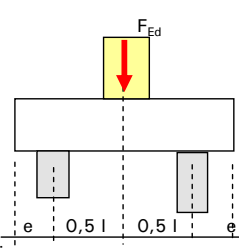


door een puntlast belaste gedrongen tweepaals poer : b x h eurocodeberekening volgens buigtheorie

500 mm x700 mm
1500 kN

algemene gegevens	werk	werk
	werknummer	werknummer
	onderdeel	onderdeel
	de poer mag worden beschouwd als gedrongen	
rekenwaarde van de kolombelasting	F_{Ed}	= 1500 kN
	splitsing puntlast F_{Ed} in twee halve puntlasten?	ja -
materiaalgegevens en poerafmetingen		
kwaliteit beton	betonklasse	= C20/25
kwaliteit staal	staalsoort	= B 500
wapeningsklasse	A, B of C	= B -
poerbreedte	b	b = 500 mm
poerhoogte	h	h = 700 mm
h.o.h. afstand palen (ondersteuning)	l	l = 1200 mm
afstand hart ondersteuning tot eind poer	e	e = 400 mm
vorm van de kolom	rond of rechthoekig	rechthoekig
afmeting kolom in richting poerlengte	L_{kolom}	= 500 mm
afmeting kolom loodrecht op poerlengte	B_{kolom}	= 500 mm
vorm van de ondersteuning	rond of rechthoekig	rechthoekig
afm. ondersteuning in richting poer	L_{paal}	= 450 mm
afm. ondersteuning loodrecht poerlengte	B_{paal}	= 450 mm
bij de berekening van de toelaatbare schuifkracht V_{Ed} wordt gerekend met de breedtemaat van de		poer
wapeninggegevens		
betondekking gedrukte zijde	$c_{drukszijde}$ dekking op de buitenste wapening	= 35 mm
betondekking getrokken zijde	$c_{trekszijde}$ dekking op de buitenste wapening	= 35 mm
betondekking zijanten / uiteind	$c_{zijkant} = c_{uiteind}$	= 35 mm
wapening aan getrokken zijde	aantal n1	= 3 stuks
	diameter d_1	= 20 mm
	aantal n2	= 2 stuks
	diameter d_2	= 25 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 ($\alpha 1$)	staafbeeindiging van de trekstaven	= haak
doordiameter omgebogen trekstaven	factor voor ombuiging	= 12 * $d_{max1,2}$
wapening aan gedrukte zijde	aantal n3	= 5 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	$n_{sn} =$ 3 snedig
gekozen h.o.h afstand basisbeugels	$S_{l,bg}$	= 100 mm





invloedsfactoren voor scheurwijdte en betondekking

verhouding momenten:	M_{qp} / M_{Ed}	=	0,75	-
a ontwerplevensduur		=	50	jaar
b omgevingsfactoren	milieuklasse A	=	XC2	-
b	milieuklasse B	=	XC2	-
c soort constructie	soort constructie	=	balk	-
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 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 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 $2b + 2h$	-

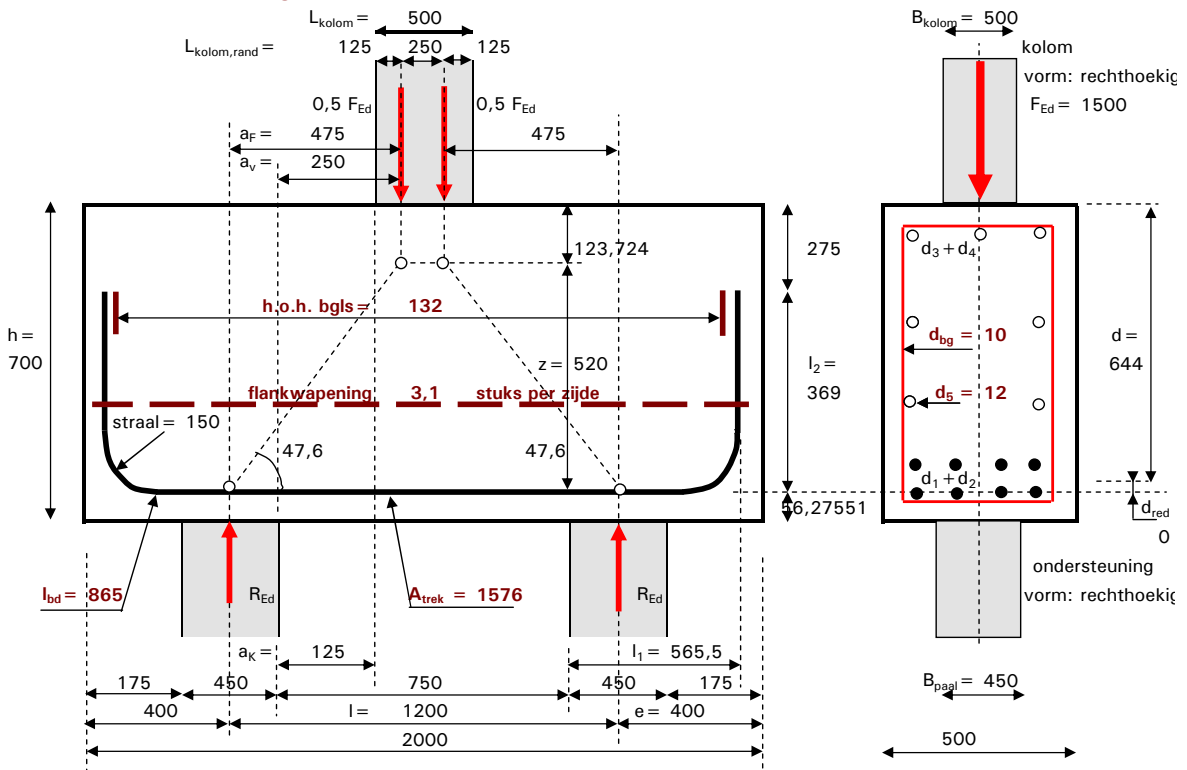
unity-checks

er wordt gerekend met alle trekwapening in één laag

trekband	$A_{s,trek} / A_{aanw,trek}$	1576	/	1924	=	0,82	-
scheurwijdte zonder berekening	diameter of hoh	1,81	of	0,61	=	0,61	-
scheurwijdte met berekening	w_k / w	0,19	/	0,3	=	0,63	-
betondekking	$c_{nom} / c_{trekzijde}$	35	/	35	=	1,00	-
minimum doordiameter	$\Phi_{m,min} / D_{doorn}$	285	/	300	=	0,95	-
betondrukdiagonaal	$V_{Ed} / V_{Ed,max}$	750	/	1184	=	0,63	-
schuifwapening	$S_{l,bg} / S_w$	100	/	132	=	0,76	-
schuifwapening minimum	$A_{s,bgls,min} / A_{s,bg}$	358	/	785	=	0,46	-
flankwapening horizontaal	$n_{s,ben} / n_s$	3,1	/	3	=	1,03	-
flankwapening vertikaal	$A_{s,db,min} / A_{s,bg}$	500	/	785	=	0,64	-

onderdeel

schematische weergave tweepaals poer



samenvatting resultaten

krachtsverdeling

reactie oplegging
 moment in het midden

er wordt gerekend met twee puntlasten

$R_1 = R_2 = R_{Ed} = 0,5 F_{Ed} = 0,5 \cdot 1500 = 750 \text{ kN}$
 $M_{Ed} = R_{Ed} \cdot a = 750 \cdot 0,475 = 356,25 \text{ kNm}$

trekband

grootte van de trekbandwapening
 inwendige hefboomsarm

$A_{trek} = M_{Ed} / z \cdot f_{yd} = 1576 \text{ mm}^2$
 $z = 0,2 l + 0,4 h, < 0,8 h \text{ en } < 0,6 l = 520 \text{ mm}$

scheurwijdte

scheurwijdtecontrole zonder berekening
 scheurwijdtecontrole zonder berekening
 toelaatbare scheurwijdte
 optredende scheurwijdte met berekening

maximum staafdiameter = 12,6 mm
 maximum hart op hart afstand = 158 mm
 (zonder verhoging met k_x) = 0,30 mm
 $w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,19 \text{ mm}$

betondekking

minimum betondekking

c_{nom} op de buitenste wapening = 35 mm

verankering lengte

8.4 rekenwaarde verankering lengte trekwap.
 8.1 minimale buig diameter (doordiameter)

$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} > l_{b,min} = 865 \text{ mm}$
 $\Phi_{m,min} = F_{bt} [(1/a_b) + 1 / (2\Phi)] / f_{cd} = 285 \text{ mm}$

betondrukdiaagonaal en schuifwapening

6.5 toelaatbare schuifkracht in gedrongen ligger
 6.2.2(6) rekenwaarde dwarskracht
 6.2.3(8) benodigde dwarskrachtwapening per mm'
 benodigde beugelafstand

$V_{Ed} \leq 0,5 b_w d v f_{ct}$ met $b_w = 500$
 $V_{Ed} = \beta \cdot 0,5 F_{Ed}$ met $\beta = 0,25$
 $A_{sw1} = A_{sw} / (0,75 a_v)$
 $s_w = n_{sn} D_{bg} / A_{sw1}$

$V_{Ed} \leq 1184,5 \text{ kN}$
 $= 187,5 \text{ kN}$
 $= 1,79 \text{ mm}^2 / \text{mm}'$
 $= 132 \text{ mm}$

flankwapening (horizontaal en vertikaal)

9.7 flankwapening bij gedrongen constructies
 benodigd aantal staven horizontaal

$A_{s,db,min} = 0,1\% b h$ met $h = 1000 \text{ mm}$
 $n_{5,ben} = A_{s,db,min} \cdot h / D_5$

$= 500 \text{ mm}^2 / \text{m}$
 $= 3,1 \text{ stuks/zijde}$



berekening poer als "gedrongen balk" volgens de buigtheorie

			onderdeel
totale poerlengte	$L = l + 2e$		= 2000 mm
nuttige hoogte	$d = h - c_{trekzijde} - d_{bg} - 0,5 * d_{gem} - d_{red}$		= 643,724 mm
5.3.1(3) verhoudingsgetal paalafstand en hoogte	l / h (als waarde $\leq 3,0$ dan is poer gedrongen)		= 1,71429 -
inwendige hefboomsarm	$z = 0,2 l + 0,4 h$, $\leq 0,8 h$ en $\leq 0,6 l$		= 520 mm
horizontale maat tussen puntlast en reactie	$a_F = 0,5 l - (0,5 - x) * L_{kolom}$		= 475 mm
tangens hoek drukdiagonaal/trekband	$\tan \alpha = z / a$		= 1,09 -
de helling van de drukdiagonaal	α		= 47,6 graden
rekenwaarde staaltrekspanning	$f_{yd} = f_{ywd}$ (trekwapening en beugels)		= 435 N/mm ²
buigtrekwapening			
grootte van de trekbandwapening	$A_{s,trek} = M_{Ed} / z f_{yd}$		= 1576 mm ²
verankeringslengte			
$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,rqd}$	1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 865		= 865 mm
8.4 rekenwaarde verankeringslengte trekwapening	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$		= 865 mm
staalspanning bij begin van verankeringslengte	$\sigma_{sd} = f_{yd} * A_{s,trek} / A_{aanw,trek}$		= 356 N/mm ²
staalspanning bij begin van de bocht	$\sigma_{sd1} = (l_{bd} - l_{hor}) / l_{bd} * \sigma_{sd}$		= 190 N/mm ²
6.5.4(7) beschikbare ruimte horizontale verankeringslengte	$l_1 = e + 0,5 L_{paal} - c - d_{s,flank} - 0,5 d_{max}$		= 565,5 mm
doordiameter omgebogen staven	$D_{doorn} = factor * d_{max1,2}$		= 300 mm
beschikbare lengte tot de bocht	$l_{hor} = l_1 - 0,5 D_{doorn} - 0,5 \Phi$		= 403 mm
lengte van de verankeringslengte in de bocht	$l_{bocht} = 0,25 \pi (D_{doorn} + \Phi)$		= 255 mm
restant verankeringslengte in verticale deel	$l_{vert} = l_{bd} - l_{hor} - l_{bocht}$		= 207 mm
benodigde ruimte verticale verankeringslengte	$l_2 = 0,5 D_{doorn} + l_{vert} + 0,5 \Phi$		= 369 mm
8.1 minimale buig diameter	$\Phi_{m,min} = F_{bt} [(1/a_b) + 1 / (2\Phi)] / f_{cd}$		= 285 mm
betondrukdiagonaal			
6.2.2 (6) toelaatbare schuifkracht in gedrongen ligger	$V_{Ed} \leq 0,5 b_w d v f_{cd}$ formule 6.5		= 1184 kN
minimumbreedte	$b_w =$ minimumbreedte poer, kolom of paal		= 500 mm
sterktereductiefactor	$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250)$		= 0,55 -
schuifwapening			
6.2.b ondergrens schuifsterkte	of $V_{Rd,c} = V_{min} = 0,035 k^{3/2} \sqrt{f_{ck}} + k_1 \sigma_{cp}$		= 0,30 N/mm ²
6.2.a rekenwaarde schuifsterkte	of $V_{Rd,c} = C_{Rd,c} * k * (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}$		= 0,43 N/mm ²
maatgevende waarde schuifsterkte	$V_{Rd,c}$		= 0,43 N/mm ²
horizontale maat zijkant paal tot zijkant kolom	$a_v = a_F - 0,5 L_{paal} = 475 - 225$		= 250 mm
horizontale maat zijkant paal tot zijkant kolom	$a_K = 0,5 (l - L_{kolom} - L_{paal})$		= 125 mm
minimale waarde ivm opname dwarskracht	minimum waarde van a_v en $0,5 d$		= 321,862 mm
reductiefactor	$\beta = a_v / 2d$ en $\beta \geq 0,25$		= 0,25 -
rekenwaarde dwarskracht	$V_{Ed} = \beta * 0,5 F_{Ed} = 0,25 * 750$		= 187,5 kN
toelaatbare dwarskracht zonder wapening	$V_{Rd,c} = V_{Rd,c} b d$		= 137,5 kN
6.19 benodigde dwarskrachtwapening totaal	$A_{sw} = V_{Ed} / f_{yw,d}$ in $0,75 a_v$		= 431,25 mm ²
6.2.3(8) benodigde dwarskrachtwapening per mm'	$A_{sw1} = A_{sw} / (0,75 a_v)$ met $a_v \geq 0,5d$		= 1,79 mm ² / mm'
benodigde beugelafstand	$s_w = n_{sn} D_{bg} / A_{sw1}$		= 132 mm
minimum dwarskrachtwapening	$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk}$		= 0,07 %
minimum dwarskrachtwapening	$A_{bgl,min} = \rho_{w,min} * b * 1000 / 100$ per m'		= 357,8 mm ² /m'



controle scheurwijdte

optredende staalspanning	$\sigma_s = M_{qp} / M_{Ed} * A_{s,trek} / A_{aanw,trek} * f_{yd}$	= 267 N/mm ²
toelaatbare scheurwijdte	w maatgevende waarde	= 0,30 mm
toelaatbare staafdiameter	d _{max} met de invloed van k _x	= 12,6 mm
toelaatbare hart op hart-afstand	s met de invloed van k _x	= 157,6 mm
maximale staafdiameter	d _{max}	= 25 mm
werkelijke hart op hart afstand	$s = (b - 2c_{zij} - 2d_{bg} - d_{trek}) / (n - n_s - 1)$	$s = 2 a_b = 97$ mm

flankwapening (horizontaal en verticaal)

dwarskrachtslankheid	$\lambda_v = M_{Ed,max} / (h V_{Ed,max})$	= 0,67857 -
als $\lambda_v > 0,4$	$a_{sw} = A_{sw} / 2 z$	= 0,41 mm ² /m
als $\lambda_v < 0,4$	$a_{sw} = 2 * A_{sw} / 2 z$	= 0,83 mm ² /m
maatgevende waarde	a _{sw}	= 0,41 mm ² /m
minimale hoh afstand over de hoogte z	$s_w = D_5 / a_{sw}$	= 273 mm
9.7(1) flankwapening bij gedrongen constructies	$A_{s,db,min} = 0,1\% b h$ met h = 1000mm orthogon.	= 500 mm ² /m
totale hoeveelheid flankwapening	$A_{s,db,min} * h$ (h in meters)	= 350 mm ²
benodigd aantal staven	$n_5 = A_{s,db,min} * h / D_5$	= 3,1 stuks
gemiddelde hart op hartmaat flankwapening	h.o.h. = h / n ₅ horizontaal	= 226 mm
aanwezige beugelwapening	$A_{s,bg} = D_{bg} * 1000 / s_i$ verticaal enkelsnedig	= 785 mm ² /m

betondekking

onderdeel

berekening minimum betondekking op trekwapening

tab.4.3N 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)			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})	=	25	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	$C_{min} = \max(C_{min,b}; C_{min,dur}; 10mm)$	=	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 > 25mm	$C_{nom} = 1,5d_n - d_{bg}$ geen eis in eurocode!	=	0	mm
equivalente staafdiameter	$d_n = \max(d_{1eq}; d_{2eq})$	=	25,0	mm
resulterende waarde minimale dekking	C_{nom} op de buitenste wapening	=	35	mm

wapeninggegevens

totaal aantal staven in trekzone	$\Sigma n_{trek} = n1 + n2$	= 5,0	st
totaal aantal staven in drukzone	$\Sigma n_{druk} = n3 + n4$	= 5,0	st
gewogen gemiddelde diameter trekwapening	$d_{gem,trek} = (n1 * d_1 * D_1 + n2 * d_2 * D_2) / (n1 * D_1 + n2 * D_2)$	= 22,6	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	$D_2 = 0,25 \pi d_2^2$	= 490,9	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}	$n_{sn} =$	3 snedig
horizontale maat in breedte van de balk	$s_{t,bg} = b1 / (n_{sn} - 1)$	=	210 mm
aanwezige beugelwapening (n-snedig)	$A_{bgls} = n_{sn} * D_{bg} * 1000 / s_{aanwezig}$	=	2356 mm ² /m'
horizontale beugelmaat (hartmaat)	$b1 = b - 2c_{zijkant} * d_{bg}$	=	420 mm
vertikale beugelmaat (hartmaat)	$h1 = h - c_{trekzijde} - c_{drukzijde} - d_{bg}$	=	620 mm
aanwezige trekwapening	$A_{aanw,trek}$	=	1924 mm ²
aanwezige drukwapening	$A_{aanw,druk}$	=	565 mm ²
aanwezige drukwapening	$\rho_{druk} = 100 * A_{aanw,druk} / bh$ (art. 9.2.1.1(3))	=	0,16 %
aanwezige flankwapening	$A_{aanw,flank}$ per zijde	=	339 mm ²
zwaartepunt staven vanaf de beugel	$z = (n1 D_1 + n2 D_2) / (n1 D_1 + n2 D_2)$	=	11,3 mm
equivalente diameter wapening	$d_{equi,trek} = 2 * z$ (t.b.v. berekening van d)	=	22,6 mm

scheurwijdte gedrongen poer

onderdeel

controle scheurwijdte zonder directe berekening art.7.3.3

optredende staalspanning	$\sigma_s = M_{op} / M_{Ed} * A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} * f_{yd}$	= 267	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	$d2_{eq} = d2 \sqrt{n_{b,2}}$	= 25,0	mm
aantal staven in een bundel	$n_{b,2}$	= 1	st
equivalente staafdiameter	$d_{eq} = (n_{b1} * d1_{eq}^2 + n_{b2} * d2_{eq}^2) / (n_{b1} * d1_{eq} + n_{b2} * d2_{eq})$	= 22,8	mm
werkelijke hart op hart afstand	$s = (b - 2c_{zij} - 2d_{bg} - d_{trek}) / (n - n_s - 1)$	= 97	mm
gemiddelde h.o.h.- afstand staven	$s_{gem} = b / (\Sigma n_{trek} - n_s)$	= 100	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	= 13,3	mm
toelaatbare hart op hart-afstand	s zonder de invloed van k_x	= 166,3	mm
toegepaste dekking beschouwde staaf	$c_{applied} = c_{trekzijde}$ (buitenste wapening)	= 35	mm
minimale betondekking	$c_{nom} = c_{min} + \Sigma \Delta c_{dev}$ (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	= 12,6	mm
toelaatbare hart op hart-afstand	s met de invloed van factor en k_x	= 158	mm
(7.6N) correctiefactor buiging (diameter en hoh)	factor = $f_{ct,eff} * k_c h_{cr} / \{ 2,9 * 2 * (h-d) \}$	= 0,95	-
(7.7N) correctiefactor trek (diameter en hoh)	factor = $f_{ct,eff} * k_c h_{cr} / \{ 2,9 * 8 * (h-d) \}$	= 0,59	-
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 doorsnede	= 350	mm
afstand hart wapening tot buitenkant beton	(h-d)	= 56	mm
maatgevende correctiefactor	voor toelaatbare diameter en hoh-afstand	= 0,95	-

controle scheurwijdte met berekening art. 7.3.4

7.8 berekende scheurwijdte	$W_k = S_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$	=	0,19	mm	
	$S_{r,max}$	=	153,3	mm	
7.9	$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \{ \sigma_s \cdot k_t \cdot f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff}) \} / E_s$	=	0,00124	-	
minimale waarde	$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) >= 0,6 \sigma_s / E_s$	=	0,0008	-	
maatgevende waarde	$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$	=	0,00124	-	
	$\sigma_s = M_{qp} / M_{Ed} \cdot A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} \cdot f_{yd}$	=	267	N/mm ²	
gemiddelde waarde treksterkte	$f_{ct,eff}$ op tijdstip van eerste scheuren	=	2,21	N/mm ²	
7.10	$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,ef}$	=	13,677	-	
doorsnede trekwapening	$A_s = A_{aanw,trek}$	=	1924	mm ²	
7.3.2(3) doorsnede voorspanelementen	A'_p	=	0	mm ²	
	$A_{c,eff}$ minimum waarde onderstaande formules	=	141	mm ²	
	$A_{c,eff} = 2,5 (h-d)$	=	141	mm ²	
	$A_{c,eff} = (h-x) / 3$	=	149	mm ²	
	$A_{c,eff} = h/2$	=	350	mm ²	
7,5	ξ_1	=	0	-	
factor	k_t	=	0,4	-	
	E_s	=	200000	N/mm ²	
7.11	$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 d_{eq} / \rho_{p,eff}$	=	153,3	mm	
dekking op de beschouwde staaf	c	=	45	mm	
7.12	$d_{eq} = (n_{b1} \cdot d_{1eq}^2 + n_{b2} \cdot d_{2eq}^2) / (n_{b1} \cdot d_{1eq} + n_{b2} \cdot d_{2eq})$	=	22,8	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	$S_{r,max} = 1,3 (h-x)$	=	581	mm	
hoogte betondrukzone	x	=	253	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 f in de bruikbaarheidsgrenstoestand					
oppervlakte van de betondoorsnede	$A_c = b \cdot h$	=	350000	mm ²	
omtrek dat bloot staat aan uitdroging	$u = 4 \text{ zijden } 2b+2h$	=	2400	mm	
fictieve dikte	$h_0 = 2 A_c / u$	=	291,7	mm	
3.1.4 kruipfactor a.d.h.v. grafiek 3.1 (2)	φ bepaald volgens art. 3.1.4	=	2,20	-	
7.20 gereduceerde elasticiteitsmodulus	$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi)$	=	9372	N/mm ²	
effectieve verhouding elasticiteitsmodulus	$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$	=	21,3	-	
hoogte betondrukzone x in BGT	$x = [- \alpha_e \rho + \sqrt{ \{ (\alpha_e \rho)^2 + 2 \alpha_e \rho \} }] d$	=	253,3	mm	
7.3.2(2) minimum wapening vereist	$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s$	7.1	=	356	mm ²
coëfficiënt	k =factor voor lijven en flenzen	=	1,0	-	
oppervlakte beton binnen trekzone	$A_{ct} = 0,5 bh$ (vlak voor het scheuren)	=	175000	mm ²	
maximaal toelaatbare spanning in staal	$\sigma_s = f_{yd}$ tbv berekening minimum wapening	=	434,783	N/mm ²	

verankerings- en overlappingslengte gedrongen poer

onderdeel

verankeringslengte trekwapening art. 8.4

karakteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	=	20	N/mm ²
karakteristieke kubusdruksterkte	f_{ck}	=	25	N/mm ²
3.4 gemiddelde cilindertreksterkte	$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)}$	=	2,21	N/mm ²
karakteristieke ondergrens treksterkte	$f_{ctk0,05} = 0,7 f_{ctm}$	=	1,55	N/mm ²
3.16 rekenwaarde treksterkte	$f_{ctd} = f_{ctk0,05} / 1,5$	=	1,03	N/mm ²
staaltrekspanning	f_{yk}	=	500	N/mm ²
rekenwaarde staaltrekspanning	f_{yd}	=	435	N/mm ²



gemiddelde diameter trekwapening	d_{gem}	=	22,6	mm
verhouding benodigde/aanwezige wapening	$A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek}$	=	0,82	-
staalspanning in trekwapening	$\sigma_{sd} = A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} * f_{yd}$	=	356	N/mm ²
aantal staven in bundel (max 2)	n	=	1	st
8.3 basisverankeringslengte trekwapening	$l_{b,reqd} = 0,25 * d_{gem,trek} * \sqrt{n} * \sigma_{sd} / f_{bd}$	=	865	mm
	$l_{b,reqd}$	=	38	* d_{gem}
8.2	$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd}$	=	2,32	N/mm ²
	η_1 bovenstaaf = 0,7, algemeen = 1,0	=	1,00	-
	η_2 als $d_{gem} \leq 32; 1; (132-d_{gem})/100$	=	1,00	-
8.4 rekenwaarde verankeringslengte trekwapening	$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,reqd} \geq l_{b,min}$	=	865	mm
$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,reqd}$	1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 865	=	865	mm
vorm van de staven	α_1 afhankelijk van staafeinde	=	1,00	-
effect minimum dekking	$\alpha_2 = 1 - 0,15 * (c_d - x * d_{gem,trek}) / d_{gem,trek}$ en $< 1,0$	=	1,20	-
	x = factor afhankelijk staafeinde	=	3	-
uiteindelijke waarde α_2	$0,7 < \alpha_2 < 1,0$	=	1,00	-
rekenwaarde dekking op rechte staaf	$c_d = \min (a/2 ; c_1 ; c)$	=	37,2	mm
rekenwaarde dekking op gebogen staaf	$c_d = \min (a/2 ; c_1)$	=	37,2	mm
maatgevende waarde	c_d (dekking op te verankeren staaf)	=	37,2	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	=	100	mm ²
	A_s doorsnede enkelvoudig verankerde staaf	=	399	mm ²
effect aangelaste dwarsstaven	α_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	$\alpha_2 \alpha_3 \alpha_5 \geq 0,7$	=	1,00	-
8.6	$l_{b,min} : \max(0,3 l_{b,reqd}; 10d_{gem,trek}; 100)$	=	259,5	mm
halve tussenmaat tussen staven	a / 2	=	37,2	mm

buigdiameter (trekstaven) gedrongen poer

onderdeel

kwaliteit beton	betonklasse	=	C20/25	-
diameter om te buigen staaf	diameter	$\Phi =$	25,0	mm
totale verankeringslengte	$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,reqd} \geq l_{b,min}$	=	864,8	mm
verankering tot aan de bocht	maat vanaf begin verankering tot begin bocht	x =	403,0	mm
hart op hart afstand van de te buigen staven	h.o.h. = 2 a_b	2 $a_b =$	96,9	mm
betreft de te buigen staaf een randstaaf	dus zit de staaf bij een elementrand?	=	nee	-
is er een dwarsstaaf aanwezig	met een diameter \geq de staafdiameter	=	nee	-
betondekking op te buigen staaf	c	=	45,0	mm
grootte van de te verankeren kracht:	$F_{bt} = 1/4 \pi \Phi^2 \sigma_{sd1} =$ 491 190 10^{-3}	=	93,3	kN
gekozen buigdiameter	Φ_m (minimum: $\Phi < = 16: 4\Phi$ anders 5Φ)	=	300,0	mm
toetsingen				
buigstraal groter dan minimum waarde	125 / 300	=	0,42	
verankering na de bocht	207 / 125	=	1,65	
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 buigdiamet	$\Phi_{min} / \Phi_m =$ 285 / 300	=	0,95	



karakteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}			=	20	N/mm ²
3.15 rekenwaarde betondruksterkte	$f_{cd} = f_{ck} / 1,5$	20	/	1,5	=	13,3 N/mm ²
factor voor maximale buigdiameter	tabel 8.1			f =	5	-
minimale buigstraal om niet te hoeven toetse	$\Phi_m = f \Phi$	5	*	25,0	=	125 mm
resterende verankeringslengte	$(l_{bd} - x) =$	864,8	-	403,0	=	461,8 mm
verankeringslengte in de bocht	$l_{bocht} = 0,25 \pi (D_{doorn} + \Phi) = 0,25 \pi$			325,0	=	255 mm
verankeringslengte na de bocht	$l_{bd,na\ de\ bocht}$	461,8	-	255	=	207 mm
maat a_b	tussenstaven: de helft van de hoh-afstand			$a_b =$	48,43	mm
doorsnede staaf	$A = 0,25 \pi \Phi^2$			=	490,9	mm ²
optredende staalspanning	$\sigma_{s,bt} = F_{bt} / 0,25 \pi \Phi^2$			=	190,1	N/mm ²
staafkracht bij het begin van de bocht	$F_{bt} = F * (l_{bd} - x) / l_{bd}$			=	93,3	kN
8.1 minimale buigdiameter	$\Phi_{m,min} = F_{bt} [(1/a_b) + 1 / (2\Phi)] / f_{cd}$			=	285	mm

opmerking: