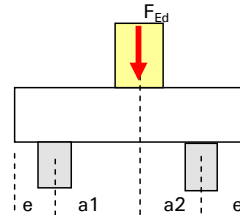


gedrongen tweepaals poer belast door een puntlast volgens de buigtheorie met a-symmetrisch paalplaatsing

900 x 600

algemene gegevens	werk		
	werknummer		
	onderdeel		werknummer onderdeel
rekenwaarde van de kolombelasting	F_{Ed}	=	1678 kN
	splitsing puntlast F_{Ed} in twee halve puntlasten?		ja -
materiaalgegevens en poerafmetingen			
kwaliteit beton	betonklasse	=	C28/35
kwaliteit staal	staalsoort	=	B 500
wapeningsklasse	A, B of C	=	B -
poerbreedte	b	b =	900 mm
poerhoogte	h	h =	600 mm
afstand van paal 1 tot hart kolom	a1	a1 =	625 mm
afstand van kolom tot paal 2	a2	a2 =	625 mm



	de poer mag worden beschouwd als gedrongen		
afstand hart ondersteuning tot eind poer	e	=	375 mm
vorm van de kolom	rond of rechthoekig		rechthoekig
afmeting kolom in richting poerlengte	L_{kolom}	=	400 mm
afmeting kolom loodrecht op poerlengte	B_{kolom}	=	400 mm
vorm van de ondersteuning	rond of rechthoekig		rond
afm. ondersteuning in richting poer	L_{paal}	=	450 mm
afm. ondersteuning loodrecht poerrichting	B_{paal}	=	450 mm
bij de berekening van de toelaatbare schuifkracht V_{Ed} wordt gerekend met de breedtemaat van de			paal
wapeninggegevens			
betondekking gedrukte zijde	$C_{drukzijde}$	dekking op de buitenste wapenin	= 35 mm
betondekking getrokken zijde	$C_{trekzijde}$	dekking op de buitenste wapenin	= 35 mm
betondekking zijkanten / uiteind	$C_{zijkant}$	= $C_{uiteind}$	= 35 mm
wapening aan getrokken zijde	aantal n1		= 8 stuks
	diameter d_1		= 20 mm
	aantal n2		= stuks
	diameter d_2		= mm
bij wapening in meerdere lagen	aantal staven dat niet in de buitenste laag li	n_s =	0 staven
correctie van de nuttige hoogte d ten gevolge van het wapenen in meerdere lagen		d_{red} =	0 mm
invloedsfactor verankeringsslengte ($\alpha 1$)	staafbeeindiging van de trekstaven	=	haak
doordiameter omgebogen trekstaven	factor voor ombuiging	=	12 * $d_{max1,2}$
wapening aan gedrukte zijde	aantal n3	=	6 stuks
	diameter d_3	=	12 mm
	aantal n4	=	0 stuks
	diameter d_4	=	0 mm
flankwapening per zijde	aantal n5	=	3 stuks
	diameter d_5	=	12 mm
beugels of verdeelwap. in buitenste laag	diameter d_{bg}	=	10 mm
aantal sneden per beugel	normale dwarskrachtbeugels zijn 2-snedig	n_{sn} =	4 snedig
gekozen h.o.h afstand basisbeugels	$S_{l,bg}$	=	300 mm
invloedsfactoren voor scheurwijdte en betondekking			
verhouding momenten:	M_{qp} / M_{Ed}		0,80691 -
a ontwerplevensduur		=	50 jaar
b omgevingsfactoren	milieuklasse A	=	XC2 -
b	milieuklasse B	=	XC2 -
c soort constructie	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		=	werkvloer

h bundeling wapeningstaven (trekwapening)	worden staven d1 gebundeld?	=	nee
h	worden staven d2 gebundeld?	=	nee
i kwaliteitsbeheersing	is specifieke kwaliteitsbeheersing gewaarboord	=	nee
j luchtsluiting	luchtsluiting van meer dan 4% toegepast?	=	nee
k verhoging dekking bij toepassing grote staafdiameter (>25mm)	geen eis in eurocode	=	nee
k1 aanhechteigenschap	de aanhechting van de wapeningstaven is	=	goed
k2 wijze van belasting	de betondoorsnede wordt belast door	=	buiging
kt belastingduur (bij berekende scheurwijdte)	de belastingduur is	=	langdurend
milieuklasse	de milieuklasse van de beton is	b) buitenmilieu - RH = 80%	
belasten constructie na aantal dagen	de constructie wordt belast na t ₀ is	30	dagen
cementklasse	de gekozen cementklasse is	N	
omtrek dat bloot staat aan uitdroging	het aantal zijden dat aan uitdroging bloot staat is	4 zijden 2b + 2h	

unity-checks

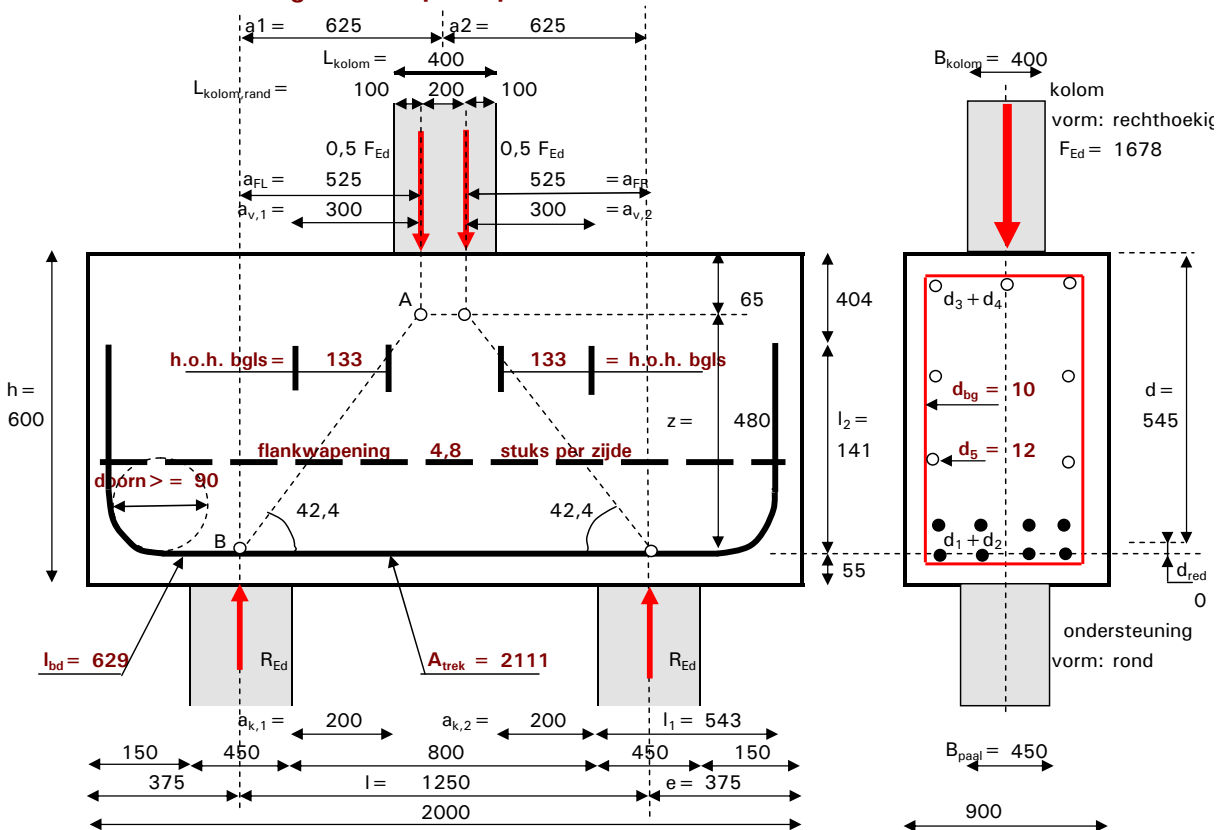
onderdeel

er wordt gerekend met alle trekwapening in één laag

trekband	$A_{s,trek} / A_{aanw,trek}$	2111	/	2513	=	0,84
scheurwijdte zonder berekening	diameter	20,0	/	11,8	=	1,70
scheurwijdte zonder berekening	hart op hart afstand	113	/	138	=	0,82
scheurwijdte met berekening	w_k / w	0,21	/	0,3	=	0,70
betondekking	$c_{nom} / c_{trekzijde}$	35	/	35	=	1,00
verankeringslengte	$l_2 / (d - c_{drukzijde})$	141	/	510	=	0,28
minimum doordiameter	$\Phi_{m,min} / D_{doorn}$	90	/	240	=	0,38
betondrukdiagonaal	$V_{Ed} / V_{Ed,max}$	839,0	/	1220	=	0,69
bovengrens schuifsterkte (6.9)	$V_{Ed} / V_{Rd,max}$	839,0	/	1803	=	0,47
schuifwapening links van kolom	$s_{l,bg} / s_{wL}$	300	/	133	=	2,25
schuifwapening rechts van kolom	$s_{r,bg} / s_{wR}$	300	/	133	=	2,25
schuifwapening minimum	$A_{s,bgls,min} / A_{s,bg}$	762	/	262	=	2,91
flankwapening horizontaal	$n_{5,ben} / n_5$	4,8	/	3	=	1,59
flankwapening horizontaal	$A_{s,db,min} / A_{s,flank}$	900	/	339	=	2,65
flankwapening vertikaal	$A_{s,db,min} / A_{s,bg}$	900	/	262	=	3,44

schematische weergave tweepaals poer

onderdeel



samenvatting resultaten

					onderdeel
krachtsverdeling		er wordt gerekend met twee puntlasten hart op hart	200	mm	
h.o.h. afstand palen (ondersteuning)	l		=	1250	mm
oplegreactie	$R_{Ed,1} = a2 / l * F_{Ed}$		=	839	kN
oplegreactie	$R_{Ed,2} = a1 / l * F_{Ed}$		=	839	kN
maatgevende waarde	$R_{Ed,max}$		=	839	kN
moment tgv $R_{Ed,1}$	$M_{Ed,1} = R_{Ed,1} * arm1$	839	0,525	=	440,5 kNm
moment tgv $R_{Ed,2}$	$M_{Ed,2} = R_{Ed,2} * arm2$	839	0,525	=	440,5 kNm
maatgevende waarde	M_{Ed}		=	440,5	kNm
trekband		de balk mag als gedrongen worden beschouwd			
grootte van de trekbandwapening	$A_{trek} = M_{Ed} / z f_{yd}$		=	2111	mm ²
inwendige hefboomsarm	z		=	480	mm
scheurwijdte					
scheurwijdtecontrole zonder berekening	maximum staafdiameter		=	11,8	mm
scheurwijdtecontrole zonder berekening	maximum hart op hart afstand		=	138	mm
toelaatbare scheurwijdte	w (zonder verhoging met k_x)		=	0,30	mm
optredende scheurwijdte met berekening	$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		=	0,21	mm
betondekking					
minimum betondekking	c_{nom} op de buitenste wapening		=	35	mm
verankeringslengte					
8.4 rekenwaarde verankeringslengte trekwap.	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,rqd} > l_{b,min}$		=	629	mm
8.1 minimale buig diameter (doordiameter)	$\phi_{m,min} = F_{bt} [(1/a_b) + 1 / (2\phi)] / f_{cd}$		=	90	mm
betondrukdiagonaal en schuifwapening					
6.5 toelaatbare schuifkracht in gedrongen ligger	$V_{Ed} \leq 0,5 b_w d v f_c$ met $b_w = 450$		$V_{Ed} \leq$	1219,6	kN
6.2.2(6) rekenwaarde dwarskracht links van kolom	$V_{Ed,1} = \beta * R_{Ed,1}$ met $\beta = 0,28$		=	230,9	kN
rekenwaarde dwarskracht rechts van kolom	$V_{Ed,2} = \beta * R_{Ed,2}$ met $\beta = 0,28$		=	230,9	kN
6.2.3(8) benodigde dwarskrachtwapening per mm'	$A_{sw1L} = A_{sw,L} / (0,75 a_{vL})$		=	2,36	mm ² / mm
benodigde beugelafstand	$s_{wL} = n_{sn} D_{bg} / A_{sw1L}$		=	133	mm
6.2.3(8) benodigde dwarskrachtwapening per mm'	$A_{sw1R} = A_{sw,R} / (0,75 a_{vR})$		=	2,36	mm ² / mm
benodigde beugelafstand	$s_{wR} = n_{sn} D_{bg} / A_{sw1}$		=	133	mm
flankwapening (horizontaal en vertikaal)					
9.7 flankwapening bij gedrongen constructies	$A_{s,db,min} = 0,1\% b h$ met $h = 1000$ mm		=	900	mm ² / m
benodigd aantal staven horizontaal	$n_{s,ben} = A_{s,db,min} * h / D_5$		=	4,8	stuk/zijde
flankwapening afhankelijk van $\lambda_v 0,875$	hoeveelheid flankwapening a_{sw}		=	553	mm ² / m
berekening poer als "gedrongen balk" volgens de buigtheorie					onderdeel
totale poerlengte	$L = l + 2e$		=	2000	mm
nuttige hoogte	$d = h - c_{trekzijde} - d_{bg} - 0,5 * d_{gem} - d_{red}$		=	545	mm
5.3.1(3) verhoudingsgetal paalafstand en hoogte	l / h (als waarde $< 3,0$ dan is poer gedron		=	2,1	-
inwendige hefboomsarm gedrongen constr	$z = 0,2 l + 0,4 h, < = 0,8 h$ en $< = 0,6$		=	480	mm
$z = 0,2$ 1250 + 0,4 600 =	490	0,8h = 480	0,6 l = 750		
inwendige hefboomsarm niet gedrongen	z		=	518,8	mm
maatgevende waarde	z		=	480	mm
rekenwaarde staaltrekspanning	$f_{yd} = f_{ywd}$ (trekwapening en beugels)		=	435	N/mm ²
buigtrekwapening					
grootte van de trekbandwapening	$A_{s,trek} = M_{Ed} / z f_{yd}$		=	2111	mm ²
verankeringslengte					
$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,rc}$ 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 629			=	629	mm
8.4 rekenwaarde verankeringslengte trekwapeni	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,rqd} > l_{b,min}$		=	629	mm
staalspanning bij begin van verankerung	$\sigma_{sd} = f_{yd} * A_{s,trek} / A_{aanw,trek}$		=	365	N/mm ²
staalspanning bij begin van de bocht	$\sigma_{sd1} = (l_{bd} - l_{hor}) / l_{bd} * \sigma_{sd}$		=	125	N/mm ²
6.5.4(7) beschikbare ruimte horizontale verankerung	$l_1 = e + 0,5 L_{paal} - c - d_{5,flank} - 0,5 d_{max}$		=	543	mm
doordiameter omgebogen staven	$D_{doorn} = factor * d_{max1,2}$		=	240	mm
beschikbare lengte tot de bocht	$l_{hor} = l_1 - 0,5 D_{doorn} - 0,5 \phi$		=	413	mm
lengte van de verankerung in de bocht	$l_{bocht} = 0,25 \pi (D_{doorn} + \phi)$		=	204	mm
restant verankeringslengte in verticale deel	$l_{vert} = l_{bd} - l_{hor} - l_{bocht}$		=	11	mm
benodigde ruimte verticale verankerung	$l_2 = 0,5 D_{doorn} + l_{vert} + 0,5 \phi$		=	141	mm
8.1 minimale buig diameter	$\phi_{m,min} = F_{bt} [(1/a_b) + 1 / (2\phi)] / f_{cd}$		=	90	mm

			onderdeel
6.2.2 (6) toelaatbare schuifkracht in gedrongen ligger	$V_{Ed} \leq 0,5 b_w d v f_{cd}$	formule 6.1	= 1220 kN
minimumbreedte	$b_w =$ minimumbreedte poer, kolom of paal		= 450 mm
sterktereductiefactor	$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250)$		= 0,53 -
schuifwapening			
6.2.b ondergrens schuifsterkte	of $V_{Rd,c} = v_{min} = 0,035 k^{3/2} \sqrt{f_{ck}} + k_1 \sigma_{cp}$		= 0,38 N/mm ²
6.2.a rekenwaarde schuifsterkte	of $V_{Rd,c} = C_{Rd,c} * k * (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}$		= 0,47 N/mm ²
maatgevende waarde schuifsterkte	$V_{Rd,c}$		= 0,47 N/mm ²
horizontale maat zijkant paal tot zijkant kolo	$a_{vL} = a_{FL} - 0,5 L_{paal}$ (links)		= 300 mm
	$a_{vR} = a_{FR} - 0,5 L_{paal}$ (rechts)		= 300 mm
minimale waarde ivm opname dwarskracht	minimum waarde van a_{vL} en 0,5 d		= 300 mm
	minimum waarde van a_{vR} en 0,5 d		= 300 mm
reductiefactor	$\beta = a_{vL} / 2d$ en $\beta \geq 0,25$		= 0,275 -
	$\beta = a_{vR} / 2d$ en $\beta \geq 0,25$		= 0,28 -
rekenwaarde dwarskracht	$V_{Ed,L} = \beta * R_{Ed,1}$		= 230,9 kN
	$V_{Ed,R} = \beta * R_{Ed,2}$		= 230,9 kN
toelaatbare dwarskracht zonder wapening	$V_{Rd,c} = v_{Rd,c} b d$		= 229,7 kN
6.19 benodigde dwarskrachtwapening totaal	$A_{sw} = V_{Ed,L} / f_{yw,d}$ in 0,75 a_{vL}		= 531,1 mm ²
	$A_{sw} = V_{Ed,R} / f_{yw,d}$ in 0,75 a_{vR}		= 531 mm ²
6.2.3(8) benodigde dwarskrachtwapening per mm'	$A_{sw1L} = A_{sw} / (0,75 a, \text{ met } a_{vL} > 0,5d)$		= 2,36 mm ² / mm'
	$A_{sw1R} = A_{sw} / (0,75 a, \text{ met } a_{vR} > 0,5d)$		= 2,36 mm ² / mm'
benodigde beugelafstand	$s_{wL} = n_{sn} D_{bg} / A_{sw1L}$		= 133 mm
	$s_{wR} = n_{sn} D_{bg} / A_{sw1R}$		= 133 mm
minimum dwarskrachtwapening	$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk}$		= 0,08 %
minimum dwarskrachtwapening	$A_{bglS,min} = \rho_{w,min} * b d / 100$		= 762,0 mm ² /m'
controle scheurwijdte			
optredende staalspanning	$\sigma_s = M_{qp} / M_{Ed} * A_{s,trek} / A_{aanw,trek} * f_{yd}$		= 295 N/mm ²
toelaatbare scheurwijdte	w maatgevende waarde		= 0,30 mm
toelaatbare staafdiameter	d_{max} met de invloed van k_x		= 11,8 mm
toelaatbare hart op hart-afstand	s met de invloed van k_x		= 137,9 mm
maximale staafdiameter	d_{max}		= 20 mm
werkelijke hart op hart afstand	$s = (b - 2c_{zij} - 2d_{bg} - d_{trek}) / (n - n_s - 1)$	$s = 2 a_b =$	113 mm
flankwapening (horizontaal en vertikaal)			
dwarskrachtslantheid	$\lambda_v = M_{Ed,max} / (h V_{Ed,max})$		= 0,875 -
als $\lambda_v \geq 0,4$	$a_{sw} = A_{sw} / 2 z$		= 0,55 mm ² / mm
als $\lambda_v < 0,4$	$a_{sw} = 2 * A_{sw} / 2 z$		= 1,11 mm ² / mm
maatgevende waarde	a_{sw}		= 0,55 mm ² / mm
minimale hoh afstand over de hoogte z	$s_w = D_5 / a_{sw}$		= 204 mm
9.7(1) flankwapening bij gedrongen constructies	$A_{s,db,min} = 0,1\% b h$ met $h = 1000\text{mm}$ orthoog		= 900 mm ² / m
totale hoeveelheid flankwapening	$A_{s,db,min} * h$ (h in meters)		= 540 mm ²
benodigd aantal staven	$n_5 = A_{s,db,min} * h / D_5$		= 4,8 stuks
gemiddelde hart op hartmaat flankwapening	h.o.h. = h / n_5 horizontaal		= 126 mm
aanwezige beugelwapening	$A_{s,bg} = D_{bg} * 1000 / s$ vertikaal enkelsnedig		= 262 mm ² / m

betondekking

onderdeel

berekening minimum betondekking op trekwapening

tab4.3N correctie van de constructieklasse: uitgangspunt:constructieklasse bij 50 jaar		S	4	-
a correctie tgv ontwerplevensduur			0	-
b, j correctie tgv betonsterkteklasse (afhankelijk van milieuklasse A of B)			0	-
c correctie tgv geometrie			0	-
i correctie tgv kwaliteitsbeheersing			0	+
totale waarde constructieklasse		S	4	
b, j correctie tgv betonsterkteklasse (afhankelijk van milieuklasse A)			0	
b, j correctie tgv betonsterkteklasse (afhankelijk van milieuklasse B)			0	
tab 4.5N minimum dekking tgv milieuklasse A	$C_{min,dur}$	=	25	mm
tab 4.5N minimum dekking tgv milieuklasse B	$C_{min,dur}$	=	25	mm
tab 4.2 minimum dekking aanhechting	$C_{min,b} > d_n$ (maximum van d_{1eq} en d_{2eq})	=	20	mm
tab.4.5N minimum dekking duurzaamheid	$C_{min,dur}$	=	25	mm
e correctie tgv nabewerking	C_{extra}	=	0	+
maatgevende minimum dekking duurz.	$C_{min,dur}$	=	25	mm
4.2 minimum dekking	$C_{min} = \max(C_{min,b}; C_{min,dur}; 10\text{mm})$	=	25	mm
uitvoeringstoleranties	ΔC_{dev}	=	5	mm
g storten op werkvloer / maaiveld / kist	ΔC_{dev}	=	5	mm
d t.g.v. oncontroleerbaarheid	ΔC_{dev} geen eis in eurocode!	=	0	mm
f t.g.v. toepassing grote grindkorrels	ΔC_{dev}	=	0	mm
4.1 nominale waarde betondekking	$C_{nom} = C_{min} + \sum \Delta C_{dev}$	=	35	mm
k t.g.v. toegepaste hoofdwapening $> 25\text{mm}$	$C_{nom} = 1,5d_n - d_{bg}$ geen eis in eurocode!	=	0	mm
equivalente staafdiameter	$d_n = \max(d_{1eq}; d_{2eq})$	=	20,0	mm
resulterende waarde minimale dekking	C_{nom} op de buitenste wapening	=	35	mm

wapeninggegevens

onderdeel

totaal aantal staven in trekzone	$\sum n_{trek} = n1 + n2$	=	8,0	st
totaal aantal staven in drukzone	$\sum n_{druk} = n3 + n4$	=	6,0	st
gewogen gemiddelde diameter trekwapening	$d_{gem,trek} = (n1 * d_1 * D_1 + n2 * d_2 * D_2) / (n1 * D_1 + n2 * D_2)$	=	20,0	mm
gewogen gemiddelde diameter drukwapening	$d_{gem,druk} = (n3 * d_3 * D_3 + n4 * d_4 * D_4) / (n3 * D_3 + n4 * D_4)$	=	12,0	mm
doorsnede per staaf 1, trekwapening	$D_1 = 0,25 \pi d_1^2$	=	314,2	mm ²
doorsnede per staaf 2, trekwapening	$D_2 = 0,25 \pi d_2^2$	=	0,0	mm ²
doorsnede per staaf 3, drukwapening	$D_3 = 0,25 \pi d_3^2$	=	113,1	mm ²
doorsnede per staaf 4, drukwapening	$D_4 = 0,25 \pi d_4^2$	=	0,0	mm ²
doorsnede per staaf 5, flankwapening	$D_5 = 0,25 \pi d_5^2$	=	113,1	mm ²
doorsnede per beugel enkelsnedig	$D_{bg} = 0,25 \pi d_{bg}^2$	$A_{sw} =$	78,5	mm ²
aantal snedige beugel bij dwarskracht	n_{sn}	$n_{sn} =$	4	snedig
horizontale maat in breedte van de balk	$s_{t,bg} = b1 / (n_{sn} - 1)$	=	273	mm
aanwezige beugelwapening (n-snedig)	$A_{bgls} = n_{sn} * D_{bg} * 1000 / s_{aanwezig}$	=	1047	mm ² /m'
horizontale beugelmaat (hartmaat)	$b1 = b - 2c_{zijkant} - d_{bg}$	=	820	mm
vertikale beugelmaat (hartmaat)	$h1 = h - c_{trekzijde} - c_{drukzijde} - d_{bg}$	=	520	mm
aanwezige trekwapening	$A_{aanw,trek}$	=	2513	mm ²
aanwezige drukwapening	$A_{aanw,druk}$	=	679	mm ²
aanwezige drukwapening	$\rho_{druk} = 100 * A_{aanw,druk} / bh$ (art. 9.2.1.1(3)	=	0,13	%
aanwezige flankwapening	$A_{aanw,flank}$ per zijde	=	339	mm ²
zwaartepunt staven vanaf de beugel	$z = (n1 D_1^{1/2} d1 + n2 D_2^{1/2} d2) / (n1 D_1 + n2 D_2)$	=	10,0	mm
equivalente diameter wapening	$d_{equi,trek} = 2 * z$ (t.b.v. berekening van d)	=	20,0	mm

scheurwijdte gedrongen poer

onderdeel

controle scheurwijdte zonder directe berekening art.7,3,3

optredende staalspanning	$\sigma_{s,qp} = F_{qp} / F_{Ed} * A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} * f_{yd}$	=	295	N/mm ²
equivalente diameter staven d1	$d1_{eq} = d1 \sqrt{n_{b,1}}$	=	20,0	mm
aantal staven in een bundel	$n_{b,1}$	=	1	st
equivalente diameter staven d2	$d2_{eq} = d2 \sqrt{n_{b,2}}$	=	0,0	mm
aantal staven in een bundel	$n_{b,2}$	=	1	st
equivalente staafdiameter	$d_{eq} = (n_{b1} * d1_{eq}^2 + n_{b2} * d2_{eq}^2) / (n_{b1} * d1_{eq} + n_{b2} * d2_{eq})$	=	20,0	mm
werkelijke hart op hart afstand	$s = (b - 2c_{zij} - 2d_{bg} - d_{trek}) / (n - n_s - 1)$	=	113	mm
gemiddelde h.o.h.- afstand staven	$s_{gem} = b / (\sum n_{trek} - n_s)$	=	113	mm
toelaatbare scheurwijdte	w milieuklasse A	=	0,30	mm
toelaatbare scheurwijdte	w milieuklasse B	=	0,30	mm
toelaatbare scheurwijdte	w maatgevende waarde	=	0,30	mm
toelaatbare staafdiameter	d_{max} zonder de invloed van k_x	=	11,3	mm
toelaatbare hart op hart-afstand	s zonder de invloed van k_x	=	132,5	mm
toegepaste dekking beschouwde staaf	$c_{applied} = c_{trekzijde}$ (buitenste wapening)	=	35	mm
minimale betondekking	$c_{nom} = c_{min} + \sum \Delta c_{dev}$ (incl. correcties)	=	35	mm
vergrotingsfactor NB 7.3.1 (5)	$k_x = c_{applied} / c_{nom} <= 2,0$	=	1,00	-
toelaatbare staafdiameter	d_{max} met de invloed van factor en k_x	=	11,8	mm
toelaatbare hart op hart-afstand	s met de invloed van factor en k_x	=	138	mm
(7.6N) correctiefactor buiging (diameter en hoh)	factor = $f_{ct,eff} * k_c h_{cr} / \{ 2,9 * 2 * (h-d) \}$	=	1,04	-
(7.7N) correctiefactor trek (diameter en hoh)	factor = $f_{ct,eff} * h_{cr} / \{ 2,9 * 8 * (h-d) \}$	=	0,65	-
gemiddelde axiale treksterkte	$f_{ct,eff} = f_{ctm}$ tabel 3.1	=	2,77	N/mm ²
coëfficiënt afhankelijk van spanningsverdeling	$k_c =$ buiging = 0,4, trek = 1,0	=	0,40	-
hoogte trekzone direct voor scheuren	$h_{cr} =$ 0,5 h bij rechthoekige doorsne	=	300	mm
afstand hart wapening tot buitenkant beton (h-d)		=	55	mm
maatgevende correctiefactor	voor toelaatbare diameter en hoh-afstand	=	1,04	-

controle scheurwijdte met berekening art. 7,3,4

7.8 berekende scheurwijdte	$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	=	0,21	mm
	$s_{r,max}$	=	153,2	mm
7.9	$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = \{ \sigma_s k_t * f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) \} / E_s$	=	0,00137	-
minimale waarde	$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) >= 0,6 \sigma_s / E_s$	=	0,00088	-
maatgevende waarde	$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	=	0,00137	-
	$\sigma_{s,qp} = F_{qp} / F_{Ed} * A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} * f_{yd}$	=	295	N/mm ²
gemiddelde waarde treksterkte op tijd t	$f_{ctm(t)}$ tijd t nog eens programmeren	=	2,77	N/mm ²
gemiddelde waarde treksterkte	$f_{ct,eff}$ op tijdstip van eerste scheuren	=	2,77	N/mm ²
7.10	$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi^2_1 A'_p) / A_{c,ef}$	=	18,380	-
doorsnede trekwapening	$A_s = A_{aanw,trek}$	=	2513	mm ²
7.3.2(3) doorsnede voorspanelementen	A'_p	=	0	mm ²
	$A_{c,eff}$ minimum waarde onderstaande formules	=	137	mm ²
	$A_{c,eff} = 2,5 (h-d)$	=	138	mm ²
	$A_{c,eff} = (h-x) / 3$	=	137	mm ²
	$A_{c,eff} = h/2$	=	300	mm ²
7.5	ξ_1	=	0	-
factor	k_t	=	0,4	-
	E_s	=	200000	N/mm ²
7.11	$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 d_{eq} / \rho_{p,eff}$	=	153,2	mm
dekking op de beschouwde staaf	c	=	45	mm
7.12	$d_{eq} = (n_{b1} * d1_{eq}^2 + n_{b2} * d2_{eq}^2) / (n_{b1} * d1_{eq} + n_{b2} * d2_{eq})$	=	20,0	mm
	k1 =	=	0,8	-
	k2 =	=	0,5	-
7.13 tussenliggende waarden	k2 = $(e1 + e2) / 2e1$	=	n.t.b.	-
	k3 =	=	3,4	-
	k4 =	=	0,425	-
7.14 bovengrens	$s_{r,max} = 1,3 (h-x)$	=	533	mm
hoogte betondrukzone	x =	=	190	mm
7.15 bovengrens	$s_{r,max} = 1 / (\cos O / s_{r,max,y} + \sin O / s_{r,max,z})$	=	n.t.b.	mm

bij wapening onder een hoek O			
berekening van de betondrukzone x en kruipfactor φ in de bruikbaarheidsgrenstoestand			
oppervlakte van de betondoorsnede	$A_c = b \cdot h$	=	540000 mm ²
omtrek dat bloot staat aan uitdroging	$u = 4 \text{ zijden } 2b+2h$	=	3000 mm
fictieve dikte	$h_0 = 2 A_c / u$	=	360,0 mm
3.1.4 kruipfactor a.d.h.v. grafiek 3.1 (2)	φ bepaald volgens art. 3.1.4	=	1,90 -
7.20 gereduceerde elasticiteitsmodulus	$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi)$	=	11016 N/mm ²
effectieve verhouding elasticiteitsmodulus	$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$	=	18,2 -
hoogte betondrukzone x in BGT	$x = [- \alpha_e \rho + \sqrt{ \{ (\alpha_e \rho)^2 + 2 \alpha_e \rho \} }] d$	=	189,8 mm
7.3.2(2) minimum wapening vereist	$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s$	7.1	= 687 mm ²
coëfficiënt	k=factor voor lijven en flenzen	=	1,0 -
oppervlakte beton binnen trekzone	$A_{ct} = 0,5 bh$ (vlak voor het scheuren)	=	270000 mm ²
maximaal toelaatbare spanning in staal	$\sigma_s = f_{yd}$ tbv berekening minimum wapening	=	435 N/mm ²

verankerings- en overlappingslengte gedrongen poer

onderdeel

verankeringslengte trekwapening art. 8.4

karakteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	=	28 N/mm ²
karakteristieke kubusdruksterkte	f_{ck}	=	35 N/mm ²
3.4 gemiddelde cilindertreksterkte	$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)}$	=	2,77 N/mm ²
karakteristieke ondergrens treksterkte	$f_{ctk0,05} = 0,7 f_{ctm}$	=	1,94 N/mm ²
3.16 rekenwaarde treksterkte	$f_{ctd} = f_{ctk0,05} / 1,5$	=	1,29 N/mm ²
staaltrekspanning	f_{yk}	=	500 N/mm ²
rekenwaarde staaltrekspanning	f_{yd}	=	435 N/mm ²
gemiddelde diameter trekwapening	d_{gem}	=	20,0 mm
verhouding benodigde/aanwezige wapening	$A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek}$	=	0,84 -
staalspanning in trekwapening	$\sigma_{sd} = A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} \cdot f_{yd}$	=	365 N/mm ²
aantal staven in bundel (max 2)	n	=	1 st
8.3 basisverankeringslengte trekwapening	$l_{b,rqd} = 0,25 \cdot d_{gem,trek} \cdot \sqrt{n} \cdot \sigma_{sd} / f_{bd}$	=	629 mm
	$l_{b,rqd}$	=	31 * d_{gem}
8.2	$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd}$	=	2,90 N/mm ²
	η_1 bovenstaaf = 0,7, algemeen = 1,0	=	1,00 -
	η_2 als $d_{gem} < = 32; 1 ; (132 - d_{gem}) /$	=	1,00 -
8.4 rekenwaarde verankeringslengte trekwapeni	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,rqd} > = l_{b,min}$	=	629 mm
$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,rqd}$	1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 629	=	629 mm
vorm van de staven	$\alpha 1$ afhankelijk van staafeinde	=	1,00 -
effect minimum dekking	$\alpha 2 = 1 - 0,15 * (c_d - x * d_{gem,trek}) / d_{gem,trek}$ en < 1	=	1,11 -
	x = factor afhankelijk staafeinde	=	3 -
uiteindelijke waarde $\alpha 2$	0,7 < $\alpha 2$ < 1,0	=	1,00 -
rekenwaarde dekking op rechte staaf	$c_d = \min (a/2 ; c_1 ; c)$	=	45,0 mm
rekenwaarde dekking op gebogen staaf	$c_d = \min (a/2 ; c_1)$	=	45,0 mm
maatgevende waarde	c_d (dekking op te verankeren staaf)	=	45,0 mm
effect dwarswapening niet gelast aan hoofd	$\alpha 3 = 1 - K\lambda$ (opsluiting dwarswapening)	=	1,00 -
maatgevende waarde	$\alpha 3 = 1 - K\lambda$ (opsluiting dwarswapening) > 0,7 en < 1,0	=	1,00 -
	K (afhankelijk van positie losse dwarsstaaf)	=	0,00 -
	$\lambda = (\sum A_{st} - \sum A_{st,min}) / A_s$	=	-0,25 -
oppervlak doorsnede dwarswapening over lengte l_{bd}	$\sum A_{st}$	=	0 mm ²
	$\sum A_{st,min}$ 0,25 A_{st} bij balken	=	79 mm ²
	A_s doorsnede enkelvoudig verankerde staaf	=	314 mm ²
effect aangelaste dwarsstaven	$\alpha 4$: (dwarsstaaf gelast aan hoofdwapening)	=	1,00 -
effect dwarsdruk	$\alpha 5 = 1 - 0,04p$ (dwarsdruk bij trekstaven)	=	1,00 -
	p= dwarsdruk in Mpa over lengte l_{bd}	=	0,00 N/mm ²
8.5 maximale waarde	$\alpha 2 \alpha 3 \alpha 5 > = 0,7$	=	1,00 -
8.6	$l_{b,min} : \max(0,3 l_{b,rqd}; 10d_{gem,trek}; 100)$	=	200,0 mm
halve tussenmaat tussen staven	a / 2	=	46,4 mm

buigdiameter (trekstaven) gedrongen poer

onderdeel

kwaliteit beton	betonklasse	=	C28/35	-
diameter om te buigen staaf	diameter	$\Phi =$	20,0	mm
totale verankeringslengte	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,req} > = l_{b,min}$	=	628,5	mm
verankering tot aan de bocht	maat vanaf begin verankering tot begin bocht	x =	413,0	mm
hart op hart afstand van de te buigen staver	h.o.h. = 2 a _b	2 a _b =	112,9	mm
betreft de te buigen staaf een randstaaf	duz zit de staaf bij een elementrand?	=	nee	-
is er een dwarsstaaf aanwezig	met een diameter > = de staafdiameter	=	nee	-
betondekking op te buigen staaf	c	=	45,0	mm
grootte van de te verankeren kracht:	$F_{bt} = 1/4 \pi \Phi^2 \sigma_{sd1} =$	314	125	10 ⁻³ = 39,3 kN
gekozen buigdiameter	Φ_m (minimum: $\Phi < = 16: 4\Phi$ anders 5Φ)	=	240,0	mm

toetsingen

buigstraal groter dan minimum waarde	100	/	240	=	0,42
verankering na de bocht	11	/	100	=	0,11
randstaaf of tussenstaaf	tussenstaaf = 1,0 en randstaaf = 2,0			=	1,0
dwarsstaaf aanwezig?	ja = 1,0 en nee = 2,0 (voldoet niet)			=	2,0

omdat een van de drie controles hierboven groter is dan 1,0 moet onderstaande toets kleiner zijn dan 1,0

minimale buigdiameter / gekozen buigdiameter	$\Phi_{min} / \Phi_m =$	90	/	240	=	0,38
--	-------------------------	----	---	-----	---	------

karakteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	=	28	N/mm ²	
3.15 rekenwaarde betondruksterkte	$f_{cd} = f_{ck} / 1,5$	28	/	1,5	= 18,7 N/mm ²
factor voor maximale buigdiameter	tabel 8.1	f =	5	-	
minimale buigstraal om niet te hoeven toetsen	$\Phi_m = f \Phi$	5	*	20,0	= 100 mm
resterende verankeringslengte	$(l_{bd} - x) =$	628,5	-	413,0	= 215,5 mm
verankeringslengte in de bocht	$l_{bocht} = 0,25 \pi (D_{doorn} + \Phi) = 0,25 \tau$	260,0	=	204	mm
verankeringslengte na de bocht	$l_{bd,na de bocht}$	215,5	-	204	= 11 mm
maat a _b	tussenstaven: de helft van de hoh-afstand	a _b =	56,43	mm	
doorsnede staaf	$A = 0,25 \pi \Phi^2$	=	314,2	mm ²	
optredende staalspanning	$\sigma_{s,bt} = F_{bt} / 0,25 \pi \Phi^2$	=	125,2	N/mm ²	
staafkracht bij het begin van de bocht	$F_{bt} = F * (l_{bd} - x) / l_{bd}$	=	39,3	kN	
8.1 minimale buigdiameter	$\Phi_{m,min} = F_{bt} [(1/a_b) + 1 / (2\Phi)] / f_{cd}$	=	90	mm	

opmerking: