

aan	Hoogheemraadschap van Delfland
t.a.v.	Koos van der Zanden, Chris Woltering
van	Yoei Jongerius
Gecontroleerd door:	Ilse Warmenhoven, Dennis Hordijk
datum	11 mei 2017
referentie	1500383A20-N17
onderwerp	Geotechnische advies Delflandsedijk

Inleiding

Delfland heeft kringloopsluiting als doel gesteld: (afval)water moet worden hergebruikt in plaats van het te lozen. Project S.C.H.O.O.N. voorziet in kringloopsluiting van de AWZI de Groote Lucht, door het effluent na te zuiveren en in te zetten als inlaatwater. S.C.H.O.O.N. omvat het samenspel van de zogeheten zoetwaterfabriek en de waterharmonica. Samen moeten deze er voor zorgen dat het zwemgedeelte van de Krabbeplas in de zomerperiode met schoon en biologisch vitaal water (afkomstig van de AWZI de Groote Lucht) kan worden doorgespoeld.

Voor de watertoevoer naar de waterharmonica wil Delfland gebruik maken van de bestaande wegsloot in het dijkprofiel van de Delflandsedijk op het traject tussen de AWZI en de waterharmonica [Ref. 1]. Om het gewenste debiet te kunnen leveren dient deze sloot te worden verbreed en verdiept.

De Delflandse dijk is in 2009 in het kader van de 3^e landelijke toetsronde voor primaire waterkeringen getoetst [Ref. 2]. In de uitgevoerde toetsing is uitgegaan van een droge wegsloot. De inzet van de sloot als watertoevoer voor de waterharmonica resulteert in een verhoging van de freatische lijn in het dijklichaam. Om het effect van de verhoogde freatische lijn en de beoogde slootverruiming op de binnenwaartse stabiliteit van de Delflandsedijk inzichtelijk te maken, heeft Delfland RPS advies- en ingenieursbureau verzocht om een veiligheidsbeschouwing voor de volgende twee varianten uit te voeren:

- Variant A: situatie met aangepast slootprofiel en verhoogde freatische lijn;
- Variant B: situatie met aangepast slootprofiel, maar zonder verhoogde freatische lijn (te bereiken door bijvoorbeeld de toepassing van een waterdichte folie of gesloten leiding in het slootprofiel).

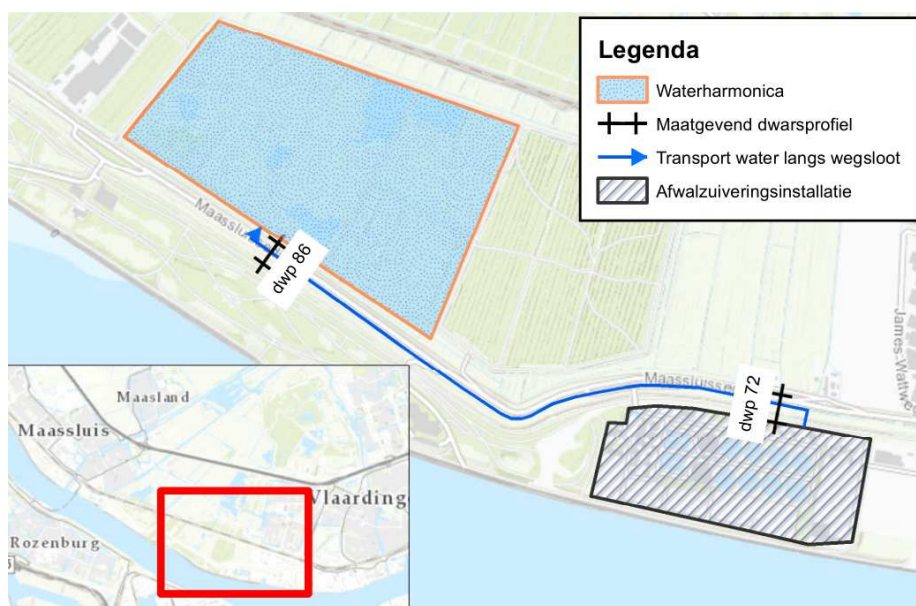
De voorliggende notitie beschrijft de gehanteerde uitgangspunten, de aanpak en resultaten van de uitgevoerde analyse en tot slot de conclusies op basis van de behaalde resultaten.

Uitgangspunten

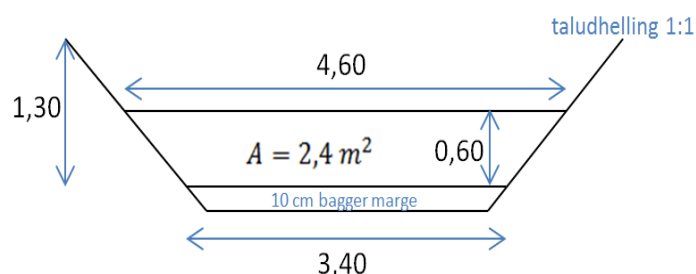
De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- Er zijn twee dwarsprofielen beschouwd, te weten dwp 72 en 86 (zie figuur 1). Beide profielen zijn eerder ook gehanteerd voor de veiligheidstoetsing voor de Delflandsedijk [Ref. 2] en zijn representatief gesteld voor het hier beschouwde dijktraject;
- De door Delfland aangeleverde stabiliteitsberekeningen vanuit de eerdere toetsing [Ref. 2] en daarin opgenomen schematisatie van dijkgeometrie en ondergrond vormden vertrekpunt voor de uitgevoerde analyse;

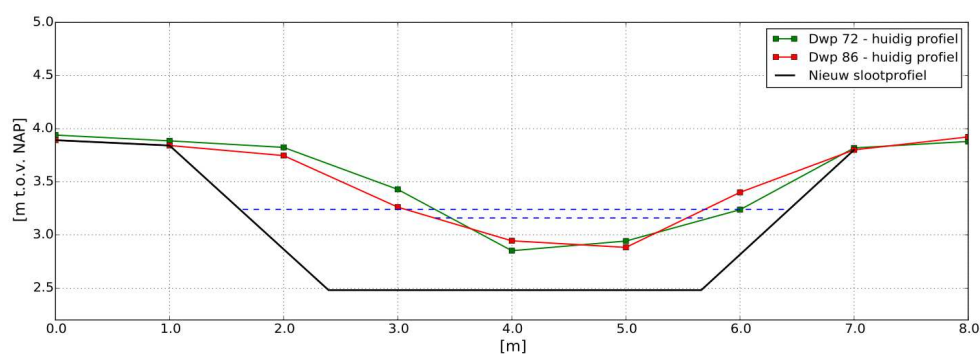
- Voor het nieuwe (verruimde) slootprofiel is conform verzoek van Delfland uitgegaan van de in figuur 2 weergegeven schematisatie (met vereist nat oppervlak van $2,4 \text{ m}^2$). Hierbij is tevens uitgegaan van 10 cm baggermarge. Ter vergelijking van de huidige slootprofielen voor bovengenoemde twee dwarsprofielen en het beoogde toekomstige profiel zijn deze tezamen weergegeven in figuur 3;
- De voor variant A gehanteerde schematisatie van de freatische lijn is weergegeven in figuur 4. Hierbij is uitgegaan van een doorzetting van het slootpeil van 20 cm in beide oevers.



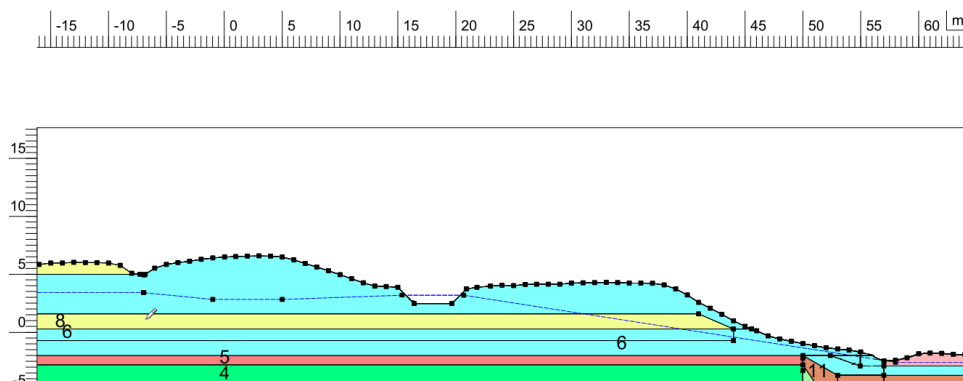
figuur 1: overzichtkaart met aanduiding locaties beschouwde profielen



figuur 2: afmetingen nieuw slootprofiel (na beoogde verruiming)



figuur 3: profielen huidige sloot ter plaatse van dwp 72 en 86 en beoogd verruimd profiel



figuur 4: schematisatie freatische lijn variant A

Aanpak

De stabiliteitsberekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het software pakket D-Geo Stability v. 16.1. Hierbij zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Allereerst zijn ter verificatie de aangeleverde rekenbestanden gecontroleerd en de in [Ref. 2] gerapporteerde stabiliteitsfactoren gereproduceerd. Aansluitend zijn geconstateerde onvolkomenheden in de eerdere schematisaties hersteld;
2. Vervolgens zijn de schematisaties voor de varianten A en B aangepast en zijn voor beide varianten stabiliteitsberekeningen uitgevoerd. Hierbij is voor variant A in lijn met [Ref. 2] zonerings toegepast;
3. Tot slot zijn enkele gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd om de invloed van een kleine verschuiving van de wegsloot te onderzoeken. Hierbij zijn ten opzichte van stap 2 (waarbij de sloot tweezijdig verruimd is), twee situaties beschouwd, te weten: volledige verruiming aan de ene zijde en volledige verruiming aan de andere zijde van de huidige sloot.

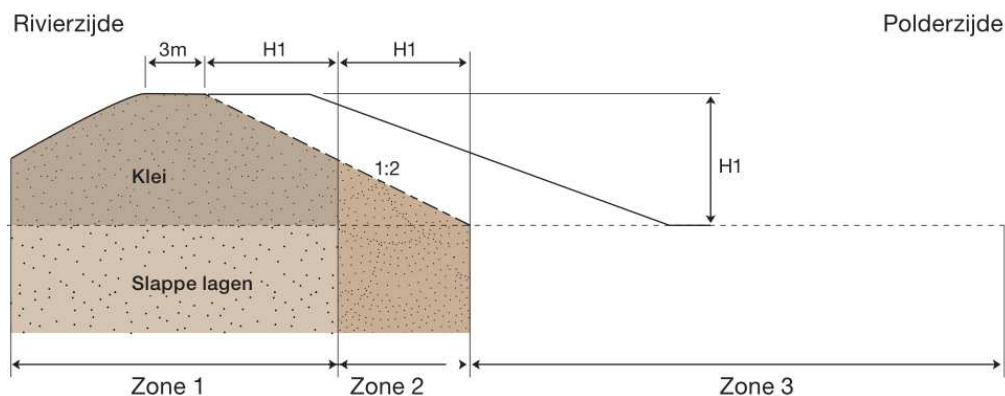
Toelichting zoneringsmethodiek:

Bij het toepassen van de zoneringsmethodiek wordt het dijklichaam opgedeeld in drie zones (figuur 5), afhankelijk van het belang van betreffende zones voor de stabiliteit van de waterkering. Wanneer de maatgevende cirkel in zone 3 ligt, dient te worden aangetoond dat de cirkels in zones 1 en 2 voldoen aan de norm. Voor zones 1 en 2 gelden voor de Delflandse dijk (normfrequentie: $\frac{1}{10.000}$ [jaar⁻¹]) de volgende vereiste stabiliteitsfactoren [Ref. 3]:

Zone 1: $\gamma_n = 1,21$

Zone 2: $\gamma_n = 1,13$

Aan glijvlakken in zone 3 worden geen minimale eisen gesteld. Glijvlakken in deze zone worden geacht geen gevaar op te leveren voor de waterkering [Ref. 3].



figuur 5: indeling zonerings conform [Ref. 3]

Resultaten stap 1: aanpassing toetsberekeningen

Bij de controle van de toetsberekeningen is gebleken dat de schematisatie van de freatische lijn voor dwarsprofiel 86 niet in overeenstemming is met de opgestelde toetsrapportage [Ref. 2] en het TR Waterspanningen bij dijken [Ref. 4]. De freatische lijn bevindt zich namelijk circa 10 m voor de binnenteen al op polderpeil, terwijl conform genoemde documenten een lineair verloop richting de binnenteen van de dijk van toepassing is.

Verder is geconstateerd dat de huidige wegsloot destijds als een droge sloot geschematiseerd was, terwijl conform de door Delfland verstrekte info in de dagelijkse situatie wel degelijk water in de sloot aanwezig is (figuur 6).

Naar aanleiding van deze bevindingen zijn de schematisaties aangepast.



figuur 6: foto wegsloot Delflandse dijk met water (waterdiepte bedraagt ca. 30 cm)

De resultaten van de aangepaste toetsberekeningen zijn tezamen met de oorspronkelijke resultaten gepresenteerd in tabel 1. De onderliggende aangepaste stabiliteitsberekeningen zijn opgenomen in bijlage 1.

tabel 1: Resultaten oorspronkelijke en aangepaste stabiliteitsberekeningen

Dwarsprofiel	Zone	Toetsresultaat Conform [Ref. 2]	Toetsresultaat na aanpassing	Eis	Oordeel STBI
		SF [-]	SF [-]		
72	Zone 1	1,37	1,29	1,21	Voldoende
	Zone 2	1,27	1,18	1,13	
	Zone 3	0,51	0,44	-	
86	Zone 1	1,50	1,23	1,21	Voldoende
	Zone 2	1,50	1,22	1,13	
	Zone 3	0,51	0,36	-	

Resultaten stap 2: stabiliteitsberekeningen varianten A en B

Uit de rekenresultaten voor variant A is gebleken dat deze variant reeds voldoet aan de veiligheidseisen, waardoor variant B (waarbij ten opzichte van variant A aanvullende maatregelen worden getroffen) feitelijk niet meer relevant is. Om deze reden is de zoneringsmethodiek ook niet meer toegepast voor variant B en wordt hier alleen ingegaan op de resultaten voor variant A. De uitgevoerde berekeningen voor variant B zijn voor de volledigheid wel opgenomen in bijlage 3.

De resultaten van variant A zijn gepresenteerd in tabel 2, de berekeningen zijn opgenomen in bijlage 2. Uit vergelijking van de rekenresultaten voor variant A (tabel 2) met de aangepaste toetsberekeningen (tabel 1, kolom 4), blijkt dat de beoogde verruiming van de wegsloot een zeer gering effect heeft op de binnenwaartse stabiliteit. Hierdoor voldoet de Delflandsedijk ook na de beoogde verruiming van de wegsloot en inzet van deze sloot als watertoevoer kanaal voor de waterharmonica nog steeds aan de gestelde stabiliteitseisen.

tabel 2: rekenresultaten voor variant A

Dwarsprofiel	Zone	SF	Eis	Oordeel STBI
		[-]	[-]	
72	Zone 1	1,27	1,21	Voldoende
	Zone 2	1,18	1,13	
	Zone 3	0,44	-	
86	Zone 1	1,23	1,21	Voldoende
	Zone 2	1,22	1,13	
	Zone 3	0,35	-	

Resultaten stap 3: gevoeligheidsanalyse

De gevoeligheidsberekeningen, waarbij de slootverruiming allereerst geheel richting dijk kruin (links in de schematisatie) en vervolgens geheel richting dijk teen (rechts in de schematisatie) doorgevoerd is, zijn alleen uitgevoerd voor dwarsprofiel 86 voor glijvlakken in zones 1 & 2. De berekeningen zijn opgenomen in bijlage 4 en de resultaten zijn samengevat in tabel 3.

Uit vergelijking van de resultaten (tabel 3) met de resultaten van de basisberekeningen voor variant A (tabel 2) blijkt dat de invloed van de doorgerkende wijzigingen op de binnenwaartse stabiliteit verwaarloosbaar klein is. Dit betekent dus dat het vergraven van de sloot aan beide zijden toelaatbaar is.

tabel 3: resultaten gevoeligheidsberekeningen linker-/rechterzijde vergraven (dwarsprofiel 86)

Zone:	Zijde slootverbreiding		Eis [-]	Oordeel STBI
	Dijk kruin	Dijk teen		
	SF [-]	SF [-]		
Zone 1	1,23	1,23	1,21	Voldoende
Zone 2	1,23	1,22	1,13	

Conclusies

Invloed slootverruiming op stabiliteit Delflandsedijk

De rekenresultaten tonen aan dat de invloed van de beoogde verruiming van de wegsloot en de kleine verhoging van de freatische lijn in de Delflandse dijk (ten gevolge van het gebruik van de wegsloot als watertoevoerkanal voor de waterharmonica) op de stabiliteit van de Delflandsedijk zeer beperkt is (minder dan 2% afname van de stabiliteitsfactor). De Delflandsedijk voldoet conform de gehanteerde toetsmethodiek na slootverruiming en aanpassing van de freatische lijn nog steeds aan de stabiliteitseisen.

Aanvullende maatregelen zoals bijvoorbeeld het toepassen van een waterdichte folie op de slootbodem zijn dan ook niet nodig. Daarbij tonen de resultaten van de gevoeligheidsberekeningen aan dat het voor de stabiliteit niet uitmaakt of de verruiming éézijdig (richting dijkkruij of dijkteen) of tweezijdig plaatsvindt.

Tijdelijke ontgraving t.b.v. aanleg duikers

Op het sloottracé zijn twee kruisende opritten aanwezig, waarin duikers worden aangebracht om de watertoevoercapaciteit te kunnen bereiken. Naar aanleiding van de resultaten van de uitgevoerde analyses heeft Delfland de vraag gesteld of deze duikers in een open ontgraving kunnen worden aangebracht, waarbij de stabiliteit van de Delflandsedijk gewaarborgd blijft.

Aangezien de beoogde ontgravingen binnen het in de uitgevoerde stabiliteitsberekeningen aangehouden slootprofiel plaatsvinden, kan zonder aanvullende berekeningen geconcludeerd worden dat deze ontgravingen een vergelijkbaar (en dus verwaarloosbaar) effect op de stabiliteit van de Delflandsdijk hebben als de slootverruiming. Er zijn dan ook geen aanvullende maatregelen ten aanzien van de aanleg van de duikers nodig.

Doorkijk nieuwe normering (WBI2017)

Opgemerkt wordt dat de toetsmethode voor primaire waterkeringen met de vaststelling van het nieuwe Wettelijke Beoordelingsinstrumentarium (WBI2017) per 1 januari van dit jaar aanzienlijk verandert. Om de Delflandsedijk (met aangepast slootprofiel) conform de nieuwe toetsmethodiek te beoordelen is dan ook eigenlijk een geheel nieuwe beoordeling met het nieuwe instrumentarium nodig. In overleg met Delfland betrokkenen is besloten om hier gegeven de (op moment van uitvoering van de analyse) nog onvolledige status van het WBI2017 voor de onderhavige analyse van af te zien.

De gezamenlijke inschatting is mede gegeven de nu behaalde rekenresultaten dat de beperkte ingreep ook bij toepassing van de nieuwe beoordelingssystematiek geen significant effect zal hebben op de stabiliteit van de Delflandsedijk en zeker niet bepalend zal zijn voor het toetsresultaat.

Referenties

- | | |
|----------|--|
| [Ref. 1] | Maatregelen in het watersysteem t.b.v. de waterharmonica, notitie Delfland |
| [Ref. 2] | Toetsing geotechnische stabiliteit Delflandsedijk, Witteveen + Bos, 2009 |
| [Ref. 3] | Technisch Rapport Actuele sterkte van dijken, ENW, 2009 |
| [Ref. 4] | Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken, september 2004, TAW |

1 Stabiliteitsberekeningen: aangepaste toetsberekeningen

BIJLAGE

2 Stabiliteitsberekeningen: variant A

3 Stabiliteitsberekeningen: variant B

4 Gevoeligheidsberekening: slootverbreding aan linker of rechterzijde