


Datum : 14-04-2023
Aan : Technisch Team, HDSR
Van : Jan-Willem Bardoel
Betreft : Rekenmethodieken STBI-3
Review : Yoeri Jongerius
Bijlagen :

Paraaf: 

Inleiding

Voor het Programma Sterke Lekdijk is innovatie een belangrijk middel om de programmadoelstellingen te realiseren. Binnen het programma zijn verschillende innovatieve rekenmethodieken benoemd in het Strategisch Ontwikkelplan Rekenmethodieken [Ref. 1] (hierna: SOR). Binnen het deeltraject Salmsteke - Schoonhoven (hierna: SAS) worden deze methodieken waar mogelijk toegepast en doorontwikkeld. In het ontwikkelplan rekenmethodieken SAS [Ref. 2] is de toepassing van de verschillende methodieken binnen SAS afgewogen en zijn de ontwikkelstappen uitgewerkt.

Voor rekenmethodiek STBI-3: sterkte van de grond in de (initieel) onverzadigde zone is in het ontwikkelplan rekenmethodieken SAS [Ref. 2] een beperkte ontwikkelstap voorzien. Tijdens de bijeenkomsten van de klankbordgroep van STBI-1 en STBI-2 is een inventarisatie uitgevoerd naar de status van de landelijke ontwikkelingen op dit gebied.

Achtergrond en doel

In november 2021 is het Handelingsperspectief schuifsterkte initieel onverzadigde zone verschenen [Ref. 3]. In dit handelingsperspectief is beschreven dat door meerdere waterkeringbeheerders de gedraineerde schuifsterkte (met alleen hoek van inwendige wrijving conform de WBI schematiseringshandleiding macrostabiliteit) toegepast wordt voor de capillaire zone en de (initieel) onverzadigde kleiige grondlagen. Uit het, voor het handelingsperspectief, uitgevoerde onderzoek blijkt de schuifsterkte van de (initieel) onverzadigde kleiige grondlagen hoger te zijn dan de gedraineerde schuifsterkte. Onder relatief natte omstandigheden, als de verzadigingsgraad relatief hoog is, blijkt de ongedraineerde schuifsterkte te worden gemobiliseerd. Onder relatief droge omstandigheden, als de zuigspanning hoog is, blijkt tot enkele meters onder maaiveld (in de bruine geoxideerde klei) een hogere schuifsterkte dan de ongedraineerde schuifsterkte te worden gemobiliseerd.

Binnen Sterke Lekdijk is, in de Stategische Nota van Uitgangspunten, voorgeschreven dat in de initieel onverzadigde zone gerekend dient te worden met een minimale vaste schuifsterkte van 15 kPa (en 5kPa voor de gestructureerde toplaag) of met gedraineerde parameters met een hoek van inwendige wrijving van 30 graden [Ref. 4].

Datum : 14-04-2023
Aan : Technisch Team, HDSR
Van : Jan-Willem Bardoel
Betreft : Rekenmethodieken STBI-3
Review : Yoeri Jongerius *Paraaf:* Y
Bijlagen :

Mogelijkheden van toepassing van de rekenmethodiek en een voorstel voor aanvullend onderzoek is uiteengezet in het handelingsperspectief schuifsterkte onverzadigde zone [Ref. 3]. De volledige doorontwikkeling van deze rekenmethodiek past niet binnen de planning van SAS. Wel is er onderzocht of een bijdrage aan de ontwikkeling van deze rekenmethodiek mogelijk en zinvol is binnen het innovatietraject van SAS. Tijdens de eerste klankbordgroep van STBI-1 en STBI-2 is een inventarisatie uitgevoerd naar de status van de landelijke ontwikkelingen op dit gebied. Hierbij zijn de volgende doelen gesteld aan de inventarisatie:

1. Vaststellen of er nieuwe landelijke inzichten zijn m.b.t. de sterkte in de initieel onverzadigde zone ten opzichte van het handelingsperspectief;
2. Inventariseren of er andere waterschappen/projecten voornemens zijn om ontwikkelstappen te zetten m.b.t. de sterkte in de initieel onverzadigde zone;
3. Inventariseren welk type grondonderzoek benodigd is en in welke tijdsperiode;
4. Inventariseren of er binnen Sterke Lekdijk mogelijkheden liggen om, met bestaand onderzoek of met beperkte aanvullende inspanning, verdere ontwikkelstappen te nemen.

Resultaten inventarisatie

Tijdens de klankbordgroepbijeenkomst¹ van vrijdag 03-02-2023 voor rekenmethodieken STBI-1 en STBI-2 is de ontwikkeling van STBI-3 besproken en is een inventarisatie uitgevoerd. Aan de hand van de vier doelen is hieronder het resultaat van deze inventarisatie beschreven:

1. Sinds het onderzoek dat is uitgevoerd bij Oijen en Westervoort en de resultaten van het onderzoek die zijn beschreven in het handelingsperspectief [Ref. 3] zijn er geen ontwikkelstappen meer uitgevoerd.
2. Waterschap Drentse Overijsselse Delta (WDOD) heeft een subsidieaanvraag ingediend voor Kennis & Innovatie-onderzoek voor de sterkte in de initieel onverzadigde zone bij het HWBP (update uit de review van Alexander van Duinen van 29-03-2023). Daarnaast zijn er meerdere andere waterschappen en projecten die uitgangspunten hebben opgesteld voor de schematisatie van de sterkte in de initieel onverzadigde zone totdat de resultaten van het onderzoek beschikbaar zijn. De

¹ De klankbordgroep voor rekenmethodieken STBI-1 en STBI-2 bestaat uit de volgende leden: Alexander van Duinen (Deltares), Rens Servais (Heijmans), Martin Arends (Arcadis), Silvia Bersan (HDSR) en Rutger Bolt (HDSR).

Datum : 14-04-2023
Aan : Technisch Team, HDSR
Van : Jan-Willem Bardoel
Betreft : Rekenmethodieken STBI-3
Review : Yoeri Jongerius *Paraaf:* Y
Bijlagen :

- projecten bestaan uit (niet uitputtend): planuitwerkingsfase van SAFE (WSRL), Sprok-Sterrenschans-Heteren (WSRL), Mastenbroek – IJssel (WDOD), Waterschap Aa en Maas en de verkenning van Pannerdense Waard en Westervoort (Rijn en IJssel).
3. Middels sonderingen in het natte seizoen, waarbij de kern van de dijk volledig is verzadigd, in de periode februari/maart (in het geval van Oijen en Westervoort) kan de extra sterkte worden vastgesteld in de initieel onverzadigde zone die altijd minimaal aanwezig is. Om de sterkte in de initieel onverzadigde zone vast te stellen voor het gehele traject van Sterke Lekdijk zijn erg veel sonderingen benodigd. Bij het eerdere onderzoek is namelijk gebleken dat de variatie in gevonden sterkte erg groot is.
 4. Door de grote variatie van de sterkte in de initieel onverzadigde zone lijkt het vaststellen van de sterkte voor de gehele Sterke Lekdijk een te grote inspanning te vragen en de winst is daarnaast onzeker door de grote variatie. Het vaststellen van de sterkte in de initieel onverzadigde zone kan wel meerwaarde geven bij maatwerklocaties. Over kleine trajecten, waar een maatwerkoplossing aanwezig of benodigd is, is de inspanning van het benodigde grondonderzoek beperkt en de variatie naar verwachting eveneens. Om deze rede is het voorstel vanuit de klankbordgroep om een pilot uit te voeren bij een maatwerklocatie met een beperkte inspanning in grondonderzoek. De eerder genoemde sonderingen in het natte seizoen dienen gecombineerd te worden met boringen, waarbij monsters worden gestoken in de initieel onverzadigde zone. Van deze grondmonsters dient het watergehalte bepaald te worden.

Mogelijke pilot SAS – casus 12M

Op het deeltraject SAS is een bestaande langsconstructie, aangeduid als 12M, aanwezig die in ontwerploop 0 is beoordeeld als onvoldoende. De constructie voldoet net niet aan de veiligheidseis.

De constructie is gelegen nabij een woning in het achterland van de kering en loopt van DP179+50 tot DP180+10, met een lengte van 54 meter. De constructie bestaat uit een stalen damwand van het type Larsen 604 met een kopniveau op NAP +1,4 m en een teenniveau van NAP -14,3 m. De constructie staat in het binnentalud van de dijk, nabij de binnenteen.

Omdat de constructie net niet voldoet aan de gestelde eisen leent deze locatie zich goed voor deze pilot. Het is een korte strekking waarvan wordt verwacht dat de spreiding in sterkte in de

Datum : 14-04-2023
Aan : Technisch Team, HDSR
Van : Jan-Willem Bardoel
Betreft : Rekenmethodieken STBI-3
Review : Yoeri Jongerius *Paraaf:* Y
Bijlagen :

initieel onverzadigde zone beperkt is. Naast de pilot voor de sterkte van de initieel onverzadigde zone levert het aanvullende grondonderzoek ook meerwaarde door de kans om de schematiseringsfactor verder aan te scherpen. Hiermee alleen zou de constructie mogelijk al kunnen voldoen aan de gestelde eis. De uitwerking voor de casus is uitgewerkt voor SAS, maar dient ook als basis voor kennisontwikkeling op het gebied van de sterkte van de initieel onverzadigde zone voor andere deeltrajecten (bijvoorbeeld JAK).


Onderstaand is een voorstel opgenomen voor het grondonderzoek dat benodigd is om de sterkte in de initieel onverzadigde zone vast te stellen. Het is hierbij van belang dat het onderzoek wordt uitgevoerd op een verzadigde dijk, in het natte seizoen. In het handelingsperspectief initieel onverzadigde zone [Ref. 3] is het natte seizoen, waarbij de kern van de dijk volledig is verzadigd, vastgesteld als de periode februari/maart (in het geval van Oijen en Westervoort). Als een droge periode begint, gaat de afname van de verzadigingsgraad langzaam en die afname dringt in de loop van het seizoen steeds dieper naar beneden.

Het voorgenomen grondonderzoek kan voor SAS naar verwachting worden uitgevoerd rond half april. Dit is later dan gewenst en daarom wordt voor uitvoering van het onderzoek gecontroleerd of het dijklichaam, naar verwachting, nog voldoende verzadigd is. Deze controle wordt uitgevoerd op basis van neerslag, en verdampingsgegevens (neerslag tekort/overschot) van het dichtstbijzijnde meetstation van het KNMI. Als op basis hiervan wordt verwacht dat de dijk niet verzadigd is dan wordt het onderzoek geannuleerd en komt de pilot voor SAS te vervallen.

Alexander van Duinen heeft namens de klankbordgroep meegedacht in het uit te voeren grond- en laboratoriumonderzoek voor de pilot.

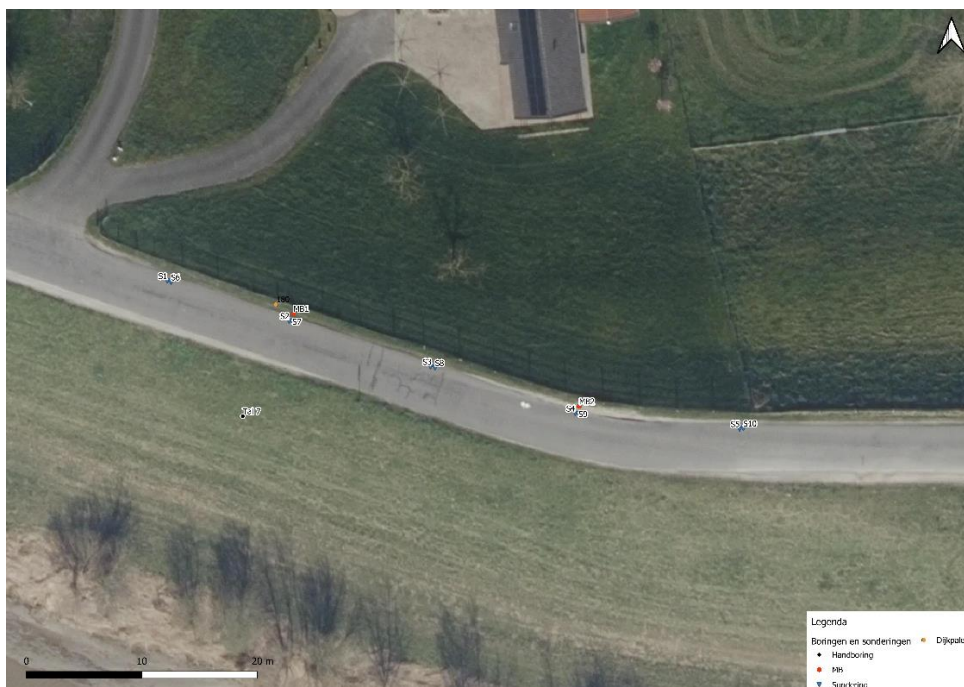
Benodigd onderzoek:

- 5 elektrische sonderingen klasse 1 – van kruinniveau (circa NAP +6,0 m) tot NAP -1,0 m – 5 sonderingen in het wegdek zo dicht mogelijk bij de binnenkruinlijn;
- 5 elektrische sonderingen klasse 2 met meting van de geleidbaarheid – van kruinniveau (circa NAP +6,0 m) tot NAP -1,0 m – 5 sonderingen in het wegdek zo dicht mogelijk bij de binnenkruinlijn;
- 2 boringen met continue gestoken monster (locatie 2 en 4) – van kruinniveau (circa NAP +6,0 m) tot NAP -1,0 m op maximaal 0,5 m van de sonderingen;


Datum : 14-04-2023
Aan : Technisch Team, HDSR
Van : Jan-Willem Bardoel
Betreft : Rekenmethodieken STBI-3
Review : Yoeri Jongerius *Paraaf:* 
Bijlagen :

- Watergehalte bepaling elke 0,5 m van kruinniveau (circa NAP +6,0 m) tot dagelijkse waterstand circa NAP +0,5 m) – $5,5 \times 2 \times 2 = 22$ bepalingen van het watergehalte;
- Atterbergse grenzen bepalen op 20 monsters (selectie uit dezelfde bussen waaruit monsters zijn geselecteerd voor de bepaling van het watergehalte)– met behulp van de Atterbergse grenzen kan de toestand en sterkte van de klei in de initieel onverzadigde zone worden vergeleken met de sterkte van de klei in de verzadigde zone - 20 proeven in totaal.
- Droog en nat volumegewicht bepalen op de grondmonsters: 22 keer;
- Monsterbeschrijving en foto's van alle genomen grondmonsters: 22 keer.

In onderstaande afbeelding zijn de locaties van de boringen en sonderingen weergegeven.



Figuur 1 Locatie voorgenomen boringen en sonderingen nabij langsconstructie 12M

Datum : 14-04-2023
Aan : Technisch Team, HDSR
Van : Jan-Willem Bardoel
Betreft : Rekenmethodieken STBI-3
Review : Yoeri Jongerius *Paraaf:* 
Bijlagen :

Referenties

- [Ref. 1] Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, *Strategisch Ontwikkelplan Rekenmethodieken*, 1820650, versie 2.0, 21-12-2021.
- [Ref. 2] Ontwikkelplan rekenmethodieken SAS, Mourik B.V., versie 1.1, 10-03-2023
- [Ref. 3] Handelingsperspectief schuifsterkte onverzadigde zone, De Innovatie Versneller, HWBP, 12 november 2021
- [Ref. 4] Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, *Strategisch Nota van Uitgangspunten*, versie 1.3, 07-09-2022.