


POVM cluster rekenen

Quick Wins

POV

MACRO
STABILITEIT



Auteur: C. Zwanenburg
Datum: augustus 2016

Versie: 1



Project
1220505-001

Pagina's
1

Samenvatting

In het POVM cluster rekenen wordt gewerkt aan het optimaliseren van de ontwerprichtlijnen voor het ontwerp van stabiliteitsschermen in waterkeringen. Tot nu toe uitgevoerd onderzoek in het kader van de referentieprojecten Capelle-Moordrecht en het dijkversterkingsproject Verbetering IJsseldijken Gouda (VIJG) toont aan dat ten minste op een drietal punten optimalisaties mogelijk zijn:

- Het moment waarop de materiaalfactoren in de berekening worden geïntroduceerd.
- De wijze waarop de snede-krachten in de rekenprocedure worden vastgesteld.
- De verplaatsingseisen waaraan de constructie rekentechnisch dient te voldoen.

De discussie omtrent bovenstaande punten is gevoerd in het cluster team rekenen van de POVM. De notitie Quick Wins geeft het resultaat van deze discussie. De notitie Quick Wins is besproken in het Expertise Netwerk Waterkeringen, ENW. Bij het indienen van de notitie bij het ENW is door het waterschap Rivierenland een oplegnotitie opgesteld met een nadere toelichting op de context waarbinnen de notitie Quick Wins is opgesteld. Dit rapport bundelt de notitie Quick Wins met de oplegnotitie en de reactie van het ENW. De Quick Wins zijn hiermee beschikbaar voor het gebruik in het ontwerp van de referentieprojecten van de POVM. Omdat de Quick Wins te beschouwen zijn als tussenresultaten uit lopend onderzoek wordt het gebruik van de notitie Quick Wins vooralsnog gelimiteerd tot de referentieprojecten.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	augustus 2016	Dr.ir. C. Zwanenburg					

Status
definitief



20 mei 2016, concept

Inhoud

1 Quick Wins	1
1.1 Toelichting	1
1.2 Opzet document	1
Bijlage(n)	
A Oplegnotitie	A-1
B Notitie Quick Wins	B-1
C Reactie ENW	C-1

1 Quick Wins

1.1 Toelichting

Het onderzoeksprogramma Project Overstijgende Verkenningen – Macrostabiliteit, POVM, stelt zich tot doel het introduceren van innovatieve dijkversterkingsmethoden en / of ontwerpmethoden te stimuleren. Het stimuleren van innovatieve dijkversterkingstechnieken kent verschillende aspecten die zijn ondergebracht in verschillende clusters van het POVM onderzoeksprogramma. Een van deze clusters is de cluster rekentechnieken. Het cluster rekentechnieken heeft tot doel rekentechnieken te ontwikkelen of te optimaliseren waarmee innovatieve dijkversterkingen kunnen worden ontworpen of nieuwe ontwerpmethoden kunnen worden toegepast.

Om richting te geven aan het onderzoek zijn de activiteiten die binnen de POVM worden uitgevoerd gekoppeld aan dijkversterkingsprojecten die op korte termijn in uitvoering gaan. Deze projecten zijn aangeduid met referentieprojecten. Het betreft de volgende projecten:

- versterking Markermeerdijken, MMD.
- versterking dijktraject Gorkum – Waardenburg, GoWa.
- versterking dijktraject Tiel – Waardenburg, TiWa.
- versterking Hollandse IJsseldijk traject Capelle – Moordrecht, CM.
- versterkingsproject Verbetering IJsseldijken Gouda, VIJG.
- versterkingsproject Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard, KIJK.

Vanuit de referentieprojecten kwamen voorstellen het ontwerpproces van stabiliteitsschermen te optimaliseren. Enkele van deze optimalisaties bleken al op korte termijn toepasbaar te zijn. Deze optimalisaties worden hierna Quick Wins genoemd. In het cluster rekentechnieken van de POVM zijn de Quick Wins bediscussieerd en waar nodig verder uitgewerkt. Het resultaat van deze discussie is vastgelegd in de notitie Quick Wins. De notitie is voorgelegd aan de het Expertise Netwerk Waterkeringen, ENW.

Voorafgaand aan de aanbieding van de notitie Quick Wins aan het ENW is door het waterschap Rivierenland een oplegnotitie opgesteld waarin de context wordt geschetst waarbinnen de notitie Quick Wins is opgesteld.

1.2 Opzet document

Dit document geeft een bundeling van drie documenten. In bijlage A geeft de oplegnotitie aan de adviesaanvraag van het ENW is toegevoegd. De oplegnotitie is opgesteld door het waterschap Rivierenland. Bijlage B geeft de notitie Quick Wins. Bijlage C geeft de reactie van het ENW.

De Quick Wins zijn hiermee beschikbaar voor het gebruik in het ontwerp van de referentieprojecten van de POVM. Omdat de Quick Wins te beschouwen zijn als tussenresultaten uit lopend onderzoek wordt het gebruik van de notitie Quick Wins vooralsnog gelimiteerd tot de referentieprojecten.



A Oplegnotitie



Expertise Netwerk Waterveiligheid
De voorzitter de heer ir. G Verwolf
p/a Rijkswaterstaat WVL, afdeling Waterkeringen
t.a.v. ir D. de Bake
Postbus 2232
3500 GE UTRECHT

Datum:	Uw kenmerk:	Ons kenmerk:	Behandeld door:
23 juni 2016		201611011	T.J. Schepers
Onderwerp:			Doorkiesnummer / e-mail:
Quick wins in het ontwerp van stabiliteitsschermen voor de dijkversterkingsprojecten CapelleMoordrecht en VIJG			0344 649236 / m.schepers@wsrl.nl

Geachte heer Verwolf,

Om dijkversterkingen uit te kunnen voeren in gebieden waar de ruimte beperkt is, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van dicht op de dijk staande bebouwing zoals in het benedenrivierengebied, worden, op basis van vigerende rekenmethodes, zware en kostbare constructies toegepast. Vanuit de POV Macro stabiliteit wordt gewerkt aan het optimaliseren van ontwerprichtlijnen voor constructies in waterkeringen. Naar verwachting kunnen de integrale resultaten daarvan in 2018 worden opgeleverd en verder worden geïmplementeerd in Richtlijnen.

De POVM heeft zijn scope en programma in belangrijke mate verbonden aan enkele concrete dijkversterkingsprojecten in planfase, zogenaamde referentieprojecten; dit om de directe verbinding met de praktijk te kunnen leggen en houden. Twee van deze referentieprojecten, Capelle-Moordrecht en Gouda, beide langs de Hollandsche IJssel, staan kort voor de uitvoering c.q. ontwerpfase en zullen ook constructies toe moeten passen om de dijk te kunnen versterken.

Er zijn voor deze projecten vanuit de POVM, vooruitlopend, inmiddels drie optimalisaties onderkend die al kunnen worden toegepast en die tot aanmerkelijk lichtere constructies kunnen leiden.

In bijgaand Memo van Deltares van 15 juni 2016 worden deze optimalisatie toegelicht en wordt een aangepaste werkwijze voorgesteld.

Met deze brief vraag ik u advies uit te brengen over de toepassing van de in bijgaand Memo beschreven drie optimalisaties voor Capelle-Moordrecht en Gouda:

1. Het moment waarop de materiaalfactoren in de berekening worden geïntroduceerd;
2. De wijze waarop de snede-krachten in de rekenprocedure worden vastgesteld;
3. De verplaatsingseisen waaraan de constructie rekentechnisch dient te voldoen.

Gegeven de urgentie voor deze twee projecten, maar ook voor andere projecten die kort voor ontwerp en uitvoering staan verzoek ik u het onderwerp met spoed te willen behandelen.

Met vriendelijke groet,



drs. H.C. Jongmans MPM
lid van de directieraad

Bijlagen: geen

Afschrift: archief (inclusief bijlagen)



B Notitie Quick Wins

Memo

Aan
Kernteam POVM

Datum
17 juni 2016

Kenmerk
1604-0019

Aantal pagina's
7

Van
POVM clusterteam rekenen
Cor Zwanenburg

Doorkiesnummer
+31(0)88335 7290

E-mail
cor.zwanenburg@deltares.nl

Onderwerp
Quick wins in het ontwerp van stabiliteitsschermen voor projecten Capelle Moordrecht en VIJG

1 Inleiding

In het POVM cluster rekenen wordt gewerkt aan het optimaliseren van de ontwerprichtlijnen voor het ontwerp van stabiliteitsschermen in waterkeringen. Tot nu toe uitgevoerd onderzoek in het kader van de referentieprojecten Capelle-Moordrecht en het dijkversterkingsproject Veilige IJsseldijken Gouda (VIJG) toont aan dat ten minste op een drietal punten optimalisaties mogelijk zijn:

- Het moment waarop de materiaalfactoren in de berekening worden geïntroduceerd;
- De wijze waarop de snede-krachten in de rekenprocedure worden vastgesteld;
- De verplaatsingseisen waaraan de constructie rekentechnisch dient te voldoen.

Naar verwachting zal echter nog enige tijd en onderzoek nodig zijn om deze optimalisaties generiek uit te werken voor opname in nieuwe versies van ontwerprichtlijnen die ook buiten het kader van de referentieprojecten toepasbaar moeten zijn.

Tegelijkertijd ziet het POVM rekencluster het als een gemiste kans om de nu al bij de referentieprojecten aangetoonde besparingen niet te verzilveren. Vandaar dat in het POVM rekencluster is gediscussieerd over de wijze waarop, vooruitlopend op verder benodigd onderzoek, tot een verzilvering van de kansen kan worden gekomen die de in de referentieprojecten geïdentificeerde optimalisaties nu al bieden.

Deze memo legt de uitkomst van de discussie en het tot nu toe uitgevoerde onderzoek vast en licht toe hoe de besproken optimalisaties in de overbruggingsperiode tot uitgave van nieuwe richtlijnen voor ontwerp kunnen worden toegepast. Verwacht wordt dat het nog uit te voeren onderzoek het toepassen van deze optimalisaties verder zal onderbouwen. Op termijn zullen, naar verwachting, de hier beschreven optimalisaties worden opgenomen in de relevante richtlijnen en handreikingen voor het ontwerpen van dijkversterkingen.

2 Gebruik materiaalfactoren

2.1 Probleem omschrijving

In het vigerende stappenplan voor het ontwerpen van een stabiliteitsscherf in een waterkering met behulp van de Eindige Elementen Methode is beschreven hoe de maatgevende snedekrachten en vervormingen moeten worden bepaald:

1. De belastinggeschiedenis wordt in het model aangebracht. Hieronder vallen het bouwen van de dijk, maar ook eventuele belastingveranderingen die de dijk in het verleden heeft ondergaan.
2. Het stabiliteitsscherf wordt geactiveerd
3. Maatgevend hoogwater wordt opgelegd, inclusief de bijhorende waterspanningsopbouw in de ondergrond, samen met eventuele andere aanwezige belastingen, zoals de verkeersbelasting.
4. De sterkte van de grond volgens een vastgelegde procedure door middel van een partiële factor gereduceerd en de snedekrachten en vervormingen worden bepaald.

In het vigerende stappenplan wordt de sterkte van de grond pas in de laatste stap gereduceerd. De grondsterkte wordt gereduceerd nadat het scherf is geplaatst. Dit leidt tot een overschatting van de belasting op het scherf en dus ook tot overschatting van de vervormingen van het scherf en de daarin optredende snedekrachten. Immers, zodra de sterkte van de grond wordt gereduceerd zal de waterkering in de berekening al enige verplaatsing ondergaan. Het scherf wordt hierdoor, onbedoeld, belast als het in de berekening al is geactiveerd. De snedekrachten die hierdoor ontstaan als gevolg van het eigen gewicht van de dijk hebben geen fysische achtergrond en overschatten de werkelijk optredende snedekrachten.

2.2 Voorgestelde werkwijze

Uit het voorgaande zijn twee belangrijke randvoorwaarden af te leiden:

- Om de snedekrachten betrouwbaar, dat is met een voldoende kleine kans van overschrijden, vast te stellen moet worden gerekend met gereduceerde sterkteparameters van de grond (rekenwaarden);
- Het scherf moet zich in een nagenoeg onbelaste toestand bevinden voordat de rekenwaarden van de belasting worden aangebracht.

Gezien het voorgaande is de logische volgorde van berekening als volgt:

- 1 Opbouw van de belastinggeschiedenis (opbouw dijk, eventuele andere voorbelastingen);
- 2 Reduceren van de grondsterkte (wisselen van karakteristieke naar rekenwaarden cq. wisselen van de parameterset);
- 3 Activeren van het scherf;
- 4 Verplaatsingen op nul zetten en aanbrengen van de ontwerpbelastingen; MHW te combineren met de andere (rekenwaarden van) belastingen.

Door het toepassen van deze fasering wordt bereikt dat de sterkte van de grond is gereduceerd voordat de belasting wordt aangebracht, maar het scherf is dan niet meer spanningsloos en dat zou het wel moeten zijn. Om de snedekrachten en verplaatsingen in deze grenstoestand goed te kunnen vaststellen moet het scherf in de berekening zich na

plaatsing, nog juist voor het aanbrengen van de ontwerpbelastingen, in een nagenoeg spanningsloze conditie bevinden. Dit wordt in de berekening bereikt door het scherm zo laat mogelijk te activeren.

Opgemerkt wordt dat het introduceren van rekenwaarden voor de grondparameters voor plaatsing van het scherm alleen maar mogelijk is als de kering over voldoende sterkte beschikt om de opgelegde sterktereductie zonder falen te kunnen doorstaan. Hoewel deze rekenstap wordt uitgevoerd onder 'dagelijkse belastingsrandvoorwaarden' is het geen zekerheid dat de dijk met rekenwaarden kan worden opgebouwd. Mocht deze rekenstap niet volledig uitvoerbaar blijken, dan kan dus slechts een deel van de sterkte reductie voorafgaande aan activering van het scherm worden doorgevoerd. In de praktijk kunnen zich nu vier situaties voordoen:

- De geometrie is numeriek stabiel bij toepassen van de rekenwaarden voor de sterkte in combinatie met de dagelijkse hydraulische belasting. In dat geval kan het bovengenoemde stappen plan worden toegepast.
- De geometrie is wel stabiel voor belastingcondities die horen bij dagelijkse omstandigheden in combinatie met de representatieve waarden voor de sterkte eigenschappen. In dat geval worden de representatieve waarden stapsgewijs verlaagd tot de geometrie nog net, numeriek, stabiel is. Daarna wordt de damwand geactiveerd en worden de sterkte eigenschappen verder gereduceerd tot rekenwaarden.
- Indien onder dagelijkse hydraulische omstandigheden en de representatieve waarden voor de sterkte parameters geen, numeriek, stabiele situatie wordt gevonden kan worden gestart met de situatie waarin wordt uitgegaan van de verwachtingswaarden voor de sterkte eigenschappen. Vanuit deze situatie kan vervolgens stapsgewijs de sterkte eigenschappen worden gereduceerd tot een situatie waarbij nog net stabiliteit gegarandeerd is. Dan kan de wand worden geactiveerd en de berekening worden vervolgd.
- Indien ook de situatie waarbij wordt uitgegaan van dagelijkse hydraulische omstandigheden in combinatie met de verwachtingswaarden voor de sterkte eigenschappen geen, numeriek, stabiele situatie wordt gevonden kan de huidige werkwijze worden toegepast zoals die in het Technisch Rapport EEM, TREEM is beschreven. In dat geval wordt geen optimalisatie gevonden.

De hier voorgestelde procedure leidt tot lagere snedekrachten en tot een kleinere verplaatsing in de hier onderzochte uiterste grenstoestand.

3 Bepaling snedekrachten damwand in UGT

3.1 Probleem omschrijving

In de vigerende richtlijn wordt beschreven hoe dwarskrachten en momenten tijdens de Uiterste GrensToestand, UGT dienen te worden bepaald. De beschreven werkwijze maakt gebruik van de optie φ' / c reductie. De φ' / c reductie is echter niet bedoeld voor het bepalen van maatgevende dwarskrachten en momenten.

3.2 Voorgestelde werkwijze

Een alternatief voor het gebruik van de φ' / c reductie voor het bepalen van de maatgevende situatie is het wisselen van parameters. Na het doorvoeren van de parameterwissel, van representatieve waarden naar rekenwaarden en het opnieuw doorrekenen van de constructie kunnen de bijbehorende maatgevende momenten en dwarskrachten worden bepaald.

De bepaling van de parameters die na de parameterwissel van kracht is, is van belang. De maatgevende momenten en dwarskrachten voor de UGT dienen te worden bepaald voor een situatie waarin de berekende evenwichtsfactor minimaal gelijk is aan een geëist toetscriterium, γ_{eis} . Waarbij γ_{eis} het product van de schadefactor, γ_n , modelfactor, γ_m en schematiseringsfactor, γ_b :

$$\gamma_{eis} = \gamma_n \gamma_m \gamma_b \quad (1)$$

Dit houdt in dat indien de bovengenoemde parameterwissel alleen de rekenwaarden van de grondeigenschappen introduceert de maatgevende momenten en dwarskrachten mogelijk worden onderschat. Dit wordt voorkomen indien de rekenwaarde van de grondeigenschappen verder wordt gereduceerd met een factor die gelijk is aan het gestelde toetscriterium, γ_{eis} . De parameterset waarmee de maatgevende momenten en dwarskrachten worden bepaald volgt dan uit:

$$X_{d,2} = \frac{X_d}{\gamma_{eis}} \quad (2)$$

Waarin:

- $X_{d,2}$ = Waarde sterkte parameter X waarmee maatgevend moment en dwarskracht in UGT fase wordt bepaald
- X_d = rekenwaarde sterkte parameter
- γ_{eis} = toetscriterium, vergelijking (1)

Opgemerkt wordt dat de wisseling van parameterset alleen betrekking heeft op de sterkte parameters. Dit sluit aan op de huidige werkwijze waarbij in het ontwerp van dijkversterkingen alleen voor de sterkte parameters gebruik wordt gemaakt van rekenwaarden.

4 Verplaatsingseisen stabiliteitsschermen

4.1 Probleem Omschrijving

Een belangrijk toetscriterium in het ontwerp van de stabiliteitswand is de maximaal toelaatbare vervorming. De eis, die thans gesteld is op maximaal 10 cm vervorming heeft een grote invloed op het uiteindelijke ontwerp. In de ontwerppraktijk blijkt dat deze eis vaak tot gevolg heeft dat er zware constructies nodig zijn, of dat onverankerde stabiliteitsschermen niet mogelijk zijn. Optimalisatie van de eis zal een optimalisatie van het ontwerp tot gevolg kunnen hebben. De verwachting is dat het verruimen van de verplaatsingseisen in een aantal gevallen kan voorkomen dat er ankers moeten worden toegepast. Opgemerkt wordt dat ankers in een waterkering – om verschillende redenen - ongewenste elementen zijn.

4.2 Voorgestelde werkwijze

In het POVM programma loopt een onderzoek naar de te stellen verplaatsingseisen. Geconstateerd is dat het loslaten van de verplaatsingseisen weliswaar kansen biedt, maar ook dat de nodige inspanning is vereist. Een vervormingseis dient bij voorkeur te volgen uit de hoogte eis van de kruin van de dijk. De hoogte dient het Hydraulisch Belasting Niveau niet te onderschrijden. Daarnaast gelden nog twee aanvullende eisen. De eerste aanvullende eis is controle op eventueel secundair te initiëren faalmechanismen. Deze faalmechanismen zouden kunnen ontstaan als gevolg van de grotere vervormingen. De tweede aanvullende eis heeft betrekking op de overgangsconstructie. Deze dient de grotere toelaatbare vervorming op te

kunnen vangen in de overgang van de met een stabiliteitswand de versterkte dijk naar een niet of met grond versterkte dijk.

Uit de discussie in het rekencluster volgt dat op basis van de huidige inzichten loslaten van de vervormingseis nog **niet** aan de orde is. In plaats daarvan is kritisch gekeken naar de gestelde vervormingseis eis en wijze waarop dient te worden aangetoond dat aan de kruinhoogte eis wordt voldaan.

In de huidige werkwijze wordt de vervormingstoets uit gevoerd voor Uiterste Grenstoestand, UGT- condities. Voor een vervormingseis zijn dit zeer strenge condities, omdat overschrijden van het toetscriterium niet direct falen van de constructie tot gevolg heeft. Wel is de te hanteren vervormingstoets gekoppeld aan de hoogte eis van de waterkering, waardoor een toets van de vervormingen in de Bruikbaarheidgrenstoestand, BGT- omstandigheden mogelijk geen recht doet aan het geëiste veiligheidsniveau van een waterkering. Om aan het bezwaar van een te grote kans op een te geringe kruinhoogte tegemoet te komen is gezocht naar verantwoorde toets-condities, die tussen de UGT en BGT condities in gelegen zijn.

Bij het afleiden van de vervormingseis is gesteld dat de eisen aan dijken die versterkt zijn met een stabiliteitsscherm, niet wezenlijk mogen afwijken van de vervormingseisen die zijn gesteld aan groene dijken. Op basis van, beperkte, meetdata is geconcludeerd dat in de aanloop naar bezwijken van een talud de kruin van een groene dijk niet meer dan 10 cm vervormt, van Duinen (2016)¹. Dit is onder andere gevonden in de praktijkproef bij Bergambacht en is later bevestigd in de IJkdijk macrostabiliteitsproef. Op basis van deze waarnemingen is de eis gesteld dat de kruin van een dijk, versterkt met stabiliteitsschermen tijdens maatgevende omstandigheden maximaal 10 cm mag zakken

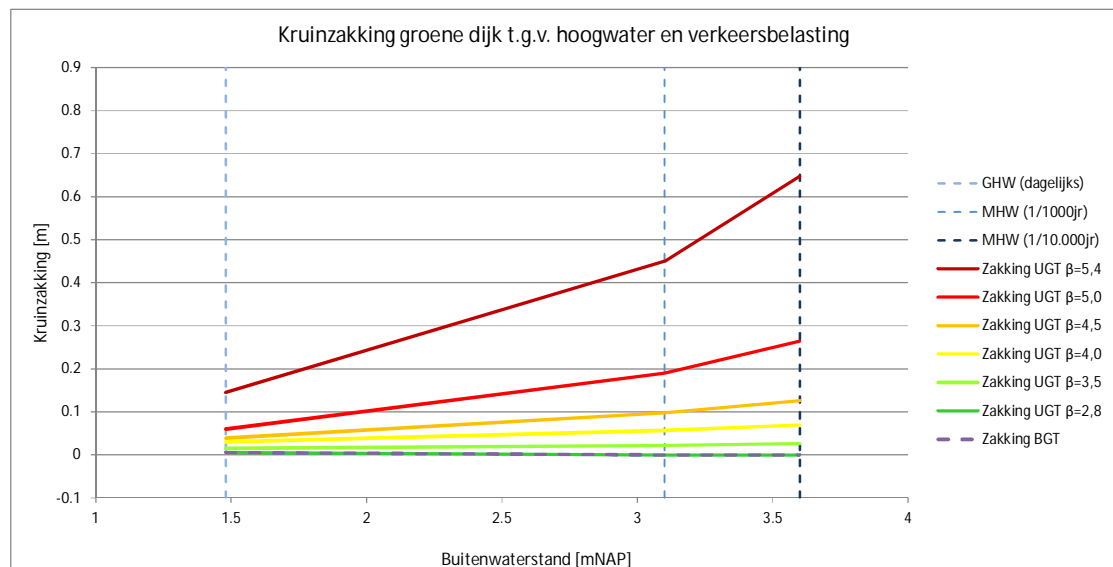
In de ontwerpberoeeningen worden aanzienlijk grotere vervormingen berekend. De grotere berekende vervormingen worden in de huidige werkwijze in de UGT berekening bepaald, waarbij de sterkte parameters zijn gereduceerd tot rekenwaarden. De werkelijk optredende vervormingen, conform de ervaring in de orde van 10 cm, betreft een situatie die hoort bij de verwachtingswaarde voor de sterkte. Tevens zijn de vervormingen berekend met het Mohr-Coulomb model. Dit model is niet geschikt voor het nauwkeurig berekenen van de vervormingen. Geconcludeerd is dat in de huidige ontwerppraktijk de vervormingen sterk worden overschat. Dit heeft een conservatief ontwerp van de damwandconstructie tot gevolg. Een optimalisatie van het damwandontwerp bestaat uit het nauwkeuriger berekenen van de vervormingen.

Voor het dijkvak Capelle Moordrecht is een dwarsdoorsnede uitgekozen waar de waterkering bestaat uit een groene dijk. Deze doorsnede is vergelijkbaar met een doorsnede waarvoor een stabiliteitsscherm wordt ontworpen. Voor deze doorsnede is de kruinzakking als gevolg van de maatgevende belastingen berekend. Hierbij is gevarieerd met de sterkte- eigenschappen. De in rekening gebrachte sterkte eigenschappen zijn gevarieerd op basis van een variatie in geëiste betrouwbaarheidsindex, β . De waarde voor β is gevarieerd van 2,8 tot 5,4. Voor elke waarde van β zijn de bijbehorende materiaalfactoren afgeleid en vervolgens de rekenwaarden voor de sterkte eigenschappen bepaald. Opgemerkt wordt dat voor het dijkvak Capelle Moordrecht de ontwerpeis geldt: $\beta_{eis} = 5,4$. Figuur 1 geeft de resultaten.

¹ van Duinen T.A. (2016) Vervormingen van een waterkering in relatie tot sterkte van grond, Deltares memo 1220077-0005-HYE

Voor lage waarden van β worden relatief hoge rekenwaarden voor de sterkte eigenschappen gevonden met een relatief geringe berekende kruinzakking tot gevolg. Naar mate de waarde van β toeneemt, nemen de rekenwaarden van de sterkte af en neemt daarmee de berekende vervorming toe. Voor $\beta = 4,2$ volgt dat de berekende kruinzakking voor de groene dijk gelijk is aan de eis, gesteld aan dijken versterkt met een stabiliteitsscherm, van 10 cm. Omdat, conform de huidige leidraden, geen eisen worden gesteld aan de vervormingen van een groene dijk, terwijl bekend is dat deze tot aan bezwijken in de orde grootte van 10 cm kunnen zijn, wordt gesteld dat de parameterset die hoort bij $\beta = 4,2$ voldoet aan de gestelde vervormingseis voor dijken versterkt met een stabiliteitsscherm. Voorwaarde is wel dat de geometrie voldoet aan de gestelde stabiliteitseis. Tevens geldt dat dit resultaat specifiek voor het traject Capelle Moordrecht is bepaald. Voor andere dijkvakken kunnen andere resultaten worden gevonden.

Omdat op hoofdlijnen aan groene dijken dezelfde eisen worden gesteld als aan dijken versterkt met stabiliteitsschermen kan, voor het dijkvak Capelle Moordrecht, de parameterset die hoort bij $\beta = 4,2$ worden toegepast voor het controleren van de vervormingen van de ontworpen damwandconstructies.



Figuur 1, Berekende kruinzakking als functie van de buitenwaterstand voor verschillende waarden voor geëiste betrouwbaarheidsindex, β

Samengevat wordt voorgesteld de vervormingen van het ontworpen stabiliteitsscherm te toetsen. Hierbij worden niet de vervormingen van de wand zelf getoetst, maar de kruinzakking die deze vervormingen tot gevolg heeft. In de toetsituatie wordt uitgegaan van de maximale belasting, de UGT belasting en gereduceerde sterkte eigenschappen. De reductie van de sterkte eigenschappen hangt af van het veiligheidsniveau, β -waarde, die wordt gehanteerd. Voor de toets op vervormingen wordt niet het strenge UGT veiligheidsniveau aangehouden, maar een lagere die is gekijkt op berekeningen van de vervorming van groene dijken. Voor het dijkvak Capelle – Moordrecht wordt gevonden $\beta_{\text{vervormingstoets}} = 4,2$. Dit is veel hoger dan de waarde die in civiele techniek, in het algemeen, voor toetsen van vervormingen in de BGT wordt aangehouden, zeker indien er rekening mee wordt gehouden dat voor de belasting niet een representatieve waterdruk maar een rekenwaarde voor de waterdruk in rekening is

gebracht. Om die reden is in het cluster Rekenen de toetswaarde van β naar beneden afgerond op 4,0.

De berekende vervormingseis heeft betrekking op de kruinzakking. Conform de vigerende richtlijnen dient onder maatgevende omstandigheden ook rekening te worden gehouden met een verkeersbelasting. Uit oriënterende berekeningen blijkt dat de verkeersbelasting een grote invloed op de berekende kruinzakking heeft. Voor de toets is daarmee de locatie op de kruin waar de zettingen worden berekend van belang. In de toetsing wordt aangehouden dat over een breedte van 1 m de kruinzakking, berekend volgens de hierboven beschreven werkwijze niet groter mag zijn dan 10 cm.

Voorgesteld wordt deze werkwijze toe te passen in het ontwerp van zowel dijkversterking Capelle – Moordrecht als dijkversterking VIJG. De indruk van het POVM clusterteam Rekenen is dat dit nog steeds een conservatieve toets betreft.



C Reactie ENW



enw | expertisenetwerk
waterveiligheid

POV Macrostablieit
Waterschap Rivierenland
t.a.v. de heer ir. E. Jongmans
De Blomboogerd 1
4003 BX Tiel

Contactpersoon
ir. D.P. de Bake

Datum
14 juli 2016

Ons kenmerk
ENW-16-07

Onderwerp
Advies Quick wins ontwerp stabiliteitsschermen

Telefoonnummer
06 30 38 91 43

Bijlage(n)

Uw kenmerk

Afschrift aan
DGRW, Heij
PoV-M, Schepers, Van Schie

Geachte heer Jongmans,

In uw brief van 16 juni 2016 heeft u het ENW om advies gevraagd over de mogelijke Quick wins in het ontwerp van stabiliteitsschermen voor de dijkversterkingsprojecten Capelle-Moordrecht en Verbetering IJsseldijk Gouda (VIJG). Bij de adviesaanvraag is de memo 'Quick wins in het ontwerp van stabiliteitsschermen voor projecten Capelle Moordrecht en VIJG' van Deltares gevoegd, gedateerd 17 juni 2016. In deze memo worden drie mogelijke ontwerpoptimalisaties beschreven. In de vergadering van ENW-Techniek op 1 juli 2016 zijn door de heer dr. ir. C. Zwanenburg van het clusterteam rekenen van de POV-Macrostablieit de onderwerpen toegelicht en vragen van ENW-Techniek beantwoord.

Algemene reactie

Het ENW vindt het een goede zaak dat met de kennis die ondertussen is opgedaan bij het ontwerpen van stabiliteitsschermen in waterkeringen wordt bekeken waar onnodig conservatisme uit de berekeningen kan worden gehaald. Door de richtlijnen voor het ontwerp van stabiliteitsschermen in waterkeringen te optimaliseren kan veel geld worden bespaard. Binnen de POV wordt nader onderzoek uitgevoerd met als doel optimalisaties zodanig uit te werken dat deze generiek toepasbaar zijn. Het ENW ondersteunt dit van harte. Dat vanwege de projectplanning op dit moment al wordt gevraagd naar de toepassing van een drietal optimalisaties (Quick wins) in twee projecten langs de Hollandse IJssel is begrijpelijk.

Het HWBP, dat opdracht heeft gegeven voor het maken van de 'Richtlijn Langsconstructies', kijkt belangstellend mee met deze adviesvraag en de verdere uitwerking van de voorstellen binnen de POV. Het ENW waardeert dit.

Reactie op adviesvraag

De adviesvraag betreft de volgende drie onderwerpen:

1. Het moment waarop de materiaalfactoren in de berekening worden geïntroduceerd;
2. De wijze waarop de snede-krachten in de rekenprocedure worden vastgesteld;
3. De verplaatsingseisen waaraan de constructie rekentechnisch dient te voldoen.

Expertisenetwerk Waterveiligheid

Zuiderwagenplein 2
Postbus 17
8200 AA Lelystad

telefoon 06-51 61 70 80
e-mail enwsecretariaat@rws.nl
internet www.enwinfo.nl

Ad 1: Advies over gebruik materiaalfactoren

Het ENW kan zich vinden in de voorgestelde wijziging van de volgorde van berekening. Of het effect ervan groot is, in termen van reductie van berekende momenten en dwarskrachten in stabiliteitsschermen, vermeldt de memo niet. Het ENW deelt de verwachting dat het effect substantieel kan zijn.

Voor situaties waarin voor de dijk zonder stabiliteitsscherm bij rekenwaarden van de sterkte geen stabiele PLAXIS-berekening gemaakt kan worden voor 'dagelijkse' belastingsituaties, is de voorgestelde werkwijze gekunsteld. Een vanuit de theorie zuiverder aanpak zou zijn dat kansverdelingen van (schuif)sterke-eigenschappen van grond niet alleen gebaseerd worden op grondonderzoek, zoals gebruikelijk, maar ook op het overleven van 'dagelijks' belastingsituaties. Deze 'bewezen sterkte'-aanpak is nog in ontwikkeling en kan daarom hier nog niet toegepast worden. De voorgestelde aanpak in de notitie wringt overigens niet met deze ontwikkeling.

Ad 2: Advies over bepaling snedekrachten damwand in UGT

Het ENW ondersteunt het idee om dwarskrachten en buigende momenten in het stabiliteitsscherm niet meer te berekenen met behulp van de ϕ -c-reductie-methode in PLAXIS, maar met de voorgestelde 'rekenwaarden' voor de grondsterkte. Momenten en dwarskrachten worden hierdoor eenduidiger bepaald. De gedachte dat deze aanpak ook zal leiden tot substantieel gunstiger berekende waarden van dwarskrachten (ankerkrachten) en buigende momenten wordt niet door iedereen gedeeld. Echter, toegenomen eenduidigheid ziet het ENW ook als winst.

Met de toepassing van de aanpak en, in het bijzonder ook, de beoordeling van de resultaten zal ervaring moeten worden opgedaan. Het ENW beveelt dan ook aan dat de projecten die deze manier van rekenen gaan gebruiken verplicht worden de POV actief te betrekken bij de uitwerking.

Ad 3: Advies over verplaatsingseisen stabiliteitsschermen

De discussie over de te stellen vervormingseisen en daarmee de eisen aan de maximale verplaatsing van een damwand vindt het ENW zeer belangrijk. Dit in combinatie met het bepalen van de belastingen in maatgevende omstandigheden, zoals het wel of niet meenemen van de verkeersbelasting. Het nader onderzoeken binnen de POV Macrostabiteit van verplaatsingseisen in het algemeen, dus ook van 'groene dijken', en uniformering van de eisen wordt door het ENW aanbevolen.

Uit de memo wordt duidelijk dat het verruimen of loslaten van de vervormingseis op dit moment niet aan de orde is. In de gemaakte keuze om nu het criterium te hanteren dat de kruin van een met schermen versterkte dijk maximaal 0,1 meter mag zakken bij maatgevende belasting, maar rekenend met aangepaste rekenwaarden voor de grondsterkte, is volgens het ENW verdedigbaar. De procedure voor het aanpassen van de rekenwaarden, o.b.v. berekeningen aan een dijk zonder stabiliteitsscherm, waarbij 0,1 m als toelaatbare kruinzakking wordt gehanteerd, is locatiespecifiek. Het ENW wil graag benadrukken dat het hier dus om maatwerk gaat. De eis dat over een breedte van tenminste 1 meter de kruinzakking, berekend volgens de beschreven werkwijze, niet groter mag zijn dan 0,1 meter wordt als veilig genoeg beoordeeld.

Overige opmerkingen

Het ENW raadt aan om bij het veralgemeniseren van bovenstaande drie onderwerpen begrippen als 'de bestaande richtlijn', 'het vigerende stappenplan' en 'deze werkwijze' veel duidelijker te omschrijven wat precies wordt bedoeld. Met name bij het laatste punt geldt dat helder moet zijn wat de werkwijze is, welke informatie nodig is om keuzes te maken en waar wel en waar niet wordt afgeweken van bestaande richtlijnen of waar een nadere invulling heeft plaatsgevonden.

Ik hoop u hiermee naar tevredenheid van advies te hebben voorzien.
Hoogachtend,



Ir. G. Verwolf
Voorzitter van het Expertise Netwerk Waterveiligheid