = 296 \text{ kNm} \geq M_{y,\text{Ed}}$$

Berekening ligger kolom verbinding

Profieltypekolom =	SEL("NL/profielen"; Naam;)	=	HEA
Kolom =	SEL("NL/Profieltypekolom; Naam;)	=	HEA 160
Profieltypeligger =	SEL("NL/profielen"; Naam;)	=	IPE
Ligger =	SEL("NL/Profieltypeligger; Naam;)	=	IPE 270
Lasdikte a =			8 mm
Dikte kopplaat t_p =			20 mm
Bout =	SEL("NL/Bout"; Naam;)	=	M20
A_s =	TAB("NL/Bout"; Spanningsdoorsnede; Naam=Bout)	=	245 mm ²
Boutkwaliteit =	SEL("NL/Boutkwaliteit"; Naam;)	=	8.8
Treksterkte bouten f_{ub} =	TAB("NL/Boutkwaliteit"; f_{ub} ; Naam=Boutkwaliteit)	=	800 N/mm ²

$$\text{Trekweerstand bouten } F_{t,Rd} = \frac{0,9 * f_{ub} * A_s}{1,25} * 10^{-3} = 141 \text{ kN}$$



Kolomflens in dwarsbuiging

NEN-EN 1993-1-8 6.2.6.4, de kopplaat is smaller dan de kolomflens

Geometrie

e_{min} =		40 mm
e =		40 mm
e_{kolom} =	e =	40 mm
m =		25 mm
p =		90 mm
e_1 =		300 mm

$$t_{fc} = \text{TAB("NL/Profieltypekolom"; tf; Naam=Kolom)} = 9 \text{ mm}$$

Bepaling $l_{eff,cp-nc}$ van de bovenste en tweede boutrij

Afzonderlijke boutrij

$$l_{eff,cp,1,enkel} = \text{MIN}(2 * \pi * m; \pi * m + 2 * e_1) = 157 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc,1,enkel} = \text{MIN}(4 * m + 1,25 * e; 2 * m + 0,625 * e + e_1) = 150 \text{ mm}$$

Boutrij als onderdeel van een groep boutrijen

$$l_{\text{eff,cp,1,groep}} = \text{MIN}(\pi * m + p; 2 * e_1 + p) = 169 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,1,groep}} = \text{MIN}(2 * m + 0,625 * e + 0,5 * p; e_1 + 0,5 * p) = 120 \text{ mm}$$

Bepaling totale lengte van $l_{\text{eff,cp-nc}}$ en $l_{\text{eff,1-2}}$ van de bovenste en tweede boutrij

$$l_{\text{eff,cp}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp,1,enkel}}; l_{\text{eff,cp,1,groep}}) = 157 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,nc,1,enkel}}; l_{\text{eff,nc,1,groep}}) = 120 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,1}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp}}; l_{\text{eff,nc}}) = 120 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,2}} = l_{\text{eff,nc}} = 120 \text{ mm}$$

Bepaling rekenwaarde van de weerstand van de bovenste en tweede boutrij

$$M_{\text{pl,1,Rd}} = 0,25 * l_{\text{eff,1}} * t_{\text{fc}}^2 * 235 / 1,00 * 10^{-6} = 0,57 \text{ kNm}$$

$$F_{\text{T,1,Rd}} = \frac{4 * M_{\text{pl,1,Rd}}}{m} * 10^3 = 91 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{pl,2,Rd}} = 0,25 * l_{\text{eff,2}} * t_{\text{fc}}^2 * 235 / 1,00 * 10^{-6} = 0,57 \text{ kNm}$$

$$n = \text{MIN}(e_{\text{min}}; 1,25 * m) = 31 \text{ mm}$$

$$F_{\text{T,2,Rd}} = \frac{2 * M_{\text{pl,2,Rd}} * 10^3 + n * 4 * F_{\text{t,Rd}}}{m + n} = 333 \text{ kN}$$

$$F_{\text{T,3,Rd}} = 4 * F_{\text{t,Rd}} = 564 \text{ kN}$$

$$F_{\text{fc,rij1,Rd}} = \text{MIN}(F_{\text{T,1,Rd}}; F_{\text{T,2,Rd}}; F_{\text{T,3,Rd}}) = 91 \text{ kN}$$

$$F_{\text{fc,rij2,Rd}} = \text{MIN}(F_{\text{T,1,Rd}}; F_{\text{T,2,Rd}}; F_{\text{T,3,Rd}}) = 91 \text{ kN}$$

Kopplaat op buiging

NEN-EN 1993-1-8 6.2.6.5

Geometrie

$$e \text{ van de kopplaat is } e = e_{\text{min}} = 40 \text{ mm}$$

$$m_2 = 30 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = 0,38$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = 0,46$$

$$\text{Figuur 6.11 geeft } \alpha = 6,18$$

$$\text{Dikte kopplaat } t_p = 20 \text{ mm}$$

Bepaling $l_{\text{eff,cp-nc}}$ van boutrij 1

Afzonderlijke boutrij

$$l_{\text{eff,cp,1,enkel}} = 2 * \pi * m = 157 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,1,enkel}} = \alpha * m = 155 \text{ mm}$$

Boutrij als onderdeel van een groep boutrijen

$$l_{\text{eff,cp,1,groep}} = \pi * m + p = 169 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,1,groep}} = 0,5 * p + \alpha * m - (2 * m + 0,625 * e) = 125 \text{ mm}$$

Bepaling totale lengte van $l_{\text{eff,cp-nc}}$ en $l_{\text{eff,1-2}}$ van boutrij 1

$$l_{\text{eff,cp,rij1}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp,1,enkel}}; l_{\text{eff,cp,1,groep}}) = 157 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,rij1}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,nc,1,enkel}}; l_{\text{eff,nc,1,groep}}) = 125 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,1,rij1}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp,rij1}}; l_{\text{eff,nc,rij1}}) = 125 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,2,rij1}} = l_{\text{eff,nc,rij1}} = 125 \text{ mm}$$

Bepaling $l_{\text{eff,cp-nc}}$ van boutrij 2

Afzonderlijke boutrij

$$l_{\text{eff,cp,2,enkel}} = 2 \cdot \pi \cdot m = 157 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,2,enkel}} = 4 \cdot m + 1,25 \cdot e = 150 \text{ mm}$$

Boutrij als onderdeel van een groep boutrijen

$$l_{\text{eff,cp,2,groep}} = \pi \cdot m + p = 169 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,2,groep}} = 2 \cdot m + 0,625 \cdot e + 0,5 \cdot p = 120 \text{ mm}$$

Bepaling totale lengte van $l_{\text{eff,cp-nc}}$ en $l_{\text{eff,1-2}}$ van boutrij 2

$$l_{\text{eff,cp,rij2}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp,2,enkel}} ; l_{\text{eff,cp,2,groep}}) = 157 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,rij2}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,nc,2,enkel}} ; l_{\text{eff,nc,2,groep}}) = 120 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,1,rij2}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp,rij2}} ; l_{\text{eff,nc,rij2}}) = 120 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,2,rij2}} = l_{\text{eff,nc,rij2}} = 120 \text{ mm}$$

Bepaling rekenwaarde van de weerstand boutrij 1

$$M_{\text{pl,1,Rd}} = 0,25 \cdot l_{\text{eff,1,rij1}} \cdot t_p^2 \cdot \frac{235}{1,00} \cdot 10^{-6} = 2,9 \text{ kNm}$$

$$F_{\text{T,1,Rd}} = \frac{4 \cdot M_{\text{pl,1,Rd}}}{m} \cdot 10^3 = 464 \text{ kN}$$

$$n = \text{MIN}(e_{\text{min}} ; 1,25 \cdot m) = 31 \text{ mm}$$

$$M_{\text{pl,2,Rd}} = 0,25 \cdot l_{\text{eff,2,rij1}} \cdot t_p^2 \cdot \frac{235}{1,00} \cdot 10^{-6} = 2,9 \text{ kNm}$$

$$F_{\text{T,2,Rd}} = \frac{2 \cdot M_{\text{pl,2,Rd}} \cdot 10^3 + n \cdot 2 \cdot F_{\text{t,Rd}}}{m + n} = 260 \text{ kN}$$

$$F_{\text{T,3,Rd}} = 2 \cdot F_{\text{t,Rd}} = 282 \text{ kN}$$

$$F_{\text{p,rij1,Rd}} = \text{MIN}(F_{\text{T,1,Rd}} ; F_{\text{T,2,Rd}} ; F_{\text{T,3,Rd}}) = 260 \text{ kN}$$

Bepaling rekenwaarde van de weerstand boutrij 2

$$M_{\text{pl,1,Rd}} = 0,25 \cdot l_{\text{eff,1,rij2}} \cdot t_p^2 \cdot \frac{235}{1,00} \cdot 10^{-6} = 2,8 \text{ kNm}$$

$$F_{\text{T,1,Rd}} = \frac{4 \cdot M_{\text{pl,1,Rd}}}{m} \cdot 10^3 = 448,000 \text{ kN}$$

$$M_{\text{pl,2,Rd}} = 0,25 \cdot l_{\text{eff,2,rij2}} \cdot t_p^2 \cdot \frac{235}{1,00} \cdot 10^{-6} = 2,8 \text{ kNm}$$

$$F_{\text{T,2,Rd}} = \frac{2 \cdot M_{\text{pl,2,Rd}} \cdot 10^3 + n \cdot 2 \cdot F_{\text{t,Rd}}}{m + n} = 256 \text{ kN}$$

$$F_{\text{T,3,Rd}} = 2 \cdot F_{\text{t,Rd}} = 282 \text{ kN}$$

$$F_{\text{p,rij2,Rd}} = \text{MIN}(F_{\text{T,1,Rd}} ; F_{\text{T,2,Rd}} ; F_{\text{T,3,Rd}}) = 256 \text{ kN}$$

Kolomlijf op trek in de dwarsrichting
NEN-EN 1993-1-8 6.2.6.3

Geometrie

$$e_{\min} = 40 \text{ mm}$$

$$e = e_{\text{kolom}} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Volgens tabel 5.4 } \beta = 1$$

Bepaling $l_{\text{eff,cp-nc}}$ van de boutrij 1 en 2

Afzonderlijke boutrij

$$l_{\text{eff,cp,1,enkel}} = \text{MIN}(2 \cdot \pi \cdot m; \pi \cdot m + 2 \cdot e_1) = 157 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,1,enkel}} = \text{MIN}(4 \cdot m + 1,25 \cdot e; 2 \cdot m + 0,625 \cdot e + e_1) = 150 \text{ mm}$$

Boutrij als onderdeel van een groep boutrijen

$$l_{\text{eff,cp,1,groep}} = \text{MIN}(\pi \cdot m + p; 2 \cdot e_1 + p) = 169 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,1,groep}} = \text{MIN}(2 \cdot m + 0,625 \cdot e + 0,5 \cdot p; e_1 + 0,5 \cdot p) = 120 \text{ mm}$$

Bepaling totale lengte van $l_{\text{eff,cp-nc}}$ en $l_{\text{eff,1-2}}$

$$l_{\text{eff,cp}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp,1,enkel}}; l_{\text{eff,cp,1,groep}}) = 157 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,nc,1,enkel}}; l_{\text{eff,nc,1,groep}}) = 120 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,1}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp}}; l_{\text{eff,nc}}) = 120 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff,t,wc}} = 2 \cdot l_{\text{eff,1}} = 240 \text{ mm}$$

$$t_{\text{wc}} = \text{TAB}(\text{"NL"/"Profieltypekolom"; tw; Naam=Kolom}) = 6 \text{ mm}$$

$$A_{\text{vc}} = \text{TAB}(\text{"NL"/"Profieltypekolom"; Av; Naam=Kolom;}) \cdot 100 = 1324 \text{ mm}^2$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot (b_{\text{eff,t,wc}} \cdot t_{\text{wc}} / A_{\text{vc}})^2}} = 0,63$$

$$\omega = \omega_1 = 0,63$$

$$F_{\text{t,wc,Rd}} = \frac{\omega \cdot b_{\text{eff,t,wc}} \cdot t_{\text{wc}} \cdot 235}{1,00} \cdot 10^{-3} = 213 \text{ kN}$$

Kolomlijf op afschuiving
NEN-EN 1993-1-8 6.2.6.1

$$d = \text{TAB}(\text{"NL"/"Profieltypekolom"; d; Naam=Kolom;}) = 104 \text{ mm}$$

$$t_{\text{w}} = \text{TAB}(\text{"NL"/"Profieltypekolom"; tw; Naam=Kolom;}) = 6 \text{ mm}$$

$$\text{Controle slankheid} = d/t_{\text{w}} = 17 \leq 69$$

$$A_{\text{vc}} = \text{TAB}(\text{"NL"/"Profieltypekolom"; Av; Naam=Kolom;}) \cdot 100 = 1324 \text{ mm}^2$$

$$V_{\text{wp,Rd}} = \frac{0,9 \cdot 235 \cdot A_{\text{vc}}}{\sqrt{3} \cdot 1,0} \cdot 10^{-3} = 162 \text{ kN}$$

Liggerlijf op trek
NEN-EN 1993-1-8 6.2.6.8

Geometrie

$$t_{\text{wb}} = \text{TAB}(\text{"NL"/"Profieltypeligger"; tw; Naam=Ligger}) = 6,6 \text{ mm}$$

$$e = e_{\min} = 40 \text{ mm}$$

Bepaling $l_{\text{eff,cp-nc}}$ van boutrij 1

Afzonderlijke boutrij

$$l_{\text{eff,cp,1,enkel}} = 2 \cdot \pi \cdot m = 157 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc,1,enkel}} = \alpha \cdot m = 155 \text{ mm}$$

Boutrij als onderdeel van een groep boutrijen

$$l_{\text{eff,cp},1,\text{groep}} = \pi * m + p = 169 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc},1,\text{groep}} = 0,5 * p + \alpha * m - (2 * m + 0,625 * e) = 125 \text{ mm}$$

Bepaling totale lengte van $l_{\text{eff,cp-nc}}$ en $l_{\text{eff},1-2}$ van boutrij 1

$$l_{\text{eff,cp},\text{rij}1} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp},1,\text{enkel}} ; l_{\text{eff,cp},1,\text{groep}}) = 157 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc},\text{rij}1} = \text{MIN}(l_{\text{eff,nc},1,\text{enkel}} ; l_{\text{eff,nc},1,\text{groep}}) = 125 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},1,\text{rij}1} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp},\text{rij}1} ; l_{\text{eff,nc},\text{rij}1}) = 125 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},2,\text{rij}1} = l_{\text{eff,nc},\text{rij}1} = 125 \text{ mm}$$

Bepaling $l_{\text{eff,cp-nc}}$ van boutrij 2

Afzonderlijke boutrij

$$l_{\text{eff,cp},2,\text{enkel}} = 2 * \pi * m = 157 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc},2,\text{enkel}} = 4 * m + 1,25 * e = 150 \text{ mm}$$

Boutrij als onderdeel van een groep boutrijen

$$l_{\text{eff,cp},2,\text{groep}} = \pi * m + p = 169 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc},2,\text{groep}} = 2 * m + 0,625 * e + 0,5 * p = 120 \text{ mm}$$

Bepaling totale lengte van $l_{\text{eff,cp-nc}}$ en $l_{\text{eff},1-2}$ van boutrij 2

$$l_{\text{eff,cp},\text{rij}2} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp},2,\text{enkel}} ; l_{\text{eff,cp},2,\text{groep}}) = 157 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc},\text{rij}2} = \text{MIN}(l_{\text{eff,nc},2,\text{enkel}} ; l_{\text{eff,nc},2,\text{groep}}) = 120 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},1,\text{rij}2} = \text{MIN}(l_{\text{eff,cp},\text{rij}2} ; l_{\text{eff,nc},\text{rij}2}) = 120 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},2,\text{rij}2} = l_{\text{eff,nc},\text{rij}2} = 120 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff,t,wb},\text{rij}1} = l_{\text{eff},1,\text{rij}1} = 125 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff,t,wb},\text{rij}2} = l_{\text{eff},1,\text{rij}2} = 120 \text{ mm}$$

Bepaling weerstand

$$F_{\text{t,wb},\text{rij}1,\text{Rd}} = b_{\text{eff,t,wb},\text{rij}1} * t_{\text{wb}} * 235 / 1,0 * 10^{-3} = 194 \text{ kN}$$

$$F_{\text{t,wb},\text{rij}2,\text{Rd}} = b_{\text{eff,t,wb},\text{rij}2} * t_{\text{wb}} * 235 / 1,0 * 10^{-3} = 186 \text{ kN}$$

Liggerflens en liggerlijf op druk

NEN-EN 1993-1-8 6.2.6.7

Geometrie

$$W_{\text{el}} = \text{TAB}(\text{"NL/"Profieltypeligger;Wyel;Naam=Ligger}) = 429 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$h = \text{TAB}(\text{"NL/"Profieltypeligger;h;Naam=Ligger}) = 270 \text{ mm}$$

$$t_{\text{fb}} = \text{TAB}(\text{"NL/"Profieltypeligger;tf;Naam=Ligger}) = 10,2 \text{ mm}$$

Sterkte

$$M_{\text{c,Rd}} = \frac{W_{\text{el}} * 235}{1,0} * 10^{-3} = 101 \text{ kNm}$$

$$F_{\text{c,fb,Rd}} = M_{\text{c,Rd}} / (h - t_{\text{fb}}) * 10^3 = 389 \text{ kN}$$

Kolomlijf op druk in de dwarsrichting
NEN-EN 1993-1-8 6.2.6.2

Volgens tabel 5.4 $\beta =$			1
$a_p =$	a	=	8 mm
$r_c =$	TAB("NL/"Profieltypekolom; r; Naam=Kolom)	=	15 mm
s =	r_c	=	15 mm
$s_p =$	t_p	=	20 mm
$b_{\text{eff},c,w_c} =$	$t_{fb} + 2 * \sqrt{2} * a_p + 5 * (t_{fc} + s) + s_p$	=	173 mm
$\omega_1 =$	$\frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 * (b_{\text{eff},c,w_c} * t_{w_c} / A_{v_c})^2}}$	=	0,75
$\omega =$	ω_1	=	0,75
$k_{w_c} =$		=	1,0
$F_{c,w_c,Rd,1} =$	$\frac{\omega * k_{w_c} * b_{\text{eff},c,w_c} * t_{w_c} * 235}{1,0} * 10^{-3}$	=	183 kN
$h_c =$	TAB("NL/"Profieltypekolom; h; Naam=Kolom)	=	152 mm
$d_{w_c} =$	$h_c - 2 * (t_{fc} + r_c)$	=	104 mm
$\lambda_p =$	$0,932 * \sqrt{\frac{b_{\text{eff},c,w_c} * d_{w_c} * 235}{210000 * t_{w_c}^2}}$	=	0,70
$\rho =$	$\text{MIN}(1,0; (\lambda_p - 0,2) / \lambda_p^2)$	=	1,00
$F_{c,w_c,Rd,2} =$	$\frac{\omega * k_{w_c} * \rho * b_{\text{eff},c,w_c} * t_{w_c} * 235}{1,0} * 10^{-3}$	=	183 kN
$F_{c,w_c,Rd} =$	$\text{MIN}(F_{c,w_c,Rd,1}; F_{c,w_c,Rd,2})$	=	183 kN

Overzicht van de weerstanden

Weerstand van de basiscomponenten

Kolomflens in dwarsbuiging rij 1	$F_{fc,rij1,Rd} =$	$F_{fc,rij1,Rd}$	=	91 kN
Kolomflens in dwarsbuiging rij 2	$F_{fc,rij2,Rd} =$	$F_{fc,rij2,Rd}$	=	91 kN
Kopplaat op buiging rij 1	$F_{p,rij1,Rd} =$	$F_{p,rij1,Rd}$	=	260 kN
Kopplaat op buiging rij 2	$F_{p,rij2,Rd} =$	$F_{p,rij2,Rd}$	=	256 kN
Kolomlijf op trek rij 1	$F_{t,w_c,rij1,Rd} =$	$F_{t,w_c,Rd}/2$	=	107 kN
Kolomlijf op trek rij 2	$F_{t,w_c,rij2,Rd} =$	$F_{t,w_c,Rd}/2$	=	107 kN
Kolomlijf op afschuiving	$V_{wp,Rd} =$	$V_{wp,Rd}$	=	162 kN
Liggerlijf op trek rij 1	$F_{t,w_b,rij1,Rd} =$	$F_{t,w_b,rij1,Rd}$	=	194 kN
Liggerlijf op trek rij 2	$F_{t,w_b,rij2,Rd} =$	$F_{t,w_b,rij2,Rd}$	=	186 kN
Liggerflens en liggerlijf op druk	$F_{c,fb,Rd} =$	$F_{c,fb,Rd}$	=	389 kN
Kolomlijf op druk	$F_{c,w_c,Rd} =$	$F_{c,w_c,Rd}$	=	183 kN

Maximale weerstand ter plaatse van het drukpunt

$$F_{c,Rd} = \text{MIN}(V_{wp,Rd}; F_{c,fb,Rd}; F_{c,wc,Rd}) = 162 \text{ kN}$$

Maximale weerstand boutrij 1 en 2

$$F_{T,rij1,Rd} = \text{MIN}(F_{fc,rij1,Rd}; F_{p,rij1,Rd}; F_{t,wc,rij1,Rd}; F_{t,wb,rij1,Rd}) = 91 \text{ kN}$$

$$F_{T,rij2,Rd} = \text{MIN}(F_{fc,rij2,Rd}; F_{p,rij2,Rd}; F_{t,wc,rij2,Rd}; F_{t,wb,rij2,Rd}) = 91 \text{ kN}$$

Maximaal optredende kracht in boutrij twee uit het krachterevenwicht

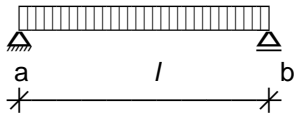
$$F_{T,rij2,Rd} = F_{c,Rd} - F_{T,rij1,Rd} = 71 \text{ kN}$$

Momentweerstand van de verbinding

$$M_{j,Rd} = 0,2199 * F_{T,rij1,Rd} + 0,1299 * F_{T,rij2,Rd} = 29 \text{ kNm}$$

Vrij opgelegde ligger

Schema



Geometrie

Overspanning $l =$ 3,00 m

Belastingfactoren

 $\gamma_G =$ 1,20 $\gamma_Q =$ 1,50

Belastingen

Blijvende belasting:

Last 1 = 32 kN/m

Last 2 = 15 kN/m

 $G_k =$ 47 kN/m

Variabele belasting:

Last 3 = 16 kN/m

Last 4 = 9 kN/m

 $Q_k =$ 25 kN/m

Rekenwaarde belasting:

UGT $E_d = \gamma_G * G_k + \gamma_Q * Q_k =$ 94 kN/mBGT $E_{BGTd} = 1,0 * G_k + 1,0 * Q_k =$ 72 kN/m

Krachtswerking

 $M_{Ed} = 1/8 * E_d * l^2 =$ 106 kNm $V_{Ed} = 1/2 * E_d * l =$ 141 kN $R_{a,G} = 1/2 * G_k =$ 24 kN $R_{a,Q} = 1/2 * Q_k =$ 13 kN

Materialen, materialenfactoren en profiel

Staal = SEL("NL/Constructiestaal";Naam;) = S235

 $f_y =$ TAB("NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal) = 235 N/mm² $E =$ TAB("NL/Constructiestaal";E;Naam=Staal) = 210000 N/mm² $\gamma_{M0} =$ 1,00

Profieltype = SEL("NL/profielen"; Naam;) = HEA

Gekozen profiel = SEL("NL/Profieltype; Naam;) = HEA 360

 $I =$ TAB("NL/Profieltype; Iy;Naam=profiel) = 33090 10⁴ mm⁴ $W_{pl} =$ TAB("NL/Profieltype; WypI;Naam=profiel) = 2088 10³ mm³ $h =$ TAB("NL/Profieltype; h;Naam=profiel) = 350 mm $t_w =$ TAB("NL/Profieltype; tw;Naam=profiel) = 10 mm $A_w =$ $h * t_w =$ 3500 mm²

Controle sterkte

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}} * 10^{-3} = 491 \text{ kNm}$$
$$M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,22 \leq 1$$
$$\tau_{Ed} = V_{Ed} / A_w * 10^3 = 40 \text{ N/mm}^2$$
$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} * \gamma_{M0})} = 0,29 \leq 1$$

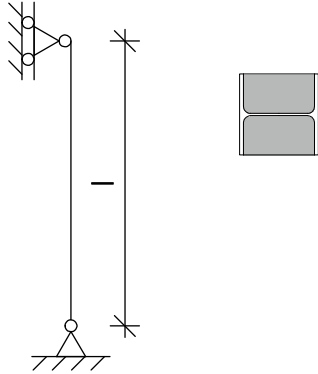
Controle vervorming

$$w_{eis} = 0,004 * l * 10^3 = 12 \text{ mm}$$
$$w_{max} = \frac{5}{384} * \frac{E_{BGTd} * l^4}{E * I} * 10^9 = 11 \text{ mm} < w_{eis}$$

EC4 Staal-beton

Weerstand van een staal-beton kolom belast op druk en buiging

NEN-EN 1994-1-1 artikel 6.7.3



Geometrie

Kolomlengte l =			8,00 m
Profieltype =	SEL("NL/profielen"; Naam;)	=	HEB
Gekozen profiel =	SEL("NL/Profieltype; Naam;)	=	HEB 340
Hoogte profiel h =	TAB("NL/Profieltype; h;Naam=profiel)	=	340 mm
Breedte profiel b =	TAB("NL/Profieltype; b;Naam=profiel)	=	300 mm
Dikte flens t_f =	TAB("NL/Profieltype; tf;Naam=profiel)	=	21,5 mm
Dikte lijf t_w =	TAB("NL/Profieltype; tw;Naam=profiel)	=	12,0 mm
Oppervlak staalprfl A_a =	TAB("NL/Profieltype; A;Naam=profiel)*10 ²	=	17100 mm ²
Oppervlak beton A_c =	$b * h - A_a$	=	84900 mm ²
$W_{a,pl}$ =	TAB("NL/Profieltype; Wypl;Naam=profiel)	=	2408 10 ³ mm ³
$W_{c,pl}$ =	$\frac{b * h^2}{4} * 10^{-3} - W_{a,pl}$	=	6262 10 ³ mm ³
I_a =	TAB("NL/Profieltype; Iy;Naam=profiel)	=	36660 10 ⁴ mm ⁴
I_c =	$1/12 * b * h^3 * 10^{-4} - I_a$	=	61600 10 ⁴ mm ⁴
$I_{z,a}$ =	TAB("NL/Profieltype; Iz;Naam=profiel)	=	9690 10 ⁴ mm ⁴
$I_{z,c}$ =	$1/12 * h * b^3 * 10^{-4} - I_{z,a}$	=	66810 10 ⁴ mm ⁴

Materialen en veiligheidsfactoren

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;)	=	S235
Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck<=50)	=	C30/37
f_y =	TAB("NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal)	=	235 N/mm ²
f_{ck} =	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	30 N/mm ²
E_a =	TAB("NL/Constructiestaal";E;Naam=Staal)	=	210000 N/mm ²
E_{cm} =	TAB("NL/betonsterkteklassen";Ecm;Naam=Beton)	=	33000 N/mm ²
γ_{M0} =			1,00
γ_{M1} =			1,00
γ_{M2} =			1,25
γ_c =			1,50
f_{cd} =	f_{ck} / γ_c	=	20 N/mm ²
f_{yd} =	f_y / γ_{M0}	=	235 N/mm ²

Belastingen

$$\begin{aligned} \text{Drukkracht in kolom } N_{Ed} &= 2107,0 \text{ kN} \\ \text{Moment in kolom } M_{Ed} &= 316 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Toetsing buiging

Toetsing op basis van figuur 6.19 van NEN-EN 1994-1-1

$$N_{pl,Rd} = (A_a * f_{yd} + 0,85 * A_c * f_{cd}) * 10^{-3} = 5462 \text{ kN}$$

$$M_{max,Rd} = \frac{(W_{a,pl} * f_{yd} + 0,5 * W_{c,pl} * f_{cd}) * 10^{-3}}{h/2 - t_f} = 629 \text{ kNm}$$

$$h_n = \frac{2 * t_w * f_{yd}}{0,85 * f_{cd} * (b - t_w) + 1} = 69 \text{ mm}$$

$$\text{Helft lijfhoogte} = h/2 - t_f = 149 \text{ mm} > h_n$$

$$M_{N,Rd} = (t_f * h_n^2 * f_{yd} + 1/2 * (b - t_f) * h_n^2 * f_{cd}) * 10^{-6} = 37 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = M_{max,Rd} - M_{N,Rd} = 592 \text{ kNm}$$

Punt A

$$N_A = N_{pl,Rd} = 5462 \text{ kN}$$

$$M_A = 0 \text{ kNm}$$

Punt B

$$N_B = 0 \text{ kN}$$

$$M_B = M_{pl,Rd} = 592 \text{ kNm}$$

Punt C

$$N_C = A_c * f_{cd} * 10^{-3} = 1698 \text{ kN}$$

$$M_C = M_{pl,Rd} = 592 \text{ kNm}$$

Punt D

$$N_D = 1/2 * A_c * f_{cd} * 10^{-3} = 849 \text{ kN}$$

$$M_D = M_{max,Rd} = 629 \text{ kNm}$$

$$\mu_d = \text{MIN}(1 - (N_{Ed} - N_C) / (N_A - N_C); 1,0) = 0,89$$

$$\alpha_M = \text{IF}(\text{Staal}="S235" \text{ OR } \text{Staal}="S275" \text{ OR } \text{Staal}="S355"; 0,9; 0,8) = 0,90$$

Om de tweede orde effecten mee te nemen wordt de factor k bepaald volgens 6.7.3.4

$$EI_{eff} = 0,9 * (E_a * I_a + 0,5 * E_{cm} * I_c) * 10^4 = 78435 * 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$N_{cr,eff} = \frac{\pi^2 * EI_{eff}}{l^2 * 10^9} = 12096 \text{ kN}$$

$$\beta = 1,00$$

$$k = \frac{\beta}{1 - N_{Ed} / N_{cr,eff}} = 1,21$$

$$\text{Toetsing buiging} = \frac{M_{Ed} * k}{\mu_d * M_{pl,Rd}} = 0,73 \leq \alpha_M$$

Buiging voldoet, in de controle is rekening gehouden met de aanwezige drukkracht.

Controle staalbijdrage

$$\text{Maximum staalbijdrage } \delta = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{N_{pl,Rd} \cdot 10^3} = 0,74 \leq 0,9$$

$$\text{Minumum staalbijdrage } \delta = \delta = 0,74 \geq 0,2$$

Staalbijdrage ligt binnen de onder en bovengrens.

Toetsing normaalkracht zwakke as

$$N_{pl,Rd} = (A_a \cdot f_y / \gamma_{M1} + 0,85 \cdot A_c \cdot f_{cd}) \cdot 10^{-3} = 5462 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk} = (A_a \cdot f_y + 0,85 \cdot A_c \cdot f_{ck}) \cdot 10^{-3} = 6183 \text{ kN}$$

$$EI_{z,eff} = 0,9 \cdot (E_a \cdot I_{z,a} + 0,5 \cdot E_{cm} \cdot I_{z,c}) \cdot 10^4 = 28235 \cdot 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$N_{cr,eff} = \frac{\pi^2 \cdot EI_{z,eff}}{l^2 \cdot 10^9} = 4354 \text{ kN}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{cr,eff}}} = 1,19$$

$$\alpha = 0,34$$

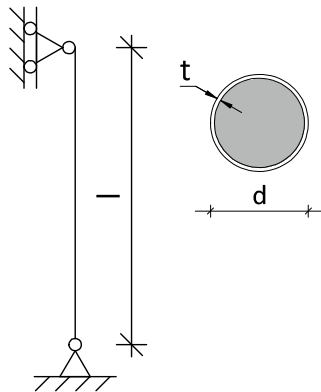
$$\Phi = \frac{0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2)}{1} = 1,38$$

$$X = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,48$$

$$\text{Toetsing normaalkracht} = \frac{N_{Ed}}{X \cdot N_{pl,Rd}} = 0,80 \leq 1$$

Weerstand van een staal-beton kolom belast op druk

NEN-EN 1994-1-1 artikel 6.7.3



Geometrie

Kolomlengte $l =$		7,00 m
Diameter $d =$		273 mm
Wanddikte $t =$		6,3 mm
Oppervlakte beton $A_c =$	$1/4 * \pi * (d - 2 * t)^2$	$= 53256 \text{ mm}^2$
Oppervlakte staalprfl $A_a =$	$1/4 * \pi * d^2 - A_c$	$= 5279 \text{ mm}^2$
Traagheidsmoment beton $I_c =$	$\frac{\pi * (d - 2 * t)^4}{64}$	$= 22570 * 10^4 \text{ mm}^4$
Traagheidsmoment staal $I_a =$	$\frac{\pi * d^4}{64} - I_c$	$= 4696 * 10^4 \text{ mm}^4$

Materialen en veiligheidsfactoren

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;)	=	S355
Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C30/37
$f_y =$	TAB("NL/Constructiestaal";fy;Naam=Staal)	=	355 N/mm ²
$f_{ck} =$	TAB("NL/betonsterkteklassen";fck;Naam=Beton)	=	30 N/mm ²
$E_a =$	TAB("NL/Constructiestaal";E;Naam=Staal)	=	210000 N/mm ²
$E_{cm} =$	TAB("NL/betonsterkteklassen";Ecm;Naam=Beton)	=	33000 N/mm ²
$\gamma_{M0} =$			1,00
$\gamma_{M1} =$			1,00
$\gamma_c =$			1,50
$f_{cd} =$	f_{ck} / γ_c	=	20 N/mm ²
$f_{yd} =$	f_y / γ_{M0}	=	355 N/mm ²

Belastingen

Drukkracht in kolom $N_{Ed} =$	1575,0 kN
--------------------------------	-----------

Toetsing normaalkracht

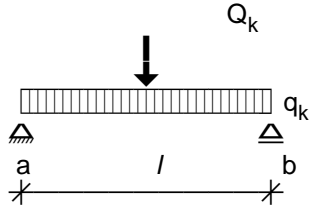
$$\begin{aligned}
 N_{pl,Rd} &= (A_a * f_y / \gamma_{M1} + 0,85 * A_c * f_{cd}) * 10^{-3} &= & 2779 \text{ kN} \\
 N_{pl,Rk} &= (A_a * f_y + 0,85 * A_c * f_{ck}) * 10^{-3} &= & 3232 \text{ kN} \\
 EI_{eff} &= E_a * I_a + 0,6 * E_{cm} * I_c &= & 14330 * 10^9 \text{ mm}^4 \\
 N_{cr,eff} &= \frac{\pi^2 * EI_{eff}}{l^2 * 10^9} &= & 2886 \text{ kN} \\
 \lambda &= \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{cr,eff}}} &= & 1,06 \\
 \alpha &= &= & 0,210 \\
 \Phi &= 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda - 0,2) + \lambda^2) &= & 1,15 \\
 X &= \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} &= & 0,63 \\
 \text{Toetsing normaalkracht} &= \frac{N_{Ed}}{X * N_{pl,Rd}} &= & 0,90 \leq 1
 \end{aligned}$$

EC5 Hout

Berekening houten balklaag

NEN-EN 1995

Schema



Geometrie, materialen, materiaalfactoren en y-factoren

Overspanning $l =$	3,43 m
hoh maat balken $a =$	0,60 m
Breedte balk $b =$	46 mm
Hoogte balk $h =$	221 mm

$$W = \frac{1}{6} * b * h^2 = 374 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I = \frac{1}{12} * b * h^3 = 4138 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\gamma_m = 1,30$$

$$\psi_0 = 0,40$$

$$\psi_1 = 0,50$$

$$\psi_2 = 0,30$$

Houtkwaliteit kwal=	SEL("NL/hout";Naam;)	=	C24
Buigtreksterkte $f_{m,0,rep} =$	TAB("NL/Hout";fm0rep;Naam=kwal)	=	24 N/mm ²
Schuifsterkte $f_{v,0,rep} =$	TAB("NL/Hout";fv0rep;Naam=kwal)	=	2,50 N/mm ²
E-modulus $E_{0,ser,rep} =$	TAB("NL/Hout";E0serrep;Naam=kwal)	=	11000 N/mm ²
Klimaatklasse =		=	1
Belastingduurklasse =	SEL("NL/Belastingduurklasse";Naam;)	=	Middellang
Tabel 3.1 geeft $k_{mod} =$		=	0,80
Tabel 3.2 geeft $k_{def} =$		=	0,60

$$f_{m,y,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,0,rep}}{\gamma_m} = 14,77 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,0,rep}}{\gamma_m} = 1,54 \text{ N/mm}^2$$

Belastingen

Blijvende belasting:

$$\text{Last 1} = 0,49 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Last 2} = 1,50 \text{ kN/m}^2$$

$$g_k = \underline{\underline{1,99 \text{ kN/m}^2}}$$

Variabele belasting:

Personen en aankleding = 1,75 kN/m²
 Lichte scheidingswanden = 0,50 kN/m²

$q_k =$ 2,25 kN/m²

Puntlast $Q_k =$ 3,0 kN

Verdelingsfactor $\varphi_r =$ 0,80

Toetsing sterkte

Buiging:

$$M_{g,k} = a * \frac{1}{8} * g_k * l^2 = 1,76 \text{ kNm}$$

$$M_{q,k} = a * \frac{1}{8} * q_k * l^2 = 1,99 \text{ kNm}$$

$$M_{Q,k} = \frac{1}{4} * \varphi_r * Q_k * l = 2,06 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,1} = 1,35 * M_{g,k} + 1,5 * \psi_0 * M_{q,k} = 3,57 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,2} = 1,2 * M_{g,k} + 1,5 * M_{q,k} = 5,10 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,3} = 1,35 * M_{g,k} + 1,5 * \psi_0 * M_{Q,k} = 3,61 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,4} = 1,2 * M_{g,k} + 1,5 * M_{Q,k} = 5,20 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \text{MAX}(M_{Ed,1}; M_{Ed,2}; M_{Ed,3}; M_{Ed,4}) = 5,20 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed}}{W} * 10^6 = 13,90 \text{ kNm}$$

$$\text{Toetsing buiging} = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = 0,94 \leq 1$$

Afschuiving:

$$V_{g,k} = a * \frac{1}{2} * g_k * l = 2,05 \text{ kN}$$

$$V_{q,k} = a * \frac{1}{2} * q_k * l = 2,32 \text{ kN}$$

$$V_{Q,k} = \varphi_r * Q_k = 2,40 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,1} = 1,35 * V_{g,k} + 1,5 * \psi_0 * V_{q,k} = 4,16 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,2} = 1,2 * V_{g,k} + 1,5 * V_{q,k} = 5,94 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,3} = 1,35 * V_{g,k} + 1,5 * \psi_0 * V_{Q,k} = 4,21 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,4} = 1,2 * V_{g,k} + 1,5 * V_{Q,k} = 6,06 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = \text{MAX}(V_{Ed,1}; V_{Ed,2}; V_{Ed,3}; V_{Ed,4}) = 6,06 \text{ kN}$$

$$\sigma_{v,d} = 1,5 * \frac{V_{Ed}}{b * h} * 10^3 = 0,89 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Toetsing afschuiving} = \frac{\sigma_{v,d}}{f_{v,d}} = 0,58 \leq 1$$

Toetsing vervormingen (volgens de vereenvoudigde methode van artikel 2.2.3 (5))

$$u_{fin,G} = \frac{5}{384} \frac{a \cdot g_k \cdot l^4}{E_{0,ser,rep} \cdot I} \cdot (1 + k_{def}) \cdot 10^{12} = 8 \text{ mm}$$

$$u_{fin,q} = \frac{5}{384} \frac{a \cdot q_k \cdot l^4}{E_{0,ser,rep} \cdot I} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \cdot 10^{12} = 6 \text{ mm}$$

$$u_{fin,Q} = \frac{\varphi_r \cdot Q_k \cdot l^3}{48 \cdot E_{0,ser,rep} \cdot I} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \cdot 10^{12} = 5 \text{ mm}$$

$$u_{fin,Q,1} = \text{MAX}(u_{fin,q}; u_{fin,Q}) = 6 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q,1} = 14 \text{ mm}$$

Toetsing trillingen

$$EI_l = E_{0,ser,rep} \cdot I / a \cdot 10^{-6} = 758633 \text{ Nm}^2/\text{m}$$

$$m = g_k / 10 \cdot 10^3 = 199 \text{ kg}$$

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \cdot l^2} \sqrt{\frac{EI_l}{m}} = 8,24 \text{ Hz} > 8$$

Rapport**Belastingaannames**

Beganegrandvloer

Kanaalplaatvloer: 3,30 kN/m²
Druklaag: 0,05*25 = 1,25 kN/m²
Afwerking: 1,00 kN/m²

BG_{pb} = 5,55 kN/m²

BG_{vb} = 5,00 kN/m²

Eerste verdieping

Breedplaatvloer d250: 0,25*25 = 6,25 kN/m²
Afwerking: 1,00 kN/m²
Plafond en installaties: 0,75 kN/m²

EV_{pb} = 8,00 kN/m²

EV_{vb} = 2,50 kN/m²

Dak

Stalendakplaten: 0,70 kN/m²
Isolatie: 0,25 kN/m²
Afwerking: 0,60 kN/m²

Dak_{pb} = 1,55 kN/m²

Dak_{vb} = 0,53 kN/m²

Uitgangspunten berekening

Normen

De volgende normen zijn van toepassing:

NEN-EN 1990:2002	Eurocode 0 - Grondslagen
NEN-EN 1991-1-1:2002	Eurocode 1 - Belastingen op constructies
NEN-EN 1992-1-1:2005	Eurocode 2 - Ontwerp en berekening van betonconstructies
NEN-EN 1993-1-1:2006	Eurocode 3 - Ontwerp en berekening van staalconstructies
NEN-EN 1994-1-1:2005	Eurocode 4 - Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies
NEN-EN 1995-1-1:2005	Eurocode 5 - Ontwerp en berekening van houtconstructies
NEN-EN 1996-1-1:2006	Eurocode 6 - Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk
NEN-EN 1997-1:2005	Eurocode 7 - Geotechnisch ontwerp

Ontwerplevensduur

De ontwerplevensduur is conform tabel 2.1 van NEN-EN 1990:2002 en NB:2007. Het bouwwerk is ingedeeld in ontwerplevensduurklasse 3, de bijbehorende levensduur is 50 jaar.

Brand

De brandwerendheidseis is, conform het bouwbesluit, 90 min.

$$f_{fi,requ} = 90 \text{ min}$$

Materialen

De volgende materialen zijn toegepast:

Staal =	SEL("NL/Constructiestaal";Naam;)	=	S235
Beton =	SEL("NL/betonsterkteklassen";Naam;fck≤50)	=	C28/35
Wapening =	SEL("NL/betonstaal";Naam;fyk≤600)	=	B500
Ankerkwaliteit =	SEL("NL/Boutkwaliteit";Naam;)	=	4.6
Boutkwaliteit =	SEL("NL/Boutkwaliteit";Naam;)	=	8.8

Uiterste grenstoestanden

De volgende uiterste grenstoestanden zijn getoetst:

- EQU: Verlies van statisch evenwicht;
- STR: Intern bezwijken of buitensporige vervorming;
- GEO: Bezwijken of buitensporige vervorming van de grond;
- FAT: Bezwijken door vermoeiing.

Belastingcombinaties

De volgende belastingcombinaties zijn, indien nodig, getoetst:

Uiterste grenstoestand

$$1,1 * G_{kj,sup} + 1,5 * Q_{k,1} + 1,5 * \psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (\text{EQU})$$

$$0,9 * G_{kj,inf} + 1,5 * Q_{k,1} + 1,5 * \psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (\text{EQU})$$

$$1,35 * G_{kj,sup} + 1,5 * \psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (i \geq 1) \quad (\text{STR/GEO})$$

$$1,2 * G_{kj,sup} + 1,5 * Q_{k,1} + 1,5 * \psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (i > 1) \quad (\text{STR/GEO})$$

$$0,9 * G_{kj,inf} + 1,5 * \psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (i \geq 1) \quad (\text{STR/GEO})$$

$$0,9 * G_{kj,inf} + 1,5 * Q_{k,1} + 1,5 * \psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (i > 1) \quad (\text{STR/GEO})$$

$$1,0 * G_{kj,sup} + 1,3 * Q_{k,1} + 1,3 * \psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (\text{STR/GEO})$$

$$1,0 * G_{kj,inf} + 1,3 * Q_{k,1} + 1,3 * \psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (\text{STR/GEO})$$

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$$G_{kj} + Q_{k,1} + \psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (i > 1) \quad (\text{Karakteristieke combinatie})$$

$$G_{kj} + \psi_{1,1} * Q_{k,1} + \psi_{2,i} * Q_{k,i} \quad (i > 1) \quad (\text{Frequente combinatie})$$

$$G_{kj} + \psi_{2,i} * Q_{k,i} \quad (i \geq 1) \quad (\text{Quasi-blijvende combinatie})$$

In de bovenstaande formules zijn de volgende variabelen gebruikt:

$G_{kj,sup}$ = bovengrenswaarde van de blijvende belasting

$G_{kj,inf}$ = ondergrenswaarde van de blijvende belasting

$Q_{k,1}$ = overheersende veranderlijke belasting

$Q_{k,i}$ = veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende

$G_{kj,sup}$ en $G_{kj,inf}$ zijn vaak gelijk aan elkaar. buitenkant van de kolom tot aan de controle-

omtrek

Voorblad en inhoudsopgave

Ingenieursbureau 007

Adres

Telefoon

Projectnummer:

Constructeur:

Omschrijving: