



Interactieproef Purmerend 2018-2020 JLD-Dijkstabilisator

Overzicht data voor nadere analyse

projectnummer 0413509.104
definitief
29 september 2020

Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding en context	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Locatie van de proeven	1
1.3	Doel	2
1.4	Leeswijzer	2
2	Doel interactieproef en opzet	3
2.1	Doelstelling van de proeven	3
2.2	Onderzoeksvragen en testen van uitvoering	3
2.3	Opzet proefveld	4
3	Verloop van de proef	5
3.1	Aanvang van de proeven	5
3.1.1	Onderzoek naar piping en kwel	7
3.1.2	Deformatiemetingen	8
3.1.3	Uitvoeringsmethode	9
3.2	Langeduurproef	10
3.3	Afronding proef	11
4	Opbrengst interactieproef	14
4.1	Resultaten	14
4.2	Vervolgstappen	15

Bijlage 1 Doel van de proeven en de monitoring

Bijlage 2 Verloop voorspanning

1 Inleiding en context

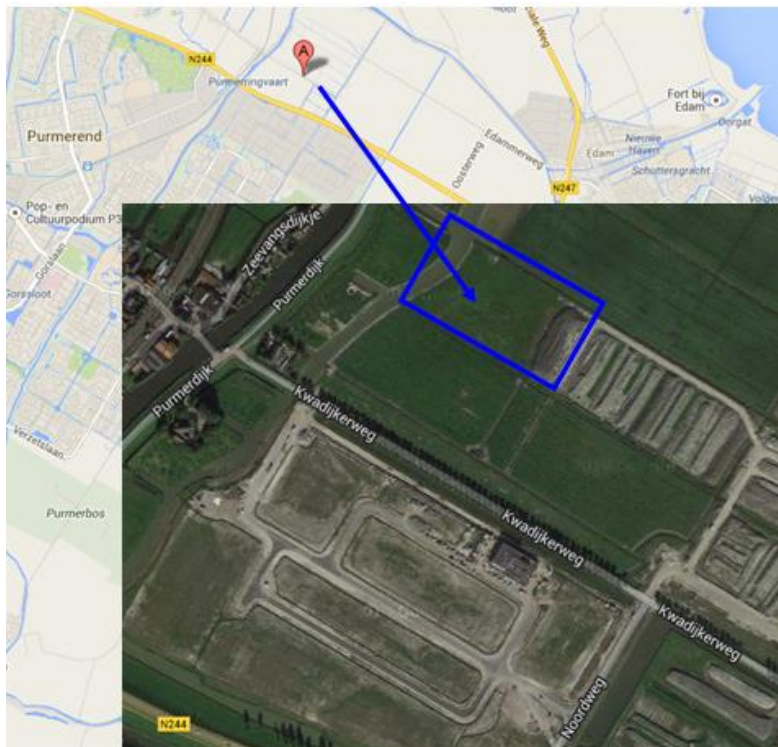
1.1 Inleiding

De JLD-Dijkstabilisator is een innovatieve dijkversterkingsmethode. Voor de ontwerpbaarheid en bewijsbaarheid van deze methode is een pilotproject met praktijkproeven opgezet. De resultaten hiervan hebben als doel (door)ontwikkeling van deze innovatie en het leveren van afdoende onderbouwing voor een ENW-acceptatie.

Naast het pilotproject in Watergraafsmeer is een extra proefopstelling in Purmerend opgesteld. Het depot ligt aan de Kwadijkerweg in Purmerend. In paragraaf 1.2 is de locatie weergegeven. Op het proefterrein zijn in het verleden al meerdere proeven uitgevoerd, zoals het beproeven van de vervorming tijdens plaatsing en het testen van de trekkracht. Op 4 juli 2018 is de uitvoering van de langeduur proef gestart en zijn de JLD-Dijkstabilisatoren geplaatst. Op 15 januari 2019 zijn de stabilisatoren aangespannen en begon de monitoring. De proef heeft uiteindelijk van 15 januari 2019 tot medio maart 2020 geduurd (circa 14 maanden exclusief de uitvoeringsperiode). De proef diende als doel om informatie te verzamelen ten behoeve van de beantwoording van diverse onderzoeksvragen.

1.2 Locatie van de proeven

Onderstaande afbeelding geeft een impressie van de locatie waar de proeven te Purmerend hebben plaatsgevonden.



Figuur 1-1: Impressie locatie proeven Purmerend

1.3 Doel

Het doel van de voorliggende rapportage is: Overzicht geven in het doel en de behaalde resultaten van de proef te Purmerend.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk twee is het doel en de opzet van de interactieproef beschreven. In hoofdstuk 3 is het verloop van de proef beschreven. In hoofdstuk 4 is de opbrengst van de proef samengevat.

2 Doel interactieproef en opzet

In dit hoofdstuk is het doel beschreven van de interactieproef en de relatie tot de onderzoeksvragen die opgesteld zijn door het ENW. Tevens is de opzet van de verschillende configuraties van de proef beschreven.

2.1 Doelstelling van de proeven

De hoofddoelstelling van de proeven was inzicht krijgen in het verloop van de voorspanning in de tijd. Daarnaast waren er diverse kennisleemten met betrekking tot kwel en piping, vervormingen als gevolg van de voorspanning én de wijze van aanbrengen en de omgevingseffecten. Doel van het geheel van de proeven was: het geven van een betrouwbaar beeld van de werking van de dijkstabilisator. De proeven zijn door middel van monitoring gevolgd.

2.2 Onderzoeksvragen en testen van uitvoering

De onderzoeksvragen die onderzocht zijn doormiddel van de proef zijn hieronder opgenomen. Dit betreft een beknopte beschrijving, in bijlage 1 is een volledige beschrijving opgenomen.

Onderzoeksvragen;

- Onderzoeksvraag 7 en 11 piping en kwel
De verwachting was dat in veel gevallen de gevormde gaten langs de trekstang zich als gevolg van de natuurlijke gronddruk herstellen. Dit is in de praktijk getest middels infraroodmetingen;
- Onderzoeksvraag 13, verloop van de voorspanning:
Onderzoeken van de mate waarin de voorspanning over langere tijd aanwezig blijft bij een samendrukbare dijk.
De proef is opgezet om een controle uit te kunnen voeren op de predictie van het verloop van de voorspanning. Daarnaast dient de proef om inzicht te krijgen in de impact van beheer- en ontwerpmaatregelen op het verloop van de voorspanning. Tevens is ervaring opgedaan met de voorgestelde monitoring, in de gebruikersfase is er continue monitoring uitgevoerd. Tijdens de proef is dit getest. Tevens diende de proef als input voor de monitoring en bijbehorend beheer voor het ontwerp in de Watergraafsmeer.
- Onderzoeksvraag 15: Onderzoek naar trillingen tijdens inbrengen
De proef biedt meer inzicht in de trillingen tijdens het inbrengen van de JLD-dijkstabilisatoren. Separaat aan de uitvoering is een trillingspredictie opgesteld.
- Onderzoeksvraag 16: Onderzoek naar grondverdringing tijdens het inbrengen (deformaties dijk en panden)
De proef is opgezet om de maaivelddeformaties te monitoren tijdens het inbrengen van de JLD-Dijkstabilisator en gedurende de looptijd van de proef.

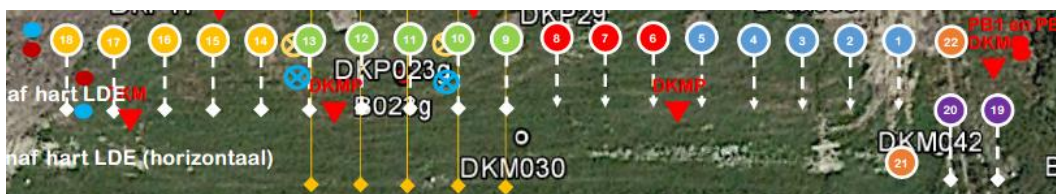
Naast de onderzoeksvragen diende de proef als test voor de uitvoeringsmethode. Hierbij ging het om de volgende aspecten:

- Het aanbrengen van de ankers/dijkstabilisatoren laten verlopen conform ontwerp van de machine;
- De monitorings- en logsystemen van de machine controleren op goede werking en de gewenste output leveren;
- Het afspannen van de dijkstabilisatoren laten verlopen conform ontwerp afspanunit.

2.3 Opzet proefveld

Het proefveld is weergegeven in Figuur 2-1. Daarbij is rekening gehouden met een h.o.h. afstand van 5.0 m tussen de individuele proeven. Reden hiervoor is om onderlinge beïnvloeding van de dijkstabilisatoren tegen te gaan.

Er zijn 3 verschillende typen proeven ten uitvoer gebracht. De 3 typen proeven zijn uitgelegd in Tabel 2-1. Elke proef is 3 tot 5 maal herhaald, zodat ook in het onverhoopte scenario van uitval, er nog steeds afdoende proeven over zijn voor het bepalen van een representatief gemiddelde.



Figuur 2-1: Indeling proefveld met deelproeven.

Tabel 2-1 Overzicht proeven – voorspanproeven (must have)

Proef nr.	Aantal	Doel
1a	5x	Voorspanning aanbrengen tot 1.2 keer de rekenwaarde van de benodigde voorspankracht (F_{int}) en opnieuw voorspannen na 20% afname van F_{int} . Geen LDE-element onder de kopplaat
1b	3x	Voorspanning bij aanbrengen. Geen LDE-element onder de kopplaat
2	5x	Voorspanning aanbrengen tot 1.2 keer de rekenwaarde van de benodigde voorspankracht (F_{int}) en opnieuw voorspannen na 20% afname van F_{int} . Dit betreft een volledige dijkstabilisator inclusief een LDE-element.
Totaal	12	

3 Verloop van de proef

3.1 Aanvang van de proeven

In Purmerend zijn op 18 juni 2018 verschillende interactieproeven gestart. In de eerste maanden is onderzoek verricht naar 4 aspecten van de JLD-Dijkstabilisator, namelijk:

- Kwel en of piping;
- Vervorming van het maaiveld bij het aanbrengen;
- Trillingen;
- Uitvoeringsmethode.

Op 22 juni 2018 is een demonstratiebijeenkomst geweest, waarbij voor geïnteresseerden een JLD-Dijkstabilisator is geplaatst. Verschillende van de foto's in deze rapportage zijn op die dag genomen.



Figuur 3-1: Demonstratie plaatsing JLD-Dijkstabilisator in Purmerend op 22 juni 2018



Figuur 3-2: Enkele van de aanwezigen bij de demonstratie



Figuur 3-3: Enkele van de aanwezigen bij de machine om voorspanning op de JLD-Dijkstabilisator te zetten



Figuur 3-4: Proefopstelling JLD-Dijkstabilisator in Purmerend (foto 22 juni 2018). Zichtbaar is het gat van de drijfstang en de trekstang daarin. Het LDE-element is niet aangebracht. Het zichtbare water is freatisch grondwater.

3.1.1 Onderzoek naar piping en kwel

Op 27 juni 2018 zijn verschillende JLD-Dijkstabilisatoren geplaatst. Hierbij is ook specifiek op het optreden van kwel gelet. De volledige resultaten zijn gerapporteerd in “Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - Onderzoeksvragen 7 en 11: Piping en kwel” [1].

De volgende waarnemingen zijn gedaan:

- Plaatsen anker
Hierbij is een klapanker geplaatst en was een holte aanwezig als gevolg van de drijfstang die het anker op diepte bracht en daarna weer is teruggetrokken. Dit betreft meetpunt 20. Uit de meting bleek geen kwel vanuit het watervoerende pakket.
- Plaatsen anker met LDE
Bij locatie 11, 12 en 13 is middels infrarood gezien of er sprake was van kwel. Bij punt 12 en 13 is nihil kwel waargenomen. Bij punt 11 is lichte kwel waargenomen. Deze zorgde in de infraroodbeelden voor een verkleuring. Het kweldebiet was dermate laag dat deze niet is gemeten of dat men deze visueel heeft kunnen vaststellen. Dit kweldebiet is dan ook lager dan 0,1 l/dag.

- Bij één van de stabilisatoren, JLD11, is visueel een beperkte uittreding van water vastgesteld. Tevens is geborrel van water gehoord. Het volume was dermate gering dat het als ‘zweten’ is benoemd, niet als stromen. Er kon niet worden vastgesteld of het om freatisch water of water uit het watervoerende pakket ging. Ook infraroodmetingen geven hierover geen uitsluitsel (bijlage 1). Wel is geconstateerd dat het uittredepunt hoger lag dan de freatische lijn. In de hoek van het LDE-element is een gat gegraven, maar de grond was hier droog.

3.1.2 Deformatiemetingen

Om inzicht te krijgen in het gedrag van de JLD-dijkstabilisator en de invloed van de dijkstabilisator op de omgeving zijn tijdens de veldproef deformatie metingen uitgevoerd. In Purmerend zijn in een vlak maaiveld dijkstabilisatoren aangebracht en de metingen tijdens inbrengen in dit maaiveld verricht. De resultaten van de metingen zijn gerapporteerd in “Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer, Onderzoeksvraag 16: Grondverdringing tijdens het inbrengen” [2]. Hieronder zijn een aantal foto’s uit Purmerend opgenomen.



Foto 2-1: inbrengen JLD-Dijkstabilisator op proefveld Purmerend, rechtsboven detail van ingebracht JLD-dijkstabilisator nog zonder kopplaat



Foto 2-2: meetpunten deformaties op proefveld Purmerend

De vervormingen van het maaiveld zijn gemeten met een Total Station en meetprisma's, die in een grid van vijf meetraaien met elke acht monitoringspunten zijn geplaatst. De monitoringspunten zijn op 0,25m, 0,5m, 0,75m, 1,00m, 1,50m, 2,50m, 5,00m en 10,00m vanaf het inbrengpunt geplaatst, in de richting van het klapanker. Voor elke meetraai is er een dubbele nulmeting uitgevoerd. De metingen zijn op twee momenten uitgevoerd, namelijk 19-06-2018 en 25-06-2018. Foto 2-2 geeft een weergave van de geplaatste meetprisma's.

In Purmerend is er gemeten tijdens het afspannen bij twee kopplaten, te weten raai 9 en 11. De verplaatsingen van de kopplaat tijdens het afspannen zijn gemeten met een Total Station. Op de proeflocatie in Purmerend zijn twee meetpunten op de bovenste twee hoekpunten van de kopplaat aangebracht. Verplaatsingen van de kopplaat zijn in x-,y- en z-richting van het RD-coördinaten systeem gemeten.

Resultaten

In Purmerend zijn zakkings van de kopplaat in de richting van de ankerstang gemeten van 10 en 70 mm. Het directe invloedsgebied is maximaal 1,5 meter.

Deformaties als gevolg van het aanbrengen van klapanker en LDE

Uit de beoordeling van de meetresultaten van het drukkend inbrengen van het LDE en intrillen van het klapanker in de zandlaag blijkt dat de deformaties in een orde van grootte zijn dat de kans op afschuiven van het talud volgend uit deze deformaties verwaarloosbaar klein is. Verticale deformaties zouden minimaal een factor 10 groter moeten zijn, wil er een kans op glijvlakvorming zijn.

Voor de beoordeling van de gevolgen voor de aanliggende panden zijn, uit gemeten verticale deformaties, de rotaties bepaald. Aan de hand van deze rotaties is bepaald dat de kans op architectonische en constructieve schade aan de aanliggende panden kan worden uitgesloten indien de afstand tussen kopplaat en de aanliggende panden groter dan 1,5 m is.

Deformaties als gevolg van het afspannen van de kopplaat

Zakkingen van de kopplaat in de richting van de ankerstang liggen in Purmerend afhankelijk van de afspankracht tussen de 30 en 70 mm. De spreiding van de deformaties ten gevolge van het afspannen van de kopplaat reikt tot een afstand van 0,75 m van de kopplaat. Op grotere afstanden dan 0,75 meter zijn geen deformaties gemeten.

Bij de Ringdijk in Watergraafsmeer liggen de verplaatsingen van de kopplaat tussen de 10 en 60 mm. De spreiding van de deformaties ten gevolge van het afspannen van de kopplaat reikt in de richting van de woningen tot 1,2 m van de kopplaat. Verder dan 1,2 meter van de kopplaat af zijn deformaties nihil.

3.1.3 Uitvoeringsmethode

Tijdens het aanbrengen van de JLD-Dijkstabilisatoren in Purmerend is tot slot ervaring opgedaan met de uitvoeringsmethode. Deze ervaringen hebben ertoe geleid dat de uitvoering van het project te Watergraafsmeer meer gestroomlijnd zijn verlopen. Ervaringen zijn opgedaan op het gebied van:

- Monitoren van trillingen: De opgedane ervaringen van proeflocatie Purmerend zijn gebruikt om het trillingsmodel voor locatie Watergraafsmeer te kalibreren.

- Minimaliseren van trilling door toepassing van een ander trilblok
- Handigheid bij aanvoer en aanbrengen van de JLD-Dijkstabilisatoren, daarmee een hogere dagproductie.
- Geluidsmetingen: de predicties zijn naar beneden bijgesteld aan de hand van de meetresultaten.

3.2 Langeduurproef

In januari 2019 zijn de JLD-Dijkstabilisatoren in Purmerend afgespannen. Daarmee is de langeduurproef gestart. De elementen zijn onder een hoek van 45° met het horizontale maaiveld ingebracht, conform eerdere proeven. Deze zijn haaks op het talud geplaatst. Daarbij komt het diepste punt onder de kruin. Om de spanning te monitoren wordt gebruik gemaakt van een drukopnemer. De configuratie van de monitoring is opgenomen in het monitoringsplan.

Er is gekozen om een volledige JLD-Dijkstabilisator toe te passen, dus inclusief plaatsingshoek en LDE. Dit sluit het beste aan bij de praktijksituatie. De exacte proefopstelling is opgenomen in het monitoringsplan. Om het hoofddoel te behalen zijn de volgende subdoelen onderzocht:

- Controle van de predictie van het verloop van de voorspanning;
- Inzicht krijgen in de impact van beheer- en ontwerpmaatregelen op het verloop van de voorspanning;
- Ervaring opdoen met de voorgestelde monitoring, in de gebruikersfase zal er continue monitoring uitgevoerd worden. De proef fungeert als test voor het monitoringsysteem;
- Input ophalen voor de monitoring en bijbehorend beheer voor het ontwerp in de Watergraafsmeer.

Gedurende de looptijd van de proef is de voorspanning viermaal daags gemeten en opgeslagen. De volledige meetgrafieken zijn weergegeven in bijlage 2.

Met betrekking tot de start van de proef zijn hieronder eventuele bijzonderheden opgenomen:

- T1: Afgespannen volgens plan. Monitoring volgens plan.
- T2: Afgespannen volgens plan. Monitoring volgens plan.
- T3: Afgespannen volgens plan. Monitoring volgens plan.
- T4: De trekstang is tijdens de installatie gebroken. Monitoring gestopt.
- T5: Afgespannen volgens plan. Monitoring volgens plan.
- T6: Afgespannen volgens plan. Monitoring volgens plan.
- T7: Afgespannen volgens plan. Monitoring volgens plan.
- T8: Afgespannen volgens plan. De activatie van deze node is toen der tijd niet voltooid. Monitoring gestopt.
- T9: Afgespannen volgens plan. Monitoring volgens plan.
- T10: t.p.v. dit anker is geen monitoring aangebracht.
- T11: Afgespannen volgens plan. Monitoring volgens plan.
- T12: t.p.v. deze ankers is geen monitoring aangebracht.

3.3 Afronding proef

Oorspronkelijk was gepland om de proef begin 2021 af te ronden. Voor de verdere uitbreiding van het industriegebied de Baanstee is de aanbesteding op 1 september 2020 bekend gemaakt. Door de snelle aanvang van deze werkzaamheden zijn wij genoodzaakt het proefveld vóór 14 september 2020 gerooid te hebben.

In voorbereiding op de uitbreiding van het industriegebied hebben er in de nabijheid van het proefveld al werkzaamheden plaatsgevonden. In maart 2020 is zwaar materieel over het proefveld gereden waar de JLD-Dijkstabilisatoren zijn ingebracht. Het materieel is ingezet in het kader van de uitbreiding van een nabijgelegen bedrijventerrein. Dit heeft schade gebracht aan het proefveld in de vorm van grote deformaties, resulterend in onder andere scheve kopplaten. Tevens is de ontwateringsgeul dichtgegooid met grond. Hierdoor hebben de 'putten' waar de kopplaten zich in bevinden vol water gestaan en zijn visuele kenmerken verloren gegaan. De foto's op de volgende pagina's geven een indruk hoe het proefveld eruit zag vlak na het incident.

Doordat er deformatie rondom de kopplaten heeft plaatsgevonden heeft dit invloed op de geplande deformatiemeting. In de meting zou de deformatie door toedoen van de voorspanning gemeten worden. Doordat er nu onbekende extra deformatie heeft plaatsgevonden, heeft de geplande deformatiemeting geen waarde meer. Deze informatie was een 'nice to have' en heeft geen impact op de te beantwoorden onderzoeksvragen.

Het zware materieel dat over de kopplaten heeft gereden heeft een permanent en onbekend effect op de voorspanning van de JLD-Dijkstabilisatoren. De planning was om na 24 maanden een analyse uit te voeren naar het verloop van de voorspanning onder normale omstandigheden. Door de verstoring is het van belang om enkel de eerste 14 maanden van de meetdata te analyseren in de postdictie. Een onderdeel welke niet uit de monitoringsdata van Purmerend meer kan volgen is het effect van naspanssen op het spanningsverloop. Deze informatie kan wel gehaald worden uit het pilotproject te Watergraafsmeer.



Figuur 3-5 Impressie schadebeeld (1-3)



Figuur 3-6 Impressie schadebeeld (2-3)



Figuur 3-7 Impressie schadebeeld (3-3)

4 Opbrengst interactieproef

In dit hoofdstuk is samengevat wat de opbrengst is van de interactieproef in Purmerend.

4.1 Resultaten

De volgende resultaten zijn behaald:

- Input verkregen voor de monitoring en bijbehorend beheer voor het ontwerp van Watergraafsmeer:
De analyse betrof de eerste praktijkervaringen opdoen met de monitoringssystemen en de JLD-Dijkstabilisator. Hierop is het monitoringssysteem, het ontwerp en beheer afgestemd van Watergraafsmeer.
- Onderzoeksraag 7 & 11 Kwel- en pipinganalyse is beantwoord [3]:
Dit betrof een onderzoek naar kwel en piping langs de JLD-Dijkstabilisator. Dit onderzoek is uitgevoerd door middel van infrarood metingen, visuele inspecties en waterspanningsmetingen. Dit is gerapporteerd in de beantwoording van onderzoeksvraag 7 en 11 van het ENW. Hierbij zijn metingen van Purmerend en Watergraafsmeer gebruikt. Er zijn geen piping situaties opgetreden. Tevens is er vrijwel geen kwelwater waargenomen tijdens de metingen. In het veld komt de stijghoogte niet boven maaiveld uit, de locatie is daarmee niet pipinggevoelig.
- Onderzoeksraag 15 'Trillingen tijdens inbrengen van de JLD-Dijkstabilisator' is beantwoord [4]:
Tijdens het inbrengen van de JLD-Dijkstabilisator zijn de trillingen gemeten in Purmerend. Aan de hand van de metingen in Purmerend is de uitvoeringswijze aangepast voor Watergraafsmeer. In de Watergraafsmeer zijn vervolgens opnieuw trillingsmetingen gedaan en op basis van deze trillingsmetingen is onderzoeksvraag 15 beantwoord;
- Onderzoeksraag 16 'Maaiveld deformaties bij het inbrengen van de JLD-Dijkstabilisator en deformaties rondom kopplaten tijdens het afspannen' is beantwoord [2]:
Tijdens het inbrengen en afspannen van de kopplaten zijn maaiveld deformaties opgetreden. Bij het inbrengen zijn de deformaties orde grootte 10 tot 70 mm en bij het afspannen bedroeg de zakking van de kopplaat ca 30 tot 70 mm. De effecten van deformaties reiken tot een straal van maximaal 1,5 m. De metingen zijn verwerkt in een rapportage voor onderzoeksvraag 16 van het ENW.
- Testen van de uitvoering is geslaagd:
Tijdens de proeven in Purmerend is de uitvoering getest met betrekking tot aanbrengen, materieel, monitorings- en logsystemen van de machine en afspannen van de JLD-Dijkstabilisator met de afspanunit. De ervaringen zijn meegenomen in de uitvoering voor Watergraafsmeer. Wijzigingen naar aanleiding van de proeven in Purmerend zijn veel kleine aanpassingen waardoor de uitvoering efficiënter gaat en daarnaast de vervanging van het trilblok om de trilling te minimaliseren.

4.2 Vervolgstappen

Een groot deel van de analyses zijn reeds uitgevoerd. Daarmee heeft de proef waardevolle informatie opgeleverd. Op basis van de in Purmerend verzamelde data zijn nog een aantal analyses mogelijk die in een nadere postdictie uitgewerkt worden. Deze postdictie is gepland in 2024 samen met de postdictie van het pilotproject in Watergraafsmeer. Het betreft de volgende analyses:

- Vergelijking configuratie volledige JLD-Dijkstabilisator met een JLD-Dijkstabilisator zonder LDE in relatie tot het verloop van de voorspanning¹ ten behoeve onderzoeksvraag 13;
- Controle predictie verloop voorspanning over tijd; door een postdictie uit te voeren kan voor toekomstige projectie het verloop van de voorspanning nog nauwkeuriger worden bepaald.

¹ Het verloop van de voorspanning van de ankers is in grafieken weergegeven en opgenomen in bijlage 2. Er waren vier JLD-Dijkstabilisatoren die geen data verzonden. Dit betreft JLD-Dijkstabilisator T4, T8, T10 en T12. De postdictie kan uitgevoerd worden op het verloop van de spanning tot en met maand 14.

Bijlage 1 Doel van de proeven en de monitoring

Bijlage 1 Doel van de proeven en de monitoring

Onderstaande tekst betreft hoofdstuk 2 van het oorspronkelijke monitoringsplan voor de voorspanproeven van Purmerend.

Doel van de proeven en de monitoring

Probleem- en doelstelling van de proeven en pilotproject

De hoofdprobleemstelling van de proeven is inzicht krijgen in het verloop van de voorspanning in de tijd.

Daarnaast zijn er diverse kennisleemten met betrekking tot kwel en piping, vervormingen als gevolg van de voorspanning én de wijze van aanbrengen en de omgevingseffecten. Doel van het geheel van de proeven is: het geven van een betrouwbaar beeld van de werking van de dijkstabilisator. De proeven worden door middel van monitoring gevolgd.

Waarom doen we de proef?

Wanneer een grondlaag wordt belast tot boven de grensspanning, dan is er sprake van een grote samendrukking. Daardoor neemt de voorspanning van de JLD-dijkstabilisator relatief snel af. Verkennende berekeningen geven aan dat wanneer de bodem ca. 5 cm krimpt de voorspanning geheel verdwenen is. Wanneer de bodem ca. 5 cm zwelt, dan verdubbelt de voorspanning. Echter wanneer de voorspanning door beheer weer op de ontwerpspanning wordt gebracht, dan zal de grond stijver reageren en zal de voorspanning (langer) aanwezig blijven. Daardoor speelt het beheer een voorname rol in het behouden van de voorspanning.

Door verdichting van de grond maar ook doordat de LDP zich meestal in de onverzadigde zone bevindt is de grensspanning moeilijk te bepalen en zal veelal veel hoger zijn dan de terreinspanning. Dieper in de ondergrond, onder de verzadigde zone zal de grensspanning dichter tegen de oorspronkelijke terreinspanning liggen waardoor de invloed van de voorspanning op de samendrukking van de grondlagen weer groter is. Hierdoor is het totale vervormingsgedrag onder de kopplaat, en daarmee het verloop van de voorspanning, niet eenvoudig rekenkundig te voorspellen met de bestaande rekenmethoden. Er zijn veldproeven nodig om het inzicht in deze processen te vergroten.

Door een goed inzicht in relatie tussen de samendrukking van de grond onder de kopplaat en het verloop van de voorspanning in de JLD-Dijkstabilisator is een betere inschatting te maken van de beheerinspanning die benodigd is. Daarnaast kan de wijze van aanbrengen van voorspanning in de bouwfase mogelijk de beheerinspanning optimaliseren.

Het hoofddoel van de veldproef in Purmerend betreft het verkrijgen van inzicht in het verloop van de voorspanning (onderzoeksvraag 13).

Tevens worden tijdens deze proef onderzoeken gedaan naar trillingen, deformaties van het maaiveld, kwel langs de stangen en geluid.

Voorspanproeven (vraag 13)

Door ENW is de volgende onderzoeksvraag gesteld:

- *Mate waarin de voorspanning over langere tijd aanwezig blijft bij een samendrukbare dijk.*

Daarnaast is een nevendoelelstelling om:

- *Het monitoringssysteem van de voorspanning en de verwerking daarvan tot voor de beheerder relevante informatie te testen.*

De JLD-dijkstabilisator wordt ingebracht met een voorspanning. Deze voorspanning leidt tot een verhoging van de spanningen in de grond. Als gevolg van deze spanningsverhoging treden er lokale zetting op. Wanneer de grond krimpt of zet neemt de voorspanning af. Wanneer de grond zwelt of deformeert bij hogere belastingen, dan neemt de voorspanning toe. Dus afhankelijk van het gedrag van de grond verandert de voorspanning in de tijd.

Om hier grip op te krijgen voeren we een proef uit. De doelen van de proef zijn:

- Controle van de predictie van het verloop van de voorspanning;
- Inzicht krijgen in de impact van beheer- en ontwerpmaatregelen op het verloop van de voorspanning;
- Ervaring opdoen met de voorgestelde monitoring, in de gebruikersfase zal er continue monitoring uitgevoerd worden. Tijdens de proef zal deze getest worden;
- Input ophalen voor de monitoring en bijbehorend beheer voor het ontwerp in de Watergraafsmeer.

Het onderzoek sluit aan bij de gestelde onderzoeksvraag 13 door ENW:

- *Mate waarin de voorspanning over langere tijd aanwezig blijft bij een samendrukbare dijk.*

Het spanningsverloop in de JLD-dijkstabilisator dient continu inzichtelijk te zijn en minimaal en met een frequentie van 1 maal per uur te worden vastgelegd. Uitval van de metingen is een groot risico daar de proef dan verloren gaat. Door het toepassen van een online monitoring is er steeds inzicht in de werking van het monitoringssysteem en kan er snel worden ingegrepen bij eventuele uitval.

Logistiek dienen de ankers zo worden ingebracht dat bij het inbrengen van de volgende ankerstangen niet over eerder geplaatste rij gereden worden dan wel belast worden.

Pipingrisico langs ankers (vraag 7)

Door ENW zijn de volgende onderzoeksvraag gesteld:

- Pipingrisico en kwel langs de ankers, [visueel, infrarood] (vraag 7);

Het risico op kwel langs ankers is moeilijk te voorspellen. De verwachting is dat in veel gevallen de gevormde gaten zich als gevolg van de natuurlijke gronddruk herstellen. In het geval er een wateroverdruk in het Pleistoceen aanwezig is, is het waarschijnlijk dat bij het trekken van de voorloper de waterdruk direct in het gat van de voorloper komt te staan waardoor het gat open blijft staan, zoals dat ook bij sonderingen en boringen het geval is. Verwacht wordt dat dit onderwerp bij komende projecten wordt besproken. Het invullen van deze kennisvraag stelt eisen aan de locatie, er moet namelijk sprake zijn van een (significante) wateroverdruk in de Pleistocene zandlaag.

Controle op kwel wordt uitgevoerd door:

- Het plaatsen van twee JLD-dijkstabilisatoren zonder voorspanning, ontgraven tot grondwaterstand;
- Visuele inspectie en foto-opnamen van alle JLD-dijkstabilisatoren;
- Infrarood opnamen.

Infrarood metingen werkt alleen bij temperatuurverschillen. Onderzoek naar temperatuurverschillen tussen de verschillende bodemlagen en watervoerende lagen kan door middel van het plaatsen van dataloggers in peilbuizen met temperatuur opname.

Trillingen (vraag 15)

Door ENW zijn de volgende onderzoeksvraag gesteld:

- *Trillingen tijdens inbrengen (vraag 15).*

Om meer inzicht te krijgen in de trillingen worden de trillingen tijdens het inbrengen van de JLD-dijkstabilisatoren gemonitord. Separaat aan de uitvoering zal een trillingspredictie worden opgesteld.

De trillingen dienen continu te worden gemeten conform de SBR-richtlijnen. Voorafgaand dienen 2 ankertangen tot 2 meter in het pleistocene zand te worden ingebracht. De trillingsmetingen worden uitgevoerd aan de ankerstangen met VIBRA-apparatuur. Daarnaast worden er 2 trillingsmeters 1 m – mv weggezet. Hiermee krijgen we inzicht in de trillingen op het funderingsniveau van bebouwing.

Maaiveldzakkingen (vraag 16)

Door ENW zijn de volgende onderzoeksvraag gesteld:

- *Grondverdringing tijdens het inbrengen (deformaties dijk en panden) (vraag 16).*

Voorgesteld wordt om de maaiveldzakkingen te monitoren:

- Tijdens het inbrengen
- Gedurende de proef

De maaiveldzakkingen kunnen worden gemonitord door middel van een total station. Vooraf dient een grid met meetpunten te worden vastgelegd. De punten worden t.o.v. NAP en RD ingemeten.

Testen van de machine voor het aanbrengen van de stabilisatoren en de afspanunit

Voor het plaatsen van de dijkstabilisatoren is een nieuwe machine en een afspanunit ontwikkeld. Dit materieel wordt ook in de proef in Purmerend getest. Het gaat hierbij om:

- Het aanbrengen van de ankers/dijkstabilisatoren verloopt conform ontwerp van de machine;
- De monitorings- en logsystemen van de machine goed werken en de gewenste output leveren;
- Het afspannen van de dijkstabilisatoren verloopt conform ontwerp afspanunit.

Bijlage 2 Verloop voorspanning

Bijlage 2 Verloop voorspanning

Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

Contactgegevens

Rivium Westlaan 72
2909 LD CAPELLE A/D IJSSEL
Postbus 8590
3009 AN ROTTERDAM

E. timon.bruggema@anteagroup.com

www.anteagroup.nl

Copyright © 2020

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.