

DEL122 - Toepasbaarheid en voorspelbaarheid lokaal gewonnen klei voor dijken

Projectnaam: Onderzoek Geschiktheid Deltaklei (OGD) in het kader van demonstratieproject Brede Groene Dijk (BGD)

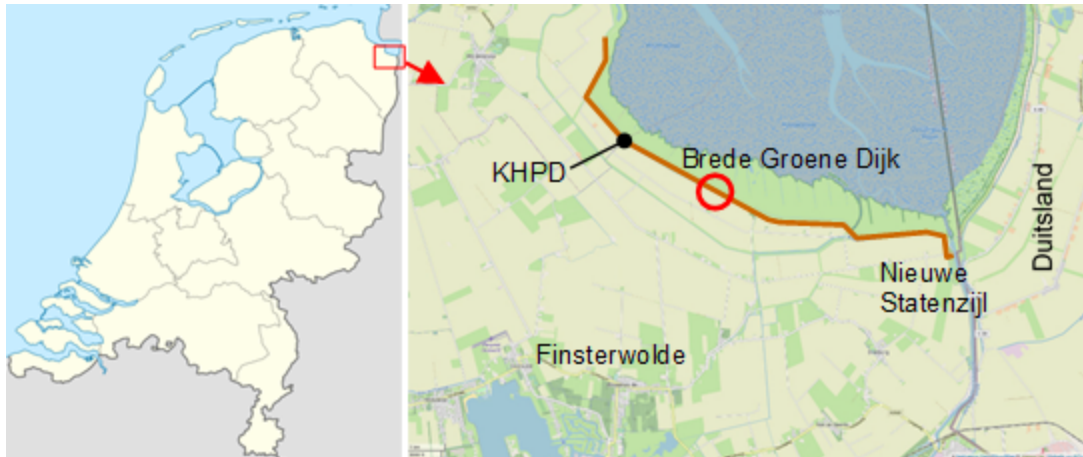
Achtergrond

In het kader van het demonstratieproject Brede Groene Dijk (BGD) wordt onderzocht of een dijk gebouwd kan worden met lokaal gewonnen klei afkomstig van de kwelder en klei gemaakt van zout (bagger)slib. Het onderzoek wordt uitgevoerd onder de naam Onderzoek Geschiktheid Deltaklei (OGD). Binnen het OGD wordt een koppeling gelegd met de Pilot Kleirijperij waarin onderzocht wordt hoe slib om te vormen tot klei.

Uit de voorbereidingen van het demonstratieproject blijkt dat extra onderzoek in Nederland nodig is om de toepasbaarheid (en voorspelbaarheid van de uiteindelijke functionele eigenschappen) van lokaal gewonnen kweldermateriaal en gerijpte baggerspecie te vergroten. De verwachting is dat een aantal van deze eigenschappen verbeteren door verdere rijping van de klei in de loop van de tijd. Bij de start van een rijpingsproces is er inzicht gewenst of er een geschikt bouw materiaal van te maken is.

Het demonstratieproject Brede Groene Dijk (BGD) is onderdeel van het dijktraject Kerkhovenspolder-Duitsland (normtraject 6-7). Aan de zeezijde grenst de kering aan het Natura 2000-gebied van de Dollard, onderdeel van de Waddenzee. Aan de landzijde grenst de kering aan polders van Oost-Groningen. Voorzien is om het project uit te voeren met gerijpte klei afkomstig van de Kleirijperij en van de kwelder. Uit bepalingen op dit materiaal is echter vastgesteld dat het zoutgehalte en het gehalte aan organisch stof van de gerijpte klei niet voldoen aan de voor klei als dijkbouw materiaal geldende eisen.

Ter voorbereiding op het demonstratieproject wordt daarom onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheid om met dit materiaal wel een waterveilige dijk te kunnen bouwen. Dit extra onderzoek richt zich op vragen zoals: welke dimensionering is nodig, hoeveel materiaal is daarvoor nodig, is de uitvoering realiseerbaar, hoe gedragen de functionele eigenschappen zich als functie van ouderdom e.d.



Locatie van het demonstratieproject Brede Groene Dijk (KHPD = dijktraject Kerkhoven-polder - Duitsland)

Aanleiding project

Voor het omvormen van de bestaande afgekeurde dijk tot een Brede Groene Dijk is veel klei nodig: er is berekend dat voor een BGD op het traject Kerkhovenspolder-Duitsland dit ca. 1,7 miljoen m³ klei is. Om aan de huidige en toekomstige veiligheidseisen te kunnen voldoen, wordt het talud van de nieuwe dijk namelijk een stuk flauwer. Alleen dan is de dijk in staat om de golfklappen die op de dijk slaan op te vangen. Natuurlijk kan die grote hoeveelheid klei van elders worden aangevoerd: we hebben het dan over vele tienduizenden vrachtwagenbewegingen. Waterschap Hunze en Aa's vroeg zich af of dit anders kon. Er zijn diverse alternatieve kleibronnen in de buurt van de dijk die ook gebruikt kunnen worden. In het demonstratieproject BGD wordt onderzocht of dit kan. Samen met andere partijen kijkt het Waterschap naar de mogelijkheden van klei uit kwelders die vóór de dijk liggen, klei gemaakt van slib uit de binnendijkse brakwater natuurlandpolder Breebaart én naar klei gemaakt van zout (bagger)slib uit het havenkanaal van Delfzijl.

Het gebruik van (bagger)slib creëert een win-win situatie. Het wegnemen van slib verbetert de waterkwaliteit in de Eems Dollard, wat positief is voor biodiversiteit in het gebied. Daarnaast kan het gesedimenteerde materiaal, na rijping, vervolgens gebruikt worden bij dijkversterkingen en krijgt het daarmee een maatschappelijke en economische waarde. Kortom, het gebruik van lokaal materiaal draagt bij aan een circulaire inzet.

Doel van het project

Het doel van dit project is aan te tonen, en daarmee vertrouwen op te bouwen, dat het gerijpte materiaal (het sediment), ondanks een hoog gehalte aan zout en organische stof, geschikt is om er een waterveilige dijk mee te realiseren. Met name het toetsen van verwerkbaarheid en erosiebestendigheid van de gerijpte klei in het veld (proefdijk) en in het laboratorium is hierbij van belang. Bovendien zal een antwoord worden gegeven op de vraag op welke wijze het materiaal verantwoord kan worden toegepast.

Voor het demonstratieproject BGD zal gekeken worden wat het effect is van een flauw talud met helling van 1:7 in combinatie met relatief hoge golven op de erosiesnelheid van de klei. Dit effect is nooit eerder op deze schaal getest en valt momenteel niet binnen het toepassings-gebied van het huidige rekenmodel voor klei-erosie. Het gevolg hiervan is dat er mogelijk te conservatieve aannames worden gedaan voor de dikte van de kleilaag. Daarnaast blijkt uit het demonstratieproject Brede Groene Dijk dat de waarde van een erosiecoëfficiënt van afwijkende kleisoorten niet kan worden bepaald aan de hand van standaard kleiparameters.

Financiering en consortium

TKI-Deltatechnologie en Kennis & Innovatie (K&I) Agenda van het hoogwater-beschermings-programma (HwBP) zijn bereid geweest om financiering van het onderzoek te ondersteunen.

Het consortium, dat het project uitvoert, wordt gevormd door verschillende organisaties. Het gaat daarbij om twee private partijen (Van Oord en Boskalis) en twee overheidspartijen (Provincie Groningen en Waterschap Hunze & Aa's). Als kennisinstelling is Deltares aangesloten. Deltares is penvoerder voor het TKI-project. Het waterschap Hunze en Aa's is penvoerder van het HwBP-project.

Fasering onderzoek

Voor het verwerven van meer inzicht in de toepasbaarheid, en dus inzicht in de functionele eigenschappen, van de huidige Kleirijperij klei – en de manier waarop met een aangepast ontwerp, adequate uitvoering en een afgestemd beheer kan worden gekomen tot een waterveilige dijk – is het onderzoeksplan onderverdeeld in de volgende onderdelen:

1. Definitiefase en bronnenonderzoek
2. Materiaalonderzoek
 - a. Bestaande dijken
 - b. Aanleg proefdijk
3. Probabilistische berekeningen
4. Structuurproeven met bakken klei
5. Evaluatie en tussenrapportage
6. Krimpgrens en erosiemeterproeven
7. Onderzoek diverse parameters
8. Analyse gevolgen afwijkende parameters
9. Deltagootproeven
10. Eindrapportage

Stap 1: Definitiefase en Bronnenonderzoek

De definitiefase en het bronnenonderzoek bestaan in het bijzonder uit een selectie van geschikte methoden en proeven, het verzamelen van kennis en ervaring opgedaan in andere projecten waar ook sprake was van een hoger gehalte aan organische stof en zout, bronnenonderzoek naar het langetermijngedrag voor bestaande dijken waar kwelderklei en/of gerijpte baggerspecie is toegepast en het formuleren van functionele eisen, bij een hoger zoutgehalte en gehalte organische stof, in relatie tot opties voor het ontwerp van een BGD.

Het plan van aanpak van het project OGD is eigenlijk al vooruitgelopen op de aspecten formuleren van onderzoeksvragen, vaststellen scope en keuze te onderzoeken trajecten. Het formuleren van onderzoeksvragen heeft in de aanloop van dit project al plaatsgevonden, en zal binnen de andere projectonderdelen worden aangescherpt. Wat betreft de functionele eisen, die bij afwijkende klei als uitgangspunt kunnen worden genomen, is er een afbakening aangebracht, omdat het ontwerp van de Brede Groene Dijk al in grote lijnen bekend is. De focus ligt daarom op de functionele eisen ten aanzien van de erosiebestendigheid van en scheurvorming in het buitentalud. Er is onderzocht waar een relatie gelegd kan worden tussen de erosiebestendigheid uit een functionele test en de geotechnische classificatie in het kader van de toetsing op erosiebestendigheid.

Binnen deze onderzoekstap is gericht gezocht naar literatuur ten aanzien van:

- Achtergronden bij de vigerende eisen aan dijkkenlei
 - Eisen aan klei bij aanleg van dijken
 - Relatie met uitkomsten uit roto-erosiemeterproeven
 - Consequenties bij afwijkende eigenschappen van klei
- Archiefonderzoek Dollarddijk
- Verzamelen ervaringen elders met afwijkende kleisoorten (hoger organisch stof gehalte, zout tot brak milieu, hoge lutumfractie)
- Adviezen t.a.v. functionele testen met richtwaarden als indicatoren voor erosiebestendigheid.

Het onderzoek heeft geleid tot de volgende conclusies:

Er is een aantal cases gevonden waarin is gewerkt met klei met een hoge lutum-fractie en/of hoog organisch stofgehalte en/of verhoogd zoutgehalte. In al deze cases is succesvol een grondlichaam gebouwd met klei uit baggerspecie of met kwelderleklei. De erosiebestendigheid onder overloop (Dredgdike) beperkte golfaanval (Dollarddijk) bleek vrij goed te zijn, en de grasmat kwam na 1 à 2 jaren tot ontwikkeling. Er zijn wel flinke scheuren geconstateerd, mede vanwege het natter aanbrengen van de klei dan als optimaal wordt gezien.

Bij de proefophoging op de Maasvlakte waren er na 5 jaren geen doorgaande scheuren te zien en was de doorlatendheid van de klei nog steeds laag.

Wat betreft de geotechnische eigenschappen, is in het kader van het Kleirijperij onderzoek gesteld dat door verwijdering van een deel van het organische stof tijdens de rijping ook de vloeigrens, en in mindere mate de uitrolgrens zullen afnemen. Daarmee zal bij gelijkblijvend watergehalte ook de consistentie-index afnemen. Ontziltling heeft ook effect op de Atterbergse grenzen: met name de vloeigrens wordt lager. De aard van het organische stof verandert ook, maar dat is met de standaard geotechnische methoden niet goed vast te stellen. Het effect van ontziltling op het erosiegedrag in het laboratorium is echter nog niet onderzocht, maar lijkt wel nuttig.

Stap 2A: Materiaalonderzoek - Bestaande dijken



11207091-004-...- Stap 2A.pdf



11207091-005-...ublicatie.pdf

Stap 2B: Materiaalonderzoek - Aanleg proefdijk



Eindrapport -... nov 2020.pdf



11207091-005-...ublicatie.pdf

Stap 3: Probabilistische berekeningen - OpenFOAM berekeningen voor invloed van waterstand en golfhoogte op erosiesnelheid



Onderzoek Ges...ekeningen.pdf

Stap 4: Structuurvorming in klei van Kleirijperij na versnelde seizoenen



OGD-BGD stap ...seizoenen.pdf

In het kader van het onderzoek naar de toepasbaarheid en voorspelbaarheid van lokaal gewonnen kweldermateriaal en gerijpte baggerspecie voor dijken is onderzoek gedaan naar de structuurvorming in klei van diverse bronnen. Met structuurvorming wordt bedoeld het proces waarbij in de loop der jaren door het zwellen en krimpen van de klei, in combinatie met biologische en chemische processen, de klei scheuren gaat vertonen. Deze scheuren kunnen in het natte seizoen weliswaar dichtgaan door het zwellen van de klei, maar blijven toch zwakke plekken ten aanzien van de erosie van de klei tijdens golfaanval.

Het onderzoek is uitgevoerd met een nog niet eerder toegepaste methode, namelijk door de klei in bakken van 1x1 m² te doen in een laag met een dikte van 26 à 29 cm op een laagje zand. Vervolgens is de klei versneld onderworpen aan de invloed van de seizoenen door eerst de klei gedurende een bepaalde periode enkele keren per dag nat te sproeien, vervolgens zo'n zelfde periode koud en droog weg te zetten bij een temperatuur van ongeveer 6° en tenslotte zo'n zelfde periode te verwarmen tot omstreeks 30°. Er zijn drie cycli van elk ongeveer een maand op deze wijze doorlopen.

Deze procedure heeft tot gevolg gehad dat de klei gaat krimpen en zwellen, waardoor scheuren ontstaan. Naarmate er meer scheuren ontstaan, is de verwachting dat de klei sterker gestructureerd zal raken in de loop der jaren.

Het onderzoek heeft geleid tot de conclusie dat de gerijpte baggerspecie afkomstig van



Powerpo...tie.pdf

Stap 5: Evaluatie en tussenrapportage



11207091-008-...ap 6 en 7.pdf

Stap 6/7: Krimpgrens en erosiemeterproeven en onderzoek diverse parameters



79022-1...oek.pdf

Stap 8: Mineralogisch onderzoek en analyse gevolgen afwijkende parameters



11207091-010-...ublicatie.pdf



2205AC_...def.pdf



2208AF_EN.pdf



Onderzoek Ges...otproeven.pdf

Stap 9: Meting erosiebestendigheid deltaklei met Deltagootproeven

In het kader van het Onderzoek Geschiktheid Deltaklei (onderdeel van het demonstratieproject Brede Groene Dijk) zijn twee series proeven uitgevoerd in de Deltagoot waarmee de erosiesnelheid is gemeten van vier kleisoorten:

Eerste proevenserie (gestort en verdicht):

- lokaal gewonnen kweldermateriaal uit de "Klutenplas", zonder gras
- gerijpte baggerslib van de Kleirijperij aan de "Valgenweg", zonder gras

Tweede proevenserie (aangebracht in ongeroerde blokken van 2x2 m²):

- gestructureerde klei in ongeroerde staat van de Dollarddijk, inclusief gras
- gestructureerde klei in ongeroerde staat van de Groene Dijk bij Blija, inclusief gras

Het kweldermateriaal uit de "Klutenplas" is recent gewonnen uit de kwelder langs de Dollard, terwijl de klei uit de Dollarddijk dezelfde oorsprong heeft, maar daar al sinds de tachtiger jaren in de dijk zit. De klei uit de Groene Dijk bij Blija is ook kweldermateriaal, maar dan van een andere locatie. Deze dijk is deels opgebouwd met de klei van de oude dijk (van voor de dijkversterking in de jaren 80). Het kleitekort is destijds aangevuld door deze te winnen uit een sleuf langs de buitenteen, die daarna is opgevuld met zand.

Het doel van de proeven is om de toepasbaarheid (en voorspelbaarheid) van het lokaal gewonnen kweldermateriaal en gerijpte baggerspecie te vergroten en tevens een bijdrage te leveren aan de beoordeling van de Groene Dijk van het Wetterskip Fryslân (dijkvak Noorderleeg-Blija op het dijktraject Koehool-Lauwersmeer).

Het kweldermateriaal en de gerijpte baggerspecie voldoen niet (volledig) aan de voorschriften van de TR Klei voor dijken (TAW, 1996). Toch zijn er dijken waar dergelijke afwijkende materialen al vele jaren liggen en waar de dijk naar behoren functioneert. De vraag is of door een aangepast ontwerp, adequate uitvoering en een afgestemd beheer en onderhoud gekomen kan worden tot een waterveilige dijk.

Voor de Groene Dijk van het dijkvak Noorderleeg-Blija geldt dat deze net niet door de periodieke beoordeling in het kader van WBI 2017 komt met de huidige beoordelings-methode, die eigenlijk niet geheel geschikt is voor de flauwe taludhelling, de dikke kleilaag en zware golfaanval. De Deltagootproeven kunnen aantonen of de dijk toch voldoende veiligheid geeft.

Daarnaast blijkt uit het demonstratieproject Brede Groene Dijk dat de waarde van een erosiecoëfficiënt in het huidige rekenmodel van afwijkende kleisoorten niet kan worden bepaald aan de hand van standaard kleiparameters. Ook blijkt het toegepaste rekenmodel niet geschikt voor taluds flauwer dan 1:5 en voor hoge golven ($H_{m0} > 1,5$ m). De huidige proeven leveren daarom de benodigde informatie om het rekenmodel te verbeteren.

Voor de proeven is de Brede Groene Dijk op werkelijke schaal nagebouwd. Het model is opgesplitst in twee helften zodat twee soorten klei gelijktijdig naast elkaar zijn beproefd. Van elke klei is een laag van 1,85 m aangebracht over een taludlengte van 26 m en een breedte van 2,25 m (eerste proevenserie) en 2,00 m (tweede proevenserie).

Stap 10: Eindrapportage



OGD stap 10, ...bijlage 2.pdf