

### 3 -paalspoer met buigtheorie inclusief scheurwijdte,dekking verankeringslengte, ombuigen wapening en dwarskracht

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

rekenwaarde kolombelasting  $F_{Ed} = 2500,13$  kN  
 quasie-permanente waarde  $F_{qp} = 1900$  kN

het eigen gewicht van de poer is  $G_{k,poer} = 255$  kN

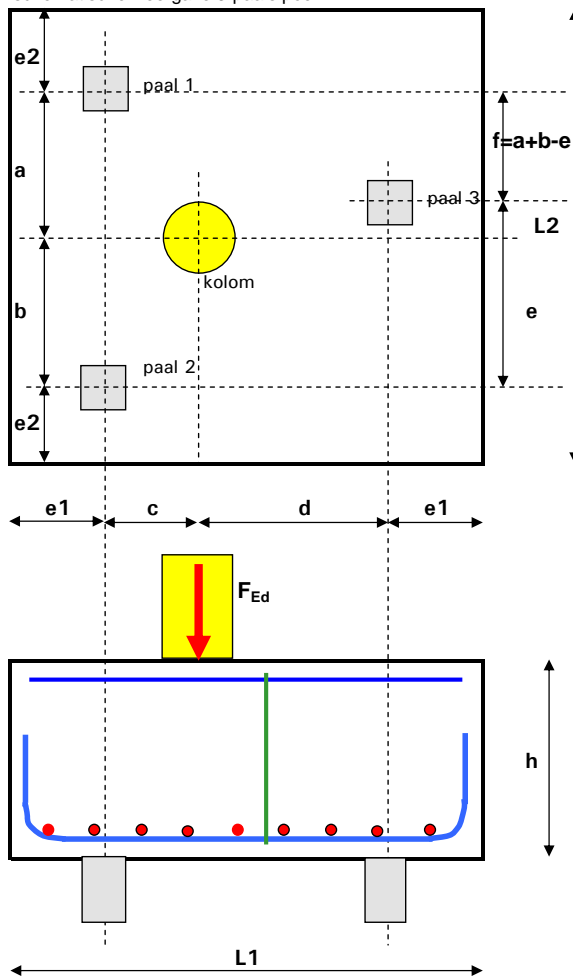
#### hoofdmaatvoering

afstand paal 1 - hart kolom  $a = 950$  mm  
 afstand hart kolom - paal 2  $b = 950$  mm  
 afstand paal 2- hart kolom  $c = 950$  mm  
 afstand hart kolom - paal 3  $d = 950$  mm  
 afstand paal 2 - paal 3  $e = 950$  mm  
 restmaat  $f = a + b - e = 950$  mm  
 eindafstand langsrichting  $e1 = 400$  mm  
 eindafstand dwarsrichting  $e2 = 400$  mm

betonhoogte poer  $h = 1400$  mm  
 hoh palen in lengterichting  $l_A = c + d = 1900$  mm  
 hoh palen in breedterichting  $l_B = a + b = 1900$  mm

vorm van de kolom **rechthoekig**  
 afmeting kolom in poerlengte  $L_{kolom} = 650$  mm  
 afmeting loodrecht op poerlengte  $B_{kolom} = 650$  mm  
 puntlast splitsen in twee halve lasten? **ja**  
 vorm van de palen **rond**  
 afmeting paal in poerlengte  $L_{paal} = 500$  mm  
 afmeting loodrecht op poerlengte  $B_{paal} = 500$  mm

schematische weergave 3-paals poer



eigen gewicht poer  $L1 * L2 * h * \gamma_{beton} = 2,7 * 2,7 * 1,4 * 25 = 255$  kN

#### beton en wapening

kwaliteit beton betonklasse = **C20/25**  
 kwaliteit staal staalsoort = **B 500**  
 wapeningsklasse A, B of C = **B**

#### dekking op de buitenste wapening

betondekking gedrukte zijde (boven)  $C_{drukzijde} = 50$  mm  
 betondekking getrokken zijde (onder)  $C_{trekzijde} = 50$  mm  
 betondekking zijkanten  $C_{zijkant} = 35$  mm

flankwapening per zijde in inwendige balk A en B aantal n5 = **10** stuks  
 diameter  $d_5 = 16$  mm  
 beugels (vertikaal) in inwendige balken A en B diameter  $d_{bg} = 12$  mm  
 aantal sneden = **4** sneden  
 hart op hartmaat = **200** mm

bij de berekening van de toelaatbare schuifkracht  $V_{Ed}$  wordt gerekend met de breedtemaat van de **inwendige balk**  
 h bundeling wapeningstaven (trekwapening) worden staven d1 gebundeld? = **nee**  
 a ontwerplevensduur = **50** jaar  
 b omgevingsfactoren milieuklasse A = **XC2**  
 b milieuklasse B = **XC3**  
 c soort constructie = **poer**  
 d dekking verhogen bij oncontroleerbaarheid van de wapening (geen eis in eurocode) = **nee**  
 e wordt de beton nabewerkt = **nee**  
 f verhoging dekking bij toepassing grote grindkorrel (>32mm) tabel 4.2 = **nee**



g ondergrond waarop gestort wordt		= <b>werkvloer</b>
h worden staven d2 gebundeld?		= <b>nee</b>
i kwaliteitsbeheersing	is specifieke kwaliteitsbeheersing gewaarborgd?	<b>nee</b>
j luchtinsluiting	luchtinsluiting van meer dan 4% toegepast?	<b>nee</b>
k verhoging dekking bij toepassing grote staafdiameter ( > 25mm)	<b>geen eis in eurocode</b>	<b>nee</b>
gegevens invloedsfactoren met <b>berekende</b> scheurwijdte		
k1 aanhechtheigenschap	de aanhechting van de wapeningstaven is	<b>goed</b>
k2 wijze van belasting	de betondoorsnede wordt belast door	buiging
milieuklasse	de milieuklasse van de beton is	<b>b) buitenmilieu - RH = 80%</b>
belasten constructie na aantal dagen	de constructie wordt belast na t <sub>0</sub> is	<b>30</b> dagen
cementklasse	de gekozen cementklasse is	<b>N</b>
omtrek dat bloot staat aan uitdroging	het aantal zijden dat aan uitdroging bloot staat is	<b>4 zijden 2b + 2h</b>

**gekozen wapening in de poer per richting**

		in lengterichting poer (balk A)			in breedterichting poer (balk B)			
		diameter	h.o.h.	mm <sup>2</sup> /m	diameter	h.o.h.	mm <sup>2</sup> /m	
wapening aan getrokken zijde ( <b>onderin</b> )	diameter d <sub>1</sub>	<b>25</b>	<b>100</b>	4909	diameter d <sub>1</sub>	<b>25</b>	<b>100</b>	4909
	diameter d <sub>2</sub>			0	diameter d <sub>2</sub>			0
wapening aan gedrukte zijde ( <b>bovenin</b> )	diameter d <sub>3</sub>	<b>12</b>	<b>300</b>	377	diameter d <sub>3</sub>	<b>12</b>	<b>300</b>	377
	diameter d <sub>4</sub>	<b>12</b>	<b>300</b>	377	diameter d <sub>4</sub>	<b>12</b>	<b>300</b>	377

doordiameter omgebogen trekstaven factor voor ombuiging = **8** \* d<sub>max1,2</sub>

**aanvullende invoer bij berekening 3-paals poer met de buigtheorie**

breedte inwendige balk A **d<sub>inw,A</sub> = 789** mm  
 breedte inwendige balk B **d<sub>inw,B</sub> = 1000** mm

de breedte van de inwendige balk B is groter dan 2 \* e1

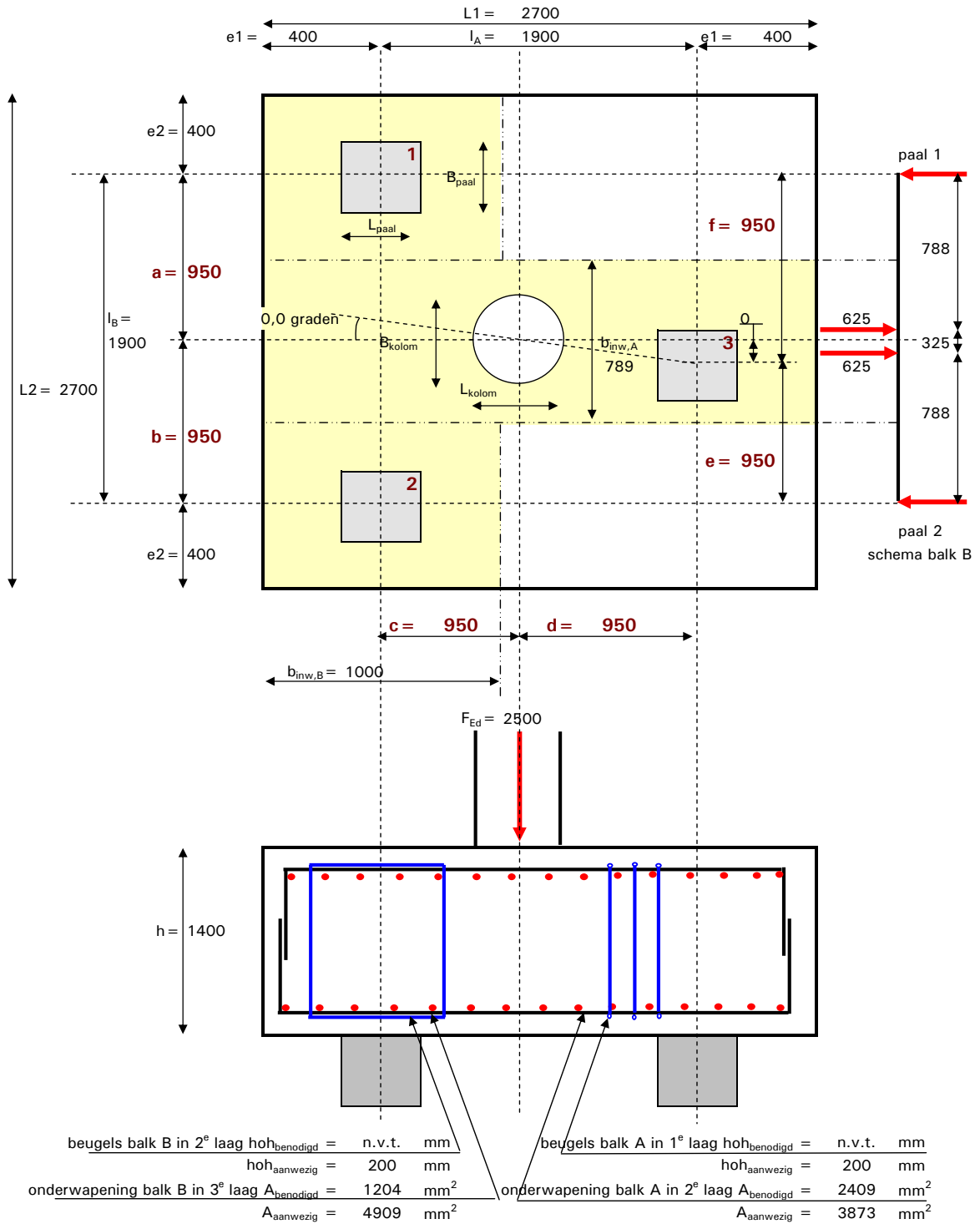
**unity-checks 3-paals poer met buigtheorie**

**inwendige balk A**

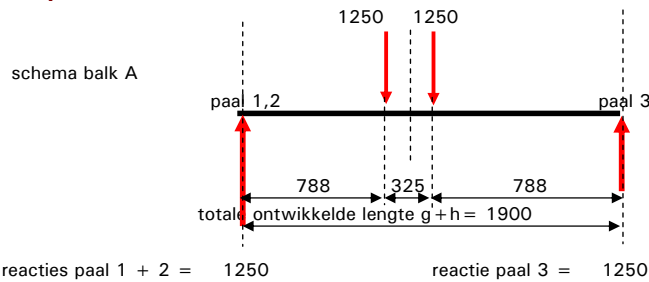
trekband	A <sub>s,trek</sub> / A <sub>aanw,trek</sub>	2409	/	3873	=	<b>0,62</b>	-
scheurwijdte zonder berekening	diameter	25,0	/	48,9	=	<b>0,51</b>	-
scheurwijdte zonder berekening	hart op hart afstand	100	/	498,8	=	<b>0,20</b>	-
scheurwijdte met berekening	w <sub>k</sub> / w	0,29	/	0,30	=	<b>0,96</b>	-
betondekking	c <sub>nom</sub> / c <sub>trekzijde</sub>	35	/	50	=	<b>0,70</b>	-
verankeringslengte	l <sub>2</sub> / d	190	/	1326	=	<b>0,14</b>	-
minimum doordiameter	Φ <sub>m,min</sub> / D <sub>doorn</sub>	101	/	200	=	<b>0,51</b>	-
betondrukdiagonaal	V <sub>Ed</sub> / V <sub>Ed,max</sub>	1250	/	3849	=	<b>0,32</b>	-
schuifwapening	s <sub>l,bg</sub> / s <sub>w</sub>	200	/	n.v.t.	=	<b>n.v.t.</b>	-
schuifwapening minimum	A <sub>s,bgls,min</sub> / A <sub>s,bg</sub>	565	/	2262	=	<b>n.v.t.</b>	-
flankwapening horizontaal	n <sub>5,ben</sub> / n <sub>5</sub>	18,8	/	10	=	<b>1,88</b>	-
flankwapening vertikaal	A <sub>s,db,min</sub> / A <sub>s,bg</sub>	2700	/	2262	=	<b>1,19</b>	-

**inwendige balk B**

trekband	A <sub>s,trek</sub> / A <sub>aanw,trek</sub>	1204	/	4909	=	<b>0,25</b>	-
scheurwijdte zonder berekening	diameter	25,0	/	49,0	=	<b>0,51</b>	-
scheurwijdte zonder berekening	hart op hart afstand	100	/	459,6	=	<b>0,22</b>	-
scheurwijdte met berekening	w <sub>k</sub> / w	0,10	/	0,30	=	<b>0,35</b>	-
verankeringslengte	l <sub>2</sub> / d	0	/	1301	=	<b>0,00</b>	-
minimum doordiameter	Φ <sub>m,min</sub> / D <sub>doorn</sub>	0	/	200	=	<b>0,00</b>	-
betondrukdiagonaal	V <sub>Ed</sub> / V <sub>Ed,max</sub>	625	/	4786	=	<b>0,13</b>	-
schuifwapening	s <sub>l,bg</sub> / s <sub>w</sub>	200	/	n.v.t.	=	<b>n.v.t.</b>	-
schuifwapening minimum	A <sub>s,bgls,min</sub> / A <sub>s,bg</sub>	716	/	2262	=	<b>n.v.t.</b>	-
flankwapening horizontaal	n <sub>5,ben</sub> / n <sub>5</sub>	18,8	/	10	=	<b>1,88</b>	-
flankwapening vertikaal	A <sub>s,db,min</sub> / A <sub>s,bg</sub>	2700	/	2262	=	<b>1,19</b>	-



### paalreacties 3-paals poer



reactie paal 3	( 1250,06    788    +    1250,06    1113    ) / 1900	=	1250	kN
reactie paal 1 + 2	2500,13    -    1250	=	1250	kN
reactie paal 2	( 625    788    +    625    1113    ) / 1900	=	625	kN
reactie paal 1	1250    -    625	=	625	kN

### resultaten inwendige balk A

de balk mag als gedrongen worden beschouwd

moment $F_{links}$	1250	0,788	=	984,4	kNm				
moment $F_{rechts}$	1250	0,788	=	984,4	kNm				
<b>buigtrekwapening</b>									
trekband $A_s = M_{Ed} / z f_y$	984,4	$10^6$	/	940	435	=	2409	mm <sup>2</sup>	
beschikbare wapening voor balk A	0,789	(	4909	+	0	)	=	3873	mm <sup>2</sup>
totale poerafmeting in lengterichting	$L1 = c + d + 2 * e1$		=	2700	mm				
5.3.1(3) verhoudingsgetal paalafstand en hoogte	$l_A / h$ (als waarde $\leq 3,0$ dan is poer gedro)		=	1,36	-				
inwendige hefboomsarm gedrongen balk	$z = 0,2 l_A + 0,4 h$ , $\leq 0,8 h$ en $\leq 0$ ,		=	940,0	mm				
$z = 0,2$	1900	+ 0,4	1400	=	940	0,8h = 1120	0,6 $l_A = 1140$		
inwendige hefboomsarm <b>niet</b> gedrongen bal z			=	1287,8	mm				
nuttige hoogte	d		=	1325,5					
<b>scheurwijdte</b>									
scheurwijdtecontrole zonder berekening	maximum staafdiameter		=	48,9	mm				
scheurwijdtecontrole zonder berekening	maximum hart op hart afstand		=	499	mm				
<b>betondekking</b>									
minimum betondekking	$c_{nom}$	op de buitenste wapening	=	35	mm				
<b>verankeringslengte</b>									
8.4 rekenwaarde verankeringslengte trekwap.	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,req} \geq l_{b,min}$		=	728	mm				
8.1 minimale buig diameter (doorndiameter)	$\Phi_{m,min} = F_{bt} [ ( 1/a_b ) + 1 / ( 2\Phi ) ] / f_{cd}$		=	101	mm				
<b>betonruddiagonaal en schuifwapening rechts van de kolom bij paal 3</b>									
6.5 toelaatbare schuifkracht in gedrongen ligger	$V_{Ed} \leq 0,5 b_w d v f_c$ met $b_w = 789$		$V_{Ed} \leq$	3848,6	kN				
minimumbreedte	$b_w =$ minimumbreedte poer, kolom of paal		=	789	mm				
sterktereductiefactor	$v = 0,6 ( 1 - f_{ck} / 250 )$		=	0,55	-				
6.2.2(6) rekenwaarde dwarskracht bij paal 3	$V_{Ed,3} = \beta * R_{Ed,3}$ met $\beta = 0,25$		=	312,5	kN				
horizontale maat zijkant paal tot puntlast	$a_v =$ maat d - 0,5 $L_{paal}$ - 0,5 $L_{kolom}$		=	375	mm				
minimale waarde ivm opname dwarskracht	minimum waarde van $a_v$ en 0,5 d		=	663	mm				
reductiefactor	$\beta = a_v / 2d$ en $\beta \geq 0,25$		=	0,25	-				
toelaatbare dwarskracht zonder wapening	$V_{Rd,c} = V_{Rd,c} b d$ met $b =$ inwendige balkbree		=	339,7	kN				
6.2.b ondergrens schuifsterkte	of	$V_{Rd,c} = v_{min} = 0,035 k^{3/2} \sqrt{f_{ck}} + k_1 \sigma_{cp}$	=	0,26	N/mm <sup>2</sup>				
6.2.a rekenwaarde schuifsterkte	of	$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} * k * ( 100 \rho_1 f_{ck} )^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}$	=	0,32	N/mm <sup>2</sup>				
6.19 benodigde dwarskrachtwapening totaal	$A_{sw} = V_{Ed,3} / f_{yw,d}$ in 0,75 $a_{vL}$		=	0	mm <sup>2</sup>				
6.2.3(8) benodigde dwarskrachtwapening per mm'	$A_{sw1} = A_{sw} / ( 0,75 a_v )$ met $a_v > 0,5d$		=	n.v.t.	mm <sup>2</sup> / mm				
benodigde beugelafstand	$s_w = n_{sn} D_{bg} / A_{sw1}$		=	n.v.t.	mm				
9.2.2(5) minimum dwarskrachtwapening	$\rho_{w,min} = ( 0,08 \sqrt{f_{ck}} ) / f_{yk}$		=	0,07	%				
minimum dwarskrachtwapening	$A_{bgl,min} = \rho_{w,min} * b * 1000 / 100$		=	564,6	mm <sup>2</sup> /m'				
<b>flankwapening (horizontaal en vertikaal)</b>									
9.7 flankwapening bij gedrongen constructies	$A_{s,db,min} = 0,1\% b h$ met $h = 1000mm$		=	2700	mm <sup>2</sup> / m				
benodigd aantal staven	$n_{s,ben} = A_{s,db,min} * h / D_s$		=	18,8	stuk/zijde				

### resultaten inwendige balk B

de balk mag als gedrongen worden beschouwd

moment bij paal 1	625,0	0,788	=	492,2	kNm
moment bij paal 2	625,0	0,788	=	492,2	kNm
<b>buigtrekwapening</b>					
trekband $A_s = M_{Ed} / z f_y =$	492,2	$10^6 / (4909 + 0)$	=	1204	mm <sup>2</sup>
beschikbare wapening voor balk B	1		=	4909	mm <sup>2</sup>
totale poerafmeting in breedterichting	$L2 = a + b + 2 * e2$		=	2700	mm
5.3.1(3) verhoudingsgetal paalafstand en hoogte	$l_B / h$ (als waarde $< = 3,0$ dan is poer gedro)		=	1,36	-
inwendige hefboomsarm gedrongen balk	$z = 0,2 l_B + 0,4 h$ , $< = 0,8 h$ en $< = 0,1$		=	940,0	mm
$z = 0,2 \cdot 1900 + 0,4 \cdot 1400 = 940$	$0,8h = 1120$		$0,6 l_B = 1140$		
inwendige hefboomsarm <b>niet</b> gedrongen bal z			=	1285,6	mm
nuttige hoogte	d		=	1300,5	mm
<b>scheurwijdte</b>					
scheurwijdtecontrole zonder berekening	maximum staafdiameter		=	49,0	mm
scheurwijdtecontrole zonder berekening	maximum hart op hart afstand		=	460	mm
<b>betondekking</b>					
minimum betondekking	$c_{nom}$ op de buitenste wapening		=	35	mm
<b>verankeringslengte</b>					
8.4 rekenwaarde verankeringslengte trekwap.	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,req} > = l_{b,min}$		=	287	mm
8.1 minimale buigdiameter (doorndiameter)	$\Phi_{m,min} = F_{bt} [ ( 1/a_b ) + 1 / ( 2\Phi ) ] / f_{cd}$		=	0	mm
<b>betondrukdiaagonaal en schuifwapening bij de grootste reactie bij paal 1 of 2</b>					
6.5 toelaatbare schuifkracht in gedrongen ligger	$V_{Ed} < = 0,5 b_w d v f_c$ met $b_w = 1000$		$V_{Ed} < =$	4785,8	kN
minimumbreedte	$b_w =$ minimumbreedte poer, kolom of paal		=	1000	mm
sterktereductiefactor	$v = 0,6 ( 1 - f_{ck} / 250 )$		=	0,55	-
6.2.2(6) rekenwaarde dwarskracht bij paal 1 of 2	$V_{Ed,1,2} = \beta * R_{Ed,1,2}$ met $\beta = 0,25$		=	156,3	kN
horizontale maat zijkant paal tot puntlast	$a_v =$ maat a of b - $0,5 B_{paal} - 0,5 B_{kolom}$		=	375	mm
minimale waarde ivm opname dwarskracht	minimum waarde van $a_v$ en $0,5 d$		=	650	mm
reductiefactor	$\beta = a_v / 2d$ en $\beta > = 0,25$		=	0,25	-
toelaatbare dwarskracht zonder wapening	$V_{Rd,c} = V_{Rd,c} b d$ met $b =$ inwendige balkbree		=	422,4	kN
6.2.b ondergrens schuifsterkte	of $V_{Rd,c} = V_{min} = 0,035 k^{3/2} \sqrt{f_{ck}} + k_1 \sigma_{cp}$		=	0,26	N/mm <sup>2</sup>
6.2.a rekenwaarde schuifsterkte	of $V_{Rd,c} = C_{Rd,c} * k * ( 100 \rho_1 f_{ck} )^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}$		=	0,32	N/mm <sup>2</sup>
6.19 benodigde dwarskrachtwapening totaal	$A_{sw} = V_{Ed,1,2} / f_{yw,d}$ in $0,75 a_{vL}$		=	0	mm <sup>2</sup>
6.2.3(8) benodigde dwarskrachtwapening per mm'	$A_{sw1} = A_{sw} / ( 0,75 a_v )$ met $a_v > = 0,5d$		=	n.v.t.	mm <sup>2</sup> / mm
benodigde beugelafstand	$s_w = n_{sn} D_{bg} / A_{sw1}$		=	n.v.t.	mm
9.2.2(5) minimum dwarskrachtwapening	$\rho_{w,min} = ( 0,08 \sqrt{f_{ck}} ) / f_{yk}$		=	0,07	%
minimum dwarskrachtwapening	$A_{bgl,min} = \rho_{w,min} * b * 1000 / 100$		=	715,5	mm <sup>2</sup> /m'
<b>flankwapening (horizontaal en vertikaal)</b>					
9.7 flankwapening bij gedrongen constructies	$A_{s,db,min} = 0,1\% b h$ met $h = 1000mm$		=	2700	mm <sup>2</sup> / m
benodigd aantal staven	$n_{5,ben} = A_{s,db,min} * h / D_5$		=	18,8	stuks/zijde

opmerking: