



Dijkversterking Stad Tiel

Voorlopig ontwerp langsconstructie deeltraject 4A

Dijkversterking Stad Tiel

Voorlopig ontwerp langsconstructie deeltraject 4A

Opdrachtgever: Waterschap Rivierenland

Referentie: INFR200121-R09

Revisie: 1

Datum: 18 december 2020

Iv-Infra b.v.

Ingenieursbureau met Passie voor Techniek

Titel document: Dijkversterking Stad Tiel

Ondertitel document: Voorlopig ontwerp langsconstructie deeltraject 4A

Referentie: INFR200121-R09

Revisie: 1

Datum: 18 december 2020

Opdrachtgever: Waterschap Rivierenland

Projectnummer opdrachtgever: INFR200121

Project: INFR200121

Revisie	Status	Datum	Auteur(s)	Gecontroleerd	Goedgekeurd	Omschrijving
0	Concept	04-11-2020	N. den Adel	H.J. Wolters	H.J. Wolters	Ter bespreking met WSRL
1	Concept	18-12-2020	N. den Adel	H.J. Wolters	H.J. Wolters	Ter bespreking met WSRL



Inhoudsopgave

1	Inleiding	6
1.1.	Aanleiding	6
1.2.	Doel	7
1.3.	Revisiebeheer	8
1.4.	Leeswijzer	8
1.5.	Referenties	8
2	Uitgangspunten	10
2.1.	Bestaande situatie	10
2.2.	Nieuwe situatie	12
2.3.	Geometrie	13
2.4.	Veiligheidsbenadering	14
2.5.	Geotechnische uitgangspunten	15
2.5.1.	Bodemopbouw L-wand	15
2.5.2.	Bodemopbouw damwand	16
2.5.3.	Impactanalyse labonderzoek	17
2.6.	Hydraulische randvoorwaarden	17
2.6.1.	Hydraulische randvoorwaarden damwand	17
2.6.2.	Hydraulische randvoorwaarden L-wand	17
2.7.	Modellering damwand	17
2.8.	Modellering L-wand	19
3	Ontwerpresultaten	22
3.1.	Ontwerp L-wand	22
3.2.	Ontwerp damwand	23
3.3.	Ontwerpkeuzes	23
3.4.	Verificatierapport	23
3.5.	Risico's	24
3.6.	Raakvlakken	24
3.7.	Veiligheid, gezondheid en milieu	25
3.7.1.	Uitvoeringsfase	25
3.7.2.	Gebruiksfase	25
3.8.	Duurzaamheid	25
3.8.1.	Materiaalkeuze en hergebruik	25
3.8.2.	Beperking uitstoot (CO ₂ , NO ₂ , etc.)	25
3.9.	Beheer en onderhoud	26
4	Uitvoering	27
4.1.	Fasering damwand	27
4.2.	Fasering L-wand	27



4.3.	Installeerbaarheid damwand	27
4.3.1.	Schadevrij installeren damwand	27
4.3.2.	Trillingspredictie	28
4.3.3.	Materieel	28
4.4.	Aandachtspunten uitvoering	29
4.5.	Monitoring	29
5	Ontwerptoetsingen L-wand en damwand	30
5.1.	Ontwerp toetsingen damwand	30
5.1.1.	Samenvatting rekenresultaten	30
5.1.2.	GEO-1: Algehele stabiliteit constructie	30
5.1.3.	STR-1: Toetsing damwand	31
5.1.4.	STR-2: Sterkte gording	32
5.1.5.	SSI-1: Lengte damwand	32
5.1.6.	Vervormingen constructie	32
5.2.	Ontwerptoetsingen L-wand	32
5.2.1.	Toetsingen L-wand	32
6	Overdracht DO-fase	34
6.1.	Nader te detailleren	34
6.2.	Niet-beheerste risico's	34
6.3.	Openstaande raakvlakken	35
6.4.	Afgeleide eisen	36
6.5.	Risicoreservering DO-fase	36
BIJLAGEN		37
A.	Ontwerptoetsingen damwand	37
A.1.	Doorsnede toetsing damwand	37
B.	Ontwerptoetsingen L-wand	38
C.	Drukcapaciteit damwand	39
D.	Rekenresultaten	40
E.	Review revisie 0	41

1 Inleiding

1.1. Aanleiding

Een groot deel van de waterkering bij Tiel is in de derde toetsronde afgekeurd. Een deel van dit traject is recent versterkt binnen het project Fluvia Tiel. De versterking van de overige waterkeringen rondom Tiel wordt op orde gebracht met de dijkversterking Stad Tiel. Deze dijkversterking is opgenomen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Een overzicht van het projectgebied is opgenomen in Figuur 1-1.

Waterschap Rivierenland (WSRL) heeft voor de waterkering binnen het projectgebied van de dijkversterking Stad Tiel een nadere veiligheidsanalyse uitgevoerd waarbij de scope is vastgelegd met inachtneming van de nieuwe norm uit de Waterwet en de laatste rekenregels uit het Ontwerpinstrumentarium 2014 (OI2014).

In 2019 heeft Tauw, met partners H+N+S en Iv-Infra, de verkenningsfase voor deze dijkversterking doorlopen. Hieruit is het voorkeursalternatief (VKA) van de versterking vastgesteld. In de huidige fase van het project wordt het VKA verder uitgewerkt tot een voorlopig ontwerp (VO), met als doel de benodigde vergunningen, zoals Projectplan Waterwet, monumentenvergunning, etc. aan te vragen.

Voorliggende rapportage betreft de VO-rapportage van de langsconstructie in deeltraject 4A. Dit deeltraject is onderverdeeld in drie delen (4A1, 4A2 en 4A3). De opgave ten aanzien van waterveiligheid is hier beperkt tot de hoogte. Hierbij wordt in 4A1 een betonnen L-wand aangebracht met aan de buitenzijde een talud. In 4A2 wordt een deel verhoogd met een L-wand bekleed met metselwerk en een deel met een damwand. In het deeltraject 4A3 wordt een damwand aangebracht. De damwanden in deeltraject 4A2 en 4A3 worden in de buitenkruinlijn aangebracht en worden aan de voorzijde voorzien van een betonnen schort bekleed met metselwerk. Doordat de L-wanden en damwanden het buitentalud vervangen, hebben deze constructies naast een hoogtefunctie ook een functie voor stabiliteit buitenwaarts. De keuze voor deze oplossing is onderbouwd in [17]. Deeltraject 4A start vanaf de dijkpaal DT214+85 en loopt tot dijkpaal DT217+30. In Figuur 1-1 betreft dit de groene lijn (aangegeven met rode pijl).



Figuur 1-1: Bovenaanzicht projectgebied dijkversterking Stad Tiel

1.2. Doel

Het doel van deze ontwerprapportage is het beschrijven van het ontwerp van de langsconstructie in deeltraject 4A en het vastleggen van de gemaakte ontwerpkeuzes. Het ontwerp is uitgewerkt op het niveau van een voorlopig ontwerp (VO). In opvolging van het VO wordt nog de fase definitief ontwerp (DO) en de contractfase doorlopen. Het doel van het VO is het maken van keuzes m.b.t. principeoplossingen en het vaststellen van de hoofdconstructie onderdelen voor een representatieve doorsnede in het deeltraject, dit zijn:

- Damwandtype en planklengte
- Globale dimensies betonnen L-wand

In de navolgende fase (DO) worden de verbindingen tussen de onderdelen en de aansluitingen op de naastgelegen deeltrajecten uitgewerkt. Ook worden in de DO fase waar nodig aanvullende rekensnedes beschouwd.

Deze rapportage behandelt uitsluitend het ontwerp van de langsconstructies. Voor het integrale ontwerp van de dijkversterking in dijktraject 4A en de beoordeling van overige faalmechanismen wordt verwezen naar [19] en [20]

1.3. Revisiebeheer

De huidige revisie (revisie 1) is een conceptversie ter bespreking met Waterschap Rivierenland.

Tabel 1-1: Revisietabel

Revisie document	Omschrijving
0	Conceptversie ter controle
1	Conceptversie, waarin opmerkingen WSRL op revisie 0 zijn verwerkt. Een overzicht van de opmerkingen en de verwerking is opgenomen in bijlage E.

1.4. Leeswijzer

In paragraaf 1.5 worden de gebruikte documenten en normen aangegeven. Hoofdstuk 2 beschrijft de locatie specifieke uitgangspunten of uitgangspunten die afwijken van de algemene Technische Uitgangspuntennota TUN [17]. De ontwerpresultaten zijn beschreven in hoofdstuk 3. In dit hoofdstuk zijn de ontwerpkeuzes, aandachtspunten ten aanzien van veiligheid, gezondheid, milieu, duurzaamheid en beheer en onderhoud opgenomen. Uitgangspunten voor de uitvoeringsfase zijn beschreven in hoofdstuk 4. De ontwerpvoetsingen zijn opgenomen in hoofdstuk 5. Als laatste hoofdstuk 6, waarin aandachtspunten voor de volgende fases zijn beschreven.

1.5. Referenties

De gehanteerde referenties zijn onderstaand opgenomen.

Normen en Richtlijnen

- [1] Deltares, POV-M Publicatie Stabiliteitsverhogende langsconstructies in primaire waterkeringen, maart 2020
- [2] Deltares, POV-M Publicatie Eindige Elementen Methode, maart 2020
- [3] CUR-publicatie 166, Damwandconstructies, 6^e herziene druk, 2012
- [4] Rijkswaterstaat, Afronding onderzoek vermindering corrosietoetslag damwanden, 2 december 2015
- [5] Kennisplatform Risicobenadering, KPR Factsheet werkwijze macrostabiliteit i.c.m. golfoverslag OI2014v4, 8 maart 2018.
- [6] SBRCURnet, Trillingsrichtlijn A: Schade aan bouwwerken, 2017
- [7] SBRCURnet, Omgevingsbeïnvloeding inbrengen en trekken van damwanden, 2017
- [8] NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2019/NB:2019 nl, Nationale bijlage bij NEN-EN 1990+A1:2006+A1:2006/C2:2019 Eurocode: Grondslagen van het constructief ontwerp, 06-12-2019
- [9] NEN-EN 1993-5:2008/NB:2012, Nationale bijlage bij Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 5: Palen en damwanden
- [10] EN 1997-1+C2+A1/NB, Nationale bijlage bij NEN-EN 1997-1 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp – Deel 1: Algemene regels, 2016.
- [11] CUR-publicatie 236; Ankerpalen, november 2011
- [12] Werkwijzer ontwerpen van waterkerende kunstwerken, RWS, 2018, 01-11-2018

Informatie waterschap Rivierenland

- [13] Waterschap Rivierenland, Peilbesluit Alblasserwaard, 13 juli 2018
- [14] Waterschap Rivierenland, Geotechnische parameterset 18 mei 2020
- [15] Waterschap Rivierenland, Dijkversterking: Veiligheid tijdens de uitvoering en werken in het gesloten seizoen, 19 augustus 2014.

Overige referenties

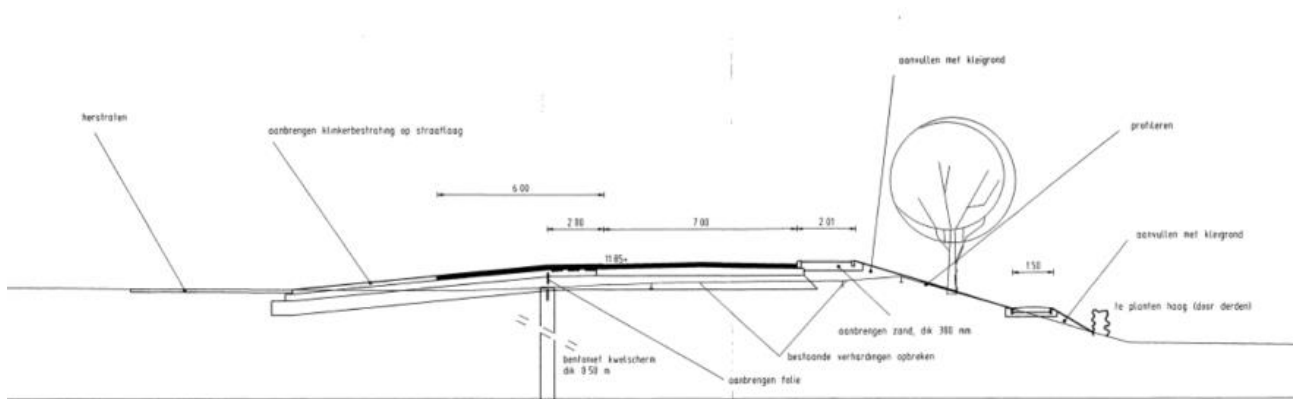
- [16] Tauw, Dijkversterking Stad Tiel, Technische Achtergrondrapportage verkenningfase, 27 februari 2020
- [17] Tauw, Nota voorkeursvariant (Nota VKV) Dijkversterking Stad Tiel, kenmerk R005-1274666DGL, 18 december 2020
- [18] Tauw, Technische uitgangspuntennotitie VO-fase, kenmerk R007-1274666NPL, 18 december 2020
- [19] Tauw, Dijkversterking Stad Tiel: Ontwerpnota VO, kenmerk R006-1274666DGL, 18 december 2020
- [20] Tauw, Technische achtergrondrapportage Waterveiligheid VO-fase, kenmerk R008-1274666NPL, 18 december 2020
- [21] Tauw, 1274666-TE-CIV-VO-00-SIT-0010 blad 1 t/m 8, status concept, 18 december 2020
- [22] Tauw, Integrale veiligheidsanalyse Stad Tiel, samenvatting, actualisatie en aanscherping, 27-02-2020
- [23] Iv-Infra, Ontwerpnota voorlopig ontwerp coupures deeltraject 3 en 4A en deksloof deeltraject 4c, INFR200121-R-11 revisie 0, 18-12-2020
- [24] Iv-Infra, Tekening Voorontwerp coupures deeltraject 4A Havendijk situatie, bovenaanzicht, vooraanzichten en doorsneden, 12744666-TE-COU-VO-4A_SWH-0001, versie 1, 18-12-2020
- [25] Iv-Infra b.v., Dijkversterking Stad Tiel, Geotechnisch Lengteprofiel tekeningnr 601, versie 01, 18-12-2020
- [26] Sterk, <https://www.sterk.eu/nl/materieel/drukstellingen/> geraadpleegd op 01-10-2020 ArcelorMittal Sheet Piling, Durability 3.5.2, juli 2017.
- [27] MOS grondmechanica, Resultaten grondonderzoek en labonderzoek project "Dijkversterking deeltraject stad Tiel", Definitieve rapportage, R1701863-06, 13 december 2017
- [28] Wiertsema en partners, Geotechnisch onderzoek 2020 (concept).
- [29] Heidemij advies, Hoogwaterkering Tiel stadswallen, besteknummer 95.01, augustus 1995

2 Uitgangspunten

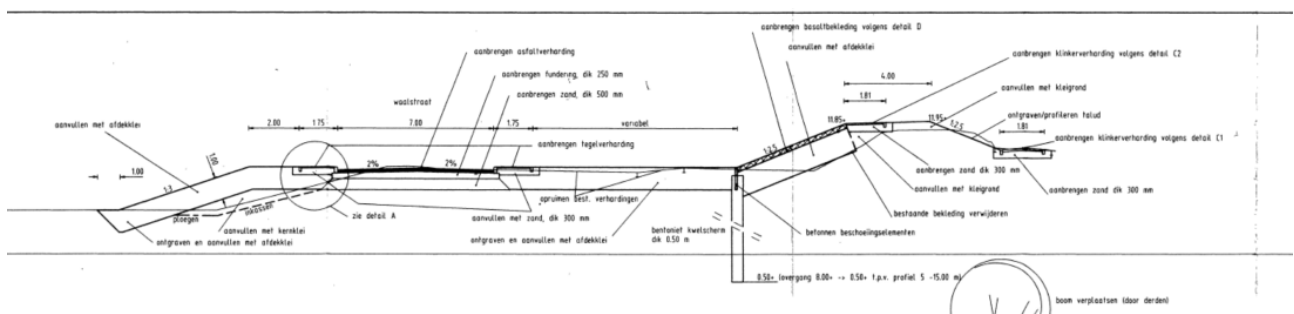
De uitgangspunten voor het ontwerpen van de langsconstructies zijn opgenomen in [17]. In dit hoofdstuk zijn alleen de afwijkingen, aanvullingen of locatie specifieke uitgangspunten beschreven.

2.1. Bestaande situatie

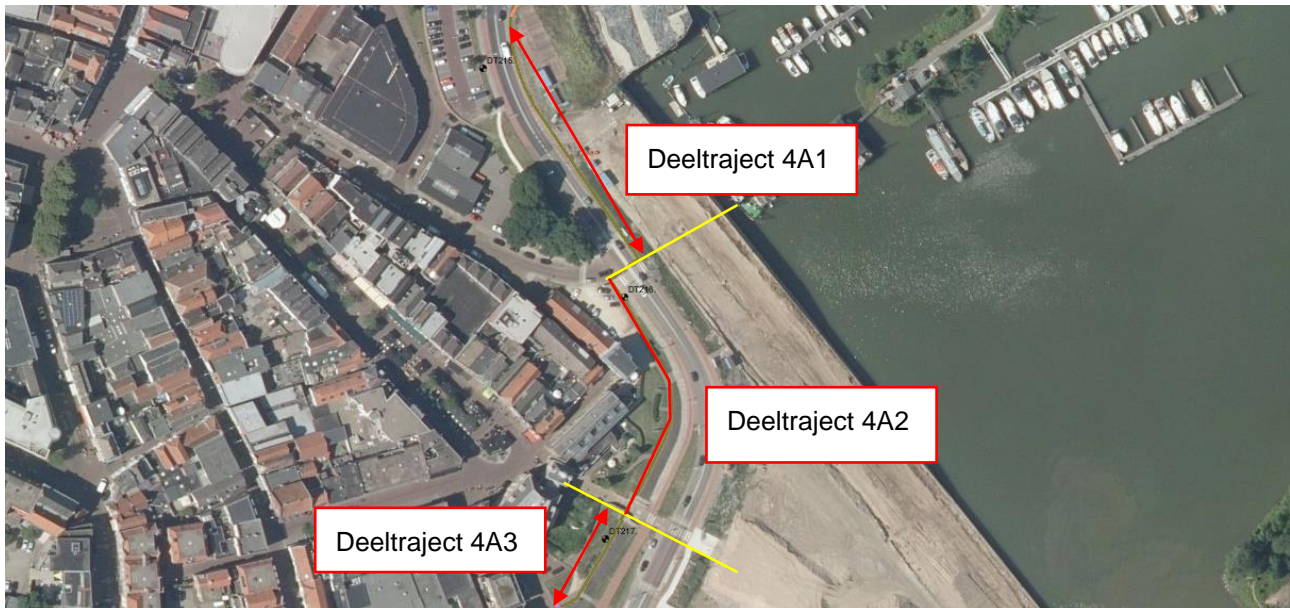
De dijk ter plaatse van deeltraject 4A is een kleidijk. Het buitentalud is in deeltrajecten 4A2 en 4A3 voorzien van basalt bekleding. In het binnentalud is bebouwing aanwezig. Over de kruin van de dijk loopt een verhard voetpad. Langs de buitenteen is een autoweg en fietspad aanwezig. Doorsnedes van het deeltraject zijn weergegeven in. Een bovenaanzicht van het vak is weergegeven in Figuur 2-3. Hierin is de splitsing in trajecten 4A1, 4A2 en 4A3 aangegeven.



Figuur 2-1: Doorsnede traject 4A1 huidige situatie [25]



Figuur 2-2: Doorsnede traject 4A2 en 4A3 huidige situatie [25]



Figuur 2-3: Bovenaanzicht deeltraject 4A

De volgende aandachtspunten gelden voor de bestaande situatie:

- In deeltraject 4A1 tussen DT215+000 en DT215+045 is een cement bentoniet scherm aanwezig in de buitenkruinlijn.
- In deeltraject 4A2 en 3, tussen DT216+005 en DT217+035 is een cement bentoniet scherm aanwezig in de buitenteen.
- In het buitentalud van deeltraject 4A1 en 4A2 is een kadeconstructie aanwezig. Deze kadeconstructie heeft (mogelijk) invloed op de buitenwaartse stabiliteit. In deze rapportage is het uitgangspunt dat de kadeconstructie voldoet aan de eisen ten aanzien van waterveiligheid. De kade is recent geheel vervangen.
- Ter hoogte van DT215+085 m bevindt zich de coupure Waterpoort. Deze coupure is de overgang tussen traject 4A2 en 4A3. De nieuwe damwanden in traject 4A2 en 4A3 dienen aan te sluiten op deze coupure.
- In het buitentalud ter hoogte van de overgang tussen traject 4A3 en 4b bevindt zich een trapconstructie.
- Het dijklichaam bevindt zich in het voormalige tracé van de stadsmuur. Er geldt een verhoogd risico op obstakels in de ondergrond.
- De volgende kabels en leidingen zijn aanwezig volgens de gegevens uit de KLIC:
 - Ter hoogte van coupure Waterpoort is een datakabel aanwezig en een drukriool. Beide bevinden zich in de coupure en kruisen vermoedelijk niet de langsconstructie.
 - Net naast de coupure kruist een laagspanningskabel het dijklichaam.
 - In de buitenkruinlijn, langs het fietspad aan de rivierzijde, is een laagspanningskabel en een rioolvrijverval aanwezig
 - Ter hoogte van DT216 kruist een waterleiding het dijklichaam

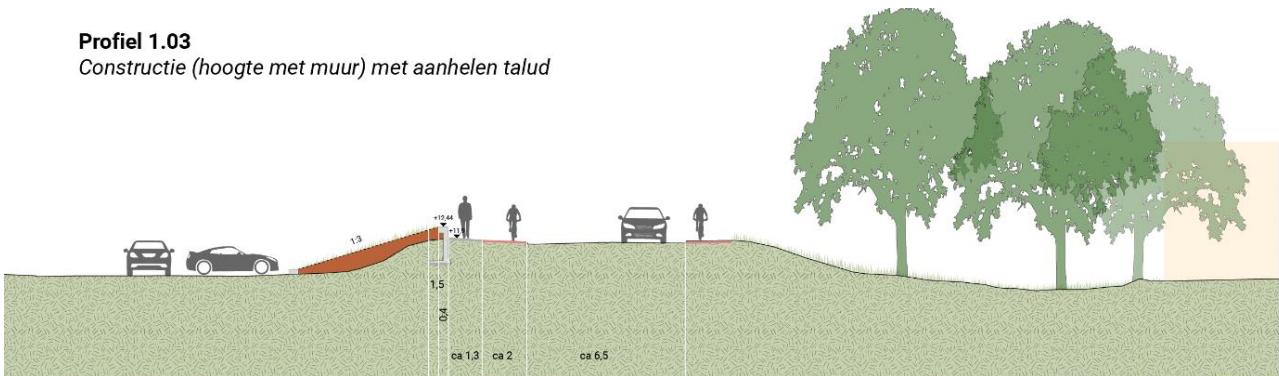
2.2. Nieuwe situatie

In de nieuwe situatie wordt de waterkering verhoogd met constructies. In 4A1 betreft dit een L-wand, in 4A2 wordt over een gedeelte een L-wand aangebracht en het resterende deel een damwand. De overgang van L-wand naar damwand is indicatief aangegeven in Figuur 2-4. De exacte locatie wordt in het DO bepaald. In deeltraject 4A3 wordt een damwand aangebracht. De constructies in 4A2 en 4A3 worden over het zichtbare gedeelte voorzien van metselwerk. Daarnaast worden er twee coupures gerealiseerd. Eén coupure voor de toegang tot de Waalplaat en één coupure waar de waterkering de weg kruist ter hoogte van Zoutkeetstraatje. Het ontwerp van de coupures is uitgewerkt in een separate rapportage [22]. De nieuwe situatie is schematisch weergegeven in het bovenaanzicht in Figuur 2-4 en de doorsneden in Figuur 2-5 en Figuur 2-6.

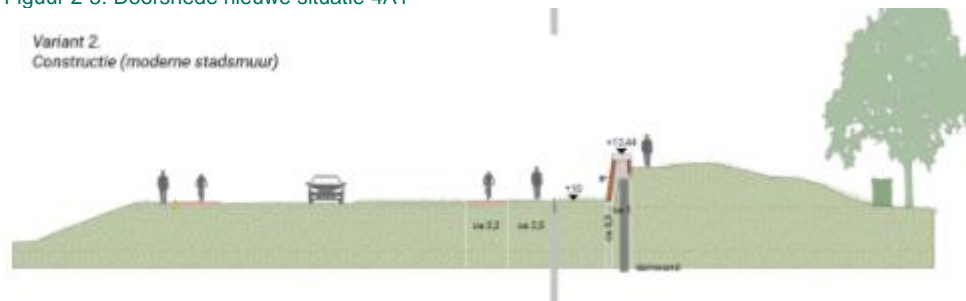


Figuur 2-4: Bovenaanzicht nieuwe situatie 4A

Profiel 1.03
Constructie (hoogte met muur) met aanhelen talud



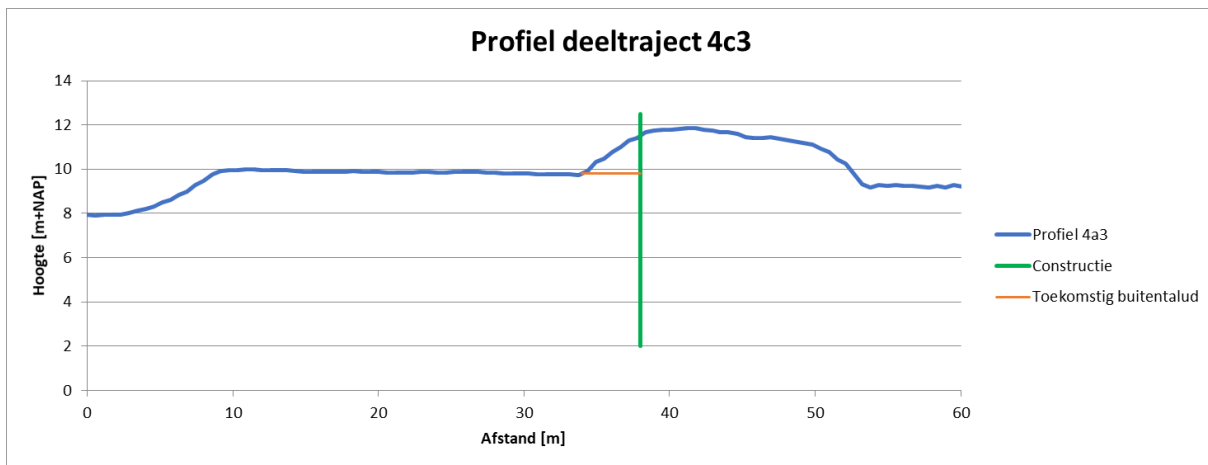
Figuur 2-5: Doorsnede nieuwe situatie 4A1



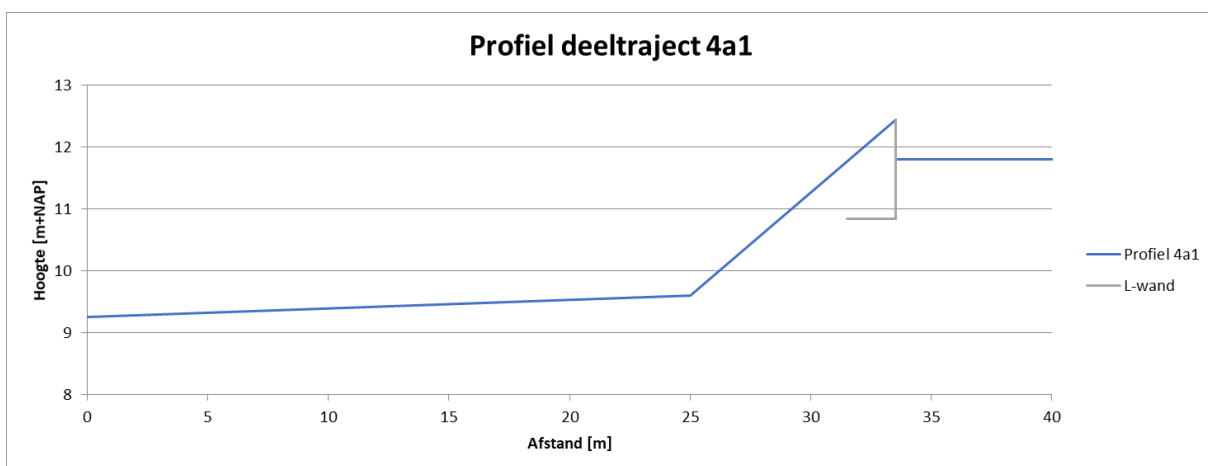
Figuur 2-6: Doorsnede nieuwe situatie 4A2 en 4A3

2.3. Geometrie

De kerende hoogte van het dijklichaam (ten opzichte van de weg) is in het deeltraject variabel. Vanaf DT215, waar het dijklichaam een beperkte kerende hoogte heeft, neemt de kerende hoogte toe tot DT217+30. De maatgevende snede voor het ontwerp van de damwand bevindt zich in deeltraject 4A3, ter hoogte van DT217. In het VO is voor de damwand gerekend met één snede ter plaatse van deeltraject DT217. Voor de L-wand is tevens een snede berekend, de maatgevende snede bevindt zich net voor coupure Zoutkeetstraatje in deeltraject 4A1. De L-wand wordt ook toegepast in deeltraject 4A2. In het eerste gedeelte van dit deeltraject is de kerende hoogte beperkt en is de kerende hoogte van de L-wand vergelijkbaar met deeltraject 4A1. De berekening van de L-wand wordt dusdanig uitgevoerd dat de L-wand zowel in 4A1 toegepast kan worden als in het eerste deel van 4A2. De geometrie is weergegeven in Figuur 2-8.



Figuur 2-7: Dijkprofiel 4A3 (maatgevende snede damwand)



Figuur 2-8: Profiel 4A1 (maatgevende snede L-wand)

2.4. Veiligheidsbenadering

De constructies moeten gezien hun functie (grondkerende functie en waterkerende functie) voldoen aan de eisen uit zowel het bouwbesluit als de eisen uit de waterwet. Vanuit de waterwet gezien hebben de L-wanden geen stabiliteitsfunctie en alleen een functie voor de hoogte van de waterkering. De damwand heeft zowel een functie voor de hoogte als voor de buitenwaartse stabiliteit. De faalkanseis voor stabiliteit is in de waterwet strenger dan voor hoogte, daarom is onderstaande vergelijking alleen uitgegaan van de eis voor stabiliteit buitenwaarts. Voor dit faalmechanisme geldt een faalkans eis $1/2.396.500$ per jaar ($\beta=4,93$ per jaar). Deze faalkanseis is bepaald op basis van:

- Faalkanseis STBI [17]= $1/23.965.000$ per jaar
- Correctiefactor indirect mechanisme 10%

Omdat voor STBU bezwijken over het algemeen optreedt bij laagwater omstandigheden leidt dit niet direct tot overstromingsgevolgen. Vanwege de relatief hoge ligging van de constructies en een beperkte

kerende hoogte lijkt het tijdig herstellen van de waterkering mogelijk. Hierdoor is een 10% hogere faalkanseis gehanteerde voor STBU.

- Faalkanseis STBU [17]= 1/2.396.500 per jaar
-

Voor de berekening conform bouwbesluit worden beide constructies, vanwege de locatie in de primaire waterkering, ingedeeld in de gevolgklasse CC3 en bijbehorende betrouwbaarheidsklasse RC3. De constructies dienen conform het bouwbesluit te voldoen aan $\beta=5,30$ voor een referentieperiode van 1 jaar. Dit komt overeen met een faalkanseis van 1/17.234.822 per jaar. De faalkanseisen vanuit het bouwbesluit zijn in dit geval maatgevend boven de eisen uit de waterwet.

De keuze om te toetsen aan het bouwbesluit heeft daarnaast de volgende gevolgen:

- De damwand wordt ontworpen in D-Sheet-Piling conform de eisen uit [3]
- De L-wand wordt ontwerpen conform de eisen uit [10]
- Voor de sterkteparameters van de grond wordt gerekend met 2% rekparameters uit tabel 2.b in [10]. Er wordt hierbij dus geen gebruik gemaakt van de beschikbare proevenverzameling voor de waterkering. Deze sterkteparameters zijn bij grotere rekken afgeleid.

2.5. Geotechnische uitgangspunten

2.5.1. Bodemopbouw L-wand

Voor de berekening van de L-wand is alleen de bovenste zone van de bodem relevant. In de berekening is uitgegaan van een toplaag bestaande uit klei-dijksmateriaal. De sondering in het tracé van de L-wand (75629_DKMP030_(DT215.+059_DKMP2_BUK)) laten in de bovenste zone een pakket met hoge conusweerstand zien. Vermoedelijk is dit de wegfundering. In de berekening is uitgegaan van het funderen van de L-wand op zandbed met een dikte van 0,5 m. Onder dit zandbed is dijksmateriaal aanwezig. Als aanvulmateriaal achter de L-wand wordt uitgegaan van ophoogmateriaal klei. De gehanteerde sterkteparameters zijn opgenomen in Tabel 2-1.

Tabel 2-1: Gehanteerde karakteristieke waarden sterkteparameters

Grondsoort	γ_{dr} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c'_{kar} [kN/m ²]	ϕ'_{kar} [°]	c_{ukar} [kN/m ²]
Dijksmateriaal	18,54	18,54	5,0	22,5	80,0
Ophoogmateriaal klei	17,0	17,0	5,0	17,5	50,0
Zandbed (fundering)	17,0	19,0	0,0	30,0	0,0

Voor het bepalen van de rekenwaarde van de sterkteparameters zijn de volgende partiële factoren toegepast (conform RC3 [10]):

- Hoek van inwendige wrijving $\gamma_{\phi'}=1,20$ (factor toegepast op $\tan(\phi)$)
- Effectieve cohesie $\gamma_{c'}=1,5$
- Ongedraineerde schuifsterkte $\gamma_{cu}=1,5$

2.5.2. Bodemopbouw damwand

De representatieve bodemopbouw in het deeltraject bestaat uit kleilig dijksmateriaal tot ca. NAP+7,50 m. Daaronder is er siltige klei aanwezig. Vanaf een niveau van ca. NAP-0,50 m wordt het pleistocene zand aangetroffen. De bodemopbouw is bepaald op basis van [23] en [24], de beschikbare onderzoekspunten zijn opgenomen in Figuur 2-9.



Figuur 2-9: Grondonderzoekspunten deeltraject 4A

De aangehouden grondopbouw is weergegeven in Tabel 2-2. Er is alleen een bodemopbouw afgeleid ter plaatse van de kruin van het dijklichaam. Uit de beschikbare sonderingen is in het voorland van de dijk meer zandig materiaal aanwezig, mogelijk van de wegfundering. Er is uitgegaan van de volgende sondering:

- Kruin: DT217.+000_DKMP_BIK

De gehanteerde karakteristieke waarde van de parameters zijn opgenomen in Tabel 2-2.

Tabel 2-2 Gehanteerde grondopbouw en gehanteerde karakteristieke waarden sterkteparameters o.b.v. tabel 2.b uit [10]

Grondsoort	Niveau [m+NAP]		γ_{dr} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c'_{kar} [kN/m ²]	ϕ'_{kar} [°]	$\bar{\sigma}_{kar}$ [°]	K1 [kN/m ³]	K2 [kN/m ³]	K3 [kN/m ³]
Dijksmateriaal	m.v.	tot 7,50	18,54	18,54	5,0	22,5	16,7	6.000	4.000	2.000
Klei siltig 16-17,5 kN/m ³	7,5	tot -0,5	16,82	16,82	0,0	22,5	15,0	4.000	2.000	800
Zand, pleistoceen	-0,5	tot -30	18,0	20,0	0,0	32,5	21,7	40.000	20.000	10.000

2.5.3. Impactanalyse labonderzoek

In deeltraject 4A is geen labonderzoek uitgevoerd.

2.6. Hydraulische randvoorwaarden

De volgende hydraulische randvoorwaarden zijn van toepassing voor deeltraject 4A:

- WBN NAP+12,21 m (zichtjaar 2125)
- Dagelijkse waterstand NAP+4,70 m
- HBN 2075 NAP+12,44 m
- HBN 2125 NAP+12,67 m

2.6.1. Hydraulische randvoorwaarden damwand

Maatgevend voor de damwand is de situatie van een val na hoogwater. In de fasering is eerst een hoogwatersituatie gemodelleerd en daarna de val na WBN. Er is gerekend met de volgende waterstanden:

Hoogwater:

- Waterstanddijklichaam NAP+8,60 m (maaiveldniveau achterland)
- Waterstand voorland NAP+12,21 m (WBN)
- Stijghoogte NAP+12,21 m (er is gerekend met indringingslengte van de stijghoogte gelijk aan 3,0 m)

Val na WBN

- Waterstanddijklichaam NAP+11,80 m (volledig verzadigd)
- Waterstand voorland NAP+9,80 m (volledig verzadigd)
- Stijghoogte NAP+9,80 m (er is gerekend met indringingslengte van de stijghoogte gelijk aan 3,0 m)

Daarnaast zijn in de uiterste grenstoestand de toeslagen op de waterstanden conform CUR166 [3] in rekening gebracht.

2.6.2. Hydraulische randvoorwaarden L-wand

Voor de berekening van de L-wand is een waterstandsverschil in rekening gebracht gelijk aan de kerende hoogte van de L-wand. Voor de L-wand in deeltraject 4A1 is een WBN-situatie maatgevend:

- Waterstand buitendijks NAP+12,44 m
- Waterstand binnendijks NAP+11,80 m
- Waterstandsverschil 0,64 m

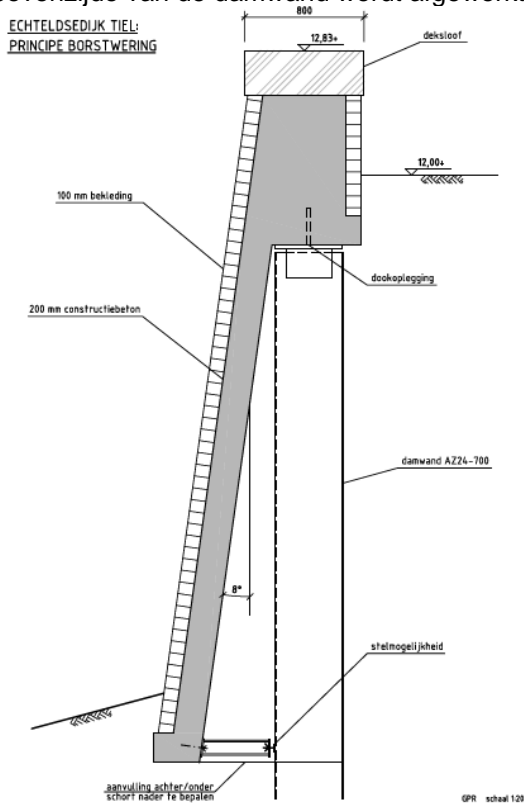
Voor de L-wand in het eerste deel van deeltraject 4A2 is het waterstandsverschil over de L-wand gelijk aan het verschil bij 4A1. In 4A2 geldt echter dat dit waterstandsverschil optreedt bij een val na WBN. In deze situatie treedt er een waterstandsverschil op tussen het maaiveld binnendijks en het maaiveld buitendijks.

2.7. Modellerings damwand

De volgende aanvullende modelleringskeuzes zijn gemaakt t.o.v. de TUN [17]:

- De damwand is geschematiseerd in D-Sheet Piling (Versie 18.1.1). Met dit model worden de krachtswerking in de constructie en de totale stabiliteit van de damwand berekend.

- Er is een verkeersbelasting in rekening gebracht op de kruin van het dijklichaam. De verkeersbelasting bedraagt 13 kN/m² in de fases hoogwater en val na hoogwater. In de dagelijkse situatie is gerekend met een verkeersbelasting van 5 kN/m².
- Er is geen golfbelasting op de langsconstructie gemodelleerd.
- Er is gerekend met de volgende fasering:
 - 1 Aanbrengen damwand
 - 2 Ontgraven buitentalud (tot NAP+9,80 m)
 - 3 Aanbrengen voorhangschort
 - 4 Dagelijkse situatie (gemiddelde waterstand, lage belasting op dijk)
 - 5 Hoogwater
 - 6 Val na hoogwater
- Er is gerekend met veiligheidsklasse RC3 in alle rekenfases (rekenschema B [3]).
- Aan de voorzijde van de damwand wordt een voorhangschort met bekleding aangebracht. De bovenzijde van de damwand wordt afgewerkt met een betonsloof, zie Figuur 2-10.



Figuur 2-10: Principe schets bekleding damwand

Het gewicht van dit schort en sloof bedraagt:

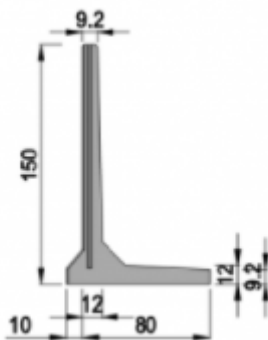
- Sloof (uitgangspunt volledig beton, indicatieve afmetingen= 1,50 m hoog en 1,00 m breed.
 Uitgangspunt gewicht beton = 25 kN/m³
 Uitgangspunt gewicht metselwerk = 20 kN/m³
 Gewicht=1,50 m * 1,00 m * 25,0 m = 38 kN/m

- Schort (uitgangspunt 0,2 m beton, 0,1 m metselwerk, afmeting ca. 3,0 m hoog)
Gewicht= $0,2 \cdot 3,0 \cdot 25 + 0,1 \cdot 3,0 \cdot 20 = 21$ kN/m
- Totaal gewicht = 38 kN/m + 21 kN/m = 59 kN/m (het moment ten gevolge van de excentriciteit van het schort is in het VO verwaarloosd). Op deze belasting is een factor 1,35 (permanente belasting) in rekening gebracht, de totale belasting bedraagt 80 kN/m.
- De damwand is in D-Sheet Piling gemodelleerd tot de hoogte van het zichtjaar 2125. In werkelijkheid is het bovenste deel een betonnen deksloof.

2.8. Modelling L-wand

De L-wand wordt gecontroleerd op draagvermogen, kantelen en het mechanisme schuiven. De berekening wordt uitgevoerd conform EC7, hoofdstuk 6 'Funderingen op staal' [10]. De volgende uitgangspunten zijn aangehouden.

- In het VO is een snede beschouwd in deeltraject 4A1. Deze snede wordt echter dusdanig aangepast dat deze ook representatief is voor de eerste zone in deeltraject 4A2 (tot 64 cm kerende hoogte). Hoewel de L-wand in deeltraject 4A2 andersom aangebracht wordt, geldt dat de kerende hoogte en het waterstandsverschil in de maatgevende situatie gelijk is. In de berekening voor de snede in deeltraject 4A1 is conservatief uitgegaan van een horizontaal maaiveld met verkeersbelasting. De in rekening gebrachte belasting (waterstandsverschil, kerende hoogte en verkeersbelasting) op de L-wand is daarmee voor beide deeltrajecten gelijk. De hier beschouwde L-wand is daarom ook toepasbaar in deeltraject 4A2 tot een kerende hoogte van 64 cm.
- In de berekeningen is uitgegaan van een standaard prefab L-wand. De afmetingen zijn opgenomen in Figuur 2-11. In werkelijkheid zijn de dimensies van L-wand gelijk aan het Figuur 3-1 in paragraaf 3.1. Verschillen zijn o.a. een verbrede kop aan de bovenzijde en een dikkere wand, deze verschillen werken gunstig voor de stabiliteitsberekeningen.

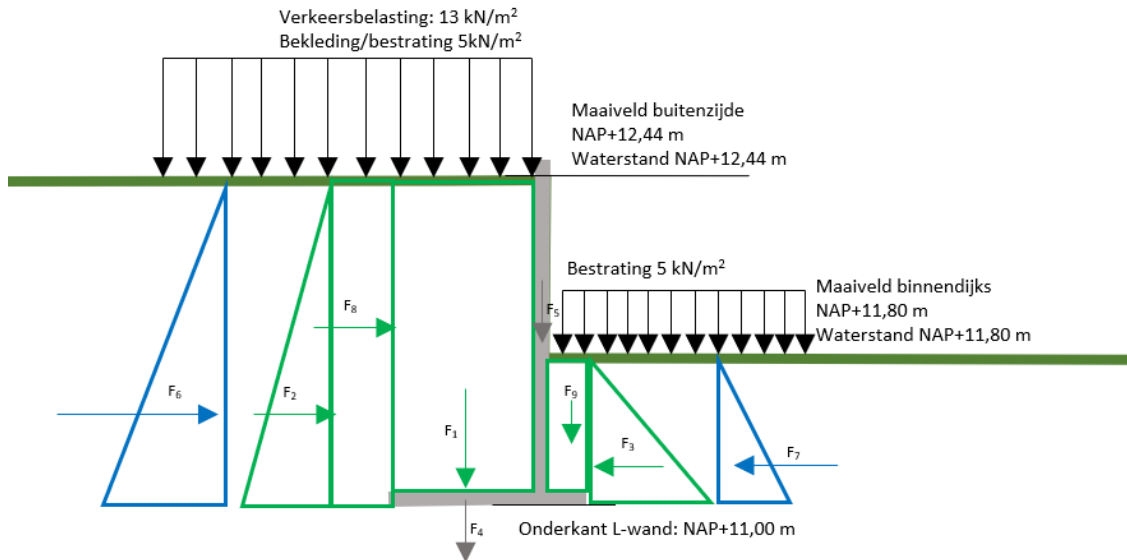


Figuur 2-11: Standaard L-wand type Giro Keerwand

- In het ontwerp van de L-wand is uitgegaan van het zichtjaar 2125. Bij realisatie is de hoogte van de L-wand gelijk aan de vereiste hoogte voor het zichtjaar 2075. In de L-wand worden voorzieningen (nader uit te werken in het DO) aangebracht waardoor de L-wand verhoogd kan worden. De voetplaat wordt voldoende breed gemaakt om deze verhoging mogelijk te maken. Het uitgangspunt hierbij is dat alleen de L-wand verhoogd wordt en het omliggend maaiveld (binnen- en buitenwaarts) niet verhoogd wordt.

- De voet van de L-wand wordt minimaal 80 cm onder maaiveld aangebracht. Bovenzijde L-wand bevindt zich op NAP+12,50 m (zichtjaar 2075), in de L-wand worden voorzieningen aangebracht waarmee de wand te verhogen is tot de vereiste hoogte voor zichtjaar 2125 (NAP+12,67 m).
- Voor de wrijving aan de onderzijde van de L-wand is uitgegaan van een prefab funderingselement uitgegaan (lagere wrijving).
- Er is gerekend met een waterstandsverschil waarbij aan de buitenzijde van de L-wand een waterstand gelijk aan NAP+12,44 m (bovenzijde talud buitenzijde) is gemodelleerd en binnenzijde is de grondwaterstand gemodelleerd gelijk aan maaiveldniveau (=NAP+11,80 m). Hierdoor is er gerekend met een 23 cm hoger waterstand t.o.v. de waterstand bij het zichtjaar 2125. Door deze verhoging is rekening gehouden met de belasting ten gevolge golfoploop op het voorliggende talud.
- Er wordt gerekend met de 'onderwater' gewichten van de grondlagen en het beton.
- Aan de actieve en passieve zijde is gerekend met een variabele verkeersbelasting (13 kN/m²) en een permanente belasting voor aanwezige bestrating of bekleding van het talud (5 kN/m²)¹
- Er is gerekend met de volgende maaiveldniveaus:
 - Maaiveld buitendijks NAP+12,44 m (conservatief is uitgegaan van horizontaal maaiveld)
 - Maaiveld binnendijks NAP+11,80 m
- De gehanteerde belastingen voor de toetsing op stabiliteit zijn schematisch weergegeven in Figuur 2-12. De volgende belastingen zijn gehanteerd:
 - Horizontaal:
 - F2: actieve gronddruk als gevolg van aanvulling
 - F3: passieve gronddruk als gevolg van ingraving
 - F6: Waterdruk actieve zijde (in de modellering van de waterdruk is geen rekening gehouden met een verloop aan de onderzijde van de L-wand. Er is conservatief uitgegaan van het volledig waterdrukverschil over de voet van de L-wand.)
 - F7: Waterdruk passieve zijde
 - F8: Actieve gronddruk als gevolg van verkeersbelasting en bekleding/bestrating
 - Verticaal:
 - F1: gewicht grondlichaam boven de L-wand
 - F4: gewicht voetplaat L-wand
 - F5: gewicht voorwand L-wand
 - F9: gewicht grondlichaam op hak L-wand
 - F_verkeer: verkeersbelasting boven voetplaat L-wand

¹ Gewicht bestrating/bekleding: volumiek gewicht ca. 20 kN/m³; laagdikte 0,25 m. Gewicht: ca. 5 kN/m²



Figuur 2-12: Belastingen op L-wand

Er is gerekend met de volgende belastingfactoren (conform RC3 [10]):

- Permanent, ongunstig ($Q/G < 0,2$) γ_G 1.49
- Permanent, ongunstig $\gamma_{G+\xi}$ 1.32
- Permanent, gunstig $\gamma_{G;stb}$ 0.9
- Veranderlijk, ongunstig $\gamma_{Q;dst}$ 1.65
- Veranderlijk, gunstig $\gamma_{Q;dst}$ 0
- Horizontale belasting 1.0

3 Ontwerpresultaten

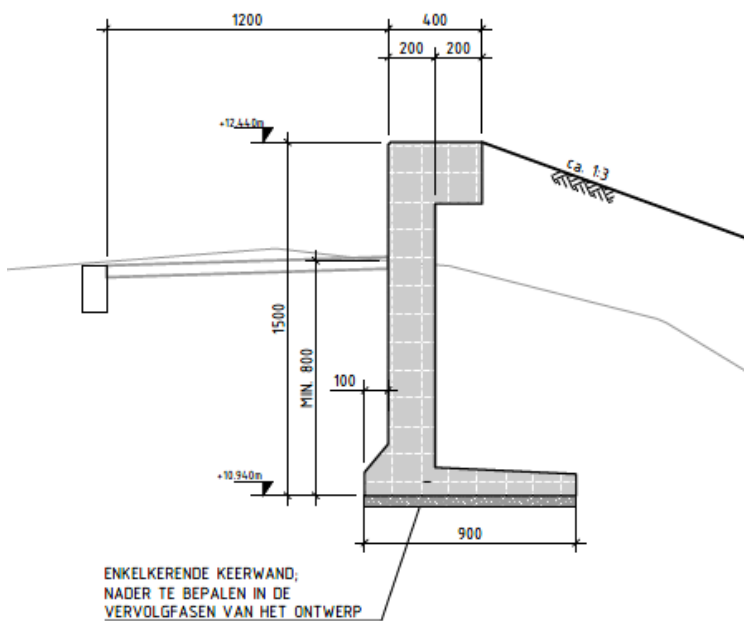
3.1. Ontwerp L-wand

In deeltraject 4A1 wordt de opgave voor hoogte opgelost door een betonnen L-wand in de buitenkruinlijn aan te brengen. Bij de realisatie van de L-wand wordt de bovenzijde van de wand aangebracht op NAP+12,44 m (HBN zichtjaar 2075). In deeltraject 4A2 wordt deze L-wand ook toegepast tot een kerende hoogte van 64 cm.

De L-wand wordt gefundeerd op een zandbed met een dikte van 0,5 m. De onderzijde van de L-wand bevindt zich 0,8 m onder maaiveld. Aan de buitendijkse zijde van de L-wand wordt het talud opgebouwd met klei. Hiermee wordt een intredepunt onder de L-wand voorkomen. Er is uitgegaan van een L-wand met de dimensies opgenomen in Figuur 3-1.

In het ontwerp van de L-wand is rekening gehouden met toekomstige uitbreidingen. Het uitgangspunt is dat alleen de L-wand verhoogd wordt, het omliggende maaiveld blijft op hetzelfde niveau. In de L-wand worden voorzieningen aangebracht zodat deze in de toekomst verhoogd kan worden naar NAP+12,67 m (HBN zichtjaar 2125). Deze voorziening zou op hoofdlijnen kunnen bestaan uit het aanbrengen van een staafanker in de L-wand. Dit staafanker kan vervolgens met een stekeind verlengd worden zodat de verhoging gekoppeld is aan de bestaande L-wand.

Het voorlopig ontwerp van de L-wand is opgenomen op de tekeningen met referentie: [21].



Figuur 3-1: Globale dimensies L-wand

3.2. Ontwerp damwand

In deeltraject 4A2 en 4A3 wordt de opgave voor hoogte opgelost door een damwand in de buitenkruinlijn aan te brengen. Aan de achterzijde van de damwand (dijkzijde) wordt een gording aangebracht. Op de damwand wordt een deksloof en voorhangschort aangebracht. De deksloof en het schort worden voorzien van metselwerk. Bij de realisatie van de damwand wordt de bovenzijde van de deksloof aangebracht op NAP+12,44 m (HBN zichtjaar 2075). De deksloof is te verhogen naar een hoogte van NAP+12,67 m (HBN zichtjaar 2125). Het damwandprofiel is een AZ20-700 met een lengte van 12,0 m. De eigenschappen van de damwand zijn opgenomen in Tabel 3-1 en de eigenschappen van de gording in Tabel 3-2.

In het ontwerp van de damwand is rekening gehouden met toekomstige uitbreidingen. De deksloof op de damwand is uitbreidbaar zodat deze in de toekomst verhoogd kan worden naar NAP+12,67 m (HBN zichtjaar 2125). Het uitgangspunt is dat alleen de deksloof verhoogd wordt, het omliggende maaiveld blijft op hetzelfde niveau.

Het voorlopig ontwerp van de damwand is opgenomen op de tekeningen met referentie: [21].

Tabel 3-1: Eigenschappen nieuwe damwand

Damwand	
Type	AZ20-700
Staalkwaliteit	S240 GP
Niveau bovenkant deksloof	ca. NAP+12,44 m
Niveau teen damwand	NAP-0,50 m
Planklengte	ca. 12 m

Tabel 3-2: Eigenschappen toegepast gording profiel

Gording	
Type	HE 140 B
Niveau hart gording	NAP+11,3 m
Staalkwaliteit	S355

3.3. Ontwerpkeuzes

In het VO zijn voor de damwand de volgende keuzes gemaakt:

- In het ontwerp is uitgegaan van het drukkend installeren van de damwand.
- Om beïnvloeding van de dagelijkse geohydrologische situatie te voorkomen wordt de nieuwe damwand waterdoorlatend gemaakt op het niveau van de dagelijkse freatische lijn. Het detail hiervoor wordt in het DO uitgewerkt.

Voor de L-wand zijn de volgende keuzes gemaakt:

- Er wordt geen bekleding aangebracht op de L-wand in 4A1. In 4A2 wordt een metselwerk bekleding toegepast

3.4. Verificatierapport

Het ontwerp van de langconstructies dient te voldoen aan de Klant Eisen Specificatie (KES). Deze verificatie is uitgevoerd in [19].

3.5. Risico's

De belangrijkste technische risico's met betrekking tot de realisatie en het ontwerp van de langsconstructie zijn opgenomen in onderstaande tabel. Per risico is aangegeven hoe deze meegenomen is in het huidige ontwerp en/of hoe deze wordt meegenomen in de vervolgfase(n).

Tabel 3-3: Risicotabel langsconstructie

Nr.	Risico	Oorzaak	Gevolg	Omgang met risico
1	Obstakels in ondergrond (het tracé van de nieuwe damwand kent een hoog risico op obstakels vanwege mogelijke restanten van de oude stadsmuur)	1) Archiefinformatie niet volledig 2) Onvoorziene obstakels	Damwanden komen niet op diepte	1) Voorprikken of damwand tracé / positie ankers aanpassen 2) Doorboren van obstakels met behulp van speciale boorkop 3) Obstakel opgraven (ondiepe obstakels) 4) Obstakel overkluizen 5) alternatieve oplossing (bijvoorbeeld grote L-wand op staal gefundeerd)
2	Lokaal aanwezige zandlagen met hoge weerstanden	Grondopbouw wijkt af van het beschikbare onderzoek	Damwanden niet op diepte	1) Voorboren* 2) Fluïderen* 3) Indien mogelijk laatste meters trillend installeren

* In het VO is nog geen rekening gehouden met de effecten van fluïderen of voorboren op het ontwerp. In het DO wordt onderzocht wat de impact hiervan is op het ontwerp.

3.6. Raakvlakken

De geïnventariseerde raakvlakken zijn onderstaand weergegeven. Per raakvlak is aangegeven hoe deze is verwerkt in het huidige ontwerp en/of hoe dit raakvlak in de vervolgfases verwerkt wordt.

Tabel 3-4: Raakvlakken Langsconstructie

Nr.	Raakvlakobject	Omschrijving	Omgang met raakvlak
1	Bestaande constructie	In de buitenteen van DT4A bevindt zich een cement bentonietscherm. Dit scherm conflicteert mogelijk met aan te brengen damwand en L-wand	Mogelijke oplossingen voor de L-wand zijn: scherm gedeeltelijk opgraven en verwijderen Er dient nader onderzocht te worden of dit scherm gedeeltelijk verwijderd mag worden. Het raakvlak met de damwand is nader te onderzoeken in het DO.
2	Kabels en leidingen	De mogelijke conflicterende kabels en leidingen zijn: (1 Net naast de coupure is een laagspanningskabel aanwezig. (2 In de buitenkruinlijn is een	Omgang nader te bepalen in het DO.

Nr.	Raakvlakobject	Omschrijving	Omgang met raakvlak
3	Aansluitingen coupure Waterpoort	laagspanningskabel en een rioolvrijverval aanwezig (3 Ter hoogte van DT216 kruisteen waterleiding het dijklichaam De damwand dient aangesloten te worden op de bestaande coupure Waterpoort	De aansluitingen worden in het DO uitgewerkt.
4	Aansluitingen nieuwe coupures	In het dijkversterkingsproject worden twee nieuwe coupures gerealiseerd. De L-wand en de damwand dienen hier op aan te sluiten.	De aansluitingen zijn in het VO uitgewerkt, zie VO-tekeningen [20] . Verdere detaillering vindt plaats in het DO.

3.7. Veiligheid, gezondheid en milieu

3.7.1. Uitvoeringsfase

De aspecten ten aanzien voor veiligheid, gezondheid en milieu (VGM) gedurende de uitvoeringsfases worden nader uitgewerkt in vervolgfases. Aspecten waar in ieder geval rekening mee gehouden wordt:

- Beperking hinder voor omgeving (op het gebied van verkeer, trillingen en geluid)
- Val- en struikelgevaar voorkomen door hoogteverschillen duidelijk zichtbaar te maken, bij grote hoogteverschillen een hekwerk plaatsen.

In de uitvoeringsfase dient rekening gehouden te worden dat verkeer tijdelijk geen gebruik kan maken van de Havendijk.

3.7.2. Gebruiksfase

Er zijn geen nadelige aspecten ten aanzien van VGM in de gebruiksfase.

3.8. Duurzaamheid

3.8.1. Materiaalkeuze en hergebruik

In de keuze voor de toegepaste materialen wordt rekening gehouden met een levensduur van 50 (L-wand) en 100 jaar (damwand met schorten).

3.8.2. Beperking uitstoot (CO₂, NO₂, etc.)

Om gedurende de uitvoeringsfase de uitstoot zoveel mogelijk te beperken kan in bij de inkoop en realisatie gedacht worden onderstaande maatregelen:

- Bij de keuze voor het toe te passen materieel rekening houden met de uitstoot van het betreffende materieel.
- Grote hoeveelheden materiaal aan te voeren over het water en realisatie van een of meerdere loslocaties;
- Tijdelijke opslag van materialen zoveel mogelijk op een depot in of nabij het projectgebied
- Vervoerbeweging (bijvoorbeeld materiaal van- en naar opslag) zo veel als mogelijk te beperken.

3.9. Beheer en onderhoud

Voor zowel de damwand als de L-wand geldt dat deze vrijwel onderhoudsvrij is. Het voornaamste aspect ten behoeve van beheer en onderhoud is de bekleding van de beide objecten. Deze bekleding is gevoelig voor beschadigingen. Er dient rekening gehouden te worden met periodiek herstellen van schades ten gevolge van aanrijding of vorstindringing.

4 Uitvoering

4.1. Fasering damwand

In de VO-fase wordt uitgegaan van de volgende indicatieve fasering: (uitgangspunt is toepassing van Silent Piler)

- 1 Graven ontlast-, heisleuf in buitenkruinlijn
- 2 Aanbrengen damwand (drukkend) en gording
- 3 Verwijderen steenbekleding en ontgraven buitentalud
- 4 Aanbrengen deksloof en voorhangschort
- 5 Herstellen maaiveld voor constructie

4.2. Fasering L-wand

In de VO-fase wordt uitgegaan van de volgende indicatieve fasering:

- 1 Ontgraven sleuf ten behoeve van het plaatse van de L-wand (tot ca. 1,3 m onder huidig maaiveld)
- 2 Aanbrengen zandbed (0,5 m dik) + verdichten zandbed
- 3 Aanbrengen en stellen L-wand elementen op verdicht zandbed
- 4 Aanvullen achter L-wand en aanbrengen talud buitendijks
- 5 Herstellen omliggend maaiveld

4.3. Installeerbaarheid damwand

In deze paragraaf worden de volgende aspecten beschouwd:

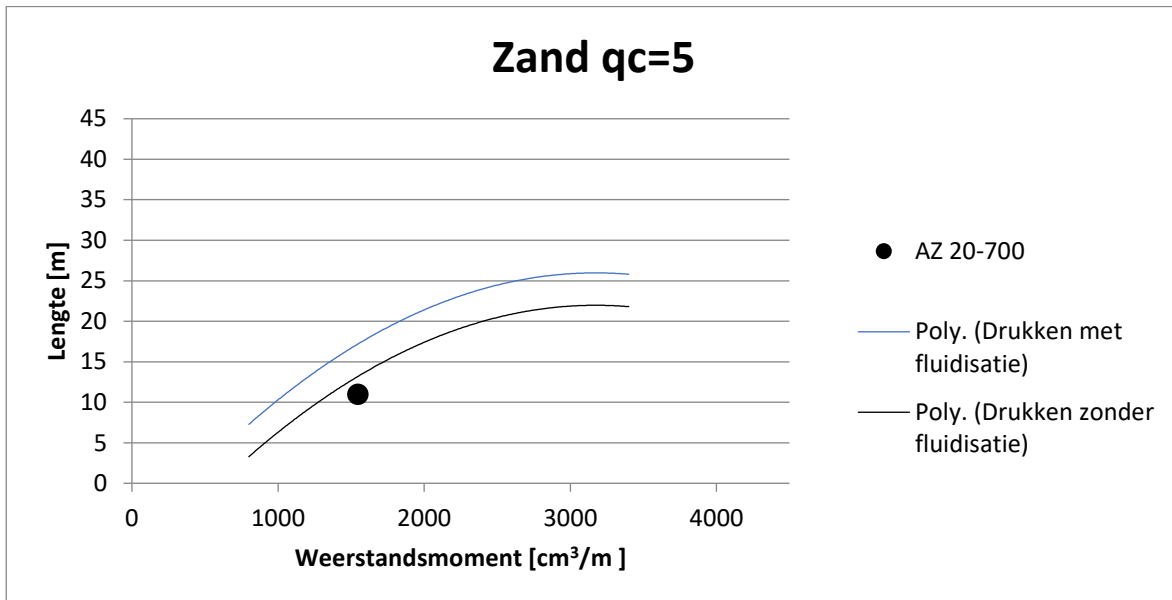
- Schadevrij installeren damwand
- Trillingspredictie
- Indicatie benodigd materieel

Het niet kunnen installeren van de damwand is in dit deeltraject vooral afhankelijk van de aanwezigheid van obstakels. In dit deeltraject geldt een verhoogd risico op aanwezige obstakels vanwege mogelijke restanten van de oude stadsmuur op deze locatie. In het DO wordt nader onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van de obstakels en de omgang met obstakels. In onderstaande beschouwing is uitgegaan van een obstakel vrij damwand tracé.

4.3.1. Schadevrij installeren damwand

Voor de bepaling van het schadevrij installeren zijn de CUR NVAF-PSD [3] schadeverwachting grafieken gehanteerd. De maatgevende sondering is DT217.+000_DKMP_BIK. In deze sondering is tussen NAP+8 m en NAP+9 m een relatief vaste zandlaag aanwezig. Hierbij zijn conusweerstand met een gemiddelde van 10 MPa gemeten met uitschieters naar 40 MPa. De totale laagdikte van deze zandlaag bedraagt ca. 1,5 m. Tijdens het installeren van de damwand dient deze zandlaag voorgeboord te worden. In het resterende deel zijn conusweerstand met een gemiddelde van ca. 1 MPa gemeten. In de toetsing op inbrengbaarheid is uitgegaan van Grafiek 17 in bijlage B van CUR166 deel 1, Drukken in zand van 5 MPa, installatiediepte bedraagt 11,0 m. De CUR-grafieken zijn gebaseerd op planken van 600 mm breed. Een AZ20-700 profiel is 700 mm breed, het weerstandsmoment van het profiel is hierdoor t.b.v. controle met de grafieken

gecorrigeerd met een factor 0,8². Conform de grafiek, zie Figuur 4-1, zijn de planken schadevrij te installeren. In de grafieken is met de zwarte stip het AZ20-700 profiel aangegeven met gecorrigeerd weerstandsmoment. De damwand blijft hier onder de lijn voor schadeverwachting.



Figuur 4-1: Schadeverwachting drukken in zand (5 MPa)

4.3.2. Trillingspredictie

Omdat de nieuwe damwand op zeer korte afstand van bebouwing aangebracht wordt, is uitgegaan van het drukkend installeren. Hiervoor is geen trillingspredictie uitgevoerd.

4.3.3. Materieel

De voornaamste beperkende factor voor het aanbrengen van de damwanden is de vereiste drukcapaciteit. In de controle op het vereiste materieel wordt daarom vooral ingegaan op dit aspect. In bijlage C is op basis van CUR166 deel 2 paragraaf 5.3.7 een indicatieve berekening uitgevoerd om de benodigde drukcapaciteit te bepalen. De maatgevende sondering is DT217.+000_DKMP_BIK, de berekende drukcapaciteit bedraagt 80 ton.

Gangbare drukcapaciteit van een Silent Piler is ca. 100 ton. Het lijkt hiermee haalbaar om de drukkend damwand te installeren. Om tegenvallers in uitvoering (bijvoorbeeld lokaal vastere zandlagen) te kunnen opvangen wordt in het DO de invloed van maatregelen om weerstand te verminderen onderzocht. Hierbij kan gedacht worden aan:

- Toepassen bitumineuze slotvulling om de wrijving in het slot te verminderen
- Fluïderen
- Geheel of gedeeltelijk voorboren (bijvoorbeeld tot het niveau onderzijde van de eerste zandlaag, ca NAP+8,00 m)

² Correctiefactor bedraagt $\left(\frac{600}{700}\right)^{1,5} = 0,8$

Een alternatief is om de damwanden te drukken met een Quattro Piler. Dit materieel beschikt over het algemeen over een hogere drukcapaciteit, maar is lastiger op deze locatie met zeer beperkte ruimte te positioneren.

De enige mogelijkheid voor het aan- en afvoeren van materialen en materieel lijkt vanaf buitendijks. Voor het installeren van de damwand dient daarom rekening gehouden te worden met tijdelijke (mogelijk gedeeltelijke) afsluiting van de Havendijk en het voorliggende fiets/voetpad.

4.4. Aandachtspunten uitvoering

De onderstaande aandachtspunten zijn er voor de uitvoeringsfase:

- Tijdens de uitvoering dient er voldaan te worden aan de eisen opgenomen in [15].

4.5. Monitoring

Het wordt aanbevolen om voorafgaand aan de uitvoering een bouwkundige opnamen van de panden uit te voeren en de trillingen en verplaatsingen tijdens realisatie te monitoren. In het DO wordt nader bepaald voor welke panden dit noodzakelijk is en of er meer aspecten gemonitord dienen te worden.

5 Ontwerptoetsingen L-wand en damwand

In dit hoofdstuk worden de ontwerptoetsingen van de L-wand en damwand uitgevoerd. De ontwerptoetsingen van de damwand zijn opgenomen in paragraaf 5.1, van de L-wand in paragraaf 5.2.

5.1. Ontwerp toetsingen damwand

5.1.1. Samenvatting rekenresultaten

In Tabel 5-1 is een samenvatting gegeven van de rekenresultaten. De volledige berekeningsresultaten zijn opgenomen in Bijlage D. In onderstaande paragrafen zijn de ontwerptoetsingen per onderdeel beschreven.

Tabel 5-1: Overzicht rekenresultaten (exclusief schematiseringsfactor of belastingeffectfactor)

Rekenresultaat	Eenheid	Deeltraject 4c1	
		Waarde	Maatgevende rekenfase
Stabiliteitsfactor	[-]	3,39	6
Moment	[kNm/m]	141	6
Dwarskracht	[kN/m]	42	6
Normaalkracht	[kN/m]	80	6
Horizontale vervorming constructie	[mm]	26	6

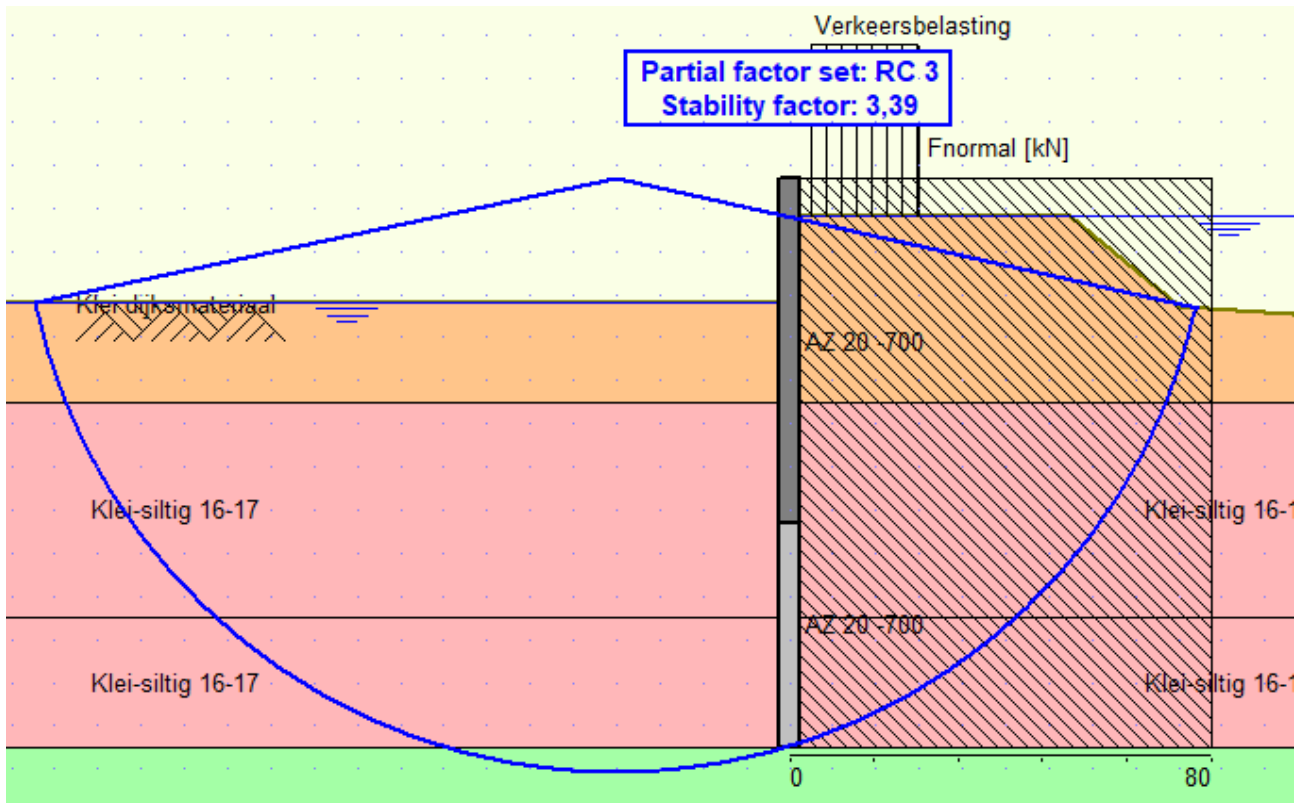
De volgende toetsingen zijn uitgevoerd:

- GEO-1: Algehele stabiliteit paragraaf 5.1.2
- STR-1: Toetsing voorwand (sterkte) paragraaf 5.1.3
- STR-2: Sterkte gording paragraaf 5.1.4
- SSI-1 Lengte langconstructie (incl verticaal draagvermogen) paragraaf 5.1.5
- Vervormingen constructie en dijklichaam paragraaf 5.1.6

Omdat er doorgaande constructies toegepast worden is snijden van grond (GEO-2) geen relevant faalmechanisme, dit mechanisme is daarom niet getoetst.

5.1.2. GEO-1: Algehele stabiliteit constructie

De algehele stabiliteit is getoetst in D-Sheet Piling. De maatgevende fase is fase 6. Het berekende glijvlak is weergegeven in Figuur 5-1. De berekende stabiliteitsfactor is groter dan 1,00 waardoor de algehele stabiliteit voldoet.



Figuur 5-1: Algehele stabiliteit damwand

5.1.3. STR-1: Toetsing damwand

De sterkte van de voorwand is getoetst in bijlage A.1. Hierbij is rekening gehouden met het verschil in corrosiesnelheden in de zone tot onder de dagelijkse grondwaterstand en de zone daaronder. De reductiefactor voor de sterkte van het profiel is bepaald in durability [21]. Voor de twee zones resulteert dit in de volgende reductiefactoren:

- Zone A boven en rondom de dagelijkse grondwaterstand
- Zone B permanent onder de grondwaterstand

$$\frac{w_{gecorrodeerd}}{w_{ongecorrodeerd}} = \frac{1040}{1730} = 0,60$$

$$\frac{w_{gecorrodeerd}}{w_{ongecorrodeerd}} = \frac{1355}{1730} = 0,78$$

Er is getoetst aan de volgende krachten:

- Moment
 - Zone A: $M_{ed} = 141 \text{ kNm/m}$ Maximum in fase 6
 - Zone B: $M_{ed} = 135 \text{ kNm/m}$ Maximum in fase 6
- Dwarskracht (gelijk in zone A en B) $V_{ed} = 42 \text{ kN/m}$ Maximum in fase 6
- Normalkracht (gelijk in zone A en B) bestaande uit:

- Eigen gewicht damwand³: $13 \cdot 1,35 = 17$ kN/m (factor 1,35 betreft belastingfactor permanente belasting)
- Gewicht schort en deksloof = 80 kN/m
- Totaal: 97 kN

In de toetsing op knik is uitgegaan van een kniklengte van 7,7 m. De afstand tussen de teen van de damwand en bovenzijde damwand bedraagt 11,0 m. Conform [8] mag er, vanwege de inklemming, gerekend worden met een 70% van deze lengte, de aangehouden kniklengte bedraagt 7,7 m.

In bovenstaande toetsing is de invloed van negatieve kleeft niet meegenomen. De invloed van negatieve kleeft wordt in het DO bepaald. Naar verwachting is dit niet bepalend voor de constructie eigenschappen.

5.1.4. STR-2: Sterkte gording

In het VO is de sterkte van het gordingprofiel niet getoetst. De toetsing wordt uitgevoerd in het DO. Er is in het VO gekozen voor een profiel op basis van ervaring.

5.1.5. SSI-1: Lengte damwand

De lengte van de damwand is gekozen zodat deze met het teenniveau in het pleistocene zand wordt aangebracht. De damwand is onverankerd en met dit teenniveau kan de damwand daarom als zettingsvrij worden beschouwd.

5.1.6. Vervormingen constructie

De vervormingen van de damwand bedragen ca. 4 mm in de dagelijkse situatie (fase 4) en 26 mm in de maatgevende situatie (fase 6). Deze vervormingen zijn dermate klein dat deze acceptabel geacht worden.

5.2. Ontwerptoetsingen L-wand

In deze paragraaf is de toetsing van de geotechnische stabiliteit van de L-wand uitgevoerd. De gehanteerde uitgangspunten en belastingen zijn beschreven in paragraaf 2.8. De resultaten van de toetsing zijn beschreven in paragraaf 5.2.1.

5.2.1. Toetsingen L-wand

In bijlage B is een indicatieve berekening uitgevoerd conform NEN-EN-1997 [10]. Er zijn twee situaties beschouwd:

- 1 Situatie zonder verkeersbelasting. Hierbij is uitgegaan van neutrale gronddrukken op de L-wand vanwege de naar verwachting beperkte verplaatsingen van de wand in deze situatie.
- 2 Situatie met verkeersbelasting. Hierbij is uitgegaan van actieve en passieve gronddrukken op de L-wand, omdat de verplaatsingen van de wand in deze situatie groter zijn.

³ Het gewicht van een AZ20-700 bedraagt 120 kg/m², de planklengte bedraagt 11,0 m. Resultierend in een belasting van 13 kN/m

De unity checks voor de verschillende toetsingen zijn opgenomen in Tabel 5-2. Alle unity checks zijn kleiner dan 1,0 waardoor de stabiliteit voldoende is. De gedraineerde situatie is beschouwd omdat deze maatgevend is boven de ongedraineerde situatie.

In deze toetsingen is alleen de stabiliteit van de L-wand zelf gecontroleerd. De algehele stabiliteit is hierbij niet getoetst. Het uitgangspunt is dat de L-wand geen verslechtering is van de huidige situatie en dat dus de algehele stabiliteit niet beïnvloed wordt.

Tabel 5-2: Unity checks L-wand

Toetsing	Unity checks: Neutrale gronddruk, zonder verkeersbelasting	Unity checks: Actieve en passieve gronddruk met verkeersbelasting
Kantelstabiliteit	<1,0	<1,0
Verticaal draagvermogen (gedraineerd)	0,32	0,61
Horizontaal afschuiven (gedraineerd)	0,91	0,60

6 Overdracht DO-fase

6.1. Nader te detailleren

De volgende punten dienen in de DO-fase nader uitgewerkt te worden:

- De sterkte van de L-wand dient te worden aangetoond door de leverancier.
- Het zandbed onder de L-wand dient verdicht te worden.
- De L-wanden dienen onderling gekoppeld te worden om krachten over te dragen en lokale piekbelastingen te kunnen spreiden.
- Aanbrengen meetbouten op de L-wand om het vervormingsgedrag van de L-wand te kunnen monitoren.
- In de DO-fase wordt onderzocht of de damwand vervangen kan worden door een betonnen L-wand.
- De betonnen deksloof en het voorhangschort.
- Het ontwerp van de gording inclusief verbindingen dient nader uitgewerkt te worden.
- De invloed van negatieve kleeft op de damwand in deeltraject 4A1 dient beschouwd te worden.
- De voorzieningen om de L-wand en deksloof van de damwand te verhogen dienen nader uitgewerkt te worden.
- Het detail om beïnvloeding van de damwand op de dagelijkse geohydrologische situatie te voorkomen.
- De aansluiting van de damwand op de coupure Waterpoort en de Tolhuiswal.
- De aansluitingen van de L-wand op de nieuwe coupures Waalkade en Zoutkeetstraatje
- De overgang van L-wand en damwand in deeltraject 4A2.
- De impact van maatregelen om de weerstand van de plank tijdens het installeren te verminderen op het ontwerp onderzoeken.
- Bepalen welke aspecten gemonitord dienen te worden
- Controle verwachte zettingen van L-wand

6.2. Niet-beheerste risico's

De volgende risico's zijn van belang in het DO en de voorbereiding/realisatie:

Tabel 6-1: Risicotabel langsonstructie

Nr.	Risico	Oorzaak	Gevolg	Omgang met risico
1	Obstakels in ondergrond (het tracé van de nieuwe damwand kent een hoog risico op obstakels vanwege mogelijke restanten van de oude stadsmuur)	1) Archiefinformatie niet volledig 2) Onvoorziene obstakels	Damwanden komen niet op diepte	1) Voorprikken of damwand tracé / positie ankers aanpassen, in het DO wordt nader onderzoek gedaan naar het risico m.b.t obstakels. 2) Doorboren van obstakels met behulp van speciale boorkop 3) Obstakel opgraven (ondiepe obstakels) 4) Obstakel overkluisen 5) alternatieve oplossing

Nr.	Risico	Oorzaak	Gevolg	Omgang met risico
2	Lokaal aanwezige zandlagen met hoge weerstanden	Grondopbouw wijkt af van het beschikbare onderzoek	Damwanden niet op diepte	(bijvoorbeeld grote L-wand op staal gefundeerd) 1) Voorboren* 2) Fluïderen* 3) Indien mogelijk laatste meters trillend installeren

* In het VO is nog geen rekening gehouden met de effecten van fluïderen of voorboren op het ontwerp. In het DO wordt onderzocht wat de impact hiervan is op het ontwerp.

6.3. Openstaande raakvlakken

De volgende raakvlakken zijn van belang in de vervolgfase.

Tabel 6-2: Raakvlakken Langsconstructie

Nr.	Raakvlakobject	Omschrijving	Omgang met raakvlak
1	Bestaande constructie	In de buitenteen van DT4A bevindt zich een cement bentonietscherm. Dit scherm conflicteert mogelijk met aan te brengen damwand en L-wand	Mogelijke oplossingen voor de L-wand zijn: scherm gedeeltelijk opgraven en verwijderen Er dient nader onderzocht te worden of dit scherm gedeeltelijk verwijderd mag worden. Het raakvlak met de damwand is nader te onderzoeken in het DO.
2	Kabels en leidingen	De mogelijke conflicterende kabels en leidingen zijn: (1 Net naast de coupure is een laagspanningskabel aanwezig. (2 In de buitenkruinlijn is een laagspanningskabel en een rioolvrijverval aanwezig (3 Ter hoogte van DT216 kruisteen waterleiding het dijklichaam	Omgang nader te bepalen in het DO.
3	Aansluitingen coupure Waterpoort	De damwand dient aangesloten te worden op de bestaande coupure Waterpoort	De aansluitingen worden in het DO uitgewerkt.
4	Aansluitingen nieuwe coupures	In het dijkversterkingsproject worden twee nieuwe coupures gerealiseerd. De L-wand en de damwand dienen hier op aan te sluiten.	De aansluitingen zijn in het VO uitgewerkt, zie VO-tekeningen [20] . Verdere detaillering vindt plaats in het DO.

6.4. Afgeleide eisen

- Tijdens de uitvoering dient er voldaan te worden aan de eisen opgenomen in [15].

6.5. Risicoreservering DO-fase

In de voorliggende rapportage en bijbehorende berekeningen is nog geen rekening gehouden met het toepassen van maatregelen (bijvoorbeeld voorboren of fluïderen) t.b.v. het installeren van de damwand. De invloed van deze maatregelen op ontwerp van de langsconstructie wordt in de DO-fase onderzocht. Er is een risico dat de damwand hierdoor zwaarder en/of langer uitgevoerd moeten worden. Om dit risico te ondervangen wordt voorgesteld om uit te gaan van het volgende damwandprofiel in de VO-raming:

- AZ20-700 S355GP, lengte 14,0 m.

BIJLAGEN

A. Ontwerptoetsingen damwand

A.1. *Doorsnede toetsing damwand*

Controle doorsnede damwand

conform NEN-EN 1993-5:2008 + NB:2012 (sheet alleen toepasbaar voor klasse 1, 2 en 3 profielen)



Project Dijkversterking Stad Tiel
Opdrachtgever Waterschap Rivierenland
Projectnummer Iv-Infra INFR200121
Onderdeel Damwand deeltraject 4a2 en 4a3
Revisie 1
Datum 18-12-2020

INVOER

Invoer: gegevens damwand

damwandprofiel AZ20-700
 type damwandprofiel Z-plank
 staalsoort S 240 GP
 Toelaatbare staalspanning f_y 240 N/mm²
 elasticiteitsmodulus E 2.10E+05 N/mm²
 kniklengte (NEN-EN 1993-5 fig 5-2)* I 7.70 m
 factor scheve buiging (weerstandsmoment)** β_B 1.0
 factor scheve buiging (traagheidsmoment)** β_D 1.0

Definitie zones damwand

Zone	
A	Boven dagelijkse waterstand
B	Onder dagelijkse waterstand

* zie tabblad controles (3) voor betreffende figuur/tabel. Indien knik niet van toepassing is vul in: n.v.t.

** bepaald aan de hand van CUR166 (2012)

Invoer: corrosie

Boven dagelijkse waterstand 0 mm
 Onder dagelijkse waterstand 0 mm
 permanent onder water 0 mm
 grond 0.0 mm

Handmatig opgeven corrosiefactor?***

corrosiefactor Zone A 0.65
 corrosiefactor Zone B 0.81
 corrosiefactor Zone C 1.00
 corrosiefactor Zone D 1.00

ja

*** nee: corrosiefactor = flensdikte gecorrodeerd / flensdikte ongecorrodeerd

ja: gebruik maken van rekensheet / rekenprogramma en factor handmatig invullen

Invoer: snedekrachten

		Zone A	Zone B	Zone C	Zone D
optredende moment	M_{ed}	141	135	0	0 kNm/m
optredende normaalkracht	N_{ed}	97	97	0	0 kN/m
optredende dwarskracht	V_{ed}	40	40	0	0 kN/m

Invoer: partiële veiligheidsfactoren (o.b.v. NB)

γ_{M0} 1.02
 γ_{M1} 1.10
 γ_{M2} 1.25

SAMENVATTING TOETSING DOORSNEDE

		Zone A	Zone B	Zone C	Zone D
Moment	U.C.	0.47	0.31	0.00	0.00
Dwarskracht	U.C.	0.11	0.09	0.00	0.00
Normaalkracht	U.C.	0.04	0.03	0.00	0.00
Moment + Dwarskracht	U.C.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Moment + Normaalkracht	U.C.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Moment + Normaalkracht + Dwarskracht	U.C.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Plooi	U.C.	0.12	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Knik	U.C.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

voldoet aan norm

voldoet niet aan norm

niet van toepassing

B. Ontwerptoetsingen L-wand

Controle stabiliteit L-wand

EN 1997-1+C2+A1/NB, Nationale bijlage bij NEN-EN 1997-1 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp – Deel 1: Algemene regels, 2016.

Project	Dijkversterking Stad Tiel
Opdrachtgever	Waterschap Rivierenland
Projectnummer Iv-Infra	INFR200121
Onderdeel	L-wand deeltraject 4a1
Revisie	0
Datum	4-11-2020



Eigenschappen materiaal

$\gamma_{\text{klei_ophoogmateriaal}}$	7 kN/m ³
$\phi_{\text{klei_ophoogmateriaal}}$	17.5 graden
$c_{\text{klei_ophoogmateriaal}}$	5 kN/m ²
$\phi_{\text{klei_ophoogmateriaal;d}}$	14.7 graden
$c_{\text{klei_ophoogmateriaal;d}}$	3.3 kN/m ²
$\gamma_{\text{klei_dijksmateriaal (naast L-wand)}}$	8.54 kN/m ³
$\phi_{\text{klei_dijksmateriaal}}$	22.5 graden
$c_{\text{klei_dijksmateriaal}}$	5 kN/m ²
$c_{\text{uklei_dijksmateriaal}}$	80 kPa
$\phi_{\text{klei_dijksmateriaal;d}}$	19.0 graden
$c_{\text{klei_dijksmateriaal;d}}$	3.3 kN/m ²
$\phi_{\text{zand (zandbedfundering)}}$	30 graden
$\phi_{\text{zand;d (zandbedfundering)}}$	25.7 graden
$\gamma_{\text{zand (zandbedfundering)}}$	9 kN/m ³
dikte zandbed (zandbedfundering)	0.5 m
γ_{beton}	15 kN/m ³

Eigenschappen wand

Bovenbelasting	0 kN/m ²
Bestrating	5 kN/m ²
Afstand bovenbelasting-voorzijde wand	0 m
Dikte grondlaag boven wand	0 m
Inbedding vloer	0.8 m
Kerende hoogte	0.64 m
Gewicht wand	2.3 kN/m
Gewicht voetplaat	1.35 kN/m
Lengte vloerplaat	1 m
Breedte vloerplaat	0.9 m
dikte vloerplaat	0.1 m
dikte wand	0.1 m
hoogte wand (onder maaiveld)	1.44 m
deel boven maaiveld	0.64 m
breedte hak	0.1 m
Taludhelling (1:n) n=	9999
Maaiveldhelling (β)	0.0 graden
correctiefactor aflopend maaiveld	1

Belastingfactoren keermuur op staal

		RC3
permanent, ongunstig ($Q/G < 0,2$)	γ_G	1.49
permanent, ongunstig	$\gamma_G * \xi$	1.32
permanent, gunstig	$\gamma_G; stb$	0.9
veranderlijk, ongunstig	$\gamma_Q; dst$	1.65
veranderlijk, gunstig	$\gamma_Q; dst$	0
Horizontale belasting		1.0

Materiaalfactoren keermuur op staal

		RC3
hoek van inwendige wrijving	$\gamma_{\phi'}$	1.2
effectieve cohesie	$\gamma_{c'}$	1.5
ongedraineerde schuifsterkte	γ_{cu}	1.5
prisma druksterkte	γ_{qu}	1.5
volumiek gewicht voor draagvermogen	γ_{γ}	1.1

Gronddrukcoëfficiënten

Ka	0.746
Kp	0.674

Korrelspanningen

ACTIEF		PASSIEF	
σ_v ;boven	5 kN/m ²	σ_v ;boven	5 kN/m ²
σ_h ';boven	0.00 kN/m ²	σ_h ';boven	6.10 kN/m ²
σ_v ;onder	10.08 kN/m ²	σ_v ;onder	6.832 kN/m ²
σ_h ';onder	1.76 kN/m ²	σ_h ';onder	10.07 kN/m ²

Horizontale en verticale belastingen

Kracht		Afstand tot draaipunt (punt voorzijde L-wand)		Moment
F2	1.27 kN	a2	0.48 m	0.61 kNm
F3	-1.59 kN	a3	0.27 m	-0.42 kNm
F3 cohesief	-4.06 kN	a3	0.40 m	-1.63 kNm
F6	10.17 kN	a6	0.48 m	4.88 kNm
F7	-3.14 kN	a7	0.27 m	-0.84 kNm
F8	0.00 kN	a8	0.72 m	0.00 kNm
FR_hor	2.65 kN	aR_hor	0.98 m	2.60 kNm
F1	6.57 kN	a1	0.55 m	3.61 kNm
F4	1.35 kN	a4	0.45 m	0.61 kNm
F5	2.01 kN	a5	0.15 m	0.30 kNm
F9	0.60 kN	a8	0.05 m	0.03 kNm
F_verkeer	0.00 kN	a9	0.45 m	0.00 kNm
FR_ver	10.52 kN	aR_ver	0.43 m	4.55 kNm

Unity checks

Kantelen	<1,0	VOLDOENDE
Verticaal draagvermogen (D)	0.32	VOLDOENDE
Horizontaal afschuiven (D)	0.91	VOLDOENDE

Controle stabiliteit L-wand

EN 1997-1+C2+A1/NB, Nationale bijlage bij NEN-EN 1997-1 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp – Deel 1: Algemene regels, 2016.

Project Dijkversterking Stad Tiel
Opdrachtgever Waterschap Rivierenland
Projectnummer Iv-Infra INFR200121
Onderdeel L-wand deeltraject 4a1
Revisie 0
Datum 4-11-2020



Eigenschappen materiaal

$\gamma_{\text{klei_ophoogmateriaal}}$	7 kN/m ³
$\phi_{\text{klei_ophoogmateriaal}}$	17.5 graden
$\gamma_{\text{klei_ophoogmateriaal;d}}$	5 kN/m ²
$\phi_{\text{klei_ophoogmateriaal;d}}$	14.7 graden
$\gamma_{\text{klei_ophoogmateriaal;d}}$	3.3 kN/m ²
$\gamma_{\text{klei_dijksmateriaal}}$ (naast L-wand)	8.54 kN/m ³
$\phi_{\text{klei_dijksmateriaal}}$	22.5 graden
$\gamma_{\text{klei_dijksmateriaal;d}}$	5 kN/m ²
$\phi_{\text{klei_dijksmateriaal;d}}$	80 kPa
$\phi_{\text{klei_dijksmateriaal;d}}$	19.0 graden
$\phi_{\text{klei_dijksmateriaal;d}}$	3.3 kN/m ²
ϕ_{zand} (zandbedfundering)	30 graden
$\phi_{\text{zand;d}}$ (zandbedfundering)	25.7 graden
γ_{zand} (zandbedfundering)	9 kN/m ³
dikte zandbed (zandbedfundering)	0.5 m
γ_{beton}	15 kN/m ³

Eigenschappen wand

Bovenbelasting	13 kN/m ²
Bestrating	5 kN/m ²
Afstand bovenbelasting-voorzijde wand	0 m
Dikte grondlaag boven wand	0 m
Inbedding vloer	0.8 m
Kerende hoogte	0.64 m
Gewicht wand	2.3 kN/m
Gewicht voetplaat	1.35 kN/m
Lengte vloerplaat	1 m
Breedte vloerplaat	0.9 m
dikte vloerplaat	0.1 m
dikte wand	0.1 m
hoogte wand (onder maaiveld)	1.44 m
deel boven maaiveld	0.64 m
breedte hak	0.1 m
Taludhelling (1:n) n=	9999
Maaiveldhelling (β)	0.0 graden
correctiefactor aflopend maaiveld	1

Belastingfactoren keermuur op staal

		RC3
permanent, ongunstig ($Q/G < 0,2$)	γ_G	1.49
permanent, ongunstig	$\gamma_G \cdot \xi$	1.32
permanent, gunstig	$\gamma_G; \text{stb}$	0.9
veranderlijk, ongunstig	$\gamma_Q; \text{dst}$	1.65
veranderlijk, gunstig	$\gamma_Q; \text{dst}$	0
Horizontale belasting		1.0

Materiaalfactoren keermuur op staal

		RC3
hoek van inwendige wrijving	$\gamma_{\phi'}$	1.2
effectieve cohesie	$\gamma_{c'}$	1.5
ongedraineerde schuifsterkte	γ_{cu}	1.5
prisma druksterkte	γ_{qu}	1.5
volumiek gewicht voor draagvermogen	γ_{γ}	1.1

Gronddrukcoëfficiënten

Ka	0.594739
Kp	1.968622

Korrelspanningen

ACTIEF		PASSIEF	
σ_v ;boven	18 kN/m ²	σ_v ;boven	5 kN/m ²
σ_h ';boven	5.564019 kN/m ²	σ_h ';boven	14.52003 kN/m ²
σ_v ;onder	23.08 kN/m ²	σ_v ;onder	6.832 kN/m ²
σ_h ';onder	8.585295 kN/m ²	σ_h ';onder	22.80346 kN/m ²

Horizontale en verticale belastingen

Kracht		Afstand tot draaipunt (punt voorzijde L-wand)		Moment
F2	2.18 kN	a2	0.48 m	1.044153 kNm
F3	-3.31 kN	a3	0.27 m	-0.88357 kNm
F3 cohesief	-10.21 kN	a3	0.40 m	-4.08518 kNm
F6	10.17 kN	a6	0.48 m	4.882084 kNm
F7	-3.14 kN	a7	0.27 m	-0.83712 kNm
F8	8.01 kN	a8	0.72 m	5.768775 kNm
FR_hor	3.69 kN	aR_hor	1.59 m	5.889147 kNm
F1	6.57 kN	a1	0.55 m	3.6113 kNm
F4	1.35 kN	a4	0.45 m	0.6075 kNm
F5	2.01 kN	a5	0.15 m	0.3015 kNm
F9	0.5978 kN	a8	0.05 m	0.02989 kNm
F_verkeer	11.7 kN	a9	0.45 m	5.265 kNm
FR_ver	22.22 kN	aR_ver	0.44 m	9.81519 kNm

Unity checks

Kantelen	<1,0	VOLDOENDE
Verticaal draagvermogen (D)	0.61	VOLDOENDE
Horizontaal afschuiven (D)	0.60	VOLDOENDE

C. Drukcapaciteit damwand

Berekening benodigde drukcapaciteit damwand

bron: CUR166(2012), Damwandconstructies - 6e herziene druk, deel 2 paragraaf 5.3.7



Project Tiel
Opdrachtgever Waterschap Rivierenland
Projectnummer Iv-Infra INFR200121
Onderdeel DT4a
Versie 0
Datum 30-10-2020

Gegevens

Sondering	75629_DKMP034_(DT218.+102_DKMP2)	Verfoppervlak damwand (enkele plank)	1.86 m ² /m
Type damwand	AZ20-700	Niveau heisleuf	11.0 m+NAP
Lengte damwand	11 m	Bovenkant damwand	11 m+NAP
Slotwrijving	20 kN/m	Inheinniveau damwand	-0.5 m+NAP
Reductiefactor slotwrijving	1.0	verknedingsfactor	0.6
Puntoppervlak damwand (enkele plank)	106.4 cm ²		

o.k. laag [m+NAP]	$q_{c, gem}$ [MPa]	α_w [%]	f_{plank} [kN/m ²]	schachtwrijving [kN]	slotwrijving [kN]	wrijving cum. [kN]	puntweerstand [kN]	totaal [kN]
11.00	-	-	-	-	-	-	-	-
10.50	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	21.16	10.64	31.80
10.00	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	42.32	10.64	52.96
9.50	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	63.48	10.64	74.12
9.00	10.00	1.00	0.10	55.80	10.00	129.28	106.40	235.68
8.50	20.00	1.00	0.20	111.60	10.00	250.88	212.80	463.68
8.00	10.00	1.00	0.10	55.80	10.00	316.68	106.40	423.08
7.50	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	337.84	10.64	348.48
7.00	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	359.00	10.64	369.64
6.50	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	380.16	10.64	390.80
6.00	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	401.32	10.64	411.96
5.50	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	422.48	10.64	433.12
5.00	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	443.64	10.64	454.28
4.50	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	464.80	10.64	475.44
4.00	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	485.96	10.64	496.60
3.50	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	507.12	10.64	517.76
3.00	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	528.28	10.64	538.92
2.50	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	549.44	10.64	560.08
2.00	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	570.60	10.64	581.24
1.50	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	591.76	10.64	602.40
1.00	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	612.92	10.64	623.56
0.50	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	634.08	10.64	644.72
0.00	1.00	2.00	0.02	11.16	10.00	655.24	10.64	665.88
-0.50	8.00	1.00	0.08	44.64	10.00	709.88	85.12	795.00

Benodigde drukcapaciteit 80 ton

D. Rekenresultaten

Deze bijlage betreft het rekenmodel in D-Sheet Piling van de damwand. Naam van het model is:
"INFR200121 B-013 201218 Moderne stadsmuur vak 4A2+3_rev1.a"

Dit bestand is meegeleverd in de oplevermap.

E. Review revisie 0

Project	VKA Stad Tiel deeltraject 4a
Documenten	
Datum levering	4-11-2020
Datum review	16-11-2020

Input	Input beschrijving	Opmerking	Onderbouwing opmerking	Reactie Iv	Reactie WSRL
Geometry	Bron				
γ_{water}	9,81 kN/m ³				
Soil	<ul style="list-style-type: none"> - Materiaal set HS laag kar. - Materiaal set SSC (juiste POP waarden) laag kar. - Materiaal set SHASEP NGI ADP laag kar. - Indien onverankerd hoge stijfheid t.h.v. verkregen inklemming (HS) 		-		
Soil layers	<ul style="list-style-type: none"> - Scheiding drained undrained - Onderbouwing modelering - Detailniveau grondonderzoek bodemschematisering - Detailniveau grondonderzoek groutlichaam 				
Plate	<ul style="list-style-type: none"> - Type damwand: - Corrosie: - Openingspercentage: - EA en EI: - Gewicht (w) - f;open en 0,9 x w in controle - prevent punching uit 				
Anchor	<ul style="list-style-type: none"> - Type Anker - Corrosie(bescherming): - h.o.h.: - EA: 				
Embedded beam row	<ul style="list-style-type: none"> -Type -Diameter groutlichaam -Lengte groutlichaam 				
Anchor_puntveer	<ul style="list-style-type: none"> - EA - Lspacing 				
Mesh	Fine global mesh				

Coarseness Mesh grond t.h.v. maatgevend glijvlak	0.25				
Coarseness Mesh constructieve elementen	0.125				
Flow conditions	<ul style="list-style-type: none"> - Situatie dagelijkse omstandigheden - Effect installatie damwand waterspanningen - Situatie WBN - Situatie opdrijven - Verloop waterspanningen over aanwezige lagen 				
Vergelijking D-stability uitgevoerd	Aanwezig of niet				

Project	VKA Stad Tiel deeltraject 4a
Documenten	
Datum levering	4-11-2020
Datum review	16-11-2020

Naam	Omschrijving	Waarde	Eis	Beoordeling	Onderbouwing	Reactie	Reactie
GEO-1	Geotechnische stabiliteit		1.1				
GEO-2	Snijden		n.v.t.				
STR-1	Moment+Normaalkracht		UC<1,00				
STR-1	Dwarskracht		UC<1,00				
STR-1	Knik		UC<1,00				
STR-2	Sterkte ankerstang		UC<1,00				
STR-2	Sterkte gording		UC<1,00				
SSI-1	Verticaal evenwicht		UC<1,00				
SSI-2	Overschreiden houdkracht		UC<1,00				
Vervorming	$u_{vert,kruin,SLS}$		-0.1				
Vervorming	$u_{hor,BIT-BUT,SLS}$		0.1				
Vervorming	$u_{hor,SLS}$		-0.1				
Algemeen							

Project	VKA Stad Tiel deeltraject 4a
Documenten	INFR200121 201104 R-09 VO-rapportage langconstructie 4a_rev0
Datum levering	4-11-2020
Datum review	16-11-2020

Nr.	Verwijzing	Tekstdeel / passage	Opmerking OG	Reactie ON op opmerkingen OG	Reactie OG
1		Algemeen	Dijkvak 4a is een complexe sectie die vanaf begin van de beoordeling en ontwerp veel aandacht heeft gevraagd. Het opstellen van het VO heeft verschillende afwegingen gekend met name t.a.v. ruimtelijke inpassing. Met name de hoogte is moeilijk inpasbaar gezien de kruin zich op de rijbaan bevindt. De oplossing van de hoogte opgave in de vorm van een constructie (Damwand en L-Wand) lijkt hiermee vanuit ruimtelijke inpassing gewenst. Een belangrijk aandachtspunt zit nu met name in de onderbouwing t.a.v. de veiligheid voor het spoor hoogte i.r.t. tot de gekozen oplossingsrichting. In basis kan de hoogte alleen in grond met constructie worden opgelost indien sprake is van een kruinbreedte groter dan 3,0m. Of indien sprake is van een zelfstandig kerende constructie. Het huidige VO lijkt nog onvoldoende onderbouwing te bezitten in enerzijds gehanteerde veiligheidsfilosofie (NEN?PPL) en standaard eisen aan kruinhoogte i.r.t. beoogde constructie.	De onderbouwing van de gekozen oplossing is opgenomen in de nota VKV van Tawu. Hier wordt in ontwerp naar verwezen.	
2		1.2	De koppeling met overige sporen lijkt hier te ontbreken (integraliteit). Zijn sporen als STPH/Heave bekleding gedekt/gecontroleerd i.c.m. het huidige VO? Van belang om deze punten op te nemen in begin van ontwerpnota en hoe deze worden geadresseerd.	In de rapportage zijn verwijzingen toegevoegd voor deze controles.	
		2.3	De waalkade heeft invloed op het aanwezig maaiveld t.b.v. STBU. Een onderbouwing van de stabiliteit van deze kade is van belang indien van de gegeven maaiveld hoogte wordt uitgegaan. Gezien de recent versterking lijkt dit een waardevolle toevoeging.	Het uitgangspunt dat dit beschouwd zou moeten zijn in de beoordelingsronde is toegevoegd.	
		2.4	De eis lijkt gebaseerd op 1/1000 pf.inst voor STBU exclusief een factor 3 op het lengte effect conform PPL? Dit dient nader te worden onderbouwd omdat het niet logisch lijkt voor de locatie met Damwand 4a2. Conform PPL moet hier een factor 3 op het lengte effect worden aangehouden. Voor de L wand geldt tevens dat herstel o.b.v. 1/1000 pf.inst mogelijk discutabel is omdat bij buitenwaarts falen de kruinhoogte die wordt voorzien door de L-wand nadelig kan worden beïnvloed. Zie ook opmerking algemeen	De onderbouwing van de veiligheidsfilosofie is aangescherpt.	
			Constructies die voorzien in de hoogte dienen in de basis als zelfstandig waterkerende constructie te worden gezien omdat de aanwezig kruinbreedte kleiner is dan 3,0m bij rivierdijken (zie PPL) welke onderbouwing is aanwezig voor het gehanteerde VO voor beide ontwerpoplossingen?	De onderbouwing van de gekozen oplossing is opgenomen in de nota VKV van Tawu. Hier wordt in ontwerp naar verwezen.	
		Tabel 2-1	Tevens opnemen te hanteren partiële factoren omdat deze niet genoemd zijn in de TUN	Is toegevoegd.	
3		2.6.2	Titel lijkt onjuist (L-wand i.p.v. Damwand)	Is aangepast.	
4		2.7 bullit 5	Nader toelichten/onderbouwen waarom er met verschillende RC klassen wordt gerekend.	Is toegevoegd.	
5		2.8 bullit 3	Levensduur L-wand dit dient integraal in het ontwerp van coupures te worden beschouwd en aansluiting op tohuuswal en damwand dijkhuisen (aanpalende secties)	Te hanteren levensduur is 100 jaar zoals besproken in middagstart 18-11.	
6		2.8	Visualisatie model uitgangspunten L-wand opnemen	Is toegevoegd.	
			Een deel van de L-wand zit in 4a2 is dit ruimtelijk wenselijk maar ook qua aansluiting op coupure en damwand ?	Uitgangspunt is dat L-wand en damwand visueel op elkaar aansluiten. Detail nader te ontwerpen. E.e.a. afhankelijk van de variant die uiteindelijk gekozen wordt door het projectteam.	
7		3.3	De effecten van de opening zullen in negatieve zin bijdragen aan de opname capaciteit van de damwand	Dit is een aandachtspunt voor het DO. Is opgenomen in het lijstje nader te detaileren.	
8		4.1	2 aanbrengen damwand en gording	Gording is toegevoegd.	
9		figuur 5-2	Wat is de bron van 5kN/m2 voor bestrating?	Onderbouwing voor deze waarde is toegevoegd.	
10			Wat wordt bedoeld met de waarde van <1,0 voor kantel stabiliteit?	Besproken in overleg. Dit betreft de som van de momenten. De waarde kleiner dan <1,0 houdt in dat er een netto moment overblijft waarbij geen trekspanningen in de ondergrond berekend worden.	
		Tabel 5-1	In plaxis wordt een bodemdalingfase gemodelleerd om o/ a. negatieve kleeft op de wand te modelleren hoe wordt dit gedaan in D-sheetpiling? De normale kracht lijkt alleen op basis van het voorhangschort?	De negatieve kleeft dient berekend te worden in D-Foundations. Omdat er geen verankering toegepast is, is draagvermogen naar verwachting niet maatgevend. Voor de volledigheid wordt dit aspect in het DO getoetst.	

11		Tabel 5-2	Is STBI en STBU onder de L-wand door ook beschouwd? Bij definitief opstellen VO deze integraliteit borgen tussen alle mechanisme	Voorlopig uitgangspunt is dat de L-wand de huidige situatie voor STBU en STBI niet nadelig beïnvloeden. In het DO wordt een integrale toets uitgevoerd.	
12		5.1.4.	Dient het teenniveau i.r.t. beschikbaar onderzoek niet minder scherp tew worden gekozen in het VO?	In overleg besproken. In risico reservering een overlength meenemen.	
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
22					



Waarderweg 40
2031 BP Haarlem
Nederland

Pettelaarpark 10-15
5216 PD 's-Hertogenbosch
Nederland

Fultonbaan 30
3439 NE Nieuwegein
Nederland

iv-Infra b.v.
Trapezium 322
3364 DL Sliedrecht
Nederland

Telefoon +31 88 943 3200

Trompstraat 36a
9190 Stekene
België

Westervoortsedijk 73
Gebouw CB
6827 AV Arnhem
Nederland

Postbus 135
3360 AC Sliedrecht
www.iv-infra.nl