

Memo

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Dienst Weg- en Waterbouwkunde

Aan
Werkgroep Kennis

Opgesteld door
M.C.J. Bosters
Datum
10-6-2002
Onderwerp
Infiltratieproeven Mosselbanken

Doorkiesnummer
015-2518527/0113-241406
Kenmerk
MB-2002-3
Bijlagen
Foto's

PRDT-M-02204-ke

Inleiding

Op het dijkvak Mosselbanken, ten westen van Terneuzen, bevindt zich een ingeslibde granietbekleding. Om meer inzicht te krijgen in het gedrag van deze bekleding is in 1999 en 2000 door Fugro en Geodelft onderzoek gedaan en is een predictie gemaakt van de drukken onder de bekleding bij maatgevende stormvloedomstandigheden. Heden zijn ter verificatie hiervan twee infiltratieproeven gedaan (op 14 en 15 mei 2002). Daarbij is de stormvloed gesimuleerd met een infiltratiesleuf aan de bovenzijde van de bekleding. Lager op het talud zijn peilbuismetingen gedaan.

Proeflocaties

Het dijkvak Mosselbanken is in 1976 en 1977 aangelegd ten behoeve van industriële uitbreiding. De bekledingsopbouw komt elders weinig voor en is weergegeven in tabel 1. De fosforslakken zijn plaatselijk sterk verkit (zie foto 1). De mijnsteen is tijdens de aanleg van de dijk gebruikt als perskade. De twee infiltratieproeflocaties zijn gekarakteriseerd in tabel 2.

Tabel 1: Opbouw bekleding

Onderdeel	Omschrijving	Dikte (m)	Blokkoppervlak (m x m)
Toplaag	(Ingeslibde) granietblokken	0,2 à 0,3*	0,2 x 0,2 à 0,2 x 0,3*
Uitvullaag	Fosforslakken	0,1	N.v.t.
Filter	Mijnsteen	1,2	N.v.t.
Ondergrond	Zand	-	N.v.t.

* Afhankelijk van plaatsing op de kop of de kant

Tabel 2: Karakterisering proeflocaties

Locatie	dp	Talud	Berm (m NAP)	Voorland (m NAP)	D _{top, gem} (m)	Fosfor	H _s (m)	T _p (s)	H _s /ΔD (-)	ξ (-)	F (-)
1	62	1:3,7	+3,8	+0,5	0,27	Verkit	2,1	6,8	4,6	1,5	6,1
2	66	1:3,8	+3,8	+1,0	0,25	Los	2,1	6,8	4,9	1,5	6,6

Onderzoek Geodelft en Fugro

In februari 1999 zijn door Geodelft op het dijkvak een aantal blokken gelicht en is water op de onderliggende mijnsteen gegoten. Deze bleek weinig doorlatend. Vervolgens is in maart 1999 bij dp 65 een getijmeting uitgevoerd. Hiertoe werden waterspanningsmeters aangebracht op de teen (getijmeter) en in het filter. Voor de laatste werden gaten geboord in de stenen, die na plaatsing van de meters werden

Postbus 5044, 2600 GA Delft
Van der Burghweg 1

Telefoon (015) 251 85 18
Telefax (015) 251 85 55



006800 2002 PZDT-M-02207 ken

Infiltratieproeven Mosselbanken (14 en 15 mei 200

gevuld met grind en waterdicht afgewerkt met 'packers'. Naarmate de doorlatendheid van de toplaag kleiner is, zijn de waargenomen verschillen tussen getij en filter groter wegens vertraging. De afgeleide doorlatendheden zijn weergegeven in tabel 3. In januari 2000 is met een gelijkaardige meetopstelling op dezelfde locatie een stormmeting uitgevoerd. In tegenstelling tot de getijmeting (die zich concentreert op waterstandsvariatie vanwege getijwerking en daardoor een meetperiode had van ca. 6 uur) concentreert de stormmeting zich op waterstandsvariatie door golfwerking en had een meetperiode van 3 minuten. De maximale golfamplitude bedroeg ca. 0,25 m. De corresponderende respons in de mijnsteen had een amplitude van ca. 0,08 m. De berekende doorlatendheden zijn weergegeven in tabel 3.

In april 1999 zijn door Fugro op beide locaties trekproeven en 4 doorlatendheidsmetingen verricht. Voor de doorlatendheidsmetingen werd gebruik gemaakt van 2 vierkante, op het talud vastgeschuimde bakken. De bakken waren om elkaar heen geplaatst en gevuld met water. Het water binnen de buitenste bak werd zo goed mogelijk op hetzelfde niveau gehouden als in de binnenste bak om te voorkomen dat water uit de binnenste bak zijdelings afstroomde. In de binnenste bak werd de daalsnelheid van het water gemeten. De afgeleide toplaagdoorlatendheid is weergegeven in tabel 3.

Tabel 3: Afgeleide doorlatendheid toplaag op basis van eerder onderzoek

	Getijmeting (Geodelft)		Stormmeting (Geodelft)		Bakmeting (Fugro)
	Toplaag	Mijnsteen	Toplaag	Mijnsteen	Toplaag
Locatie 1	-	-	-	-	6 à 69 $\mu\text{m/s}$
Locatie 2	15 $\mu\text{m/s}$	4400 $\mu\text{m/s}$	27 $\mu\text{m/s}$	360 $\mu\text{m/s}$	1 à 219 $\mu\text{m/s}$

De door Geodelft berekende doorlatendheid van de mijnsteen is onrealistisch hoog. Dit komt waarschijnlijk door de aanname dat de onderliggende zandlaag ondoorlatend is. Voorts werd door Geodelft berekend dat tijdens de maatgevende stormvloed zowel door getij als door golven de waterdruk in het filter groter kan worden dan het blokgewicht. Deze resultaten werden door twijfel omgeven.

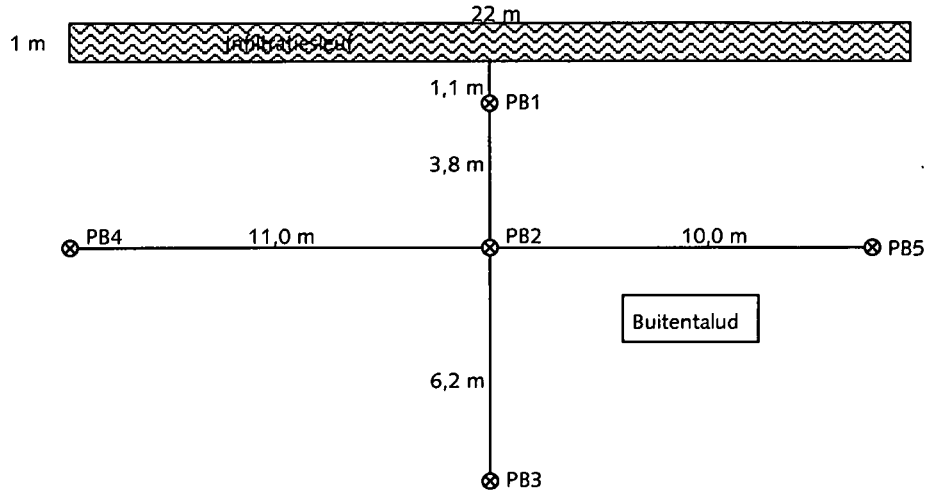
Mede vanwege de hoge F-factor werd de bekleding afgekeurd.

Proefopstelling

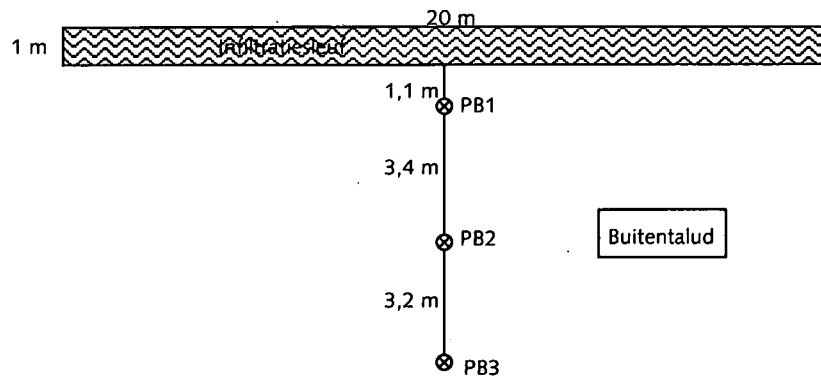
Voor beide proeven is aan de bovengrens van de granietbekleding (buitenrand berm) een infiltratiesleuf gegraven tot in de mijnsteen. De sleuven waren bekleed met ondoorlatend folie aan de onder- en dijkzijde en met doorlatend geotextiel aan de Westerscheldezijde. Folie en geotextiel waren geballast met steenslag. Op het buitentalud onder de sleuven waren peilbuizen geplaatst in de mijnsteen. Hiertoe zijn gaten geboord door de granietblokken en de fosforslakken. De spleten tussen boorgat en peilbuis zijn afgedicht met PUR-schuim, zie foto 3. De doorstroming van de peilbuizen is gecontroleerd na afloop van de proeven. De meeste peilbuizen liepen redelijk door.

De proefopstellingen zijn weergegeven in figuur 1 en 2. De infiltratiesleuven en de peilbuizen zijn nader gespecificeerd in tabel 4 en 5.

Figuur 1: Opstelling locatie 1 (loodrecht op talud)



Figuur 2: Opstelling locatie 2 (loodrecht op talud)



Tabel 4: Infiltratiesleuven

	Oppervlak	Inhoud	Waterniveau in sleuf
Locatie 1	1,25 m x 22 m	22 m ³	NAP +3,6 m
Locatie 2	1,25 m x 20 m	20 m ³	NAP +3,6 m

Tabel 5: Peilbuizen

Locatie	Bovenkant steen (NAP)	Onderkant peilbuis (t.o.v. b.k. steen)	Doorstroming
Locatie 1			
PB1	+3,50 m	-0,34 m	Slecht
PB2	+2,53 m	-0,71 m	Redelijk
PB3	+0,85 m	-0,46 m	Redelijk
PB4	+2,41 m	-0,52 m	Goed
PB5	+2,48 m	-0,54 m	Slecht
Locatie 2			
PB1	ca. +3,5 m	-0,46 m	Redelijk
PB2	ca. +2,5 m	-0,58 m	Redelijk
PB3	ca. +1,5 m	-0,53 m	Redelijk

Proefverloop

De infiltratiesleuven werden volgepompt en op peil gehouden. Ondertussen werden de peilbuizen regelmatig waargenomen. Daarbij werd alleen in peilbuis 3 (PB3) op locatie 1 een respons gemeten. Dit is weergegeven in tabel 6. De overige buizen bleven droog.

Tabel 6: Metingen

Locatie 1			Locatie 2	
Tijdstip	Totaal debiet	Stijghoogte PB3 (t.o.v. b.k. steen)	Tijdstip	Totaal debiet
0'	0 m ³	Droog	0'	0 m ³
40'	13 m ³	-0,40 m	20'	4 m ³
80'	25 m ³	-0,16 m	40'	12 m ³
105'	33 m ³	-0,10 m	100'	25 m ³
195'	54 m ³	-0,14 m	160'	31 m ³
245'	67 m ³	+0,02 m	225'	38 m ³
285'	77 m ³	-	Gemiddeld	10,1 m ³ /uur
Gemiddeld	16,2 m ³ /uur			

Op locatie 1 vormden zich na enige uren stroomgeultjes aan de onderzijde van het talud (zie foto 4). Bij locatie 2 is geen geulvorming waargenomen.

Analyse

De belangrijkste componenten van het systeem zijn de toplaag, de mijnsteen en het zandpakket hieronder. De laag fosforslakken is dun en kan gezien de opgetreden verkitting het best opgevat worden als een onderdeel van de toplaag. Zeer waarschijnlijk is het zand minimaal zo doorlatend als de mijnsteen en de mijnsteen doorlatender dan de toplaag. Infiltratie door een sleuf zal daardoor eerst leiden tot een overwegend verticale stroming, waarbij zand en mijnsteen worden opgevuld. De opvuulselheid hangt o.a. af van de dikte van het zand en de verdere dijkopbouw. Pas als zand en mijnsteen voldoende gevuld zijn kan zich een waterdruk ontwikkelen tegen de onderkant van de toplaag. Dit zal zich het eerst voordoen op het laagste deel van het buitentalud.

De proefresultaten op locatie 1 (respons laagste peilbuis (PB3) en geulvorming aan teen) bevestigen dit mechanisme. Op locatie 2 is de mijnsteen duidelijk onvoldoende gevuld geraakt. De hoofdrede hiervoor is waarschijnlijk een te kleine infiltratiecapaciteit van de proefsleuf. Mogelijk speelt ook een te korte duur van de proef een rol.

Bij een stormvloed zal het dijklichaam opgevuld raken door infiltratie door toplaag en berm en door grondwaterstroming onder het voorland. De infiltratiecapaciteit is hierbij veel groter dan bij een sleuf. Hierdoor kunnen voor de onderhavige locatie de proeven niet gelijkgesteld worden aan een stormvloed en kan niet zondermeer geconcludeerd worden dat bij een stormvloed weinig overdrukken zullen optreden.

Anderzijds is door Geodelft voor de stormvloedpredictie aangenomen dat de mijnsteen zeer doorlatend is en tot aan het bermniveau opgevuld raakt. Verder is aangenomen dat het onderliggende zand ondoorlatend is. Deze aannames leiden alle tot een overschatting van de overdrukken, zowel ten gevolge van getijwerking als door golferugtrekking. Voorts zal bij minder doorlatende mijnsteen minder water willen toestromen, waarmee **blokbeving** verder bemoeilijkt wordt.

Bij relatief ondoorlatende fosforslakken en mijnsteen, maar een doorlatende toplaag zou de constructie ook kunnen bezwijken door golfklappen. Bij relatief ondoorlatende mijnsteen is de aanwezige inslibbing dus essentieel voor de sterkte van de bekleding. In de bestendigheid van de inslibbing is geen inzicht verkregen.

Conclusies

1. Uit de infiltratieproeven mag niet geconcludeerd worden dat bij een stormvloed geen significante overdrukken zullen optreden;
2. Anderzijds heeft de benadering van Geodelft geleid tot een overschatting van overdrukken;
3. Uitgaande van relatief ondoorlatende mijnsteen is de inslibbing essentieel voor de sterkte van de bekleding in verband met golfklappen. De bestendigheid van de inslibbing is onbekend;
4. Voor een succesvolle infiltratieproef met een sleuf is het belangrijk dat er alleen interactie is tussen sleuf en filter, en dat het filter significant doorlatender is dan de onderliggende laag. In de praktijk betekent dit dat het filter op een kleilaag moet liggen en dat het water niet achterwaarts weg mag kunnen stromen.

Foto 1: Verkitte fosforslakken op mijnsteen



Foto 2: Proefopstelling



Foto 3: Afdichting met PUR-schuim



Foto 4: Geulvorming

