



Proef met versterkt sediment als bodemverbetering

Versterkt sediment is een innovatieve, op locatie maakbare bouwstof die kan worden toegepast in waterkeringen, wegen, oever- en onderwaterbodemconstructies. Om de toepasbaarheid ervan als bodemverbetering te onderzoeken, is in de haven van Hoedekenskerke een praktijkproef uitgevoerd.

ING. J.L. VAN DE VELDE / ING. E.W. VASTENBURG / DRS.ING. D.A. DEN HAMER / ING. Y.M. PROVOOST

Versterkt sediment is een nieuw bouw materiaal dat in één procesgang wordt gemaakt uit gebaggerd sediment door eerst de grove delen eruit te zeven, te mengen met een bindmateriaal (bijvoorbeeld vlieg-as of cement) en het mengsel met een verharder (bijvoorbeeld waterglas) direct in het werk aan te brengen. Door te variëren met de hoeveelheden en soorten grondstoffen kan versterkt sediment van licht tot zwaar en van plastisch tot stijf worden gemaakt, gelijk aan een klei- of steenachtig materiaal. De functionele eigenschappen die vanuit de toepassing worden gesteld, zijn geheel instelbaar.

Als onderdeel van de versterking van de primaire waterkering bij de haven van Hoedekenskerke (Zuid-Beveland) was Rijkswaterstaat Projectbureau Zeeweringen (PBZ) voornemens om medio 2012 vóór de bestaande damwand een glooiing aan te brengen. Doordat de ondergrond veel slib bevat en daarmee weinig draagkrachtig is, bleek een grondverbetering onder de glooiing noodzakelijk.

Praktijkproef

Op basis van in 2009 uitgevoerd laboratoriumonderzoek ontstond het idee om de grondstabilisatie te maken van een 1 meter dikke laag versterkt sediment, over een lengte van circa

30 meter bij een breedte van 8 meter. Gezien het innovatieve karakter van de bouwstof is besloten om de laag aan te brengen in de vorm van een praktijkproef.

Binnen het onderzoek zijn twee hoofdonderzoeksvragen gedefinieerd: kan de aanwezige slikläag bewerkt worden tot versterkt sediment, zodat een dragende onderlaag ontstaat; en kan een laag versterkt sediment worden aangebracht zonder dat daarin grote verticale vervormingen (< 150 millimeter) optreden?

Voor het onderzoek en de uitvoering van de praktijkproef is een begeleidingsgroep ingesteld bestaande uit PBZ, Rijkswaterstaat Waterdienst, Boskalis, Tauw en Deltares (de laatste voerde de regie over de praktijkproef).

Bodemonderzoeken

Op de praktijkproeflocatie zijn een geotechnisch onderzoek en een waterbodemonderzoek uitgevoerd. Hieruit blijkt dat de bodem tot 9 meter diepte uit zeer slappe, matig siltige kleilagen bestaat, waarin conusweerstand werden gemeten van 0 tot 0,5 MPa.

De chemische analyses laten verhoogde gehalten aan verontreinigingen (onder andere

mengbakken, diverse pompen, mengwagens, statische in-line menger en giekwagens aangevoerd.

Nadat de installatie was getest en ingeregeld, is begonnen met het ontgraven van het cunet, waarbij overtollig sediment in depot gezet is. Vervolgens is het te versterkt sediment verpompt gemaakt en gemengd met het bindmiddel. Het waterglas werd net voordat de slurry de spuitmond verliet toegevoegd. De in-line menger zorgde voor een homogene verdeling.

Na enkele technische aanpassingen aan de installatie is binnen twee dagen de laag versterkt sediment aangebracht. Om ervaring op te doen met verschillende uitvoeringsomstandigheden, is de laag in drie vakken aangebracht: eenmaal in den droge, eenmaal in den natte en een vak in twee lagen op elkaar. Hiervoor is gekozen vanwege de getijdencyclus. Tot slot is het in depot gezette sediment teruggeplaatst op de laag versterkt sediment.

Monitoringperiode

Na de aanleg is tot april 2012 de zetting van de laag versterkt sediment gemonitord met zettingmeetslangen en zakbaken. Daarnaast is de zuurgraad (pH) gemeten in grondwatermonsters onttrokken aan peilbuizen. Dit laatste omdat versterkt sediment, net zoals onderwaterbeton, in aanvang een hoge pH (van circa 11) heeft.

De laag versterkt sediment was vier uur na aanbrengen overloopbaar. Twee dagen later bleek het onmogelijk te zijn om nog een handsondering te maken.

Voor het aanbrengen van de glooiing – zeven maanden na aanleg – zijn enkele kernen versterkt sediment geboord om de sterkte ervan te bepalen. De sterkte varieerde van 0,9 MPa tot 3 MPa.

In mei 2012 is zonder problemen de glooiing op de laag versterkt sediment aangebracht. Hier toe is eerst de toplaag van slijk op het versterkt sediment weer verwijderd. Zichtbaar was dat de toplaag van het versterkt sediment op sommige plaatsen een broos uiterlijk had. Het is goed mogelijk dat deze beschadigingen zijn opgetreden door het ontgraven met een kraanbak.

Bevindingen

Uit de proefresultaten heeft de begeleidingsgroep geconcludeerd dat de praktijkproef succesvol is uitgevoerd en dat het recept zoals toe-



Hydraulisch aanbrengen van het versterkt sediment met statische in-line menger. De gele slang is de waterglastoever.

gepast in de proef goed overeenkomt met de samenstelling zoals ontwikkeld in het laboratorium. Hierdoor was de aanwezige laag slijk snel te bewerken tot een laag versterkt sediment. Daarnaast blijkt uit de monitoringgegevens dat geen noemenswaardige verticale vervormingen zijn opgetreden in de laag versterkt sediment. Ook is in het grondwater en oppervlaktewater in de haven geen significante stijging van de pH waargenomen.

Tijdens de uitvoering bleek wel dat de mate waarin het slijk kon worden gemengd met water, was overschat. Het slijk was namelijk vrij 'vet'. Door het slijk alvorens te ontgraven eerst in het cunet 'kapot' te drukken bleek het mengen eenvoudiger te gaan.

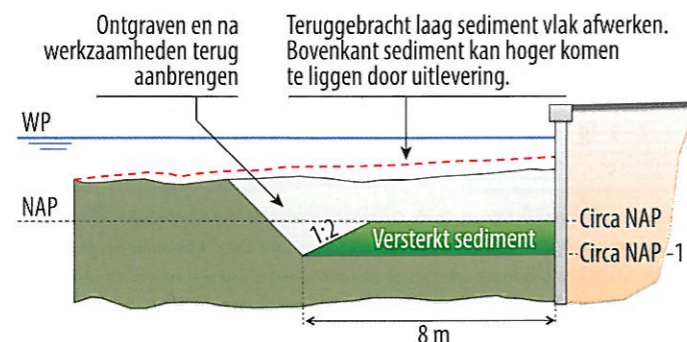
Voor de proef was veel materieel aanwezig voor een relatief klein volume versterkt sediment. Voor toekomstige werken is het zaak een efficiëntere materieelinzet te ontwikkelen.

Tot slot is geconcludeerd dat versterkt sediment met primaire bouwmaterialen kan concurreren bij speciale toepassingen en binnen projecten waar 'werk met werk' wordt gemaakt. Hierbij valt te denken aan werken waar strenge eisen gelden voor vertroebeling bij het aanbrengen van sediment. Daarnaast zijn er kansen voor de versterking van boezemkaden als er koppeling gezocht wordt tussen meerjarige baggeronderhouds- en kadeversterkingsprogramma's.

Hans van de Velde is productmanager, Erik Vastenburg senior adviseur en Dianne den Hamer onderzoeker bij Deltares. Yvo Provoost is projectleider bij Rijkswaterstaat Projectbureau Zeeweringen.

IN 'T KORT - PRAKTIJKPROEF

- Versterkt sediment is nieuw bouw materiaal gemaakt uit gebaggerd sediment
- Grondverbetering voor talud in haven Hoedekenskerke met versterkt sediment
- Binnen twee dagen laag aangebracht, vier uur na aanleg al begaanbaar
- Geen noemenswaardige verticale vervormingen vastgesteld na monitoring



PRAKTIJKPROEF Doorsnede van het keursontwerp van de praktijkproef, met daarin aangegeven de laag versterkt sediment.

Ontgraven van het cunet tot NAP -1 meter (links) en de menginstallatie op de kade.

PAK) zien. Deze gehalten lagen beneden de vastgestelde grenzen voor toepassing als bouwstof en vormden daarmee geen probleem voor de uitvoering van de praktijkproef.

Receptuuronderzoek

Het receptuuronderzoek is een laboratoriumonderzoek met als doelstelling te komen tot de samenstelling van het versterkt sediment, afgestemd op de eisen vanuit het ontwerp. Voor de praktijkproef waren dit een steenachtig materiaal met een dichtheid van circa 17 kN/m³, waarbij de samendrukbaarheid zich moest bevinden tussen zand en stevige klei. Voor de uitvoering diende het materiaal goed verpompt te zijn. Wat betreft de sterkteontwikkeling werd gesteld dat na twee dagen een sterkte van minimaal 50 kPa behaald moest zijn. De 'eindsterkte' na 28 dagen uitharden moest minimaal 1 MPa zijn. Tot slot moest de samenstelling en de uitloging voldoen aan het Besluit bodemkwaliteit.

Op basis van deze eisen is het receptuuronderzoek uitgevoerd. Hierbij zijn in verschillende verhoudingen hoogovencement (bindmiddel) en waterglas (verharder) gemengd met het slijk (het sediment). Voor de mengsels is de sterkteontwikkeling in de tijd vastgelegd. Vervolgens zijn op het meest geschikt geachte recept sterkte- en samendrukkingsproeven en een bouwstoffenkeuring uitgevoerd. De gemiddelde druksterkte na twee dagen uitharden was 184 kPa. Na 28 dagen uitharden was de 'eindsterkte' 2 MPa. De samendrukkingsparameters en kruip waren na twee dagen zeer klein.

Naast de geotechnische proeven is ook een milieuhygiënische toetsing (samenstellings- en emissieonderzoek) op de receptuur uitgevoerd. Hierbij is de norm voor 'niet vormgegeven' bouwstoffen aangehouden. Dit betreft een worst-case scenario, omdat het versterkt sediment in de praktijkproef als een 'vormgegeven' bouwstof is toegepast. Uit de toetsresultaten blijkt dat het versterkt sediment voldoet aan de emissiewaarden zoals vermeld in bijlage 1 van het Besluit bodemkwaliteit.

Aanleg

Voor het aanbrengen van het versterkt sediment is een meng- en pompinstallatie bestaande uit



Het versterkt sediment is binnen vier uur begaanbaar.



Eindsituatie met het aangebrachte talud.