

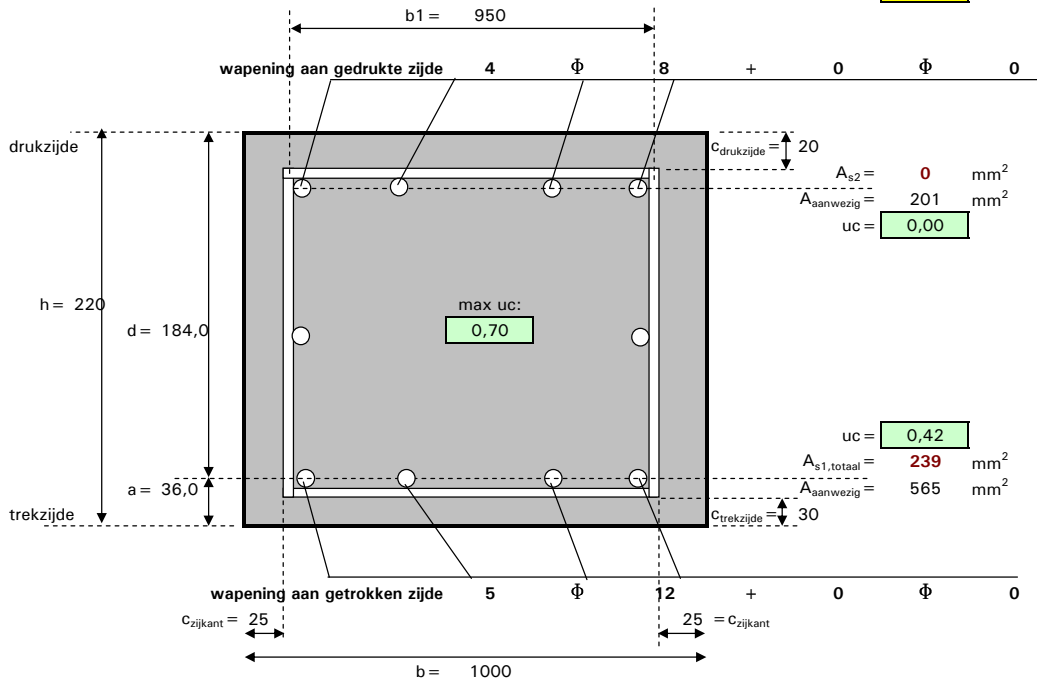
beton buigwapening in een rechthoekige betondoorsnede: 1000 x 220
berekening volgens eurocode 2 inclusief controle scheurwijdte en betondekking

algemene gegevens	werk		werk
	werknummer		werknummer
	onderdeel		onderdeel
buigend moment in de doorsnede			
rekenwaarde moment voor herverdelen	$M_{Ed,elastisch}$	=	17,4 kNm
rekenwaarde moment na herverdelen	$M_{Ed,totaal} (= M_{Ed, herverdeeld})$	=	17,4 kNm
invloedsfactor minimum wapening	belang van het constructieonderdeel		primaire
doorsnedegegevens en wapening			
kwaliteit beton	betonklasse	=	C20/25
kwaliteit staal	staalsoort	=	B 500
wapeningsklasse	A, B of C	=	B -
betonbreedte	b	=	1000 mm
betonhoogte	h	=	220 mm
betondekking gedrukte zijde	$C_{drukszijde}$ dekking op de buitenste wapening	=	20 mm
betondekking getrokken zijde	$C_{trekszijde}$	=	30 mm
betondekking zijanten	$C_{zijkant}$	=	25 mm
wapening aan getrokken zijde			
	aantal n1	=	5 stuks
	diameter d	=	12 mm
	aantal n2	=	0 stuks
	diameter d	=	0 mm
wapening aan gedrukte zijde			
	aantal n3	=	4 stuks
	diameter d	=	8 mm
	aantal n4	=	0 stuks
	diameter d	=	0 mm
flankwapening per zijde			
	aantal n5	=	1 stuks
	diameter d_5	=	8 mm
beugels (of verdeelwapening in buitenste laag) diameter d_{bg}			
		=	0 mm
scheurwijdte zonder berekening en betondekking			
verhouding momenten: M_{qp} / M_{Ed} (moment M_{qp} tgv quasie-permanente belasting)		=	0,75 -
a ontwerplevensduur		=	50 jaar
b omgevingsfactoren	milieuklasse A	=	XC1 -
c soort constructie	milieuklasse B	=	XC1 -
d dekking verhogen bij oncontroleerbaarheid van de wapening (geen eis in eurocode)	soort constructie	=	vloer
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 d1 gebundeld?	=	nee
	worden staven d2 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
gegevens invloedsfactoren met berekende scheurwijdte			
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		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		2 zijden 2b

resultaten

onderdeel

opneembaar moment					
maatgevende waarde opneembaar moment	$M_{Rd,totaal}$			=	44 kNm
buigwapening					
totale hoeveelheid trekwapening	$A_{s1,totaal} = A_{s1} + A_{s2}$			=	239 mm ²
totale hoeveelheid drukwapening	$A_{s2} = M_{Ed2} / (f_{y,d} (d-d2)) * 10^6$			=	0 mm ²
minimum wapening	ρ_{min1}			=	239 mm ²
scheurwijdte					
toelaatbare scheurwijdte	w			=	0,40 mm
scheurwijdtecontrole zonder berekening	maximum staafdiameter			=	32,9 mm
scheurwijdtecontrole zonder berekening	maximum hart op hart afstand			=	246,6 mm
optredende scheurwijdte met berekening	w_k			=	0,09 mm
betondekking					
minimum betondekking	C_{nom}	op de buitenste wapening		=	17 mm
constructieklasse (betondekking)	S			=	3
unity-checks buigwapening, scheurwijdte en dekking, herverdeling					
buigend moment	$M_{Ed,totaal} / M_{Rd,totaal}$	17,4	/	44,3	= 0,39
trekwapening	$A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek}$	239	/	565	= 0,42
drukwapening	$A_{s2} / A_{aanw,druk}$	0	/	201	= 0,00
herverdeling momenten	δ / δ_{her}	0,70	/	1,00	= 0,70
positie drukwapening	$d2 / d2,max$	24	/	3,7	= 0,00
minimum wapeningspercentage	ρ_{min} / ρ_{trek}	EC eis 0,13	/	0,31	= 0,42
minimum wapeningspercentage	ρ_{min} / ρ_{trek}	echte eis 0,15	/	0,31	= 0,48
9.2.1.1(3) maximum percentage trekwap.	ρ_{trek} / ρ_{max}	0,26	/	4,0	= 0,06
maximum percentage drukwap.	ρ_{druk} / ρ_{max}	0,09	/	4,0	= 0,02
scheurwijdte zonder berekening	diameter of hoh afstand	0,36	of	0,95	= 0,36
scheurwijdte met berekening	w_k / w	0,09	/	0,40	= 0,21
minimale betondekking	$C_{nom} / C_{trekzijde}$	17	/	30	= 0,57
moment ongescheurde doorsned	$M_{Ed,totaal} / M_r$	17,4	/	24,6	= 0,71
verlenging trekwapening	$\epsilon_s / \epsilon_{ud}$	63,2	/	45	= 1,40



betondekking

onderdeel

berekening minimum betondekking op trekwapening

tab.4.3N correctie van de constructieklasse: uitgangspunt:constructieklasse bij 50 jaar		S	4	-
a correctie tgv ontwerplevensduur			0	-
b, i correctie tgv betonsterkteklasse (afhankelijk van milieuklasse A of B)			0	-
c correctie tgv geometrie			-1	-
i correctie tgv kwaliteitsbeheersing			0	+
totale waarde constructieklasse		S	3	
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	$C_{min,dur}$	=	10	mm
tab 4.5N minimum dekking tgv milieuklasse B	$C_{min,dur}$	=	10	mm
tab 4.2 minimum dekking aanhechting	$C_{min,b} > d_n$ (maximum van $d1_{eq}$ en $d2_{eq}$)	=	12	mm
tab.4.5N minimum dekking duurzaamheid	$C_{min,dur}$	=	10	mm
e correctie tgv nabewerking	C_{extra}	=	0	+
maatgevende minimum dekking duurz.	$C_{min,dur}$	=	10	mm
4.2 minimum dekking uitvoeringstoleranties	$C_{min} = \max(C_{min,b}; C_{min,dur}; 10\text{mm})$	=	12	mm
g storten op werkvloer / maaiveld / kist	ΔC_{dev}	=	5	mm
d t.g.v. oncontroleerbaarheid	ΔC_{dev}	=	0	mm
f t.g.v. toepassing grote grindkorrels	ΔC_{dev}	=	0	mm
4.1 nominale waarde betondekking	$C_{nom} = C_{min} + \sum \Delta C_{dev}$	=	17	mm
k t.g.v. toegepaste hoofdwapening > 25mm	$C_{nom} = 1,5d_n - d_{bg}$	=	0	mm
equivalente staafdiameter	$d_n = \max(d1_{eq}; d2_{eq})$	=	12,0	mm
resulterende waarde minimale dekking	C_{nom} op de buitenste wapening	=	17	mm

wapeninggegevens

totaal aantal staven in trekzone	$\sum n_{trek} = n1 + n2$	=	5,0	st
totaal aantal staven in drukzone	$\sum n_{druk} = n3 + n4$	=	4,0	st
gewogen gemiddelde diameter trekwapening	$d_{gem,trek} = (n1 * d1 * D1 + n2 * d2 * D2) / (n1 * D1 + n2 * D2)$	=	12,0	mm
gewogen gemiddelde diameter drukwapening	$d_{gem,druk} = (n3 * d3 * D3 + n4 * d4 * D4) / (n3 * D3 + n4 * D4)$	=	8,0	mm
doorsnede per staaf 1, trekwapening	$D1 = 0,25 \pi d1^2$	=	113,1	mm ²
doorsnede per staaf 2, trekwapening	$D2 = 0,25 \pi d2^2$	=	0,0	mm ²
doorsnede per staaf 3, drukwapening	$D3 = 0,25 \pi d3^2$	=	50,3	mm ²
doorsnede per staaf 4, drukwapening	$D4 = 0,25 \pi d4^2$	=	0,0	mm ²
doorsnede per staaf 5, flankwapening	$D5 = 0,25 \pi d5^2$	=	50,3	mm ²
doorsnede per beugel enkelsnedig	$D_{bg} = 0,25 \pi d_{bg}^2$	$A_{sw} =$	0,0	mm ²
aantal snedige beugel bij dwarskracht	n_{sn}	$n_{sn} =$	2	snedig
horizontale maat in breedte van de balk	$s_{t,bg} = b1 / (n_{sn} - 1)$	=	950	mm
aanwezige beugelwapening (n-snedig)	$A_{bgls} = n_{sn} * D_{bg} * 1000 / s_{aanwezig}$	=	0	mm ² /m
horizontale beugelmaat (hartmaat)	$b1 = b - 2c_{zijkant} - d_{bg}$	=	950	mm
vertikale beugelmaat (hartmaat)	$h1 = h - c_{trekzijde} - c_{drukzijde} - d_{bg}$	=	170	mm
aanwezige trekwapening	$A_{aanw,trek}$	=	565	mm ²
aanwezige drukwapening	$A_{aanw,druk}$	=	201	mm ²
aanwezige flankwapening	$\rho_{druk} = 100 * A_{aanw,druk} / bh$ (art. 9.2.1.1(3)	=	0,09	%
zwaartepunt staven vanaf de beugel	$A_{aanw,flank}$ per zijde	=	50	mm ²
equivalente diameter wapening	$z = (n1 D1^{1/2} d1 + n2 D2^{1/2} d2) / (n1 D1 + n2 D2)$	=	6,0	mm
equivalente diameter trekwapening	$d_{equi,trek} = 2 * z$ (t.b.v. berekening van d)	=	12,0	mm
equivalente diameter drukwapening	$d_{equi,trek} = \sqrt{4(n1 D1 + n2 D2) / \pi} / (n1 + n2)$	=	12,0	mm
	$d_{equi,druk} = \sqrt{4(n3 D3 + n4 D4) / \pi} / (n3 + n4)$	=	8,0	mm

buigwapening

onderdeel

materiaalgegevens

karacteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	=	20	N/mm ²
karacteristieke kubusdruksterkte	f_{ck}	=	25	N/mm ²
gemiddelde cilinderdruksterkte	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	=	28	N/mm ²
3.15 rekenwaarde betondruksterkte	$f_{cd} = f_{ck} / 1,5$	=	13,3	N/mm ²
3.4 gemiddelde cilindertreksterkte	$f_{ctm} = 0,3f_{ck}^{(2/3)}$ als $f_{ck} < = 50$ $f_{ctm} = 2,12\ln(1 + f_{cm}/10) =$	=	2,21	N/mm ²
3.1.8(1) gemiddelde buigtreksterkte beton (3.23)	$f_{ctm,fl} = \max(1,6 - h/1000) f_{ctm} ; f_{ctm}$	=	3,05	N/mm ²
karacteristieke ondergrens treksterkte	$f_{ctk0,05} = 0,7f_{ctm}$	=	1,55	N/mm ²
3.16 rekenwaarde treksterkte	$f_{ctd} = f_{ctk0,05} / 1,5$	=	1,03	N/mm ²
elasticiteitsmodulus	$E_{cm} = 22000 * (f_{cm} / 10)^{0,3}$	=	29962	N/mm ²
3.5 elasticiteitsmodulus afgerond	E_{cm}	=	30000	N/mm ²
tabel 3.1 relatieve verkorting beton	$\epsilon_{c3} = 1,75 + 0,55 [(f_{ck} - 50) / 40]$ voor $f_{ck} > = 50$; 1,	=	1,750	‰
tabel 3.1 relatieve verkorting beton	$\epsilon_{cu3} = 2,6 + 35 [(90 - f_{ck}) / 100]^4$ als $f_{ck} > = 50$; 3,50	=	3,500	‰
elasticiteitsmodulus	$E = f_{cd} / \epsilon_{c3}$	=	7619	N/mm ²
minimum wapening	$\rho_{min1} = 0,26f_{ctm} / f_{yk} > = 0,13\%$	=	0,130	%
hoogte betondrukzone: $k_{xu,max}$ (*d)	$k_{xu,max} = (1-x) / 1,25(0,6 + 1,4/\epsilon_{cu3})$	=	0,448	-
factor in formule	x	=	0,44	-
maximum wapeningspercentage	$\rho_{max} = \alpha x_{u,max} f_{cd} / f_{yd}$	=	1,030	%
factor oppervlak betondrukzone	$\alpha = \{ \epsilon_{cu3} - (\epsilon_{c3} / 2) \} / \epsilon_{cu3}$	=	0,750	-
factor zwaartepunt betondrukzone	$\beta = \{ \epsilon_{cu3}^2 - (\epsilon_{c3} * \epsilon_{cu3}) + \epsilon_{c3}^2 / 3 \} / \{ 2 \epsilon_{cu3}^2 - \epsilon_{c3} \epsilon_{cu3} \}$	=	0,39	-
staaltrekspanning	f_{yk}	=	500	N/mm ²
rekenwaarde staaltrekspanning	f_{yd}	=	435	N/mm ²
elasticiteitsmodulus wapeningstaal	E_s	=	200000	N/mm ²

berekening buigwapening (met trekwapening zonder drukwapening)

nuttige hoogte	$d = h - c - d_{eq,0,5d_{equi,trek}}$	=	184,0	mm
maximale hoogte betondrukzone	$x_{u,max} = k_{xu,max} * d$	=	82,4	mm
hoogte betondrukzone	$x_u = [d - \sqrt{d^2 - 4\beta M_{Ed} / (\alpha b f_{cd})}] / 2\beta$	=	9,7	mm
maatgevende waarde betondrukzone	$x_u =$	=	9,7	mm
grootte betondrukkracht	$N_c = \alpha x_u f_{cd} b 10^{-3}$	=	96,5	kN
grootte staaltrekkracht	$N_s = A_s f_{yd} 10^{-3}$	=	96,5	kN
relatieve verlenging betonstaal	$\epsilon_s = (d - x_u) * \epsilon_{cu3} / x_u$	=	63,2	‰
verlenging volgens art. 3,2,7(2)	ϵ_{uk}	=	50	‰
maximaal toelaatbare verlenging	$\epsilon_{ud} = 0,9\epsilon_{uk}$	=	45	‰
momentarm	$z = d - \beta x_u$	=	180,2	mm
momentarm	$z = z / d * d$	=	0,98	* d
benodigde hoeveelheid wapening	$A_{s1} = \alpha b x_u f_{cd} / f_{yd}$	=	222	mm ²
opneembaar moment (zonder drukwap.)	$M_{Rd} = A_{aanw,trek} f_{yd} z 10^{-6}$	=	44,3	kNm
opneembaar moment (globale schatting.)	$M_{Rd} = A_{aanw,trek} f_{yd} 0,9 d 10^{-6}$ $z = 0,9$ * d	=	40,7	kNm
benodigd wapeningspercentage	$\rho = A_{s1} / bd * 100$	=	0,13	%
wapeningspercentage trekwapening	$\rho_{trek} = 100 * A_{aanw,trek} / bd$	=	0,31	%
wapeningspercentage trekwapening	$\rho_{trek} = 100 * A_{aanw,trek} / bh$ (art. 9.2.1.1 (3)	=	0,26	%
minimum wapening	$A_{min,1} = \rho_{min} b d / 100$	=	239,2	mm ²
minimum wapening	$A_{min,2} = x * A_{s1}$	=	278	mm ²
factor	x afhankelijk van primaire of secundaire constructie	=	1,25	-
minimum wapening	$A_{min} =$	=	239	mm ²
maximum wapening	$A_{max} = \rho_{max} b d / 100$	=	1896	mm ²
"traditionele" berekening A_s	$a = \beta f_{yd} d^2 / (b f_{cd} \alpha)$	=	7,4	-
(oplossen vierkantsvergelijking)	$b = - f_{yd} * d$	=	-80000	-
	$c = + M_{Ed}$	=	17	10 ⁶ Nmm
benodigde hoeveelheid wapening	$A_s = \{ -b - \sqrt{(b^2 - 4ac)} \} / 2a$	=	222,0	mm ²

berekening buigwapening (met trek- en drukwapening)

specifieke verkorting drukwapening	$\epsilon_{s,druk} > = f_{yd} / E_s * 1000$	=	2,17	‰
hart drukwapening tot uiterste vezel	eis: $d2 < x_u - \epsilon_{s,druk} * x_u / \epsilon_{cu3}$	=	3,7	mm
hart drukwapening tot uiterste vezel	$d2 = c_{drukzijde} + d_{bgl} + 0,5d_{gem,druk}$	=	24	mm
opneembaar moment tot $x_{u,max}$	$M_{Rd1} = \rho_{max} b d * f_{yd} * z * 10^{-6}$	=	148,6	kNm
uitwendig moment zonder drukwapening	$M_{Ed1} = M_{Rd1}$	=	148,6	kNm
op te nemen moment met drukwapening	$M_{Ed2} = M_{Ed,totaal} - M_{Rd1}$	=	0,0	kNm
opneembaar moment met drukwapening	$M_{Rd2} = A_{aanw,druk} f_{yd} (d-d2) * 10^{-6}$	=	14,0	kNm
totaal opneembaar moment incl. drukwap	$M_{Rd,totaal} = M_{Rd1} + M_{Rd2}$	=	162,6	kNm
benodigde hoeveelheid drukwapening	$A_{s2} = M_{Ed2} / \{ f_{yd} (d - d2) \} * 10^6$	=	0	mm ²
benodigde hoeveelheid trekwapening	A_{s1} (zonder aandeel drukwapening)	=	239	mm ²
totaal benodigde trekwapening	$A_{s1,totaal} = A_{s1} + A_{s2}$	=	239	mm ²
maatgevende waarde opneembaar moment	$M_{Rd,totaal}$	=	44,3	kNm

onderdeel

berekening moment en wapening bij maximaal toegestane verlenging betonstaal

minimale hoogte betondrukzone	$x_{min} = \varepsilon_{cu3} * d / (\varepsilon_{ud} + \varepsilon_{cu3})$	=	13,3	mm
bijbehorende drukkracht in de beton	$N_{cd} = \alpha * b * x_{min} * f_{cd} * 10^{-3}$	=	132,8	kN
inwendige hefboomsarm	$z = d - \beta * x_{min}$	=	178,8	mm
opneembaar moment	$M_{fd,d} = N_{cd} * z * 10^6$	=	23,75	kNm
bijbehorende wapening	$A_s = N_{cd} * 10^3 / f_{y,d}$	=	305	mm ²
3.1.8(1) gemiddelde buigtreksterkte beton (3.23)	$f_{ctm,fl} = \max (1,6 - h/1000) f_{ctm} ; f_{ctm}$	=	3,05	N/mm ²
scheurmoment in ongewapende doorsnede	$M_r = W_c * f_{ctm,fl} * 10^{-3}$	=	24,6	kNm
weerstandsmoment ongescheurde doorsnede	$W_c = 1/6 * b * h^2 * 10^{-3}$	=	8067	cm ³
hierbij behorende (minimum) wapening	$A_{min} = M_r * 10^6 / z * f_{yk}$	=	273	mm ²
minimum wapeningspercentage	$\rho_{min} = 100 * A_{min} / bd$	=	0,148	%

lineaire berekening met beperkte herverdeling art 5.5 herverdelen

verhouding tussen momenten	$\delta_{her} = M_{Ed,herverdeeld} / M_{Ed,elastisch}$	=	1,000	-
5.5(4) maximaal toelaatbare verhouding	$\delta =$ afhankelijk van de kubusdruksterkte f_{ck}	=	0,506	-
minimum afhankelijk van staalklasse	klasse A: $> k_6$, klasse B en C: $> = k_5$	=	0,700	-
maatgevende waarde	δ	=	0,700	-
5.10.a maximale herverdeling $f_{ck} \leq 50$ Mpa	$\delta > = k_1 + k_2 * x_u / d$	=	0,506	-
5.10.b maximale herverdeling $f_{ck} > 50$ Mpa	$\delta > = k_3 + k_4 * x_u / d$	=	0,606	-
factoren	k_1	=	0,44	-
	$k_2 = 1,25 (0,6 + 0,0014 / \varepsilon_{cu2})$	=	1,25	-
	k_3	=	0,54	-
	$k_4 = 1,25 (0,6 + 0,0014 / \varepsilon_{cu2})$	=	1,25	-
minimale waarde voor wapeningklasse B en C	k_5	=	0,7	-
minimale waarde voor wapeningklasse A	k_6	=	0,8	-
	e_{cu2}	=	3,50	‰
hoogte betondrukzone na herverdelen	x_u	=	9,7	mm
nuttige hoogte	d	=	184,0	mm

scheurwijdte

onderdeel

controle scheurwijdte zonder directe berekening art.7.3.3

optredende staalspanning	$\sigma_s = M_{qp} / M_{Ed} * A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} * f_{yd}$	=	138	N/mm ²
equivalente diameter staven d1	$d1_{eq} = d1 \sqrt{n_{b,1}}$	=	12,0	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	$d_{eq} = (n_{b1} * d1_{eq}^2 + n_{b2} * d2_{eq}^2) / (n_{b1} * d1_{eq} + n_{b2} * d2_{eq})$	=	12,0	mm
werkelijke hart op hart afstand	$s = (b - 2c_{zij} - 2d_{bg} - d_{trek}) / (n - 1)$	=	235	mm
gemiddelde h.o.h.- afstand staven	$s_{gem} = b / \sum n_{trek}$	=	200	mm
toelaatbare scheurwijdte	w milieuklasse A	=	0,40	mm
toelaatbare scheurwijdte	w milieuklasse B	=	0,40	mm
toelaatbare scheurwijdte	w maatgevende waarde	=	0,40	mm
toelaatbare staafdiameter	d_{max} zonder de invloed van k_x	=	40	mm
toelaatbare hart op hart-afstand	s zonder de invloed van k_x	=	300	mm
toegepaste dekking beschouwde staaf	$C_{applied} = C_{trekzijde}$	=	30	mm
minimale betondekking	$C_{nom} = C_{min} + \sum \Delta C_{dev}$ (incl. correcties)	=	17	mm
vergrotingsfactor	$k_x = C_{applied} / C_{nom} \leq 2,0$	=	1,76	-
toelaatbare staafdiameter	d_{max} met de invloed van factor en k_x	=	32,9	mm
toelaatbare hart op hart-afstand	s met de invloed van factor en k_x	=	247	mm
(7.6N) correctiefactor buiging (diameter en hoh)	factor = $f_{ct,eff} * k_c * h_{cr} / \{ 2,9 * 2 * (h-d) \}$	=	0,47	-
(7.7N) correctiefactor trek (diameter en hoh)	factor = $f_{ct,eff} * h_{cr} / \{ 2,9 * 8 * (h-d) \}$	=	0,29	-
gemiddelde axiale treksterkte	$f_{ct,eff} = f_{ctm}$ tabel 3.1	=	2,21	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	=	110	mm
afstand hart wapening tot buitenkant beton	(h-d)	=	36	mm
maatgevende correctiefactor	voor toelaatbare diameter en hoh-afstand	=	0,47	-

controle scheurwijdte met berekening art. 7,3,4

7.8 berekende scheurwijdte	$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$	=	0,09	mm
7.9	$s_{r,max}$	=	207,7	mm
minimale waarde	$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \{ \sigma_s \cdot k_t \cdot f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff}) \} / E_s$	=	0,00016	-
maatgevende waarde	$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) > = 0,6 \sigma_s / E_s$	=	0,00041	-
gemiddelde waarde treksterkte op tijd t	$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$	=	0,00041	-
gemiddelde waarde treksterkte	$\sigma_s = M_{qp} / M_{Ed} \cdot A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} \cdot f_{yd}$	=	138	N/mm ²
7.10	$f_{ct,eff}$ tijd t nog eens programmeren	=	2,21	N/mm ²
doorsnede trekwapening	$f_{ct,eff}$ op tijdstip van eerste scheuren	=	2,21	N/mm ²
7.3.2(3) doorsnede voorspanelementen	$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi^2_1 A'_p) / A_{c,ef}$	=	0,011	-
meewerkend oppervlak	$A_s = A_{aanw,trek}$	=	565	mm ²
	A'_p	=	0	mm ²
	$A_{c,eff}$ minimum waarde onderstaande formules	=	53265	mm ²
	$A_{c,eff} = b \cdot 2,5 (h-d)$	=	90000	mm ²
	$A_{c,eff} = b \cdot (h-x) / 3$	=	53265	mm ²
	$A_{c,eff} = b \cdot h/2$	=	110000	mm ²
7,5	ξ_1	=	0	-
factor	k_t	=	0,4	-
	E_s	=	200000	N/mm ²
7.11	$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 d_{eq} / \rho_{p,eff}$	=	294,2	mm
dekking op de beschouwde staaf	c	=	30	mm
7.12	$d_{eq} = (n_{b1} \cdot d_1^2 + n_{b2} \cdot d_2^2) / (n_{b1} \cdot d_1 + n_{b2} \cdot d_2)$	=	12,0	mm
	$k_1 =$	=	0,8	-
	$k_2 =$	=	0,5	-
7.13 tussenliggende waarden	$k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1$	=	n.t.b.	-
	$k_3 =$	=	3,4	-
	$k_4 =$	=	0,425	-
7.14 bovengrens	$s_{r,max} = 1,3 (h-x)$	=	208	mm
hoogte betondrukzone	$x =$	=	60	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	$A_c = b \cdot h$	=	220000	mm ²
omtrek dat bloot staat aan uitdroging	$u =$ 2 zijden 2b	=	2000	mm
fictieve dikte	$h_0 =$ 2 A_c / u	=	220,0	mm
3.1.4 kruipfactor a.d.h.v. grafiek 3.1 (2)	φ bepaald volgens art. 3.1.4	=	2,88	-
7.20 gereduceerde elasticiteitsmodulus	$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi)$	=	7725	N/mm ²
effectieve verhouding elasticiteitsmodulus	$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$	=	25,9	-
hoogte betondrukzone x in BGT	$x = [- \alpha_e \rho + \sqrt{ \{ (\alpha_e \rho)^2 + 2 \alpha_e \rho \} }] d$	=	60,2	mm
7.3.2(2) minimum wapening vereist	$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s$ 7.1	=	224	mm ²
coëfficiënt	$k =$ factor voor lijven en flenzen	=	1,0	-
oppervlakte beton binnen trekzone	$A_{ct} = 0,5 bh$ (vlak voor het scheuren)	=	110000	mm ²
maximaal toelaatbare spanning in staal	$\sigma_s = f_{yd}$ tbv berekening minimum wapening	=	435	N/mm ²

opmerking: