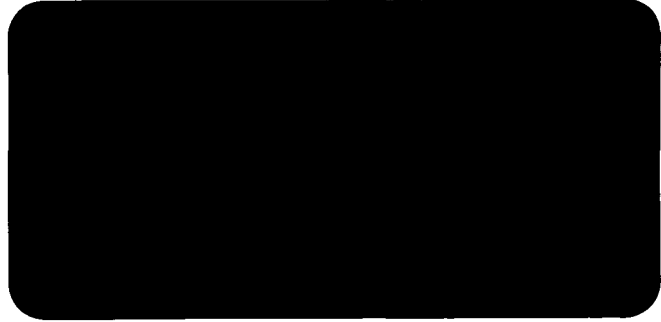


A2.95.04

A2 95.04



GRONDMECHANICA
DELFT

A295.65

**RESTSTERKTE VAN 11
LOCATIES IN ZEELAND**

**CO- 358350/07
juni 1995**



**GRONDMECHANICA
DELFT**

RESTSTERKTE VAN 11 LOCATIES IN ZEELAND

CO-358350/07
juni 1995
Kru/Hey/35835007.wp5

Opgesteld in opdracht van:
RIJKSWATERSTAAT, DIENST WEG- EN WATERBOUWKUNDE
Postbus 5044
2600 GA DELFT

AFDELING STRATEGISCH ONDERZOEK
projectleider: drs. Gerard A.M. Kruse
projectbegeleider: Ir. T.P. Stoutjesdijk

GRONDMECHANICA DELFT
Stieltjesweg 2, 2628 CK DELFT
Postbus 69, 2600 AB DELFT

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21
Postbank 234342
Bank MeesPierson NV
Rek.nr. 25.92.35.911



Rapport nr.: CO-358350/09		Datum rapport: 1995-06-14			
Titel en sub-titel: RESTSTERKTE VAN 11 LOCATIES IN ZEELAND		Behandelende afdeling: Strategisch onderzoek			
		Projectnaam: Reststerkte klei-onderlagen			
Projectleider(s): drs. Gerard A.M. kruse		Projectbegeleider(s): ir. T.A. Stoutjesdijk			
Naam en adres opdrachtgever: Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Water- bouwkunde postbus 5044 2600 GA Delft		Referentie opdrachtgever: TAWA/STEENZ 3100/1947			
		Verzonden in: 10 -voud			
		Type rapport: definitief			
Samenvatting rapport: Als supplement op een onderzoek naar de bodemvorming van klei-onderlagen onder gezette steen is een schatting van de reststerkte van de onderlagen van 11 locaties in Zeeland uitgevoerd. Het blijkt dat eerdere aannamen over de opbouw van onderlagen onder gezette steen tekort schieten in het indelen van heterogeniteit in de onderlaag. Een belangrijke uitbreiding in dit opzicht betreft de invloed van goed verdichte lagen in de onderlaag en het voorkomen van oude dijklichamen in of direct onder de onderlaag. De reststerkte van een groot aantal locaties wordt daardoor aanmerkelijk verhoogd ten opzichte van schattingen volgens een voorstel voor de TAW Leidraad Toetsing (in voorbereiding).					
Opmerkingen:					
Trefwoorden: klei, erosie, reststerkte, zeeland			Verspreiding: DWW, TAW A2		
Opgeslagen op 145.3.1.214 onder titel: c:\user\so\35835007.wp5				Aantal blz.:	
Versie:	Datum:	Opgesteld door:	Paraaf:	Gecontroleerd door:	Paraaf:
1	1995-06-14	Kru			



INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	1
1 INLEIDING	3
2 OPBOUW VAN DE ONDERLAAG EN DIJKOPBOUW	5
3 RESTSTERKTE EN EROSIE-MECHANISMEN	7
4 BEOORDELING VAN DE RESTSTERKTE	9
5 AANVULLINGEN VOOR HET BEOORDELEN VAN RESTSTERKTE	13

Referenties

BIJLAGEN

Bijlage 1: tabellen

Bijlage 2: figuren



Samenvatting

Als supplement op een onderzoek naar de bodemvorming van klei-onderlagen onder gezette steen is een schatting van de reststerkte van de onderlagen van 11 locaties in Zeeland uitgevoerd. Het blijkt dat eerdere aannamen over de opbouw van onderlagen onder gezette steen tekort schieten in het indelen van heterogeniteit in de onderlaag. Een belangrijke uitbreiding in dit opzicht betreft de invloed van goed verdichte lagen in de onderlaag en het voorkomen van oude dijklichamen in of direct onder de onderlaag. De reststerkte van een groot aantal locaties wordt daardoor aanmerkelijk verhoogd ten opzichte van schattingen volgens een voorstel voor de TAW Leidraad Toetsing (in voorbereiding).

1 Inleiding

Als supplement bij een studie naar bodemvorming in klei onder gezette steen op dijktafsluitingen langs getijdewateren in Zeeland [GD 1995a] is een eerste beoordeling van de reststerkte van de onderlaag van de 11 in dat verband onderzochte locaties verricht. De beoordeling is gebaseerd op de waargenomen opbouw van de onderlaag op de 11 onderzochte locaties en op de inzichten in ontgronding bij golfwerking die de afgelopen 2 jaar zijn ontstaan.

In de beoordeling zijn de volgende elementen betrokken:

- overzicht van ontgrondingsmechanismen
- de aangetroffen variatie in de opbouw van de onderlaag
- het evalueren van de reststerkte voor elk van de verschillende locaties (waarbij de reststerkte de duur tot het niet meer voldoende functioneren van de klei-laag betreft).

In 1994 is de opbouw van onderlaag op 11 locaties in Zeeland in detail onderzocht [GD 1995a]. Uit dat onderzoek komen belangrijke aanvullingen op eerdere aannamen [GD 1994a] (Voorstel voor Leidraad Toetsing) over grond in de klei-onderlaag voort. De in GD[1994a] gegeven beschrijving van variatie in de onderlaag komt voort uit aannamen die zijn gebaseerd op de ontwerp-praktijk. Er is toen uitgegaan van een klei-onderlaag van 0.8 m dikte met een min of meer constante samenstelling waarvan het functioneren door bodemvorming en door zand-insluitingen, puin en dergelijke wordt beperkt. Het beoordelen met het in GD [1994a] weergegeven schema doet maar ten dele recht aan de aangetroffen fenomenen in de onderlaag. In de praktijk blijken die omstandigheden niet te worden aangetroffen. Deze rapportage zal daarop ingaan.

Daarnaast zijn de inzichten in ontgrondingsprocessen bij golfaanval verdiept sedert het opstellen van aanbevelingen in GD [1994a], hetgeen in bepaalde opzichten een verscherping van de beoordeling van reststerkte mogelijk maakt. De inzichten zijn echter nog geenszins volledig uitgewerkt bij het tot stand komen van deze rapportage.

In hoofdstuk 2 worden uitbreidingen van de beschrijving van de onderlaag behandeld. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op reststerkte in het licht van de aangepaste inzichten in erosieprocessen en de aangetroffen opbouw van de onderlaag onder gezette steen. Hoofdstuk 4 bevat de beoordeling van de reststerkte voor de 11 locaties met een samenvatting van de daarvoor belangrijk geachte aspecten van de opbouw van de taluds. In hoofdstuk 5 wordt tenslotte een overzicht gegeven van een mogelijke aanpassing van de classificatie van onderlagen in samenhang met de dijkopbouw ten aanzien van reststerkte.

2 Opbouw van de onderlaag en dijkopbouw

De aanname over de opbouw van de onderlaag in GD [1994a], namelijk 0.8 m klei die een kern van zand bedekt, blijkt voor de 11 onderzochte locaties niet juist (zie GD [1995a]). Er is nergens een 0.8 m dikke klei-onderlaag onder de gezette steen aangetroffen. Er is eerder sprake van respectievelijk:

- een klei-aanvulling tot het huidige profiel op een ouder dijklichaam van klei, al dan niet met een zode-toplaag en met zandlagen
- een geherprofileerd ouder dijklichaam van voornamelijk klei met slechts her en der wat aanvullingen
- een klei-onderlaag van ongeveer 0.9 tot 1 m
- een klei-onderlaag van 0.5 tot 0.7 m dikte.

Gezien de waarnemingen in GD [1995a] dienen de aannamen over heterogeniteit te worden uitgebreid met respectievelijk:

- aanwezigheid van zeer stevige lagen (goed verdichte lagen) met een bijna massieve bodemstructuur (weinig of geen spleten) over grote delen van het profiel
- lagen met zeer hoge concentratie van graafgangen die daardoor zeer open zijn geworden
- aanwezigheid van oude palenrijen
- herstel van schade met losse grond, zand of klei, en puin of mijnsteen.

De beschrijving van zand-insluitingen en van rulle of losse grond kan nader worden gespecificeerd met onder andere:

- klei kluiten omgeven door zandig materiaal (als gevolg van het vergraven van grond bestaande uit afwisselend klei- en zandlaagjes) al dan niet verdicht
- klei-kluiten van 50 tot 150 mm met daartussen fijnere kluitjes en overig los materiaal (als gevolg van niet verdichten van aangebrachte klei)
- losse stapeling van klei- kluitjes van 10-30 mm (als gevolg van niet verdichten van aangebrachte klei).

In GD [1995a] wordt gesteld dat de hierboven beschreven verschijnselen vaak de variatie door verschillen in bodemvorming zullen overheersen beneden ongeveer 0-4 m beneden het oppervlak. Bij klei-onderlagen onder gras is de hierboven beschreven inhomogeniteit na verloop van tijd tot meer dan tenminste 0.5 m diepte door graafactiviteit en dergelijke gehomogeniseerd, wat

tot een duidelijk verschil in beide soorten onderlagen leidt. Ook is de stevigheid in de bovenste tenminste 0.5 m onder graszode op den duur niet meer afhankelijk van de dichtheid bij aanbrengen, terwijl voor een klei-onderlaag onder gezette steen de dichtheid bij aanbrengen tot tenminste enige tientallen jaren van invloed blijft. Bij het aanleggen van klei-onderlagen onder gezette steen dient daarom veel aandacht aan de verdichting en homogeniteit te worden geschonken.

3 Reststerkte en erosie-mechanismen

Er zijn sedert het rapport GD [1994a] nadere gegevens en inzichten ten aanzien van ontgrondingsmechanismen gekomen die voor het beoordelen van reststerkte van belang zijn (onder andere GD [1995b, 1995c]). Eerder is reeds onderscheid gemaakt in ontgroning van klei-grond in de vorm van brokken respectievelijk erosie door het geleidelijk slijten van het oppervlak [GD 1990]. Daarnaast kan geconstateerd worden dat ontgroning van een talud kan plaatsvinden door het verlagen van het taludoppervlak in de aangevallen zone, maar dat de ontgroning in de meeste gevallen voornamelijk plaatsvindt door het achteruitschrijden van een klif het talud in, hetgeen voor een belangrijk deel het effect van waterdrukken in het talud is [GD 1995b]. Het volgende kan daarbij opgemerkt worden, te weten:

- A Ontgroning door verticaal verdiepen van een ontgrondingskuil in de aangevallen zone is bij golven van 0.75 m alleen effectief voor losse en voor rulle grond of grond met fijne bodemstructuur (zoals de bovenste ongeveer 0.35 m van bijna alle klei onder gezette steen boven GHW). Verticaal verdiepen van een ontgrondingskuil treedt bij golven hoger dan 1 m slechts op indien er een goed herkenbare bodemstructuur aanwezig is (Deltagootproef reststerkte van klei-onderlagen) Deze bevindingen komen voort uit waarnemingen bij de Deltagootproeven [GD en WL 1993, GD 1994b] en voorlopige berekeningen aan de effecten van golfwerking op een intact talud. Bij golven van naar schatting ongeveer 2 m is nagenoeg geen verticale ontgroning opgetreden in stevige grond zonder duidelijke bodemstructuur zoals die vaak voorkomt in de zone beneden ongeveer 1+ GHW (schade havenhoofden Sloe-gebied bij Vlissingen). Het voorkomen van een stevige laag van dichte klei zal de verticale ontgroning bij golven van meer dan 1.0 m zeer sterk vertragen. Middels aanpassing en uitbreiding van de uitgevoerde modelberekeningen kan de nogal beperkte basis van de hierbovenstaande bevindingen worden verbeterd.
- B Door het opbouwen van een wateroverdruk in het talud als gevolg van golfwerking ontstaan er stabiliteitsproblemen als lokaal het oppervlak steil wordt zoals bij een erosiegat. Dit leidt tot het relatief snelle terugschrijden van de bovenwand van het gat zoals dat bij dijk-erosie vaak geconstateerd wordt. Zulk ontgraven volgens een min of meer verticale terugschrijdende wand (zie figuur 1) vindt plaats als de treksterkte van de grond waarin de klif is gevormd, geringer is dan de krachten die de gradiënten in waterspanning oproepen. Dit zal voor dichte kleigrond zonder bodemstructuur pas bij hoge golven het geval kunnen zijn (golven naar verwachting veel hoger dan 1 m). De voortgang van deze ontgroning reikt tot een diepte op ongeveer het niveau van het "run down" punt (onderste aangegeven waterdrukniveau in figuur 2). Deze ontgroning is het meest effectief als er nog golfloop over het min of meer intacte talud kan lopen: In het algemeen als rand van de klif beneden het niveau ligt tot waar de golfwerking tot drukopbouw in het talud leidt (bovenste drukkenniveau in figuur 2). Een stevige laag van beperkte dikte zal de voortgang van deze ontgroning slechts beperkt beïnvloeden

aangezien de laag dan relatief snel doorgraven kan worden en bij ondermijning afbreekt. Indien de laag zodanig dik en stevig is dat er geen erosiegat van enige diepte ontstaat, zal een dergelijke laag het verdiepen van het ontgrondingsgat verhinderen (als de laag ongeveer evenwijdig aan het talud loopt als in figuur 1). Deze bevindingen zijn voornamelijk gebaseerd op grove inschattingen. Middels aanpassing van de modelberekeningen in onder andere GD [1995b, 1995c] kunnen de effecten van golfwerking op klif-vormen in verschillende soorten worden nagegaan.

De reststerkte van een dijk wordt voor een groot deel bepaald door het dijklichaam zelf. In figuur 3 zijn een aantal configuraties weergegeven waarin in het dijklichaam een oud dijklichaam aanwezig is. De aanwezigheid van een oud dijklichaam van voornamelijk klei zal de reststerkte van de dijk aanmerkelijk hoger maken dan een dijklichaam van zand.

Op een aantal locaties is een oud dijklichaam in een deel van de onderlaag aangetroffen, terwijl elders in het profiel er kennelijk ten dele een zandaanvulling tussen de klei-onderlaag en de oude dijk betreft. Deze opbouw kan gemakkelijk leiden tot vlakke afschuiving als de klei-onderlaag is aangetast en als er een snelle daling van het buitenwaterniveau optreedt. Het is mogelijk dat deze afschuiving tot aanmerkelijke daling van het kruinniveau leidt. In dit rapport wordt dit verschijnsel niet in de beschouwing betrokken aangezien het geen betrekking heeft op de reststerkte van de onderlaag. Het verschijnsel zal daarom ook niet in de beoordeling van de reststerkte van de onderlaag worden betrokken.

4 Beoordeling van de reststerkte

In tabel 1 is een beschrijving van de onderlagen volgens de indeling in GD [1994a] gegeven, zoals die uit de beschikbare beschrijvingen GD [1995a] blijkt. De beoordeling van de reststerkte volgens deze tabel en de classificatie in GD [1994a] is in tabel 2 weergegeven.

Met de inzichten gegeven in hoofdstuk 3 en met inbegrip van de afwijkingen van de heterogeniteit beschreven in hoofdstuk 2 kan de volgende beoordeling van de reststerkte worden gegeven. In het volgende worden de locaties individueel behandeld. In tabel 3 is een overzicht van de geschatte reststerkte voor de bovenste ongeveer 0.8 m van de onderlaag gegeven, of voor de onderlaag indien die niet zeer dik was. Tabel 4 bevat een schatting van de reststerkte tot het ontstaan van een gat van een paar meter diepte, waarbij het effect van aanwezigheid van oude dijklichamen een rol speelt. Bij deze laatste tabel is geen rekening gehouden met de invloed van ondermijning van de stabiliteit door de dijkopbouw in die omstandigheden, waardoor het buitentalud instabiel kan worden.

Perkpolder West

De onderlaag is een 0.3 tot 0.5 m dikke aanvulling op een oud dijklichaam van nogal zandige kleigrond en waarvan de graszode goeddeels is verwijderd. Bovenaan het talud is de grond van het oude dijklichaam zeer stevig en dicht door verdichting bij het verbeteren, maar onderaan is de open structuur van grond onder graszode blijven bestaan. Bovendien komt onderaan het talud een sterk doorgraven laag voor als gevolg van het niet goed verdichten van de op de oude dijk aangebrachte grond. NB de monsters Perkpolder van de 1:1 modelproef in de Deltagoot [GD en WL 1992] komen van een hooggelegen positie op het talud en hebben dus een onderkant van zeer stevige dichte grond.

De reststerkte van de onderkant van het talud is veel geringer dan hoger op het talud. De aanwezigheid van een relatief goede homogene grond beneden ongeveer 0.4 m in de onderste helft van het talud zal de reststerkte bij lagere golven relatief wat hoger doen uitvallen dan in GD [1994a], aangezien deze inhomogeniteit de erosiebestendigheid zal verhogen. Hoger op het talud is de reststerkte voor golven hoger dan 1 m zeer hoog, zoals uit de Deltagootproef is gebleken. De aanwezigheid van het oude dijklichaam aansluitend op de onderlaag zal de reststerkte voor het buitentalud sterk verhogen, tenminste als blijkt dat de oude dijk voor een groot deel uit klei is opgebouwd.

Kruispolder

De onderlaag van ongeveer 0.7 m dikte bestaat grotendeels uit niet goed verdicht vaak heterogeen materiaal en ligt op zand, behalve aan de onderkant. Aan de onderzijde ligt aangebrachte grond op een oud dijklichaam waarvan de graszode slechts zeer ten dele is verwijderd en die een losgepakte structuur heeft met veel zachte klei.

De reststerkte van de onderlaag is relatief gering. Er zijn geen verschijnselen die erop duiden dat de reststerkte zal afwijken van wat volgt uit GD [1994a].

Oesterdam

Er is een klei-onderlaag van maximaal ongeveer 0.7 m dikte aangetroffen die aan de benedenzijde uitwigt over mijnsteen. De onderlaag bevat veel nogal dikke zandinsluitingen en heeft een bodemstructuur met veel wijde spleten.

De reststerkte van de onderlaag is relatief gering en is aan de benedenzijde zelfs voor lage golven nagenoeg afwezig.

Paulina Polder

Er is een klei-onderlaag van 0.9 m op zand aangetroffen. De onderlaag bestaat uit nogal zandig materiaal en is vooral hoger op het talud heterogeen. De onderlaag is grotendeels slecht verdicht.

De reststerkte van de onderlaag is relatief gering. Er zijn geen verschijnselen die erop duiden dat de reststerkte zal afwijken van wat volgt uit GD [1994a].

Thomas Polder

Hoger op het talud ligt de onderlaag direct op een oud dijklichaam en onderaan op zand. Onderaan het talud is de klei-onderlaag grotendeels erg zandig, hoger op het talud komen er goed verdichte lagen voor in de onderlaag en de bovenkant van het oude dijklichaam.

De aanwezigheid van relatief dichte lagen van een paar decimeters dikte zal de reststerkte ten opzichte van de schatting volgens GD [1994a] voor lagere golven verhogen. De reststerkte zal sterk worden beïnvloed door de aanwezigheid van het oude dijklichaam aansluitend op de onderlaag.

Poortenisse Polder Haringmanblokken

De klei-onderlaag is een deel van een geherprofileerd talud van een oud dijklichaam met hoger op het talud een bodemstructuur als van enige diepte onder gras, namelijk een nogal grove structuur. Lager op het talud komen resten van palenrijen in de onderlaag voor.

De reststerkte van de onderlaag zal gezien de grove bodemstructuur relatief hoog zijn in de schatting gebaseerd op GD [1994a], behalve voor hoge golven. De heterogeniteit van palenrijen heeft nagenoeg geen invloed op de reststerkte beneden GHW +1 m.

Poortenisse Polder Leendertse blokken

De klei-onderlaag is een deel van een geherprofileerd talud van een oud dijklichaam met hoger op het talud een bodemstructuur als van enige diepte onder gras, namelijk een nogal grove structuur. Lager op het talud komen resten van palenrijen in de onderlaag voor.

De reststerkte van de onderlaag zal gezien de grove bodemstructuur relatief hoog zijn in de schatting gebaseerd op GD [1994a], behalve voor hoge golven. De heterogeniteit van palenrijen heeft nagenoeg geen invloed op de reststerkte beneden GHW +1 m.

Calamiteuze Polder dp 31 West

Onderaan het talud ligt de onderlaag op een oud dijklichaam en hoger op het talud komt 0.7 tot 0.9 m klei op zand voor. De klei-onderlaag is in tenminste twee slagen aangebracht en is grotendeels weinig dicht; bestaat grotendeels uit enigszins opeengedrukte kleibrokken met veel zand en losse grond daartussen. De bovenkant van de eerste slag is hoger op het talud goed verdicht en vormt daar een stevige laag. De oude dijk in de bovenste 1.1 m bestaat uit een zeer dunne kleilaag met daaronder zand.

De reststerkte zal door het voorkomen van de oude dijk en de stevige laag bij lagere golven relatief hoog zijn in de schatting volgens GD [1994a]. Bij hogere golven zal de reststerkte echter weinig door deze lagen worden beïnvloedt.

Calamiteuze Polder dp 31 Noord

In de onderlaag is behalve bovenaan het talud een oud dijklichaam opgenomen. De aangebrachte grond, meer dan 1.1 m bevat enige sterk verdichte lagen gescheiden door slecht verdichte lagen, waarschijnlijk door het aanbrengen in slagen waarvan slechts de bovenste paar decimeters zijn verdicht.

Door de relatief stevige grond van het oude dijklichaam en de verdichte lagen is de reststerkte bij lagere golven aanmerkelijk hoger dan in de schatting volgens GD [1994a]. Voor hogere golven is het niet waarschijnlijk dat de reststerkte hoger zal uitvallen.

Waarde Polder

Er is een ongeveer 0.5 m dikke onderlaag op zand aangetroffen van zeer zandige grond die nabij de hoogwaterlijn zeer los is, waarschijnlijk door ontbreken van voldoende verdichting.

De reststerkte van deze laag zal gering zijn, ook in de schatting volgens GD [1994a].

Boone Polder

Er is een tot ongeveer 0.6 m dikke laag grond aangebracht op een oud dijklichaam. Deze grond is slechts plaatselijk verdicht en bevat veel graafgangen. De grond van het oude dijklichaam is echter wel dicht en stevig.

De reststerkte van de bovenste ongeveer 0.8 m van de onderlaag zal relatief hoog zijn ten opzichte van de schatting volgens GD [1994a] door de aanwezigheid van de stevige grond van de oude dijk onderin de onderlaag, behalve voor hoge golven.

De voorlopige beoordelingen van de reststerkte van de bovenste ongeveer 0.8 m voor de slechtste stukken van de 11 locaties leiden voor de volgende locaties tot relevant langere reststerkten, te weten:

- Perkpolder West: effect van stevige dichte oude dijk in onderlaag
- Thomaspolder: effect van verdichte, zij het zeer schrale, laag en oude dijklichaam
- Poortnisse Haringman: de heterogeniteit bestaat uit palen die de reststerkte niet nadelig beïnvloeden (GD 1991, schade Vlissingen Boulevard)
- Poortnisse Leendertse: de heterogeniteit bestaat uit palen
- Calamiteuze Noord: effect van zeer stevige lagen in het profiel
- Boone Polder: aanwezigheid van stevige grond van oud dijklichaam in bovenste 0.8 m.

5 Aanvullingen voor het beoordelen van reststerkte

Ten aanzien van het vaststellen van de reststerkte dienen de volgende omstandigheden onderscheiden te worden, te weten:

- **Klei-onderlaag op zand:**
soms zeer dun
regelmatig zeer inhomogeen met zandige en losgepakte lagen
regelmatig met verdichte lagen.
- **Klei-aanvulling op ouder dijklichaam:**
top oude dijklichaam kan sterk verdicht zijn en daardoor een zeer stevige laag vormen
top oude dijklichaam kan niet verdicht zijn en de toplaag ervan kan dan met puin, losse oude zodegrond en dergelijke gemarkeerd zijn.
- **Geherprofileerde oude dijk:**
vaak met palenrijen, schade-herstel plekken (zand, puin, rulle klei) en boven GHW met goed ontwikkelde bodemstructuur als van grastalud.
- **Variatie in opbouw langs talud:**
er bestaat op bijna al de locaties een grote variatie in materiaal en overige omstandigheden die de reststerkte kunnen beïnvloeden, onder andere door respectievelijk het profiel van het oude dijklichaam, het voorkomen van goed verdichte lagen dan wel juist zeer slecht verdichte plekken

Met het oog op deze laatstgenoemde omstandigheid moet worden vastgesteld of de reststerkte wordt gespecificeerd als de minimum reststerkte voor het gehele talud of voor delen daarvan en of het van belang is de bovenste ongeveer 1 m onafhankelijk van dieper gelegen componenten van de dijk te beoordelen.

In de beoordelingen in hoofdstuk 4 van dit rapport is uitgegaan van de schatting van de reststerkte van de zwakkere plekken in het talud. Het beoordelen van de reststerkte met inbegrip van de invloed van het oude dijklichaam daarop lijkt van groot belang: Enerzijds vanwege de bijdrage die de klei van de oude dijk levert aan de erosiebestendigheid, maar anderzijds omdat de opbouw van de ondergrond van het buitentalud er zodanig door beïnvloed kan worden dat de stabiliteit ondermijnd kan worden. In dit rapport is dat laatste echter niet beschouwd aangezien het naast de invloed van de klei-onderlaag staat. Het verdient echter aanbeveling om het effect van de opbouw van het buitentalud te onderzoeken met betrekking tot stabiliteit, aangezien er naar het zich laat aanzien regelmatig zodanige omstandigheden voorkomen dat bij bezwijken van de onderlaag of bij snelle daling van het buitenwater stabiliteitsverlies zal optreden wat de kruinhoogte van de dijk kan aantasten.

De aanname van homogene grond in GD [1994a] kan bijna nergens in bestaande klei-lagen worden toegepast. Het verdient aanbeveling om de effecten van verschillende soorten inhomogeniteit, met name van stevige lagen in de onderlaag te onderzoeken. Hiertoe is in eerste instantie een grondmechanische modellering nodig waarin de stevige lagen en het effect ervan op doorlatendheid en sterkte kan worden nagegaan.

De in dit rapport weergegeven schatting van de reststerkte van een groot aantal locaties is door met name de invloed van de aanwezigheid van een oud dijklichaam in de onderlaag sterk verhoogd ten opzichte van schattingen volgens het voorstel voor de Leidraad Toetsing [GD 1994a]. De aanwezigheid van stevige lagen, als gevolg van goed verdichten van aangebrachte grond kan de reststerkte zeker bij wat lagere golfhoogte aanmerkelijk vergroten.

Referenties

[GD 1991]

Beschouwingen over de reststerkte van een kleilaag onder steenzetting. Grondmechanica Delft rapport CO-318170/10 voor RWS DWW, Delft, 56 p.

[GD 1994a]

Voorstel voor de TAW Leidraad Toetsing, onderdeel: 2.2.3 Erosiebestendigheid onderlaag. Grondmechanica Delft rapport CO-340660/16 voor Dienst Weg-en Waterbouwkunde, Delft, 14 p.

[GD 1994b]

Meetverslag grastaludproeven. Grondmechanica Delft rapport CO-334430/17 voor RWS DWW, 21 p.

[GD 1995a]

Bodemgesteldheid onder gezette steen op Nederlandse dijken. Grondmechanica Delft rapport CO-346150/32 voor Dienst Weg-en Waterbouwkunde, Delft, 134 p.

[GD 1995b]

Reststerkte van dijkbekledingen: Deel V modelleren van reststerkte klei. Grondmechanica Delft Rapport A2.95.27 voor RWS DWW, Delft, 32 p.

[GD 1995c]

Analyse van deltagootproeven op een grastalud. Grondmechanica Delft rapport voor RWS-DWW (in voorbereiding).

[GD en WL 1992]

Reststerkte van dijkbekledingen, stabiliteit van steenzettingen en klei-onderlaag: Deel III Meetverslag Deltagoot-onderzoek juni 1992. Grondmechanica Delft en Waterloopkundig Laboratorium rapport TAW A2 A2.93.27 voor RWS DWW, Delft, 35 p.

BIJLAGEN

Tabel 1: Beschrijving volgens tabel in GD [1994a]

locaties	beneden 1+			boven 1+			NB
	erosie cat.	hoeda-nigheid	steen no.s	erosie cat.	hoeda-nigheid	steen no.s	
Perkpolder West	m-g	het	1-2	m-g	het	3-19	deltagoot-monsters hoger dan steen 15
Kruispolder	g	het	1-2	m-g	het	3-20	
Oesterdam	w-g	het	7-8	g	het	8-16	zeer slecht rij 7-9
Paulina Polder			n.v.t.	w-m	het	1-11	
Thomaspolder			n.v.t.	m-g	het	1-6	
Poortnisse Haringman	g	het	1-2	g	hom	3-5	heterogeniteit van palen van oude versterking
Poortnisse Leen	g	het	1-5	g	hom	6-13	
Calamiteuze West			n.v.t.	m-g	het	1-19	
Calamiteuze Noord			n.v.t.	m-g	het	1-19	
Waarde polder	w-m	het	1-11	w-m	het	12-13	
Boone polder	g	het	1-5	g	het	5-8	

Tabel 2: Beoordeling volgens tabel in GD [1994a] met condities als in tabel 1

locaties	positie < GHW +1m			positie > GHW +1m		
	golfhoogte			golfhoogte		
	0.3-0. 7	0.7-1. 2	>1.2	0.3-0. 7	0.7-1. 2	>1.2
Perkpolder West	3-6	3	<3	3-6	<3	<3
Kruispolder	3-6	3-6	<3	3-6	<3	<3
Oesterdam	3-6	<3	<3	3-6	<3	<3
Paulina Polder	n.v.t.			3-6	<3	<3
Thomaspolder	n.v.t.			3-6	<3	<3
Poortennis Haringman	3-6	3-6	<3	6-12	<3	<3
Poortennis Leen	3-6	3-6	<3	6-12	<3	<3
Calamiteuze West	n.v.t.			3-6	<3	<3
Calamiteuze Noord	n.v.t.			3-6	<3	<3
Waarde polder	3-6	<3	<3	3	<3	<3
Boone polder	3-6	3-6	<3	3-6	<3	<3

Tabel 3: Beoordeling van de reststerkte met inbegrip van enige aanpassingen ten opzichte van de tabel in GD[1994a]. Het betreft een eerste benadering van de reststerkte in uren van de bovenste ongeveer 0.8 m van het slechtste stuk van het talud met inbegrip van het aangenomen effect van stevige lagen

locaties	golfhoogte [m]			ligging slechtste
	0.3-0.7	0.7-1.2	>1.2	
Perkpolder West	8	6	1-2	3.3 - 4.9
Kruispolder	4.5	2	1-2	3.3 - 5.9
Oesterdam	4	2	1-2	2.5 - 3.6
Paulina Polder	4	2	1-2	3.0 - 4.4
Thomaspolder	6	2	1-2	3.0 - 3.7
Poortnisse Haringman	12	3	1-2	2.8 - 3.1
Poortnisse Leendertse	12	3	1-2	2.2 - 3.0
Calamiteuze West	6	3	1-2	4.4 - 5.6
Calamiteuze Noord	12	5	1-2	3.4 - 4.4
Waarde polder	4	1	1-2	1.5 - 3.1
Boone polder	12	3	1-2	2.5 - 3.4

Tabel 4: Beoordeling reststerkte bij golven van 1.2 tot ongeveer 2 m indien de aanwezigheid van een oud dijklichaam in de reststerkte wordt betrokken en de duur tot ontgroning van veel meer dan 1 m diepte wordt geschat. Hierin is niet betrokken het effect van de dijkprofielopbouw op de stabiliteit van het buitentalud

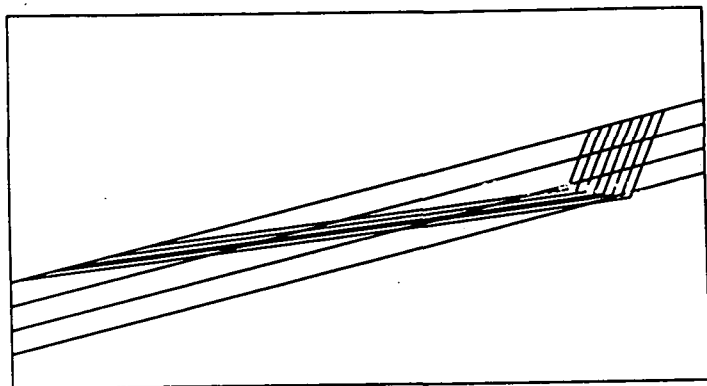
locatie	duur	opmerkingen	maatgevende golfhoogte
Perkpolder West	> 24	stevige toplaag, oude klei dijk	1.6
Kruispolder	1-2	dunne slechte onderlaag	1.8
Oesterdam	1-2	dunne slechte onderlaag	1.6
Paulina Polder	1-2	matige onderlaag	1.8
Thomas Polder	> 24	oude dijk en stevige lagen	1.85
Poortnisse Haringman	> 24	oude klei dijk	0.8
Poortnisse Leendertse	> 24	oude klei dijk	0.8
Calamiteuze West ¹⁾	3-6	dikke onderlaag met stevige lagen	2.4
Calamiteuze Noord ²⁾	> 24	oude klei dijk en stevige lagen	2.6
Waarde Polder	1	slechte zeer dunne onderlaag	1.5
Boone Polder	> 24	oude klei dijk	< 1.0

opmerkingen:

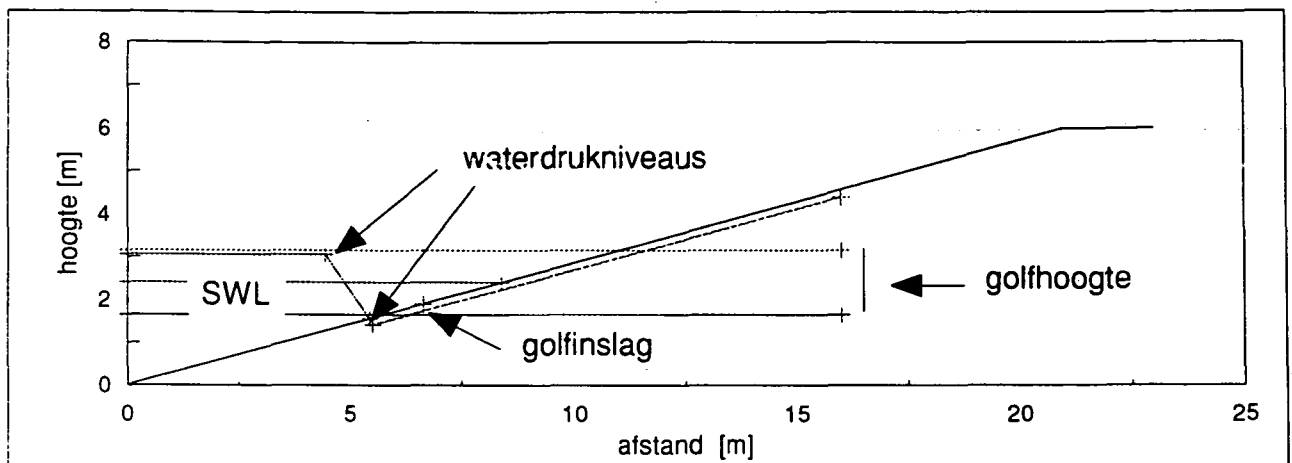
¹⁾ de verhoogde bestaande dijk bestaat uit een zandkern met een slechts relatief dunne klei-bekleding (deze opbouw is ongunstig met betrekking tot stabiliteit)

²⁾ de verhoogde bestaande dijk bestaat uit een zandkern met een dikke klei-bekleding (deze opbouw is ongunstig met betrekking tot stabiliteit). Er wordt bij de schatting van de reststerkte vanuit gegaan dat de oude dijk voor een groot deel uit klei bestaat.

Figuur 1: Ontgraving door het terugschrijden van een klif. Het terugschrijden van de klif gaat verlopen veel sneller dan de verticale erosie. Dit proces verklaard de meestal waargenomen vorm van de erosieschade aan dijken.

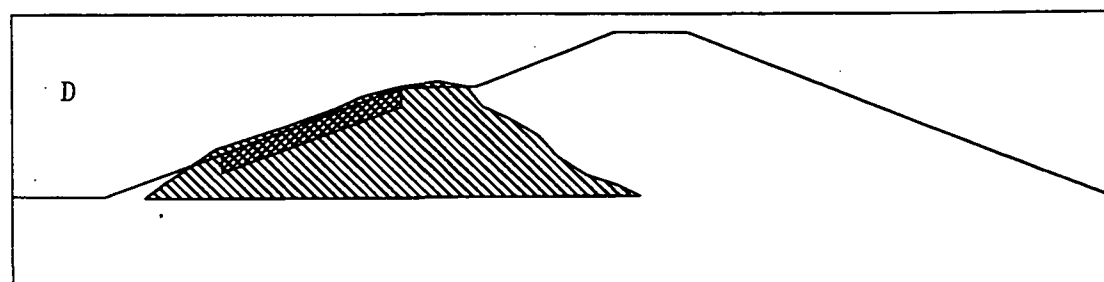
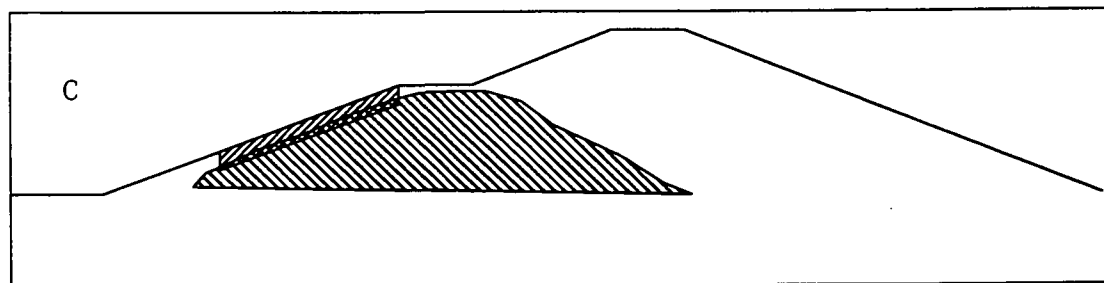
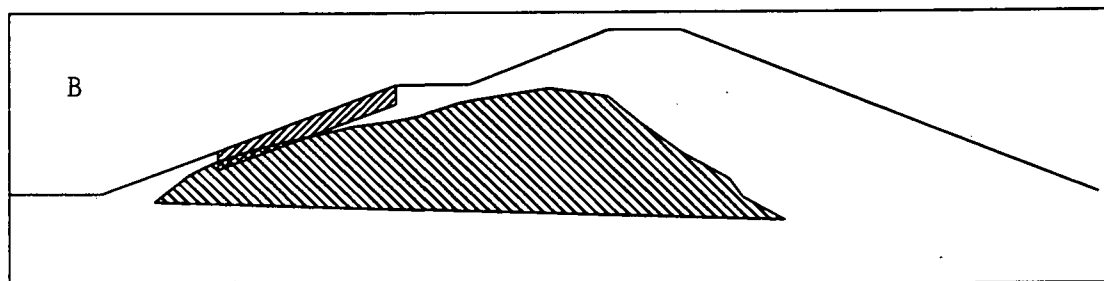
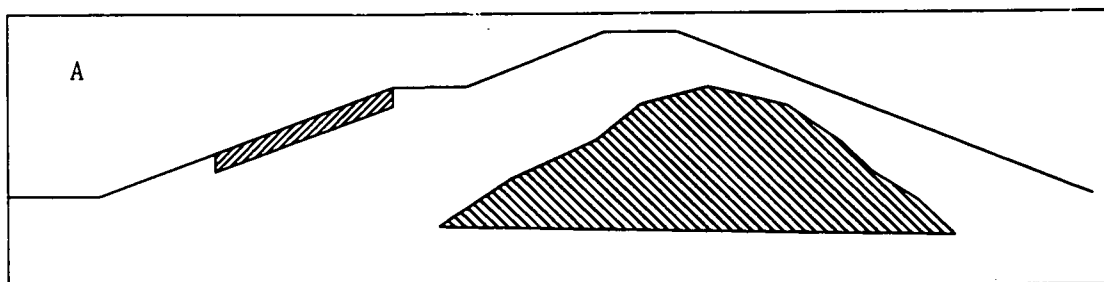


Figuur 2: Schematisatie van golfwerking op een talud. De doorgetrokken lijnen geven aan tot waar ontgroning door terugschrijden van een klif effectief is bij constant stilwater-niveau



Figuur 3: Voorbeelden van dijkopbouw

- A Klei-onderlaag op zand
- B Oud dijklichaam dat deels in de onderlaag is verwerkt
- C Oud dijklichaam dat integraal deel van de onderlaag uitmaakt
- D Oud dijklichaam dat als onderlaag fungeert.



Stieltjesweg 2
Postbus 69, 2600 AB Delft
Telefoon 015 - 69 35 00
Telefax 015 - 61 08 21