

deltadienst

nota DDWD-77-251

HET PROGRAMMA QSGOLF
(FORTRAN)

projectcode F 77/05500

titel :

auteur(s): ir J. Stuip/Ing. L.A. Langendoen

datum: november 1977

bijlagen: zie blz. 22

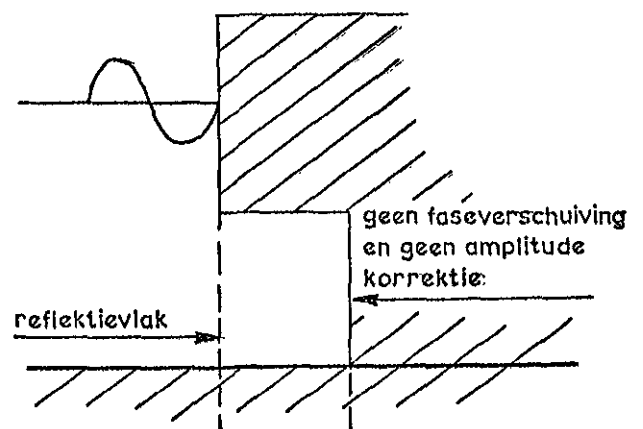
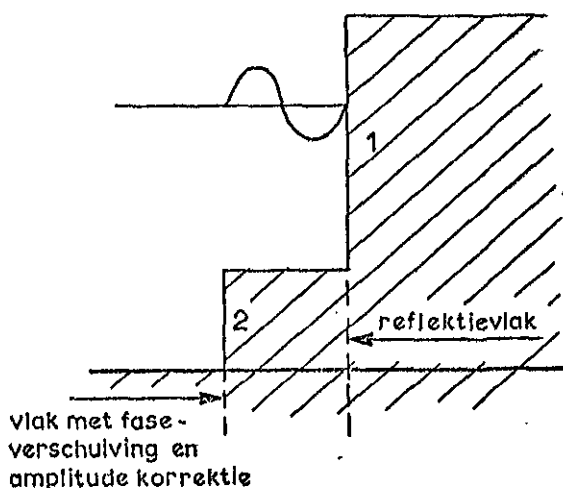
samenvatting :

<u>INHOUD</u>	<u>BLZ.</u>
1. Inleiding	1
2. Gebruikte formules	3
3. Namen van variabelen in QSGOLF	6
4. Het programma	9
5. Speciale toepassingen	10
6. Controle berekeningen	12
7. Gebruik QSGOLF	19
Lijst van symbolen	21
Lijst van bijlagen	22

1. INLEIDING

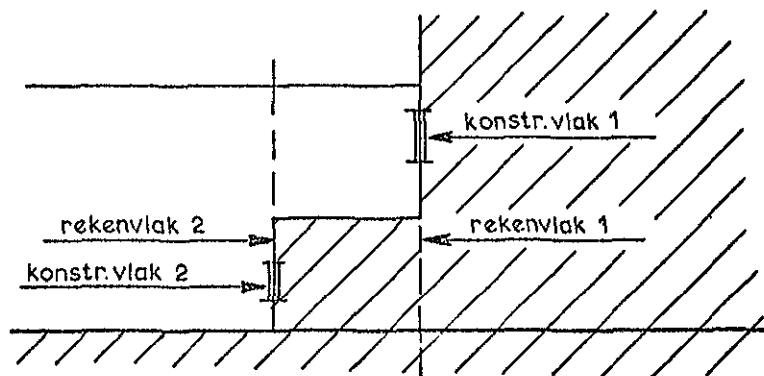
Het programma QS-GOLF berekent 2-dimensionaal Quasi-Statistische Golfkrachten en -momenten op een konstruktie en/of op onderdelen daarvan. De gebruikte programma-taal is FORTRAN, het programma QS-GOLF staat in library KUST en is shareable by all. De basis is de lineaire golftheorie, zodat alle beperkingen die daaraan kleven overkort in het programma aanwezig zijn.

De konstruktie wordt geschematiseerd in 2 verticale vlakken waar een willekeurige horizontale afstand tussen mag bestaan. Het vlak dat als reflektievlak fungeert moet zelf met verstand gekozen worden (dit is het eerste vlak). Als de afstand tussen de twee vlakken negatief gekozen wordt, wordt een waarschuwing gegeven, omdat in het geval van "opgesloten" water het tweede vlak in feite geen reflektievlak is.



Er moeten 11 gegevens ingevoerd worden (golfsperiode, inkomende golfhoogte, reflektiekoefficiënt, gem. waterstand, bodemligging, de grenzen van de twee konstruktievlakken, de afstand tussen de twee vlakken en het punt waarom het moment berekend moet worden). De reflektiekoefficiënt zal doorgaans aan modelonderzoek ontleend worden. Als uitvoer wordt dan gegeven: de drukamplitude in de diverse punten van de twee vlakken, de krachts- en momentamplituden op de vlakken en het totaal van beide. Verder wordt de fasehoek en de golflengte uitgevoerd (de golflengte wordt in het programma uit de invoergegevens berekend).

De twee konstruktievlakken (waar dus de krachten op berekend worden) hoeven niet aan te sluiten op de bodem en op elkaar. Het mogen willekeurig gesitueerde vlakken zijn die elkaar ook mogen overlappen of zelfs mogen samenvallen (bij overlappende vlakken heeft het totaal uiteraard geen fysische betekenis).



Door "speciale" invoer is het ook mogelijk verval krachten te berekenen en in zekere mate ook golfkrachten op delen in de bodem (zie hfdst 5).

2. GEBRUIKTE FORMULES

2.1. Drukken

De drukfluctuaties onder de gemiddelde waterspiegel worden vlg. de 1e orde theorie als functie van plaats en tijd beschreven door:

$$p = \rho g \frac{H_i}{2} * \frac{\cosh k z_a}{\cosh k d} * [(1+\alpha) \cos kx \sin \omega t - (1-\alpha) \sin kx \cos \omega t]$$

(zie bijv: Rundgren, L., "Water Wave Forces", Bulletin No.54, Royal Institute of Technology, Division of Hydraulics, Stockholm, Sweden 1958)

Via enkele goniometrische hoogstandjes is dit te schrijven als:

$$p = \rho g \frac{H_i}{2} * \frac{\cosh k z_a}{\cosh k d} * \sqrt{(1+\alpha^2 + 2\alpha \cos 2kx)} * \sin [\omega t - \arctg \{ \frac{1-\alpha}{1+\alpha} \operatorname{tg} kx \}]$$

drukamplitude inkomende golf (variabel in z)	reflektiefactor (variabel in x)	tijd (inclusief fase) (variabel in x en t)
--	------------------------------------	---

x = hor. afstand tot het reflectie punt (m)

z_a = hoogte boven de bodem (m)

d = totale waterdiepte (m)

ρ = soortelijke massa water (kg/m³)

g = zw. kr. versnelling (m/s²)

H_i = inkomende golfhoogte (m)

k = 2π/L (rad/m)

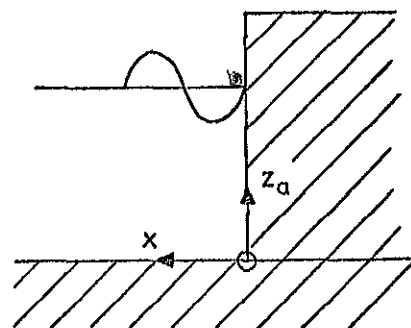
L = golflengte (m)

α = reflektiecoëfficiënt

ω = 2π/T (rad/s)

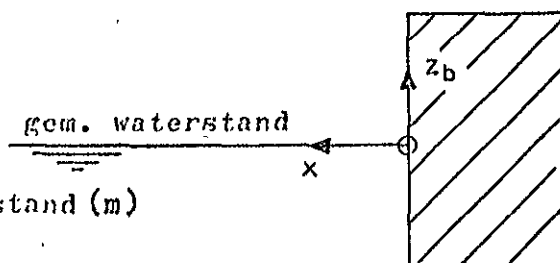
T = golfperiode (s)

p = waterdruk (N/m²)



Boven de gemiddelde waterstand wordt een rechtlijnig verloop aangenomen:

$$p = \rho g [-z_b + \frac{H_i}{2} * \sqrt{(1+\alpha^2 + 2\alpha \cos 2kx)}] * \sin [\omega t - \arctg \{ \frac{1-\alpha}{1+\alpha} \operatorname{tg} kx \}]$$



z_b = hoogte boven gem. waterstand (m)

2.2. Krachten

Door integratie van de druk over de hoogte wordt de kracht gevonden

$$F = \int_{z_2}^{z_1} p(x, z, t) dz$$

*waarbij de b. en a. l. zijn
zwaarte*

Onder de gemiddelde waterstand wordt dit:

$$F = \rho g \frac{H_i}{2} * \left[\frac{\sinh kz_a}{k \cosh kd} \right]_{z_{a2}}^{z_{a1}} * \sqrt{(1+\alpha^2 + 2\alpha \cos 2kx)} * \sin \left[\omega t - \arctg \left\{ \left(\frac{1-\alpha}{1+\alpha} \right) \operatorname{tg} kx \right\} \right]$$

waarin:

- F = kracht (N/m')
- z_{a1} = bovenste integratiegrens (m)
- z_{a2} = onderste integratiegrens (m)

Boven de gemiddelde waterstand wordt dit:

$$F = \rho g \left[-\frac{1}{2} z_b^2 + \frac{H_i}{2} * \sqrt{(1+\alpha^2 + 2\alpha \cos 2kx)} * z_b \right]_{z_{b2}}^{z_{b1}} * \sin \left[\omega t - \arctg \left\{ \left(\frac{1-\alpha}{1+\alpha} \right) \operatorname{tg} kx \right\} \right]$$

2.3. Momenten

De momenten worden gevonden d.m.v.

$$M = \int_{z_2}^{z_1} p(x, z, t) * z dz$$

Onder de gemiddelde waterstand wordt dit:

$$M = \rho g \frac{H_i}{2} * \frac{\sqrt{(1+\alpha^2 + 2\alpha \cos 2kx)}}{k \cosh kd} * \left[z \sinh kz - \frac{\cosh kz}{k} \right]_{z_{a2}}^{z_{a1}} * \sin \left[\omega t - \arctg \left\{ \left(\frac{1-\alpha}{1+\alpha} \right) \operatorname{tg} kx \right\} \right]$$

Boven de gemiddelde waterstand wordt dit:

$$M = \rho g \left[-\frac{z_b^3}{3} + \frac{H_i}{2} \sqrt{(1+\alpha^2 + 2\alpha \cos 2kx)} * \frac{z_b^2}{2} \right]_{z_{b2}}^{z_{b1}} * \sin \left[\omega t - \arctg \left\{ \left(\frac{1-\alpha}{1+\alpha} \right) \operatorname{tg} kx \right\} \right]$$

M = moment (Nm/m')

2.4. Golflengte

De golflengte wordt iteratief berekend uit de formule:

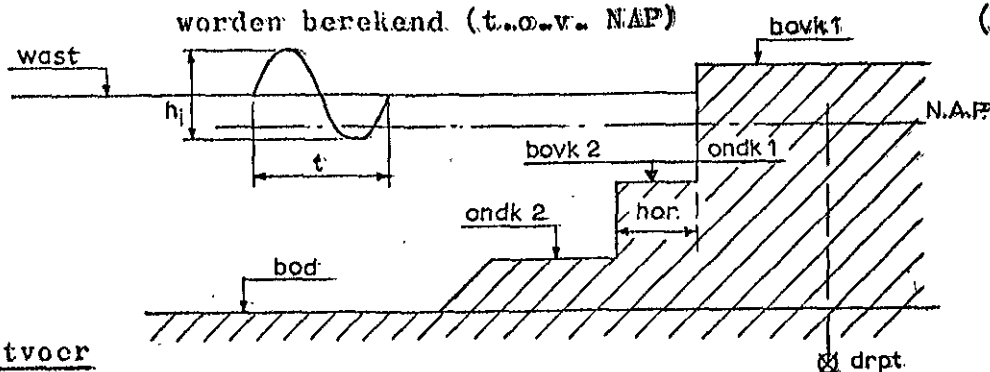
$$L = \frac{g}{2\pi} T^2 \tanh \frac{2\pi d}{L} = L_0 \tanh \frac{2\pi d}{L}$$

N.B. In het programma worden alle verticale maten t.o.v. N.A.P. opgegeven, zodat de gebruikte formules in het programma een iets andere vorm hebben.

3. NAMEN VAN VARIABELEN IN QSGOLF

3.1. Invoergegevens

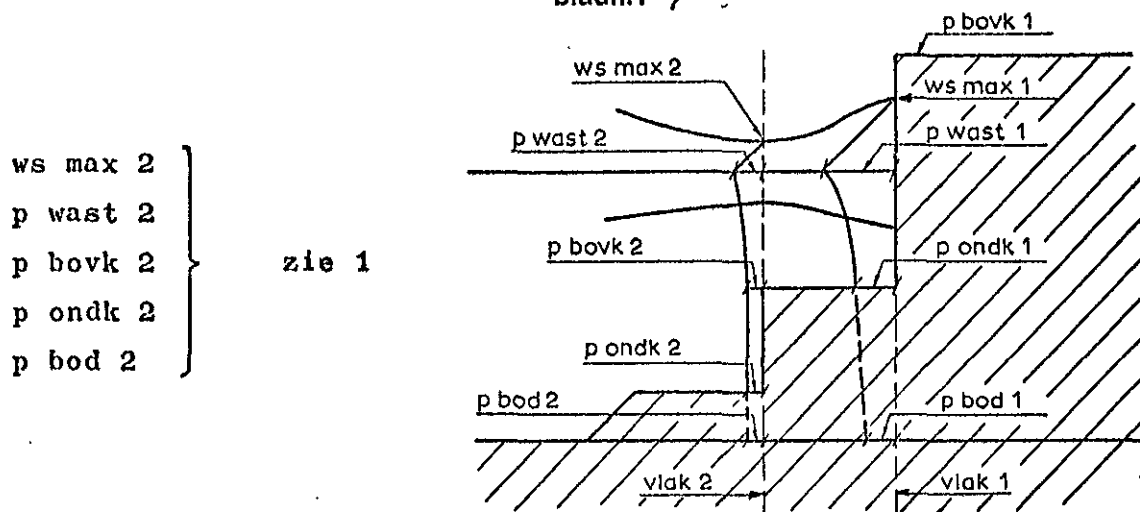
1 t	periode	(sec)
2 h _i	inkomende golfhoogte	(m)
3 alfa	reflektie coëfficiënt	
4 w _{ast}	gemiddelde waterstand (t.o.v. NAP)	(m)
5 b _{od}	bodemligging (t.o.v. NAP)	(m)
6 bov _k 1	bovenkant resp. onderkant van het vlak dat als reflectievlak dient (t.o.v. NAP)	(m)
7 ond _k 1		
8 hor	horizontale afstand tussen de twee vlakken	(m)
9 bov _k 2	bovenkant resp. onderkant van het tweede vlak van de constructie (t.o.v. NAP)	(m)
10 ond _k 2		
11 dr _{pt}	punt ten opzichte waarvan de momenten worden berekend (t.o.v. NAP)	(m)



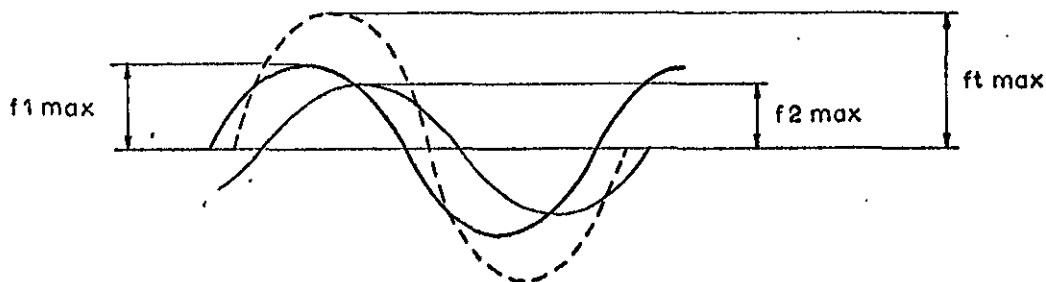
3.2. Uitvoer

idem als invoer, verder:

g _{lfen}	golflengte	(m)
f _{ie(g)}	fasehoek tussen de twee vlakken	°(graden)
w _{s max} 1	de max. waterstand (golftop) in vlak 1 (het reflectievlak)	(m t.o.v. NAP)
p w _{ast} 1	de drukamplitude ter hoogte van de gemiddelde waterstand in vlak 1	(kN/m ²)
p bov _k 1	drukamplitude ter hoogte van de bovenkant van vlak 1	(")
p ond _k 1	drukamplitude t.h.v. ond _k 1	(")
p bod 1	drukamplitude t.p.v. de bodem in vlak 1	(")



f1 max de amplitude van de kracht op vlak 1 (kN/m)
 f2 max de amplitude van de kracht op vlak 2 (kN/m)
 ft max de amplitude van de som van f1 en f2 (kN/m)
 (met inachtneming van de fase)



m1 max de amplitude v.h. moment op vlak 1 (kNm/m)
 m2 max " " " " " " 2 (")
 mt max " " van de som van m1 en m2 (")
 (met inachtneming van de fase)

3.3. Rekengrootheden

- dtot = totale waterdiepte (m)
- * golfk = $2\pi / L$ (=k)
- pkon = niet variabele deel in de formule voor de druk (p konstant)
- arm = extra arm van bodem naar draaipunt
- fie = fasehoek in radialen
- phie = fasehoek in graden (wordt uitgevoerd en daar weer geschreven als fie)
- amkor 1 = amplitudekorrelatie in vlak 1 = $\frac{1}{\sqrt{(1 + \alpha^2 + 2\alpha(\cos 2kx))}}$ = $1 + \alpha$
 (x = 0 in vlak 1)
- amkor 2 = idem als 1, maar dan volledig : $\frac{1}{\sqrt{(1 + \alpha^2 + 2\alpha \cos 2kx)}}$ (x = hor)
- druk = naam van het function subprogram waarin de drukamplitudes worden berekend

- * fmbw = naam subroutine waarin de amplitudes van de krachten en momenten boven de gemiddelde waterstand worden berekend (force en moment boven water)
- amkrbw = amplitude van de kracht boven water
- amdmbw = amplitude van het (draai)moment boven water
- * fmow = naam subroutine waarin de amplitudes van de krachten en momenten onder de gemiddelde waterstand worden berekend (force en moment onder water)
- amkrow = amplitude van de kracht onder water
- amdrow = amplitude van het (draai)moment onder water
- amdm 1 = amplitude van het (draai)moment op vlak 1 (t.o.v. de bodem, niet t.o.v.)
- amdm 2 = idem als 1
- amdm t = amplitude van de som van dm 1 en dm 2
- arg = argument van de periodiciteit (ωt) = $\frac{2\pi i}{24}$ ($i=1,2,3,\dots,24$)

* Voor de grootheden binnen de subprogramma's wordt verwezen naar de programmabescrijving (bijlage 2)

. 4. Het programma

Het programma bestaat uit de volgende gedeelten (zie bijlage 2, programma beschrijving).

1. declaraties en invoer
2. initiëren hulpgrootheden
3. hoofdprogramma
4. function golfl
5. function druk
6. subroutine fmbw
7. subroutine fmow
8. function cosh
9. function sinh

Met function golfl wordt langs iteratieve weg de golflengte berekend, met function druk de drukamplitude in een bepaald punt.

Met behulp van de subroutines fmbw en fmow worden de krachten boven resp. onder water uitgerekend.

De functions cosh en sinh geven de coshyperbolicus resp. de sinhyperbolicus van een willekeurige grootheid.

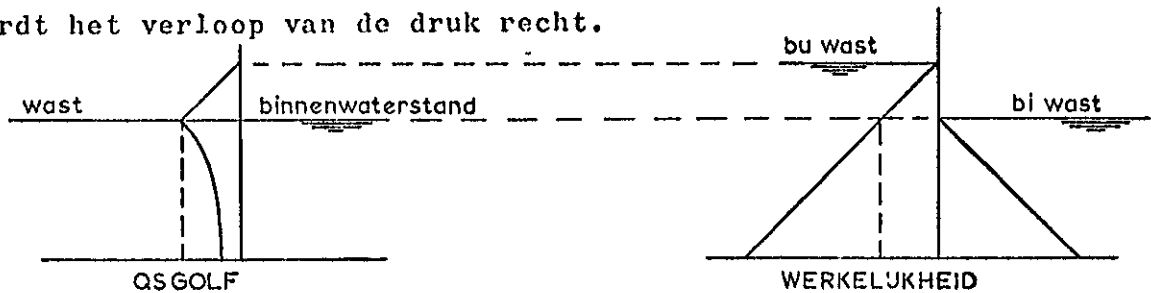
Het stroomschema van het hoofdprogramma is te vinden in bijlage 1.

5. SPECIALE TOEPASSINGEN

Door aanpassing van de invoer kan QSGOLF meer dan in eerste instantie mogelijk lijkt.

5.1. Verval

Door een grote periode in te voeren bijv. 999 sec (groter kan niet!) wordt het verloop van de druk recht.



Als waterstand moet dan de binnen-waterstand ingevoerd worden, als reflectie-koëfficiënt 1.

5.2. Golfoordringing in zand

Onder verwaarlozing van berging kan de drukvoortplanting geschreven worden als:

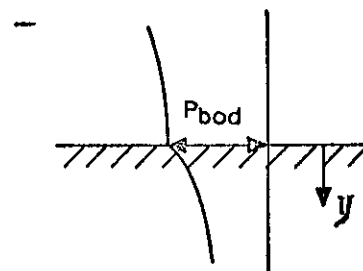
$$p = p_{bod} \times e^{-ky}$$

waarin:

p_{bod} = druk aan de bodem

k = $2\pi / L$

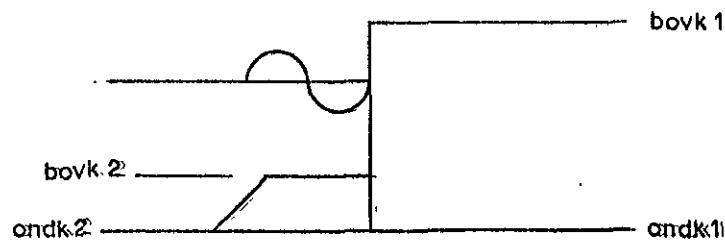
y = afstand vanaf bodemoppervlak



Dit is in feite niet anders dan bij een golf op diep water. Wanneer voor h_i : $\frac{P_{bod}}{10}$ en $\alpha = 1$ ingevuld wordt en voor de periode: $\sqrt{L/1,56}$ worden drukken etc. in de bodem berekend. Eerst moet dus een berekening 'tot de bodem' gemaakt worden teneinde p_{bod} en L te weten. Doordat de keuze van waterstand etc. vrij is kan hiervoor de oude bodem gekozen worden en voor de nieuwe bodem bijv. NAP - 200 m (in elk geval zorgen dat inderdaad een diepwatergolf ontstaat) (zie vbl. 13).

5.3. Golfoordringing in drempel

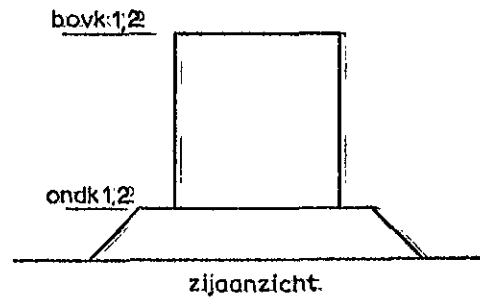
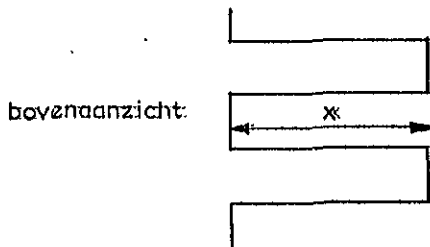
Deze is niet te berekenen, de waarden zullen ergens tussen 0 en die voor open water liggen. Door een overlap tussen de twee vlakken te denken is de invloed af te schatten:



F_{1max} geeft dan de bovengrens
 $F_{1max} - F_{2max}$ geeft dan de ondergrens
 F_{tmax} heeft nu geen fysische betekenis!

} van de kracht

5.4. Zig-zag constructie



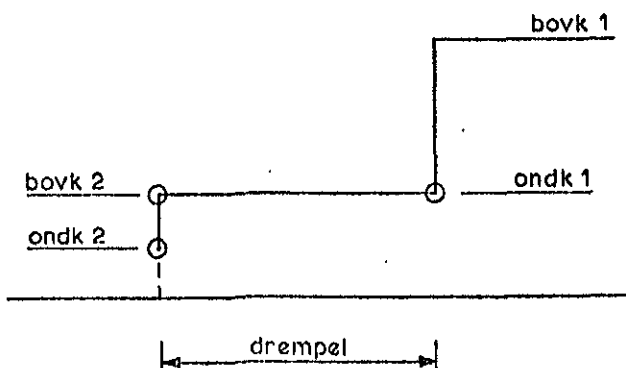
Door nu bovk 1 en bovk 2, ondh 1 en ondh 2 hetzelfde te nemen en hor. gelijk aan x, worden de krachten op de voor en achtervlakken berekend. f_{1max} en f_{2max} zijn de krachten op de aparte vlakken per m', f_{tmax} is de totaalcracht nu geldend voor 2m'.

5.5. Overdrachtsfuncties

Door alle invoergegevens hetzelfde te houden en alleen de periode te variëren kan een overdrachtsfunctie voor de diverse uitgevoerde grootheden bepaald worden.

5.6. Drukken voor drempelontwerp

"Oplichtdrukken" voor dichte lagen berekenen, bijv.:

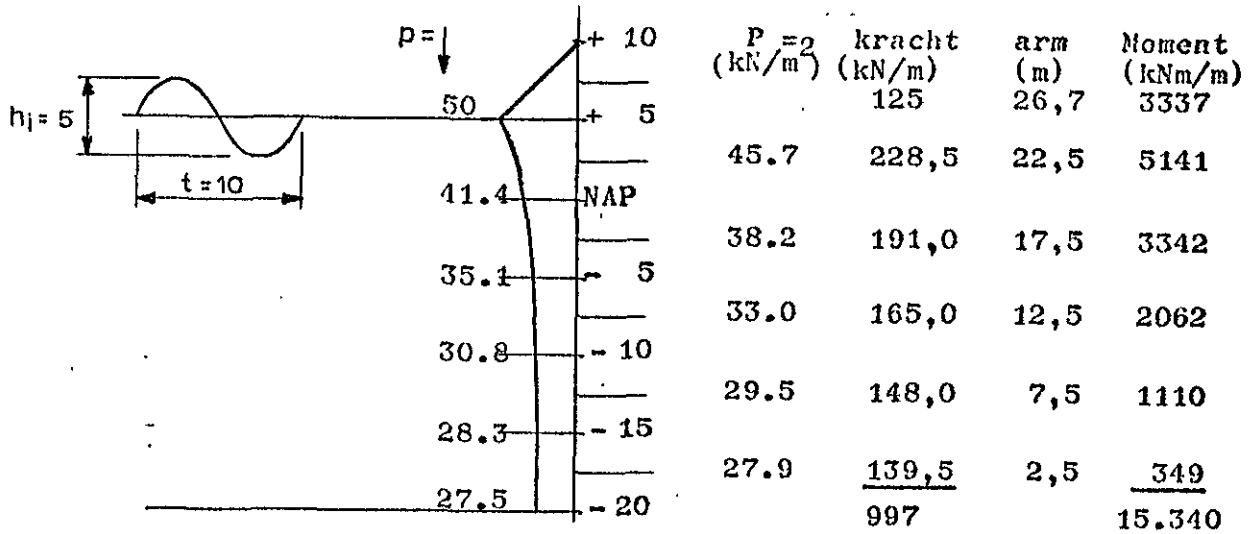


de drukken in de ptn 0 worden mee uitgevoerd (te combineren met 5.5.)

6. KONTROLEBEREKENINGEN

Voor een aantal gevallen is QSGOLF gekontroleerd.

Als basisgeval is daartoe genomen het volgende:



De drukken zijn berekend met de tabellen uit de Shore Protection Manual III.

6.1. Basisgeval

t	hi	alfa	wast	bod	glfen	
10.00	5.00	1.00	5.00	-20.00	130.31	
.....						
bovk1	ondk1	hor	bovk2	ondk2	drpt	fie(g)
10.00	5.00	.00	5.00	-20.00	-20.00	.00
.....						
wmax1	pwast1	pbovk1	pondk1	pbod1		
10.00	50.00	.00	50.00	27.49		
.....						
wmax2	pwast2	pbovk2	pondk2	pbod2		
10.00	50.00	50.00	27.49	27.49		
.....						
f1max (kn/m)		f2max (kn/m)		ftmax (kn/m)		
125.00		866.18		991.18		
.....						
m1max (knm/m)		m2max (knm/m)		mtmax (knm/m)		
3333.33		11972.26		15305.59		

behoort bij: nota

nr. DDWT-77.251

datum: november 1977

bladnr: 13

6.2. Nulniveau 10 m hoger

	t	hi	alfa	wast	bod	glflen	
	10.00	5.00	1.00	-5.00	-30.00	130.31	
.....							
bovk1	ondk1	hor	bovk2	ondk2	drpt	fie(g)	
.00	-5.00	.00	-5.00	-30.00	-30.00	.00	
.....							
	wsmx1	pwast1	pbovk1	pondk1	pbod1		
	.00	50.00	.00	50.00	27.49		
.....							
	wsmx2	pwast2	pbovk2	pondk2	pbod2		
	.00	50.00	50.00	27.49	27.49		
.....							
	f1max(kn/m)		f2max(kn/m)		ftmax(kn/m)		
	125.00		866.18		991.18		
.....							
	m1max(knm/m)		m2max(knm/m)		mtmax(knm/m)		
	3333.33		11972.26		15305.59		

6.3. Nulniveau 20 m lager

	t	hi	alfa	wast	bod	glflen	
	10.00	5.00	1.00	25.00	.00	130.31	
.....							
bovk1	ondk1	hor	bovk2	ondk2	drpt	fie(g)	
30.00	25.00	.00	25.00	.00	.00	.00	
.....							
	wsmx1	pwast1	pbovk1	pondk1	pbod1		
	30.00	50.00	.00	50.00	27.49		
.....							
	wsmx2	pwast2	pbovk2	pondk2	pbod2		
	30.00	50.00	50.00	27.49	27.49		
.....							
	f1max(kn/m)		f2max(kn/m)		ftmax(kn/m)		
	125.00		866.18		991.18		
.....							
	m1max(knm/m)		m2max(knm/m)		mtmax(knm/m)		
	3333.32		11972.26		15305.58		

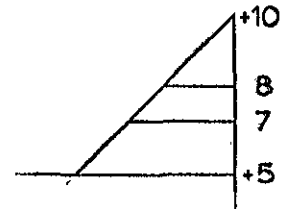
6.4. Draaipunt 30 m lager

	t	hi	alfa	wast	bod	glflen	
	10.00	5.00	1.00	5.00	-20.00	130.31	
						
bovk1	ondk1	hor	bovk2	ondk2	drpt	fie(g)	
10.00	5.00	.00	5.00	-20.00	-50.00	.00	
						
	wsmx1	pwast1	pbovk1	pondk1	pbod1		
	10.00	50.00	.00	50.00	27.49		
						
	wsmx2	pwast2	pbovk2	pondk2	pbod2		
	10.00	50.00	50.00	27.49	27.49		
						
	f1max(kn/m)		f2max(kn/m)		ftmax(kn/m)		
	125.00		866.18		991.18		
						
	m1max(knm/m)		m2max(knm/m)		mtmax(knm/m)		
	7083.33		37957.69		45041.02		

6.5. $\alpha = 0$ (\rightarrow alle krachten etc. de helft)

	t	hi	alfa	wast	bod	glflen	
	10.00	5.00	.00	5.00	-20.00	130.31	
						
bovk1	ondk1	hor	bovk2	ondk2	drpt	fie(g)	
10.00	5.00	.00	5.00	-20.00	-20.00	.00	
						
	wsmx1	pwast1	pbovk1	pondk1	pbod1		
	7.50	25.00	.00	25.00	13.74		
						
	wsmx2	pwast2	pbovk2	pondk2	pbod2		
	7.50	25.00	25.00	13.74	13.74		
						
	f1max(kn/m)		f2max(kn/m)		ftmax(kn/m)		
	31.25		433.09		464.34		
						
	m1max(knm/m)		m2max(knm/m)		mtmax(knm/m)		
	807.22		5986.13		6793.42		

6.6. Krachten op twee (gescheiden) onderdelen, een zeer hoog (boven golf-top), een boven gem. waterstand, onder golftop



t 10.00 hi 5.00 alfa 1.00 wast 5.00 bod -20.00 glflen 130.31

bovk1 20.00 ondk1 10.00 hor .00 bovk2 8.00 ondk2 7.00 drpt 5.00 fie(g) .00

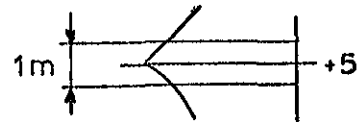
wsmx1 10.00 pwast1 50.00 pbovk1 .00 pondk1 .00 pbod1 27.49

wsmx2 10.00 pwast2 50.00 pbovk2 20.00 pondk2 30.00 pbod2 27.49

f1max(kn/m) .00 f2max(kn/m) 25.00 ftmax(kn/m) 25.00

m1max(knm/m) .00 m2max(knm/m) 61.67 mtmax(knm/m) 61.67

6.7. Konstruktiedeel 1m' rond de waterlijn



t 10.00 hi 5.00 alfa 1.00 wast 5.00 bod -20.00 glflen 130.31

bovk1 5.50 ondk1 5.00 hor .00 bovk2 5.00 ondk2 4.50 drpt 5.00 fie(g) .00

wsmx1 10.00 pwast1 50.00 pbovk1 45.00 pondk1 50.00 pbod1 27.49

wsmx2 10.00 pwast2 50.00 pbovk2 50.00 pondk2 49.01 pbod2 27.49

f1max(kn/m) 23.75 f2max(kn/m) 24.75 ftmax(kn/m) 48.50

m1max(knm/m) 5.83 m2max(knm/m) -6.17 mtmax(knm/m) -.33

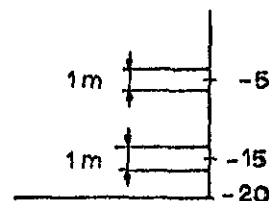
behoort bij: nota

nr. DDWT-77.251

datum: november 1977

bladnr: 16

6.8. Twee stukken van 1 m onder water



t	hi	alfa	wast	bod	glflen	
10.00	5.00	1.00	5.00	-20.00	130.31	
.....						
bovk1	ondk1	hor	bovk2	ondk2	drpt	fie(g)
-14.50	-15.50	.00	-4.50	-5.50	-5.00	.00
.....						
wsmax1	pwast1	pbovk1	pondk1	pbod1		
10.00	50.00	28.46	28.14	27.49		
.....						
wsmax2	pwast2	pbovk2	pondk2	pbod2		
10.00	50.00	35.53	34.49	27.49		
.....						
f1max(kn/m)		f2max(kn/m)		ftmax(kn/m)		
28.29		35.00		63.30		
.....						
m1max(knm/m)		m2max(knm/m)		mtmax(knm/m)		
-282.92		.09		-282.83		

6.9. Verval, verder als 6.1.

t	hi	alfa	wast	bod	glflen	
999.00	5.00	1.00	5.00	-20.00	15644.80	
.....						
bovk1	ondk1	hor	bovk2	ondk2	drpt	fie(g)
10.00	5.00	.00	5.00	-20.00	-20.00	.00
.....						
wsmax1	pwast1	pbovk1	pondk1	pbod1		
10.00	50.00	.00	50.00	50.00		
.....						
wsmax2	pwast2	pbovk2	pondk2	pbod2		
10.00	50.00	50.00	50.00	50.00		
.....						
f1max(kn/m)		f2max(kn/m)		ftmax(kn/m)		
125.00		1249.96		1374.96		
.....						
m1max(knm/m)		m2max(knm/m)		mtmax(knm/m)		
3333.33		15624.62		18957.95		

6.10. Verval, verder als 6.7.

	t	hi	alfa	wast	bod	glflen	
	999.00	5.00	1.00	5.00	-20.00	15644.80	
						
bovk1	ondk1	hor	bovk2	ondk2	drpt	f1e(g)	
5.50	5.00	.00	5.00	4.50	5.00	.00	
						
	wsmx1	pwast1	pbovk1	pondk1	pbod1		
	10.00	50.00	45.00	50.00	50.00		
						
	wsmx2	pwast2	pbovk2	pondk2	pbod2		
	10.00	50.00	50.00	50.00	50.00		
						
	f1max(kn/m)		f2max(kn/m)		ftmax(kn/m)		
	23.75		25.00		48.75		
						
	m1max(knm/m)		m2max(knm/m)		mtmax(knm/m)		
	5.83		-6.25		-.42		

6.11. Verval, verder als 6.8.

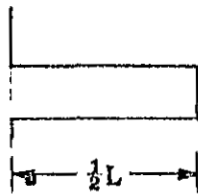
	t	hi	alfa	wast	bod	glflen	
	999.00	5.00	1.00	5.00	-20.00	15644.80	
						
bovk1	ondk1	hor	bovk2	ondk2	drpt	f1e(g)	
-14.50	-15.50	.00	-4.50	-5.50	-5.00	.00	
						
	wsmx1	pwast1	pbovk1	pondk1	pbod1		
	10.00	50.00	50.00	50.00	50.00		
						
	wsmx2	pwast2	pbovk2	pondk2	pbod2		
	10.00	50.00	50.00	50.00	50.00		
						
	f1max(kn/m)		f2max(kn/m)		ftmax(kn/m)		
	50.00		50.00		100.00		
						
	m1max(knm/m)		m2max(knm/m)		mtmax(knm/m)		
	-499.98		-.00		-499.98		

behoort bij: nota

datum: november 1977

bladnr: 18

6.12. Zig-zag



t 10.00 h1 5.00 alfa 1.00 wast 5.00 bod -20.00 glflen 130.31

bovk1 10.00 ondk1 -20.00 hor 65.16 bovk2 10.00 ondk2 -20.00 drpt -20.00 fie(g) 180.00

wsmx1 10.00 pwast1 50.00 pbovk1 .00 pondk1 27.49 pbod1 27.49

wsmx2 10.00 pwast2 50.00 pbovk2 .00 pondk2 27.49 pbod2 27.49

f1max(kn/m) 991.18 f2max(kn/m) 991.18 ftmax(kn/m) .00

m1max(knm/m) 15305.59 m2max(knm/m) 15305.59 mtmax(knm/m) .02

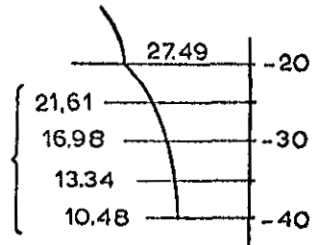
6.13. Golf in de bodem

$$L = 130,31 \rightarrow t = \sqrt{\frac{130,31}{1,56}}$$

$$= 9,14 \text{ sec. } P_{\text{bod}} = 27,49$$

$$\rightarrow h_i = 2,75 (\alpha = 1)$$

$$P = P_{\text{bod}} \cdot e^{ky}$$



t 9.14 h1 2.75 alfa 1.00 wast -20.00 bod -200.00 glflen 130.32

bovk1 -25.00 ondk1 -30.00 hor .00 bovk2 -35.00 ondk2 -40.00 drpt -40.00 fie(g) .00

wsmx1 -17.25 pwast1 27.50 pbovk1 21.61 pondk1 16.98 pbod1 .01

wsmx2 -17.25 pwast2 27.50 pbovk2 13.34 pondk2 10.48 pbod2 .01

f1max(kn/m) 96.01 f2max(kn/m) 59.28 ftmax(kn/m) 155.29

m1max(knm/m) 1209.75 m2max(knm/m) 154.15 mtmax(knm/m) 1363.90

behoort bij: nota
 datum: november 1977
 bladnr: 19

7. GEBRUIK VAN QSGOLF

Voorbeelden

7.1. Een enkele berekening

- Let op juiste volgorde invoergegevens (zie 3.1.)
- Let op juiste positie decimale punten
- Sluit elke invoervariabele af met een komma

?=exe qsgolf:kust

~~10.,5.,1.,5.,-20.,10.,5.,0.,5.,-20.,-20.,~~
 10.,5.,1.,5.,-20.,10.,5.,0.,5.,-20.,-20.,

```

-----
      t      h1      alfa      wast      bod      glflen
10.00    5.00    1.00    5.00   -20.00    130.31
. . . . .
bovk1   ondk1      hor      bovk2   ondk2      drpt      fle(g)
10.00    5.00      .00    5.00   -20.00   -20.00      .00
. . . . .
      wsmx1   pwast1   pbovk1   pondk1   pbod1
      10.00    50.00      .00    50.00    27.49
. . . . .
      wsmx2   pwast2   pbovk2   pondk2   pbod2
      10.00    50.00    50.00    27.49    27.49
. . . . .
      f1max(kn/m)      f2max(kn/m)      ftmax(kn/m)
      125.00          866.18          991.18
. . . . .
      m1max(knm/m)      m2max(knm/m)      mtmax(knm/m)
      3333.33        11972.26        15305.59
    
```

0.,



Stop het programma door een 0 in te voeren.

7.2. Meerdere berekeningen achter elkaar

```
?=cre randvw:joblib
100.10.,5.,1.,5.,-20.,10.,5.,0.,5.,-20.,-20.,
200.10.,5.,1.,5.,-20.,-14.5,-15.5,0.,-4.5,-5.5,-5.,
300.0.,
400.?=can
```

12015 cancel accepted

```
?=exe qsgolf:kust
???=sys randvw:joblib
```

t	hi	alfa	wast	bod	glflen	
10.00	5.00	1.00	5.00	-20.00	130.31	
.....						
bovk1	ondk1	hor	bovk2	ondk2	drpt	file(g)
10.00	5.00	.00	5.00	-20.00	-20.00	.00
.....						
wsmx1	pwast1	pbovk1	pondk1	pbod1		
10.00	50.00	.00	50.00	27.49		
.....						
wsmx2	pwast2	pbovk2	pondk2	pbod2		
10.00	50.00	50.00	27.49	27.49		
.....						
f1max(kn/m)		f2max(kn/m)		ftmax(kn/m)		
125.00		866.18		991.18		
.....						
m1max(knm/m)		m2max(knm/m)		mtmax(knm/m)		
3333.33		11972.26		15305.59		

t	hi	alfa	wast	bod	glflen	
10.00	5.00	1.00	5.00	-20.00	130.31	
.....						
bovk1	ondk1	hor	bovk2	ondk2	drpt	file(g)
-14.50	-15.50	.00	-4.50	-5.50	-5.00	.00
.....						
wsmx1	pwast1	pbovk1	pondk1	pbod1		
10.00	50.00	28.46	28.14	27.49		
.....						
wsmx2	pwast2	pbovk2	pondk2	pbod2		
10.00	50.00	35.53	34.49	27.49		
.....						
f1max(kn/m)		f2max(kn/m)		ftmax(kn/m)		
28.29		35.00		63.30		
.....						
m1max(knm/m)		m2max(knm/m)		mtmax(knm/m)		

behoort bij: nota

nr. DDWT-77.251

datum: november 1977

bladnr: 22

• Lijst van bijlagen

Bijlage 1 : stroomschema hoofdprogramma

Bijlage 2 : programma beschrijving

behoort bij: nota
datum: november 1977
bladnr: 21

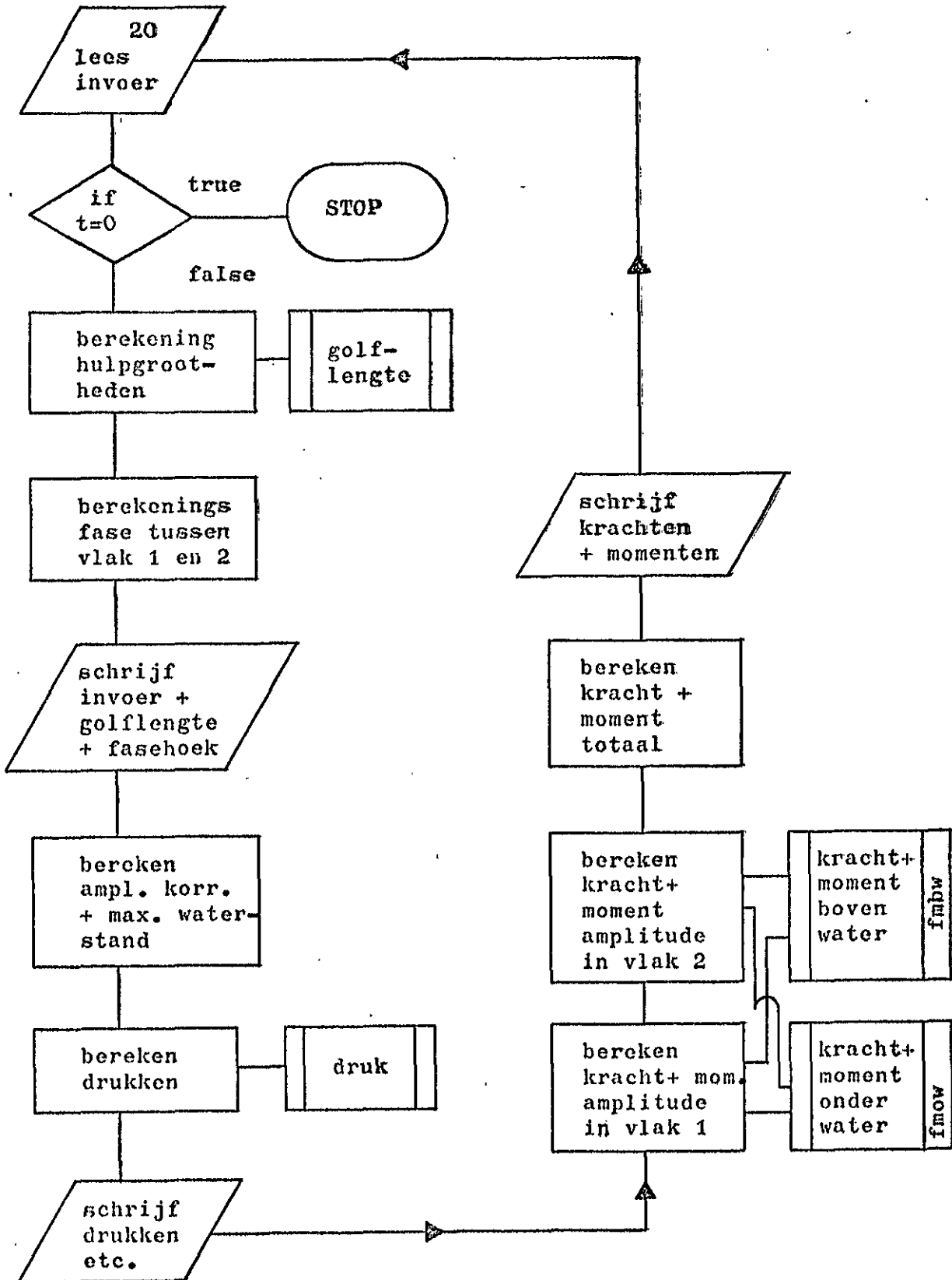
nr. DDWT-77.251

. Lijst van symbolen

d = totale waterdiepte
F = kracht
g = zwaartekrachtsversnelling
 H_i = inkomende golfhoogte
k = golfgetal $= 2\pi/L$
L = golflengte
 L_0 = aanvangs golflengte
M = moment
p = waterdruk
T = golf periode
x = horizontale afstand tot reflectiepunt
 z_a = hoogte boven bodem
 z_b = hoogte boven gem. waterstand
 α = reflectie coëfficiënt
 ω = $2\pi/T$
 ρ = soortelijke massa water

Hoofdprogramma

Stroomschema



behoort bij: nota

nr.DDWT-77.251

datum: november 1977

bladnr: 1

PROGRAMMA BESCHRIJVING

1. Hoofdprogramma:

```

100.c  berekening van golfkrachten en momenten op een
200.c  konstruktie of onderdelen daarvan
300.   double precision golfk
400.20 read(5,1) t,hi,alfa,wast,bod,bovk1,ondk1,hor,bovk2,ondk2,d
rpt
500.   if(t.eq.0) stop
600.   write(6,2)
700.c  eerst worden een aantal hulpgrootheden berekend
800.   dtot=wast-bod
900.   glflen=golfl(t,dtot)
1000.  golfk=6.283185/glflen
1100.  pkon=5?+hi/cosh(golfk?+dtot)
1200.  arm=bod-drpt

```

r. 300 zie beschrijving fm ow (4.5)

r. 500 als een invoerregel begint met 0 stopt het programma

r. 800-1200 waterdiepte, golflengte, $k = 2\pi/L$, het niet variabele deel in de golfdruk en de (extra) momentarm worden berekend.

```

1300.  a1=(1-alfa)/(1+alfa)
1400.  a2=golfk?+hor
1500.  if(hor.eq.0) go to 30
1600.  sign=a2/abs(a2)
1700.  go to 40
1800.30 sign=0
1900.40 n=(abs(a2)+1.570796)/3.1415927
2000.  a3=(sin(a2))/(cos(a2))
2100.  fie=atan(a1?+a3)+sign?+n?+3.1415927
2200.  phie=fie/6.283185?+360

```

r. 1300-2200 het berekenen van de fase verschuiving tussen vlak 1 en 2.

De fasehoek wordt berekend (zie 2.1.) uit:

$$fie = \arctg\left(\frac{1-\alpha}{1+\alpha} \operatorname{tg}kx\right)$$

dit is dus een arctg van een tg hetgeen problemen op kan leveren bij grote fie.

behoort bij: nota

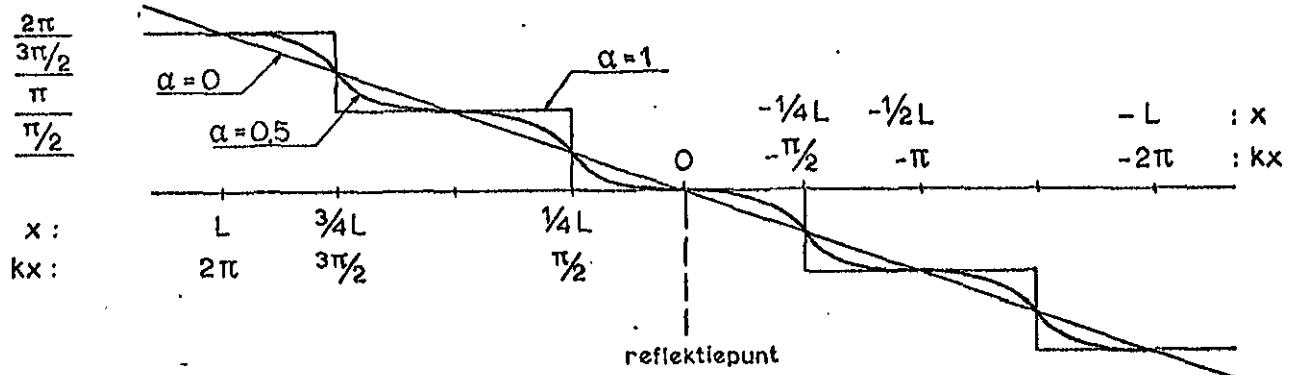
nr. DDWT-77.251

datum: november 1977

bladnr: 2

Na bepaling van $\text{tg}kx$ is de informatie over het kwadrant waar kx ligt verloren en dus ligt kx na bepaling van $\text{arctg}(\text{tg}kx)$ altijd in het eerste kwadrant.

Het werkelijke verloop van fie is hieronder getekend:



Om dit verloop te bereiken werden twee truks uitgehaald:

- 1) In Fortran is een variabele die begint met de letters i t/m n een geheel getal, waarbij het getal niet afgerond maar afgekapt wordt. Dit wordt gebruikt om het kwadrant waarin kx ligt "vast te houden".:

$$r.1900: n = \frac{\text{abs}(kx) + \pi/2}{\pi}$$

$$\text{voor } |kx| < \pi/2 : n = 0$$

$$\pi/2 < |kx| < 3\pi/2 : n = 1$$

etc.

in r.2100 wordt dan $n\pi$ bij fie opgeteld.

- 2) het teken wordt "vastgehouden" d.m.v.

$$r.1600: \text{sign} = \frac{kx}{|kx|} \text{ hetgeen dus altijd gelijk is aan}$$

+1 of -1.

Om te voorkomen dat hierbij door 0 gedeeld wordt is r.1500 tussengevoegd.

- r.2200 de fasehoek wordt in radialen gebruikt maar voor de gebruiker in graden uitgevoerd.

```

2300. write(6,3)
2400. write(6,4) t,hi,alfa,wast,bod,glflen
2500. write(6,5)
2600. write(6,6)
2700. write(6,7) bov1,ondk1,hor,bov2,ondk2,drpt,phis
2800. write(6,5)
2900. if(hor.lt.0) write(6,8)

```

datum: november 1977

bladnr: 3

r.2300-2800 Alle invoergegevens plus de golflengte en de faschoek (in graden) worden uitgeschreven.

r.2900 Als de gebruiker een negatieve afstand tussen de twee vlakken gekozen heeft wordt hij gewaarschuwd met de kreet:

'hor is negatief, is dat wel realistisch'

Er wordt wel gewoon doorgerekend met de opgegeven waarden.

3000. amkor1=1+alfa
 3100. amkor2=sqrt(1+alfa²+2+2?+alfa²+cos(2?+a2))
 3200. wsmax1=wast+amkor1?²+h1/2
 3300. wsmax2=wast+amkor2?²+h1/2

r.3000-3100 Voor de twee vlakken wordt de reflektiefactor (amplitude korrektie) berekend (zie 2.1)

r.3200-3300 De maximale waterstand voor de twee vlakken wordt berekend (nodig als de bovenkant hoog ligt en de totale drukfiguur moet getekend worden).

3400.c nu worden de drukken berekend
 3500. pwast1=druk(wast, bod, amkor1, wast, wsmax1, pkon, golfk)
 3600. pbovk1=druk(bovk1, bod, amkor1, wast, wsmax1, pkon, golfk)
 3700. pondk1=druk(ondk1, bod, amkor1, wast, wsmax1, pkon, golfk)
 3800. pbod1=druk(bod, bod, amkor1, wast, wsmax1, pkon, golfk)
 3900. pwast2=druk(wast, bod, amkor2, wast, wsmax2, pkon, golfk)
 4000. pbovk2=druk(bovk2, bod, amkor2, wast, wsmax2, pkon, golfk)
 4100. pondk2=druk(ondk2, bod, amkor2, wast, wsmax2, pkon, golfk)
 4200. pbod2=druk(bod, bod, amkor2, wast, wsmax2, pkon, golfk)
 4300. write(6,9)
 4400. write(6,10) wsmax1, pwast1, pbovk1, pondk1, pbod1
 4500. write(6,5)
 4600. write(6,11)
 4700. write(6,10) wsmax2, pwast2, pbovk2, pondk2, pbod2
 4800. write(6,5)

r.3400-4800 M.b.v. het function subprogramma druk worden de drukken op diverse punten berekend en uitgevoerd (in KN/m²)

(Wsmax in m t.o.v. NAP)

4900.c vervolgens de krachts- en momentamplituden
 5000. call fmbw(bovk1, ondk1, wast, wsmax1, amkrbw, amdmbw)
 5100. call fmow(bovk1, ondk1, wast, bod, pkon, golfk, amkor1, amkrow, a
 mdmow)
 5200. f1max=amkrbw+amkrow
 5300. amdmi=amdmbw+amkrbw?+(-bod)+amdmiow
 5400. call fmbw(bovk2, ondk2, wast, wsmax2, amkrbw, amdmbw)
 5500. call fmow(bovk2, ondk2, wast, bod, pkon, golfk, amkor2, amkrow, a
 mdmow)
 5600. f2max=amkrbw+amkrow
 5700. amdmi2=amdmbw+amkrbw?+(-bod)+amdmiow

r.4900-5700 M.b.v. de subroutines fmbw (kracht en moment boven gemidd. waterstand; en fmow (kracht en moment onder gem. waterstand) worden de krachts- en momentamplituden op de twee vlakken berekend.

(Momenten t.o.v. de bodem, pas later wordt de arm (t.o.v. drpt) erbij gehaald omdat er anders iets ~~moet~~ behoort bij de totaalberekening).

datum: november 1977

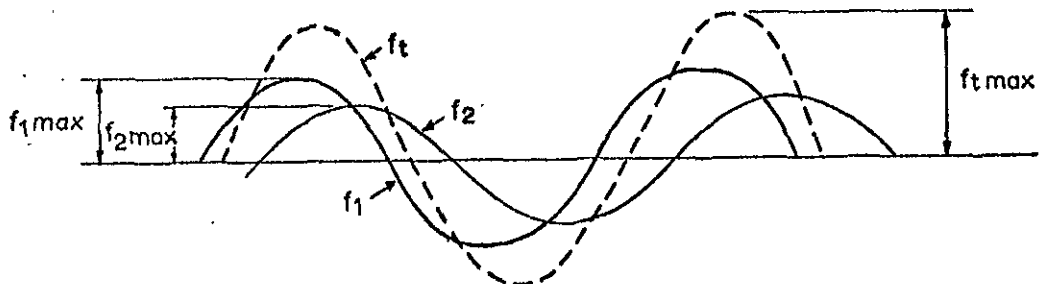
bladnr: 4

```

5800.c nu wordt de fase erbij gehaald en het totaal berekend
5900. ftmax=0
6000. amdmt=0
6100. do 50 i=1,24
6200. arg=6.283185?+i/24
6300. f1=f1max?+sin(arg)
6400. f2=f2max?+sin(arg-fie)
6500. ft=f1+f2
6600. if(ft.gt.ftmax) ftmax=ft
6700. dm1=amdmt1?+sin(arg)
6800. dm2=amdmt2?+sin(arg-fie)
6900. dmt=dm1+dm2
7000. if(dmt.gt.amdmt) amdmt=dmt
7100.50 continue

```

r.5800-7100 Het maximum van het totaal van de krachten en momenten op de twee vlakken wordt berekend m.b.v. een do-loop. Hierin wordt de fasehoek tussen de twee vlakken mede in beschouwing genomen.



Door beide sinussen in 24 stukken te verdelen bleek voor vrijwel alle fasehoeken ft_{max} redelijk te benaderen. ft_{max} en $amdmt$ worden eerst buiten de loop 0 gesteld en vervolgens steeds vergeleken met een van de 24 waarden.

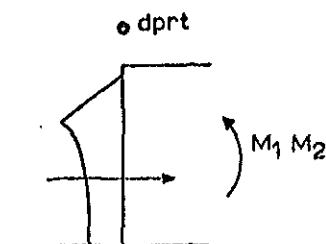
```

7200. write(6,12)
7300. write(6,13) f1max, f2max, ftmax
7400. write(6,5)
7500. dm1max=amdmt1+f1max?+arm
7600. dm2max=amdmt2+f2max?+arm
7700. dmtmax=amdmt+ftmax?+arm
7800. write(6,14)
7900. write(6,13) dm1max, dm2max, dmtmax
8000. go to 20

```

r.7200-7400 De krachten worden geschreven.

r.7500-7900 De extra arm (van bod tot drpt) wordt bij het moment gestopt. (als dit voor de do-loop gebeurt, komt er onzin voor het geval dat het draaipunt hoog ligt en het moment negatief is)



r.8000

zie r.5800-7100, voor $amdmt$ wordt toch de positieve waarde genomen. Vervolgens worden de momenten geschreven.

er wordt opnieuw ingelezen.

behoort bij: nota

nr.DDWT-77.251

datum: november 1977

bladnr: 5

```

8100.1 format(11f7.2)
8200.2 format(//10x,'-----')
--')
8300.3 format(//11x,'t'6x,'h1'4x,'alfa'4x,'wast'5x,'bod'5x,'glfl
en')
8400.4 format(7x,3f7.2,f8.2,f9.2,f10.2)
8500.5 format(10x,'. . . . .')
)
8600.6 format(/3x,'bovk1'4x,'ondk1'5x,'hor'5x,'bovk2'4x,'ondk2'
8700. x5x,'drpt'4x,'fle(g)')
8800.7 format(f8.2,6f9.2)
8900.8 format(' hor is negatief, is dat wel realistisch')
9000.9 format(/11x,'wsmax1 pwast1 pbovk1 pondk1 pbod1')
9100.10 format(8x,5f9.2)
9200.11 format(/11x,'wsmax2 pwast2 pbovk2 pondk2 pbod2')
9300.12 format(/10x,'f1max(kn/m)'7x,'f2max(kn/m)'7x,'ftmax(kn/m)'
)
9400.13 format(3f18.2)
9500.14 format(/9x,'m1max(knm/m)'6x,'m2max(knm/m)'6x,'mtmax(knm/m)
)')
9600. end

```

r.8100-9500 De formats van de write en read statements

2. De berekening van de golflengte

```

9700.c hier wordt de golflengte berekend
9800. function golfl(t,dtot)
9900. golfl0=1.56?+t?+t
10000. if(dtot/golfl0.ge.0.5) go to 120
10100. if(dtot/golfl0.le..001) go to 130
10200. golfle=golfl0?+2.5?+sqrt(dtot/golfl0?+(0.8-dtot/golfl0))
10300.110 golfl1=golfl0?+(tanh(6.283185?+dtot/golfle))
10400. golfl2=golfl0?+(tanh(6.283185?+dtot/golfl1))
10500. golfl3=golfl0?+(tanh(6.283185?+dtot/golfl2))
10600. delta1=golfl2-golfl1
10700. delta2=golfl3-golfl2
10800. delta3=delta2-delta1
10900. glfold=golfl3-((delta2)?+(delta2)/delta3)
11000. glfnew=golfl0?+(tanh(6.283185?+dtot/glfold))
11100. check=abs(glfnew/glfold-1)
11200. if(check.lt..001) go to 140
11300. golfle=glfnew
11400. go to 110
11500.120 golfl=golfl0
11600. return
11700.130 golfl=sqrt(9.81?+dtot)?+t
11800. return
11900.140 golfl=glfnew
12000. return
12100. end

```

De golflengte wordt berekend uit de formule

$$L = L_0 \tanh \frac{2\pi d}{\lambda}$$

behoort bij: nota

nr. DDWT-77.251

datum: november 1977

bladnr: 6

r.10000 en 11500 Als $\frac{d}{L_0} \geq 0.5$ wordt $L=L_0$ aangehouden

r.10100 en 11700 Als $\frac{d}{L_0} \leq 0.01$ wordt $L=t\sqrt{gd}$ aangehouden
Daartussen wordt L berekend d.m.v. direkte iteratie volgens

$$L_{n+1}=L_0 \tanh \frac{2 \pi d}{L_n}$$

r.11200 en 11900 Als het verschil tussen L_{n+1} en L_n kleiner is dan 0,1 % wordt de iteratie gestopt.

r.10200 De iteratie wordt gestart met een eerste schatting volgens

$$\underline{L} = L_0 \times 2.5 \sqrt{\frac{d}{L_0} \left(0,8 - \frac{d}{L_0}\right)}$$
 hetgeen een redelijk begin is, zie figuur 1.
 Om de iteratie te versnellen wordt gebruik gemaakt van het zgn Aitkens Δ^2 proces (zie: Balfour en McTernan, Numerical Solution of Equations, Heinemann, London 1967)

r.10300-10500 Hierbij wordt geëxtrapoleerd naar een eindwaarde vanuit het verloop van drie iteratiestappen.

$$r.10900 \quad L = L_{n+1} - \frac{(\Delta L_n)^2}{\Delta^2 L_{n-1}}$$

$$r.10700 \quad \Delta L_n = L_{n+1} - L_n$$

$$r.10600 \quad \Delta L_{n-1} = L_n - L_{n-1}$$

$$r.10800 \quad \Delta^2 L_{n-1} = \Delta L_n - \Delta L_{n-1}$$

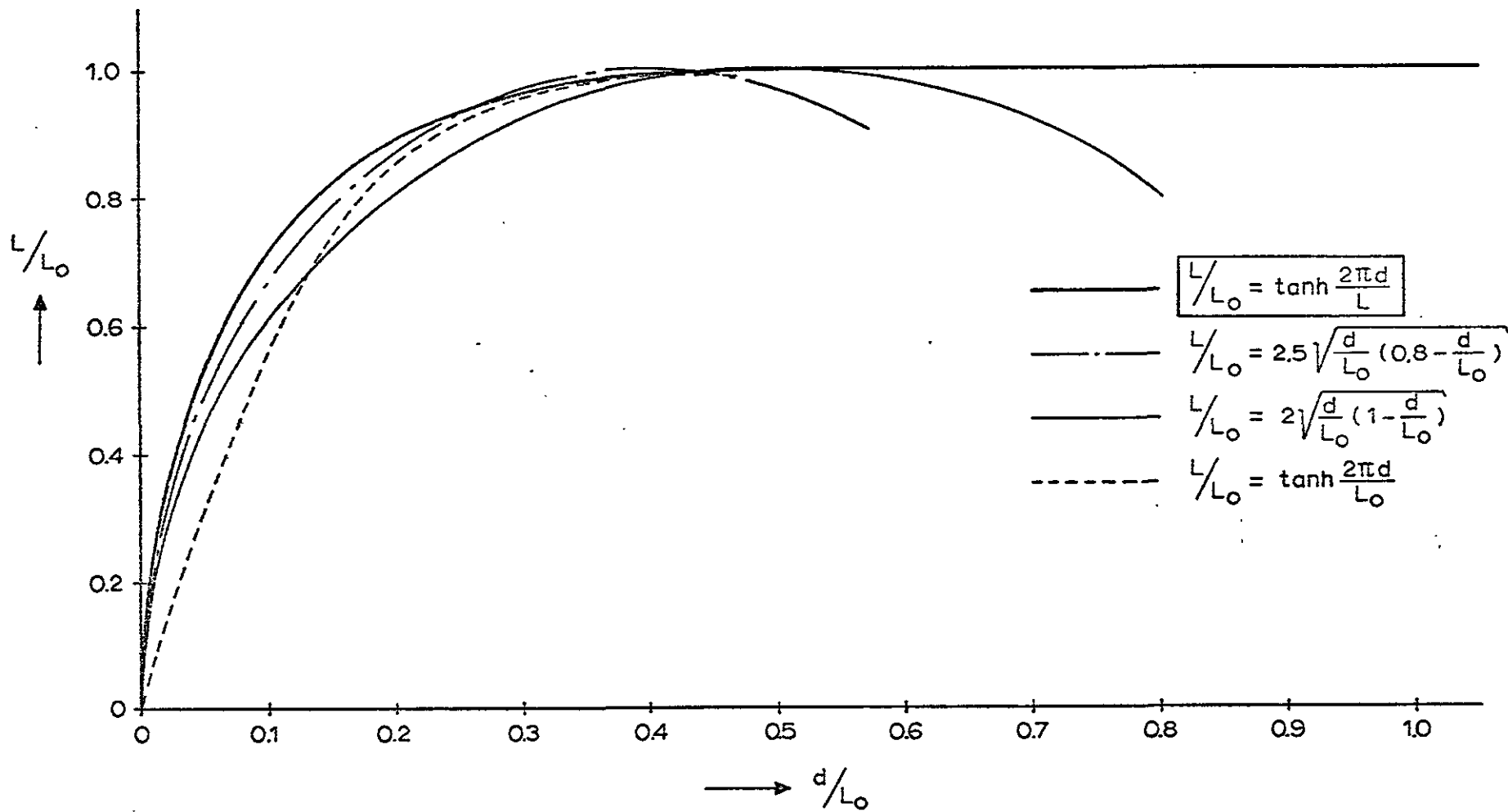
r.10900 Deze L wordt L_{oud} genoemd (glfold). De iteratie
 r.11000 wordt nog eenmaal gedaan hetgeen L_{nieuw} oplevert (glfnew). Deze worden vergeleken en als het verschil nog te groot is wordt de hele procedure herhaald.

r.11100-11400 Het Δ^2 proces is dermate 'krachtig' dat een iteratie van 80 stappen hiermee in tweemaal drie stappen verloopt.

3. Het berekenen van de drukken

12200.c hier wordt de drukamplitude berekend
 12300. function druk(z, bod, ampkor, wast, wstmax, pkon, gol f k)
 12400. if(z.ge.wstmax) go to 200
 12500. if(z.lt.wast) go to 210
 12600. druk=10?+(-z+wstmax)
 12700. return

Fig. 1.



behoort bij: nota

nr. DDWT-77.251

datum: november 1977

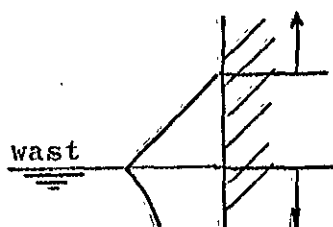
bladnr: 8

```

12900. return
13000. 210 druk=pkon?+cosh(golfk?+(z-bod))?+ampkor
13100. return
13200. end
    
```

De druk wordt berekend uit de in 2.1. genoemde formules.

r.12400-12500 Eerst wordt gekeken waar de punten liggen:



```

go to 200 (r 12800)
p = 10 * (-2+wstmax)
go to 210 (r 13000)
    
```

4. Het berekenen van de krachten en momenten boven de gemiddelde waterstand (subroutine fmbw)

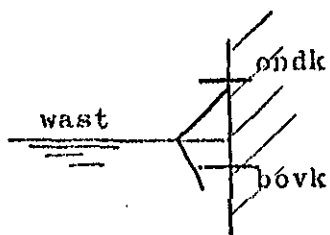
```

13300.c hier worden krachten en momenten 'boven water' berekend
13400. subroutine fmbw(bovk, ondk, wast, wstmax, amkrbw, amdmbw)
13500. if((bovk.lt.wast).or.(ondk.gt.wstmax)) go to 300
13600. grens1=wstmax
13700. if(bovk.lt.wstmax) grens1=bovk
13800. grens2=wast
13900. if(ondk.gt.wast) grens2=ondk
14000. hulp1=grens1?+(-grens1/2+wstmax)
14100. hulp2=grens2?+(-grens2/2+wstmax)
14200. amkrbw=10?+(hulp1-hulp2)
14300. hulp3=grens1?+?+2?+(-grens1/3+wstmax/2)
14400. hulp4=grens2?+?+2?+(-grens2/3+wstmax/2)
14500. amdmbw=10?+(hulp3-hulp4)
14600. return
14700. 300 amkrbw=0
14800. amdmbw=0
14900. return
15000. end
    
```

Formules zie 2.1

Eerst wordt gekeken hoe het beschouwde vlak

r.13500 ligt t.o.v. "de driehoek" (r 13500)



```

go to 300)
) (r.14700)
go to 300)
    
```

r.13600-13900 Vervolgens worden de integratiegrenzen vastgesteld.

r.14000-14500 Hier wordt de eigenlijke berekening gedaan.

behoort bij: nota
 datum: november 1977
 bladnr: 9

nr. DDWT-77.251

5. Het berekenen van de krachten en momenten onder de gemiddelde waterstand (subroutine fmow)

```

15100.c hier worden krachten en momenten 'onder water' berekend.
15200. subroutine fmow(bovk, ondk, wast, bod, pkon, golfk, ampkor,
15300. xamkrow, amdmow)
15400. double precision sinh, cosh, golfk, hulp2, hulp3, grens1, grens
2
15500. if(ondk.gt.wast) go to 400
15600. grens1=wast-bod
15700. if(bovk.lt.wast) grens1=bovk-bod
15800. grens2=ondk-bod
15900. hulp1=(sinh(grens1?+golfk)-sinh(grens2?+golfk))/golfk
16000. amkrow=hulp1?+pkon?+ampkor
16100. hulp2=grens1?+sinh(grens1?+golfk)-cosh(grens1?+
16200. xgolfk)/golfk
16300. hulp3=grens2?+sinh(grens2?+golfk)-cosh(grens2?+
16400. xgolfk)/golfk
16500. hulp4=pkon?+(hulp2-hulp3)/golfk
16600. amdmow=hulp4?+ampkor
16700. return
16800.400 amkrow=0
16900. amdmow=0
17000. return
17100. end

```

r.15400 double precision

Bij controle bleek dat wanneer de integratiegrenzen dicht bij elkaar komen te liggen (m.n. dus bij konstruktie onderdelen) vooral bij grote periodes (dus bij verval, zie 5) de nauwkeurigheid ontoelaatbaar klein wordt. Dit komt doordat in de (analytische) oplossing twee zeer kleine getallen van elkaar afgetrokken worden die dicht bij elkaar liggen. Door te werken met double precision (waarbij met 14 cijfers i.p.v. met 7 gewerkt wordt) wordt dit bezwaar opgeheven.

Verder verloopt de berekening analoog aan wat gezegd is bij 4.4. (fmbw).

6. Sinh en cosh

```

17200.c tenslotte nog de funkties sinh en cosh
17300. double precision function cosh(x)
17400. double precision x
17500. cosh=(dexp(x)+dexp(-x))/2
17600. return
17700. end
17800. double precision function sinh(x)
17900. double precision x
18000. sinh=(dexp(x)-dexp(-x))/2
18100. return
18200. end

```

Deze zijn niet standaard in FORTRAN. Ook hier weer double precision (dexp = e)