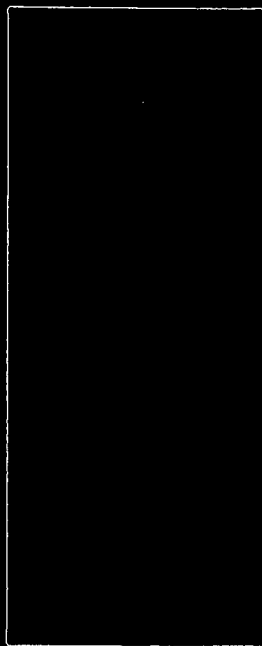
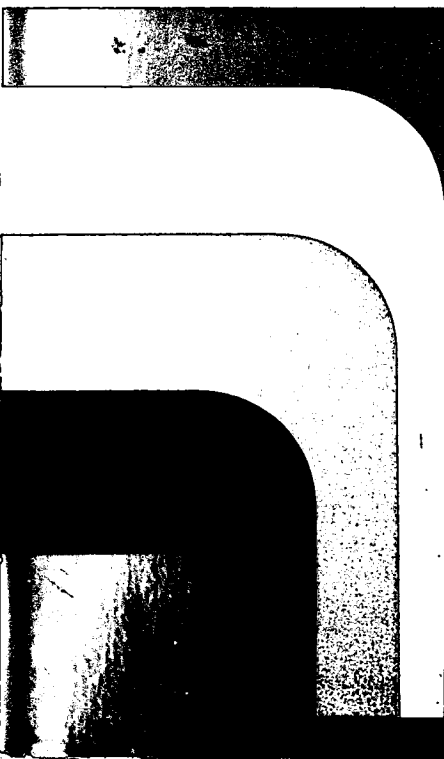


TR-9

leidraad voor ontwerp,
beheer en onderhoud
van constructies en
vreemde objecten in, op
en nabij waterkeringen

technische adviescommissie voor de waterkeringen



Leidraad voor ontwerp,
beheer en onderhoud
van constructies en
vreemde objecten in, op
en nabij waterkeringen

April 1976

Staatsuitgeverij 's-Gravenhage

Ten geleide

De grote bevolkingsdichtheid van ons land, met name in het westen, stelt enerzijds hoge eisen aan de infrastructuur en noopt anderzijds door de geringe beschikbare ruimte tot een intensief grondgebruik. Dit leidt veelvuldig tot een gebruik van dezelfde ruimte ten behoeve van onderling strijdige belangen. In het bijzonder geldt dit voor waterkeringen daar de grond tussen land en water vele activiteiten zoals bebouwing en industrie of recreatie aantrekt. Hieruit vloeit een sterke druk voort de door de waterkering ingenomen ruimte tevens voor andere doeleinden te gebruiken, waartoe veelal constructies en vreemde objecten die het waterkerend vermogen kunnen schaden in de kering dienen te worden aangebracht.

Teneinde bij de belangenafweging het waterkeringbelang niet te kort te doen, is inzicht in de eventuele vermindering van het waterkerend vermogen tengevolge van deze constructies en vreemde objecten noodzakelijk. In deze leidraad wordt een overzicht gegeven van de problematiek en de verschillende aspecten die hierbij een rol kunnen spelen. Het volgen van de aanwijzingen in deze leidraad zal naar de mening van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen er toe kunnen leiden, dat de aanwezigheid van constructies en vreemde objecten voor het waterkerend vermogen van een waterkering geen gevaar kan opleveren.

's-Gravenhage, april 1976

Ir. J. B. Schijf

Voorzitter van de Technische

Adviescommissie voor de Waterkeringen

Inhoud

	blz.
1 Doel van de leidraad en probleemstelling	8
2 Uitgangspunten	12
2.1 Toepassing van deze leidraad op verschillende typen waterkeringen	12
2.1.1 Rivierdijken	12
2.1.2 Zeedijken	12
2.1.3 Duinen	13
2.1.4 Waterkeringen tegen boezem- en andere binnen- wateren	13
2.1.5 Tweede waterkeringen	13
2.1.6 Samenvatting	14
2.2 Veiligheidsnormen	14
2.2.1 Algemeen	14
2.2.2 Onzekerheden	15
2.2.3 Conclusies	16
2.3 Grondmechanische aspecten	17
2.3.1 Inleiding	17
2.3.2 Omvang grondonderzoek in situ en in het la- boratorium	18
2.3.3 Constructie op staal	20
2.3.4 Constructie op palen	21
2.3.5 Berekening grond- en waterdrukken op de zij- wanden van de constructie	22
2.3.6 Berekening zettingen	23
2.3.7 Berekening gronddrukken op de bovenzijde van de constructie	24
2.3.8 Berekening langskrachten	25
2.3.9 Veiligheid	25
2.4 Onder- en achterloopsheid	31
2.4.1 Inleiding	31
2.4.2 Berekening van de lengte van de schermen	32
2.4.3 Berekening van de stabiliteit van de constructie	34

Inhoud

	blz.
2.5 Veiligheidsaspecten van beweegbare onderdelen van open sluizen	35
2.6 Bestaande voorschriften en leidraden	38
3 Constructies welke een onderdeel van de waterkering vormen	40
3.1 Sluizen en gemalen	40
3.1.1 Algemeen	40
3.1.2 Sluizen algemeen	41
3.1.3 Duikersluizen	42
3.1.4 Gemalen	43
3.1.5 Bijzondere grondmechanische aspecten	44
3.2 Stalen damwandconstructies als waterkering	47
3.2.1 Technische aspecten	47
3.2.2 Conclusies	48
3.3 Kistdammen, dijkmuurtjes en keermuren	49
3.4 Coupures	51
4 Constructies en objecten welke geen onderdeel van de waterkering vormen	53
4.1 Bebouwing in, op en nabij waterkeringen	53
4.1.1 Technische aspecten	53
4.1.2 Conclusies	55
4.2 Beplanting op en nabij waterkeringen	56
4.2.1 Technische aspecten	56
4.2.2 Conclusies	57
4.3 Wegen op en nabij waterkeringen	58
4.3.1 Technische aspecten	58
4.3.2 Conclusies	60
4.4 Bruggen op en nabij waterkeringen	60
4.5 Kabels in, op en nabij waterkeringen	61
4.5.1 Technische aspecten	61
4.5.2 Conclusies	62

Inhoud

	blz.
4.5.3 Bijkomende constructies voor kruisingen van kabels met waterkeringen	63
4.5.4 Uitvoering en beheer	65
4.6 Leidingen en tunnels in, op en nabij waterkeringen	66
4.7 Kadeconstructies en aanlegsteigers nabij waterkerin- gen	67
5 Uitvoering, beheer en onderhoud	68
5.1 Uitvoering	68
5.2 Voorzieningen ten behoeve van de controle	68
5.3 Onderhoud	69
5.4 Oude bouwwerken in waterkeringen	70
Bijlage	72

Grote delen van Nederland worden tegen overstroming beschermd door een omvangrijk en ingewikkeld stelsel van waterkeringen. Daartoe behoren niet alleen de zee- en rivierdijken, de duinen en de daarachter liggende tweede waterkeringen, maar ook de boezem- en polderkaden die in de boezem- en poldergebieden van west en noord Nederland de polders tegen inundatie moeten beschermen.

De overstromingsramp van 1953 heeft de aanzet gegeven voor het op veilige hoogte en afmetingen brengen van de primaire waterkeringen tegen de zee en de rivieren. De kadebreuk, tengevolge waarvan in 1960 Tuindorp-Oostzaan is geïnundeerd, heeft aangetoond dat bezinning op de veiligheid van boezem- en polderkaden eveneens geboden is.

In de door waterkeringen beschermde delen van ons land bevinden zich grote bevolkingsconcentraties, terwijl van uitbreiding van het bebouwde areaal met name sprake is in gebieden die in geval van doorbraak van de waterkering onder water lopen. De investeringen in onroerend goed en de voorzieningen voor het functioneren van het proces van wonen, werken en recreëren (gas-, waterleidingen, elektriciteitskabels, riolering, werken ten behoeve van transport en behandeling van afvalwater, verkeerswegen, natuur- en cultuurwaarden enz.) breiden zich zo uit dat het veilig stellen van de in deze gebieden geïnvesteerde gelden van steeds groter belang wordt. Dit geldt ook voor de land- en tuinbouwgebieden waar de voorzieningen voor de intensivering van het bodemgebruik ten behoeve van land- en tuinbouw (drainagesystemen, onderbemalingen, kassen, loipstallen enz.) voortdurend in aantal toenemen.

Een waterkering vormt de scheiding tussen twee gebieden. Aangezien het door de waterkering beschermde gebied verbindingen moet blijven behouden met het gebied buitendijks (verkeer te land en te water, het in- en uitbrengen van water ten behoeve van de waterhuishouding, het transport van energie door middel van kabels, vloeibare en gasvormige stoffen door middel van buisleidingen e.d.)

I Doel van de leidraad en probleemstelling

zijn in waterkeringen allerlei kunstwerken en constructies aanwezig. Omdat iedere constructie een onderbreking is in het doorgaande aarden dijkprofiel, verdienen zowel de constructie zelf als de overgangen naar het normale dijkprofiel de bijzondere aandacht van de waterkeringbeheerder. De door de waterkering geboden veiligheid mag hier niet geringer zijn dan die van de aansluitende dijkgedeelten. Daarbij moeten tot de waterkering tevens de zones nabij de waterkering worden gerekend die essentieel zijn voor de stabiliteit van de waterkering.

In deze leidraad worden richtlijnen aangegeven waaraan kunstwerken en constructies die voor de eerdergenoemde infrastructurele voorzieningen nodig zijn, moeten worden getoetst, opdat de waterkering ter plaatse voldoet aan de hiervoor geformuleerde voorwaarden. Voor vloeistof- en gasleidingen wordt verwezen naar de twee leidraden die hiervoor door de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (T.A.W.) zijn uitgegeven.

Tot een andere categorie van vreemde objecten in waterkeringen behoren die objecten, welke niet tot de noodzakelijke infrastructurele voorzieningen van het gebied behoren, zoals bedrijfsgebouwen, woonhuizen, monumenten, beplantingen anders dan de grasmat, recreatievoorzieningen e.d.

Deze objecten doen in het algemeen afbreuk aan de gewenste stabiliteit en deugdelijkheid van de waterkering. Doordat zij echter reeds gedurende jaren, decennia of eeuwen aanwezig zijn, dragen zij in een aantal gevallen bij tot de cultuurhistorische en landschappelijke beleving van waterkering en omgeving, waardoor het verwijderen van deze voor de waterkering wezensvreemde objecten vaak op weerstand stuit. Het is vanzelfsprekend dat de gekozen veiligheid tegen inundatie van het achterliggende gebied blijvend als primaire factor moet worden beschouwd. Daarom zullen in de gevallen waarin huizen, kunstwerken, bomen e.d. nadelig zijn voor de stabiliteit van de waterkering, maar uit landschappelijke, cultuurhisto-

I Doel van de leidraad en probleemstelling

rische of industrieel-archeologische overwegingen moeten worden behouden, ook in deze gevallen zodanige voorzieningen moeten worden getroffen dat de stabiliteit van de waterkering ter plaatse even groot is en blijft als in de doorgaande strekking. De T.A.W. adviseert daarom voor gebouwen, woningen e.d. een onderzoek van de situatie in en om het bouwwerk uit te doen voeren om tot het voorschrijven van de vereiste voorzieningen te kunnen komen. Voor bomen en andere vegetatie in het dijkprofiel, waarvan verwijdering op grote bezwaren stuit, zal eveneens door middel van een onafhankelijk deskundig rapport een advies moeten worden verkregen over de vitaliteit van de bomen, de te verwachten schade bij omwaaien enz., om te kunnen aangeven welke aanvullende voorzieningen in het belang van het in stand houden van de waterkering moeten worden verlangd.

De T.A.W. adviseert, gezien de vele nadelen die de aanwezigheid van vreemde objecten voor de waterkering meebrengt en waarvan in deze nota een opsomming wordt gegeven, voor het optrekken van nieuwe gebouwen, huizen e.d. die niet behoren tot de infrastructuurle voorzieningen, geen vergunning meer te verlenen. Hetzelfde geldt voor het aanbrengen van beplanting anders dan gras. Een duidelijk beleid, met inachtneming van het hiervóór gestelde, gericht op het zuiveren en vrijhouden van de waterkeringen van vreemde objecten, is in het belang van de waterkeringen, en daarmee, van de veiligheid van het beschermde gebied. Hierbij is het gewenst dat het eigendom van de waterkeringen, indien mogelijk, door de beheerders wordt verworven en dat in bestemmingsplannen aan de door een waterkering annex beheerszones ingenomen terreinstrook de primaire bestemming 'waterstaatkundige doeleinden' of 'waterkering' wordt gegeven. Secundaire bestemmingen die niet strijdig zijn met het waterkeringsbelang, kunnen daarnaast worden toegelaten.

De T.A.W. beveelt de beheerders van waterkeringen aan zich te laten adviseren door het onder haar ressorterend Centrum voor Onder-

I Doel van de leidraad en probleemstelling

zoek Waterkeringen¹ voor alle problemen die zich met betrekking tot de aanwezigheid van vreemde objecten en constructies in, op en nabij waterkeringen voordoen.

Een bijzonder probleem is de beweiding van dijken en de invloed die dit heeft op de kwaliteit van de grasmatten. De T.A.W. verricht hier onderzoek naar.

Voorlopig wordt verwezen naar de nota 'Grasmatten op dijken' van de Cultuurtechnische Vereniging (Uitgave: Koninklijk Instituut voor Ingenieurs, 1958).

2 Uitgangspunten

2.1 Toepassing van deze leidraad op verschillende typen waterkeringen

In het onderstaande is aangegeven welke aspecten bij de verschillende typen waterkeringen bijzondere aandacht verdienen.

2.1.1 *Rivierdijken*

De bandijken langs de rivieren moeten gedurende soms lange tijd hoog water keren. Daarbij moet tevens rekening worden gehouden met ijsaanval. Een langdurige hoge rivierwaterstand zal een hogere ligging van de freatische lijn in de dijk tot gevolg hebben. Daarbij is de invloed van de grondwaterstroming op de stabiliteit van de kering aanzienlijk. Het buitenbeloop heeft in het algemeen enige golfaanval te weerstaan.

Langs een rivierdijk kunnen zodanig grote stroomsnelheden, haalgolven en windgolven optreden dat een bekleding van het buitentalud nodig is. Bij de beoordeling van vreemde objecten moet bij deze keringen vooral gelet worden op de invloed van de grondwaterstroming.

2.1.2 *Zeedijken*

Bij zeedijken heeft men te maken met hoge waterstanden welke het gevolg zijn van een combinatie van getij en opwaaiing van het water door storm.

Extreme omstandigheden treden hier gedurende enige uren op. Een zeedijk wordt in het algemeen vrij zwaar aangevallen door de golven en met een bepaalde mate van golfoverslag moet altijd rekening worden gehouden. Bij de beoordeling van vreemde objecten zal hier de nadruk op moeten worden gelegd. Bij dijken in het overgangsgebied, waar zowel met invloed van de zee als van de rivieren moet worden gerekend, kunnen de bij de rivierkeringen genoemde aspecten evenals de bij de zeedijken genoemde van invloed zijn.

2 Uitgangspunten

2.1.3 *Duinen*

Een andere categorie van keringen tegen de zee vormen de duinen. Bij deze natuurlijke elastische keringen kan een zone worden aangegeven waar, bij stormvloed, afslag kan worden verwacht. Deze zone kan worden vastgesteld aan de hand van de 'richtlijn voor de berekening van duinafslag ten gevolge van een stormvloed' van de T.A.W.

In deze zone zal in het algemeen de aanwezigheid van vreemde objecten niet worden toegestaan.

2.1.4 *Waterkeringen tegen boezem- en andere binnenwateren*

De dijken en kaden om en langs kanalen, meren, droogmakerijen en boezems vormen een groep van waterkeringen die in de meeste gevallen bedoeld zijn water met een permanente hoge stand te keren en die vaak van geringe afmetingen zijn. Er is, afgezien van haalgolven tengevolge van de scheepvaart, weinig golfaanval op deze keringen. Een uitzondering hierop vormen de meerdijken, waar rekening moet worden gehouden met dikwijls aanzienlijke golfaanval en hoge waterstanden, die het gevolg zijn van opwaaiing van het water door stormen (bijvoorbeeld de dijken langs het IJsselmeer). De kwel kan bij deze waterkeringen vaak een grote rol spelen. Bij de beoordeling van vreemde objecten moet vanzelfsprekend hierop vooral worden gelet.

2.1.5 *Tweede waterkeringen*

In de loop der tijden is in Nederland op vele plaatsen achter de hoofdwaterkeringen een stelsel van 'tweede waterkeringen' ontstaan.

Deze tweede waterkeringen hebben voornamelijk tot doel bij doorbraak van de hoofdwaterkering de geïnundeerde oppervlakte te beperken. De druk om vreemde objecten toe te laten of te handhaven is hier veel groter dan bij de hoofdwaterkeringen. De toestand

2 Uitgangspunten

waarin de tweede waterkeringen meestal droge dijken zich bevinden, is dikwijls vrij moeilijk te controleren vanwege het voorkomen van vaak veel bebouwing.

De afweging van belangen is hier veel moeilijker; voor een gedetailleerd overzicht wordt verwezen naar de nota 'Tweede Waterkeringen' van de T.A.W.

Hierin wordt ten aanzien van tweede waterkeringen opgemerkt: 'het is wenselijk dat binnen de hoofdwaterkeringen nog alle maatregelen ter vergroting van de veiligheid worden genomen die zonder al te grote financiële opofferingen mogelijk zijn'.

Wel kan worden gesteld dat, wanneer de tweede kering moet functioneren, in principe dezelfde eisen aan de vreemde objecten moeten worden gesteld als bij de hoofdwaterkeringen. De kans dat een tweede kering moet functioneren, is echter klein, zodat men eerder geneigd zal zijn vreemde objecten te accepteren.

2.1.6 Samenvatting

Deze nota geldt in principe voor alle categorieën waterkeringen. Wanneer uitzonderingen moeten worden gemaakt, zal op de desbetreffende plaatsen daarop worden ingegaan.

Wat betreft tweede waterkeringen zal de gedachtengang die in de nota 'Tweede waterkeringen' is verwoord, moeten worden aangehouden. De in deze nota aangegeven nadelen zullen moeten worden afgewogen tegen de offers die bij het nemen van maatregelen moeten worden gebracht.

2.2 Veiligheidsnormen

2.2.1 Algemeen

Het uitgangspunt voor de beveiliging van de lage gebieden langs zeedijken, rivierdijken en boezemkaden is de eis dat de waterkeringen de maatgevende omstandigheden, die bij voorkeur op grond van een frequentiebeschouwing worden vastgesteld, moeten kunnen

2 Uitgangspunten

weerstaan. De waterkeringen worden op basis van dit uitgangspunt verbeterd en onderhouden.

Er moet echter ook rekening worden gehouden met het feit dat reeds bij lagere waterstanden dan de maatgevende, een calamiteit niet uitgesloten is.

Zo'n calamiteit bij de dijken en kaden zou het gevolg kunnen zijn van plaatselijk stabiliteitsverlies door grondmechanische oorzaken die niet voldoende zijn onderkend. Dit geldt vooral bij constructies en vreemde objecten. Bij constructies en vreemde objecten in dijken en kaden is de situatie soms zo gecompliceerd dat de kans groot is dat bepaalde factoren niet juist worden geëvalueerd.

Dit betekent dat het risico van inundatie, ook na voltooiing van de nu in vele gebieden in uitvoering zijnde dijkverbeteringen, groter zal zijn dan de voor de desbetreffende gebieden aanvaarde kans dat een maatgevende waterstand wordt overschreden. Om de huidige dijk- en kadeverbeteringen zinvol te doen zijn, dient het bijkomende risico klein te zijn ten opzichte van de kans op overschrijding van de maatgevende waterstand.

2.2.2 Onzekerheden

De onzekerheden in de sterkteberekening van de constructie kunnen globaal in twee groepen worden gesplitst.

a Onzekerheden in de belastingen en in het rekentechnische gedeelte van de berekeningen:

1 De in 2.3.9 genoemde grondmechanische materiaalfactoren geven geen grenswaarden, doch houden een kleine overschrijdingskans in.

2 Voor de bij de berekeningen gebruikte waterstanden welke moeten kunnen worden gekeerd is reeds een overschrijdingskans gekozen en deze waterstanden dienen derhalve bij de berekening als uitgangspunt te worden genomen.

3 De schematisering ten behoeve van de berekening van de constructie en de belastingen brengt onzekerheden met zich mee.

2 Uitgangspunten

b Spreiding in de materiaalsterkte van de constructie:

1 In de verschillende voorschriften is de spreiding in de sterkte-eigenschappen van de materialen (beton, staal, hout) waaruit de constructie is opgebouwd bij de bepaling van de toelaatbare spanningen in zekere zin verwerkt.

Van een grenswaarde kan echter niet worden gesproken.

2 Verborgen materiaalgebreken en materiaalveroudering kunnen de sterkte beïnvloeden. Maatafwijkingen en, niet te vergeten het verschil tussen een standaardproef onder genormaliseerde belastingaannamen en het werkelijke gedrag van het materiaal, zijn onzekerheden waarmee rekening moet worden gehouden.

2.2.3 *Conclusies*

1 Erkenning van het feit dat ook bij de gebruikelijke veiligheden de kans op een calamiteit niet is uitgesloten, vraagt in principe om een statistische aanpak van het veiligheidsprobleem, waarbij deze kans als maatstaf voor de veiligheid wordt gehanteerd. Daarbij dienen de gevolgen van het ontstaan van een calamiteit te worden afgewogen tegen de maatregelen die de kans daarop verkleinen. Bij het bestuderen van detailproblemen betreffende de veiligheid van constructies in waterkeringen stuit men echter op vele moeilijkheden. Dit is vooral een gevolg van het ontbreken van voldoende gegevens over de grootheden die bij het veiligheidsprobleem een rol spelen. De in deze leidraad behandelde constructies worden als regel hoofdzakelijk belast door water- en gronddrukken. De waterdrukken, welke bij de berekening van de constructies in het algemeen een belangrijke invloed hebben, worden bepaald door de hoogte van het te keren water. Ten aanzien hiervan wordt een maatgevende waterstand opgegeven — het ontwerppeil — die bij een bepaalde aanvaarde overschrijdingskans behoort. Bij de bepaling van het ontwerppeil is reeds rekening gehouden met het belang van het beschermde gebied. Een kwantitatieve beschouwing over alle in 2.2.2 genoemde onzekerheden kan echter niet worden gegeven. Wel kan worden gesteld dat bij de berekening van onderdelen van constructies die bij bezwijken tot schade aan of doorbraak

2 Uitgangspunten

van de waterkering kunnen leiden, de consequenties hiervan dienen te worden betrokken (1).

2 In principe dienen voor de onzekerheden in de materiaaleigenschappen en voor de onzekerheden in de verschillende belastingen afzonderlijke 'onzekerheidsfactoren' te worden toegepast.

Er zijn echter niet voldoende gegevens beschikbaar voor een kwantitatieve benadering van het totaalrisico. Voorshands wordt daarom aanbevolen berekeningen uit te voeren volgens de in de voorschriften (T.G.B., v.B.) aangegeven methode.

Voor belastingen van grondmechanische aard is in deze voorschriften nog geen richtlijn gegeven.

Daarom is in 2.3.9 aangegeven op welke wijze belastingen van grondmechanische aard in de sterkte- en stabiliteitsberekeningen kunnen worden verwerkt.

Daarbij is ervan uitgegaan, dat de belasting, de sterkte en de stabiliteit van een constructie aan het toeval onderhevig zijn; het zijn 'stochastische grootheden', die een statistische verdeling vertonen. Een praktisch bezwaar is echter, dat zeldzaam voorkomende belastingen een ander karakter hebben dan de normale. Daarom moet voor een reële schatting van de kans op bezwijken ook rekening worden gehouden met bijvoorbeeld grove constructiefouten, explosie en aanvaringen.

2.3 Grondmechanische aspecten

2.3.1 Inleiding

Hieronder volgt een opsomming van een aantal belangrijke aspecten die bij een grondmechanisch onderzoek ten behoeve van de fundering en de sterkteberekening van constructies in een waterkering van belang kunnen zijn.

Bij het grondonderzoek dat wordt uitgevoerd ten behoeve van de fundering en de sterkteberekening van constructies in een waterkering moet ook rekening worden gehouden met de invloed van

2 Uitgangspunten

zulke constructies op de stabiliteit van de waterkering als geheel. Een zodanig onderzoek moet worden uitgevoerd onder leiding van ervaren gekwalificeerde grondmechanica-deskundigen.

2.3.2 *Omvang grondonderzoek in situ en in het laboratorium*

In het algemeen kan het grondonderzoek omvatten:

IN SITU:

- boringen met ongeroerde monsters van een zodanige kwaliteit dat een betrouwbaar beeld wordt verkregen van de samenstelling en de gelaagdheid van de grondslag en de bestaande dijk.

Voor het onderzoek van monsters in het laboratorium verdient het uitvoeren van continuboringen met een monsterdoorsnede van tenminste 50 mm de voorkeur.

- sonderingen met een mechanische mantel- of kleefmantelconus of met een elektrische kleefmantelconus.

In die gevallen waarbij de kwaliteit van de grond slecht is, verdient het aanbeveling gebruik te maken van gevoelige opnemers zodat ook over de weinig draagkrachtige lagen nog betrouwbare meetgegevens worden verkregen.

- dichtheidsmetingen met gebruik van elektrische of radioactieve methoden bij aanwezigheid van zandlagen in de grondslag van de dijk. Dit is belangrijk in die gevallen dat dichtbij de kering verdiepingen kunnen ontstaan die een zogenaamde zettingsvloeiing ten gevolge kunnen hebben (Los gepakt zand met een dichtheid beneden de zogenaamde kritieke dichtheid).

- pompproeven in verband met de vaststelling van de benodigde bronbemaling en de invloed hiervan op de omgeving.

IN HET LABORATORIUM:

- triaxiaal- en/of celproeven op ongeroerde monsters voor de vaststelling van de schuifweerstandseigenschappen van de verschillende bodemlagen.

- kritieke dichtheidsproeven op zandmonsters uit de grondslag

2 Uitgangspunten

in verband met de bepaling van de zettingsvloeiingsgevoeligheid van eventueel in de bodem aanwezige zandlagen. Deze zettingsvloeiingen of 'oevervallen' kunnen bijvoorbeeld worden veroorzaakt door het optreden van verdiepingen voor de dijk (bijvoorbeeld ten gevolge van erosie of baggerwerkzaamheden).

- samendrukkingsproeven op ongeroerde grondmonsters, waarbij ook het zogenaamde 'seculaire' zettingsproces dient te worden gemeten. Dit seculaire zettingsproces kan van zodanig belang zijn voor de beoordeling van de veiligheid van de waterkering dat het aanbeveling kan verdienen nauwkeurige zakkingsmetingen van de waterkering uit te voeren voordat met de uitvoering van de constructie wordt begonnen.

- doorlatendheidsmetingen op ongeroerde en geroerde monsters, zowel in verticale als in horizontale richting. Het onderzoek op geroerde monsters dient gericht te zijn op de verkrijging van gegevens over de doorlatendheid van aanvulgrond e.d.

De omvang van het grondonderzoek kan niet nader worden omschreven. Het is vanzelfsprekend in hoge mate afhankelijk van de volgende factoren:

- de aard van de constructie en de mate waarin deze een gevaar voor de stabiliteit van de waterkering vormt, zowel tijdens de uitvoering als daarna;
- de omvang van de tewegg te brengen verstoring van het dijkprofiel in langs- en in dwarsrichting;
- de mate van inhomogeniteit van de grondslag.

In het algemeen is het nodig het grondonderzoek ruimer op te zetten dan alleen voor de fundering van de constructie noodzakelijk is. Hierbij moet rekening worden gehouden met het gehele beïnvloedingsgebied in het stadium van de uitvoering. Met name bij toepassing van een bronbemaling kan dit beïnvloedingsgebied uitgestrekt zijn en moet het gevaar voor het afnemen van de veiligheid van de waterkering in deze zone zorgvuldig worden bestudeerd. Zo kan het noodzakelijk zijn dat ter plaatse van reeds aanwezige

2 Uitgangspunten

constructies nog een aanvullend grondonderzoek wordt uitgevoerd.

2.3.3 Constructie op staal

Bij op staal gefundeerde constructies is de stabiliteit van de constructie afhankelijk van de schuifweerstandseigenschappen van de grond onder de fundering en van de schuifkracht die in het scheidingsvlak tussen fundering en grond kan worden opgenomen.

In het algemeen zal de vormgeving van de onderkant van de fundering wel zodanig zijn dat een eventueel stabiliteitsverlies zal optreden langs een glijvlak door de grondslag.

De schuifweerstand τ_f van grond wordt bepaald door de hoek van inwendige wrijving ϕ en de cohesie c van de grond.

Het verband tussen deze grootheden wordt beschreven door de vergelijking van Coulomb:

$$\tau_f = c + \sigma_n \operatorname{tg} \phi$$

waarin σ_n de gronddruk is loodrecht op het schuifvlak.

Bij de berekening van de stabiliteit van de constructie dient bij voorkeur gebruik te worden gemaakt van de plasticiteitstheorie. In dit verband kunnen ook de methoden van BRINCH HANSEN en van MEIJERHOFF worden toegepast voor de berekening van het draagvermogen van op staal gefundeerde constructies waarop verticale en horizontale belastingen werken. Het mogelijke bezwijkgeval langs het scheidingsvlak tussen fundering en grondslag dient afzonderlijk te worden getoetst.

Vanzelfsprekend moet bij deze berekening rekening worden gehouden met de te verwachten ongunstigste waterspanningen in de grondslag. In verband met de aanwezige spreiding binnen de verschillende grondeigenschappen en eventuele onnauwkeurigheden in de bepaling hiervan, moeten zogenaamde materiaalfactoren γ_m worden toegepast op de in het laboratorium bepaalde waarden van

2 Uitgangspunten

c en $\tan \phi$ (zie 2.3.9).

2.3.4 Constructie op palen

Bij op palen gefundeerde constructies wordt de stabiliteit bepaald door het draagvermogen van de palen of paaljukken. Bij de berekening van het draagvermogen moet behalve met het gewicht van het bouwwerk inclusief bovenbelasting door grondbelasting en verkeer, rekening worden gehouden met drukken die rechtstreeks door de grond op de palen worden uitgeoefend, zoals negatieve kleef en horizontale gronddrukken.

Voor de berekening van het draagvermogen van de palen moet gebruik worden gemaakt van de resultaten van sonderingen. Hierbij dient met de volgende factoren rekening te worden gehouden:

a de invloed op de gemeten sondeerwaarden van de belastingvermindering van de grondslag als gevolg van een eventuele ontgraving. Hierbij moet in het algemeen worden gerekend met een lineair van de korrelspanningen afhankelijke conus- en plaatselijke wrijvingsweerstand.

Bij de berekening van de grootte van de negatieve kleef mag echter niet met de hieruit resulterende verminderde kleef worden gerekend;

b de vorm van de bij de sonderingen toegepaste conus.

De vorm is van invloed op de gemeten sondeerweerstand. Dit geldt ook voor de toegepaste werkwijze bij het sonderen;

c mogelijke afwijkingen van de verticaliteit van de sonderingen. Dit aspect is vooral van belang bij een diepe ligging van de draagkrachtige laag. In zulk een geval verdient het aanbeveling een aantal sonderingen uit te voeren met een elektrische conus met een ingebouwde hellingmeter.

In het algemeen moet het aantal sonderingen zodanig zijn dat een betrouwbare indruk wordt verkregen van de spreiding in het op basis van de sondeerresultaten berekende draagvermogen van de palen.

Bij de keuze van de paalpuntdiepten dient met deze spreiding reke-

2 Uitgangspunten

ning te worden gehouden. In het algemeen is het dan niet nodig op de sondeerresultaten nog een materiaalfactor γ_m toe te passen.

De berekening van de draagkracht van de palen kan worden uitgevoerd met de in Nederland gebruikelijke methode van het Laboratorium voor Grondmechanica (2). Hierbij worden de sondeerwaarden door middel van 'modelregels' tot paalweerstand getransformeerd. Voor de schatting van de maximale negatieve kleeft kan gebruik worden gemaakt van de gesommeerde plaatselijke wrijvingsweerstand uit de sonderingen over het deel van de paalschacht waarlangs de grond zich ten opzichte van de paal in neerwaartse richting beweegt. Hierbij worden van het paaltype afhankelijke omrekeningsfactoren toegepast op overeenkomstige wijze als bij de trekpaalberekening volgens de methode BEGEMANN (2). Op de op deze wijze gevonden waarde mag een reductie van 0,25 worden toegepast. Vanzelfsprekend dient bij deze analyse rekening te worden gehouden met andere randvoorwaarden, zoals de geometrie van de paalfundering en de te verwachten zettingen na het installeren van de palen. De eventuele horizontale gronddruk op de palen die optreedt bij een eenzijdige belasting van de grondslag naast de op palen gefundeerde constructie kan met een aanvaardbare nauwkeurigheid worden berekend met de 'elastische' berekeningsmethode van het Laboratorium voor Grondmechanica. De hiervoor benodigde 'elastische' eigenschappen van de grond kunnen worden ontleend aan gegevens uit de literatuur of kunnen door middel van speciale triaxiaalproeven op ongeroerde monsters worden bepaald.

2.3.5 Berekening grond- en waterdrukken op de zijwanden van de constructie

Bij de sterkteberekening van de verschillende constructie-onderdelen dient rekening te worden gehouden met de te verwachten meest ongunstige water- en gronddrukken. Voor 'stijve' grondkerende wanden moet worden gerekend met de zogenaamde 'neu-

2 Uitgangspunten

trale' gronddruk; voor de berekening van een vloerconstructie kan het moment uit de gronddruk op de wanden ontlastend werken en er dient dan ook in dit geval te worden gerekend met de 'neutrale' gronddruk gedeeld door de desbetreffende materiaalfactor (zie 2.3.9). In het laatste geval moet als regel tevens worden gerekend met een omlaaggerichte wrijvingskracht in het vlak van de wand en de aanvullingsgrond. De coëfficiënt voor 'neutrale' gronddruk is sterk afhankelijk van de gevolgde werkwijze bij de aanvullingen en bij het verdichten van de aanvullingsgrond. Aanbevolen wordt een coëfficiënt $\lambda_\eta = 1$ aan te houden, tenzij kan worden aangetoond dat λ_η een kleinere waarde heeft. Bij 'slappe' grondkerende constructies kan worden gerekend met de zogenaamde 'actieve gronddruk'.

Voor de berekening van damwandconstructies kan gebruik worden gemaakt van de methoden van BLUM en BRINCH HANSEN.

2.3.6 Berekening zettingen

Voor de berekening van de zettingen van de constructie in de waterkering en van de waterkering zelf kan gebruik worden gemaakt van de gecombineerde formule van Buisman-Koppejan:

$$w_t = \sum_{\text{lagen}} h \left(\frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_s} \log \frac{t}{t_0} \right) \ln \frac{p + \Delta p}{p}.$$

De samendrukkingsconstanten C_p en C_s worden bepaald uit de resultaten van samendrukkingsproeven op ongeroerde monsters in het laboratorium.

In de formule stelt h de dikte voor van de verschillende lagen, t de belastingstijd, t_0 de gekozen tijdseenheid, p de oorspronkelijke verticale korrelspanning in de lagen en Δp de belastingsverhoging.

Met deze formule kan ook een indruk worden verkregen van het nog te verwachten zettingsverloop van de 'ongeroerde' waterkering op lange termijn. Vooral in de periode volgend op de aanleg of de

2 Uitgangspunten

verhoging van de waterkering zullen ook waterspanningsmetingen in de ondergrond en nauwkeurige metingen van het werkelijke zettingsverloop nodig zijn. In de regel zal er ten behoeve van de bouw van een constructie in de waterkering een belastingvermindering van de grondslag optreden. Dit zal gepaard gaan met een zwelling. Door de latere aanvulling wordt deze zwelling weer teniet gedaan.

De grootte van de zwelling kan worden berekend met behulp van de zwellingsconstante A_p , die eveneens uit laboratoriumproeven kan worden bepaald.

Om de reeds eerder genoemde redenen van niet homogene eigenschappen en onnauwkeurigheden in de beproeving, is het noodzakelijk ook in dit geval op de samendrukkings- onderscheidenlijk zwellingsconstanten een materiaalfactor γ_m toe te passen (zie 2.3.9).

2.3.7 Berekening gronddrukken op de bovenzijde van de constructie

Afhankelijk van de stijfheid van de fundering van constructies die zich op enige diepte onder de kruin van de waterkering bevindt en het zettingsgedrag van de waterkering ter weerszijden van deze constructies, moeten voor de berekening van de verticale gronddrukken op de bovenzijde van de constructie factoren op het grondgewicht worden toegepast, waarvan de grootte kan worden ontleend aan de literatuur over gronddrukken op buisleidingen. In het algemeen varieert deze factor van 1,0 voor het geval dat constructie en waterkering evenveel zakken, tot $1 + 0,3 \frac{H}{B}$ als de constructie minder zakt dan de omgevende waterkering, waarbij H de gronddekking is en B de breedte van het kunstwerk. Het laatste is vrijwel altijd het geval indien de constructie op palen is gefundeerd.

Bovendien dient op het grondgewicht ook nog een factor γ_m te worden toegepast in verband met de onzekerheid met betrekking tot de aard en de dichtheid van het aanvullingsmateriaal.

2 Uitgangspunten

2.3.8 Berekening langskrachten

Een constructie die zich op enige diepte beneden de kruin van de waterkering bevindt, zal in het algemeen zijn onderworpen aan langskrachten.

Als er in langsrichting geen trekkrachten kunnen worden opgenomen dan dienen er waterdichte dilatatievoegen aanwezig te zijn. Zijn er geen dilatatievoegen aanwezig dan moet de sterkte in langsrichting zodanig zijn dat de optredende trekkrachten kunnen worden opgenomen. Deze trekkrachten kunnen worden berekend uit een spanningsberekening waarbij er van uit moet worden gegaan dat geen vervormingen in het dijklichaam ter plaatse van de bovenzijde van de constructie kunnen optreden.

2.3.9 Veiligheid (I)

I ONZEKERHEDEN

In het algemeen hebben de grondmechanische berekeningen betrekking op de volgende 2 aspecten:

a Sterkte- en stijfheidsberekening;

het vaststellen van de uitwendige belastingen van de grond op de constructie ten behoeve van de sterkteberekening van de constructie.

b Stabiliteitsberekening;

het vaststellen van de uitwendige belastingen van de grond op de constructie en van het draagvermogen en het vormveranderingsgedrag van de grondslag onder de op de fundering werkende belastingen.

Ad a

De uitwendige belastingen van de grond komen bij de hier in behandeling zijnde constructies meestal voort uit grondaanvullingen en grondophogingen. De eigenschappen hiervan zullen in de ontwerpfase op oordeelkundige wijze moeten worden aangenomen.

2 Uitgangspunten

Als regel gaat het hierbij vooral om de hoek van inwendige wrijving ϕ , de cohesie c en de dichtheid ρ van de aanvullings-, c.q. ophogingsgrond.

De uitvoering kan echter ook in hoge mate bepalend zijn. Ten behoeve van het ontwerp moeten daarom criteria worden opgesteld waaraan de aanvulling of ophoging na de uitvoering van het werk moet voldoen. In verband met de keuze van het aanvul- c.q. ophoogmateriaal en de uitvoeringstechniek verdient het aanbeveling laboratoriumonderzoek te verrichten zoals korrelverdelingsbepalingen, maximum en minimum dichtheidsbepalingen, Proctorproeven e.d. Na de uitvoering dient de kwaliteit van het werk te worden getoetst aan de gestelde criteria.

In bepaalde gevallen kan het nodig zijn de uitvoering door middel van metingen van essentiële grootheden te begeleiden. Gedacht wordt hierbij aan de grondaanvulling bij wanden van sluizen, tunnels, kokers e.d. in verband met de optredende gronddrukken op deze constructies.

Ad b

Ten aanzien van de uitwendige belastingen van de grond gelden in principe dezelfde opmerkingen als voor a). Meestal wordt de constructie gedragen door de ongeroerde grondslag.

Ten behoeve van de berekening van draagvermogen en vormveranderingsgedrag van de fundering worden daarom de resultaten gebruikt van het grondonderzoek in het terrein en in het laboratorium. De mate van betrouwbaarheid van deze resultaten hangt af van een aantal factoren waarvan de belangrijkste zijn:

- het aantal herhalingen van de proeven (m.a.w. de uitgebreidheid van het grondonderzoek);
- de nauwkeurigheid van de proeven;
- de mate van ongeroerdheid van de ‘ongeroorde’ grondmonsters;
- de mate van homogeniteit van de betreffende grondlaag.

2 Uitgangspunten

Tevens moet rekening worden gehouden met de onzekerheden die verband houden met de voor de berekening toegepaste schematisaties van randvoorwaarden en mechanisch gedrag, waardoor er een afwijking zal optreden tussen het berekende resultaat en de werkelijkheid. Vanzelfsprekend dient de schematisering van de rekenproblemen zodanig te worden opgezet dat veilige uitkomsten kunnen worden verwacht. Volledige zekerheid daarover bestaat echter niet.

Met de hiervoor vermelde 'onzekerheden' wordt in de ontwerpfaserekening rekening gehouden door toepassing van factoren. Over het algemeen worden deze factoren betrokken op:

- de materiaaleigenschappen (in dit geval dus de grondeigenschappen), door het invoeren van materiaalfactoren γ_m ;
- de belastingen en wel bij voorkeur op de belastingscomponenten die de meeste onzekerheid in zich bergen of die een grote invloed hebben op de uitkomst van de stabiliteits- c.q. verplaatsingsberekening van de constructie, door het invoeren van belastingsfactoren γ_b .

2 MATERIAALFACTOREN

De materiaalfactoren γ_m geven de verwachte spreiding aan van de gemiddelde grondeigenschappen in een bepaalde grondlaag, waarmee ter verkrijging van een hoge mate van betrouwbaarheid in de berekeningen rekening moet worden gehouden. Deze materiaalfactoren zijn afhankelijk van de uitgebreidheid van het grondonderzoek. De kans dat de gemiddelde waarde van één van de eigenschappen, die uit véél proeven is bepaald, overeenkomt met de werkelijke gemiddelde waarde van die eigenschap is immers groter dan bij één proefresultaat.

De in de volgende tabel gegeven materiaalfactoren kunnen worden toegepast op de uit het grondonderzoek bepaalde gemiddelde grondeigenschappen van de verschillende grondlagen als deze gemiddelden zijn gebaseerd op proeven op tenminste 2 monsters uit de

2 Uitgangspunten

betreffende laag. De aldus verkregen waarden voor de materiaaleigenschappen worden aangeduid als karakteristieke waarden. De materiaalfactoren γ_m zijn zodanig gekozen dat er een tweezijdige overschrijdingskans resteert van 5%.

grondeigenschap	γ_m
hoek van inwendige wrijving $\tan \phi$	I,2
hoek van uitwendige wrijving $\tan \psi$	I,2
cohesie: c	I,5
samendrukkingsconstanten: C_p en C_s	I,5
zwellingsconstante: A_p	I,5
dichtheid van de aanvullingsgrond: ρ	I,1
dichtheid van de natuurlijke grondslag: ρ	I,05

Voor de controle van de aanvullings- of ophogingsgrond betekent dit dat de gevonden gemiddelde waarde uit de steekproef in situ als regel een factor γ_m gunstiger dient te zijn dan de bij de berekening van de constructie aangenomen waarde.

Indien belastingen op de constructie afkomstig zijn van de ongeoorde grond dan dienen de relevante gemiddelde grondeigenschappen met de betreffende materiaalfactoren te worden vermenigvuldigd dan wel er door te worden gedeeld ten einde tot de meest ongunstige belastingscombinaties voor de sterkte en de stabiliteit van de constructie te geraken. In de draagkrachtberekeningen van de fundering moeten als regel karakteristieke waarden voor de grondeigenschappen worden toegepast die worden gevonden door de gemeten gemiddelde grondeigenschappen door de betreffende materiaalfactoren te delen.

Bij de berekening van de verplaatsingen zijn voor de sterkte van de constructie de te verwachten maximale verplaatsingsverschillen, zowel in horizontale als in verticale richting, van belang. Het is duidelijk dat in dit verband de samendrukkingsconstanten bij be-

2 Uitgangspunten

paalde constructiegedeelten met de betreffende materiaalfactor moeten worden vermenigvuldigd; bij andere constructiegedeelten moeten de samendrukkingsconstanten door de materiaalfactoren worden gedeeld. De materiaalfactoren moeten zo worden toegepast dat de meest ongunstige toestand wordt bereikt.

3 BELASTINGSFACTOREN

De coëfficiënt waarmee de uitwendige belastingen op de constructie in verband met de resterende onzekerheden moeten worden vermenigvuldigd, wordt aangeduid als de belastingsfactor γ_b .

De in deze leidraad behandelde constructies worden als regel hoofdzakelijk belast door water- en gronddrukken. De waterdrukken worden bepaald door de hoogte van het te keren water. (In sommige gevallen kan de golfaanval ook nog een rol spelen). Ten aanzien hiervan wordt een maatgevende waterstand opgegeven — het ontwerppeil — die bij een bepaalde aanvaarde overschrijdingskans hoort. De belastingstoestand die bij dit ontwerppeil hoort, zal als regel de maximale belasting zijn, waaraan de constructie weerstand moet bieden. In de T.G.B. en de V.B. wordt de zogenaamde karakteristieke belasting Q_k gebruikt. Dit is de belasting die in 5% van alle belastingsgevallen wordt overschreden.

De maximale belasting $Q_{\max}$ door de waterdrukken wordt echter beschouwd als een zgn. vaste belasting, die niet aan een spreiding onderhevig is. Voor de belastingen door de grond dient wel met een bepaalde mate van onzekerheid te worden gerekend. Daar wordt dus wel het begrip karakteristieke belasting gebruikt door middel van invoering van de materiaalfactoren (zie tabel blz. 28).

4 STABILITEIT

Voor de berekening van de stabiliteit van de constructie, in casu de weerstand die door de constructie tegen de erop uitgeoefende belastingen kan worden geleverd, moet gebruik worden gemaakt van de karakteristieke waarden van de materiaaleigenschappen.

2 Uitgangspunten

Hieruit volgt dan de karakteristieke weerstand van de constructie S_k . Vanzelfsprekend dient bij deze berekening de maatgevende belastingscombinatie als uitgangspunt te worden gebruikt.

Zo is bijvoorbeeld in het geval van afschuiving van de constructie op de grondslag de karakteristieke weerstand de horizontale belasting die kan worden opgenomen bij de karakteristieke waarden voor de grondeigenschappen en de karakteristieke verticale belasting. Voor de bepaling van de veiligheid wordt de karakteristieke sterkte S_k vergeleken met de karakteristieke belastingen. Voor waterdrukken is dit dan de belasting bij ontwerppeil $Q_{\max}$. Voor andere belastingen de karakteristieke belasting Q_k .

$$\gamma_b = \frac{S_k}{Q_k \text{ of } Q_{\max}}.$$

Teneinde de kans op stabiliteitsverlies op een aanvaardbare waarde te brengen, kan voor γ_b worden aangehouden:

$$\gamma_b \geq 1,5.$$

5 STERKTE

Voor de berekening van de sterkte van de beton- of staalconstructie, in casu de belasting die door de constructie kan worden opgenomen, moet gebruik worden gemaakt van de karakteristieke waarden van de belastingen Q_k en de karakteristieke sterkte S_k van de constructie. Bij de beoordeling van de veiligheid van de constructie wordt de karakteristieke sterkte S_k vergeleken met de karakteristieke belastingen Q_k . Voor waterdrukken de belasting bij ontwerppeil $Q_{\max}$.

$$\gamma_b = \frac{S_k}{Q_k \text{ of } Q_{\max}}.$$

Teneinde de kans op bezwijken van de constructie of onderdelen van de constructie op een aanvaardbare waarde te brengen, kan voor γ_b worden aangehouden:

2 Uitgangspunten

volgens T.G.B. staal; $\gamma_b \geq 1,5$

volgens V.B. beton; $\gamma_b \geq 1,7$.

2.4 Onder- en achterloopsheid

2.4.1 Inleiding

In het algemeen komt bij alle waterkerende constructies onder invloed van de optredende verhangen enige kwel voor.

Als gevolg van de in een waterkering aanwezige constructies kan deze toestand in ongunstige zin worden beïnvloed door het optreden van de zogenaamde onder- en achterloopsheid.

Deze verschijnselen houden verband met het verschil in deformatiegedrag tussen de relatief stijve en meestal goed gefundeerde constructie en de eigenlijke waterkering, waardoor ruimten onder en langs de constructie kunnen ontstaan, die als het ware een kortsluiting gaan vormen tussen de waterniveaus ter weerszijden van de waterkering.

Door de daarbij optredende grote stroomsnelheden van het water zullen gronddeeltjes onder bepaalde omstandigheden worden meegevoerd, waardoor het proces zodanig kan worden versneld dat spoedig een ontoelaatbare toestand ontstaat met betrekking tot de stabiliteit van het element en de waterkerende functie van de kering als geheel. Het is dus noodzakelijk zodanige maatregelen te treffen dat de verschijnselen van onder- en achterloopsheid niet zullen kunnen optreden.

Dit geldt in het bijzonder voor constructies die zich over het hele dwarsprofiel van de waterkering uitstrekken.

Het is echter ook noodzakelijk het gevaar voor onder- en achterloopsheid te bestuderen voor constructies die slechts een gedeelte van het dwarsprofiel van de waterkering vervangen.

In het algemeen omvatten de maatregelen tegen onder- en achterloopsheid het aanbrengen van damwandschermen aan de onderzijde van de constructie en aan de beide zijkanten. Deze schermen moeten een blijvend goed waterdichte aansluiting hebben met de constructie.

2 Uitgangspunten

Zo mogelijk, zullen deze schermen moeten reiken tot in een grondlaag met een zeer geringe doorlatendheid. Voorts moeten de schermen aan de bovenzijde ten minste reiken tot aan het ontwerppeil. De schermen moeten in ieder geval een zodanige lengte hebben dat de weerstand tegen kwel voldoende is om interne erosie met een voldoende mate van zekerheid te voorkomen. In principe moet bij de bepaling van de benodigde lengte van de schermen worden uitgegaan van de ongunstigst mogelijke toestand met betrekking tot het optreden van kieren en/of gapingen tussen de constructie en de grond. Voor de doorlatendheid van de aanvullingsgrond ter weerszijden van de constructie dient de grootst mogelijke waarde te worden aangehouden.

2.4.2 Berekening van de lengte van de schermen

Zoals reeds is opgemerkt, dienen de kwelschermen om erosie door kwel te voorkomen. Deze erosie wordt veroorzaakt door de stroming van het grondwater. Ze zal dus afhankelijk zijn van het optredende verhang, de doorlatendheid van de grond, de korrelafmetingen en van de in de grond aanwezige 'cohesie' tussen de korrels. Uit proeven is gebleken dat interne erosie bij horizontale stroming eerder optreedt dan bij verticale.

Door de wet van Darcy:

$$q = k \cdot i$$

wordt de grondwaterstroming gekarakteriseerd, althans in het gebied van de lage Reynolds-getallen (laminare stroming).

Hierin is q het debiet per eenheid per oppervlak, k de doorlatendheid van de bodem en i het verhang.

Deze formule kan met goede benadering ook worden geschreven in de volgende vorm:

$$v = \alpha \cdot k \cdot \frac{H}{L}$$

2 Uitgangspunten

waarin: v = de werkelijke stroomsnelheid in de capillairen tussen de gronddeeltjes

k = de doorlatendheid van de grond

H = het verschil in waterstand ter weerszijden van de waterkering

L = de kwelweglengte

α = een coëfficiënt die met de wijde van de capillairen verband houdt.

Hieruit volgt:

$$L = \frac{\alpha \cdot k \cdot H}{v}$$

of wel:

$$L = c_w \cdot H.$$

Tot nu toe is er weinig directe informatie voorhanden over de werkelijke kritieke waarden van het verhang waarbij interne erosie kan optreden. Uit een analyse van een groot aantal uiteenlopende constructies werd geconcludeerd dat voor de verschillende cohesie-loze grondsoorten een kritische toestand zou kunnen worden bereikt als de coëfficiënt c_w daalt beneden de volgende waarden (3).

grondsoort	c_w
zeer fijn zand	8,5
fijn zand	7
middelfijn zand	6
grof zand	5
grind en steenstukken	4 – 2,5

Bij de vaststelling van de kwellengte L volgens bovenstaande tabel mogen de horizontale gedeelten maar voor $\frac{1}{3}$ deel mee worden gerekend.

2 Uitgangspunten

Hieruit volgt dus voor L :

$$L = \Sigma L_v + \frac{1}{3} \Sigma L_h$$

waarin: L_v de lengte voorstelt van de verticale kwelgedeelten
 L_h de lengte van de horizontale kwelgedeelten.

Als kwelweg kan in het algemeen de bovenste begrenzing van het stroomlijnenpatroon worden gekozen (d.i. dus de stroomlijn die direct langs en onder de constructie en de kwelschermen loopt). Bij de vaststelling van de kwellengte L moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid van een kortgesloten kwelweg, zoals bij twee of meer damwanden op korte afstand van elkaar en van het optreden van gapingen, zoals bij een constructie op palen direct onder de vloer is te verwachten. In het laatste geval dient over dit gedeelte met $L_h = 0$ te worden gerekend.

Vanzelfsprekend kunnen ook meer theoretische methoden van berekening (bijvoorbeeld vierkantennetten, numerieke berekeningen en analoge modellen) worden toegepast.

2.4.3 *Berekening van de stabiliteit van de constructie*

Door middel van de bepaling van het verloop van de verhanglijn kunnen de waterdrukken worden bepaald die tegen alle onderdelen van de constructie, zoals vloerconstructies, bodemafluitingen, damwandschermen, werkzaam zijn. Ook hierbij is rekening te houden met mogelijke ongunstige omstandigheden. Nagegaan dient te worden of deze drukken door elk van de onderdelen voldoende kunnen worden opgenomen en er geen gevaar voor grondbreuk, opbarstingen e.d. aanwezig is. Bij zulke berekeningen moet in het algemeen de veiligheidscoëfficiënt niet lager worden gesteld dan 1,5.

Met name het verhang aan de benedenstroomse zijde van het kunstwerk is van belang in verband met het verschijnsel van grondbreuk en de vermindering van de korreldrukken.

2 Uitgangspunten

Tengevolge van de vermindering van de korreldruk kan reeds bij kleine verhangen stabiliteitsverlies optreden.

Het kan dan nodig zijn een bodemverzwaring met een tussenlaag van geselecteerd filtermateriaal aan te brengen.

2.5 Veiligheidsaspecten van beweegbare onderdelen van open sluizen

Er kan onderscheid worden gemaakt tussen:

- a keringen tegen stormvloeden (keersluizen, uitwateringssluizen, schutsluizen);
- b keringen tegen hoge rivierstanden (keersluizen, uitwateringssluizen, schutsluizen);
- c keringen tegen permanent hoge waterstanden (schutsluizen, stroomsluizen).

Het onderscheid tussen a en b is gelegen in de tijdsduur tussen voor-spelling en optreden, variërend tussen enkele uren en enige dagen.

Afzonderlijk worden in beschouwing genomen:

- 1 Betrouwbaarheid in gesloten toestand;
- 2 Bedrijfszekerheid van de sluitingsoperatie.

Ad 1

De betrouwbaarheid in gesloten toestand is afhankelijk van:

- de constructie als zodanig;
- het gevaar van vernieling of ernstige beschadiging door invloeden van buiten (bijvoorbeeld aanvaring).

Ten aanzien van de constructie als zodanig kan worden gesteld dat het zeker mogelijk is een betrouwbaar kunstwerk te maken.

Het gevaar van aanvaring is in sterke mate afhankelijk van de situering van het kunstwerk in zijn omgeving. Er kunnen echter opvanginrichtingen worden aangebracht die een nagenoeg volledige be-

2 Uitgangspunten

scherming tegen aanvaring bieden.

Bij een enkele kering is de kans op een fatale beschadiging ten gevolge van oorlogs- of sabotagehandelingen groter dan bij een dubbele kering of een dijk.

Een en ander geldt zowel voor keringen tegen stormvloed als voor keringen tegen hoge rivierstanden.

Ad 2

De bedrijfszekerheid van de sluitingsoperatie is afhankelijk van een aantal factoren, waarvan de voornaamste zijn:

- mogelijke storingen in het sluitingsmechanisme;
- mogelijke storingen in de energielevering;
- mogelijke van buitenaf komende storingen (bijvoorbeeld gezonken schip in kunstwerk, zandafzetting op of nabij drempel);
- aanwezigheid op het beslissende tijdstip van bevoegd en deskundig personeel.

Op grond van ervaring kan het optreden van een mechanische storing, ook bij het meest zorgvuldige ontwerp, nauwgezet beheer en onderhoud, niet geheel uitgesloten worden geacht.

De energievoorziening kan door de aanwezigheid van een noodaggregaat en, in het uiterste geval, door handbediening (alleen effectief indien voldoende tijd beschikbaar is) worden gewaarborgd.

Het is moeilijk volledige zekerheid te verschaffen tegen van buitenaf komende storingen. Ook mag niet worden aangenomen dat zulke storingen steeds op zeer korte termijn (enkele uren) kunnen worden opgeheven.

Er zijn allerlei oorzaken te bedenken waardoor bevoegd en deskundig personeel op het beslissende tijdstip niet aanwezig is (ziekte, ongeval, falen van waarschuwingssysteem).

De bovenstaande overwegingen leiden tot de conclusie dat in gevallen waar een kering binnen korte tijd (enkele uren) na de alarmering moet worden gesloten, een enkele kering niet als veilig kan worden beschouwd. Het voorgaande geldt niet voor een kering die onder normale omstandigheden gesloten is. In keersluizen en

2 Uitgangspunten

uitwateringssluizen moet een in stromend water afsluitbaar keermiddel worden toegepast. Dit geldt ook voor schutsluizen gelegen in waterkeringen van laaggelegen polders.

Wanneer, zoals in het geval van een kering tegen hoge rivierwaterstanden, op een waarschuwing met een tijdsmarge van enige dagen kan worden gerekend, zou men kunnen nagaan of in gevallen waar verdubbeling bezwaarlijk is met een enkele kering zou kunnen worden volstaan. Het is dan immers waarschijnlijk dat storingen tijdig kunnen worden gesignaleerd als de kering dan ook enkele dagen van tevoren wordt gesloten, zodat gelegenheid bestaat ze op te heffen.

Wel dienen reserve-elementen voor een eventuele noodkering en materieel voor het opheffen van van buitenaf komende storingen aanwezig te zijn.

Hierbij is het echter noodzakelijk dat door frequente inspectie en beproeving de overblijvende risico's zo klein mogelijk worden gemaakt. Dit is ook van belang als oefening van het bedienende personeel.

Bij een dubbele kering, dit wil zeggen twee onafhankelijk werkende sluitingselementen achter elkaar, is de kans gering dat beide elementen door storing, hetzij in het mechanisme of van buitenaf komend, buiten werking worden gesteld. Het gevaar van het niet beschikbaar zijn van deskundig personeel voor de bediening blijft bestaan. Dit is een punt dat de bijzondere aandacht vereist van de beherende instanties.

De hoogte van de keringen zal van geval tot geval moeten worden bepaald afhankelijk van de waterstand en de golfaanval, die kunnen worden verwacht.

De belangen van het beschermde gebied moeten daarbij mede in beschouwing worden genomen. Enige wateroverslag zal, indien de constructie daarop is berekend, meestal geen bezwaar zijn.

De kerende hoogte zal in ieder geval boven het ontwerppeil of maatgevend hoogwater ter plaatse moeten liggen.

2 Uitgangspunten

Met betrekking tot keringen tegen permanent hoog water (bijvoorbeeld tussen IJsselmeer en de IJsselmeerpolders, boezemscheidingen en kanaalpandscheidingen) kan worden opgemerkt dat het aanbeveling verdient keermiddelen aan te brengen die in stromend water kunnen worden gesloten.

Opgemerkt kan worden dat er niet voldoende gegevens beschikbaar zijn voor een kwantitatieve benadering van de frequentie van storingen van verschillende aard in beweegbare keringen.

Objectieve grondslagen voor de evaluatie van de mate van veiligheid, op overeenkomstige wijze als mogelijk is voor een dijk ontbreken dientengevolge.

2.6 Bestaande voorschriften en leidraden

1 Leidraad voor constructie en beheer van gasleidingen in en nabij waterkeringen. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1973.

2 Leidraad voor constructie en beheer van vloeistofleidingen in en nabij waterkeringen. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1971.

3 Richtlijn voor de berekening van duinafslag tengevolge van een stormvloed. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1972.

4 De tweede waterkeringen in Nederland. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1973.

5 Rapport Deltacommissie, deel 1.

6 Voorschrift voor het ontwerp van stalen bruggen (v.o.s.b.). Nederlands Normalisatie Instituut, 1963.

7 Technische grondslagen voor bouwvoorschriften (t.g.b.). Nederlands Normalisatie Instituut, 1971.

8 Voorschriften beton (v.b. '74).

Nederlands Normalisatie Instituut, 1974.

9 Voorschrift voor het vervaardigen van stalen bruggen (v.v.s.b.), Ontwerpnorm, 1974.

2 Uitgangspunten

- (1) Stichting Commissie voor Uitvoering van Research (C.U.R.), rapport nr. 63, Veiligheid.
- (2) Stichting Bouwresearch, rapport nr. 50, Funderingen op palen, deel I.
- (3) LANE, E. W. — Security from underseepage; masonry walls and earth foundations. Transactions A.S.C.E., vol. 100, 1935.

3

Constructies welke een onderdeel van de waterkering vormen

3.1 Sluizen en gemalen

3.1.1 Algemeen

1 Behandeld zullen alleen worden de eisen die worden gesteld aan de constructie voor zover die voortvloeien uit de bijzondere situering in de waterkering en die dus uitgaan boven de eisen die algemeen worden gesteld aan een goede constructie.

2 De berekening van het in de waterkering gelegen gedeelte kan geschieden volgens de bekende voorschriften (zie 2.6). Hierbij dient rekening te worden gehouden met het gestelde in 2.2, 2.3 en 2.4. Punten die bijzondere aandacht verdienen zijn onder andere:

- materiaaleigenschappen zoals duurzaamheid en corrosie;
- uitvoerbaarheid;
- stabiliteit van bodem- en taludbescherming onder extreme omstandigheden;
- uitbreiding in de toekomst;
- onderhoudsmogelijkheid (gemakkelijke vervangbaarheid van onderdelen);
- bedrijfszekerheid.

3 Een constructie kan ter plaatse van de waterkering door palen worden ondersteund of op staal worden gefundeerd.

Het belangrijkste voordeel bij een fundering op palen is dat het gedrag van de constructie goed voorspelbaar is, omdat de zakkings zeer gering zijn. Het verdient daarom aanbeveling een paalfundering toe te passen in alle gevallen waarin zakkingsverschillen een belangrijke spanningsbijdrage in de constructie kunnen leveren en er grote onzekerheid bestaat over de grootte van de zakkingsverschillen.

Een nadeel bij een fundering op palen is dat de kans op ongelijke zakking van constructie en dijklichaam altijd groter is dan bij een fundering op staal (zie ook 3.1.5).

4 Bij kleine en zeer kleine kunstwerken bestaat mogelijk meer risico, doordat de stabiliteit ervan geringer kan zijn dan die van het dijklichaam. Ook bij deze kunstwerken dient daarom aan de grond-

3 Constructies welke een onderdeel van de waterkering vormen

mechanische aspecten bijzondere aandacht te worden besteed.

5 In bestaande dijken kan het kunstwerk op twee wijzen worden gemaakt:

- het kunstwerk buiten of binnen de waterkering bouwen en de waterkering erop laten aansluiten;
- het kunstwerk in de waterkering bouwen. De functie van de waterkering moet dan worden overgenomen door een tijdelijke kering.

De eerste methode biedt weliswaar tijdens de bouw een goede veiligheid, maar resulteert in de definitieve toestand veelal in een ongunstiger tracé van de waterkering.

Behoudens in bijzondere situaties, zal dan ook in het algemeen aan de tweede methode de voorkeur worden gegeven. De tijdelijke waterkering moet even sterk worden gemaakt als de aansluitende waterkering of met behulp van een frequentieberekening op een zodanige waterstand worden gedimensioneerd dat gedurende de bouwtijd een voldoende veiligheid is gewaarborgd.

6 De planning van het werk moet zodanig worden opgezet dat een tijdelijke waterkering of een nieuwe aansluiting van de waterkering op een kunstwerk ten minste 6 maanden voor het winterseizoen gereed is, opdat de waterkering zich voldoende zal zetten voordat zij in gebruik wordt genomen in het voor de desbetreffende waterkering ongunstige seizoen.

7 Voor de berekening van onder- en achterloopsheid wordt verwezen naar 2.4.

3.1.2 Sluizen algemeen

1 De vormgeving van het kunstwerk dient zoveel mogelijk te worden aangepast aan het profiel van het buitenbeloop van de dijk, opdat de onderbreking van het dijkprofiel zo gering mogelijk is. Vleugelwanden dienen bij voorkeur loodrecht of nagenoeg loodrecht op de dijkas te worden ontworpen en de bovenkant dient samen te vallen met het dijktaalud.

3 Constructies welke een onderdeel van de waterkering vormen

2 Bedieningsgebouwen en wachthuisjes dienen te worden geplaatst op het kunstwerk zelf of aan de binnenzijde van de waterkering buiten het profiel, dan wel op een aanberming.

3 Bij schut- en keersluizen dienen de geleidewerken en de wachtplaatsen zodanig te worden ontworpen dat geen schepen kunnen stranden op de waterkering.

4 Dubbele afsluitmiddelen¹ moeten in elk geval worden aangebracht bij:

- sluizen in hoofdwaterkeringen aan zee.
- sluizen die voortdurend water moeten keren.

5 Is een hoge waterstand geruime tijd tevoren te voorspellen (bijvoorbeeld bij rivieren), dan kan een enkele kering worden toegepast, mits een feilloze werking is gegarandeerd.

6 Een in stroom afsluitbaar afsluitmiddel moet worden toegepast in de volgende gevallen:

- bij schutsluizen in waterkeringen om diepgelegen polders;
- in keersluizen en uitwateringssluizen.

Als mogelijkheden kunnen worden genoemd: waaierdeuren, segmentdeuren, hefdeuren, hydraulisch bewogen puntdeuren en schulp- en klepstuwen. Voor kleine sluizen komen schotbalken, mits voorzieningen zijn getroffen dat ze in stromend water kunnen worden gesloten, eveneens in aanmerking.

7 De afsluitmiddelen moeten ook met handkracht of door middel van een hulpaggregaat kunnen worden bewogen. Laten de afmetingen van de constructie dit niet toe, dan moet een noodaggregaat aanwezig zijn.

8 Bij grote vervallen dienen de afsluitmiddelen tegen aanvaring te worden beschermd door een extra beveiliging aan te brengen bij voorkeur in de vorm van een flexibele opvangconstructie.

3.1.3 Duikersluizen

1 Duikersluizen verstoren minder dan open uitwateringssluizen

¹ Voor een uitgebreide beschouwing over afsluitmiddelen zie: 2.5

3 Constructies welke een onderdeel van de waterkering vormen

het profiel van de waterkering. Dit is vooral het geval wanneer de constructie ruim beneden de maatgevende waterstand is aangelegd. In zo'n geval is ook geen discontinuïteit aanwezig in het buitentalud in de zone waar de grootste golfaanval plaatsvindt. Inspectie en onderhoud zijn echter veel moeilijker; de constructie dient daarom zodanig te zijn dat alle onderdelen gemakkelijk bereikbaar zijn.

2 Aan voegen tussen de constructie-elementen of de moten dient grote aandacht te worden besteed. Het verdient aanbeveling de voegen, als extra reserve, met een zanddicht weefsel te omkleden.

3 De buitenzijde van de koker dient bij voorkeur wat haar vormgeving betreft, te worden aangepast aan het dijkbeloop. Worden toch vleugelwanden loodrecht op de sluisas toegepast, dan dient gerekend te worden op extra belastingen ten gevolge van lengteverandering van de koker door krimpwerking.

4 De schotbalken aan de buitenzijde moeten de koker bijvoorbeeld tot grenspeil kunnen afsluiten; die aan de binnenzijde dienen het polderwater ook bij aanmerkelijke peiloverschrijding te kunnen keren. De afstand tussen de schotbalkspooningen, die bij voorkeur dubbel moeten worden uitgevoerd, en de frontmuren dient zodanig te worden gekozen, dat aan de buitenzijde inspectie en onderhoud van de terugslagklep mogelijk zijn en aan de binnenzijde de koker toegankelijk blijft.

5 De afsluitmiddelen met de daarboven gelegen bewegingsmechanismen worden bij dijken waar belangrijke golfaanval kan optreden, bijv. bij zeedijken, aan de binnenzijde van de kruin ontworpen. Is geen belangrijke golfaanval te verwachten, zoals bij rivierdijken, boezem- en binnenwaterkeringen, dan dienen de afsluitmiddelen aan de buitenzijde te worden aangebracht.

6 De afsluitmiddelen worden in alle gevallen als dubbele kering uitgevoerd en moeten in stromend water kunnen worden gesloten.

3.1.4 Gemalen

3 Constructies welke een onderdeel van de waterkering vormen

zijde van de dijk ontworpen. Bij voorkeur moet dit gebouw geheel buiten het profiel van de waterkering vallen, zonodig op een afzonderlijke aanberming, opdat de waterkering zo weinig mogelijk wordt aangetast. In sommige gevallen, bijvoorbeeld wanneer de diameter van de persleiding relatief groot zou worden in verhouding tot de afmetingen van de waterkering, kan het gemaal ook in de waterkering worden gebouwd.

2 De overgang van het bemalingsgebouw naar de persleiding is een punt dat, met het oog op het gevaar van ongelijke zettingen, bijzondere aandacht verdient.

Deze overgang moet niet in het dijklichaam worden ontworpen.

3 Voor persleidingen geldt mutatis mutandis hetzelfde als werd opgemerkt met betrekking tot kokers voor duikersluizen.

4 Persleidingen worden over het algemeen uitgerust met terugslagkleppen.

Het risico dat de kleppen zich niet geheel sluiten, is altijd aanwezig. Ze moeten goed bereikbaar zijn voor inspectie en onderhoud.

5 Naast de terugslagklep is een extra afsluitmiddel nodig, behalve bij een hevelpersleiding die boven de hoogst mogelijke waterstand ligt, en die is voorzien van een vacuüminstallatie die automatisch belucht wordt als de pomp stilvalt. Het extra afsluitmiddel moet in stromend water kunnen worden gesloten.

6 Voor de berekening van de persleidingen kan worden verwezen naar de leidraad voor constructie en beheer van vloeistofleidingen in en nabij waterkeringen (zie 2.6.2).

7 Voorzieningen moeten worden getroffen voor inspectie van de constructie.

Moeilijk bereikbare kritieke punten moeten toegankelijk worden gemaakt teneinde periodieke controle mogelijk te maken.

3.1.5 *Bijzondere grondmechanische aspecten*

De volgende aspecten zijn blijvend van belang:

- stabiliteit en horizontale vervorming van de constructie:

de constructie dient in staat te zijn de optredende waterdrukken,

3 Constructies welke een onderdeel van de waterkering vormen

voortvloeiend uit het ontwerppeil en de golfbelasting, te weerstaan. De deformaties moeten gering blijven om een goede waterdichte afsluiting met de omgeving blijvend te waarborgen. Bij paalfunderingen zullen hiervoor schoorpalen moeten worden gebruikt, omdat niet met wrijving tussen het kunstwerk en de grondslag ter plaatse van de paalfundering rekening mag worden gehouden;

– verticale vervorming van de constructie:

bij een op palen gefundeerde constructie moet zakking van de grondslag ten opzichte van de constructie worden verwacht. Hierdoor ontstaat ruimte onder de constructie met extra gevaar voor onderen achterloopsheid. Tengevolge van de zakking van de grondslag ten opzichte van de op palen gefundeerde constructie moet rekening worden gehouden met de negatieve kleeft en de horizontale gronddruk op de palen aan de rand van de constructie. Het gevaar bestaat dat door te grote vervorming van deze randpalen de constructie scheurt.

Bij op staal gefundeerde constructies dient bij de berekening van de drukverdeling onder de fundering rekening te worden gehouden met zettingen onder de constructie ten gevolge van de aanaarding naast de constructie. De koppeling van verschillend gefundeerde constructies dient met zorg te geschieden. In ieder geval dient rekening te worden gehouden met een mogelijk zakkingsverschil tussen deze constructiedelen.

De verticale vervorming bij een op palen gefundeerde duiker kan aanzienlijk kleiner zijn dan die van de naastliggende gedeelten van de waterkering, waardoor scheuren in het grondlichaam boven de duiker kunnen optreden. Deze doorlopende scheuren kunnen stabiliteitsverlies van de waterkering veroorzaken, zodat in zulke gevallen doeltreffende maatregelen moeten worden genomen (bijvoorbeeld keerwanden).

Tengevolge van de grondbelasting op het element kunnen in een koker aanzienlijke langskrachten optreden. Hiermede moet bij de sterkteberekening van het element rekening worden gehouden. In dwarsrichting flexibele kokers dienen zijdelings te worden gesteund. Hiervoor is het nodig dat stijve banketten grond aan weerszijden

3 Constructies welke een onderdeel van de waterkering vormen

van de duiker worden aangebracht;

- wijziging van de waterspanningen:

hiermede dient rekening te worden gehouden bij de berekening van de stabiliteit van de taluds in de omgeving van het kunstwerk;

- onder- en achterloopsheid:

dit probleem is altijd aan de orde en er moeten maatregelen tegen worden genomen, bijvoorbeeld door het aanbrengen van waterdichte schermen (zoals damwandschermen, zie 2.4).

Bij op palen gefundeerde constructies moeten de voorzieningen zodanig zijn dat ook bij zakking van de grondslag een goede waterdichte aansluiting met het kunstwerk behouden blijft (invloed van negatieve kleef op damwandscherm).

Tijdens de uitvoering doen zich de volgende aspecten voor:

Er moet rekening worden gehouden met:

- zettingen van de waterkering in de omgeving van het kunstwerk ten gevolge van bronbemaling.

Indien zich in de invloedssfeer nog andere constructies bevinden, kunnen zich ernstige verstoringen in het waterkerend profiel voordoen;

- zakkingen door grondroering t.g.v. de uitvoering;

- de stabiliteit van de tijdelijke keringen (zoals kistdammen) moet gewaarborgd zijn.

Dit houdt onder andere in dat ook bij de berekening van tijdelijke keringen de onzekerheid met betrekking tot de grondeigenschappen moet worden ingevoerd (zie 2.3);

- de stabiliteit van zijtaluds of andere omsluitingen van de bouwput moet gewaarborgd zijn.

Bezwijken hiervan kan ernstige gevolgen hebben voor de stabiliteit van de aansluitende gedeelten van de waterkering. Hiermede in verband staat het waarborgen van de goede functionering van de bemalingsinstallatie (voldoende automatisch inschakelende reservepompen of aggregaten);

- ontgravingen of ophogingen in de nabijheid van waterkeringen kunnen de stabiliteit van de waterkering in nadelige zin beïnvloeden;

3 Constructies welke een onderdeel van de waterkering vormen

— ten gevolge van door heiwerk in of in de naaste omgeving van waterkeringen veroorzaakte trillingen, kan het draagvermogen van de grondslag van de dijk ongunstig worden beïnvloed.

3.2 Stalen damwandconstructies als waterkering

3.2.1 Technische aspecten

De toepassing van een damwand in een waterkering zal in het algemeen worden overwogen als er geringe plaatsruimte aanwezig is voor het aanbrengen van een dijkverzwaring (bijvoorbeeld sparen van bebouwing, aansluiting op coupures).

Aan een damwand met waterkerende functie zijn echter wel enige nadelen verbonden.

Hieronder volgt een opsomming van de aspecten waarmee bij damwanden als waterkering rekening moet worden gehouden.

1 Zo dient er rekening te worden gehouden met een mogelijk beperkte levensduur tengevolge van corrosie. De mate van aantasting van een stalen damwand hangt in sterke mate af van het milieu waarin deze wordt aangebracht.

In de literatuur (4) worden enkele getallen genoemd voor de mate van aantasting, uitgedrukt in diktevermindering in mm per jaar, voor de verschillende milieus;

in zoet water	: 0,01 — 0,05 mm/jaar
in brak/zout water	: 0,05 — 0,30 mm/jaar
in grond	: $\pm$ 0,05 mm/jaar.

Deze waarden gelden voor gelijkmatige aantasting voor onbeschermde staal. Wanneer putvormige corrosie optreedt, kunnen deze waarden aanzienlijk worden overschreden ($\pm$ 4 mm/10 jaar).

Kathodische bescherming kan aanbeveling verdienen, maar zal vanwege de soms grote lengten van de wanden en gezien de regel-

3 Constructies welke een onderdeel van de waterkering vormen

matig noodzakelijke inspecties op praktische bezwaren kunnen stuiten.

2 Bij toepassing van een damwand is, in afwijking van een 'normale' dijkverzwaring, controle op de toestand van een belangrijk onderdeel van de waterkering niet eenvoudig.

Zo is het mogelijk dat bij het aanbrengen van de damwand geen aaneengesloten wand ontstaat door het uit het slot lopen van de planken. Door de ontstane kieren is het optreden van moeilijk te constateren grondtransport niet denkbeeldig.

3 Een enkelvoudig damwandscherm, te zamen met een grondlichaam van beperkte afmetingen, biedt onvoldoende weerstand tegen aanvaring, wat de bouw van een kistdam of de aanleg van een damwandscherm in combinatie met remmingwerken noodzakelijk maakt.

4 De aansluiting van een taludverdediging op een damwandscherm kan problemen geven, ook al wordt er bij het ontwerp rekening mee gehouden. Hierbij zal moeten worden gerekend op verhoogde onderhoudskosten.

5 Een dijkverhoging zal moeilijk kunnen worden gerealiseerd.

3.2.2 *Conclusies*

In het algemeen is toepassing van een damwand ter vervanging van een gehele of van een deel van een dijk te ontraden, omdat deze constructie op den duur meer risico's met zich brengt dan een normale dijk. Toepassing is alleen te overwegen wanneer de bouw van een waterkering in de vorm van een grondlichaam op onoverkomelijke bezwaren stuit.

Een waterkering in de vorm van een enkelvoudig onverankerd damwandscherm is alleen verantwoord toe te passen bij geringe kerende hoogten en als geen gevaar voor aanvaring bestaat.

Een enkelvoudig verankerd damwandscherm, of bij voorkeur, een kistdamconstructie kan in veel gevallen een technisch aanvaardbaar compromis betekenen, mits de damwanden zo ver mogelijk naar de waterzijde van de kering worden geschoven.

3 Constructies welke een onderdeel van de waterkering vormen

Hierdoor wordt bereikt dat de belastingtoestand bij zakkende buitenwaterstanden maatgevend is en een damwand in ieder geval aan één zijde te controleren is (vooral van belang voor controle tijdens het heien). Indien mogelijk, moeten de damwanden, en in ieder geval de verankeringsconstructies, volledig worden beschermd tegen corrosie. Is dit niet mogelijk, dan moeten de damwand- en de ankerconstructie na een bepaalde tijd worden vervangen. Bij de berekening van damwandconstructies dient met het gestelde in 2.2, 2.3 en 2.4 rekening te worden gehouden.

3.3 Kistdammen, dijkmuurtjes en keermuren

Kistdammen

Kistdammen worden toegepast als tijdelijke constructies die de waterkering plaatselijk tijdelijk vervangen — bijvoorbeeld tijdens de aanleg van kunstwerken in de waterkering — dan wel het waterkerend vermogen ervan vergroten door verhoging van de dijkkrui.

In het eerste geval zal de kistdam de volledige belasting door waterdruk en golfaanval moeten kunnen opnemen en dienovereenkomstig moeten worden berekend en uitgevoerd.

De kistdam zal minstens even hoog moeten zijn als de aangrenzende dijkvakken en daarop zodanig moeten aansluiten dat uitspoeling en achterloopsheid is uitgesloten.

Kistdammen ter tijdelijke verhoging van een waterkering in afwachting van een definitieve verzwaring, ook wel opkistingen genoemd, zullen meestal niet aan golfaanval worden blootgesteld doch alleen het oplopende of staande water moeten keren. Dit laatste dan wel volledig, daar overstortend water anders nog wel eens een ongunstiger invloed op de stabiliteit van de dijk zou kunnen hebben dan het geval zou zijn bij afwezigheid van de kistdam.

De kistdam moet zodanig op het dijklichaam aansluiten dat uitspoeling en onderloopsheid zijn uitgesloten en uiteraard voldoende duurzaamheid bezitten om voor de duur van het tijdvak waarvoor

3 Constructies welke een onderdeel van de waterkering vormen

hij bedoeld is intact te blijven, echter zonder de indruk van een permanente voorziening te maken. Tevens kan er op worden gewezen dat voor de beweiding van de waterkering coupures in de kistdammen moeten worden aangebracht (voor nadelen zie 3.4).

Dijkmuurtjes

In tegenstelling tot opkistingen zijn dijkmuurtjes van gewapend beton ('systeem de Muralt') niet bedoeld als tijdelijke constructies, maar werden ze beschouwd als een blijvend onderdeel van de waterkering. Men heeft ze gezien als een goedkoop middel ter verhoging van dijken.

Dijkmuurtjes mogen uitsluitend zijn bestemd om het over de dijk slaan van golven te voorkomen, niet om tot boven de kruin reikend water te keren. Hiervoor zijn de naden niet dicht genoeg, maar is vooral de verbinding van muur en dijk niet deugdelijk genoeg om onderloopsheid te voorkomen.

Tegen overslag is de muur eigenlijk alleen geschikt als hij rust op een dichte en dus vrijwel ondoorlatende en voor erosie ongevoelige kleidijk. In de tegenwoordige dijkbouw moet het vergroten van het waterkerend vermogen van een dijk door middel van een muurtje op de kruin vanwege de kwetsbaarheid van zowel muur als dijk, zeker op de lange termijn gezien, geen aanvaardbare methode worden geacht. Tevens kan er op worden gewezen dat voor de beweiding van de waterkering coupures in de dijkmuurtjes moeten worden aangebracht (voor nadelen zie 3.4).

Keermuren

Keermuurconstructies aan de binnenzijde van een waterkering worden toegepast als grondkerende constructie wanneer weinig ruimte aanwezig is voor het aanbrengen van een 'normaal' binnentalud (bijvoorbeeld sparen van bebouwing, aansluiting op coupures).

3 Constructies welke een onderdeel van de waterkering vormen

Deze grondkerende constructies dienen vanzelfsprekend voldoende beveiligd te zijn tegen bezwijken. Bij de berekening dient met het gestelde in 2.2, 2.3 en 2.4 rekening te worden gehouden. Bijzondere aandacht moet daarbij worden besteed aan extreem ongunstige condities, zoals bij hoge buitenwaterstanden tegen de muur optredende hoge waterdrukken. Het aanbrengen van drainageconstructies, waarbij de controle op de goede werking altijd een probleem blijft, wordt dan noodzakelijk.

De keermuur dient zodanig te worden geconstrueerd dat uitspoeling en onderloopsheid zijn uitgesloten.

Conclusies

In het algemeen is toepassing van dergelijke constructies ter vervanging van een gedeelte van een dijk te ontraden, omdat op den duur hieraan meer risico's zullen zijn verbonden dan bij een normale dijk het geval zou zijn. Toepassing is alleen incidenteel te overwegen wanneer de bouw van een waterkering in de vorm van een grondlichaam op onoverkomelijke bezwaren stuit.

3.4 Coupures

Coupures van waterkeringen komen daar voor, waar door plaatselijke omstandigheden kruising van de waterkering door wegen en spoorwegen boven de in de dijktabel of dijkligger vastgestelde hoogte van de waterkering bezwaarlijk of onmogelijk is. Deze coupures, welke afsluitbaar worden gemaakt door middel van deuren en schotbalken vormen een ongunstige factor uit een oogpunt van operationeel dijkbeheer, aangezien ervoor moet worden gezorgd dat de openingen in de waterkering in kritieke situaties tijdig worden gesloten en de afsluitmiddelen altijd aanwezig en bruikbaar zijn. Bij hoofdwaterkeringen zal het straatpeil of de kruin van de spoorbaan toch in ieder geval zo hoog moeten liggen dat de coupuredeuren niet met een te grote frequentie behoeven te worden gesloten. Een ligging boven het ontwerppeil is aan te beve-

3 Constructies welke een onderdeel van de waterkering vormen

len. Bij tweede waterkeringen verdient in het algemeen een met 0,5 m verhoogde ligging van het wegdek ter plaatse van de coupure aanbeveling.

Het operationeel beheer van coupures in tweede waterkeringen levert meer problemen op dan het tijdig sluiten van zulke coupures in hoofdwaterringen waar waterstandsverhogingen enige tijd tevoren worden aangekondigd.

Bij het sluiten van een coupure in een tweede waterkering kan zich een conflict voordoen tussen het waterkeringsbelang, dat onmiddellijke sluiting van coupures vereist en het belang van evacuatie van het inunderende gebied, waartoe vluchtwegen zo lang mogelijk opgehouden moeten worden. Een en ander is een reden te meer om in tweede waterkeringen zo weinig mogelijk coupures te maken. De sluitingsmiddelen van coupures in hoofdwaterringen moeten 'droog' (dat wil zeggen tijdig) worden gesloten. Als sluitingsmiddelen komen puntdeuren, roldeuren, hefdeuren en schotbalken in aanmerking.

Conclusie

Resumerend kan worden gesteld dat coupures — hoewel technisch goed uitvoerbaar — in operationeel opzicht moeten worden beschouwd als ongewenste objecten in een waterkering en derhalve, indien enigszins mogelijk, vermeden moeten worden.

- (4) 1 Mededeling nr. 27. Rapport van corrosie-commissie II,
2 Die Stahlpundwand, Hoesch, 1965,
3 STÜDEMANN, G. — Korrosionsschutzmassnahmen bei Stahlpundwänden im Wasserbau. Die Bautechnik, Heft 10, Oktober 1966.

4 Constructies en objecten welke geen onderdeel van de waterkering vormen

4.1 Bebouwing in, op en nabij waterkeringen

4.1.1 Technische aspecten

Hieronder volgt een opsomming van de vele meer of minder belangrijke nadelen en gevaren die aan bebouwing en de daarmee samenhangende activiteiten in, op en nabij waterkeringen zijn verbonden.

1 Aan waterkeringen waarbij onder extreme omstandigheden aanzienlijke golfoploop en soms overslag optreden, is geconstateerd dat bebouwing de kans op ernstige beschadigingen van buiten- en binnentalud vergroot.

Bebouwing in taluds, bermen en dijkkruijn vormt obstakels die de uitwerking van brekende golven en de snelheid van het (over)-stromende water plaatselijk aanzienlijk vergroten. De kans op aantasting van de waterkering is door deze snelheidsvergroting en turbulentie van het (over)-stromende water groter dan bij onbebouwde dijkgedeelten.

2 Bij rivierdijken en andere waterkeringen die langdurig hoge waterstanden moeten kunnen weerstaan, kan een verstoring van het kwelijkenpatroon (onder meer door een onderbreking of verzwakking van een aanwezige afdichtende kleilaag in de zone langs de waterkering) optreden. Bouwwerken aan de buitenkant van de waterkering kunnen voor de stabiliteit essentiële afdichtende lagen doorbreken, waardoor ontoelaatbare waterspanningen en stromingen in het dijklichaam kunnen ontstaan. Bij bebouwing aan de binnenzijde is het denkbaar dat niet te lokaliseren wellen onder de bebouwing optreden, met de daaraan verbonden gevaren.

3 Bebouwing in duinen in de zone waar de afslag wordt verwacht, kan plaatselijk de afslag ongunstig beïnvloeden en belemmert bovendien de beheerders bij het onderhoud en het nemen van maatregelen om de zeewering in stand te houden.

De breedte van deze zone voor de gesloten kust van Noord- en Zuid-Holland en de middengedeelten van de Waddeneilanden kan worden vastgesteld aan de hand van de 'richtlijn voor de berekening

4 Constructies en objecten welke geen onderdeel van de waterkering vormen

van duinafslag tengevolge van stormvloed' van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen. Bij een kust waar een geleidelijke teruggang van het duinprofiel mogelijk is, verdient het aanbeveling een extra bebouwingsvrije zone aan te houden. Bebouwing op het strand nabij de duinvoet kan er de oorzaak van zijn dat de uitstuiving van de duinvoet wordt bevorderd.

4 Bebouwing gaat meestal gepaard met de aanwezigheid van allerlei leidingen, olietanks, septic tanks, en dergelijke, die niet buiten het profiel van de waterkeringen en de veiligheidszones kunnen worden gehouden. Een lek in een vloeistof- of gasleiding kan onder bepaalde omstandigheden dijkbreuk veroorzaken. Huisaansluitingen van dienstleidingen en de aansluiting van deze leidingen op de niet gefundeerde distributieleidingen zijn potentiële lekplaatsen in de waterkering. Het graafwerk voor het aanleggen en herstellen van deze leidingen leidt tot beschadiging van de grasmat en verstoring van de profielopbouw.

5 De uitvoering van nu en in de toekomst uit te voeren dijkverbeteringen worden door bebouwing ten zeerste bemoeilijkt. Bovendien verhoogt bebouwing op een dijk de kosten van een verzwarende aanpak. Een ten behoeve van de bebouwing aan te brengen berm en de bebouwing zelf (bij fundering op staal)veroorzaken extra zettingen van de waterkering. Een eventuele profielverzwarende van de waterkering, die later nodig kan blijken te zijn tengevolge van deze zettingen, zal door de aanwezige bebouwing bemoeilijkt worden.

6 Een goede grasmat als dijkbekleding zal door de schaduwwerking, een onregelmatiger verloop van de bovengrondse afwatering en meer geloop in de omgeving van het bouwwerk, moeilijk zijn te handhaven. Tevens werkt de aanwezigheid van tuinen, uitgelopen paden, trappen, afritten, hokken, schuurtjes, hekken, en dergelijke, belemmerend bij het in stand houden van een goede grasmat.

7 Bij een fundering op palen in de waterkering kan, ten gevolge van zettingen van de waterkering, holle ruimte onder de constructie ontstaan.

8 Een goede inspectie alsmede het onderhoud van de waterkerin-

4 Constructies en objecten welke geen onderdeel van de waterkering vormen

gen en het treffen van voorzieningen bij calamiteiten worden door bebouwing bemoeilijkt.

9 Niet of moeilijk te controleren verbouwingen die naderhand worden uitgevoerd, kunnen de waterkering aantasten. Hierbij kan onder andere worden gedacht aan het uitbouwen van kelders in de waterkering.

10 Ten aanzien van bebouwing, installaties, munitiebunkers, opslagplaatsen, en dergelijke in de naaste omgeving van dijken en kaden, dient de dijkbeheerder bedacht te zijn op de mogelijke ongunstige invloed daarvan op het draagvermogen van de grondslag van de dijk. Nabij de dijk gelegen bouwwerken kunnen door een eventueel wisselend gewicht of door trillingen veroorzaakt door een bepaald (industriële) gebruik de spanningen van het min of meer in bepaalde grondlagen opgesloten water in ongunstige zin veranderen.

Voor opslagplaatsen van explosieve stoffen moet een zodanige afstand tot de waterkering worden aangehouden dat bij een calamiteit (explosie) geen stabiliteitsverlies van de waterkering kan optreden¹.

4.1.2 Conclusies

1 Bij bebouwing in, op en nabij waterkeringen blijven, welke voorzieningen ook worden getroffen, extra risico's voor de waterkering aanwezig. Daarom moet op waterkeringen nieuwe bebouwing die niet functioneel aan de waterkering is gebonden worden vermeden. Tot de waterkering moet tevens de zone nabij de waterkering worden gerekend die essentieel is voor de stabiliteit van de waterkering.

2 Er moet een zone worden vrijgehouden om latere verbeteringen mogelijk te maken en bereikbaarheid en de mogelijkheid tot onderhoud van de waterkering te waarborgen (beheerszone).

¹ Beheerders van waterkeringen kunnen hierover advies vragen aan het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen (zie hoofdstuk 1)

4 Constructies en objecten welke geen onderdeel van de waterkering vormen

3 Als in bijzondere gevallen bebouwing zou worden aanvaard, zal dit uitsluitend worden toegestaan volgens een ontwerp dat gebaseerd is op grondmechanisch onderzoek en dat voldoet aan de eis dat het waterkerend vermogen van de waterkering niet wordt aangetast.

4 Gestreefd dient te worden naar het bebouwingsvrij maken van de waterkering inclusief de zone nabij de waterkering die essentieel is voor de stabiliteit daarvan. Het niet hiertoe overgaan is slechts dan verantwoord als wordt aangetoond dat handhaving geen afbreuk doet aan het waterkerend vermogen.

5 Bebouwing in duinen in de zone waar afslag wordt verwacht, dient te worden vermeden. Het verdient aanbeveling een extra bebouwingsvrije zone aan te houden bij een kust waar met een geleidelijke teruggang van het duinprofiel rekening moet worden gehouden.

4.2 Beplanting op en nabij waterkeringen

4.2.1 Technische aspecten

Hieronder volgt een opsomming van de vele meer of minder belangrijke nadelen die aan beplanting in, op en nabij waterkeringen kunnen zijn verbonden.

1 De krachten door de werking van de wind op de beplanting in het grondlichaam uitgeoefend, kunnen de goede samenhang van de waterkering en daarmee het waterkerend vermogen aantasten. Meer dan eens is schade toegebracht aan onze waterkeringen tengevolge van het omwaaien van in of nabij deze keringen aanwezige bomen met hun vaak wijdvertakte wortelstelsel.

2 In geval van afsterven tengevolge van bijvoorbeeld het aanbrengen van een afdekkende kleiophoging of het omhakken van de boom of struik, kan het wortelstelsel tot verrotting overgaan en inhomogeniteiten of holle ruimten in het dijklichaam doen ontstaan. Hierdoor kan de grondwaterstroming op moeilijk te controleren wijze ongunstig worden beïnvloed. Het wortelstelsel dient daarom

4 Constructies en objecten welke geen onderdeel van de waterkering vormen

voor zover zulks in het belang is voor een goede waterkering te worden opgeruimd. Zo zal het nadeel van grondroering in bepaalde gevallen zwaarder moeten wegen dan het nadeel van de aanwezigheid van wortels.

3 Een eventuele profielverzwaring van de waterkering kan door de aanwezigheid van beplanting worden bemoeilijkt.

4 De kwaliteit van de grasmat onder een beplanting zal als gevolg van de minder goede groeicondities slechter zijn. Bovendien zal het onderhoud van de grasmat door de aanwezigheid van de beplanting bemoeilijkt worden.

5 Een doelmatig toezicht op de staat van de waterkering zal in het algemeen worden bemoeilijkt.

Ook kan beplanting er de oorzaak van zijn dat in geval van een calamiteit de betrokken plaats moeilijk bereikbaar is.

6 Door de aanwezigheid van beplanting wordt de kans groter dat konijnen, muizen, en ander gedierte in de waterkering gaan graven en deze perforeren.

7 Op buitendijks voorland kunnen bomen en griendhout een gunstige invloed hebben, doordat ze de golven dempen en, bij rivierdijken, deze kunnen beschermen tegen ijsgang. Ter plaatse van een beplanting in het buitentalud van een waterkering is geconstateerd dat bij hoogwater ontgronding van het talud optreedt (turbulentie).

4.2.2 Conclusies

Het verdient in het algemeen aanbeveling de waterkering beplantingsvrij te houden, opdat de wortels niet in de waterkering zelf kunnen doordringen. Het niet hiertoe overgaan is slechts dan verantwoord als kan worden aangetoond dat het waterkerend vermogen van de waterkering niet wordt aangetast.

Is bijvoorbeeld tegen het binnentalud van een waterkering een grondlichaam aangebracht, dat geen bijdrage levert aan de vereiste waterkerende functie, dan zou in dit grondlichaam beplanting kunnen worden toegelaten zolang de wortels buiten het normale waterkeringsprofiel blijven.

4 Constructies en objecten welke geen onderdeel van de waterkering vormen

Voor bomen en andere vegetatie in het dijkprofiel, waarvan de verwijdering op grote bezwaren zou stuiten, dient door middel van een onafhankelijk deskundig rapport een oordeel te worden verkregen over de vitaliteit van de bomen, de te verwachten schade bij omwaaien enz., waarna een objectieve afweging van de belangen mogelijk is. Bij handhaving van de beplanting dienen zodanige maatregelen te worden genomen, dat geen afbreuk wordt gedaan aan het waterkerend vermogen.

4.3 Wegen op en nabij waterkeringen

4.3.1 *Technische aspecten*

1 Wegen op dijken kunnen aangrijpingspunten vormen voor erosie in geval van golfaanval of overlopend water. Spoorvorming en het ontbreken van een grasmat leiden bij onverharde wegen erosie in. Bij wegen bestaande uit een klinker- of tegelbestrating in een zandbed kan het zand tussen en onder de stenen wegspoelen.

Aantasting van het wegdek door overstromend water kan worden vertraagd door een gesloten (waterdicht) wegdek aan te brengen.

2 Wegen op dijken kunnen onderloops worden. Een starre wegconstructie, bijvoorbeeld een weg met een betonfundering, kan de ongelijkmatige zettingen van het dijklichaam niet volgen. Puinfunderingen kunnen onvoldoende waterdicht zijn tengevolge van holten, waardoor kwelbanen erosie onder de weg kunnen inleiden. Bovendien dringt bij een eventuele wegverbetering het puin steeds dieper in het dijklichaam door.

Men zal ervoor dienen te zorgen dat de onderkant van de weg-fundering te allen tijde boven het ontwerppeil blijft.

3 Vaak is geconstateerd dat naast wegen op of langs dijken een slechte grasmat voorkomt, omdat het verkeer langs de weg parkeert en daarbij de wegbermen aantast. De gladheidsbestrijding met pekels kan de grasmat eveneens aantasten.

4 In geval van kruisende leidingen staat de wegbeheerder vaak op het gebruik van mantelbuizen en toepassing van boren bij het

4 Constructies en objecten welke geen onderdeel van de waterkering vormen

aanbrengen van de buizen, om het opbreken en weer herstellen van de weg te voorkomen. De dijkbeheerder daarentegen zal tegen deze methode zijn, omdat bij toepassing daarvan het waterkerend vermogen van de waterkering kan worden aangetast. Wegen maken het treffen van allerlei voorzieningen nodig die uit een oogpunt van dijkbelang beter achterwege zouden kunnen blijven zoals, wegbebakening, vangrails, verlichting met bijbehorende kabels en richtingborden.

Daar komt bij dat de leidingleggende instanties meestal bij keuze van het tracé van de leiding aan een wegberm de voorkeur geven. De aanwezigheid van wegen op dijken kan ongewenste bebouwing aantrekken (zie hoofdstuk 4.1).

5 Trillingen door het verkeer kunnen bij met water verzadigde dijken leiden tot verweking. Verweking is ook mogelijk bij opdooien na vorstperiodes. In die gevallen zal moeten worden nagegaan of aan het verkeer op de dijkwegen beperkingen dienen te worden opgelegd.

6 Een weg houdt voor de dijkbeheerder een nadeel in in geval van dijkverhoging. Het gevaar bestaat dat de werkzaamheden verbonden aan de verhoging door de aanwezigheid van de weg worden uitgesteld. De relatief hoge kosten van het opbreken en weer aanbrengen van de weg, alsmede de economische schade tengevolge van de noodzakelijke wegomleggingen tijdens de uitvoering van de dijkverhoging, leiden er bij toepassing van optimaliseringsberekeningen toe dat pas op een later tijdstip met de uitvoering zal worden begonnen, wat ten koste gaat van de veiligheid van het tegen overstromingen beschermde gebied. In geval van dijkverhoging verdient het, op grond van deze berekeningen aanbeveling de dijk een grotere hoogte te geven, hetgeen echter weer leidt tot verhoging van de kosten van dijkverbetering.

7 Een watervrije inspectieweg kan van belang zijn voor de aanvoer van mankracht, materialen en materieel voor het normale dijkonderhoud en in het bijzonder in geval van aantasting van de dijk bij hoogwater. Een verkeersweg kan als zodanig dienst doen. Is geen weg aanwezig, dan kan ten behoeve van inspectie en onderhoud

4 Constructies en objecten welke geen onderdeel van de waterkering vormen

de dijk op eenvoudige wijze berijdbaar worden gemaakt.

8 Een gesloten samenhangend wegdek kan een voortschrijdende aantasting van het dijklichaam van binnenuit tengevolge van overstromend water verminderen.

9 Het aanleggen of verbreden van een weg op een waterkering leidt vaak tot een grotere kruinbreedte dan voor de stabiliteit van de waterkering bij het ontwerppeil is vereist. Deze grotere kruinbreedte mag echter niet leiden tot de aanleg van te steile dijktafstanden.

10 De grondlichamen van de opritten en afritten naar de op de waterkering gelegen weg dienen vloeiend aan te sluiten aan de waterkering en mogen de stabiliteit van de waterkering niet ongunstig beïnvloeden.

4.3.2 Conclusies

1 Indien de uit een oogpunt van waterkeringsbelang genoemde nadelen van een weg op of langs een waterkering (punt 1 t/m 5) technisch kunnen worden ondervangen, dan behoeft een weg in technisch opzicht niet als een ongewenst object op de waterkering te worden beschouwd.

2 Hoewel het voor de wegbeheerder aantrekkelijk zal zijn op een dijk een weg aan te leggen, is het een nadeel dat de dijkverhogingen de gemeenschap meer zullen kosten. In verband hiermee verdient het aanbeveling enige extra overhoogte aan te brengen.

4.4 Bruggen op en nabij waterkeringen

De situering van de steunpunten ten opzichte van de waterkering is van belang. Er zal aandacht moeten worden besteed aan een zodanige plaatsing in of nabij de waterkering dat aantasting van de waterkering door golven of stroming van water, eventueel na het nemen van beschermende maatregelen, wordt voorkomen.

Bij rivierdijken en andere waterkeringen die langdurig hoog staand water moeten kunnen keren, kan een verstoring van het kwellijnenpatroon optreden, onder meer door een onderbreking of verzwak-

4 Constructies en objecten welke geen onderdeel van de waterkering vormen

king van een afdichtende kleilaag in de zone langs de waterkering. Funderingen van brugconstructies aan de buitenkant van de waterkering kunnen voor de stabiliteit essentiële afdichtende lagen doorbreken, waardoor ontoelaatbare waterspanningen en stromingen in het dijklichaam kunnen ontstaan.

Bij een funderingsconstructie aan de binnenzijde is het denkbaar dat wellen optreden, met de daaraan verbonden gevaren voor de stabiliteit van de waterkering. Bij brugpijlers en landhoofden zullen door de stijve ondersteuning de verticale en de horizontale deformatie van de waterkering worden belemmerd. Dit kan in sommige gevallen tot plaatselijke ongunstige spanningstoestanden leiden, waarmee bij het ontwerp rekening dient te worden gehouden. De hoogteligging van een brug ten opzichte van de waterkering zal zodanig moeten worden gekozen dat voldoende ruimte beschikbaar blijft voor een eventuele latere dijkverhoging.

Tevens moet rekening worden gehouden met de aanleg van een inspectieweg op de waterkering waarlangs werktuigen voor het onderhoud van de waterkering en het herstel van eventuele schade zonder enige belemmering moeten kunnen worden vervoerd. Onder bruggen is een taludbekleding door middel van een grasmat niet mogelijk. Daar zou bijvoorbeeld een steenbekleding kunnen worden aangebracht.

In de uitvoeringsfase dient het maken van diepe bouwputten zoveel mogelijk te worden vermeden.

4.5 Kabels in, op en nabij waterkeringen

4.5.1 Technische aspecten

In het algemeen kunnen tegen het leggen en de aanwezigheid van kabels in waterkeringen de volgende bezwaren worden aangevoerd:

- a het graafwerk voor het aanbrengen en eventueel herstellen van kabels (met name in de winter) en de daaruit voortvloeiende beschadiging van de grasmat, of het tijdelijk opbreken van bekleding en/of oevervoorziening; verstoring van de korrelpakking van de

4 Constructies en objecten welke geen onderdeel van de waterkering vormen

grond en verstoring van de profielopbouw (lagen van verschillende grondsoorten boven elkaar kunnen tengevolge van het graafwerk worden vermengd);

b de hinder die van kabels kan worden ondervonden ingeval werkzaamheden aan de waterkering worden uitgevoerd;

c kabels kunnen aanleiding geven tot kwel.

4.5.2 Conclusies

A ALGEMEEN

Steeds moet worden nagegaan of er een alternatief tracé gevonden kan worden dat niet met de waterkering samenvalt.

Indien het leggen van een kabel in de waterkering redelijkerwijs niet te vermijden is, zullen zodanige voorzieningen moeten worden getroffen dat het waterkerend vermogen van de kering niet wordt aangetast (zie paragraaf 3). Zulk een onvermijdelijke kabel kan deel uitmaken van een 'waterproof' calamiteiten-net van de PTT. Bij inundaties $> 0,5$ m worden telefoonkabels namelijk door wateropneming onbruikbaar.

B KABELS IN DE LENGTERICHTING VAN EEN WATERKERING

Het leggen van een kabel in de lengterichting in het profiel van een waterkering moet in het algemeen worden ontraden vanwege de daaraan verbonden bezwaren. De kabel kan evenwijdig aan een waterkering worden gelegd, maar dan buiten de langs de waterkering gelegen terreinstrook (stabiliteitszone), die in verband met de stabiliteit van de waterkering ongestoord moet blijven. De breedte van deze terreinstrook hangt af van de eigenschappen van de ondergrond en de afmetingen van de waterkering.

Is tegen het binnentalud van een waterkering een grondlichaam aangebracht dat geen bijdrage levert aan de vereiste waterkerende functie, dan zouden kabels in dit grondlichaam kunnen worden toegelaten.

4 Constructies en objecten welke geen onderdeel van de waterkering vormen

Voor lage slaperdijken of lage compartimenteringsdijken waar aanzienlijk overslag of overloop van water mag worden verwacht, kan het in bepaalde situaties de voorkeur verdienen de leiding aan de waterkerende zijde te leggen, omdat op deze wijze minder aangrijpingspunten voor erosie ontstaan.

C KRUISINGEN VAN KABELS MET WATERKERINGEN

De kabel moet voldoende ver verwijderd liggen van reeds aanwezige vloeistof- en/of gasleidingen en van andere kabels die de waterkering kruisen, opdat de uitvoering van de kruising (bijvoorbeeld ontgraving, rijden met werktuigen en bergen van grond) geen gevaar van beschadiging aan deze leidingen en/of kabels kan opleveren en de kathodische bescherming van pijpleidingen niet door elektromagnetische inductie kan worden verstoord. Ook het kabelgedeelte in de veiligheidszone moet als deel van de kruising worden beschouwd.

4.5.3 Bijkomende constructies voor kruisingen van kabels met waterkeringen

A KWELSCHERMEN

Als de kabel nergens in de waterkering reikt tot boven het ontwerppeil¹, kan de kabel worden voorzien van een kwelscherm, dat waterdicht met de kabel moet worden verbonden. Het kwelscherm zal naast en onder de kabel over enige afstand in ongeroerde grond moeten steken.

Tegen het toepassen van kwelschermen rond kabels bestaan de volgende bezwaren:

¹ Het ontwerppeil is de waterstand waarop waterkerende constructies moeten worden ontworpen. Dit peil is voor veel wateren officieel vastgelegd.

4 Constructies en objecten welke geen onderdeel van de waterkering vormen

Stijf kwelscherm (bijvoorbeeld staal)

Door de kans op ongelijke zakking van scherm en kabel is beschadiging van de kabel mogelijk.

Flexibel kwelscherm

Dit kwelscherm dient zeer zorgvuldig te worden aangebracht, anders bestaat de kans dat het scherm dubbel klapt.

Voor het geval een kabel in of door een waterkering wordt gelegd, die is samengesteld uit bijvoorbeeld een zandkern, afgedekt met een kleilaag, verdient het aanbeveling in een strook ter weerszijden van de te leggen kabel het kleidek dikker te maken, zodat de onderkant van de kabel in de klei blijft liggen. Hiermee wordt verstoring van de profielopbouw bij graafwerkzaamheden voorkomen, terwijl deze goed verdichte kleikoffer een goede afdichting tegen kwel geeft.

Het kan van nut zijn bij het kruisen van kabels met waterkeringen deze kabels, indien mogelijk, te voorzien van een 'waterslot', hetgeen wil zeggen dat de kabel de waterkering niet rechtstreeks haaks kruist, maar dat onder de kruin van de waterkering een evenwijdig daaraan te leggen kabelgedeelte wordt aangebracht. Hiermede wordt beoogd, vooral kort na de aanleg van de kruising, het risico van rechtstreekse aantasting van het dijklichaam tengevolge van een doorgaande sleuf, kleiner te maken.

B MANTELBUIZEN

De toepassing van mantelbuizen rond kabels in waterkeringen kan alleen in gevallen van aanwijsbare noodzaak worden toegestaan. Indien een mantelbuis wordt toegepast om één of meer kabels onder een op de waterkering gelegen weg door te voeren, dan dient de mantelbuis niet binnen de zone waarin de verkeersbelastingen meetbaar zijn, te eindigen. De mantelbuis moet waterdicht op de kabel(s) worden aangesloten en zelf ook waterdicht zijn.

4 Constructies en objecten welke geen onderdeel van de waterkeringvormen

C DEKPLATEN

Het afdekken van kabels door middel van dekplaten van beton of plastic mag niet worden toegestaan, als daardoor een doorgaande kwelweg kan ontstaan.

Wel verdient het aanbeveling, ter bevordering van een veilige ligging bij graafwerk, gekleurde plastic linten boven de kabels aan te brengen.

4.5.4 Uitvoering en beheer

Graafwerk in de waterkering moet zoveel mogelijk worden beperkt. Uitvoering door middel van spuiten en boren moet echter bij de huidige stand van de techniek niet worden toegestaan, omdat de hoeveelheid grond die wordt verwijderd moeilijk kan worden gecontroleerd. Bij spuiten worden bovendien de grondwaterspanningen in de dijk plaatselijk vergroot, hetgeen gevaarlijk kan zijn voor de stabiliteit van de waterkering. De bij het graafwerk opgedolven soorten grond moeten gescheiden worden opgeslagen en, voor zover bruikbaar bij het dichten van de sleuf, weer op de oorspronkelijke plaatsen worden teruggebracht.

In geval van menging, dient de uitkomende grond te worden vervangen door grond waaruit de waterkering oorspronkelijk is opgebouwd. Bij het dichten van de sleuf dient de ingebrachte grond mechanisch laagsgewijs te worden verdicht (maximale laagdikte 20 cm). Het tijdstip van uitvoering van werken in een waterkering moet buiten het jaargetijde met voor de waterkering ongunstige omstandigheden vallen, ten einde het risico bij de uitvoering te beperken en de kwaliteit van het werk zo hoog mogelijk op te voeren. Het toepassen van een tijdelijke bekramming op het buitentalud kan noodzakelijk zijn, zolang de grasmat zich niet heeft hersteld.

Nadat de kabel is gelegd moet de plaats nauwkeurig worden vastgesteld (de ligging moet worden gemeten). In geval van buiten gebruikstelling van de kabel, behoeft het niet altijd noodzakelijk

4 Constructies en objecten welke geen onderdeel van de waterkering vormen

te zijn deze uit de waterkering te verwijderen, omdat het nadeel van grondroering vaak zwaarder moet wegen dan het nadeel van de aanwezigheid van de kabel.

4.6 Leidingen en tunnels in, op en nabij waterkeringen

Deze constructies dienen bij voorkeur te worden vermeden, doch indien onvermijdelijk, dan moet bij het aanleggen van zulke leidingen en tunnels rekening worden gehouden met eventuele latere dijkverhogingen. Tevens dient een goed onderhoud van de waterkeringen gewaarborgd te blijven. Bij leiding- en verkeerstunnels bestaat de kans dat, tengevolge van bezwijken van de constructie, een rechtstreekse verbinding ontstaat tussen het buitenwater en het te beschermen binnendijkse gebied. Een tweede kering achter een tunnel is daarom noodzakelijk. In de vorm van een grondlichaam dat water op ontwerppeil kan keren, valt een tweede kering te prefereren boven andere mogelijke maatregelen (zoals extra mechanische afsluitmiddelen).

Deze kering moet zo worden uitgevoerd dat zij bestand is tegen overslag.

Wat de leidingkruisingen betreft wordt verwezen naar de 'leidraden gas- en vloeistofleidingen in en nabij waterkeringen', waarin ook de grondmechanische problematiek wordt behandeld. Bij de over het algemeen diep gelegen tunnels spelen een groot aantal grondmechanische aspecten een rol, die van invloed kunnen zijn op de kerende functie van de te kruisen dijken. Ze hangen nauw samen met de situatie van de tunnelgedeelten en de op/afritten ten opzichte van de waterkering. Hierbij is ook de plaatsing van eventuele ventilatieschachten van belang. De functie van de waterkering wordt het sterkst aangetast in de uitvoeringsfase. Vaak zal het nodig zijn een vervangende kering aan te leggen. Ook dienen voorzorgen te worden getroffen tegen het opdrijven van tunnelmoten, bijvoorbeeld tijdens het trekken van damwanden.

4 Constructies en objecten welke geen onderdeel van de waterkering vormen

4.7 Kadeconstructies en aanlegsteigers nabij waterkeringen

Kadeconstructies, inclusief de fundering en eventuele verankerings-elementen, en aanlegsteigers dienen bij voorkeur buiten het profiel van de waterkering te worden aangebracht.

Het aanbrengen van een 'blinde' bekleding in het aansluitende grondlichaam als begrenzing van het profiel van de waterkering biedt daartoe een mogelijkheid.

Indien dit redelijkerwijs niet mogelijk is, dan zal de grondkerende constructie voldoende veiligheid tegen bezwijken moeten bieden. Hierbij dient vanzelfsprekend rekening te worden gehouden met extreem ongunstige condities; zoals hoge grondwaterstanden, gecombineerd met lage buitenwaterstanden en hoge belastingen op de kade. Het is daarbij mogelijk eventuele verankerings-elementen met een minimum-aan grondroering aan te brengen (bijvoorbeeld door schoor geheide ankerpalen of injectie-ankers toe te passen). Hiermede wordt bereikt dat ook tijdens de uitvoering de dijk minimaal behoeft te worden aangetast.

Ankerstangen van verankerings-elementen dienen daarbij zodanig te worden gedimensioneerd dat breuk in de ankerstang optreedt voordat het achterliggende schot uit de grond wordt getrokken.

5

Uitvoering, beheer en onderhoud

5.1 Uitvoering

Bij het beoordelen van een ontwerp voor een bouwwerk in een waterkering dient niet alleen te worden nagegaan of de uitgangspunten die aan het ontwerp ten grondslag liggen, in acht worden genomen, doch er dient in het bijzonder op te worden gelet of de belangen ten aanzien van de waterkering in voldoende mate worden behartigd in de verschillende fasen van de uitvoering, welke belangen in een door de dijkbeheerder goed te keuren schema met tekeningen zouden moeten worden aangeduid. Het tijdstip van uitvoering van het werk in de waterkering moet, indien mogelijk, buiten het jaargetijde met voor de waterkering ongunstige omstandigheden vallen, ten einde het risico bij de uitvoering te beperken.

Voor al bij werken, waarvan de uitvoering zich noodzakelijkerwijs zal uitstrekken tot in perioden met voor de waterkering ongunstige omstandigheden, zullen de nodige veiligheidsmaatregelen in de verschillende bouwfasen kritisch moeten worden gezien en nauwkeurig in acht worden genomen, ook in de maar kort durende situaties van overgang van de ene bouwfase naar de volgende. Dit geldt zowel voor werkzaamheden in de bouwput als voor de betrokken waterkering ter plaatse in haar geheel.

Elke afwijking van het uitvoeringsschema zal opnieuw aan een oordeel in bovenstaande zin moeten worden onderworpen.

Een onafgebroken toezicht door deskundigen op de uitvoering van dit soort bouwwerken is vereist, ook tijdens elke onderbreking der werkzaamheden.

5.2 Voorzieningen ten behoeve van de controle

In het ontwerp behoren op goed toegankelijke plaatsen in het kunstwerk mogelijkheden te worden voorzien voor een regelmatige controle van die delen van het bouwwerk welke voor de instandhouding van het waterkerend vermogen en van de stabiliteit van essentiële betekenis zijn. Bedoeld wordt onder meer controle op

5 Uitvoering, beheer en onderhoud

stortebedden, kwelschermen, draaipunten en aanslagen van afsluitmiddelen; voorts het plaatsen van apparatuur voor het bepalen van plaatselijke waterspanningen (met behulp van waterspanningsmeters of peilfilters) en voor het meten van zettingen (met behulp van zakbaken).

Ten behoeve van controles van gedeelten van het bouwwerk die zich gewoonlijk onder water bevinden, verdient het aanbeveling tijdelijke droogzetting met behulp van noodafsluitingsmiddelen, zoals schotbalken, schipdeuren, e.d. mogelijk te maken. Deze noodafsluitingsmiddelen kunnen bovendien in bijzondere omstandigheden (dreigende doorbraak, oorlogstijd) worden gebruikt.

Voorts kan worden overwogen van nader te bepalen afsluitmiddelen of onderdelen daarvan (sluisdeuren, schuiven, rinketten, kleppen, aandrijfmechanismen) reserve-exemplaren in voorraad te nemen, niet alleen om de oude zo nodig onmiddellijk te kunnen vervangen, doch ook ten einde zonder noemenswaardige stagnatie, in gebruik zijnde middelen tijdelijk te kunnen demonteren voor nadere controle of reparatie.

5.3 Onderhoud

Op basis van de regelmatig te houden inspecties, ook onder water, voor zover nodig, bijvoorbeeld met behulp van eerder genoemde noodafsluitingsmiddelen of een taatskuip, dan wel met inschakeling van een duiker of een kikvorsman, dient de aard van de onderhoudswerkzaamheden te worden bepaald. Deze werkzaamheden dienen tijdig en op deskundige wijze te worden uitgevoerd, met inachtneming van de nodige voorzorgsmaatregelen, in het bijzonder met betrekking tot het intact houden van de waterkerende functie van waterkering annex bouwwerk.

De in gebruik zijnde afsluitmiddelen die een essentiële waterkerende functie hebben en aan corrosie of slijtage onderhevig zijn, moeten op snelle wijze, bij voorkeur volgens een vast onderhoudsschema, kunnen worden verwisseld voor in reserve gehouden exemplaren, zodat het onderhoud of het vervangen van bepaalde onderdelen

5 Uitvoering, beheer en onderhoud

van de afsluitmiddelen in een afzonderlijke, daartoe geschikte (overdekte) ruimte (deurenloods) kan plaatsvinden, zonder daarbij sterk aan tijd te zijn gebonden.

Het is van belang keermiddelen of onderdelen daarvan die niet regelmatig worden gebruikt (stormvloeddeuren, coupure-sluitingen) op gezette tijden (een of meer keren per jaar) onder praktijkomstandigheden te doen beproeven door het normale hiervoor aangewezen personeel, zulks ter bewaking van de bedrijfszekerheid en instandhouding van de paraatheid en bedrijfsvaardigheid van het bedienend personeel. Daarbij aan de dag tredende defecten of storingen dienen terstond te worden hersteld, onderscheidenlijk opgeheven.

5.4 Oude bouwwerken in waterkeringen

Bij bestaande constructies in waterkeringen, vooral indien het reeds zeer oude bouwwerken betreft, dient zorgvuldige en deskundige controle frequenter te worden uitgevoerd dan voor een meer recente constructie gebruikelijk is.

Indien de constructie niet meer blijkt te voldoen aan de thans te stellen eisen van sterkte, stabiliteit en waterkerend vermogen, dan moet zij worden vervangen of vernieuwd, dan wel op verantwoorde wijze versterkt, althans indien verwijdering van het bouwwerk op overwegende bezwaren zou stuiten. De waterkeringsbelangen dienen evenwel onder alle omstandigheden primair te worden gesteld. Wanneer een constructie of een constructie-onderdeel niet wordt verwijderd, dient dit duidelijk te worden geregistreerd. In zulk een geval zal, uit veiligheidsoverwegingen, een extra opslag van goed te onderhouden noodmaterialen (bijvoorbeeld zandzakken, dijkzeilen) in de naaste omgeving van het bouwwerk, aanbeveling verdienen.

Oude constructies die geen functie meer hebben dienen uit de waterkering te worden verwijderd, voor zover zulks in het belang is voor een goede instandhouding van de waterkering. Zo zal het dikwijls ongewenst zijn oude paalfunderingen op te ruimen. Het in

5 Uitvoering, beheer en onderhoud

de oorspronkelijke staat terugbrengen van de waterkering ter plaatse zal overigens met dezelfde zorg moeten gebeuren als voor de aanleg van een nieuwe dijk geldt, waarbij bijzondere aandacht moet worden geschonken aan de aansluitingen aan het oude dijklichaam aan beide zijden.

Samenstelling van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen

Ir. J. B. Schijf	oud-hoofdingenieur-directeur van de Rijkswaterstaat
Ir. J. F. Agema	hoofd van de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst van de Rijkswaterstaat
Ir. W. de Beijl	hoofdingenieur-directeur van de Provinciale Waterstaat in Zeeland
Ir. W. Bokhoven	directeur van het Laboratorium voor Grondmechanica te Delft
Prof. dr. ir. E. W. Bijker	hoogleraar aan de Technische Hogeschool te Delft
Ir. H. de Groot	hoofd van de Technische Dienst van het Hoogheemraadschap van Rijnland
Ir. W. F. Hooning	hoofd van de Dienst der Zuiderzeewerken van de Rijkswaterstaat
Ir. C. P. Kallewaard	hoofd van de Technische Dienst van het Waterschap Maaskant
Ir. H. M. Oudshoorn	hoofdingenieur-directeur van de Rijkswaterstaat in de directie Waterhuishouding en Waterbeweging
Ir. A. Paape	hoofd van het Waterloopkundig Laboratorium te Delft
Ir. P. W. Roest	hoofd van het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen
Prof. ir. P. A. van de Velde	hoogleraar aan de Technische Hogeschool te Delft
Prof. dr. ir. A. Verruijt	hoogleraar aan de Technische Hogeschool te Delft
Ir. H. Visser	hoofd van de Technische Dienst van het Waterschap Walcheren
Ir. H. Wieringa	hoofdingenieur-directeur van de Provinciale Waterstaat in Overijssel
Ir. H. Zandvoort	hoofdingenieur-directeur van de Provinciale Waterstaat in Friesland
Secretaris	
Ir. W. van der Kleij	hoofd afdeling Waterkeringen en Landaanwinning van de Hoofddirectie van de Waterstaat
Adjunct-secretaris	
Ir. J. M. Goppel	Centrum voor Onderzoek Waterkeringen

De Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen werd door de Minister van Verkeer en Waterstaat ingesteld.

De commissie adviseert de minister omtrent alle technisch-wetenschappelijke aspecten die van belang kunnen zijn voor een doelmatige constructie en het onderhoud van waterkeringen, dan wel voor de veiligheid van door waterkeringen beschermde gebieden.