

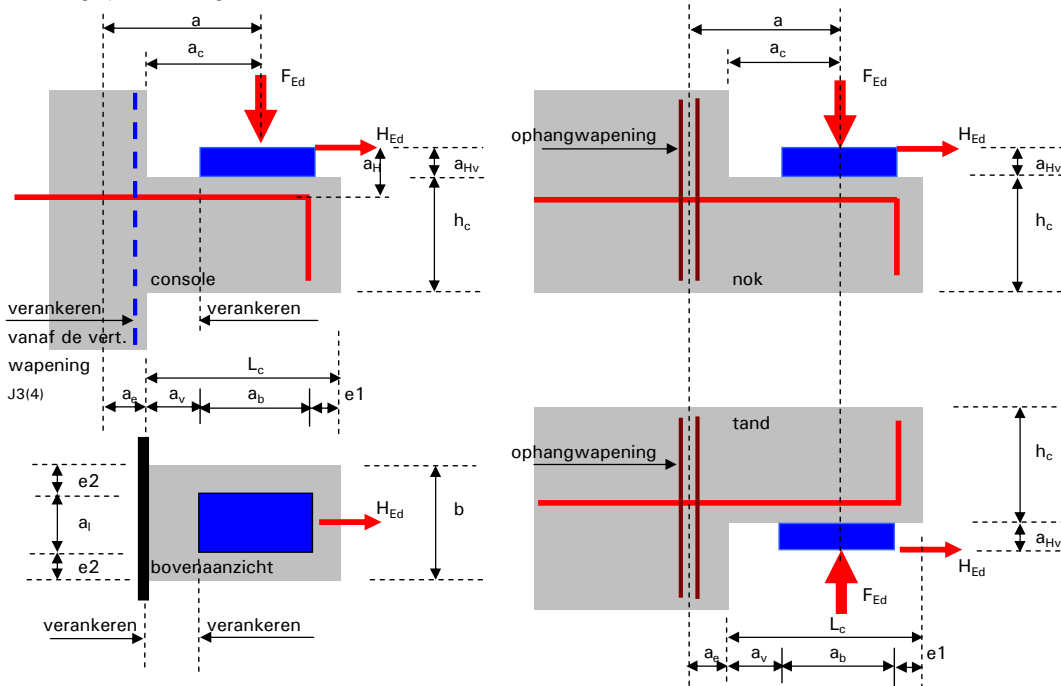


berekening van een korte console belast door een puntlast volgens de theorie van staafwerkmodellen art. 6.5

350 x 400

algemene gegevens	werk		
	werknummer		werknummer
	onderdeel		onderdeel
rekenwaarde van de belasting	F_{Ed}	vertikale belasting	= 400 kN
	H_{Ed}	horizontale belasting	= 80 kN
	a_{Hv}	werklijn H_{Ed} boven de console	= 0 mm
materiaalgegevens en afmetingen van de console			
kwaliteit beton	betonklasse		= C35/45
kwaliteit staal	staalsoort		= B 500
wapeningsklasse	A, B of C		= B
breedte van de console	b		= 350 mm
hoogte van de console	$h = h_c$		= 400 mm
afm. oplegvlak in lengterichting console	a_b	er kan alleen een rechthoekig oplegvlak worden opgegeven (tot het begin van de uitkraging)	= 150 mm
afm. oplegvlak in breedterichting console	a_l		= 250 mm
afstand oplegvlak tot begin van de console	a_v		= 125 mm
totale lengte van de console	L_c		= 400 mm

mogelijke uitvoeringsvormen van de korte console





wapeninggegevens

betondekking getrokken zijde	$C_{trekzijde}$	dekking op de buitenste wapening	=	32	mm
betondekking zijkanten / uiteind	$C_{zijkant}$	= $C_{uiteind}$	=	25	mm
wapening aan getrokken zijde	aantal n_1		=	5	stuk
	diameter d_1		=	16	mm
	aantal n_2		=	0	stuk
	diameter d_2		=	0	mm
bij wapening in meerdere lagen	aantal staven dat niet in de buitenste laag ligt	n_s	=	0	staven
correctie van de nuttige hoogte d ten gevolge van het wapenen in meerdere lagen		d_{red}	=	0	mm
flankwapening per zijde	aantal n_5		=	3	stuk
	diameter d_5		=	10	mm
beugeldiameter	diameter d_{bg}		=	10	mm
aantal sneden per beugel	normale dwarskrachtbeugels zijn 2-snedig	n_{sn}	=	2	snedig
aantal beugels	in $0,75 a_v$	$n_{bgl,aanw}$	=	3	stuk
invloedsfactor verankeringslengte ($\alpha 1$)	staafbeeindiging van de trekstaven		=	haak	
doordiameter omgebogen trekstaven	factor voor ombuiging		=	8	* $d_{max1,2}$
ophangwapening	diameter	d_{ophang}	=	10	mm
aantal sneden ophangwapening	"normale" beugels zijn 2-snedig	$n_{sn,ophang}$	=	2	snedig

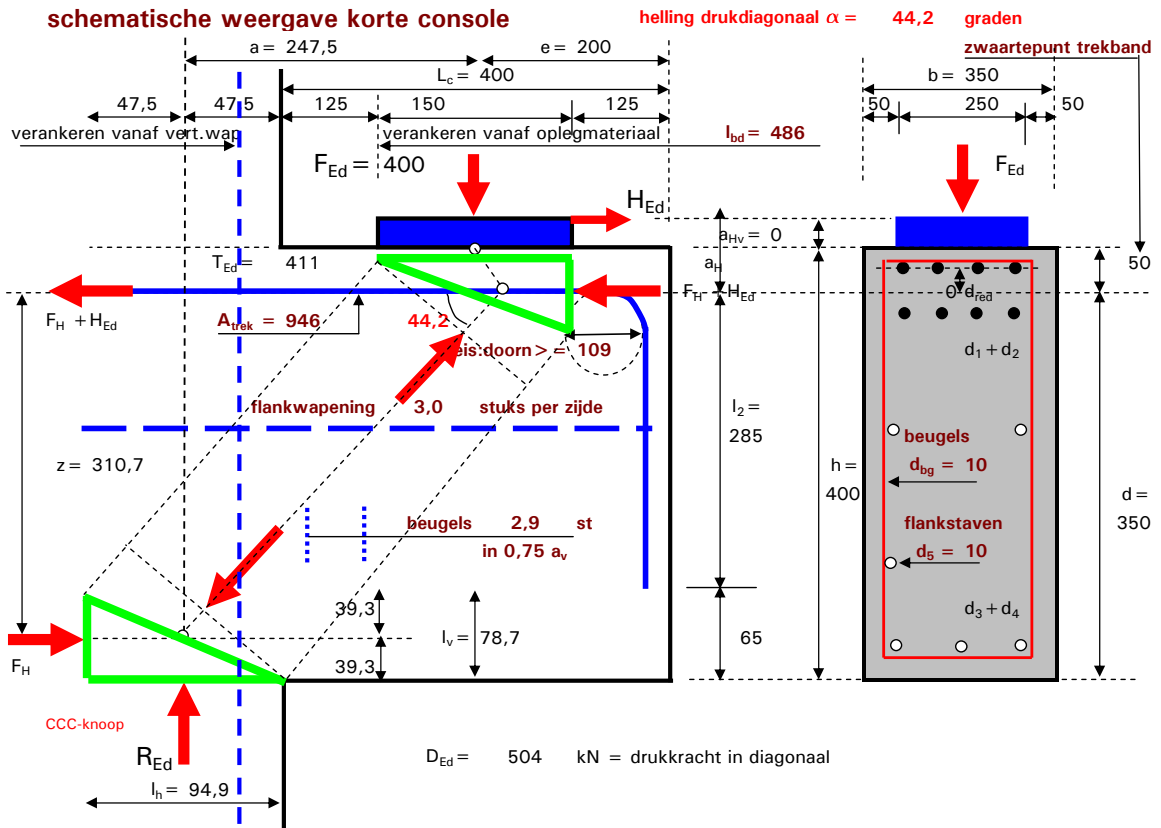
invloedsfactoren voor scheurwijdte en betondekking

verhouding tussen quasi-permanente belasting en uiterste grenstoestand:	F_{qp} / F_{Ed}	=	0,75	-
a ontwerp levensduur		=	50	jaar
b omgevingsfactoren	milieuklasse A	=	XC2	-
b	milieuklasse B	=	XD1	-
c soort constructie	soort constructie	=	console	
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		=	bekisting	
h bundeling wapeningstaven (trekwapening)	worden staven d_1 gebundeld?	=	nee	
h	worden staven d_2 gebundeld?	=	nee	
i kwaliteitsbeheersing	is specifieke kwaliteitsbeheersing gewaarborgd?	=	nee	
j luchtinsluiting	luchtinsluiting van meer dan 4% toegepast?	=	nee	
k verhoging dekking bij toepassing grote staafdiameter (> 25mm) geen eis in eurocode		=	nee	
k1 aanhechtingswijze	de aanhechting van de wapeningstaven is	=	goed	
k2 wijze van belasting	de belastingduur wordt belast door	=	zuivere trek	
kt belastingduur (bij berekende scheurwijdte)	de belastingduur is	=	langdurend	
milieuklasse	de milieuklasse van de beton is	=	a) binnenmilieu - RH = 50%	
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

hoek drukdiagonaal is kleiner dan 45 graden, berekeningswijze NIET toepasbaar!
 er wordt gerekend met alle trekwapening in één laag

geometrie	positie trekband	34,5	/	50,0	=	0,69	-
trekband	$A_{s,trek} / A_{aanw,trek}$	946	/	1005	=	0,94	-
scheurwijdte zonder berekening	diameter of hoh	3,38	of	1,27	=	1,27	-
scheurwijdte met berekening	w_k / w	0,20	/	0,3	=	0,68	-
betondekking	$C_{nom} / C_{trekzijde}$	40	/	32	=	1,25	-
verankeringslengte	l_2 / d	285	/	350	=	0,81	-
minimum doordiameter	$\Phi_{m,min} / D_{doorn}$	109	/	128	=	0,85	-
knoop onder puntlast	spanning onder puntla	10,7	/	17,1	=	0,63	-
flankwapening horizontaal	$n_{5,ben} / n_5$	3,0	/	3	=	1,00	-
beugelwapening in $0,75 a_v$	$n_{bgl,benodigd} / n_{bgl,aanw}$	2,9	/	3	=	0,98	-
5.6 toelaatbare schuifkracht	$F_{Ed} / V_{Ed,max}$	400	/	526,8	=	0,76	-



samenvatting resultaten:

krachtsverdeling

maatgevende waarde	$R_{Ed} = F_{Ed}$	=	400,0	kN
maatgevende waarde	M_{Ed}	=	127,8	kNm

I - wapening

grootte van de benodigde trekbandwapening $A_{trek} = M_{Ed} / z f_{yd}$	=	946	mm ²
inwendige hefboomsarm z	=	311	mm
hart trekband tot bovenkant console $c_{trekzijde} + d_{bg} + 0,5 * d_{gem} + d_{red}$	=	50	mm

betondrukdiagonaal en schuifwapening (beugels)

6.5 toelaatbare schuifkracht in gedrongen consol $V_{Ed} \leq 0,5 b_w d v f_{ct}$ met $b_w = 250$	$V_{Ed} \leq$	526,8	kN
benodigde dwarskrachtwapening totaal $A_{s,bgls} = k_2 * F_{Ed} / f_{yd}$ met $k_2=0,1$ in $0,75 a_v$	=	460	mm ²
totaal aantal benodigde beugels $n_{bg} =$	=	2,9	stuks
benodigde ophangwapening totaal alleen bij tanden en nokken !! $A_{sw,ophang} = F_{Ed} / f_{yw,d}$	=	920	mm ²
benodigd aantal ophangbeugels diameter 10 mm 2 snedig	=	5,9	stuks

flankwapening (horizontaal)

flankwapening bijlage J3(2) $A_{s,flank}$ per zijde	=	237	mm ²
benodigd aantal staven horizontaal diameter 10 mm	=	3,0	stuks/zijde

II - betondekking

minimum betondekking c_{nom} op de buitenste wapening	=	40	mm
---	---	----	----

III - scheurwijdte

scheurwijdtecontrole zonder berekening maximum staafdiameter	=	4,7	mm
scheurwijdtecontrole zonder berekening maximum hart op hart afstand	=	52	mm
toelaatbare scheurwijdte w (zonder verhoging met k_x)	=	0,30	mm
optreedende scheurwijdte met berekening $w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	=	0,20	mm

IV - verankeringslengte en buig diameter



$$8.4 \text{ rekenwaarde verankeringslengte trekwap. } l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,rdq} > l_{b,min} = 486 \text{ mm}$$

$$8.1 \text{ minimale buig diameter (doorndiameter) } \Phi_{m,min} = F_{bt} [(1/a_b) + 1 / (2\Phi)] / f_{cd} = 109 \text{ mm}$$

berekening console volgens de theorie van staafwerkmodellen

I - wapening

1 maat l_h van de knoop bij de oplegging

1	1	karakteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	=	35	N/mm ²	
	3.15	rekenwaarde betondruksterkte	$f_{cd} = f_{ck}/1,5$	=	35	/ 1,5 = 23,3 N/mm ²	
	6.57	sterktereductiefactor	$\nu' = (1 - f_{ck} / 250)$	=	(1 - 35 / 250)	= 0,86 -	
	6.56	drukspanning $\sigma_{Rd,max} = 0,6 \nu' f_{cd}$		=	0,60	0,86	23,3 = 12,0 N/mm ²
		l_h	=	$\frac{F_{Ed}}{b \sigma_{Rd,max}}$	=	$\frac{400 \cdot 10^3}{350 \cdot 12,0}$	= 94,9 mm

2 maat a , a_c en a_e en randafstanden e_1 , e_2

		$a_c = a_v + 1/2 a_b$	=	125	+ 1/2	150	=	200,0	mm
		a_e	=	1/2	l_h	=	1/2	94,9	= 47,5 mm
		$a = a_e + a_v + 1/2 a_b$	=	47,5	+ 125	+ 1/2	150	=	247,5 mm
bijlage J3		$a_H = h - d + a_{Hv}$	=	400	-	350	+	0	= 50 mm
		randafstanden oplegmateriaal							
		$e_1 = L_c - a_v - a_b$	=	400	-	125	-	150	= 125 mm
		$e_2 = 1/2 * (b - a_l)$	=	1/2 * (350	-	250)	=	50 mm

3 berekening van de horizontale reactiekracht F_H

vierkantsvergelijking om horizontaalkracht F_H op te lossen (zie Ontwerpen in Gewapend Beton CB4, 2e druk blz 62)

$$F_H^2 - d \cdot 2 \cdot b \cdot \sigma_{Rd,max} \cdot F_H + \{ (1/2 l_h + a_v + 1/2 a_b) F_{Ed} + (h - d + a_{Hv}) H_{Ed} \} \cdot 2 \cdot b \cdot \sigma_{Rd,max} = 0$$

a =	1	=	1
b =	$- 2 \cdot b \cdot d \cdot \sigma_{Rd,max}$	=	-2 \cdot 350 \cdot 350,0 \cdot 12,0 = -3E+06
c =	$\{ (a_e + a_v + 1/2 a_b) F_{Ed} + (h - d + a_{Hv}) H_{Ed} \} \cdot 2 \cdot b \cdot \sigma_{Rd,max}$	=	$\{ 47,5 \cdot 400 \cdot 10^3 + 50,0 \cdot 80 \cdot 10^3 \} \cdot 2 \cdot 350 \cdot 12,0 = 9E+11$
$F_H =$	$\frac{-b - \sqrt{(b^2 - 4 a c)}}{2 a}$	=	$\frac{3E+06 - \sqrt{(-3E+06^2 - 4 \cdot 1 \cdot 9E+11)}}{2 \cdot 1} = 331,5 \cdot 10^3 \text{ N}$

4 benodigde trekwapening

horizontale trekkkracht in wapening	$F_H + H_{Ed}$	=	331,5	+	80	=	411,5	kN
$A_s =$	$\frac{F_H + H_{Ed}}{f_{yd}}$	=	$(\frac{331,5 + 80}{435}) \cdot 10^3$	=	946	mm ²		

alternatieve berekening:

hoogte reactieveld in de kolom	$l_v = \frac{F_H}{b \sigma_{Rd,max}}$	=	$\frac{331,5 \cdot 10^3 \text{ N}}{350 \cdot 12,0}$	=	78,7	mm
--------------------------------	---------------------------------------	---	---	---	------	----

inwendige hefboomsarm	$z = d - 1/2 l_v$	=	350,0	- 1/2	78,7	=	310,7	mm
-----------------------	-------------------	---	-------	-------	------	---	-------	----

$M_{Ed} = (a_e + a_v + 1/2 a_b) F_{Ed} + (h_c - 1/2 l_v + a_{Hv}) H_{Ed}$	=	$(47,5 + 125 + 1/2 \cdot 150) \cdot 400 + (400 + 50) \cdot 80$	=	$127,8 \cdot 10^6$	kNm
---	---	--	---	--------------------	-----

benodigde wapening : $M_{Ed} / z f_{yd}$	=	$127,8 \cdot 10^6 / 310,7 \cdot 435$	=	946	mm ²
--	---	--------------------------------------	---	-----	-----------------

5 controle positie trekband t.o.v. bovenkant console

controle knoop onder de puntlast, type CCT

6.61 drukspanning $\sigma_{Rd,max,2} = \alpha k_2 \nu' f_{cd}$	=	1,00	0,85	0,86	23,3	=	17,1	N/mm ²
helling drukdiagonaal	$\alpha 3$	=	44,2	graden				

benodigde knoophoogte	$h_{knoop} = \frac{F_H + H_{Ed}}{\sigma_{Rd,max,2} \cdot b}$	=	$\frac{411,5 \cdot 10^3}{17,1 \cdot 350}$	=	68,9	mm
-----------------------	--	---	---	---	------	----

minimaal benodigde hoogte van hart trekband tot bovenzijde console is	$1/2 \cdot 68,9$	=	34,5	mm
---	------------------	---	------	----

spanning direct onder het oplegveld

$\sigma =$	$\frac{F_{Ed}}{a_b a_l}$	=	$\frac{400 \cdot 10^3}{150 \cdot 250}$	=	10,7	N/mm ²
------------	--------------------------	---	--	---	------	-------------------

6 toelaatbare schuifkracht in gedrongen console

6.6N sterktereductiefactor	$\nu = 0,6(1 - f_{ck} / 250)$	=	0,6 (1 - 35 / 250)	=	0,52	-			
6.5 $V_{Ed} \leq 0,5 b_w d \nu f_{ct}$	0,5	250	350,0	0,52	23,3	10^{-3}	=	526,8	kN

7 controle op artikelen van bijlage J3 consoles



opm (1) berekening volgens staafwerkmodellen mag toegepast worden voor $1,0 \leq \tan \Theta \leq 2,5$ ofwel $45 \leq \Theta \leq 68,2$
 hoek $\Theta = 44,2$ graden **hoek drukdiagonaal is kleiner dan 45 graden, berekeningswijze NIET toepasbaar!**

opm (2) als $a_c \leq 0,5 h_c$, dan extra horizontale wapening aanbrengen $a_c = 200$ $0,5 h_c = 200$ mm

$A_{s,flank} = k1 * A_s$ met $k1 = 0,25$ (vlgs NB) per zijde $A_{s,flank} = 0,25 * 946 = 237$ mm²
 dit is de minimale wapening. per zijde is benodigd **3,01** flankstaven rond **10** mm

opm (3) als $a_c > 0,5 h_c$ en $F_{Ed} > V_{Rd,c}$ dan extra verticale wapening aanbrengen $F_{Ed} = 400$ $V_{Rd,c} = 68,5$

6,2,b ondergrens schuifsterkte of $V_{Rd,c} = v_{min} = 0,035k^{3/2} \sqrt{f_{ck}} - k_1 \sigma_{cp}$ (ivm trek) = 0,40 N/mm²

6,2,a rekenwaarde schuifsterkte of $V_{Rd,c} = C_{Rd,c} * k * (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} - k_1 \sigma_{cp}$ = 0,56 N/mm²

maatgevende waarde schuifsterkte $V_{Rd,c}$ = **0,56** N/mm²

$C_{Rd,c} = 0,12$ (blijvend en tijdelijk) = 0,15 (buitengewoon) = 0,12 -

factor $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2,0$ = 1,76 -

wapeningspercentage $\rho_1 = A_{sl} / bd * 100 < 2\%$ = 0,82 %

factor k_1 waarde volgens NB = 0,15 -

normaaldrukspanning in doorsnede $\sigma_{cp} = N_{cd} / bh = H_{Ed} / bh$ **trek!!!** = 0,57 N/mm²

rekenwaarde dwarskrachtweerstand $V_{Rd,c} = v_{Rd,c} b d 10^{-3}$ met beton = **68,5** kN

$A_{s,bgls} = k2 * F_{Ed} / f_{yd}$ met $k2 = 0,50$ $A_{s,bgls} = \frac{0,5 * 400}{435} 10^{-3} = 460$ mm²

het totaal aantal benodigde beugels $n_{bgl,benodigd} = 2,9$ bgls rond 10 mm

8 ophangwapening (alleen bij tanden en nokken)

benodigde ophangwapening totaal $A_{s,wo,ophang} = F_{Ed} / f_{yw,d}$ = 920 mm²

benodigde aantal ophangwapening beugels $920 / (79 * 2) = 5,9$ stuks

II - 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)		-1	
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		$C_{min,dur}$	= 35 mm
tab 4.2 minimum dekking aanhechting		$C_{min,b} > d_n$ (maximum van $d1_{eq}$ en $d2_{eq}$)	= 16 mm
tab.4.5N minimum dekking duurzaamheid		$C_{min,dur}$	= 35 mm
e correctie tgv nabewerking		C_{extra}	= 0 +
maatgevende minimum dekking duurz.		$C_{min,dur}$	= 35 mm
4.2 minimum dekking		$C_{min} = \max(C_{min,b}; C_{min,dur}; 10mm)$	= 35 mm
uitvoeringstoleranties		ΔC_{dev}	= 5 mm
g storten op werkvloer / maaiveld / kist		ΔC_{dev}	= 0 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		$C_{nom} = C_{min} + \sum \Delta C_{dev}$	= 40 mm
k t.g.v. toegepaste hoofdwapening > 25mm		$C_{nom} = 1,5d_n - d_{bg}$ geen eis in eurocode!	= 0 mm
equivalente staafdiameter		$d_n = \max(d1_{eq}; d2_{eq})$	= 16,0 mm
resulterende waarde minimale dekking		C_{nom} op de buitenste wapening	= 40 mm

wapeninggegevens

totaal aantal staven in trekzone	$\sum n_{trek} = n1 + n2$	= 5,0	st
totaal aantal staven in drukzone	$\sum n_{druk} = n3 + n4$	= 6,0	st
gewogen gemiddelde diameter trekwapening	$d_{gem,trek} = (n1 * d1 * D1 + n2 * d2 * D2) / (n1 * D1 + n2 * D2)$	= 16,0	mm
gewogen gemiddelde diameter drukwapening	$d_{gem,druk} = (n3 * d3 * D3 + n4 * d4 * D4) / (n3 * D3 + n4 * D4)$	= 16,0	mm
doorsnede per staaf 1, trekwapening	$D1 = 0,25 \pi d1^2$	= 201,1	mm ²
doorsnede per staaf 2, trekwapening	$D2 = 0,25 \pi d2^2$	= 0,0	mm ²
doorsnede per staaf 3, drukwapening	$D3 = 0,25 \pi d3^2$	= 201,1	mm ²
doorsnede per staaf 4, drukwapening	$D4 = 0,25 \pi d4^2$	= 0,0	mm ²
doorsnede per staaf 5, flankwapening	$D5 = 0,25 \pi d5^2$	= 78,5	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}	$n_{sn} =$	2	snedig
horizontale maat in breedte van de balk	$s_{t,bg} = b / (n_{sn} - 1)$	$=$	290	mm
aanwezige beugelwapening (n-snedig)	$A_{bgls} = n_{sn} * D_{bg} * 1000 / s_{aanwezig}$	$=$	3142	mm ² /m'
horizontale beugelmaat (hartmaat)	$b_1 = b - 2c_{zijkant} - d_{bg}$	$=$	290	mm
vertikale beugelmaat (hartmaat)	$h_1 = h - c_{trekzijde} - c_{drukzijde} - d_{bg}$	$=$	313	mm
aanwezige trekwapening	$A_{aanw,trek}$	$=$	1005	mm ²
aanwezige drukwapening	$A_{aanw,druk}$	$=$	1206	mm ²
aanwezige drukwapening	$\rho_{druk} = 100 * A_{aanw,druk} / bh$ (art. 9.2.1.1(3)	$=$	0,86	%
aanwezige flankwapening	$A_{aanw,flank}$ per zijde	$=$	236	mm ²
zwaartepunt staven vanaf de beugel	$z = (n_1 D_1^{1/2} d_1 + n_2 D_2^{1/2} d_2) / (n_1 D_1 + n_2)$	$=$	8,0	mm
equivalente diameter wapening	$d_{eq,trek} = 2 * z$ (t.b.v. berekening van d)	$=$	16,0	mm

III - scheurwijdte gedrongen console

onderdeel

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

optredende staalspanning in bruikbaarheidsgrenstoestand

$$\sigma_{s,qp} = F_{qp} / F_{Ed} * A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} * f_{yd} = \frac{0,75 \quad 946 \quad 435}{1005} = 307 \text{ N/mm}^2$$

equivalente diameter staven d1	$d_{1,eq} = d_1 \sqrt{n_{b,1}}$	$=$	16,0	mm
aantal staven in een bundel	$n_{b,1}$	$=$	1	st
equivalente diameter staven d2	$d_{2,eq} = d_2 \sqrt{n_{b,2}}$	$=$	0,0	mm
aantal staven in een bundel	$n_{b,2}$	$=$	1	st
equivalente staafdiameter	$d_{eq} = (n_{b1} * d_1^{eq2} + n_{b2} * d_2^{eq2}) / (n_{b1} * d_1^{eq} + n_{b2} * d_2^{eq})$	$=$	16,0	mm
werkelijke hart op hart afstand	$s = (b - 2c_{zij} - 2d_{bg} - d_{trek}) / (n - n_s - 1)$	$=$	66	mm
gemiddelde h.o.h.- afstand staven	$s_{gem} = b / (\sum n_{trek} - n_s)$	$=$	70	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	$=$	10,7	mm
toelaatbare hart op hart-afstand	s zonder de invloed van k_x	$=$	117,5	mm
toegepaste dekking beschouwde staaf	$c_{applied} = c_{trekzijde}$ (buitenste wapening)	$=$	32	mm
minimale betondekking	$c_{nom} = c_{min} + \sum \Delta c_{dev}$ (incl. correcties)	$=$	40	mm
vergrotingsfactor NB 7.3.1 (5)	$k_x = c_{applied} / c_{nom} < = 2,0$	$=$	0,80	-
toelaatbare staafdiameter	d_{max} met de invloed van factor en k_x	$=$	4,7	mm
toelaatbare hart op hart-afstand	s met de invloed van factor en k_x	$=$	52	mm
(7.6N) correctiefactor buiging (diameter en hoh)	factor = $f_{ct,eff} * k_c h_{cr} / \{ 2,9 * 2 * (h-d) \}$	$=$	2,21	-
(7.7N) correctiefactor trek (diameter en hoh)	factor = $f_{ct,eff} * h_{cr} / \{ 2,9 * 8 * (h-d) \}$	$=$	0,55	-
gemiddelde axiale treksterkte	$f_{ct,eff} = f_{ctm}$ tabel 3.1	$=$	3,21	N/mm ²
coëfficiënt afhankelijk van spanningsverdelin	$k_c =$ buiging = 0,4, trek = 1,0	$=$	1,00	-
hoogte trekzone direct voor scheuren	$h_{cr} =$ 0,5 h bij rechthoekige doorsne	$=$	200	mm
afstand hart wapening tot buitenkant beton	(h-d)	$=$	50	mm
maatgevende correctiefactor	voor toelaatbare diameter en hoh-afstand	$=$	0,55	-

controle scheurwijdte met berekening art. 7,3,4

7.8 berekende scheurwijdte	$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	$=$	0,20	mm
	$s_{r,max}$	$=$	143,3	mm
7.9	$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = \{ \sigma_s * k_t * f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) \} / E_s$	$=$	0,00141	-
minimale waarde	$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) > = 0,6 \sigma_s / E_s$	$=$	0,00092	-
maatgevende waarde	$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	$=$	0,00141	-
	$\sigma_{s,qp} = F_{qp} / F_{Ed} * A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} * f_{yd}$	$=$	307	N/mm ²
gemiddelde waarde treksterkte op tijd t	$f_{ctm(t)}$ tijd t nog eens programmeren	$=$	3,21	N/mm ²
gemiddelde waarde treksterkte	$f_{ct,eff}$ op tijdstip van eerste scheuren	$=$	3,21	N/mm ²
7.10	$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1^2 A'_p) / A_{c,ef}$	$=$	11,9	-
doorsnede trekwapening	$A_s = A_{aanw,trek}$	$=$	1005	mm ²
7.3.2(3) doorsnede voorspanelementen	A'_p	$=$	0	mm ²
	$A_{c,eff}$ minimum waarde onderstaande formules	$=$	84	mm ²
	$A_{c,eff} = 2,5 (h-d)$	$=$	125	mm ²
	$A_{c,eff} = (h-x) / 3$	$=$	84	mm ²
	$A_{c,eff} = h/2$	$=$	200	mm ²
7,5	ξ_1	$=$	0	-
factor	k_t	$=$	0,4	-
	E_s	$=$	200000	N/mm ²
7.11	$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 d_{eq} / \rho_{p,eff}$	$=$	143,3	mm
dekking op de beschouwde staaf	c	$=$	42,0	mm



7.12	$d_{eq} = (n_{b1} * d1_{eq}^2 + n_{b2} * d2_{eq}^2) / (n_{b1} * d1_{eq} + n_{b2} * d2_{eq})$	=	16,0	mm
	k1 =	=	0,8	-
	k2 =	=	1,0	-
7.13 tussenliggende waarden	k2 = (e1 + e2) / 2e1	=	n.t.b.	-
	k3 =	=	3,40	-
	k4 =	=	0,425	-
7.14 bovengrens	$s_{r,max} = 1,3 (h-x)$	=	329	mm
hoogte betondrukzone	x =	=	147	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	$A_c = b * h$	=	140000	mm ²
omtrek dat bloot staat aan uitdroging	u = 4 zijden 2b+2h	=	1500	mm
fictieve dikte	$h_0 = 2 A_c / u$	=	186,7	mm
3.1.4 kruipfactor a.d.h.v. grafiek 3.1 (2)	φ bepaald volgens art. 3.1.4	=	2,16	-
7.20 gereduceerde elasticiteitsmodulus	$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi)$	=	10744	N/mm ²
effectieve verhouding elasticiteitsmodulus	$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$	=	18,6	-
hoogte betondrukzone x in BGT	$x = [- \alpha_e \rho + \sqrt{ (\alpha_e \rho)^2 + 2 \alpha_e \rho }] d$	=	147,2	mm
7.3.2(2) minimum wapening vereist	$A_{s,min} = k_c k_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s$	7.1	=	620
coëfficiënt	k=factor voor lijven en flenzen	=	1,0	-
oppervlakte beton binnen trekzone	$A_{ct} = 0,5 bh$ (vlak voor het scheuren)	=	70000	mm ²
maximaal toelaatbare spanning in staal	$\sigma_s = f_{yd}$ tbv berekening minimum wapening	=	435	N/mm ²

IV - verankeringslengte en buig diameter

onderdeel

verankeringslengte trekwapening art. 8.4				
7.1 karakteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	=	35	N/mm ²
7.1 karakteristieke kubusdruksterkte	f_{ck}	=	45	N/mm ²
3.4 gemiddelde cilindertreksterkte	$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)}$	=	3,21	N/mm ²
7.1 karakteristieke ondergrens treksterkte	$f_{ctk0,05} = 0,7 f_{ctm}$	=	2,25	N/mm ²
3.16 rekenwaarde treksterkte	$f_{ctd} = f_{ctk0,05} / 1,5$	=	1,50	N/mm ²
7.1 staaltrekspanning	f_{yk}	=	500	N/mm ²
7.1 rekenwaarde staaltrekspanning	f_{yd}	=	435	N/mm ²
7.1 gemiddelde diameter trekwapening	d_{gem}	=	16,0	mm
7.1 verhouding benodigde/aanwezige wapening	$A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek}$	=	0,70	-
7.1 staalspanning in uiterste grenstoestand	$\sigma_s = A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} * f_{yd}$	=	946 / 1005	435
7.1 aantal staven in bundel (max 2)	n	=	1	st
8.3 basisverankeringslengte trekwapening	$l_{b,rqd} = 0,25 * d_{gem,trek} * \sqrt{n} * \sigma_{sd} / f_{bd}$	=	486	mm
7.1	$l_{b,rqd}$	=	30	* d_{gem}
8.2	$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd}$	=	3,37	N/mm ²
	η_1 bovenstaaf = 0,7, algemeen = 1,0	=	1,00	-
	η_2 als $d_{gem} \leq 32; 1 ; (132 - d_{gem}) /$	=	1,00	-
8.4 rekenwaarde verankeringslengte trekwapening	$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} > l_{b,min}$	=	486	mm
7.1	$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd}$	=	1,00	1,00
7.1 vorm van de staven	α_1 afhankelijk van staafende	=	1,00	-
7.1 effect minimum dekking	$\alpha_2 = 1 - 0,15 * (c_d - x) * d_{gem,trek} / d_{gem,trek}$ en $< 1,$	=	1,22	-
	x = factor afhankelijk staafende	=	3	-
7.1 uiteindelijke waarde α_2	$0,7 < \alpha_2 < 1,0$	=	1,00	-
7.1 rekenwaarde dekking op rechte staaf	$c_d = \min (a/2 ; c_1 ; c)$	=	25,0	mm
7.1 rekenwaarde dekking op gebogen staaf	$c_d = \min (a/2 ; c_1)$	=	25,0	mm
7.1 maatgevende waarde	c_d (dekking op te verankeren staaf)	=	25,0	mm
7.1 effect dwarswapening niet gelast aan hoofd	$\alpha_3 = 1 - K\lambda$ (opsluiting dwarswapening)	=	1,00	-
7.1 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	-
7.1 oppervlak doorsnede dwarswapening over lengte l_{bd}	$\sum A_{st}$	=	0	mm ²
	$\sum A_{st,min}$ 0,25A _{st} bij balken	=	50	mm ²
	A _s doorsnede enkelvoudig verankerde staaf	=	201	mm ²
7.1 effect aangelaste dwarsstaven	α_4 : (dwarsstaaf gelast aan hoofdwapening)	=	1,00	-
7.1 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	$l_{b,min} : \max(0,3 l_{b,rqd}; 10d_{gem,trek}; 100)$	=	160,0	mm



halve tussenmaat tussen staven	$a / 2$	=	25,0	mm
controle verankeringslengte				
$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,req}$	1,00 1,00 1,00 1,00 1,00	486	=	486 mm
8.4 rekenwaarde verankeringslengte trekwapenir	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,req} > = l_{b,min}$		=	486 mm
staalspanning bij begin van verankering	$\sigma_{sd} = f_{yd} * A_{s,trek} / A_{aanw,trek}$		=	305 N/mm ²
staalspanning bij begin van de bocht	$\sigma_{sd1} = (l_{bd} - l_{hor}) / l_{bd} * \sigma_{sd}$		=	205 N/mm ²
6.5.4(7) beschikbare ruimte horizontale verankering	$l_1 = e + 0,5 L_{paal} - c - d_{5,flank} - 0,5 d_{max}$		=	232 mm
doorndiameter omgebogen staven	$D_{doorn} = factor * d_{max1,2}$		=	128 mm
beschikbare lengte tot de bocht	$l_{hor} = l_1 - 0,5 D_{doorn} - 0,5 \Phi$		=	160 mm
lengte van de verankering in de bocht	$l_{bocht} = 0,25 \pi (D_{doorn} + \Phi)$		=	113 mm
restant verankeringslengte in verticale deel	$l_{vert} = l_{bd} - l_{hor} - l_{bocht}$		=	213 mm
benodigde ruimte verticale verankering	$l_2 = 0,5 D_{doorn} + l_{vert} + 0,5 \Phi$		=	285 mm
8.1 minimale buigdiameter	$\Phi_{m,min} = F_{bt} [(1/a_b) + 1 / (2\Phi)] / f_{cd}$		=	109 mm
				onderdeel
kwaliteit beton	betonklasse	=	C35/45	-
diameter om te buigen staaf	diameter	$\Phi =$	16,0	mm
totale verankeringslengte	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,req} > = l_{b,min}$	=	485,8	mm
verankering tot aan de bocht	maat vanaf begin verankering tot begin boch	$x =$	160,0	mm
werkelijke hart op hart afstand	$s = (b - 2c_{zij} - 2d_{bg} - d_{trek}) / (n - n_s - 1)$	$s = 2 a_b =$	66	mm
hart op hart afstand van de te buigen staven	h.o.h. = $2 a_b$	$2 a_b =$	66,0	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	=	42,0	mm
grootte van de te verankeren kracht:	$F_{bt} = 1/4 \pi \Phi^2 \sigma_{sd1} =$	201 205 10^3	=	41,2 kN
gekozen buigdiameter	Φ_m (minimum: $\Phi < = 16: 4\Phi$ anders 5Φ)		=	128,0 mm
toetsingen				
buigstraal groter dan minimum waarde	64 / 128	=	0,50	
verankering na de bocht	213 / 80	=	2,66	
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	$\Phi_{min} / \Phi_m =$	109 / 128	=	0,85
karakteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	=	35	N/mm ²
3.15 rekenwaarde betondruksterkte	$f_{cd} = f_{ck} / 1,5$	35 / 1,5	=	23,3 N/mm ²
factor voor maximale buigdiameter	tabel 8.1	$f =$	4	-
minimale buigstraal om niet te hoeven toetsen	$\Phi_m = f \Phi$	4 * 16,0	=	64 mm
resterende verankeringslengte	$(l_{bd} - x) =$	485,8 - 160,0	=	325,8 mm
verankeringslengte in de bocht	$l_{bocht} = 0,25 \pi (D_{doorn} + \Phi) = 0,25 \pi$	144,0	=	113 mm
verankeringslengte na de bocht	$l_{bd,na de bocht}$	325,8 - 113	=	213 mm
maat a_b	tussenstaven: de helft van de hoh-afstand	$a_b =$	33,00	mm
doorsnede staaf	$A = 0,25 \pi \Phi^2$	=	201,1	mm ²
optredende staalspanning	$\sigma_{s,bt} = F_{bt} / 0,25 \pi \Phi^2$	=	204,7	N/mm ²
staafkracht bij het begin van de bocht	$F_{bt} = F * (l_{bd} - x) / l_{bd}$	=	41,2	kN
8.1 minimale buigdiameter	$\Phi_{m,min} = F_{bt} [(1/a_b) + 1 / (2\Phi)] / f_{cd}$		=	109 mm

opmerking: