



Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat

Dienst Weg- en Waterbouwkunde, TAW-A2

Taludbekledingen van gezette steen

AFGEHANDELD

Vernieuwd Black-Box model

Deel D

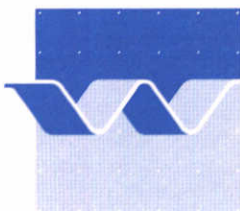
April 1994

	bibliotheek postbus 177 - 2600 MH Delft waterloopkundig laboratorium/WL
BB	68749/60228
WL	H1770
EXPL	 R0002070

Taludbekledingen van gezette steen

Vernieuwd Black-Box model

M. Klein Breteler



1. Rapport nr. A2-94-26	2. Serie nr. TAW-A2	3. Ontvanger catalogus nummer	
4. Titel en sub-titel Open taludbekledingen Vernieuwd Black-Box model		5. Datum rapport April 1994	
		6. Kode uitvoerende organisatie H 1770	
7. Schrijvers M. Klein Breteler		8. Nr. rapport uitvoerende organisatie	
9. Naam en adres opdrachtnemer Waterloopkundig Laboratorium Voorsterweg 28, Marknesse Postbus 152 8300 AD Emmeloord		10. Projektnaam TAWA*STEENZ	
		11. Kontraktnummer DWW 778	
12. Naam en adres opdrachtgever Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde Postbus 5044 2600 GA Delft		13. Type rapport	
		14. Kode andere opdrachtgever	
15. Opmerkingen			
16. Referaat In het kader van het onderzoek naar de stabiliteit van open taludbekledingen is een nieuw Black-Box model opgesteld. Met dit model kan met weinig rekenwerk een betrouwbare schatting van de stabiliteit van een steenzetting verkregen worden. Het bestaat uit figuren waarin de sterkte ($H_g/\Delta D$) is uitgezet tegen de brekerparameter (ξ_{op}). Het nieuwe analytische model voor onregelmatige golven is vergeleken met het oude voor regelmatige golven, teneinde een verbeterde methode te krijgen waarmee de proefresultaten met regelmatige golven kunnen worden vertaald naar onregelmatige golven. De onderverdeling naar constructietype is ten opzichte van het oude Black-Box model uit het Handboek (1992) niet veranderd.			
17. Trefwoorden Dijkbekleding, steenzetting, stabiliteit		18. Distributie systeem	
19. Classificatie vrij toegankelijk	20. Classificatie deze pagina	21. Aantal blz.	22. Prijs

Rapportsamenvatting

In het kader van het onderzoek naar de stabiliteit van open taludbekledingen is een nieuw Black-Box model opgesteld. Met dit model kan met weinig rekenwerk een betrouwbare schatting van de stabiliteit van een steenzetting verkregen worden. Het resultaat bestaat uit figuren waarin de sterkte ($H_s/\Delta D$) is uitgezet tegen de brekerparameter (ξ_{op}).

Allereerst wordt het nieuwe analytische model voor onregelmatige golven vergeleken met het analytische model voor regelmatige golven. Dit leidt tot een methode waarmee de resultaten van proeven met regelmatige golven als volgt kunnen worden vertaald naar onregelmatige golven:

- vermenigvuldig de waarde van $H/\Delta D$ bij het begin van schade met 0,85 om de overeenkomstige waarde van $H_s/\Delta D$ bij het begin van schade te verkrijgen;
- stel $\xi_o = \xi_{op}$.

Vervolgens zijn alle meetpunten in grafieken geplaatst en zijn er lijnen voor de onder- en bovengrens van de stabiliteit gegeven op basis van het nieuwe analytische model. De onderverdeling naar constructietype is ten opzichte van het oude Black-Box model uit het Handboek (1992) niet veranderd. Zie hiervoor het stroomschema in Hoofdstuk 5 en de Figuren 8 tot en met 17.

Inhoud

Lijst van tabellen

Lijst van figuren

Lijst van symbolen

	blz.
1 Inleiding	1
2 Nieuw analytisch model	3
3 Lijnen in de Black-Box figuren	6
4 Vertaling van regelmatige golven in onregelmatige golven	7
5 Black-Box model	9

Referenties

Tabellen

Figuren

Lijst van tabellen

- 1 Verhouding $H_s/\Delta D$ bij onregelmatige en regelmatige golven en extreme belasting ($\Gamma = 1,2$; $\tan\alpha = 0,25$)
- 2 Verhouding $H_s/\Delta D$ bij onregelmatige en regelmatige golven en extreme belasting ($\Gamma = 1,5$; $\tan\alpha = 0,25$)
- 3 Ondergrenswaarde van $H_s/\Delta D$ bij $\xi_{op} = 2,0$. Waarden tussen haakjes: van oude model
- 4 Resultaten van grootschalig modelonderzoek met losse elementen
- 5 Resultaten van grootschalig modelonderzoek in de Deltagoot uit 1987 [5] met losse blokken
- 6 Resultaten van grootschalig modelonderzoek met geschakelde elementen
- 7 Meetresultaten van Wouters (1992) [1] voor zover er blokbeweging van 0,5 à 1,0 cm optrad

Lijst van figuren

- 1 Stabiliteit bij verschillende formules van Θ_{fs} ($\tan\alpha = 0,25$; $\Gamma = 1,2$; $\Lambda/\Delta D = 2$)
- 2 Fronthoek als functie van brekerparameter
- 3 Stabiliteit bij significante belasting ($\Gamma = 1,2$)
- 4 Stabiliteit bij extreme belasting ($\Gamma = 1,5$)
- 5 Stabiliteit bij regelmatige golven (oude analytische model)
- 6 Stabiliteit bij significante belasting ($\Gamma = 1,2$; $\tan\alpha = 0,25$)
- 7 Stabiliteit bij extreme belasting ($\Gamma = 1,5$; $\tan\alpha = 0,25$)
- 8 Stabiliteit bij steenzetting op geotextiel op zand of klei (type 1)
- 9 Stabiliteit van steenzetting op goede klei (type 2)
- 10 Stabiliteit van steenzetting op filter (gunstige constructie) (type 3a)
- 11 Stabiliteit van steenzetting op filter (normale constructie) (type 3b)
- 12 Stabiliteit van steenzetting op filter (ongunstige constructie) (type 3c)
- 13 Stabiliteit van geschakelde blokken op geotextiel op zand of klei (type 4)
- 14 Stabiliteit van geschakelde blokken op goede klei (type 5)
- 15 Stabiliteit van geschakelde blokken op filter (gunstige constructie) (type 6a)
- 16 Stabiliteit van geschakelde blokken op filter (normale constructie) (type 6b)
- 17 Stabiliteit van geschakelde blokken op filter (ongunstige constructie) (type 6c)

Lijst van symbolen

b	= dikte van filterlaag	(m)
B	= blokbreedte	(m)
D	= dikte van de toplaag	(m)
D_{f15}	= karakteristieke korrelgrootte van het filter	(m)
F	= verhouding $H_s/\Delta D$ bij onregelmatige en regelmatige golven	(-)
h	= waterdiepte	(m)
H	= inkomende regelmatige golfhoogte	(m)
H_s	= inkomende significante golfhoogte	(m)
k	= gelineariseerde doorlatendheid van het filter	(m/s)
k'	= gelineariseerde doorlatendheid van de toplaag	(m/s)
L	= bloklengte	(m)
L_o	= golflengte op diep water = $gT^2/(2\pi)$	(m)
L_{op}	= golflengte op diep water = $gT_p^2/(2\pi)$	(m)
n	= porositeit van het filter	(-)
s	= spleetbreedte	(m)
T	= golfperiode van regelmatige golven	(s)
T_p	= golfperiode bij de piek van het spectrum	(s)
Y	= blokbeweging	(m)
α	= taludhelling	(°)
Δ	= relatieve volumieke massa = $(\rho_s - \rho)/\rho$	(-)
Γ	= sterktefactor	(-)
θ_{fe}	= helling van stijghoogtefront die een belasting geeft die bij 2% van de golven overschreden wordt	(°)
θ_h	= vormparameter van het stijghoogtefront	(°)
θ_{fs}	= helling van stijghoogtefront die een belasting geeft die bij 13,5% van de golven overschreden wordt	(°)
Λ	= leklengte = $\sqrt{(kbD/k')}$	(m)
ξ_o	= brekerparameter bij regelmatige golven = $\tan\alpha/\sqrt{(H/L_o)}$	(-)
ξ_{op}	= brekerparameter bij onregelmatige golven = $\tan\alpha/\sqrt{(H_s/L_{op})}$	(-)
ρ_s	= volumieke massa van de steen	(kg/m ³)
ρ	= volumieke massa van water	(kg/m ³)
ϕ_{be}	= hoogte van stijghoogtefront die een belasting geeft die bij 2% van de golven overschreden wordt	(m)
ϕ_{bs}	= hoogte van stijghoogtefront die een belasting geeft die bij 13,5% van de golven overschreden wordt	(m)
ϕ_w	= maximale stijghoogteverschil over de toplaag (met overschrijdingsfrequentie van 13,5% of 2%, waarbij het afhangt of ϕ_{bs} en θ_{fs} of ϕ_{be} en θ_{fe} worden ingevuld op de plaats van ϕ_b en θ_f)	(m)
Ω	= relatief open oppervlak in de toplaag	(-)

Vernieuwd Black-Box model

1 Inleiding

In het kader van onderzoek naar de stabiliteit van open taludbekledingen zijn in het verleden een aantal malen de resultaten van grootschalig modelonderzoek samengevat in de vorm van een Black-Box model. Met dit model kan met weinig rekenwerk een betrouwbare schatting van de stabiliteit van een steenzetting verkregen worden.

Een van de eerste versies is opgenomen in de "Leidraad Cementbetonnen Dijkbekledingen" van 1984. Deze bevatte slechts enkele meetpunten en gaf geen conclusies in de vorm van een onder- en bovengrens van de stabiliteit. De parameters op de assen zijn sindsdien niet meer veranderd:

- Horizontaal:

$$\xi_{op} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_s}{L_{op}}}} \quad (1)$$

- Vertikaal:

$$\frac{H_s}{\Delta D} \quad (2)$$

met:

ξ_{op}	= brekerparameter	(-)
α	= taludhelling	(°)
H_s	= inkomende significante golfhoogte	(m)
L_{op}	= golflengte op diep water = $gT_p^2/(2\pi)$	(m)
T_p	= golfperiode bij de piek van het spectrum	(s)
Δ	= relatieve volumieke massa = $(\rho_s - \rho)/\rho$	(-)
ρ_s	= volumieke massa van de steen	(kg/m ³)
ρ	= volumieke massa van water	(kg/m ³)
D	= dikte van de top laag	(m)

De laatste versie is opgenomen in het Handboek (1992) (globale methode). Sindsdien is de kennis omtrent de hydraulische belasting op taluds sterk uitgebreid (de Waal, 1992) en is er een grootschalig modelonderzoek met blokken op klei uitgevoerd (Wouters, 1993). Hierdoor kan thans een vernieuwde versie van het Black-Box model worden opgesteld.

Allereerst wordt het nieuwe analytische model voor onregelmatige golven vergeleken met het analytische model voor regelmatige golven. Dit leidt tot een methode waarmee de resultaten van proeven met regelmatige golven kunnen worden vertaald naar die met onregelmatige golven. Hierbij wordt tevens aandacht geschonken aan het oplopen van de stabiliteit bij zeer grote waarden van ξ_{op} .

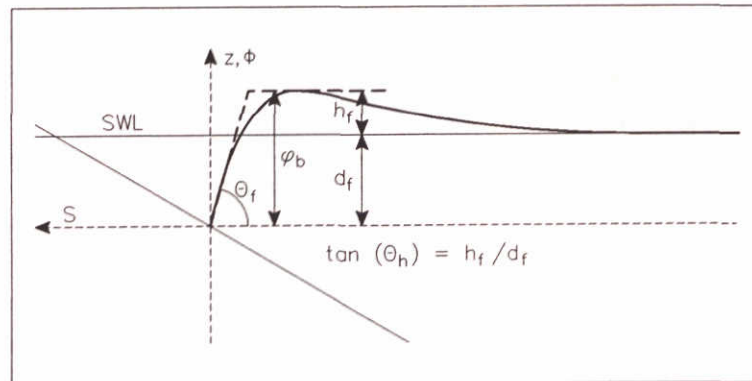
Vervolgens worden alle meetpunten in grafieken geplaatst en worden er lijnen voor de onder- en bovengrens van de stabiliteit gegeven op basis van het nieuwe analytische model.

Doordat niet alleen de meetpunten in het black-box model zijn opgenomen maar ook de belangrijkste tendensen uit het analytische model, is het resultaat geen echte Black-Box. Desondanks wordt in het vervolg van dit werk vastgehouden aan deze, ingeburgerde, naam.

2 Nieuw analytisch model

Het nieuwe analytische model is samengevat door De Waal (1993). De belangrijkste verschillen met het oude model zijn:

- de maatgevende stijghoogte op het talud wordt niet met twee rechte lijnstukken geschematiseerd maar met een rond front (zie onderstaande figuur);
- het is gebaseerd op de gemeten stijghoogte op het talud voor onregelmatige golven in plaats van regelmatige golven.



Maatgevend stijghoogte verloop volgens nieuw analytische model

De nieuwe formules zijn:

- a) Maatgevende stijghoogte op het talud (zonder berm):

- De significante belasting (gemiddelde van hoogste derde deel) is:

$$\frac{\phi_{bs}}{H_s} = 0,22 \frac{\xi_{op}}{(\tan \alpha)^{0,75}} \quad \text{met maximum: } \phi_{bs} = 2H_s \quad (3)$$

$$\tan \theta_{fs} = 1,43 \quad (4)$$

$$\tan \theta_h = \tan \left(\frac{45^\circ}{\sqrt{\xi_{op}}} \right) \quad (5)$$

- De extreme belasting (2%-waarde) is:

$$\frac{\phi_{be}}{H_s} = 0,27 \frac{\xi_{op}}{(\tan \alpha)^{0,75}} \quad \text{met maximum: } \phi_{be} = 2,5 \cdot H_s \quad (6)$$

$$\tan \theta_{fc} = 2,25 \quad (7)$$

$$\tan \theta_h = \tan \left(\frac{45^\circ}{\sqrt{\xi_{op}}} \right) \quad (8)$$

b) Het stijghoogteverschil over de zetting is:

$$\phi_w = \frac{\Lambda}{2} \left[\frac{\tan\theta_f \cos\alpha}{3\tan\theta_h + 0,6 + (1 + \tan\theta_h) \cdot \tan\theta_f \cos\alpha \cdot \Lambda/\phi_b} + \frac{\tan\theta_f \cos\alpha}{\left(1 + \frac{1 + \tan\theta_h}{3\tan\theta_h + 0,6} \tan\theta_f \cos\alpha \cdot \Lambda/\phi_b\right)^2} + \sin\alpha \right] \cdot \left[1 - \exp\left(\frac{-2\phi_b}{\Lambda \sin\alpha}\right)\right] \quad (9)$$

c) De stabiliteit van de zetting is:

$$\phi_w = \Gamma \Delta D \cos\alpha \quad (10)$$

- bij significante belasting: $1,1 < \Gamma < 1,3$
- bij extreme belasting: $1,3 < \Gamma < 1,7$

In deze formules zijn de volgende variabelen gebruikt:

- ϕ_{bs} = hoogte van het stijghoogtefront die een belasting geeft die bij 13,5% van de golven overschreden wordt (m)
- θ_{fs} = helling van het stijghoogtefront die een belasting geeft die bij 13,5% van de golven overschreden wordt (°)
- θ_h = vormparameter van het stijghoogtefront (°)
- ϕ_{be} = hoogte van stijghoogtefront die een belasting geeft die bij 2% van de golven overschreden wordt (m)
- θ_{fe} = helling van stijghoogtefront die een belasting geeft die bij 2% van de golven overschreden wordt (°)
- ϕ_w = maximale stijghoogteverschil over de toplaag (met een overschrijdingsfrequentie van 13,5% of 2%, dat hangt af of ϕ_{bs} en θ_{fs} of ϕ_{be} en θ_{fe} worden ingevuld op de plaats van ϕ_b en θ_f) (m)
- Λ = leklengte (m)
- Γ = sterktefactor (-)

Met deze formules is het verband tussen ξ_{op} en $H_s/\Delta D$ bekend en kunnen er lijnen in het Black-Box model getekend worden. Een voorbeeld hiervan is gegeven in Figuur 1. De gestippelde lijn is getekend op basis van bovenstaande formules met $\Lambda/\Delta D = 2$, $\Gamma = 1,2$ en $\tan\alpha = 0,25$ (significante belasting).

Opvallend is dat bij grote ξ_{op} de stabiliteit ($H_s/\Delta D$) steeds verder afneemt, terwijl dat niet aannemelijk is. Zeker bij zeer grote waarden van ξ_{op} breken de golven niet en is er een lagere belasting te verwachten.

Volgens formule (3) tot en met (5) (en 6 t/m 8) zien we dat alleen de hoogte van het stijghoogtefront een bepaald maximum bereikt, maar geen van de belastingparameters laat een dalende tendens zien bij grote ξ_{op} . In het bijzonder bij de fronthoeken θ_{fs} en θ_{fe} is een dalende tendens wel te verwachten. Immers: bij zeer lange golven, die volledig reflecteren (zoals getij-golven), is de hoek nul. De stabiliteit is bij dergelijke golven ook zeer hoog ($H_s/\Delta D \gg 10$).

De oorzaak van de afwezigheid van zo'n tendens in de formules is dat de stijghoogte op het talud gemeten is tussen $1,1 < \xi_{op} < 3,4$, met de nadruk op $1,1 < \xi_{op} < 2,5$. In dit interval is de daling van θ_{fe} nog niet ingezet, en die van θ_{fs} nog maar net begonnen. Dit is te zien in Figuur 2. Let hier met name op de open rondjes: er is gemeten zonder ondiep voorland.

Op basis van het constant zijn van θ_{fe} en de grote spreiding in de metingen van θ_{fs} is door de Waal (1992) besloten een constante waarde voor deze parameters aan te bevelen. Maar gezien de consequenties voor het Black-Box model bij grote ξ_{op} worden nu twee alternatieven overwogen:

- 1) Een lijn door het hart van de puntenwolk, dat is de gestreepte lijn in Figuur 2:

$$\tan\theta_{fs} = \frac{29}{20 + \xi_{op}^3} \quad (11)$$

$$\tan\theta_{fe} = \frac{95}{40 + \xi_{op}^2} \quad (12)$$

- 2) Conservatieve formule, dat is de getrokken lijn in Figuur 2:

$$\tan\theta_{fs} = \frac{1,5}{\xi_{op}^{1/3}} \quad (13)$$

$$\tan\theta_{fe} = \frac{2,7}{\xi_{op}^{1/3}} \quad (14)$$

Als $\xi_{op} < 1$ geeft het tweede alternatief veel hogere waarden dan alternatief 1. De belasting is dan hoog en de waarde van $H_s/\Delta D$ relatief laag. Daardoor zal de Black-Box kromme bij lage waarden van ξ_{op} wat minder steil omhoog lopen, hetgeen een voordeel genoemd kan worden.

Bij grote waarden van ξ_{op} geeft alternatief 1 al snel een oneindig hoge stabiliteit, zoals te zien is in Figuur 1, de gestreepte lijn. Dat is niet logisch. De conservatieve formule, alternatief 2, dat is de getrokken lijn in Figuur 1 geeft een geleidelijke toename van de stabiliteit bij toename van ξ_{op} en dat is wel aannemelijk.

Om deze reden wordt gekozen voor alternatief 2. Maar er moet wel op gewezen worden dat het gebrek aan resultaten van metingen bij $\xi_{op} > 4$ er toe leidt dat we de kromme in de Black-Box figuur op elke gewenste plaats kunnen krijgen, afhankelijk van de wijze waarop de tendens in θ_f wordt geëxtrapoleerd. Alleen tussen $1 < \xi_{op} < 2$ ligt de kromme vast.

3 Lijnen in de Black-Box figuren

Op basis van formule (3), (5), (6), (9), (10) (13) en (14) kunnen de lijnen in een $H_s/\Delta D$ - ξ_{op} figuur samengevat worden. Het gaat hierbij om de globale tendensen en niet om kleine details. Daarom is een vaste waarde voor Γ gekozen:

- significante belasting : $\Gamma = 1,2$,
- extreme belasting : $\Gamma = 1,5$.

Verder bleek bij het samenstellen van de figuren dat de invloed van de taludhelling niet goed door de brekerparameter ξ_{op} wordt weergegeven (zie ook deel B). Het bleek dat bij kleine waarden van ξ_{op} een kleine $\tan\alpha$ een lagere stabiliteit geeft dan een grote $\tan\alpha$. Bij grote waarden van ξ_{op} is dat net andersom.

De figuren zijn uiteindelijk getekend op basis van berekeningen met $\tan\alpha = 0,2$ en $\tan\alpha = 0,333$, waarbij steeds de laagste $H_s/\Delta D$ van beide is gekozen.

Het resultaat is te zien in Figuur 3 en 4.

4 Vertaling van regelmatige golven in onregelmatige golven

Door de Black-Box lijnen die in deel XX A (sectie 5; 1992) zijn opgesteld voor regelmatige golven te vergelijken met de nieuw verkregen Black-Box lijnen voor onregelmatige golven is het mogelijk een vertaalmethode tussen regelmatige en onregelmatige golven op te stellen. De Black-Box lijnen uit deel XX A (1992) voor een talud met $\tan\alpha = 0,25$ zijn weergegeven in Figuur 5. Hierbij is gebruik gemaakt van een figuur uit deel XX A (1992) die nog niet is bewerkt tot vloeiende lijnen en werd opgesteld op basis van berekeningen met één taludhelling: $\tan\alpha = 0,25$. Echter, door het vloeiend maken van de lijnen en het betrekken van resultaten met andere taludhellingen in de figuur gaat een stukje nauwkeurigheid verloren en dat is thans niet gewenst.

In Figuur 6 en 7 zijn de overeenkomstige figuren met het nieuwe analytische model getekend met $\tan\alpha = 0,25$. We concentreren ons hier op $\xi_{op} \leq 3$, omdat bij grote waarden de onzekerheid erg groot is. In Tabel 1 en 2 wordt een onderlinge vergelijking gegeven:

$\frac{\Lambda}{\Delta D}$	$\Gamma^{1,25} \sqrt{\frac{\Delta D}{\Lambda}}$	$F = \frac{(H_s/\Delta D)_{\text{onregelmatige golven}}}{(H/\Delta D)_{\text{regelmatige golven}}}$				
		$\xi_{op} = 0,8$	$\xi_{op} = 1,4$	$\xi_{op} = 2,0$	$\xi_{op} = 2,6$	gem.
1,58	1,0	1,76	1,88	2,06	2,44	2,04
1,95	0,9	1,64	1,31	1,26	1,31	1,38
2,46	0,8	1,53	1,16	0,99	0,98	1,16
4,38	0,6	1,55	1,45	1,32	1,23	1,39
9,00	0,42	1,25	1,15	1,03	0,95	1,09
gem.:		1,55	1,39	1,33	1,38	1,41

Tabel 1 Verhouding $H_s/\Delta D$ bij onregelmatige en regelmatige golven en significante belasting ($\Gamma = 1,2$; $\tan\alpha = 0,25$)

$\frac{\Lambda}{\Delta D}$	$\Gamma^{1,25} \sqrt{\frac{\Delta D}{\Lambda}}$	$F = \frac{(H_s/\Delta D)_{\text{onregelmatige golven}}}{(H/\Delta D)_{\text{regelmatige golven}}}$				
		$\xi_{op} = 0,8$	$\xi_{op} = 1,4$	$\xi_{op} = 2,0$	$\xi_{op} = 2,6$	gem.
1,41	1,4	0,99	0,99	1,01	1,03	1,01
1,91	1,2	0,88	0,77	0,72	0,71	0,77
2,76	1,0	0,95	0,74	0,66	0,61	0,74
3,40	0,9	1,12	0,77	0,67	0,63	0,80
4,31	0,8	1,23	0,89	0,71	0,66	0,87
7,65	0,6	1,45	1,31	1,18	1,15	1,27
gem. :		1,10	0,91	0,83	0,80	0,91

Tabel 2 Verhouding $H_s/\Delta D$ bij onregelmatige en regelmatige golven en extreme belasting ($\Gamma = 1,5$; $\tan \alpha = 0,25$)

Uit de tabellen blijkt dat de verhoudingsfactor $F = (H_s/\Delta D)_{\text{onreg}}/(H/\Delta D)_{\text{reg}}$ in Tabel 1 (significante belasting) groter is dan in Tabel 2 (extreme belasting). Gezien het feit dat deze factor straks vermenigvuldigd gaat worden met de $H/\Delta D$ -waarde die met regelmatige golven is gemeten, is een lage waarde hiervan maatgevend. We concentreren ons daarom op Tabel 2.

De gemiddelde waarde per rij of per kolom varieert in Tabel 2 tussen 0,74 en 1,27. Het gemiddelde van alle waarden van F is 0,91. Het gaat er bij het samenstellen van een Black-Box model om dat de hoofdzaken uit het analytische model worden gebruikt en dat er zo veel mogelijk details achterwege gelaten worden. Daarom wordt er één waarde voor F gekozen, namelijk zodanig dat we iets aan de veilige kant blijven ten opzichte van het gemiddelde: $F = 0,85$.

De vertaling van meetresultaten met regelmatige golven naar onregelmatige golven gaat nu als volgt:

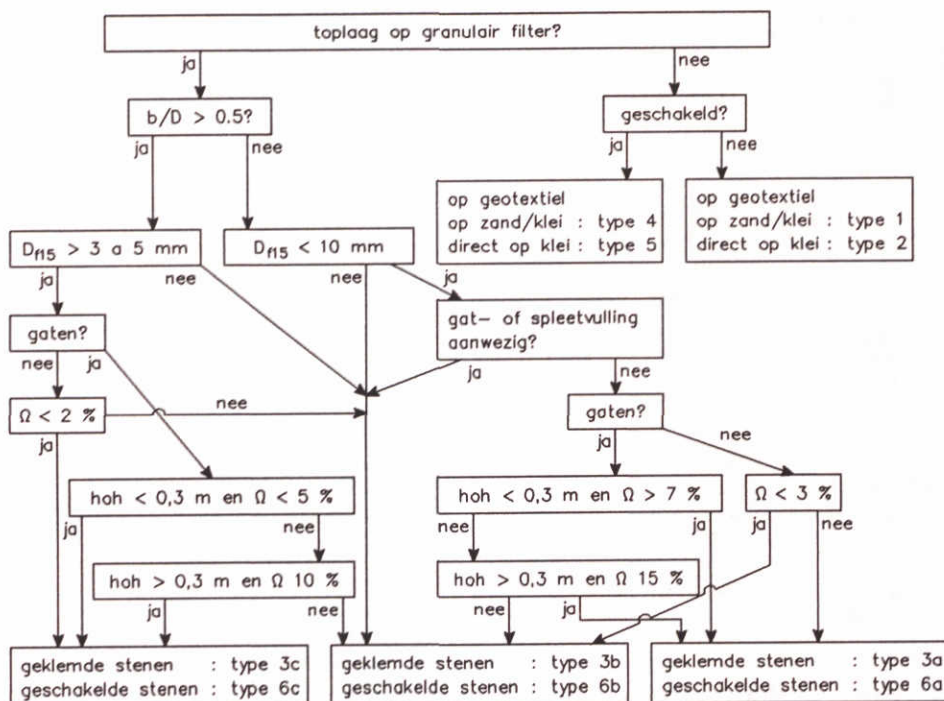
- vermenigvuldig de waarde van $H/\Delta D$ bij begin van schade met 0,85 om de overeenkomstige waarde van $H_s/\Delta D$ bij begin van schade te verkrijgen;
- stel $\xi_o = \xi_{op}$.

In het oude Black-Box model (Handboek, 1992) is een andere vertaalprocedure gehanteerd. Toen werd de grootte van H bij het begin van schade gedeeld door 1,4 om de waarde $H_s/\Delta D$ en ξ_{op} te krijgen. Dit leidt ook tot een verandering van ξ . De oude methode komt ongeveer overeen met het gebruik van een factor $F = 0,80$ in vergelijking tot de nu aanbevolen waarde $F = 0,85$. De meetpunten komen nu dus iets hoger in de Black-Box figuur te liggen.

5 Black-Box model

Alle beschikbare meetpunten van grootschalig modelonderzoek met een schaal van maximaal 3 zijn samengebracht in de Tabellen 4 tot en met 7, zie achterin dit verslag. Tabel 7 is nieuw ten opzichte van deel XX A. Deze tabel geeft alle meetresultaten van Wouters (1992) waarbij een blokbeweging tussen 5 en 10 mm is opgetreden. Zijn proeven zijn uitgevoerd op een talud van 1:4 met klei en betonblokken van 50x50x15 cm³. De spleetbreedte tussen de blokken was ca. 5 mm.

De onderverdeling in 10 constructietypen is overgenomen uit deel XX A:



Stroomschema ter bepaling van het constructietype

De meetpunten met regelmatige golven zijn vertaald met de procedure uit Hoofdstuk 4 en vervolgens met de meetpunten door onregelmatige golven in de Black-Box figuren gezet (zie Figuur 8 tot en met 17). Bovendien zijn er stabiliteitslijnen ingetekend op basis van het analytische model. Hiervoor is gebruik gemaakt van Figuur 4 (extreme belasting) omdat deze lagere waarden van $H_s/\Delta D$ geeft dan Figuur 3 (significante belasting). Met andere woorden: bij het geleidelijk verhogen van de significante golfhoogte zal eerst bij extreem hoge golven de blokbeweging groter dan 10% worden en pas bij nog hogere H_s zal bij een significante golf de blokbeweging aanvangen.

In tegenstelling tot het oude analytische model is nu de extreme belasting hierin (meestal) maatgevend.

De lijnen zijn zo gekozen dat de onderste ongeveer langs de onderste meetpunten loopt, waarbij het acceptabel is dat er enkele punten onder liggen. De bovenste lijn is bij $\xi_{op} = 2$ een factor 2 hoger gelegd, zie Figuur 8 tot en met 17. Deze factor was bij het oude model 2,2.

Vervolgens is wat geschoven met de lijnen in de figuren met weinig meetpunten, zodat de sterkteverhouding tussen de verschillende constructietypen logisch is geworden. De ondergrenslijn bij $\xi_{op} = 2$ is weergegeven in Tabel 3. De waarden van het oude model staan tussen haakjes.

	Ondergrens $H_s/\Delta D$ bij $\xi_{op} = 2$	
	Geklemd zetting	Geschakelde stenen
op geotextiel op zand of klei (let op grondmech. stabiliteit)	2,5 (2,3)	3,0 (3,3)
op goede klei (zonder geotextiel; zeldzame belasting)	1,8 (3,3)	2,3 (4,0)
op filter (gunstige constructie)	2,5 (3,5)	3,0 (3,6)
op filter (normale constructie)	2,0 (2,4)	2,5 (2,4)
op filter (ongunstige constructie)	1,5 (1,7)	2,0 (1,9)

Tabel 3 Ondergrenswaarde van $H_s/\Delta D$ bij $\xi_{op} = 2,0$. Waarden tussen haakjes: van oude model

In de tabel valt op dat de stabiliteit bij $\xi_{op} = 2$ volgens het nieuwe model in de meeste gevallen lager is dan volgens het oude model. Bij $\xi_{op} = 1$ of bij $\xi_{op} = 4$ is dit echter andersom.

Referenties

Tekst:

- G.M. Wolsink. Leidraad Cementbetonnen dijkbekledingen (1984). CUR VB/TAW rapport 119; Sept. 1984.
- M. Klein Breteler. Handboek, 1992. Handboek voor dimensionering van gezette taludbekledingen. CUR/TAW rapport 155; April 1992.
- J.P. de Waal, 1993. Taludbekledingen van gezette steen. Golfdruk op het talud. Deel B: Verbetering van het analytische model, A2.93.26. Waterloopkundig Laboratorium, Juni 1993.
- J.P. de Waal, 1992. Taludbekledingen van gezette steen. Golfdruk op het talud. Deel A: Analyse van meetgegevens, N649. Waterloopkundig Laboratorium, Dec. 1992.
- J. Wouters, 1993. Reststerkte van Dijkbekledingen. Stabiliteit van steenzetting en klei-onderlaag. Deel III, Meetverslag Deltagootonderzoek. Waterloopkundig Laboratorium, Juni 1993.
- M. Klein Breteler e.a. Deel XX A. Taludbekledingen van gezette steen. Stabiliteit van de toplaag. Waterloopkundig Laboratorium en Grondmechanica Delft, april 1992.

Tabellen en figuren:

- 1 J. Wouters, 1993. Reststerkte van Dijkbekledingen. Stabiliteit van steenzetting en klei-onderlaag. Deel III, Meetverslag Deltagootonderzoek. Waterloopkundig Laboratorium, Juni 1993.
- 2 Klein Breteler, M. (1986). Taludbekleding van gezette steen. Te stellen eisen aan een schaalmodel van een steenzetting. Waterloopkundig Laboratorium, notitie N 168, M1881/H195.04, sept. '86. Zie sectie 8 van deel XX A.
- 3 Klein Breteler, M. (1991). Taludbekleding van gezette steen. Stabiliteit toplaag zonder inklemming of interlocking. Waterloopkundig Laboratorium. Zie sectie 2 van deel XX A.
- 4 Klein Breteler, M. (1991). Taludbekleding van gezette steen. Vereenvoudiging van het analytische model. Waterloopkundig Laboratorium. Zie sectie 5 van deel XX A.
- 5 Burger, A.M. (1983). Taludbekleding van gezette steen, fase 2. Grootschalig gidsonderzoek. Verslag M1795/M1881, deel IX, dec. 1983. Waterloopkundig Laboratorium, Grondmechanica Delft.
- 6 Lindenberg, J. (1983a). Stabiliteit van Armorflex-steenzettingen onder golfaanval. Waterloopkundig Laboratorium en Laboratorium voor Grondmechanica, verslag modelonderzoek M1910, jan. 1983.
- 7 Weide, J. v.d. en Visser, P. (1983). Basalton, stabiliteit onder golfaanval. Waterloopkundig Laboratorium en Laboratorium voor Grondmechanica. Verslag modelonderzoek M1900, febr. 1983.
- 8 Grootschalig onderzoek t.b.v. de oesterdam. Verslag modelonderzoek, M1795/M1881, deel VI, juli 1982. Waterloopkundig Laboratorium, Grondmechanica Delft.
- 9 Boer, K. den (1982). Taludbekleding van gezette steen, fase 0. Hydraulische aspecten. Verslag literatuurstudie, M1795, deel II, juli 1982. Waterloopkundig Laboratorium, Grondmechanica Delft.
- 10 Burger, A.M. (1985). Sterkte Oosterscheldedijken onder Geconcentreerde Golfaanval, Waterloopkundig Laboratorium, project M2036, maart 1985.
- 11 Meer, J.W. van der, en A. Bezuijzen (1983). Taludbekleding van gezette steen, fase 4. Grootschalig modelonderzoek naar een steenzetting op zand. Verslag modelonderzoek, M1795/M1881, deel XII, dec. 1983. Waterloopkundig Laboratorium, Grondmechanica Delft.
- 12 Lindenberg, J. (1988). Verweking van zand onder een steenzetting talud 1:3 onder invloed van golfbelasting. Verslag modelonderzoek. Onderdeel van deel XXII: Grondmechanische stabiliteit in de golfzone, M1795/M1881 deel XXII C, 1988. Waterloopkundig Laboratorium, Grondmechanica Delft.
- 13 Large Scale Model Study of Armorflex slope protection. Tekmarine inc., Sierra Madre, California, May '84.
- 14 Large Scale Modelling of Armorflex slope protection system. Tekmarine inc., Sierra Madre, California, Oct. '83.
- 15 Burger, A.M. (1988). Taludbekleding van gezette steen. Eindverificatie-onderzoek Deltagoot. Waterloopkundig Laboratorium, H195.25; april 1988. Is opgenomen in deel XXIII over taludbekleding van gezette steen.
- 16 Fuhrboter, A. and U. Sparboom. Full-scale investigations on the stability of concrete block revetments. Proceedings of the International Symposium on Modelling Soil-Water-Structure interactions, SOWAS, Delft 1988, Balkema, Rotterdam, 1988.
- 17 Large-Scale Model Studies of arctic island slope protection. Tekmarine inc., Project TCN-015, April 1982. Sierra Madre, California, USA. Zie sectie 7 in deel XX A, Appendix 1.
- 18 Large-Scale Model Investigation of compound slope profiles. Tekmarine inc., Project TCN-024, May/June 1983. Sierra Madre, California, USA. Zie sectie 7 in deel XX A, Appendix 1.
- 19 Two-Dimensional Model Study of slope protection systems for the Sohio Endicott Project. Tekmarine inc., January 1985. Sierra Madre, California, USA. Zie sectie 7 in deel XX A, Appendix 1.

omschrijving/onderzoeksnaam	id	proef	kon. type	golven r/o	ξ_o -	H/AD -	b m	D m	D_{f15}		open opp.		Δ -	talud cot α -	Δ		$(k'D)/(kb)$	
									min mm	max mm	min %	max %			min m	max m	min -	max -
Blokken op zand [11]	t		1	r	2.10 3.30 2.70	4.20 2.70 5.60	-	.105	-	-	.3	.8	1.410	3	-	-	-	-
Basalton op zand [12]	u	ingewassen niet ingewassen ingewassen	1	o r r	1.50 1.40 1.90	4.80 3.30 5.30	-	.200	-	-	10	20	1.300	3	-	-	-	-
Blokken op non-woven geot. op zand (GWK, [16]) $D_{b50} = 0.25$ mm	x	dikke blokken	1	r	1.47 1.33 1.54	4.62 5.39 6.16	-	.200	-	-	.5	1	1.200	4	-	-	-	-
		dunne blokken	1	r	1.40 2.42 1.54	6.16 4.62 6.16	-	.100	-	-	1	2	1.300	4	-	-	-	-
		dikke met 1% open opp. aan gaten	1	r	1.54 2.52	6.16 3.15	-	.200	-	-	1.5	2.5	1.200	4	-	-	-	-
Oesterdam, op klei en berm op of boven SWL [8]	v	losse blokken	2	r	1.40 1.00	6.90 5.70	-	.100	-	-	.3	.8	1.365	4	-	-	-	-
Gidsonderzoek met brede spleten [5]	f	ingewassen	3b	r	2.40 2.90	5.70 2.10	.35	.150	20	30	15	17	1.350	3	.47 .22	.79 .38	.04 .17	.11 .51
		niet ingewassen		r				.150						3				
Oesterdam, blokken met gat (h.o.h. 25 cm) en berm op of boven SWL [8]	h	losse blokken	3b	o	1.20 1.10 1.10	3.60 3.30 3.20	.15	.100	14	14	6	8	1.400	4	.41	.62	.03	.06
Niet ingewassen Basalton [7]	i		3b	o	1.40	4.90	.15	.180	20	25	10	15	1.400	3	.28	.41	.21	.44
Armorflex zonder kabels [6]	j	niet ingewassen	3b	r	1.20 2.10 1.60	6.30 8.90 6.50	.25	.115	25	25	21	21	1.400	3	.22	.32	.15	.30
				r														
				o	1.60	5.70												
Gobi-blokken op geotextiel McCartney+Ahrens (1975) [9]	k	schuine zijden rechte zijden	3b	r	2.90 2.60 2.60 3.10 2.10 2.10 1.40	3.80 4.70 4.70 7.50 4.00 4.00 3.80	"="	.100	.5	2	25	35	1.300	3.5	.07	.15	.51	2.04
				c														
				r														
Provo-onderzoek [10]	n	Vilvoortse steen (met puin en vieillaag)	3b	o	1.40 1.40 2.10	2.20 2.90 2.20	.05	.220	10	20	17	23	1.530	3.5	.15	.29	.62	2.47
				o	1.30 1.50 1.60	2.20 2.90 3.10	.05	.250	10	20	12	18	2.000	3.5	.18	.36	.51	2.04
				o	1.50 1.50	2.50 2.50	.04	.200	9	9	.3	.8	1.380	3.5	.55	.91	.05	.15
Gidsonderzoek met dichte toplagen [5]	p	niet ingewassen	3c	r	1.30 2.20 3.90 4.10 4.20 3.50 3.00 1.90 1.70 1.90	4.40 3.00 1.40 1.30 1.80 2.60 3.60 2.70 2.80 2.90	.35	.150	20	30	1	2	1.350	3	1.26	1.90	.01	.02
				r														
				r														
Oesterdam, dichte blokken en berm op of boven SWL [8]	r	losse blokken	3c	o	1.10 2.20 1.20 1.30 1.10 1.10 1.10 2.20 1.10	3.80 3.70 3.50 3.50 3.60 3.60 3.60 2.30 3.60	.15	.100	14	14	.3	.8	1.365	4	1.03	1.24	.01	.01
				o														
				o														
Blokken op filter (GWK, [16])	y		3c	r	2.03	3.12	.20	.200	10	14	.5	1	1.300	4	.45	.91	.05	.21
				r														
				r														

Tabel 4 Resultaten van grootschalig modelonderzoek met losse elementen

proef -	kon. type	ϵ_0 -	H/ΔD -	Y m	A -	D m	B m	L m	s mm	gaten		Q %	b m	D _{f15} mm	n -	geo. +/-	k mm/s	k' mm/s	A m	k' D kb
										aan- tal	diam. mm									
103 oost	3c	1.56	2.89	.002	1.375	.151	.251	.301	2.7	0	0	2.0	.50	3.6	.38	-	56.1	11.6	.60	.06
104 oost	3c	2.13	2.12	.001	1.375	.151	.251	.301	2.7	0	0	2.0	.50	3.6	.38	-	56.1	11.6	.60	.06
120 oost	3c	3.89	2.70	.002	1.375	.151	.251	.301	2.7	0	0	2.0	.50	3.6	.38	-	56.1	11.6	.60	.06
121 oost	3c	1.84	3.37	.002	1.375	.151	.251	.301	2.7	0	0	2.0	.50	3.6	.38	-	56.1	11.6	.60	.06
225 west	3c	1.61	3.01	.020	1.354	.147	.250	.301	2.7	0	0	2.0	.50	9.2	.34	+	107.0	11.4	.83	.03
230 west	3c	1.60	3.47	.007	1.354	.147	.250	.301	2.7	0	0	2.0	.50	9.2	.34	+	107.0	11.4	.83	.03
242 west	3c	1.05	3.47	.002	1.354	.147	.250	.301	2.7	0	0	2.0	.50	9.2	.34	+	107.0	11.4	.83	.03
260 west	3c	2.10	1.83	.017	1.200	.150	.251	.299	2.7	0	0	2.0	.50	9.2	.34	-	107.0	13.6	.77	.04
263 west	3c	2.12	2.33	.014	1.200	.150	.251	.299	2.7	0	0	2.0	.50	9.2	.34	-	107.0	13.6	.77	.04
225 oost	3c	1.61	2.89	.016	1.383	.150	.500	.500	2	0	0	.8	.50	3.6	.38	+	56.1	4.2	1.00	.02
226 oost	3c	1.12	4.53	.022	1.383	.150	.500	.500	2	0	0	.8	.50	3.6	.38	+	56.1	4.2	1.00	.02
229 oost	3c	2.10	2.31	.016	1.383	.150	.500	.500	2	0	0	.8	.50	3.6	.38	+	56.1	4.2	1.00	.02
230 oost	3c	1.60	3.33	.015	1.383	.150	.500	.500	2	0	0	.8	.50	3.6	.38	+	56.1	4.2	1.00	.02
242 oost	3c	1.05	3.33	.008	1.383	.150	.500	.500	2	0	0	.8	.50	3.6	.38	+	56.1	4.2	1.00	.02
260 oost	3c	2.10	1.59	.004	1.383	.150	.500	.500	2	0	0	.8	.50	3.6	.38	-	56.1	4.9	.93	.03
262 oost	3c	1.08	3.76	.002	1.383	.150	.500	.500	2	0	0	.8	.50	3.6	.38	-	56.1	4.9	.93	.03
263 oost	3c	2.12	2.02	.001	1.383	.150	.500	.500	2	0	0	.8	.50	3.6	.38	-	56.1	4.9	.93	.03
302 west	3c	3.11	1.44	.002	1.388	.150	.500	.500	1	6	51	5.3	.50	8.5	.34	-	100.9	11.5	.81	.03
303 west	3c	2.60	1.68	.003	1.388	.150	.500	.500	1	6	51	5.3	.50	8.5	.34	-	100.9	11.5	.81	.03
306 west	3c	1.61	2.88	.003	1.388	.150	.500	.500	1	6	51	5.3	.50	8.5	.34	-	100.9	11.5	.81	.03
315 west	3c	2.64	2.31	.001	1.388	.150	.500	.500	1	6	51	5.3	.50	8.5	.34	-	100.9	11.5	.81	.03
301 oost	3c	4.00	1.27	.004	1.391	.153	.500	.500	1	1	125	5.3	.50	8.5	.34	-	100.9	7.9	.99	.02
302 oost	3c	3.11	1.41	.002	1.391	.153	.500	.500	1	1	125	5.3	.50	8.5	.34	-	100.9	7.9	.99	.02
305 oost	3c	1.86	2.40	.002	1.391	.153	.500	.500	1	1	125	5.3	.50	8.5	.34	-	100.9	7.9	.99	.02
306 oost	3c	1.61	2.82	.001	1.391	.153	.500	.500	1	1	125	5.3	.50	8.5	.34	-	100.9	7.9	.99	.02
311 oost	3c	2.09	2.68	.002	1.391	.153	.500	.500	1	1	125	5.3	.50	8.5	.34	-	100.9	7.9	.99	.02
315 oost	3c	2.64	2.26	.002	1.391	.153	.500	.500	1	1	125	5.3	.50	8.5	.34	-	100.9	7.9	.99	.02
317 oost	3c	2.71	2.77	.002	1.391	.153	.500	.500	1	1	125	5.3	.50	8.5	.34	-	100.9	7.9	.99	.02
407 oost	3c	3.11	1.44	.001	1.358	.153	.500	.500	1	1	170	9.5	.50	8.5	.34	-	100.9	12.4	.79	.04
410 oost	3c	2.09	2.07	.001	1.358	.153	.500	.500	1	1	170	9.5	.50	8.5	.34	-	100.9	12.4	.79	.04
411 oost	3c	2.56	1.73	.001	1.358	.153	.500	.500	1	1	170	9.5	.50	8.5	.34	-	100.9	12.4	.79	.04
412 oost	3c	1.86	2.45	.002	1.358	.153	.500	.500	1	1	170	9.5	.50	8.5	.34	-	100.9	12.4	.79	.04
413 oost	3c	1.61	2.89	.002	1.358	.153	.500	.500	1	1	170	9.5	.50	8.5	.34	-	100.9	12.4	.79	.04
414 oost	3c	1.35	3.56	.002	1.358	.153	.500	.500	1	1	170	9.5	.50	8.5	.34	-	100.9	12.4	.79	.04
617 west	3c	2.13	1.56	.023	1.376	.299	.499	.500	3.8	0	0	1.5	.35	17.3	.34	-	161.9	14.1	1.10	.07
619 west	3c	1.57	3.81	.005	1.376	.299	.499	.500	3.8	0	0	1.5	.35	17.3	.34	-	161.9	14.1	1.10	.07
620 west	3c	3.53	3.38	.013	1.376	.299	.499	.500	3.8	0	0	1.5	.35	17.3	.34	-	161.9	14.1	1.10	.07
621 west	3c	2.99	1.87	.029	1.376	.299	.499	.500	3.8	0	0	1.5	.35	17.3	.34	-	161.9	14.1	1.10	.07
622 west	3c	3.47	1.43	.008	1.376	.299	.499	.500	3.8	0	0	1.5	.35	17.3	.34	-	161.9	14.1	1.10	.07
623 west	3c	2.04	2.14	.040	1.376	.299	.499	.500	3.8	0	0	1.5	.35	17.3	.34	-	161.9	14.1	1.10	.07
625 west	3c	1.49	2.72	.008	1.376	.299	.499	.500	3.8	0	0	1.5	.35	17.3	.34	-	161.9	14.1	1.10	.07
141 west	3b	3.12	2.41	.011	1.354	.147	.250	.301	2.7	0	0	2.0	.25	3.6	.38	-	56.1	11.5	.42	.12
152 west	3b	1.94	5.98	.002	1.354	.147	.250	.301	2.7	0	0	2.0	.25	3.6	.38	-	56.1	11.5	.42	.12
153 west	3b	1.92	6.13	.008	1.354	.147	.250	.301	2.7	0	0	2.0	.25	3.6	.38	-	56.1	11.5	.42	.12
130 oost	3b	3.03	1.98	.001	1.348	.150	.252	.301	2.7	2	40	5.3	.50	3.6	.38	-	56.1	14.5	.54	.08
137 oost	3b	2.02	3.51	.005	1.348	.150	.252	.301	2.7	2	40	5.3	.50	3.6	.38	-	56.1	14.5	.54	.08
143 oost	3b	1.56	4.55	.007	1.348	.150	.252	.301	2.7	2	40	5.3	.50	3.6	.38	-	56.1	14.5	.54	.08
413 west	3b	1.61	2.89	.001	1.357	.153	.499	.499	1	6	70	9.7	.50	8.5	.34	-	100.9	19.0	.64	.06
418 west	3b	2.94	2.41	.002	1.357	.153	.499	.499	1	6	70	9.7	.50	8.5	.34	-	100.9	19.0	.64	.06
419 west	3b	1.82	3.08	.001	1.357	.153	.499	.499	1	6	70	9.7	.50	8.5	.34	-	100.9	19.0	.64	.06
420 west	3b	1.82	3.08	.001	1.357	.153	.499	.499	1	6	70	9.7	.50	8.5	.34	-	100.9	19.0	.64	.06
421 west	3b	1.57	3.66	.001	1.357	.153	.499	.499	1	6	70	9.7	.50	8.5	.34	-	100.9	19.0	.64	.06
427 west	3b	2.57	3.03	.001	1.357	.153	.499	.499	1	6	70	9.7	.50	8.5	.34	-	100.9	19.0	.64	.06
518 west	3b	1.53	3.84	.001	1.388	.150	.500	.501	1	6	91	16.0	.50	8.5	.34	-	100.9	29.6	.51	.09
526 west	3b	2.70	2.74	.002	1.388	.150	.500	.501	1	6	91	16.0	.50	8.5	.34	-	100.9	29.6	.51	.09
530 west	3b	2.03	3.75	.001	1.388	.150	.500	.501	1	6	91	16.0	.50	8.5	.34	-	100.9	29.6	.51	.09
531 west	3b	1.85	3.89	.002	1.388	.150	.500	.501	1	6	91	16.0	.50	8.5	.34	-	100.9	29.6	.51	.09
510 oost	3b	2.61	2.30	.001	1.391	.153	.500	.500	1	1	225	16.3	.50	8.5	.34	-	100.9	20.2	.62	.06
511 oost	3b	2.08	2.73	.001	1.391	.153	.500	.500	1	1	225	16.3	.50	8.5	.34	-	100.9	20.2	.62	.06
516 oost	3b	1.35	3.48	.001	1.391	.153	.500	.500	1	1	225	16.3	.50	8.5	.34	-	100.9	20.2	.62	.06

Tabel 5 Resultaten van grootschalig modelonderzoek in de Deltagoot uit 1987 [15]
met losse blokken

omschrijving/onderzoeknaam	id	proef	kon. type	gol- ven r/o	ξ_0	H/AD	b	D	D_{g15}		open opp.		A	talud		A		$(k'D)/(\text{kb})$	
							m	m	min mm	max mm	min %	max %	-	cota	-	min m	max m	min	max
Ingewassen Armorflex [14]	w	op zand $D_{b50} = 0.5 \text{ mm}$	4	r	1.90	6.80	-	.100	-	-	9	11	1.300	3	-	-	-	-	-
Mat op dik geo. [17]	z	op zand	4	r	1.83	10.28	-	.051	-	-	14	15	1.430	3	-	-	-	-	-
Blokkemat op granulaire filter [18]	aa	smalle berm boven SWL	6b	r	1.91	3.86	.15	.076	70	80	14	15	1.450	3	.25	.35	.05	.10	.10
			r	r	1.60	5.52													
			r	r	2.65	3.59													
			r	r	2.09	4.41													
brede berm op SWL	6b		r	r	1.46	6.62	.15	.076	70	80	14	15	1.450	3	.25	.35	.05	.10	.10
			r	r	1.35	7.72													
			r	r	1.70	6.62													
			r	r	1.78	6.07	.15	.076	70	80	14	15	1.450	3	.25	.35	.05	.10	.10
brede berm onder SWL	6b		r	r	1.67	6.90													
			r	r	2.03	6.07													
			r	r	2.29	6.07													
			r	r	2.67	5.52													
Blokkemat op geotextiel granulaire filter [19] (vrij kleine schaal)	ab3	zonder berm	6b	r	1.49	4.24	.10	.057	9	11	19	20	1.280	3	.22	.32	.04	.07	.07
	4	smalle berm boven SWL	6b	r	1.67	5.32													
			r	r	1.67	3.19	.10	.095	9	11	19	20	1.280	3	.25	.35	.08	.16	.16
	5	smalle berm op SWL	6b	r	1.57	3.59													
			r	r	1.74	3.12	.10	.057	9	11	19	20	1.280	3	.22	.32	.04	.07	.07
			r	r	1.43	4.65													
			r	r	1.88	4.20													
	4	smalle berm onder SWL	6b	r	2.04	5.11													
			r	r	1.92	3.46	.10	.095	9	11	19	20	1.280	3	.25	.35	.08	.16	.16
	6	smalle berm onder SWL	6b	r	1.68	4.51													
			r	r	1.92	3.99	.10	.057	9	11	19	20	1.280	3	.28	.38	.03	.04	.04
	16	brede berm boven SWL	6b	r	2.99	4.24													
			r	r	1.88	4.20	.10	.057	9	11	19	20	1.280	3	.22	.32	.04	.07	.07
	15	brede berm op SWL	6b	r	1.70	5.11													
			r	r	1.50	4.20	.10	.057	9	11	19	20	1.280	3	.22	.32	.04	.07	.07
	11	brede berm onder SWL	6b	r	2.31	3.99													
			r	r	1.30	3.16	.10	.057	9	11	19	20	1.280	3	.28	.38	.03	.04	.04
Armorflex met kabels op dik geotextiel [13] (1" beweging)	12	brede berm onder SWL	6b	r	2.18	3.12													
			r	r	1.43	4.65													
	12	brede berm onder SWL	6b	r	2.19	4.44	.10	.057	9	11	19	20	1.280	3	.22	.28	.04	.07	.07
			r	r	3.08	3.99													
	14	brede berm onder SWL	6b	r	1.49	6.65	.10	.057	9	11	19	20	1.280	3	.22	.32	.04	.07	.07
			r	r	2.51	5.98													
	b		6b	r	2.90	5.00	"="	.100	2	4	10	20	1.130	3	1.58	2.21	.00	.00	.00
			r	r	2.30	6.20													
Interlock blocks CERC, 1966 (Hall) [9]	d	type A, open	6b	r	1.70	10.20	.15	.143	15	25	1	2	1.300	2	.45	.67	.06	.13	.13
	c	type A, dicht	6c	r	2.10	4.40	.15	.143	15	25	.1	1	1.300	2	.67	1.12	.02	.06	.06
	e	type B	6c	r	3.40	6.20	.15	.152	15	25	.5	1	1.300	2	1.34	2.24	.01	.02	.02
	e	type B	6c	r	2.50	7.40	.15	.152	15	25	.5	1	1.300	2	1.34	2.24	.01	.02	.02
	a	schade	6c	r	1.60	5.10	.54	.116	8	9	1.5	2	1.349	3	.63	.95	.02	.04	.04

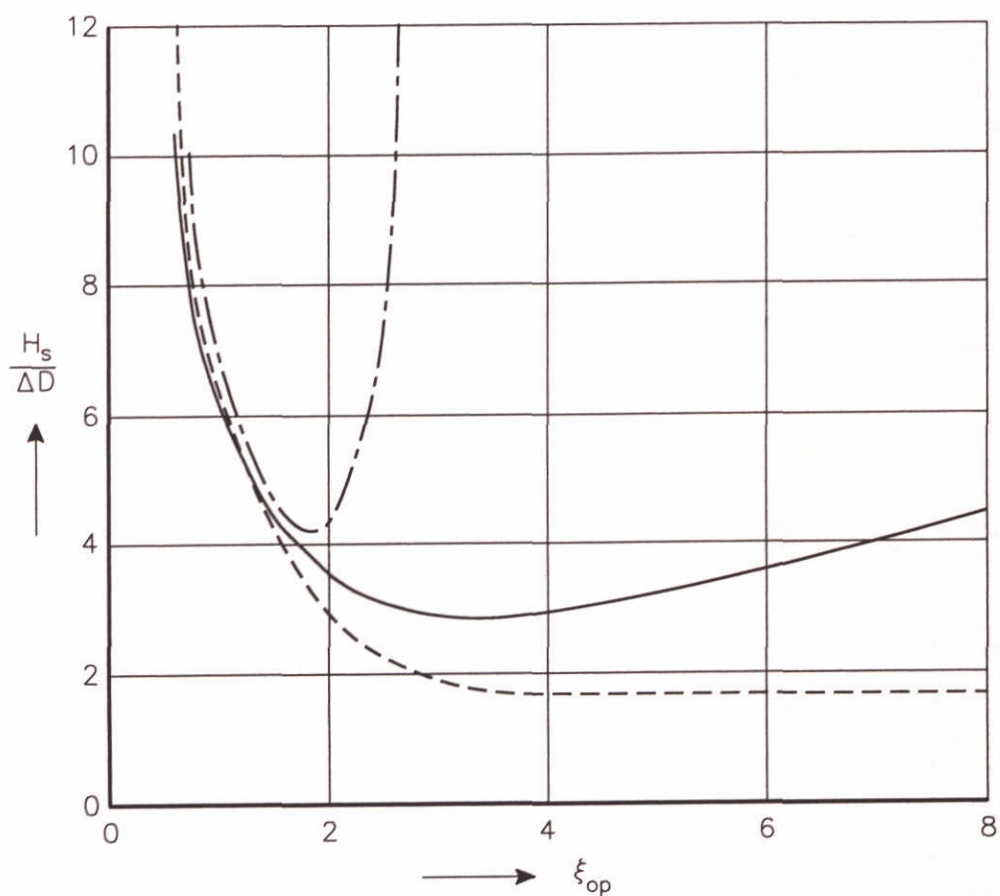
Tabel 6 Resultaten van grootschalig modelonderzoek met geschakelde elementen

proef	h [m]	Tp [s]	Hs [m]	Y [cm]	ξ_{op} [-]	Δ [-]	Hs/ ΔD [-]
A03	5.00	3.9	0.81	schade	1.35	1.38	3.91
A03h	5.00	3.9	0.77	schade	1.39	1.38	3.72

proef	h [m]	T [s]	H [m]	Y [cm]	ξ_o [-]	Δ [-]	H/ ΔD [-]
Xh 34	5.01	5.0	0.41	0.6	2.44	1.25	2.19
Xh 30	4.88	5.0	0.50	0.6	2.21	1.33	2.50
Xh 6	4.91	4.1	0.49	0.6	1.83	1.25	2.62
Xh 19	5.11	6.5	0.56	0.6	2.71	1.33	2.81
Xh 31	4.88	5.0	0.59	0.7	2.03	1.33	2.96
Xh 7	4.91	4.1	0.58	0.7	1.68	1.25	3.10
Xh 18	4.98	6.5	0.65	0.6	2.52	1.25	3.48
Xh 22	4.68	3.3	0.68	0.8	1.25	1.22	3.71
Xh 118	4.98	6.5	0.76	0.9	2.33	1.33	3.81
Xh 27	4.81	3.3	0.83	0.7	1.13	1.33	4.15
Xh 4	4.78	4.1	0.87	0.6	1.37	1.22	4.74
Xh 10	4.91	4.1	1.02	0.6	1.27	1.25	5.45
Yh 21	5.01	5.0	0.42	0.6	2.41	1.33	2.10
Yh 10	4.88	5.0	0.45	0.8	2.33	1.33	2.26
Yh 22	5.01	5.0	0.48	0.9	2.25	1.33	2.40
Yh 11	4.88	5.0	0.51	0.7	2.19	1.33	2.56
Yh 26	5.01	6.5	0.49	0.7	2.90	1.22	2.67
Yh 23	5.01	5.0	0.59	0.8	2.03	1.33	2.95
Yh 7	4.78	3.3	0.68	0.6	1.25	1.33	3.40
Yh 30	5.22	6.5	0.69	0.8	2.44	1.33	3.46
Yh 24	5.01	5.0	0.70	0.8	1.87	1.25	3.74
Yh 8	4.78	3.3	0.82	0.6	1.14	1.33	4.10
Zh 6	4.88	5.0	0.60	0.7	2.02	1.22	3.27
Zh 1	4.78	4.1	0.61	0.7	1.64	1.22	3.33
Zh 2	4.78	4.1	0.70	0.7	1.53	1.22	3.82
Xm 30	4.88	5.0	0.50	0.7	2.21	1.36	2.46
Xm 6	4.91	4.1	0.49	0.6	1.83	1.28	2.55
Xm 19	5.11	6.5	0.56	0.6	2.71	1.36	2.75
Xm 36	5.01	5.0	0.58	0.6	2.05	1.36	2.85
Xm 25	4.81	3.3	0.57	0.6	1.36	1.28	2.97
Xm 7	4.91	4.1	0.58	0.6	1.68	1.28	3.02
Xm 8	4.91	4.1	0.70	0.9	1.53	1.28	3.65
Xm 120	5.11	6.5	0.76	0.8	2.33	1.36	3.74
Ym 2	4.78	4.1	0.60	0.6	1.65	1.36	2.95
Ym 12	4.88	5.0	0.60	0.7	2.02	1.36	2.95
Ym 16	4.91	4.1	0.59	0.8	1.67	1.23	3.19
Ym 30	5.22	6.5	0.69	0.6	2.44	1.36	3.39
Ym 33	5.35	6.5	0.71	0.6	2.41	1.23	3.84
Ym 8	4.78	3.3	0.82	0.6	1.14	1.37	3.99
Ym 25	5.01	5.0	0.86	0.8	1.68	1.37	4.18
Zm 10	5.23	6.5	0.66	0.6	2.50	1.36	3.24
Zm 9	5.23	6.5	0.75	0.6	2.34	1.37	3.65

Tabel 7

Meetresultaten van Wouters (1992) [1] voor zover er blokbeweging van 0,5 à 1,0 cm optrad (talud 1:4; D = 0.15 m)
 Serie A = blokken op klei met natuurlijke geulen en onreg. golven
 Serie Xh = blokken op klei met natuurlijke geulen en reg. golven
 Serie Yh = blokken op geotextiel op zandlaagje op klei
 Serie Zh = blokken op geotextiel op zandlaagje op klei
 Serie Xm = blokken op goed verdichte klei met kunstmatige geulen
 Serie Ym = blokken op dik geotextiel op goed verdichte klei
 Serie Zm = blokken op goed verdichte klei

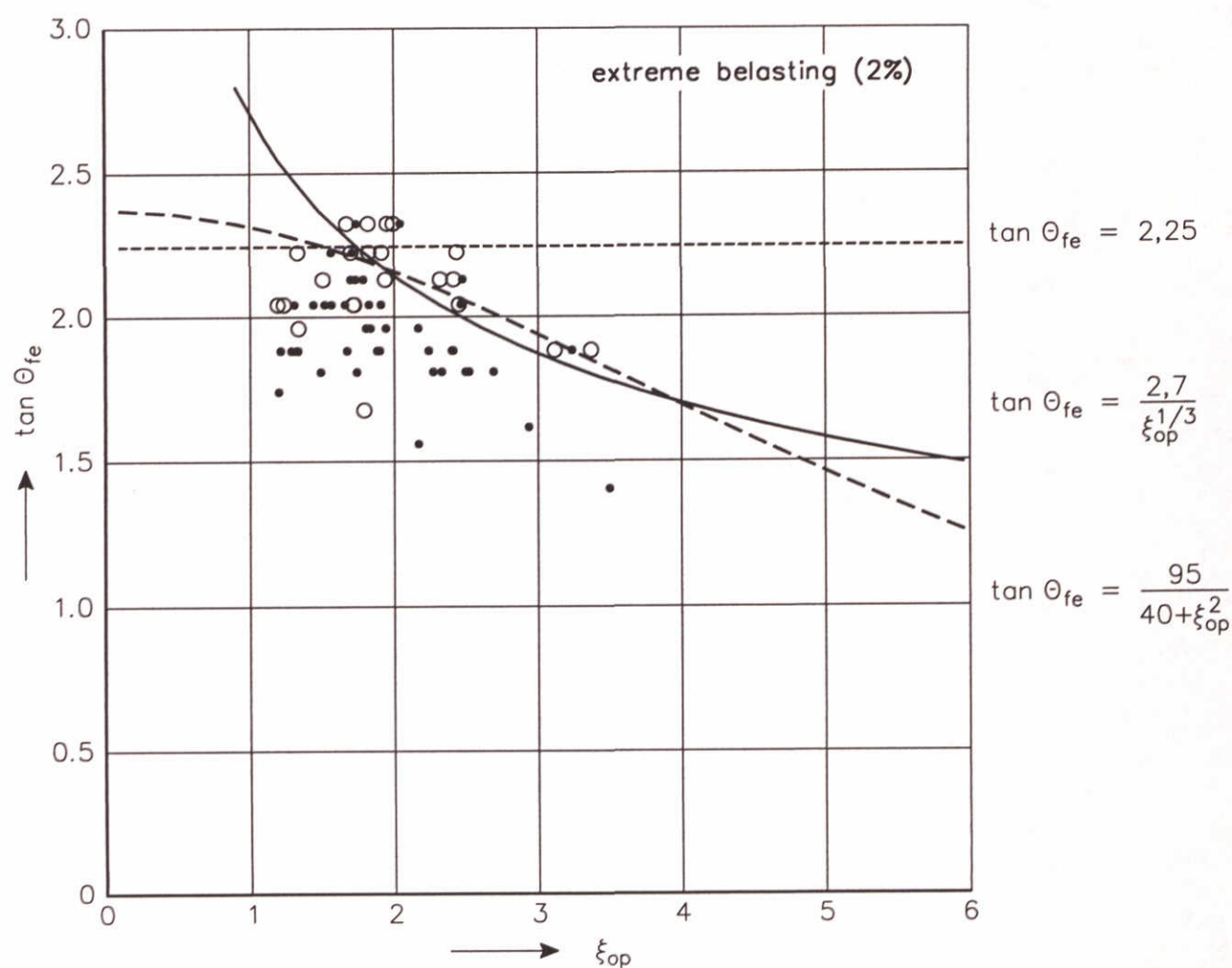
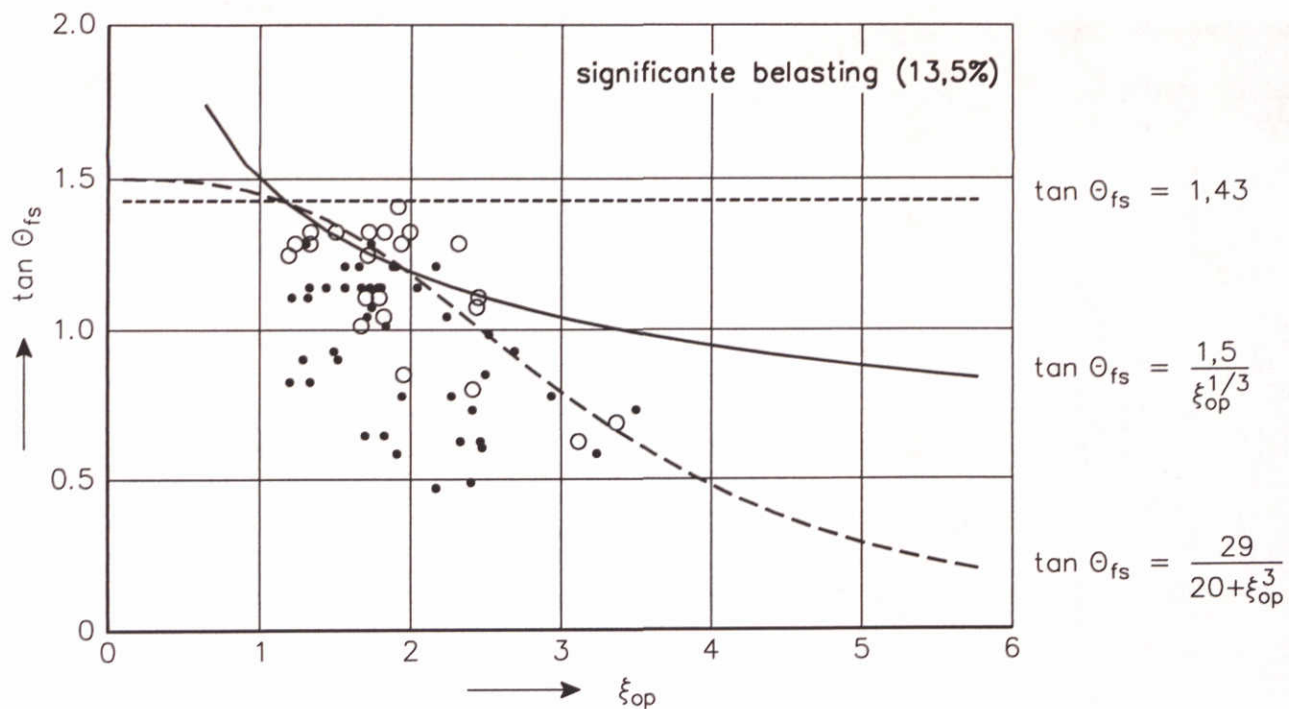


----- $\tan \theta_{fs} = 1,43$ (formule 4)

- . - . - $\tan \theta_{fs} = \frac{29}{20 + \xi_{op}^3}$

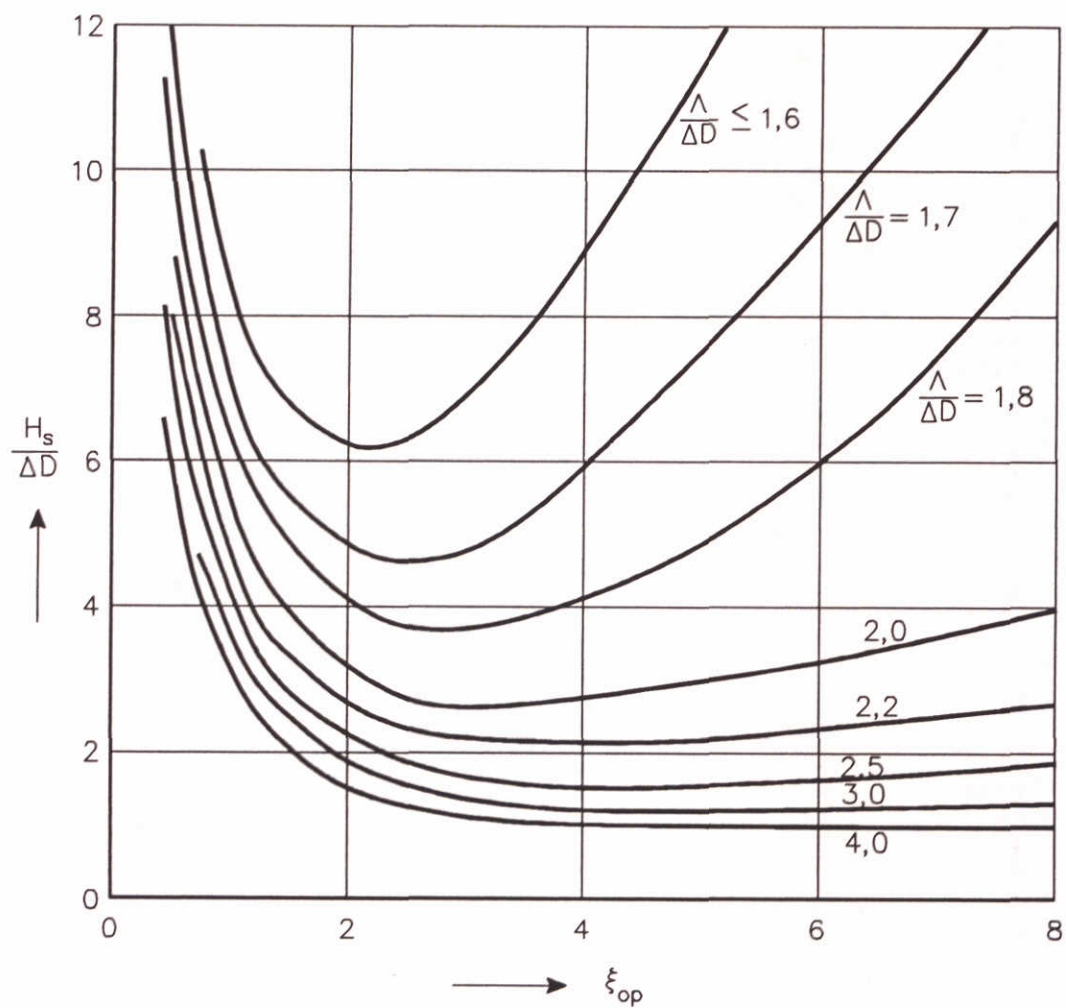
———— $\tan \theta_{fs} = \frac{1,5}{\xi_{op}^{1/3}}$

STABILITEIT BIJ VERSCHILLENDE FORMULES VAN θ_{fs}
($\tan \alpha = 0,25$; $\Gamma = 1,2$; $\Lambda / \Delta D = 2$)



- meetpunt zonder ondiep voorland
 ● meetpunt met ondiep voorland

FRONTHOEK ALS FUNCTIE VAN BREKERPARAMETER

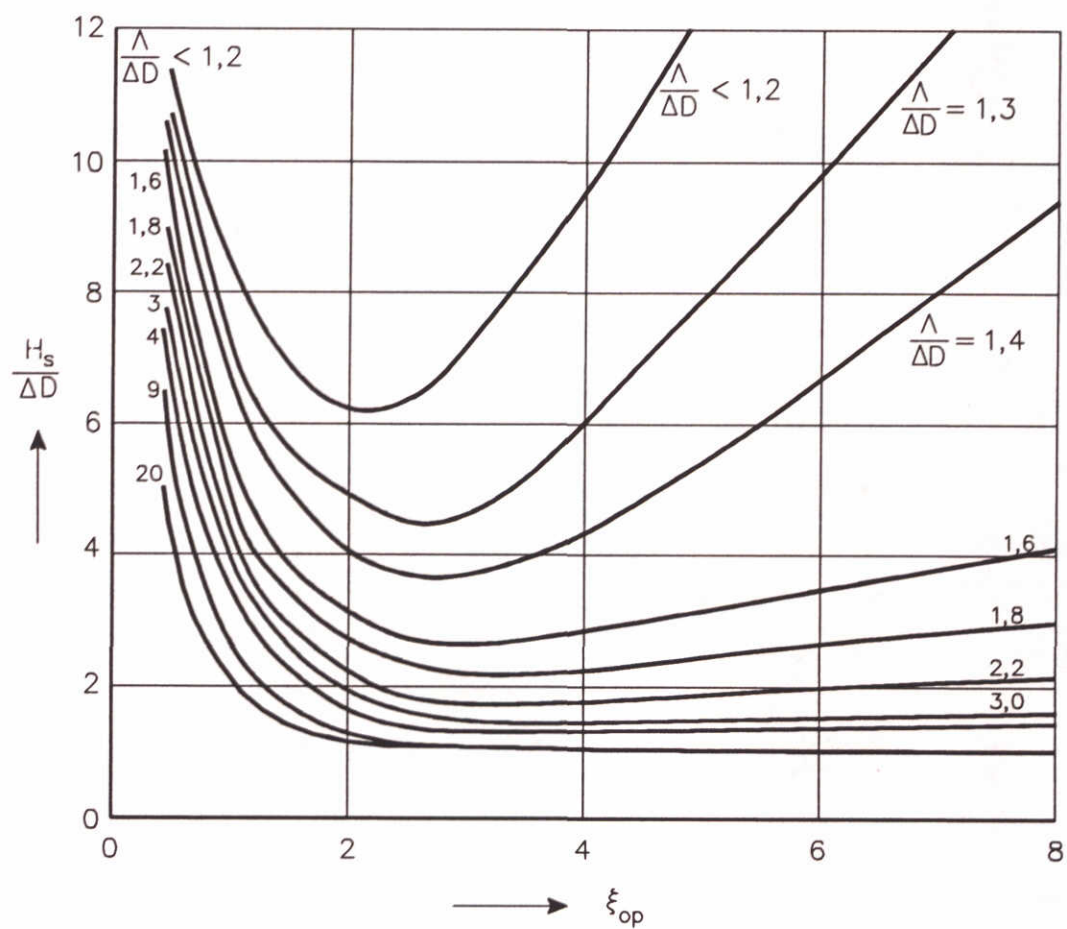


STABILITEIT BIJ SIGNIFICANTE BELASTING
($\Gamma = 1,2$)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 1770

FIG. 3

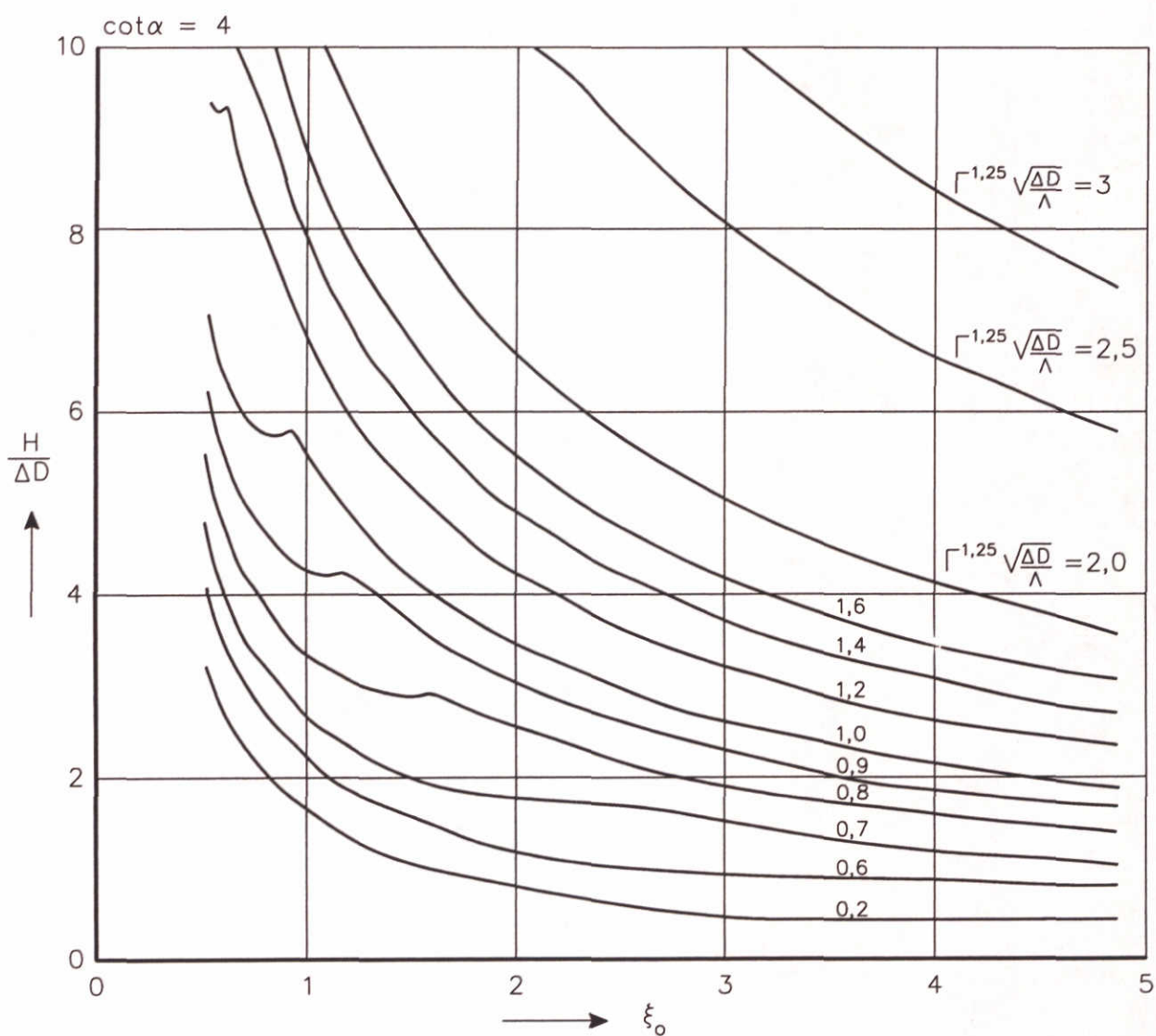


STABILITEIT BIJ EXTREME BELASTING
($\Gamma = 1,5$)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 1770

FIG. 4

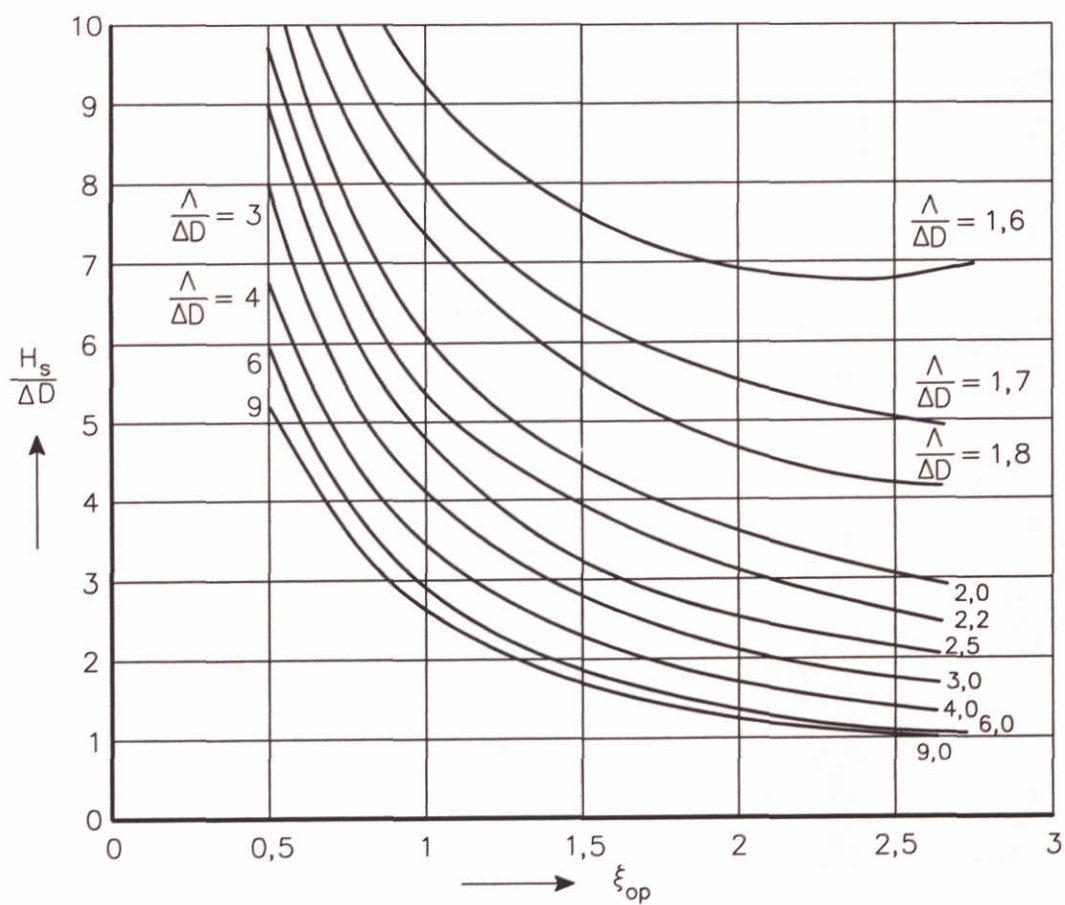


STABILITEIT BIJ REGELMATIGE GOLVEN
(OUD ANALYTISCHE MODEL)

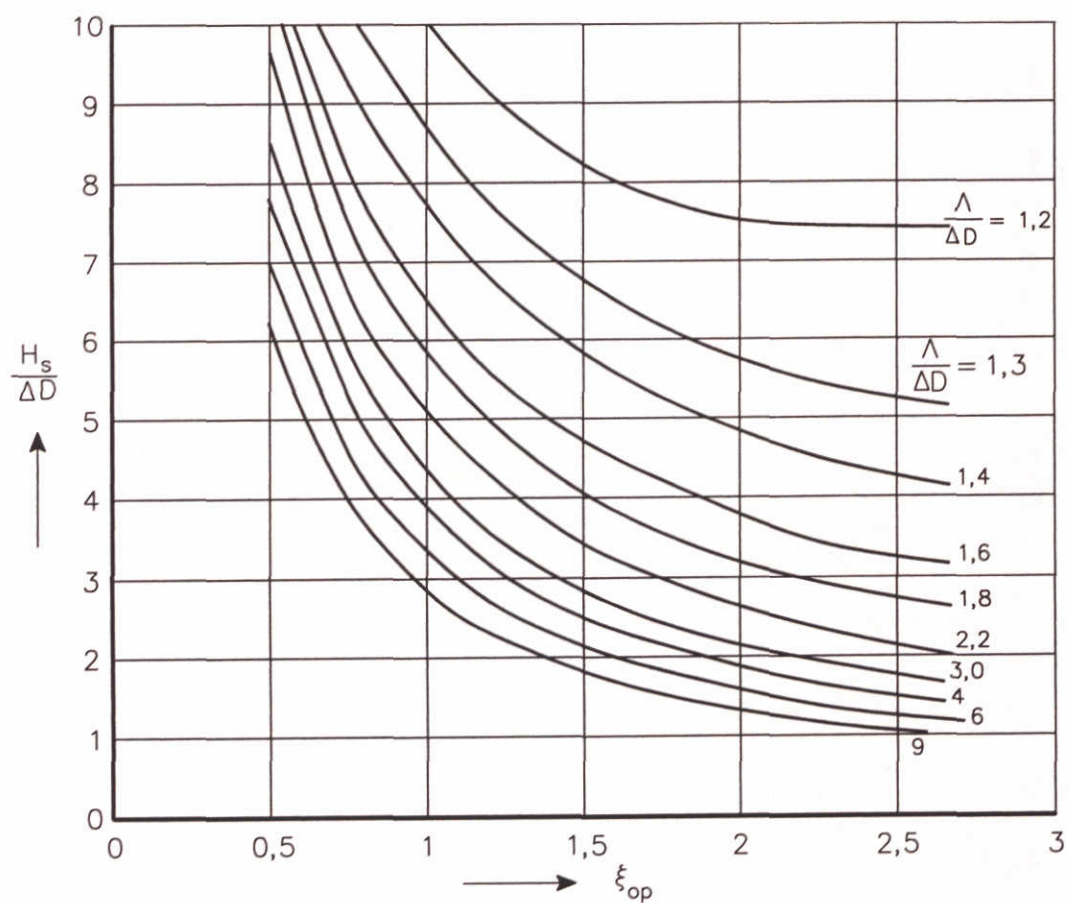
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 1770

FIG. 5



STABILITEIT BIJ SIGNIFICANTE BELASTING
($\Gamma = 1,2$; $\tan \alpha = 0,25$)

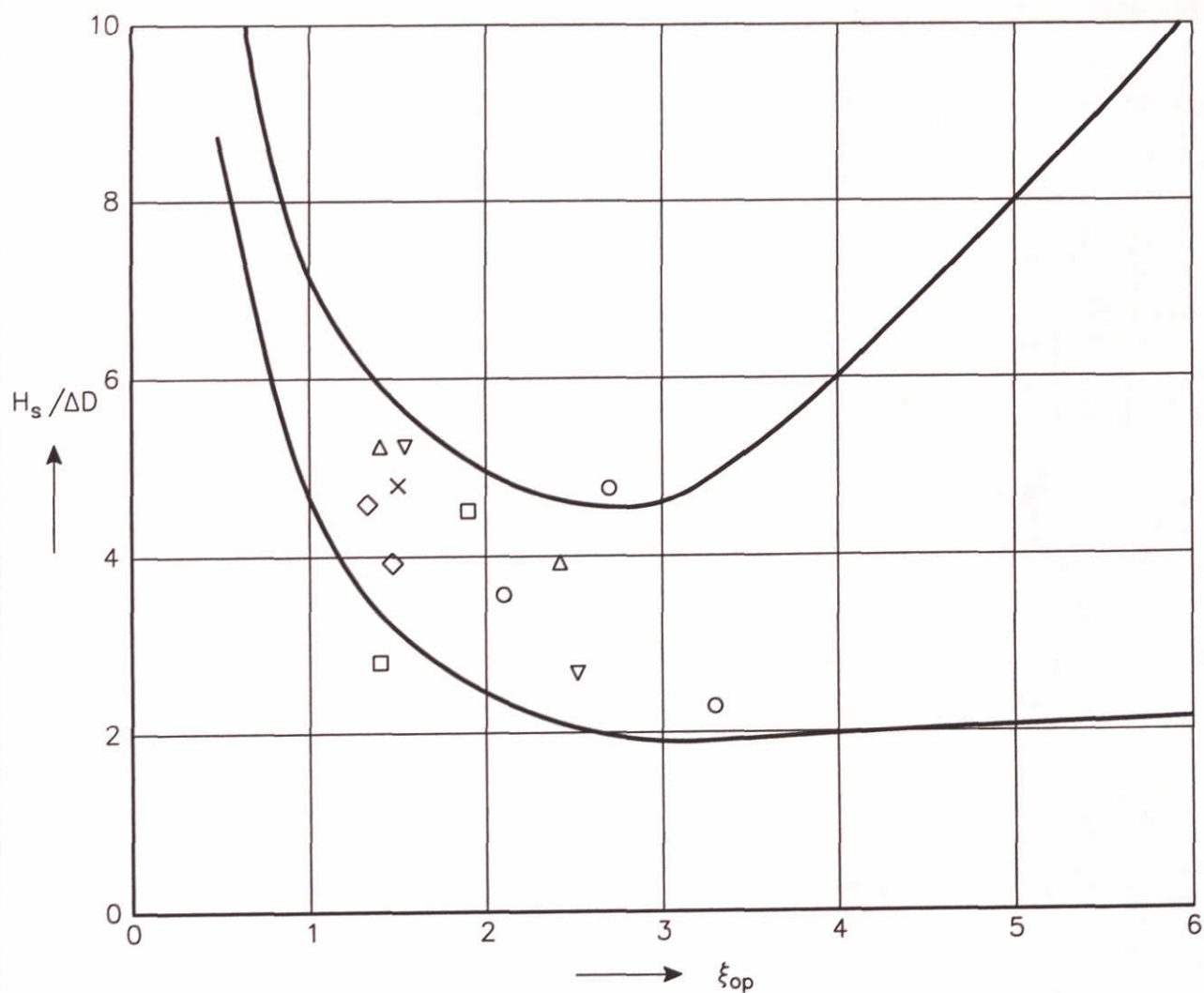


STABILITEIT BIJ EXTREME BELASTING
($\Gamma = 1,5$; $\tan \alpha = 0,25$)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

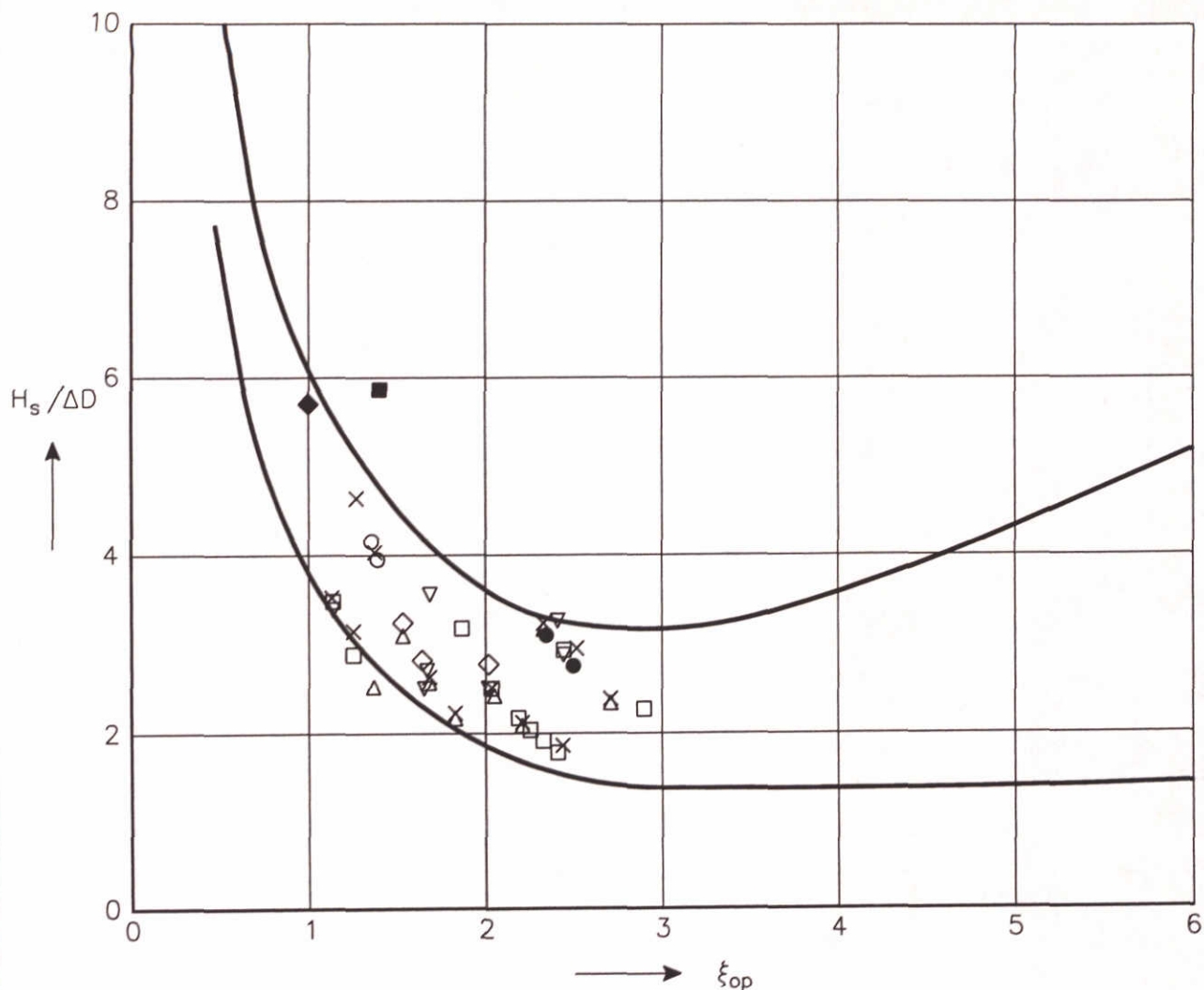
H 1770

FIG. 7



- serie t: blokken op geotextiel op zand [11]
- × □ serie u: Basalton op geotextiel op zand [12]
- ◇ serie x: dikke blokken op geotextiel op zand [16]
- △ serie x: dunne blokken op geotextiel op zand [16]
- ▽ serie x: dikke blokken met gaten op geotextiel op zand [16]
- □ ◇ △ ▽ regelmatige golven
- × onregelmatige golven

STABILITEIT VAN STEENZETTING OP GEOTEXTIEL
OP ZAND OF KLEI (TYPE 1)



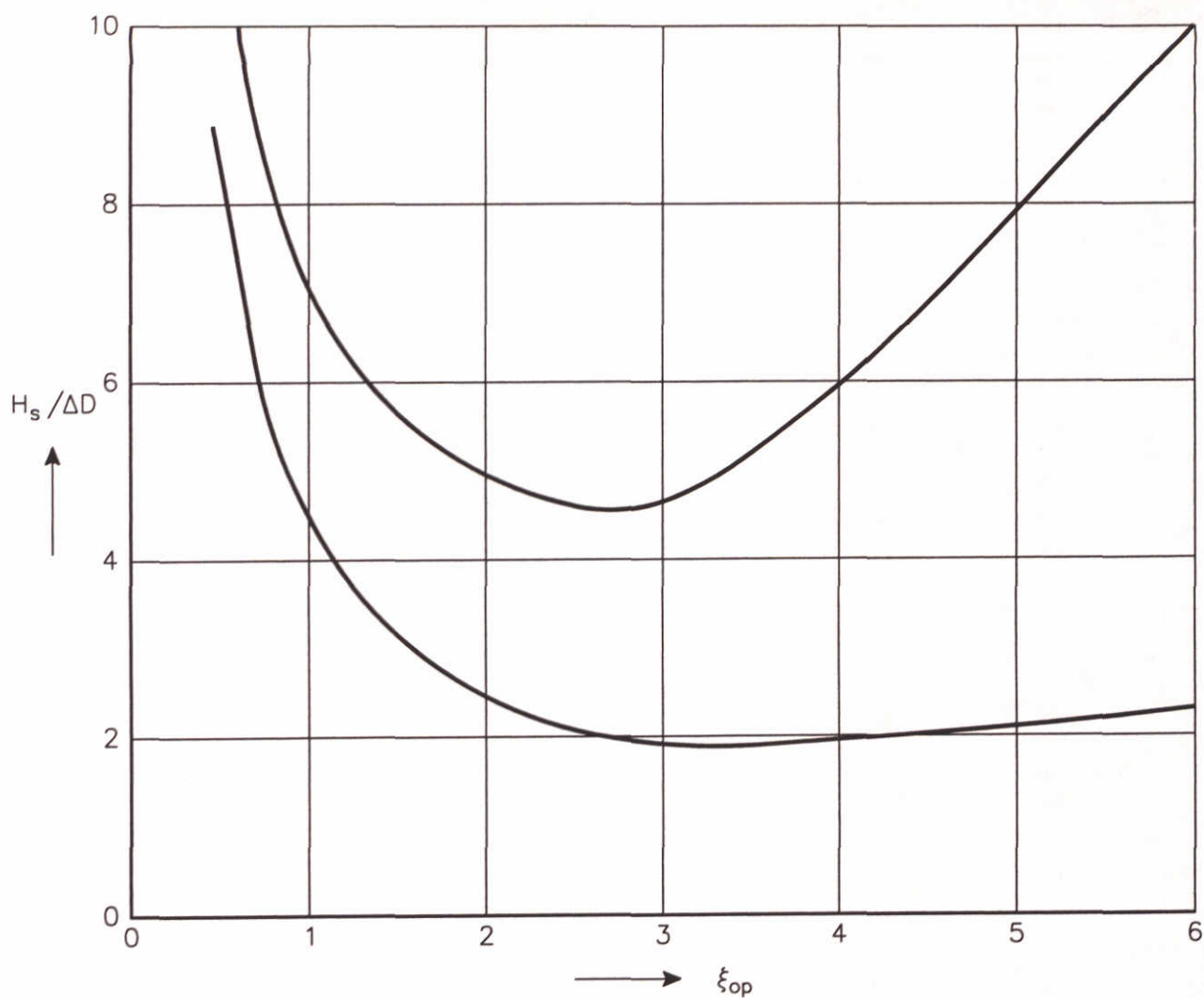
- × serie Xh: blokken op klei met natuurlijke geulen [1]
- serie Yh: blokken op geotextiel op zandlaagje op klei [1]
- ◇ serie Zh: blokken op geotextiel op zandlaagje op klei [1]
- △ serie Xm: blokken op goed verdichte klei met kunstmatige geulen [1]
- ▽ serie Ym: blokken op dik geotextiel op op goed verdichte klei [1]
- serie Zm: blokken op goed verdichte klei [1]
- serie A: blokken op klei met natuurlijke geulen [1]
- ◆ serie v: talud met berm (Oesterdam) [8]
- × ○ □ ◇ △ ▽ ■ regelmatige golven
- ◆ onregelmatige golven

STABILITEIT VAN STEENZETTING OP
GOEDE KLEI (TYPE 2)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 1770

FIG. 9



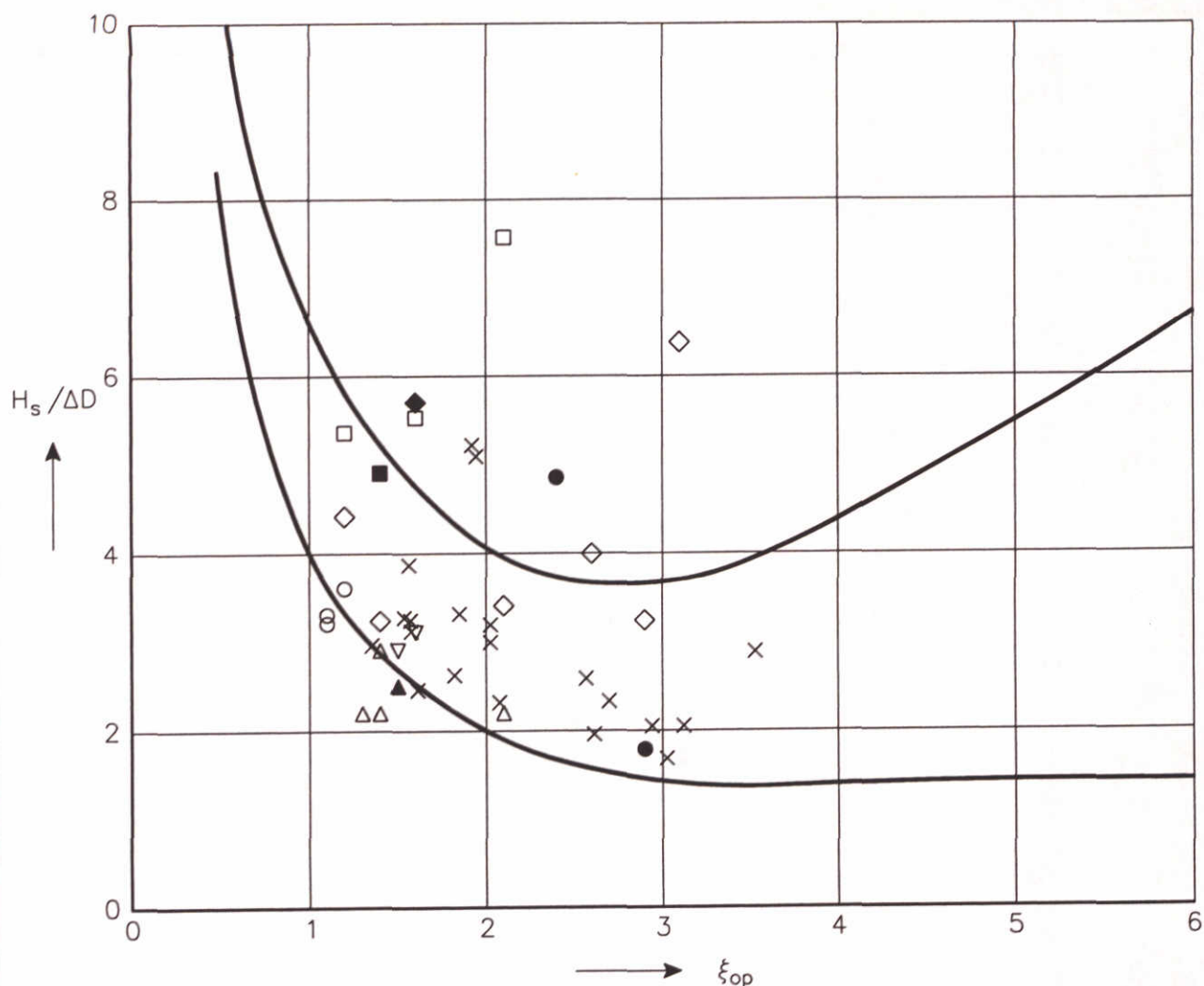
geen metingen beschikbaar

STABILITEIT VAN STEENZETTING OP FILTER
(GUNSTIGE CONSTRUCTIE) (TYPE 3a)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

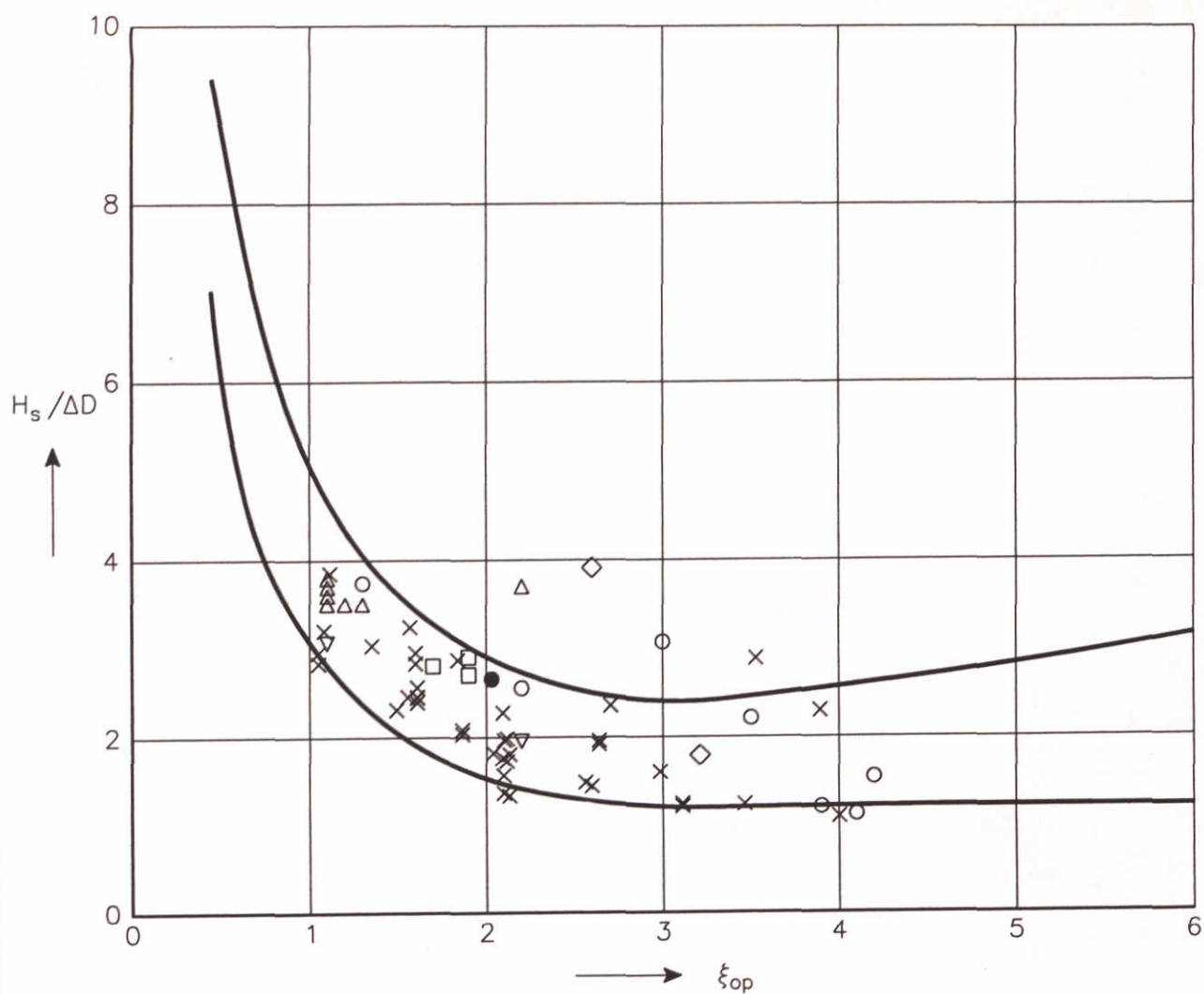
H 1770

FIG. 10



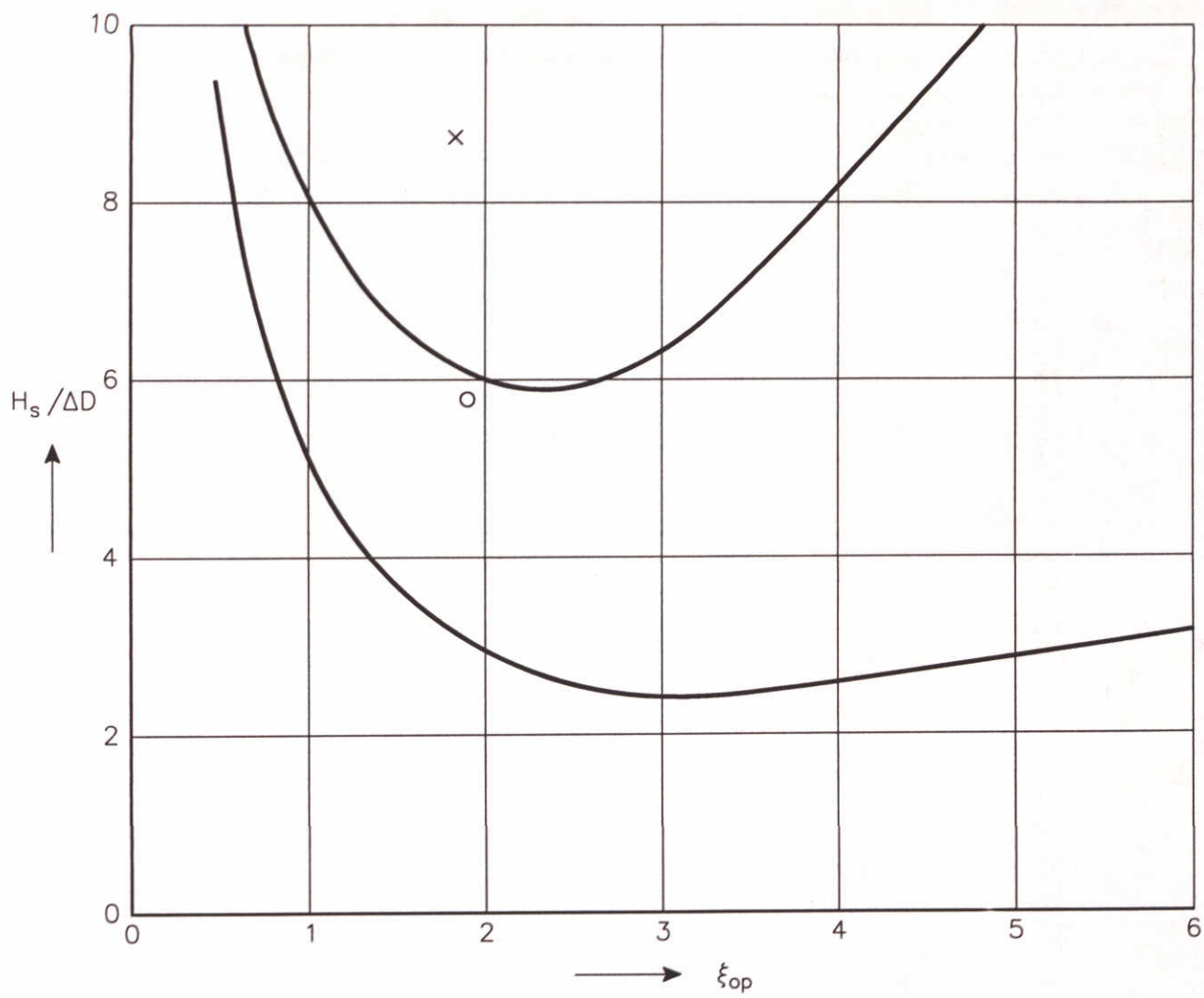
- serie f en g: blokken met brede spleten (Gidsonderzoek [5])
- serie h: blokken met gaten en berm (Oesterdam [8])
- serie i: niet ingewassen Basalton [7]
- ◆ serie j: niet ingewassen Armorflex zonder kabels [6]
- ◇ serie k, l en m: Gobi-blokken op geotextiel [9]
- △ serie n: Vilvoortse steen (niet meegewogen bij bepaling lijnen) [10]
- ▽ serie o: Basalt op puin [10]
- ▲ serie s: Haringmanblokken [10]
- × serie ac: losse blokken op filter [15]
- □ ◇ × regelmatige golven
- ■ ◆ △ ▽ ▲ onregelmatige golven

STABILITEIT VAN STEENZETTING OP FILTER
(NORMALE CONSTRUCTIE) (TYPE 3b)

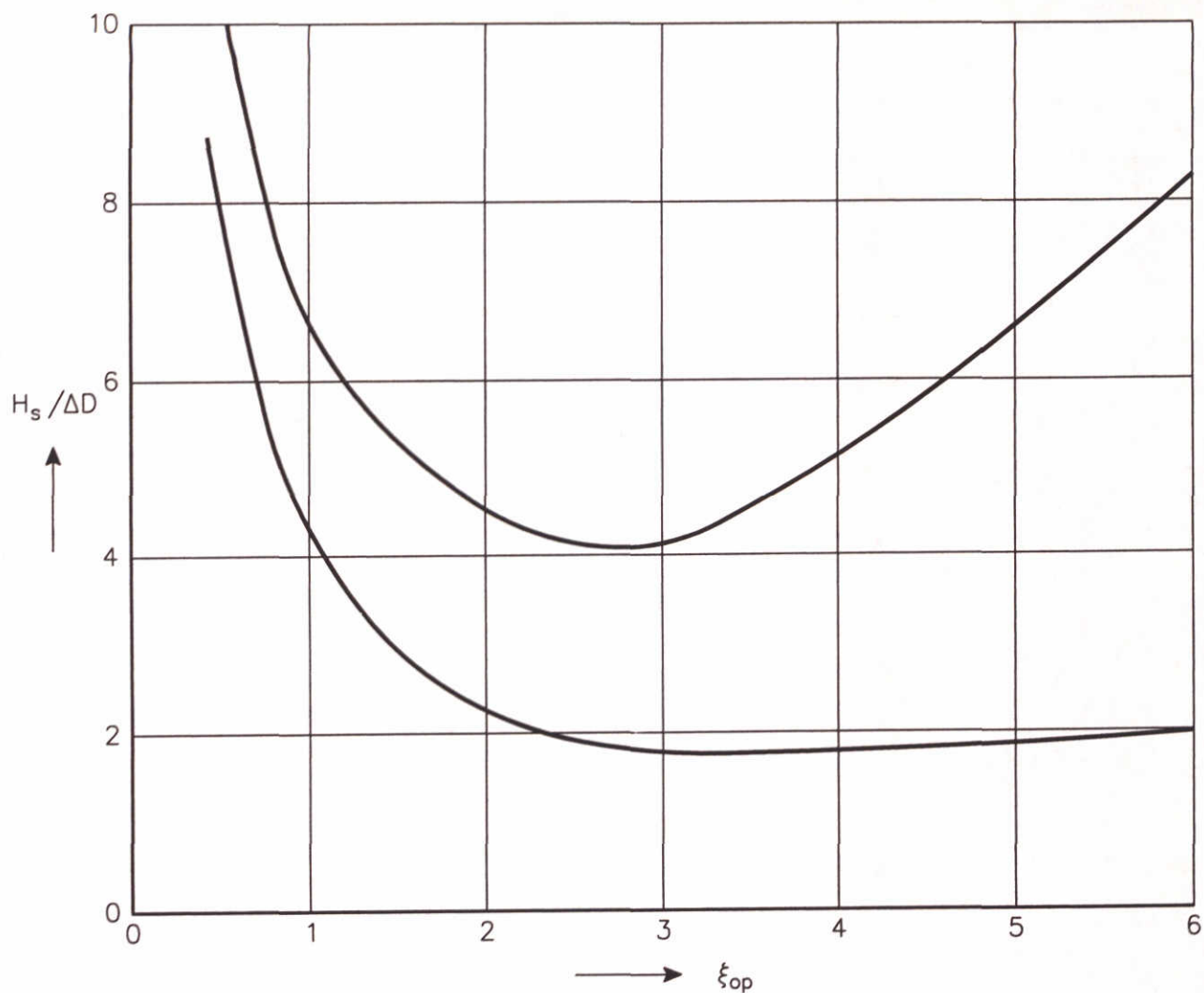


- × serie ac: losse blokken op filter [15]
- □ serie p: niet ingewassen dichte blokken [5]
- ◇ serie q: ingewassen dichte blokken [5]
- △ ▽ serie r: losse blokken en berm (Oesterdam) [8]
- serie y: blokken op filter (GWK) [16]
- × ○ ◇ ▽ ● regelmatige golven
- △ onregelmatige golven

STABILITEIT VAN STEENZETTING OP FILTER
(ONGUNSTIGE CONSTRUCTIE) (TYPE 3c)



o serie w: ingewassen Armorflex op zand [14]
 x serie z: mat op dik geotextiel op zand [17]
 o x regelmatige golven



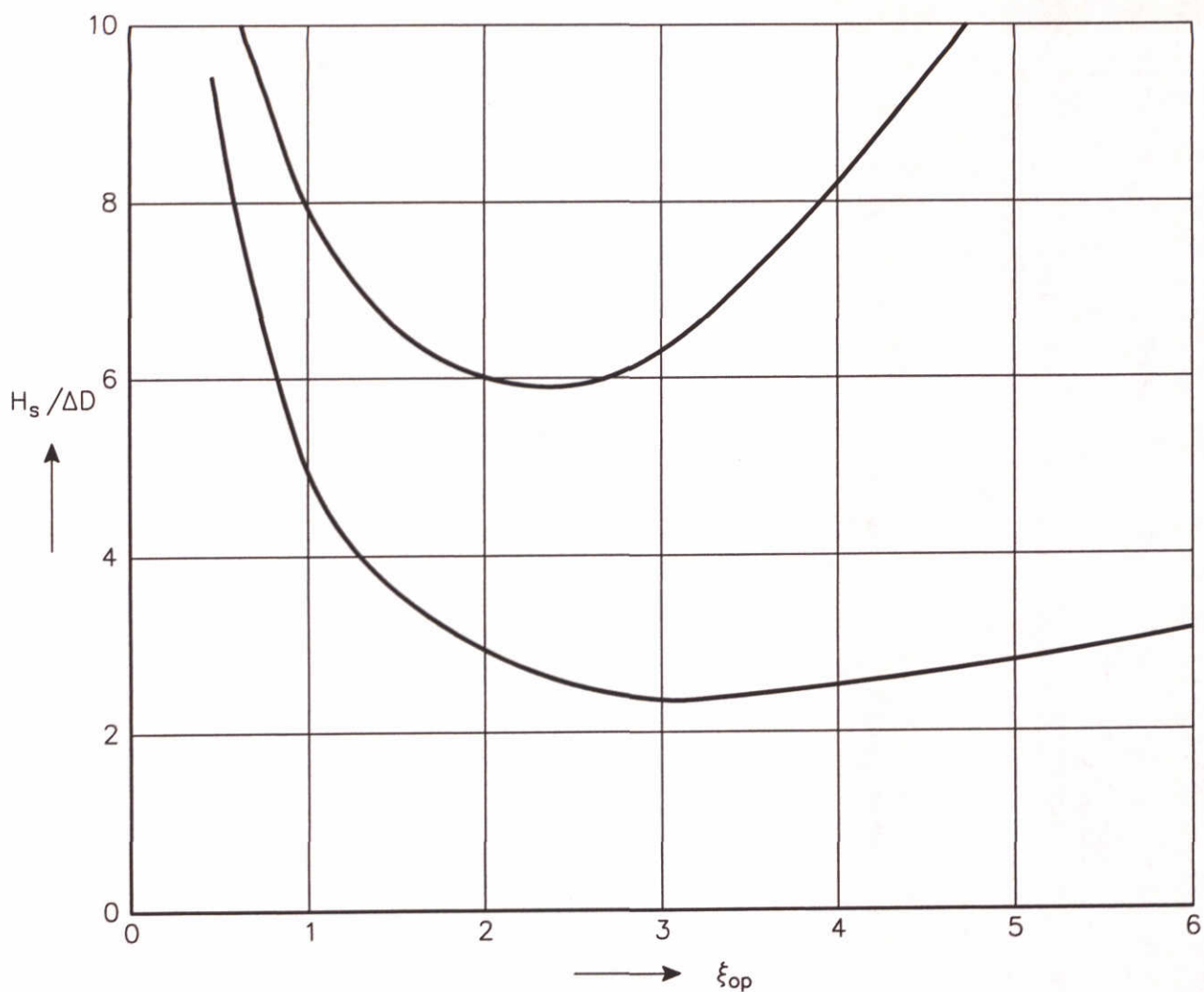
geen metingen beschikbaar

STABILITEIT VAN GESCHAKELDE BLOKKEN OP
GOEDE KLEI (TYPE 5)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 1770

FIG. 14

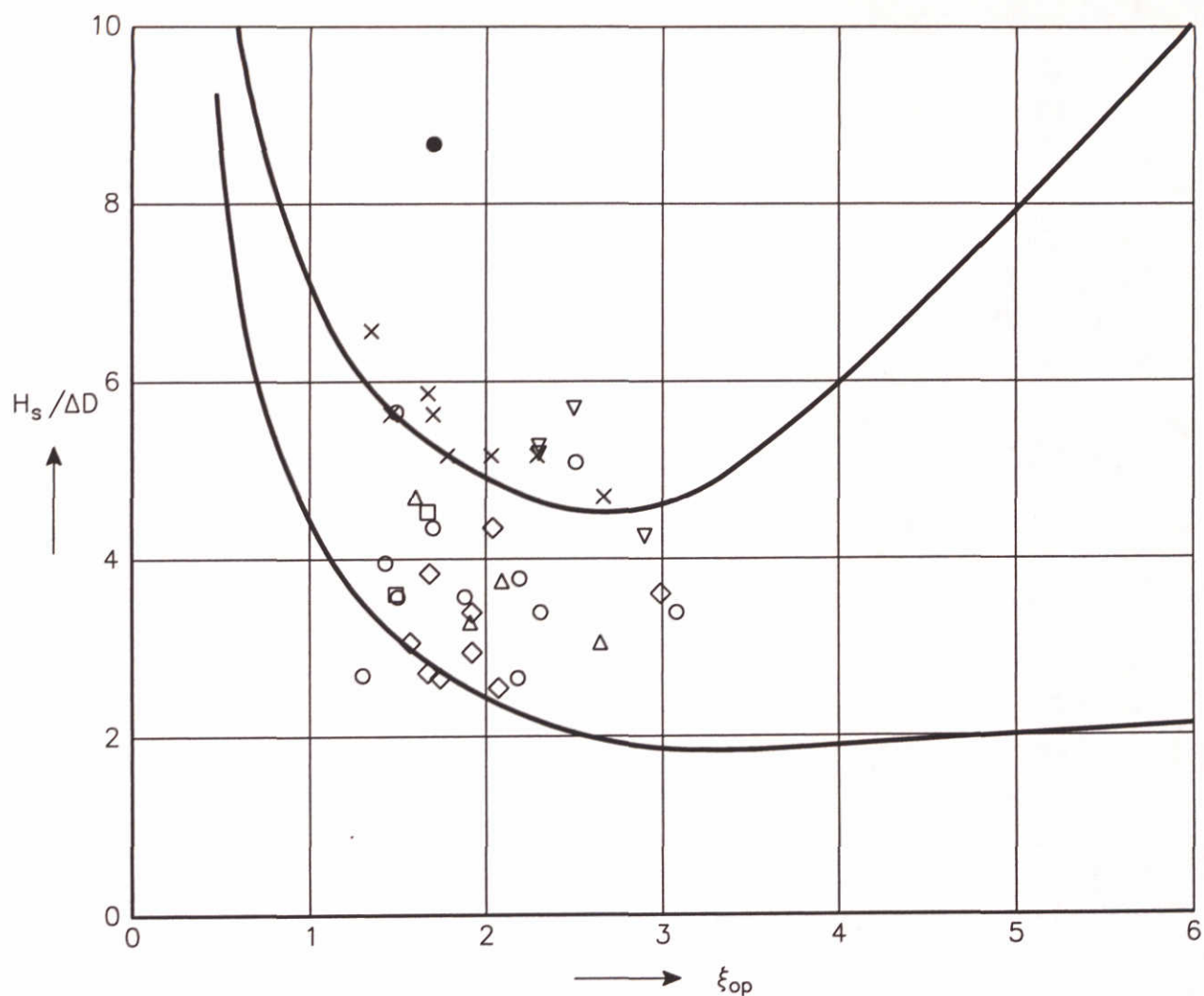


STABILITEIT VAN GESCHAKELDE BLOKKEN OP
FILTER (GUNSTIGE CONSTRUCTIE) (TYPE 6a)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 1770

FIG. 15



△ serie aa: blokkenmat op filter (smalle berm) [18]

× serie aa: blokkenmat op filter (brede berm) [18]

□ serie ab: blokkenmat op geotextiel op filter (zonder berm) [19]

◇ serie ab: blokkenmat op geotextiel op filter (smalle berm) [19]

○ serie ab: blokkenmat op geotextiel op filter (brede berm) [19]

▽ serie b: Armourflex met kabels op dik geotextiel [13]

● serie d: interlocking blokken (type A, open) [9]

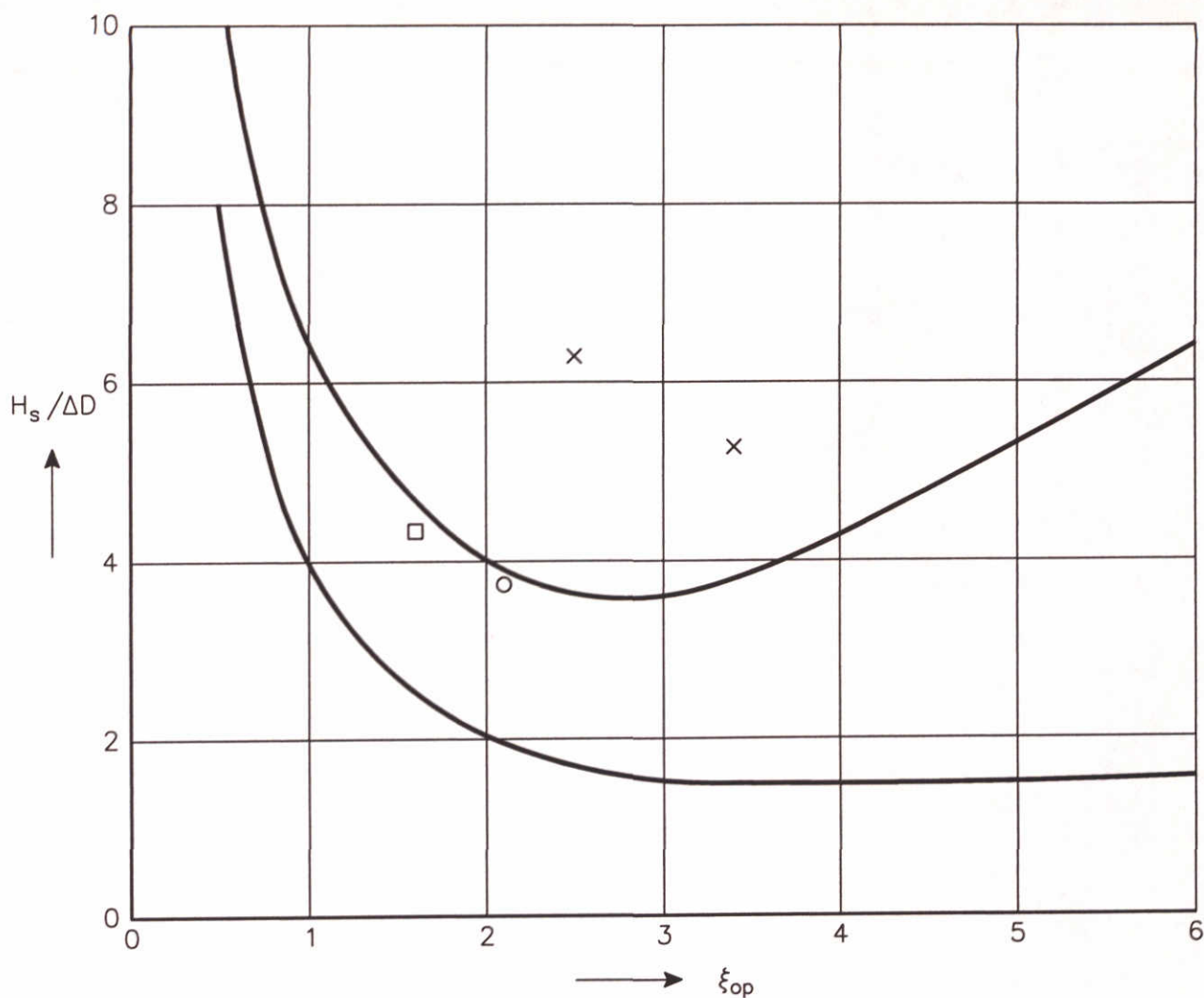
△ × □ ◇ ○ ▽ ● regelmatige golven

STABILITEIT VAN GESCHAKELDE BLOKKEN OP
FILTER (NORMALE CONSTRUCTIE) (TYPE 6b)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 1770

FIG. 16



- serie c: interlocking blokken (type A, dicht) [9]
 × serie c: interlocking blokken (type B) [9]
 □ serie d: visbek interlock blokken [15]
 ○ × □ regelmatige golven

STABILITEIT VAN GESCHAKELDE BLOKKEN OP FILTER
(ONGUNSTIGE CONSTRUCTIE) (TYPE 6c)



hoofdkantoor
Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon (015) 56 93 53
telefax (015) 61 96 74
telex 38176 hydel-nl

locatie 'De Voorst'
Voorsterweg 28, Marknesse
postbus 152
8300 AD Emmeloord
telefoon (05274) 29 22
telefax (05274) 35 73
telex 42290 hylvo-nl

