



verankeringslengte en overlappingslengte trek- en drukstaven en buigdiameter trekstaven berekening volgens eurocode 2

algemene gegevens	werk werknummer onderdeel	werk werknummer onderdeel
gegevens invloedsfactoren verankerings- en overlappingslengte bij trekwapening		
kwaliteit beton	betonklasse	= C20/25
kwaliteit staal	staalsoort	= B 500
gekozen wapening aan getrokken zijde	diameter $d_{gem,trek}$	= 16 mm
betondekking zijkant op betreffende staaf	c_1	= 33 mm
betondekking onder of boven op staaf	c	= 33 mm
benodigde trekwapening	$A_{s1,totaal}$	= 224 mm ²
aanwezige trekwapening	$A_{aanw,trek}$	= 402 mm ²
η_1	positie van de wapeningstaven tov bovenkant beton	algemeen
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_5$	soort staaf	trekstaaf
α_3, α_4	soort wapening	losse staven
α_4	afstand dwarsstaaf tot eind staaf	= 0 mm
α_4	diameter verdeelwapeningstaaf	= 0 mm
φ	aantal staven (bundel)	n = 1 stuks
α_1	staafbeëindiging	haak
α_3	positie losse dwarsstaaf	op staaf, in de bocht van haak
α_3 oppervlak doorsnede dwarswapening over lengte l_{bd}	ΣA_{st}	= 0 mm ²
α_3	soort constructie	balk
α_5	p = dwarsdruk in Mpa over lengte l_{bd}	= 0 N/mm ²
ig 8.3 α_2	tussenmaat tussen wapeningstaven	a = 52 mm
gegevens invloedsfactoren overlappingslassen trekwapening		
α_6	percentage wapening dat binnen l_o overlapt wordt ρ_1	= 100 %
max % overlapping	aantal wapeningslagen	= 1 lagen
gegevens invloedsfactoren verankeringslengte drukwapening		
gekozen wapening aan gedrukte zijde	diameter $d_{gem,druk}$	= 10 mm
betondekking op de gedrukte staaf	$c_{drukzijde}$	= 33 mm
benodigde drukwapening	A_{s2}	= 224 mm ²
aanwezige drukwapening	$A_{aanw,druk}$	= 402 mm ²
η_1	positie van de wapeningstaven tov bovenkant beton	algemeen
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_5$	soort staaf	= drukstaaf
α_3, α_4	soort wapening	= osse staven
α_4	afstand dwarsstaaf tot eind staaf	= 0 mm
α_4	diameter verdeelwapeningstaaf	= 0 mm
φ	aantal staven (bundel)	n = 1 stuks
verankeringslengte		
verankeringslengte trekwapening	$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$	= 418 mm
	dit komt overeen met	= 26 x $d_{gem,trek}$
verankeringslengte drukwapening	$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$	= 261 mm
	dit komt overeen met	= 26 x $d_{gem,druk}$
overlappingslengte		
basis overlappingslengte	$l_o = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 \alpha_6 l_{b,rqd} \geq l_{o,min}$	= 526 mm
verhoging	t.g.v. tussenafstand staven	= 2 mm
overlappingslengte trekwapening	l_o totale overlappingslengte trekwapeningstaaf	= 528 mm
	dit komt overeen met	= 33 x $d_{gem,trek}$



verankeringslengte trekwapening art. 8.4		onderdeel
karakteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	= 20 N/mm ²
karakteristieke kubusdruksterkte	f_{ck}	= 25 N/mm ²
gemiddelde cilinderdruksterkte	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	= 28 N/mm ²
3,4 gemiddelde cilindertreksterkte	$f_{ctm} = 0,3f_{ck}^{(2/3)}$ als $f_{ck} < 50$ of $f_{ctm} = 2,12\ln(1 + f_{cm}/10)$	= 2,21 N/mm ²
karakteristieke 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
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	$A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek}$	= 0,56 -
staalspanning in trekwapening	$\sigma_{sd} = A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} * f_{yd}$	= 242 N/mm ²
aantal staven in bundel (max 2)	n	= 1 st
8.3 basisverankeringslengte trekwapening	$l_{b,reqd} = 0,25 * d_{gem,trek} * \sqrt{n} * \sigma_{sd} / f_{bd}$	= 418 mm
	$l_{b,reqd}$	= 26 * 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 $d_{gem} < = 32; 1 ; (132 - d_{gem}) / 100$	= 1,00 -
8.4 rekenwaarde verankeringslengte trekwapen	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,reqd} > = l_{b,min}$	= 418 mm
$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,r}$	1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 418	= 418 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 $< 1,0$	= 1,21 -
	x = factor afhankelijk staafeinde	= 3 -
uiteindelijke waarde $\alpha 2$	0,7 < $\alpha 2 < 1,0$	= 1,00 -
rekenwaarde dekking op rechte staaf	$c_d = \min (a/2 ; c_1 ; c)$	= 26,0 mm
rekenwaarde dekking op gebogen staaf	$c_d = \min (a/2 ; c_1)$	= 26,0 mm
maatgevende waarde	c_d (dekking op te verankeren staaf)	= 26,0 mm
effect dwarswapening niet gelast aan hoofd	$\alpha 3 = 1 - K \lambda$ (opsluiting dwarswapening)	= 1,03 -
maatgevende waarde	$\alpha 3 = 1 - K \lambda$ (opsluiting dwarswapening) > 0,7 en < 1,0	= 1,00 -
	K (afhankelijk van positie losse dwarsstaaf)	= 0,10 -
	$\lambda = (\sum A_{st} - \sum A_{st,min}) / A_s$	= -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	0,5 * a	= 26,0 mm
verankeringslengte drukwapening art. 8.4 haken mogen niet worden meegerekend! art 8.4.1.(3)		
gemiddelde staafdiameter drukwapening	$d_{gem,druk}$	= 10,0 mm
verhouding benodigde/aanwezige wapening	$A_{s2} / A_{aanw,druk}$	= 0,6 -
staalspanning in drukwapening	$\sigma_{sd} = A_{s2} / A_{aanw,druk} * f_{yd}$	= 242 N/mm ²
aantal staven in bundel	n (aantal staven in bundel)	= 1 st
8,3 basisverankeringslengte drukwapening	$l_{b,reqd} = 0,25 * d_{gem,druk} * \sqrt{n} * \sigma_{sd} / f_{bd}$	= 261 mm
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 $d_{gem} < = 32; 1 ; (132 - d_{gem}) / 100$	= 1,00 -
8.4 rekenwaarde verankeringslengte drukwapen	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 l_{b,reqd} > = l_{b,min}$	= 261 mm
$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 l_{b,reqd}$	1,00 1,00 1,00 1,00 261	= 261 mm
	$\alpha 1$ afhankelijk van staafeinde	= 1,00 -
	$\alpha 2$ afhankelijk van dekking	= 1,00 -
	$\alpha 3 = 1 - K \lambda$ (opsluiting dwarswapening)	= 1,00 -
	$\alpha 4$: (dwarsstaaf gelast aan hoofdwapening)	= 1,00 -
8,7	$l_{b,min} : \max (0,6 l_{b,reqd} ; 10d_{gem,druk} ; 100)$	= 157 mm



overlappingslengte trekwapening art. 8.7

							onderdeel
	gemiddelde staafdiameter	d_{gem}	=	16,0			mm
	verhouding benodigd / aanwezige wapening	$A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek}$	=	0,56			-
		$\sigma_{sd} = A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} * f_{yd}$	=	242			N/mm 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			-
8.3	basisverankeringslengte trekwapening	$l_{b,rqd} = 0,25 * d_{gem,trek} * \sigma_{sd} / f_{bd}$	=	418			mm
8.10	rekenwaarde overlappingslengte (basis)	$l_o = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 5 \alpha 6 l_{b,rqd} \geq l_{o,min}$	=	526			mm
		$l_o = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 5 \alpha 6 l_{b,rqd}$	=	526			mm
		$\alpha 1$ afhankelijk van staafeinde	=	1,0			-
	effect minimum dekking	$\alpha 2 = 1 - 0,15 * (c_d * x * d_{gem,trek}) / d_{gem,trek}$ en $< 1,0$	=	0,84			-
		$x =$ factor afhankelijk staafeinde	=	1			-
	maatgevende waarde	c_d (dekking op te verankeren staaf)	=	33,0			mm
	uiteindelijke waarde $\alpha 2$	$0,7 < \alpha 2 < 1,0$	=	0,84			-
		$\alpha 3 = 1 - K \lambda$ (opsluiting dwarswapening)	=	1,06			-
	maatgevende waarde	$\alpha 3 = 1 - K \lambda > 0,7$ en $< 1,0$	=	1,00			-
		K (afhankelijk van positie losse dwarsstaaf)	=	0,10			-
		$\lambda = (\sum A_{st} - \sum A_{st,min}) / A_s$	=	-0,56			-
	oppervlak doorsnede dwarswapening over lengte l_{bd}	$\sum A_{st}$	=	0			mm ²
		$\sum A_{st,min} = 1,0 A_s \sigma_{sd} / f_{yd}$	=	112			mm ²
		A_s doorsnede enkelvoudig verankerde staaf	=	201			mm ²
		$\alpha 5 = 1 - 0,04p$ (dwarsdruk bij trekstaven)	=	1,0			-
		$\alpha 6$: (wapeningspercentage overlapt) $(\rho_1/25)^{0,5}$	=	2,0			-
	maximum % wapening dat overlapt wordt	$\rho_1 =$ % wapening dat binnen l_o overlapt wordt	=	100,0			%
		$\alpha 6$: $> 1,0$ en $< 1,5$	=	1,5			-
8.11		$l_{o,min} = \max(0,3 \alpha 6 l_{b,rqd}; 15d_{gem,trek}; 200)$	=	240,0			mm
		$0,3 \alpha 6 l_{b,rqd}$	=	187,9			mm
		$15 d_{gem,trek}$	=	240,0			mm
	verhoging overlappingslas tgv staafafstand	maximum afstand zonder verhoging	$4\varphi =$	64,0			mm
		maximum afstand zonder verhoging	=	50,0			mm
		werkelijke tussenafstand	=	52,0			mm
7.2(3)		verhoging	=	2,0			mm
	l_o totale overlappingslengte trekwapeningstaaf	526,5 + 2,0	=	528			mm

buigdiameter (trekstaven)

							onderdeel
	kwaliteit beton	betonklasse	=	C20/25			-
	diameter om te buigen staaf	diameter trekstaaf	$\Phi =$	16			mm
	totale verankeringslengte	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$	=	418			mm
	verankerling tot aan de bocht	maat vanaf begin verankerling tot begin bocht	$x =$	280			mm
	invoer t.b.v. berekening factor a_b	hart op hart afstand van de te buigen staven	h.o.h. =	200			mm
	betreft de te buigen staaf een randstaaf	zit de staaf bij een elementrand?	=	nee			-
	is er een dwarsstaaf aanwezig	met een diameter \geq de staafdiameter	=	ja			-
	kleinste betondekking op te buigen staaf	c	=	25			mm
	de te verankeren kracht	F	=	87,5			kN
	gekozen buigdiameter	Φ_m	=	440,5			mm
	toetsingen						
	buigstraal groter dan minimum waarde	64 / 440,5	=	0,15			
	verankerling na de bocht	0 / 80	=	0,00			
	randstaaf of tussenstaaf	tussenstaaf = 1,0 en randstaaf = 2,0	=	1,00			
	dwarsstaaf aanwezig?	ja = 1,0 en nee = 2,0 (niet aanwezig)	=	1,00			
	omdat bovenstaande toetsen allemaal kleiner zijn dan 1,0 is onderstaande controle niet van toepassing						
	minimale buigdiameter / gekozen buigdiame	$\Phi_{min} / \Phi_m =$	89 / 441	=	n.v.t.		-
	karakteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	=	20			N/mm ²
3.15	rekenwaarde betonruksterkte	$f_{cd} = f_{ck} / 1,5$	=	13,3			N/mm ²
	factor voor maximale buigdiameter	tabel 8.1	$f =$	4			-
	minimale buigstraal om niet te hoeven toets	$\Phi_m = f \Phi$	=	64			mm
	resterende verankeringslengte	$(l_{bd} - x)$	=	137,5			mm
	verankeringslengte in de bocht	$l_{bd,bocht} = 0,25 \pi (\Phi_m + d_{gem,trek})$	=	359			mm
	verankeringslengte na de bocht	$l_{bd,na de bocht}$	=	0			mm
	maat a_b	tussenstaven: de helft van de hoh-afstand	$a_b =$	100			mm
	doorsnede staaf	$A = 0,25 \pi \Phi^2$	=	201,1			mm ²
	optredende staalspanning	$\sigma_{s,bt} = F_{bt} / 0,25 \pi \Phi^2$	=	143,3			N/mm ²
	staafkracht bij het begin van de bocht	$F_{bt} = F * (l_{bd} - x) / l_{bd}$	=	28,8			kN
8.1	minimale buigdiameter	$\Phi_{m,min} = F_{bt} [(1/a_b) + 1 / (2\Phi)] / f_{cd}$	=	89			mm