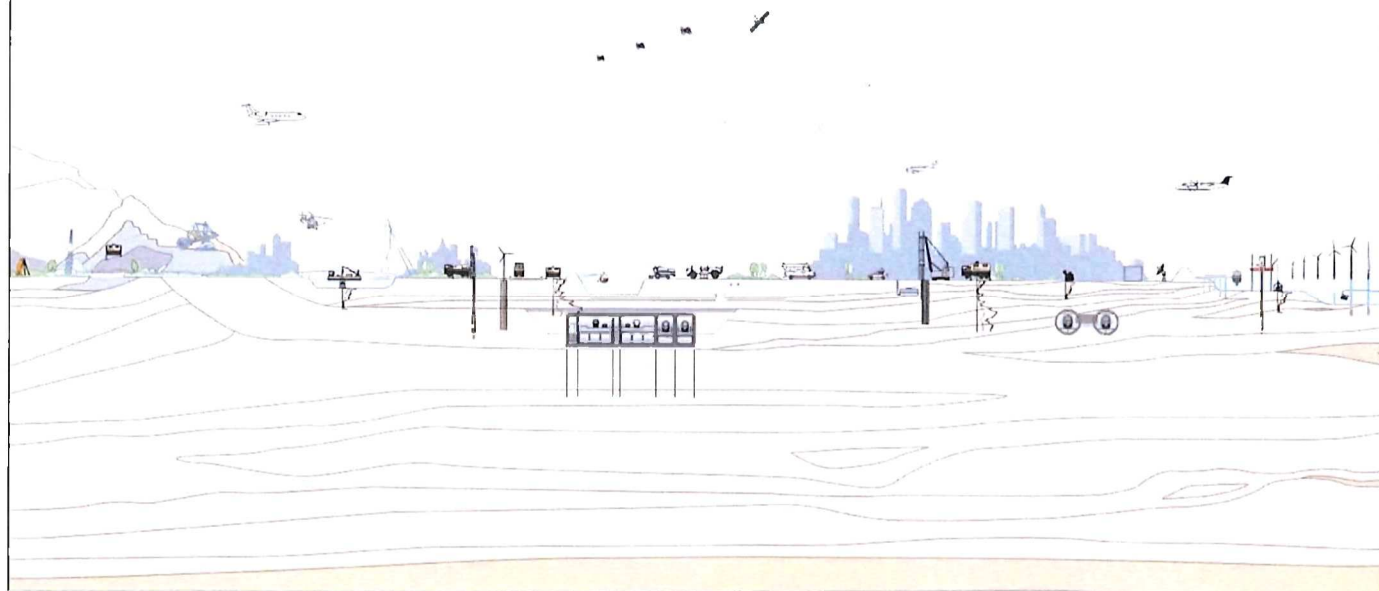


**Review ontwerpberekeningen damwanden
EMK-terrein Krimpen aan den IJssel**

Document Nr.: 1018-0485-000

Versie: 1.0

Datum: 11 januari 2019



REVIEW ONTWERPBEREKENINGEN DAMWANDEN
EMK-TERREIN KRIMPEN AAN DEN IJSSEL



Opdrachtgever Dura Vermeer Infra Milieu BV
Postbus 111
2130 AC HOOFDORP

Opdrachtnemer [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Projectleider [REDACTED]
Senior consultant Waterbouw
[REDACTED]

Versiebeheer

1.0	Initiële versie	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	11-01-2019
Rev	Omschrijving	Opgesteld	Gecontroleerd	Goedgekeurd	Datum

INHOUDSOPGAVE

1.	ALGEMENE TOELICHTING	2
1.1	Inleiding	2
1.2	Gehanteerde documenten	2
2.	PROJECTOMSCHRIJVING	4
3.	GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN UITGANGSPUNTEN	5
3.1	Algemeen	5
3.2	Beschikbare grondonderzoeken	5
3.3	Bodemopbouw	5
3.4	(Grond)waterstanden en stijghoogten	6
3.5	Grondparameters	6
3.6	Uitgangspunten damwandconstructie verlaagde oever langs Hollandsche IJssel	7
3.7	Uitgangspunten damwandconstructie bedrijventerrein langs Sliksloot	8
3.8	Uitgangspunten damwandconstructie	8
4.	REVIEW DAMWANDBEREKENING	9
4.1	Algemeen	9
4.2	Doorsnede 4-4 damwandconstructie verlaagde oever langs Hollandsche IJssel	9
4.3	Doorsnede 5-5 damwandconstructie bedrijventerrein langs Sliksloot	9
5.	OPTIMALISATIES DAMWANDBEREKENING	11
5.1	Mogelijke optimalisaties	11
5.2	Opsplitsen damwandtrajecten met gunstigere bodemopbouw	11
5.3	In rekening brengen van lagere stijghoogte in pleistocene zandpakket	11
5.4	In rekening brengen van reële waarden voor waterstanden	12
5.5	Toepassen van een alternatieve bouwfaserings	12
5.6	Nadere beschouwing in rekening te brengen reductie voor corrosie	12
5.7	Nadere beschouwing in rekening te brengen reductie voor scheve buiging	14
5.8	Invloed van een kortere damwand op de berekeningsresultaten	15
5.9	Invloed bodemopbouw aan passieve zijde op de berekeningsresultaten	15
5.10	Invloed lagere sterkte van grondparameters op de berekeningsresultaten	16
6.	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	17
6.1	Conclusies	17
6.2	Aanbevelingen	18

1. ALGEMENE TOELICHTING

1.1 Inleiding

Op 21 december 2018 ontving Fugro van Dura Vermeer Milieu BV te Hoofddorp de opdracht voor een review van de ontwerpberekeningen voor de damwanden die door Sterk Midden Nederland B.V. zijn uitgevoerd in de tenderfase voor de sanering van het EMK-terrein te Krimpen aan den IJssel. Daarnaast worden mogelijke optimalisaties van de damwandberekeningen geïnventariseerd.

Dit rapport bevat:

- een korte projectomschrijving (hoofdstuk 2);
- een inventarisering van het beschikbare geotechnisch onderzoek en te hanteren uitgangspunten (hoofdstuk 3);
- een review van de damwandberekeningen van Sterk Midden Nederland B.V. (hoofdstuk 4);
- een analyse van mogelijke optimalisaties van de damwandberekeningen (hoofdstuk 5);
- conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 6).

1.2 Gehanteerde documenten

De volgende algemene documenten zijn geraadpleegd:

- [NEN 9997-1] Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels, NEN 9997-1, NEN, juni 2016.
- [CUR 166] CUR-publicatie 166 (6^e druk), Damwandconstructies, stichting CURNET, Gouda, november 2012.

De volgende project specifieke documenten zijn gehanteerd:

- [DCM2018-1] Herziene versie Vraagspecificatie, Deel 1 – Technisch, Bodemsanering, Bouwrijpmaken, Verbeterde damwandconstructies en Beheerfase EML-terrein e.o. te Krimpen aan den IJssel, versie 1.1, C18001 Vraagspecificatie deel 1 EMK, DCMR, 7 juni 2018.
- [DCM2018-2] Vraagspecificatie deel 2 - Proceseisen, Bodemsanering, Bouwrijpmaken, Verbeterde damwandconstructies en Beheerfase EML-terrein e.o. te Krimpen aan den IJssel, versie 3, 20180211_a3.doc, DCMR, 7 juni 2018.
- [Inpijn 2013] Damwandonderzoek aan de Schaardijk te Krimpen aan den IJssel, 02P003704-RG-01, status definitief, Inpijn-Blokpoel ingenieursbureau, 16 september 2013.
- [IGN 1998] Geotechnisch grondonderzoek en funderingsadvies betreffende bedrijfshallen de Wild aan de verlengde van Utrechtse weg te Krimpen a/d IJssel, GH 98.1867, IGN, 30 oktober 1998.
- [STUD 1998] Bestekstekening gevels – plattegronden – doorsneden, Uitbreiding bedrijventerrein – Fase 5 – 6 bedrijfshallen aan de Schaardijk te Krimpen a/d IJssel, projectnummer 9809/10, Studio acht, 08-10-1998.
- [GE 1998] Uitbreiding bedrijven terrein – De Wild Beheer b.v. te Krimpen a/d IJssel, Palenplan – fase 4, werknummer 982362, Geelhoed engineering BV, 28-10-1998.
- [W&P 2012] Resultaten grondonderzoek ten behoeve van het EMK-terrein te Krimpen aan den IJssel, VN-55296-1, Wiertsema & Partners, 22 februari 2012.
- [FUG 2018] Gewijzigde uitgangspunten damwand berekening, memo 1016-0627-001, 13-4-2018.

REVIEW ONTWERPBEREKENINGEN DAMWANDEN EMK-TERREIN KRIMPEN AAN DEN IJSSEL



- [STK 2018-1] Controle bestaande damwand met eisen uit herziene vraagspecificatie (incl. 4 bijlagen), werk: ca. 21.18.0116, Sterk Midden Nederland B.V., 5-7-2018.
- [STK 2018-2] EMK-terrein, handhaven bestaande damwand, documentnummer Memo – Uitgangspunten en conclusies damwanden EMK, revisie 0, status concept, Sterk, 20-12-2018.
- [FUG 2017] Rapportage Damwand EMK terrein te Krimpen a/d IJssel, 1016-0627-001, versie 2 Technische versie, Fugro NL LAND B.V., 19 oktober 2017.
- [DURA 2018] Werkdossier Bodemsanering project Bodemonderzoek EMK-terrein Krimpen aan den IJssel, projectnummer 02R17197, versie 1.1, Dura Vermeer Infra Milieu BV, 22-11-2018.

Autocad tekeningen:

- [DWG 1] 20180404_DWG_benaming_begrenzing
- [DWG 2] KIJ1709-CTb-T01tmT06-Schaardijk-EMK-terrein BRM

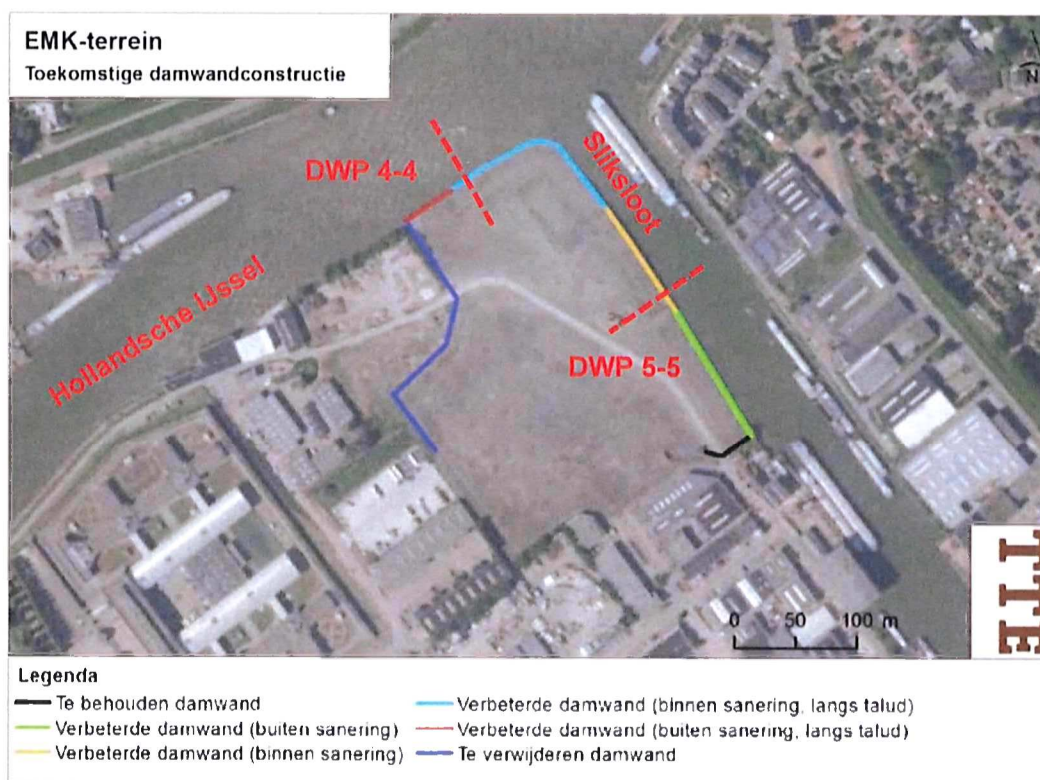
D-Sheet Piling rekenfiles:

- Sterk MN-CONCEPT-Drsn 4-4- nieuwe gebruikfase - kopie.shi
- Sterk MN-CONCEPT-Drsn 4-4, saneerfase - kopie.shi
- Sterk MN-CONCEPT-Drsn 5-5- nieuwe gebruikfase+bolderkracht - kopie.shi
- Sterk MN-CONCEPT-Drsn 5-5, saneerfase- kopie.shi

2. PROJECTOMSCHRIJVING

Het voormalige EMK-terrein (in eigendom van het Rijk) en een aantal omliggende percelen (in eigendom van de gemeente) worden herontwikkeld tot een industrieterrein. Hiervoor wordt in opdracht van de DCMR Milieudienst Rijnmond een groot deel van het EMK-terrein functioneel (her)gesaneerd en worden de gemeentelijke terreindelen vrijgemaakt van ondergrondse objecten/obstakels. Het geheel wordt vervolgens opgehoogd tot het vereiste maaiveldniveau. Ten behoeve van het bouwrijp maken worden drainagesystemen en wegcunetten aangelegd.

Een onderdeel van het project betreft het verbeteren van de bestaande damwandconstructies (zie figuur 2.1). Voor dit onderdeel heeft Sterk Midden Nederland B.V. verschillende berekeningen van de bestaande damwand uitgevoerd. Fugro is gevraagd deze berekeningen voor doorsnede 4-4 (verlaagde oever) en 5-5 (bedrijventerrein) zowel in de saneringsfase en de eindfase te reviewen. Hierbij is de hoofdvraag of de bestaande damwanden voldoen aan de gestelde eisen zodat het aanbrengen van nieuwe damwanden niet benodigd is. Hierbij zijn wel aanpassingen in de verankering van de damwanden voorzien.



Figuur 2.1: Toekomstige damwandconstructie verschillende trajecten (uit [DCM2018-1])

REVIEW ONTWERPBEREKENINGEN DAMWANDEN EMK-TERREIN KRIMPEN AAN DEN IJSSEL



3. GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN UITGANGSPUNTEN

3.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt het beschikbare grondonderzoek (sonderingen, boringen en laboratoriumonderzoek) geïnventariseerd en de op basis van de eisen te hanteren uitgangspunten zoals waterstanden, bodemniveaus, stijghoogten, reductiefactor corrosie, reductiefactor scheve buiging, ontgravingsdiepten e.d.

3.2 Beschikbare grondonderzoeken

De volgende geotechnische grondonderzoeken zijn beschikbaar:

- [OG 1997-1] Grondmechanisch onderzoek EMK-terrein te Krimpen a/d IJssel, rapport (12)10.692, Omegam, 24 februari 1997.
- [OG 1997-2] Grondmechanisch onderzoek EMK-terrein te Krimpen a/d IJssel, Bijlagenboek I, rapport (12)10.692, Omegam, 14 januari 1997.
- [OG 1997-3] Grondmechanisch onderzoek EMK-terrein te Krimpen a/d IJssel, Bijlagenboek II, rapport (12)10.692, Omegam, 14 januari 1997.
- [W&P 2012] Resultaten grondonderzoek ten behoeve van het EMK-terrein te Krimpen aan den IJssel, VN-55296-1, Wiertsema & Partners, 22 februari 2012.

3.3 Bodemopbouw

In [FUG 2017] is de bodemopbouw op basis van het grondonderzoek van Omegam [OG1997-1 t/m OG1997-2] geschematiseerd waarbij de sonderingen en boringen 402 en 403 als maatgevend zijn beschouwd. Hierbij wordt onderstaande bodemopbouw afgeleid (overgenomen uit [FUG 2017]).

Tabel 3.1: Globale bodemgesteldheid op basis van sonderingen en boringen 402 en 403 van Omegam

Diepte in m t.o.v. NAP			Bodembeschrijving
+4,0	tot	+0,3	ZAND, matig, zwak siltig
+0,3	tot	-0,5	KLEI, zandig
-0,5	tot	-1,8	ZAND, met kleilagen
-1,8	tot	-3,7	KLEI
-3,7	tot	-5,0	KLEI, zandig
-5,0	tot	-6,6	KLEI, sterk humeus, lokaal zandlaag
-6,6	tot	-7,2	VEEN
-7,2	tot	-9,2	KLEI, sterk humeus, lokaal zandlaag
-9,2	tot	-9,8	VEEN
-9,8	tot	-11,8	KLEI, sterk humeus, lokaal zandlaag
-11,8	tot	-14,4	KLEI, met zand
-14,4	tot	-14,7	VEEN
-14,7	tot	-15,5	KLEI, met zand
-15,5	tot	-22,5	ZAND
-22,5	tot	-26,5 +	LEEM
+4,0	tot	+0,3	ZAND, matig, zwak siltig
		-26,5	Maximaal verkende diepte

Deze bodemopbouw is op basis van de boringen onderverdeeld in veel verschillende lagen en is vrij gedetailleerd. In [W&P 2012] is sondering DKM14 opgenomen die vrijwel op dezelfde locatie is gemaakt als sondering 402. Het voordeel van deze sondering is dat naast de conusweerstand ook de mantelwrijving is gemeten. Hierdoor kunnen de verschillende grondlagen makkelijker worden geclassificeerd.

De maatgevende grondopbouw is gebaseerd op sonderingen 402 en 403 [OG 1997-3] die beide gelegen zijn langs de Sliksloot. Sonderingen 404 [OG 1997-3] en DKM16 en DKM17 [W&P 2012] zijn gelegen langs de Hollandse IJssel en hebben een gunstigere bodemopbouw. Hier begint de pleistocene zandlaag immers al op een diepte van circa NAP -12 m in plaats van NAP -15,5 m zoals gehanteerd in bovenstaande tabel. Daarom wordt aangeraden om voor de damwanden langs de Hollandse IJssel (doorsnede 4-4) een andere, gunstigere grondopbouw te hanteren.

3.4 (Grond)waterstanden en stijghoogten

De projectlocatie ligt aan de Hollandsche IJssel. De waterstand in deze rivier is afhankelijk van het getij. De volgende kenmerkende waarden kunnen worden gevonden (Krimpen a/d IJssel, slotgemiddelden 1988.0, RWS).

- NAP +3,30 m (HW 1 x per 2.000 jaar)
- NAP +2,56 m (HW 1 x per jaar)
- NAP +1,36 m (HW springtij)
- NAP +1,24 m (HW gemiddeld)
- NAP +0,29 m (gemiddelde waterstand)
- NAP -0,27 m (LW gemiddeld)
- NAP -0,28 m (LW doottij)
- NAP -0,85 m (LW 1 x per jaar)
- NAP -1,00 m (LW 1 x per 10 jaar)
- NAP -1,29 m (laagst bekende waarde)

Ter plaatse van doorsnede 5-5 wordt een grindkoffer met drainage aangelegd. Hierdoor wordt de grondwaterstand direct achter de damwand gereguleerd op een diepte van NAP +1,5 m.

De stijghoogte in het pleistocene zand (aanwezig vanaf ca. NAP -15,5 m) bedraagt circa NAP -2,0 m tot NAP -3,5 m. Deze waarden zijn afgeleid uit de sonderingen 403 t/m 405 die met meting van de waterspanning zijn uitgevoerd [OG 1997-1].

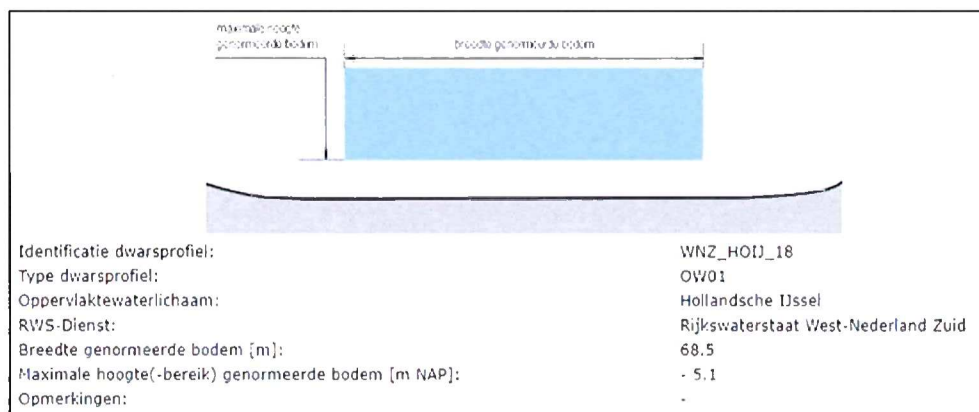
3.5 Grondparameters

Voor de damwandberekeningen zijn in [FUG 2017] representatieve waarden voor de relevante grondparameters bepaald, voornamelijk op basis van de laboratoriumtestgegevens van Omegam [OG 1997-3]. Deze waarden zijn aanzienlijk hoger en gunstiger dan standaard wordt toegepast op basis van tabel 2b NEN 9997-1. Controleberekeningen van de huidige situatie geven aan dat een dergelijke grote sterkte in de klei- en veenlagen vermoedelijk aanwezig is. Verder wordt in de vraagspecificatie [DCM2018-2] aangegeven dat aan de in [FUG 2017] gehanteerde uitgangspunten en grondparameters geen rechten kunnen worden ontleend en de opdrachtnemer zelf de grondparameters en uitgangspunten dient af te leiden op basis van het beschikbare grond- en labonderzoek.

Om de definitieve grondparameters af te kunnen leiden en (onder andere) de hoge waarden voor cohesie te verifiëren dient een nadere beschouwing van al het beschikbare grond- en labonderzoek uitgevoerd te worden. Daarnaast is mogelijk aanvullend grond- en laboratoriumonderzoek benodigd wanneer het beschikbare onderzoek niet toereikend blijkt te zijn. Wanneer niet wordt gekozen voor een aanvullende analyse van de beschikbare grond- en labonderzoeken dienen de standaard lage waarden conform NEN 9997-1 gehanteerd te worden.

3.6 Uitgangspunten damwandconstructie verlaagde oever langs Hollandsche IJssel

- Ten behoeve van de regenwaterafvoer worden drainagekoffers langs de damwand bij de Sliksloot gegraven en drains langs de damwand bij de Hollandsche IJssel (pag. 11, [DCM2018-1]). De grindkoffers en drains bevinden zich langs de Hollandsche IJssel en Sliksloot op een niveau van circa NAP +1,5 m (pag. 13, [DCM2018-1]) en [DWG2].
- Ontgravingsdiepte achter de damwand NAP -1,5 m (pag. 10, [DCM2018-1]).
- Diepte van de waterbodem van de Hollandsche IJssel volgt uit de legger van Rijkswaterstaat (pag. 36, [DCM2018-1]) en bedraagt NAP -5,1 m over een bodembreedte van 68,5 m.
(https://www.rijkswaterstaat.nl/rws/legger/leggerrw_2_0/dwarsprofielen/WNZ_HOIJ_18.html)



Figuur 3.1: Leggerprofiel Hollandsche IJssel

¹De breedte van de Hollandsche IJssel ter plaatse van de damwand is circa 110 m en daarmee veel breder dan de genormeerde bodembreedte van 68,5 m. Het bodemniveau ter plaatse van de damwand mag dus hoger zijn dan NAP -5,1 m. In de berekening van Fugro [FUG 2017] wordt een niveau van NAP -3,75 m gehanteerd wat gelijk is aan het bodemniveau in de Sliksloot. Aangezien op dit gedeelte van de kade geen schepen kunnen aanmeren is hier een dergelijk diep bodemniveau niet noodzakelijk. Geadviseerd wordt om het te hanteren bodemniveau nader af te stemmen met de opdrachtgever.

- De damwand wordt afgewerkt op 1,5 m +NAP (pag. 37, [DCM2018-1]).
- Ondergrens toegestane bovenbelasting is minimaal 500 kg/m² (pag. 37, [DCM2018-1]).
- Indien gebruik gemaakt wordt van een ankerscherm moet deze in het verlaagde deel komen. Daarnaast geldt een maximale afstand van 35 meter tussen damwand en ankerscherm (pag. 37, [DCM2018-1]).

Overzicht van opmerkingen bij Microsoft Word - 1018-0485-000.R01

Pagina: 9

 Nummer: 1	Auteur: 	Onderwerp: Markering	Datum: 18-11-2019 12:00:36
---	---	----------------------	----------------------------

- Indien gebruik gemaakt wordt van ankerstangen dient de afstand tussen de ankerstangen zodanig te zijn dat voorzieningen zoals de drainage bereikbaar blijven voor onderhoud e.d. (pag. 37, [DCM2018-1]).
- Bij toepassing van meerdere ankers op verschillende dieptes, dienen de ankers parallel onder elkaar te worden aangebracht (pag. 37, [DCM2018-1]).

3.7 Uitgangspunten damwandconstructie bedrijventerrein langs Sliksloot

- Ten behoeve van de regenwaterafvoer worden drainagekoffers langs de damwand bij de Sliksloot gegraven en drains langs de damwand bij de Hollandsche IJssel (pag. 11, [DCM2018-1]). De grindkoffers en drains bevinden zich langs de Hollandsche IJssel en Sliksloot op een niveau van circa NAP +1,5 m (pag. 13, [DCM2018-1]) en [DWG2].
- Ontgravingsdiepte achter de damwand NAP -1,5 m (pag. 10, [DCM2018-1]).
- Diepte van de waterbodem van de Sliksloot bedraagt NAP -3,75 m (pag. 36, [DCM2018-1]).
- De damwand wordt afgewerkt op 4 m +NAP (pag. 37, [DCM2018-1]).
- Bolderkracht 100 kN (ULS-waarde) aan de bovenzijde van de damwand. De bolderafstand is afhankelijk van het ontwerp van de Opdrachtnemer, maar deze bedraagt maximaal 20 meter (pag. 37, [DCM2018-1]).
- Ondergrens toegestane bovenbelasting is minimaal 1.000 kg/m² en vanaf 12 meter achter de damwand minimaal 2.000 kg/m² (pag. 37, [DCM2018-1]).
- Indien gebruik gemaakt wordt van een ankerscherm dient deze maximaal op 30 meter van de damwand te komen (pag. 37, [DCM2018-1]).
- Indien gebruik gemaakt wordt van ankerstangen dient de afstand tussen de ankerstangen minimaal 1,80 meter te zijn (pag. 37, [DCM2018-1]).
- Bij toepassing van meerdere ankers op verschillende dieptes, dienen de ankers parallel onder elkaar te worden aangebracht (pag. 37, [DCM2018-1]).
- Het aanbrengen van een paalfundering voor toekomstige bedrijven moet in de strook van 30 meter mogelijk blijven (pag. 37, [DCM2018-1]).

3.8 Uitgangspunten damwandconstructie

- Restlevensduur damwand 50 jaar [FUG 2018].
- Reductiefactoren voor het in rekening brengen van scheve buiging van de damwanden bedragen $\beta_D = 0,77$ (traagheidsmoment) en $\beta_B = 0,77$ (weerstandsmoment) [FUG 2018].
- Damwand Larssen 64/2500 (Vloeispanning 265 MPa, $W = 2500 \text{ cm}^3/\text{m}$, $I = 52500 \text{ cm}^4/\text{m}$, $t = 16 \text{ mm}$, $w = 10 \text{ mm}$) [FUG 2017].
- Totale corrosie na restlevensduur van 50 jaar bedraagt 3,75 mm [FUG 2018]. Dit levert een reductiefactor van de momentcapaciteit van $(10-3,75)/10 = 0,625$.
- Momentcapaciteit $M_{\text{max,el}} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m} \times 265 \text{ MPa} \times 0,77 \times 0,625 = 318 \text{ kNm/m}$. In de memo van Sterk [STK 2018-2] wordt voor de momentcapaciteit een waarde van 325 kNm/m gevonden. Waarschijnlijk is hier als uitgangspunt een vloeispanning van 270 MPa gehanteerd.

4. REVIEW DAMWANDBEREKENING

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt een beknopte review gegeven van de D-Sheet Piling berekeningen van Sterk Midden Nederland B.V voor doorsnede 4-4 (verlaagde oever) en 5-5 (bedrijventerrein) zowel in de saneringsfase en de eindfase.

4.2 Doorsnede 4-4 damwandconstructie verlaagde oever langs Hollandsche IJssel

Sterk MN-CONCEPT-Drsn 4-4, saneringsfase - kopie.shi

- In de saneringsfase wordt gerekend met veiligheidsklasse RC1. Dit lijkt een voldoende veilige aanpak.
- In de berekening is voor het bestaande maaiveld achter de damwand een hoogte van NAP +2,0 m gehanteerd. Het huidige maaiveldniveau bedraagt echter NAP +4,0 m. Dit heeft echter geen gevolgen voor de berekening.
- De bodemopbouw en gehanteerde grondparameters zijn gelijk aan de damwandberekening van Fugro [FUG 2017]. In paragraaf 3.5 is aangegeven dat deze waarden relatief hoog zijn en nader onderbouwd dienen te worden.
- Aan beide zijden van de damwand is een hydrostatische waterstand gehanteerd over de diepte. Hierbij is geen rekening gehouden met de lagere stijghoogte in het pleistocene zandpakket vanaf NAP -15,5 m. Dit is een conservatieve aanpak.
- De gehanteerde hoogwaterstand van NAP +1,36 m (HW springtij) lijkt een voldoende conservatief uitgangspunt.

Sterk MN-CONCEPT-Drsn 4-4- nieuwe gebruikfase - kopie.shi

- De bodemopbouw en gehanteerde grondparameters zijn gelijk aan de damwandberekening van Fugro [FUG 2017]. In paragraaf 3.5 is aangegeven dat de waarden voor de cohesie van de grondlagen veen en humeuze klei relatief hoog zijn.
- Aan beide zijden van de damwand is een hydrostatische waterstand gehanteerd over de diepte. Hierbij is geen rekening gehouden met de lagere stijghoogte in het pleistocene zandpakket vanaf NAP -15,5 m. Dit is een conservatieve aanpak.
- De gehanteerde laagwaterstand van NAP -0,85 m (1 x per jaar) lijkt een voldoende conservatief uitgangspunt.
- Voor het bodemniveau van de Hollandsche IJssel wordt nu een niveau van NAP -3,75 m gehanteerd conform [FUG 2017]. Dit is een zeer belangrijk uitgangspunt in de berekening. Wanneer dit niveau een halve meter lager wordt gekozen, neemt het optredende maatgevende moment toe van 294 kNm naar 340 kNm en voldoet de damwand niet meer.

4.3 Doorsnede 5-5 damwandconstructie bedrijventerrein langs Sliksloot

Sterk MN-CONCEPT-Drsn 5-5, saneringsfase- kopie.shi

- In de saneringsfase wordt gerekend met veiligheidsklasse RC1. Dit lijkt een voldoende veilige aanpak.
- Het is niet duidelijk waarom een steenbestorting (breedte 7 m, belasting 7 kPa) op de bodem van de Sliksloot is geschematiseerd. Deze aanwezigheid van de bestorting is in de saneringsfase niet noodzakelijk.

REVIEW ONTWERPBEREKENINGEN DAMWANDEN EMK-TERREIN KRIMPEN AAN DEN IJSSEL



- In de berekening is voor het bestaande maaiveld achter de damwand een hoogte van NAP +2,0 m gehanteerd. Het huidige maaiveldniveau bedraagt echter NAP +4,0 m. Dit heeft echter geen gevolgen voor de berekening.
- De bodemopbouw en gehanteerde grondparameters zijn gelijk aan de damwandberekening van Fugro [FUG 2017]. In paragraaf 3.5 is aangegeven dat deze waarden relatief hoog zijn en nader onderbouwd dienen te worden.
- Voor de gehanteerde bodemopbouw is sondering DKM16 uit [W&P 2012] gebruikt. Deze sondering is echter uitgevoerd naast de damwand langs de Hollandsche IJssel. De aangetroffen bodemopbouw met een zandlaag vanaf NAP -12 m is daarom niet representatief voor het gedeelte van de damwand langs de Sliksloot. Hier zijn alleen sonderingen DKM 14 en DKM12 uit [W&P 2012] beschikbaar met een zandlaag vanaf NAP -15,5 m. De bodemopbouw is hiermee te positief geschematiseerd.
- Aan beide zijden van de damwand is een hydrostatische waterstand gehanteerd over de diepte. Hierbij is geen rekening gehouden met de lagere stijghoogte in het pleistocene zandpakket vanaf NAP -15,5 m. Dit is een conservatieve aanpak.
- De gehanteerde hoogwaterstand van NAP +1,36 m (HW springtij) lijkt een voldoende conservatief uitgangspunt.

Sterk MN-CONCEPT-Drsn 5-5- nieuwe gebruikfase+bolderkracht - kopie.shi

- Voor de grondwaterstand wordt een waarde van NAP +2,0 m gehanteerd. In de eisen wordt aangegeven dat dit maximaal NAP +1,5 m bedraagt omdat er een grindkoffer wordt aangebracht, op dit niveau. De waarde van NAP +2,0 m is hiermee conservatief.
- De bodemopbouw en gehanteerde grondparameters zijn gelijk aan de damwandberekening van Fugro [FUG 2017]. In paragraaf 3.5 is aangegeven dat deze waarden relatief hoog zijn en nader onderbouwd dienen te worden.
- Voor de gehanteerde bodemopbouw is sondering DKM16 uit [W&P 2013] gebruikt. Deze sondering is echter uitgevoerd naast de damwand langs de Hollandsche IJssel. De aangetroffen bodemopbouw met een zandlaag vanaf NAP -12 m is daarom niet representatief voor het gedeelte van de damwand langs de Sliksloot. Hier zijn alleen sonderingen DKM 14 en DKM12 uit [W&P 2012] beschikbaar met een zandlaag vanaf NAP -15,5 m. De bodemopbouw is hiermee te positief geschematiseerd.
- Aan beide zijden van de damwand is een hydrostatische waterstand gehanteerd over de diepte. Hierbij is geen rekening gehouden met de lagere stijghoogte in het pleistocene zandpakket vanaf NAP -15,5 m. Dit is een conservatieve aanpak.
- Bij de berekening van de nieuwe gebruiksfase moet een voldoende conservatief uitgangspunt voor de waterstand in de Sliksloot worden gehanteerd. Een laagwaterstand van NAP -0,85 m (1 x per jaar) lijkt hierbij voldoende conservatief. De gehanteerde waterstand van NAP -0,27 m (LW gemiddeld) wordt te optimistisch beschouwd.
- Door een steenbestorting (breedte 7 m, belasting 7 kPa) op de bodem van de Sliksloot te schematiseren kan het optredende moment in de damwand worden gereduceerd (afname bedraagt ca. 60 kNm).

5. OPTIMALISATIES DAMWANDBEREKENING

5.1 Mogelijke optimalisaties

Hieronder worden enkele mogelijke optimalisaties onderzocht die een mogelijk significante invloed hebben op de berekeningsresultaten. Hiervoor zijn de oorspronkelijke D-Sheet Piling berekeningen van Sterk Midden Nederland B.V. aangepast en vergeleken met elkaar.

5.2 Opsplitsen damwandtrajecten met gunstigere bodemopbouw

Het is wellicht mogelijk om de damwandtrajecten in verschillende deeltrajecten op te splitsen die een mogelijk gunstigere bodemopbouw hebben (b.v. minder slappe lagen). Hiermee kunnen de damwanden van het betreffende deeltraject worden geoptimaliseerd.

Zoals in paragraaf 3.3 is aangegeven hebben de sonderingen 404 [OG 1997-3] en DKM16 en DKM17 [W&P 2012] die zijn uitgevoerd langs de Hollandse IJssel een gunstigere bodemopbouw. Hier begint de pleistocene zandlaag immers al op een diepte van circa NAP -12 m in plaats van NAP -15,5 m. De gunstigere bodemopbouw geldt globaal dus voor doorsnede 4-4.

Tabel 5.1: Mogelijke optimalisatie door hogere ligging zandlaag

Doorsnede	Oorspronkelijke berekening (zandlaag vanaf NAP -15,5 m) Maximaal moment [kNm/m]	Nieuwe berekening (zandlaag vanaf NAP -12 m) Maximaal moment [kNm/m]
4-4 saneringsfase	285	283
4-4 gebruiksfase	294	294

Uit tabel 5.1 blijkt dat een hogere ligging van het pleistocene zandpakket geen invloed heeft op het maximale moment in de damwand.

5.3 In rekening brengen van lagere stijghoogte in pleistocene zandpakket

In de huidige berekeningen is een hydrostatisch verloop van de waterspanningen gehanteerd. In paragraaf 3.3 is aangegeven dat in het pleistocene zand de stijghoogte circa NAP -2,0 m bedraagt en is daarmee veel lager is dan de gehanteerde ¹NAP +2,0 m behorende bij een hydrostatische waterdruk.

Tabel 5.2: Mogelijke optimalisatie door lager stijghoogte zandpakket

Doorsnede	Oorspronkelijke berekening (hydrostatische waterspanning) Maximaal moment [kNm/m]	Nieuwe berekening (stijghoogte zandlaag NAP -2 m) Maximaal moment [kNm/m]
5-5 saneringsfase	265	265
5-5 gebruiksfase	326	326

Uit tabel 5.2 blijkt dat het in rekening brengen van een lagere stijghoogte in het pleistocene zandpakket geen invloed heeft op het maximale moment in de damwand.

5.4 In rekening brengen van reële waarden voor waterstanden

De gehanteerde waarde voor de laag waterstand van de Hollandsche IJssel van NAP -0,85 m (LW 1 x per jaar) ¹ lijkt een voldoende conservatief uitgangspunt. In de verificatieberekening van D-Sheet Piling voor veiligheidsklasse RC2 wordt deze waarde nog eens met 0,25 m verlaagd tot een niveau van NAP -1,05 m. Dit komt overeen met een laag waterstand die circa 1 x per 20 jaar optreedt.

In de berekening is een hoge waarde voor de freatische grondwaterstand achter de damwand gehanteerd van NAP +2,0 m. Dit is 0,5 m hoger dan het niveau van de drainageconstructie (grindkoffer + drains) die hier wordt aangebracht. Bij voldoende onderhoud van de drainageconstructie lijkt een niveau van NAP +1,5 m een meer reële situatie. Daarom is een nieuwe berekening uitgevoerd met een grondwaterstand van NAP +1,5 m. Deze berekening is alleen in de maatgevende gebruiksfase uitgevoerd.

Tabel 5.3: Mogelijke optimalisatie door lagere grondwaterstand

Doorsnede	Oorspronkelijke berekening (GWS = NAP +2,0 m) Maximaal moment [kNm/m]	Nieuwe berekening (GWS = NAP +1,5 m) Maximaal moment [kNm/m]
5-5 gebruiksfase	326	303

Uit tabel 5.3 blijkt dat het in rekening brengen van een lagere grondwaterstand achter de damwand een (beperkt) positief effect heeft op het berekende maximale moment in de damwand.

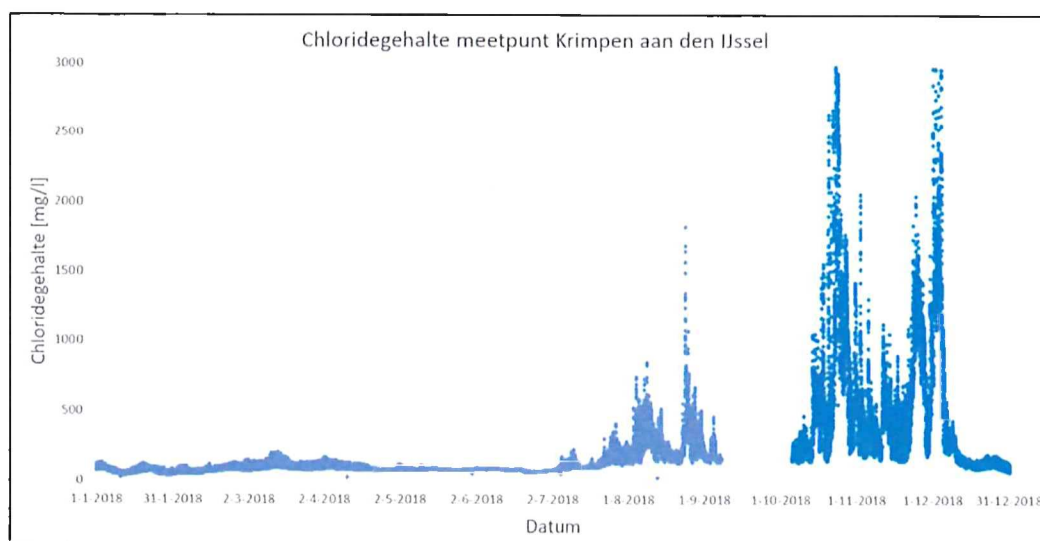
5.5 Toepassen van een alternatieve bouwfasering

Een alternatieve bouwfasering is niet gevonden en is niet verder uitgewerkt.

5.6 Nadere beschouwing in rekening te brengen reductie voor corrosie

In [FUG 2018] wordt voor de reeds opgetreden corrosie een waarde van 1,4 mm gehanteerd. Voor de damwandzijde in de bodem wordt een corrosie van 0,60 mm gehanteerd voor een ongeroerd schone bodem voor een periode van 50 jaar.

In [FUG 2018] wordt voor de corrosie van de damwand onder water een waarde van 1,75 mm gehanteerd (per blootgestelde zijde van de damwand) voor een periode van 50 jaar. Uitgangspunt hierbij is zoutwater in gematigd klimaat (permanent onderwaterzone) conform CUR166. Dit is een conservatief uitgangspunt. Op basis van meetgegevens van RWS (<https://waterinfo.rws.nl/#/kaart/zouten/>) blijkt dat het water van de Hollandsche IJssel bij het meetpunt Krimpen aan den IJssel gedurende de het grootste deel van het jaar (circa 7 maanden) zoet is (zie figuur 5.1). Hierbij wordt voor de grens van zoet water een concentratie chloride in het oppervlaktewater < 300 mg/l gehanteerd. Hierbij behoort een corrosie van 0,9 mm (per blootgestelde zijde) voor een periode van 50 jaar. Gedurende circa 5 maanden in de zomer/herfst periode bij een lage afvoer van de rivier is het chloridegehalte hoger tot circa 3000 mg/l zoals bijvoorbeeld gemeten in 2018 (figuur 5.1). Hierbij wordt opgemerkt dat het afgelopen jaar extreem droog is geweest waarbij de waterafvoer van de grote rivieren extreem beperkt waren zodat de zouttong uit zee dieper landinwaarts kon doordringen.



Figuur 5.1: Chloridegehalte Krimpen aan den IJssel 2018

Het water tot 3000 mg/l wordt als brak geclassificeerd. Dit is nog steeds veel lager dan het chloridegehalte van zout water (10.000 mg/l). Wanneer voor de corrosie gedurende de 5 maanden in de zomer/herfst 1,75 mm wordt gehanteerd (behorende bij zout water) en voor de overige maanden een waarde van 0,9 mm (behorende bij zoet water) wordt de volgende waarde voor de corrosie gevonden:
 $(5/12) \times 1,75 \text{ mm} + (7/12) \times 0,9 \text{ mm} = 1,25 \text{ mm}$

De totale corrosie van de damwand voor een periode van 50 jaar komt hiermee op:

Reeds opgetreden corrosie	1,4 mm
Ongeroerd schone bodem	0,6 mm
<u>Waterzijde onder water</u>	<u>1,25 mm</u>
Totale corrosie	1,85 3,25 mm

De grootste momentcapaciteit van een damwand wordt geleverd door de flens van de damwand. In de ontwerpberekening van Sterk [STK 2018-2] is de reductiefactor voor de momentcapaciteit echter bepaald op basis van de dikte van het lijf van de damwand met een dikte van 10 mm. Het is daarom meer realistisch om de reductiefactor te relateren aan de dikte van de flens van de damwand van 16 mm. De reductiefactor voor de momentcapaciteit wordt hiermee $(16 - 3,25)/16 \rightarrow 0,80$.

$$(15,1 - 1,85)/15,1$$

De momentcapaciteit van de damwand wordt hiermee:

$$M_{\max,el} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m} \times 265 \text{ MPa} \times 0,77 \times 0,80 = 408 \text{ kNm/m.}$$

De hierbij afgeleide momentcapaciteit is hiermee substantieel hoger dan de in paragraaf 3.8 afgeleide waarde van 318 kN/m (+28%).

Een mogelijkheid om scheve buiging te voorkomen is het dichtlassen van de losse sloten van de damwand. De reductiefactor voor scheve buiging kan hiermee wellicht toch met 0,1 worden verhoogd. Wanneer tijdens de sanering de vervuilde grond achter de damwand wordt ontgraven, kunnen (voor het aanbrengen van de nieuwe schone grond) de losse sloten over een hoogte van circa 5 m worden dichtgelast. Hiermee wordt voorkomen dat de damwandplanken ten opzichte van elkaar kunnen verschuiven. De heeft een minstens zo goed effect op het voorkomen van scheve buiging als de aanwezigheid van een 5 m droge zandlaag. Dit dient echter nog wel met een aanvullende beschouwing te worden onderbouwd. Wanneer dit in een volgende fase van het project kan worden aangetoond, kan de momentcapaciteit verder worden verhoogd tot:

$$M_{\max,el} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m} \times 265 \text{ MPa} \times (0,77+0,10+0,10) \times 0,80 = 514 \text{ kNm/m}.$$

De hierbij afgeleide momentcapaciteit is hiermee substantieel hoger dan de in paragraaf 3.8 afgeleide waarde van 318 kNm/m (+62%).

5.8 Invloed van een kortere damwand op de berekeningsresultaten

Om een indruk te krijgen wat de invloed van de lengte van de damwand is op de berekeningsresultaten is voor doorsnede 5-5 (gebruiksfasen) een berekening gemaakt waarbij de damwand zo kort mogelijk is gemaakt. Hierbij zijn andere faalmechanismen zoals bijvoorbeeld Kranzstabiliteit niet beschouwd.

Tabel 5.4: Invloed kortere damwand op berekeningsresultaten

Doorsnede	Oorspronkelijke berekening (Damwandlengte 28 m tot NAP -24 m) Maximaal moment [kNm/m]	Nieuwe berekening (Damwandlengte 20 m tot NAP -16 m) Maximaal moment [kNm/m]
5-5 gebruiksfasen	326	328

Uit tabel 5.4 blijkt dat bij het toepassen van een 8 m kortere damwand het buigende moment in de damwand nauwelijks toeneemt. De aangebrachte damwand is dus veel langer dan op basis van alleen de grondkerende functie van de damwand benodigd is. Naast de grondkerende functie heeft de damwand ook een functie om de zandlaag die aanwezig is van circa NAP -12 m tot NAP -22 m af te sluiten. Daarom is in het oorspronkelijke ontwerp de damwand doorgezet tot een diepte van NAP -24 m.

5.9 Invloed bodemopbouw aan passieve zijde op de berekeningsresultaten

Zowel het oorspronkelijke ontwerp als de nieuwe ontwerpberoekeningen door Sterk zijn gebaseerd op grondonderzoek (sonderingen, boringen en laboratoriumonderzoek) dat is uitgevoerd op het land. Er zijn geen sonderingen of boringen beschikbaar die op het water in de Hollandse IJssel of in de Sliksloot zijn uitgevoerd. De grondopbouw op deze locatie is echter wel essentieel voor de damwandberekeningen. De stabiliteit van de damwand wordt immers voor een groot deel bepaald door de passieve weerstand die door de grond aan de lage zijde van de damwand kan worden opgebouwd. Een kleine verandering in bodemopbouw aan deze zijde van de damwand (bv. dikkere sli blaag, lagere volumieke massa van grondlagen of lagere sterkteparameters) heeft een groot effect op de totale stabiliteit van de damwand. Dit blijkt uit onderstaande tabel waarbij de invloed van stortsteen op de waterbodem wordt getoond.

5.7 Nadere beschouwing in rekening te brengen reductie voor scheve buiging

In [FUG 2018] wordt voor de reductie voor scheve buiging een factor van 0,77 afgeleid voor zowel het weerstandsmoment als het traagheidsmoment. Hierbij zijn verschillende effecten zoals de grondcondities, ondersteuning en installatiewijze conform CUR 166 in rekening gebracht (zie figuur 5.2).

Nr	Effect	M^0_{ϕ} traagheidsmoment	M^0_R weerstandsmoment
1	Scheefweerstand grond		
	cohesief	met cohesief	
	$c_u \leq 25 \text{ kPa}$	$q \leq 5 \text{ MPa}$	0,05
	$25 < c_u \leq 100 \text{ kPa}$	$5 < q \leq 15 \text{ MPa}$	0,10
2	Ondersteuning en weerstand tegen verschuiving damwandsplanken		
	loodrecht op damwand (Z-richting)	geen ondersteuning	0
		1 ondersteuning	0,05
		> 1 ondersteuning	0,15
3	aan vlak damwand (Y-richting)	geen weerstand	0
		wel weerstand	0,05
4	verticaal (X-richting)	geen weerstand	0
		wel weerstand	0,05
5	Installatie		
	gebruikt of niet maatregelen om de inbrengweerstand te verlagen (zoals voorspannen, voorspannen sloten, enz.)		0
	heien of inbullen, zonder maatregelen		0,10
6	Zandlaag boven grondwaterspiegel (ten minste 5 m droge zand)		
	niet aanwezig		0
	wel aanwezig		0,10

Figuur 5.2: Tabel 3.4 uit CUR 166 - deel 2

Aantal ondersteuning

Een van de effecten die in [FUG 2018] is beoordeeld is het effect van de aanwezigheid van een ondersteuning loodrecht op de damwand (nr. 2 in figuur 5.2). Aangezien in de huidige situatie 1 ankerrijs aanwezig is, is de reductiefactor verhoogd met een waarde van 0,05 conform figuur 5.2.

In de ontwerpberekening van Sterk [STK 2018-2] worden voor doorsnede 5-5 echter 2 ankerrijen toegepast. De reductiefactor mag in deze situatie worden verhoogd met een waarde van 0,15 conform figuur 5.2 in plaats van de gehanteerde waarde van 0,05. De momentcapaciteit kan hiermee verder (zie paragraaf 5.7) worden verhoogd tot:

$$M_{\max,el} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m} \times 265 \text{ MPa} \times (0,77 + 0,10) \times 0,80 = 461 \text{ kNm/m}$$

$$M_y = 4 \times 4 \times 4 \times 0,77 \times 0,80 = 408$$

De hierbij afgeleide momentcapaciteit is hiermee substantieel hoger dan de in paragraaf 3.8 afgeleide waarde van 318 kNm/m (+45%).

Aanwezigheid droge zandlaag

Een ander effect dat in [FUG 2018] is beoordeeld is het effect van de aanwezigheid van een tenminste 5 m droge zandlaag boven de grondwaterspiegel (nr. 6 in figuur 5.2). Aangezien deze 5 m droge zandlaag niet aanwezig is in de eindsituatie van het project, is de reductiefactor niet verhoogd met een waarde van 0,1 conform de waarde uit figuur 5.2.

Tabel 5.5: Invloed aanwezigheid stortsteen op bodem van Sliksloot

Doorsnede	Oorspronkelijke berekening (steenbestorting op bodem aanwezig) Maximaal moment [kNm/m]	Nieuwe berekening (steenbestorting op bodem afwezig) Maximaal moment [kNm/m]
5-5 gebruiksfase	326	392

Uit tabel 5.5 blijkt dat bij afwezigheid van een steenbestorting met een relatief laag gewicht van 7 kN/m² het moment in de damwand toeneemt met 66 kNm/m.

Daarom wordt voorgesteld om juist nader grondonderzoek uit te voeren naast de damwand op het water van de Hollandsche IJssel en de Sliksloot. Het benodigde grondonderzoek bestaat uit sonderingen om de bodemopbouw te verifiëren, mechanische boringen om monsters te kunnen steken en labonderzoek om de volumieke massa en sterkteparameters van grondlagen te kunnen vaststellen.

5.10 Invloed lagere sterkte van grondparameters op de berekeningsresultaten

De bodemopbouw en gehanteerde grondparameters zijn gelijk aan de damwandberekening van Fugro [FUG 2017]. In paragraaf 3.5 is aangegeven dat deze waarden relatief hoog zijn en nader onderbouwd dienen te worden.

Om de invloed van een lagere cohesie voor de grondlagen veen en humeuze klei op de damwandberekening te bepalen is een berekening uitgevoerd waarbij voor deze grondlagen een cohesie van 2 kPa wordt gehanteerd, gedeeltelijk gebaseerd op de standaard waarden conform NEN 9997-1.

Tabel 5.6: Invloed lagere sterkte van grondparameters

Doorsnede	Oorspronkelijke berekening (hoge cohesie veen en humeuze klei) Maximaal moment [kNm/m]	Nieuwe berekening (cohesie veen en humeuze klei = 2 kPa) Maximaal moment [kNm/m]
5-5 gebruiksfase	326	537

Uit tabel 5.6 blijkt dat bij het in rekening brengen van een lage waarde voor de cohesie voor de grondlagen veen en humeuze klei het moment in de damwand toeneemt met 211 kNm/m.

De invloed van de te hanteren grondparameters is zeer groot. Om de definitieve grondparameters af te kunnen leiden en (onder andere) de hoge waarden voor cohesie te verifiëren dient daarom een nadere beschouwing van al het beschikbare grond- en labonderzoek uitgevoerd te worden. Daarnaast is mogelijk aanvullend grond- en laboratoriumonderzoek benodigd wanneer het beschikbare onderzoek niet toereikend blijkt te zijn. Wanneer niet wordt gekozen voor een aanvullende analyse van de beschikbare grond- en labonderzoeken dienen de standaard lage waarden conform NEN 9997-1 gehanteerd te worden wat resulteert in een groot optredend moment in de damwand.

[REDACTED]

[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] derwerp: Markering Datum: 18-11-2019 09:51:59

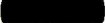
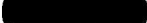
[REDACTED] Nummer: 2 Au [REDACTED] [REDACTED] derwerp: Markering Datum: 18-11-2019 09:54:14

6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

6.1 Conclusies

- De maatgevende grondopbouw is gebaseerd op sonderingen 402 en 403 [OG 1997-3] die beide gelegen zijn langs de Sliksloot. Sonderingen 404 [OG 1997-3] en DKM16 en DKM17 [W&P 2012] zijn gelegen langs de Hollandse IJssel en hebben een gunstigere bodemopbouw. Hier begint de pleistocene zandlaag immers al op een diepte van circa NAP -12 m in plaats van NAP -15,5 m. Daarom wordt aangeraden om voor de damwanden langs de Hollandse IJssel (doorsnede 4-4) een andere, gunstigere grondopbouw te hanteren.
- ■ De bodemopbouw en gehanteerde grondparameters in de damwandberekeningen zijn relatief hoog. In de vraagspecificatie wordt aangegeven dat de opdrachtnemer zelf de grondparameters en uitgangspunten dient af te leiden op basis van het beschikbare grond- en labonderzoek.
- De diepte van de waterbodem van de Hollandsche IJssel volgt uit de legger van Rijkswaterstaat en bedraagt NAP -5,1 m over een bodembreedte van 68,5 m. De breedte van de Hollandsche IJssel ter plaatse van de damwand is circa 110 m en daarmee veel breder dan de genormeerde bodembreedte van 68,5 m. Het bodemniveau ter plaatse van de damwand mag dus hoger zijn dan NAP -5,1 m. In de berekening van Fugro [FUG 2017] wordt een niveau van NAP -3,75 m gehanteerd wat gelijk is aan het bodemniveau in de Sliksloot. Aangezien op dit gedeelte van de kade geen schepen kunnen aanmeren is een dergelijk diep bodemniveau hier niet noodzakelijk. Geadviseerd wordt om het te hanteren bodemniveau nader af te stemmen met de opdrachtgever.
- Een hogere ligging van het pleistocene zandpakket heeft geen invloed op het maximale moment in de damwand voor doorsnede 4-4.
- Het in rekening brengen van een lagere stijghoogte in het pleistocene zandpakket heeft geen invloed op het maximale moment in de damwand voor doorsnede 4-4.
- Het in rekening brengen van een lagere grondwaterstand achter de damwand een (beperkt) positief effect heeft op het berekende maximale moment in de damwand voor doorsnede 5-5.
- Door rekening te houden met het chloridegehalte van het water in de Hollandsche IJssel kan de toe te passen reductie voor corrosie worden verkleind. De momentcapaciteit van de damwand neemt hierdoor met 28% toe.
- Door tijdens de sanering de losse damwandsloten dicht te lassen en twee ankerrijen in rekening te brengen kan de reductiefactor voor scheve buiging worden verhoogd van 0,77 tot 0,97. De momentcapaciteit van de damwand neemt hierdoor met circa 20% toe.
- Bij toepassing van een 8 m kortere damwand neemt het buigende moment in de damwand nauwelijks toe. De aangebrachte damwand is dus veel langer dan op basis van alleen de grondkerende functie van de damwand benodigd is. Naast de grondkerende functie heeft de damwand ook een functie om de zandlaag die aanwezig is van circa NAP -12 m tot NAP -22 m af te sluiten. Daarom is in het oorspronkelijke ontwerp de damwand doorgezet tot een diepte van NAP -24 m.
- Bij afwezigheid van een steenbestorting met een relatief laag gewicht van 7 kN/m² neemt het moment in de damwand ter plaatse van doorsnede 5-5 toe met 66 kNm/m.
- Het toepassen van een lage waarde voor de cohesie voor de grondlagen veen en humeuze klei neemt het moment in de damwand toe met 211 kNm/m. De invloed van de te hanteren grondparameters is zeer groot.

 Nummer: 1   

   Onderwerp: Markering Datum: 18-11-2019 09:55:55

6.2 Aanbevelingen

- Voor de damwandberekeningen zijn in [FUG 2017] representatieve waarden voor de relevante grondparameters bepaald voornamelijk op basis van de laboratoriumtestgegevens van Omegam [OG 1997-3]. Deze waarden zijn aanzienlijk hoger en gunstiger dan standaard wordt toegepast op basis van tabel 2b NEN 9997-1. De invloed van de te hanteren grondparameters is zeer groot. Om de definitieve grondparameters af te kunnen leiden en (onder andere) de hoge waarden voor cohesie te verifiëren dient daarom een nadere beschouwing van al het beschikbare grond- en labonderzoek uitgevoerd te worden. Daarnaast is mogelijk aanvullend grond- en laboratoriumonderzoek benodigd wanneer het beschikbare onderzoek niet toereikend blijkt te zijn. Wanneer niet wordt gekozen voor een aanvullende analyse van de beschikbare grond- en labonderzoeken dienen de standaard lage waarden conform NEN 9997-1 gehanteerd te worden wat resulteert in een groot optredend moment in de damwand.
- Een mogelijkheid om scheve buiging te voorkomen is het dichtlassen van de losse sloten van de damwand. Wanneer tijdens de sanering de vervuilde grond achter de damwand wordt ontgraven, kunnen (voor het aanbrengen van de nieuwe schone grond) de losse sloten over een hoogte van circa 5 m worden dichtgelast. Hiermee wordt voorkomen dat de damwandplanken ten opzichte van elkaar kunnen verschuiven. De effectiviteit van deze maatregel dient met een aanvullende beschouwing te worden onderbouwd.
- Een kleine verandering in bodemopbouw aan deze zijde van de damwand (bv. dikkere sliblaag, lagere volumieke massa van grondlagen of lagere sterkteparameters) heeft een groot effect op de totale stabiliteit van de damwand. Daarom wordt voorgesteld om nader grondonderzoek uit te voeren naast de damwand op het water van de Hollandsche IJssel en de Sliksloot. Het benodigde grondonderzoek bestaat uit sonderingen om de bodemopbouw te verifiëren, mechanische boringen om monsters te kunnen steken en labonderzoek om de volumieke massa en sterkteparameters van grondlagen te kunnen vaststellen.

