

# MEMO

Aan : [redacted] 5.1.2.e  
C.C. : [redacted], [redacted]

Memo nr. :  
Datum : 31-1-2023  
Project nr. : W23-003  
Werk nr. :  
Afzender : [redacted], [redacted] 5.1.2.e

Pagina's : 1 (incl. dit blad)

Betreft : **Verkennde berekeningen GEWI's**

Met spoed behandelen a.u.b.     Ter informatie     Uw commentaar a.u.b.     Volgens afspraak

## 1 INLEIDING

Ten behoeve van het herstel van de Prinses Margrietunnel zullen nieuwe palen aangebracht moeten worden. Op dit moment wordt ervan uit gegaan dat de nieuwe palen inwendig gespoelboorde ankerpalen met dubbele boorbuis zullen zijn (Ankerpaalsysteem type A) [CUR236].

Om een eerste indruk te krijgen van de benodigde lengtes van deze palen zijn verkennende berekeningen gemaakt.

De berekeningen zijn gemaakt voor moot 26. Ook is er een beschouwing gemaakt bij moot 32, deze moot is hoger gelegen. Hierdoor ligt de draagkrachtige laag op grotere diepte ten opzichte van de onderkant van de moot, en zullen mogelijk langere palen nodig zijn ondanks de lagere belastingen op de palen.

Benadrukt wordt dat de berekeningen die gemaakt zijn t.b.v. deze memo verkennend zijn, in de definitieve berekeningen zullen uitgangspunten die hier zijn aangehouden mogelijk nog wijzigen, hetgeen resulteert in andere paalpuntniveaus dan die hier gepresenteerd worden.

## CONCLUSIES

Uit de verkennende berekeningen volgt dat paallengtes van 25 à 26m kunnen worden verwacht, mits aan de genoemde voorwaarden wordt voldaan. Dit is waarschijnlijk op de grens wat uitvoeringstechnisch haalbaar is, als we met dit boorsysteem in één lengte willen boren. Boren in één lengte, dus met een lange makelaarstelling heeft nl. voordelen in productietijd, schoonhouden werkterrein en beperken van risico's bij het boren tegen de waterdruk in. Tot heden is een dergelijk systeem alleen toegepast in kleinere boorstellingen waar zonder risico boorbuizen konden worden gekoppeld.

Het beproeven van het boorsysteem in een lange boorstelling heeft derhalve urgentie. Ook het uitvoeren van testpalen nabij de Pr. Margrietunnel heeft prioriteit, omdat deze noodzakelijk zijn om met een  $\alpha_t$  van 1,7% te mogen rekenen en waarschijnlijk kan hiermee een hogere waarde voor de wrijvingsfactor worden gevonden. De proeven zijn dus nodig zo efficiënt mogelijk tegen de waterdruk in palen te kunnen maken en om de lengte van de palen beperkt te houden tot 25m zonder dat bij voorbaat het aantal palen significant wordt vergroot.

## 2 UITGANGSPUNTEN

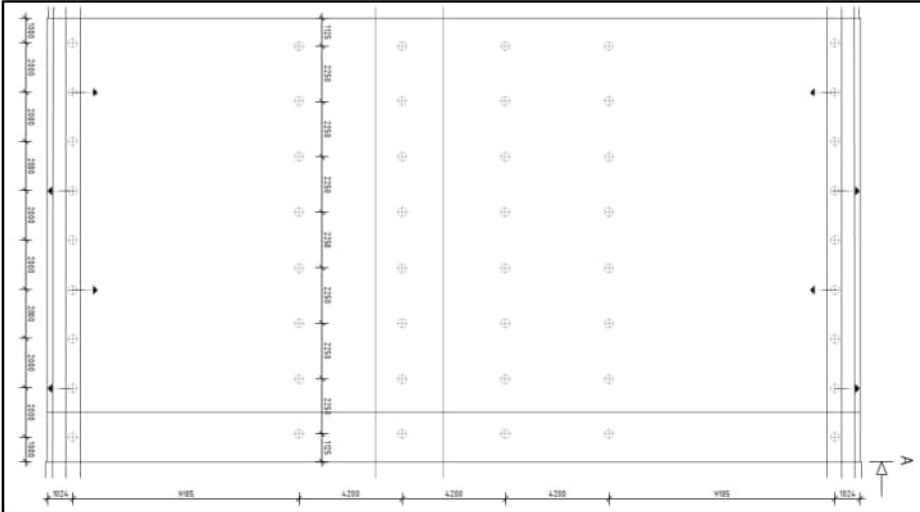
### 2.1 Documenten

[1] Tekening: VHB-CIV-TEK-S04 - Schets vorm moot 26, d.d. 10-01-2023

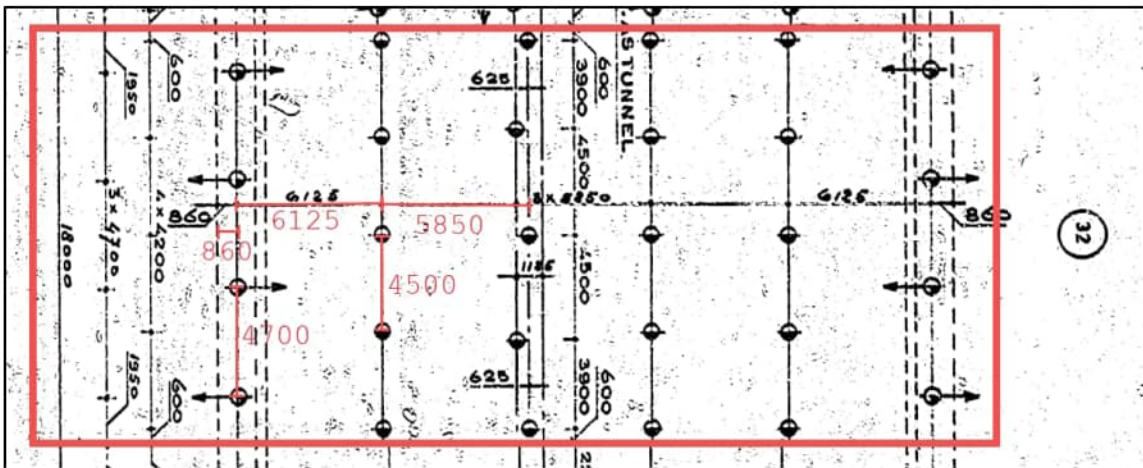
[2] Tekening: MT-105C\_mt\_23t-m38

### 2.2 Geometrie

Het stramien van de bestaande palen wordt aangehouden: tussen elke bestaande paal wordt een nieuwe paal aangebracht. Aan de rand van de moten zal er mogelijk geen ruimte zijn voor een extra paal waardoor er per palenrij een paal minder toegepast kan worden. Dit zal mogelijk nog resulteren in hogere paalbelasting dan waar nu vanuit wordt gegaan.



Figuur 1 palenplan bestaande palen moot 26



Figuur 2 palenplan bestaande palen moot 32

De volgende hoogtematen worden aangehouden:

- Grondwaterstand: NAP -0,5 m
- Ontgravingsniveau moot 26: NAP -11 m.
- Ontgravingsniveau moot 32: NAP -6,5 m.
- Bovenkant schachtwrijving moot 26: NAP -12,5 m (minimaal 1 m onder o.k. vloer of vanaf b.k. draagkrachtige laag)
- Bovenkant schachtwrijving moot 32: NAP -12,5 m (minimaal 1 m onder o.k. vloer of vanaf b.k. draagkrachtige laag)

## 2.3 Belastingen

### 2.3.1 Moot 26

Door de constructeur is een eerste indicatie van de paalbelastingen van moot 26 opgegeven, deze zijn weergegeven in onderstaande tabel.

	UGT <sup>1)</sup> [kN/paal]
Randpalen	850
Middenpalen	700
1) De eerste opgave van de UGT belastingen is gedaan op basis van het model met factoren conform calamiteit situatie. Als eerste inschatting zijn de opgegeven belastingen met 10% verhoogd voor de definitieve situatie	

### 2.3.2 Moot 32

Van moot 32 is nog geen constructief model gemaakt, daarom worden de belastingen afgeleid op basis van de het constructieve model van moot 26, en het oorspronkelijke ontwerp van de tunnel.

In het oorspronkelijke tunnel ontwerp werden 2 type trekpalen toegepast; palen met een 32 mm dywidag staaf (Type A), en palen met een 36 mm Dywidag staaf (Type B). In het bestek staat beschreven dat beide paaltypes belast werden met respectievelijk 450 kN (Type A) en 600 kN (Type B). De gelijke belastingen in dezelfde paaltypes werden gewaarborgd door te variëren in de onderlinge afstand en het aantal palen per moot.

In moot 26 zijn alle palen van het type B. Uit het constructieve model blijkt dat de belastingen niet overeen komen met het oorspronkelijke ontwerp en dat de belasting ook niet altijd gelijk is bij hetzelfde type palen. In moot 32 zijn alle midden palen van het type B en zijn de randpalen van het type A. Gezien het bovenstaande wordt zullen de paalbelastingen van moot 26 worden aangehouden voor zowel type A als B. Mogelijk zal de belasting van met name de randpalen nog lager worden. Dit zal t.z.t. uit het constructieve model blijken.

## 2.4 Grondonderzoek

Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van sonderingen 101 en 102, dit zijn tot zover de enige sonderingen die tot een diepte van -40 m NAP zijn doorgezet. De sonderingen bevinden zich aan de zuidwestzijde van moot 26.

Ook voor moot 32 wordt gebruik gemaakt van deze sondering. Op deze locatie is echter de ontgraving ten behoeve van de bouw van de tunnel tot een minder diep niveau geweest. De grens tussen de oorspronkelijke bodemopbouw en de aanvulling zal dus op een hoger niveau liggen.

## 2.5 Berekening

De volgende uitgangspunten zijn aangehouden:

- De berekening is uitgevoerd met D-foundations;
- De bestaande palen worden buiten beschouwing gelaten;
- Ankerpaal type A: gespoelboorde ankerpalen, verbuisd ingeboord, afgeperst over de volledige lengte;
- Ontgravingsreductie van de conusweerstand conform de methode Begeman. De afstand tot de ontgraving is 1 meter vanaf de randpalen voor moot 26, en 0,86 m voor moot 32;
- OCR = 1; Het noorden van Nederland is tijdens de ijstijden bedekt geweest door een ijspakket, hierdoor wordt soms een OCR gehanteerd in de zandlagen in het Noorden. Er is voor gekozen om in dit geval niet uit te gaan van overgeconsolideerd zand (OCR=1) om de volgende redenen:
  - Redenatie is dat de gehanteerde sonderingen vlak buiten de tunnel zijn genomen, en dus in de buurt van de geïnstalleerde palen. Indien er voor het heien van de palen een OCR in de grond gezeten zou hebben zou dat in deze sondering al verdisconteerd zijn. Dit is 19-1-2023 telefonisch afgestemd met Henri Havinga.
  - Daarnaast wordt in het artikel uit de Geotechniek "Funderen in het hoge noorden: Overgeconsolideerde grondsoorten in Noord Nederland spannend" benoemd dat overgeconsolideerde zanden zich kenmerken door een wrijvingsgetal van 1 tot 2,5%. Dit is in de gebruikte sonderingen niet het geval.
- Er wordt geen negatieve kleef meegenomen;
- Afsnuiten van de conusweerstand op 20 MPa voor dit paaltype;
- Diameter van het groutlichaam = 0,2 m

- $\alpha_t = 0,017$  in zand en grindhoudend zand, uitgaande van de verwachtingswaarde met in-situ testen (Bezwijkproeven en geschikheidsproeven) en met afpersen. In klei en leem lagen wordt geen schachtwrijving meegenomen;
- $\gamma_{m,var,moot26} = 1,1$ , er van uitgaande dat er nooit druk zal optreden in de nieuwe palen, en er een geringe variatie zal zijn in de trekbelasting
- $\gamma_{m,var,moot26} = 1,25$ , bij de minder diepe moten zal er naar verwachting een grotere variatie in trekbelasting kunnen optreden. Het uitgangspunt is dat er nooit druk op zal treden, maar dat trek wel gelijk kan worden aan 0. Eventuele druk zal dan door de bestaande palen opgenomen worden. **Dit uitgangspunt is nog niet met de constructeur afgestemd.**
- $\gamma_{st} = 1,35$
- $\xi_{3,4} = 1,26$ , uitgaande van een stijve constructie en 1 beschikbare sondering;
- Het eigen gewicht van de paal wordt niet meegenomen;
- De factor  $f_3$  hangt af van de proplengte, diameter van de staaf en BGT belasting. Het is in deze fase nog niet mogelijk om deze precies te bepalen. Op basis van de huidige uitgangspunten wordt verwacht dat  $f_3$  tussen 0,85 en 0,75 zal liggen. Daarom wordt een waarde van 0,8 aangehouden;

### 3 RESULTATEN

#### 3.1 Moot 26

Paalpuntniveau [m NAP]	Rand paal	Midden paal
-26	533,46	495,75
-27	571,04	533,13
-28	621,97	585,16
-29	654,14	618,74
-30	674,71	639,43
-31	718,74	684,64
-32	772,49	740,75
-33	829,1	801,54
-34	877,96	852,78
-35	922,23	898,73
-36	976,17	956,16
-37	1030,47	1014,09
-38	1083,27	1069,57
-39	1136,5	1126,17
-40	1189,31	1182,18

De bovenkant van de vloer van de moot ligt tussen de -8,3 en de -9. Als aangenomen wordt dat de bovenkant van de paal gelijk is aan het niveau van de bovenkant van de vloer zullen de langste palen (randpalen) een minimale lengte van ca. 26 m hebben.

### 3.2 Moot 32

Paalpuntniveau [m NAP]	Rand paal	Midden paal
26	719,82	671,41
-27	769,75	719,24
-28	837,33	784,46
-29	880,18	826
-30	907,45	852,16
-31	964,71	907,56
-32	1034,53	975,58
-33	1107,96	1047,68
-34	1173,25	1111,28
-35	1233,25	1169,46
-36	1305,02	1239,71
-37	1377,83	1311,01
-38	1449,83	1381,29
-39	1522,34	1452,19
-40	1594,72	1522,92

Ondanks dat de belasting gelijk is gehouden wordt bij deze moot al op een minder diep paalpuntniveau voldaan. Dit komt door een kleinere ontgravingsreductie en de grotere hart op hart afstand van de palen. De hogere waarde voor  $\gamma_{m,var}$  die wordt gehanteerd heeft echter weer een ongunstig effect.

De bovenkant van de moot ligt tussen de NAP -4 en NAP -4,5 m. Als aangenomen wordt dat de bovenkant van de paal gelijk is aan het niveau van de bovenkant van de vloer zullen de langste palen (randpalen) een minimale lengte van ca. 25 m hebben.

### 3.3 Gevoeligheden

Aangezien er op dit moment nog veel onzekerheid is met betrekking tot de uitgangspunten zijn er een aantal extra berekeningen gedaan om de gevoeligheid af te tasten. Deze zijn gedaan op basis van de berekening van moot 26, waarvan de uitgangspunten hierboven zijn genoemd. De gevoeligheid wordt uitgedrukt in het benodigde paalpuntniveau van de randpaal van moot 26. Op basis van bovenstaande berekening dient deze NAP -34 m te zijn.

De volgende gevoeligheden zijn beschouwd:

- **$\xi$  factor:** Op dit moment wordt uitgegaan van een  $\xi_{3,4}$  die hoort bij een berekening op basis van 1 sondering. Indien er gerekend wordt met 3 sondering kan een  $\xi_3$  van 1,2 en een  $\xi_4 = 0,96$ , ligt het minimaal benodigde paalpuntniveau op NAP -33 m, 1 meter minder diep;
- **Geen bezwijkproeven uitvoeren:** Indien geen bezwijkproeven worden uitgevoerd wordt een  $\alpha_t = 0,011$  gehanteerd, dit lever een paalpuntniveau op van NAP -40 m, 6 meter dieper dan oorspronkelijk;
- **Ontgravingsreductie conusweerstand:** Indien een sondering in de tunnel wordt genomen kan de  $q_c$  reductie ten gevolge van de ontgraving nauwkeuriger worden bepaald. Mogelijk lever dit een kleinere reductie op dan volgens de methode Begemann bepaald is; Indien geen ontgravingsreductie wordt toegepast wordt het minimale paalpuntniveau van de randpalen NAP -33 m, 1 meter minder diep. Het effect van de ontgraving is bij de middenpalen groter dan bij de randpalen, hier levert rekenen zonder ontgravingsreductie een 4 meter kortere paal op. Het is niet reëel dat er helemaal geen ontgravingsreductie gerekend hoeft te worden. Het werkelijke paalpuntniveau zal ergens in het midden liggen;
- **Ankerpaaltype A of B:** Indien dezelfde diameter boorbuis gehanteerd wordt is er geen verschil in de berekening tussen Type A en B (enkel verbuisd, buitlangs gespoeld) ankerpalen.