

Titel Funderingsherstel van panden gelegen aan de Schiedamsesingel 203-205 te Rotterdam

Opdrachtnummer GF20210582-00-00

Betreft Funderingsadvies
Funderingswijze Fundering op palen
Paaltype Schroefinjectiepalen
Paaltechnische berekening

Opdrachtgever Brefu Funderingstechnieken B.V.
Franse Akker 9a
4824 AL Breda

Constructeur Atko
Burg Wijnaendtslaan 32
3042 CC Rotterdam

Opgesteld door : 

Status : Definitief
Versie : 0

Datum rapport : 2 april 2021

INHOUDSOPGAVE

1	Projectinformatie	3
1.1	INLEIDING	3
1.2	VERSTREKTE GEGEVENS	3
1.3	OPTREDENDE BELASTINGEN	3
1.4	FUNDERINGSWIJZE BESTAAND	3
1.5	OMGEVING	3
1.6	ALGEMEEN	3
2	Onderzoek en bodemopbouw	4
2.1	GRONDONDERZOEK	4
2.2	BODEMOPBOUW	4
3	Funderingsadvies	5
3.1	FUNDERINGSWIJZE	5
3.2	FUNDERING OP PALEN	5
3.3	SCHROEFINJECTIEPALEN	5
3.4	PAALPUNTNIVEAU	5
3.5	FUNDERING NIEUWBOUW VERSUS FUNDERING BESTAAND	6
3.6	ASPECTEN UITVOERING	6
4	Grondmechanisch draagvermogen	7
4.1	UITGANGSPUNTEN	7
4.2	DRAAGKRACHT OP DRUK	7
4.3	VOORBEELDBEREKENING	8
4.4	AFZETNIVEAU EN TOETSING	8
4.5	PAALKOPZAKKING-VERVORMING-VEERSTIJFHEID	9
5	Paaltechnische berekening	10
5.1	INLEIDING	10
5.2	BUIS EN KOPPLAAT	10
5.3	GROUT	10
5.4	OPTREDENDE BELASTINGEN	10
5.5	TOETSING	10
5.6	PAALTEKENING	10

BIJLAGEN:

Nummer	Omschrijving
A	Grondonderzoek
B	Grondmechanisch draagvermogen op druk schroefinjectiepalen
C	Productblad Bruil Groutmortel GPM350
D	Paaltechnische berekening
E	Tekening paalwapening

1 Projectinformatie

1.1 Inleiding

Men is voornemens panden gelegen aan de Schiedamsesingel 203-205 te Rotterdam te voorzien van een vervangende fundering in de vorm van een tafelfundering gefundeerd op palen. Door de opdrachtgever is verzocht het paaltype schroefinjectiepalen uit te werken.

In voorliggende rapportage zal nader worden ingegaan op de verstrekte grondonderzoeken en het grondmechanisch draagvermogen van deze palen. Verder zal de toegepast buis en kopplaat worden getoetst aan de maatgevende belastingen.

Door de constructeur is geen opgave verstrekt van de optredende paalbelastingen welke aan de ondergrond moeten worden afgedragen. Door de opdrachtgever is aangegeven uit te gaan van een maximale paalbelasting van 450 kN. Verder zijn aan ons bureau geen nadere gegevens verstrekt omtrent de voorgenomen werkzaamheden.

1.2 Verstrekte gegevens

Thans is gebruik gemaakt van de navolgende verstrekte informatie:

Omschrijving	Opsteller	Projectnr.	Datum
Grondonderzoek	Geosonda bv	AA20437	3-3-2021

1.3 Optredende belastingen

Maximale belasting per paal op paalkopniveau volgens opgave opdrachtgever			
	Druk [kN]	Trek [kN]	Horizontaal [kN]
UGT (ULS)	450	-	-
BGT (SLS)	-	-	-

1.4 Funderingswijze bestaand

Het bestaande pand is naar verwachting gefundeerd op palen. Paaltype, afzetniveau en afmetingen zijn niet bekend/verstrekt. De bouwkundige staat van het pand is niet bekend bij ons bureau.

1.5 Omgeving

In de directe omgeving is sprake van bebouwing (bron: google maps). De funderingswijze en bouwkundige staat van deze bebouwing is bij ons bureau niet bekend. Naar verwachting is de omliggende bebouwing gefundeerd op palen.

1.6 Algemeen

Geadviseerd wordt om genoemde gegevens alsmede de elders in dit rapport gehanteerde aannamen en uitgangspunten te verifiëren voordat met de resultaten uit dit rapport wordt verder gewerkt. Als er om enige reden aanleiding is om te veronderstellen dat sprake kan zijn van bijvoorbeeld geroerde grond of obstakels en verontreinigingen en of voormalige bebouwing, dan dient te worden nagegaan in hoeverre dit mogelijk een knelpunt is voor het ontwerp of de uitvoering.

Wijzigingen in het ontwerp en de in dit rapport gehanteerde aannamen en uitgangspunten kunnen van invloed zijn op de resultaten van de in dit rapport vermelde berekeningen. Ons bureau kan geen verantwoordelijkheid nemen ten aanzien van de juistheid en volledigheid van de verstrekte informatie. De inhoud van het rapport heeft niet de insteek uitputtend te zijn. Uitvoeringsaspecten vallen buiten het kader van de opdracht.

2 Onderzoek en bodemopbouw

2.1 Grondonderzoek

Door Gesonda is een grondonderzoek uitgevoerd. Aan de voorzijde van de panden zijn 2 sondering gemaakt. Zie bijlage A.

De hoogteligging van de onderzoekspunten is vastgelegd ten opzichte van NAP.

Bij de sonderingen is naast de conusweerstand tevens de plaatselijke wrijving gemeten en het wrijvingsgetal weergegeven. Dit getal is de verhouding tussen voornoemde meetwaarden. Middels het wrijvingsgetal wordt in het algemeen een goede indicatie van de verschillende grondsoorten verkregen.

De sonderingen zijn voorgeboord. De opgeboorde grond is geclassificeerd en weergegeven in een boorstaat.

Ten tijde van het geotechnisch grondonderzoek is in de boorgaten een meting verricht van de het freatische grondwater. Opgemerkt wordt dat de grondwaterstand kan fluctueren. De stijghoogte is o.a. afhankelijk van de bodemopbouw, neerslag, aanwezigheid van open water. Mogelijk was het grondwater nog niet ingesteld. In de maanden januari t/m maart worden in het algemeen de hoogste grondwaterstanden verwacht en in de periode juli t/m september de laagste. In de tussenliggende periode is sprake van een gemiddelde grondwaterstand.

2.2 Bodemopbouw

Op basis van de grondonderzoekresultaten is de bodemopbouw geïnterpreteerd.

Onder een vermoedelijk antropogene toplaag bestaande uit zand- en kleihoudende zanden c.q. zandhoudende kleien worden tot ca. -16,5 m t.o.v. NAP weinig vaste samendrukbare klei- en veenafzettingen waargenomen. Hieronder worden tot maximaal verkende diepte overwegend matig vaste tot vast zandlagen waargenomen.

3 Funderingsadvies

3.1 Funderingswijze

Gezien de aanvang van de draagkrachtige lagen adviseren wij voor het funderingsherstel uit te gaan van een fundering op palen.

3.2 Fundering op palen

In dit rapport wordt op verzoek van de opdrachtgever een fundering op schroefinjectiepalen uitgewerkt.

3.3 Schroefinjectiepalen

Dit is een trillingsvrij ingebracht in de grond gevormde, grondverdringende stalen buis, schroevend op diepte gebracht en gelijktijdig injectie van de groutspecie. Dit paaltype kan desgewenst gesegmenteerd worden aangebracht en is doorgaans met een klein equipment aan te brengen. Het aanbrengen van deze stalen buispalen is trillingsvrij.

Algemene omschrijving uitvoeringswijze schroefinjectiepalen:

- Een stalen buis, aan de onderzijde voorzien van twee halve tegengesteld geplaatste schroefbladen, wordt geplaatst op het maaiveld.
- De buis wordt continue vol gehouden met mortel- of groutspecie en in de grond geschroefd. Hierbij vloeit de specie onder enige overdruk aan de onderzijde uit. In de cohesieve lagen is de penetratiesnelheid relatief groot. In de holocene deklaag waarbij de bodem hoofdzakelijk bestaat uit cohesieve klei en veenlagen wordt doorgaans enkel water gebruikt.
- In de draagkrachtige lagen wordt het zand laagsgewijs afgeschraapt en vermengd met de uitkomende groutspecie. In het zandpakket wordt de paaldiameter minimaal gelijk aan de diameter van het schroefblad. Afhankelijk van de leverancier wordt de paal schroevend op en neer bewogen (jutterend) ter bevordering van het inbrengproces (bij harde en of moeilijk te doorboren lagen). De stalen buis blijft achter en vormt een onderdeel van de paal.
- De paalkop wordt afgewerkt en de stelling kan worden verplaatst

De volgende paalafmetingen zijn in de berekening beschouwd:

- $D_{\text{buis}}^* / 350 / 350$ mm (buis / schacht / schroefblad)

- * De diameter van de buis (D_{buis}) is afhankelijk van de optredende belasting, aan te houden excentriciteit, opneembaar moment en aan te houden corrosietoeslag. Derhalve zal de diameter van de buis door de constructeur in samenspraak met paalleverancier nader bepaald dienen te worden. Voor het grondmechanisch draagvermogen is enkel de diameter van de groutstijl en schroefblad van belang. Voor de bepaling van de negatieve kleefbelasting zal worden uitgegaan van een groutdiameter van $\varnothing 135$ mm (groutdekking van ca. 10 mm op een buisdiameter van $\varnothing 114$ mm). De geldigheid van dit uitgangspunt dient geverifieerd te worden

Voor de berekening van de draagkracht zijn de volgende paalklassefactoren aangehouden:

- paalklasse punt $\alpha_p = 0,35^*$
- paalvoetvorm $\beta = 1,0^{**}$
- paalvoetdwarsdoorsnede $s = 1,0$
- paalklasse schacht (druk) $\alpha_s = 0,008^{***}$

- * In dit stadium wordt uitgegaan dat de paal jutterend op diepte wordt gebracht
 ** Groutstijl dient minimaal 2 maal de diameter van het schroefblad aanwezig te zijn
 *** Groutstijl is aanwezig vanaf -16,5 m t.o.v. NAP

3.4 Paalpuntniveau

In onderstaande tabel worden per sondering de door ons geadviseerde paalpuntniveaus gegeven. In bijlage B zijn meerdere niveaus weergegeven ten behoeve van de uitwisselbaarheid en indien in functie van de belastingen een ander niveau wenselijk is.

Sondering [nr.]	Hoogte maaiveld [m t.o.v. NAP]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	Sondering [nr.]	Hoogte maaiveld [m t.o.v. NAP]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]
		Geadviseerd			Geadviseerd
1	-0,10	-23,0	2	-0,04	-23,0

3.5 Fundering nieuwbouw versus fundering bestaand

Door het aanbrengen van de nieuwe fundering mag het functioneren van de bestaande fundering niet worden geschaad. Voorkomen moet worden dat tijdens het aanbrengen van de nieuwe palen dit tot verstoring leidt van de grondslag waaraan de bestaande palen hun draagvermogen ontlede. Dit kan dan aanleiding geven tot zakkings van de palen.

Nadere gegevens met betrekking tot de bestaande palen en fundering van de belending kunnen aanleiding geven tot een wijziging van het in dit rapport vermelde paalsysteem en/of aanpassing van de paalpuntniveaus en/of aanpassing van de aan te houden afstand tussen de nieuwe palen en de fundering van de belending en of de bestaande functionerende palen.

Richtlijnen m.b.t. opstellen palenplan indien palen worden toegepast nabij bestaande palen.

Het is wenselijk om een zekere afstand aan te houden tussen de nieuwe palen en de bestaande nog functionerende palen. Voor wat betreft de minimaal te hanteren afstand zijn geen landelijke normen of officiële richtlijnen voor handen. Door ons bureau wordt over het algemeen aanbevolen om van de navolgende minimumafstanden uit te gaan.

Nieuwe palen naast nog functionerende grondverdringende paal

- Indien de palen op een afstand $6 D_{eq}$ (D_{eq} van de grootste paalafmeting) met een minimum van 2,0 meter worden gemaakt zijn er grondmechanisch gezien geen beperkingen ten aanzien van het draagvermogen en afzetniveau. Indien nieuwe palen tussen $4 D_{eq}$ en $6 D_{eq}$ geplaatst wordt geadviseerd de nieuwe palen op hetzelfde afzetniveau te plaatsen als de nog functionerende grondverdringende palen. Binnen $4 D_{eq}$ wordt geadviseerd geen palen te plaatsen.

Daarbij wordt opgemerkt dat het in sommige gevallen zinvol kan zijn om de te hanteren afstand nader af te stemmen op de aard van de belending en gegevens van de bestaande en de nieuwe fundering.

In onderhavig geval is sprake van funderingsherstel waarbij de nieuwe palen (langzaam) de functie gaan overnemen van de bestaande nog functionerende palen. In dit kader kan vanuit constructief oogpunt de wens zijn, de nieuwe palen dichter nabij de bestaande palen te plaatsen dan hierboven vermeld. Afwijking van de genoemde h.o.h. is toegestaan mits tijdens het aanbrengen wordt nagegaan of er sprake is van verstoring van de grondslag waaraan de bestaande palen hun draagvermogen ontlede, te denken valt aan bv het zakken van de bestaande palen op het moment dat de nieuwe paal wordt gemaakt. Indien dit wordt waargenomen dienen de werkzaamheden onmiddellijk te worden gestaakt. Bij de volgende palen zal dan een afdoende afstand in acht genomen dienen te worden. Verder wordt geadviseerd de nieuwe palen h.o.h. niet dichter dan $3D$ aan te brengen van de bestaande palen.

3.6 Aspecten uitvoering

Voor de uitvoering wordt verwezen naar CUR-aanbeveling 114 "toezicht op realisatie van paalfunderingen".

Horizontale belasting op de palen dient te worden voorkomen. Gedacht kan daarbij worden aan bijvoorbeeld belastingen door graafmaterieel, materieel voor het snellen van de palen en éénzijdige gronddrukken. Van belang is dat tijdens de (hei)werkzaamheden sprake is van een stabiel werkniveau.

4 Grondmechanisch draagvermogen

4.1 Uitgangspunten

De berekening van de draagkracht is gebaseerd op de volgende uitgangspunten.

- Ontwerpadvies (1e toetsing) volgens Nederlandse norm NEN EN 9997-1:2017 (Eurocode 7 geotechnisch ontwerp); Indeling in geotechnische categorie 2 (RC2); Toetsing aan grenstoestand UGT type B en BGT zijn buiten beschouwing gelaten en kunnen in een later stadium getoetst worden
- Projectgegevens zoals beschreven in hoofdstuk 1.
- Eventueel aanwezige palen worden niet getrokken. Indien aanwezig wordt ervan uitgegaan dat deze destijds opspannend zijn aangebracht.
- In de berekeningen zijn wij uitgegaan van een alleenstaande centrisch axiaal op druk belaste paal. Belasting op trek, momenten en horizontale c.q. laterale lasten, worden niet aanwezig geacht;
- De stijfheid van de constructie wordt niet in rekening gebracht;
- De draagkracht op druk is bepaald aan de hand van norm NEN EN 9997-1 (Eurocode 7).
 - Grondwater is aangenomen op -1,5 m t.o.v. NAP
 - Negatieve kleefzone is in rekening gebracht tot ca. -16,5 m t.o.v. NAP. Voor de bepaling van de negatieve kleefbelasting bij schroefinjectiepalen is uitgegaan van groutdiameter van Ø 135 mm (groutdekking van ca. 10 mm op een buisdiameter van Ø 114 mm).
 - Positieve kleefzone is in rekening gebracht vanaf ca. -16,5 m t.o.v. NAP. Vanaf dit niveau zijn onderliggende lagen gemodelleerd als zijnde zand (conservatieve benadering). Op wisselende diepte worden teruggangen in conuswaarde geregistreerd met een zandige bodemopbouw. Deze teruggangen geven geen aanleiding het aanvangsniveau van de positieve kleef te wijzigen
- Er wordt aangenomen dat de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is. Het terrein wordt niet significant opgehoogd dan wel ontgraven.

4.2 Draagkracht op druk

De draagkracht is opgebouwd uit de weerstand aan de punt en wrijving langs de schacht. De rekenwaarde van de paalbelasting moet kleiner zijn dan de rekenwaarde van de netto draagkracht:

$$F_d \leq R_{c;net;d}$$

F_d rekenwaarde van de paalbelasting (kN)
 $R_{c;net;d}$ netto draagkracht van de funderingspaal (kN), gedefinieerd als:

$$R_{c;net;d} = R_{c;d} - F_{nsf;d}$$

$R_{c;d}$ rekenwaarde van de maximale draagkracht van de funderingspaal (kN)
 $F_{nsf;d}$ rekenwaarde van de maximaal optredende negatieve kleef langs de paalschacht (kN)

De volgende partiële factoren zijn aangehouden:

- $\xi_3 / \xi_4 = 1,32 / 1,32$
- $\gamma_{m;b} = 1,2$
- $\gamma_{f;nk} = 1,0$

In de bijlage B is de rekenwaarde voor de netto draagkracht voor meerder paalschachtafmetingen en de door ons geadviseerde paalpuntniveaus + extra niveaus weergegeven.

In deze lijsten kan door de constructeur, afhankelijk van plaats en optredende lasten, een keuze worden gemaakt naar puntniveau en schachtafmeting. Wij adviseren ten behoeve van uniformiteit in de tussenliggende gebieden een puntniveau aan te houden zonder te veel wisselingen in niveau en afmetingen.

De vermelde draagkracht wordt ontleend aan de ondergrond. Bij de opzet van een palenplan dient het draagvermogen van een paal in beginsel te zijn afgestemd op de laagste draagkracht op hetzelfde paalpuntniveau van de omliggende sonderingen (indien aanwezig).

Door de constructeur moeten constructieve aspecten van de funderingspalen, waaronder de sterkte, worden beoordeeld. Bij schroefinjectiepalen dient de diameter en wanddikte van de stalen buis te worden afgestemd op de optredende krachten, hierbij rekening houdend met corrosie en staalkwaliteit. Ook zal de groutsamenstelling moeten worden afgestemd op de plaatselijk bodemopbouw.

4.3 Voorbeeldberekening

Uitgangspunten

- Sondering 01: Paalpuntniveau -23,0 m t.o.v. NAP
- Paaltype: schroefinjectiepaal: diameter groutschil/schacht/schroefblad: 135/350/350 mm
- De draagkracht op druk is bepaald aan de hand van norm NEN EN 9997-1 (Eurocode 7).
 - Niveau grondwater: -1,5 m t.o.v. NAP
 - Negatieve kleef is in rekening gebracht tot -16,6 m t.o.v. NAP
 - Positieve kleef is in rekening gebracht vanaf -16,6 m t.o.v. NAP

Maximale Draagkracht van de Paalpunt

De maximale draagkracht van de punt volgens 7.6.2.3(c) van NEN EN 9997-1 bedraagt:

$$\begin{aligned}
 R_{b,cal,max,i} &= A_{punt} * q_{b,max,i} && \mathbf{243 \text{ kN}} \\
 A_{punt} &= 0,0962 \text{ m}^2 \\
 q_{b,max,i} &= 2,53 \text{ Mpa (voor reductie tot 15 MPa)} \\
 q_{b,max} &= \frac{1}{2} \alpha_p \beta_s ((q_{c,i,gem} + q_{c,ii,gem})/2 + q_{c,iii,gem}) \\
 q_{c,i,gem} &= 9,44 \text{ Mpa} \\
 q_{c,ii,gem} &= 8,17 \text{ Mpa} \\
 q_{c,iii,gem} &= 5,64 \text{ Mpa} \\
 \alpha_p &= 0,35 \\
 \beta_s &= 1,0 \\
 s &= 1,0
 \end{aligned}$$

Maximale Paalschachtwrijving

De maximale wrijvingskracht volgens 7.6.2.3(c) van NEN EN 9997-1 bedraagt:

$$\begin{aligned}
 R_{s,cal,max,i} &= O_{s,\Delta L,gem} * \Delta L * q_{s,max} && \mathbf{643 \text{ kN}} \\
 O_{s,\Delta L,gem} &= 1,10 \text{ m} \\
 \Delta L &= 6,4 \text{ m} \\
 q_{s,max} &= \alpha * q_{z;a} \\
 q_{z;a} &= 12,56 \text{ Mpa} \\
 \alpha_s &= 0,008
 \end{aligned}$$

Maximale Draagkracht

De maximale draagkracht volgens 7.6.2.3(c) van NEN EN 9997-1 bedraagt:

$$\begin{aligned}
 R_{c,cal,i} &= R_{b,cal,max,i} + R_{s,cal,max,i} && \mathbf{886 \text{ kN}} \\
 R_{c,k} &= \text{Min}\{(R_{c,cal})_{gem}/\xi_3; (R_{c,cal})_{min}/\xi_4\} && \mathbf{671 \text{ kN}} \\
 \xi_4 &= 1,32 \\
 R_{c,d} &= R_{c,k}/\gamma_r && \mathbf{559 \text{ kN}} \\
 \gamma_r &= \gamma_b = \gamma_s = 1,2
 \end{aligned}$$

Negatieve kleefbelasting

$$\begin{aligned}
 F_{nk,rep} &= && \mathbf{93 \text{ kN}} \\
 F_{nk,d} &= F_{nk,rep} * \gamma_{f,nk} && \mathbf{93 \text{ kN}} \\
 \gamma_{f,nk} &= 1,0
 \end{aligned}$$

Toetsing

$$\begin{aligned}
 F_{c,d} &< R_{c,nett,d} \\
 R_{c,nett,d} &< R_{c,d} - F_{nk,d} \\
 R_{c,d} &&& \mathbf{559 \text{ kN}} \\
 F_{nk,d} &&& \mathbf{93 \text{ kN}} \\
 R_{c,d, netto} &&& \mathbf{466 \text{ kN}} \\
 F_{c,d} &&& \mathbf{Onbekend}
 \end{aligned}$$

4.4 Afzetniveau en toetsing

Uitgaan de maximaal optredende belasting wordt het navolgende afzetniveau voorgesteld

Draagvermogen op druk

Afmeting SIP [mm]	Sondering	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	Paalbelasting op druk [F _{c,d} in kN]	Draagvermogen op druk [R _{c,nett,d} in kN]	Toetsing
Dbuis/350/350	1	-23,0	450	466	Voldoet
	2	-23,0	450	674	Voldoet

4.5 Paalkopzakking-vervorming-veerstijfheid

Paalkopzakking en vervorming

Voor de constructieve veiligheid van een bouwwerk is gesteld, overeenkomstig norm NEN EN 9997-1, dat de zakking van de paalkop dient te voldoen aan: $S_d \leq S_{req}$.

S_d De rekenwaarde verplaatsing van een punt in de desbetreffende grenstoestand
 S_{req} De maximaal toelaatbare verplaatsing in desbetreffende grenstoestand

Doorgaans zijn de vervormingen in de bruikbaarheidsstoestand (BGT/SLS) maatgevend aangezien dan binnen de constructie ongewenst verlies van bruikbaarheid optreedt. Tenzij specifieke vervormingseisen zijn gesteld wordt veelal van de navolgende criteria uitgegaan.

Uiterste Grenstoestand (UGT type B/ULS):	-Rotatiecriterium:	$\Delta S_d/l \leq 1:100$
Bruikbaarheidsstoestand (BGT/SLS):	-Rotatiecriterium:	$\Delta S_d/l \leq 1:300$

Feitelijke toetsing van de uiterste grenstoestand UGT type B en de bruikbaarheidsgrenstoestand BGT kan in deze fase niet worden uitgevoerd. De ontwerper van de constructie zal nadere gegevens moeten verstrekken over de constructie en over de vervormingseisen.

Veercoëfficiënt

Over het algemeen wordt ten behoeve van de constructie een veercoëfficiënt gehanteerd welke in functie van last en verkorting is bepaald. Voor de statische veercoëfficiënt van de kop van een vrijstaande op druk belaste paal geldt:

$$K_{v,rep} = F_{rep} / S_{1,bgt}$$

$K_{v,rep}$ representatieve waarde van de statische veercoëfficiënt
 F_{rep} representatieve waarde van de paalbelasting ($F_{c,rep} + F_{nk,rep}$)
 $S_{1,bgt}$ paalkopzakking in de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT / SLS)

$$S_{1,bgt} = S_{el} + S_b$$

S_{el} elastische verkorting van de paal
 S_b zakking van de paalpunt

$$K_{v,d} = K_{v,rep} / y_{m,k}$$

$K_{v,d}$ rekenwaarde van de statische veercoëfficiënt
 $K_{v,rep}$ representatieve waarde van de statische veercoëfficiënt
 $y_{m,k}$ hiervoor wordt een waarde 1,3 aangehouden

Indicatief achten wij in dit stadium onderstaande veercoëfficiënt toepasbaar. Deze is gebaseerd op ca. 80% van de maximale belasting voor de sondering en afzetniveau zoals berekend in de voorbeeldberekening.

Schroefinjectiepaal statische veercoëfficiënt op druk		
Diameter buis/schacht/schroefblad [mm]	Representatief $k_v;k$ [kN/mm]	Rekenwaarde $k_v;d$ [kN/mm]
114/350/350	25	19

Opgemerkt wordt dat bij paalgroepen waarbij de h.o.h. afstand kleiner is dan 10 maal de kleinste paalvoetdoorsnede in principe in de paalkopzakking de zakking te worden verdisconteerd in de lagen beneden het niveau van 4 maal de kleinste dwarsafmeting van de paalpunt. Dit is niet aan de orde.

5 Paaltechnische berekening

5.1 Inleiding

Bij toepassing van een schroefinjectiepaal zal de belastingafdracht hoofdzakelijk via de buis plaatsvinden. Op de buis zal een kopplaat worden aangebracht. De toegepaste buis en kopplaat worden getoetst aan de maatgevende belasting.

5.2 Buis en kopplaat

Voor de krachtsafdracht wordt een stalen buis $\varnothing 114,3 \times 10$ mm toegepast met een staalkwaliteit S355. Hierbij zal rekening dienen te worden gehouden dat met name het bovenste deel van de buis kan corroderen. Voor de corrosiesnelheid van de buispaal is bij zoet water uitgegaan van 0,012 mm/jaar. De buis kan enkel aan de buitenzijde zijde corroderen zodat de wanddikte van de buis na 50 jaar ca. 0,6 mm dunner is geworden.

Op de buis wordt een kopplaat $\varnothing 350$ mm gelegd met een dikte van 35 mm en een staalkwaliteit S335. De kopplaat wordt praktisch gezien aan een kleinere buis gelast en in de schroefinjectiepaal geduwd. De kopplaat zal op rand van de buis van de schroefinjectiepaal rusten. In de kopplaat zal een sparing zitten voor de paalwapening en zodat de paal kan worden afgevuld met grout.

5.3 Grout

Via de buis zal grout onder druk aan de paalpunt uitvloeien welke vervolgens middels een schroefkop wordt vermengd met de grondlagen welke het grondmechanisch draagvermogen zullen leveren van de schroefinjectiepaal. Volgens het funderingsadvies is uitgegaan dat de bodemlagen vanaf:

- werkniveau tot ca. -16,5 m t.o.v. NAP niet of niet noemenswaardig worden vermengd met grout
- ca. -16,5 tot paalpuntnivo worden vermengd met grout zodat een groutschil van $\varnothing 350$ mm rondom de buis zal worden gevormd. Voor het grout wordt gebruik gemaakt van Bruil Groutmortel GPM350. Zie bijlage C.

5.4 Optredende belastingen

Maximale belasting per paal op paalkopniveau volgens opgave			
	Druk [kN]	Trek [kN]	Horizontaal [kN]
UGT (ULS)	450	-	-

5.5 Toetsing

Voor het toetsen van de buis, paalwapening en kopplaat wordt uitgegaan van een axiaal op druk belaste verticaal aangebrachte schroefinjectiepaal. Zie bijlage D voor de paaltechnische berekening.

5.6 Paaltekening

Zie bijlage E voor de paaltekening. Geadviseerd wordt de steklengte af te stemmen met de constructeur.

Bijlage A

Grondonderzoek

**Veldrapport betreffende
grondonderzoek aan de Schiedamsesingel 203-205
te Rotterdam**

Opdracht nr.	AA20437-1
Datum rapport	3 maart 2021
Opdrachtgever	Brefu Funderingstechnieken BV Franse Akker 9A 4824 AL Breda

Bijlagen

- | | |
|------------------------------------|------------|
| - sondeergrafieken met kleefmeting | 01 en 02 |
| - handboorstaat | S01 en S02 |
| - coördinatentabel | 1 pagina |
| - situatietekening | T01 |

rapportcontrole: [REDACTED] dd.

opgesteld door: [REDACTED]

WERKOMSCHRIJVING

Op 29 januari 2021 ontving Geosonda van Brefu Funderingstechnieken de opdracht voor het uitvoeren van een grondonderzoek aan de Schiedamsesingel 203-205 te Rotterdam. De resultaten van het grondonderzoek zijn in dit veldrapport opgenomen.

Uitgevoerd werden 2 diepsonderingen met meting van de plaatselijke mantelwrijving. Het resultaat van de sonderingen is gepresenteerd op de sondeergrafieken 01 en 02. De grondwaterstand lag tijdens het onderzoek op ca. 1,45 m-maaiveld. Opgemerkt wordt dat dit een éénmalige waarneming betreft en met nadruk dient te worden gesteld dat deze waarde slechts indicatief is. De diepte op de sondeergrafieken is gegeven in meters ten opzichte van NAP. De sondeerlocaties zijn uitgezet en ingemeten met dGPS-RTK en weergegeven in de bijgevoegde coördinatentabel en situatietekening T01.

De sonderingen zijn uitgevoerd met een elektrische conus met hellingmeter conform NEN-EN-ISO 22476-1. Met de elektrische conus vindt een directe en continue meting plaats van zowel de weerstand aan de conuspunt als van de wrijving langs de kleefmantel. De continue registratie van de ondervonden bodemweerstand verzekert een gedetailleerd beeld van de bodemopbouw. Dit geldt niet alleen voor de sterkte van de bodem, maar tevens met betrekking tot de aard van de aanwezige grondlagen.

De verhouding tussen wrijvingsweerstand en conusweerstand, het zogenaamde wrijvingsgetal, heeft namelijk voor iedere grondsoort een andere waarde. Als indicatie gelden voor de gladde elektrische conus bij normaal geconsolideerde gronden onder de grondwaterstand de navolgende relaties:

<u>wrijvingsgetal in %</u>	<u>grondsoort</u>
0,3 – 1,2	zand, grof tot fijn
1,5 – 2,0	silt
2,5 – 5,0	klei
> 5,0	veen

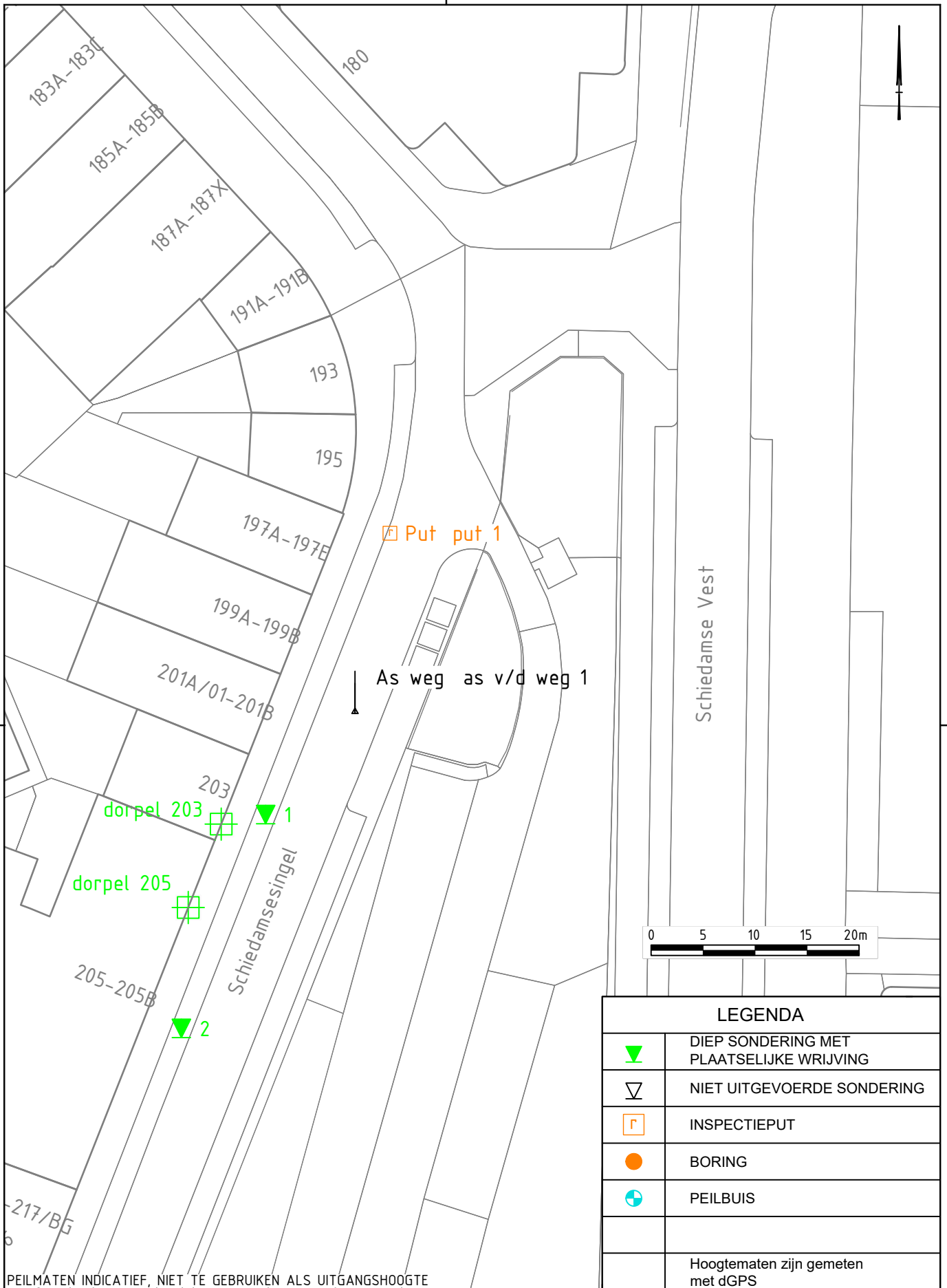
Tussen de verschillende grondsoorten komen overgangsvormen voor waardoor de aangegeven grenzen niet als hard zijn te beschouwen.

In de conus bevindt zich een hellingmeter waardoor een controle mogelijk is op een eventueel afwijken van de verticaal. De gemeten afwijkingen zijn gepresenteerd op de sondeergrafieken. Bijzondere afwijkingen zijn in het algemeen niet vastgesteld.

Alphen aan den Rijn, 3 maart 2021

GEOSONDA B.V.

ing. A.F. van der Burg
Directeur



PEILMATEN INDICATIEF, NIET TE GEBRUIKEN ALS UITGANGSHOOGTE

FUND. ONDZ. A/D SCHIEDAMSESINGEL
ROTTERDAM

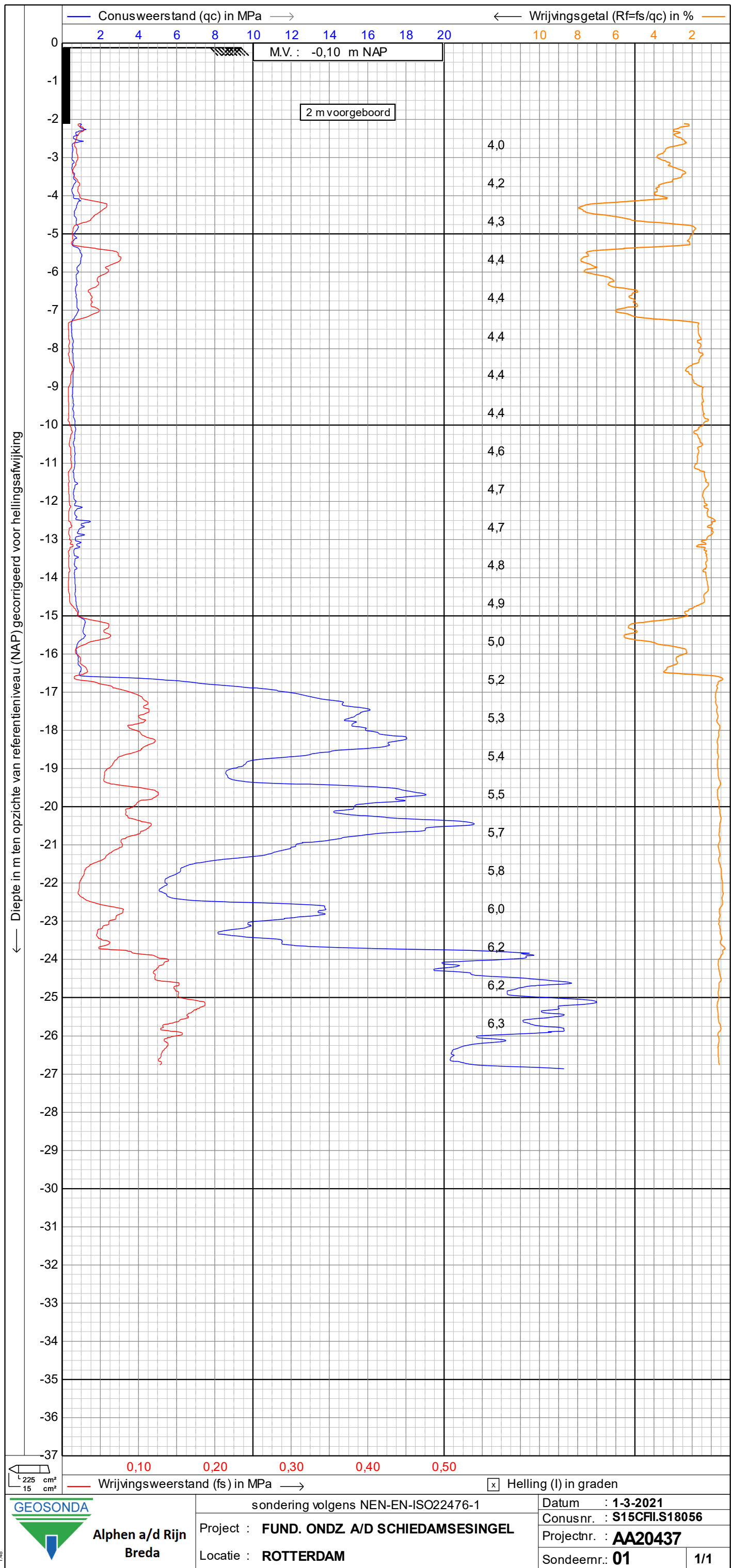
SITUATIE

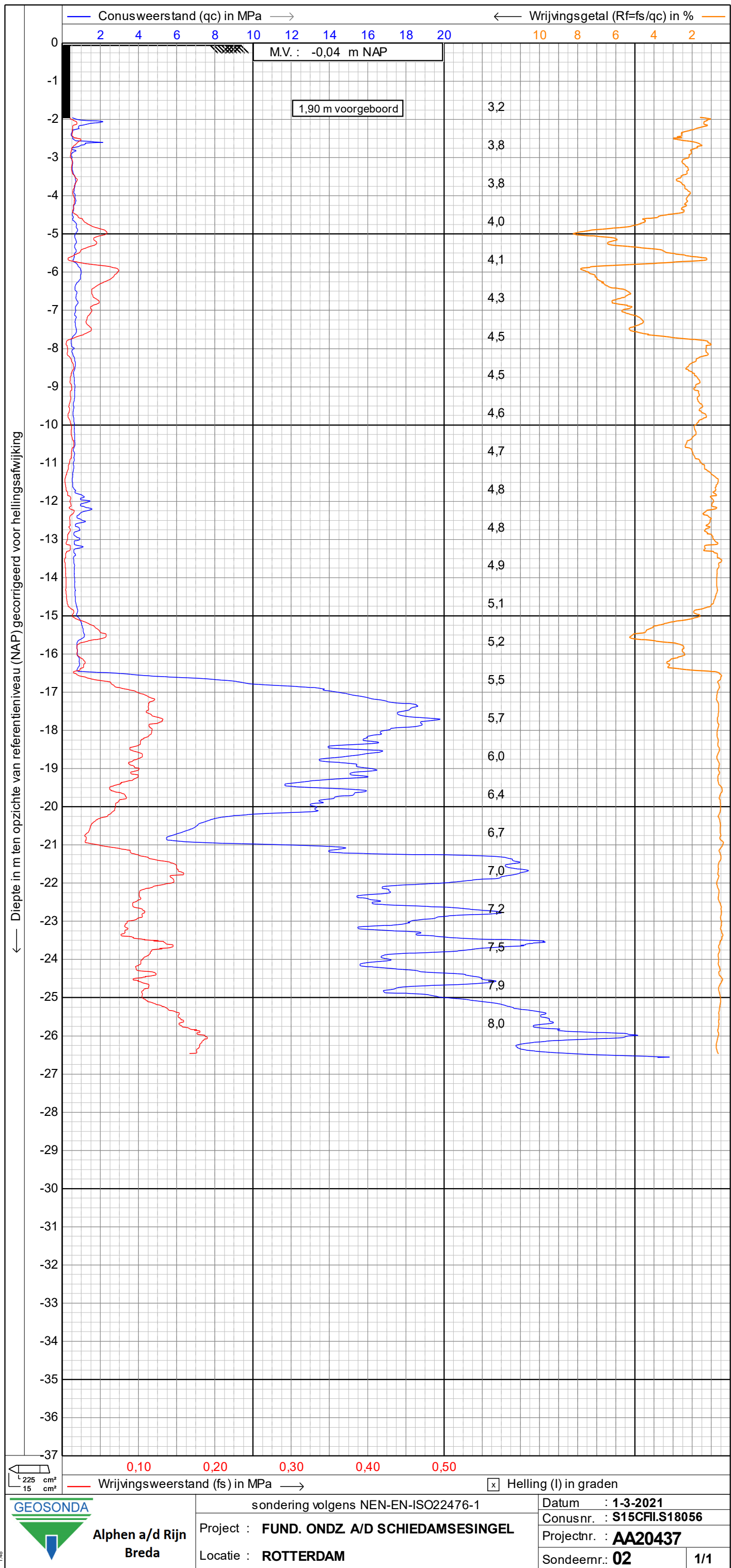
LEGENDA	
	DIEP SONDERING MET PLAATSELIJKE WRIJVING
	NIET UITGEVOERDE SONDERING
	INSPECTIEPUT
	BORING
	PEILBUIS
	Hoogtematen zijn gemeten met dGPS

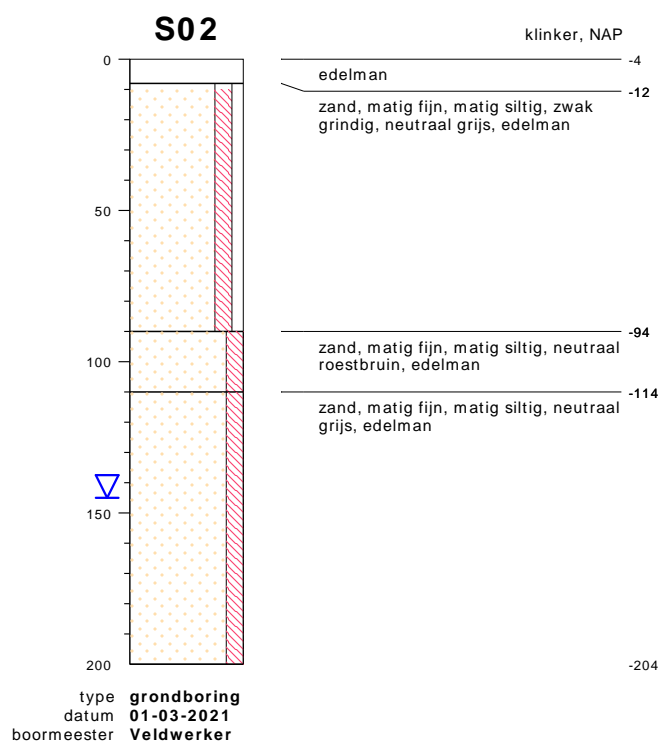
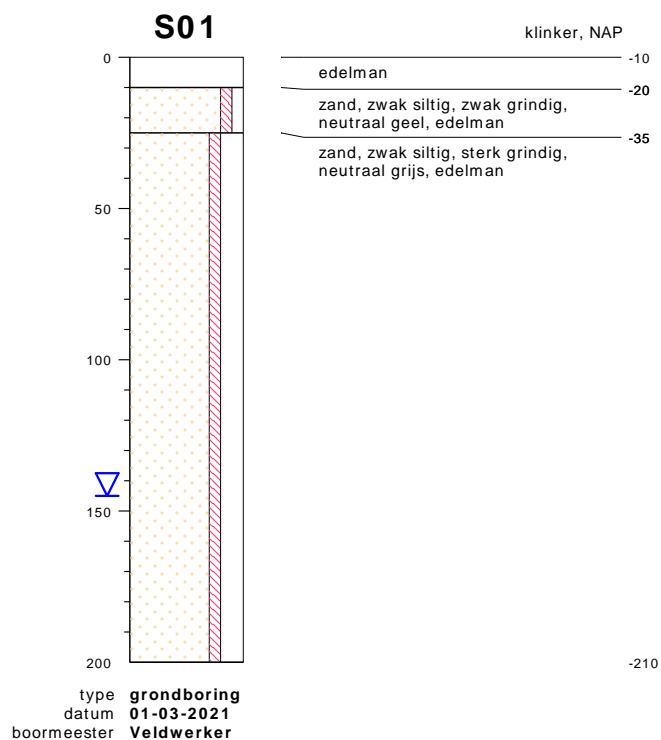


Alphen aan den Rijn
Breda

Datum:	03-03-2021	Projectnummer: AA20437
Schaal:	1: 500	
Getekend:	ATB	
Formaat:	A4	
		Tekeningnr: T01







bodemprofielen

onderzoek **FUND ONDERZOEK A/D SCHIEDAMSESINGEL**
 projectcode **AA20437 TE ROTTERDAM**
 getekend conform **NEN-EN-ISO 14688**

Bijlage B

Grondmechanisch draagvermogen op druk

Schroefinjectiepalen

GEOFUNDA

Project:	Funderingsherstel van panden aan de Schiedamsesingel 203-205 te Rotterdam
Opdrachtnummer:	GF20210582-00-00
Resultaten Draagkrachtberekening op druk	
Schroefinjectiepaal	
Diameter buis / schacht / schroefblad [mm]:	Dbuis / 350 / 350

Sondering	PPN [m t.o.v. NAP]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nk;rep [kN]	Fnk;d [kN]	Rc;net;d [kN]
1	-18.00	254	150	404	255	93	93	162
1	-18.25	259	182	441	278	93	93	185
1	-18.50	258	215	473	299	93	93	206
1	-18.75	259	245	504	318	93	93	225
1	-19.00	266	267	533	336	93	93	243
1	-19.25	306	286	592	374	93	93	281
1	-19.50	405	308	713	450	93	93	357
1	-19.75	390	340	730	461	93	93	368
1	-20.00	353	371	724	457	93	93	364
1	-20.25	277	402	679	429	93	93	336
1	-20.50	240	433	673	425	93	93	332
1	-20.75	212	464	676	427	93	93	334
1	-21.00	192	495	687	434	93	93	341
1	-21.25	184	521	705	445	93	93	352
1	-21.50	177	542	719	454	93	93	361
1	-21.75	174	557	731	461	93	93	368
1	-22.00	173	569	742	468	93	93	375
1	-22.25	178	581	759	479	93	93	386
1	-22.50	246	593	839	530	93	93	437
1	-22.75	250	616	866	547	93	93	454
1	-23.00	243	643	886	559	93	93	466
1	-23.25	246	665	911	575	93	93	482
1	-23.50	302	684	986	622	93	93	529
1	-23.75	456	710	1166	736	93	93	643
1	-24.00	477	743	1220	770	93	93	677
1	-24.25	501	776	1277	806	93	93	713
1	-24.50	581	809	1390	878	93	93	785
2	-18.00	344	166	510	322	94	94	228
2	-18.25	340	199	539	340	94	94	246
2	-18.50	355	232	587	371	94	94	277
2	-18.75	369	262	631	398	94	94	304
2	-19.00	293	292	585	369	94	94	275
2	-19.25	265	322	587	371	94	94	277
2	-19.50	227	350	577	364	94	94	270
2	-19.75	218	376	594	375	94	94	281
2	-20.00	209	402	611	386	94	94	292
2	-20.25	196	428	624	394	94	94	300
2	-20.50	190	446	636	402	94	94	308
2	-20.75	188	461	649	410	94	94	316
2	-21.00	308	474	782	494	94	94	400
2	-21.25	403	502	905	571	94	94	477
2	-21.50	416	535	951	600	94	94	506
2	-21.75	423	568	991	626	94	94	532
2	-22.00	424	601	1025	647	94	94	553
2	-22.25	431	634	1065	672	94	94	578
2	-22.50	466	667	1133	715	94	94	621
2	-22.75	485	700	1185	748	94	94	654
2	-23.00	484	733	1217	768	94	94	674
2	-23.25	517	766	1283	810	94	94	716
2	-23.50	535	799	1334	842	94	94	748
2	-23.75	536	832	1368	864	94	94	770
2	-24.00	529	865	1394	880	94	94	786
2	-24.25	565	898	1463	924	94	94	830
2	-24.50	572	931	1503	949	94	94	855

Bijlage C

Productblad Bruil Groutmortel GPM350

Bruil Groutmortel GPM350



Bruil groutmortel GPM350 is een fabrieksmatig vervaardigde cementgebonden droge mortel, geleverd op basis van gewichtsdosering.

Toepassing

Bruil groutmortel GPM350 is geschikt voor het vullen van groutankers en funderingspalen.

Voordelen

Ook leverbaar met Bruil Silo-service:

- > Constante homogene plastische groutspecie
- > Leverbaar met worm voor transport naar slurymenger
- > Geen afval op de bouwplaats
- > Snel en stofvrij mengen
- > Minder arbeidsintensief



Ca. 20 kg



Ca. 1.000 kg



Ca. 22.000 kg

Producteigenschappen

Bindmiddel	Cement	(NEN-EN 197-1)
Vulstof	Kalksteenmeel	(NEN-EN 13139)
Toevoegingen	Hulpstoffen	(NEN-EN 934-3)
Maximale korrel	mortel	< 200 µm
Waterbehoefte	48 ± 4,0%	
Volumieke massa		
bij 44% water (wcf 0,55)	1.830 ± 15 kg/m ³	
bij 48% water (wcf 0,60)	1.790 ± 15 kg/m ³	
bij 52% water (wcf 0,65)	1.760 ± 15 kg/m ³	
Verwerkingstijd	30 min	
Buig-treksterkte	≥ 5,0 N/mm ²	
Druksterkte	≥ 35 N/mm ²	

Gebruiksaanwijzing

Verwerking zakgoed

Doseer ca. 9 liter schoon leidingwater per zak van 20 kg (=wcf 0,56) in een schone kuip of speciemolen. Voeg hier de groutmortel aan toe. Meng machinaal tot een homogene vloeibare groutspecie ontstaat.

Verwerking silo

Maak gebruik van schoon leidingwater en stel de waterbehoefte op de doorstroommenger zodanig in tot de gewenste vloeivolumieke massa is verkregen.

Verwerk de groutspecie binnen 2 uur bij een omgevingstemperatuur van 5°C tot 30°C. Machines en gereedschap direct na gebruik reinigen met water.

Nabehandeling

Bescherm het specieoppervlak tegen ongunstige weersinvloeden (regen, tocht, vorst en zon) en in het bijzonder uitdroging door het bijvoorbeeld af te dekken met folie.

Verbruik

Het verbruik is sterk afhankelijk van de toepassing van het product.

- > Eén zak Bruil groutmortel GPM350 mortel van 20 kg levert ca. 16 liter groutspecie op.
- > De uitlevering in bulk per ton is afhankelijk van de waterdosering (zie tabel)

Wcf	Toevoeging water per ton (liter)	Totaal mengsel (liters)	Volumieke massa (kg/m ³)
0,38	300	651	1.996
0,44	350	702	1.923
0,50	400	752	1.861
0,56	450	803	1.806
0,63	500	853	1.758
0,69	550	904	1.715
0,75	600	954	1.676

indicatief mengselvolume en volumieke massa specie bij verschillende waterbehoeftes per ton droge mortel

Ecologie/ toxicologie

Bij normaal gebruik levert het product geen gevaar op voor mens en milieu. De verpakking helemaal leegmaken, productresten laten drogen en/of verharden en als normaal bouwafval afvoeren.

Veiligheidsvoorschriften

Van alle Bruil beton & mix producten is een separaat veiligheidsinformatieblad beschikbaar. Neem deze informatie altijd van tevoren door. Niet in combinatie met andere middelen gebruiken tenzij nadrukkelijk vermeld in deze documentatie.

Leveringsvorm

Bruil groutmortel GPM350 wordt geleverd in de volgende verpakkingseenheden:

Verpakking	Gewicht	Equipment
Zakgoed	20 kg	N.v.t
Bigbag	1.000 kg	N.v.t
Silo	22.000 kg	D100b, SMP, D150 (nat) Schuine worm (droog)

Opslag en houdbaarheid

Bruil groutmortel GPM350 droog en vorstvrij opslaan. In ongeopende verpakking minimaal 1 jaar na productiedatum houdbaar (zie zijkant verpakking of afleverbon).

Overige informatie

De informatie berust op onze huidige kennis en ervaring en is van toepassing op het product zoals door ons geleverd. Bruil beton & mix verstrekt deze informatie zonder waarborg en aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor schade welke zou kunnen ontstaan uit het gebruik van deze informatie. Dit product is speciaal bedoeld voor de professionele verwerker.

Keurmerken

Bruil groutmortel GPM350 wordt geleverd onder het KOMO certificaat conform BRL 1904 en is gecertificeerd conform Besluit Bodem Kwaliteit.



734-jj-f



734-jj-BBK
vormgegeven
bouwstof

Vragen en advies

Voor vragen of deskundig advies kunt u contact opnemen met onze technisch adviseurs. Voor overige informatie, prestatieverklaringen of andere Bruil producten verwijzen wij u graag naar onze website www.bruil.nl

Bijlage D

Paaltechnische berekening

Paaltechnische berekening

Project: Funderingsherstel van panden aan de Schiedamsesingel 203-205 te Rotterdam
Opdrachtnummer: GF20210582-00-00
Omschrijving: Paaltechnische berekening
Toetsen buis $\varnothing 114,3 \times 10$
Kopplaat $\varnothing 350$ mm dik 35 mm

GEOFUNDA
Adviesbureau voor grondmechanica en funderingstechnieken

Uitgangspunten

Gegeven stalen buis

Paaltype		Schroefinjectiepaal
Buisprofiel		B 114,3 x 10
Diameter stalen buis	$D_{ia;buis}$	114,3 mm
Minimale wanddikte	t_{buis}	10 mm
Staalkwaliteit	S355	f_{yd} 355 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus		E 210000 N/mm ²
Corrosiesnelheid	50 jaar	$t_{corrosie/jaar}$ 0,012 mm/jaar
	enkelzijdige corrosie	$t_{corrosie}$ 0,6 mm
Gereduceerde wanddikte		$t_{buis;red}$ 9,4 mm
Oppervalkte buis		A_{buis} 3277 mm ²
Gereduceerde oppervlakte		$A_{buis;red}$ 3062 mm ²
Traagheidsmoment		$I_{buis;red}$ 4,15E+06 mm ⁴
Elast. Weerstandsmoment staal		$W_{y;el;red}$ 8,80E+04 mm ³
Plast. Weerstandsmoment staal		$W_{y;pl;red}$ 1,01E+05 mm ³
Statisch moment		S_y 7,26E+04 mm ³

Gegevens beton (Grout)

Betonkwaliteit		C20/25
Consistentiegebied		F4
Milieuklasse		XC2
Betondekking op wapening	c_{nom}	30 mm
Diameter beton	$D_{ia;c}$	94,3 mm
Omtrek betondoorsnede	O_c	296 mm
Oppervlakte betondoorsnede	A_c	6984 mm ²
Weerstandsmoment beton	W_c	82326 mm
Traagheidsmoment beton	I_c	3,88E+06 mm ²
	f_{cd}	13,33333 N/mm ²
	E_{cm}	29962 N/mm ²
	E_f	3600 N/mm ² (vlg NEN-EN 1992-1-1 Tabel NB-1)

Opgegeven belastingen

Maximale belasting per paal op paalkop niveau volgens opgave

$N_{Ed} =$	450 kN	Aangehouden exentriciteit	50 mm
$N_{t;Ed} =$	0 kN		
$H_{Ed} =$	0 kN		
$M_{Ed;kop} =$	0 kNm		
$M_{Ed;tot} =$	22,5 kNm		

Paaltechnische berekening

Project: Funderingsherstel van panden aan de Schiedamsesingel 203-205 te Rotterdam
Opdrachtnummer: GF20210582-00-00
Omschrijving: Paaltechnische berekening
Toetsen buis $\varnothing 114,3 \times 10$
Kopplaat $\varnothing 350$ mm dik 35 mm

GEOFUNDA
Adviesbureau voor grondmechanica en funderingstechnieken

Toetsen buis

Verdeling krachten stalen buis/beton

Normaalkracht	als: $\delta_{\text{staal}} = \delta_{\text{beton}}$				
Staal:	$A \cdot E$	6,43E+08	96,24%	$N_{\text{Ed;staal}} =$	433,1 kN
Beton:	$A \cdot E$	$\frac{2,51E+07 + 6,68E+08}{6,68E+08}$	3,76%	$N_{\text{Ed;beton}} =$	16,9 kN
Dwarskracht	Er wordt aangenomen dat alle dwarskracht opgenomen wordt door de stalen buis				
Moment	als: $\kappa_{\text{staal}} = \kappa_{\text{beton}}$				
Staal:	$E \cdot I$	8,72E+11	98,42%	$M_{\text{Ed;staal}} =$	22,1 kNm
Beton:	$E \cdot I$	$\frac{1,40E+10 + 8,86E+11}{8,86E+11}$	1,58%	$M_{\text{Ed;beton}} =$	0,4 kNm

Weerstandscapaciteit stalen buis

Doorsnede klasse	S355			$\epsilon =$	0,81
Elastisch	$12,16 \leq$	33 doorsnedeklasse 1		$\epsilon^2 =$	0,66
Drukkracht	$N_{\text{c;Rd}} = A_{\text{buis;red}} \cdot f_y / \gamma_{\text{M0}} =$	1087,1 kN	U.C. =	450/1087,	0,41
Trekkracht	$N_{\text{t;Rd}} = A_{\text{buis;red}} \cdot f_y / \gamma_{\text{M0}} =$	1087,1 kN	U.C. =	0/1087,1=	0,00
Dwarskracht	$A_v = 2 \cdot A_{\text{buis;red}} / \pi$	1950 mm ²			
	$\tau_{\text{Ed}} = V_{\text{Ed}} \cdot S / I \cdot t =$	0 N/mm ²			
	$\tau_{\text{Ed}} / f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{\text{M0}} < 1,0$	0,00 < 1,0		Voldoet	
Moment	$M_{\text{el;Rd}} = W_{\text{el;red}} \cdot f_y / \gamma_{\text{M0}} =$	31,2 kNm	U.C. =	22,5/31,2=	0,72

Controle combinatie buiging en dwarskracht

Volgens art. 6.2.8(2) mag bij $V_{\text{Ed}} < 0,5 \cdot V_{\text{y,Rd}}$ de invloed van dwarskracht op het momentweerstand verwaarloosd worden.

$\tau_{\text{Ed}} < 0,5 \cdot f_y / \sqrt{3}$ $0,0 < 102,5 \text{ N/mm}^2$ Geen combinatie benodigd

Paaltechnische berekening

Project: Funderingsherstel van panden aan de Schiedamsesingel 203-205 te Rotterdam
 Opdrachtnummer: GF20210582-00-00
 Omschrijving: Paaltechnische berekening
 Toetsen buis Ø114,3x10
 Kopplaat Ø 350 mm dik 35 mm

GEOFUNDA
 Adviesbureau voor grondmechanica en funderingstechnieken

Berekening kopplaat

In onderstaande berekening wordt de kopplaat getoetst. Hierbij wordt voor het bepalen van het buigend moment gebruik gemaakt van Timoshenko E/A: Theory of Shell and plates.

Gegevens kopplaat:

Type kopplaat **Kopplaat buis in buis**
 Dia_{kopplaat} **350 mm**
 t_{kopplaat} **35 mm**
 r_{kopplaat} **175 mm**
 staalkwaliteit kopplaat **S355**
 f_{yd;kopplaat} **355 N/mm²**

Gegevens stalen buis:

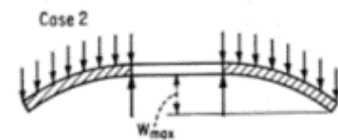
Buisprofiel **B 114,3 x 10**
 Dia_{buis} **114 mm**
 t_{buis} **10 mm**
 r_{buis} **57,15 mm**
 staalkwaliteit buis **S355**
 f_{yd;buis} **355 N/mm²**
 O_{buis} **359 mm**

F_{Ed} = **450 kN** (paalbelasting)
 A_{kopplaat + buis} = **96211 mm²**
 q = F_{Ed} / A_{kopplaat + buis} = **4,68 N/mm²**
 A_{kopplaat} = **85950 mm²**

m.b.v. tabel 3 blz. 62 en case 3 a/b = R/r **3,06**
 k = **2,2**

TABLE 3. COEFFICIENTS k AND k_1 IN EQS. (75) AND (76) FOR THE TEN CASES SHOWN IN FIG. 36

a/b =	1.25		1.5		2		3		4		5	
Case	k	k ₁	k	k ₁	k	k ₁	k	k ₁	k	k ₁	k	k ₁
1	1.10	0.341	1.26	0.519	1.48	0.672	1.88	0.734	2.17	0.724	2.34	0.704
2	0.66	0.202	1.19	0.491	2.04	0.902	3.34	1.220	4.30	1.300	5.10	1.310
3	0.135	0.00231	0.410	0.0183	1.04	0.0938	2.15	0.293	2.99	0.448	3.69	0.564
4	0.122	0.00343	0.336	0.0313	0.74	0.1250	1.21	0.291	1.45	0.417	1.59	0.492
5	0.090	0.00077	0.273	0.0062	0.71	0.0329	1.54	0.110	2.23	0.179	2.80	0.234
6	0.115	0.00129	0.220	0.0064	0.405	0.0237	0.703	0.062	0.933	0.092	1.13	0.114
7	0.592	0.184	0.976	0.414	1.440	0.664	1.880	0.824	2.08	0.830	2.19	0.813
8	0.227	0.00510	0.428	0.0249	0.753	0.0877	1.205	0.209	1.514	0.293	1.745	0.350
9	0.194	0.00504	0.320	0.0242	0.454	0.0810	0.673	0.172	1.021	0.217	1.305	0.238
10	0.105	0.00199	0.259	0.0139	0.480	0.0575	0.657	0.130	0.710	0.162	0.730	0.175



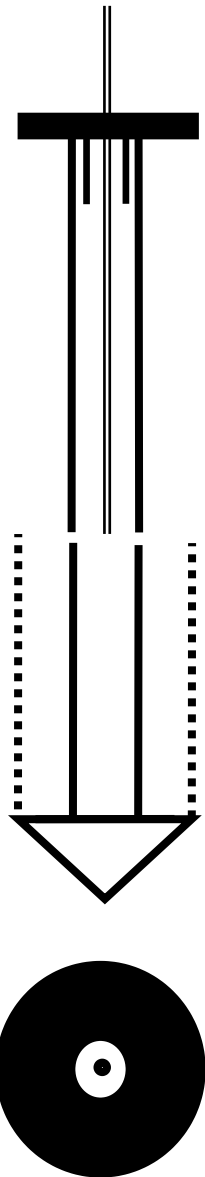
Maximaal spanning t.g.v. buigendmoment $\sigma_{Ed,max} = k * (q * r^2) / t_{kop}^2 =$ **257,2 N/mm²**
 (vlgs Theory of plates):

Maximale spanning t.g.v. dwarskracht: V_{Ed} = q * A_{kopplaat} = **402,0 kN**
 $\tau_{Ed} = V_{Ed} / O_{buis} * t_{kop} =$ **32,0 N/mm²**

Gecombineerde spanning toets (volgens Von Mises): $\sigma_{Ed,comb} = \sqrt{(\sigma_{Ed,max}^2 + 3 * \tau_{Ed}^2)}$
 $\sigma_{Ed,comb} =$ **263** ≤ **355 N/mm²** **Voldoet**

Bijlage C

Paaltekening schroefinjectiepaal: Ø 114 / 350 / 350 mm



Stalen buis		
Diameter buis	:	114,3 mm
Wanddikte buis	:	10 mm
Staalkwaliteit	:	S335
Kopplaat	:	
Diameter	:	350 mm
Dikte	:	35 mm
Staalkwaliteit	:	S335
Paalwapening		
Staalkwaliteit	:	B500B
Wapening	:	1Ø12
Lengte	:	2,4 m
In de paal	:	2,0 m
Steklengte	:	0,4 m
Vulling buis	:	Grout
Betonkwaliteit (aanname)	:	C20/25
Milieuklasse	:	XC2
Rondom buis	:	Grout vermengd met zand
Diameter schacht	:	350 mm
Aanwezig van	:	-16,5 m t.o.v. NAP
Aanwezig tot	:	Paalpuntniveau
Diameter schroefblad		350 mm

Principe tekening