

GEO2 Engineering B.V.
Computerweg 11
Postbus 40205
3504 AA Utrecht

T 0346 76 9046 Bank NL94 RABO 0149 1679 70
E info@geo2.nl KvK 52849058 (Utrecht)
I www.geo2.nl BTW 8506.28.490

Civielwerk - Projecten & Detachering
T.a.v. de heer S. Kuiper
Zandberglaan 18,
2493 BJ Den Haag

Contactpersoon: Arjan Kochx Email: a.kochx@geo2.nl Telefoonnummer: +31 346769046
Ons kenmerk: 119024.BR02 Versie: 1 Datum: 14 juli 2019
Betreft: Kwakelweg - kerende constructie tussen Gaagpad en N468 te Maasland

1 Inleiding

Voorliggend briefrapport betreft een vervolg op het ontwerp van een kerende constructie langs de Kwakelweg gesitueerd tussen het Gaagpad en de N468, zie ref. [1]. Vanuit nieuw verstrekte informatie is gebleken dat de te realiseren damwand tussen het Gaagpad en de N468 op een drietal locaties gekruist wordt met reeds aanwezige kabels en leidingen. In dit schrijven zijn de oplossing en maatgevende berekeningsresultaten vanuit het voortgaande rapport overgenomen en is voor de maatgevende kabels & leidingen locatie additioneel geotechnisch advies verstrekt.

2 Documenten

In dit advies is uitgegaan van onderstaande informatie:

- [1] GEO2 Engineering BV, Ontwerp kerende constructie tussen het Gaagpad en N468 te Maasland, 119024.BR01 v 1, d.d. 06-06-2019;
- [2] GEO2 Engineering BV, Macrostabieleit waterkering Kwakelweg te Maasland, 118030.BR01-v1, d.d. 18 april 2018;
- [3] GEO2 Engineering BV, Kwakelweg fase 2 te Maasland, Geotechnische ontwerp oplossingen betreffende stabiliteit boezemkade, documentnr.: 119006.RA02-v1, d.d. 18 april 2018;
- [4] RPS, Memo herbeoordeling STBI profiel 212-01, 212-01_2, 92_3 en 92_12 (Kwakelweg te Maasland), d.d. 31-01-2014;
- [5] Geo-Supporting bv, Geotechnisch onderzoek, Kwakelweg Maasland, Opdrachtnummer: 900.03.327517, d.d. 22 maart 2018;
- [6] Gemeente Midden-Delfland Tekening: Reconstructie Kwakelweg-Noord, Stabiliteitsverbetering waterkering, Aanlegtekening, werknr.0133-1902, Concept, d.d. 24-06-2019;
- [7] Gemeente Midden-Delfland Tekening: Reconstructie Kwakelweg-Noord, Stabiliteitsverbetering waterkering, Dwarsprofielen en aanzicht, werknr.0133-1902, Status: Concept, d.d. 24-06-2019;
- [8] Peilbuismeting, B37E0703, DINoloket.

Gehanteerde normen en richtlijnen:

- [9] NEN 9997-1+C2:2017, Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: algemene regels;

Gebruikte software:

- [10] Deltares Systems, D-Sheet Piling, Versie 18.2;
- [11] Deltares Systems, D-Geo Stability, Versie 18.1.

Rapport: Kwakelweg - kerende constructie tussen Gaagpad en N468 te Maasland
Rapportnummer: 119024.BR02 - versie 1
Datum: 14 juli 2019

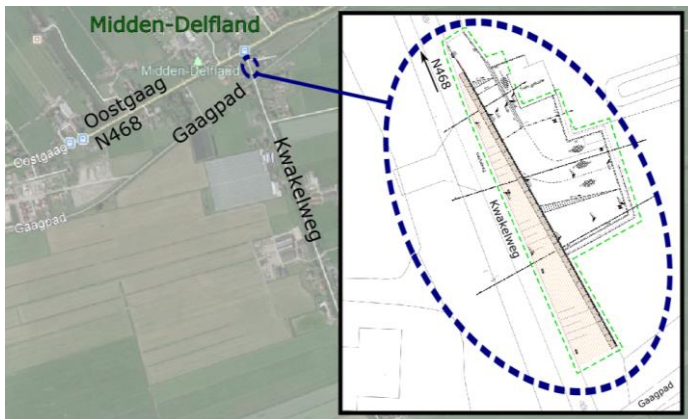
GEO2 Engineering B.V.
Computerweg 11
Postbus 40205
3504 AA Utrecht

T 0346 76 9046 Bank NL94 RABO 0149 1679 70
E info@geo2.nl KvK 52849058 (Utrecht)
I www.geo2.nl BTW 8506.28.490

3 Project- omschrijving en aanpak

Het project betreft de reconstructie van een deel van de Kwakelweg te Maasland gelegen tussen het Gaagpad en de N468. De Kwakelweg bevindt zich bovenop een waterkering/dijk, waarbij achter de huidige kerende constructie een stalen damwand geplaatst zal worden om de extra verhoging achter de kade te kunnen keren.

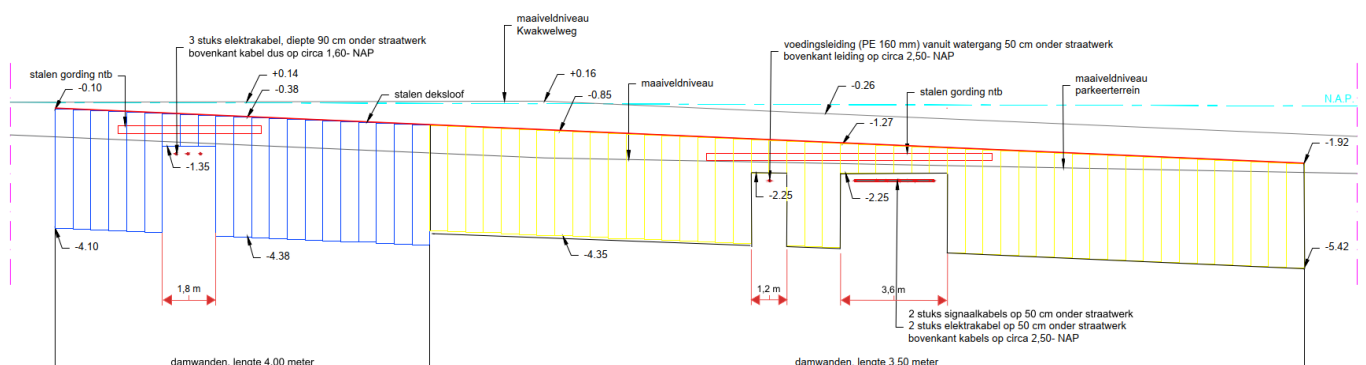
Het ontwerp van deze kering is reeds gedaan in een eerdere rapportage, zie ref.[1]. In de onderstaande figuur is de locatie nader weergegeven.



Figuur 3-1: Overzicht met projectlocatie

In de huidige situatie zijn ter plaatse van de nieuw aan te brengen damwand echter op drie locaties reeds kabels en leidingen aanwezig en zijn in de onderstaande figuur weergegeven.

Ter plaatse van de kabels en leidingen worden de damwanden met een kortere lengte aangebracht in combinatie met een gording naar de planken met een dieper aanbrengriveau.



Figuur 3-2: Aanzicht damwand met raakvlak kabels en leidingen

Vanuit de bovenstaande tekening blijkt dat de maatgevende doorgang van kabels en leidingen ter plaatse van doorsnede C-C (waar het te overbruggen deel 3,6 m bedraagt) ligt.

GEO2 Engineering B.V.
Computerweg 11
Postbus 40205
3504 AA Utrecht

T 0346 76 9046 Bank NL94 RABO 0149 1679 70
E info@geo2.nl KvK 52849058 (Utrecht)
I www.geo2.nl BTW 8506.28.490

Om de haalbaarheid van bovenstaande constructie te kunnen toetsen zijn de onderstaande analyses uitgevoerd op basis van het daaronder weergegeven dwarsprofiel C-C.

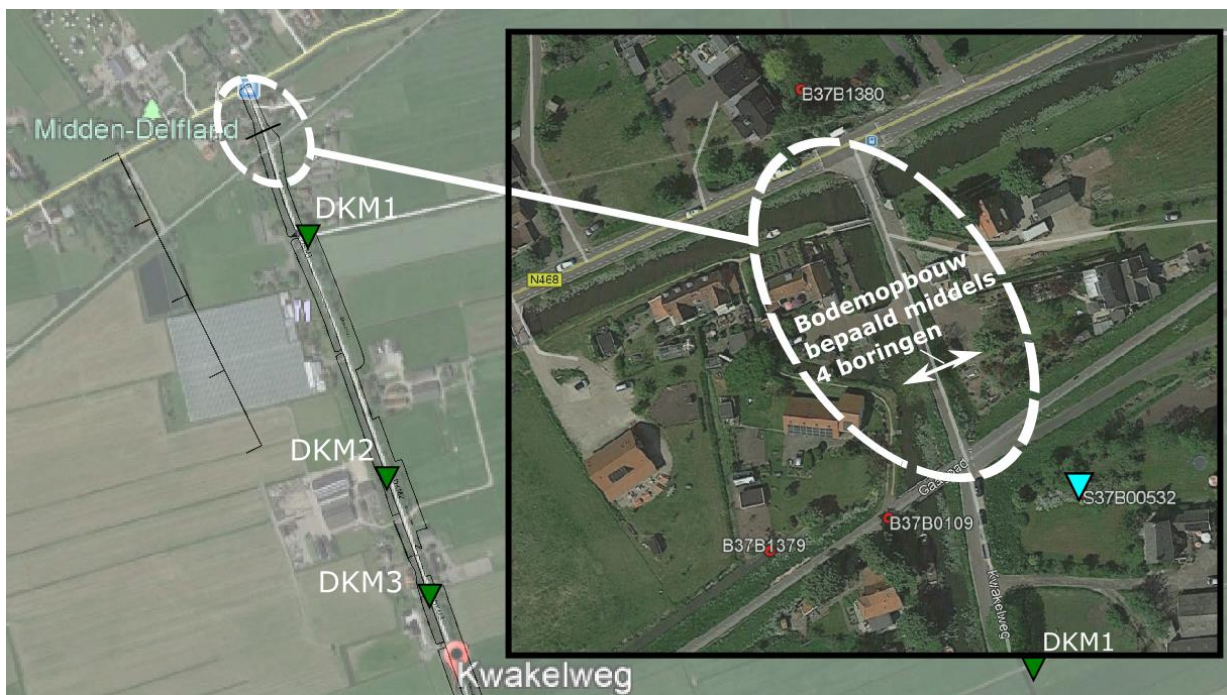
- Controle op voldoende macro-Stabiliteit onder R.C.2;
- Controle op grondbreuk;
- Bepalen krachten op gording en het daaruit volgende gordingsontwerp;
- Controle naastgelegen damwand

4 Uitgangspunten

In dit hoofdstuk zijn de in de berekening aangehouden uitgangspunten opgenomen, aangaande de bodemopbouw, hydrologische randwaarden, geometrie, eigenschappen van de verschillende materialen en de aangehouden rekenkundige modellering.

4.1 Grondonderzoek, bodemopbouw en waterstanden

De resultaten vanuit het grondonderzoek zijn overgenomen vanuit voortgaande rapport, ref. [1] en onderstaand weergegeven, dit betreffen onderzoeklocaties, grondslag en de grondparameters.



Figuur 4-1: Locatie beschikbaar grondonderzoek

4.1.1 Aangetroffen bodemopbouw

De grondlaagindeling is bepaald op basis van sondering DKM1 en de 4 boringen binnen het beschouwde gebied, waarvan de locatie indicatief is weergegeven middels de pijlen in bovenstaande figuur.

Tabel 4-1: Bodemopbouw – op basis van boringen, ref.[4] en sondering DKM1, ref.[5]

Omschrijving [-]	BK laag [m NAP]	OK laag [m NAP]	Laagdikte [m]
Antropogeen zand	0,34	-0,50	0,84
Klei, Siltig	-0,50	-1,30	0,80
Zand, sterk kleiig	-1,30	-1,80	0,50
Klei, Siltig	-1,80	-2,10	0,30
Zand, sterk kleiig	-2,10	-2,70	0,60
Klei, Siltig	-2,70	-3,50	0,80
Veen	-3,50	-5,00	1,50
Klei, Siltig	-5,00	-8,00	3,00
Zand, sterk kleiig	-8,00	-10,00	2,00
Klei, slap	-10,00	-13,00	3,00
Zand / klei lagen	-13,00	-19,00	6,00
Pleistocene zand	-19,00	Laatst verkende diepte = NAP -20,0 m (DKM1)	

4.1.2 Grondparameters

Zoals beschreven bestaat het huidige grondonderzoek uit sonderingen en boringen, op basis van dat grondonderzoek zijn onderstaande parameters bepaald. Deze grondparameters zijn gebaseerd op Tabel 2b uit NEN 9997-1, op basis van de sonderingen en correlaties tussen conusweerstand en wrijvingsgetal zoals Robertson (1990).

Tabel 4-2: Karakteristieke sterkte eigenschappen grondlagen

Grondsoort	γ_{nat} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	c_u [kN/m ²]
Antropogeen zand	18,0	20,0	32,0	-	-
Klei, Siltig	15,0	15,0	22,5	5,0	17
Zand, sterk kleiig	17,0	19,0	30,0	-	-
Veen	11,0	11,0	20,0	2,0	14
Pleistocene zand	19,0	21,0	33,0	-	-

4.1.3 Parameters voor grondkerende constructies

In de onderstaande tabel zijn de aangehouden laagkarakteristieke beddingsconstanten weergegeven.

Tabel 4-3: Aangehouden beddingsconstanten (laag karakteristiek)

Grondsoort	$k_{h;laag;1;rep}^{(1)}$ [kN/m ³]	$k_{h;laag;2;rep}^{(2)}$ [kN/m ³]	$k_{h;laag;3;rep}^{(3)}$ [kN/m ³]
Antropogeen zand	20.000	10.000	5.000
Klei, Siltig	4.000	2.000	800
Zand, sterk kleiig	12.000	6.000	3.000
veen	2.000	800	500
Pleistocene zand	40.000	20.000	10.000

GEO2 Engineering B.V.
Computerweg 11
Postbus 40205
3504 AA Utrecht

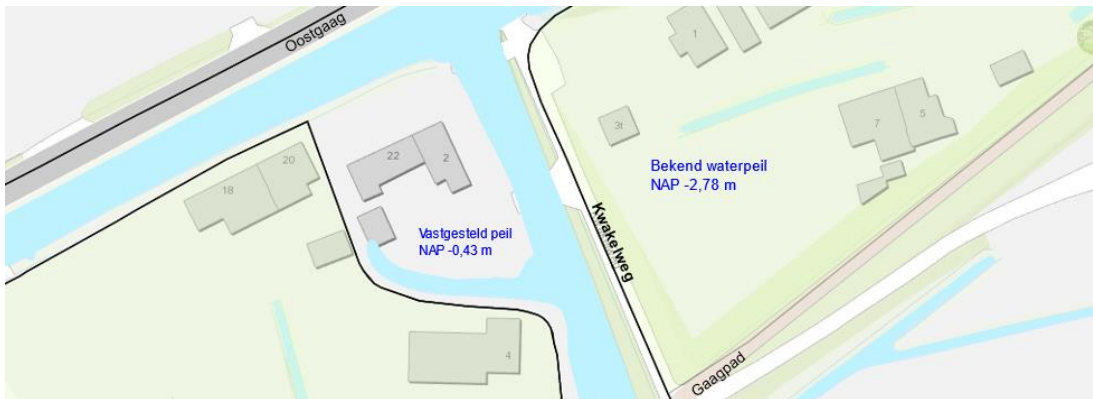
T 0346 76 9046 Bank NL94 RABO 0149 1679 70
E info@geo2.nl KvK 52849058 (Utrecht)
I www.geo2.nl BTW 8506.28.490

4.1.4 Geohydrologische randvoorwaarden

Het bovenpeil in de watergang is een vastgestelde waterstand van NAP -0,43 m en voor het polderpeil aan de andere zijde geldt een vast peil van NAP -2,78 m (Bron: HH Delfland).

Voor het verloop van de grondwaterstand over de waterkering is aan de binnenzijde van de kering een zestal peilbuismetingen geplaatst (Bron: memo herbeoordeling STBI profiel, ref. [4]).

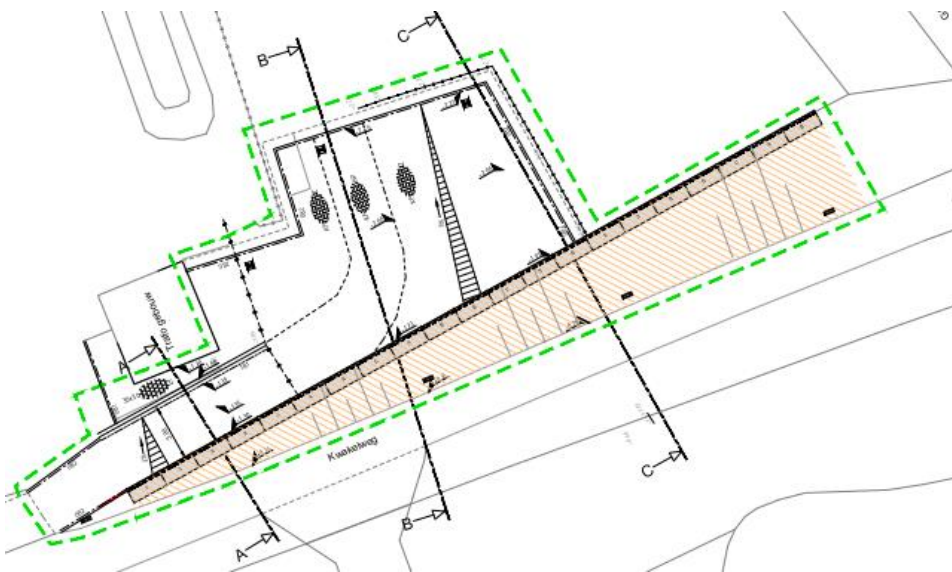
De hoogst gemeten grondwaterstand betrof een waterstand van NAP -2,15 m aan de binnenzijde van de kade, waar vervolgens een maximale toeslag van 0,5 m op genomen is, tot NAP -1,65 m.



Figuur 4-2: Bekende beheerpeilen Hoogheemraadschap Delfland, Bron: hhdelfland.map.arcgis

4.2 Geometrie beschouwde doorsneden

Vanuit de drie aangeleverde geometrieën geldt dat het grootste raakvlak ontstaat ter plaatse van dwarsprofiel C-C, waar de te overbruggen doorsteek 3,6 meter is.



Figuur 4-3: Overzicht dwarsprofielen, ref. [6]

Rapport: Kwakelweg - kerende constructie tussen Gaagpad en N468 te Maasland
Rapportnummer: 119024.BR02 - versie 1
Datum: 14 juli 2019

4.5 Rekenmodellen

4.5.1 Controle op voldoende (macro) stabiliteit

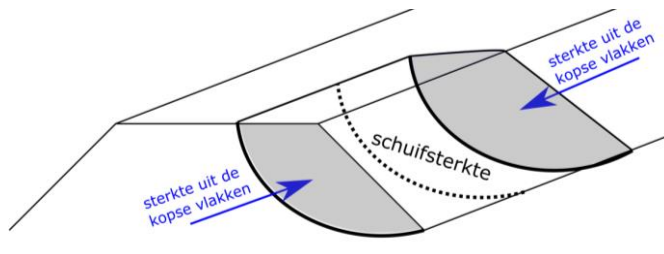
Voor de controle op voldoende stabiliteit zijn de standaard berekeningsresultaten vanuit D-Geo Stability aangevuld met een additionele analyse om de berekende weerstand gegrond te kunnen vergroten.

Standaard analyse (Bishop $c-\phi'$)

De standaard controle op voldoende (macro) stabiliteit in D-Geo Stability betreft een 2D-analyse waarmee op basis van het kritische glijvlak wordt geanalyseerd of de gevonden schuifweerstand voldoende is om afschuiven tegen te gaan. Indien de gevonden weerstand in de ter plaatse van de kabel doorvoer onvoldoende blijkt, wordt beschouwd of het gevonden tekort binnen het kritische glijvlak kan worden opgenomen door eveneens de kopse zijden te beschouwen.

Aanvullende analyse

In werkelijkheid betreft de beschouwde situatie namelijk een 3D geval, waarin ook aan de kopse zijden van het schuifstand weerstand tegen afschuiven ontwikkeld wordt. Doordat de korte damwand een beperkte lengte heeft kan dit effect op de kopse vlakken van de grondmoot eveneens meegenomen worden. Dit wordt verduidelijkt in het onderstaande Figuur 4-6.



Figuur 4-6: Principe 3D analyse

Uit het door D-Geo Stability gepresenteerde glijvlak wordt eerst het tekort aan weerstand berekend. Vervolgens wordt aan de hand van het oppervlak van dit glijvlak, het gemiddelde effectieve spanningsniveau en het gevonden zwaartepunt de te ontwikkelen extra wrijving bepaald, middels:

$$\tau_{\text{additioneel}} = \sigma'_{v_i \text{ gem}} \times \tan(\phi') \times k_0, \times 2 \text{ (tweezijdige wrijving)}$$

met hierin:

- $\sigma'_{v_i \text{ gem}}$: gemiddelde spanningsniveau
- ϕ' : Hoek van inwendige wrijving
- k_0 : Neutrale gronddruk (=0,5)

4.5.2 Grondbreuk

Naast afschuiven is grondbreuk een ander mogelijk faalmechanisme. Gezien de cohesieve aard van de ondergrond wordt het ongedraineerde draagvermogen getoetst.

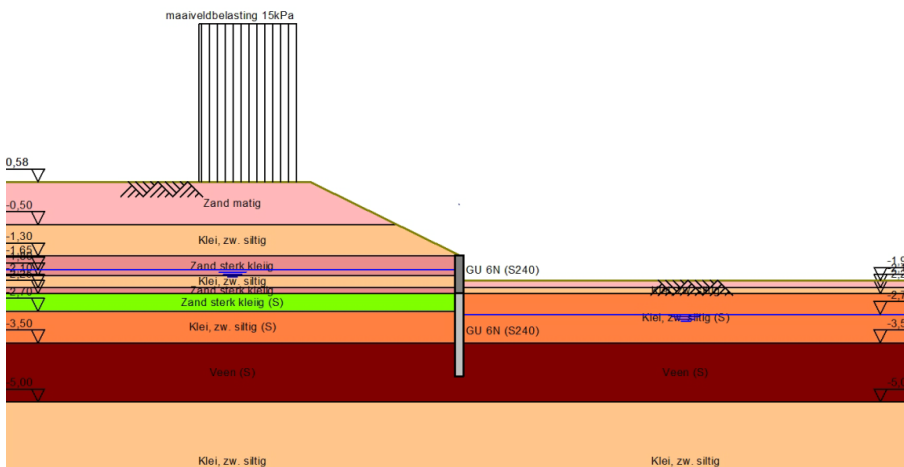
GEO2 Engineering B.V.
Computerweg 11
Postbus 40205
3504 AA Utrecht

T 0346 76 9046 Bank NL94 RABO 0149 1679 70
E info@geo2.nl KvK 52849058 (Utrecht)
I www.geo2.nl BTW 8506.28.490

4.5.3 Gestaffelde wand

Effect op naastgelegen planken

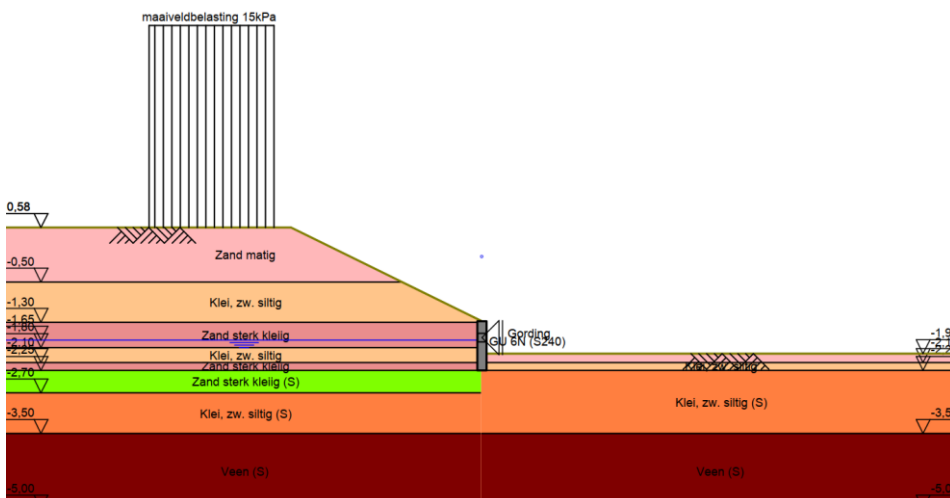
In D-Sheet Piling wordt het effect op de naastgelegen wanden op berekend door de maximale sparing bestaande uit 3,6 m korte planken tot NAP -2,25 m af te dragen op de naastgelegen planken tot NAP -4,3 m over een breedte van 0,9 m.



Figuur 4-7: Geometrie gestaffelde wand

Bepalen belasting in gording

De door de gording over te brengen belasting is vervolgens berekend aan de hand van een tweede berekening, waarin deze als een star steunpunt gemodelleerd is op NAP -1,6 m. De damwand is hierin per lopende meter gemodelleerd.



Figuur 4-8: Bepalen door gording over te dragen belasting

GEO2 Engineering B.V.
 Computerweg 11
 Postbus 40205
 3504 AA Utrecht

T 0346 76 9046 Bank NL94 RABO 0149 1679 70
 E info@geo2.nl KvK 52849058 (Utrecht)
 I www.geo2.nl BTW 8506.28.490

5 Berekeningsresultaten

In dit hoofdstuk worden voor onderstaande onderdelen de berekeningsresultaten weergegeven:

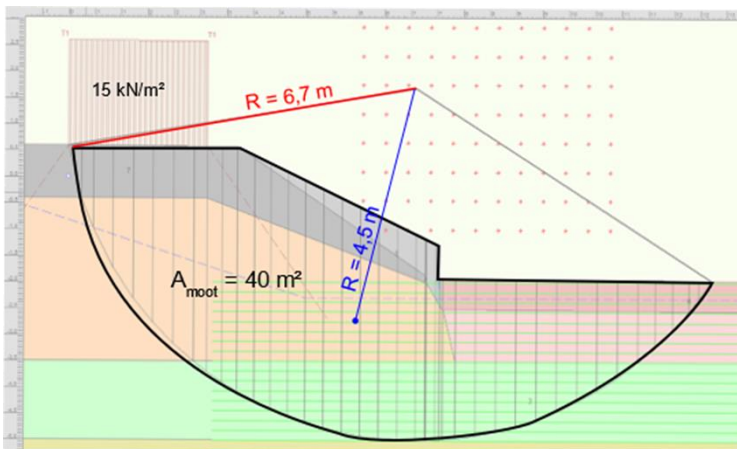
- Controle op voldoende macro stabiliteit (D-Geo Stability);
- Controle op groundbreuk;
- Ontwerp / keuze voor gording

5.1 Controle op voldoende (macro) stabiliteit

Doordat het grondonderzoek ter plaatse van de te beschouwen locatie wat summier is, zijn voor de binnen de dijk dominant aanwezige kleilaag (siltige klei) twee gevallen beschouwd. Een geval met een relatief hoge cohesie en één met een lagere cohesie, vergelijkbaar het veenpakket.

5.1.1 Klei (cohesie hoog)

In de onderstaande figuur is het maatgevende glijvlak gepresenteerd, uitgaande van klei met een relatief hoge cohesie. Op basis van het gevonden kritische glijvlak in D-Geo Stability wordt een S.F. van 0,79 gevonden < 1,0 voldoet niet direct.



Figuur 5-1: Maatgevende glijvlak (S.F. = 0,79) RC2

Uit de berekeningsrapportage wordt onderstaande uitvoer gevonden.

Total driving moment	:	918.88 [kNm/m]
Non-iterated resisting moment	:	740.19 [kNm/m]

Oftewel een tekort van 179 kNm/m^1 , wat resulteert in een aandrijvende belasting van:
 $179 \text{ kNm/m}^1 / 4,5 \text{ m} = 40 \text{ kN/m}^1$, oftewel $40 \text{ kN/m} \times 3,6 \text{ m}$ (breedte doorvoer) = 145 kN.

Weerstand biedend is:

$$40 \text{ m}^2 \times 16,0 \text{ kN/m}^2 (\sigma'_{\text{gem}}) \times \tan(18^\circ) \times 0,5 \times 2 = 207 \text{ kN} > 145 \text{ kN} \text{ (Voldoet)}$$

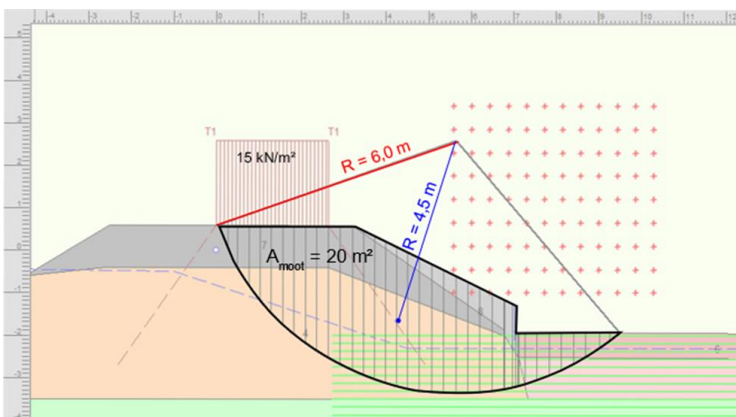
GEO2 Engineering B.V.
Computerweg 11
Postbus 40205
3504 AA Utrecht

T 0346 76 9046 Bank NL94 RABO 0149 1679 70
E info@geo2.nl KvK 52849058 (Utrecht)
I www.geo2.nl BTW 8506.28.490

5.1.2 Klei (cohesie laag)

Het kan echter zo zijn dat de daadwerkelijke cohesie van siltige klei lager is dan tot nu toe is aangehouden. Onderstaande wordt op gelijke wijze als bovenstaand beschouwd of ook bij een lage cohesie voldoende weerstand tegen afschuiven wordt gevonden.

Op basis van het kritische glijvlak in D-Geo Stability wordt een S.F. van 0,66 gevonden < 1,0 dit voldoet dus niet direct.



Figuur 5-2: Maatgevende glijvlak (S.F. = 0,66) RC2

Uit de berekeningsrapportage wordt onderstaande uitvoer gevonden.

Total driving moment	:	624.75 [kNm/m]
Iterated resisting moment	:	411.26 [kNm/m]

Oftewel een tekort van 214 kNm/m^1 , wat resulteert in een aandrijvende belasting van:
 $214 \text{ kNm/m}^1 / 4,5 \text{ m} = 47,5 \text{ kN/m}^1$, oftewel $47,5 \text{ kN/m} \times 3,6 \text{ m}$ (breedte doorvoer) = 171 kN.

Weerstand biedend is:

$$20 \text{ m}^2 \times 16,0 \text{ kN/m}^2 (\sigma'_{gem}) \times \tan(18^\circ) \times 0,5 \times 2 = 105 \text{ kN} < 171 \text{ kN} \text{ (Voldoet niet)}$$

Op basis van bovenstaande beschouwingen van beide extremen blijkt dat er wel / niet voldaan wordt aan de eis op voldoende macro stabiliteit onder het veiligheidsniveau behorende bij RC2.

In de huidige situatie is echter ook een betonnen wand aanwezig waar de kabels tussen door gevoerd zijn. Dit zorgt voor extra stabiliteit, waardoor de situatie ook in het geval van klei met een lage cohesie voldoende stabiel is.

5.1.3 Controle op grondbreuk

Het indicatief bepaalde draagvermogen ten aanzien van grondbreuk is:

$$\sigma_{d,max} = (\pi+2) \times C_{u;d} (=20 \text{ kN/m}^2) = 103 \text{ kN/m}^2 \text{ wat groter is dan de te dragen belasting.}$$

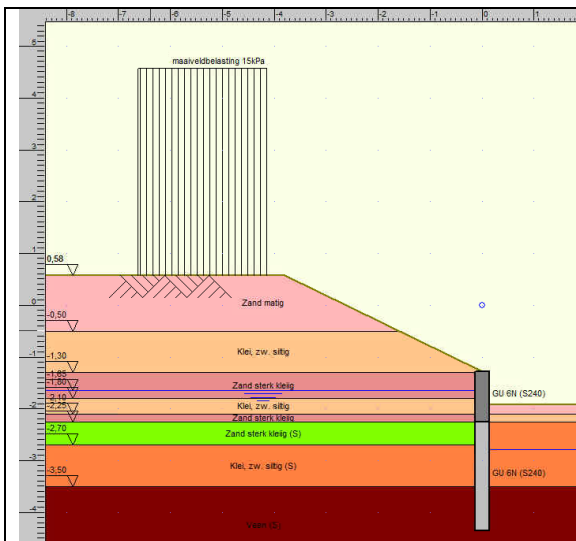
Aan de controle op grondbreuk wordt dan ook voldaan

GEO2 Engineering B.V.
Computerweg 11
Postbus 40205
3504 AA Utrecht

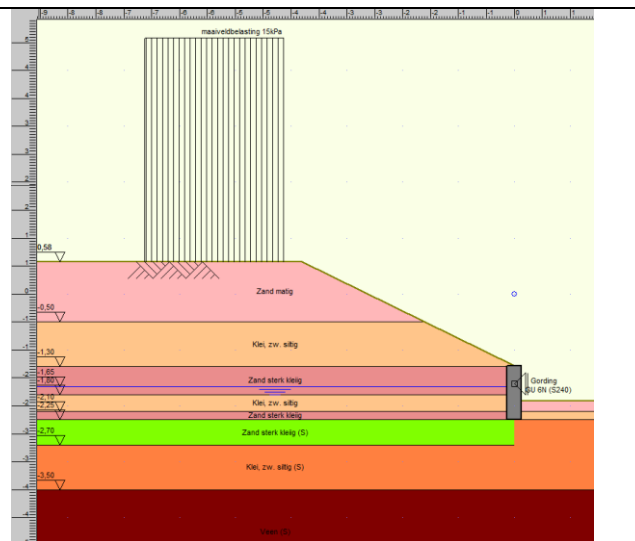
T 0346 76 9046 Bank NL94 RABO 0149 1679 70
E info@geo2.nl KvK 52849058 (Utrecht)
I www.geo2.nl BTW 8506.28.490

5.2 Ontwerp gording

Middels een D-Sheet Piling is aan de hand van een stijf steunpunt de gording gedimensioneerd om de op de korte plank werkende krachten over te brengen. Onderstaand de gemodelleerde geometrie ter plaatse van de kabels en leidingen doorvoer.



Figuur 5-3: Geometrie 'combiwand'



Figuur 5-4: Geometrie 'korte plank'

In de onderstaande figuur is voor de korte plank de op de gording werkende gelijkmatig verdeelde belasting bepaald.

Reken in- en uitvoer	Keuze gording
<p>Niveau gording op: NAP -1,6 m</p> <p>Type steunpunt: Rigid support</p> <p>Maatgevende fase: Rekenstap 6.2</p> <p>Belasting: Gelijkmatig verdeeld grootte is 6,3 kN/m¹</p>	<p>Het door de gording op te nemen maximale moment kan dan berekend worden door: $M_{max.} = 1/8 q l^2 = 6,3 \times 3,6^2 / 8 = 10,2 \text{ kNm}$</p> <p>Voor een UNP100 profiel met staalkwaliteit S355 geldt dan:</p> <p>$M_{opneembaar} = 355 \text{ N/mm}^2 \times 41200 \text{ mm}^3 (W) = 14,6 \text{ kNm} > 10,2$ en voldoet</p> <p>De gording dient aan beide zijden van de sparing over een lengte van 1,2 meter te worden doorgezet.</p>

GEO2 Engineering B.V.
 Computerweg 11
 Postbus 40205
 3504 AA Utrecht

T 0346 76 9046 Bank NL94 RABO 0149 1679 70
 E info@geo2.nl KvK 52849058 (Utrecht)
 I www.geo2.nl BTW 8506.28.490



6 Conclusies en aanbevelingen

Gevraagd is om voor het gedeelte van de Kwakelweg, liggende tussen het Gagelpad en de N468 een kerende constructie, te controleren of de eerder ontworpen damwanden ter plaatse van de meest kritische kruising met de kabels en leidingen de damwanden lokaal minder diep kunnen worden weggezet, waardoor het raakvlak is opgelost.

Op basis van de berekeningsresultaten lijkt dit haalbaar onder de voorwaarde dat de betonnen damwand inderdaad de op de tekening vermelde diepte haalt. Mocht dit niet het geval zijn dan is er een restrisico dat in de loop der tijd scheuren in het wegdek kunnen ontstaan, indien de aanwezig klei inderdaad weinig cohesief is.

Vanuit de D-Sheet Piling berekening is gebleken dat de op de gording werkende gelijkmatig verdeelde belasting met een UNP 100 profiel met staalkwaliteit S355 over is te brengen, het profiel dient aan beide zijden van de sparing met 1,2 m te worden doorgezet.

X:\Projecten 2019\119024 - Maasland, Kwakelweg ontwerp Lwanden, Civielwerk\4. Rapportage GEO2\4.1 Rapporten in bewerking\119024.BR02-v1 Kwakelweg - Kerende constructie tussen Gaagpad en N468.doc

documentbeheer				
versie	datum	omschrijving	opgesteld	gecontroleerd
				
1	14-07-'19	Eerste versie	ir. J.P. Kochx	ir. J.A. Jacobse

GEO2 Engineering B.V.
Computerweg 11
Postbus 40205
3504 AA Utrecht

T 0346 76 9046 Bank NL94 RABO 0149 1679 70
E info@geo2.nl KvK 52849058 (Utrecht)
I www.geo2.nl BTW 8506.28.490

Bijlage A – Tekeningen

GEO2 Engineering B.V.
Computerweg 11
Postbus 40205
3504 AA Utrecht

T 0346 76 9046 Bank NL94 RABO 0149 1679 70
E info@geo2.nl KvK 52849058 (Utrecht)
I www.geo2.nl BTW 8506.28.490

Bijlage B – Berekeningsresultaten D-Geo Stability

GEO2 Engineering B.V.
Computerweg 11
Postbus 40205
3504 AA Utrecht

T 0346 76 9046 Bank NL94 RABO 0149 1679 70
E info@geo2.nl KvK 52849058 (Utrecht)
I www.geo2.nl BTW 8506.28.490

Bijlage C – Berekeningsresultaten D-Sheet Piling