



Asfalt in de waterbouw

· Asfalt
in de waterbouw

Inhoud

Voorwoord	3
Totstandkoming van de leidraad voor toepassing van asfalt in de waterbouw; voorgeschiedenis, opzet en toekomstig gebruik door ir. E. H. Ebbens, Centrum voor Onderzoek Waterkeringen, 's-Gravenhage	4
Overzicht asfalttoepassingen in de waterbouw door Prof. ir. J. F. Agema, Vakgroep Waterbouwkunde, Afdeling der Civiele Techniek, Technische Hogeschool, Delft	6
Materiaaltechnologie door H. J. A. J. Gruis, Afdeling Waterbouwmaterialen, Wegbouwkun- dige Dienst, Delft	25
Ontwerpen van waterbouwkundige asfaltbekledingen door ir. J. A. van Herpen, Vakgroep Waterbouwkunde, Afdeling der Civiele Techniek, Technische Hogeschool, Delft	33
Resultaten uit recent onderzoek door ir. H. Roos, Bitumarin B.V., Zaltbommel	46
Uitvoering van bitumineuze dijkbekledingen door ir. G. L. M. Mulders, Bitumarin B.V., Zaltbommel	56
Bouwen en beheren door ir. W. Bandsma, Afdeling Waterbouwmaterialen, Wegbouwkundige Dienst, Delft	69
Beheer en onderhoud van waterkeringen door ing. L. A. Philipse, Waterschap Fryslân, Harlingen	75

Voorwoord



Prof. ir. P. A. van de Velde

De laatste tijd staat, na jaren van betrekkelijke stilte, de waterbouwkundige toepassing van asfalt weer terecht in de belangstelling. Terecht, gezien het grote aandeel van dit materiaal in de Nederlandse waterbouw.

De hernieuwde aandacht is mede te danken aan de onlangs door de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen uitgebrachte „Leidraad voor de toepassing van asfalt in de waterbouw”. Deze leidraad vormt de afronding van een project dat in 1980 door werkgroep 4 van de T.A.W., die zich bezighoudt met dijkbekledingen, is aangevangen met als doel richtlijnen op dit gebied te vervaardigen. De tijd werd hiertoe rijp geacht gezien de vele nieuwe ontwikkelingen sinds het in 1961 verschenen „Voorlopig Rapport” van de Commissie Gesloten Dijkbekledingen.

Dit project is op zijn beurt weer onderdeel van het gehele gebeuren met betrekking tot de waterbouwkundige toepassing van asfalt die in Nederland in de dertiger jaren van deze eeuw aanving met de afdichting van het Julianakanaal en de versteviging van natuursteenbekledingen in het IJsselmeer en aan de kust van Delfland, en waarvan voorlopig, mede gezien de laatste ontwikkelingen, het einde nog niet in zicht is.

Hoewel is getracht de leidraad zo toegankelijk mogelijk te maken, kan het voor de leek wellicht moeilijk zijn met behulp ervan in het vakgebied thuis te raken. Deze V.B.W.-brochure, „Asfalt in de waterbouw”, die als het ware een vervolg is op de vele publicaties die de Vereniging voor Bitumineuze Werken indertijd met betrekking tot dit onderwerp liet verschijnen, vult die leemte op. Toch mag ze niet als een verlengstuk van de leidraad beschouwd worden. Het is een op zichzelf staand werk met een eigen karakter dat de leidraad niet alleen aanvult, maar ook een duidelijke achtergrondinformatie biedt. De artikelen, die samengesteld zijn uit de voordrachten, gehouden op een symposium ter introductie van de leidraad, belichten op goede wijze de verschillende invalshoeken van de diverse belangengroepen.

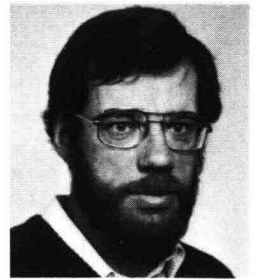
Ik geloof dat deze V.B.W.-brochure zowel voor de leek als voor de deskundige een uitstekende bijdrage kan bieden ter vergroting van de kennis met betrekking tot het gebruik van asfalt in de waterbouw en zeker een stimulans kan zijn voor toekomstige toepassingen.

Voor degenen die zich willen verdiepen in dit vakgebied beveel ik deze brochure dan ook van harte aan.

Prof. ir. P. A. van de Velde
Oud-Hoogleraar
Technische Hogeschool, Delft

Leiden, juni 1984

Totstandkoming van de leidraad voor toepassing van asfalt in de waterbouw; voorgeschiedenis, opzet en toekomstig gebruik



door: ir. E. H. Ebbens,
Centrum voor Onderzoek
Waterkeringen,
's-Gravenhage

Al sinds geruime tijd worden in Nederland op grote schaal asfaltprodukten in de waterbouw toegepast, vooral sedert de overstromingsramp van 1953. Na de ramp moesten in korte tijd veel waterkeringen worden hersteld, terwijl er gebrek was aan voldoende klei en zetsteen. Ook werd in verband met het bezwijken van dijken tijdens de ramp als een voordeel gezien dat met asfalt een waterdichte bekleding kon worden gerealiseerd, waarmee stabiliteitsverlies van met name het binnentalud door indringing van water zou worden beperkt.

De ervaringen, opgedaan met de werken na de ramp, waren zodanig, dat toepassing van asfaltbekledingen op grote schaal werd overwogen bij de uitvoering van de Deltawerken.

Het werd mede daarom wenselijk geacht om richtlijnen op te stellen. Hiertoe werd in 1956 de Werkgroep Gesloten Dijkbekledingen opgericht. Deze groep, die zich vrijwel uitsluitend met asfalt bezig heeft gehouden, rondde haar werk af met het bekende „Voorlopig Rapport 1961”. Zoals uit de naam van dat rapport blijkt, vond de werkgroep dat haar werk nog niet was afgerond.

In 1965 is de Commissie Verdichting Asfaltdijktaluds ingesteld. De tot 1965 aangelegde bekledingen van waterbouwasfaltbeton bleken vaak grote holle ruimte percentages te hebben. Hierdoor zou een te snelle achteruitgang van de sterkte optreden. De commissie hanteerde als uitgangspunt dat de hoeveelheid holle ruimte het primaire criterium voor de levensduur van de asfaltconstructie zou zijn.

Het in 1975 verschenen Eindverslag van de commissie is derhalve beperkt tot het probleem van een optimale samenstelling en verwerking van waterbouwasfaltbeton van dijktaluds voor het verkrijgen van een minimale holle ruimte.

Inmiddels was in 1965 de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (T.A.W.) opgericht. Eén van de taken van de T.A.W. was de voortzetting van het werk van de Werkgroep Gesloten Dijkbekledingen.

De sinds het verschijnen van het Voorlopig Rapport 1961 sterk uitgebreide kennis en de behoefte om deze kennis vast te leggen en toegankelijk te maken voor de praktijk (hetgeen een belangrijke taak is van de T.A.W.) heeft geleid tot de oprichting van de subwerkgroep 4A „Leidraad asfaltbekledingen” van de T.A.W.

De werkgroep werd samengesteld uit vertegenwoordigers van aannemers, Rijkswaterstaat, Technische Hogeschool Delft en Laboratorium voor grondmechanica, en kreeg de volgende taken:

- Inventariseren van de bestaande kennis
- Uitvoeren van onderzoek
- Schrijven van een leidraad voor ontwerp, uitvoering, beheer en onderhoud.

Voor deze werkzaamheden werd voor een periode van drie jaar een projectleider, ir. J. A. van Herpen, aangetrokken.

Uitgangspunt van de werkgroep was een door enkele leden in de beginfase opgestelde matrix waarin per gangbare mengselsoort alle aspecten betreffende ontwerp, uitvoering, beheer en onderhoud werden aangegeven.

Op basis van deze matrix werd alle geïnventariseerde kennis samengevat in een tussenrapport. Vervolgens is commentaar gevraagd aan dijkbeheerders en deskundigen op een bepaald specifiek gebied van Deltadienst, Laboratorium voor grondmechanica, Shell en T.H.

Tevens zijn werkgroep 1 en 2 van de T.A.W. voor respectievelijk de krachten tengevolge van golven en de grondwaterstroming geraadpleegd. Daarna is de leidraad geschreven en via overleg met voornoemde groepen bijgesteld.

Een wat moeilijk punt hierbij was het karakter en de omvang van de leidraad. Het woord leidraad geeft aanleiding om te denken aan een beknopte presentatie van regels en aanbevelingen die direct om te zetten zijn in besteksbepalingen. Het bleek echter dat er behoefte was aan meer achtergrondinformatie, waarbij vooral ook het waarom van bepaalde aanbevelingen goed werd uiteengezet.

Verder is de kennis van vele aspecten nog zodanig, dat er nog geen eenduidige aanbevelingen te geven zijn en dat de leidraad dan beperkt moet zijn tot het noemen van alle relevante overwegingen pro en contra.

Tenslotte was een overweging dat de eigen verantwoordelijkheid van de ontwerper en/of beheerder beter tot zijn recht komt met niet te strakke regels. Mede door de vele beschikbare kennis die vergaard was bij de bouw van havendammen en bij de bouw van de grote dammen in Zeeland, is de verzamelde kennis niet alleen van toepassing op waterkeringen. Dit is de reden dat voor de leidraad de naam „**Toepassing van asfalt in de waterbouw**” is gekozen.

Dankzij de grote inspanning van alle betrokkenen is een zeer bruikbare leidraad tot stand gekomen, waar echter nog wel de nodige leemten in kennis aanwezig zijn. Belangrijk is dat nu alle aspecten, gezien vanuit verschillende invalshoeken, in een samenhangend geheel zijn geplaatst. Bij toekomstig overleg over projecten tussen instanties met verschillende belangen en/of van verschillende disciplines, zal de leidraad een basis kunnen zijn van waaruit een goede samenwerking met minder misverstanden over elkaars standpunt tot stand kan komen.

Het bij het ontwerp vanaf het begin mede beschouwen van voor de meeste civiel-technisch geschoolde waterbouwers vreemde elementen als met name de materiaaltechnologie, zal naar verwachting gemakkelijker plaatsvinden. Omgekeerd zal er aan de materiaaltechnologische kant meer duidelijkheid komen over welke specifieke materiaalparameters nodig zijn voor een goede dimensionering.

De komende tijd zal moeten blijken hoe de gebruiker in de praktijk zal oordelen. Reacties worden door de werkgroep zeer op prijs gesteld.

Bij het opstellen van de leidraad kwamen enige te verwachten toekomstige ontwikkelingen naar voren, die van belang zijn voor het toekomstig gebruik van de leidraad en voor toekomstig onderzoek. Naar verwachting zal er in de toekomst een verschuiving plaatsvinden van bouw naar beheer en onderhoud. Dit noopt tot bezinning over het beheer en onderhoud, het in samenhang zien van bouw en beheer en onderhoud (technisch en financieel) en de mogelijkheden van alternatieve ontwerpen.

Overzicht asfalttoepassingen in de waterbouw

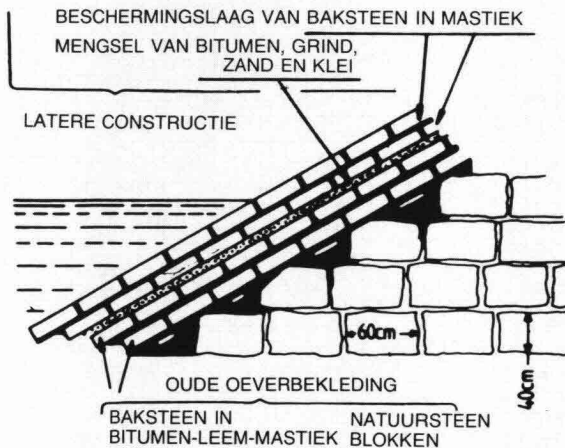


Inleiding

Natuurlijk asfalt werd reeds enige duizenden jaren geleden in het Midden-Oosten gebruikt voor het afdichten van irrigatiewerken. Een voorbeeld hiervan wordt gegeven in fig. 1, die een waterdichte oeverbekleding uit ca. 1300 jaar voor Christus aan de oevers van de Tigris laat zien.

door: Prof. ir. J. F. Agema,
Vakgroep Waterbouwkunde,
Afdeling der Civiele
Techniek, Technische
Hogeschool Delft

Na lange tijd in de vergetelheid te zijn geweest vindt in Nederland sinds 1934 weer toepassing van asfalt in de waterbouw plaats toen een gedeelte van het Julianakanaal van een bitumineuze bodem- en talusbekleding werd voorzien. Proeven met asfaltpenetratie van steenslag en gezette basaltzuilen werden in 1936 genomen door de Dienst Zuiderzeewerken en voor het vastleggen van de stortsteen van de strandhoofden in 1938 door het Hoogheemraadschap Delfland. Eerst na de tweede wereldoorlog werden asfaltmengsels en -constructies verder ontwikkeld en op grote schaal in waterbouwkundige werken toegepast. Een en ander was mogelijk door een nauwe samenwerking tussen overheid en het bedrijfsleven. Hierdoor heeft Nederland inmiddels in de wereld een voor-
aanstaande positie op dit gebied kunnen veroveren.



Figuur 1:
Oeverbekleding langs de
Tigris ca. 1300 voor
Christus

Eigenschappen van asfaltmengsels

Asfaltmengsels bestaan uit een mineraalaggregaat (zand, vulstof, grind of steenslag) en bitumen. Doordat het bindmiddel bitumen visco-elastisch is, is het mengsel dit eveneens. Hierdoor kan het onder langzaam veranderende belastingen vervormen, terwijl bij belastingen van korte duur het materiaal zich als een vaste elastische stof gedraagt. De sterkte van het asfaltmengsel wordt mede bepaald door het mineraalaggregaat, die aan het materiaal een zekere stijfheid verleent. Dit is onder meer afhankelijk van de afmetingen en vorm van de mineraalkorrels en door de mengverhouding van mineraal en bitumen.

Mede afhankelijk van het al of niet vullen van de holle ruimte van het minerale mengsel met fijner aggregaat en/of bitumen worden voorts waterdichte of waterdoorlatende asfaltmengsels verkregen.

Soorten asfaltmengsels

Asfalt wordt in de waterbouw zowel in situ als geprefabriceerd aangebracht. Van de in situ aan te brengen mengsels worden onderscheiden:

a. Waterdichte mengsels

- penetratiemortels (zand, vulstof, bitumen, en eventueel steenslag of grind), ook wel gietasfalt voor penetreren van steen genoemd;
- mastiek (zand, vulstof en bitumen), ook wel gietasfalt voor slabben genoemd;
- asfaltbeton (steenslag of grind, zand, vulstof en bitumen);
- dicht steenasfalt (steen waarvan de holle ruimten worden gevuld met mastiek of penetratiemortel).

b. Waterdoorlatende mengsels

- zandasfalt (zand en bitumen), tegenwoordig opnieuw gebitumineerd zand genoemd;
- open steenasfalt (kalksteen en mastiek).

In figuur 2 is een overzicht gegeven van de samenstelling van deze mengsels.

Voorts zijn geprefabriceerde asfaltprodukten ontwikkeld:

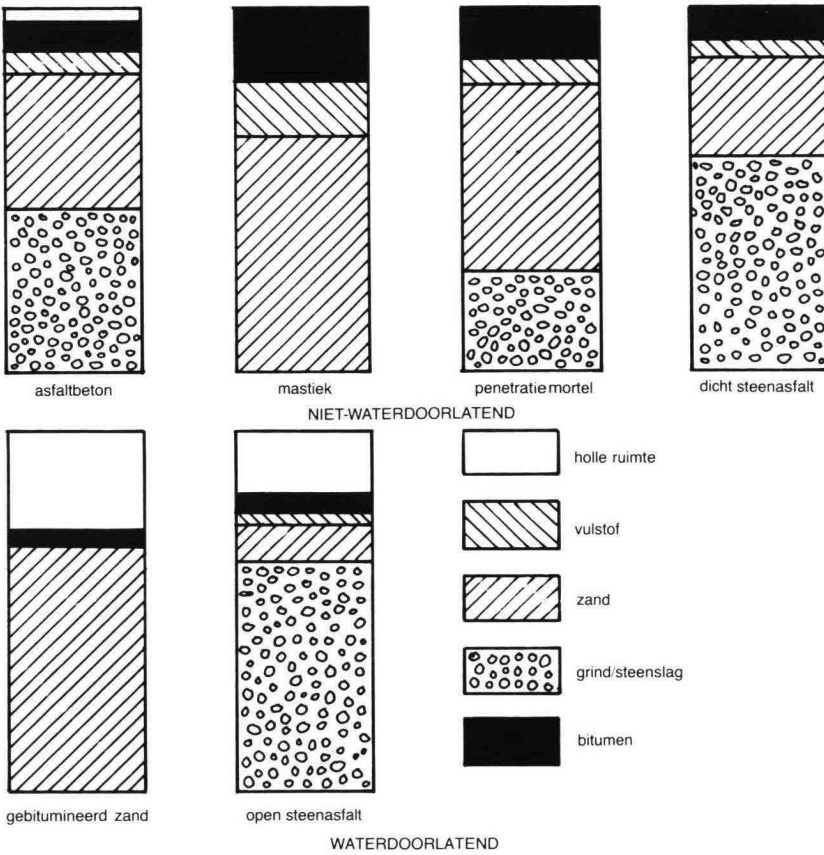
c. Waterdichte

- matten van mastiek gewapend met sisaltouw en soms staaldraad. Deze produkten worden niet meer toegepast;
- membranen (dunne bitumenlagen versterkt met kunststofdoek).

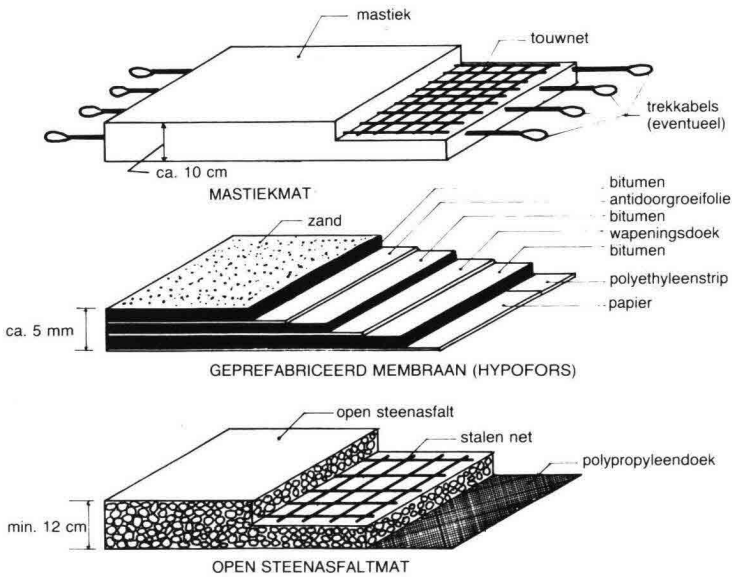
d. Waterdoorlatende

- open steenasfaltmatten (open steenasfalt op een filterdoek en gewapend met staalgaas).

Figuur 3 geeft een indruk van de constructie van deze geprefabriceerde asfaltprodukten.



Figuur 2:
Waterbouwkundige asfaltmengsels



Figuur 3:
Waterbouwkundige geprefabriceerde asfaltproducten

Functies

Door de verschillende, daarop afgestemde asfaltmengsels kunnen de volgende functies worden vervuld:

Verdediging tegen golven en stroom

Het betreft voorzieningen tegen golfbewegingen en stromingen veroorzaakt door de natuur (getij, e.d.) of de scheepvaart.

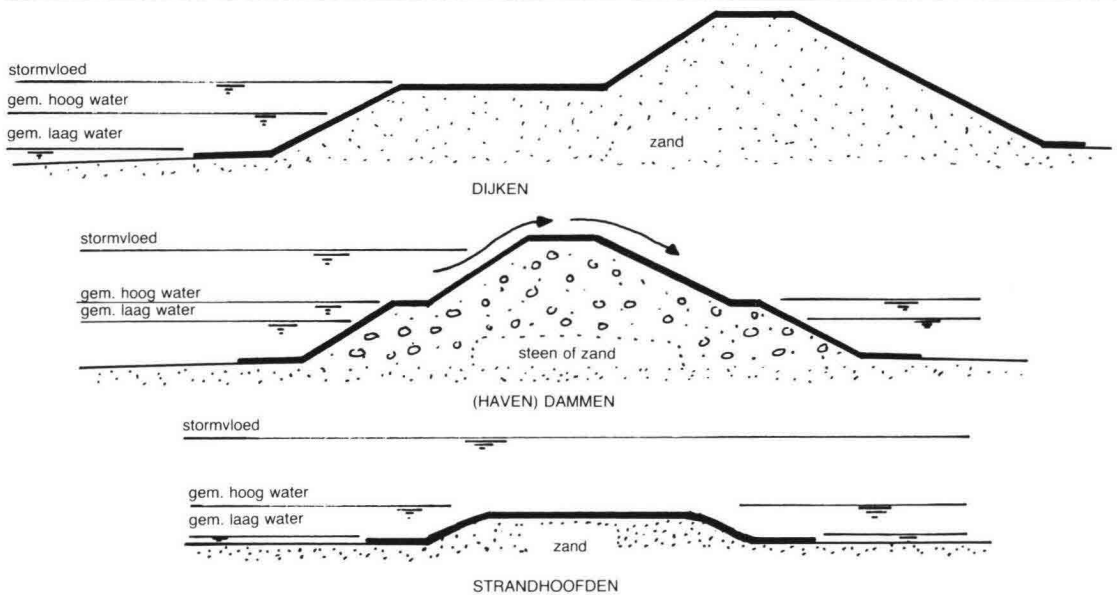
- Talud- en kruinbekledingen van dijken, dammen en strandhoofden (zie fig. 4)
 - onder water
 - in de waterstand- en golfzône
 - in de golfoploop en overloopzône
- Taludbekledingen van havenbekkens, kanalen, etc. (fig. 5)
- Bekledingen onder water voor de verdediging van oevers en het vastleggen van de bodem bij afsluitingen, stormvloedkeringen, stroomsluizen, e.d. (fig. 6).

Afdichting tegen waterbeweging

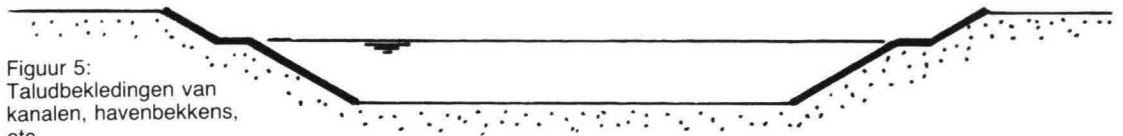
Hieronder worden verstaan maatregelen die ten doel hebben de waterbeweging door of onder een constructie te voorkomen of te beperken.

- Talud- en bodembekledingen van kanalen, reservoirs, e.d., een „scherm” in de kern van reservoirdammen, ter beperking van waterverlies (fig. 7);

Figuur 4:
Bekledingen van dijken,
(haven)dammen en
strandhoofden



Figuur 5:
Taludbekledingen van
kanalen, havenbekkens,
etc.



- Beïnvloeding van grondwaterstanden van gebieden langs kanalen, reservoirs, etc.;
- Voorkomen van verontreinigingen van (grond)water en bodem in gebieden langs reservoirs, putten, stroomkanalen e.d. waarin zich voor de omgeving schadelijke stoffen bevinden (b.v. vuilopslagplaatsen, koelwateruitlaten, etc.);
- Reductie van grondwaterstanden, -stromingen en -drukken in en onder lichamen van dijken, dammen, e.d. i.v.m. de stabiliteit ervan (glijvlakken, zettingsvloeiingen, zandmeevoerende wellen, etc.) fig. 8.

Steunkaden

Toepassing bij de opbouw van zandlichamen onder water met stroom- en golfinvloed en in de waterstands- en golfzône (fig. 9a).

Kernmateriaal

Toepassing voor dammen onder omstandigheden genoemd onder steunkaden (fig. 9b).

Filterconstructies

Toepassing als overgangsconstructie van zand naar een open bekleding (steen- of asfalt) en van een zandaanvulling op een poreuze stenen dam (fig. 10).

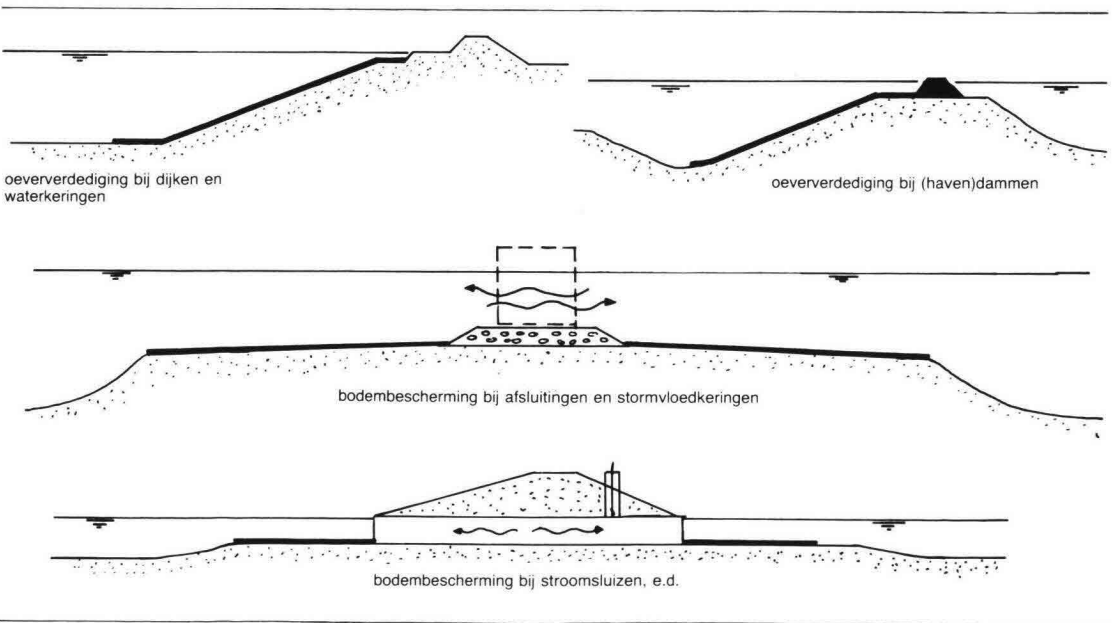
Verkeersdrager

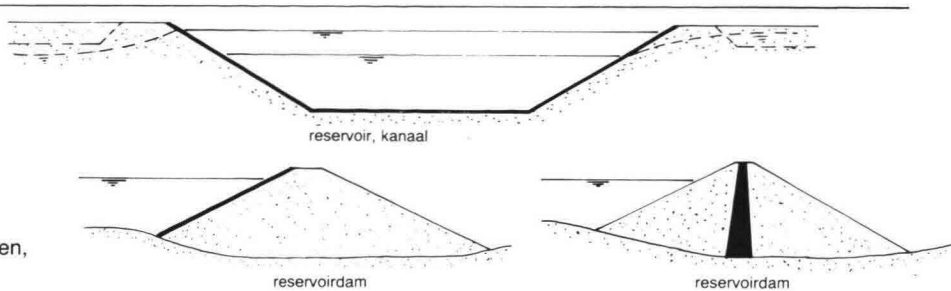
Voor onderhouds-, recreatie- en ander verkeer.

Bijzondere toepassingen

Combinaties van voorgaande functies

Figuur 6:
Verdedigingen onder
water en bodembescher-
mingen

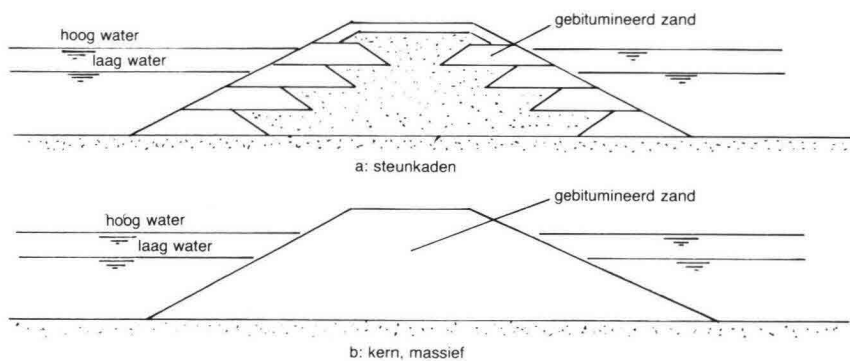




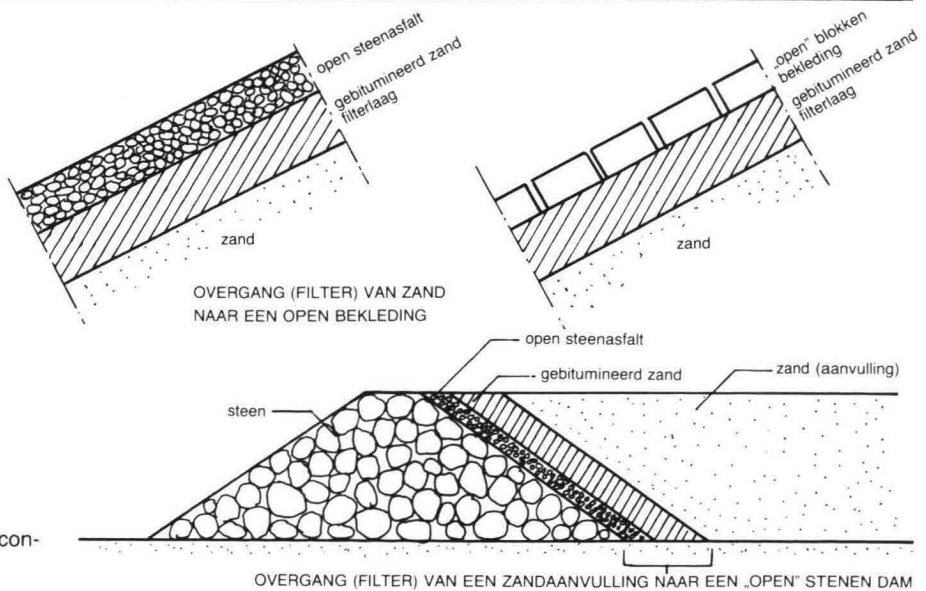
Figuur 7:
Afdichting van kanalen,
reservoirs, etc.



Figuur 8:
Reductie van grondwater-
stromen en -standen



Figuur 9:
Toepassing van gebitu-
mineerd zand bij de op-
bouw van dammen



Figuur 10:
Toepassing als filtercon-
structie

Toepassingen

Dijken en waterkerende dammen

Westkapelse zeedijk (1946 e.v.)

De eerste toepassing van asfalt voor dijkbekledingen betrof het oorlogsschadeherstel van de Westkapelse Zeedijk. Hier moest een groot oppervlak aan bekledingen in korte tijd worden hersteld. Dit is mogelijk geworden door de aanwezige basaltzuilen en stortsteen te herschikken c.q. hervlijen en vervolgens te penetreren met gietasfalt (fig. 11). Met deze methodiek werden goede ervaringen opgedaan.

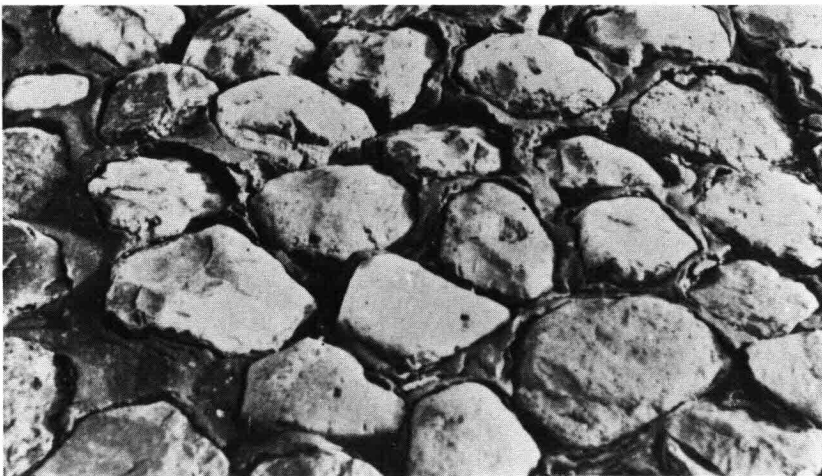
Dijken op Goeree-Overflakkee (1953)

Bij het rampherstel van de dijken op Goeree/Overflakkee is voor de bekleding van het buitentalud op grote schaal gebruik gemaakt van asfaltbeton op gebitumineerd zand (fig. 12). De teenconstructie wordt hier gevormd door een houten damwand met een „kreukelberm” van stortsteen gepenetreerd met gietasfalt. Ook hier moesten in korte tijd relatief grote lengten aan nieuwe dijken met hun bekledingen worden gerealiseerd.

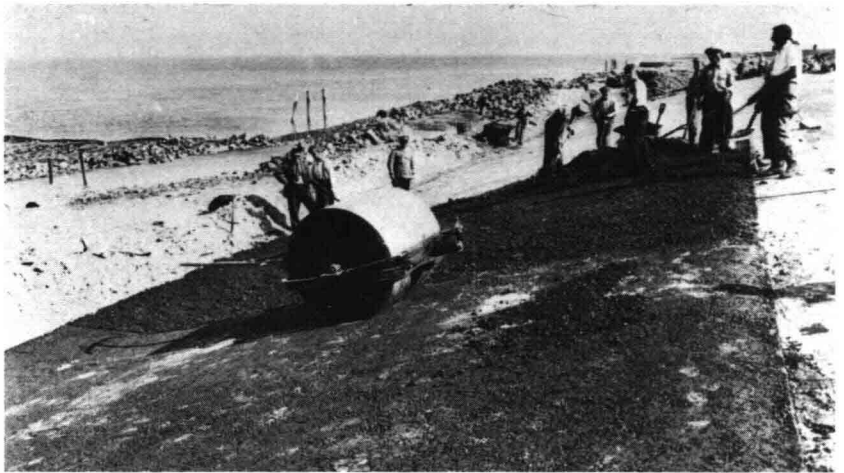
Meerdijk Oostelijk Flevoland

Een andere belangrijke ontwikkeling in asfaltconstructies vond plaats in 1951 e.v. bij de meerdijken van Oostelijk Flevoland (Zuiderzeewerken) welke tijdelijke functies vervulden. Hier werden gebitumineerd zand en asfaltbeton als taludbekleding en z.g. kraagstukken bestaande uit geprefabriceerde gietasfaltplaten, gewapend met een touwnet, toegepast (fig. 13). Deze platen werden geproduceerd op een rolbare vloer van een drijvende asfaltfabriek („Dorus Heymans”). Door de vloer onder een helling te brengen en te positioneren kan de plaat tegen de teenconstructie en op het onderwaterbeloop worden gelanceerd (fig. 14).

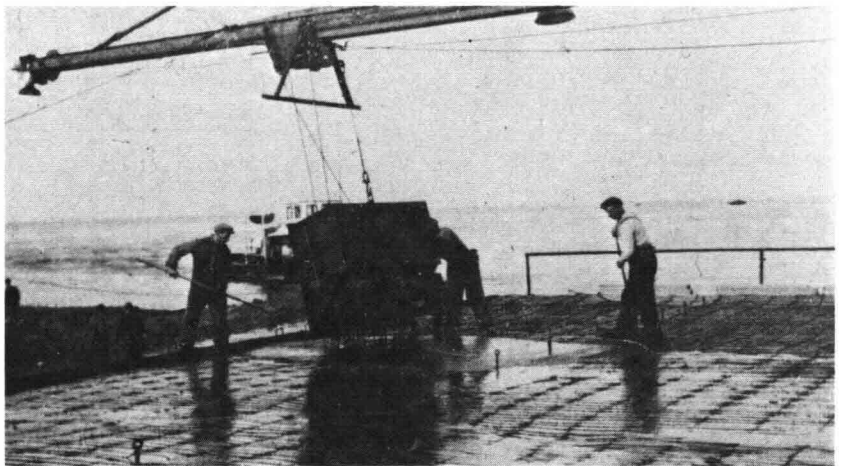
Discontinuïteiten in civiel-technische constructies en dus ook bij asfalttoepassingen, vereisen speciale aandacht. Ervaringen bij de meerdijk leerden dat de overgang van de taludbekleding (asfaltbeton) naar de gietasfaltkraagstukken (teenconstructie) zodanig moet zijn dat met name door de golfbeweging geen



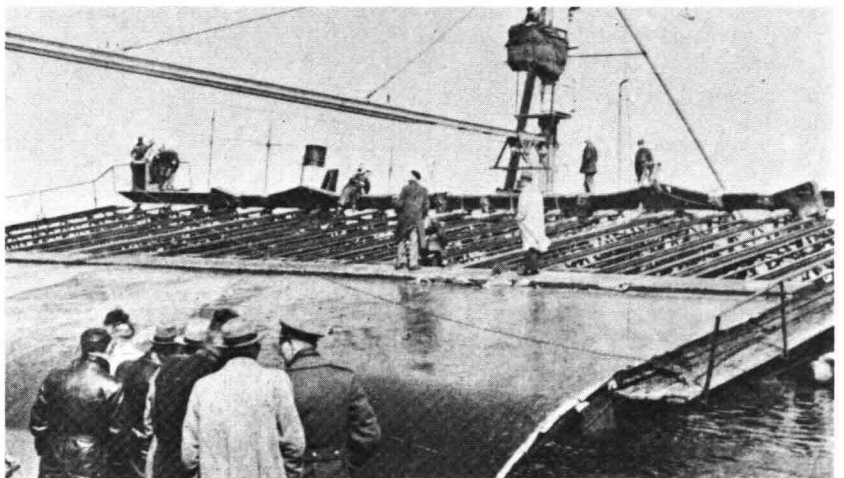
Figuur 11:
Penetratie van de basaltglooiing op de Westkapelse zeedijk met gietasfalt



Figuur 12:
Aanleg van de asfaltbe-
kleding op de dijken van
Goeree-Overflakkee



Figuur 13:
Fabricage van een
gietasfaltplaat aan boord
van de „Dorus Heymans”



Figuur 14:
Het aanbrengen van de
geprefabriceerde giet-
asfaltplaat

zand van onder de constructie kan verdwijnen door scheuren en naden. Een belangrijk aspect hierbij was dat de golfaanval hier vanwege de geringe waterstandsvariatie in een smalle zône is geconcentreerd. Figuur 15 geeft een beeld van de scheurvorming door verweking van de asfaltplaat als gevolg van het aanbrengen van het (hete) gebitumineerde zand. Hierbij ontstaat een versmolten dichte aansluiting. Door het wegvallen van de steundruk in de warme fase gaat de daarop steunende bekleding (ongelijk) kruipen waardoor scheurvorming optreedt.

De negatieve gevolgen van naden in de teenconstructie worden geïllustreerd aan de hand van figuur 16.

Uiteraard zijn afdoende oplossingen voorhanden, b.v. zoals gemaakt bij de Veerse Gatdam waar het uittreden van zand onmogelijk wordt gemaakt door stroken nylon.

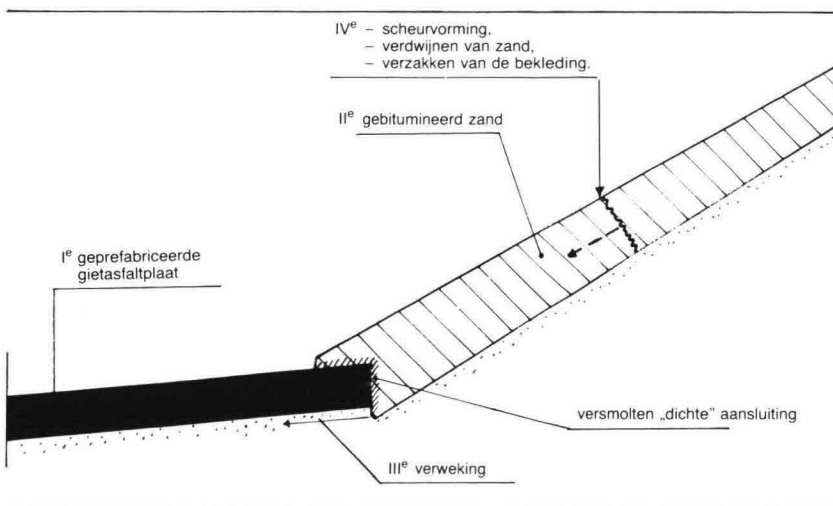
Voorts is gebleken dat gietasfaltplaten als gevolg van de zwaartekracht op het beloop „kruip” vertoonden, waardoor bij de overgang naar de berm insnoeringen en later scheuren en gaten ontstonden. Latere toepassing van steenasfaltmatten als kraagstuk vertonen deze effecten niet.

Deltawerken: bouwputdijken

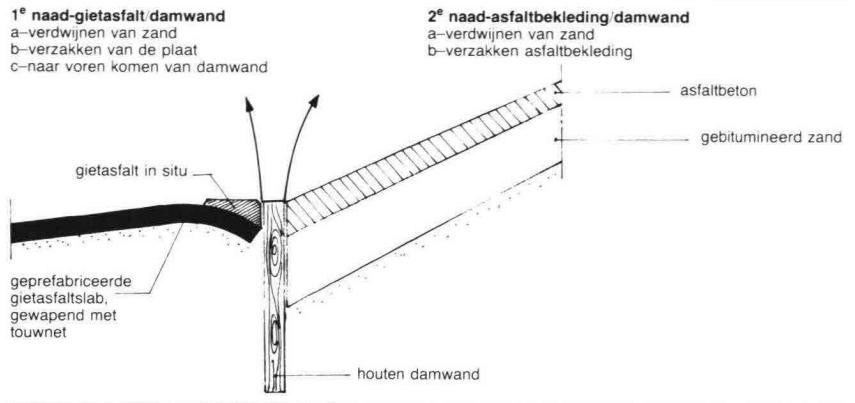
In het kader van de Deltawerken is sedert 1957 op grote schaal gebruik gemaakt van asfalt bij de bekleding van (tijdelijke) dijken, o.a. van bouwputten ten behoeve van de Haringvlietsluizen en de pijlers voor de stormvloedkering in de Oosterschelde.

Figuur 17 geeft een dwarsdoorsnede van de bouwputdijken van de Haringvlietsluizen. De bekleding bestaat hier uit asfaltbeton en gebitumineerd zand. Bij het ontwerp van civieltechnische constructies dient ook de bouwfase te worden betrokken. Dit wordt geïllustreerd door het openbarsten van de bekleding tijdens het uitvoeren van de spuitwerkzaamheden van het zandlichaam van de bouwputdijk. Er was onvoldoende rekening gehouden met de daardoor veroorzaakte waterdrukken onder de bekleding. Later is door toepassing van elektrische analogons de dimensionering toegankelijker geworden.

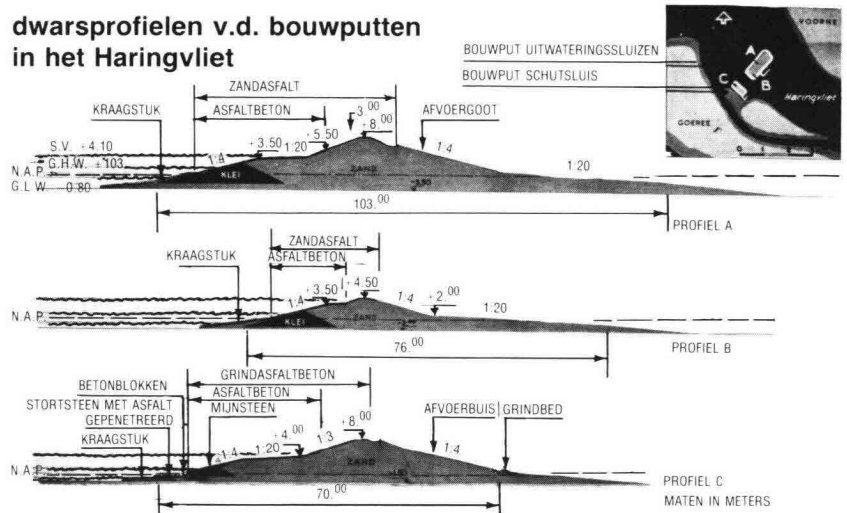
Ter beperking van de golfoploop zijn hier in de asfaltbetonbekleding putten gestampt. Elders is dit bereikt door het aanbrengen van ribbels (fig. 18).



Figuur 15:
Scheurvorming door verweking van de asfaltplaat als gevolg van het aanbrengen van het hete gebitumineerde zand. Hierbij ontstaat een versmolten dichte aansluiting. Door het wegvallen van de steundruk in de „warme fase” gaat de aansluitende bekleding „kruipen” en vormt zich een scheur



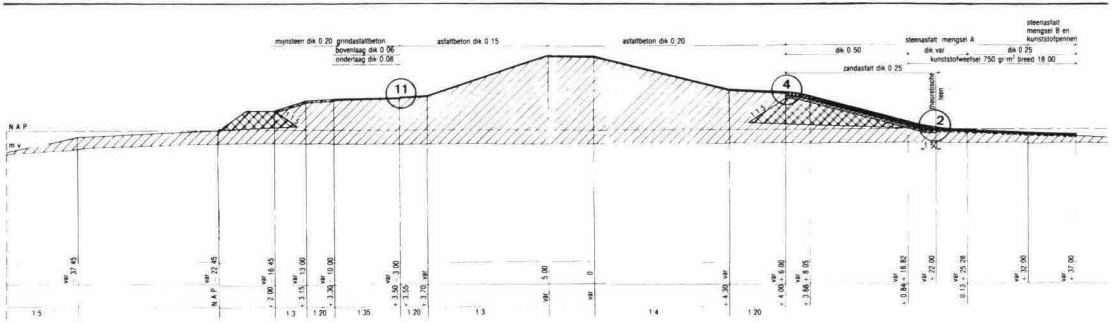
Figuur 16:
Verdwijnen van zand
door de naden van een
teenconstructie



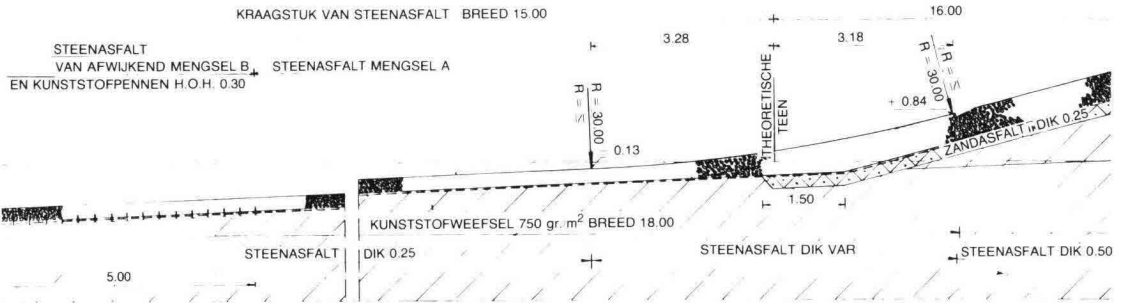
Figuur 17:
Dwarsprofielen van de
bouwputdijken in het
Haringvliet



Figuur 18:
Ribbels ter beperking
van de golfloop



DETAIL 2

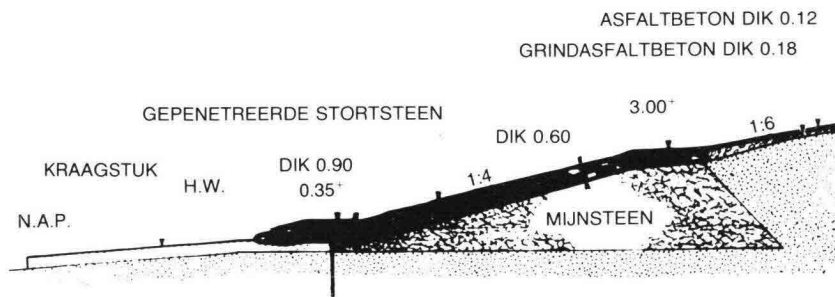


Het dwarsprofiel van de dijken van de bouwputten voor de pijlers van de stormvloedkering van de Oosterschelde is getekend in figuur 19. Hier is behalve asfaltbeton ook open steenasfalt als bekledingsmateriaal toegepast.

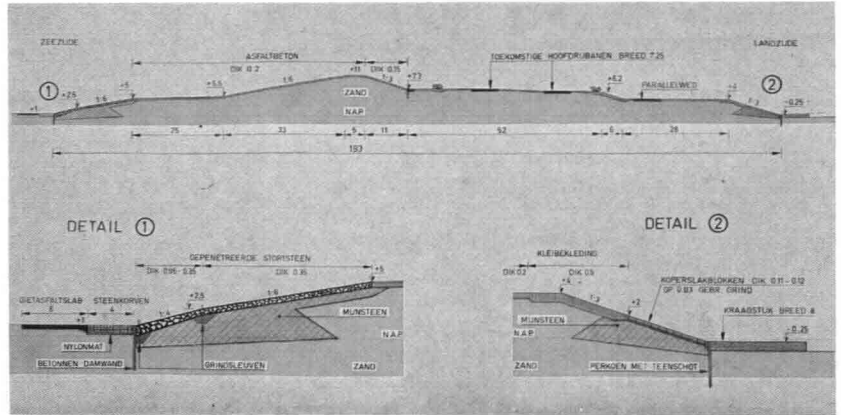
Figuur 19: Dwarsprofielen van de bouwputdijken t.b.v. de Oosterschelde stormvloedkering

Deltawerken; dammen

Een van de eerste dammen waar asfalt als definitieve constructie is toegepast betreft de Veerse gatdam. De bekleding bestaat geheel uit asfaltbeton, opge-



Figuur 20: Teenconstructie Veerse gatdam



Figuur 21:
 Dwarsprofiel dam Brouwershavense gat

bouwd uit twee lagen op het buitentalud en één laag op het binnenbeloop. De „kreukelberm” wordt gevormd door een gietasfaltslab. De oplossing van de teenconstructie is in figuur 20 afgebeeld.

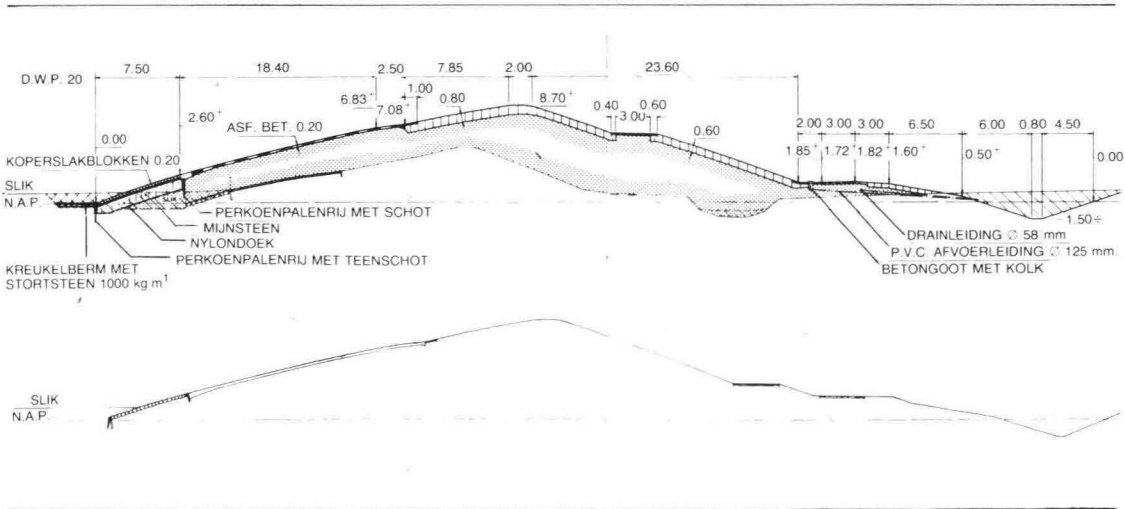
De Brouwersdam heeft een dwarsprofiel met buitenberm en is eveneens geheel bekleed met asphaltprodukten (fig. 21). Het benedentalud is bekleed met steen gepenetreerd met gietasfalt. Daarop aansluitend zijn de buitenberm, het boven-talud, de kruin en het binnentalud voorzien van asphaltbeton. De gehele bekleeding is dus waterdicht.

De buitenberm fungeert tevens als verkeersdrager t.b.v. de recreatie en het onderhoud. Aansluitend op een open gedeelte bestaande uit grind verpakt in gaas (gabions) is een slab van gietasfalt aangebracht die een eventuele verdieping van het voorland flexibel volgt.

Figuur 22:
 Doorsnede van een zee-dijk in Friesland

Dijken in Friesland

Tenslotte wordt nog in figuur 22 een recenter uitgevoerde asphaltbetonbekleding van een dijk van het waterschap Fryslân afgebeeld.



Havendammen, sluitkaden en strandhoofden

Havendammen

Een van de eerste toepassingen van asfalt voor havendammen is die van de Noorderhavendam te Harlingen in 1948 en 1949 (fig. 23). Voor de bekleding van het zandlichaam is gebruik gemaakt van zandasfalt, gietasfalt in situ en van geprefabriceerde platen van gietasfalt gewapend met een net van sisaltouw. Deze platen werden met behulp van een bok gelegd; ook werd reeds gebruik gemaakt van het afwikkelen van een (kleine) cylinder.

De uit een stenen kern bestaande nieuwe havendammen te IJmuiden (1963-1967) zijn onder en boven water bekleed met een relatief dikke laag dicht steenasfalt, te weten een type voor verwerking onder water en een type voor toepassing boven water, die voor dit werk zijn ontwikkeld (fig. 24).

Door temperatuursinvloeden van het zeewater deформeerde de steenasfaltlaag op het relatief steile beloop (1:1,75 onder water) meer dan was verwacht. Later is uit stabiliteitsoverwegingen over enkele trajecten een ballast van betonblokken aangebracht. Niettemin is een bevredigende golfbreker-conceptie ontstaan.

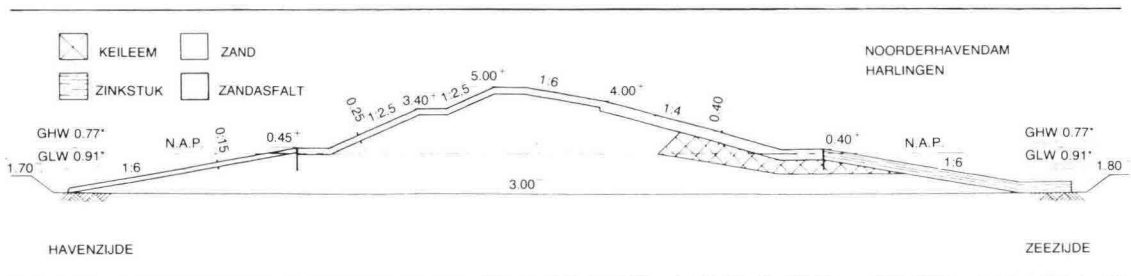
De splitsingsdam van de havenmond bij Hoek van Holland is een voorbeeld van een havendam waarvan behalve de bekleding ook de kern uit asfaltproducten is opgebouwd (fig. 25). De kern wordt gevormd door gebitumineerd zand en grind, terwijl de bekleding bestaat uit steen gepenetreerd met gietasfalt.

Op de diepere gedeelten is een onderbouw van steen toegepast. Dit is mede gedaan omdat proeven onder golfomstandigheden hadden aangetoond dat gebitumineerd zand als bulk „over de kop” gestort op een diepte van enkele meters beneden de waterspiegel door het optreden van glijvlakken niet kan worden opgebouwd. Op deze dam bevinden zich proefvakken van bekledingen van dicht- en open steenasfalt. Op de zwaar aangevallen kop van de dam is als proef toegepast patroonpenetratie met gietasfalt (penetratie volgens een vooraf vastgesteld stramien). Gebleken is dat deze constructie ondergedimensioneerd was. Met de „normale” asfaltconstructies zijn zowel tijdens de uitvoering als daarna gunstige ervaringen opgedaan.

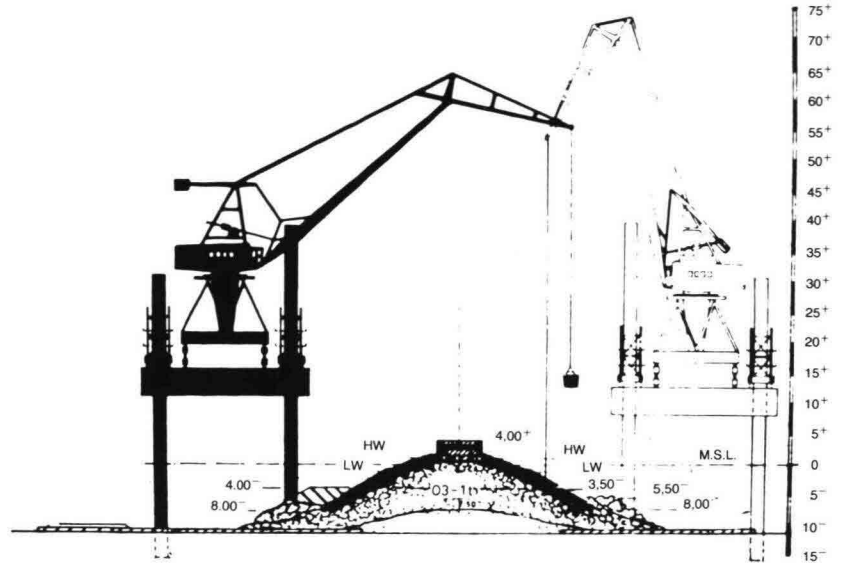
De havendammen van de werkhaven te Zeebrugge (1978-1980) zijn bekleed met open steenasfalt op steunkaden respectievelijk een laag van gebitumineerd zand (fig. 26).

Een van de laatste asfalttoepassingen voor golfbrekers zijn die bij Noordland (schutsluizen in de Oosterschelddam). Deze golfbrekers zijn in hoofdzaak uit

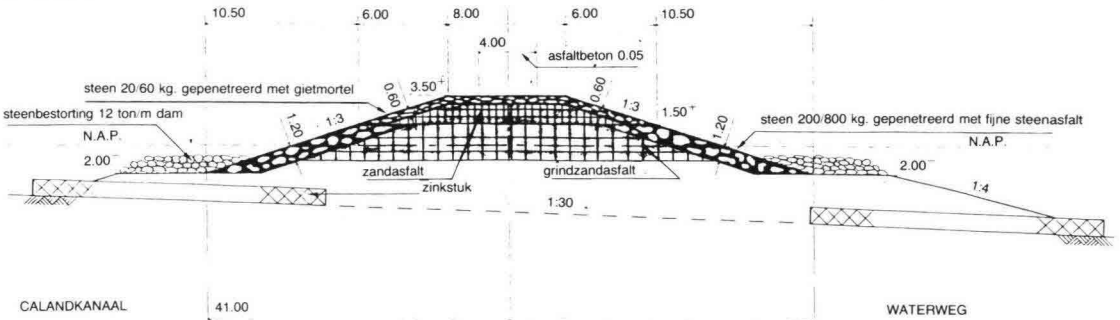
Figuur 23:
Noorderhavendam te
Harlingen



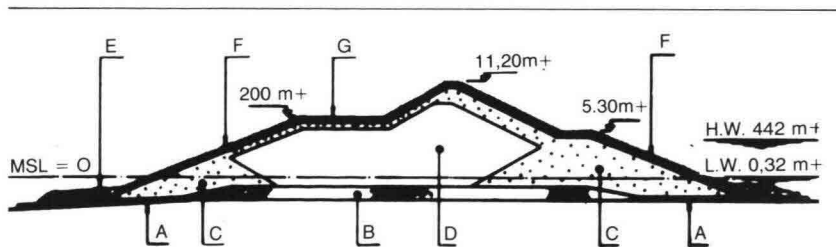
Figuur 24:
Havendam te IJmuiden



HAVENZIJDE

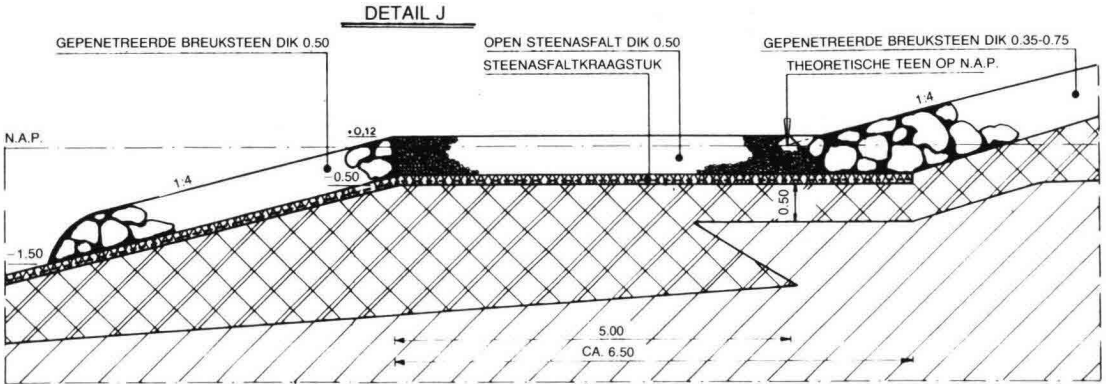
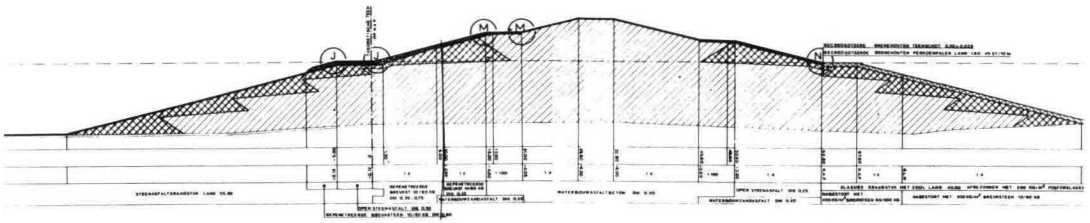


Figuur 25:
De splitsingsdam bij
Hoek van Holland



- | | |
|---------------|------------------------|
| A: Zinkstuk | E: Gepenetreerde steen |
| B: Grind | F: Fixtone |
| C: Zandasfalt | G: Zandasfalt |
| D: Zand | |

Figuur 26:
Doorsnede Havendam te
Zeebrugge



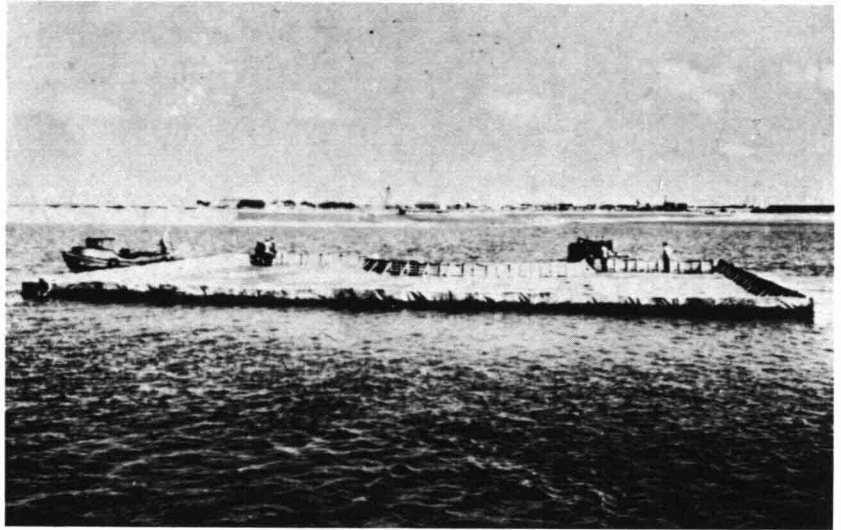
zand opgebouwd en bekleed met asfaltbeton en breuksteen gepenetreerd met gietasfalt (fig. 27). Voorts zijn kraagstukken toegepast van geprefabriceerde steenasfaltmatten die met behulp van een cylinder op de drijvende asfaltinstallatie „Jan Heymans” zijn afgerold.

Figuur 27: Doorsnede Havendam Noordland in de Oosterschelde



Figuur 28: Penetratie van de basaltbekleding van de strandhoofden bij Delfland

Figuur 29:
De geprefabriceerde
gietasfaltplaat wordt drij-
vend naar de afzink-
plaats gebracht



Sluitkades

Aangezien gebitumineerd zand een hoge weerstand tegen stroom heeft is het materiaal geschikt om er afsluitingen van getijgeulen e.d. mee te maken. Het onderste gedeelte kan opgebouwd worden met behulp van een varende onderlosser, waarbij het gebitumineerde zand wordt verpakt in gaas om spreiding van het materiaal te voorkomen. Het bovenste deel kan met kubels, grijpers e.d. worden gemaakt.

Strandhoofden

Reeds in 1938 zijn proeven genomen met het vastleggen met gietasfalt van bestaande strandhoofden van Delfland (fig. 28). Dit heeft ertoe geleid dat dit na de tweede wereldoorlog op grote schaal is toegepast. Ook voor de aanleg van strandhoofden op Texel is met succes genoemd principe toegepast, zowel voor de kern als voor de flanken met de kop.

Oever- en bodembescherming

In het voorgaande werd reeds gesproken over asfaltkraagstukken welke werden aangebracht met behulp van een rollende vloer (Dorus Heymans) (fig. 13 en 14) resp. drijvende bok en een (kleine) cylinder. Naast deze methoden is een drijvend systeem („van der Oord”) ontwikkeld. Dit werd bereikt door langs de randen van de gietasfaltplaat een tijdelijke wand van zeildoek gesteund door een houtkonstruktie op te richten. Door het toelaten van water in de aldus gevormde bak werd de asfaltplaat afgezonken. Figuur 29 toont zo'n zinkstuk t.b.v. de werken van de Marinehaven bij Den Helder, tijdens het transport. In 1951 zijn op de Nederlandse rivieren bodemverdedigingen gemaakt van gietasfaltplaten welke met een z.g. vacuümdoos zijn neergelaten.

Ten behoeve van de sluitingen van het Haringvliet (1955/1971) en het Brouwershavense Gat (1968-1970) is voor het eerst voor bodemverdedigingen gebruik gemaakt van gietasfalt dat onder water in situ werd aangebracht. Hierbij werd gietasfalt, via een verticale pijp met verdeelmond in stroken op de bodem

„gevloeid” vanaf een daartoe speciaal ontwikkelde drijvende asfaltinstallatie („Jan Heymans”). De naden werden overlappend uitgevoerd. Deze methode is ook toegepast bij de stormvloedkering in de Oosterschelde.

Voorts zijn voor de werken in de mond van de Oosterschelde geprefabriceerde steenasfaltmatten ontwikkeld en toegepast. Ze worden geproduceerd op de daartoe aangepaste drijvende installatie „Jan Heymans” en gewikkeld op een grote cylinder. Vervolgens worden ze na positionering van de cylinder op de bodem afgewikkeld (zie pagina 54 en verder). Dezelfde installatie en type mat zijn gebruikt voor de verdediging van een gedeelte van de oevers langs het Oosterscheldebekken. Slechts een bokconstructie is toegevoegd om de bovenkant van de mat op de juiste lokatie te kunnen aanbrengen. Deze methode is dezelfde als toegepast bij de eerder genoemde havendammen van Noordland.

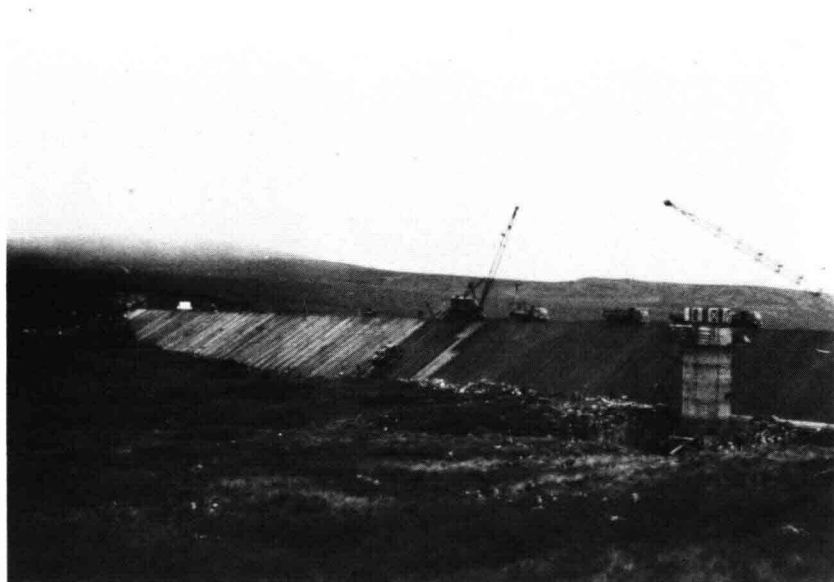
Tenslotte kan nog worden genoemd het leggen van geprefabriceerde open steenasfaltmatten die door middel van een aantal kabels aan een stalen frame hangen. Het geheel wordt op zijn plaats gebracht met een bok of kraan.

Reservoirs en kanalen

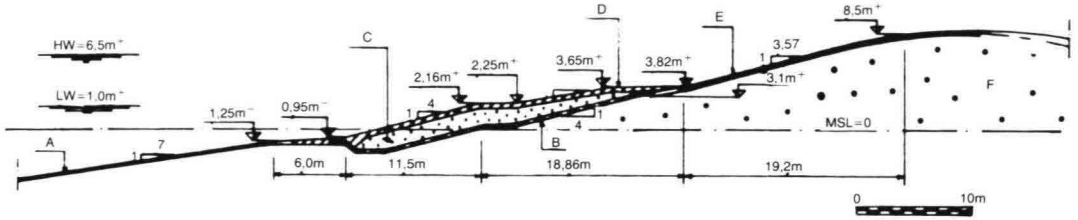
Afdichtingen

In de inleiding is genoemd dat reeds in 1934 ter voorkoming van waterverlies, de bodem en taluds van het gedeelte in ophoging van het Julianakanaal, met een laag asfalt zijn bekleed.

In ons land is een bijzonder interessante toepassing de talusbekleding onder en boven de wisselende waterspiegel van de drinkwaterspaarbekkens in de Biesbosch (1972-1973). Het benedendeel bestaat uit een kunststof versterkt asfaltmembraan, geballast met zand dat is beschermd met steen gepetreeerd met gietasfalt (fig. 30). Het bovendeele van het talud is opgebouwd uit twee lagen van grof en fijn asfaltbeton.



Figuur 30:
Bekleding van het drink-
waterreservoir in de
Biesbosch (1972-1973)



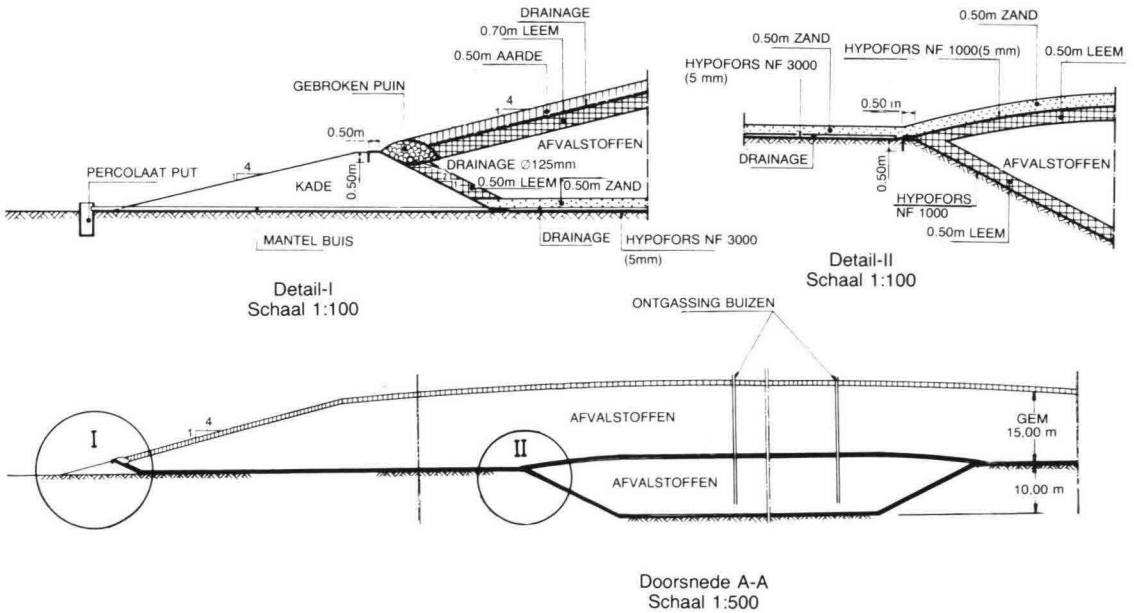
- | | | | |
|------------|--|------------|------------------------|
| A : | Sliblaag | D : | Gepenteerde stortsteen |
| B : | Kunststofversterkt bitumineus membraan | E : | Asfaltbeton |
| C : | Zandballast | F : | Ogespoten zand |

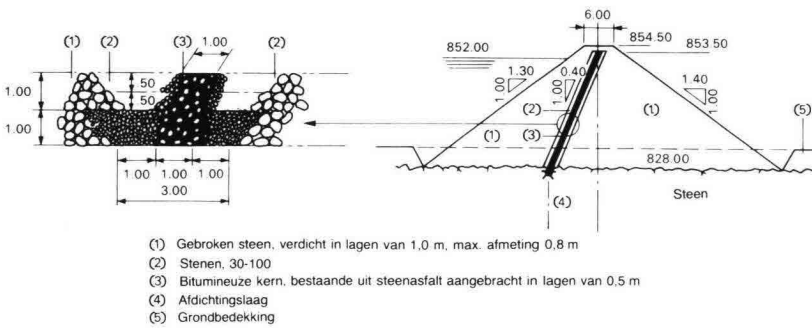
Figuur 31:
Afdichting van een afvalopslag met een geprefabriceerd bitumenmembraan (Hypofors) te Ouwsterhaule (Fr.)

Afdichtingen kunnen ook een functie hebben t.a.v. het beperken van verspreiding van verontreinigde (giftige) stoffen via het grondwater. Hiervan is de put te Ouwsterhaule (Fr.) een voorbeeld (fig. 31). De afdichting wordt verzorgd door een geprefabriceerd bitumenmembraan (Hypofors).

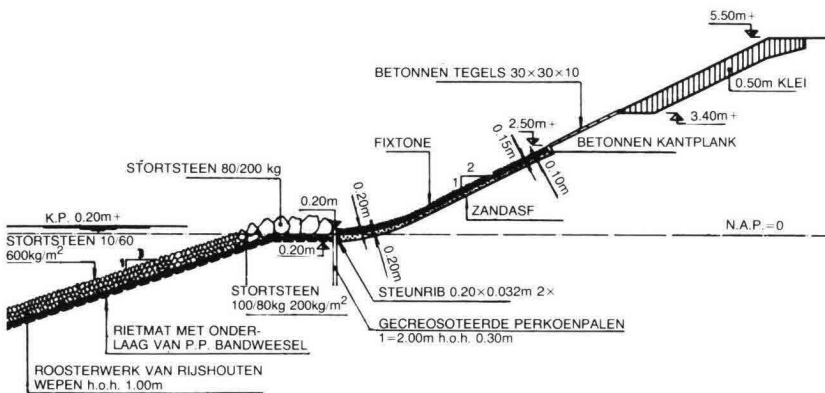
Figuur 32:
Aanleg van de asfaltbekleding van de Dungonnell dam (Noord-Ierland)

Dalafsluitingen of reservoirdammen (samengesteld uit grond of rots) worden veelvuldig afgedicht met asphalt. De afdichting kan worden uitgevoerd als oppervlaktebekleding (fig. 32), overeenkomende met de reeds in deze paragraaf genoemde oplossingen. Een andere toepassing vooral in rotسدammen is een (nagenoeg) verticale afdichtingslaag veelal bestaande uit steen gepenteerd





Figuur 33:
 Stortstenen dam met
 steenasfaltkern te Las-
 tioulles (Frankrijk)



Figuur 34:
 Oeververdediging van
 de Dintelhaven (Euro-
 poort – 1976)

met gietasfalt. De stuwdam van Lastioulles in Frankrijk is hiervan een voorbeeld (fig. 33).

Oeverbeschermingen

Ook voor de bescherming van oevers van scheepvaart- en stroomkanalen tegen erosie door scheepsgolven en (retour)stroming vinden asfaltconstructies toepassing. Zo is langs het kanaal Gent-Terneuzen een oeververdediging toegepast van steen gepenetreerd met gietasfalt (dichte bekleding). Een „open” bekleding is aangelegd in het havengebied Rotterdam-Europoort. Deze bestaat uit open steenasfalt op gebitumineerd zand (fig. 34).

Slot

Uit dit overzicht blijkt dat asfaltconstructies op grond van hun specifieke eigenschappen verschillende functies kunnen vervullen, zowel afzonderlijk als in combinatie. Asfaltconstructies spelen dan ook een belangrijke niet meer weg te denken rol in de moderne waterbouwkunde.



Materiaaltechnologie

door: H. J. A. J. Gruis,
Afdeling
Waterbouwmaterialen,
Wegbouwkundige
Dienst, Delft

Inleiding

Dertig jaar zijn inmiddels verstreken sinds in Nederland de eerste grootschalige toepassing van asfalt in de waterbouw plaatsvond; dertig jaar waarin nogal wat gebeurd is. Veel veranderde er in onze maatschappij op sociaal en cultureel gebied; de ontwikkeling van de techniek stond evenmin stil.

Dit had ook zijn weerslag op de waterbouw. De „ambachtelijke” strijd tegen het water, die reeds eeuwen door de Hollanders gevoerd werd, is veranderd in een technische oorlog waarin machines en computers de strijd ondersteunen.

In dit artikel worden de verschillende mengseltypen en hun toepassing in de waterbouw behandeld. In hoofdzaak wordt de huidige stand van zaken belicht, maar daarnaast wordt tevens kort stilgestaan bij verleden en toekomst.

Mengselaspecten

Asfalt is een mengsel van bitumen en mineraalaggregaat. De keuze van de samenstelling van een toe te passen mengsel hangt in hoge mate af van de eisen die aan de bekleding gesteld worden en de daaruit afgeleide gewenste mengseleigenschappen.

De belangrijkste mengseleigenschappen zijn:

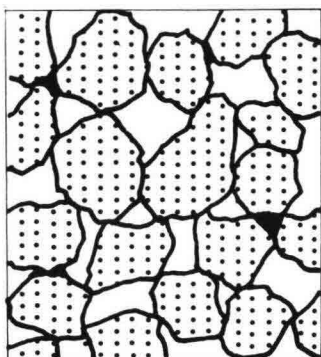
- de mate van doorlatendheid;
- de fysisch-mechanische eigenschappen;
- de stabiliteit/flexibiliteit;
- de duurzaamheid;
- de verwerkbaarheid en verdichtbaarheid.

De mengseleigenschappen worden bepaald door de verschillende componenten en de verhouding waarin die in het mengsel voorkomen. Tevens worden ze beïnvloed door de wijze van verwerking en verdichting.

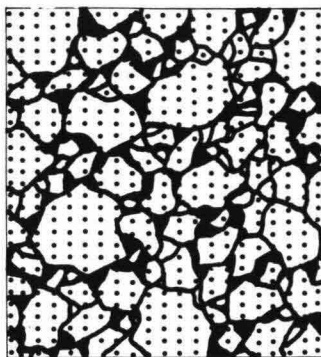
Zoals gezegd bestaat een asfaltmengsel uit een mineraalmengsel (zand, vulstof, steen) en bitumen.

In het mineraalaggregaat bevindt zich ook na het innemen van de ideale stapeling der korrels (m.a.w. een optimale verdichting van het korrelskelet) een zekere holle ruimte. Door toevoeging van bitumen zal deze holle ruimte gedeeltelijk of geheel gevuld worden.

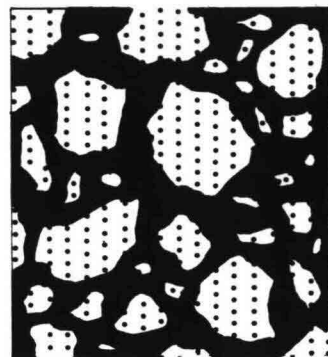
Mengsels waarbij het bitumen slechts dient als bindmiddel, worden ondervulde mengsels genoemd. De eigenschappen van het mengsel worden vooral bepaald door het steenskelet. Wordt het bitumengehalte verhoogd, dan zal de holle ruimte in het mineraal gevuld raken. De invloed van het bitumen op de mengseleigenschappen wordt groter, die van het steenskelet minder. Bij



a - onder vuld mengsel



b - overgangsmengsel



c - over vuld mengsel

■ bitumen ▨ mineraal □ poriën

mengsels waarbij de poriën vrijwel gevuld zijn met bitumen, zijn zowel het steenskelet als het bitumen duidelijk bepalend voor de mengseleigenschappen. Dit type mengsels moet worden verdicht, hetzij mechanisch, hetzij door eigen gewicht. Overvulde mengsels zijn mengsels waarbij meer bitumen aanwezig is dan de holle ruimte in het mineraalaggregaat. De eigenschappen van het bitumen overheersen nu; het mineraal zorgt slechts voor een zekere mate van opstijving. Deze mengsels hoeven niet verdicht te worden (fig. 1). De uiteindelijke resterende holle ruimte en de verdeling daarvan (m.a.w. grote of kleine poriën al of niet met elkaar in verbinding staand) bepalen in hoofdzaak de mengseleigenschappen, doorlatendheid en duurzaamheid.

Hoewel de doorlatendheid de duurzaamheid kan beïnvloeden, hangt dit mede af van het gekozen mengseltype. In het algemeen kan gesteld worden dat als een mengsel ondoorlatend dient te zijn, maar het niet is, de duurzaamheid in negatieve zin wordt beïnvloed, terwijl een doorlatend mengsel op zich duurzaam kan zijn. Ter illustratie: asfaltbeton dat 25 à 30 jaar geleden is aangebracht als „dichte” bekleding, maar dit door onvoldoende verdichtingseisen en ontoereikende verdichtingstechniek niet in voldoende mate bleek te zijn, heeft zich als minder duurzaam gemanifesteerd, terwijl zand-asfalt toepassingen met eenzelfde ouderdom zich redelijk tot goed duurzaam toonden. Hierbij dient opgemerkt te worden dat in de waterbouw met de duurzaamheid van asfaltproducten vaak onvoldoende rekening wordt gehouden. Immers bouwen in asfalt wordt vaak gezien als bouwen voor de eeuwigheid. (In de wegenbouw wordt hierbij wel gesproken van een „no maintenance” bekleding). Dat is natuurlijk een misvatting, want geen enkele bekleding kan zonder onderhoud.

Vast staat in ieder geval dat bij een deskundig ontwerp en even deskundige uitvoering hiervan asfaltproducten (en zelfs de open mengsels) voldoende duurzaam zijn.

Figuur 1: Mate van vulling van het mineraalaggregaat met bitumen

Doorlatendheid

In het voorgaande is gesteld dat de holle ruimte en de verdeling daarvan bepalend zijn voor de doorlatendheid. Hierbij is het van belang welke doorlatendheid bedoeld wordt, n.l. ten opzichte van water of zand. Zo is een gebitumeerd zandmengsel met een holle ruimte van ca. 25% zanddicht, terwijl een

open steenasfaltmengsel met eenzelfde holle ruimte percentage dit allerm minst is en een filter in de vorm van een laag gebitumineerd zand of kunststofdoek nodig is om een zanddichte constructie te vormen.

Een waterbouwasfaltbeton met een H.R. van ca. 2 à 3% en ook een mastieklaag met een H.R. van ca. 10% zijn als waterdicht te beschouwen. Echter bij een waterbouwasfaltbeton met een H.R. van 10% moet sterk getwijfeld worden aan de waterdichtheid. De reden hiervoor ligt in de grootte en de verdeling van de poriën, die bij mastiek heel klein zijn en niet met elkaar in verbinding staan, terwijl dit bij asfaltbeton wel het geval is.

Duurzaamheid

Duurzaamheid wil zeggen, dat de asfaltbekleding ook na verloop van tijd zijn functie moet kunnen blijven vervullen. De kenmerkende fysische/mechanische eigenschappen mogen dus niet te snel achteruitgaan.

De volgende aspecten beïnvloeden deze achteruitgang:

Veroudering van het bindmiddel

Dit wordt veroorzaakt door de inwerking van licht en lucht op het bitumen, waardoor deze harder wordt.

Hierdoor veranderen materiaaleigenschappen als stijfheidsmodulus, breukrek en viscositeit.

Los van de veroudering in de tijd treedt reeds een verharding van het bindmiddel op tijdens productie en verwerking van de asfaltmengsels. Hiermee moet eigenlijk in het ontwerp of bij de keuze van de bitumensoort reeds rekening worden gehouden.

Bij het normale meng- en verwerkingsproces kan, afhankelijk van het type menginstallatie, reeds een teruggang in penetratie van het bitumen van 10 à 25% optreden. Bij gebitumineerd zand is dit nog hoger en bedraagt wel 50 à 60%.

Stripping

Dit is de onthechting die plaatsvindt doordat water tussen de bitumenhuid en het mineraal kan dringen. Doordat de samenhang van het mengsel grotendeels verloren gaat, worden de sterkte-eigenschappen sterk negatief beïnvloed. Ook hier geldt weer hoe dichter het mengsel is (geen doorgaande poriën) hoe beter het bestand is tegen stripping.

Erosie

Naast het mengsel moeten ook de bekledingslaag of -lagen in hun geheel intact blijven gedurende lange tijd. Zo moet de toegepaste asfalt zo min mogelijk gevoelig zijn voor erosie, waardoor de laagdikte afneemt en de constructie niet meer aan bepaalde criteria zal voldoen.

Het spreekt natuurlijk vanzelf, dat niet alleen water een eroderende werking uitoefent, maar vooral de in het water meegevoerde vaste bestanddelen. Hierbij kan gedacht worden aan zand, stenen en drijvend vuil.

Biologische en chemische aantastingen

De biologische en chemische aantastingen kunnen eveneens als een soort belastingen gezien worden die de duurzaamheid van de bekleding verminderen.

Milieu-aspecten

Voordat de verschillende mengsels en de toepassingen worden belicht, lijkt het zinvol even stil te staan bij het onderwerp asfalt en het milieu. In een tijd waarin men zich meer bewust op gaat stellen ten opzichte van het milieu, wordt terecht de vraag gesteld of asfalt hiervoor schadelijk is. Immers bitumen bevatten voor de gezondheid schadelijke polycyclische aromaten, kortweg *pca's* genoemd. Uit de beschikbare literatuur kan geleerd worden dat de afgifte van *pca's* door bitumen zo gering is, dat er geen gevaar bestaat voor het milieu, zelfs niet bij toepassing in waterwingebieden. Anders is dit voor teer en teerprodukten. Door een veel hoger gehalte aan *pca's* dan in bitumen, worden deze produkten door de deskundigen als milieugevaarlijke stoffen aangemerkt.

Hoewel er nog steeds geen verbodsbepalingen op het gebruik ervan rusten, is bij toepassing van genoemde produkten de nodige restrictie te betrachten.

Kwaliteitszorg

Uit het voorgaande blijkt dat variaties in de samenstelling of bijvoorbeeld de verdichting, de eigenschappen van het asfalt kunnen veranderen.

Het is dan ook van het grootste belang dat bij elk (waterbouwkundig) asfaltwerk de kwaliteitszorg de nodige aandacht krijgt. Enerzijds moet dit gebeuren via het formuleren van goede eisen en voorschriften, anderzijds door een kwaliteitscontrole tijdens het werk.

Waar moet de kwaliteitscontrole voor wat betreft de asfalttoepassingen in de waterbouw nu uit bestaan?

Dit aspect kan in drie onderdelen opgedeeld worden. Hieraan gaat nog één fase vooraf, n.l. die van de keuze van de constructie en zijn onderdelen.

Eénmaal gekozen voor een bepaald type constructie, kan overgegaan worden tot het opstellen van eisen en voorschriften. Hierin dient zo goed mogelijk omschreven te zijn hoe de kwaliteitszorg dient te worden uitgevoerd, m.a.w. hoe kan en moet men controleren of aan de geformuleerde eisen wordt voldaan. Ten aanzien van eisen en voorschriften is het wellicht interessant te vermelden, dat in de eerste helft van 1984 een set van eisen en bepalingen ter visie wordt gelegd, welke is opgesteld door de werkgroep Kust- en Oeverwerken van de R.A.W. (Stichting Rationalisering en Automatisering in de Wegenbouw).

Dit is van belang daar deze standaardbepalingen in de toekomst in waterbouwbestekken zullen worden opgenomen, zodat binnen afzienbare tijd de zeer wenselijke uniformiteit in bestekken voor de waterbouw gerealiseerd kan worden.

Zoals gezegd valt de kwaliteitscontrole in drie delen uiteen en wel:

- a. Vooronderzoek uit te voeren in het laboratorium en eventueel uitgebreid met een „proef”productie en/of „proef”verwerking. Hierbij wordt tot de juiste mengselkeuze gekomen.
- b. Bedrijfscontrole als middel om vast te stellen of tijdens het werk voldaan wordt aan de eisen; m.a.w. sturing van de kwaliteit tijdens het werk.
- c. Afnamecontrole ter vaststelling van de uiteindelijk verkregen kwaliteit, m.a.w. acceptatie van het gemaakte werk.

De punten a en b zijn de verantwoordelijkheid van de aannemer, waarbij de directie de resultaten nauwlettend volgt en eventueel middels onderzoek veri-

fiert. Punt c betreft controle door de directie, waarbij aan de hand van toleranties gekeken wordt of het produkt voldoet; met andere woorden, of men heeft gekregen waarvoor men betaald heeft.

In de „Leidraad voor de toepassing van asfalt in de waterbouw” wordt uitvoerig op deze zaken ingegaan, waarbij vermeld wordt welke aandachtspunten bij de diverse controles van belang zijn. Hier wordt alleen nog gememoreerd dat kwaliteitscontrole tijdens het werk een grote prioriteit dient te hebben. Maatregelen achteraf zijn n.l. niet goed mogelijk, zo niet geheel onmogelijk of alleen ten koste van zeer grote financiële inspanningen te realiseren. Het is hierbij zeer belangrijk dat frequenties van onderzoek afgestemd zijn op het verkrijgen van een reëel beeld van de kwaliteit. Zo is het doen van onderzoek op tientallen monsters voor een werk van enkele honderden tonnen asfalt overdreven en zijn de bijbehorende kosten niet in verhouding tot het beoogde doel. Anderzijds is het beoordelen van een groot werk aan de hand van slechts een tiental of iets meer gegevens evenmin goed. Het vinden van de juiste weg in deze, zal, indien de zin voor kwaliteitszorg bij zowel aannemer als opdrachtgever aanwezig is, over het algemeen geen enkel probleem geven.

Mengsels

In de tabel worden de verschillende mengseltypen met hun samenstellingen behandeld zoals deze tegenwoordig gangbaar zijn in de waterbouw. Daarnaast worden de mengsels genoemd zoals die in het verleden werden toegepast en die gedeeltelijk vermeld staan in het „Voorlopig Rapport 1961” van de Werkgroep Gesloten Dijkbekledingen. Zoals te zien is, is er sinds die tijd het een en ander veranderd; er zijn nieuwe mengseltypen bijgekomen en enige oude worden niet meer toegepast.

Bij de vergelijking van de „oude” en de „nieuwe” samenstellingen valt op dat onder de „oude” twee soorten zand-asfalt genoemd worden, namelijk met en zonder vulstof. Op dit moment wordt slechts het mengsel zonder vulstof toegepast en daarom spreken we dan nu ook liever van gebitumineerd zand. Dit om verwarring te voorkomen met de zand-asfalt die in de wegebouw gebruikt wordt en waarin wel vulstof wordt toegepast.

Verder valt op dat er vroeger twee soorten asfaltbeton waren, namelijk met steenslag en met grind. Dit laatste is verlaten nadat de Commissie Verdichting Asfaltdijktafuds in haar rapport de aanbeveling deed i.v.m. de verwerking steenslag te prefereren boven grind. Het is echter zeer goed mogelijk om grind toe te passen, zeker als we zien dat het asfaltbetonmengsel van heden goed verwerkbaar is door het „knijpen” van het bitumengehalte en een voor de verwerking gunstiger worden van de zandvulstofverhouding. Het is dan ook daarom dat aanbevolen wordt het toepassen van grind weer te overwegen. Wordt naar de gietbare mengsels gekeken, dan is te zien dat momenteel als gietasfalt het vroegere „slabmengsel” wordt toegepast, terwijl de toenmalige gietspecie voor penetratie nu als mastiek, bijvoorbeeld voor bodembescherming, wordt verwerkt. Als „slabmengsel” wordt nu veelal de dichte steenasfalt toegepast, dat gezien zijn hogere steengehalte aanmerkelijk goedkoper kan zijn. Iets waar bij de huidige bitumenprijzen zeker rekening mee mag worden gehouden.

Open steenasfalt is een bitumineus produkt dat vroeger niet bekend was. Door zijn open structuur kan het in combinatie met een zanddicht filter worden toegepast op die plaatsen waar een open constructie (i.v.m. overdrukken) vereist is. Tevens kan het dienen voor oeverbeschermingen bij bijvoorbeeld kanalen waar het, daar het niet verdicht behoeft te worden, bepaalde voordelen biedt.

Daar dit produkt zoals gezegd nog vrij jong is, is ook de ervaring nog niet zo

Tabel: De belangrijkste mengseltypen welke nu en in het verleden in de waterbouw toegepast worden en werden met de gewenste samenstellingen

Vroeger	Nu
Zandasfalt (zonder vulstof) 95% (m/m) zand 5% (m/m) bitumen 50/60-80/100	Gebitumineerd zand – voor bekledingen en filterlagen 96% (m/m) zand 4% (m/m) bitumen 80/100 – voor kaden 97% (m/m) zand 3% (m/m) bitumen 80/100
Zandasfalt (met vulstof) 84% (m/m) zand 8% (m/m) zwakke vulstof 8% (m/m) bitumen 50/6/-80/100	
Stenslagasfaltbeton 42% (m/m) gegradeerde steenslag 44% (m/m) gegradeerd zand 6,5% (m/m) zwakke vulstof 7,5% (m/m) bitumen 50/60-80/100	Asfaltbeton (volgens Eisen '78) 50% (m/m) steenslag 6/16-6/22 42% (m/m) zand 8% (m/m) zeer zwakke vulstof 6,5% (m/m) bitumen 80/100
Grindasfaltbeton 42% (m/m) gegradeerd grind 45% (m/m) gegradeerd zand 6,5% (m/m) zwakke vulstof 6,5% (m/m) bitumen 50/60-80/100	
Gietasfalt voor slabben 30% (m/m) grind 48% (m/m) gegradeerd zand 7% (m/m) zwakke vulstof 15% (m/m) bitumen 50/60-80/100	Mastiek 66,5% (m/m) zand 16,5% (m/m) vulstof 17,0% (m/m) bitumen
Gietspecie voor penetratie 60-70% (m/m) gegradeerd zand 20-10% (m/m) vulstof 15-20% (m/m) bitumen 50/60-280/320	Penetratiemortels (gietasfalt) 30% (m/m) grind of steenslag 70% (m/m) mastiek
	Open steenasfalt ca. 80% (m/m) kalksteen (20/40) ca. 20% (m/m) mastiek
	Dicht steenasfalt 60% (m/m) steenslag of grind 40% (m/m) mastiek

uitgebreid als bij andere bitumineuze mengsels. Met name de duurzaamheid wordt vaak ter discussie gesteld. Recent onderzoek heeft echter antwoord gegeven op een aantal vragen. Hiervoor wordt verwezen naar het artikel van ir. Roos op pagina 46 e.v.

Hergebruik

Doordat waterbouwkundige werken door het gebruik van grote hoeveelheden bouwmaterialen een ernstige belasting voor het milieu betekenen, heeft de gedachte aan hergebruik van materialen en het gebruik van „afvalstoffen” steeds grotere vormen aangenomen. Zo worden sinds geruime tijd mijnsteen en allerlei slakmateriaal in de waterbouw toegepast, waarbij dit vaak al zo vanzelfsprekend is, dat hier niet meer van afvalstoffen, maar weer van bouwstoffen gesproken wordt. Dat dit vaak gebeurt om puur financiële redenen in plaats van een bewuste opstelling t.o.v. de milieuproblematiek, behoeft geen betoog.

Deze financiële voordelen zijn, naast milieutechnische aspecten, ook de reden dat de laatste tijd het begrip van hergebruik van asfalt in de waterbouw gestalte heeft gekregen. Immers asfalt is een hoogwaardige afvalstof, die gezien zijn componenten en de huidige bitumenprijzen, omgerekend in geld een hoge waarde in zich bergt. Als voorbeeld moge hier gelden dat iedere ton waterbouw-asfalt aan bouwstoffen zo'n f 50,- à f 60,- vertegenwoordigt.

Dit wetende spreekt het haast vanzelf, dat asfalt niet letterlijk en figuurlijk in het water moet worden gegooid of als veel te duur ophoogmateriaal moet worden gebruikt. Het ligt dus voor de hand, indien mogelijk, hergebruik toe te passen. Hierbij valt te denken aan projecten die nog in het kader van de Deltawet moeten worden aangepast of aan bekledingen die, hetzij door ouderdom, hetzij door slechte kwaliteit, gereconstrueerd dienen te worden. In navolging van de wegenbouw zijn reeds de eerste stappen op dit pad gezet. Zo zal in 1984 het eerste project in uitvoering komen waar hergebruik op partiële basis wordt toegepast (25% oud, 75% nieuw; ca. 80.000 ton). Onderzoek middels een proefvak heeft aangetoond dat dit technisch gezien volledig haalbaar is, terwijl laboratoriumonderzoek heeft laten zien, dat voor enkele eigenschappen het hergebruikte mengsel zelfs beter was dan volledig nieuw asfalt van dezelfde soort. Ook voor een speciale toepassing bij de bouw van de stormvloedkering in de Oosterschelde wordt momenteel de mogelijkheid van hergebruik van asfalt onderzocht, waarbij het hier handelt om veel hogere percentages van oud asfalt, namelijk 70 tot 100%.

De hier genoemde onderzoeken en de eerste praktijkervaringen zullen te zijner tijd gepubliceerd worden.

Aanbevelingen

Werd hierboven al iets over de toekomst gezegd, ook de werkgroep die zich heeft beziggehouden met de leidraad voor de toepassing van asfalt in de waterbouw heeft bij het afsluiten van haar werkzaamheden het oog hierop gericht gehad. Zo worden in de leidraad een aantal aanbevelingen gedaan waaraan hier nog kort aandacht wordt besteed.

Deze aanbevelingen zijn o.a.:

Uitbreiding van de kennis betreffende:

- fysisch-mechanische eigenschappen van asfaltmengsels;
- eigenschappen van de ondergrond;
- de duurzaamheid en stroombestendigheid van asfaltmengsels, met name van de „open” mengsels;
- de grondmechanische eigenschappen van gebitumineerd zand;
- hergebruik van bekledingsmaterialen.

Ontwikkeling c.q. verbetering van:

- rekenmodellen t.b.v. dimensionering;
- systemen voor een (rationeel) beheer.

Heroverweging van het toepassen van:

- grind in waterbouwasfaltbeton;
- meermalen systeem bij het aanbrengen van asfaltbeton.

De twee belangrijkste aanbevelingen worden hierbij nogmaals genoemd.

Ontbrekende kennis over fysisch-mechanische eigenschappen van asfaltmengsels onder de optredende belastingscondities moet zo spoedig mogelijk worden aangevuld. Ook voor wat betreft de eigenschappen van de ondergrond dient de kennis te worden uitgediept.

Het is een grappige maar tegelijk trieste constatering dat dezelfde aanbevelingen ook ruim 20 jaar geleden in het „Voorlopig Rapport 1961” werden gedaan. We zijn kennelijk, hoewel met het tot stand komen van de leidraad een flinke stap voorwaarts is gemaakt, nog niet ver gevorderd. Of leert dit ons wederom dat er in de waterbouw teveel op ervaring wordt gebouwd?

Het is te hopen dat de materiaaltechnologie in de waterbouw eindelijk de plaats krijgt die hij zou moeten hebben.



Ontwerpen van waterbouwkundige asfaltbekledingen

door: ir. J. A. van Herpen,
Vakgroep
Waterbouwkunde,
Afdeling der Civiele
Techniek, Technische
Hogeschool Delft

Inleiding

Indien als onderdeel van een waterbouwkundige constructie – bijvoorbeeld een dijk – gekozen wordt voor een asfaltbekleding, moet deze worden ontworpen en gedimensioneerd. In het verleden gebeurde dit voornamelijk op basis van ervaring; het enige wat wel regelmatig gedaan werd was, bij een waterdichte bekleding, een berekening van de wateroverdrukken met een elektrisch analogon. Deze procedure bleek over het algemeen redelijk toereikend en veilig. Hoewel in het verleden veel met betrekking tot het betreffende vakgebied is onderzocht en geschreven, zijn over het algemeen goede eenvoudig toepasbare dimensioneringsmethoden niet ontwikkeld. Deels komt dit door de gecompliceerdheid van de materie, maar meestal doordat de randvoorwaarden, zoals belastingen, ondergrondparameters en asfalteigenschappen, niet of slecht bekend zijn.

Toch zijn goede dimensioneringsmethoden van belang. Door een betere onderbouwing van het ontwerp is het namelijk vaak mogelijk lichter te construeren, hetgeen, om economische redenen gunstig is, terwijl de veiligheid niet in gevaar komt en zelfs wordt verhoogd.

In dit artikel worden de aspecten, die te maken hebben met het ontwerp van waterbouwkundige asfaltbekledingen, behandeld en enige dimensioneringsmethoden gegeven. Onder asfaltbekledingen worden hier niet alleen dijkbekledingen verstaan, hoewel die in Nederland wel het belangrijkste toepassingsgebied vormen, maar ook bijvoorbeeld bodembeschermingen en afdichtingen. De gang van zaken bij een ontwerp kan als volgt worden beschreven: Op een asfaltbekleding werken een aantal belastingen, zoals bijvoorbeeld golven en stromingen. Aan de andere kant bezit de constructie een aantal eigenschappen, zoals materiaalgedrag, draagvermogen van de ondergrond en geometrie, die als het ware de constructie sterkte geven. Dit zijn de voor de dimensionering benodigde randvoorwaarden. Deze randvoorwaarden moeten meestal worden aangepast – vertaald – voordat ze voor verder gebruik geschikt zijn.

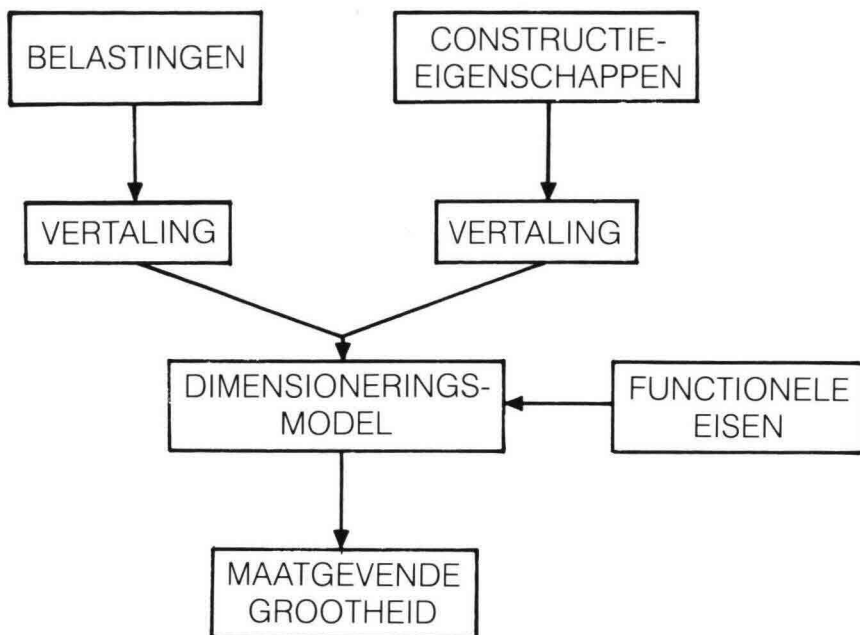
De dimensionering gebeurt met een model, dat gebaseerd is op de functionele eisen waaraan een bekleding moet voldoen om aan zijn doel te blijven beantwoorden. Dit model kan rekenkundig zijn, maar ook gestoeld zijn op ervaring en vakkennis. Uit het model volgen de maatgevende grootheden als bekledingsdikte en taludhelling.

In figuur 1 is deze procedure schematisch weergegeven.

Achtereenvolgens zullen de verschillende onderdelen worden behandeld.

De belastingen

De belastingen, die op een asfaltbekleding werken, kunnen ruwweg onderverdeeld worden in belastingen veroorzaakt door hydraulische omstandigheden,



Figuur 1:
Procedure bij het
ontwerpen van een
waterbouwkundige
asfaltbekleding

belastingen tengevolge van zettingen en ontgrondingen en overige belastingen.

Belastingen veroorzaakt door hydraulische omstandigheden

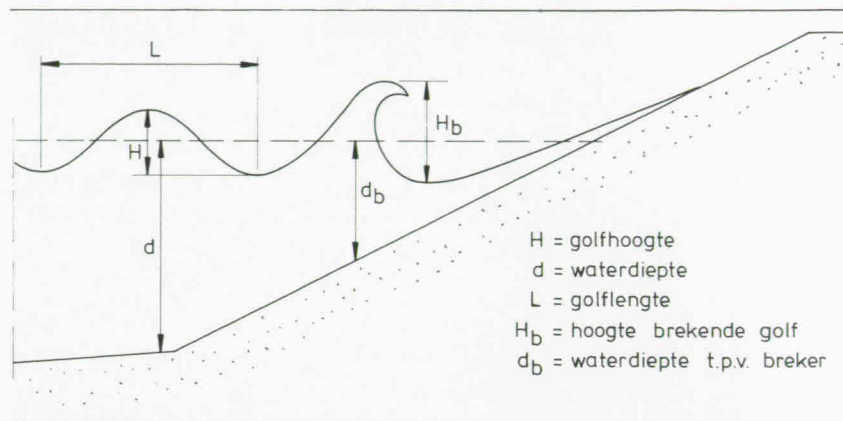
Voor een waterkering kan een bepaalde waterstand aanwezig zijn. Dit is onder meer afhankelijk van het type waterkering, het al of niet aanwezig zijn van een voorland en de hoogte hiervan en van de waterstand en variaties hierin. In het voor de waterkering aanwezige water kunnen golven en stromingen optreden.

De waterstand kan variëren. Voor kusten, zeearmen en benedenrivieren wordt dit voornamelijk door het getij en de wind veroorzaakt; voor bovenrivieren zijn vooral de afvoeren bepalend en voor kanalen, boezems en dergelijke, de toegenomen afvoer van water. In de waterkering zal zich een freatische lijn willen instellen. De mate waarin dit gebeurt is onder meer afhankelijk van de duur en grootte van de waterstandsvariatie, de doorlatendheid van ondergrond, dijklichaam en bekleding en de geometrie van de constructie.

Een van de belangrijkste belastingen hierbij zijn wateroverdrukken onder een waterdichte bekleding, die ontstaan doordat de buitenwaterstand lager staat dan de grondwaterstand. Hierdoor kan de bekleding van het talud gedrukt worden. Daarnaast is de waterstand mede bepalend ten aanzien van het golfklimaat en het stromingsbeeld.

Golven worden onder meer door de wind opgewekt. Een dergelijke golf zal bij nadering van de kust door het kleiner worden van de waterdiepte in hoogte toenemen. Deze toename is echter beperkt; op een gegeven moment breekt de golf. Afhankelijk van onder meer de waterdiepte, de golflengte en de golfhoogte, kan de golf reeds gebroken zijn of breken op de bekleding (fig. 2).

Op een plaatvormige bekleding, bijvoorbeeld asfaltbeton, kunnen overstor-



Figuur 2:
 Het breken van een golf
 bij nadering van een
 dijktalud

tende golven klappen veroorzaken. Op een bekleding van losse elementen – hieronder valt bijvoorbeeld gedeeltelijk gepenetreerde breuksteen – kunnen door de golfbeweging zodanige krachten worden uitgeoefend, dat afzonderlijke elementen worden meegevoerd.

Stromend water kan onder meer een eroderende werking hebben op een asfaltbekleding al dan niet in combinatie met meegevoerde objecten, zoals stenen, hout, etc.

Zettingen en ontgrondingen

Zettingen

Zetting is de zakkings, die veroorzaakt wordt door vervorming van het dijklichaam en de ondergrond.

Een bekleding moet onregelmatige zettingen tot op zekere hoogte kunnen volgen. Door zijn viskeus gedrag is asfalt hiervoor in min of meerdere mate geschikt. Dit is onder meer sterk afhankelijk van de asfaltsamenstelling: zo zijn overvulde mengsels, dit zijn mengsels met een overmaat aan bitumen, zoals mastiek, zeer flexibel, terwijl ondervulde mengsels, zoals gebitumineerd zand, dit minder zijn.

Kan de asfaltbekleding een onregelmatige zetting niet voldoende volgen, dan kan ze, eventueel in combinatie met een andere belasting, zoals een golfklap, bezwijken.

Onregelmatige zettingen moeten zoveel mogelijk beperkt blijven. Zetting van het dijklichaam kan beperkt blijven door een goede opbouw hiervan. Dit aspect komt later nog aan de orde.

Ontgrondingen

Een ontgronding ontstaat doordat materiaal voor de dijk door bijvoorbeeld golven en stroming verdwijnt. Deze aantasting kan zich voortplanten tot onder het talud.

Doordat een ontgronding meestal relatief snel en groot is, kan een gebruikelijke dijkbekleding van bijvoorbeeld asfaltbeton of gepenetreerde breuksteen, die over het algemeen niet volgen. Er moet dan ook worden voorkomen, dat ontgrondingen zich voort kunnen planten tot onder de dijkbekleding. Dit is mogelijk door een goede teenvoorziening en bodembescherming.



Figuur 3:
Een door een mastiekslab gevolgde ontgroning voor een dijk

Asfaltmastiek is door zijn overvulling zeer viskeus en kan daardoor grote vervormingen ondergaan (fig. 3). Het wordt dan ook vaak toegepast in bodembeschermingen.

Overige belastingen en aantastingen

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste overige belastingen. Dat betekent niet dat er geen andere belastingen op een asfaltbekleding kunnen werken. Iedere ontwerper zal die voor zijn geval moeten vaststellen.

Biologische aantastingen

Aantastingen door:

Planten

Planten oefenen met hun wortels en uitlopers grote belastingen uit op een asfaltbekleding. Bevinden zich zaden in de ondergrond, dan kunnen planten van onderuit door de bekleding heen gaan groeien.

In dit verband speelt het milieu, zoet of zout, een rol en het grondtype waaruit het dijklichaam is opgebouwd: in opgespoten zand zullen zich weinig kiemen bevinden. Uit zaden, die op de bekleding terechtkomen, kunnen planten ontkiemen, die van bovenaf door de bekleding heen groeien. Op een gladde bekleding met weinig kuiltjes en scheuren zal dit minder gebeuren. Een goede oppervlakbehandeling is hierbij van belang (fig. 4).

Algen

Algengroei treedt voornamelijk in de getijzône op. Als een algenlaag uitdroogt, krimpt zij en oefent zodoende schuifspanningen uit op de bekleding die het oppervlak kunnen aantasten (fig. 5). Door een oppervlakbehandeling wordt het aantal aangrijpingspunten voor de algengroei verminderd. In dit verband is het aan te bevelen deze behandeling in de getijzône niet af te strooien.

Figuur 4:
Aantasting van een
asfaltbetonbekleding
door plantengroei



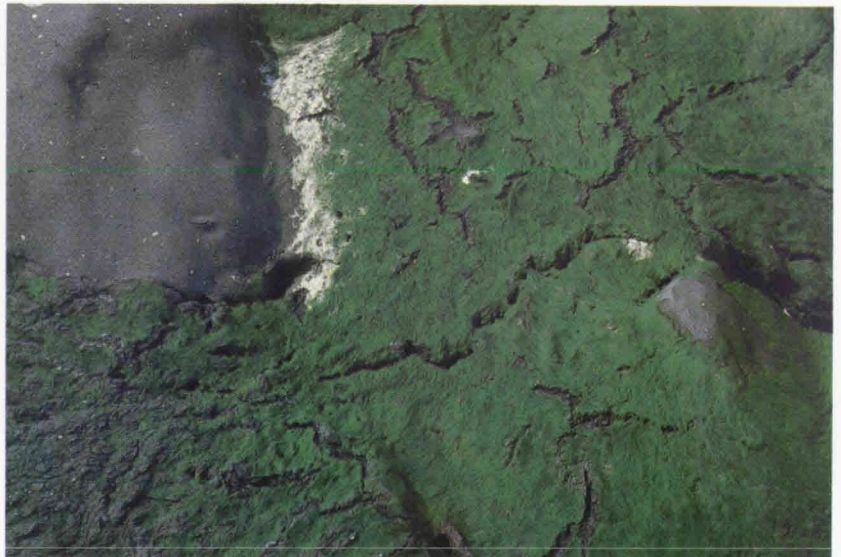
Zeepokken

Deze bevinden zich in het onderste deel van de getijzone. Tijdens hun groei oefenen de zeepokken krachten uit op de randen van de kuiltjes waarin zij zich nestelen. In de aldus ontstane ruimtes kunnen vervolgens mosselen gaan groeien, die de aantasting voortzetten. Een goede oppervlakbehandeling kan deze aantasting beperken.

Chemische aantastingen

Asfaltmengsels zijn chemisch inert, behalve t.o.v. lichtere koolwaterstoffen. Overigens moet de concentratie van deze stoffen in het oppervlaktewater wel

Figuur 5:
Aantasting van een
asfaltbetonbekleding
door algengroei



erg hoog zijn om tot daadwerkelijke aantasting te leiden. Eventueel kan de bekleding beschermd worden door een oppervlakbehandeling van teer of teerbitumen. Deze stoffen kunnen echter wel schadelijk zijn voor het milieu.

Aanvaringen en ankerworpen

Een aanvarend schip kan een stootbelasting uitoefenen op de bekleding. Een slepend anker kan houvast krijgen aan de randen van de bekleding en die afbreken, of een voor door de bekleding trekken. Getracht moet worden deze belastingen te voorkomen door bijvoorbeeld de betreffende plaats tot verboden ankergebied te verklaren.

Overigens worden zinkers wel beschermd tegen slepende ankers door een hierop gedimensioneerde asfaltbekleding.

Drijvend vuil, ijs, etc.

Drijvende voorwerpen kunnen, wanneer zij door stromingen en golven meegevoerd worden, aanzienlijke botsingskrachten uitoefenen en aldus schade aan de bekleding veroorzaken.

Recreatie/vernielingen

Een dijkbekleding is vaak toegankelijk voor recreanten die, bijvoorbeeld met hengels en door het stoken van vuurtjes, de bekleding kunnen beschadigen.

Verkeer

Zowel tijdens de uitvoering als in definitieve toestand, kan verkeer op de bekleding voorkomen. De bekleding moet dan hierop worden gedimensioneerd.

Duurbelastingen

Duurbelastingen (b.v. pijpleidingen) kunnen door de lange duur en het viskeuze gedrag van asfalt aanzienlijke en blijvende vervormingen in het asfalt veroorzaken.

In het voorgaande is een overzicht gegeven van de belangrijkste belastingen, die op een asfaltbekleding kunnen optreden en de factoren die ze veroorzaken. Een bekleding wordt over het algemeen gedimensioneerd op belastingen, veroorzaakt door hydraulische omstandigheden en door zettingen en ontgroningen en op overige belastingen, indien die regelmatig aanwezig zijn of met een redelijke waarschijnlijkheid te verwachten zijn.

Op sommige belastingen is het niet zinvol te dimensioneren, aangezien die wel erg groot kunnen zijn, maar het vaak goedkoper is de bekleding te herstellen of bepaalde preventieve maatregelen te nemen. De directe veiligheid van de dijk mag dan niet in gevaar komen.

De constructie-eigenschappen

Door zijn visco-elastisch gedrag is asfalt een geschikt materiaal voor toepassing in de waterbouw. Het reageert stijf en elastisch onder kortdurende belastingen als golfklappen en geeft mee onder langdurige belastingen zoals bij zettingen. Dit is onder meer sterk afhankelijk van de asfaltsamenstelling.

In het voorgaande hoofdstuk worden de belangrijkste mengseltypen met hun samenstellingen behandeld. Elk van deze mengsels heeft zijn specifieke eigen-

schappen, die het geschikt maken voor bepaalde toepassingen. Zo is een mengsel met een bitumengehalte dat de holle ruimte in het mineraalaggregaat niet volledig vult en een zekere minerale skeletopbouw heeft een stijf mengsel, dat geschikt is voor toepassingen als taludbekleding (b.v. asfaltbeton), terwijl een mengsel met een overmaat aan bitumen – er is meer bitumen aanwezig dan nodig voor het opvullen van de holle ruimte – zeer flexibel is, waardoor het geschikt is voor toepassingen als bodembescherming (b.v. mastiek).

Een ander, zeer belangrijk constructie-onderdeel, is het dijklichaam. Een goed dijklichaam met een hoge verdichtingsgraad is gunstig met betrekking tot onder andere de volgende punten.

- ★ Het draagvermogen is hoger, waardoor de benodigde bekledingsdikte kleiner kan zijn.
- ★ De kans op verweking van een verzadigd zandbed onder een stootbelasting, is geringer.
- ★ De uitvoering kan beter gebeuren en er worden betere verdichtingsresultaten bereikt.
- ★ Onregelmatige zettingen zullen geringer zijn.

Door een verkeerde interpretatie van het bekende rapport van de Commissie Verdichting Asfaltdijktaluds wordt in enkele gebieden van Nederland het dijklichaam slechts met een bulldozer vlak afgewerkt. Dit geeft slechts een geringe verbetering van de oorspronkelijke dichtheid. Een betere methode voor de aanleg van het dijklichaam is deze in dunne lagen met een bulldozer op te bouwen.

Zonodig kan extra verdicht worden met een trilrol (fig. 6). De beste manier is het dijklichaam in overmaat op te bouwen en na verdichting het vereiste profiel door middel van afgraving te verkrijgen.



Figuur 6:
Verdichting van het
zandlichaam met een
trilrol

De vertaling van de randvoorwaarden

De optredende belastingen en de constructie-eigenschappen moeten vervolgens bewerkt worden tot voor de dimensionering geschikte grootheden. Zo dienen bijvoorbeeld golven te worden omgezet in golfklappen; asfalteigenschappen in stijfheidsmoduli, breuksterkten, enz. en ondergrondgedrag in doorlatendheden en beddingsconstanten.

Naast het veelal ontbreken van dergelijke waarden is er nog het probleem dat de grootheden over het algemeen niet exact bepaald zijn. Het zijn stochastische grootheden; met andere woorden het zijn variabele grootheden waarop een bepaalde kansverdeling van toepassing is.

Gesteld kan worden dat de verschillende variabelen zo gekozen moeten worden dat de constructie ontworpen wordt met een kans op bezwijken die aanvaardbaar klein is.

Door de Deltacommissie is bijvoorbeeld voor zeedijken gesteld, dat bij het bereiken van het ontwerppeil nog een grote mate van veiligheid tegen doorbreken aanwezig moet zijn; voor rivierdijken stelt de Commissie Rivierdijken, dat waterstanden moeten worden gekeerd behorende bij een bepaalde maatgevende afvoer.

De huidige gang van zaken in de waterbouw is globaal als volgt. Als belastingsvariabelen worden grootheden gekozen die aan de veilige kant liggen, bijvoorbeeld een waterstand met een geringe kans van overschrijden. Voor de constructievariabelen worden vaak gemiddelde of enigermate veilige waarden genomen.

Het dimensioneringsmodel

Het dimensioneringsmodel kan zoals gezegd een rekenkundig model zijn, maar ook gestoeld zijn op ervaring en vakkennis. In het model worden de verschillende belastings- en constructievariabelen bewerkt tot een maatgevende grootte, zoals taludhelling en bekledingsdikte. Door de verschillende variabelen binnen zekere grenzen te variëren, kan tot een optimaal ontwerp gekomen worden. De verschillende dimensioneringsmodellen zijn gebaseerd op de functionele eisen waaraan een bekleding moet voldoen.

Het primaire doel van een bekleding is het onderliggende zandlichaam te beschermen tegen erosie. Soms kan de bekleding nog een extra functie, zoals waterdichtheid, vervullen.

De functionele eisen, die mede voortvloeien uit de belastingen die op een bekleding kunnen werken, zijn globaal:

- * De bekleding moet zanddicht en soms waterdicht zijn.
- * De bekleding moet bestand zijn tegen:
 - golven
 - stromingen
 - wateroverdrukken in geval van een dichte bekleding
- * De bekleding moet, tot op zekere hoogte, zettingen en ontgrondingen kunnen volgen.
- * De bekleding moet stabiel zijn.

- * De bekleding moet weer- en watervast zijn.
- * De bekleding moet duurzaam zijn.
- * De bekleding moet bestand zijn tegen:
 - biologische aantastingen
 - chemische aantastingen
 - verkeer
 - vernielingen/recreatie
 - aanvaringen en ankerworpen
 - etc.

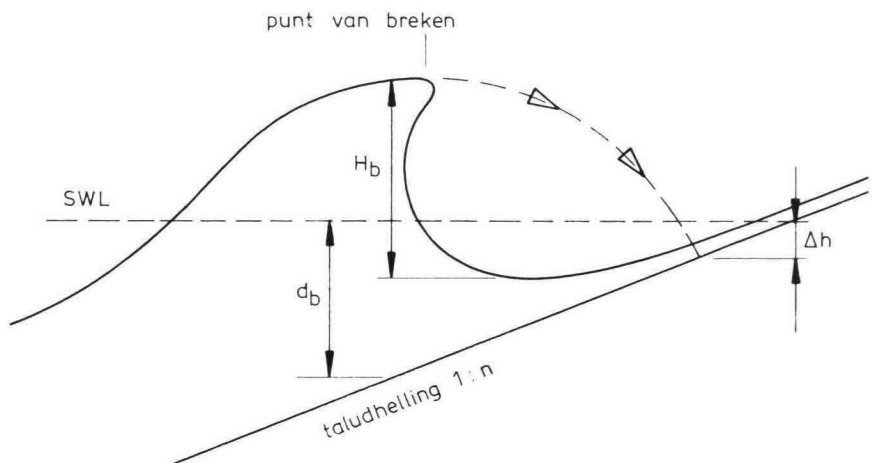
Het ontwerp moet eveneens afgestemd zijn op de uitvoering en het toekomstige beheer en onderhoud, zowel in technische zin (de ontworpen bekleding moet ook uitgevoerd en onderhouden kunnen worden) als in economische zin (optimalisering van de aanleg- en onderhoudskosten).

Het grondlichaam moet een redelijk goedkope, goed functionerende bekleding mogelijk maken. Hierbij is het zeer belangrijk dat rekening wordt gehouden met onnauwkeurigheden in de uitvoering met betrekking tot de maatvoering. Indien een laagdikte van b.v. 20 cm gewenst is, dan zal de werkelijke aangelegde laagdikte in een gebied rond deze waarde variëren.

Hieronder wordt voor een tweetal functionele eisen de dimensionering nader bekeken, namelijk die met betrekking tot golfbelastingen, met name de golfklappen en die met betrekking tot de wateroverdrukken. Het voert te ver om op de andere punten in te gaan. Hiervoor wordt verwezen naar de Leidraad voor toepassing van asfalt in de waterbouw.

Dimensionering van een plaatvormige bekleding op golfklappen

Op plaatvormige bekledingen zijn de grootste krachten die golven kunnen uitoefenen de golfklappen veroorzaakt door overstortende golven (fig. 7). Indien de constructie geschematiseerd wordt als een plaat liggende op een vertraagd elastisch reagerende ondergrond, belast door een plotseling aangrijpende lijnlast en waarbij als dimensioneringscriterium gesteld wordt, dat de optre-



Figuur 7:
De overstortende golf

dende buigspanningen de toelaatbare niet mogen overschrijden, kan de bekledingsdikte met onderstaande formule bepaald worden.

$$h = 0,75 \sqrt[5]{\frac{27}{16} \left(\frac{P}{\sigma_b}\right)^4 \cdot \frac{1}{(1-\vartheta^2)} \cdot \frac{S}{c}}$$

- waarin: h = bekledingsdikte (m)
 P = grootte van de golfklap (N/m¹)
 σ_b = bezwijkspanning van het asfalt (N/m²)
 ϑ = dwarscontractiecoëfficiënt van het asfalt
 S = stijfheidsmodulus van het asfalt (N/m²)
 c = beddingsconstante van de ondergrond (N/m³)
 0,75 = reductiecoëfficiënt

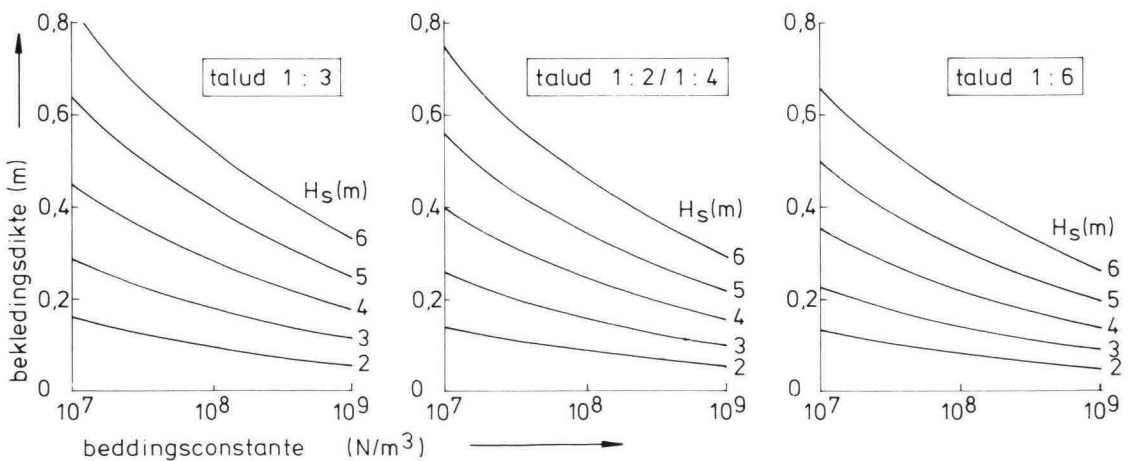
Voor Nederlandse omstandigheden is de formule voor een aantal van de belangrijkste mengseltypen uitgewerkt. Uitgegaan is hierbij onder meer van een ontwerpstorm, die 36 uur aanhoudt, en waarvan de golven d.m.v. de significante golfhoogte gekarakteriseerd zijn. Uit figuur 8 kan de benodigde dikte voor bijvoorbeeld een asfaltbetonbekleding afgelezen worden. De mengselsamenstelling van het asfalt is volgens de Eisen '78.

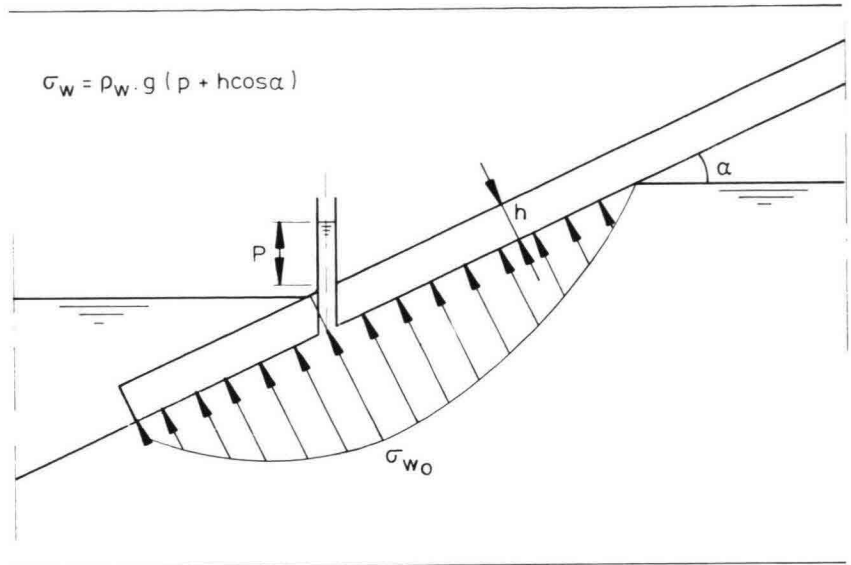
Dimensionering van een dichte bekleding op wateroverdrukken

Wateroverdrukken onder een relatief waterondoorlatende taludbekleding kunnen ontstaan doordat door een of andere oorzaak (bijvoorbeeld getijwerking) de waterstand in het dijklichaam hoger staat dan de buitenwaterstand. Een groot aantal factoren is van invloed op de grootte van de overdrukken, zoals:

- hoogte, duur, enz. van het waterstandsverloop
- de doorlatendheid van dijklichaam en ondergrond
- de geometrie van het dijklichaam
- de aanwezigheid en het type van een teenconstructie

Figuur 8: Benodigde laagdiktes voor een dijkbekleding van asfaltbeton, uitgezet tegen de beddingsconstante van de ondergronden voor verschillende significante golfhoogten en taludhellingen





Figuur 9:
Overdrukken onder een
waterdichte dijkbekleding

Door het grote aantal van invloed zijnde factoren is het niet mogelijk een algemene regel voor de bepaling van de wateroverdrukken te geven. Het heeft daarom de voorkeur voor ieder werk, zeker indien de situatie enigszins gecompliceerd is, de overdrukken apart te bepalen. Dit kan bijvoorbeeld gedaan worden met een elektrisch analogon of een computerberekening gebaseerd op een eindige elementenmethode. Een simpele methode waarmee, voor een eerste globale benadering, de overdrukken bepaald kunnen worden, is bijvoorbeeld de formule van Van der Veer.

In figuur 9 wordt schematisch het overdrukverloop onder een dichte bekleding gegeven. De maximale overdruk ligt hier ter hoogte van de buitenwaterstand. Doordat de buitenwaterstand zich langs het talud verplaatst, beweegt de plaats van de maximale overdruk ook.

Een overdruk kan de volgende effecten op een bekleding hebben:

- ★ Indien de component van het eigen gewicht van de bekleding evenwijdig aan het talud op een bepaalde plaats groter is dan de wrijvingsweerstand, zal de bekleding ter plekke willen afschuiven. De wrijvingsweerstand wordt vermindert door een opwaartse waterdruk. De bekleding zal dan gaan hangen aan het hoger liggende deel en gaan rusten op het onderliggende deel, waar de wrijvingsweerstand nog groot genoeg is. Asphalt is een viskeus materiaal, dat wil zeggen langdurige belastingen zoals wateroverdrukken, veroorzaken blijvende vervormingen, die bij herhaald voorkomen van de belasting zodanig groot kunnen worden, dat de bekleding bezwijkt.
- ★ Indien de component van het eigen gewicht van de bekleding kleiner wordt dan de wateroverdruk, zal de bekleding aldaar willen oplichten. In de ontstane holte kan zich zand verzamelen en aldus de bekleding beletten in de oude vorm terug te komen. Bij herhaald voorkomen van deze situatie kunnen de vervormingen zo groot worden, dat bezwijken optreedt.

Gezien deze aspecten zijn in het verleden de volgende bekende ontwerpcriteria gesteld:

Het afschuifcriterium

Bij vaak optredende belastingsomstandigheden (b.v. getij) mag de bekleding niet afschuiven.

$$\text{In formulevorm: } h \geq \frac{f \cdot \sigma_{wo}}{\rho_a \cdot g (\cos\alpha \cdot \sin\alpha)}$$

- waarin: h = bekledingsdikte (m)
 f = wrijvingscoëfficiënt
 $f = \tan\phi$ indien $\phi < \theta$, anders $\tan\theta$
 ϕ = hoek inwendige wrijving ondergrond
 θ = wrijvingshoek tussen bekleding en ondergrond
 ρ_a = dichtheid asfalt (kg/m^3)
 g = versnelling zwaartekracht (m/s^2)
 σ_{wo} = maximale waarde overdruk (N/m^2)

Het opdrijfcriterium

Bij minder frequent voorkomende belastingsomstandigheden zoals stormvloed (die over het algemeen hogere belastingen geven), mag de bekleding niet opbollen.

$$\text{In formulevorm: } h \geq \frac{\sigma_{wo}}{\rho_a \cdot g \cdot \cos\alpha}$$

In deze criteria is voorbijgegaan aan het feit dat de bekleding een plaat is en dus buigspanningen kan opnemen. Onder extreme omstandigheden (b.v. een superstorm) zou eventueel gesteld kunnen worden dat de bekleding iets mag opbollen. Onderzoek hiernaar is gewenst.

N.B. In bovenstaande formules wordt de overdruk σ_{wo} ten opzichte van de onderkant van de bekleding gebruikt. Het elektrisch analogon en de formule van Van der Veer geven echter de overdruk p in mwk ten opzichte van de bovenkant van de bekleding. Voor omrekening geldt de relatie $\sigma_{wo} = \rho_a g (p + h \cos\alpha)$.

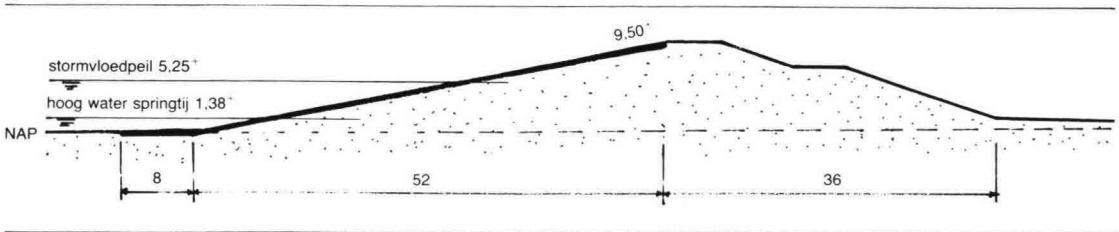
Voorbeeld

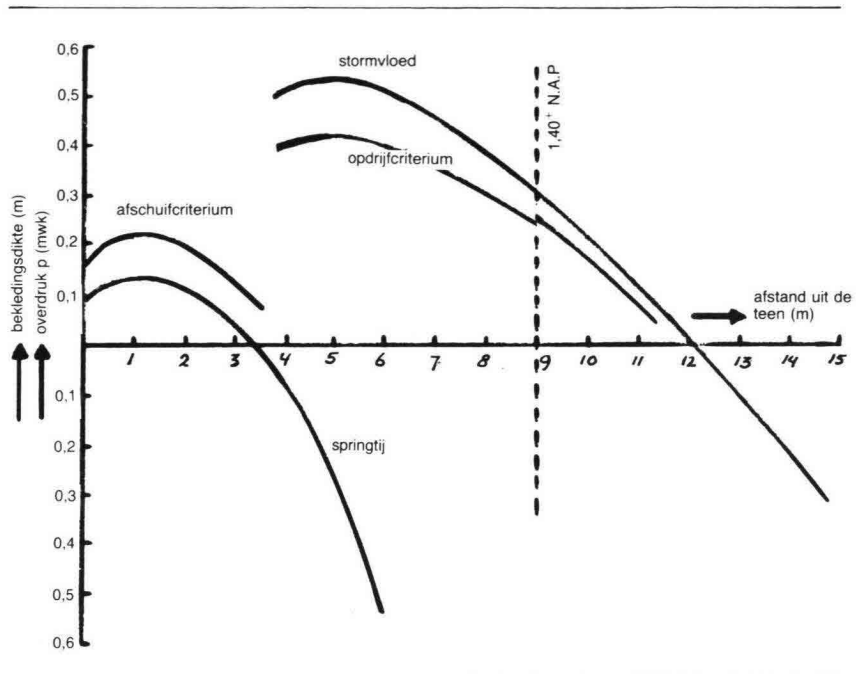
Tot slot wordt een voorbeeld behandeld met betrekking tot de dimensionering van een dichte dijkbekleding van asfalt met bovengenoemde methoden.

De situatie is in figuur 10 schematisch weergegeven. De gegevens zijn:

- taludhelling 1:6
- springtij: L.W. = - 1,02 N.A.P.
- H.W. = + 1,38 N.A.P.
- stormvloed: overschrijdingsfrequentie 1/10000 = + 5,25 N.A.P.

Figuur 10:
Doorsnede van een Nederlandse dijk met een waterdichte asfaltbetonbekleding





Figuur 11: Voorbeeld van wateroverdrukken onder een dichte dijkbekleding en de daarbij behorende laagdiktes

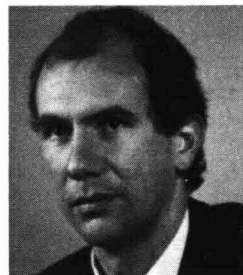
- significante golfhoogte die de ontwerpstorm karakteriseert $H_s = 3,30$ m
- overdrukken zijn bepaald met een elektrisch analogon en zijn gegeven in figuur 11
- de ondergrond bestaat uit goed verdicht zand met een beddingsconstante van $2 \cdot 10^8$ N/m³ en een hoek van inwendige wrijving van 30°.

Als bekleding wordt gekozen boven springtij-hoogwater voor asfaltbeton met een mengselsamenstelling volgens de Eisen '78 en een dichtheid van 2200 kg/m³ en daarbeneden voor vol en zat geopeneteerde breuksteen met een dichtheid van 2350 kg/m³.

Gezien de aard van de constructie en de ligging van het voorland wordt de golfbelasting op de geopeneteerde breuksteenlaag verwaarloosd en wordt alleen de asfaltbetonbekleding hierop gedimensioneerd. Uit figuur 7 volgt dat de asfaltbetonbekleding in dit kader minimaal 0,16 m dik moet zijn.

Door invulling van de overdrukken ten gevolge van springtij in het afschuifcriterium en ten gevolge van de stormvloed in het opdrijfcriterium volgen de hiervoor benodigde bekledingsdiktes. Aangezien de maximale overdrukken variëren langs het talud kunnen de bekledingsdiktes eveneens variëren. Deze zijn eveneens in figuur 11 gegeven.

Resultaten uit recent onderzoek



door: ir. H. Roos,
Bitumarin BV,
Zaltbommel

Inleiding

Bij het opstellen van de leidraad voor de toepassing van asfalt in de waterbouw is gebruik gemaakt van de meest recente kennis op het gebied van asfaltmengsels en hun eigenschappen. Desalniettemin bleek bij het vaststellen van de „state of art” dat er op verscheidene punten nog onvoldoende inzicht bestond in de eigenschappen van diverse bitumineuze mengselsoorten bij bepaalde specifieke toepassingen. Voor het realiseren van een zo compleet mogelijke leidraad was het wenselijk dat ook deze „witte vlekken” ingevuld werden. Hiervoor bleek een aantal onderzoeken noodzakelijk.

De begeleiding van deze onderzoeken is verzorgd vanuit de subwerkgroep 4A van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (T.A.W.). Enkele punten van het onderzoeksprogramma zijn inmiddels afgerond, terwijl andere onderzoeken in de nabije toekomst worden gerealiseerd.

Het totale onderzoeksprogramma omvat de volgende onderdelen:

- verdichtingsonderzoek asfaltbeton;
- grondmechanisch onderzoek op gebitumineerd zand;
- mengselontwerp asfaltmestiek;
- mechanische eigenschappen van open steenasfalt;
- golfbestendigheid van open steenasfalt;
- stroombestendigheid van open steenasfalt;
- stroombestendigheid van gebitumineerd zand.

In het hiervolgende zullen de diverse onderzoeken nader besproken worden.

Verdichtingsonderzoek asfaltbeton

Het grootste probleem dat zich voordoet bij asfaltbeton, toegepast als dijkbekledingsmateriaal, is het optreden van scheurvorming. Omdat de primaire functie van de asfaltbetonbekleding is het beschermen van het dijklichaam tegen uitspoeling, zal het materiaal in ieder geval zanddicht moeten zijn. Scheurvorming is dus vanzelfsprekend niet gewenst.

Teneinde de oorzaak van deze scheurvorming vast te stellen, is een inventarisatie uitgevoerd van een groot aantal asfaltbetonbekledingen verspreid over het land, maar zoals begrijpelijk geconcentreerd in twee gebieden, te weten het Waddengebied en de Zuidwestelijke Delta. De inventarisatie is gedaan door een begeleidingsgroep bestaande uit leden van de Wegbouwkundige Dienst (W.B.D.), het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen (C.O.W.) en de afdeling Ontwikkeling Nieuwe Werkmethoden van de Deltadienst (O.N.W.) Van een dertigtal dijkvakken is aan de hand van een vragenlijst een groot aantal

gegevens vastgelegd betreffende geometrie, ligging, mengselsamenstelling, wijze van uitvoering, omstandigheden tijdens de aanleg, etc. Daarnaast is elk dijkvak geïnspecteerd op eventuele scheuren.

Resultaat van de inventarisatie is dat geconcludeerd mag worden dat het merendeel van de scheurvorming zijn oorzaak vindt in een onvoldoende zorgvuldige uitvoering van de constructie. Daarbij zijn drie hoofdoorzaken aan te wijzen.

Scheurvorming ten gevolge van walsen

Bij het walsen op het talud ontstaan schuifspanningen tussen de walsrol en het asfaltbeton-oppervlak. Het is duidelijk dat deze schuifspanningen groter zijn naarmate het talud steiler is. Wanneer het asfaltbeton bij het walsen onvoldoende stabiel is, zal het aan deze schuifspanning geen weerstand kunnen bieden en zullen in het oppervlak scheuren ontstaan. Vette, dat wil zeggen bitumenrijke, mengsels zullen dit instabiele karakter eerder vertonen dan minder vette mengsels. Bovendien speelt de temperatuur tijdens het walsen een belangrijke rol.

Ook het te lang doorwalsen (vaak tot 's avonds laat) om de laatste walssporen nog uit het oppervlak te verwijderen, terwijl de gewenste verdichting al lang bereikt is, doet asfaltbeton meer kwaad dan goed.

Bovenstaande heeft ertoe geleid om in de Leidraad als aanbevelingen ten aanzien van het verdichten op te nemen, dat bij niet te vette mengsels (6,5% bitumen) als verdichtingsmaterieel gebruikt wordt een tandemtrilwals al of niet in combinatie met een rol. Vijf à zes overgangen met de tandemtrilwals of twee rolovergangen gecombineerd met vier à vijf tandemtrilwalsovergangen zijn normaal gesproken voldoende voor het behalen van de gewenste verdichting.

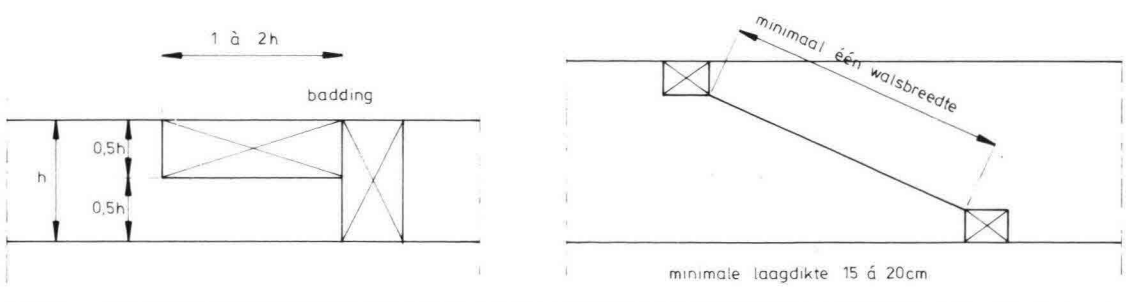
Scheuren ten gevolge van zettingen en/of afschuiving

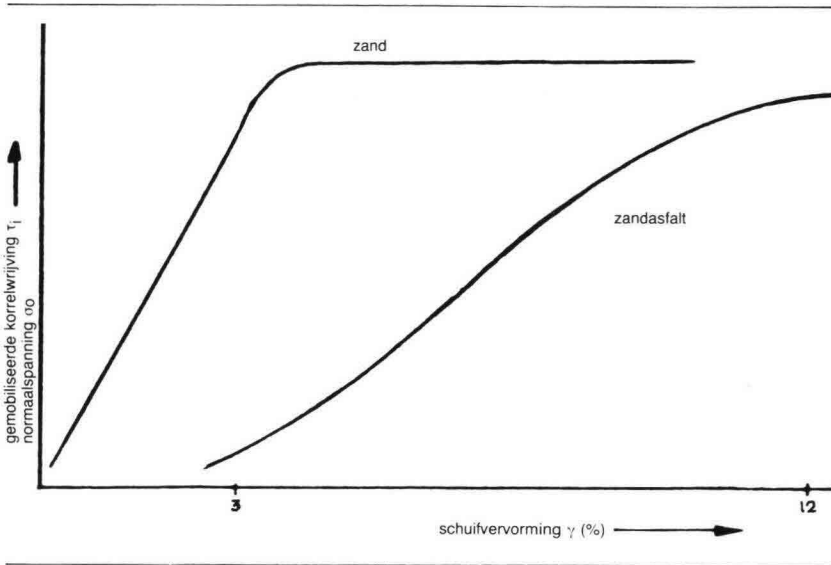
Hoewel asfaltbeton een flexibel materiaal is, heeft het een beperkte vervormingscapaciteit. Te snelle en/of te grote deformaties van de ondergrond zullen derhalve niet in alle gevallen zonder schade door de asfaltbetonbekleding kunnen worden gevolgd. Het probleem is hier in eerste instantie terug te voeren op een onvoldoende zorg aan de uitvoering van de ondergrond. Goede verdichting van het dijklichaam, het liefst laagsgewijs opgebouwd, zal dit probleem goeddeels kunnen oplossen.

Scheuren ter plaatse van lassen en aansluitingen

Het is duidelijk dat scheuren zich het eerst daar manifesteren waar lassen tussen opeenvolgende dagproducties of aansluitingen op andere bekledings-

Figuur 1:
Daglassen voor
asfaltbeton





Figuur 2:
Bezwijkgedrag zand
versus gebitumineerd
zand

materialen of op kunstwerken onvoldoende zijn uitgevoerd. Het is derhalve zaak hiermee bij het ontwerp en tijdens de uitvoering rekening te houden. Voorbeelden van goede daglassen zijn aangegeven in figuur 1. Vóór het aanbrengen van de tweede laag dient de las schoongemaakt te worden en te worden verwarmd ofwel behandeld met emulsie.

Aansluitingen op kunstwerken dienen zoveel mogelijk met een flexibel materiaal (mestiek) uitgevoerd te worden, zodat eventuele verschilzettingen zonder schade gevolgd kunnen worden.

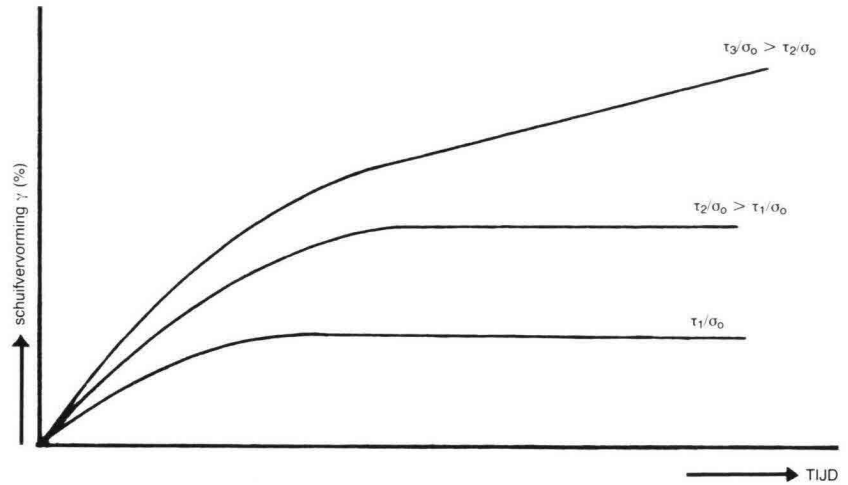
Grondmechanisch onderzoek op gebitumineerd zand

Gebitumineerd zand ofwel zandasfalt bestaat globaal uit 4% bitumen en 96% zand. Door deze samenstelling is het grondmechanisch gedrag van dit materiaal totaal anders dan dat van ongebonden zand. Dit manifesteert zich vooral bij de toepassing van gebitumineerd zand als kademateriaal.

Test men ongebonden zand in een cel-apparaat, dan zal het zandmonster bij het bereiken van een bepaalde verhouding tussen schuifspanning en isotrope spanning vrij plotseling bezwijken, resulterend in een snel toenemende vervorming. Bij een gemiddeld zand zal deze toestand, waarbij de maximaal te mobiliseren schuifweerstand bereikt wordt, optreden bij een vervorming van ca. 4%.

Door het bitumenfilmpje dat zich bij gebitumineerd zand als een bindlaagje om elk zandkorreltje bevindt, zal direct korrel op korrel contact bij belasting aanvankelijk niet optreden. Doordat bij het opvoeren van de belasting op het monster bitumen tussen de korrels wordt uitgeperst, zal op steeds meer plaatsen korrel op korrel contact ontstaan. Hierdoor wordt een interne weerstand van het materiaal gemobiliseerd, waardoor de deformatie-snelheid langzaam afneemt om tenslotte in het geheel niet meer toe te nemen. Dit gedrag is geschetst in figuur 2 en 3. Pas wanneer de belasting een bepaalde waarde overschrijdt zal de deformatie niet meer eindig zijn en zal het materiaal bezwijken, maar slechts nadat al een relatief grote vervorming heeft plaatsgevonden.

Figuur 3:
 Relatie tussen tijd en
 schuifvervorming van
 gebitumineerd zand voor
 verschillende τ/σ_0
 waarden.

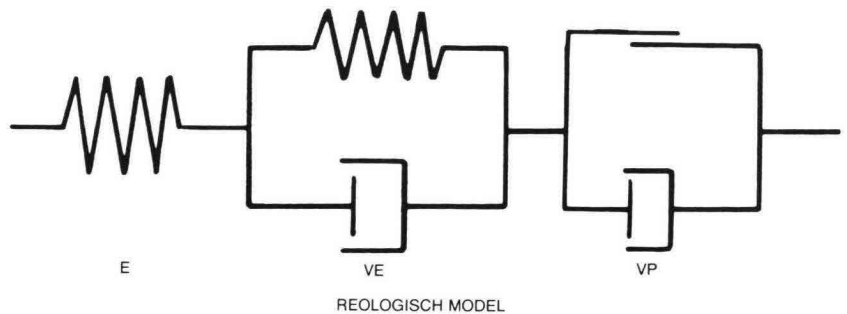


Het beschreven gedrag treedt op bij relatief langdurige belastingen. Bij kort durende belastingen reageert het materiaal als een monolithisch elastisch materiaal dat ook in staat is om trekspanningen op te nemen.

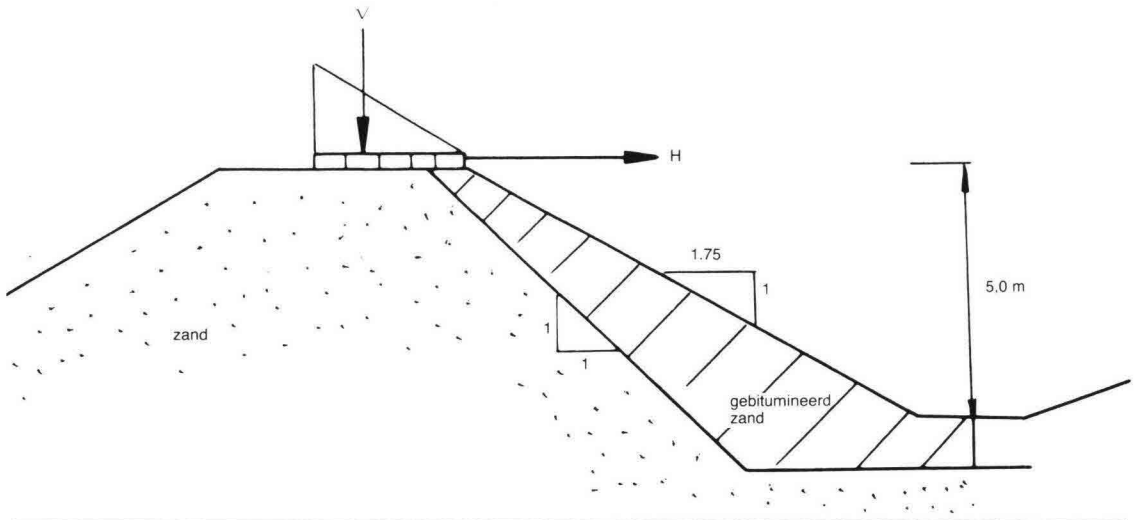
Schematisch kan het materiaal voorgesteld worden zoals getekend in het reologisch model van figuur 4. Hierbij zijn te onderscheiden een puur elastische component (E), een visco-elastische component (VE) en een visco-plastische component (VP).

In samenwerking met de Deltadienst is het bovenbeschreven gedrag van gebitumineerd zand door het Laboratorium voor Grondmechanica theoretisch benaderd hetgeen geresulteerd heeft in een mathematisch model. Dit rekenmodel is mede gebaseerd op laboratorium-onderzoek op gebitumineerde zandmonsters uitgevoerd door de Wegbouwkundige dienst van de Rijkswaterstaat en het L.G.M.

Om de bruikbaarheid van het mathematische model te toetsen is de constructie zoals geschetst op figuur 5 met behulp van het model doorgerekend en gelijktijdig is deze constructie op schaal 1:1 nagebouwd en in verschillende stadia belast.



Figuur 4:
 Gebitumineerd zand



Figuur 5:
Proefopstelling
gebitumineerd zand

De proefopstelling bestaat uit een zandkern met een taludhelling 1:1, afgedekt met een schil gebitumineerd zand met een helling 1:1,75 aan de buitenzijde. De hoogte van het talud tussen teen en kruin bedraagt 5 m. Ter plaatse van de kruin is zowel verticaal als horizontaal een belasting aangebracht.

Nauwkeurig is het gedrag van de proefopstelling gevolgd om het verloop van de vervorming in de tijd in relatie tot de aangebrachte belasting te kunnen vastleggen.

Uiteindelijk bestond de belasting uit een horizontale kracht van 40 kN/m' en een verticale kracht van 150 kN/m'. Deze belasting heeft na een aanwezigheid van meer dan een half jaar nog niet geleid tot waarneembare vervorming.

Ofschoon dit niet in overeenstemming is met het genoemde rekenmodel van het L.G.M., dat wel enige vervorming had voorspeld, moet het resultaat van het experiment toch als positief bestempeld worden in die zin dat de grondmechanische prestatie van gebitumineerd zand tot op heden onderschat is.

De proefnemingen zullen gecontinueerd worden door het opvoeren van de belasting. De resultaten zullen gebruikt worden om het rekenmodel van het L.G.M. te verfijnen.

Mengselontwerp asfaltmastiek

Bij het ontwerpen van de mengselsamenstelling van asfaltmastiek is het belangrijkste doel een overvuld mengsel te realiseren. Dit wil zeggen dat in het mastiekmengsel, dat wordt samengesteld uit bitumen, vulstof en zand, de hoeveelheid bitumen groter is dan nodig om de holle ruimte in het zand-vulstofmengsel te vullen. Zo ontstaat bij verwerkingstemperatuur (120-170°C) een vloeibaar materiaal.

Recente onderzoeken hebben uitgewezen dat naast het holle ruimtepercentage ook het specifieke oppervlak van het zand-vulstof mengsel van wezenlijk belang is voor de bepaling van de benodigde hoeveelheid bitumen. Dit specifieke oppervlak kan bepaald worden aan de hand van de korrelverdeling van het zand-vulstof mengsel.



Figuur 7:
Golfbelasting op open
steenafalt in de
Deltagoot

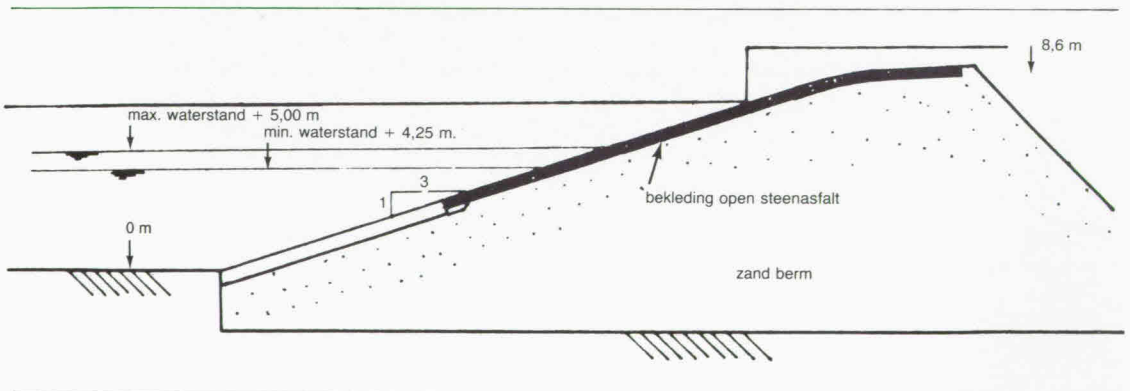
Mechanische eigenschappen van open steenasfalt

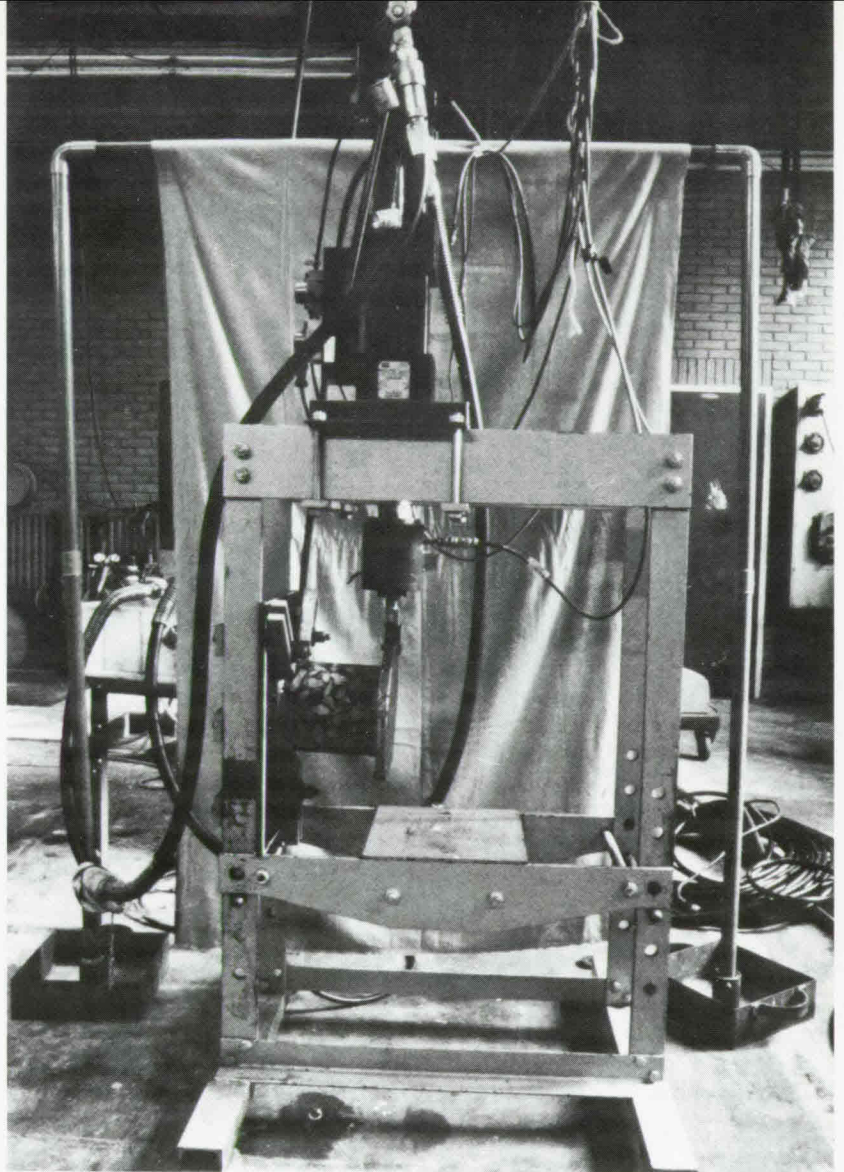
Een van de bitumineuze materialen waarvan nog betrekkelijk weinig bekend was voor wat betreft de mechanische eigenschappen is open steenasfalt. Aan de Technische Hogeschool te Delft is bij de Afdeling der Civiele Techniek door een aantal studenten onder begeleiding van subwerkgroep 4A onderzoek gedaan naar de stijfheidsmodulus en het bezwijkgedrag van open steenasfalt onder zowel statische als dynamische belastingen (fig. 6). De resultaten van dit laboratoriumonderzoek hebben het mogelijk gemaakt dat ook open steenasfalt toegankelijk is voor de dimensioneringsmethoden, met name die voor de belasting door golven, zoals in de leidraad voor de toepassing van asfalt in de waterbouw zijn opgenomen.

Golfbestendigheid van open steenasfalt

Ter ondersteuning van de hierboven genoemde dimensioneringsmethode met betrekking tot golfaanval op een bekleding van open steenasfalt is in de

Figuur 8:
Golfbestendigheid open
steenafalt.
Proefopstelling W. L. De
Voorst





Figuur 6:
Proefopstelling open
steenafalt

Bij de nieuwe mengselontwerptheorie wordt er vanuitgegaan dat naast het bitumen, nodig voor het vullen van de holle ruimte, ook een hoeveelheid bitumen nodig is om elke korrel te omhullen met een dun filmpje dat dan als een smerlaagje fungeert. Op het moment is een onderzoek gaande om de theorie die inmiddels is ontwikkeld aan de hand van experimenten, te verifiëren en zo mogelijk te verfijnen. Het proefprogramma omvat een onderzoek naar het gedrag op laboratoriumschaal van een groot aantal mengsels met verschillende soorten zand en vulstof, waarvan de samenstelling is vastgesteld middels de nieuwe theorie. Uiteindelijk zal het onderzoek afgerond worden met een serie praktijkproeven waarbij aspecten, zoals uitvloeien en penetratie, onderzocht worden.

De eerste proefresultaten zijn positief en wijzen erop dat met behulp van de nieuwe ontwerp-methode tot een economisch gebruik van bitumen gekomen kan worden.

Deltagoot van het Waterloopkundig Laboratorium „De Voorst” een modelproef, schaal 1:1, uitgevoerd (fig. 7).

De proefopstelling bestond uit een zandlichaam met een talusbekleding 1:3, deels voorzien van een bekleding bestaande uit een laag gebitumineerd zand, dik 0,15 m, met daarop 0,20 m open steenasfalt, deels voorzien van een laag van 0,25 m open steenasfalt op een filterdoek (fig. 8, 9).

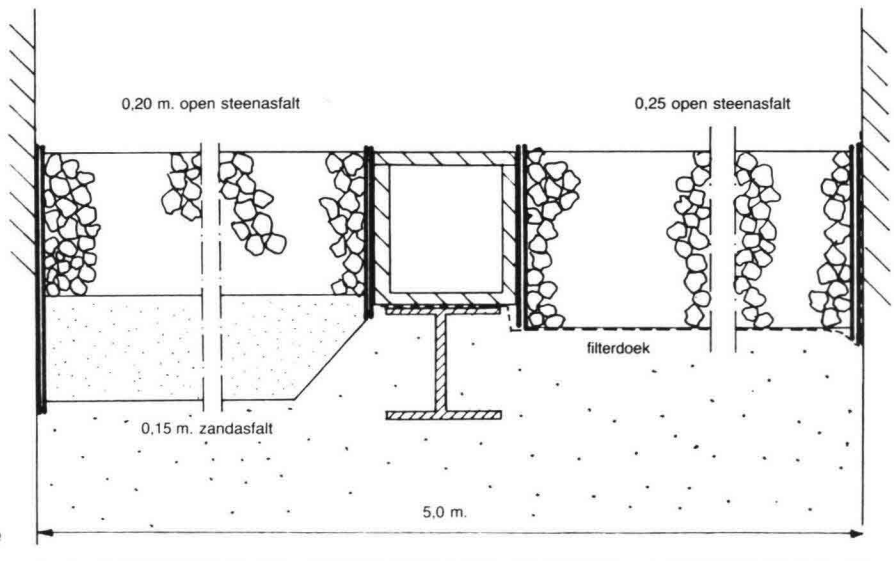
Tijdens de golfproeven werd bekeken of naast het overschrijden van de bezwijkspanning van het asfalt ten gevolge van het inslaan van de brekende golven mogelijk nog een ander mechanisme door de golfbelasting zou worden ingeleid dat zou resulteren in het bezwijken van de constructie. Gedacht werd hierbij aan het mogelijk optreden van een of meer van de volgende bezwijkvormen:

- oplichten van de constructie of een deel daarvan ten gevolge van een resulterende opwaartse belasting;
- migratie van zand tengevolge van een drukgradiënt langs het talud direct onder de bekleding;
- erosie van het oppervlak tengevolge van op- en afstromend water over het talud.

Het uitgevoerde proefprogramma heeft aangetoond dat onder de maximale golfbelasting die in de Deltagoot te realiseren was ($H = 2,65$ m) geen schade is opgetreden aan de constructie.

Ten aanzien van de tevoren mogelijk te verwachten schademechanismen valt te concluderen dat:

- de bezwijkspanning onder de proefomstandigheden niet is overschreden;
- dankzij de grote doorlatendheid van open steenasfalt slechts een geringe opwaartse belasting optreedt die zeker niet tot oplichten leidt;
- migratie van zand niet geconstateerd is;
- op enkele steentjes na van erosie van het oppervlak geen sprake is geweest.



Figuur 9:
Dwarsdoorsnede
modelopstelling W. L. De
Voorst

Stroombestendigheid van open steenasfalt en gebitumineerd zand

Aangezien het bij het proefprogramma in de Deltagoot slechts ging om een vrij gering aantal lastherhalingen op het open steenasfalt, bleef het interessant om te bekijken hoe het gedrag van open steenasfalt onder invloed van een langdurige belasting zou zijn. Met name de weerstand van het materiaal tegen erosie door op- en afstromend water was een van de witte vlekken die nog ingevuld moest worden. Met dit doel werd in de stroomgoot van de stuw bij Lith een proefopstelling opgebouwd (fig. 10) waarmee het mogelijk was de aanval van een brekende golf op een talud na te bootsen en wel met name het op- en afstromen van het water. Bij de uitgevoerde proeven werd een brekende golf gesimuleerd met een hoogte van $H = 1,9$ m, op een taludhelling 1:4.

Tijdens de proefnemingen zijn snelheden langs het talud gemeten van maximaal 5 m/s.

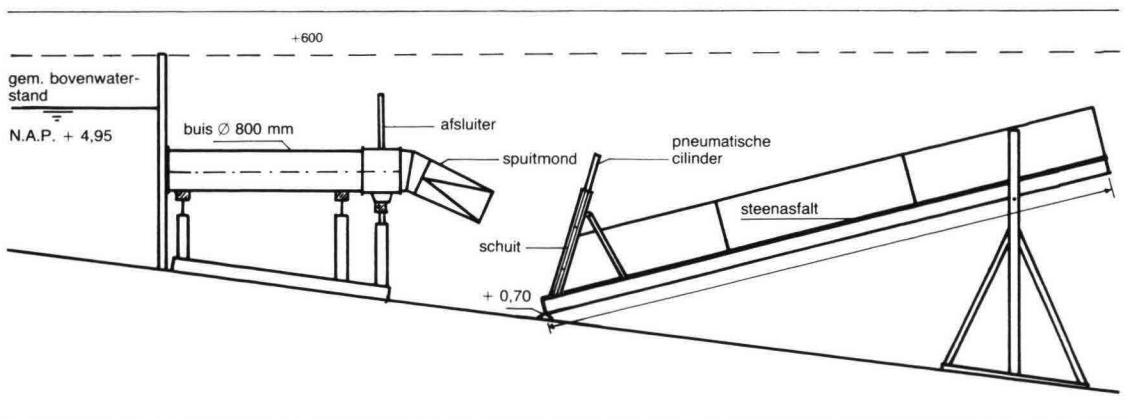
Regelmatig werd het oppervlak gecontroleerd op eventueel materiaalverlies. Na uiteindelijk 200.000 lastherhalingen was nog geen schade waarneembaar. Hierna werd de proef uitgebreid door op het proefstuk een hoeveelheid grof grind, 30-60 mm, aan te brengen op zo'n manier dat het de gelegenheid kreeg met elke golf het talud op en af te rollen. Na 50.000 lastherhalingen bleek dat deze belasting aantasting van het talud veroorzaakte in de vorm van uitbreken van steentjes uit de bekleding.

Hoewel de subwerkgroep van de T.A.W. op het ogenblik nog doende is met de evaluatie van de resultaten, mag geconcludeerd worden dat de eroderende werking van op- en afstromend water verwaarloosbaar is. Slechts in die gevallen waar zich op het talud materiaal in de vorm van puin, grind of breuksteen bevindt dat zich ten gevolge van de golven langs het talud op en neer beweegt en zo stootkrachten op de bekledingslaag uitoefent, kan beschadiging van het asfalt plaatsvinden.

In dezelfde proefopstelling is ook het materiaal gebitumineerd zand onder dezelfde omstandigheden getest. Na 23.000 lastherhalingen (zonder grind) bleek dat er niet meer dan slechts zeer oppervlakkig enig materiaalverlies opgetreden was.

Als eerste conclusie mag gesteld worden dat deze proefnemingen op gebitumineerd zand aangetoond hebben dat dit materiaal zich uitstekend leent voor

Figuur 10:
Proefopstelling in de
stroomgoot van de stuw
bij Lith

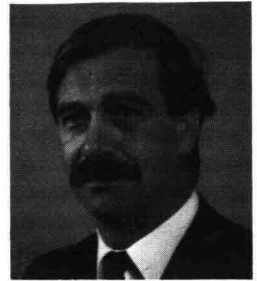


tijdelijke constructies en voor situaties waar kaden of filters gedurende kortere of langere tijd onbeschermd blijven, bijvoorbeeld voordat een definitieve bekledingsconstructie wordt aangebracht.

Conclusie

De beschreven onderzoeken hebben er toe bijgedragen, dat een aantal witte vlekken is ingevuld en dat de kennis voor wat betreft verschillende bitumineuze materialen is uitgebreid. Het resultaat van het afgeronde onderzoek is, dat dankzij de gevonden onderzoekresultaten in combinatie met de verschenen leidraad, de ontwerper van waterbouwkundige werken op een beter gefundeerde manier dan in het verleden het geval was, asphalt kan toepassen. Voortzetting en uitbreiding van het onderzoek op diverse gebieden blijft echter gewenst om de nog bestaande vragen op te lossen.

Uitvoering van bitumineuze dijkbekledingen



door: ir. G. L. M.
Mulders,
Bitumarin B.V.,
Zaltbommel

Inleiding

De omstandigheden waaronder de uitvoering van waterbouwkundige werken, zoals waterkeringen, moet plaatsvinden, worden over het algemeen bepaald door randvoorwaarden die voor elke situatie uniek zijn.

Deze randvoorwaarden zijn:

- hydraulische en grondmechanische randvoorwaarden, bijvoorbeeld eb en vloed en een al dan niet draagkrachtige ondergrond;
- weersomstandigheden respectievelijk werkbaarheid;
- bereikbaarheid voor materieel en materiaal;
- invloed van de uitvoering op de directe omgeving; bijvoorbeeld milieu of verkeersbelasting.

Een ontworpen constructie moet dan ook mede bepaald worden door deze randvoorwaarden; in een direct verband hiermee staat de keuze van de toe te passen materialen. Uitgegaan wordt van de Nederlandse omstandigheden waarbij een constructie veelal bestaat uit een grondlichaam dat bekleed wordt met een beschermde laag, in een aantal gevallen een bitumineuze constructie.

Bitumineuze constructies zijn in Nederland, vooral na 1953, op grote schaal toegepast om onder meer de volgende redenen:

- het gebonden karakter van deze bekledingen beperkt de constructiedikte; dus geringere hoeveelheden materiaal;
- ze zijn in verhouding tot andere constructies relatief goedkoop;
- asfalt is eenvoudig en snel (mechanisch) te verwerken;
- het zijn over het algemeen duurzame constructies;
- gebruik van lokale materialen is mogelijk; gebrek aan steen.

De uitvoering van waterbouwkundige asfaltwerken is in drie fasen te verdelen, namelijk:

- productie;
- transport en tussenopslag;
- verwerking.

Productie

Voor de productie van bitumineuze materialen voor waterbouwkundige toepassingen kan meestal gebruik gemaakt worden van een in de omgeving aanwezige asfaltmenginstallatie.

In principe voert een dergelijke installatie de volgende bewerkingen uit:

- voordosering van de mineralen;
- droging, ontstopping en verwarming van de mineralen;

- zeven van de mineralen;
- afwegen van samenstellende materialen;
- mengen;
- eventueel opslag gereed produkt.

In het algemeen zijn deze installaties geautomatiseerd en van een registratie voorzien. Tot de uitrusting van de installatie wordt ook een laboratorium gerekend ter controle van de produktie en verwerking en ter besturing van het produktieproces met hoeveelhedsbepaling.

Voor werken waar grote hoeveelheden van een bepaald type mengsel worden geproduceerd is het zinvol een speciale installatie in te zetten. Een dergelijke installatie wijkt af van een standaard installatie. Het verschil betreft dan specifiek die onderdelen, welke van belang zijn voor dát betreffende produkt. Als voorbeelden kunnen genoemd worden:

Drummixer voor de produktie van gebitumineerd zand

De drummixer bestaat uit een roterende mengtrommel waarin het zand gedroogd en verwarmd wordt en waarbij tevens de benodigde bitumen wordt gedoseerd. Voor de bouw van de havendammen van de werkhaven te Zeebrugge is een dergelijke installatie toegepast met een nominale capaciteit van 600 t/h (375 m³/h) (fig. 1). Deze installatie voert de volgende bewerkingen uit:

- dosering (door middel van weegband voor zand);
- droging en ontstopping;
- menging.

Dit type installatie leent zich uitstekend voor werken waar op grote schaal gebitumineerd zand wordt toegepast. De schaal van toepassing is dan van dien aard dat met een gangbare installatie niet op de gewenste capaciteit gekomen kan worden.

Ook voor de toepassing van asfaltbeton, al dan niet in samenhang met hergebruik van oud asfalt, is een dergelijke installatie inzetbaar.



Figuur 1:
Installatie voor de
produktie van gebitu-
mineerd zand te Zee-
brugge

Menginstallatie voor zware steenasfalt

Een installatie voor de productie van zware steenasfalt is ingezet bij de bouw van de havendammen in IJmuiden. Dit type installatie bestaat uit een complete menginstallatie, welke een bitumineuze mortel produceert. Een tweede installatie droogt stortsteen 10/60 kg en mengt deze vervolgens met de mortel. Het resultaat is een zware steenasfalt met een hoge stabiliteit (fig. 2).

Een twee-fase menginstallatie voor penetratiemortel

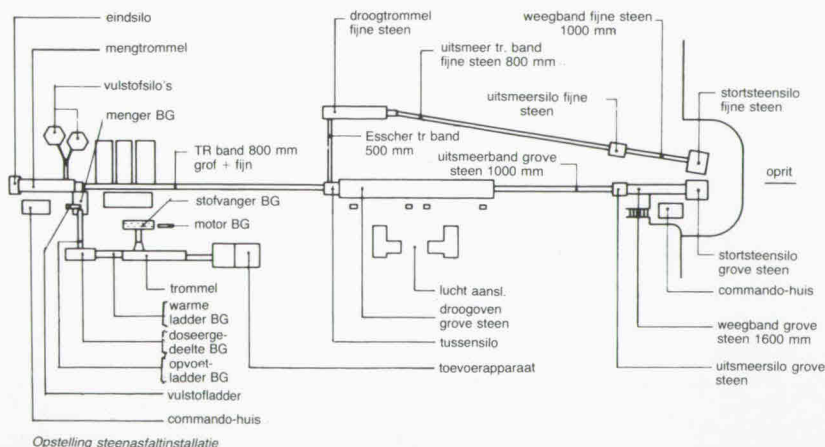
Deze installatie is gebruikt voor de Splitsingsdam in Hoek van Holland: een scheidingsdam tussen het Beerkanaal en de Nieuwe Waterweg. Deze installatie is ingezet om tot een optimale productie te komen van penetratiemortel voor stortsteen 200/800 kg.

Een eerste installatie produceert een mortel met maximale steenafmeting van 8/16 mm. In een tweede menginstallatie wordt deze mortel gemengd met gedroogde steen tot 120 mm. Op deze wijze kan de productie gehaald worden die vereist is voor de voortgang van het werk.

Een opwerkinstallatie

Als exceptioneel, in termen van productie-installaties, kan ook genoemd worden de opwerkinstallatie die is ingezet bij de uitvoering van een beschermingsconstructie voor zinkers in het Hartelkanaal. Deze installatie werkt een halfproduct op tot een mastiek die gebruikt wordt voor penetratie van stortsteen en het maken van een bodembescherming.

De keuze van deze werkwijze berust op een transportvoordeel, doordat het te gebruiken halfproduct behandeld kan worden als een granulaair materiaal in tegenstelling tot mastiek dat vervoerd moet worden in roerketels. Transport over water met roerketels is kostbaar en tijdrovend; overslag van granulaair materiaal op het water daarentegen is een bekende techniek.



Figuur 2:
Schema van de asfalt-
installatie te IJmuiden



Figuur 3:
De inrijbak

Transport en tussenopslag

Transport van menginstallatie naar plaats van verwerking vindt meestal, zeker als uitgegaan wordt van een bestaande menginstallatie, plaats per as. Voor asfaltbeton, open steenasfalt, en zandasfalt wordt meestal gebruik gemaakt van normale vrachtwagens. Om het temperatuurverlies te beperken is het mogelijk en soms zelfs noodzakelijk, voorzieningen te treffen om overmatige afkoeling te voorkomen. Deze maatregelen kunnen variëren van het gebruik van een afdekzeil tot de inzet van geïsoleerde wagens.

Bij de verwerking van het asfalt op het werk wordt veelal gebruik gemaakt van inrijbakken waarin het materiaal wordt gestort vanuit het vervoermiddel (fig. 3). Deze vorm van tussenopslag is te prefereren omdat verontreiniging wordt uitgesloten en een zekere conservering van de warmte wordt gegarandeerd. Een hydraulische kraan brengt het asfalt vanuit de inrijbak in het werk of bij de productie van open steenasfaltmatten, in de bekisting.

Ook kan gebruik worden gemaakt van al dan niet geïsoleerde containers, die vanaf het vervoermiddel worden gelost.

In dat geval dienen deze containers als tussenopslag en worden op het werk door andere vervoermiddelen naar het verwerkingsapparaat gebracht.

Tussenopslag in de open lucht moet over het algemeen vermeden worden; in feite leent alleen het materiaal zandasfalt zich daarvoor indien de hoeveelheden voldoende groot zijn in verband met de warmteconservering.

Materialen welke gevoelig zijn voor ontmenging, dienen of in roerketels (fig. 4) vervoerd en opgeslagen te worden of moeten op het werk opgemengd worden. Speciaal voor mortels met grovere aggregaten is opmenging voorafgaand aan de verwerking gewenst, daar transport en opslag in asfaltcontainers aanleiding geeft tot ontmenging. Het opmengen kan eenvoudig plaatsvinden met een afzonderlijk roerwerk of met de bak van een hydraulische kraan.

Transport over water vindt plaats indien het materiaal als bulkmateriaal (bijvoor-



Figuur 4:
De roerketel



Figuur 5:
Aanbrengen van een
asfaltbetonbekleding met
een voor toepassing op
het talud aangepaste
spreidmachine

beeld zandasfalt en halfprodukten) verwerkt kan worden. Voor ontmengingsgevoelige materialen vindt vervoer plaats in al dan niet mobiele containers of roerketels.

Verwerking

De verwerkingsmethode van bitumineuze materialen is sterk afhankelijk van het soort asfalt en het is dan ook noodzakelijk hierin onderscheid aan te brengen. Verder zijn natuurlijk voor de verwerking de randvoorwaarden, zoals vernoemd in de inleiding, bepalend.

Om een indruk te geven van het scala van mogelijkheden, worden een aantal verwerkingsmethoden nader belicht.

Asfaltbeton

Asfaltbeton moet altijd in den droge worden verwerkt; dat wil zeggen boven de hoogwaterlijn. De methode van verwerking bestaat uit het spreiden van het asfaltbeton met behulp van een hydraulische kraan op een vooraf geprepareerde ondergrond. De kraan welke op het zandbed staat, spreidt het asfaltbeton, dat bijvoorbeeld door middel van een laadschop of draadkraan chargegevoerd in het werk wordt gebracht. Ook is het denkbaar dat rechtstreeks vanuit een inrijbak gewerkt wordt. Meestal introduceert dit evenwel extra werk in de vorm van het uitvlakken van sporen in de ondergrond.

Toepassing van spreidmachines is ook mogelijk hoewel dit op taluds dikwijls bezwaarlijk is. Bij steilere taluds zijn zelfs crestmachines of iets dergelijks noodzakelijk. De eis van een voldoende draagkrachtige ondergrond voor dit soort materieel kan soms extra werk vereisen (fig. 5).

Verdichting vindt meestal plaats in twee fasen; in een eerste fase wordt met een lichte wals voorgewalst, in een tweede fase wordt met een zwaardere wals afgewalst totdat de gewenste verdichting en vlakheid worden verkregen.

Mastiek

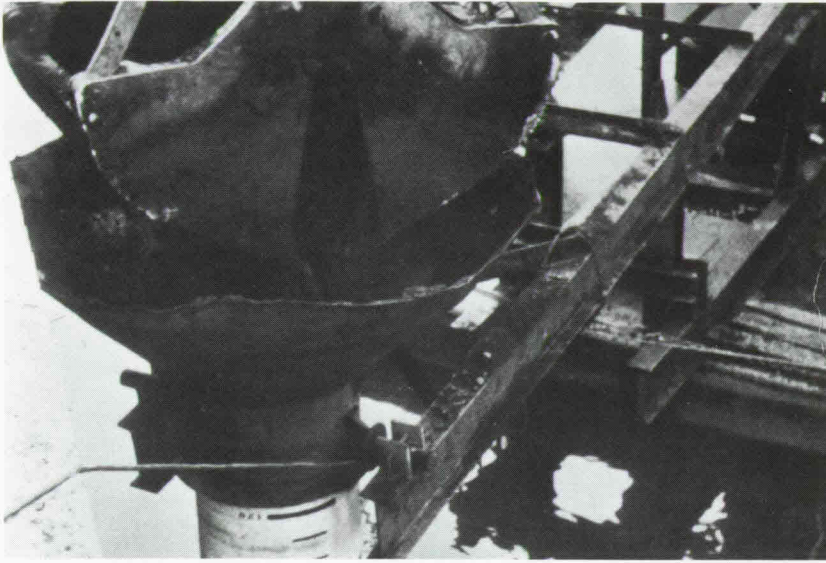
Mastiek gedraagt zich in de warme fase als een viskeuze vloeistof en biedt daarom diverse mogelijkheden voor verwerking, zoals met een pijp of met een kubel en/of kraan.

Onder water zijn de pijp en de kubel favoriet. Boven water komen meer een kubel, een goot of de bak van de hydraulische kraan in aanmerking.

Een sprekend voorbeeld voor de verwerking van mastiek met behulp van een pijp is het asfaltschip „Jan Heijmans”, dat uitgerust is met een 65 m lange stortpijp, die aan de onderzijde is voorzien van een verdeelmond. Vanuit de menginstallatie wordt de mastiek via een roerketel, die als tussenopslag fungeert, in de pijp gedoseerd. Volgens de wet van de Poiseuille vloeit de mastiek uit het verdeelapparaat en vormt zo een aaneengesloten laag.

Niet alleen op een dergelijke grote schaal is gebruik van een stortpijp mogelijk. Ook op kleinere schaal is het principe van een stortpijp toepasbaar (fig. 6).

Op kleine schaal kan mastiek ook worden verwerkt met behulp van kubels. De kubels hebben bij voorkeur een bodemklep, waardoor op eenvoudige wijze kan worden gelost nadat de kubel is gepositioneerd. Voor penetratie van stortsteen is het gebruik van een normale draadkraan mogelijk. Ook kan de bak van de hydraulische kraan toegepast worden.



Figuur 6:
Toepassing van een
stortpijp voor het aan-
brengen van mestiek

Penetratiemortel

Penetratiemortel laat zich bijna uitsluitend met behulp van een kubel of met de bak van een hydraulische kraan verwerken (fig. 7). Van belang hierbij is het positioneersysteem, vooral onder water.

Wordt vanaf de wal gewerkt, dan is positionering over het algemeen met eenvoudig gereedschap te realiseren. Vanaf het water is positionering meestal gecompliceerder, waarbij al snel naar toepassing van distomat en soortgelijke geautomatiseerde meetinstrumenten gegrepen zal worden.

Specifiek bij werken vanaf het water bestaat de problematiek van de te verdisconteren toleranties op nauwkeurigheid. Bepalend voor de nauwkeurigheid van positioneren is het verankeringssysteem in relatie tot de nautische omstandigheden, zoals stroming, waterbeweging en wind.



Figuur 7:
Aanbrengen van een
penetratiemortel met de
bak van de hydraulische
kraan

Figuur 8:
Aanbrengen van open
steenafalt op een filter-
doek



De kwaliteit van penetratiewerk wordt naast een geschikte mortel en een nauwgezette verwerking in belangrijke mate bepaald door de kwaliteit van de breuksteen. Een penetratiemortel voor zware breuksteen, b.v. 1-3 ton, kan gebroken steen bevatten tot 64 mm. Heeft het steenpakket een te grote ondermaat aan te kleine steen, dan zal de penetratie worden belemmerd, hetgeen de kwaliteit van het eindresultaat ongunstig beïnvloedt.

Dicht steenasfalt

Dicht steenasfalt is een gap-graded mengsel, dat zich zowel als penetratiemortel voor zware steen (b.v. 300-1000 kg) als zelfstandig bekledingsmateriaal laat verwerken. Specifiek voor flexibele teenconstructies is dicht steenasfalt toe te passen. Het materiaal kan in een normale asfaltmenginstallatie geproduceerd worden en wordt vervoerd in een asfaltcontainer. Voor de verwerking is een hydraulische kraan geschikt, die het materiaal uit de asfaltbak in het werk brengt.

Het lage bitumenpercentage (ca. 8% m/m) maakt het gebruik van het materiaal aantrekkelijk, te meer daar het ook op hellingen en onder water goed te verwerken is. Als zelfstandig bekledingsmateriaal vormt het een waterdichte constructie. Het voordeel is dat geen verdichting nodig is.

Open steenasfalt

Verwerking van open steenasfalt vindt altijd plaats boven water. De grote doorlatendheid van het materiaal laat verwerking onder water niet toe in verband met te snelle afkoeling. Wordt het boven water als bekledingsmateriaal toegepast, dan is in situ verwerking mogelijk met behulp van een hydraulische kraan of met een speciale spreidmachine, afhankelijk van de te verwerken hoeveelheden. In de meeste gevallen vindt verwerking plaats met een hydraulische kraan waarbij een inrijbak als tussenopslag wordt gebruikt.

De verwerking van open steenasfalt vindt altijd plaats op een filter van zandafalt of kunststof doek (fig. 8). In beide gevallen is de afwerking van de onder-



Figuur 9:
Vervaardiging van open
steenafalmmatten



Figuur 10:
Aanbrengen van een
open steenafalmmat
door het afalmschip „Jan
Heymans”

grond van belang om tot een constante laagdikte te komen. Toleranties in de ondergrond kunnen slechts ten dele verwerkt worden in de bekledingslaag. Een en ander mede in verband met de te accepteren vlakheid. Het materiaal hoeft niet verdicht te worden.

Bij toepassing van open steenasfalt onder water kan gebruik worden gemaakt van een geprefabriceerde mat, die bestaat uit een filterdoek waarop een laag open steenasfalt is aangebracht. Een wapeningsgaas kan in de mat opgenomen worden (fig. 9). Het plaatsen van de matten kan op diverse manieren geschieden. Bekend is de verwerkingsmethode, waarbij een mat tijdens de fabricage opgerold wordt op een rol en vervolgens in één zinkbeweging in het werk wordt gebracht (fig. 10).

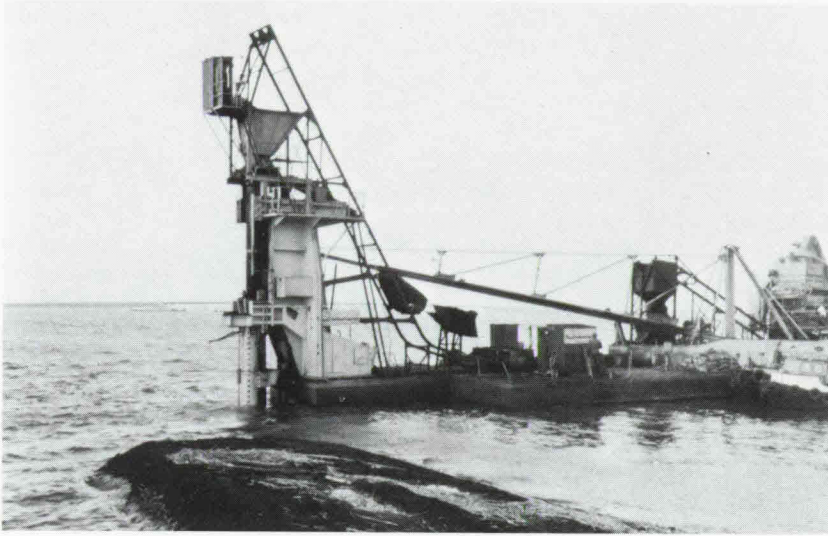
Op kleinere schaal kan een mat ook met een kraan of bok in het werk worden gebracht. Hierbij wordt dan gebruik gemaakt van een hijsframe waaraan banden of kabels zijn bevestigd voor het dragen van de mat (fig. 11).

Gebitumineerd zand (zandasfalt)

Bij de verwerking van gebitumineerd zand is het van belang een scheiding te maken tussen verwerking als filterlaag en verwerking in bulk bijvoorbeeld als materiaal voor kaden in de tijzône of daaronder. Dunne filterlagen van gebitumineerd zand liggen in de tijzône of daarboven en hebben een essentiële functie in de definitieve constructie. De geringere laagdikte vereist een grotere nauwkeu-



Figuur 11:
Plaatsen van een asfalt-
mat m.b.v. een hijsframe
aan een drijvende bok



Figuur 12:
Aanbrengen van gebitu-
mineerd zand met een
stortpijp

righeid om op alle plaatsen een zanddicht filter op te leveren. Het accent van de verwerking ligt niet op de hoeveelheden, doch op de kwaliteit van de filterconstructie en de laagdikte. Doordat een filter van gebitumineerd zand voor korte duur (in bouwfase) geen directe bekleding behoeft en dus als tijdelijke bekleding dienst kan doen, geeft de toepassing van een dergelijk filter een extra vrijheid in de uitvoering.

Verwerking van gebitumineerd zand vindt plaats vanuit een inrijbak of iets dergelijks, teneinde het materiaal voor verontreiniging te behoeden.

Van een andere dimensie is de verwerking van gebitumineerd zand als bulkmateriaal ten behoeve van kaden en dergelijke. Verwerking vindt plaats als zand. Het materiaal wordt vanuit grote depots rechtstreeks in het werk gestort. Deze depots zijn nodig om het zandasfalt tot de gewenste temperatuur af te laten koelen. Op het stort kan een bulldozer worden ingezet. Omdat de toepassing van kaden van gebitumineerd zand een belangrijk uitvoeringsaspect dekt, is afwerking alleen van belang voorzover dit voor de definitieve constructie gewenst is. Toepassing van een kade van gebitumineerd zand komt in eerste instantie voort uit de uitvoeringsmethode (fig. 12 en 13).

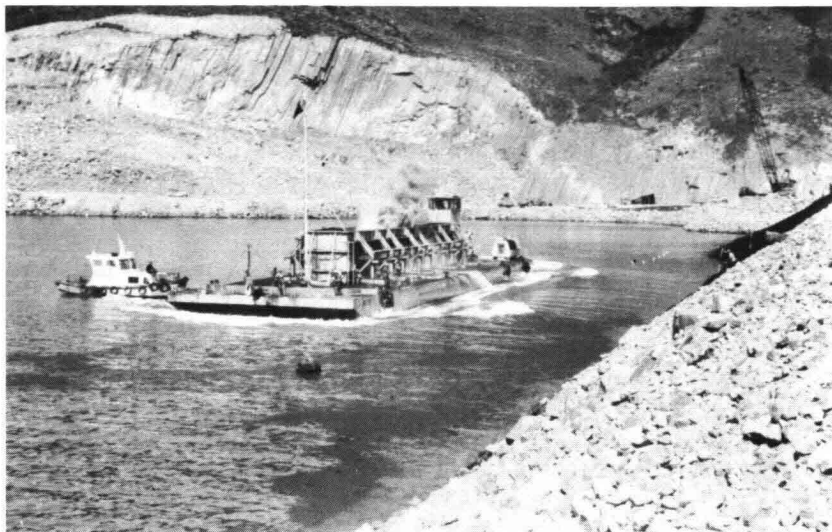
Vergeleken met mijnsteen levert gebitumineerd zand grotere voordelen. Het is stabiel, dus minder risico, en geeft in de definitieve fase een veiliger constructie; immers het materiaal behoudt zijn samenhang. Daartegenover staat de hogere kostprijs. Voor het overige gaat een vergelijking tussen mijnsteen en gebitumineerd zand niet geheel op, omdat de toepassingsmogelijkheden van gebitumineerd zand die van mijnsteen ver overtreffen.

Membranen

Membranen in waterkeringen hebben in de meeste gevallen een grondwaterkerende functie. Hierbij speelt in zekere zin de beperking van kwel een rol, enerzijds vanwege het bezwaar van zoute kwel, anderzijds ter verlaging van freatische vlakken.

Voorbeeld van toepassing van een membraan in een ringdijk wordt in de Biesbosch gevonden.

Figuur 13:
Aanbrengen van gebitu-
mineerd zand met een
onderlosser



Figuur 14:
Aanbrengen van een ge-
prefabriceerd membraan



De geprefabriceerde membranen worden op een geschikte (bijvoorbeeld zand) ondergrond uitgerold en met bitumen aan elkaar geplakt. Daarna wordt gebalast en kan de uiteindelijke bekleding aangebracht worden (fig. 14).

Ook andere toepassingen zijn denkbaar, zoals bijvoorbeeld een verticaal membraan dat geplaatst wordt met een speciale trenchmachine. De diepte van deze schermen beperkt zich tot circa 5 m afhankelijk van de ondergrond. In alle gevallen wordt de dragende constructie gevormd door het grondlichaam. In verband met de zich ontwikkelende visies op het gebied van het milieu, kan de toepassing van membranen in de toekomst een grote vlucht nemen.

BESLUIT

Bestekomschrijvingen van de diverse materialen zijn min of meer al in gestandaardiseerde vorm aanwezig en de R.A.W. legt deze binnenkort ter inzage. In deze standaardisatie zijn naast resultaatbeschrijvingen ook bepalingen voor de uitvoering van bitumineuze bekledingen opgenomen. Aan een standaardisatie van de verrekenwijze wordt momenteel gewerkt.



Bouwen en beheren

door: ir. W. Bandsma,
Afdeling
Waterbouwmaterialen,
Wegbouwkundige
Dienst, Delft

Als doel van waterbouwkundige constructies kan gezien worden de bescherming van land tegen water (waterkeringen), van water tegen land (vaarwegen) en van water tegen water (havendammen).

Meestal wordt ruim aandacht besteed aan de aspecten, zoals die bij ontwerpen uitvoering van deze constructies en onderdelen hiervan uit asfalt aan bod komen. Beheer, en in dit verband vooral onderhoud, komen wat beperkter aan bod. Bij de meeste constructies zal echter de periode van beheer en onderhoud, zeker gezien in de tijd, de belangrijkste zijn.

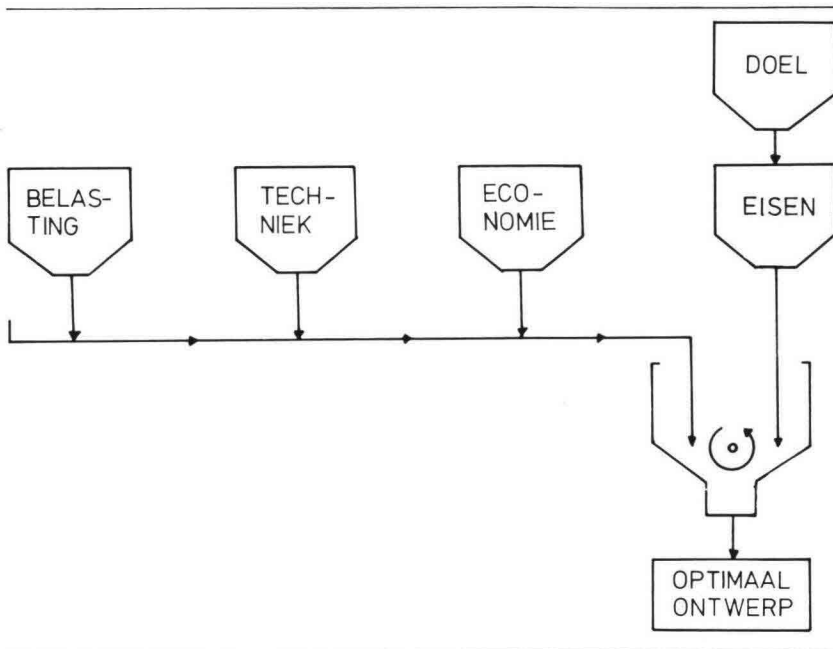
De veronderstelling kan worden gemaakt dat onderhoud relatief van minder belang is, eenvoudiger is uit te voeren en daardoor mogelijk minder kostbaar zal zijn. Recent opgedane ervaringen leiden echter tot de gedachte dat aan kennis en inzicht op dit gebied één en ander nog ontbreekt.

Wat dat betreft zijn een aantal kanttekeningen te maken, die overigens veel algemener kunnen worden opgevat dan alleen voor het materiaal waterbouw-asfalt; ze zijn namelijk ook van toepassing op andere materialen, constructies en onderdelen hiervan. Heel algemeen kan worden gesteld dat elke constructie aan zekere eisen moet voldoen: een waterkering moet gedurende een bepaalde tijdsduur een aantal belastingen kunnen weerstaan.

Technische en economische mogelijkheden zullen in eerste instantie bepalen hoe de keuze voor het constructietype, de wijze van uitvoering en de materialen uitvalt. Het behoeft geen betoog dat een zo optimaal mogelijke keuze moet worden nagestreefd (fig. 1). Onder technische mogelijkheden vallen zaken als ontwerp-kundige inzichten, uitvoeringsmethoden, beschikbare materialen; bij economische mogelijkheden gaat het niet alleen om aanleg- en onderhoudskosten en de verhouding daartussen, maar ook om de wijze en tempo van financiering.

Door de keuze voor een bepaald ontwerp worden, meer of minder bewust, de beginwaarden van een aantal constructie- en materiaaleigenschappen vastgelegd: voor een dijk met een asfaltbekleding bijvoorbeeld kruinhoogte, taludhelling, laagdikte, mengselstijfheid. Voor het functioneren van de dijk zijn bepaalde eigenschappen belangrijker dan andere. De tijd heeft invloed op die eigenschappen: zetting, erosie, bitumenveroudering; ook belastingniveau's en niet te vergeten de economische mogelijkheden kunnen in de tijd veranderen.

Beheer is erop gericht de constructie in stand te houden; door middel van onderhoud wordt ernaar gestreefd te voorkomen, dat belangrijke eigenschappen een zekere grenswaarde passeren. Frequentie en omvang van onderhoud kunnen uiteraard binnen ruime grenzen variëren, afhankelijk van (technische) noodzaak en (financiële) mogelijkheden. De bepaling van de noodzaak tot onderhoud levert nog een aantal vragen op, waarop het antwoord op dit moment niet direct is te geven. Bewust gebruik, ook in de beheerssituatie, van ter beschikking staande hulpmiddelen (zoals een leidraad) kan een bijdrage leveren aan het vinden van antwoorden op die vragen.



Figuur 1:
De „ontwerpmixer”

Om te kunnen vaststellen of de onder zijn beheer vallende constructies toe zijn aan onderhoud en aan welk onderhoud, moet de beheerder kunnen beschikken over bepaalde informatie (fig. 2).

Vastgelegd moet zijn, welke eigenschappen van de betreffende waterbouwkundige constructie essentieel zijn voor het functioneren ervan, en op welke niveaus die moeten liggen. Deze functionele eisen zijn in principe in de ontwerpfase vastgelegd.

De beheerder dient te weten welke waarden deze eigenschappen hebben gekregen op het moment dat de constructie gereed is gekomen, en enig inzicht te krijgen in de verandering ervan met het verstrijken van de tijd. Tenslotte moet het, om de vergelijking met de oorspronkelijke eisen te kunnen maken, mogelijk

ESSENTIËLE EIGENSCHAPPEN
EISEN / GRENSWAARDEN
BEGINNIVEAUS
INVLOED TIJD
MEETMETHODEN
EFFECT MAATREGELLEN

Figuur 2:
Uitgangspunten
onderhoud

zijn na zekere tijd vast te stellen, hoe het met die essentiële eigenschappen is gesteld. Hieruit zouden dan onderhoudsmaatregelen moeten volgen; liefst met een schatting van het effect ten opzichte van reeds gemaakte en nog te maken kosten.

Met bovengenoemde voorwaarden zal in de ontwerpfase nadrukkelijk rekening moeten worden gehouden. Ook tijdens de uitvoering zal er gelet moeten worden op gebeurtenissen die invloed kunnen hebben op bijvoorbeeld de kwaliteit van de materialen.

Ontwerp, uitvoering en beheer zijn vaak bij verschillende onderdelen binnen de betrokken overheidsinstanties ondergebracht; ontwerp en uitvoering worden vaak (noodgedwongen) uitbesteed.

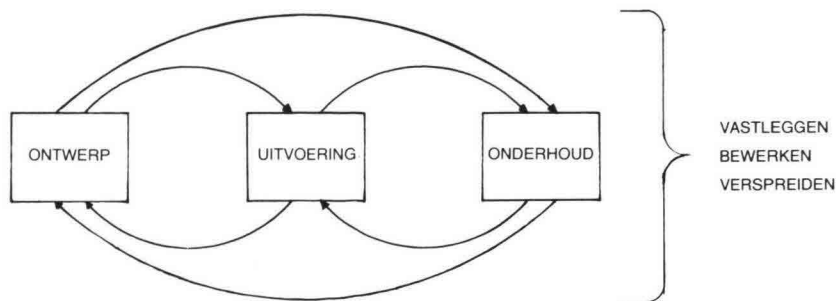
Een pleidooi voor een intensievere overdracht van informatie tussen ontwerpers, uitvoerenden en beheerders is dan ook zeker op zijn plaats. Vastleggen en bewerken van informatie met betrekking tot ontwerpfilosofie, motieven voor de keuze tussen alternatieven, gegevens over de aanleg en eerder uitgevoerd onderhoud, is daarbij een noodzaak.

Vastleggen is van belang wegens de soms lange tijd die kan verstrijken tussen bijvoorbeeld het gereedkomen van een bestek en de uitvoering daarvan en vanwege het behoud van kennis en ervaring; bewerken is nodig om de hoeveelheid gegevens te beperken en om de overdracht van de opgedane kennis en ervaring en toepassing naar situaties elders mogelijk te maken.

Naast de tegenwoordig vaak aangerode „export van know-how” is in eigen land zeker plaats voor „distributie van know-how” met de bedoeling anderen meer en gericht in de gelegenheid te stellen gebruik te maken van opgedane ervaringen (fig. 3).

De hierboven in het kort geschetste effectievere informatie-overdracht binnen instanties en tussen instanties onderling (waaronder ook vallen onderzoeks- en adviesinstellingen) zal meer centraal moeten worden aangepakt om tot wat wel met de term „rationeel onderhoud” wordt aangeduid te komen (wat niet wil zeggen dat nu op niet-rationele wijze zou worden onderhouden). Hierbij kan zeker nuttig gebruik worden gemaakt van de ervaringen van het Bureau Rationeel Wegbeheer van Rijkswaterstaat; ook de Commissie Vaarwegbeheerders heeft een aanzet hiertoe gegeven.

Zoals eerder werd aangevoerd, ligt de basis voor het onderhoud in de ontwerp-fase. Helaas moet in dit verband geconstateerd worden dat het nog niet mogelijk is alle in principe nodig geachte gegevens (snel) te verkrijgen.



Figuur 3:
Informatieoverdracht

Het vaststellen van functionele eisen in een vorm waarin latere toetsing mogelijk zal zijn, is geen eenvoudige zaak, zeker niet als dergelijke eisen aan materialen moeten worden gesteld: voor een kruinhoogte is dat duidelijk, maar welke doorlatendheid moet een filterlaag van gebitumineerd zand hebben? Ook de wisselwerking tussen belastingen en bekleding (en materialen) als onderdeel van de constructie verdient verdere aandacht, evenals de wijze waarop en de mate waarin bepaalde (materiaal)-eigenschappen met het voortschrijden van de tijd veranderen (fig. 4). Voor het bepalen van de waarden van essentieel geachte eigenschappen zijn meetmethodieken nodig, waarbij het geïntegreerd oog trouwens evenzeer op zijn plaats is als zeer fijnzinnige apparatuur.

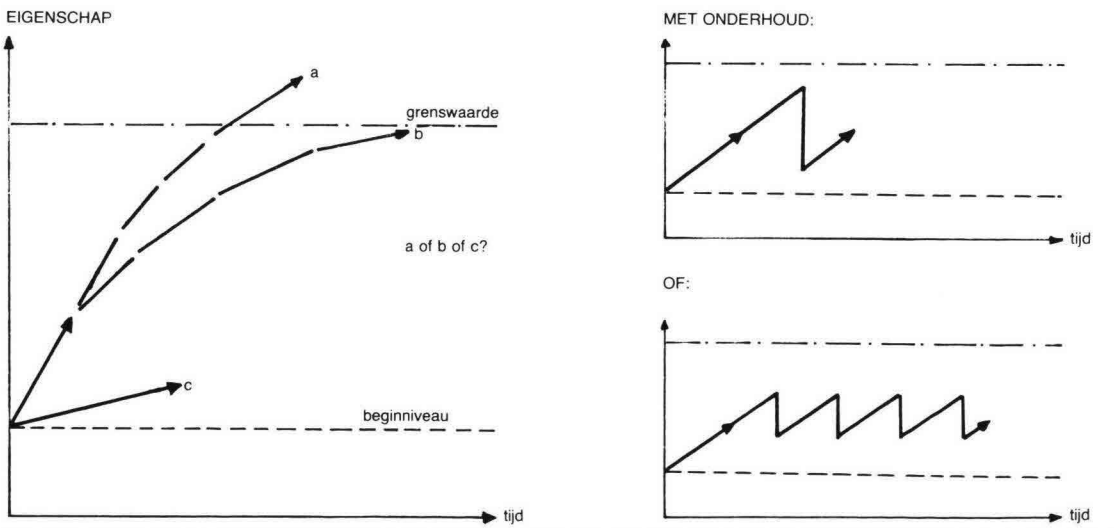
Alle aanleiding dus voor verdere studie en onderzoek, die dan vooral meer gericht dient te zijn op de voor toekomstig onderhoud te stellen criteria; bijvoorbeeld of een nieuwe oppervlakbehandeling nodig is of een nieuwe laag, en van welk materiaal.

Hierbij zou eerst moeten worden gekeken in hoeverre inventarisatie en analyse van reeds bekende gegevens resultaten afwerpen. Lopend onderzoek kan de mogelijkheid bieden een en ander te combineren en enkele extra aspecten te bekijken. Doublures moeten hierbij voorkomen worden. Voorbeelden zijn onder meer het tevens bepalen van materiaaleigenschappen bij golfgoetonderzoek van grotere constructies en het blijvend volgen van ten behoeve van de uitvoering aangelegde proefvakken. Vooral de opzet en begeleiding van proefvakken ook op langere termijn verdient een meer integrale aanpak.

Het mes snijdt hier overigens aan twee kanten: de te verkrijgen informatie is zowel nodig voor de afweging van ontwerp-alternatieven als voor de toetsing van de noodzaak tot onderhoud.

De afweging van alternatieven vindt (afgezien van de keuze tussen onderhoudsmaatregelen) in het bijzonder plaats in de ontwerpfase en ook wel bij aanbesteding als gevolg van alternatieve aanbieding. In beide gevallen is optimalisering van de constructie aan de orde, met in het tweede geval vaak sterk het accent op het terugbrengen van aanlegkosten. Voor de afweging in de

Figuur 4:
Verandering van
materiaaleigenschappen
in de tijd



ontwerpfase is over het algemeen voldoende tijd beschikbaar, al is reeds gesteld dat nog niet alle criteria duidelijk voorhanden zijn. Want is de vergelijking tussen twee typen asfaltbekledingen al mogelijk, die tussen een asfalt- en een betonglooiing is veel minder duidelijk, om niet te spreken over de vergelijking met een met gras begroeide kleibekleding.

Voor de vergelijking tussen alternatieven die zich bij de aanbesteding aandienen met het besteksontwerp is daarentegen slechts zeer beperkte tijd beschikbaar. Noodgedwongen vindt dan de keuze op basis van enkele sprekende (vermeende) voor- of nadelen, zoals lage aanleg- danwel hoge onderhoudskosten, plaats. Vaak gaat het hierbij om nieuwe ontwikkelingen, die zodoende kans lopen een slechte naam te krijgen of als wondermiddel te worden toegepast. Geen van beide is uiteraard wenselijk.

Een vergelijkbaar verschijnsel doet zich voor bij de verdeling van de lasten van aanleg en onderhoud. Ligt het ontwerp in handen van de beheerder en komen de aanlegkosten ook voor zijn rekening, dan is er uiteraard een neiging om deze kosten laag te houden met als risico meer onderhoud. Indien de aanlegkosten voor rekening van een andere instantie zijn, verschijnen veelal „beproeft”, zwaar uitgevoerde en dus vaak duurdere bekledingstypen.

Beide aangegeven gevallen kunnen dienen als illustratie van het feit dat niet alleen de huidige technische inzichten verdere ontwikkeling behoeven, maar dat ook de gevolgen van bepaalde procedures en regelingen voor nadere beschouwing in aanmerking komen. In dit verband speelt ook het weer bijstellen van het tempo van uitvoering van de dijkverhogingen. Door het vroegere lage tempo zijn een aantal bestekken al lange tijd gereed. Moet dan niet nagegaan worden of het indertijd gekozen alternatief op dit moment nog de voorkeur verdient, bijvoorbeeld bij weging van aanleg- en onderhoudskosten?

Bovenstaande is het aanstippen van een groot aantal punten die verder bekeken moeten worden, waarbij wordt uitgegaan van de gedachte dat niet alleen de aanleg, maar zeker en uiteindelijk vooral het beheer en onderhoud gebaat is bij meer inzicht in eigenschappen en gedrag van waterbouwkundige constructies.

Ten eerste lijken de belangen van vele betrokkenen gediend met meer ruimte in de bestaande regelingen om alternatieven af te wegen, uitgangspunten te toetsen, nieuwe ontwikkelingen te verwerken en beheersbelangen en ontwerp-mogelijkheden naast elkaar te zetten. Vervolgens dienen een aantal gegevens systematischer te worden vastgelegd en geëvalueerd; dit loopt van ontwerpuitgangspunten via aanleggegevens tot de toetsing van nader vast te stellen criteria in de onderhoudssituatie. Ook de verspreiding van bestaande en nieuwe inzichten zou hieronder moeten vallen.

Tenslotte is er aanleiding tot nadere studie en onderzoek naar langeduurgedrag van materialen (en constructie-onderdelen), meettechnieken, onderhoudsstrategie, evaluatie van ervaringen.

Dit geldt overigens zoals eerder al gesteld, niet alleen op het gebied van asfalttoepassingen in de waterbouw.

De Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen heeft voor het materiaal asfalt een belangrijk deel van één en ander gerealiseerd door middel van een aanpak, waarbij een full-time projectleider, gesteund door deskundigen van overheid, onderzoeksinstituten en bedrijfsleven, gedurende een vastgestelde periode aan één en ander werkte. Deze werkwijze krijgt terecht navol-

ging: zo wordt er gewerkt aan een leidraad voor cementbetonnen talusbekledingen, en buiten T.A.W.-verband is bijvoorbeeld een project met betrekking tot geotextielen (o.a. kunststoffilters) gestart.

Tenslotte, goed beheer in de waterbouw betekent niet alleen het regelmatig kritisch bekijken en zonodig bijstellen van één leidraad, maar ook voortzetting en uitbreiding van dergelijke activiteiten, onder deze taak hoort niet de T.A.W. alleen de schouders te zetten.



door: ing. L. A. Philipse,
Waterschap Fryslân,
Harlingen

Beheer en onderhoud van waterkeringen

Reeds veel is in de voorgaande hoofdstukken geschreven over ontwerp, constructie en materialen met betrekking tot asfalttoepassingen in de waterbouw. Na de toepassing volgt evenwel nog het beheer en weer later het onderhoud.

Wat is beheer en onderhoud?

Beheer is in het waterstaatsrecht een veel voorkomend begrip waaronder bij dijkbeheer wordt verstaan: De verantwoordelijkheid van de dijkbeheerder, dat de werken aan hun bestemming blijven beantwoorden.

Aan het beheer is meestal een onderhoudsplicht verbonden. Dit is echter niet persé noodzakelijk, de onderhoudsplicht kan ook bij derden berusten. In dit geval ziet de beheerder toe dat door deze de onderhoudsplicht ook wordt nagekomen. Om dit onderhoud zo nodig af te kunnen dwingen, beschikt de dijkbeheerder over politiedwang middels een politieverordening. In de praktijk blijkt echter steeds weer dat het afdwingen van onderhoud van de onderhoudsplichtige, ondanks een ter beschikking zijnde politieverordening, niet eenvoudig is, vooral als ook het eigendom nog bij de onderhoudsplichtige berust. Dit is voor het waterschap Fryslân aanleiding geweest om waterkeringen, voorzover nog niet in eigendom van datzelfde waterschap, aan te kopen. Dit beleid ondervindt de steun van Gedeputeerde Staten in Friesland.

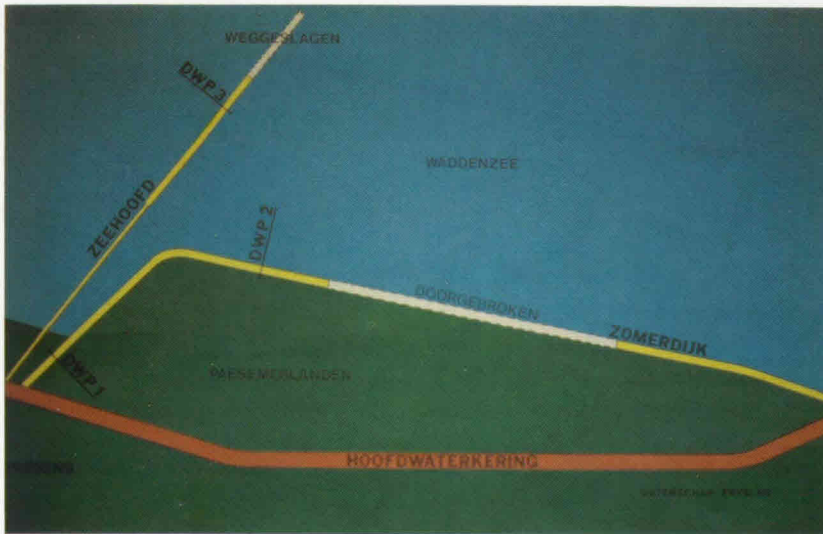
Op zich is een dergelijk beleid niet nieuw, want ook na de watersnoodramp in 1916 werd door gedeputeerde staten van Noord-Holland geadviseerd particuliere waterkeringen aan te kopen. Men veronderstelde bij de dijkbreuken van 1916 namelijk een relatie tussen opgetreden schade en het niet optimale onderhoud aan de particuliere dijken.

Bij het beheer en onderhoud van waterkeringen maakt de waterkeringbeheerder gebruik van de staat van werken. Hierin behoren alle relevante gegevens van de waterkeringen te zijn vermeld, zoals:

- de afmetingen;
- de onderhoudsplichtigen;
- de rechten van derden;
- de kadastrale gegevens;
- de samenstelling.

Het onderkennen van onderhoud

De noodzaak tot onderhoud wordt geconstateerd door middel van visuele inspecties en metingen. De visuele inspecties vinden in de tijdschaal gezien bijna dagelijks plaats door de met het dagelijks onderhoud belaste dijkwerkers en voorlieden. Daarnaast worden de werken periodiek geïnspecteerd door de



Figuur 1:
 Situatie zomerpolder met
 zomerdijk en zeehoofd,
 respectievelijk doorge-
 broken en weggeslagen
 tijdens opeenvolgende
 stormvloeden in novem-
 ber 1973.

met de leiding van de technische dienst belaste functionarissen. Deze periodieke inspecties hebben enerzijds tot doel schade tijdig te ontdekken, zodat herstel nog voor de winterstormen kan worden uitgevoerd, anderzijds dienen ze als referentie voor latere inspecties; ze moeten dan ook regelmatig plaatsvinden.

Uiteraard moet de oorzaak van de schade wel worden onderzocht. Te vaak wordt nog aangenomen dat de schade wel het gevolg zal zijn van water en wind. De periodieke inspecties hebben mede als functie zich aandienend onderhoud in de komende jaren te signaleren, zodat hiervoor tijdig de benodigde financiële middelen kunnen worden gereserveerd. Hierdoor kunnen opéénvolgende begrotingen van de dijkbeheerder een meer geleidelijk en evenwichtig uitgavenpatroon verkrijgen. Dit is van belang om de omslag niet elk jaar te sterk te moeten laten fluctueren.

Ook bij dijkbeheer geldt, meten is weten. Metingen geven de dijkbeheerder inzicht in hoeverre de vereiste afmetingen (vastgelegd in de staat van werken) nog aanwezig zijn. Meten is echter ook het „vastleggen” van bijvoorbeeld de samenstelling van de dijk, dus hoe de dijk vanaf zijn aanlegfase is opgebouwd. De meest bekende metingen zijn de hoogteligging van de kruin van de dijk en voorland, alsmede de peilingen van de vooroever en van voor de dijk liggende geulen.

De uitvoering van dergelijke metingen zijn bij de beheerders van waterkeringen van ouds gebruikelijk en bekend. Minder gebruikelijk en eigenlijk nog niet of nauwelijks toegepast zijn periodieke metingen naar bijvoorbeeld:

- de dikte van asfaltbetonglooingen;
- de stijfheid van de daarbij toegepaste asfaltmengsels;
- de verandering van de materialen;
- de vermindering van materiaaleigenschappen;
- het functioneren van drainagesystemen in de dijk;
- de doorlatendheid van verwerkte filterdoeken/weefsels, mijnsteen e.d. en steenasfaltconstructies.

Het door de waterkeringbeheerder doen laten uitvoeren van dergelijke metingen zal vooralsnog een grote dosis overredingskracht vereisen. De waterkeringbeheerder zal bij dergelijke metingen wel overtuigd moeten zijn of worden dat te leveren inspanning en kosten in overeenstemming zijn met het beoogde nut. Wel is het zo, dat met het toepassen van moderne materialen ook andere zaken dan tot nu toe bij het onderhoud gebruikelijk was, moeten worden gemeten. Ook al omdat anders bij opgetreden schade te weinig relevante gegevens uit het verleden beschikbaar zijn.

Dergelijke periodieke metingen met eventueel bijbehorende onderhoudsadviezen moeten overigens niet worden gezien als vervanging van de eigen praktische ervaring en inzichten van de waterkeringbeheerder, doch meer als aanvullende en/of ondersteunende informatie/adviezen voor het te verrichten onderhoud.

Voor de waterschappen is het daarbij van groot belang dat de adviserende dienst advies kan uitbrengen, niet gekleurd door welke toezichhoudende instantie c.q. oppertoezicht dan ook. Een goed voorbeeld van een zodanige instantie is het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen (C.O.W.).

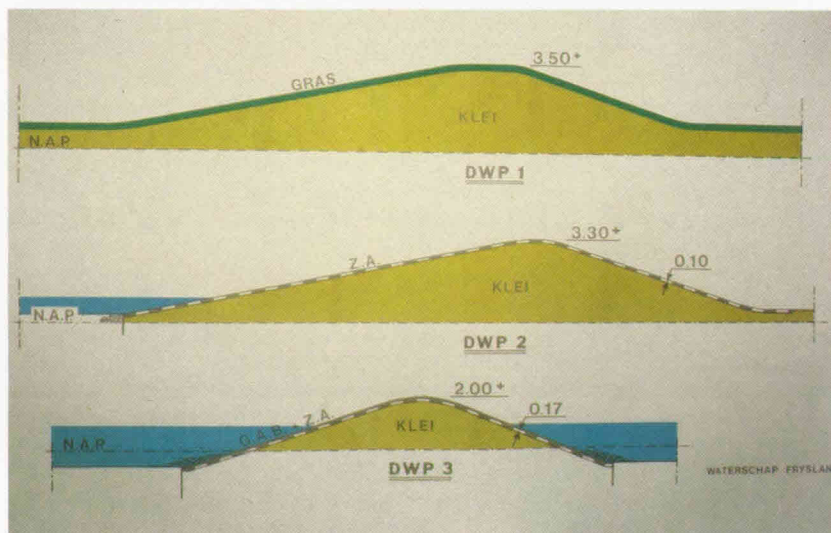
De waterschappen, zonder eigen gespecialiseerde adviesorganen, zouden dit nog meer moeten beseffen en ervan gebruik maken en niet in het laatst moeten blijven ijveren en werken dat dit zo blijft. Wat dit betreft: „Waterschappen, koester deze mogelijkheid en let op Uw zaak”.

Onderhoud in relatie tot ontwerp

Onderhoud wordt bijna altijd beïnvloed door de voorgeschiedenis, zoals:

- het ontwerp, in casu constructie;
- oorspronkelijke keuze materialen;
- wijze van uitvoering tijdens aanleg.

Het ontwerp en de keuze van materialen zijn weer afhankelijk van de beschikbare financiële middelen en wat technisch mogelijk is. Daarnaast speelt de



Figuur 2:
Doorsneden zomerdijk en zeehoofd (zie ook figuur 1). Uit doorsneden en de situatie (fig. 1) blijkt dat bij het ontwerp onvoldoende rekening is gehouden met het kunnen uitvoeren van onderhoud d.m.v. groot materieel bij optredende omvangrijke schade.



Figuur 3:
Schade aan binnenbe-
loop zomerdijk ten ge-
volge van reeks storm-
vloed en in 1973.

maatschappelijke acceptatie een rol. Hierbij is bijvoorbeeld van belang of het ontwerp, de toegepaste materialen en de uitvoering milieuvriendelijk zijn en in hoeverre bij de uitvoering nog het werkgelegenheidsaspect wordt gediend. Ook bestemmingsplannen kunnen via het stelsel van aanlegvergunningen het ontwerp beïnvloeden, onder andere door voorwaarden te stellen aan de toe te passen materialen. Bijvoorbeeld of betonblokken voor de glooiing moeten worden voorzien van een wel of niet uitgewassen deklaag.

De wijze van uitvoering tijdens de aanleg, kan een belangrijke oorzaak zijn van later onderhoud. Het behoeft geen betoog, dat een verkeerde of slechte uitvoering nadelig is voor de aard en de omvang van toekomstig onderhoud. Een slechte uitvoering kan ook worden veroorzaakt als gevolg van onvoldoend uitgeoefend toezicht. Een deel hiervan kan een gevolg zijn van „de verkeerde man op de verkeerde plaats”. In die gevallen blijkt vaak dat de toezichthouder niet is opgewassen tegen de druk van de vaak aanwezige belangentegenstelling op de bouwplaats. Ook kan het toezicht te passief zijn. Een actief toezicht daarentegen werkt preventief door zijn tijdige signalering en stimuleert daardoor een goede uitvoering. Onvoldoende uitvoering en toezicht kan tenslotte ook het gevolg zijn van het niet voldoende op de hoogte zijn van de materie, dus eigenlijk, extreem gesteld, men was niet vakbekwaam of ervaren genoeg.

Voorzover dat een gevolg was van het ontbreken van voldoende voorschriften en standaard literatuur over de toepassing en de verwerking van asfaltmengsels in de natte waterbouw, kan de „Leidraad voor de toepassing van asfalt in de waterbouw” uitkomst bieden.

Het is voor de dijkbeheerder met betrekking tot zijn onderhoudstaak (nood)zaak de voorgeschiedenis van zowel het ontwerp als de uitvoering zoveel mogelijk tot in details te kennen. Het opslaan en tegelijkertijd toegankelijk houden van deze gegevens is voor de uitvoerende dienst van de dijkbeheerder dan ook van groot belang. Bij eventueel onderhoud en ontstane calamiteiten kan dan adequaat worden gereageerd en wordt niet in het „duister” getast. Men weet wat er aan de hand is of mogelijkkerwijs kan zijn.

Uit het voorgaande volgt dat degene die verantwoordelijk is voor het onderhoud reeds in de ontwerpfase een goed en frequent contact moet hebben met de ontwerper.

Naast de reeds genoemde aspecten zal bij het ontwerp ook reeds rekening moeten worden gehouden, dat het toekomstig onderhoud aan het ontworpen dijkonderdeel, onderhoudsvriendelijk is, dat wil zeggen, het onderhoud moet praktisch zijn en dus:

- eenvoudig en bij voorkeur snel en mechanisch uitvoerbaar;
- het te onderhouden dijkonderdeel moet bereikbaar zijn of op eenvoudige wijze bereikbaar gemaakt kunnen worden (fig. 1 t/m 5);
- het onderhoud moet financieel aantrekkelijk zijn.

In hoeverre is de ene dijkbekleding qua onderhoud financieel acceptabeler dan de ander?

De volgende vergelijking geeft hieromtrent een indicatie.

Nemen we bijvoorbeeld aan dat de volgende frequentie van onderhoud nodig is, dan kunnen daarbij indicatief de volgende waarden worden aangehouden:

basaltglooiing, herzetten	$1 \times 50 \text{ jr} = f 50,-/m^2 = f 1,-/m^2/\text{jr}.$	
betonblokglouing, herzetten	$1 \times 50 \text{ jr} = f 15,-/m^2 = f 0,30/m^2/\text{jr}.$	
penetratieglooiing, bijvullen	$1 \times 50 \text{ jr} = f 25,-/m^2 = f 0,50/m^2/\text{jr}.$	
asfaltbetonglooiing, oppervlakbehandeling	$1 \times 10 \text{ jr} = f 2,-/m^2 = f 0,20/m^2/\text{jr}.$	
„groene” dijk, maaien enz. jaarlijks (minus pachttopbrengst)	$= f 0,20/m^2 = f 0,20/m^2/\text{jr}.$	
		(prijsindex januari 1984)

Deze waarden zijn exclusief de kosten van herstel van stormschaden. Hierbij moet worden aangetekend dat een groene dijk schadegevoeliger is en dat dergelijke schaden bij een groene dijk dan ook frequenter zullen voorkomen dan bij een harde bekleding.

Dit wordt veroorzaakt door het onvermijdelijk zijn van potentiële schaden ten gevolge van het niet kunnen voorkomen van schapepaadjes, trekkersporen, mollegaten, vertrappingen door van kwelders en zomerpolders gevlucht hoorvee, drijfhout, enz.

De onderhoudskosten kunnen echter niet los worden gezien van de aanlegkosten. Zonder een nadere kostenindicatie, kan worden vastgesteld dat momenteel in Nederland natuursteen- en betonblokglouingen, alsmede glooiingen van met gietasfalt geopenetreerde materialen, duidelijk duurder zijn dan bekledingen van asfaltbeton. Slechts een kleibekleding met uitsluitend een grasmat is in aanleg duidelijk goedkoper. Indien echter klei van elders moet worden aangevoerd, komen de aanlegkosten weer dicht bij die van een asfaltbetonbekleding te liggen. Dit is een gevolg van het feit dat bij toepassen van uitsluitend klei een grotere dikte benodigd is dan bij asfaltbeton, namelijk respectievelijk 1,50 m en 0,20 m.

Het vergelijk van aanlegkosten wordt dan:

groene dijk = 1,5 m ³ klei/m ² à f 35,— =		$f 52,50/m^2^*$
asfaltbetonbekleding 0,50 ton à f 90,— =	$f 45,—/m^2$	
dichtingslaag + oppervlakbehandeling =	$f 2,50/m^2$	
	+ _____	
		$f 47,50/m^2$
		(prijsindex januari 1984)

* Uiteraard zal bij de meeste dijken een deel van de benodigde klei wel beschikbaar zijn, zodat het kostenvergelijk uitsluitend geldt voor dat deel van de bekleding waarvoor geen klei beschikbaar is!

Indien dit uit hydraulische- en technische overwegingen geoorloofd is, zal bij dijkontwerpen een asfaltbetonbekleding, rekening houdend met het huidige prijsniveau van bitumen, dan ook veelal de eerst in aanmerking komende dijkbekleding zijn. Deze conclusie is echter gebaseerd op cijfermatige gronden en op de onderhoudsvriendelijkheid van een asfaltbetonglooiing.

Er is overigens ook nog een materiaal-technologische kant. Want wat zou er bijvoorbeeld op tegen zijn om in waterbouwasfaltbeton grind toe te passen in plaats van steenslag? In Friesland ligt ruim 200.000 m² glooiing met grindasfaltbeton uitgevoerd als waterbouwasfaltbeton. Deze glooiingen voldoen tot nu toe uitstekend en zijn goedkoper.

De kosten worden dus mede bepaald door het huidige inzicht ten aanzien van de materiaaleisen en uitvoeringsvoorschriften. Sommige constructies zijn dan ook goedkoper vanwege de wijze waarop er op dit moment functioneel tegen het toe te passen materiaal wordt aangekeken. Een voorbeeld hiervan is het materiaal klei, dat als bouw materiaal geheel anders wordt toegepast dan asfaltbeton. Klei wordt immers tot nu toe uitsluitend op grond van praktische ervaring toegepast en wat toevallig plaatselijk voor handen is. Indien we consequent zouden durven zijn en proberen klei strikt in de hand te houden, dan zouden bepaalde groene dijkontwerpen wel eens duurder kunnen uitvallen dan tot nu toe wordt verondersteld. Zelfs aan een afvalproduct als mijnsteen worden al vele eisen gesteld.

Onderhoud in de praktijk

Voor de dijkbeheerder bestaat het meest voorkomende onderhoud bij asfalttoepassingen uit werkzaamheden aan de bekleding van asfaltbeton en zandasfalt. Dit onderhoud kan in het algemeen snel en mechanisch worden uitgevoerd, dit in tegenstelling tot het onderhoud aan natuursteen- en betonblok/zuilglooiingen.

Het onderhoud bestaat voornamelijk uit het periodiek aanbrengen van:

- conserverende lagen, de zogenaamde oppervlakbehandelingen;
- het dicht maken van eventueel voorkomende scheuren in de bekleding.

Het tijdstip van aanbrengen van een nieuwe conserverende oppervlakbehandeling is mede afhankelijk van de mate waarin een dergelijke bekleding aan golfaanval en/of stroming wordt blootgesteld. Vooral stromingen waarbij materi-



Figuur 4:
Doorbraak zomerdijk als gevolg van onbereikbaarheid schadeplaatsen door groot materieel.

alen als zand en steenstukken over de bekleding kunnen worden gevoerd, veroorzaken daarbij de grootste (erosie)schade.

In Friesland, met momenteel meer dan 850.000 m² asfaltbetonbekledingen, behoeven de oppervlakbehandelingen slechts met een frequentie van één keer per 10 à 12 jaar te worden vernieuwd. Geschiedde dit tot omstreeks 1970 grotendeels met handkracht, vanaf dat tijdstip wordt dit onderhoud volledig mechanisch uitgevoerd. De bijbehorende taludhelling varieert van iets steiler tot iets flauwer dan 1:4.

Scheuren in asfaltbetonbekledingen zijn vaak het gevolg van het gaan openstaan, zogenaamde kieren, van de tijdens de aanleg gemaakte dagnaden. Alvorens deze naden vol te gieten met een voegvulmateriaal (bij voorkeur op rubberbasis) moet worden nagegaan of de scheur wellicht doorloopt tot op de onderliggende zandkern van de dijk. Is dat het geval, dan is het beter ter plaatse van de scheur een inlay te frezen tot de helft van de bekledingsdikte. Hierna kan de resterende scheurdiepte worden gevuld met een voegvulmateriaal en de inlay met asfaltbeton.

Scheuren in dijkbekledingen moeten, evenals in de wegenbouw, eerst goed worden gereinigd. Dit kan het best geschieden met behulp van luchtdruk. De scheuren kunnen na het vullen na verloop van tijd nog enigszins nazakken. Waar dat het geval is, deze scheuren zo spoedig mogelijk navullen. Ter verkrijging van een egaal oppervlak verdient het aanbeveling het voegvulmateriaal af te strooien met split.

Onderhoud aan penetratieglooiingen is in Friesland nog niet noodzakelijk gebleken. Zal dit uiteindelijk toch noodzakelijk zijn, dan zal het onderhoud hoogst waarschijnlijk bestaan uit het aanvullen van het tussen het mineraal-aggregaat verloren gegane asfaltmestiek.

Bij open steenasfaltconstructies kan worden volstaan met een overlay van nieuw open steenasfalt.

Zoals bij alle bitumineuze constructies zal ook hier het oppervlak van te voren grondig moeten worden gereinigd alvorens de volgende laag aan te brengen.

Belang dijkbeheerder

Zonder direkt voor de eeuwigheid te willen bouwen is het niettemin zo, dat de dijkbeheerder belang heeft bij een degelijk ontwerp met in het algemeen inherente lage onderhoudskosten. Dit geldt nog sterker als voor het te ondernemen werk subsidies worden toegekend. Toch kan uit financiële overwegingen een wat minder degelijk ontwerp ook aantrekkelijk zijn als aan de voorwaarde wordt voldaan dat: de contante waarde van de som van rente en afschrijving vermeerderd met relatief hoge onderhoudskosten van een wat minder degelijk ontwerp, kleiner is dan die van een degelijk en daardoor duur ontwerp met relatief lage onderhoudskosten. Hierover heeft ir. R. Filarski, voorzitter van de Commissie Vaarwegbeheerders, uitvoerig bericht in het verslag van het KIVI-symposium „Nieuwe inzichten in het ontwerpen van oeverbeschermingsconstructies” op 25 mei 1983. Deze voor de hand liggende rekensom wordt bij de versterking van de hoofdwaterkeringen in het kader van de Deltawet niet of slechts incidenteel uitgevoerd.

Dit is voornamelijk te wijten aan het feit dat de Rijksoverheid nog onvoldoende



Figuur 5:
Detail schadeplaats van
met zandasfalt beklede
zomer(klei)kade.

inspeelt op het verlenen van afkoopsommen of bijdragen voor het extra onderhoud.

In dit verband moeten ook de alternatieve inschrijvingen worden genoemd bij aanbestedingen. Voorzover ingediende alternatieven reeds door de dijkbeheerder zelf bij het ontwerp zijn gewogen en op technische gronden verworpen, kunnen deze alternatieven buiten beschouwing worden gelaten.

Anders is het indien het alternatief nieuw is en kostenbesparend. Binnen 30 tot 60 dagen, afhankelijk van de termijn van gestanddoening, moet dan een verantwoorde beslissing worden genomen. Hoewel dit niet altijd het geval is, zal de alternatieve aanbieder onderhoudsgevoeliger kunnen zijn en dientengevolge kans op hogere onderhoudskosten. Bij het honoreren van een dergelijk alternatief zou het Rijk in moeten spelen op het toekennen van afkoopsommen of bijdragen in de bijbehorende extra onderhoudskosten. Het zal de dijkbeheerder eerder over de streep trekken. Daarbij zal het alternatief wel moeten worden getoetst op z'n technische merites. Niet elke dijkbeheerder is daartoe overigens in staat. Hiervoor zal dan zonodig de hulp moeten worden ingeschakeld van terzake kundige diensten als:

- Centrum voor Onderzoek Waterkeringen (C.O.W.)
- Wegbouwkundige Dienst (W.B.D.)
- Adviesstudiediensten (Hoorn, Vlissingen of Delfzijl)
- Waterloopkundig Laboratorium te Delft (W.L.)
- Laboratorium voor Grondmechanica (L.G.M.)
- Ingenieursbureaus

Tenslotte zal de dijkbeheerder zelfs te maken kunnen krijgen met evaluatie van het oorspronkelijk ontwerp. Ook daar zal adequaat op moeten kunnen worden ingespeeld. Een recent voorbeeld daarvan is het mogelijk kunnen weglaten van doorgroeistenen bij groene dijken met taludhellingen 1:8 of flauwer. Dit geeft voor het Rijk in Friesland de besparing van ca. f 6 miljoen. Over de afkoopsom van de grotere onderhoudskosten van de schadegevoeliger constructies zal met het Rijk nog (veel) moeten worden overlegd.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Dit boek is verkrijgbaar door overschrijving van onderstaand bedrag op giro-nummer 1623071 ten name van de V.B.W. te Breukelen.

Vastgestelde bijdrage f 8,- (inclusief porto).

VERENIGING VOOR BITUMINEUZE WERKEN
Straatweg 68 – Breukelen – Telefoon 03462-62644
Correspondentie-adres: Postbus 68 - 3620 AB Breukelen

