

berekening van een korte console belast door een puntlast volgens de buigtheorie

350 x 400

algemene gegevens

werk
 werknummer
 onderdeel

werk
 werknummer
 onderdeel

rekenwaarde van de belasting

F_{Ed} verticale belasting
 H_{Ed} horizontale belasting
 a_{Hv} werklijn H_{Ed} boven console

= 400 kN
 = 80 kN
 = 50 mm

materiaalgegevens en afmetingen van de console

kwaliteit beton
 kwaliteit staal
 wapeningsklasse
 breedte van de console
 hoogte van de console

betonklasse
 staalsoort
 A, B of C
 b
 $h = h_c$

= C35/45
 = B 500
 = B
 = 350 mm
 = 400 mm

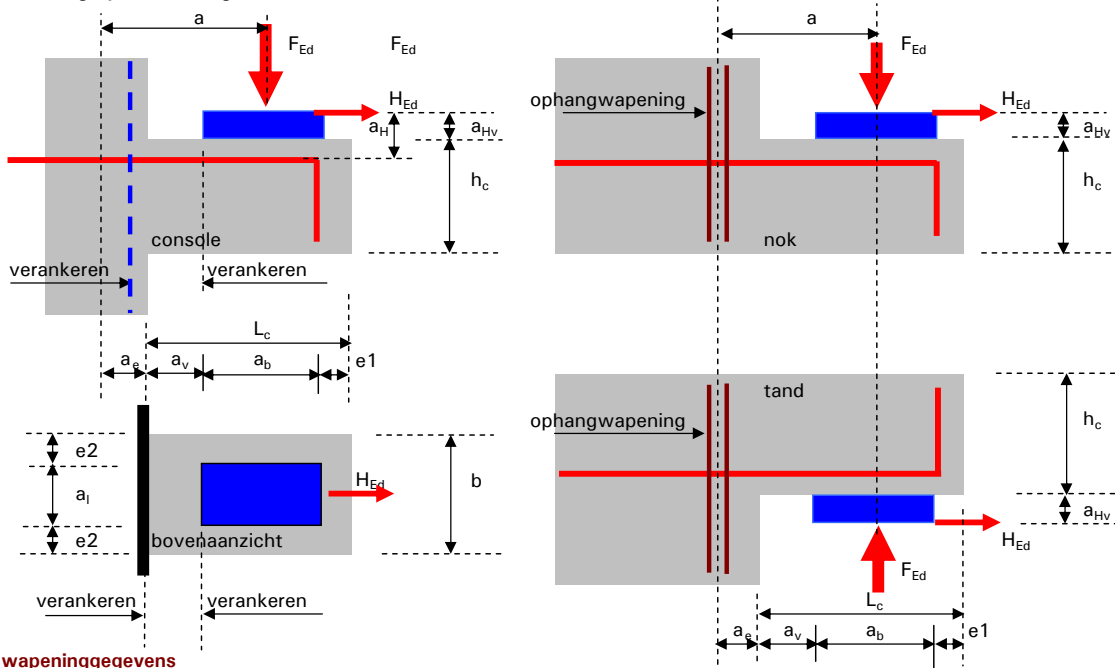
de console mag worden beschouwd als gedrongen

afm. oplegvlak in lengterichting console a_b
 afm. oplegvlak in breedterichting console a_i
 afstand oplegvlak tot begin van de console a_v
 totale lengte van de console L_c
 bij de berekening van de toelaatbare schuifkracht V_{Ed} wordt gerekend met de breedtemaat van de

er kan alleen een rechthoekig oplegvlak worden opgegeven (tot het begin van de uitkraging)

= 150 mm
 = 250 mm
 = 125 mm
 = 400 mm
 console

mogelijke uitvoeringsvormen van de korte console



wapeningsgegevens

betondekking gedrukte zijde
 betondekking getrokken zijde
 betondekking zijkanten / uiteind
 wapening aan **getrokken** zijde

$C_{drukzijde}$ dekking op buitenste wapening
 $C_{trekzijde}$ dekking op buitenste wapening
 $C_{zijkant} = C_{uiteind}$
 aantal n1
 diameter d_1
 aantal n2

= 25 mm
 = 25 mm
 = 25 mm
 = 6 stuks
 = 16 mm
 = stuks



	diameter d_2	=		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
invloedsfactor verankeringslengte (α 1)	staafbeeindiging van de trekstaven	=	haak	
doordiameter omgebogen trekstaven	factor voor ombuiging	=	15	* $d_{max1,2}$
wapening aan gedrukte zijde	aantal n_3	=	5	stuks
	diameter d_3	=	16	mm
	aantal n_4	=		stuks
	diameter d_4	=		mm
flankwapening per zijde	aantal n_5	=	2	stuks
	diameter d_5	=	10	mm
beugels in console, tand, nok	diameter d_{bg}	=	10	mm
aantal sneden per beugel	"normale" dwarskrachtbeugels zijn 2-snedig	n_{sn} =	2	snedig
gekozen h.o.h afstand basisbeugels	$s_{l,bg}$ beugels in console, tand of nok	=	75	mm
ophangwapening	diameter	d_{ophang} =	10	mm
aantal sneden ophangwapening	"normale" beugels zijn 2-snedig	$n_{sn,ophang}$ =	2	snedig

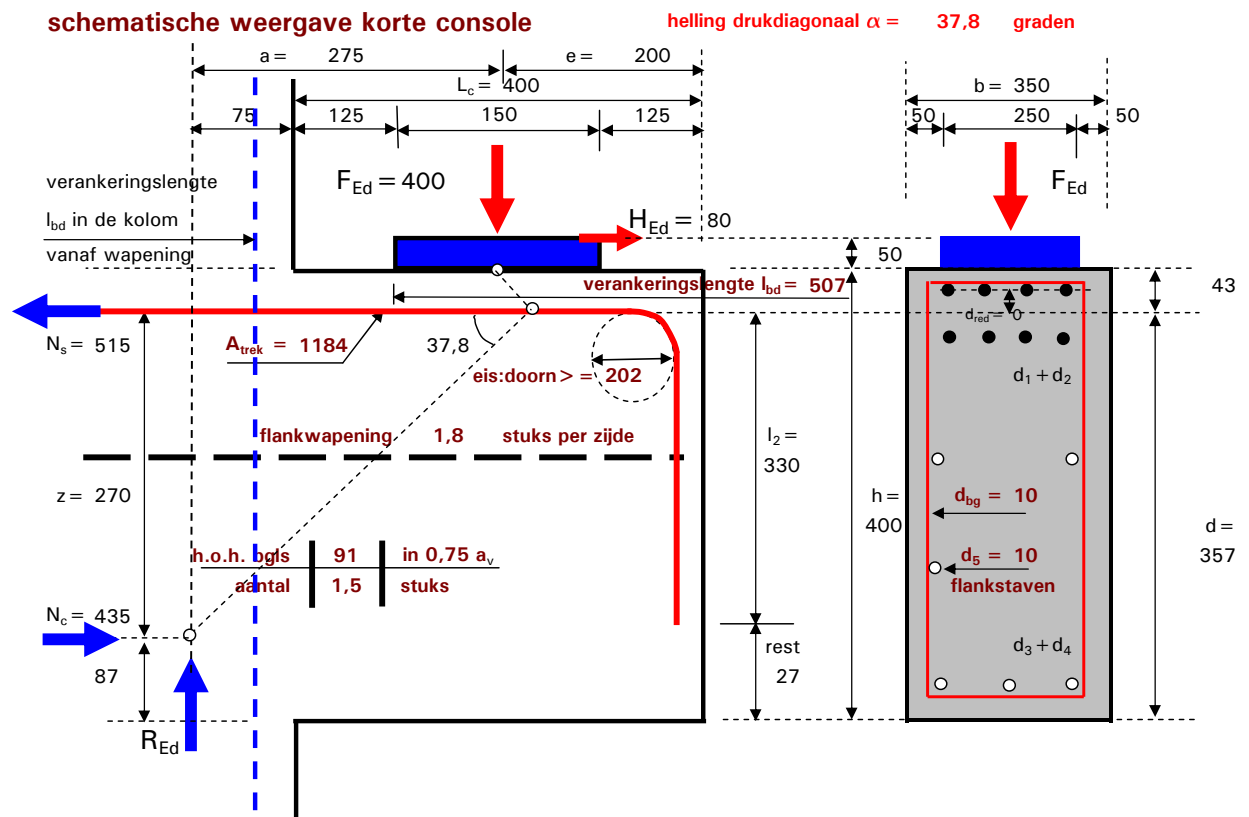
invloedsfactoren voor scheurwijdte en betondekking

verhouding tussen quasiepermanente belasting en uiterste grenstoestand:	F_{qp} / F_{Ed}	=	0,75	-
a ontwerplevensduur		=	50	jaar
b omgevingsfactoren	milieuklasse A	=	XC2	-
b	milieuklasse B	=	XC2	-
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 gewaarboord?	=	nee	
j luchtinsluiting	luchtinsluiting van meer dan 4% toegepast?	=	nee	
k verhoging dekking bij toepassing grote staafdiameter (> 25mm) geen eis in eurocode		=	nee	
k1 aanhechtheigenschap	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	=	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

de console mag als GEDRONGEN worden beschouwd
 er wordt gerekend met alle trekwapening in één laag

trekband	$A_{s,trek} / A_{aanw,trek}$	1184	/	1206	=	0,98	-
scheurwijdte zonder berekening	diameter	16,0	/	10,3	=	1,55	-
scheurwijdte zonder berekening	hart op hart afstand	53	/	103	=	0,51	-
scheurwijdte met berekening	w_k / w	0,18	/	0,3	=	0,59	-
betondekking	$c_{nom} / c_{trekzijde}$	25	/	25	=	1,00	-
verankeringslengte	$l_2 / (d - c_{drukzijde})$	330	/	332	=	0,99	-
minimum doordiameter	$\Phi_{m,min} / D_{doorn}$	202	/	240	=	0,84	-
betondrukdiagonaal	$V_{Ed} / V_{Ed,max}$	400,0	/	752	=	0,53	-
bovengrens schuifsterkte (6.9)	$V_{Ed} / V_{Rd,max}$	400,0	/	558	=	0,72	-
schuifwapening	$s_{l,bg} / s_{wL}$	75	/	91	=	0,82	-
schuifwapening minimum	$A_{s,bgls,min} / A_{s,bg}$	331	/	1047	=	0,32	-
flankwapening horizontaal	$n_{5,ben} / n_5$	1,8	/	2	=	0,89	-
flankwapening vertikaal	$A_{s,db,min} / A_{s,bg}$	350	/	1047	=	0,33	-



samenvatting resultaten:

onderdeel

krachtsverdeling

maatgevende waarde	$R_{Ed} = F_{Ed}$	= 400,0 kN
maatgevende waarde	M_{Ed}	= 139,0 kNm

I - wapening

de console mag als GEDRONGEN worden beschouwd

grootte van de trekbandwapening	$A_{trek} = M_{Ed} / z f_{yd}$	= 1184 mm ²
inwendige hefboomsarm	z	= 270 mm

betondrukdiagonaal en schuifwapening (beugels)

6.5 toelaatbare schuifkracht in gedrongen consc	$V_{Ed} \leq 0,5 b_w d v f_c$ met $b_w = 350$	$V_{Ed} \leq 752,2$ kN
6.2.2(6) rekenwaarde dwarskracht	$V_{Ed,1} = \beta * R_{Ed,1}$ met $\beta = 0,25$	= 100,0 kN
6.2.3(8) benodigde dwarskrachtwapening per mm'	$A_{sw1} = A_{sw} / (0,75 a_v)$	= 1,72 mm ² / mm'
6.19 benodigde dwarskrachtwapening totaal	$A_{sw} = V_{Ed,L} / f_{yw,d}$ in $0,75 a_v$	= 230 mm ²
totaal aantal benodigde beugels	$n_{bg} = 230 / 157$	= 1,5 stuks
benodigde beugelafstand	$s_w = n_{sn} D_{bg} / A_{sw1}$	= 91 mm
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 en vertikaal)

9.7 flankwapening bij gedrongen constructies	$A_{s,db,min} = 0,1\% b h$ met $h = 1000$ mm	= 350 mm ² / m
benodigd aantal staven horizontaal	$n_{5,ben} = A_{s,db,min} * h / D_5$	= 1,8 stuks/zijde

II - betondekking

minimum betondekking	c_{nom} op de buitenste wapening	= 25 mm
----------------------	------------------------------------	---------

III - scheurwijdte

scheurwijdtecontrole zonder berekening	maximum staafdiameter	= 10,3 mm
scheurwijdtecontrole zonder berekening	maximum hart op hart afstand	= 103 mm
toelaatbare scheurwijdte	w (zonder verhoging met k_x)	= 0,30 mm
optredende scheurwijdte met berekening	$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	= 0,18 mm

IV - verankeringslengte en buig diameter

8.4 rekenwaarde verankeringslengte trekwap.	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$	= 507 mm
8.1 minimale buig diameter (doordiameter)	$\Phi_{m,min} = F_{bt} [(1/a_b) + 1 / (2\Phi)] / f_{cd}$	= 202 mm



onderdeel

berekening console als gedrongen balk volgens de buigtheorie

I - wapening

	afstand a_e de kleinste waarde van	$0,5 a_b$	=	0,5	150	=	75	mm			
		$0,25 L_c$	=	0,25	400	=	100	mm			
		$0,25 h_c$	=	0,25	400	=	100	mm			
		maatgevende waarde				$a_e =$	75	mm			
	momentarm verticale belasting										
	$a = a_e + a_v + 0,5a_b$	=	75	+	125	+	0,5	150	= 275 mm		
bijlage J	$a_H = h - d + a_{Hv}$	=	400	-	357	+	50		= 93 mm		
	randafstanden										
	$e_1 = L_c - a_v - a_b$	=	400	-	125	-	150		= 125 mm		
	$e_2 = 0,5 * (b - a_1)$	=	0,5 * (350	-	250)		= 50 mm		
	totale moment in de console										
	$M_{Ed} = (a_e + a_v + \frac{1}{2} a_b) F_{Ed} + (z + h_c - d + a_{Hv}) H_{Ed}$										
	$M_{Ed} = ($	75	+	125	+	$\frac{1}{2}$	150) * 10^{-3}	400 + (
	+	400	-	357	+	50) * 10^{-3}	80	=		
	benodigde wapening : $M_{Ed} / z f_{yd} =$	139,0	$10^6 /$	270	435	=	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>139,0</td></tr><tr><td>1184</td></tr></table>	139,0	1184	kNm	mm ²
139,0											
1184											

totale "poerlengte"	$L = 2a + 2e$ met $e = 200$	=	950	mm
nuttige hoogte	$d = h - c_{trekzijde} - d_{bg} - 0,5 * d_{gem} - d_{red}$	=	357	mm
5.3.1(3) verhoudingsgetal l / h	als waarde ≤ 3 dan is console gedrongen	=	1,375	-
inwendige hefboomsarm gedrongen	$z = 0,2 l + 0,4 h$, $\leq 0,8 h$ en $\leq 0,8$	=	270	mm
inwendige hefboomsarm niet gedrongen	z	=	330,3	mm
maatgevende waarde	z	=	270	mm
rekenwaarde staaltrekspanning	$f_{yd} = f_{ywd}$ (trekwapening en beugels)	=	435	N/mm ²
betondrukdiagonaal				
6.2.1(6) toelaatbare schuifkracht in gedrongen ligger	$V_{Ed} \leq 0,5 b_w d v f_{cd}$ formule 6.5	=	752	kN
minimumbreedte	$b_w =$ minimumbreedte console of oplegvlak	=	350	mm
sterktereductiefactor	$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250)$	=	0,52	-
schuifwapening				
6.2.b ondergrens schuifsterkte	of $V_{Rd,c} = v_{min} = 0,035 k^{3/2} \sqrt{f_{ck}} - k_1 \sigma_{cp}$	=	0,39	N/mm ²
6.2.a rekenwaarde schuifsterkte	of $V_{Rd,c} = C_{Rd,c} * k * (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} - k_1 \sigma_{cp}$	=	0,59	N/mm ²
maatgevende waarde schuifsterkte	$V_{Rd,c}$	=	0,59	N/mm ²
horizontale maat zijkant paal tot zijkant kolo	a_v	=	125	mm
minimale waarde ivm opname dwarskracht	minimum waarde van a_v en $0,5 d$	=	178,5	mm
reductiefactor	$\beta = a_v / 2d$ en $\beta \geq 0,25$	=	0,25	-
rekenwaarde dwarskracht	$V_{Ed} = \beta * R_{Ed}$	=	100,0	kN
toelaatbare dwarskracht zonder wapening	$V_{Rd,c} = v_{Rd,c} b d$	=	74,0	kN
6.19 benodigde dwarskrachtwapening totaal	$A_{sw} = V_{Ed} / f_{yw,d}$ in $0,75 a_v$	=	230	mm ²
6.2.3(8) benodigde dwarskrachtwapening per mm'	$A_{sw1} = A_{sw} / (0,75 a_v)$ met $a_v \geq 0,5d$	=	1,72	mm ² / mm'
benodigde beugelafstand	$s_w = n_{sn} D_{bg} / A_{sw1}$	=	91	mm
minimum dwarskrachtwapening	$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk}$	=	0,09	%
minimum dwarskrachtwapening	$A_{bgl,min} = \rho_{w,min} * b d / 100$	=	331,3	mm ² /m'
ophangwapening (alleen bij tanden en nokken)				
benodigde ophangwapening totaal	$A_{sw,ophang} = F_{Ed} / f_{yw,d}$	=	920	mm ²
benodigde aantal ophangwapening beugels	920 / (79 2)	=	5,9	stuks
flankwapening (horizontaal en vertikaal)				
dwarskrachtslantheid	$\lambda_v = M_{Ed,max} / (h V_{Ed,max})$	=	0,869	-
als $\lambda_v \geq 0,4$	$a_{sw} = A_{sw} / 2 z$	=	0,43	mm ² / m
als $\lambda_v < 0,4$	$a_{sw} = 2 * A_{sw} / 2 z$	=	0,85	mm ² / m
maatgevende waarde	a_{sw}	=	0,43	mm ² / m
minimale hoh afstand over de hoogte z	$s_w = D_5 / a_{sw}$	=	184	mm
9.7(1) flankwapening bij gedrongen constructies	$A_{s,db,min} = 0,1\% b h$ met $h = 1000$ mm orthog	=	350	mm ² / m
totale hoeveelheid flankwapening	$A_{s,db,min} * h$ (h in meters)	=	140	mm ²
benodigd aantal staven	$n_5 = A_{s,db,min} * h / D_5$	=	1,8	stuks
gemiddelde hart op hartmaat flankwapening	$h.o.h. = h / n_5$ horizontaal	=	224	mm
aanwezige beugelwapening	$A_{s,bg} = D_{bg} * 1000 / s_{i,bg}$ vertikaal enkelsnedig	=	1047	mm ² / m

II - betondekking

berekening minimum betondekking op trekwapening

tab4.3N correctie van de constructieklasse: uitgangspunt:constructieklasse bij 50 jaar		S	4	-
a correctie tgv ontwerp levensduur			0	-
b, j correctie tgv betonsterkteklasse (afhankelijk van milieuklasse A of B)			-1	-
c correctie tgv geometrie			0	-
i correctie tgv kwaliteitsbeheersing			0	+
totale waarde constructieklasse		S	3	
b, j correctie tgv betonsterkteklasse (afhankelijk van milieuklasse A)			-1	
b, j correctie tgv betonsterkteklasse (afhankelijk van milieuklasse B)			-1	
tab 4.5N minimum dekking tgv milieuklasse A	$C_{min,dur}$	=	20	mm
tab 4.5N minimum dekking tgv milieuklasse B	$C_{min,dur}$	=	20	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	$C_{min,dur}$	=	20	mm
e correctie tgv nabewerking	C_{extra}	=	0	+
maatgevende minimum dekking duurz.	$C_{min,dur}$	=	20	mm
4.2 minimum dekking	$C_{min} = \max(C_{min,b}; C_{min,dur}; 10\text{mm})$	=	20	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	$C_{nom} = C_{min} + \sum \Delta C_{dev}$	=	25	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	=	25	mm

wapeninggegevens

totaal aantal staven in trekzone	$\sum n_{trek} = n1 + n2$	=	6,0	st
totaal aantal staven in drukzone	$\sum n_{druk} = n3 + n4$	=	5,0	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	$s_{t,bg} = b1 / (n_{sn} - 1)$	=	290	mm
aanwezige beugelwapening (n-snedig)	$A_{bgls} = n_{sn} * D_{bg} * 1000 / s_{aanwezig}$	=	2094	mm ² /m'
horizontale beugelmaat (hartmaat)	$b1 = b - 2c_{zijkant} - d_{bg}$	=	290	mm
vertikale beugelmaat (hartmaat)	$h1 = h - c_{trekzijde} - c_{drukzijde} - d_{bg}$	=	340	mm
aanwezige trekwapening	$A_{aanw,trek}$	=	1206	mm ²
aanwezige drukwapening	$A_{aanw,druk}$	=	1005	mm ²
aanwezige drukwapening	$\rho_{druk} = 100 * A_{aanw,druk} / bh$ (art. 9.2.1.1(3)	=	0,72	%
aanwezige flankwapening	$A_{aanw,flank}$ per zijde	=	157	mm ²
zwaartepunt staven vanaf de beugel	$z = (n1 D1^{1/2} d1 + n2 D2^{1/2} d2) / (n1 D1 + r$	=	8,0	mm
equivalente diameter wapening	$d_{equi,trek} = 2 * z$ (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

$$\sigma_{s,qp} = F_{qp} / F_{Ed} * A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} * f_{yd} = \frac{0,75 \quad 1184 \quad 435}{1206} = 320 \text{ N/mm}^2$$

equivalente diameter staven d1	$d1_{eq} = d1 \sqrt{n_{b,1}}$	=	16,0	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	$d_{eq} = (n_{b1} * d1_{eq}^2 + n_{b2} * d2_{eq}^2) / (n_{b1} * d1_{eq} + n_{b2} * d2_{eq})$	=	16,0	mm
werkelijke hart op hart afstand	$s = (b - 2c_{zij} - 2d_{bg} - d_{trek}) / (n - n_s - 1)$	=	53	mm
gemiddelde h.o.h.- afstand staven	$s_{gem} = b / (\sum n_{trek} - n_s)$	=	58	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	=	10,0	mm
toelaatbare hart op hart-afstand	s zonder de invloed van k_x	=	100,0	mm
toegepaste dekking beschouwde staaf	$C_{applied} = C_{trekzijde}$ (buitenste wapening)	=	25	mm
minimale betondekking	$C_{nom} = C_{min} + \sum \Delta C_{dev}$ (incl. correcties)	=	25	mm
vergrotingsfactor NB 7.3.1 (5)	$k_x = C_{applied} / C_{nom} \leq 2,0$	=	1,00	-
toelaatbare staafdiameter	d_{max} met de invloed van factor en k_x	=	10,3	mm
toelaatbare hart op hart-afstand	s met de invloed van factor en k_x	=	103	mm
(7.6N) correctiefactor buiging (diameter en hoh)	factor = $f_{ct,eff} * k_c h_{cr} / \{ 2,9 * 2 * (h-d) \}$	=	1,03	-
(7.7N) correctiefactor trek (diameter en hoh)	factor = $f_{ct,eff} * h_{cr} / \{ 2,9 * 8 * (h-d) \}$	=	0,64	-
gemiddelde axiale treksterkte	$f_{ct,eff} = f_{ctm}$ tabel 3.1	=	3,21	N/mm ²
coëfficiënt afhankelijk van spanningsverdelir	$k_c =$ buiging = 0,4, trek = 1,0	=	0,40	-
hoogte trekzone direct voor scheuren	$h_{cr} =$ 0,5 h bij rechthoekige doorsn	=	200	mm
afstand hart wapening tot buitenkant beton (h-d)		=	43	mm
maatgevende correctiefactor	voor toelaatbare diameter en hoh-afstand	=	1,03	-

controle scheurwijdte met berekening art. 7,3,4

7.8 berekende scheurwijdte	$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	=	0,18	mm
	$s_{r,max}$	=	119,2	mm
7.9	$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = \{ \sigma_s - k_t * f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) \} / E_s$	=	0,00148	-
minimale waarde	$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) > 0,6 \sigma_s / E_s$	=	0,00096	-
maatgevende waarde	$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	=	0,00148	-
	$\sigma_{s,qp} = F_{qp} / F_{Ed} * A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} * f_{yd}$	=	320	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	$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi^2_1 A'_p) / A_{c,ef}$	=	15,0	-
doorsnede trekwapening	$A_s = A_{aanw,trek}$	=	1206	mm ²
7.3.2(3) doorsnede voorspanelementen	A'_p	=	0	mm ²
	$A_{c,eff}$ minimum waarde onderstaande formules	=	80	mm ²
	$A_{c,eff} = 2,5 (h-d)$	=	108	mm ²
	$A_{c,eff} = (h-x) / 3$	=	80	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	$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 d_{eq} / \rho_{p,eff}$	=	119,2	mm
dekking op de beschouwde staaf	c	=	35	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 =	=	0,5	-
7.13 tussenliggende waarden	k2 = $(e1 + e2) / 2e1$	=	n.t.b.	-
	k3 =	=	3,4	-



	$k_4 =$	$= 0,425$	-
7.14 bovengrens	$s_{r,max} = 1,3 (h-x)$	$= 313$	mm
hoogte betondrukzone	$x =$	$= 159$	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			onderdeel
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	$u = 4 \text{ zijden } 2b+2h$	$= 1500$	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	$x = [- \alpha_e \rho + \sqrt{ (\alpha_e \rho)^2 + 2 \alpha_e \rho }] d$	$= 159,3$	mm
7.3.2(2) minimum wapening vereist	$A_{s,min} = k_c k_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s$	$=$	207 mm ²
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	$= 434,8$	N/mm ²

IV - verankeringslengte en buigdiameter

verankeringslengte trekwapening art. 8.4

karakteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	$= 35$	N/mm ²
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
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
staaltrekspanning	f_{yk}	$= 500$	N/mm ²
rekenwaarde staaltrekspanning	f_{yd}	$= 435$	N/mm ²
gemiddelde diameter trekwapening	d_{gem}	$= 16,0$	mm
verhouding benodigde/aanwezige wapening	$A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek}$	$= 0,98$	-
staalspanning in uiterste grenstoestand	$\sigma_s = A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} * f_{yd}$	$= 1184 / 1206 * 435$	$= 427$ N/mm ²
aantal staven in bundel (max 2)	n	$= 1$	st
8.3 basisverankeringslengte trekwapening	$l_{b,rqd} = 0,25 * d_{gem,trek} * \sqrt{n} * \sigma_{sd} / f_{bd}$	$= 507$	mm
	$l_{b,rqd}$	$= 32$	* 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	$= 1,00$	-

	$\eta 2$	als $d_{gem} \leq 32; 1 ; (132-d_{gem}) /$	=	1,00	-
8.4 rekenwaarde verankeringslengte trekwapeni	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,reqd} > = l_{b,min}$		=	507	mm
	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,reqd}$	1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 507	=	507	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		=	1,28	-
	x = factor afhankelijk staafeinde		=	3	-
uiteindelijke waarde $\alpha 2$	$0,7 < \alpha 2 < 1,0$		=	1,00	-
rekenwaarde dekking op rechte staaf	$c_d = \min (a/2 ; c_1 ; c)$		=	18,4	mm
rekenwaarde dekking op gebogen staaf	$c_d = \min (a/2 ; c_1)$		=	18,4	mm
maatgevende waarde	c_d (dekking op te verankeren staaf)		=	18,4	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		50	mm ²
	A_s doorsnede enkelvoudig verankerde staaf		=	201	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	$l_{b,min} : \max (0,3 l_{b,reqd} ; 10d_{gem,trek} ; 100)$		=	160,0	mm
halve tussenmaat tussen staven	a / 2		=	18,4	mm
buigdiameter (trekstaven) gedrongen console					onderdeel
kwaliteit beton	betonklasse		=	C35/45	-
diameter om te buigen staaf	diameter		$\Phi =$	16,0	mm
totale verankeringslengte	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,reqd} > = l_{b,min}$		=	506,6	mm
verankering tot aan de bocht	maat vanaf begin verankering tot begin bocht		x =	104,0	mm
hart op hart afstand van de te buigen staver	h.o.h. = 2 a_b		2 $a_b =$	52,8	mm
betreft de te buigen staaf een randstaaf	dus zit de staaf bij een elementrand?		=	nee	-
is er een dwarsstaaf aanwezig	met een diameter $> =$ de staafdiameter		=	nee	-
betondekking op te buigen staaf	c		=	35,0	mm
grootte van de te verankeren kracht:	$F_{bt} = 1/4 \pi \Phi^2 \sigma_{sd1} =$	201 339 10 ⁻³	=	68,2	kN
gekozen buigdiameter	Φ_m (minimum: $\Phi < = 16: 4\Phi$ anders 5Φ)		=	240,0	mm
toetsingen					
buigstraal groter dan minimum waarde	64 / 240		=	0,27	
verankering na de bocht	202 / 80		=	2,52	
randstaaf of tussenstaaf	tussenstaaf = 1,0 en randstaaf = 2,0		=	1,0	
dwarsstaaf aanwezig?	ja = 1,0 en nee = 2,0 (voldoet nie		=	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 buigdiame	$\Phi_{min} / \Phi_m =$	202 / 240	=	0,84	-
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 toets	$\Phi_m = f \Phi$	4 * 16,0	=	64	mm
resterende verankeringslengte	$(l_{bd} - x) =$	506,6 - 104,0	=	402,6	mm
verankeringslengte in de bocht	$l_{bocht} = 0,25 \pi (D_{doorn} + \Phi) = 0,25 \tau$	256,0	=	201	mm
verankeringslengte na de bocht	$l_{bd,na de bocht}$	402,6 - 201	=	202	mm
maat a_b	tussenstaven: de helft van de hoh-afstand		$a_b =$	26,40	mm
doorsnede staaf	$A = 0,25 \pi \Phi^2$		=	201,1	mm ²
optredende staalspanning	$\sigma_{s,bt} = F_{bt} / 0,25 \pi \Phi^2$		=	339,2	N/mm ²
staafkracht bij het begin van de bocht	$F_{bt} = F * (l_{bd} - x) / l_{bd}$		=	68,2	kN
8.1 minimale buigdiameter	$\Phi_{m,min} = F_{bt} [(1/a_b) + 1 / (2\Phi)] / f_{cd}$		=	202	mm

opmerking: