

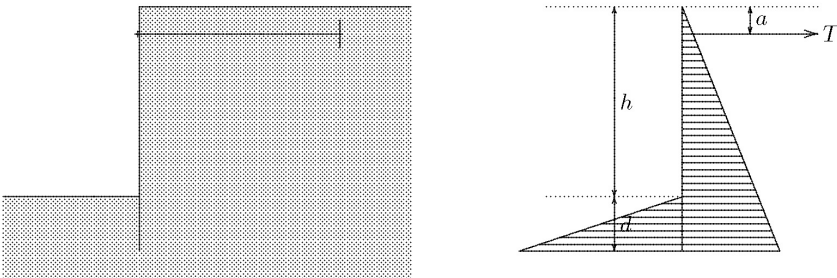
Hoofdstuk 37

Damwanden

Voor het keren van een grondlichaam gebruikt men vaak een damwand, dat is een wand opgebouwd uit verticale stalen elementen, of houten of betonnen planken, die door middel van een voegconstructie met elkaar verbonden zijn. Vergeleken met een keermuur zijn het flexibele constructies, die op buiging worden belast, en daarop moeten worden berekend. Er zijn verschillende berekeningsmethoden ontwikkeld, van verschillende graden van complexiteit. De simpelste rekenmethoden, die in dit hoofdstuk worden besproken, bevatten een aantal handige, maar theoretisch niet goed verantwoorde schematiseringen. In de praktijk hebben deze simpele methoden hun waarde wel bewezen.

37.1 Damwand in homogene droge grond

Een standaarduitvoering van een damwandconstructie is getekend in figuur 37.1. De gedachte is dat de damwand door de belasting van de grond de neiging zal hebben naar



Figuur 37.1. Verankerde damwand.

links te bewegen. Daardoor zal aan de hoge kant de gronddruk in de buurt van de actieve druk komen te liggen. Deze belasting zal onder meer worden weerstaan door een passieve gronddruk die zich aan de onderzijde links van de damwand zal ontwikkelen. Men neemt nu vaak aan dat aan de hoge kant over de volle hoogte de actieve gronddruk werkt, en aan de lage kant de passieve gronddruk. Omdat de resultante van deze passieve gronddruk altijd beneden die van de actieve gronddruk ligt is er zo geen evenwicht mogelijk. Men kan dat evenwicht verzekeren met behulp van trekankers aan de bovenzijde. Doet men dit niet dan zal de damwand roteren, eventueel net zo lang totdat aan de uiterste onderkant een verplaatsing naar rechts optreedt met een daarbij behorende (passieve) gronddruk naar links. Ook dan is er evenwicht mogelijk, maar men kan verwachten dat daarbij zeer grote verplaatsingen van de bovenkant van de damwand optreden. Daarom lijkt het beter een verankering aan te brengen. Een alternatief daarvoor kan zijn een stempeling van twee damwanden tegen elkaar, bijvoorbeeld in het geval van een smalle bouwput.

Voor het verkrijgen van evenwicht is een zekere minimale inheidiepte nodig. Bij een zeer geringe inheidiepte zou de onderkant van de damwand door de grond kunnen worden gedrukt. Er zal eerst getracht worden de minimale inheidiepte te bepalen, voor een eenvoudig geval. Het eenvoudigste geval treedt op als er geen grondwater is en de grond homogeen is. Dan is de spanningsverdeling zoals getekend in figuur 37.1. Als de kerende hoogte (dat is het verschil tussen de grond links en rechts van de damwand) h is, de inheidiepte d , en de diepte van de trekstang a , dan vindt men uit het momentenevenwicht ten opzichte van het aangrijpingspunt van de ankerkracht

$$\frac{1}{2}K_a\gamma(h+d)^2\left(\frac{2}{3}h+\frac{2}{3}d-a\right)-\frac{1}{2}K_p\gamma d^2\left(h+\frac{2}{3}d-a\right)=0.$$

Hieruit volgt

$$(h+d)^2\left(\frac{2}{3}h+\frac{2}{3}d-a\right)=\frac{K_p}{K_a}d^2\left(h+\frac{2}{3}d-a\right). \quad (37.1)$$

Dit is een derdegraadsvergelijking in de variabele d . Men kan die bijvoorbeeld iteratief oplossen door te schrijven

$$\left(\frac{d}{h}\right)^2=\frac{2K_a}{3K_p}\left(1+\frac{d}{h}\right)^2\frac{1+(d/h)-\frac{3}{2}(a/h)}{1+\frac{2}{3}(d/h)-(a/h)}. \quad (37.2)$$

Uitgaande van een beginschatting (bijvoorbeeld $d/h=0$) kan men steeds betere waarden voor d/h vinden door de schatting in het rechterlid in te voeren. Dit proces blijkt vrij snel te convergeren. Er zijn ongeveer 10 iteraties nodig om een precisie van 10^{-6} te bereiken. De resultaten voor verschillende waarden van K_p/K_a en d/h zijn weergegeven in tabel 37.1.

a/h	K_p/K_a							
	4	6	8	9	10	12	14	16
0.00	0.793	0.550	0.438	0.401	0.371	0.326	0.294	0.269
0.05	0.785	0.545	0.433	0.396	0.367	0.323	0.290	0.265
0.10	0.777	0.539	0.428	0.392	0.363	0.319	0.287	0.262
0.15	0.768	0.532	0.422	0.386	0.358	0.314	0.282	0.258
0.20	0.759	0.524	0.416	0.380	0.352	0.309	0.278	0.254
0.25	0.749	0.516	0.409	0.374	0.346	0.303	0.273	0.249
0.30	0.737	0.507	0.401	0.366	0.339	0.297	0.267	0.243
0.35	0.724	0.496	0.392	0.358	0.330	0.289	0.260	0.237
0.40	0.710	0.484	0.381	0.348	0.321	0.281	0.252	0.229
0.45	0.693	0.470	0.369	0.336	0.310	0.270	0.242	0.220
0.50	0.674	0.454	0.354	0.322	0.296	0.258	0.230	0.209

Tabel 37.1. Inheidiepte damwand, (d/h).

De grootte van de ankerkracht vindt men uit het horizontale evenwicht,

$$T=\frac{1}{2}K_a\gamma(h+d)^2-\frac{1}{2}K_p\gamma d^2. \quad (37.3)$$

De waarden van T/F_a zijn verzameld in tabel 37.2. De grootte F_a hierin is de totale actieve kracht,

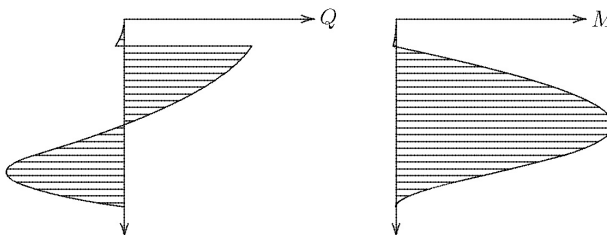
$$F_a = \frac{1}{2} K_a \gamma (h+d)^2. \quad (37.4)$$

a/h	K_p/K_a							
	4	6	8	9	10	12	14	16
0.00	0.218	0.244	0.258	0.263	0.267	0.274	0.279	0.283
0.05	0.226	0.254	0.269	0.275	0.279	0.286	0.292	0.296
0.10	0.235	0.265	0.281	0.287	0.292	0.300	0.306	0.310
0.15	0.245	0.277	0.295	0.301	0.306	0.315	0.321	0.326
0.20	0.255	0.290	0.309	0.316	0.322	0.331	0.338	0.344
0.25	0.267	0.305	0.326	0.334	0.340	0.350	0.358	0.364
0.30	0.280	0.321	0.345	0.353	0.360	0.371	0.380	0.387
0.35	0.294	0.340	0.366	0.375	0.383	0.395	0.405	0.413
0.40	0.311	0.361	0.390	0.401	0.409	0.423	0.434	0.443
0.45	0.329	0.386	0.419	0.431	0.441	0.456	0.469	0.478
0.50	0.351	0.415	0.453	0.466	0.478	0.496	0.510	0.521

Tabel 37.2. Ankerkracht damwand, (T/F_a).

Het anker blijkt een behoorlijk deel van de totale actieve kracht op te nemen, variërend van 20 % tot ruim 50 %. De rest wordt uiteraard opgenomen door de passieve gronddruk. Als de lengte van de damwand ($h+d$) en de ankerkracht bekend zijn, kan men eenvoudig de dwarskracht Q en het buigend moment M in de damwand berekenen. Voor het geval dat $K_a = \frac{1}{3}$, $K_p = 3$, en $a/h = 0.2$ zijn de resultaten weergegeven in tabel 37.3. Ter plaatse van het anker vertoont de dwarskracht een sprong ter grootte van de ankerkracht. Aan de bovenzijde en de onderzijde van de damwand zijn de dwarskracht en het buigend moment uiteraard nul.

Het maximale moment, waarop de damwand moet worden gedimensioneerd, is $0.032 \gamma h^3$. De resultaten van het voorbeeld zijn grafisch weergegeven in figuur 37.2.



Figuur 37.2. Dwarskracht en Buigend moment.

Een grove controle kan men uitvoeren door de damwand te beschouwen als een ligger op twee steunpunten, zeg tussen $z/h = 0.2$ en $z/h = 1.2$. De lengte van die ligger is dan h , en de gemiddelde belasting is $K_a \gamma (0.7 h)$. Verdeelt men die belasting gelijkmatig over de

z/h	$f/\gamma h$	$Q/\gamma h^2$	$M/\gamma h^3$
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.10000	-0.03333	-0.00167	-0.00006
0.19999	0.06666	-0.00667	-0.00044
0.20001	0.06667	0.09381	-0.00044
0.30000	0.10000	0.08548	0.00855
0.40000	0.13333	0.07381	0.01654
0.50000	0.16667	0.05881	0.02320
0.60000	0.20000	0.04048	0.02819
0.70000	0.23333	0.01881	0.03119
0.80000	0.26667	-0.00619	0.03184
0.90000	0.30000	-0.03452	0.02984
1.00000	0.33333	-0.06619	0.02483
1.10000	0.06667	-0.08619	0.01699
1.20000	-0.20000	-0.07952	0.00848
1.30000	-0.46667	-0.04619	0.00197
1.38047	-0.68125	0.00000	0.00000

Tabel 37.3. Damwandberekening.

ligger, dan vindt men als grootste moment $M = 0.029 \gamma h^3$. Dat is voor zo'n eenvoudige benadering niet eens zo slecht.

Zou men de damwand construeren zoals hier berekend dan is er geen enkele reserve tegen bezwijken. Daarom reduceert men soms de passieve gronddruk, door een enigszins voorzichtige waarde voor K_p in te voeren. De tabellen uit dit hoofdstuk blijven dan geldig. Men vindt dan uiteraard wel een grotere inheidipte, zoals blijkt uit de eerste tabel. Als K_p/K_a kleiner wordt, wordt d/h groter. In het volgende hoofdstuk wordt nog een andere, en meer evenwichtige, methode beschreven om het risico van bezwijken te reduceren.

Een eenvoudig computerprogramma voor de berekening van de minimale lengte, de bijbehorende ankerkracht, en de dwarskrachten en de buigende momenten is weergegeven als programma 37.1. Het programma werkt interactief. Na het invoeren van de parameters K_a , K_p en a/h berekent het programma eerst d/h en de ankerkracht T , en geeft daarna, voor door de gebruiker in te voeren waarden van z/h , de resulterende belasting, de dwarskracht en het buigend moment. Uiteraard kan het programma aanzienlijk worden verbeterd door de uitvoergegevens in tabelvorm of in grafiekvorm weer te geven op het scherm of op een printer. Een dergelijke uitbreiding wordt aan de lezer overgelaten.

37.2 Waterspanningen

Als de damwand in grond staat met links en rechts grondwater wordt het probleem nogal wat ingewikkelder. Omdat het bezwijken van de grond volgens het Mohr-Coulomb criterium betrekking heeft op de effectieve spanningen zijn ook alle relaties die in de vorige hoofdstukken zijn afgeleid tussen verticale en horizontale spanningen, met coëfficiënten van actieve en passieve gronddruk K_a en K_p , uitsluitend geldig voor de effectieve span-

```

100 CLS:PRINT "Damwand in homogene droge grond"
110 PRINT "Minimale lengte":PRINT
120 INPUT "Kerende hoogte ..... ";H
130 INPUT "Diepte van het anker ..... ";A
140 INPUT "Coeff. van actieve gronddruk .... ";KA
150 INPUT "Coeff. van passieve gronddruk ... ";KP
160 PA=KP/KA:A=A/H:B=1/(1.5*PA):D=0:A$="& ###.#####"
170 C=B*(1+D)*(1+D)*(1+D-1.5*A)/(1+D/1.5-A)
180 IF C<0 THEN PRINT "Geen oplossing":END
190 C=SQR(C):E=ABS(C-D):D=C:IF E>0.000001 THEN 170
200 PRINT USING A$;"d/h = ";D
210 T=KA*(1+D)*(1+D)/2-KP*D*D/2
220 PRINT USING A$;"T/ghh = ";T
230 INPUT "z/h = ";Z
240 IF Z<0 THEN END
250 IF Z>1+D THEN PRINT " Dat kan niet":GOTO 230
260 F=KA*Z:IF Z>1 THEN F=F-KP*(Z-1)
270 Q=-KA*Z*Z/2:IF Z>A THEN Q=Q+T
280 IF Z>1 THEN Q=Q+KP*(Z-1)*(Z-1)/2
290 M=-KA*Z*Z*Z/6:IF Z>A THEN M=M+T*(Z-A)
300 IF Z>1 THEN M=M+KP*(Z-1)*(Z-1)*(Z-1)/6
310 PRINT USING A$;" f/gh = ";F;
320 PRINT USING A$;" Q/ghh = ";Q;
330 PRINT USING A$;" M/ghhh = ";M
340 GOTO 230

```

Programma 37.1: Damwand in homogene droge grond.

ningen. Dat betekent dat men eerst de verticale effectieve spanningen moet berekenen voordat men de horizontale effectieve spanning kan bepalen. De algemene procedure voor de bepaling van horizontale gronddrukken is als volgt.

1. Bepaal de verticale totaalspanningen, uit het gewicht van de grond en een eventuele bovenbelasting.
2. Bepaal de waterspanningen, uitgaande van de waterstand. Eventueel moet hierbij nog rekening worden gehouden met de grondwaterstroming. De waterspanningen zijn dan niet hydrostatisch.
3. Bepaal op elke diepte de verticale effectieve korrelspanning, als het verschil van de verticale totaalspanning en de waterspanning.
4. Bepaal de horizontale effectieve spanningen, met de op elke diepte van toepassing zijnde waarden van K_a of K_p , en eventueel de cohesie c .
5. Bepaal de horizontale totaalspanning, door de waterspanning bij de horizontale korrelspanning op te tellen.

In formulevorm is dit, schematisch:

$$\sigma_{zz} = q_z + \sum \gamma dz, \quad (37.5)$$

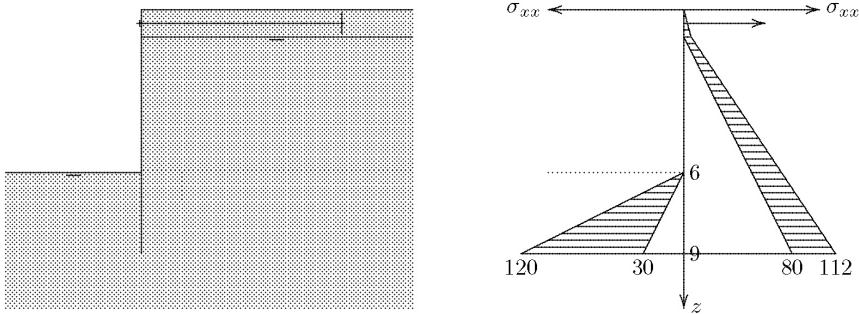
$$p = \gamma_w(z - z_w), \quad (37.6)$$

$$\sigma'_{zz} = \sigma_{zz} - p, \quad (37.7)$$

$$\sigma'_{xx} = K\sigma'_{zz} \pm 2c\sqrt{K}, \quad (37.8)$$

$$\sigma_{xx} = \sigma'_{xx} + p. \quad (37.9)$$

Hierin is aangenomen dat de waterdruk overal aanwezig is, en bepaald wordt door het niveau z_w . Er kan ook best een zone zijn, boven de grondwaterspiegel, waar de waterspanningen nul zijn. Daar geldt dan eenvoudigweg $p = 0$. Ook is er hierboven nog geen rekening mee gehouden dat formule (37.8) in het geval van actieve gronddruk tot negatieve horizontale effectieve spanningen (trek) kan leiden. Dat kan niet, en moet dan dus worden vervangen door $\sigma'_{xx} = 0$. In het geval van een damwand moet de berekening



Figuur 37.3. Damwand in grond met grondwater.

van de gronddrukken en de waterspanningen apart worden uitgevoerd voor de beide zijden van de damwand, omdat links en rechts zowel het maaiveldniveau als de waterstand kunnen verschillen. Daar is de damwand immers juist voor bedoeld.

Een voorbeeld is getekend in figuur 37.3. Dit voorbeeld betreft een ingraving van 6 m diepte in homogene grond. Aan de rechterzijde ligt de grondwaterstand op 1 m beneden maaiveld. Aan de linkerzijde valt de grondwaterstand samen met de bodem van de bouwput. Er wordt, ter vereenvoudiging, aangenomen dat zowel links als rechts de waterdrukken hydrostatisch verlopen. Dat zou kunnen als de damwand met zijn voet in een slecht doorlatende laag staat. De damwand is voorzien van een anker op 0.50 m diepte. De lengte van de damwand is vooralsnog onbekend, maar wordt voorlopig als 9 m aangenomen. De grond is homogeen zand, met een droog volumegewicht van 16 kN/m^3 , een nat volumegewicht van 20 kN/m^3 . Voor dit zand wordt gesteld dat $K_a = 0.3333$, $K_p = 3.0$ en $c = 0$.

Om de spanningen tegen de wand te berekenen of te tekenen is het het handigst de waarden in een aantal karakteristieke punten te beschouwen. Aan de rechterkant is tot op een

diepte van 1 m de grond droog. Op 1 m diepte is de verticale totaalspanning $\sigma_{zz} = 16$ kPa. Omdat de waterspanning daar nul is, is de verticale effectieve spanning $\sigma'_{zz} = 16$ kPa. De horizontale effectieve spanning is dan $\sigma'_{xx} = 5.3$ kPa, en de horizontale totaalspanning is daaraan gelijk, omdat $p = 0$. Op een diepte van 9 m komt er 8 m natte grond bij. De verticale totaalspanning is dan $\sigma_{zz} = 176$ kPa. De waterspanning is daar $p = 80$ kPa, en de verticale effectieve spanning is dus $\sigma'_{zz} = 96$ kPa. Omdat $K_a = 0.3333$ is de horizontale effectieve spanning $\sigma'_{xx} = 32$ kPa. De horizontale totaalspanning is dan tenslotte $\sigma_{xx} = 112$ kPa. Aan de linkerzijde zijn alle spanningen, inclusief de waterspanning, op de bodem van de bouwput, dat is dus op 6 m diepte, gelijk aan nul. Op 9 m diepte is $\sigma_{zz} = 60$ kPa en $p = 30$ kPa. Dan is $\sigma'_{zz} = 30$ kPa, en dus $\sigma'_{xx} = 90$ kPa. De horizontale totaalspanning vindt men door hier weer de waterspanning bij op te tellen, $\sigma_{xx} = 120$ kPa. Zelfs in dit eenvoudige geval is de bepaling van de verdeling van de horizontale belasting als functie van de diepte langs de damwand al tamelijk ingewikkeld. In veel praktijkgevallen is die verdeling nog aanmerkelijk ingewikkelder. Meestal bestaat de grond namelijk uit lagen met verschillende eigenschappen. Niet alleen de volumegewichten zijn dan verschillend, maar ook de gronddrukcoëfficiënten. Dit leidt tot sprongen in de verdeling van de horizontale spanning. Ook is vaak de waterspanning niet hydrostatisch, bijvoorbeeld als in de bovenste lagen de grondwaterstand bepaald wordt door het polderpeil, maar een diepe zandlaag in verbinding staat met een kanaal waarin een hogere waterstand heerst.

Een andere reden zien we in figuur 37.3. Door de verschillende waterstanden links en rechts van de damwand moet er wel een stroming onder de damwand door ontstaan, die de waterstanden aan beide zijden zal nivelleren.

De lengte van de damwand is aanvankelijk onbekend. Deze moet zodanig worden bepaald dat er juist evenwicht is, met de onderkant van de damwand als vrij uiteinde. Daar moet de dwarskracht nul zijn, evenals het buigend moment. Net als in het eenvoudige droge geval dat eerder in dit hoofdstuk is beschouwd, zie figuur 37.1, kan men de lengte bepalen uit het momentenevenwicht van de belasting ten opzichte van het aangrijpingspunt van de ankerkracht. Het handigste gaat dat iteratief en numeriek, door eerst een lengte van de damwand aan te nemen, het moment aan de onderkant uit te rekenen, en dan de lengte net zo lang iets te verkleinen totdat het moment precies nul is.

De berekeningen kunnen worden uitgevoerd met het programma 37.2. In dit programma wordt de damwand onderverdeeld in een zeer groot aantal kleine stukjes, ter lengte $DZ=H/N$, waarin $N=NN/3$ en $NN=10000$. De gronddruk aan de rechterkant en aan de linkerkant wordt van boven naar beneden uitgerekend, en dan wordt ook steeds het moment ten opzichte van het verankeringspunt bepaald (dat is de grootheid MT). Dat gebeurt eerst voor het deel van de damwand tot de bodem van de ingraving, in regel 220 tot en met 270. De verticale totaalspanningen σ_{zz} links en rechts van de damwand worden aangegeven met TLZ en TRZ , de verticale effectieve spanningen met SLZ en SRZ , de horizontale effectieve spanningen met SLX en SRX , en de horizontale totaalspanningen met TLX en TRX . De grootheid $F(I)$ is de resulterende belasting. De lengte van de damwand wordt geleidelijk vergroot, vanaf de startwaarde $HH=H$, in kleine stapjes ter grootte DZ , net zo lang totdat MT van teken wisselt. Dan is de lengte van de damwand bepaald (HH). Als bij een lengte van 3 maal de diepte van de ingraving nog geen evenwicht is gevonden

```

100 CLS:PRINT "Damwand in homogene grond":PRINT:NN=10000
110 DIM M(NN),Q(NN),F(NN)
120 INPUT "Diepte van de ingraving (m) ..... ";H
130 INPUT "Diepte van het anker (m) ..... ";DA
140 INPUT "Coef. van actieve gronddruk ..... ";CA
150 INPUT "Coef. van passieve gronddruk ..... ";CP
160 INPUT "Volumegewicht droog (kN/m3) ..... ";GD
170 INPUT "Volumegewicht nat (kN/m3) ..... ";GN
180 INPUT "Diepte grondwater links (m) ..... ";WL
190 INPUT "Diepte grondwater rechts (m) ..... ";WR
200 N=NN/3:HH=H:DZ=HH/N:DZ2=DZ/2:WW=10:A$="#####.###":PRINT
210 TLZ=0:PL=0:TRZ=0:PR=0:MT=0:Z=0:F(0)=0:Q(0)=0:M(0)=0
220 FOR I=1 TO N:Z=Z+DZ:G=WW:W=WW:IF Z-DZ2<WL THEN G=0:W=0
230 TLZ=TLZ+G*DZ:PL=PL+W*DZ:SLZ=TLZ-PL:SLX=SLZ:TLX=SLX+PL
240 G=GN:W=WW:IF Z-DZ2<WR THEN G=GD:W=0
250 TRZ=TRZ+G*DZ:PR=PR+W*DZ:SRZ=TRZ-PR:SRX=CA*SRZ:TRX=SRX+PR
260 F(I)=TRX-TLX:FF=(F(I)+F(I-1))*DZ2:Q(I)=Q(I-1)-FF
270 M(I)=M(I-1)+(Q(I)+Q(I-1))*DZ2:MT=MT+FF*(Z-DA-DZ2):NEXT I
280 WHILE MT>0:N=N+1:Z=Z+DZ:G=GN:W=WW:IF Z-DZ2<WL THEN G=GD:W=0
290 TLZ=TLZ+G*DZ:PL=PL+W*DZ:SLZ=TLZ-PL:SLX=CP*SLZ:TLX=SLX+PL
300 G=GN:W=WW:IF Z-DZ2<WR THEN G=GD:W=0
310 TRZ=TRZ+G*DZ:PR=PR+W*DZ:SRZ=TRZ-PR:SRX=CA*SRZ:TRX=SRX+PR
320 F(N)=TRX-TLX:FF=(F(N)+F(N-1))*DZ2:Q(N)=Q(N-1)-FF
330 M(N)=M(N-1)+(Q(N)+Q(N-1))*DZ2:MT=MT+FF*(Z-DA-DZ2)
340 IF N=NN THEN PRINT "Geen oplossing":STOP:END
350 WEND
360 HH=Z:FT=-M(N)/(HH-DA):Z=0:MM=0
370 FOR I=1 TO N:Z=Z+DZ:IF (Z>DA) THEN Q(I)=Q(I)+FT:M(I)=M(I)+FT*(Z-DA)
380 IF (M(I)>MM) THEN MM=M(I)
390 NEXT I
400 PRINT "Minimale lengte (m) ..... ";:PRINT USING A$;HH
410 PRINT "Ankerkracht (kN/m) ..... ";:PRINT USING A$;FT
420 PRINT "Maximaal moment (kNm/m) ..... ";:PRINT USING A$;MM
430 PRINT "Dwarskracht aan de voet ..... ";:PRINT USING A$;Q(N)
440 PRINT "Moment aan de voet ..... ";:PRINT USING A$;M(N)
450 STOP:END

```

Programma 37.2: Damwand in homogene grond, met grondwater.

geeft het programma een foutmelding, en stopt. Tijdens de berekening worden steeds ook de dwarskracht $Q(I)$ en het buigend moment $M(I)$ bepaald, onder verwaarlozing van de invloed van de ankerkracht, die immers nog onbekend is. Als de lengte van de damwand eenmaal bepaald is kan de grootte van de ankerkracht worden gevonden uit de voorwaarde dat het buigend moment aan de onderkant nul moet zijn. Dat gebeurt in regel 360. Dan kunnen de dwarskracht en het buigend moment worden gecorrigeerd voor de bijdrage van de ankerkracht, en drukt het programma enige uitvoergegevens af. Daarbij is ook de dwarskracht aan de onderkant, die eigenlijk nul moet zijn. Meestal klopt dat niet precies, door de numerieke benadering. Dat geeft een indruk van de nauwkeurigheid van de berekening.

In het voorbeeld is: $H=6.0$, $DA=0.5$, $CA=0.3333$, $CP=3.0$, $GD=16.0$, $GN=20.0$, $WL=6.0$, $WR=1.0$. Het programma geeft dat in dit geval de lengte van de damwand 11.825 m moet zijn. De ankerkracht is 162.710 kN/m, en het grootste buigend moment is 544.263 kNm/m. De dwarskracht aan de onderkant blijkt niet precies nul te zijn, maar 0.043 kN. Het buigend moment is aan de onderkant wel precies nul.

Ook in dit geval is het computerprogramma zo eenvoudig mogelijk gehouden. Het kan wel als basis dienen voor een meer gebruikersvriendelijk programma, met betere voorzieningen voor invoer en uitvoer van gegevens. Men kan bijvoorbeeld de grondgegevens opslaan in een datafile, die men apart kan bewerken. Ook de uitvoergegevens kan men opslaan in een datafile, en de gegevens daaruit gebruiken voor uitvoer in de vorm van tabellen of grafieken, op het scherm of op een printer.

Opgaven

37.1 Controleer een aantal waarden uit de tabellen 37.1 en 37.2 met behulp van een computerprogramma.

37.2 Controleer de waarden uit tabel 37.3 met behulp van een computerprogramma.

37.3 Een damwand moet een hoogte van 5 m keren, in droog zand, met $\phi = 30^\circ$. De diepte van het anker is 1 m. Bereken de benodigde inheidiepte, volgens de tabel 37.1, en met een van de gegeven computerprogramma's.

37.4 Controleer de uitvoer van het voorbeeld van programma 37.2. In dit geval moet de damwand blijkbaar nogal lang zijn, bijna tweemaal de diepte van de ingraving. Hoe lang moet de damwand zijn als de diepte van het anker 2.0 m is?

37.5 Wijzig het programma 37.2 zodat het als uitvoer ook de verdeelde belasting, de dwarskracht en het buigend moment geeft, als functie van de diepte.