

Aan : [redacted] en [redacted]
 Van : [redacted]
 CC : [redacted], [redacted] en [redacted]

Datum : 15-02-2023
 Project : Herstel Prinses Margrietunnel (W23-003)
 Versie : 1.0

Betreft : Voorstel uitvoering bezwijkproeven op Gewi palen

1 INLEIDING

Op 13 december is een moot op Rijksweg A7 en het Prinses Margrietunnel bestaat uit Vibro-palen Ø450mm met een draagvermogen van 36mm. Het is onduidelijk wat de draagvermogen is.

Om de Prinses Margrietunnel wille alle moten die op trek zijn belast Gewi palen voorzien. Om het aantal palen te beperken is gekozen om uit te wijzen van een geoptimaliseerd paalplan. De bezwijkproeven worden opgesteld om te controleren of de draagvermogen van de palen voldoende is om de aangehouden veerstijfheid te controleren vanwege de (mogelijk) afwijkende diameter van de staaf en afwijkende korrelspanning (i.e. proeven uitgevoerd vanaf huidig maaiveld).

Zonder uitvoering van bezwijkproeven dient een alpha;t van 1,1% aangehouden te worden. Vooruitlopend op de bezwijkproeven houden we nu 1,7% aan. Bezwijkproeven zullen uitwijzen wat de daadwerkelijke alpha;t gaat zijn. Gezien de grondslag verwacht ik dat een alpha;t van 2 a 2,2% mogelijk is. Na de proeven besluiten in overleg met welke alpha;t de DO berekeningen uitgevoerd gaan worden. Voor de huidige berekeningen is 1,7% een prima vertrekpunt. De kans op een significant lagere waarde dan 1,7% is klein.

De tunnel is een kruising tussen de oost- en westoostelijke tunnel. De bestaande fundering bestaat uit een centrale Diwidag staaf Ø32 á 36mm met moten die op trek zijn belast.

De draagvermogen van de palen voor verkeer is besloten om de draagvermogen te beperken. Voor het funderingsherstel zijn de draagvermogen te beperken is gekozen om uit te wijzen van een geoptimaliseerd paalplan. De bezwijkproeven worden opgesteld om te controleren of de draagvermogen van de palen voldoende is om de aangehouden veerstijfheid te controleren vanwege de (mogelijk) afwijkende diameter van de staaf en afwijkende korrelspanning (i.e. proeven uitgevoerd vanaf huidig maaiveld).

Om met hogere at (trek) en at (druk) te mogen ontwerpen dan de ondergrens waarde van 1,1% dienen bezwijkproeven voorafgaand aan de realisatie van de productiepalen uitgevoerd te worden. Op basis van het verwachte paalpuntniveau en de bodemgesteldheid wordt het draagvermogen ontleent aan twee geologisch onderscheiden formaties (Drachten en Hb). Om de draagvermogen te controleren is er een voorstel om in totaal 6 bezwijkproeven uit te voeren, waarvan 3 op hoger en 3 op de huidige maaiveld.

Zal ik verwerken in de volgende versie als ik al het reviewcommentaar binnen heb.

In Figuur 1 zijn de twee beoogde locaties voor de bezwijkproeven uit te voeren weergegeven. Beide proeflocaties zijn gelegen aan de zuidoostzijde van de tunnel. De reden om voor twee locaties te kiezen heeft te maken dat bij de noordelijk gelegen locatie de ondergrond verstoord lijkt te zijn tot NAP -20 m door bouwwerkzaamheden in het verleden (zie sondering DKMP-B16). Aanvullend grondonderzoek zal aantonen of dit effect lokaal is of het gehele terrein tot een diepte van NAP -20 m afwijkt. Op deze meer noordelijk gelegen locatie zal in ieder geval het draagvermogen van de palen tot NAP -40 m beproefd worden. Op de meer zuidelijk gelegen locatie is de formatie onder de tunnel (sondering DKMP-A14), echter het maaiveld ter plaatse is lager. De beschikbare stelling zal maximaal paallengtes gemaakt worden tot NAP -40 m.

We beproeven grondlagen die onder tunnel liggen. We beheersen dit risico door eerst sonderingen ter plaatse uit te voeren (bij elke proefpaal).

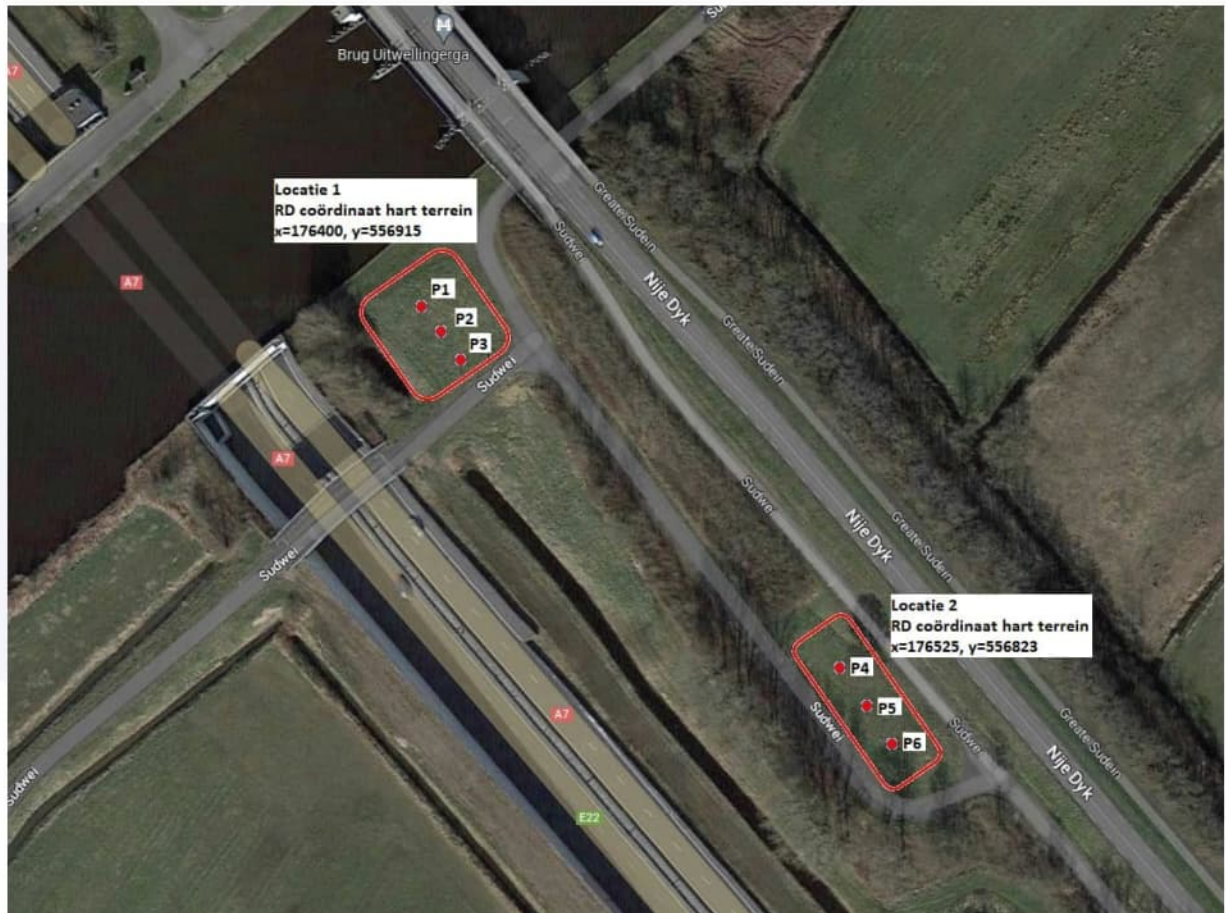
Wat deze locatie geschikt maakt is dat beide locaties voldoende groot zijn, niet op particulier terrein liggen, buiten het beïnvloedingsgebied van de wanden van de bestaande tunnel gesitueerd zijn, logistiek goed te bereiken zijn, en op basis van de beschikbare sonderingen qua bodemopbouw representatief geven voor de gehele tunnel.

Om de geschiktheid van de locaties dienen de onderstaande zaken te worden bevestigd:

- Toestemming voor gebruik terrein → eigenaar gemeente Súdwest Fryslân
- KLIC melding → is de locatie vrij van kabels en leidingen?
- Locatie specifiek grondonderzoek → bij elke paal een klasse 2 sondering tot NAP -30 m, en bij elke locatie één mechanische boring tot NAP -30 m waarop 10 korrelverdelingen (zandfractie) en 10 korrelvorm bepalingen conform Powers zijn uitgevoerd

De onderstaande memo gaat verder op de opzet van de proefbelasting en een diverse zaken die relevant zijn voor uitvoering van de bezwijkproeven.

We voeren de bezwijkproeven uit op grondlagen boven de NAP -30 m (zie Tabel 1). Voor de proefpalen heeft het sonderen tot NAP -40 m geen grote meerwaarde. Voor de productiepalen zijn wel sonderingen tot dit niveau benodigd.



Figuur 1 – Locatie bezwijkproeven

2 BODEMOPBOUW EN GRONDWATERSTANDEN

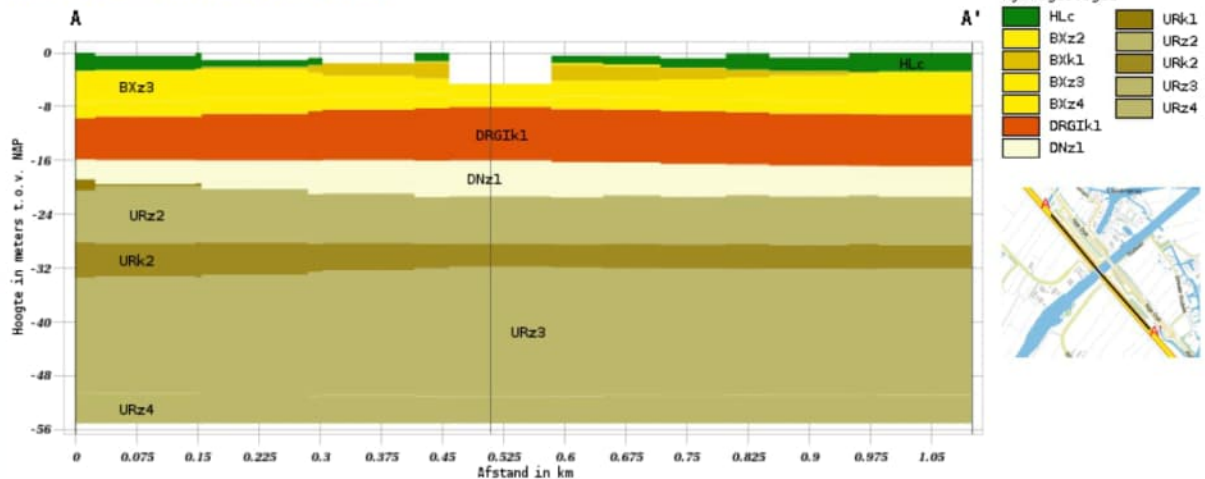
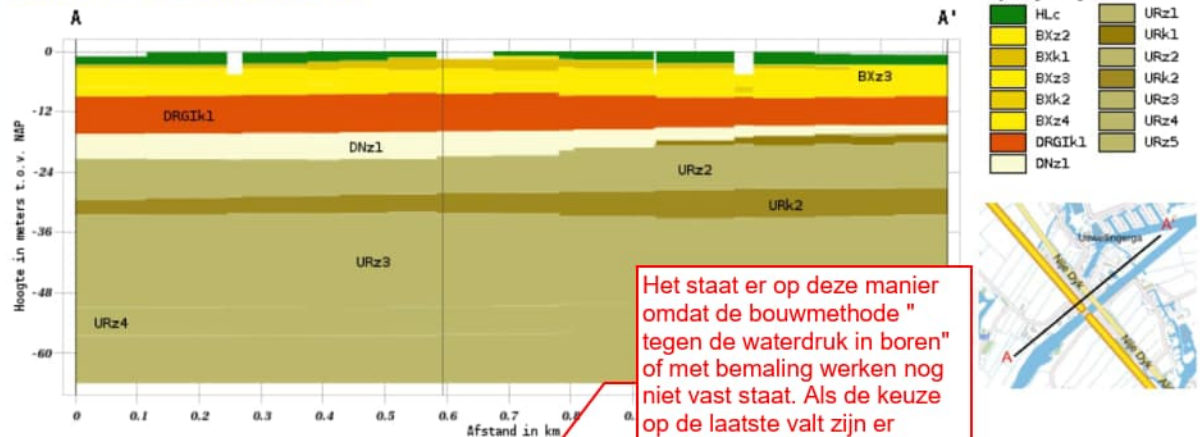
Het maaiveldniveau op de meer noordelijk gelegen locatie is NAP +0,7 m (proeflocatie P1 t/m P3). De zuidelijke locatie (proeflocatie P4 t/m P6) ligt het maaiveld hoger op NAP +4,5 m.

Bodemopbouw ter plaatse bestaat uit een zandige toplaag van 1 m. Tot NAP -3 m wordt een cohesieve grondlaag aangetroffen die hoofdzakelijk uit veen bestaat (Holoceen). Onder deze laag bevindt zich een matige gepakte zandlaag tot NAP -7,5 m behorend bij de formatie van Boxtel. Daaronder is een laag keileem aanwezig tot niveau van NAP -13 á -14 m behorend bij de formatie van Drenthe. Daaronder bevinden zich verschillende **Pleistocene zandlagen** waar de Gewi palen draagvermogen aan ontlene. Startend met de formatie van Drachten tot een niveau van ca. NAP -21 m, een vast tot zeer vast gepakte zandlaag met conusweerstand oplopend tot 80 MPa. Onder deze laag start de formatie van Urk, een overwegend matig gepakte zandlaag met lokaal kleiige stoorlaagjes. In Figuur 2 is te zien dat de bodemopbouw die wordt aangetroffen in de reeds uitgevoerde sonderingen komt overeen met de bodemopbouw in de openbare database Regis.

Zal ik opnemen in 2.0 versie.

Het poederpeil op de locaties waar bezwijkproeven zijn voorzien is NAP -1,25 m. De gemiddelde stijghoogte in de Pleistocene zandlagen is NAP -1,23. In natte perioden kan de stijghoogte oplopen tot NAP -0,39 m (d.w.z. een kwel situatie). Vanwege het feit dat de stijghoogte hoger kan zijn dan de freatische grondwaterstand wordt er niet geboord met water, maar met een groutmengsel met een volumiek gewicht van **11 á 12 kN/m³**.

Klopt minimaal 11 kN/m³. D.w.z. inboren met een WCF van ca. 2

Verticale Doorsnede BRO REGIS II v2.2

Verticale Doorsnede BRO REGIS II v2.2


Het staat er op deze manier omdat de bouwmethode "tegen de waterdruk in boren" of met bemaling werken nog niet vast staat. Als de keuze op de laatste valt zijn er andere mogelijkheden rondom het paalsysteem.

Figuur 2 – Doorsneden DINO loket Regis

3 OPZET PROEFBELASTING

Het uitgangspunt voor de bezwijkproeven is dat hetzelfde type Gewi palen wordt toegepast als voor de productiepalen. De Gewi palen worden middels een sluisconstructie tegen de waterdruk in geboord. Conform CUR 236 betreft het Gewi type A (dubbele buis inwendig gespoelboorde ankerpaal) waarbij de boorbuis een diameter heeft van $\varnothing 178\text{mm}$, de binnenbuis heeft een buiten-/binnendiameter van respectievelijk $\varnothing 133\text{mm}$ en $\varnothing 108\text{mm}$. De Gewi palen worden afgeperst met 10 bar. Dit resulteert in een ankerlichaam van $\varnothing 200\text{mm}$. De toegepaste Gewi staaf tijdens de proef is Gewi+ $\varnothing 63,5\text{mm}$. De vrije ankerlengte dient voorzien te worden van een HDPE omhullingsbuis. In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de Gewi palen die worden beproefd.

Tabel 1 – Overzicht proefpalen

Paal nummer [-]	Gewi type [-]	Diameter staaf [mm]	Diameter boorbuis [mm]	Vrije ankerdeel [NAP +]	Prop te beproeven [NAP +m]
P-1	A	Gewi+ $\varnothing 63,5$	178	+0,7 / -22,0	-22,0 / -28,0
P-2	A	Gewi+ $\varnothing 63,5$	178	+0,7 / -22,0	-22,0 / -28,0
P-3	A	Gewi+ $\varnothing 63,5$	178	+0,7 / -22,0	-22,0 / -28,0
P-4	A	Gewi+ $\varnothing 63,5$	178	+4,5 / -16,0	-16,0 / -21,0
P-5	A	Gewi+ $\varnothing 63,5$	178	+4,5 / -16,0	-16,0 / -21,0
P-6	A	Gewi+ $\varnothing 63,5$	178	+4,5 / -16,0	-16,0 / -21,0

Proefpalen belasten tot we tot bezwijken van de grond, hierbij is R63,5 een noodzaak.

Voor de productiepalen is R50 of mogelijk R57,5 (uitsluitel leverancier volgt volgende week) de bovengrens wat past in de binnenbuis i.v.m. toepassing van dubbele corrosiebescherming. Bij de proefpalen wordt geen dubbele corrosiebescherming toegepast, alleen een thyleen buis om de vrije ankerlengte.

Opgemerkt wordt dat voor de bezwijkproeven Gewi+ Ø63,5 staven worden gehanteerd. Dit wijkt mogelijk af van de toegepaste staaf bij de productiepalen. Dit is toegestaan en wordt veroorzaakt door de hogere testbelasting in de bezwijkproef. De staaf heeft immers geen invloed op het grondmechanisch draagvermogen.

Conform de CUR236 is de maximaal toegestane testbelasting op een Gewi+ Ø63,5 ankerstaaf.

$$F_{test,max} = 0,95 * f_y * A_s = 0,95\% * 2122 = 2122 \text{ kN}$$

Waarin:

f_y = vloeigrens van het ankerstaaf [N/mm²]
 A_s = maatgevende staaldoorsnede [N/mm²]

In deze formule is iets fout gegaan, staaf blijft ongewijzigd.

$$F_{test,max} = 0,95 * 670 \text{ N/mm}^2 * 3167 \text{ mm}^2 * 10^{-3} = 2016 \text{ kN}$$

De bruto verwachtingswaarde (F_p) waarop grondmechanisch volgt bepaald.

Testlocatie noord (proefpalen P1 t/m P3)

$$F_p = \pi * D * \alpha_t * L_{prop} * q_{c,gem} = \pi * 0,2 \text{ m} * 0,025 * 6,0 \text{ m} * 17.000 \text{ kN/m}^2 = 1602 \text{ kN}$$

1,7% is huidig vertrekpunt voordat bezwijkproeven zijn uitgevoerd. Bij een bezwijkproeven willen we tot bezwijken belasten (i.e. kruipmaat groter dan 2 mm). 2,5% is maximaal toegestane waarde conform CUR236.

Sportlaan (conusweerstand gemiddelde van sonderingen S-T-04 t/m S-T-06)

$$F_p = \pi * D * \alpha_t * L_{prop} * q_{c,gem} = \pi * 0,2 \text{ m} * 0,025 * 5,0 \text{ m} * 20.000 \text{ kN/m}^2 = 1571 \text{ kN}$$

Waarin:

$\pi * D$ = omtrek ankerlichaam [m]

α_t = wrijvingsfactor op trek, maximale waarde 2,5% [-]

L_{prop} = verankeringslichaam waar draagkracht aan wordt ontleent [m]

$q_{c,gem}$ = gemiddelde conusweerstand over het deel waar draagkracht aan wordt ontleent, waarbij conusweerstand op 20.000 kN/m² begrensd dient te worden [kN/m²]

Voor het uitvoeren van de bezwijkproeven is de CUR236 (2011) als richtlijn gehanteerd. Bij aanvang dient een initiële kracht van 100 kN aangebracht te worden om ongewenste speling in het meetsysteem uit te schakelen. Vervolgens wordt de kracht opgevoerd in stappen van 40%, 55%, 70%, 80%, 90%, 100% en 110% van de bruto verwachtingswaarde (F_p). Er dient doorgegaan te worden tot grondmechanisch bezwijken van de paal of het bereiken van de maximaal toegestane testbelasting. Na iedere stap wordt weer ontlast tot de initiële kracht (100 kN). Tijdens het constant houden van de belastingen worden de paalkopverplaatsingen digitaal vastgelegd.

Correct, CUR236 2e druk

In Tabellen 2 en 3 zijn de belastingstappen weergegeven voor de bezwijkproeven.

Tabel 2 – Belastingstappen bezwijkproeven proefpalen P1 t/m P3

Belastingstappen [-]	Belasting [kN]	Belastingduur [min]	
Initiële belasting	100	5	
Stap 1 (40% F_p)	641	15	meting met 15 minuten verlengen indien de gemeten verplaatsing tussen 7 en 15 minuten groter is dan 0,66 mm
Stap 2 (55% F_p)	882	15	meting met 15 minuten verlengen indien de gemeten verplaatsing tussen 7 en 15 minuten groter is dan 0,66 mm
Stap 3 (70% F_p)	1121	30	meting met 30 minuten verlengen indien de gemeten verplaatsing tussen 15 en 30 minuten groter is dan 0,6 mm
Stap 4 (80% F_p)	1282	30	meting met 30 minuten verlengen indien de gemeten verplaatsing tussen 15 en 30 minuten groter is dan 0,6 mm
Stap 5 (90% F_p)	1442	30	meting met 30 minuten verlengen indien de gemeten verplaatsing tussen 15 en 30 minuten groter is dan 0,6 mm
Stap 6 (100% F_p)	1602	60	meting met 60 minuten verlengen indien de gemeten verplaatsing tussen 30 en 60 minuten groter is dan 0,6 mm
Stap 7 (110% F_p)	1762	60	meting met 60 minuten verlengen indien de gemeten verplaatsing tussen 30 en 60 minuten groter is dan 0,6 mm

In paragraaf 5.3.10 van de Ontwerpbasis is opgenomen hoe omgegaan wordt met ROK eisen 903 en 904. Bij de uitwerking van de bezwijkproeven wordt hier nader op ingegaan.

Tabel 3 – Belastingstappen bezwijkproeven proefpalen P4 t/m P6

Belastingstappen [-]	Belasting [kN]	Belastingduur [min]	Toegestane verlenging
Initiële belasting	100	5	Geen
Stap 1 (40% Fp)	628	15	meting met 15 minuten verlengen indien de gemeten verplaatsing tussen 7 en 15 minuten groter is dan 0,66 mm
Stap 2 (55% Fp)	864	15	meting met 15 minuten verlengen indien de gemeten verplaatsing tussen 7 en 15 minuten groter is dan 0,66 mm
Stap 3 (70% Fp)	1100	30	meting met 30 minuten verlengen indien de gemeten verplaatsing tussen 15 en 30 minuten groter is dan 0,6 mm
Stap 4 (80% Fp)	1257	30	meting met 30 minuten verlengen indien de gemeten verplaatsing tussen 15 en 30 minuten groter is dan 0,6 mm
Stap 5 (90% Fp)	1414	30	meting met 30 minuten verlengen indien de gemeten verplaatsing tussen 15 en 30 minuten groter is dan 0,6 mm
Stap 6 (100% Fp)	1571	60	meting met 60 minuten verlengen indien de gemeten verplaatsing tussen 30 en 60 minuten groter is dan 0,6 mm
Stap 7 (110% Fp)	1728	60	meting met 60 minuten verlengen indien de gemeten verplaatsing tussen 30 en 60 minuten groter is dan 0,6 mm

Naast gemeten verlengingen dient de kruipmaat (k_s) analoog aan wandankers kleiner te zijn dan 2 mm. Bij een waarde boven de 2 mm wordt grondmechanisch bezwijken verondersteld.

$$k_s \geq \frac{u_2 - u_1}{\log \frac{t_2}{t_1}}$$

Waarin:

u_1 = gemeten verlenging op tijdstip t_1 [mm]

u_2 = gemeten verlenging op tijdstip t_2 [mm]

Indien de variatiecoëfficiënt tussen de proeven groter is dan 12% dient met de ondergrenswaarde gerekend te worden

Op basis van de aangetoonde bezwijkbelasting kunnen de wrijvingseigenschappen conform paragraaf 10.9 van de CUR236 worden afgeleid.

4 AANDACHTSPUNTEN UITVOERING

Voor de uitvoering van de bezwijkproeven zijn de onderstaande punten van belang:

- Het uitvoeren van een Klic melding.
- Het uitvoeren van grondonderzoek om geschiktheid locatie definitief vast te stellen, dit betreft:
 - Bij elke paal een klasse 2 sondering tot NAP -30 m
 - Bij elke locatie één mechanische boring tot NAP -30 m waarop 10 korrelverdelingen (zandfractie) en 10 korrelvorm bepalingen conform Powers zijn uitgevoerd
- Om wrijvingsverliezen langs de vrije lengte tot een minimum te beperken wordt een HDPE omhullingsbuis toegepast te worden.
- Er dient rekening gehouden te worden met weersinvloeden die een invloed kunnen hebben op de metingen (i.e. harde wind).
- Tijdens het beproeven van de testpalen dienen in de nabijheid geen werkzaamheden plaats te vinden die trillingen veroorzaken.
- Tijdens de uitvoering van de bezwijkproeven is deskundig toezicht aanwezig te zijn welke de uitvoering en registratie van de bezwijkproeven controleert.
- Testpalen niet eerder belasten dan 14 dagen na installatie.
- Bezwijkproeven wordt uitgevoerd op een schottenplateau bestaande uit 2x 4 Azobé schotten van 8 m en 2 haakse schotten van 10 m (toename korrelspanning op niveau groutprop minder dan 5%). Een tekening hiervan volgt nog.

- Verlenging van paal meten met een digitaal waterpas instrument i.c.m. total station. Het vaststellen van de kracht in de paal met een gekalibreerde drukdoos.
- De registraties dienen tenminste te vermelden: inboordiepte [NAP +m], hoeveelheid cement [kg], afpersdruk per meter [bar] en bijzonderheden.
- Indien tijdens het afpersen de druk terugvalt tot onder de 5 bar dient 15 minuten wachttijd gehanteerd te worden.
- Na het uitvoeren van de bezwijkproeven de palen tot 1,5 m onder bestaand maaiveld snellen.