

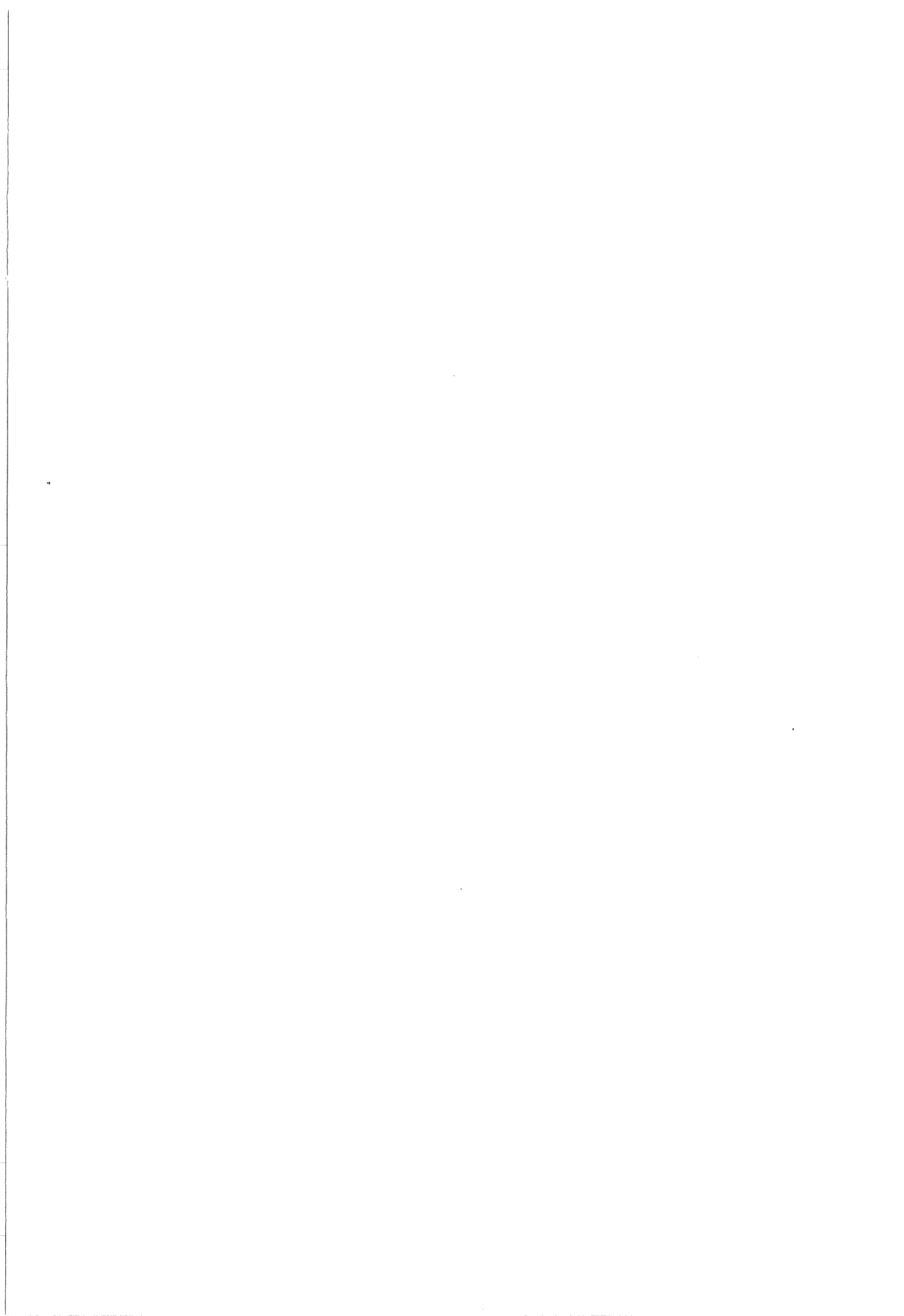


VAKGROEP
WATERBOUWKUNDE
Afd. Civiele Techniek
TH Delft

Beperking van kwel bij dijken
middels kwelschermen

ir.G.J. Flórián
april 1981
nr.13780401

Bibliotheek



Inhoud

Hoofdstuk

0. Inleiding
1. Stabiliteit
2. Waterdicht scherm
 - 2.a. Dijklichaam met goed doorlatende lagen
 - 2.b. Slecht doorlatend grondpakket op relatief dikke zandlaag
 - 2.c. Zandtussenlaag in de ondergrond
3. Technische mogelijkheden
 - 3.1. Kwelscherm in een gegraven sleuf
 - 3.2. Verdringingsconstructies
 - 3.3. Geïnjecteerd scherm
4. Toepassing bij dijkverzwaring
5. Gevolgen op de omgeving

Tabel 1 °

Bijlagen



0. Inleiding

Functioneel gezien is een rivierdijk bij voorkeur een waterkering. De maatgevende belasting ontstaat tijdens hoge afvoeren op de rivier. In het kader van de verbetering van de rivierdijken is van verschillende kanten naar voren gebracht het toepassen van bijzondere constructies, zoals verticale, waterdichte schermen in de dijk om daarmee te trachten ingrijpende veranderingen in de bestaande landschappelijke situatie te omzeilen.

Om het probleem in zijn algemeenheid te kunnen overzien, moet eerst - al is het maar in het kort - worden ingegaan op de vraag waarom de soms werkelijk ingrijpende maatregelen nodig zijn bij de verbetering van de dijken. Pas dan kan afgewogen worden of ook andere, voor het landschap minder ingrijpende oplossingen tot technisch gelijkwaardige resultaten kunnen leiden.

Gelet op de situatie langs de rivierdijken, is het dus van belang te weten hoe het met de stabiliteit van het huidige dijkprofiel is gesteld. Blijkt dit onvoldoende te zijn, dan komt de vraag: wat moet eraan worden gedaan om de vereiste veiligheid (stabiliteit) te verkrijgen.

1. Stabiliteit

Fig. 1 geeft een dwarsdoorsnede van een rivierdijk op een veel voorkomende ondergrond. Bij het onderzoeken van de stabiliteit van het dijklichaam wordt gezocht naar het meest ongunstige glijvlak (veelal cirkelvormig). De standzekerheid wordt geleverd door de schuifweerstand in het glijvlak.

$$\tau = c' + (\sigma_g - u) \operatorname{tg} \varphi' \quad (1)$$

$$\sigma_k = \sigma_g - u \quad (2)$$

Hierin zijn:

τ : schuifweerstand

c' : cohesie van de grond

σ_k : korrelspanning loodrecht op het schuifvlak

σ_g : grondspanning loodrecht op het schuifvlak

u : waterspanning in het schuifvlak

φ' : hoek van inwendige wrijving van de grond

Is de schuifweerstand van de grond kleiner dan de door de externe krachten (aandrijvend moment) gemobiliseerde schuifspanningen, dan zal de dijk onder invloed van deze spanningen bezwijken.

Bij normale rivierstanden verloopt de korrelspanning langs het ingetekende glijvlak volgens de getrokken lijn. Bij hoge rivierstanden ontstaat via de zandondergrond een sterke waterstroming vanuit de rivier naar de polder. De stijghoogte (potentiaal) van het grondwater aan de grens van de slecht doorlatende afdeklaag en zandondergrond is met punt-streeplijn ingetekend. De grondwaterstand is gelijk gesteld aan de maaiveldhoogte. Onder invloed van dit potentiaalbeeld ontstaat onder en achter de dijk een naar boven gerichte waterstroming. Het gevolg hiervan is dat de waterspanningen op den duur ook in het afdekkend pakket sterk zullen stijgen (zie detail van fig. 1) en de freatische lijn in de dijk extreem hoog zal worden opgedrukt. De schuifweerstand van de grond is volgens vergelijking (1) recht evenredig met de korrelspanning σ_k . Door wijziging van de waterspanning (verloop van de rivierstand) is de stabiliteit van een dijk dus voortdurend aan het veranderen en het wordt kritiek op het moment dat de maximale waterspanningen zijn bereikt. Bij de beoordeling van de stabiliteit van een dijk wordt derhalve uitgegaan van deze maatgevende situatie.

Het verloop van de korrelspanning in de maatgevende situatie is in fig. 1 met stippellijn ingetekend. Het verschil in korrelspanning geeft een duidelijk beeld over de invloed van de waterspanning op de stabiliteit van de dijk. Blijkt de schuifweerstand in de maatgevende situatie onvoldoende te zijn om evenwicht te houden met de aandrijvende krachten, dan zijn maatregelen nodig om de stabiliteit van de dijk te verbeteren.

Het ligt in de lijn dat in dit verband in eerste instantie wordt gedacht aan maatregelen die de korrelspanning op de juiste wijze kunnen verhogen. Principieel kan dit bereikt worden door het verhogen van de gronddruk (steunberm), door beperking van de toename van de waterspanningen (waterdichte constructies) of door de combinatie van deze twee.

2. Waterdicht scherm

Nu de noodzaak en achtergronden van de dijkverbeteringswerken in grote lijnen zijn toegelicht, kan de aandacht worden gevestigd op de toepasbaarheid van waterdichte schermen (kwelscherm).

Zoals reeds werd gesteld, moet het effect van waterdichte constructies

worden gezocht in de vermindering van de waterspanningen. Gelet op de constructie van de dijk en de geologische opbouw van de ondergrond, kan t.a.v. de toepasbaarheid van waterdichte constructies de volgende indeling worden gemaakt:

2.a. Dijklichaam met goed doorlatende grondlagen

Door de wijze waarop de oude dijken werden gebouwd, is in alle dijkprofielen een zekere gelaagdheid te herkennen. De dijken werden vanouds veelal ook als verbindingswegen gebruikt en daarvoor voorzien van een of andere eenvoudige verharding (grind, puin e.d.). Bij het ophogen van de dijk werd de verharding ook vernieuwd. Fig. 2 geeft een geschematiseerde doorsnede van zo'n dijk. Functioneel is een dergelijke constructie ideaal zolang het water door een goede buitenbekleding (klei) moeilijker in de dijk kan treden dan het aan de binnenkant kan worden afgevoerd. Bij beschadiging van het buitentalud (afschuiving, door ongedierte gegraven gangen en holen e.d.) kan een directe weg naar de beter doorlatende kern ontstaan. Hierdoor kan de waterspanning in de dijk snel oplopen en gevaar van stabiliteitsverlies voor het binnentalud ontstaan.

Is een dergelijke situatie voorhanden en de kans op beschadiging van het buitentalud reëel aanwezig, dan kan als een goed alternatief voor de verbetering van de dijk het toepassen van een verticaal, waterdicht scherm in overweging worden genomen.

2.b. Slecht doorlatend grondpakket op een relatief dikke zandlaag

Het meest voorkomende geologische profiel langs de rivieren is een semi-permeabele laag, rustend op een watervoerend zandpakket. In dwarsprofiel is een dergelijke situatie in fig. 3 aangegeven. De dikke watervoerende zandlaag (tientallen meters dik) staat rechtstreeks in contact met de rivier. Om bij een dergelijke geologische opbouw van de ondergrond een waterdicht scherm effectief te kunnen toepassen, zou dit nagenoeg de gehele zandlaag moeten afsnijden van de rivier. Dit blijkt duidelijk uit de grafiek van fig. 3. Hoewel technisch een dergelijke constructie best te maken zou zijn, lijkt dit wegens de problemen tijdens de uitvoering (brede werkstrook, zwaar materieel) zeker niet aantrekkelijk, nog afgezien van de kosten.

2.c. Zandtussenlaag in de ondergrond

Langs de rivieren komen ook situaties voor, waarbij in het holocene semi-permeabele pakket zandlagen (geulen) zijn afgezet.

Fig. 4 laat dit in een dwarsprofiel zien. Het ligt voor de hand dat in zo'n situatie de verbetering van de stabiliteit ook gezocht kan worden in het afsluiten van de ingesloten zandlaag. Hierbij is uiteraard ook van belang dat de betreffende laag naar de polder op een natuurlijke dan wel kunstmatige wijze gedraineerd wordt. Het effect van een waterdicht scherm op de waterspanningen is in fig. 4 eveneens ingetekend.

Samenvattend kan gesteld worden, dat het toepassen van verticale waterdichte constructies alleen voor de situaties 2.a. en 2.c. in aanmerking kunnen komen. In het vervolg zullen deze twee gevallen nader worden uitgewerkt, met name de constructieve aspecten van dergelijke constructies.

3. Technische mogelijkheden

De verschillende systemen voor het maken van kwelschermen zijn in grote lijnen in drie groepen te verdelen:

- ingegraven constructies
- verdringingsconstructies
- geïnjecteerde schermen

3.1. Kwelscherm in een gegraven sleuf

3.1.a. Constructieve aspecten

Kenmerkend voor deze constructie is, dat de uitgegraven grond vervangen wordt door een waterdicht (semipermeabel) materiaal. Tijdens het ontgraven speelt de stabiliteit van de sleuf een belangrijke rol, terwijl in de fase van het aanvullen (aanbrengen van het waterdichte scherm) de zekerheid t.a.v. een blijvende waterdichtheid van belang is.

De stabiliteit van een open sleuf wordt bepaald door de toelaatbare taludhelling, die uit grondmechanische berekeningen volgt. Bij het ontgraven van de sleuf t.b.v. het kwelscherm is veelal ook een bemaling (bij voorkeur horizontale bronbemaling) nodig. In bijzondere gevallen kan zelfs een spanningsbemaling nodig zijn om de stabiliteit van de sleufbodem en van de taluds te kunnen behouden. Fig. 5 geeft een overzicht van de inrichting van een open sleuf.

Wordt de vereiste ontgravingsdiepte groter, dan is wegens ruimtebeslag en de bemalingsproblemen een open sleuf met vrijstaande taluds minder aantrekkelijk. In zo'n geval kan het ontgraven en aanvullen tussen tijdelijke stalen damwanden (fig. 6) worden overwogen. De vereiste sterkte van de

damwand is afhankelijk van de kerende hoogte (sleufdiepte), de grondwaterstand en de grondeigenschappen. De breedte van de sleuf wordt bepaald door de afmetingen van de graafmachine en door de benodigde ruimte om de sleuf naar behoren te kunnen aanvullen. Daar de damwand de watervoevende laag doorsnijdt, stelt de bemaling meestal geen hoge eisen.

Een goed alternatief voor de tijdelijke damwandconstructie is het ontgraven van de sleuf met gebruikmaking van een steunvloeistof: stelsel "slurry trench". Hierbij wordt de sleufwand gesteund door de hydrostatische druk van de steunvloeistof (dikspoeling). Fig. 7 laat de grondspanningen en de vloeistofdruk in onderlinge relatie zien. In eerste instantie is vereist, dat de hydrostatische druk van de steunvloeistof σ_{vl} hoger is dan de actieve gronddruk σ_a aan de sleufwand. Daar een vloeistof geen schuifspanningen kan opnemen is bovendien nog van belang, dat aan de wand een effectieve filterkoek wordt afgezet, waarover zich een drukverschil (Δp), groter dan de actieve korrelspanning kan ontwikkelen om het korrelskelet te ondersteunen.

Uit fig. 8 blijkt, dat bij een horizontale steundruk welke kleiner is dan σ_a , de grensspanning wordt overschreden en het korrelskelet bezwijkt. Er moet dus een stevige en dunne filterkoek worden gevormd met een geringe doorlatendheid om de stabiliteit van de wand bij een zo gering mogelijk vloeistofverlies te verzekeren. Het e.e.a. stelt hoge eisen aan de rheologische eigenschappen van de dikspoeling.

De gewenste overdruk in de sleuf kan worden bereikt door een relatief groot niveauverschil t.o.v. de grondwaterstand (lijn 1 van fig. 7) of door het verzwaren van de vloeistof (lijn 2 van fig. 7). Het verzwaren van de vloeistof stelt hoge eisen aan de tixotropie van de vloeistof. Immers, tijdens stilstand mogen de zware deeltjes ook niet uitzakken.

3.1.b. Afdichtingsmateriaal

Zoals reeds gezegd, moet een kwelscherm in een waterkering voldoende zekerheid waarborgen t.a.v. de waterdichtheid en tevens een stabiele constructie vormen met de dijk. In dit verband zijn dus een aantal aspecten te noemen, die bepalend zijn voor de keuze van het afdichtingsmateriaal en de beoordeling daarvan.

Daar de verscheidenheid in afdichtingsmaterialen zeer groot is, kan dit onderwerp slechts in zijn algemeenheid worden behandeld en ook alleen in relatie tot een gegraven sleuf. Concrete gevallen zullen aan de hand van deze algemene beschouwing kunnen worden beoordeeld.

Uitgegaan wordt van een sleuf met verticale wanden.

In fig. 9 zijn de relevante grondspanningen opnieuw uitgezet. Voor een goed kwelscherm is van belang, dat het afdichtingsmateriaal de horizontale gronddrukken in evenwicht houdt. Bij een normaal geconsolideerde ondergrond, zoals dat in de holocene afzettingen van het rivierengebied het geval is, betekent e.e.a. dat $\sigma_a < \sigma_h < \sigma_n$ moet zijn. Immers, als de horizontale druk in het afdichtingsmateriaal (σ_h) kleiner is dan de actieve gronddruk (σ_a), dan kan het kwelscherm uitgeknepen worden. Is daarentegen de horizontale druk van het afdichtingsmateriaal groter dan de neutrale gronddruk (σ_n) dan wordt het grondmassief met een extra horizontale druk belast. De hierbij optredende vervormingen kunnen het uitzakken van het kwelscherm tot gevolg hebben. Bij een kwelscherm door de dijk kan een dergelijke discontinuïteit in de horizontale gronddruk zelfs de stabiliteit van het dijklichaam in gevaar brengen.

Naast de horizontale druk (vol. massa) speelt de consistentie van het afdichtingsmateriaal ook een rol. Immers, een kwelscherm behoort te eindigen in een slecht doorlatend grondpakket. In het algemeen zijn deze lagen jonge afzettingen en als zodanig hebben zij een klein draagvermogen. Dit betekent, dat het gewicht van het kwelscherm gedragen moet kunnen worden door kleef in de doorsneden grondlagen. Dit is alleen mogelijk als het kwelscherm inwendige wrijving bezit of een zodanige samenhang (cohesie) heeft dat het zijn eigen gewicht kan dragen. Materialen die zich tijdelijk of op de lange duur als vloeistof gedragen (ter plaatse gestort beton, bitumineuze materialen e.d.) moeten bij het aanwenden als verticaal scherm uiterst kritisch worden beoordeeld.

Hierbij wordt tevens opgemerkt, dat een kwelscherm in de vorm van een betonnen diepwand (al of niet gewapend) als een constructievreemd element moet worden beschouwd. De sterkte- en vervormingseigenschappen van beton verschillen zoveel van die van de grond, dat het zonder bijzondere maatregelen (dilatatievoegen e.d.) onmogelijk is de werkelijke spanningsverdeling in en onder de dijk met enige zekerheid te berekenen.

Wordt daarentegen een relatief slappe betonconstructie toegepast, dan zullen scheuren ontstaan, die het effect van het kwelscherm eveneens onberekenbaar maken.

Gelet op de mechanische eigenschappen van de grond moet zonder meer duidelijk zijn, dat de eisen t.a.v. het afdichtingsmateriaal als volgt zijn:

- het moet zich gedragen als een „grondmechanisch materiaal”
- het moet blijvend waterdicht zijn.

Het in dit licht bezien meest ideale materiaal voor een kwelscherm in waterkeringen is een aggregaat van vaste korrels, waarbij de holle ruimten tussen de korrels (poriënruimten) zijn gevuld met een waterafsluitend materiaal, zoals in fig. 10 is weergegeven.

In de laatste tijd wordt ook kunststoffolie als kwelscherm steeds meer aangewend. Veelal in tijdelijke constructies. De bijzondere eigenschappen van de kunststoffolies worden in dit kader buiten beschouwing gelaten. Volstaan wordt met de opmerking dat de duurzaamheid, de lasbaarheid en het sterktegedrag de voornaamste punten van overweging moeten zijn. Het verwerken van een kunststoffolie op het talud van een gegraven open sleuf of in een op te werpen grondlichaam is zeer goed mogelijk. Het aanbrengen van een verticale folie in een sleuf is ook mogelijk geworden door gebruikmaking van diepdraineermachines. Met de zwaarste machines is een sleufdiepte van ca. 5,0 m bereikbaar geworden. Hierbij wordt echter opgemerkt, dat een op deze wijze ontgraven sleuf een te grote relaxatie van de grond veroorzaakt. Het gevolg hiervan is, dat langs de sleuf belangrijke verzakkingen kunnen ontstaan, die in de folie ongewenste en onberekenbare spanningen kunnen veroorzaken. Dit kan enigszins worden opgevangen door te proberen de sleuf aan te vullen. Gezien echter de beschikbare ruimte (sleufdiepte) en de sleufbreedte, kan hiervan niet veel worden verwacht.

Fig. 11 laat genoemde bezwaren nader zien. Gewezen moet worden op de problemen met betrekking tot de waterdichtheid, die kunnen ontstaan aan de onderkant van het kwelscherm.

3.2. Verdringingsconstructies

Voor het afsluiten van een watervoerende laag kunnen ook constructies worden toegepast, waarbij het waterdichte element d.m.v. heien of trillen in de grond wordt gebracht. De meest voor de hand liggende en als zodanig ook de meest gangbare waterdichte constructie van dit soort is de stalen damwand. Daar de damwandplanken door middel van sloten aan elkaar worden gekoppeld is de waterdichtheid van een dergelijke wand vrij goed te noemen. Opgemerkt moet worden, dat vooral bij zwaar heiwerk een damplank wel eens uit het slot kan lopen, waardoor de waterdichtheid van de wand in twijfel wordt gebracht.

Een kwelscherm heeft alleen de functie van grondwaterkering. Uit dien hoofde kan de damwand vrij licht van constructie zijn. Er zijn dan ook voorbeelden bekend, waarbij - weliswaar voor een tijdelijke constructie - zeer lichte profielen met behulp van speciaal gereedschap in de grond werden gebracht. Voor meer permanente constructies wordt gewezen op de eisen t.a.v. de duurzaamheid van de damwand, waardoor de afmetingen van de wand mede worden bepaald.

Daar een stalen damwand een beperkte levensduur heeft zal de dijkbeheerder er te allen tijde rekening mee moeten houden, dat na verloop van tijd zo'n scherm vernieuwd moet worden.

Damplanken van hout en van beton zijn voor waterdichte schermen ongeschikt door het ontbreken van een onderlinge waterdichte koppeling tussen de planken.

3.3. Geïnjecteerd scherm

3.3.a. Chemische injectie

Een vloeistof met als hoofdbestanddeel waterglas wordt onder aangepaste druk, door middel van een injectielans in de watervoerende laag gebracht. De eigenschappen van de vloeistof, zoals viscositeit en oppervlakte-spanning zijn zodanig gekozen, dat het water uit de poriën wordt verdreven. Na "verharding" van de vloeistof ontstaat een waterdicht scherm. In fig. 12 wordt schematisch het aanbrengen van een dergelijk kwelscherm weergegeven. Terwille van de waterdichtheid moeten de geïnjecteerde grondmotten goed op elkaar aansluiten. Het injecteren in twee rijen met een zekere mate van overlap is dan ook geen overbodige luxe.

3.3.b. Klei-cement injectie

Het verschil met de voorgaande methode is, dat een klei-cement suspensie niet in staat is om het water uit de poriën van de watervoerende laag te verdringen. Vandaar dat de klei-cement slurry in een kunstmatig gemaakte ruimte wordt geperst. De vorm en afmetingen van het gereedschap bepalen het eindresultaat.

Fig. 13 laat het principe van het aanbrengen van het klei-cement scherm zien. Een stalen profiel wordt in de grond getrild. Tijdens het trekken wordt de gevormde ruimte onder hoge druk gevuld met de klei-cement suspensie. Er wordt naar gestreefd om een zekere mate van overlapping te bereiken, waardoor een grotere zekerheid ontstaat t.a.v. de waterdichtheid van het

scherm. Ten aanzien van de eigenschappen van de klei-cement suspensie geldt, hetgeen al eerder in hfdst. 3.1.b. is gezegd, nl. dat het moet reageren als een grondmechanisch materiaal (niet te slap en niet te bros). Dit systeem is in wezen een combinatie van de methoden 1 en 2. Een door verdringing verkregen "sleuf" wordt gevuld met een waterondoorlatend materiaal.

4. Toepassing bij dijkverzwaring

Het effect van een kwelscherm op de stabiliteit van een dijk wordt bepaald door externe factoren (geologische opbouw van de ondergrond, samenstelling van de dijk e.d.).

Ten aanzien van de toepasbaarheid daarentegen spelen constructieve overwegingen een rol. Materiaalkeuze, uitvoeringsaspecten en het gedrag van het kwelscherm in relatie tot het dijkmateriaal en de ondergrond zijn ook bepalend voor het doeltreffend functioneren van de constructie.

Er zijn dus vele factoren die bij de beslissing t.a.v. de toepassing en bij de keuze van een kwelscherm in overweging worden genomen.

Voordat de keuze van een kwelscherm aan de orde kan komen moet er voldoende zekerheid zijn t.a.v. het te verwachten effect. Zoals reeds uiteengezet, is de toepasbaarheid van een kwelscherm beperkt tot die gevallen, waarbij watervoerende zandlagen in of onder de dijk afgesneden kunnen worden van de rivier. Of een dergelijke situatie zich voordoet moet telkens uit het grondonderzoek blijken.

Is de grondgesteldheid zodanig, dat de toepassing van een kwelscherm in overweging kan worden genomen, dan is te allen tijde een verantwoorde constructie te bedenken. De keuze moet echter resulteren in een stabiele constructie. Het woord "stabiel" staat in dit verband voor twee begrippen. De constructie moet namelijk in zijn totaliteit (dijk en kwelscherm) overeind blijven, en het kwelscherm moet ook in de tijd gezien een blijvende waterdichtheid verzekeren.

Fig. 14 laat het effect zien van een kwelscherm in een dijk.

In de oude toestand is de stabiliteit van het binnentalud in gevaar door een ontoelaatbare kwel door de dijk. Na het aanbrengen van het kwelscherm (nieuwe situatie) is genoemd probleem opgelost. Echter kan het water, dat nog steeds even gemakkelijk in de dijk treedt, nu niet meer door de dijk worden afgevoerd. Het gevolg hiervan is, dat bij een snelle val van de rivier al het opgesloten water langs het buitentalud eruit moet, waardoor nu de stabiliteit van het buitentalud in gevaar wordt gebracht.

Uit dit voorbeeld blijkt, dat een "oplossing" gelijktijdig ook een "gevaar" kan zijn voor de stabiliteit van een dijk.

Dat de keuze van het afdichtingsmateriaal ook niet zonder invloed is op de stabiliteit van de dijk en voor de duurzaamheid van de constructie, mag uit de beschouwingen van hoofdstuk 3.1.b. blijken.

Tabel 1 geeft een overzicht van de technische mogelijkheden en enkele relevante informatie bij de keuze van een kwelscherm in relatie tot dijkverzwaringen.

5. Gevolgen op de omgeving

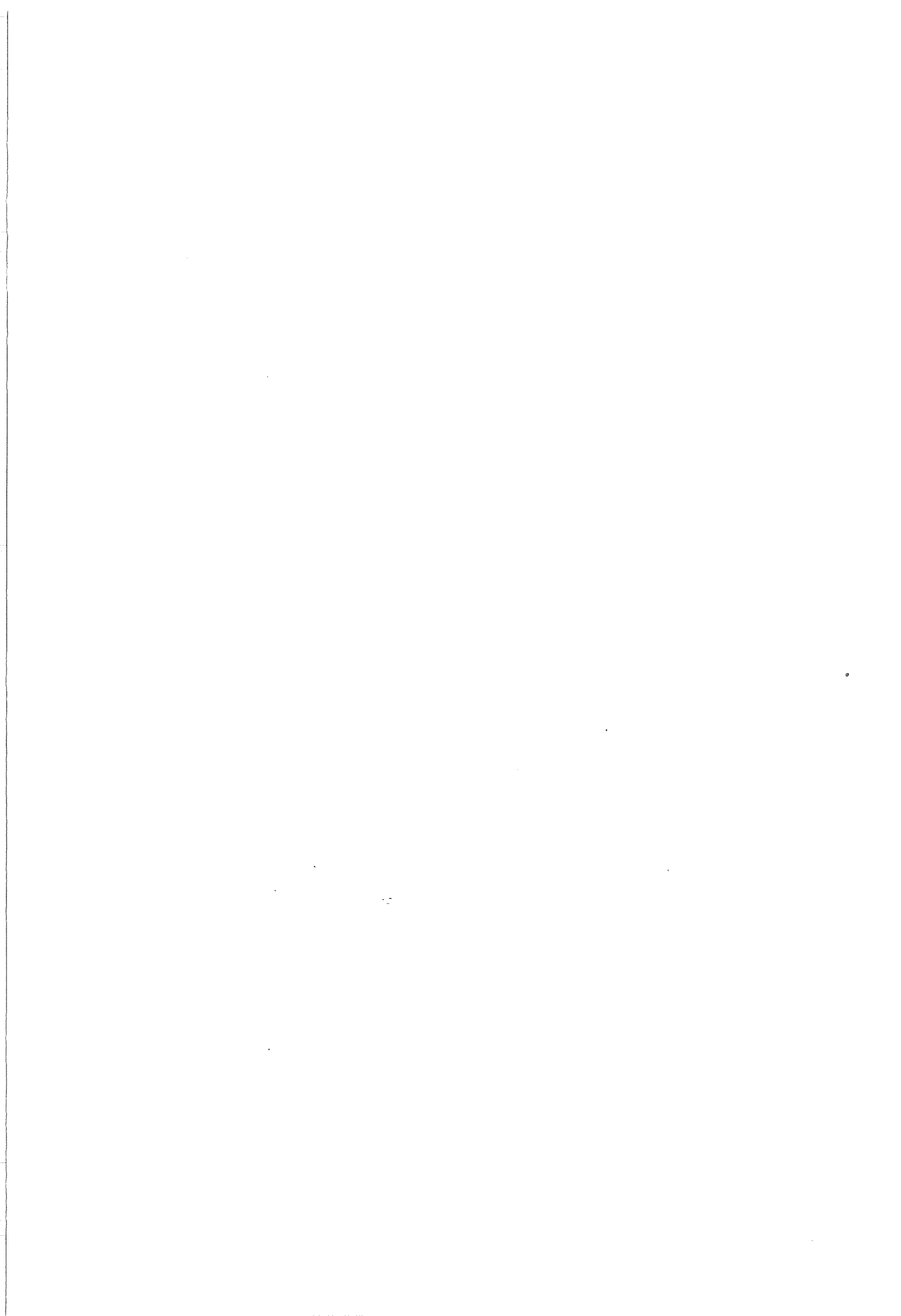
In voorgaande hoofdstukken is betoogd, dat een kwelscherm pas efficiënt kan functioneren als de watervoerende lagen volledig afgesloten worden van de rivier. Het gevolg van een dergelijke definitieve oplossing is, dat de waterhuishouding van het gebied ook bij normale rivierafvoeren verstoord wordt. Gebieden met een specifiek eigen karakter - verkregen door snelle en grote fluctuaties van de grondwaterstand - zullen een ingrijpende verandering ondergaan, die onherstelbare gevolgen kan hebben voor het landschap.

Bij het onderzoeken van de mogelijkheid om de stabiliteit van de dijk d.m.v. een kwelscherm te verbeteren, spelen dus naast technische aspecten ook landschappelijke overwegingen een rol. In dit verband wordt gewezen op het belang van een zo ruim mogelijk opgezet grondonderzoek om alle aspecten en gevolgen van de dijkverbetering in onderlinge relatie te kunnen overzien.

Tabel 1.

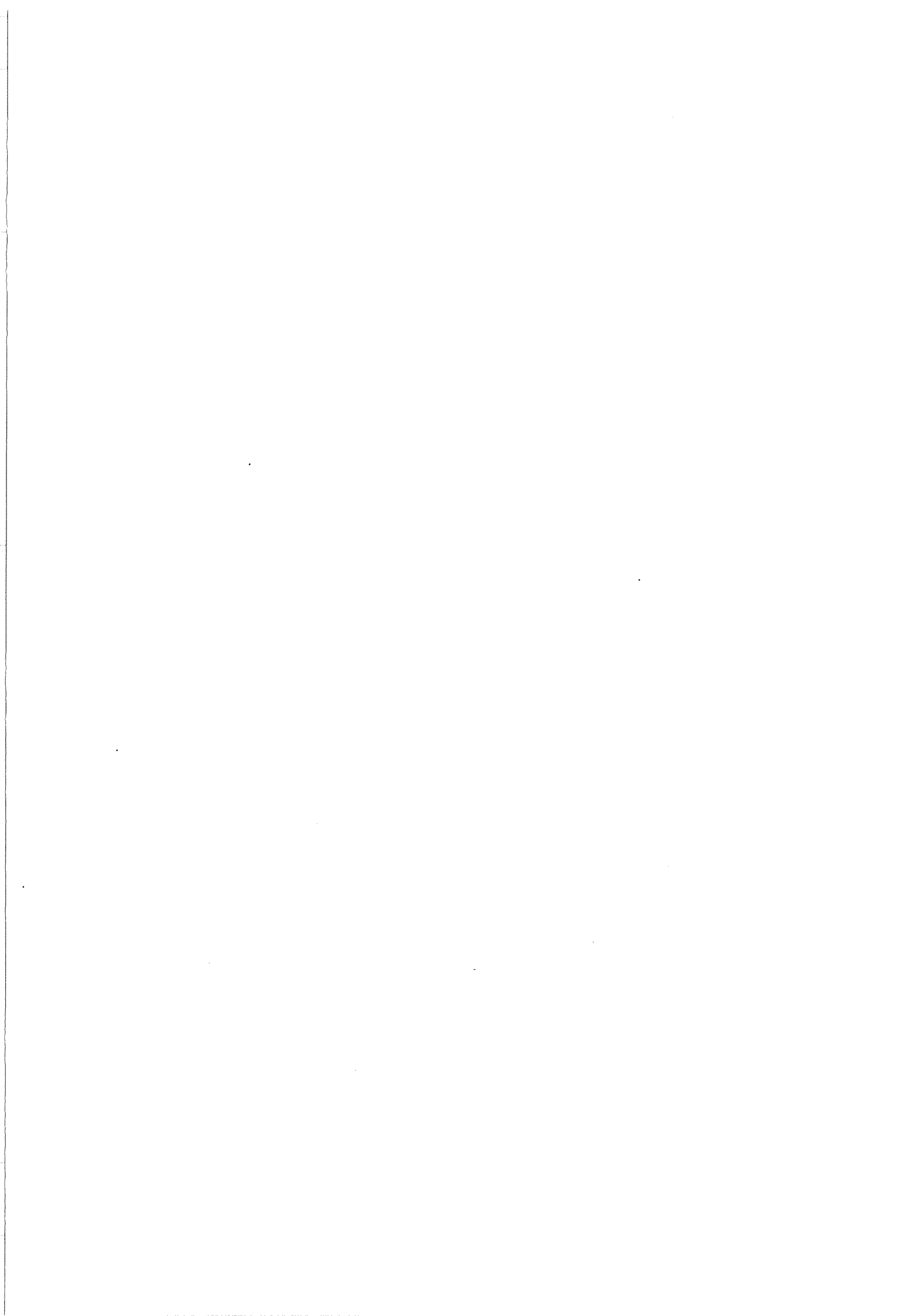
Type	Soort	Afsluiting		Diepte- bereik m	Afdichtings- materiaal			Contrôle op uitvoering		Kosten		Opmer- kingen
		in de dijk	onder de dijk		grond- mecha- nisch	plas- tisch	elas- tisch	goed	slecht	nor- maal	hoog	
ingegraven constructies	kleikist		x	4,0	x			x		x		1
	kleikist tussen damwand	x	x	6,0	x			x		x		2
	"slurry trench"	x	x	20,0	x	x	x		x	x		3, 4, 5
	kunststoffolie	x	x	5,0		x			x	x		3
verdringings- constructie	stalen damwand	x	x	20,0			x		x		x	2, 3
	chemische injectie	x	x	20,0		x			x		x	3, 6
	klei-cement injectie	x	x	20,0	x				x	x		2, 3

- Opmerkingen:
1. Veelal in combinatie met een goed bemalingsstelsel
 2. Heittrillingen kunnen schadelijk zijn op bouwwerken in de directe omgeving
 3. Gedetailleerd grondonderzoek is vereist om de begrenzing van de watervoerende laag tevoren nauwkeurig te kunnen bepalen
 4. Tot beperkte diepte (5,0 m) kan de sleuf gegraven worden m.b.v. een draineermachine
 5. Als afdichtingsmateriaal bij voorkeur een grondmechanisch materiaal gebruiken
 6. Onderzoeken of de chemische stoffen geen bodemverontreiniging veroorzaken



B I J L A G E N

.



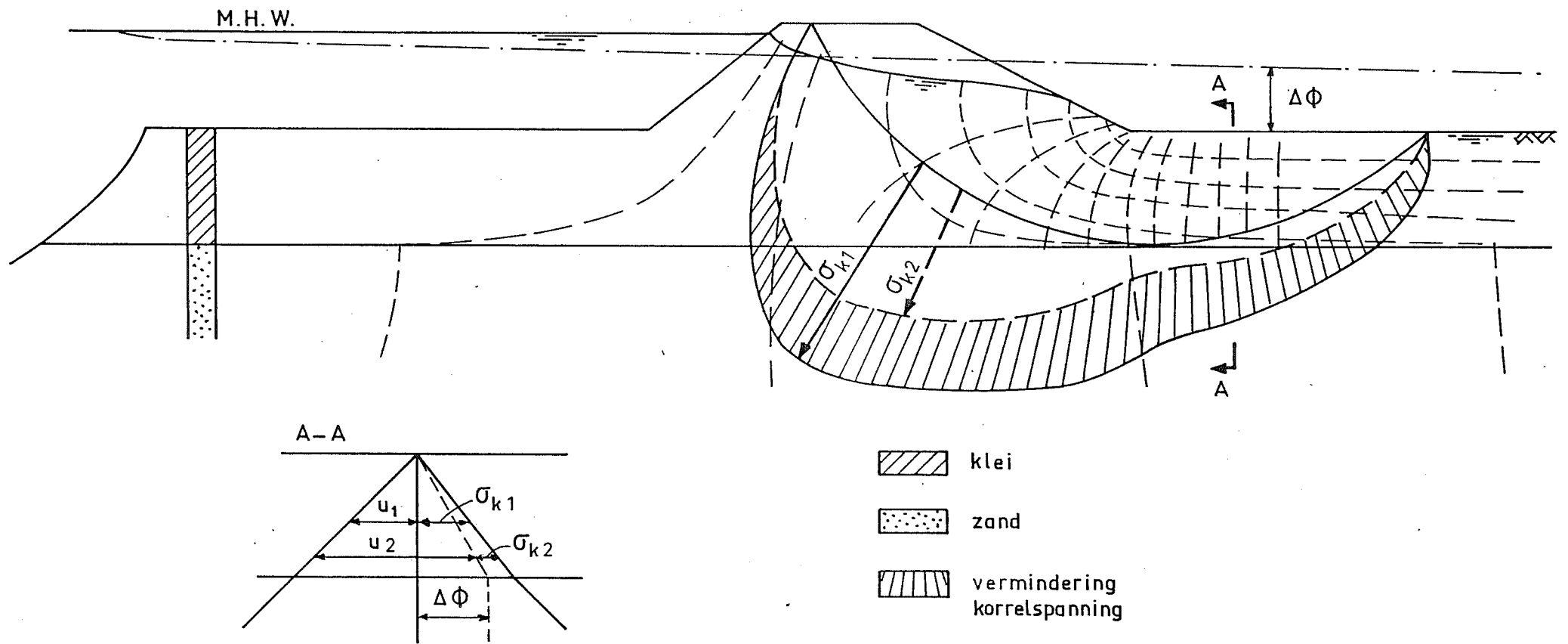


fig. 1.



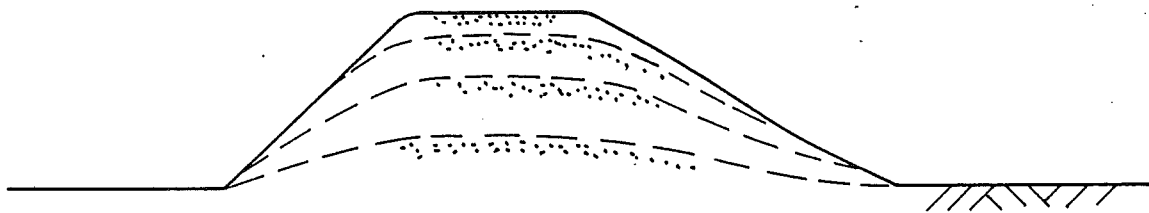


fig. 2.

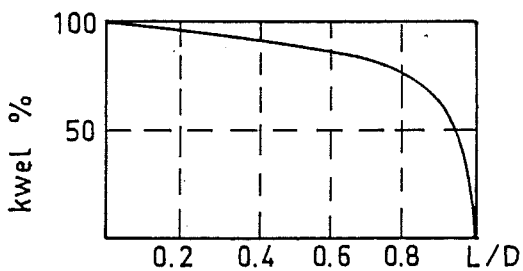
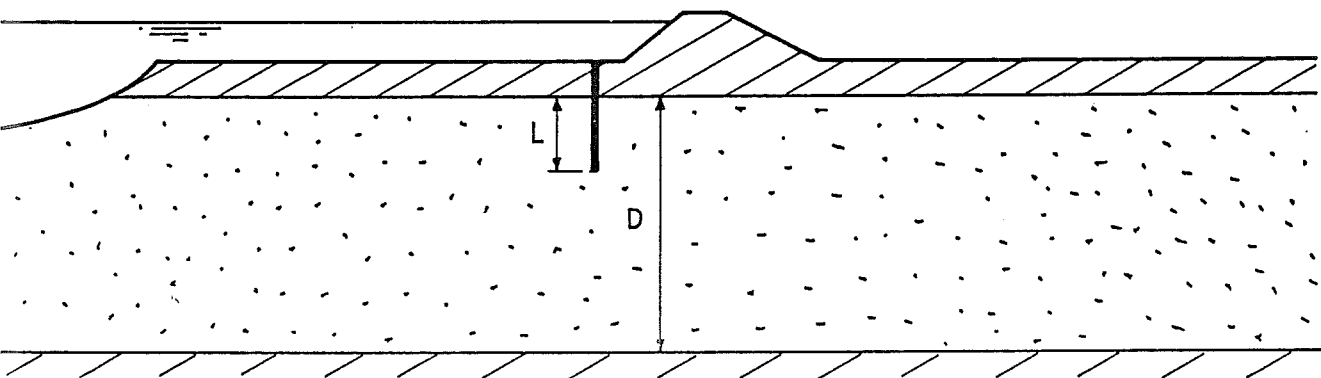


fig. 3.

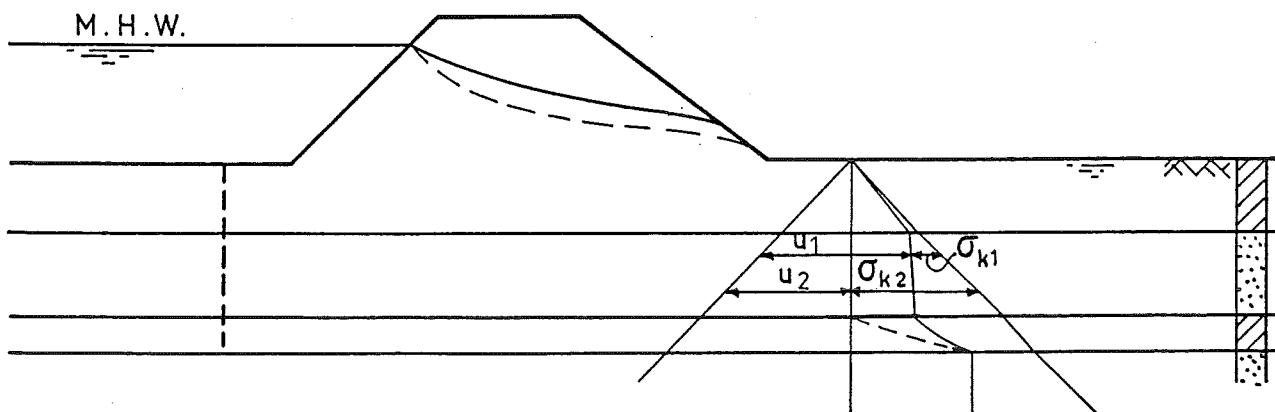


fig. 4.

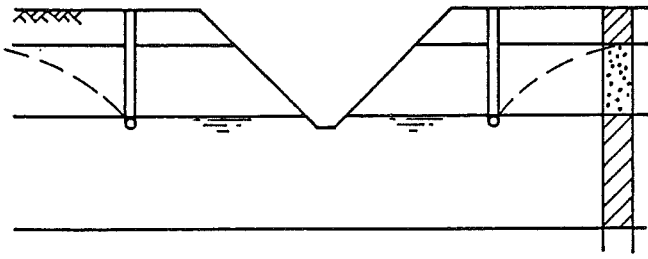


fig. 5.

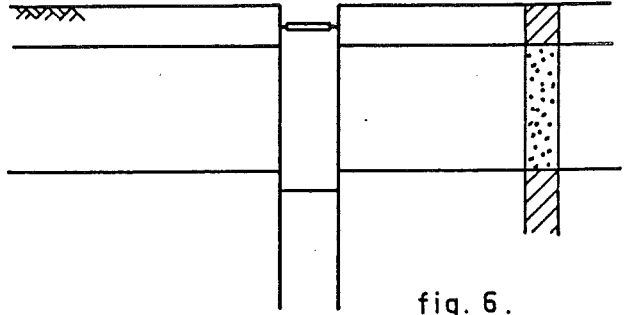


fig. 6.

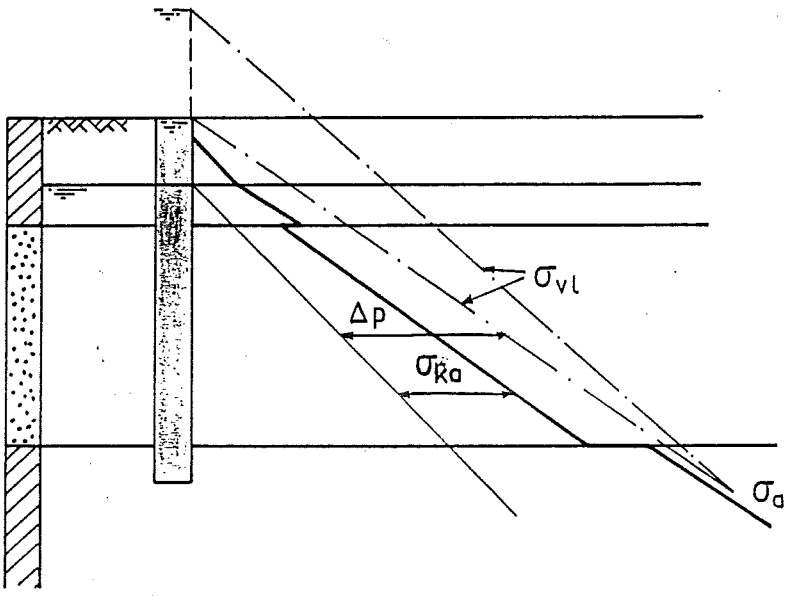


fig. 7.

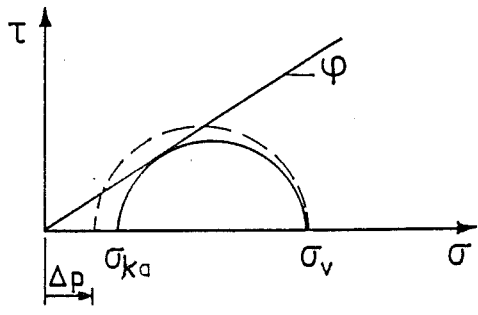


fig. 8.

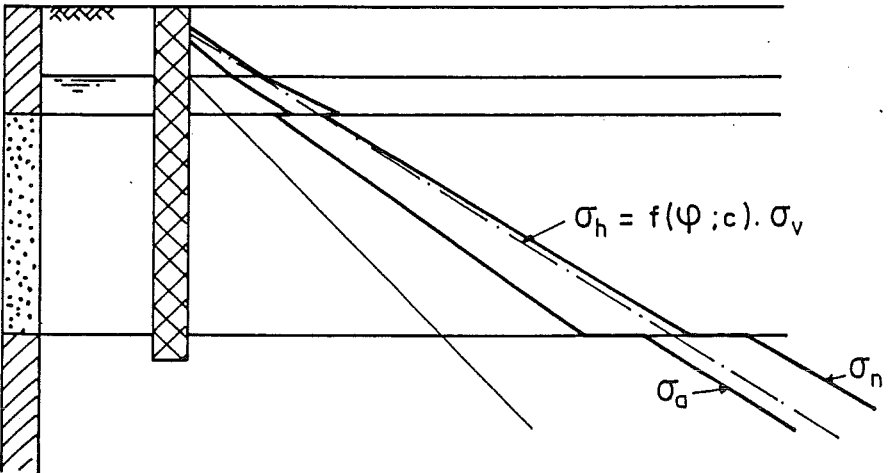


fig. 9.

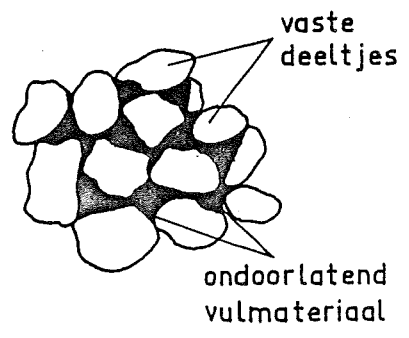


fig. 10.



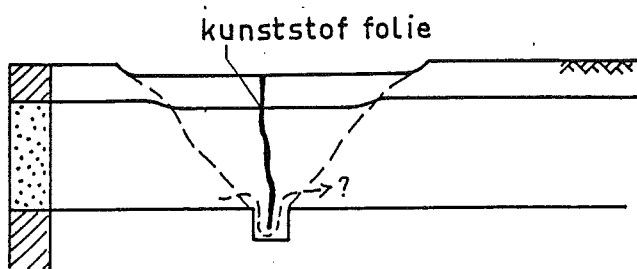


fig. 11.

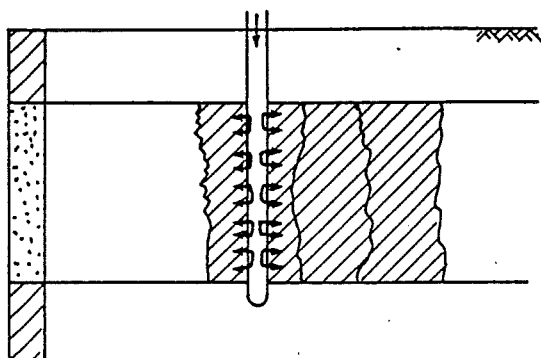


fig. 12.

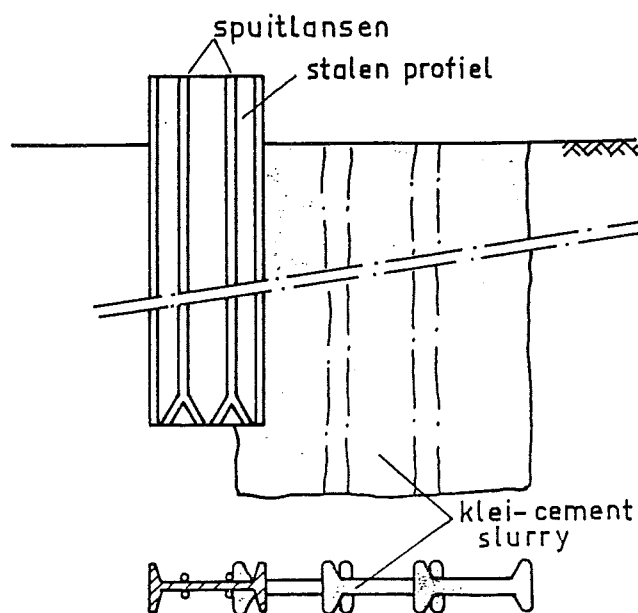


fig. 13.

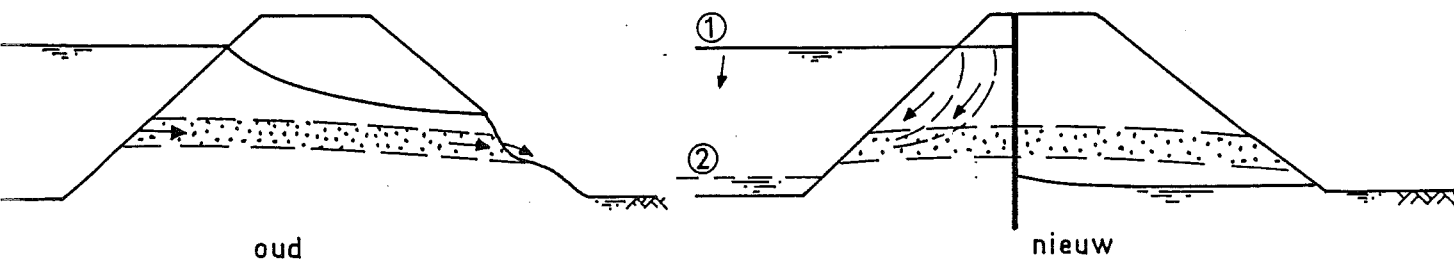


fig. 14.

