



D&H adviesbureau
voor bouwconstructies

BOUWEN VAN EEN "WINDWOKKEL" A.D. TRENTSTRAAT 15 TE BEEK EN DONK

Statische berekening

Werknummer

22146

Opdrachtgever

AGMAT B.V.

Vonderweg 5

5741 TA, Beek en Donk

Ontwerp

AGMAT B.V.

Opgesteld door

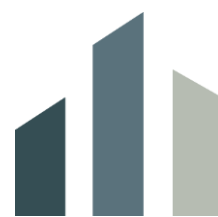
D de Jager

Datum

5-8-2022

Gewijzigd

-





INHOUD

1. INLEIDING	3
2. UITGANGSPUNTEN	4
2.1. PROJECT GEBONDEN UITGANGSPUNTEN	4
2.2. VAN TOEPASSING ZIJNDE VOORSCHRIFTEN	4
2.3. MATERIALEN	4
3. BELASTINGEN	5
3.1. PERMANENTE EN VERANDERLIJKE BELASTINGEN	5
3.2. WINDBELASTING	5
3.3. BELASTINGCOMBINATIES	5
4. STATISCHE BEREKENING	6
4.1. BELASTINGEN OP CONSTRUCTIE	6
4.2. CONTROLE POER	7
4.3. CONTROLE MAST	9
4.4. CONTROLE VOETPLAATVERBINDING	17
4.5. VERMOEING	19

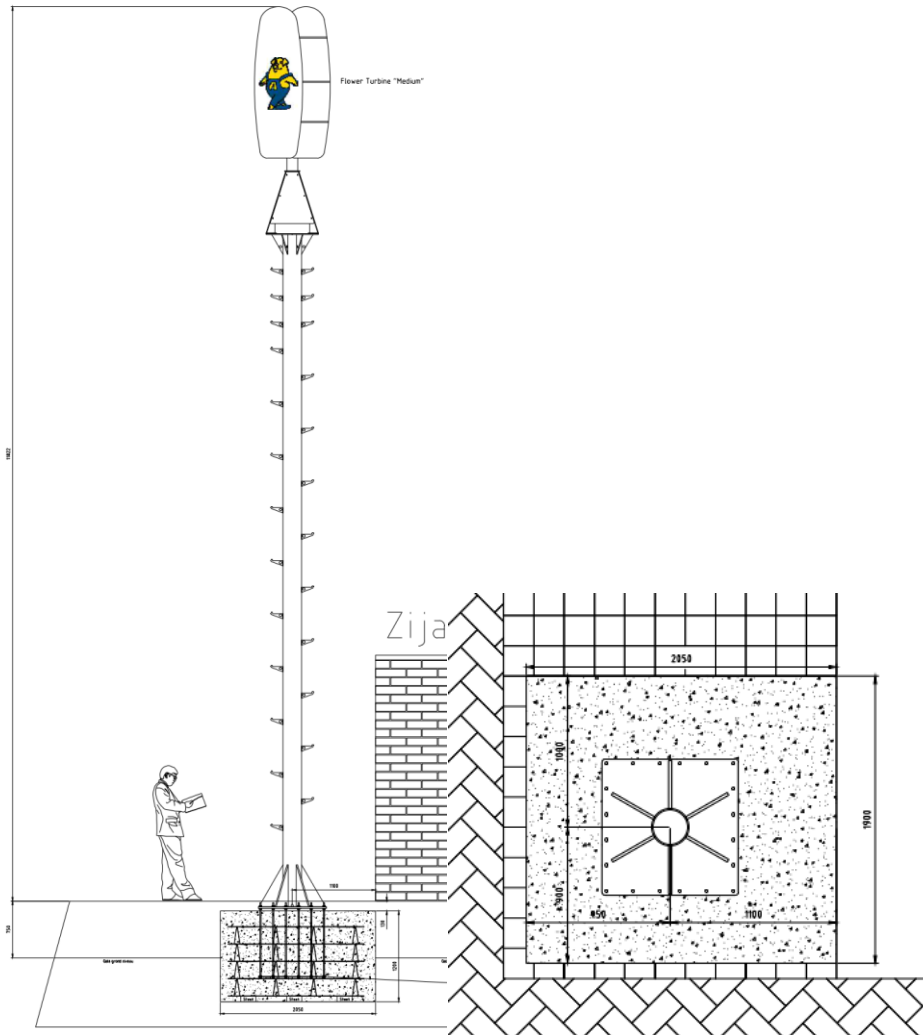




1. INLEIDING

Dit rapport toetst de funderingspoer en de stalen buismast tbv een windwokkel aan de Trentstraat 15 te Beek en Donk. Ook wordt de voetplaatverbinding getoetst. De windwokkel zelf wordt buiten beschouwing gelaten.

Ten tijde van dit rapport is de fundering reeds gestort en de buismast geproduceerd. Onderstaande tekening is hiervoor aangehouden.





2. UITGANGSPUNTEN

2.1. PROJECT GEBONDEN UITGANGSPUNTEN

Bouwwerkaanduiding	: Lichte industriefunctie
Gevolgsklasse	: CC1
Referentieperiode	: 15 jaar
Windgebied	: III
Terreingebied	: II (onbebouwd)

2.2. VAN TOEPASSING ZIJNDE VOORSCHRIFTEN

EN 1990 Eurocode 0: Grondslagen van het constructief ontwerp
EN 1991 Eurocode 1: Belastingen en constructies
EN 1992 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies
EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
EN 1994 Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies
EN 1995 Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies
EN 1996 Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk
EN 1997 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp
EN 1998 Eurocode 8: Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies
EN 1999 Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies

2.3. MATERIALEN

Beton:

Betonkwaliteit - C20/25 (tenzij anders vermeld)
Betonstaalkwaliteit - B500

Staal:

Staalkwaliteit - S235 (tenzij anders vermeld)
Boutenkwaliteit - 8.8
Ankerkwaliteit - 4.6

Detailberekeningen:

Prefab betonconstructies, stalen gevels en dakplaten, werkplaatstekeningen en detailberekeningen volgens tekening en berekening van betreffende leverancier.





3. BELASTINGEN

3.1. PERMANENTE EN VERANDERLIJKE BELASTINGEN

Windwokkel

e.g.	confrom opgave lev.	$3,00 = \frac{3,00}{3,00 \text{ kN}}$
------	---------------------	---------------------------------------

3.2. WINDBELASTING

Wind

windgebied	III	onbebouwd	
gebouwhoogte	12,0 m		
opgelegde belasting	q_p	$= 0,74 \text{ kN/m}^2$	$\psi_{0/1/2} = 0/0,2/0$

3.3. BELASTINGCOMBINATIES

Uiterste grenstoestand

	permanent	opgelegd
6.10b : $\gamma_g \cdot \xi$	1,08	γ_q 1,35
6.10a : γ_g	1,22	γ_q (wind) 1,35

toetsingsregels : 6.10b : $\gamma_g \times \xi \times g_k + \gamma_q \times q_k$
 6.10a : $\gamma_g \times g_k + \gamma_q \times (\psi_0 \times q_k)$

Bruikbaarheids grenstoestand

	permanent	opgelegd
γ_g	1,00	γ_q 1,00

toetsingsregels : $\gamma_g \times g_k + \gamma_q \times q_k$





4. STATISCHE BEREKENING

4.1. BELASTINGEN OP CONSTRUCTIE

Belasting op mast + windwokkel

F1	x: 0,00m	G_{rep}	$\psi(6.10b)$	Q_{rep}	pb	vb (6.10b)
Windwokkel	(	1,00)	$3,00 + 0,00 * 0,00$	$= 0,00$	$3,00 +$	$0,00$
buis 244,5x10	(	9,50)	$0,58 + 0,00 * 0,00$	$= 0,00$	$5,51 +$	$0,00$
					$+ \quad +$	
					8,51	0,00 kN
F_{Ed}	6.10b =	$1,08 * 8,5 + 1,35 * 0,0$	=	9,2 kN	gevolgklasse: CC1	
	6.10a =	$1,22 * 8,5 + 1,35 * 0,0$	=	10,4 kN		

Fw, wokkel

	x: 11,00m	G_{rep}	$\psi(6.10b)$	Q_{rep}	pb	vb (6.10b)
Wind	(	2,00)	$1,00 * 3,00$	$= 0,00 + 1,00 * 0,74$	$= 0,00 +$	$4,44$
					$+ \quad +$	
					0,00	4,44 kN

windkrachtcoëfficiënt van de wokkel 2,00 conform artikel 7.7 NEN-EN1991-1-4

q1, buis

	x: 0,00m	l: 9,50m	G_{rep}	$\psi(6.10b)$	Q_{rep}	pb	vb (6.10b)
Wind	(		$1,30 * 0,25$	$= 0,00 + 1,00 * 0,74$	$= 0,00 +$	$0,24$
					$+ \quad +$		
					0,00	0,24 kN/m	

windkrachtcoëfficiënt van de buis 1,30 gemiddelde gebaseerd op artikel 7.9 NEN-EN1991-1-4

Scheefstand

Er wordt uitgegaan van een maximaal toegestane scheefstand 1,50 graad.

Dit komt uit documentaite van andere windmolens. Meer scheefstand moet worden bijgesteld met behuld van de stelbouten.

scheefstand op 11,0 m = 0,29 m

Dit is veel meer dan de 1/200L scheefstand waarmee volgens de NEN-EN-1993-1-1 gerekend hoeft te worden.

Moment op poer

Mw	x: 0,00m	l: 0,00m	G_{rep}	$\psi(6.10b)$	Q_{rep}	pb	vb (6.10b)
uit Fw	(		11,00)	$0,00 + 1,00 * 4,44$	$= 0,00 +$	$48,84$
uit q1	(	4,75	$* 9,50$	$= 0,00 + 1,00 * 0,24$	$= 0,00 +$	$10,85$
uit scheefstand	(		0,29)	$= 8,51 + 0,00 * 0,00$	$= 2,45 +$	$0,00$
					$+ \quad +$		
					2,45	59,69 kNm	

q_{Ed} 6.10b = $1,08 * 2,5 + 1,35 * 59,7$ = 83,2 kNm gevolgklasse: CC1

6.10a = $1,22 * 2,5 + 1,35 * 0,0$ = 3,0 kNm



**4.2. CONTROLE POER****Technosoft Construct release 6.71a
2022****5 aug**

Project : 22146
Onderdeel : poer
Datum : 04/08/2022
Eenheden : kN/m/rad
Bestand : D:\OneDrive - D&H adviesbureau voor
bouwconstructies\DHSERVER\Opdrachten\
22146_Windwokkel_Trentstraat 15_Beek en
Donk\Berekening\fund.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

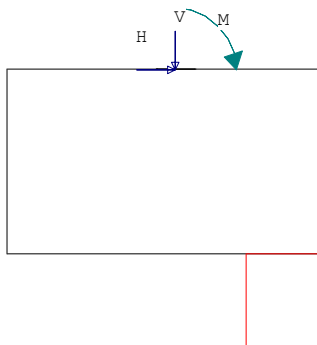
Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010,A1:2019	NB:2019 (nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1/C11:2019	NB:2019 (nl)
Geotechniek	EN 1997-1:2004	AC:2009	
	NEN-EN 1997-1:2005	C1+A1:2013	NB:2016
	NEN 9997-1:2016	C2:2017	

Funderingsplaat. (A)

Plaatafmeting B*L*D	[mm] : 2050	* 1900	* 1200
Kolomafmeting B*H	[mm] : 250	* 30	
Aanlegdiepte	[m] : 1.33		
Bovenkant kolom tov. maaiveld	[m] : -0.13		
Excentriciteit kolom	[mm] : 75.00		
Soortelijk gewicht grond	[kN/m ³] : 16.00		
Soortelijk gewicht beton	[kN/m ³] : 24.00		
Moment	[kNm] : 83.20		
Verticale kracht	[kN] : 9.20		
Horizontale kracht	[kN] : 14.20		
Belastingfactor	:	1.35	

Resultaten

Gronddruk	[kN/m ²] : 187.49		
Kantelmoment	[kNm] : 136.26	Stab.moment	[kNm] : 179.11
Kantelveiligheid	: 1.31	Bef rechts	[m] : 0.49
Moment links	[kNm] : 39.60	Moment rechts	[kNm] : -77.06





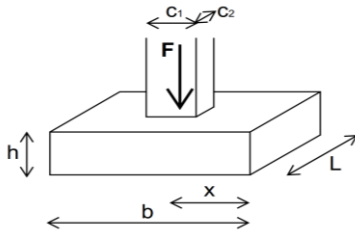
Onderdeel poer fundering

poer $L*b*h$

$1,90 * 2,05 * 1,20 \text{ m}$

$c_1 = 250 \text{ mm}$

$c_2 = 250 \text{ mm}$



beton = C20/25
wapening = B500
dekking = 150 mm

$d = 1038 \text{ mm}$ 2e laag
 $x = 1025 \text{ mm}$ = $1/2*b$

spanningen

UGT $\sigma_{tgvF} = 188 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{max;d} = 237 \text{ kN/m}^2$

wapening

$M_{Ed} = 77,1 \text{ kNm}$

$M_{Ed}/bd^2 = 72$

$k_x = 0,007$

$x_u = 7 < x_{u,max} = 640 \text{ mm}$

$k_s = 0,434$

$A_s = 171 \text{ mm}^2/\text{m} < A_{s,min} = 214 \text{ mm}^2/\text{m}$

keuze #Ø 8 - 150 (o)

Wapening is aangebracht in 5 lagen omwille van de samenhang van de betonpoer. De wapeningscontrole is een globale check van de buitense wapening.



**4.3. CONTROLE MAST**

De mastlengte is ingevoerd tot te voet van de wokkel. Aangrijpingspunt van de windbelasting uit de wokkel wordt hierdoor 1,5m lager aangezet. Aangrijpmoment is dan $1,5 \cdot 4,44 = 6,68 \text{ kNm}$. De mast wordt verend ingeklemd om de scheefstand te simuleren.

**Technosoft Raamwerken release 6.75b
2022**

5 aug

Project.....: 22146
Onderdeel....: mast
Constructeur.: D de Jager
Dimensies....: kN;m;rad (tenzij anders aangegeven)
Datum.....: 05/08/2022
Bestand.....: D:\OneDrive - D&H adviesbureau voor
 bouwconstructies\DHSERVER\Opdrachten\
 22146_Windwokkel_Trentstraat 15_Beek en
 Donk\Berekening\mast.rww

Rekenmodel.....: 2e-orde-elastisch.
Theorieën voor de bepaling van de krachtsverdeling:
1) Losse belastinggevallen:
 Lineaire-elasticiteitstheorie
2) Uiterste grenstoestand:
 Geometrisch niet lineair alle staven.
 Fysisch lineair alle staven.
3) Gebruiksgrenstoestand:
 Geometrisch niet lineair alle staven.
 Fysisch lineair alle staven.

Maximum aantal iteraties.....: 50
Max.deellengte kolommen/wanden: 0.500 Max.deellengte balken/vloeren: 0.500
Max. X-verplaatsing in UGT....: 0.500 Max. Z-verplaatsing in UGT...: 0.250

Gunstige werking van de permanente belasting wordt automatisch verwerkt.

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010, A1:2019	NB:2019 (nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1/C11:2019	NB:2019 (nl)
Staal	NEN-EN 1993-1-1:2006	C2:2011, A1:2016	NB:2016 (nl)

GEOMETRIE**MATERIALEN**

Mt	Kwaliteit	E-modulus [N/mm ²]	S.G.	Pois.	Uitz. coëff
1	S235	210000	78.5	0.30	1.2000e-05





Project.....: 22146
Onderdeel.....: mast

PROFIELEN [mm]

Prof.	Omschrijving	Materiaal	Oppervlak	Traagheid	Vormf.
1	B244.5/10	1:S235	7.3670e+03	5.0731e+07	0.00

PROFIELEN vervolg [mm]

Prof.	Staaftype	Breedte	Hoogte	e	Type	b1	h1	b2	h2
1	0:Normaal	245	245	122.2					

PROFIELVORMEN [mm]

1	B244.5/10
---	-----------

**KNOPEN**

Knoop	X	Z
1	0.000	0.000
2	0.000	9.500

STAVEN

St.	ki	kj	Profiel	Aansl.i	Aansl.j	Lengte	Opm.
1	1	2	1:B244.5/10	NDM	NDM	9.500	

VASTE STEUNPUNTEN

Nr. knoop	Kode	XZR	1=vast	0=vrij	Hoek
1	1	110			0.00

VEREN

Veer	Knoop	Richting	Hoek	Veerwaarde	Type	Ondergrens	Bovengrens
1	1	3:Rotatie	0.00	6.000e+03	Normaal	-1.000e+10	1.000e+10

BELASTINGGEVALLEN

B.G.	Omschrijving	EGZ	Type
1	Permanente belasting	EGZ=-1.00	1
2	Wind		7 Wind van links onderdruk A





Project.....: 22146
 Onderdeel....: mast

BELASTINGEN

B.G:1 Permanente

belasting

Eigen gewicht van alle staven is meegenomen in berekening. Richting:↓



KNOOPBELASTINGEN

B.G:1 Permanente

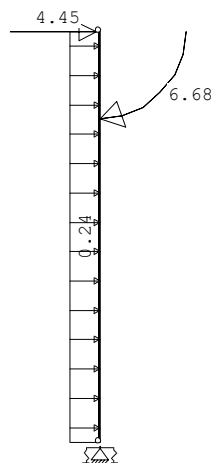
belasting

Last	Knoop	Richting	waarde	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
1	2	Z	-8.500			

BELASTINGEN

B.G:2

Wind



KNOOPBELASTINGEN

B.G:2

Wind

Last	Knoop	Richting	waarde	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
1	2	X	4.450	0.00	0.20	0.00
2	2	Rotatie Y	6.680	0.00	0.20	0.00





Project.....: 22146

Onderdeel.....: mast

STAAFBELASTINGEN

B.G:2

Wind

Staaftype	Type	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	6:QXGloobaal	0.24	0.24	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

REACTIES 1e orde

Kn.	B.G.	X	Z	M
1	1	0.00	13.99	0.00
1	2	-6.73	0.00	-59.78

BEREKENINGSTATUS

Controlerende

berekening

B.C.	Iteratie	Status
1	3	Nauwkeurigheid bereikt
2	3	Nauwkeurigheid bereikt
3	3	Nauwkeurigheid bereikt
4	3	Nauwkeurigheid bereikt
5	2	Nauwkeurigheid bereikt

BELASTINGCOMBINATIES

BC	Type
1	Fund. 1.08 $G_{k,1}$ + 1.35 $Q_{k,2}$
2	Fund. 0.90 $G_{k,1}$ + 1.35 $Q_{k,2}$
3	Kar. 1.00 $G_{k,1}$ + 1.00 $Q_{k,2}$
4	Kar. 1.00 $G_{k,1}$ + 1.00 $Q_{k,2}$
5	Blij. 1.00 $G_{k,1}$

GUNSTIGE WERKING PERMANENTE BELASTINGEN

BC Staven met gunstige werking

- 1 Geen
- 2 Alle staven de factor:0.90





Project.....: 22146
Onderdeel....: mast

OMHULLENDE VAN DE FUNDAMENTELE COMBINATIES

MOMENTEN
combinatie

2e orde

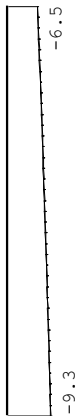
Fundamentele



DWARSKRACHTEN
combinatie

2e orde

Fundamentele





Project.....: 22146
Onderdeel....: mast

NORMAALKRACHTEN 2e orde Fundamentele
combinatie



REACTIES 2e orde Fundamentele
combinatie

Kn.	X-min	X-max	Z-min	Z-max	M-min	M-max
1	-9.09	-9.09	12.59	15.11	-85.06	-84.29

STAALPROFIELEN - ALGEMENE GEGEVENS

Stabiliteit:	Classificatie gehele constructie:	Ongeschoord
Doorbuiging en verplaatsing:	Aantal bouwlagen:	1
	Gebouwtype:	Overig
	Toel. horiz. verplaatsing gehele gebouw:	h/300
	Kleinste gevelhoogte [m]:	0.0

PROFIEL/MATERIAAL

P/M nr.	Profielnaam	Vloeisp. [N/mm ²]	Productie methode	Min. drsn. klasse
1	B244.5/10	235	Warmgewalst	1
Partiële veiligheidsfactoren:				
Gamma M;0	:	1.00	Gamma M;1	: 1.00
Gamma M;fi;mec	:	1.00	Gamma M;fi;therm	: 1.00

KNIKSTABILITEIT

Staafl	l _{sys} [m]	Classif. y sterke as	l _{knik,y} [m]	Extra aanp. y [kN]	Classif. z zwakke as	l _{knik,z} [m]	Extra aanp. z [kN]
1	9.500	Ongeschoord	2e orde		Geschoord	9.500	0.0

KIPSTABILITEIT

Staafl	Plts. aangr.	1 gaffel	Kipsteunafstanden [m]
1	1.0*h	boven:	9.50 9.500
		onder:	9.50 9.500

TOETSING SPANNINGEN

Staafl nr.	P/M nr.	BC	Sit	Kl	Plaats	Norm	Artikel	Formule	Hoogste toetsing U.C. [N/mm ²]	Opm.
1	1	1	1	1	Begin	EN3-1-1	6.2.10	(6.45+6.31y)	0.658 155	47

Opmerkingen:

[47] Bij verlopende normaalkracht wordt de grootste drukkracht genomen.





Project.....: 22146
Onderdeel....: mast

VERVORMINGEN w1
combinatie

Blijvende



VERVORMINGEN w_{bij}
combinatie

Karakteristieke

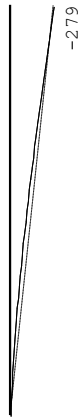




Project.....: 22146
 Onderdeel....: mast

VERVORMINGEN Wmax
 combinatie

Karakteristieke



HORIZONTALE VERPLAATSING
 combinatie

Karakteristieke

Nr.	staven	Zijde	h [mm]	u ₁ [mm]	u ₂ [mm]	u ₃ [mm]	|-- u _{t o t} --| [mm]	--| [h/]
1	1	Neg.	9500			-279	-279	34

TOTALE HORIZONTALE VERPLAATSING
 combinatie

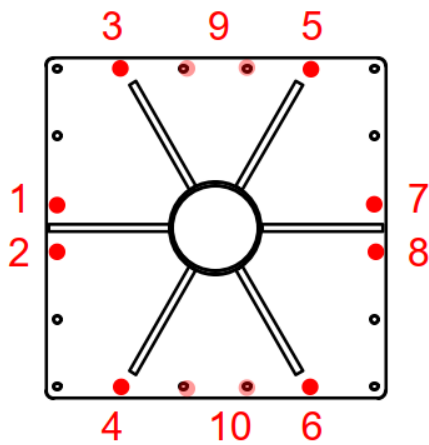
Karakteristieke

knoop	Zijde	h [mm]	u ₁ [mm]	u ₂ [mm]	u ₃ [mm]	|-- u _{t o t} --| [mm]	--| [h/]
2	Pos.	9500			279	279	34





4.4. CONTROLE VOETPLAATVERBINDING



Bovenstaande ankers worden meegenomen in de berekening. Ankers 9 en 10 staan 110mm van een schotje. Deze worden meegenomen als 1 anker. De overige ankers staan te ver van de schotjes af.

De ingestorte ankerplaat van 4mm dik is veel te dun en daardoor niet stijf genoeg om invloed te hebben op de berekening. Deze wordt buiten beschouwing gelaten.

kolomvoet plaat

buis 244,5 * 10
staalkwaliteit voetplaat S235
betonkwaliteit C20/25

voetplaat 900 * 900 * 25 ankers 3 M16 (4.6)
stelruimte 30 mm < $0,2b_p = 180$ mm minimum per zijde

Belastingen

$N_{Ed} = 9,2$ kN
 $V_{Ed} = 14,2$ kN
 $M_{Ed} = 83,2$ kNm

hoh-afstand buitenste ankerrijen 840 mm

Afschuiving (centrisch)

niet maatgevend





Trek t pv ankers

$$T_{Ed} = 99 \text{ kN} \rightarrow \text{per zijde} = 49,5 \text{ kN}$$

Controle voetplaat

$$\begin{aligned} b_p &= 240 \text{ mm} && (\text{beperkt tot } 4 \cdot m) \\ M_{pl,Rd} &= 0,25 \cdot b_p \cdot t_p^2 \cdot f_y = 8,81 \text{ kNm} && m = 60 \text{ mm} \\ T_{Rd} &= M_{pl,Rd} / m = 147 \text{ kN} &> 49,5 \text{ kN} && \text{Voldoet} \end{aligned}$$

Controle ankers

$$F_{t,Rd} = 3 \cdot 45,2 = 136 \text{ kN} > 99 \text{ kN} \quad \text{Voldoet}$$

verankeringslengte

$$\begin{aligned} l_{b, \text{rechter, ben}} &= 598 \text{ mm} && 1,7 \sigma_{s, Ed} = 357 \text{ N/mm}^2 \\ \text{verankeringslengte} &= 800 \text{ mm} \end{aligned}$$

Controle spleetwapening

eis ongewapend

$$\begin{aligned} \frac{T}{N_{c,Rd}^g / 1,7} &\leq 1,00 \\ \frac{99}{832 / 1,7} &= 0,2 \quad \text{Voldoet} \\ A_{c,N} &= (130 + 2 \cdot 800) \cdot 2 \cdot 800 = 3E+06 \text{ mm} \\ A_{c,N}^0 &= 4 \cdot 800^2 = 3E+06 \text{ mm} \\ N_{c,Rk}^0 &= 961 \text{ kN} \\ N_{c,Rd}^g &= 832 \text{ kN} \end{aligned}$$





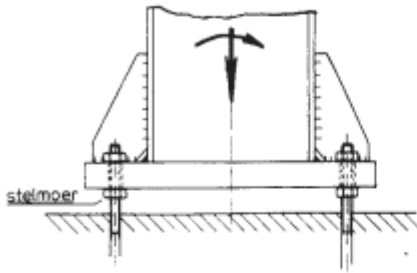
4.5. VERMOEIING

Om vermoeiing van de ankers te voorkomen dienen onderstaande maatregelen van tweede mogelijkheid te worden genomen.

5. UITVOERING VAN CONSTRUCTIEDETAILS MET BETREKKING TOT VERMOEIING

5.1. Op trek belaste verbindingen

Bevestiging kolomvoeten



afb. 77

Eerste mogelijkheid

Kolom op hoogte gebracht met stelmoeren, daarna ondersabeld.

Bezwaren:

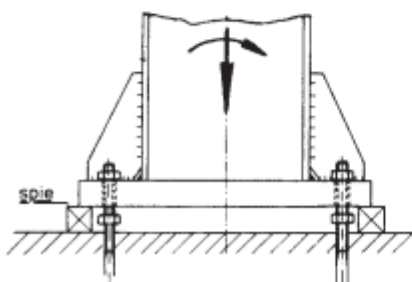
1e. Bij drukbelasting op de kolomvoet blijven de moeren dragen en komt niet de volledige belasting op de ondersabeling. Bij de berekening van de voetplaat is wel gerekend

met volledige belasting op de ondersabeling. In werkelijkheid is de verdeling van de belasting dus heel anders dan bij de berekening van de voetplaat is aangenomen.

2e. Door het aandraaien van de bovenste moeren zal alleen het stukje anker gelegen tussen de moeren onder een voorspanning komen te staan. Het gedeelte van het anker onder de onderste moer komt dus niet onder een voorspanning.

Bij een variërende trek-belasting op de voetplaat zal nu het onderste deel van het anker de totale trekbelasting als een belasting-variëatie ondergaan. Een variërende trekbelasting op de voetplaat zal zeer snel tot vermoeiing van de ankers kunnen leiden.

Tweede mogelijkheid:



afb. 78

Nadat de kolom is afgesteld met de stelmoeren moeten spieën worden aangebracht. Daarna de onderste moeren eerst terugdraaien en dan pas ondersabelen.

Als de ondersabeling goed is doorgehard de spieën verwijderen en dan pas de bovenste moeren goed aandraaien. Door het aandraaien van de bovenste moeren wordt nu het anker over de volle lengte voorgespannen.

