1ste JAARGANG
NUMMER 10

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

OCTOBER
1934

Orgaan der Groep Ned.-Indië van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs,
Maandblad gewijd aan de Techniek en Wetenschap in Ned.-Indië,
waarin opgenomen
De Waterstaats-Ingenieur, opgericht in 1913
en
De Mijningenieur, opgericht in 1919.

Commissie van Toezicht:
Gen. L. C. A. van de Kasteele,
ir. G. S. Goemans,
jhr. ir. H. S. van Lennep.

Commissie van Redactie:
Voorzitter: ir. W. F. Eijsvoogel;
Leden: dr. ir. L. J. C. van Es,
prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh.

Prijs per jaargang: *f* 20,— Afzonderlijke nummers: *f* 2,—
Redactie-adres (zonder vermelding van persoonsnamen): Hoogeschoolweg 3, Bandoeng.
Adres voor administratie en abonnementen: Penningmeester Groep Ned.-Indië K. I. v. I., Batavia-Centrum, p/a Hollandsche Beton Maatschappij, N. V., Koningsplein Oost 15.
Adres voor advertenties: Firma G. Kolff & Co., Batavia-Centrum.

I. ALGEMEEN GEDEELTE.

INHOUD: Een proefimpregneering met wildhouten spoorwegdwarsliggers, door prof. ir. W. van Alphen de Veer en ir. A. T. J. Bianchi. — *Berichten van allerlei aard:* Voordracht prof. dr. H. R. Woltjer over „Het vloeibaar maken van lucht". — Ter herdenking prof. dr. ing. Viktor Kaplan. — World Power Conference. — *Ontvangen boekwerken.* — *Personalia.* — *Kon. Instituut van Ingenieurs:* Verslag Kringvergadering Semarang. — Bestuursmededeelingen. — *Ver. van Waterstaatsingenieurs:* Verslag vergadering Afdeeling Nederland.

Een proefimpregneering met wildhouten spoorwegdwarsliggers

door

prof. ir. W. VAN ALPHEN DE VEER,

hoofd van het Laboratorium voor Materiaalonderzoek te Bandoeng,

en

ir. A. T. J. BIANCHI,

hoofd der Afdeeling Technologie van het Boschbouwproefstation te Buitenzorg.

Op de 79e Kringvergadering van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs te Bandoeng werd een film vertoond „Creosootolie uit steenkoolteer en de beteekenis van die stof voor de houtbereiding".

Deze vertooning werd voorafgegaan door een mededeeling omtrent een impregneerproef, die hier te lande is ingezet, en waarover thans een uitvoeriger uiteenzetting zal worden gegeven. Alvorens daartoe over te gaan zij het echter vergund iets naders omtrent de film te zeggen.

In 1930 vormde zich in Europa een Commissie, die zich ten doel stelde het gebruik van creosootolie voor het conserveeren van hout te bevorderen. Deze commissie heeft een film doen vervaardigen door den Nederlandschen filmoperateur, Joris Ivens, geholpen door den Franschen cinéast Jean Dréville en de UFA. Bij laatstgenoemde filmonderneming werden de laboratoriumproeven opgenomen.

De firma „Gips-Houtbereiding" in Holland, in wier handen het secretariaat der continentale Cie. berust, deed de Technische Hoogeschool te Bandoeng het aanbod om de film ter beschikking te stellen voor belangstellenden in Indië, van welk aanbod dankbaar is gebruik gemaakt.

De film bestaat uit vijf deelen. Deel I geeft mooie natuuropnamen van het vellen der boomen, het behakken van de stammen, het transporteeren van hout op vlotten, per trein en per zeestoomer.

Het tweede deel is gewijd aan de aantasting van hout door plantaardige en dierlijke organismen en aan het onderzoek naar de antiseptische werking van creosoot.

Het derde deel behandelt de bereiding van creosoot. Uit steenkool wordt gas en teer gewonnen, de teer wordt gedestilleerd, terwijl naphthaline en anthraceen afzonderlijk worden afgescheiden. Nu is de creosoot

een mengsel van eenige destillatie-fracties dier van de vaste koolwaterstoffen bevrijde koolteer.

Door deel IV krijgt men, aan de hand van trick-opnamen, een duidelijk beeld van de eigenlijke houtbereiding, welk beeld wordt gevolgd door opnamen van eenige impregneer-installaties. De economische voordeelen van het gebruik van creosoot worden tenslotte, niet door dorre tabellen, doch door fraaie, sprekende voorstellingen geprojecteerd; op het eind passeert gecreosoteerd hout in al zijn toepassingen het oog.

De aanleiding tot het aanbod van de firma Gips was de toezending van het rapport omtrent dwarsligger-impregneeringsproeven, door het Laboratorium voor Materiaalonderzoek te Bandoeng, in samenwerking met het Boschbouwproefstation te Buitenzorg, verricht voor de S. S.

Omstreeks 1912 werd door den Dienst der S. S. een proefinstallatie aangeschaft voor het impregneeren van dwarsliggers onder druk. Hiermede werden te Manggarai door genoemden dienst eenige proeven genomen, welke echter geen bevredigende resultaten opleverden, waarna de installatie ongebruikt bleef staan.

In 1924 werd deze installatie aan het Laboratorium voor Materiaalonderzoek der B.O.W. te Bandoeng ten geschenke aangeboden, in de hoop dat men in deze instelling gelegenheid zou kunnen vinden daarmede t.g.t. verdere proeven te nemen.

De impregneer-inrichting omvat:

Een vertikale vlampijpketel van 8 m^2 verwarmend oppervlak, en 8 atmosfeer werkdruk.

Een bereidingsketel (autoclaaf) van 3 m^3 inhoud, waarin 10 atmosfeer kan worden toegelaten (zie *fig. 1*).

Een vóórwarmketel van nagenoeg 3 m^3 inhoud, geschikt voor 5 atmosfeer druk.

Een olie- en een meetreservoir.

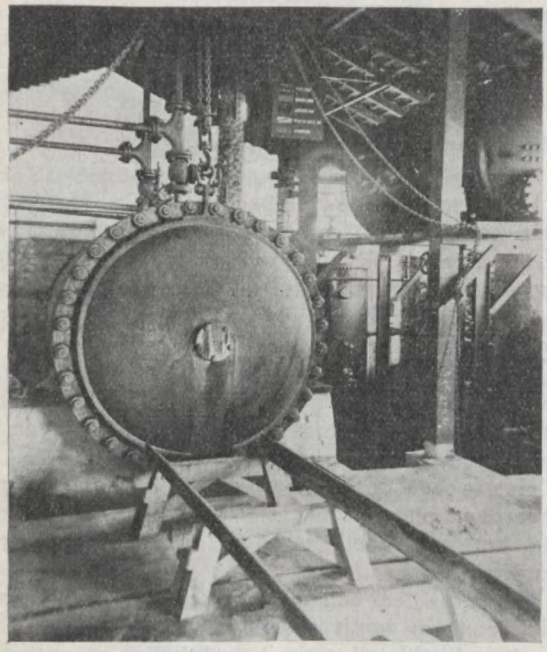


Fig. 1. Bereidingsketel.

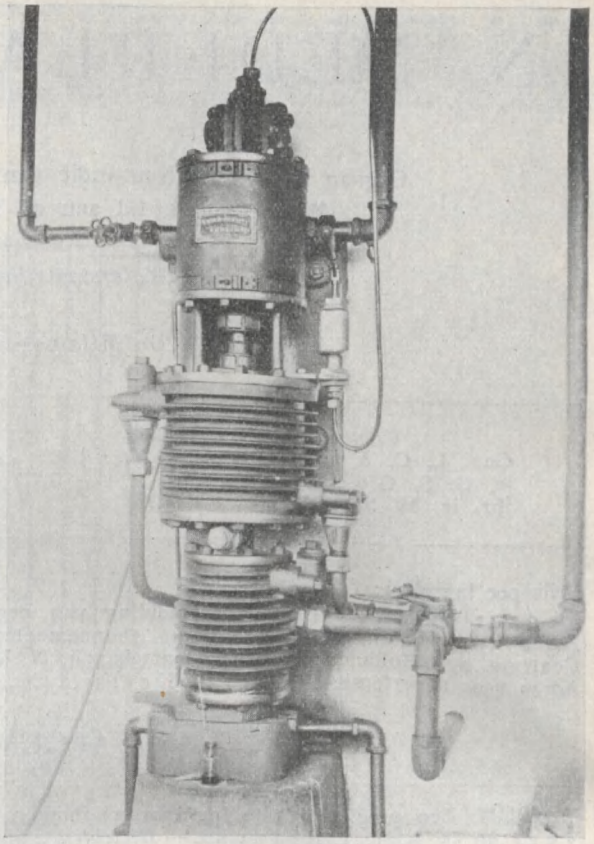


Fig. 2. Luchtpomp tevens perspomp.

Een luchtpomp tevens perspomp (zie *fig. 2*).

Een Worthington-zuigperspompje voor het onder druk brengen der impregneervloeistof.

Een zelfregistreerende manometer, tevens vacuummeter.

Toen de installatie in 1925 bedrijfsklaar was opgesteld in een der bijgebouwen van de Hoogeschool wendde het Hoofd van genoemd Laboratorium zich tot het Boschbouwproefstation te Buitenzorg teneinde gezamelijk na te gaan in hoeverre het wenschelijk zou zijn impregneerproeven te nemen.

Als basis voor de eerste besprekingen dienden hoofdzakelijk de toen reeds verschenen Britsch-Indische publicaties omtrent de daar te lande uitgevoerde proeven. Voorts werd aan het Boschproefstation te Dehra-Dun (Britsch-Indië) en aan het Boschwezen in de Philippijnen nadere inlichtingen omtrent den stand van het impregneeringsvraagstuk in de betrokken landen verzocht. Uit Dehra-Dun werd als antwoord hierop een uitvoerige nota van de hand van den heer J. H. Warr ontvangen, waarvan de belangrijke inhoud ons als leidraad gediend heeft bij de hier uitgevoerde impregneeringsproeven.

In verband met de ongunstige resultaten, welke verduurzamingsproeven met in water oplosbare zouten in Britsch-Indië hebben opgeleverd, werd van het nemen van proeven daarmede voorloopig afgezien en werd de wenschelijkheid van het beproeven van een creosootimpregnatie, waarmede in de tropen wel gunstige resultaten verkregen zijn, overwogen.

Aangezien de prijs van creosoot hier te lande hoog en de prijs van dwarsliggers van duurzame houtsoorten, die dus geen impregneering behoeven, betrekkelijk laag is, is creosoot-impregnatie op het oogenblik niet loonend. Omdat echter impregneerproeven, speciaal de daartoe behoorende duurzaamheidsproeven, noodzakelijkerwijs zeer langdurig zijn, werd het echter toch wenschelijk geacht proeven met creosootimpregnatie te nemen, daar men rekening wil houden met de mogelijkheid dat in de toekomst wildhoutsoorten gebruikt zullen worden om economische redenen en men dan over de resultaten van hier te lande met inheemsche houtsoorten genomen proeven zal kunnen beschikken. Tevens werd besloten om na te gaan in hoeverre het mogelijk is om door menging van creosoot met hier goedkoop verkrijgbare petroleumresidusoorten de kosten van het impregneeren te verminderen.

De uitvoering der proeven was onder leiding van het Hoofd van het Laboratorium voor Materiaalonderzoek in handen gesteld van een assistent bij genoemd laboratorium, terwijl met het Hoofd der Afdeeling Technologie van het Boschbouwproefstation geregeld overleg plaats vond.

De voor de proeven benoodigde hoeveelheid petroleumresidu werd door de Bataafsche Petroleum Maatschappij gratis afgestaan. Deze residusoort, die in prijs overeenkomt met de gewone petroleumresidu, was z.g. „extract-residu" van het Edeleanuprocédé, een vloeistof rijk aan aromatische koolwaterstoffen. Tevens zond deze maatschappij ons een hoeveelheid ruwe olie met een zwavelgehalte van 0,4%, waarvan de verwachting wordt gekoesterd, dat deze bederfwerende eigenschappen zal blijken te bezitten. Teneinde zulks na te gaan werden ook een aantal dwarsliggers met die z.g. „S"-olie geïmpregneerd. De creosoot werd uit Holland ontvangen door welwillende tusschenkomst van de Industrieele Maatschappij Gebr. van Swaay.

De samenstelling van de gebruikte creosoot en residu werd op het Laboratorium voor Materiaalonderzoek bepaald; voor de zwavelolie werd de samenstelling door de B. P. M. opgegeven.

De dwarsliggers werden door den Dienst van het Boschwezen beschikbaar gesteld. Bij de keuze der voor de proeven te gebruiken houtsoorten werden de volgende eischen gesteld:

1°. Het hout mag niet te zacht zijn, omdat anders de mechanische duurzaamheid van de dwarsliggers onvoldoende zal zijn.
2°. De gekozen houtsoorten moeten, met het oog op eventueele exploitatie, in groote hoeveelheden voorkomen.
3°. De houtsoorten moeten goed impregneerbaar zijn.

Hiermede rekening houdend kwamen voor de proeven in de eerste plaats in aanmerking de houtsoorten uit de geslachten *Dipterocarpus* (Kroewing, Lagan, Tampoedau enz.) en *Schima* (Poespa, Seroe).

Deze voldoen aan de beide eerste eischen. Wat de impregneerbaarheid betreft was bekend, dat in Britsch-Indië en de Philippijnen verschillende *Dipterocarpus*-soorten gemakkelijk met creosoot geïmpregneerd konden worden. Voor *Schima* bestond daaromtrent geen ervaring. Warr schreef in zijn bovengenoemde nota omtrent de in Britsch-Indië voorkomende *Schima*-soort: „We have not yet treated *Schima Wallichii* but are about to do so. We find that the timber Powellises [1]) quite well and we do not anticipate difficulty. It air-seasons quite well and this we find to be a guide as regards treatment".

Bovendien deed het feit dat de hier voorkomende *Schima*-soorten geen duidelijke kern vormen, ons verwachten, dat zich hierbij geen impregnatiemoeilijkheden zouden voordoen. Zooals echter hieronder zal blijken, is die verwachting niet bewaarheid.

Als vertegenwoordiger van het geslacht *Dipterocarpus* werd gekozen *Dipterocarpus trinervis Bl.*, waarvan de dwarsliggers uit het boschdistrict Oost-Preanger verkregen konden worden (inl. naam Palaglar); van het geslacht *Schima* werd *Schima Noronhae Reinw.* (Poespa) gekozen, waarvan de liggers door het boschdistrict Midden-Preanger geleverd konden worden.

Voorts werd op verzoek van den Opperhoutvester der Oostkust van Sumatra nog een kleine hoeveelheid dwarsliggers van Soentei (*Palaquim sp.*) in de proef opgenomen, welke houtsoort veel voorkomt in de concessies van het Paneh Syndicaat en ten aanzien waarvan men, mede met het oog op eventueele export van dwarsliggers van deze houtsoort, gaarne omtrent de mogelijkheid van impregnatie zou worden ingelicht.

In verschillende publicaties omtrent impregneerproeven wordt er de nadruk op gelegd, dat men de te impregneeren houtwerken eerst goed moet laten uitdrogen alvorens tot impregnatie over te gaan. Het is zeer wel mogelijk dat de minder goede resultaten der impregneerproeven te Manggarai aan het onvoldoende droog zijn der proefliggers geweten moet worden.

De benoodigde dwarsliggers werden daarom na ontvangst in de overdekte galerijen van de Technische Hoogeschool opgestapeld om te drogen.

Van elk der soorten Poespa en Palaglar werden 500 dwarsliggers aangevraagd, van de Soentei-liggers werden 50 stuks gezonden.

De eerste zending Poespa-liggers werd in het begin van den drogen tijd 1926 ontvangen. Aangezien de liggers in de galerijen nogal aan wind blootgesteld waren, droogden zij snel en traden tamelijk veel scheuren op. Daar gevreesd werd dat daardoor veel liggers afgekeurd zouden moeten worden, werd nog een suppletoire hoeveelheid van 100 Poespa-liggers aangevraagd, zoodat van deze houtsoort in totaal 600 dwarsliggers geleverd werden.

In Mei 1928 waren de dwarsliggers alle volkomen luchtdroog, zoodat het vochtgehalte van het hout op het oogenblik van de impregnatie op 15 à 16% (berekend op absoluut droog hout) gesteld kan worden. De dwarsliggers werden in April 1928 door een keurmeester van de S. S. gekeurd. Daarbij werd dezelfde maatstaf aangelegd als bij de keuring van djatihouten dwarsliggers; slechts werd er rekening mee gehouden, dat de liggers tijdens de keuring reeds volkomen luchtdroog waren, en de kans op nascheuren

1) Een door den heer Powell gepatenteerde impregnatie-methode met suiker-oplossing (melasse).

daardoor dus gering was. De liggers werden bij die keuring in drie kwaliteiten onderscheiden, n.l.:

1. goed,
2. nog bruikbaar,
3. afgekeurd.

Het resultaat der keuring blijkt uit het ondervolgende staatje:

	Palaglar	Poespa	Soentei	Totaal
Klasse I	146	196	—	342
„ II	169	254	17	440
Afgekeurd	179	130	33	342
Totaal	494	580	50	1124
Diverse niet gekeurde balken, die o.a. dienst deden voor vochtbepalingen	6	20	—	26
In het geheel ontvangen:	500	600	50	1150

Voor een doelmatige impregnatie is het van veel belang dat de dwarsliggers worden voorgeboord, vóórdat de bereiding plaats vindt. De goedgekeurde liggers werden daarom op ons verzoek door de S. S. direct na de keuring voorgeboord.

In verband met het aantal beschikbare dwarsliggers werd het nevenstaand schema voor de te nemen proeven opgesteld.

Bij de verdeeling der dwarsliggers werd er naar gestreefd de liggers van verschillende kwaliteit (goed en bruikbaar) zoo gelijkmatig mogelijk over de verschillende proeven te verdeelen.

Impregneermiddel			Aantal te behandelen liggers		
Creosoot	Residu	S-olie	Poespa	Palaglar	Soentei
100 %	—	—	58	42	—
50 %	50 %	—	60	40	16
33 %	67 %	—	60	40	—
15 %	85 %	—	60	40	—
—	100 %	—	60	40	—
—	—	100 %	60	40	—
onbehandeld:			60	40	—
Totaal:			418	282	16

Wat de methode van impregneeren aangaat kan het volgende worden opgemerkt. Men kan bij de impregnatie van hout onder druk op verschillende manieren te werk gaan, waardoor groote invloed op de hoeveelheid ingeperst impregneermiddel kan worden uitgeoefend.

Nadat de te impregneeren houtwerken in den impregneerketel gesloten zijn, kan men in de behandeling 5 étappen onderscheiden n.l.:

1e étappe: De behandeling, vóórdat het impregneermiddel in den ketel wordt toegelaten.

2e étappe: Het vullen van den ketel met impregneermiddel en eventueel vóórwarmen van hout en impregneervloeistof.

3e étappe: Het eigenlijke inpersen van het impregneermiddel.

4e étappe: Het laten afvloeien van het overtollige impregneermiddel.

5e étappe: De behandeling, nadat het impregneermiddel is afgevloeid.

De wijze, waarop de behandeling in de verschillende étappen kan worden gevarieerd, blijkt uit het hieronder volgende schema.

étappe	1	2	3	4	5
	Ketel gevuld met lucht.	de lucht wordt verdrongen door impregneervloeistof.	De ketel is gevuld met impregneermiddel.	Het overtollige impregneermiddel vloeit weg.	In de ketel bevindt zich wederom lucht.
Men kan:					
a.	de lucht op de gewone atmosferische spanning laten.	de snelheid eventueel varieeren naar temperatuur en tijd van vóórvacuum.	het inpersen varieeren naar temperatuur, druk en tijd, gedurende welke geperst wordt.		de lucht op de gewone atmosferische spanning laten.
b.	vacuum zuigen.	het impregneermiddel kan ook vóór het toelaten tot den impregneerketel worden voorgewarmd.			vacuum zuigen, te varieeren naar diepte van het vacuum en tijdsduur van het zuigen.
c.	druk toepassen.				
	b. en *c.* te varieeren naar diepte vacuum c. q. hoogte, druk en tijdsduur van zuigen of persen.				

Bij toepassing van *1a* of *5a* vervalt eigenlijk de eerste, respect. de vijfde étappe. Door toepassing van *1b* wordt in het hout een luchtverdunning veroorzaakt, tengevolge waarvan het impregneermiddel bij het inpersen gemakkelijker in het hout dringt. Door toepassing van *1c* wordt in het hout een samengeperst luchtkussen gevormd, dat bij het aflaten van de impregneervloeistof in de 4e étappe uitzet en daarbij een deel van het zich in de celholten bevindende impregneermiddel naar buiten drijft, dat kan worden teruggewonnen.

Een behandeling volgens methode *1a* of *b* en *5a* noemt men een volbereiding (Eng. „full cell process"). Behandeling volgens de methode *1a* en *5b* of *1c* en *5a* of *b* noemt men spaarprocédé's (Eng. „empty cell process") omdat hierbij een deel van het oorspronkelijk ingeperste impregneermiddel wordt teruggewonnen.

Men gebruikt de spaarprocédé's, omdat men hierbij een betere doordringing van het impregneermiddel in het hout verkrijgt, dan bij het inpersen van een zelfde hoeveelheid impregneermiddel volgens de volbereidingsmethode bereikt kan worden.

Het scherpste spaarprocédé, is het volgens de methode *1c* en *5b* werkende Rüping-procédé, dat in Europa algemeen voor de impregnatie van beukendwarsliggers wordt toegepast.

Door ons werd de methode *1a* en *5b*, het z.g. „modified Lowry process" toegepast.

Alvorens met het impregneeren der proefliggers te beginnen, werden eenige kleine proefladingen afgekeurde dwarsliggers behandeld, teneinde eenig idee omtrent de impregneerbaarheid der verschillende houtsoorten te verkrijgen. Daarop volgde de impregnatie der eigenlijke proefliggers en wel eerst van de partijen, die met zuivere creosoot behandeld moesten worden; daarna die, waarbij creosoot met residu werd gebruikt en ten slotte de partijen met zuivere residu en zwavelolie. Bij de voorbereidende proeven bleek dat de *Dipterocarpus*-liggers zich vrij gemakkelijk door en door lieten impregneeren.

Wel is waar vindt bij liggers, die betrekkelijk weinig creosoot opnemen, niet steeds een volledige impregnatie plaats, maar toch bleek, uit dwarsdoorsneden door het midden van liggers, dat de creosoot in vlekken en stippen over de geheele oppervlakte van de doorsnede voorkomt (zie *fig. 3*).

Toepassing van een vóórvacuum deed de creosootopname sterk toenemen. In aansluiting aan hetgeen W a r r in zijn nota daaromtrent zegt, werd besloten deze liggers zóó te impregneeren, dat zij gemiddeld ongeveer 100 à 120 kg impregneermiddel per m^3 opnamen. Toepassing van een vóórvacuum bleek daarvoor niet noodig te zijn, reden waarom, evenals in Britsch-Indië, het „modified Lowry process" werd toegepast.

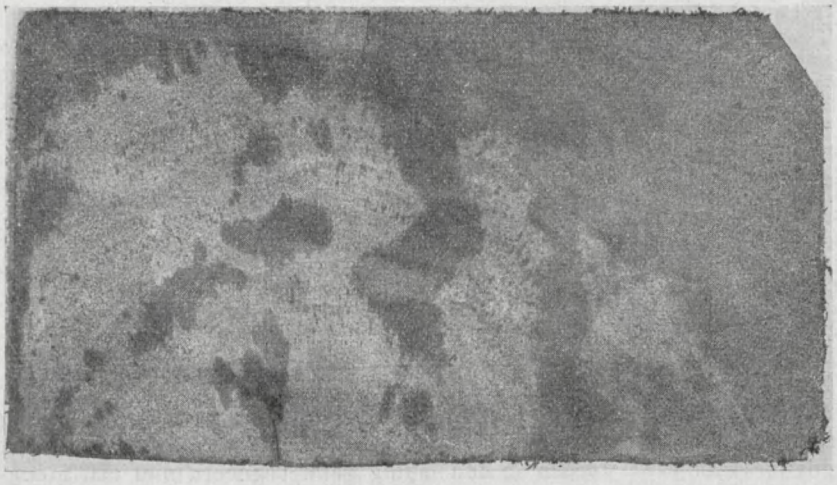


Fig. 3. Doorsnede dwarsligger C. 116.

De voorbereidende proeven met Poespa leverden een teleurstelling op. Bij deze houtsoort is gewoonlijk op het oog geen duidelijk verschil tusschen spint- en kernhout te zien, de kleur wordt meestal naar het hart toe geleidelijk wat donkerder. Toch bleek ten opzichte van de impregneerbaarheid een duidelijke kern aanwezig te zijn, die zich praktisch niet laat impregneeren. Het spintgedeelte daarentegen is gemakkelijk door en door te impregneeren en neemt vooral bij toepassing van een vóórvacuum groote hoeveelheden creosoot op (tot 579 kg per m^3). In sommige gevallen trad een zeer onregelmatige impregnatie op, waarbij concentrische ringen van impregneerbaar en niet impregneerbaar hout afwisselen (zie *fig. 4*). Het verschillend gedrag van kern en spint maakt deze houtsoort voor impregneering minder geschikt. Toch werd besloten met de

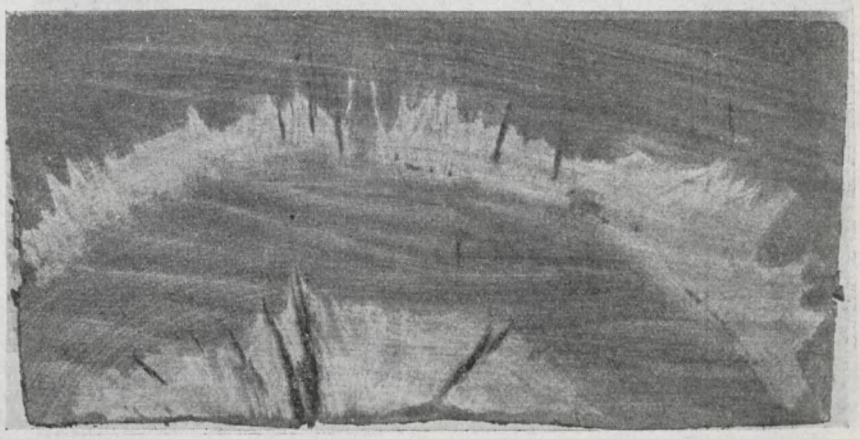


Fig 4. Doorsnede dwarsligger S. 144.

Poespa-liggers proeven voort te zetten, hoewel de duurzaamheid van het niet impregneerbare kernhout beperkt is. Bij een volbereiding zal het gemakkelijk impregneerbare spinthout naar verhouding te veel impregneervloeistof opnemen, waarom besloten werd om ook bij deze houtsoort hoofdzakelijk te werken zonder vóórvacuum en met toepassing van een navacuum, waardoor een deel van het in het spinthout geperste impregneermiddel weer wordt teruggewonnen.

Doordat de verhouding van de hoeveelheid kern- en spinthout in de verschillende dwarsliggers noodzakelijkerwijze zeer varieert, zal de opname der liggers individueel sterk uiteenloopen, zooals dan ook bij de proeven gebleken is.

Voor de vergelijkbaarheid der proeven was het gewenscht de Poespa-liggers zoo gelijkmatig mogelijk over de verschillende series te verdeelen. Daar de verhouding kern — spint niet op het oog beoordeeld kon worden, was het noodig een andere methode te zoeken om het opnemingsvermogen vooraf te beoordeelen. Deze werd gevonden in de meer of minder snelle opzuiging van met een kwast opgestreken lichte olie in de kopsche vlakken der dwarsliggers. De snelheid van inzuiging werd op het oog gewaardeerd met een cijfer tusschen 0 en 100. Daarop werden de liggers in drie klassen verdeeld:

A. waardeeringscijfer: < 20 (dicht);
B. „ : 20 — 50 (middelmatig dicht);
C. „ : > 50 (poreus).

Het hierondervolgende staatje geeft de gemiddelde opname in kg per m³ van alle series *Dipterocarpus* en *Schima*-liggers weer.

Voor de *Schima*-liggers is tevens het gemiddelde waardeeringscijfer voor de snelheid der inzuiging van lichte olie in de kopsche vlakken aangegeven, terwijl van de series met 100% creosoot ook de opname van de met en zonder vóórvacuum behandelde liggers afzonderlijk is opgenomen.

Creosoot	Residu	S-olie	*Dipterocarpus*	*Schima*		Opmerkingen
			Opname in kg per m³	Opname in kg per m³	Gemiddeld waardeerings-cijfer	
%	%	%				
100	—	—	122,2	160,6	—	alle liggers.
100	—	—	178,—	223,—	24	liggers *met* vóórvacuum.
100	—	—	108,—	139,—	50	liggers *zonder* vóórvacuum.
50	50	—	106,—	108,8	30	
33	67	—	107,—	86,—	36	
15	85	—	104,4	88,4	33	
—	100	—	99,5	69,4	35	
—	—	100	80,—	75,—	37	

Van de Soentei-liggers, die sterk gescheurd waren, waardoor een groot gedeelte moest worden afgekeurd, waren slechts 17 liggers voor impregnatie beschikbaar. Ook bij deze houtsoort bleek het kernhout zich slecht te laten impregneeren, hoewel toch een weinig meer dan bij Poespa. De liggers van deze houtsoort werden in één lading geïmpregneerd met een mengsel van 50/50 creosoot en residu, waarbij een vóórvacuum van 49 cm werd toegepast; de gemiddelde opname was daardoor 175 kg per m³.

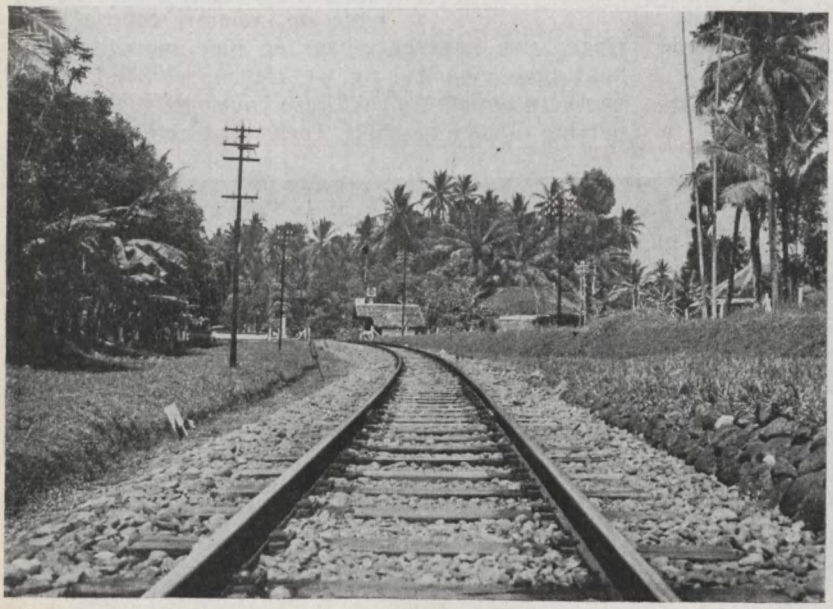


Fig. 5. Baangedeelte waarin de proefliggers gelegd werden.

Na beëindiging van de impregnatie werden de geïmpregneerde proefliggers tezamen met de ongeimpregneerde contrôleliggers aan den dienst der S. S. overgegeven ter uitlegging in de baan. Tevoren was reeds met genoemden dienst overeengekomen, dat de liggers in één der hoofdbanen zouden worden uitgelegd, in een baangedeelte dat ten opzichte van de duurzaamheid der dwarsliggers als ongunstig bekend stond. De S. S. koos hiervoor het baanvak Tjiandjoer — Maleber en wel het gedeelte ten Oosten van het station Tjiandjoer. De liggers werden in de maanden November/December 1929 in de baan gebracht (zie *fig. 5*). Helaas bleek toen dat alle liggers dienden te worden overgeboord.

Omtrent de nummering van de dwarsliggers moge het volgende worden opgemerkt. Bij alle liggers werd in het midden van het bovenvlak en van één der zijvlakken een gat geboord, dat met een prop lood gevuld werd. Na de behandeling werden in deze looden proppen nummers ingeslagen, waarbij als volgorde van nummering werd aangenomen de volgorde waarin de liggers in de baan moesten worden gelegd. Bij het bepalen van die volgorde werden de liggers van de verschillende proeven en de onbehandelde contrôleliggers zoo goed mogelijk dooreengemengd, ten einde een goede vergelijking mogelijk te maken. Tenslotte werd een register opgesteld, waarin, voor elken ligger afzonderlijk, de bijzonderheden zijn opgenomen omtrent de impregnatie, hoeveelheid opgenomen impregneermiddel (bepaald door wegen van den ligger vóór en na de behandeling) nummering, keuringsklasse, waartoe de ligger behoort.

Het resultaat der tot nu toe gehouden inspecties was als volgt: Vruchtlichamen van *Guepinia spec.*, een oranje gele zwam, *Polystictus sanguineus*, een vuurroode zwam, en van niet gedetermineerde witte zwammen vertoonden zich als eerste kenteekenen van aantasting bij *niet* geïmpregneerde liggers. Eind Jan. 1932, dus na ruim 2 jaar, moesten 25 van de 40 ongeïmpregneerde *Dipterocarpus*-liggers worden verwisseld. In Juli 1932 was het aantal verwisselde *Dipterocarpus*-liggers gestegen tot 39 en waren er 20 *Schima*-liggers bijgekomen. De verwisseling heeft plaats, indien de bevestigingsmiddelen loszitten en de ligger zoodanig verrot of aangevreten of gescheurd is, dat verspijkering niet mogelijk is.

Bij enkele liggers werd duidelijk rajap-aantasting geconstateerd, zoowel bij *Schima* als bij *Dipterocarpus*, zoodat de meening dat dwarsliggers in een geregeld bereden baan niet door rajap worden aangetast, niet geheel juist blijkt te zijn. 8 Aug. 1933 was de toestand, zooals in het ondervolgend overzichtsstaatje is weergegeven.

Houtsoort :	Ongeïmpregneerde			
	Dipterocarpus		*Schima*	
Verwisseld na ..... maanden	aantal liggers	%	aantal liggers	%
19	3	7,5	—	3⅓
22	7	17,5	—	20
25	15	37,5	2	10
29	10	25,—	12	6⅔
31	4	10,—	6	15
34	—		4	10
41	—		9	
44	—		6	
Totaal.....	39	97,5%	39	65%

Kort na het leggen in de baan werden alle liggers op scheuren gekeurd, waarbij op het oog beoordeeld, een cijfer werd gegeven van 1 tot 10; 1 beteekent zeer sterk gescheurd en 10 niet gescheurd. Bij de *Dipterocarpus*-liggers, die verwisseld moesten worden, kon geen verband worden ontdekt tusschen rotten en scheuren; bij de te verwisselen *Schima*-liggers zijn de minder sterk gescheurde liggers gemiddeld iets duurzamer gebleken.

Uit de gegevens valt af te leiden, dat de gemiddelde levensduur der niet-geïmpregneerde *Dipterocarpus*-liggers slechts 26 maanden heeft bedragen, in welken tijd ook 2 niet-geïmpregneerde *Schima*-liggers verrotten. Van de 616 geïmpregneerde en in dat baanvak gelegde liggers bleken bij de inspecties in een tijdsruimte van meer dan 4 jaar slechts 2 *Schima*-liggers te zijn aangetast, die met enkel residu waren behandeld en slechts weinig vloeistof hadden opgenomen, n.l. respectievelijk 22 en 40 kg per m^3.

Te zijner tijd hopen wij in de gelegenheid te zijn de resultaten der verdere inspecties te publiceeren.

BERICHTEN VAN ALLERLEI AARD.

Voordracht gehouden voor de Kon. Natuurkundige Vereeniging te Bandoeng op Vrijdag 7 September 1934, door prof. dr. H. R. Woltjer, over: „Het vloeibaar maken van lucht".

(Tot bijwoning van deze voordracht waren ook de leden van den kring Bandoeng van het Kon. Instituut van Ingenieurs uitgenoodigd).

In zijn inleiding liet de spreker 3 methoden om vloeibare lucht te bereiden de revue passeeren: de cascade methode, de methode van omkeerbare uitzetting onder een zuiger in een cylinder, door Claude toegepast en de methode, waarbij van het Joule-Thomson (Kelvin)-effect gebruik gemaakt wordt. Deze laatste methode, waaraan vooral de naam Van Linde verbonden is, wordt ook toegepast in de nieuwe vloeibare-lucht-machine, die het Bosch a-Laboratorium voor Natuurkunde der Technische Hoogeschool, daartoe in staat gesteld door een aanzienlijke bijdrage van het Bandoengsche Technische Hoogeschoolfonds, betrokken heeft van de N.V. Hoek's Machine- en Zuurstoffabriek te Schiedam. Lucht, door een 4-tredige compressor samengeperst op een druk van 150 — 200 atmospheren en bevrijd van waterdamp en koolzuur, wordt door een spiraal geleid, aan het einde waarvan zich een z.g. smoorkraan bevindt. Opent men deze een klein beetje, dan koelt de lucht bij de uitstrooming in een ruimte van lagen druk iets af (Joule-Thomson-effect). De aldus (slechts zeer weinig) afgekoelde lucht strijkt langs de buitenzijde van de genoemde spiraal en koelt de lucht, die zich daarin bevindt, op zijn beurt iets af. Het Joule-Thomson-effect wordt sterker naarmate de temperatuur van de lucht vóór de smoorkraan daalt, daardoor wordt de eindtemperatuur ook al lager en na eenigen tijd zoo laag, dat de uittredende lucht condenseert.

Spreker vertoonde vervolgens eenige proeven met vloeibare lucht: een metalen bol, in vloeibare lucht afgekoeld, en onmiddellijk daarna in een Bunsenvlam gebracht, bedekt zich met een witte laag in de vlam, doordat de verbrandingsproducten daarop condenseeren; van kwik kan men door bevriezen met vloeibare lucht een kwikhamer maken; fijn verdeelde kool, door vloeibare lucht afgekoeld, absorbeert

sterk allerlei gassen, waardoor men zeer fraai de verschillende stadia in een electrische ontladingsbuis kan laten zien. Houtskool even aan het gloeien gebracht, brandt, op vloeibare lucht geworpen, fel verder, niettegenstaande de lage temperatuur, door de groote zuurstofconcentratie.

Na afloop van de voordracht werd de vloeibare-lucht-machine in werking getoond.

Ter herdenking

Prof. Dr. Ing. Viktor Kaplan

† 23 Augustus 1934.

Met Professor Kaplan is de schepper van de drie-dimensionale stroomlijntheorie en van de vermaarde Kaplanturbine overleden.

Prof. Kaplan, een Oostenrijker, werd in 1874 te Mürzsteg in Stiermarken geboren. Na zijn studies aan de Technische Hoogeschool te Weenen voltooid te hebben was hij als constructeur in de Turbinefabriek van Ganz & Co. te Leobersdorf werkzaam om daarna constructeur aan de Technische Hoogeschool te Brünn te worden. Hier werd hij hoogleeraar en bekend door zijn vele publicaties in den tijd van 1909 tot 1914 om turbine-schoepen voor een verhoogde omwentelingssnelheid te vinden. Hij vond op theoretische en experimenteele wijze dat, hoe kleiner het schoepenaantal van het loopwiel is, hoe minder ook de verliezen zullen zijn.

In den eigenaar van een staal- en ijzergieterij ing. Storek te Brünn vond prof. Kaplan een goeden medewerker, die het eerste laboratorium voor het onderzoek van turbines bouwde en verder Kaplan's denkbeelden in de praktijk bracht. Kaplan was een harde werker die buitengewone eischen aan zijn gestel stelde. In 1919 kwam de eerste Kaplanturbine door Storek gebouwd te Velm in Oostenrijk in bedrijf en toonde in de praktijk, dat de ideeën en berekeningen van Kaplan juist waren. Het succes van deze turbine bestond in een, nooit door andere deskundigen mogelijk gehouden hoog omwentelingsgetal en het groote rendement bij verbruik van slechts 25% van de normale waterhoeveelheid. De groote turbinefabrieken, welke voor dien tijd afwijzend tegenover Kaplan's uitvinding stonden, en wel om reden van hun Francis-modellen en octrooien, zagen zich nu genoodzaakt de nieuwe uitvinding eveneens in de praktijk in toepassing te brengen. In 1921 ontstond het Kaplan-turbine-Kartel, dat door prof. Kaplan en ing. Storek, licenties voor verschillende landen verkreeg. Toen kwam een tegenvaller, doordat bij grootere valhoogten dan 12 meter het goede rendement van de Kaplan-turbine verdween. Prof. Kaplan werd door de hierdoor veroorzaakte opwinding zwaar ziek, doch het lukte de firma Storek door een proefinstallatie van 18 m valhoogte (Wiesenberg) en de firma Verksteden in Kristiana, de oorzaak in cavitatie-verschijnselen te ontdekken en ook middelen te vinden om deze te voorkomen, zoodat thans Kaplan-turbines ook voor 25 meter valhoogte met succes in bedrijf zijn. Door Kaplan's uitvinding werd dus ook de cavitatie bijzonder bestudeerd en aan hem is bovendien de uitvinding van de beste zuigbuis te danken.

Kaplan heeft veel moeilijkheden te overwinnen gehad, voordat zijn ideeën in de praktijk het gewenschte succes hadden; het meest echter door menschen die zijn uitvindingen bestreden of stalen, of de waarde van deze belasterden. Een proces over de ontvreemding van zijn uitvinding door Amerikanen werd eerst in 1932 door hem gewonnen.

In zijn particulier leven was deze zoon van de Alpen van Stiermarken een buitengewoon vriendelijke, welwillende en bescheiden man, die een zeer gelukkig familieleven had. Hij overleed op zijn mooie buitenplaats op de bergen van Unterach aan het blauwe Atter-meer op den 23sten Augustus j.l.

Oostenrijk heeft reden om trotsch te zijn op dezen baanbreker op het gebied van waterkrachtmachines en van de kennis van waterstroomingsverschijnselen, welke kennis thans ook de scheepvaart en luchtvaart ten goede komt.

Evenals de Dieselmotor de naam van zijn uitvinder algemeen bekend maakte, doet dit thans de Kaplan-turbine.

De T. H. te Bandoeng heeft aan de welwillendheid van den overledene en diens vriend ing. Storek het model van een Kaplan-loopwiel te danken *).

Ing. C. G. D. Ihle.

Samenstelling Ned.-Ind. Nationaal Comité, World Power Conference.

Het Comité deelt mede, dat de heer prof. ir. J. N. van der Ley wegens zijn vertrek uit Indië de functie van voorzitter heeft neergelegd, terwijl gelijktijdig de heer ir. A. J. van Staalen heeft bedankt als secretaris. Met instemming van de overige leden van het Comité zijn hunne plaatsen ingenomen resp. door den heer ir. V. L. Razoux Schultz, hoofd der afdeeling Electriciteitswezen van het Departement van Verkeer en Waterstaat, en den heer mr. ir. J. F. Janssen van Raay, ingenieur bij genoemde afdeeling.

ONTVANGEN BOEKWERKEN.

Rapport inzake de toepassing van koperen buizen voor waterleidingdoeleinden,

uitgebracht door de „Koperen Buizen Commissie" 1934.

Uitg. Vereeniging voor Waterleidingsbelangen in Nederland, Esschenlaan 10, Bloemendaal.

Verkrijgbaar voor niet-leden der vereeniging à fl. 3,75.

Eerste **Verslag** van de Commissie voor het onderzoek van vuurvast materiaal. Mei 1934.

Uitg. Stichting voor Materiaalonderzoek, Prinsessegracht 23, 's Gravenhage.

Prijs fl. 1,—.

*) *Noot der Redactie.*
Kenmerkend voor het loopwiel der Kaplanturbine is, dat de schoepenstand *verstelbaar* is. Men heeft het hierdoor in de hand dat, bij iedere belasting der turbine, het hoogst mogelijke rendement wordt bereikt.

Technocratie, door Stuart Chase.
Uitg. Valkhoff & Co., Amersfoort.
Prijs fl. 0,60.

PERSONALIA.

Aan ir. C. H. van Schoonneveldt, ingenieur bij 's Lands Waterstaat, werd wegens zesjarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ingaande in de 2e helft van April 1935.

Ir. J. J. Bellingwout en ir. Go Dhiam Ing, ingenieurs bij 's Lands Waterstaat, vertrokken met verlof naar Europa.

Aan ir. C. L. de Voogt, chef van Expl. der S.S. ter Sumatra's Westkust, werd wegens negenjarigen dienst elf maanden verlof naar Europa verleend, ingaande 16 Augustus 1935.

Ir. H. M. Verwey, ingenieur bij 's Lands Waterstaat, werd eervol ontheven van zijn terbeschikkingstelling van de provincie West-Java en vertrok met verlof naar Europa.

Aan ir. A. J. A. Verwey, ingenieur bij de S.S., werd wegens zesjarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ingaande 16 Juni 1935.

Ir. Ch. F. van Haeften, hoofdingenieur bij 's Lands Waterstaat, werd benoemd tot hoofd van de afdeeling Irrigatie, Waterkracht en Assaineering van het departement van Verkeer en Waterstaat te Bandoeng.

Ir. V. L. A. Razoux Schultz, hoofdingenieur afdeelingshoofd bij den Dienst van Waterkracht en Electriciteit, werd benoemd tot hoofd van de Afdeeling Electriciteitswezen van het Departement van Verkeer en Waterstaat.

Ir. G. van der Harst werd benoemd tot hoofd van de onderafdeeling van het Landswaterkrachtbedrijf bij genoemd departement.

Ir. G. Pott, ingenieur bij den Dienst van den Mijnbouw, werd benoemd tot buitengewoon lector in de technische aardkunde bij de Technische Hoogeschool te Bandoeng.

Aan ir. O. J. C. Indra, ingenieur bij de S. S. werd wegens zesjarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ingaande op een nader te bepalen datum in Maart 1935.

Aan ir. L. F. J. Verboeket, ingenieur bij de P. T. T. werd wegens zesjarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ingaande 2 Juli 1935.

Ir. A. L. Soesman, ingenieur bij de B. P. M., keerde terug uit Europa en werd geplaatst te Tjepoe.

P. W. Kunzli, ingenieur bij de B. P. M. te Tjepoe, vertrok met Europeesch verlof.

Ir. P. L. Blanken, ingenieur bij de B. P. M., keerde terug uit Europa en werd geplaatst te Pladjoe.

Aan ir. E. Rademaker, ingenieur bij 's Lands Waterstaat, werd wegens zesjarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ingaande 16 Augustus 1935.

Aan ir. I. Wiechers, ingenieur bij 's Lands Waterstaat, werd wegens zesjarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ingaande 24 Juli 1935.

Ir. S. F. W. Ladner, directeur van de Haven Belawan, werd met ingang van Ult. October 1934 eervol uit 's Lands dienst ontslagen.

Ir. L. E. J. Brouwer, ingenieur der B. P. M. te Pladjoe, werd overgeplaatst naar Tarakan.

Ir. A. J. Ente, ingenieur der B. P. M. te Pladjoe, vertrok naar Europa.

Ir. W. W. Kalis, ingenieur der B. P. M., keerde terug uit Europa en werd geplaatst te Tjepoe.

Dr. H. Eggenberger, idem, verliet den dienst der maatschappij.

Ir. J. A. Berendes, idem te Balikpapan, vertrok met verlof naar Europa.

Ir. P. J. Rosenwald, idem, keerde van Europeesch verlof terug en werd geplaatst te Balikpapan.

Ir. J. R. P. J. Joostensz, idem, werd overgeplaatst van Balikpapan naar Tarakan.

KON. INST. v. INGENIEURS.
Groep Ned.-Indië.

Verslag van de op 8 Augustus 1934 te Semarang gehouden excursie van Kring III.

Op 8 Augustus j.l. hield Kring III een excursie naar Semarang-Oost, waarbij als hoofdpunten op het programma stonden bezichtiging van het stadion, van het slachthuis en van de klein-woningbouw op Mlaten.

Inleidende voordrachten werden den avond te voren in het logegebouw te Semarang gehouden door de heeren:

J. J. van Leeuwen, Architect te Semarang, over bouw en inrichting van het stadion.

Dr. F. J. J. van Rijn, Directeur van den Gemeentelijken Veeartsenijkundigen Dienst, over het slachtbedrijf en de vleeschverzorging van Semarang.

Ir. H. Westbroek, Directeur Gemeentewerken, over kleinwoningbouw.

De Heer van Leeuwen, Directeur van het stadion, gaf aan de hand van teekeningen een uiteenzetting over het project, waarbij o.m. ter sprake kwamen de situatie met de toegangswegen, indeeling en inrichting van het terrein met de gebouwen en eenige interessante constructieve en technische détails. Als een der belangrijkste onderdeelen werd in het bijzonder de wielerbaan besproken. Deze is uitgevoerd als een ongewapende betonslab, rustende op een zorgvuldig uitgevoerden aarden dam en voorzien van de noodige krimpvoegen. De uitvoering van de tweezijdig gebogen overgangsstukken was niet zonder moeilijkheden gegaan, doch is blijkens de behaalde snelheden in voldoende mate geslaagd.

De verlichting van de baan geschiedt vanuit een viertal masten, waarop de noodige schijnwerpers zijn gemonteerd. Na een vrij langdurige proefneming is men erin geslaagd de schijnwerpers zoodanig te richten, dat een verlichting wordt verkregen, die voor de toeschouwers niet hinderlijk is en op het baanoppervlak, ook in de bochten, geen hinderlijke schaduwen geeft.

Na afloop van de voordracht ontwikkelde zich een levendige discussie over den vorm van de wielerbaan, waarbij twee opvattingen werden verdedigd. Volgens de eene zienswijze zou aan de baan een zoodanigen vorm moeten worden gegeven, dat deze het bereiken van de in verband met de capaciteit der motoren grootst mogelijke snelheden toelaat, terwijl volgens de andere opvatting een zoodanigen vorm onbereikbaar en ook niet noodig is, daar het in de eerste plaats gaat om de wedstrijdidee, waarbij het aan het persoonlijk kunnen en de durf der rijders wordt overgelaten de voor een ieder in gelijke mate tellende moeilijkheden, die de baan biedt, zoo goed mogelijk te overwinnen. De Heer v. L e e u w e n verdedigde de laatste opvatting.

Dr. v a n R i j n schetste in zijn voordracht de gang van zaken in het Gemeentelijk slachthuis, waarbij bleek, dat de slachterij slechts een onderdeel vormde van een reeks inrichtingen en handelingen, alle een hygiënische vleeschverzorging van de stad ten doel hebbend.

Uitvoerig werden behandeld de keuring, de opslag in de koelhuizen en de distributie naar de detailverkoopers. Technisch interessant was de logische groepeering van de gebouwen, een afzonderlijke reeks vormend voor de behandeling van het rundvee en van de varkens.

Een moeilijkheid was geweest de loozing van het sterk verontreinigde afvalwater. De oorspronkelijk ontworpen septic-tanks bleken van te geringe capaciteit, waarna is overgegaan tot aanleg van een speciaal riool, afwaterend op het Ooster-Bandjirkanaal.

Hier zorgt een vlucht zeevogels voor een snelle en goedkoope reiniging.

Ir. W e s t b r o e k behandelde de Gemeentelijke volkswoningbouw, waarbij verschillende types van woningen werden besproken aan de hand van teekeningen en foto's.

Er zijn woningen gebouwd met een huurwaarde vanaf *f* 3,— per maand, dus voldoende laag om daarmede effectieve kampong-verbetering te kunnen verkrijgen.

Tenslotte gaf ir. W e s t b r o e k een uiteenzetting betreffende de exploitatierekening.

Den volgenden dag werd een en ander bezichtigd, te beginnen met het stadion, waarna het slachthuis aan de beurt kwam. Bijzondere aandacht trokken hier de transportinrichting voor het geslachte vee, de koelhuizen en de ijsfabriek.

Daarna werd verzameld in de bouwloods van de Javasche Bank op het land Peterongan, waar de administrateur, de Heer E. K r i p s iets vertelde over de exploitatie van dit land, waarbij eveneens de kleinwoningbouw ter sprake kwam.

Bezichtigd werden volkswoningen, op het land Peterongan gelegen, gebouwd door den heer v a n L e e u w e n en geëxploiteerd door de Javasche Bank.

Daarna werd naar Mlaten gereden om aldaar onder leiding van ir. W e s t b r o e k de door de Gemeente gebouwde woningen te bezichtigen.

Een en ander bood een zeer bevredigende aanblik, zoodat wel de indruk werd gevestigd, dat aan de volkshuisvesting te Semarang de noodige aandacht is besteed.

Na afloop werd in genoemde bouwloods een koele dronk aangeboden door den Administrateur van het Land Peterongan, waarna de Voorzitter van Kring 3 de excursie sloot met een woord van dank aan degenen, die aan het welslagen daarvan hebben medegewerkt.

De Secretaris van Kring III,
ir. D. G. R o m i j n.

BESTUURSMEDEDEELINGEN.

De voorgestelde leden en het buitengewone lid, genoemd in No. 9 van dit tijdschrift, zijn aangenomen.

VER. v. WATERSTAATSINGENIEURS.

Verslag vergadering Afdeeling Nederland, gehouden op 21 April 1934 in het Gebouw van het Kon. Instituut van Ingenieurs te 's-Gravenhage.

De vergadering werd bijgewoond door het Eerelid ir. P. J. O t t d e V r i e s, Voorzitter, de overige bestuursleden, 18 blijvend in Nederland gevestigde en 6 tijdelijk aldaar vertoevende leden van de Afdeeling, zoomede door 9 introducés.

Dadelijk na opening van de vergadering te ruim 2 uur herdacht de Voorzitter het vroegere lid der Vereeniging ir. E. J. L. F ü h r i, op 15 April 1934 te 's-Gravenhage op slechts 47-jarigen leeftijd overleden; ir. F ü h r i, in leven Hoofdingenieur van den Waterstaat in N. I., vertoefde sinds het einde van het vorig jaar met verlof hier te lande.

De Voorzitter zeide, dat hoewel enkelen onzer wellicht persoonlijk minder met F ü h r i bekend waren, wij allen toch wel in de gelegenheid geweest zijn met de vruchten van zijn werkzamen geest kennis te maken. Niet alleen als ingenieur heeft hij Indië gediend, ook aan de Indische publieke zaak heeft hij op verschillende wijzen groote diensten bewezen. Als ingenieur was het vooral het bevloeiingswezen, dat zijn bijzondere belangstelling had. Buiten de eigenlijke techniek was het hem gegeven van verschillende vertegenwoordigende lichamen deel uit te maken. Spreker dacht daarbij aan zijn lidmaatschap van den Gewestelijken Raad van Madioen en van den Gemeenteraad van Makassar, maar vooral aan zijn lidmaatschap van den Volksraad, waarvan hij met eenige tusschenruimte ongeveer tien jaren deel uitmaakte.

In aansluiting op hetgeen bij zijn teraardebestelling gezegd is, verklaarde spreker, dat wij in F ü h r i een verdienstelijk lid van het Indische Waterstaatscorps en een algemeen gewaardeerd collega verloren hebben, wiens nagedachtenis wij en al zijn vrienden dankbaar in eere zullen houden.

Als eerste punt der agenda volgde nu voorlezing en, zonder voorafgaande bespreking, goedkeuring van de notulen der gewone vergadering van 3 Maart 1934.

Bij de daarna aan de orde zijnde mededeelingen van het Bestuur vermeldde de Voorzitter o.a., dat van de buitengewone vergadering van 10 Februari 1934, waarop vertrouwelijke besprekingen omtrent het op de ontwerp-Landsbegrooting van Nederlandsch-Indië voor 1934 uitgetrokken, betrekkelijk geringe bedrag voor bevloeiingswerken werden gevoerd, geen notulen zijn gemaakt, maar dat een uitgebreide weergave van het verhandelde is gezonden aan het Hoofdbestuur in Indië. Verder deelde de Voorzitter mede, dat de excursie naar het Waterbouwkundig Laboratorium te Delft kan plaats hebben op omstreeks 18 Mei a.s., waarna deze datum wordt vastgesteld. Ten slotte wees de Voorzitter op de mogelijkheid van een excursie naar het reeds in uitvoering zijnde verlengen van den rioolmond in zee te Scheveningen, welk moeilijk en interessant technisch werk van wege de Gemeentewerken van 's-Gravenhage wordt uitgevoerd. Het woord werd hierna verleend aan het lid ir. J. F. B. Regensburg tot het houden van zijn in de agenda aangekondigde voordracht over 's Landsbaggerbedrijf in Ned.-Indië. Een beknopte weergave van deze voordracht volge hieronder.

Hoewel aan den Baggerdienst in Indië, waaraan ir. Regensburg gedurende zijn geheelen diensttijd verbonden is geweest, terwijl hij eerst voor korten tijd de leiding van dien dienst heeft neergelegd, pas in 1918 de bedrijfsvorm werd gegeven, werden voordien reeds belangrijke baggerwerken van Landswege en in eigen beheer uitgevoerd. Vóór 1912 bestond het baggermaterieel slechts uit eenige eenvoudige baggermolens, sleepbooten en klepschouwen, in beheer bij de toen nog bestaande Waterstaatsafdeelingen. In genoemd jaar echter werd overgegaan tot het aanschaffen van een slibzuiger, de „Java". Deze was oorspronkelijk bestemd geweest voor de verbetering van het Westervaarwater van Soerabaia; het baggerwerktuig werd evenwel in plaats van te Soerabaia te werk gesteld te Belawan in verband met het door de havencommissie Kraus-de Jong aanbevolen plan tot het maken van een oceaan-haven aan de Oostkust van Sumatra. Met de „Java" is de Belawangeul zoo ver verruimd als met dezen zuiger mogelijk was, maar om de geul voor groote mailstoomers geschikt te kunnen maken was het noodig hem te vervangen door een grooteren, de „Sumatra" geheeten.

Intusschen werd het beheer van het baggermaterieel van de waterstaatsafdeelingen overgebracht naar de gestichte afdeeling Havenwezen van het Departement der Burgerlijke Openbare Werken.

Behalve in eigen beheer werden ook baggerwerken in aanneming uitgevoerd, met name voor de havenwerken van Semarang en voor die te Makassar. Daarbij werden moeilijkheden van financieelen aard (claims) ondervonden, culmineerende in het opgeven van het werk door den aannemer te Semarang. Een en ander leidde tot een onderzoek door de daartoe ingestelde havencommissie Lambrechtsen van Rijthem-van Elzelingen-Wouter Cool. Het bleek nu, dat ten aanzien van den werkelijken kostprijs van baggerwerk in Indië over onvoldoende gegevens werd beschikt om claims of aanbiedingen van aannemers goed te kunnen beoordeelen en derhalve ook om in zake de vraag of een baggerwerk in aanneming dan wel in eigen beheer diende te worden uitgevoerd een goed gefundeerde beslissing te kunnen nemen. O.m. voor het kunnen verkrijgen van voldoend juiste gegevens werd het noodig geacht een Landsbaggerbedrijf op commercieelen grondslag in te stellen, waartoe ir. Wouter Cool, na de ontbinding van de evengenoemde commissie tot Algemeen Adviseur voor het Havenwezen benoemd, het voorstel heeft gedaan.

Dit Landsbaggerbedrijf werd, als hulpdienst van het Havenwezen, met den aanvang van 1918 ingesteld; het kreeg tot taak alle baggerwerkzaamheden uit te voeren, welke ten behoeve van den dienst der B. O. W. moeten worden verricht, en de juiste kosten door middel van commercieele boekhouding te berekenen. De kosten van eenig baggerwerk, met inbegrip van rente en aflossing van de in het materieel gestoken kapitalen, moeten worden verrekend met de diensttakken, ten behoeve waarvan de baggerwerken werden verricht.

De leiding van het baggerbedrijf werd opgedragen aan een Inspecteur, later Hoofd van 's-Landsbaggerbedrijf genoemd; hij wordt bijgestaan door het noodige kantoorpersoneel te Batavia en door de Directeuren van de havens dan wel door Eerstaanwezend-Ingenieurs, die als zijn vertegenwoordigers optreden. Ter wille van een vlotte werkwijze kunnen de vertegenwoordigers ter plaatse beslissingen nemen, zij het onder den plicht van verantwoording tegenover het bedrijfshoofd.

Van den beginne af heeft ir. Regensburg het bedrijf geleid.

De omvang van het bedrijf kan blijken uit de volgende cijfers. Het materieel bestaat uit 3 slibzuigers, 33 emmerbaggermolens, 27 sleepbooten en ong. 130 transportvaartuigen (schouwen). In de topjaren 1920 en 1921 werd baggerwerk tot een bedrag van bijna 7 millioen gulden per jaar verricht. In die jaren bestond het personeel voor de uitvoering uit 3 gezagvoerders, 6 stuurlieden, 20 molenbazen, 37 machinisten, 1 uitvoerder en 12 werkbazen, benevens het noodige lager personeel.

In de crisisjaren zijn vanzelfsprekend ook bij het baggerbedrijf de werkzaamheden en de personeelsbezetting sterk teruggeloopen. Zoo toonde een van de vele goedgeslaagde foto's, lichtbeelden waarvan de voordracht van ir. Regensburg illustreerden, een somber beeld van het opgelegd zijn van een groot gedeelte van de baggervloot!

De ongunst der tijden heeft ook geleid tot pogingen om opslibbingen van havenbassins met goedkoope middelen zooveel mogelijk te voorkomen en zoodoende met voordeel het onderhoudsbaggerwerk te reduceeren. Bijv. worden in de laatste jaren dammen in zee uitgebouwd, bestaande uit weinig kostende schermen van bamboewerk, waartusschen baggerspecie, welke anders naar buiten zou moeten worden gesleept, wordt opgespoten; de opgespoten specie wordt dan met rizophoren beplant, waardoor a.h.w. een natuurlijke landtong wordt verkregen.

Ten slotte zij vermeld, dat de kosten van groote baggerwerken vóór de algemeene prijsdaling gemiddeld $\pm$ f 0,30 per m^3 bleken te bedragen; in de

crisisjaren zijn geen baggerwerken van grooteren omvang uitgevoerd.

Naar aanleiding van de voordracht, welke een krachtig applaus oogstte, werden vragen gesteld door de leden irs. J. Blackstone, P. J. Ott de Vries en D. A. Koster.

Na de beantwoording van de gestelde vragen door den inleider richtte de Voorzitter woorden van welgemeenden dank tot ir. Regensburg. Daarbij wees hij er op, dat ditmaal een onderdeel van den Indischen Waterstaatsdienst aan de beurt is geweest, dat tot nu toe in de samenkomsten der Afdeeling onbehandeld was gebleven. Dank zij de veelzijdigheid van den Indischen Waterstaatsdienst wordt over een groote verscheidenheid van onderwerpen en deskundige inleiders beschikt, zoodat voor de voordrachten op afdeelingsvergaderingen slechts bij uitzondering de medewerking van outsiders behoeft te worden ingeroepen.

Bij het laatste punt der agenda, de rondvraag, verlangde geen der aanwezigen het woord, waarna de vergadering om 5 uur werd gesloten.

De Secretaris-Penningmeester,
ir. W. A. van der Meulen.

ERRATA:
No. 9 — 1934, deel V; artikel: „Aanleg en onderhoud van wegdekken in Ned.-Indië en hun economie", door ir. E. Fels.
pag. 61, fig. 2, links, lees: volgummie, *inplaats van:* volgnummer;
pag. 73, 2e kolom, 14e regel van boven, lees: is de temperatuur-gevoeligheid van het Boeton-asphalt van minder gewicht.

1ste JAARGANG
NUMMER 10

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

OCTOBER
1934

II. BOUWKUNDE.

INHOUD: Het kantoorgebouw van het Agentschap te Soerabaja der Postspaarbank in Ned.-Indië, door ir. H. A. Breuning.

Het kantoorgebouw van het Agentschap te Soerabaja der Postspaarbank in Ned.-Indië

door

ir. H. A. BREUNING,

ingenieur der Landsgebouwen, ter beschikking gesteld van de Gemeente Batavia, tevoren leider van den Landsgebouwendienst te Soerabaja.

Toen de Directie der Postspaarbank er eind 1930 toe overging een Agentschap te Soerabaja te vestigen, kocht zij voor huisvesting aan een pand gelegen aan den weg Simpang. Bedoeld pand, dat oorspronkelijk door een technisch-, handels- en installatiebureau opgericht was, bestond uit een aan den weg gelegen winkelgebouw, met kantoorlokalen op de verdieping; daarachter een afpakruimte en vervolgens een groote bergloods.

Na aankoop werd door de Postspaarbank alleen het begane grondgedeelte van het verdiepinggebouw en een klein deel van de afpakruimte in gebruik genomen. De noodige loketten en afscheidingen voor Chefkamer werden op den beganen grond van het frontgebouw aangebracht, terwijl een scheidingsmuur in de afpakruimte gebouwd werd. De verdieping en de bergruimten werden verhuurd aan een import-firma, die deze lokaliteiten reeds occupeerde. In allerijl moest een aparte opgang naar de verdieping, een fietsenbergplaats en de noodige toiletten ten behoeve van het Agentschap aan de oostzijde van het frontgebouw bijgebouwd worden. Was toen te voorzien geweest, dat zich een bijzondere, onverwachte, gebeurtenis zou voordoen, die ten gevolge zou hebben, dat het gebouw ingrijpende wijzigingen moest ondergaan, dan was het wellicht mogelijk geweest genoemde bijbouwing zoodanig te ontwerpen, dat zij een beter architectonisch geheel met het frontgebouw had kunnen vormen.

De onverwachte gebeurtenis, waarop zooeven gedoeld werd, was een hevige brand, die Kerstmis 1931 de afpakruimte en de verdieping van het frontgebouw totaal verwoestte en den beganen grond beschadigde. Merkwaardigerwijze bleef de zuidelijk gelegen groote bergloods, die een houten kap met houten tusschenstijlen heeft, vrijwel geheel onbeschadigd. Ook de reeds genoemde, oostelijke aanbouw bleef, behoudens beschadiging van het dak boven de buitentrap, gespaard.

Aangenomen kan wel worden, dat de brand ontstaan is in de afpakruimte en door het springen van de ruiten der ramen van het trappenhuis, in de verdieping van het frontgebouw aangezogen is. De profiel-ijzeren trekbalken van de niet zeer oordeelkundig (overigens van hout) vervaardigde kapconstructie, werden door de groote hitte tijdens den brand volkomen verwrongen en waren mede oorzaak, dat de buitenmuren vlak boven den gewapend-beton verdiepingvloer afknikten en naar binnen toe instortten.

Gelukkig werd de schade grootendeels door verzekering gedekt, zoodat al spoedig tot wederopbouw besloten kon worden. Inmiddels werd de beton-verdiepingvloer aan de bovenzijde door een tijdelijke, waterdichte bepleistering beschermd en de gespaard gebleven bergloods tot tijdelijk kantoor voor het Agentschap ingericht.

De Directie der Postspaarbank wenschte van de noodzaak tot wederopbouw gebruik te maken om tevens tot uitbreiding van het kantoor over te gaan. Daar zij het voor de overzichtelijkheid beter achtte het Agentschap alleen op den beganen grond onder te brengen, werd de uitbreiding op de plaats van de voormalige afpakruimte ontworpen. Wanneer later verdere uitbreiding noodig zal zijn, ligt het in de bedoeling de groote bergloods af te breken. De uitbreiding is nu zoodanig ontworpen en uitgevoerd, dat het betondak vrijdragend over een rij kolommen kraagt en niet rust in den voor meerdere belasting niet voldoende betrouwbaar te achten noordelijken muur van de groote bergloods. In de toekomst kan de thans gebouwde uitbreiding, welke uit anderhalve travee bestaat, met meerdere traveeën voortgezet worden, terwijl een dilatatie-voeg kan komen op de plaats, waar thans het vrijdragende betondak op de bestaande bergloods aansluit. Dit heeft tevens het voordeel, dat later geen nieuw met reeds bestaand betonwerk in verbinding gebracht behoeft te worden.

De verdieping werd opnieuw opgetrokken, echter

op de wijze, zooals op de bijgaande afbeelding te zien is, waardoor het oorspronkelijk zeer hooge tentdak vermeden kon worden. De nieuwe dakvorm werd nog aangegeven door mijn ambtsvoorganger ir. W. L e m e i.

De nieuwe verdieping is, evenals vroeger, voor verhuur bestemd en toegankelijk langs de herstelde buitentrap.

Daar bij de oprichting van het oorspronkelijke gebouw dispensatie verleend was voor overschrijding van de gevelrooilijn langs Simpang, kwam het verzoek van de Gemeente Soerabaja om bij den wederopbouw met den gevel in de voor Simpang vastgestelde lijn terug te gaan. De Directie der Postspaarbank was hiertoe en tot afstand van een strook grond voor openbaren weg wel genegen, mits door de Gemeente naar billijke verhouding in de meerkosten zou worden bijgedragen. Door mij werden een tweetal schetsontwerpen opgemaakt, waarvan een met overdekte galerij, waarbij tevens wijziging van den oostelijken aanbouw noodig was. De geraamde bijdrage in de kosten bleek echter te hoog in verhouding tot het bedrag, dat de Gemeente beschikbaar kon stellen, zocdat vergunning verleend werd de oude gevellijn te handhaven. Aldus kwam tot uitvoering het op de *plaat* weergegeven project.

Bij het ontwerp is getracht den voorgevel meer het karakter van een bankgebouw en een rustiger aanzien te geven.

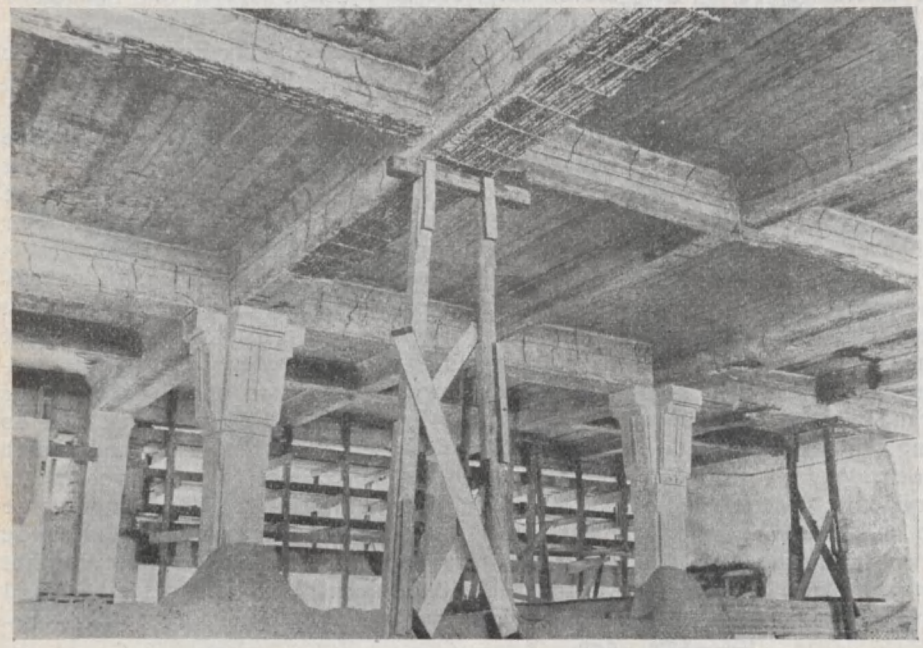
Na openbare aanbesteding werd het werk, eind Juni 1932, gegund aan de Hollandsche Beton Maatschappij voor 38 880 gulden. De totale raming der directie, waarin verschillende onderdeelen, die buiten het bestek bleven, alsmede een risico-post opgenomen waren, bedroeg ruim 50 000 gulden en werd bij de uitvoering niet overschreden. De risico-post was ruim genomen, daar ik tijdens de uitvoering verrassingen verwachtte, die zich ook inderdaad voordeden.

Toen namelijk begonnen werd met de bepleistering aan de onderzijde van den gewapend-beton verdiedingvloer te verwijderen, vielen heele stukken beton van den onderkant der balken mee af en bleek, dat de oorspronkelijke uitvoering zeer slordig en onoordeelkundig geschied was. De onderwapening, die volgens de oude teekeningen in twee lagen aangebracht had behooren te worden, lag op vele plaatsen in één laag zóó dicht opeen, dat er zoo goed als geen beton tusschen de staven aangetroffen werd. Onderstaande afbeelding geeft daarvan een duidelijken indruk. Aangeteekend moge worden, dat de op die afbeelding zoo duidelijk zichtbare scheuren door de aanneemster met menie waren aangestreken, doch in de werkelijkheid niet verontrustend geacht behoefden te worden. De op den voorgrond zichtbare stutten werden, hoewel onnoodig, door aanneemster tijdelijk voor alle zekerheid geplaatst.

Na rijp beraad heb ik gemeend de Directie der Postspaarbank niet tot afbraak te moeten adviseeren en wel op grond van de volgende overwegingen:

1. dat volgens de oude teekeningen meer dan genoeg ijzerwapening toegepast was, wat ook bleek op de open gekomen plekken;
2. dat tijdens den brand de geheele boven-verdieping op de betonconstructie neergestort was, zonder dat daarna nadeelige gevolgen, b.v. ernstige scheuren of doorbuigingen, geconstateerd konden worden;
3. dat een na afloop van het opruimingswerk na den brand verrichte proefbelasting gunstige resultaten opgeleverd had.

Wel werd echter besloten om het trappenhuis, dat verreweg in den slechtsten toestand verkeerde en waarvan de verwijdering der Postspaarbank-Directie bovendien welkom was, af te breken. Door daar ter plaatse een nieuwen verdiepingvloer te maken, werd de gewenschte volkomen scheiding tusschen de te verhuren verdieping en het kantoor van het Agentschap verkregen en tevens zoowel beneden als boven aan ruimte gewonnen.



De beschadigde gewapend-beton vloer.

De overige bestaande betonconstructies werden volgens voorstel van de aanneemster door haar, na grondige schoonmaak, zeer zorgvuldig met de mortelspuit behandeld, zoodat het ijzer volkomen ingesloten werd en een afdoende, betrouwbare, verbetering verkregen is.

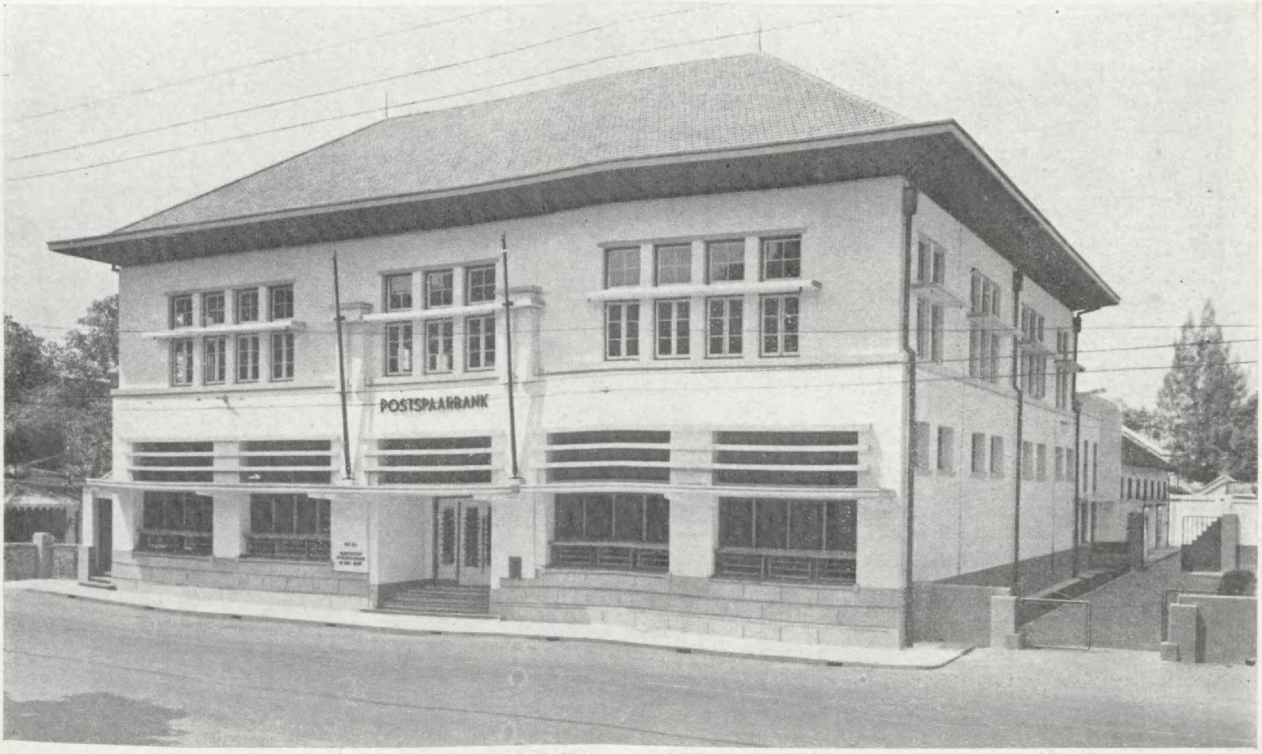
Verder werden hier en daar aan bestaande onderdeelen nog eenige verbeteringen aangebracht, terwijl op sommige plaatsen de fundeering versterkt werd.

Ten aanzien van de keuze der toegepaste materialen kan het volgende medegedeeld worden:

Plint voorgevel: duromit-

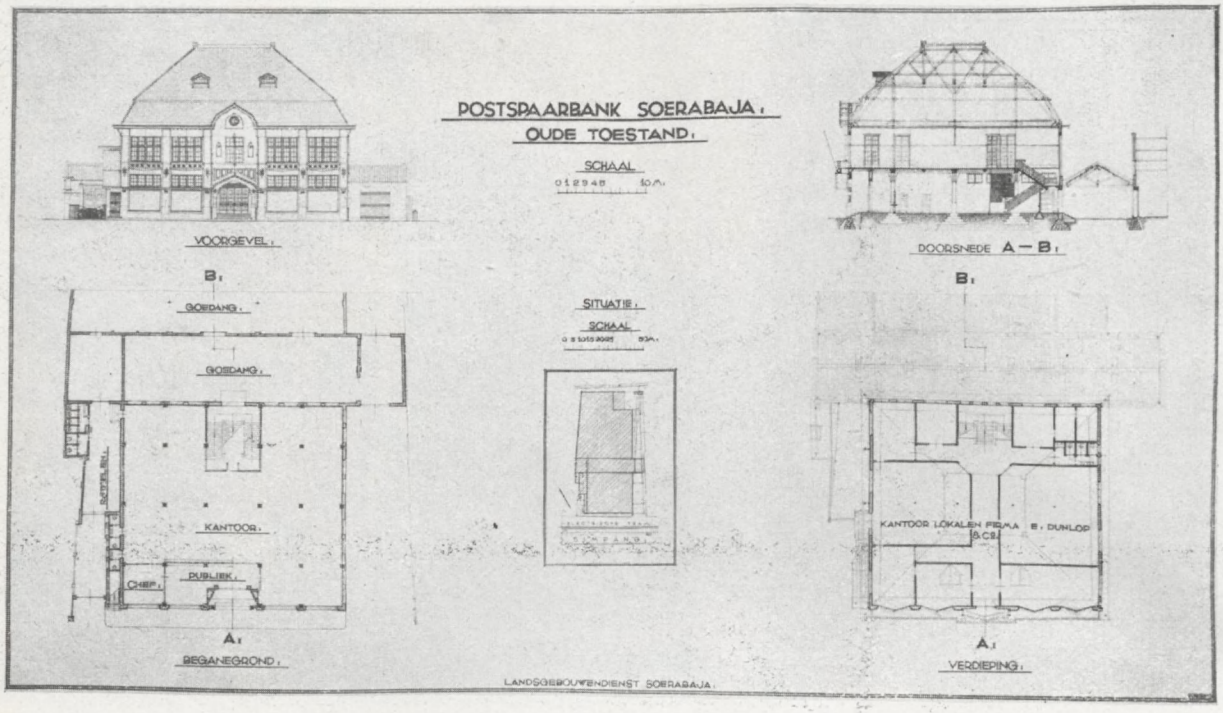
KANTOORGEBOUW POSTSPAARBANK TE SOERABAJA.

Het gebouw in den ouden toestand.

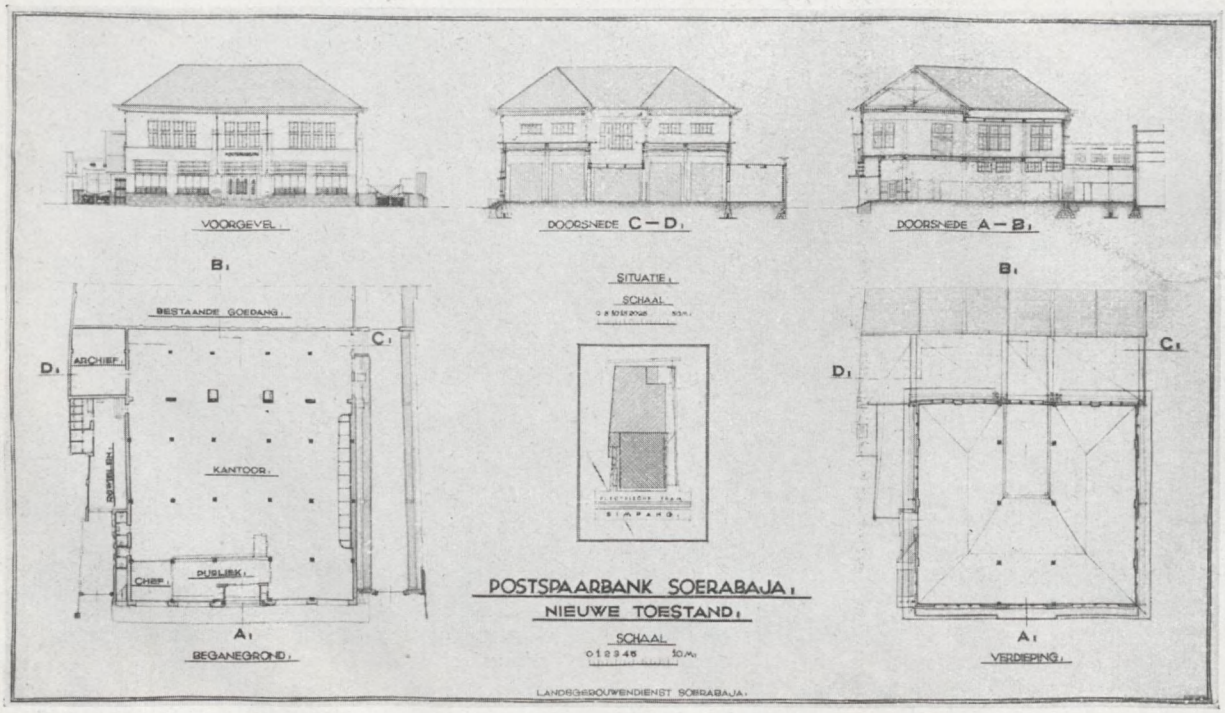


Het gebouw na de verbouwing.

KANTOORGEBOUW POSTSPAARBANK TE SOERABAJA.



Plattegrond en doorsneden, oude toestand.



Plattegrond en doorsneden, nieuwe toestand.

betonsteenen in verband als gebruikelijk voor natuursteenbekleedingen. Duromit-pleisterwerk is niet gekozen, omdat bij toepassingen elders scheuren geconstateerd werden. Het duromit, waarbij geen kleurstof gevoegd werd, heeft een levendige, warmgrijze kleur.

Onderdorpels ramen, traptreden hoofdingang en brievenbus: dofgepolijste, groene terrazzo (zeer dicht, zonder groote verspreide steenstukjes).

Plinten zijgevels en hekmuurtjes: geborsteld beton pleisterwerk (krikil-pleisterwerk).

Banden en luifelkanten zijn bestreken met warmgrijze mineraalmuurverf van Keim.

Bovenlichten voorgevel (begane grond): verschillende blankglassoorten in lood, gevat in ijzeren raamwerk, dat, iets kleiner dan de steenmaat der openingen, met vergulde bollen bevestigd is.

Letters: van hout bekleed met lood en van gegoten lood.

De onderzijde van het dakoverstek, naar buiten toe een weinig schuin oploopend, is betimmerd en bestreken met solignum in naturelkleur.

Het inwendige kreeg een nieuwen vloer van roode P. C.-tegels met enkele banden van zwarte tegels met dito plinten aansluitend met ronden kant, inplaats van den ouden, zeer leelijken terrazzo-tegelvloer.

Op de verdieping werden, na verwijdering van de tijdelijke waterkeerende pleisterlaag, P. C.-tegels gelegd in roode kleur zonder banden. De vloer werd in één kleur gehouden in verband met de mogelijkheid dat later houten scheidingswanden geplaatst kunnen worden. Onder de vloeren werden de noodige leidingen gelegd.

De wanden en kolommen op den beganen grond werden tot deurhoogte met Keim'sche verf in een stille, licht-groene, kleur bestreken.

De bestaande kolomkoppen werden zooveel mogelijk vereenvoudigd, doch moesten wat grof van vorm worden uit noodzakelijke constructieve overwegingen.

Bij de aansluiting van de uitbreiding zijn tegen de middelste kolommen leidingkokers gebouwd, waarin behalve de regenwaterafvoer der platte daken, ook afvoeren voor later op de verdieping aan te brengen toilets en waschbakken geborgen zijn. In de grondleidingen zijn binnen het gebouw ontstoppingsstukken aangebracht in gemetselde contrôle-putjes, die met eenige afneembare tegels zijn afgedekt.

Onder de platte daken zijn ter isolatie plafonds van houten kokerbinten, waartusschen pabco-plasterboardplaten, aangebracht. Onder de lagere middenbeuk is een gepleisterd plafond aangebracht. Op de verdieping dito plafonds.

Het archief is geheel brand- en inbraakvrij geconstrueerd en met een Lips-kluisdeur gesloten. Voor ventilatie zijn slechts twee luchtkanalen aangebracht, waarvan de openingen, voorzien van tralies, aan de buitenzijde van de muur lager liggen dan aan de binnenzijde.

Voor het dagelijks te raadplegen kaartsysteem zijn nissen met gewapend-beton afdekking tegen den noord-westelijken zijwand gebouwd, afsluitbaar middels opvouwbare brandwerende schuifdeuren. Deze zijn volgens verstrekt schetsontwerp zeer zorgvuldig door Lips uitgevoerd.

Voor het hang- en sluitwerk werd witbrons-gepolijst-vernikkelde uitvoering gekozen. Het hang- en sluitwerk van de hoofdingangsdeuren is van roestvrij chroomgietstaal „Guronit". De draairamen zijn voorzien van zoogenaamde insteek-espagnoletten, die in de naald verborgen zijn, zoodat alleen de knop zichtbaar is.

Onder leiding van den (inmiddels gepensionneerden) architect voor de Landsgebouwen, den heer W. B. Carmiggelt, in wien ik een zeer toegewijden en deskundigen medewerker had, is de bouw door de Hollandsche Beton Maatschappij zorgvuldig en vlot uitgevoerd en kwam in het voorjaar van 1933 gereed.

1ste JAARGANG
NUMMER 10

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

OCTOBER
1934

IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.

„DE MIJNINGENIEUR"

INHOUD: De nieuwe Zuid-Semeroeweg, door dr. ir. James M. W. Nash. — Over verschijnselen van radioactiviteit in de tinertsaders van Klappa Kampit, door dr. J. W. H. Adam. — Economische mededeelingen.

De nieuwe Zuid-Semeroeweg

(Geologisch-technisch advies)

door

dr. ir. JAMES M. W. NASH,

Ingenieur bij de Afdeeling Geologisch-Technische Onderzoekingen, Opsporingsdienst (Dienst van den Mijnbouw).

Lezing, den 9den October 1934 gehouden voor den kring Bandoeng van het Kon. Instituut van Ingenieurs.

Inleiding.

Tot op het huidige oogenblik worden de hoofdverbindingen tusschen de voormalige residentie's Pasoeroean en Probolinggo gevormd door spoor- en straatweg langs de Noordkust. Het Semeroe-Tengger vulkaancomplex — met het ten Z daarvan in groote trekken W-O zich uitstrekkende Zuidergebergte — vormden een belemmering voor een directe verkeersverbinding tusschen beide genoemde residentie's, en in het bijzonder tusschen de in de laatste decenniën sterk in bloei gekomen cultuurgebieden van Zuid-Malang en Zuid-Probolinggo.

De eerste pogingen om hierin verbetering te brengen dateeren van 1893, toen door de S. S. opdracht werd gegeven tot een gedetailleerd onderzoek naar de mogelijkheden eener spoorwegverbinding om de Zuid. Hoewel het plan uitvoerbaar bleek, zouden daaraan echter zeer hooge kosten verbonden zijn. Bij een hernieuwd onderzoek door de S. S. in 1917 ingesteld, werd deze conclusie uit de negentiger jaren volkomen bevestigd. Speciaal vestigde men toen de aandacht op de zeer hooge kosten, welke aan den aanleg van een dergelijken spoorweg verbonden zouden zijn.

Aangaande de mogelijkheid van een wegverbinding om de Zuid tusschen Malang-Dampit en Pasirian-Loemadjang dient hier op de eerste plaats naar voren gebracht te worden, dat wijlen de heer Zuyderhoff daarvoor sinds 1910 sterk heeft gepleit. Aanvankelijk geen steun van het Gouvernement verkrijgende voor zijn plannen om de uitgestrekte cultuurgebieden van ZO-Malang en van Z-Probolinggo uit hun isolement op te heffen, heeft hij er vooral op aangedrongen, dat de verschillende ondernemingen op den Z-Semeroe zich voortaan zelf op den aanleg van wegen — en vooral van toegangs- of transportwegen — zouden toeleggen. Met taaie energie werden daarop door de planters uit het Z-Semeroe-gebied talrijke wegen aangelegd, zoodat langzamerhand in dit zeer belangrijke bergcultuurgebied van Oost-Java een uitgebreid particulier wegennet tot stand kwam. Zoo kon men reeds in 1927-1928 vanuit Dampit over een ongeveer 25 km lange, tamelijk goed verharde weg de onderneming Wonokerto (gelegen aan de grens der voormalige residentie's Pasoeroean en Probolinggo) bereiken. Men had blijkbaar geen gelden meer om dezen weg verder af te maken, en het is vooral de aanleg van het Loemadjang-gedeelte, dat toen zeer groote moeilijkheden met zich heeft medegebracht.

Het oorspronkelijke tracé-Zuyderhoff voor den weg in het Z-Probolinggo'sche was in hoofdzaak gebaseerd op de gebruikmaking van bestaande ondernemingswegen, maar was, zooals uit het kaartje (*fig. 1*) reeds voldoende blijkt, niet besoek-vrij.

Door de voormalige Gewestelijke Werken van Pasoeroean werd omstreeks 1926 een tracé uitgestippeld, hetwelk aan dit bezwaar tegemoet moest komen, doch waarvan de kosten zeer zeker veel hooger zouden zijn. Bij de instelling van de Provincie was het ontwerp voor den aanleg van dezen laharvrijen weg reeds gereed en goedgekeurd, waarop met bekwamen spoed door den Provincialen Waterstaat van Oost-Java tot uitvoering werd overgegaan.

De nieuwe Zuid-Semeroeweg van Dampit tot Kebonagoeng Lor, ten N van Pasirian, bestaat uit twee morphologisch en geologisch onderling verschillende deelen:

Het *eerste* gedeelte, hetwelk ongeveer 38 km lang is, slingert zich van Dampit tot de Kali Lengkong met talrijke bochten over de zuidelijke hellingen van den Semeroe-vulkaan. In dit gedeelte, dat door verscheidene koffie- en rubberondernemingen gaat, werd, behoudens enkele omleggingen, in hoofdzaak gebruik gemaakt van de ondernemingswegen, d.w.z. van het oude tracé-Zuyderhoff, de „Oude Syndicaatsweg" genoemd.

Het *tweede* gedeelte, hetwelk ongeveer 16 km lang is, loopt van de Kali Lengkong tot Kebonagoeng Lor. Dit tracé is geheel nieuw en loopt vanaf de Kali Lengkong in NO-richting diagonaal over een noordelijken uitlooper van het Zuidergebergte. Dit tweede, geheel besoek-vrije gedeelte, dat aan den Provincialen Waterstaat de meeste zorgen heeft gebaard, ligt dus meer zuidelijk dan de oude Syndicaatsweg en kan opnieuw onderverdeeld worden in:

a. het westelijke gedeelte, hetwelk ongeveer 9 km lang is en zich van de Kali Lengkong tot de waterscheiding in het Zuidergebergte langs de N-helling van dit gebergte slingert;

b. het midden-gedeelte, hetwelk ongveer 4 km lang is en zich van de waterscheiding tot de overbrugging der Besoek Koboan uitstrekt, en ten slotte

c. het oostelijke 3 km lange gedeelte, dat van de Besoek Koboan tot Kebonagoeng Lor (ondern. Soember Woeloe) loopt en daar op den bestaanden weg Soember Bopong — Soember Woeloe — Tjandipoero — Pasirian aansluit.

Met den aanleg van den nieuwen Zuid-Semeroeweg was de Provinciale Waterstaat nagenoeg geheel gereed, toen medio Juni 1932 — in verband met eventueel te verwachten aardschuivingen op de berg- en ravijntaluds van het weggedeelte tusschen de waterscheiding van het Zuidergebergte en de overbruggingsplaats der Besoek Koboankloof, met de kans op beschadiging door grond- en steenafstortingen van den nog te bouwen pijler van de Besoek Koboanbrug — door het toenmalige hoofd van den Provincialen Waterstaat, de hoofdingenieur Gasille, het advies van den Opsporingsdienst van den Dienst van den Mijnbouw werd ingeroepen [1]). In Augustus-September 1932 achtte de Provinciale Waterstaat het noodzakelijk, dat dit advies tot de gesteldheid der rotspartijen werd uitgebreid, waarin de beide landhoofden van de nog te bouwen Koboanbrug zouden worden aangebracht.

Geologie.

Het Zuidergebergte in de Afdeelingen Madioen, Kediri en Malang is grootendeels opgebouwd uit kalksteenen, mergels en zandsteenen, dus voornamelijk uit gesteenten van sedimentairen oorsprong. Omtrent den geologischen ouderdom van deze sedimenten, welke doorgaans zwak geplooid zijn, kan met zekerheid gezegd worden, dat deze jong-mioceen is. Het plioceen ontbreekt vermoedelijk geheel.

Ten ZO van Dampit, o.a. in de arealen van de ondernemingen Soember Kerto en Soember Doeren, is de basis van dit sedimentaire complex, hetwelk aldaar het boven-mioceene gidsfossiel *Vicarya callosa* heeft opgeleverd, zeer goed ontsloten. Dit sedimentaire complex met bruinkool- en harsintercalaties rust aldaar met een zeer goed ontwikkeld basaalconglomeraat op een oudere andesietische kern, waarvan de geologische ouderdom uit den aard der zaak moeilijk nader gepreciseerd kan worden.

Enkele kilometers verder oostelijk ontbreekt de sedimentaire mantel van het Zuidergebergte geheel en vanaf Soember Manggis Kidoel — Sonosekar tot aan Pasirian treft men in het Zuidergebergte uitsluitend de oude gesteenten van vulkanischen oorsprong aan.

Het geheele tweede, laharvrije, gedeelte van den nieuwen Zuid-Semeroeweg (Kali Lengkong — Kebonagoeng Lor aan de grens van de steen- en zandvlakte van Pasirian) loopt dus over deze oud-vulkanische andesieten, breccies, zandsteenen en tuffen, waardoorheen zich talrijke andesietgangen, een weg hebben gebaand. Ten N en NW van dit deel van het Zuidergebergte verheft zich de majestueuze, doch diepingekerfde Semeroe-vulkaankegel.

De Semeroe-producten zijn van veel jongeren datum (kwartair-recent).

Het gebied tusschen den Semeroe en het Zuidergebergte wordt hier (*fig. 1*) door een vlakte gevormd, welke uitsluitend is opgebouwd uit steen en zand, afkomstig van de talrijke koude lahars (z.g. besoeks), welke in den loop der tijden van den vulkaankegel afdaalden.

Op deze besoek-vlakten strekken zich de arealen uit der ondernemingen Soember Bopong — Soember Sari en van de Inlandsche kolonisatie Soepitoerang uit. De „Syndicaatsweg" van Zuyderhoff loopt van de Kali Lengkong over deze besoekvlakten in NW-richting tot Goenoeng Sawoer aan de beruchte Besoek Semoet, om van daar in Z-richting naar Kebonagoeng Lor — Tjandipoero — Pasirian af te buigen. Zonder eenigen twijfel is het lahargebied niet geschikt als tracé van een permanenten straatweg. In dit gebied — één der regenrijkste van geheel Java — kunnen plotseling zeer hooge waterstanden in de besoek-rivieren optreden, welke in den regel met zeer verhoogde afvoeren van zand en steenen gepaard gaan. Groote en kostbare bruggen zouden volstrekt noodzakelijk zijn, terwijl door het optreden van besoeks geen zekerheid voor het behoud van bedoelde kunstwerken bestaat. Bij een weg door dergelijk terrein zou men dus met zeer hooge herstel- en onderhoudskosten rekening moeten houden.

HET GEOLOGISCH-TECHNISCH ADVIES.

A. Westelijk vak van het tweede gedeelte.

In het gedeelte van den nieuwen Zuid-Semeroeweg tusschen de Kali Lengkong en de secundaire waterscheiding bij hm 70 in het Zuidergebergte is het terrein slechts weinig ingesneden en loopt de

1) In begin 1929 was door den Opsporingsdienst bereids een advies uitgebracht omtrent de gesteldheid van de rots, waarin deze pijler zou komen.

Fig. 1.
SCHETSKAART
VAN EEN GEDEELTE VAN DEN ZUID - SEMEROEWEG
TUSSCHEN K. LENGKONG EN KEBONAGOENG - LOR

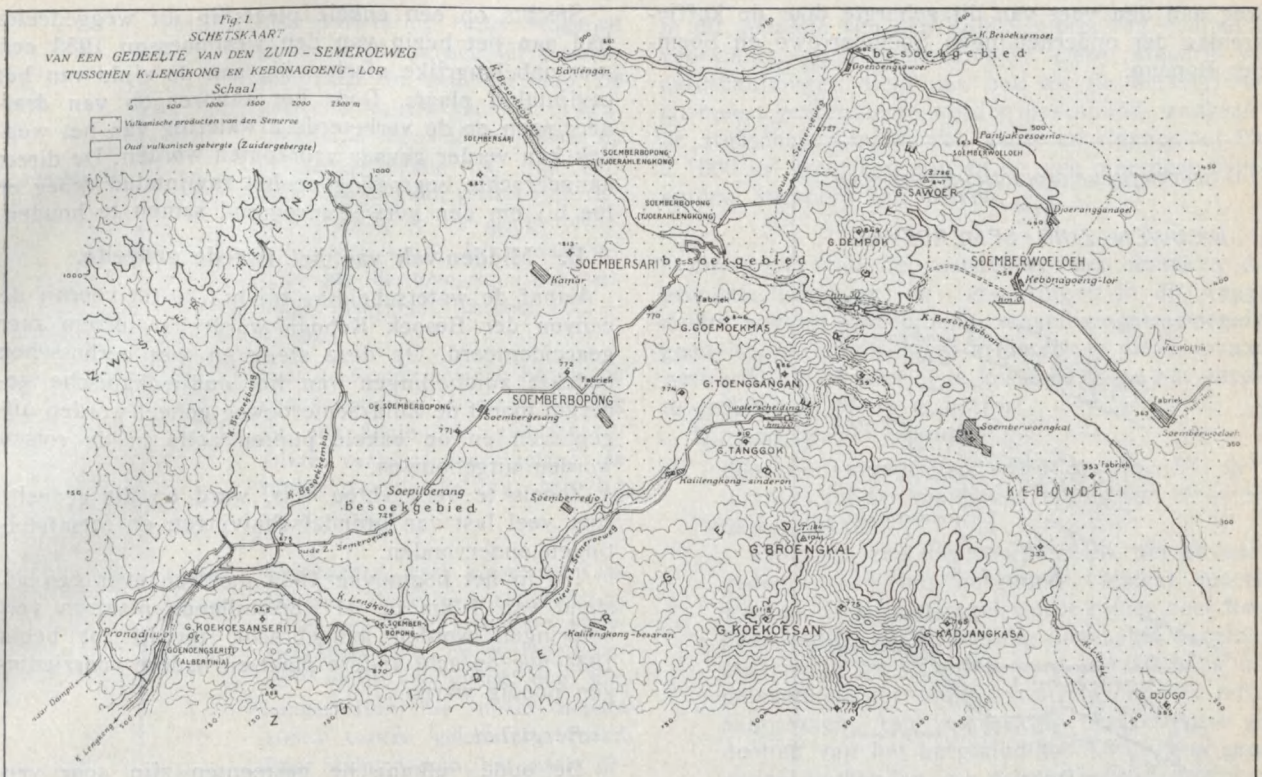
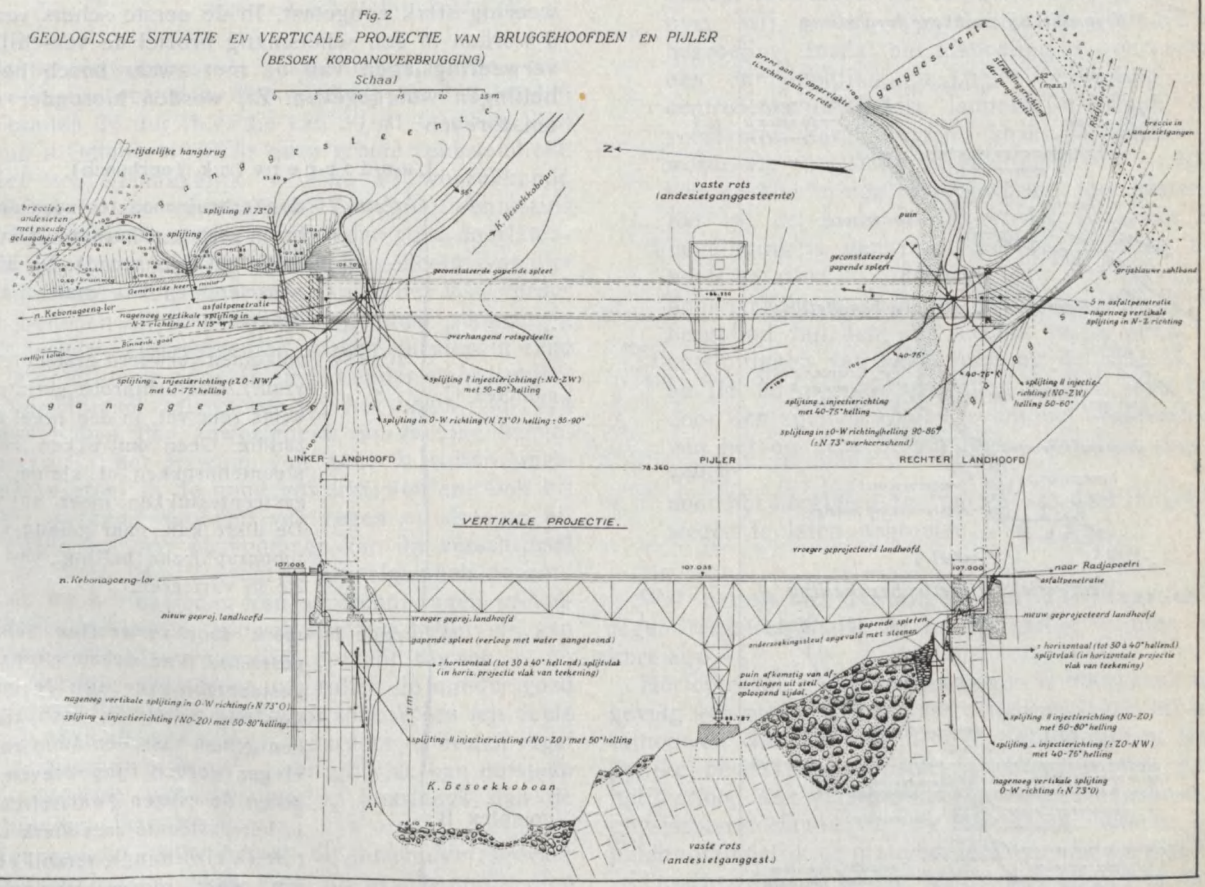


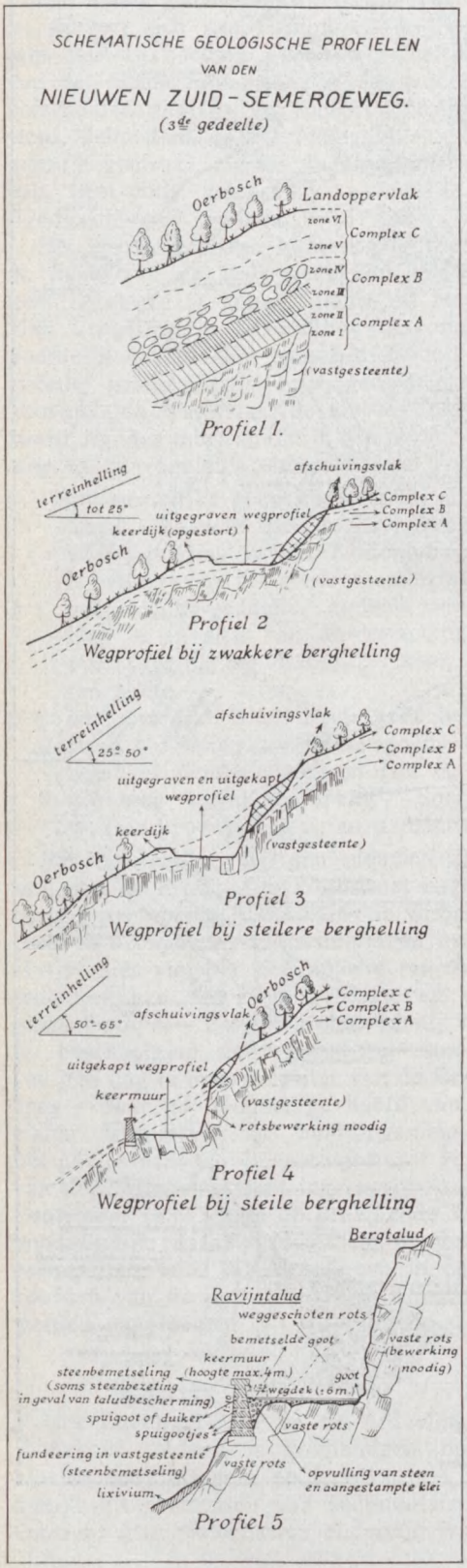
Fig. 2
GEOLOGISCHE SITUATIE EN VERTICALE PROJECTIE VAN BRUGGEHOOFDEN EN PIJLER
(BESOEK KOBOANOVERBRUGGING)
Schaal



Errata :

Fig. 1. links boven, *lees* : Z. O. Semeroehelling.
Fig. 2. rechts boven, *lees* : Strekkingsrichting der ganginjectie 55° (max.) ;
rechts midden, *lees* : Splijting injectie-richting (NO-ZW) helling 50-80°.

weg aan den voet van dit gebergte door de koffiearealen der ondernemingen Soemberrowo en Soember Bopong.



Erratum :
Fig. 3. lees: 2e gedeelte *inplaats* 3e gedeelte.

Slechts op een enkele plaats in dit weggedeelte had aan het begin van den westmoesson 1933 een niet onbelangrijke afschuiving aan de zijde van het ravijntalud plaats. Door het aanbrengen van draineeringen en de verbeterde afwatering van het wegdek kon verder gevaar voorkomen worden. De direct aangebrachte begroeiing op het ravijntalud droeg er toe bij om den verweeringsgrond samen te houden.

B. Midden-vak van het tweede gedeelte.

Vanaf de waterscheiding bij hm 70 tot voorbij de canyon der Besoek Koboan wordt het terrein zeer geaccidenteerd. Op deze steile en met oerbosschen bedekte zuidhellingen van het oud-vulkanische gebergte moest de Zuid-Semeroeweg geheel worden uitgegraven en op enkele punten zelfs in de rotsen worden uitgehouwen.

Zooals te verwachten was, werd op dit gedeelte zeer veel last van grondafschuivingen en rotsafstortingen ondervonden.

Tot in het begin van 1933 moesten over een afstand van 4 km op 41 verschillende plaatsen verbeteringen worden aangebracht, terwijl tot begin 1934 nog op acht andere plaatsen nadere voorzieningen noodig waren.

Bergtalud.

De oude vulkanische gesteenten zijn door verweering sterk aangetast. In de eerste schets van *fig. 3* worden in een schetsmatig profiel de verschillende verweeringslagen van de met zwaar bosch bedekte hellingen weergegeven. Zij worden hieronder nader omschreven:

Landoppervlak (oerbosch).

complex C
- zône VI donkerbruinrood tot zeer donkerbruin getinte akkeraarde (lixivium + humusboschgrond). De dikte is wisselend en kan max. 3 m bedragen.
- zône V volkomen verweerd gesteente (lixivium). Geelbruinrood getinte klei, soms zeer vet, in den regel echter zandig. Geen omtrekken van gesteentenbrokken of kleine, harde gesteentestukken meer aanwezig. De dikte kan, naar gelang van de topographische helling, van 1 tot 2,5 m varieeren.

complex B
- zône IV sterk door verweering aangetast gesteente. Van de oorspronkelijke gesteentebrokken zijn de omtrekken nog behouden, doch zij kunnen geheel tusschen duim en wijsvinger worden fijngewreven. Tusschen de voegen (watercirculatie) is het gesteente zeer sterk aangetast (kleivorming), terwijl een begin eener roodverkleuring goed waar te nemen is. Dikte wisselend (naar gelang van de topographische helling) tusschen nul en 2,5 m.

complex B	zône III	door verweering reeds aangetast gesteente. De kernen der gesteentebrokken zijn nog zeer hard. De gesteentebrokken bladeren in concentrische zônes af, en hebben op de kerngedeelten na, hun oorspronkelijke kleur geheel verloren. Kleivorming in de gesteentevoegen (loswerking). Dikte naar gelang van de topographische helling, wisselend tusschen 0,2 — 1,5 m.
complex A	zône II	vast gesteente met een begin van een verweering. Geringe werking en een begin van kleivorming. Dikte varieert naar gelang de topographische helling, van 0,2 tot 2,— m.
	zône I	onverweerd, vast gesteente (andesieten, breccies, zandsteenen, tuffen, etc. met intrusieve andesietgangen). In de gesteentevoegen wordt sporadisch nog klei aangetroffen, die in de diepere zônes echter geheel ontbreekt. Door spleten kan het vaste gesteente sterk verbrokkeld zijn.

Op de sterk beboschte zuidhellingen kunnen zeer zware regens optreden. Een regelval van 300 tot 400 mm binnen 24 uur (b.v. die van 30/31 October 1932 en van 9 October 1933) is geen groote zeldzaamheid.

Het vrij gemakkelijk in zône VI wegzakkende water zal, bij de neerwaartsche beweging, eenigszins opgehouden worden door het minder goed doorlatende lixivium uit zône V. Een klein gedeelte van het zakwater zal — na saturatie van zône V — verder naar beneden sijpelen en langs de door verweering reeds losgewerkte gesteenten voegen tot diep in zône III, ja zelfs tot in zône II en I, kunnen doordringen. Dit verschijnsel zal vooral bij het begin van den regentijd door de aanwezigheid van talrijke krimpscheuren in het lixivum van zône V (uitdrogingsverschijnselen) in de hand gewerkt worden. Ook bij de afwisselende perioden van regen en droogte bij het einde van den westmoesson kan dit verschijnsel zich herhalen. Hierin moet in het algemeen de aanleiding tot het optreden van aardschuivingen in vulkanische gesteenten, zoowel aan het begin als aan het einde van den regentijd, gezocht worden.

Bij voldoende wateropname zullen de minder goed doorlatende lixivische kleien uit zône V (en ten deele ook uit zône VI) verweeken, waardoor — in den regel aan de basis van zône V — een glijvlak kan ontstaan (bergtaludzijde van den weg!), waarlangs dan de afschuiving plaats heeft.

Het spreekt vanzelf, dat dit afschuivingsgevaar eerst recht zal optreden, waar de weg tamelijk diep moest worden uitgegraven of uitgehouwen.

Door de neiging tot afschuiving van complex C kan een gedeelte van zône IV en zelfs van zône III beïnvloed en medegesleurd worden. Dit verschijnsel is vooral bij de min of meer scherpe bochten, welke in dit gedeelte van den Zuid-Semeroeweg veelvuldig voorkomen, goed waarneembaar. Deze categorie van aardschuivingen dient dan ook als de belangrijkste en meest gevreesde te worden beschouwd, aangezien de afgeschoven massa van aarde en steenen tot 600 à 1000 m^3 groot kan zijn en de weg meerdere dagen er door versperd kan blijven.

Op grond van de vaststelling der oorzaken der grondafschuivingen en -afstortingen in dit weggedeelte werden verschillende beveiligingsmaatregelen geadviseerd. Hierbij werd in de eerste plaats er naar gestreefd om op niet al te kostbare wijze het gevaar te reduceeren of op te heffen.

Dit kon bereikt worden:

1. door den afgegraven wand in zône VI en V (c.q. IV) tot een maximum helling van 30 — 35° te vervlakken.

   Praktisch zou dus voornamelijk het bovenste gedeelte van het bergtalud vervlakt moeten worden. Deze maatregel wordt echter zeer kostbaar, indien de berghelling boven het bergtalud steil is. In die gevallen werd terrasseering met gelegenheid tot snelle afwatering op elk terras aanbevolen. Aan vervlakking der bovenste gedeelten van het bergtalud tot 35° is een groot nadeel verbonden, n.l. men vernietigt daarmede over vrij groote oppervlakten de natuurlijke begroeiing, zoodat om afspoeling te voorkomen een onmiddellijke en snelle begroeiing met centrosema, indigofera, lamtoro (of glagah) der vervlakte berghellingen strikt noodzakelijk wordt. De zeer steile berghellingen (65° — 90°) worden hier in den regel gevormd door gesteenten uit de zônes I, II en III, waarvan de beveiliging in den regel niet zoo kostbaar behoeft te zijn;
2. door steilere wanden van meer dan 35° in het bergtalud van den weg slechts toe te laten bij ontsluitingen van gesteenten uit de zônes I, II en III, en in enkele gevallen ook uit zône IV;
3. door een snellen afvoer (eventueel draineering) van het op deze berghellingen gevallen regenwater;
4. door het bergtalud zooveel en zoo snel mogelijk weder te laten begroeien.

Wat betreft het beveiligen van dit weggedeelte tegen *rotsafstortingen* op het bergtalud kunnen we kort zijn.

Het optreden van rotsafstortingen is doorgaans het gevolg van onoordeelkundige rotsbewerkingen bij het uithouwen van den weg in de vaste andesieten. Dergelijke bewerkingen luisteren scherp, zoowel naar het verloop der verschillende spleten, als naar den physischen toestand van de rots. Deze factoren bepalen uiteindelijk de mate en de wijze van opruiming.

Tusschen hm 70 en hm 32, d.i. dus tot 200 m vóór de Besoek Koboan-overbrugging, werden op 12 verschillende plaatsen rotsopruimingen noodig geoordeeld. Deze bewerkingen werd verricht onder het directe toezicht van een hoofdopzichter van den Dienst van den Mijnbouw, die tevens de eerste werk-

zaamheden voor de beveiliging van het bergtalud tegen grondafschuivingen plaatselijk leidde of uitvoerde.

Ravijntalud.

Over het algemeen zal, indien voor een snelle en doelmatige afwatering van het wegdek zorg wordt gedragen, niet voor afschuivingen aan de zijde van een goed begroeid ravijntalud behoeven te worden gevreesd.

Bij zeer steile hellingen, waar de Zuid-Semeroeweg in de rotsen moest worden uitgeschoten, bij scherpe wegbochten en daar waar de begroeiing van het ravijntalud door het storten van grond en steen vernield was geworden, werd het noodzakelijk geacht over bepaalde afstanden keermuren aan te brengen.

Hieraan werden de volgende eischen gesteld:

a. De keermuren zullen op *het vaste gesteente* (uit zône I of II) moeten worden gefundeerd.

b. In de keermuren dienen een voldoende aantal spuigootjes aanwezig te zijn, zoodat het weglichaam door middel van deze gootjes zeer voldoende gedraineerd kan worden.

c. Het water op het wegdek moet bij de keermuren door bemetselde goten worden afgevoerd.

De door den Provincialen Waterstaat reeds aangebrachte keermuren voldeden in de meeste gevallen aan deze eischen. Bij enkele echter (o.a. bij hm 46 en hm 70) had men inderdaad bij den aanleg van den weg op de eerste en tweede voorwaarde minder goed acht geslagen, waardoor de gevolgen dan ook niet uitgebleven zijn. Beide muren zijn in begin 1933 ingestort en moesten weder geheel — doch nu op de voorgeschreven wijze — worden opgebouwd. Hiervoor waren diepe ingravingen noodig.

De hierboven omschreven geadviseerde middelen ter beteugeling der aardschuivingen en afstortingen werden door den Provincialen Waterstaat zoo goed mogelijk en voor het grootste gedeelte vóór het invallen van de zware regens ten uitvoer gebracht. Daarna werd de meeste zorg besteed aan een snelle begroeiing der taluddeelen met centrosema, indigofera en lamtoro.

In Mei 1933 was de toestand van dit weggedeelte door de getroffen maatregelen reeds zeer verbeterd. Men had toen in het geheel niet meer den indruk, dat deze weg nog kortgeleden in een minder gunstigen toestand had verkeerd. Toch traden in den loop van 1933 op 2 verschillende plaatsen nog aardschuivingen op, waarvan die bij hm 40 van groote afmetingen is geweest. Het betrof hier een zeer steile berghelling, waarvan een vervlakking of terrasseering hooge kosten zou vereischen. Men had zich daarom tot het aanbrengen van een dichte begroeiing van de betreffende helling bepaald. Deze maatregel is gebleken niet voldoende te zijn geweest. Na een zwaren regenbui schoof een hoeveelheid lixivisch verweerde grond van ruim 2000 m^3 inhoud af. Na opruiming werd tot gedeeltelijke vervlakking overgegaan en ten slotte getracht de naakte helling van een plantenkleed te voorzien.

Gedurende den westmoesson 1933 — 1934 is dit weggedeelte verder nagenoeg vrijgebleven van aardschuivingen en -afstortingen, slechts op enkele plaatsen zal het nog noodzakelijk zijn om keermuren aan te brengen.

C. De Besoek Koboan-overbrugging.

Historisch overzicht.

Het is noodzakelijk eerst een kort overzicht te geven van de drie verschillende ontwerpen, welke in de laatste 6 jaren ten aanzien van de ligging van de Besoek Koboan-brug gemaakt werden. De geprojecteerde ligging moest, in verband met geologische factoren, tot tweemaal toe gewijzigd worden.

Het oorspronkelijke ontwerp dateert — volgens bekomen inlichtingen — uit de jaren vóór 1929 en gaf als plaats van overbrugging een punt aan, een weinig (ongeveer 20 m) bovenstrooms van de huidige plaats van overbrugging gelegen. Deze overbruggingsplaats moest in begin 1929 worden opgegeven, omdat o.a. bij de uitgevoerde rotsbewerkingen voor den bouw van het landhoofd op den rechteroever weldra bleek, dat de oogenschijnlijk goede rots te veel spleten had. De op deze plaats herhaaldelijk opgetreden rotsafstortingen namen groote afmetingen aan, waardoor de heuvelspoor, welke men hier oorspronkelijk aantrof van lieverlede in een steil oploopend dal veranderde!

Over het tweede ontwerp werd in begin 1929 het nader advies van den Opsporingsdienst ingewonnen.

Dr. van Es, met dit onderzoek belast, legde in een rapport de resultaten van het onderzoek naar de gesteldheid der rotsen bij de overbruggingsplaats vast. De nieuwe plaats lag ongeveer 20 tot 25 m stroomafwaarts van die in het eerste ontwerp genoemd.

In dit rapport werden bezwaren van geologischen aard geopperd tegen het plan om op den rechteroever door den vasten andesiet een tunnel te boren, aangezien bij de gekozen brugas te weinig rotsmateriaal tusschen tunnel en ravijnwand zou blijven staan, zoodat de overblijvende dunne wand te weinig draagvermogen zou verkrijgen. Geadviseerd werd *in deze as* een open ingraving aan te brengen.

Tegen de plaats van het linkerlandhoofd werden geenerlei bezwaren geopperd.

Verder werd er op gewezen, dat de geprojecteerde plaats van den pijler geenszins „laharvrij" zou zijn, gezien de omstandigheid, dat de besoeks in deze canyon een hoogte van 11 meter konden bereiken (hoogte oude besoekafzettingen).

Daarop werd ook deze tweede overbruggingsplaats door den Provincialen Waterstaat losgelaten.

Bij de overbruggingsplaats van het derde ontwerp werd de plaats van het linkerlandhoofd van het 2de ontwerp aangehouden, daarentegen het rechterlandhoofd ongeveer 20 m meer stroomopwaarts verplaatst. Het pijlerfundament kon daardoor in een hoogerliggende en veel vastere rots worden aangebracht.

De brug zou ± 71 m lang worden en het brugdek ± 31 m boven het dalbed van den canyon komen te liggen, terwijl de bovenkant van het geheel in de

vaste steen ontworpen pijlerfundament ongeveer 12,50 m boven het dalbed, en zoodoende praktisch lahar-vrij, zou komen te staan.

In den loop van 1929, 1930 en 1931 werd door den Provincialen Waterstaat onder meer het tweede gedeelte van den Zuid-Semeroeweg aangelegd. In Juli 1932 was men hiermede tot aan de Besoek Koboan gevorderd, waarop een aanvang gemaakt werd met het uitschieten in de rotsen van het rechterlandhoofd. Einde Augustus 1932 werd aan den Opsporingsdienst om nader gedetailleerd advies verzocht inzake de bodemgesteldheid van den rotsbodem bij dit landhoofd.

De toestand van dezen rotsbodem kon toen bepaald zorgwekkend genoemd worden.

Op den rechteroever was deze canyonwand bij het rechterlandhoofd over een afstand van ± 125 m en een hoogte van ± 100 m geheel onbegroeid, terwijl sporen van min of meer groote afschuivingen of afstortingen daarop zeer duidelijk te onderkennen waren. De naakte wand bestond uit vaste en losse breccie's, waardoorheen zich andesietgangen een weg hadden gebaand.

Dergelijke over groote oppervlakten ontsloten kale rotswanden, temidden van een uitgestrekt gebied van primair bosch, komen in de tropen betrekkelijk zelden voor. Volgens de door den Provincialen Waterstaat verstrekte gegevens is deze kale wand eerst nà den wegaanleg door herhaaldelijk optredende grond- en rotsafschuivingen ontstaan.

Oorspronkelijk had de Provinciale Waterstaat het plan den wegdoorgang door de dikke andesietgang vlak vóór het rechterlandhoofd als tunnel uit te voeren. Immers in dit nieuwe tracé verviel het in 1929 geopperde bezwaar van een te geringe wanddikte. Bij een tunnel kon de dikke andesietgang bijna intact blijven en aldus een natuurlijke bescherming voor het rechterlandhoofd tegen afschuivingen en afstortingen van den hoogen, naakten wand vormen. Wegens instortingen van het tunneldak is de Provinciale Waterstaat in 1931 genoodzaakt geweest het dak geheel door te slaan en den wegdoorgang in open ingraving uit te voeren.

Doordat de naakte hooge wand zich in stroomopwaartsche richting tot voorbij het vroeger reeds genoemde, kort te voren ontstane, steil-oploopende zijdal uitstrekte, baande een gedeelte van het afschuivende materiaal zich door dit zijdal een weg naar den canyon. Het bleef ten deele in dit dal liggen en vulde het op, zoodat zelfs vrees ontstond voor beschadiging van den toekomstigen pijler en van het bruggedek. De beide toekomstige landhoofden echter konden tegen rots- en puinstortingen redelijk veilig geacht worden. Het rechterlandhoofd bleef tegen rotsafstortingen van den naakten wand beschermd door de gesteenteopruimingen in den rotsdoorgang en omgeving tot een minimum te beperken.

Geologie.

De Besoekrivier Koboan doorbreekt den noordelijken uitlooper van het Zuidergebergte in een canyonachtige kloof, welke ter plaatse der overbrugging bijna 200 m diep is.

Het oud-vulkanische gebergte wordt hier gevormd door breccie's, waarin talrijke andesietgangen van verschillenden ouderdom zijn ingeperst. Evenals het meerendeel der andesietgangen heeft ook de dikke gang van 80 tot 100 m breedte — waarin de beide landhoofden en het fundament van den pijler werden geprojecteerd — NO-ZW-richting met een helling, die van 55° tot nagenoeg verticaal wisselt. Plaatselijke richtingsafwijkingen komen voor. Aan de zuidgrens van den gang is het contactvlak tusschen ganggesteente en breccie buitengewoon duidelijk ontsloten (exomorphe contactmetamorphose). In het ganggesteente werden min of meer groote breccieblokken, afkomstig van het nevengesteente, aangetroffen. De noordgrens ligt op enkele tientallen meters ten Noorden van het linkerlandhoofd.

Op het bergtalud, op hooger niveau dan de weg, werd een andesietgang aangetroffen met een ongeveer N-Z-richting. Het gesteente is van lichtere kleur dan dat van de andere gangen en de doorsnijding van één der gangen bewijst een jongeren ouderdom. De jongere gang eindigt op ± 30 m boven wegniveau in sterk verdikten vorm (de z.g. „rozeknop" gang), waarvan de aanwezigheid als de directe oorzaak voor het optreden van talrijke kleinere en grootere afschuivingen en steenafstortingen op den naakten wand ongeveer een dertigtal meters vóór het rechterlandhoofd beschouwd mag worden.

De dichte andesietgesteenten, waarin de landhoofden van de toekomstige brug werden geprojecteerd, zijn sterk gespleten. De afstand tusschen de spleten wisselt van enkele centimeters tot een paar meter. In den regel zetten zij zich niet ver voort en maken plotseling plaats voor spleten van andere richting. Doorgaans zijn de smalle spleten gesloten, en met secundair gevormde mineralen opgevuld. Soms werden echter tot 10 cm gapende spleten aangetroffen, doch in dat geval steeds in de directe omgeving van den canyonwand. Op het eerste gezicht wordt den indruk gewekt, alsof de talrijke in dit gesteente voorkomende en door afkoeling ontstane spleten zonder eenigen regel door elkaar voorkomen. Het nadere geologische onderzoek heeft echter zeer duidelijk aangetoond, dat het meerendeel dier spleten aan bepaalde hoofdrichtingen gebonden is, waarvan enkele van groote beteekenis voor den bouw van de landhoofden en het pijlerfundament der Besoek Koboanbrug bleken te zijn. Deze hoofdsplijtrichtingen werden in *fig. 2* aangegeven.

Het rechterlandhoofd.

In Augustus 1932 werd een aanvang gemaakt met het uitschieten van de ruimte voor het rechterlandhoofd.

Toen deze ruimte eene breedte van 1 m bereikt had, werd op den fundeeringsbodem een ongeveer 5 cm gapende spleet van 2 à 3 m lengte aangetroffen. Het onderzoek naar de inwendige gesteldheid van de rots, welke tevoren een uitstekenden indruk gemaakt had, wees duidelijk uit, dat deze fundeeringsplaats voor het rechterlandhoofd niet gehandhaafd kon worden, en ongeveer 3,70 m (d.i. de lengte van één vakwerk) achterwaarts verplaatst moest worden. Aan den hoofdopzichter van den Provincialen

Waterstaat, belast met de uitvoering der Koboanwerken, werd een hoofdopzichter van den Dienst van den Mijnbouw toegevoegd, met de speciale opdracht om bij het verder verruimen van de fundeeringsplaats zoowel het aantal als de richting der boorgaten afhankelijk te stellen van de heerschende splijtrichtingen in het andesietgesteente en uitsluitend van zwakke dynamietladingen gebruik te maken. In October 1932 kwam dit werk gereed en daar het geologisch een gunstig resultaat opleverde, kon het landhoofd van gewapend-beton aangebracht worden, waarvoor een zwaardere vorm gekozen werd dan oorspronkelijk geprojecteerd was.

Het linkerlandhoofd.

Aanvankelijk maakte de andesiet-rotspartij, waarin het linkerlandhoofd zou worden aangebracht, eveneens een zeer gunstigen indruk. Het geologische onderzoek had uitgewezen, dat het meerendeel der spleten geen gapingen vertoonde. De ruimten tusschen de spleten waren in den regel opgevuld door secundaire mineralen. Slechts aan de benedenstroomsche zijde was de toestand niet zoo gunstig, maar dit leverde voor het landhoofd geen gevaar op. Naar aanleiding van de bij het rechterlandhoofd opgedane ervaringen werd echter geadviseerd ook hier bij het uitschieten de splijtrichtingen en den toestand der spleten nauwkeurig te observeeren.

Na het uitschieten van het voorste stuk rots ter breedte van één meter werd in begin October 1932 rapport ontvangen, dat één der ZO-NW gerichte spleten een gaping van enkele centimeters breedte vertoonde. Het onmiddellijk daarop ingestelde onderzoek gaf tot resultaat, dat op de bereikte diepte niet alléén de ZO-NW gerichte spleten open waren, maar dat ook de ZW-NO gerichte spleten (d.i. ⊥ gangrichting) zich in een slechte conditie bevonden.

Daarom werd geadviseerd ook het linkerlandhoofd ongeveer 3,70 m achteruit te plaatsen.

Door deze verlengingen aan beide landhoofdzijden zou de brug een totale lengte van 78,36 m verkrijgen.

Einde October 1932, toen het uitschieten van de plaats van het linkerlandhoofd gereed gekomen was, werd opnieuw een onderzoek ingesteld, waarvan de uitslag gunstig was, zoodat definitief besloten werd het linkerlandhoofd van gewapend-beton aan te brengen. Ook hier werden alle rotsspleten dichtgecementeerd, onder het aanbrengen van een afdoende draineering.

De pijler.

Ook de fundeeringsl dem van den pijler, welke reeds geheel in de rots was uitgeschoten, werd aan een nauwkeurig onderzoek onderworpen, en gunstig bevonden.

De beveiliging van den naakten rotswand op den rechteroever.

In Februari-Maart 1933, toen beide landhoofden en het pijlerfundament reeds waren aangebracht, ging de Provinciale Waterstaat over tot de opstelling der beide groote montagebokken.

Het ijzerwerk van de geheele brug bevond zich op den linkeroever, zoodat een loopkat noodig was om de verschillende brugonderdeelen over den canyon aan te voeren.

Volgens het montageontwerp van April 1933 zouden de montagekabels op den rechteroever in den rotsdoorgang (en de bocht in den weg) over vier hulpbokken geleid worden om vervolgens in een betonblok verankerd te worden, hetwelk daartoe op den weg, op een afstand ongeveer 80-90 m vóór het rechterlandhoofd, was aangebracht. Tevoren had men den naakten wand zoo goed als met kleine middelen mogelijk was tegen rotsafstortingen beveiligd. Het oorspronkelijke plan van den Provincialen Waterstaat om de montagekabels in de asrichting van de brug in rotsen van den naakten wand te verankeren, was — wegens de slechte gesteldheid dier rotspartijen — ten sterkste ontraden geworden.

Met het aanbrengen van deze beveiliging was bereids in Juli-Augustus 1932 een aanvang gemaakt, zoodat in den loop van Maart 1933 reeds een redelijk resultaat verkregen was. Niettemin kwamen op dezen wand nog wel slechtere deelen voor, o.a. in de omgeving van den rozeknopvormigen gang, doch het aanbrengen van definitieve beveiligingen zou hier volstrekt met zich medebrengen, dat rotsopruimingen van grooteren omvang uitgevoerd zouden moeten worden.

Waar er bovendien prijs gesteld werd om de brug nog in den drogen tijd van 1933 te monteeren en mogelijke toekomstige afstortingen op den naakten wand geen directe bedreiging meer voor de brug zouden vormen, werd door den Provincialen Waterstaat besloten hier geen verder werk meer te verrichten en tot de montage van de brug over te gaan.

De montagebokken en de vier hulpbokken op den rechteroever werden daarop door den Waterstaat opgesteld.

Op 17 Mei 1933 had echter op den naakten wand in de omgeving van de rozeknopvormige intrusie, ter hoogte van den derden hulpbok, een rotsafstorting ($\pm$ 400 m^3) plaats, welke bedoelde hulpbok vernielde. De andere hulpbokken, de montagebok en het landhoofd zelve waren geheel intact gebleven. Door deze rotsafstorting hing zoowel het gesteente uit het bovenste gedeelte van de rozeknop als het daarboven zich bevindende gang- en brecciegesteente vervaarlijk over.

De hoofdoorzaak van deze rotsafstorting moet in de omstandigheid gezocht worden, dat het juist dien nacht en dag voor het eerst na ruim drie weken droogte had geregend. De regenval van 16 op 17 Mei had plotseling rotsafkoeling tengevolge, terwijl bovendien de door droogte gekrompen klei in de spleten weer uitzette. De daardoor ontstane bewegingen werkten de rotsdeelen los.

Onmiddellijke opruiming dezer overhangende rotspartijen werd dringend noodig geacht, waarmede de hoofdopzichter van den Dienst van den Mijnbouw belast werd, die de opdracht had dit gedeelte van den wand zoo mogelijk met verwijdering van minimale hoeveelheden rots bij te werken en te beveiligen.

Tijdens deze opruimingswerkzaamheden bleek al

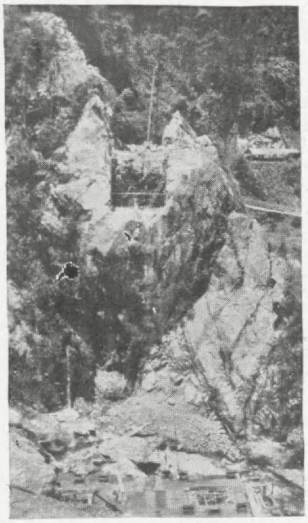
1.

2.

3.

4.

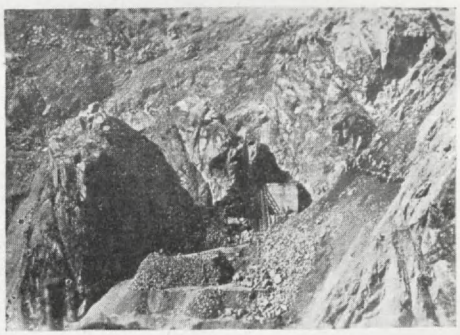
Foto 1. De naakte wand bij het begin der definitieve bewerking.
Foto's 2, 3 en 4. Verschillende stadia van bewerking.



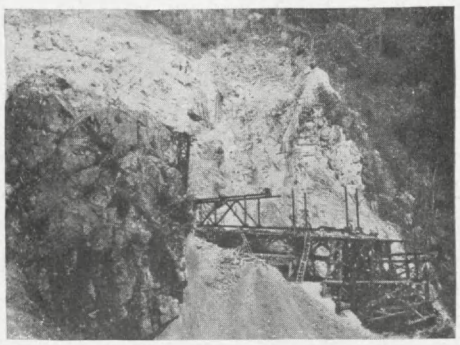
5.

6.

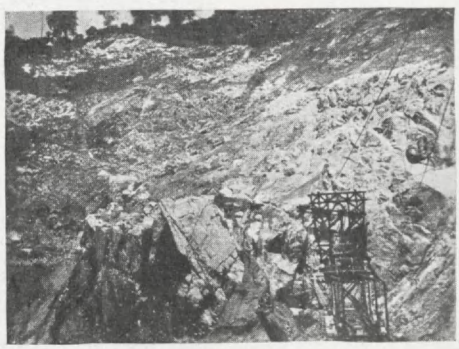
7.



8.



9.



10.

Foto 5. Het aanbrengen van het linkerlandhoofd, met op den voorgrond het fundament van den pijler.
„ 6. De rotsdoorgang in de dikke gang vlak voor het rechterlandhoofd.
„ 7. De rozeknopvormige intrusie, met den vernielden bok.
„ 8. Terrassenaanleg bij het rechterlandhoofd voor het montage-vakwerk. Rechts het steil oploopende zijdal.
„ 9. Het begin der brugmontage (begin Sept. 1934) bij het rechterlandhoofd.
„ 10. De naakte wand geheel bijgewerkt (afgepleisterde spleten).

spoedig, in welken slechten toestand de diepere deelen der verschillende rotspartijen zich bevonden.

Een en ander leidde tot het volgende advies:

1. De gevaarlijkste deelen van den naakten wand opnieuw geheel bij te werken, waarmede ongeveer een maand gemoeid zou zijn.
2. Ten behoeve van een duurzame beveiliging tijdens de montage, over de kabels en de derde en vierde hulpbok een portaal van hout (houten overkapping) aan te brengen, waarop hout, zandzakken en rijshout — naar het canyondal hellend — zouden worden gelegd. Dit portaal zou vóór den vierden hulpbok moeten aanvangen en tot aan den rotsdoorgang (tweede hulpbok) moeten reiken.
3. Het allerveiligste werd het echter geacht om de montage voor onbepaalden tijd uit te stellen, tot op het oogenblik, dat op den naakten wand een definitieve beveiliging was verkregen.

Bovendien werden vier verschillende mogelijkheden naar voren gebracht om deze definitieve beveiliging tot stand te brengen, t.w.:

Mogelijkheid 1. Ontwijken van het gevaarlijke weggedeelte.

Vanaf het rechterlandhoofd, ongeveer in de as van de brug, zou een tunnel dwars door den berg gedreven kunnen worden. Aan de andere zijde van den berg zou deze ongeveer bij hm 33 + 60 m zeer goed op den bestaanden weg aansluiten. Tunnellengte ± 180 m. Helling 9% tot 10%. Tunnelhoogte 4 m, tunnelbreedte 6 — 7 m. Indien de geheele tunnelwand met gewapend-beton zou moeten worden versterkt, zouden de totaalkosten van dezen verkeerstunnel, inclusief afwerking van de tunnelingangen, globaal op *f* 140 000,— *f* 150 000, d.i. ± *f* 800,— per strekkenden meter, moeten worden geschat.

Deze oplossing werd, hoewel de kosten groot zijn, de allerbeste en de meest afdoende geacht, aangezien met bedoelden tunnel de gevaarlijke wand, welke neiging vertoonde zich in oostelijke richting uit te breiden, geheel vermeden zou worden.

Mogelijkheid 2. Gewapend beton overkapping van het gevaarlijke gedeelte.

Vanaf den tweeden hulpbok in de rotsdoorgraving ongeveer zou tot voorbij de plaats der kabelverankering — d.i. over 90 tot 100 m lengte — langs den bestaanden weg een gewapend-beton overkapping kunnen worden aangebracht. De overkapping zou op een bepaalde wijze met een steenbezetting afgedekt worden (glijbaan), zoodat toekomstige rots- en puinafstortingen van den wand over den weg naar het Besoekdal geleid zouden kunnen worden.

De mogelijkheid van het aanbrengen van een gewapend-beton overkapping over dit weggedeelte staat en valt met de hoedanigheid van den rotsbodem onder het wegdek.

Nader werd overeengekomen, dat het betreffende weggedeelte gedetailleerd zou worden gewaterpast, waarna door middel van proefsleuven een nauwkeurig geologisch onderzoek naar de hoedanigheid van den rotsbodem zou worden ingesteld.

De kosten van een gewapend-beton overkapping van 4 × 7 m en ½ m muur dikte werden voor 90 tot 100 m lengte, inclusief steenbezettingen en volledige afwerking globaal op *f* 70 000 — *f* 75 000 geschat, waarbij de prijs volgens den Provincialen Waterstaat van 1 m³ gewapend-beton bij de Besoek, evenals bij het tunnelplan, op *f* 75,— werd gesteld.

Dit plan bezat verschillende nadeelen, waarvan de voornaamste zijn:

1. Geen vrijwaring tegen steen- en puinafstortingen op den weg, indien de naakte wand zich werkelijk in oostelijke richting zou gaan uitbreiden.
2. Direct vóór het rechterbruggehoofd zou ongeveer loodrecht op de as van de brug, een tunnel met een groote bocht aanwezig zijn, hetgeen de verkeersveiligheid niet ten goede zou komen.

Mogelijkheid 3. Vervlakking (c.q. terrasseering) van den geheelen wand tot 30 — 35°.

Een dergelijke vervlakking zou in geen geval tot den gevaarlijken wand zelf beperkt kunnen blijven. Zij zou zoowel het bergtalud ten Oosten als ten Westen van den naakten wand moeten omvatten.

De hoeveelheid op te ruimen rots en grond werd op minstens 80 000 — 100 000 m³ geschat, terwijl na de vervlakking de geheele wand zou moeten worden bijgewerkt (keermuren, terrassen en beplantingen).

De kosten werden globaal op *f* 50 000 — *f* 55 000 geschat. Dit plan bezat het bijzondere nadeel, dat hare uitvoering eenige jaren in beslag zou moeten nemen.

Mogelijkheid 4. Bijwerking van den gevaarlijken wand middels keermuren, stortterrassen, cementinjecties en beplantingen.

De kosten werden globaal op *f* 15 000 — *f* 20 000 geschat.

Dit plan zou weliswaar het goedkoopste zijn, doch bood voor de toekomst geen enkele zekerheid.

Op den duur zou deze wand, zonder afdoende vervlakking, toch niet te houden zijn, aangezien de rotsgesteldheid bijzonder slecht was.

Door beplanting zou een uitbreiding der rots- en puinafstortingen in oostelijke richting beteugeld moeten worden, waarbij à priori geen zekerheid van succes gegeven kon worden.

Het Hoofd van den Provincialen Waterstaat van Oost-Java, de hoofdingenieur ir. W. Lammers, die in Mei 1933 ir. Gasille had opgevolgd, besloot ten slotte:

1. De montage uit te stellen, totdat op den naakten wand een definitieve beveiliging verkregen was.
2. De naakte wand door rotsopruimingen van grooteren omvang, vervlakkingen, stortterrassen, keermuren, cement- en breuksteenafpleisteringen en ten slotte door beplantingen definitief te beveiligen.

De bedoeling hiervan was een middenoplossing te kiezen tusschen de bovenomschreven mogelijkheden 3 en 4, waarbij ten zeerste op prijs zou worden gesteld, wanneer daarbij de allergoedkoopste werkwijze in acht genomen zou worden.

Ten slotte werd na een gezamenlijk bezoek van ing. Jörgensen West van het Departement der B.O.W., dr. ir. L. J. C. van E's, de betreffende hoofdingenieurs en ingenieurs van den Provincialen Waterstaat en auteur besloten om de montage van het bruggedeelte tusschen rechterlandhoofd en pijler met een houten vakwerk uit te voeren en de montagekabels niet verder dan tot in den veiligen rotsdoorgang door te trekken.

De definitieve beveiliging van den naakten rotswand.

In begin Juli 1933 werd onmiddellijk onder leiding van den Opsporingsdienst met het treffen van de definitieve beveiligingsmaatregelen op den naakten wand een aanvang gemaakt.

Einde April 1934 waren deze werkzaamheden beëindigd, waarbij in totaal 55 000 tot 60 000 m^3 rots en puin van den naakten wand waren verwijderd geworden. De gemiddelde helling van dezen wand bedraagt nu $\pm$ 40°. Ook het steiloploopende zijdal werd zoo goed mogelijk beveiligd.

In Februari-Maart j.l. was bereids een begroeiing aangebracht op de hoogere deelen van den beveiligden wand (zône VI t/m zône IV), terwijl in Mei-Juni door den Provincialen Waterstaat een aanvang gemaakt werd met het afcementeeren der gesteentespleten (c.q. het aanbrengen van opvullingen met breuksteenmetselwerk). De geheele contactzône van de groote gang, bestaande uit rul en sterk kleihoudend gesteente, werd met voldoende draineering afgepleisterd. Door het aanbrengen van keermuren op bepaalde plaatsen langs de dikke gang en in het steiloploopende zijdal worden eventueele, toekomstige kleinere puinstortingen in bepaalde banen geleid.

Montage der brug.

Omstreeks begin Augustus 1934 werd door den Provincialen Waterstaat een aanvang gemaakt met de montage van de brug, waarmede men in den loop van October geheel gereed hoopt te zijn.

Alle geadviseerde maatregelen tot afwerking der naakte rotspartijen in de omgeving van bedoelde brug konden door den Provincialen Waterstaat bereids begin October beëindigd worden.

Geen bijzonderheden betreffende rotsafstortingen of grondafschuivingen werden meer gerapporteerd, zoodat goede hoop gekoesterd mag worden, dat binnenkort dit laatste obstakel in de nieuwe verbinding om de Zuid, tusschen Malang en Loemadjang, overwonnen zal zijn.

Over verschijnselen van radioactiviteit in de tinertsaders van Klappa Kampit, Billiton

door

dr. J. W. H. ADAM,

Geoloog der Gemeenschappelijke Mijnbouwmaatschappij Billiton.

Tot de vele belangwekkende verschijnselen, die het adermateriaal van Klappa Kampit onder het microscoop vertoont, behooren vooral ook de onder den naam van „pleochroïetische hoven" bekend staande verkleuringen door langdurige radiumbestraling. Zij worden bijna in alle ertspreparaten aangetroffen, vaak zelfs in zeer grooten getale. Het meest treden zij op in de groene biotiet, één der meest gewone begeleidende mineralen van het tinerts, doch ook de amphibool is er niet geheel vrij van; in toermalijn en fluoriet zijn zij echter tot dusver nog niet waargenomen. Dat men hier inderdaad te doen heeft met verkleuringen door radiumbestraling, blijkt vooral uit herhaalde meting hunner breedte, die nooit meer bedraagt dan de werkingsstraal van het RaC′ (34,5 μ). Waar de radioactieve insluitsels puntvormig zijn, d.w.z. zelf te klein om te kunnen worden waargenomen, ontstaan binnen de werkingsstraal der α-stralen bolvormige donkere aureolen, die in de microscopische preparaten dan als donkere cirkelronde schijven verschijnen, waarvan de straal alleen dàn nauwkeurig met de werkingssfeer van de betreffende radiumsoort overeenkomt, wanneer het vlak van de dunne doorsnede juist door het radioactieve centrum heengaat. Gewoonlijk worden in de Klappa Kampit-ertsen schijven waargenomen, die uit een binnenste, nagenoeg opake cirkelronde schijf en een buitenste minder donkere ring bestaan, zooals in bijgaande microfoto, *fig. 1*, duidelijk is te zien, in welk geval de binnenste schijf een straal heeft van 22,4 μ en de buitenste van 33,6 μ, reeds bijna overeenkomende met de werkingsstralen van resp. RaA (23,5 μ) en RaC′ (34,5 μ).

Het meest treft men pleochroïetische hoven van

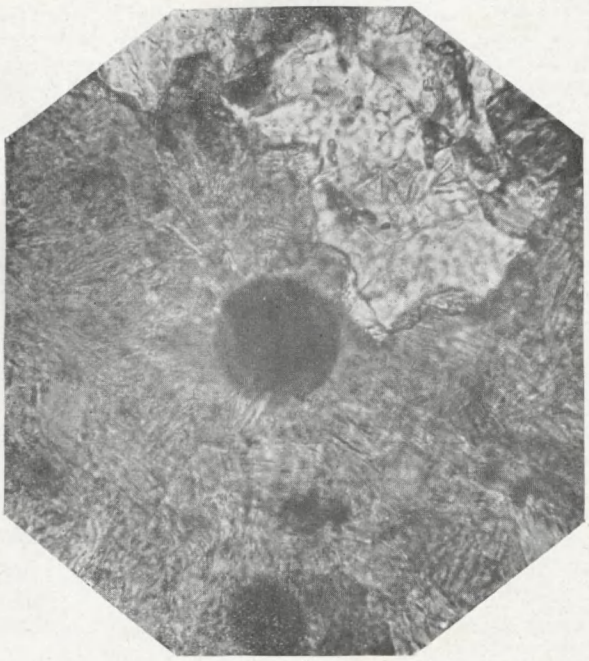


Fig. 1. In het midden pleochroïetisch hof van 0,069 mm middellijn in groene biotiet van het „Oostelijk ertslichaam". Wit, boven : fluoriet. Nabij den rand der afbeelding komen nog kleinere hoven voor. Vergrooting 252 ×.

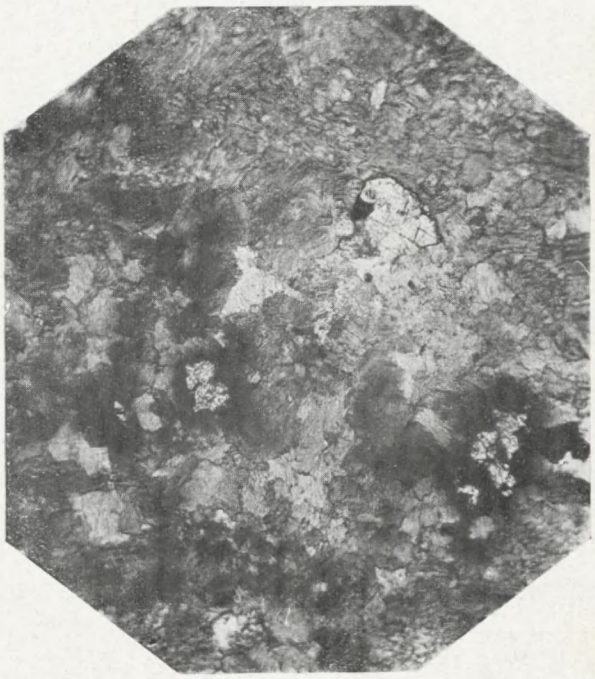


Fig. 2. Pleochroïetische hoven om zirkoonkorrels in groene biotiet. Rechtsboven het midden, wit, met reliefrand en een opaak sulfiedkorreltje : sideriet. Vergrooting 122 ×. Monsternummer 2172, afkomstig van den afbouw in de „Tweede ader" 3,5 meter boven het vierde niveau.

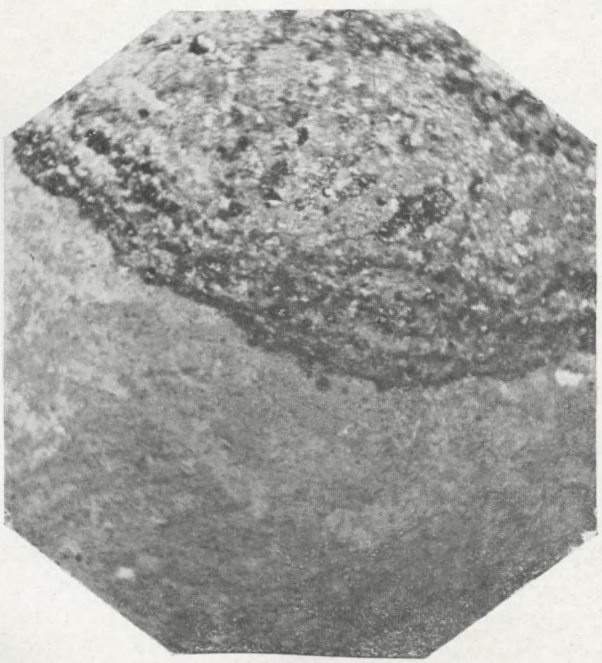


Fig. 3. In de bovenste helft van de afbeelding een dichte zwerm van plecchroïetische hoven in grofkristallijne groene biotiet. Het overige deel, waarin geen of slechts sporadisch hoven worden aangetroffen, bestaat uit fijnschilferige biotiet. Vergrooting 22 ×. Monsternummer 2171.

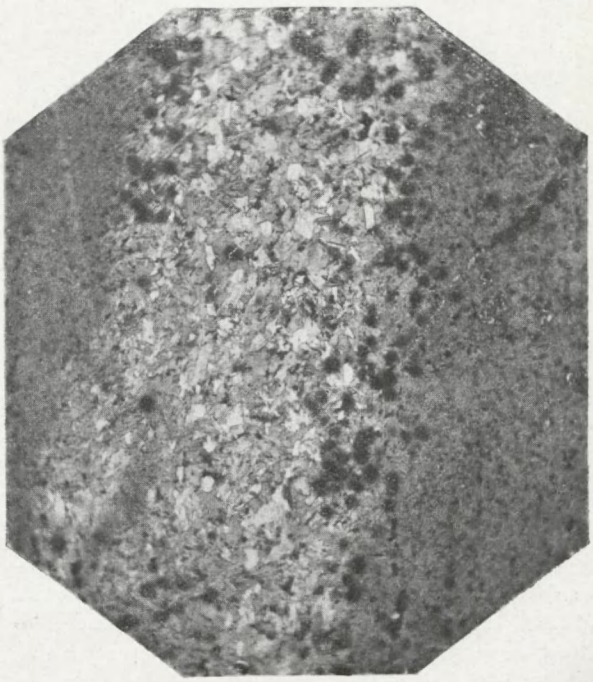


Fig. 4. Slier van grofkristallijne groene biotiet in zeer fijnkorrelige glimmer. De pleochroïetische hoven komen vooral voor aan de grens van de grofkristallijne biotiet. Vergrooting 42 ×. Gesteentenummer 2440a van het „Oostelijk ertslichaam".

dit soort aan, d.w.z. zonder zichtbaar radioactief mineraal. Doch niet zelden zijn zij ook te vinden om korrels van een helder, hoog licht- en dubbelbrekend mineraal en in enkele gevallen waren deze korrels zelfs groot genoeg, om met de „Universaalmethode" als zirkoon te kunnen worden bepaald (optisch positief één-assig, dubbelbreking circa 0,050). Microfoto, *fig. 2*, vertoont pleochroïetische hoven om zirkoonkorrels. Ook nog, doch reeds veel zeldzamer, treden de hoven op om een vuilbruin weinig doorzichtig, laag dubbelbrekend, niet te identificeeren mineraal. De puntvormige centra komen mij voor het sterkst radioactief te zijn, daar de binnenste aureolen hiervan meestal opaak zijn, wat nooit het geval is met die om de zichtbare mineralen. Het zal echter van belang zijn, het zirkoon, dat zoo vaak in de Billitonsche kaksa (op sedimentair bodemgesteente!) en aan het zeestrand, soms in zeer groote hoeveelheid, voorkomt, op radioactiviteit te onderzoeken. Terloops zij hier de aandacht er op gevestigd, dat de meestal afgeronde vorm der zirkoonkorrels in deze alluvia primair is, d.w.z. niet is ontstaan door afslijting in stroomend water. Ook de zirkoonkorrels in het Klappa Kampit-erts zijn nooit kristallographisch begrensd, hier en daar zelfs fraai afgerond. Men leze hierover na: Rosenbusch-Mügge, „Mikroskopische Physiographie der Petrographisch Wichtigen Mineralien", 1927 en Cayeux, „Introduction à l'Etude Pétrographique des Roches Sédimentaires", 1931, beide onder Zirkoon [1]).

Merkwaardig is, dat in het boven afgebeelde erts de radioactieve zirkoonkorrels tegelijk met sideriet optreden, zoodat een genetisch verband tusschen beide mineralen moet bestaan. In de afbeelding, *fig. 2*, is zulk een siderietkorrel (rechts boven het centrum) aan den reliefrand en de rhomboëdrische splijting te herkennen.

De dichtheid der pleochroïetische hoven, d.w.z. hunne hoeveelheid per ruimte-eenheid van het ertsmateriaal, varieert zeer. De grootste, tot dusver waargenomen dichtheid komt overeen met ongeveer 3 honderdduizend per cubieke centimeter. Er zijn dus deelen in de ertslichamen, waarvan wel 1 volumeprocent door radium is bestraald. Doch meestal treden de hoven in zwermen, parallel aan de mineralisatie, op.

Men kan er niet aan twijfelen, dat de toevoer der radioactieve stoffen gelijktijdig met de overige mineralisatie heeft plaats gehad. Alleen de tinertsgangen en de zeer smalle, door deze contactmetamorph veranderde strooken van het nevengesteente (groene biotietlei) bevatten de pleochroïetische hoven. Hieraan rijke biotietlei is bij het microscopisch onderzoek van het adermateriaal zulk een alledaagsch verschijnsel, dat ik het voor de kortheid bij de beschrijving een eigen naam, „stigmatiet" (van het Grieksch voor „gebrandmerkt"), heb gegeven. Het in *fig. 1* afgebeelde pleochroïetische hof treedt in de biotiet van het „Oostelijk Ertslichaam" op, eenen gang, die voornamelijk uit biotiet, fluoriet, toermalijn, tinerts en sulfieden bestaat. In de smalle contactzônen der aders vertoonen zich de hoven gewoonlijk in zwermen evenwijdig aan de mineralisatie en men kan vaak waarnemen, dat deze zwermen juist optreden aan de grens van grover kristallijne groene biotiet. *Fig. 3* is eene microfoto van zulk een zwerm, die op een afstand van ca. 1 centimeter evenwijdig loopt aan de tinertsmineralisatie, welke zelf buiten het bereik der afbeelding en wel er boven valt. *Fig. 4* is een microfoto van een biotietlei met een slier van grover kristallijne biotiet, nabij welks randen, zooals duidelijk is te zien, de pleochroïetische hoven voornamelijk optreden. Van de „Kerstmis-ader", eene der aders van de „Heuvelontginning Klappa Kampit", is juist een preparaat vervaardigd, waarin een tinertskorrel met zirkoon vergroeid voorkomt, welke laatste door een pleochroïetisch hof omgeven is (monsternummer 3392).

Volgens Rosenbusch-Mügge zijn geen pleochroïetische hoven bekend in gesteenten, die jonger zijn dan Trias. Is dit juist, dan moet één van twee dingen het geval zijn: òf de tinertsaders van Klappa Kampit zijn ook niet jonger dan Trias, òf de radioactieve sterkte harer insluitsels is grooter dan het normale. Mij is niet bekend, op welke wijze men de radioactieve sterkte van insluitsels in verschillende gesteenten met elkander vergelijkt. Misschien kan een lezer van dit artikel mij eene eenvoudige doch betrouwbare methode aan de hand doen, om deze laatste mogelijkheid te onderzoeken.

1) J. D. Trueman (Journ. of Geol. vol. 20, No. 3, 1912) en andere geologen meenden nog, dat de aanwezigheid van afgeronde zirkoonkorrels in kristallijne leien als criterium kon worden beschouwd voor den sedimentairen oorsprong dezer gesteenten. Later hebben verscheidene petrografen op de onjuistheid hiervan gewezen. Zie b.v. P. Armstrong in de Am. J. of Sc. 1922, vol. IV, blz. 391.

ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

Productiecijfers van Aardolie in kg tonnen.

	1934		1933	
	Augustus	t/m Aug.	Augustus	t/m Aug.
Java en Madoera	41 880,3	346 707,5	40 353,–	321 020,4
Noord-Sumatra ...	87 683,7	675 192,6	59 388,3	490 634,4
Palembang ..	177 631,3	1 475 737,7	167 512,4	1 313 813,5
Djambi	27 035,4	201 917,3	20 840,2	161 037,3
Oost-Borneo	89 755,4	733 508,1	109 321,6	823 824,2
Tarakan	66 089,5	537 218,8	51 773,8	538 347,–
Boenjoe	696,5	6 368,4	1 079,4	8 295,4
Ceram.....	2 972,8	24 129,2	3 262,3	26 358,1
Ned.-Indië...	493 744,9	4 000 779,6	453 531,–	3 683 330,3

Productiecijfers van Steenkolen in kg tonnen.

	1934		1933	
	Augustus	t/m Aug.	Augustus	t/m Aug.
Gouvernements-mijnen	51 936,–	410 926,–	52 728,–	433 732,–
Steenkolen Mij. „Parapattan"	16 000,–	149 205,–	20 715,–	160 819,7
Oost-Borneo Maatschappij.	5 418,–	65 160,–	8 043,–	61 989,–

Mijnbouw Maatschappij „Redjang Lebong".

Gedurende de maand Augustus 1934 werden:

8 100 tons erts vermalen van { 5 dwts. goud per ton. gemiddeld { 28,9 „ zilver „ „
1 770 „ sands en
6 350 „ slimes behandeld.

Geëxtraheerd werden:
209,65 ozs. goud en 12 087,2 ozs. zilver
ter gezamelijke waarde van *f* 113 125,57 gebaseerd op een zilverprijs van *f* 0,60 per ons.

De bedrijfskosten over Augustus bedroegen *f* 71 292,29, terwijl voor prospecteeren werd uitgegeven *f* 5 989,05.

Mijnbouw Maatschappij „Simau".

Gedurende de maan Augustus 1934 werden:

7 746 tons erts vermalen van { 10,— dwts. goud per ton. gemiddeld { 164,— „ zilver „ „
2 745 „ sands
4 760 „ slimes en
286 „ concentraten behandeld.

Geëxtraheerd werden:
3 754,91 ozs. goud en 58 878,5 ozs. zilver
ter gezamelijke waarde van *f* 224 950,05 gebaseerd op een zilverprijs van *f* 0,60 per ons.

De bedrijfskosten over Augustus bedroegen *f* 111 638,96, terwijl voor nieuwe machines en gebouwen werd uitgegeven *f* 4 864,— en voor prospecteeren *f* 2 780,48.

1ste JAARGANG
NUMMER 10

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

OCTOBER
1934

VI. WATERBOUWKUNDE.

INHOUD: De kaaimuur van het Deensche type, door prof. ir. J. J. I. Sprenger. — *Varia:* Toepassing van de potentiaaltheorie op de waterbeweging in kanaal- of rivierbochten.

De kaaimuur van het Deensche type

door

prof. ir. J. J. I. SPRENGER.

De veel verbreide meening, dat de caisson-kaaimuur in de toekomst voor Indië zou hebben afgedaan, wordt bestreden. Echter zal voor kleine kadelengten in de eerste plaats de muur van het Deensche type in aanmerking komen. De overwegingen, voor berekening en constructie van een dergelijken kaaimuur van belang, worden uitvoerig behandeld.

Inleiding.

De dunwandige kaaimuurcaisson, van gewapend beton gemaakt, zooals deze zich in den loop der jaren uit het eerste Rotterdamsche type heeft ontwikkeld, is in de Indische havens de algemeen gebruikelijke onderbouw voor kaaimuren, aan diep water gelegen, geworden. Uit gesprekken met ter zake ervaren ingenieurs is ons herhaaldelijk gebleken dat veelal gemeend wordt, dat dit kaaimuurtype weliswaar technisch groote voordeelen biedt, doch zooveel duurder is dan andere in aanmerking komende kaaimuurvormen, dat, wanneer later eenmaal opleving in den handel het bouwen van nieuwe havenwerken zal motiveeren, zeker geen caissonkaaimuren meer zullen worden gebouwd. Deze meening is in haar algemeenheid onjuist, zooals wij nader willen aantoonen.

Het is ongetwijfeld waar, dat de prijzen van caissonkaaimuren in Ned.-Indië in vele gevallen abnormaal hoog zijn uitgevallen; zoo werd ons voor den kaaimuur aan de Derde Binnenhaven te Tandjong Priok (welke muur op 12 m waterdiepte berekend is, doch voorloopig voor 9 m werd uitgevoerd) een bedrag genoemd, hooger dan *f* 8000,— per m′. Doch men vergete niet, dat in dezen muur 12 caissons werden verwerkt, die van een in 1921 gestaakt werk afkomstig waren, en voor meer dan 12 miljoen gulden te boek stonden. Op dergelijke hoogst abnormale omstandigheden mag men voor de toekomst geen conclusies baseeren.

In 1930 werd door de Gemeente Rotterdam besloten tot aanbesteding voor het maken van 1650 m′ kaaimuur voor de Merwehaven. Daarbij zou een deel van het werk worden uitgevoerd als caissonkaaimuur, onder gebruikmaking van de gemeentelijke caissonbouwinstallatie aan de Heysche Haven, waarvan echter voor dit werk de capaciteit onvoldoende werd geoordeeld, terwijl de rest was gedacht als kaaimuur op houten palen met een gewapend betonvloer (*Fig. 1 a* t/m *e*), uit te voeren langs een afgedamd havengedeelte met gelijktijdige verlaging van het H. W.-peil, zoodat de vloer in den droge zou kunnen worden gestort (*Fig. 2*). Den aannemers was vrijheid gelaten, eene afwijkende aanbieding te doen volgens eigen project.

Uit de binnengekomen inschrijvingen bleek, dat een caissonkaaimuur aanmerkelijk goedkooper zou uitkomen dan eenig ander type; dientengevolge werd eene hernieuwde openbare aanbesteding gehouden voor het bouwen van caissonkaaimuren. Dit werk, hetwelk later nog werd uitgebreid met een onderhandsch contract voor 2577 m′ kaaimuur, is gegund aan de Hollandsche Beton Maatschappij, onder gebruikmaking van haar eigen drijvende bouwinstallatie, voor den zeer lagen prijs van *f* 54,— per m³ gewapend beton, waarin begrepen zijn de levering van alle materialen, bouw der caissons, het slepen naar de Merwehaven, het zinken op de van Gemeentewege vlak gebaggerde grondverbetering, het dichten der naden, en het voltooien van den opbouw, incl. aanbrengen van trappen, bolders, remmingwerken, enz. Het maken van de grondverbetering, het vlakbaggeren van den grondslag, de zandvulling der caissons, alsmede de achteraanvulling en bovenbouw van zand waren dus voor gemeenterekening. Rekent men, dat gemiddeld per m′ kaaimuur van 10 m diepte 25 m³ gewapend beton noodig zijn, alsmede, dat de overige kosten van bagger- en grondwerken c.a. *f* 900,— zullen bedragen (welk cijfer niet ver misgeschat kan zijn), zoo komt 1 m′ caissonkaaimuur op rond *f* 2250,—.

In Indië zullen de kosten voor zandaanvulling, enz., alsmede de winstmarge voor den aannemer, vermoedelijk wat hooger uitvallen. Doch een en ander wordt zeer waarschijnlijk door de lagere loonen weer ruimschoots gecompenseerd, zoodat dit cijfer — althans voor wat de orde van grootheid betreft — veilig kan worden aangehouden. Baseert men zich op 4% leeningsrente, afschrijving in 75 jaren, een

Ontwerp van Gemeentewerken te Rotterdam voor een kaaimuur langs de Merwehaven.

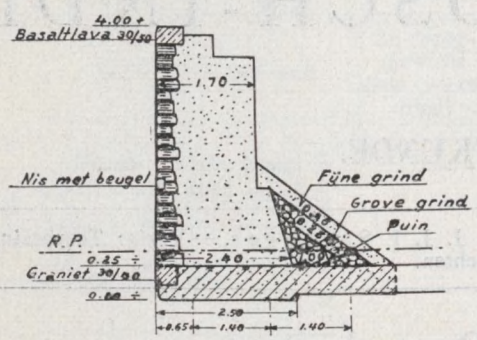


Fig. 1a. Normale doorsnede.

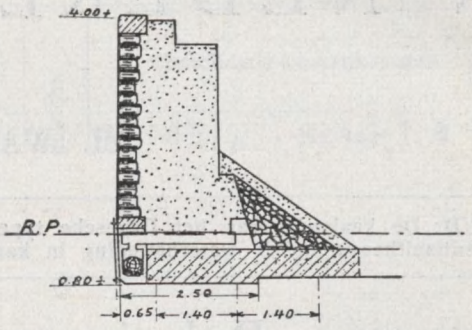


Fig. 1b. Doorsnede over den draineeruitlaat.

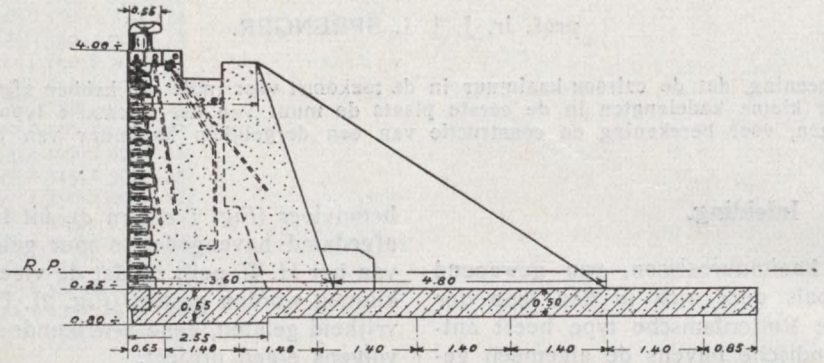


Fig. 1c. Doorsnede over de bolder.

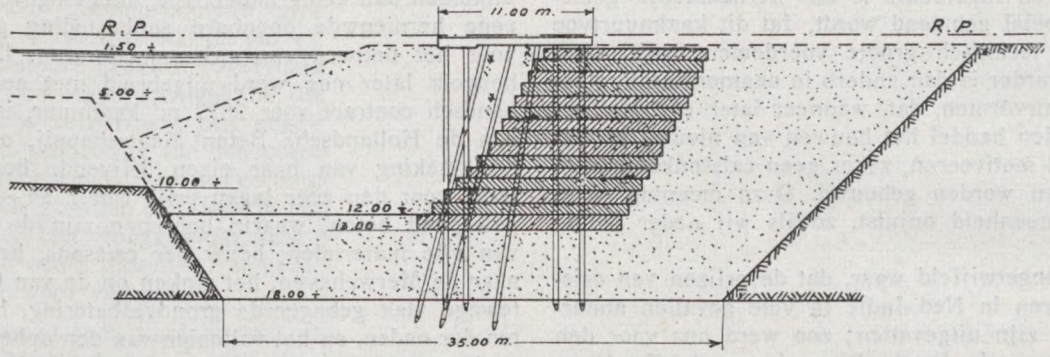


Fig. 1d. Onderbouw.

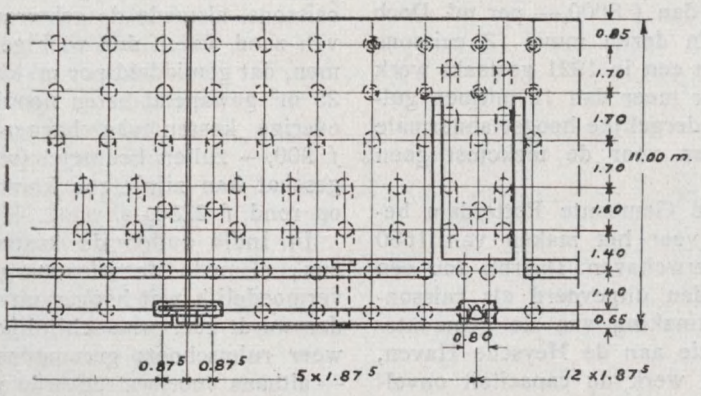


Fig. 1e. Plattegrond.

goederenomslag van 500 ton/m′/jaar, zoo komt men op een min. kadegeld van ca. *f* 125,— per m′ per jaar, of *f* 2,— per m² of *f* 0,25 per t goederen, zullen de zelfkosten gedekt worden. Het is niet waarschijnlijk, dat een ander, even soliede, kaaimuurtype voor dezen prijs te bouwen valt, in de veronderstelling, dat de kosten voor grond- en baggerwerken dezelfde zullen zijn, dus *in slappe bodemlagen.*

Zouden de bodemcondities evenwel beter zijn, zoodat voor een kaaimuur op palen geen grondverbetering noodig is — hetgeen moet blijken uit eene stabiliteitsberekening met cylindrische glijdvlakken, — dan zal men zeer waarschijnlijk tot geheel andere verhoudingen komen.

Er is echter nog een tweede, specifiek Indische, omstandigheid, welke ook bij slechte bodemgesteldheid de balans in de richting van den kaaimuur op palen kan doen doorslaan. Eenheidsprijzen van gewapend beton voor caissons van de orde van *f* 54,— per m³ zijn alleen bereikbaar, indien een groot kwantum geleverd moet worden, zoodat de kosten van de bouwinstallatie over een groot aantal kubieke meters kunnen worden omgeslagen. Zou men echter eene beperkte kaaimuurlengte uitvoeren — om de gedachte te bepalen 200 of 300 m′ — dan is te verwachten, dat de kosten der caissonfabriek zoo zwaar gaan wegen, dat dientengevolge de kaaimuur op palen het wint.

De snelheid van uitvoering is hier buiten beschouwing gelaten, omdat deze in sterke mate van plaatselijke omstandigheden afhankelijk is. Te Rotterdam bouwde men één caissonlengte (ca. 40 m′) per week, hetgeen zeker wel een recordprestatie mag worden genoemd. Hier staat voor een muur op palen tegenover, dat aanmerkelijk eerder met de uitvoering ter plaatse kan worden begonnen; ook in dit opzicht schijnt in algemeenen zin de caissonkaaimuur voor groote lengten, de palenkaaimuur voor kleine lengten, de meest aangewezene.

Resumeerende kan worden gezegd, dat voor toekomstigen kaaimuurbouw in Ned.-Indië de caissonkaaimuur het meest economische type blijkt te zijn voor grootere lengten (meerdere kms) en de muur op palen voor kleinere lengten (eenige honderden meters). Omdat de ervaring heeft geleerd, dat men met uitbreidingswerken eene zeer voorzichtige financieringspolitiek moet volgen, laat het zich aanzien, dat de financieele mogelijkheden zich in den eersten tijd wel uitsluitend tot deze kleinere werken zullen beperken.

In het onderstaande zullen eenige gezichtspunten, van belang voor ontwerp en uitvoering van een dergelijken kaaimuur op palen, in beschouwing genomen worden.

Vooronderzoek.

Voordat men tot het eigenlijke projectwerk kan overgaan, dienen de volgende principiëele vragen onder de oogen te worden gezien:

a) zal men de palen van hout of gewapend beton vervaardigen?

b) is de kaaimuur als geheel stabiel?

Paalmateriaal.

Indien men houten palen toepast, moet het hout onder water blijven, anders zal op den duur rotting optreden; deze omstandigheid limiteert de hoogteligging van den fundeeringsvloer. Eigenlijk gaat het er niet zoo zeer om, dat het hout blijvend onder water is, dan wel, dat beurtelings uitdrogen en weer bevochtigen voorkomen moet worden. In water met getijwerking ligt daarom de grens van houdbaarheid wat hooger dan het dagelijksch L. W.-peil. Aan sommige havens langs de Duitsche Noordzeekust is men wel tot 95 cm, een enkele maal tot 1,90 m + L. W. gegaan, waarbij dus blijkbaar op capillaire opzuiging werd gespeculeerd; te Hamburg en Bremen begrenst men het houtwerk op 4 — 60 cm + L. W. Te Rotterdam, waar ca. 1,50 m tijverschil voorkomt, heeft men geconstateerd, dat de verrotting van houten palen en steigers begint op 30 cm boven het L. W.-peil. Bij een grillig verloopende getijlijn zou men de rottingsgrens kunnen vinden door den eisch te stellen, dat het water in een tij niet langer dan een bepaalden tijd (bijv. 3 uren) beneden dit peil mag dalen. Men zal dus in het algemeen een kaaimuurvloer op houten palen niet kunnen uitvoeren zonder verlaging van den waterspiegel, hetzij dat deze wordt verkregen door eene afpomping binnen de een of andere afdamming, dan wel met behulp van een duikerklok (zie *fig. 2*).

Eene tweede principieele overweging is het gevaar voor aantasting van houten palen door den paalworm of dergelijke dierlijke vijanden. Blijkens onderzoek van het Boschbouwproefstation (3) *), behoeft men hiervoor niet zeer bevreesd te zijn, indien men eene houtsoort toepast, welke een zeker minimum gehalte aan kiezelzuur-lichamen bevat. Dit interessante onderzoek is evenwel nog te kort geleden begonnen, om het risico van afwijkende ervaringen voor een belangrijken kaaimuur te mogen aanvaarden; men is dus bij gebruik van houten palen wel gedwongen, het kaaimuurtype met den damwand vóór en met grondaanvulling, toe te passen.

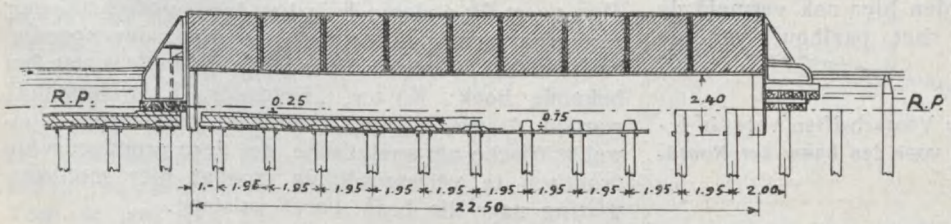


Fig. 2. Duikerklok der Gemeente Rotterdam voor het maken van den kaaimuurvloer.

Deze beide bezwaren doen zich bij toepassing van heipalen van gewapend beton niet voor. Men kan dan den fundeeringsvloer boven het dagelijksch

*) De cijfers tusschen ( ) verwijzen naar de literatuurlijst aan het einde van dit artikel.

H. W.-peil ontwerpen, waardoor de kosten der afdamming worden bespaard. Hier staat tegenover de kans op aantasting door de chemische inwerking van het zeewater, alsmede de broosheid van het gewapend beton, hetgeen eene voorzichtige behandeling tijdens transport en inheien noodzakelijk maakt.

Ten slotte zullen de kosten ook nog een groote rol spelen bij beantwoording van de vraag: „hout of beton?" Stellen wij de heikosten voor beide gevallen gelijk, zoo gaat het hier uitsluitend om materiaalkosten. Hierbij is het wel van belang te weten, dat reeds vóór de depreciatie van den dollar te Rotterdam Oregon Pine (= Douglas Fir) als paalmateriaal goedkooper was dan gewapend beton. Een bezwaar is en blijft de lange levertijd, omdat zulke lange palen uitsluitend door enkele speciale goederenbooten worden medegenomen. Bij de havenwerken te Bremen heeft men voorts op uitgebreide schaal van Oost-Pruisische dennen gebruik gemaakt.

In het onderstaande worden voor beide houtsoorten de belangrijkste leveringseischen vermeld:

„De *Oregon Pine palen* moeten zijn vierkant bezaagd, „19 à 20 m lang, en zwaar 40 × 40 tot 45 × 45 cm, „gelijkmatig over elke lengte verdeeld. Goedgekeurde pa„len worden volgens aanwijzing door de Directie genum„merd, terwijl de lengte en dikte op elken paal wordt „aangegeven.

„De aannemer legt van eiken aanvoer eene specificatie „van de afmetingen van elken paal over.

„De palen moeten zijn versch, gezond, gaaf, recht, „rechtdradig, dicht van nerf, zonder vuur, rot of andere „schadelijke gebreken.

„De betaling geschiedt per m³ geleverd hout, berekend „door vermenigvuldiging van de lengte met de doorsnede. „Bij deze berekening wordt tot in kubieke decimeters „nauwkeurig gerekend. Bij de meting van de lengte, res„pectievelijk zwaarte, worden 4 cm, respectievelijk 4 mm „of minder verwaarloosd; 5 cm resp. 5 mm of meer wordt „voor 1 dm, resp. 1 cm, gerekend.

De Gemeente Rotterdam beschikt voor het aanpunten van deze palen over eene speciale palenpuntmachine.

De ervaring heeft geleerd, dat gewapend betonpalen het beste worden ingeheid met behulp van een vrijvallenden stoomhamer met zwaar gewicht (type Menck en Hambrock). Voor houten palen gebruike men liever den indirect dubbelwerkenden stoomhamer met licht valgewicht en snelle slagen (type Morrison of Mac Kiernan — Terry).

Voor de volledigheid worden hier ook vermeld de leveringsvoorwaarden voor het paalhout van de sluiswerken te Bremen:

Uittreksel uit de Technische Voorschriften voor de levering van 11 100 ronde palen voor den bouw der Noordsluis te Bremerhafen:

1). „Alle palen moeten van het beste ter plaatse ver„krijgbare, en vooral van fijndradig, hout zijn.

„Het hout moet zijn gezond en vrij van zwam, schim„mel, of rottingsverschijnselen. Grootere kwasten, pijpen „of schadelijke scheuren mogen niet aanwezig zijn. Hout „met kunstmatig ingezette kwasten wordt onvoorwaar„delijk afgekeurd; ook mag het hout wegens langdurig lig„gen geen vuur of spintrot vertoonen. Het hout mag niet „ontharst zijn. Het hout mag niet vroeger dan in de laat„ste herfst geveld zijn".

2). „De ronde palen moeten zonder de schors gele„verd worden en zonder knobbels of andere uitsteeksels. „De houtdraad mag niet schroefvormig verloopen. In het „midden gemeten, mag de pijl der kromming niet meer „dan 1/200 van de lengte bedragen; kromming mag „slechts éénzijdig voorkomen. De dikte-afname moet ge„lijkmatig van het stameinde naar het topeinde toe ver„loopen. Op eene behoorlijke puntdoorsnede zal speciaal „worden gelet; te dikke kopdoorsnede wordt van de te be„talen lengte gekort".

„De gemiddelde diameter van de palen moet 36 — 42 „cm zijn. De diameter van de paalpunt mag niet minder „dan 22 cm, die van den paalkop niet meer dan 52/54 „cm bedragen.

„De palen moeten nauwkeurig haaks zijn afgezaagd, „terwijl eene lengte-tolerantie van 0,25 m naar boven „of naar beneden is toegestaan."

Het Stabiliteitsonderzoek.

Dit onderzoek komt er in principe op neer, dat er voldoende zekerheid aanwezig zal moeten zijn tegen afglijden langs een ongunstig glijdvlak. Omtrent den vorm van dit glijdvlak bestaat geen communis opinio; terwijl bij verschillende grondschuivingen in de natuur glijdvlakken werden waargenomen, die voldoende nauwkeurig door een *cylindervlak* kunnen worden benaderd, is het voor de berekening van grondkeerende muren gebruikelijk, *platte* glijdvlakken te veronderstellen. Het wil ons daarom rationeel voorkomen, beide stabiliteitsberekeningen uit te voeren, en te eischen, dat een zekerheidscoëfficiënt van $1\frac{1}{2}$ — $1\frac{3}{4}$ voorhanden moet zijn tegen horizontaal glijden bij platte glijdvlakken, en tegen wentelen rond het middelpunt van den cirkel M bij cylindrische glijdvlakken.

De laatste berekeningswijze komt er in principe op neer, dat een willekeurig geharceerd strookje (*Fig. 3*) een bijdrage tot het afglijden levert, gelijk aan het gewicht G van dit strookje, vermenigvuldigd met den arm a, terwijl dat strookje een wrijvingsmoment veroorzaakt, gelijk aan $G \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot R$ (φ = inwendige wrijvingshoek bodemmateriaal), c.q. vermeerderd met cohaesie. De remmende en drijvende momenten worden gesommeerd; de verhouding tusschen deze beide moeten dan ten minste gelijk zijn aan den gewenschten veiligheidscoëfficiënt. Men voert dit onderzoek in het dwarsprofiel uit voor een groot aantal glijdcirkels, en vindt dan spoedig, welke cirkel de ongunstigste is. In de 4e druk van het bekende boek: K r e y, „Erddruck, Erdwiderstand" worden 6 verschillende methoden beschreven, zoowel grafische als analytische, om deze grondgedachte praktisch te verwezenlijken, zoodat hier met verwijzing naar die bron wordt volstaan.

Eene omstandigheid, welke hierbij geenszins uit het oog verloren mag worden, is de invloed van het water. De druk van een met water verzadigde zand-

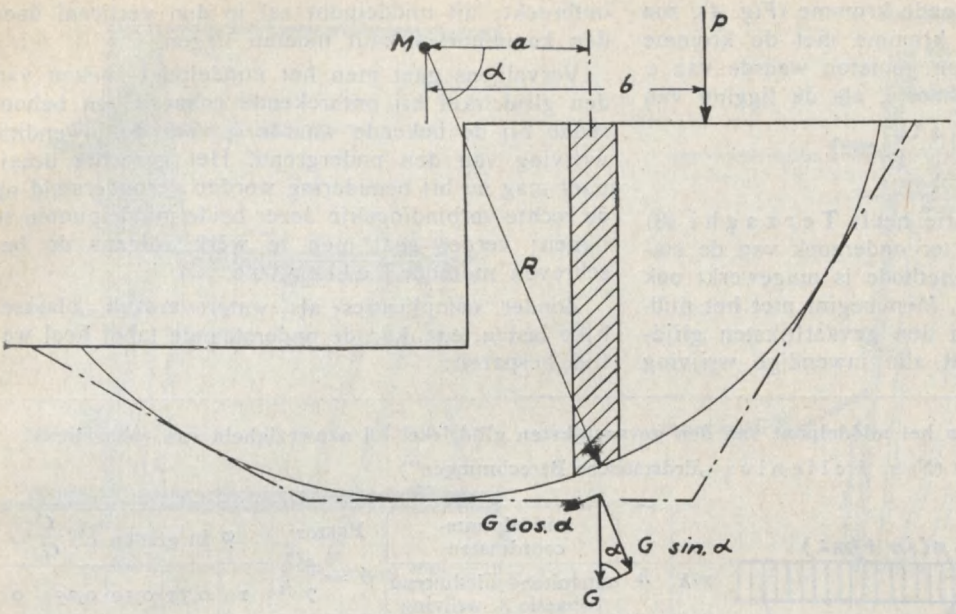


Fig. 3. Stabiliteitsonderzoek.

massa op een horizontaal vlakje is natuurlijk gelijk aan de som van contactdrukken der zandkorreltjes + waterdruk in de poriën. Slechts het eerste lid van deze som kan wrijving uitoefenen, zoodat in rekening dient te worden gesteld het gewicht der zandkorreltjes onder water, dus verminderd met de opdrijvende kracht. Is slechts *pendulair* water in de zandporiën aanwezig, zoo hangt dit water als gevolg van de oppervlaktespanning aan het zand; in dit geval vermeerdert het dus het zandgewicht. Bij *funiculair* water ontmoeten wij een tusschentoestand. Terzaghi heeft aangetoond (5), dat bij overgang van den pendulairen toestand tot dien van verzadiging, de aanwezige veiligheid tegen glijden tot de helft kan dalen.

In het bijzonder schijnt dus een plotselinge watertoevoer achter den kaaimuur (bijv. door breuk van een waterleidingbuis) gevaarlijk te zijn. Het verdient daarom o.i. ten zeerste aanbeveling, de waterleidingbuizen aan te brengen in een waterdichte tunnel, van ruime afvoeren naar buiten voorzien. Bovendien zal het afschuivende grondmassief zoo goed mogelijk gedraineerd dienen te worden.

Bij schuiving met platte glijdvlakken, of gebogen vlakken andere dan cylindrische, komt daarbij nog de statische waterdruk, veroorzaakt door verschil in druk tusschen grondwaterspiegel en buitenwater. De Rotterdamsche methode, de draineeruitlaten te voorzien van kleppen, zoodat uitsluitend strooming *naar buiten* mogelijk is, en bij opkomend water het water niet door de draineering weer naar binnen kan vloeien, moet in verband hiermede als zeer wenschelijk worden beschouwd.

Eene eenigszins afwijkende methode voor de stabiliteitsberekening met cirkelvormige glijdvlakken heeft Fellenius beschreven (7). Heeft ergens in de natuur eene grondschuiving plaats gehad, dan is men in den regel wel in staat, uit scheuren of uit de beweging der afschuivende schol een rechte lijn te teekenen, op welke noodzakelijk het draaiingsmiddelpunt gelegen was. Men teekent eenige verschillende glijdcirkels, waarvan de middelpunten M_1, M_2, enz., op deze rechte lijn gelegen zijn, elk met drie uiteenloopende waarden van den inwendigen wrijvingshoek φ. Vervolgens wordt voor elke mogelijke combinatie de waarde der cohaesie C becijferd, welke het afschuivende lichaam nog juist in evenwicht houdt, en in een grafiek uitgezet.

De te gebruiken formule luidt als volgt (zie *fig. 3*):

$$R \cdot \Sigma G \cdot \cos\alpha + P \cdot b = R \cdot (L \cdot C + \Sigma G \cdot \sin\alpha \cdot \operatorname{tg}\varphi)$$

$$\text{of: } C = \frac{\Sigma G \cdot \cos\alpha + P \cdot \frac{b}{R} - \operatorname{tg}\varphi \cdot \Sigma G \cdot \sin\alpha}{L}$$

waarin L de ontwikkelde lengte van het glijdvlak voorstelt.

De maxima van elk der krommen voor ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3, enz. bepaalt de plaats van het bijbehoorende middelpunt; daar is immers het grootste bedrag aan cohaesie noodig, om de afschuivende schol nog juist in evenwicht te houden. Teekent men nu door de maxima

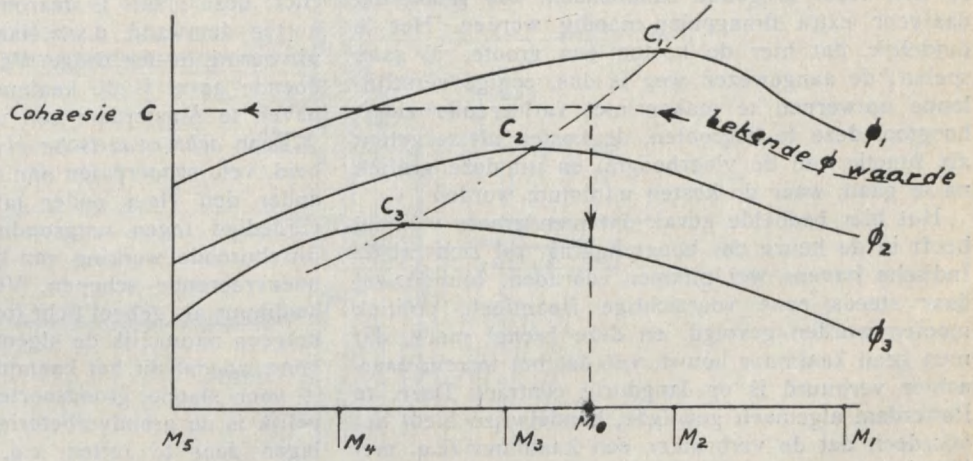


Fig. 4. Berekening der cohaesie volgens Fellenius.

C_1, C_2, C_3, enz. een vloeiende kromme (*Fig. 4*), zoo geeft het snijpunt dezer kromme met de kromme van de in het laboratorium gemeten waarde van φ zoowel de grootte der cohaesie, als de ligging van het middelpunt M_0 ($\phi_1 = \frac{4\,C_1}{\gamma \cdot h}$, etc.).

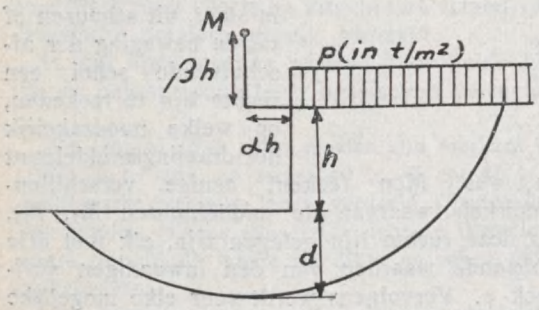
Uit de beschreven theorie heeft T e r z a g h i (8) eene methode ontwikkeld ter onderzoek van de stabiliteit van taluds. Deze methode is omgewerkt ook voor kaaimuren bruikbaar. Men begint met het middelpunt op te sporen van den gevaarlijksten glijdcirkel, voor het geval dat alle inwendige wrijving ontbreekt; dit middelpunt zal in den verticaal door den kaaimuurvoorkant moeten liggen.

Vervolgens gaat men het middelpunt zoeken van den glijdcirkel bij ontbrekende cohaesie, en behoorende bij de bekende waarde φ voor de inwendige wrijving van den ondergrond. Het gezochte draaipunt mag nu bij benadering worden verondersteld op de rechte verbindingslijn dezer beide middelpunten te liggen; verder gaat men te werk volgens de beschreven methode-F e l l e n i u s.

Zonder complicaties als wateroverdruk, plaatselijke lasten, enz. kan de onderstaande tabel heel wat tijd besparen:

Tabel ter bepaling van het middelpunt van den gevaarlijksten glijdcirkel bij aanwezigheid van cohaesie.

(Naar: F e l l e n i u s „Erdstatische Berechnungen").



$C = \frac{\gamma \cdot h}{4} \cdot 0{,}723 \qquad C_{\varphi=0} = C_0$

$\frac{p}{\gamma \cdot h}$	$\frac{d}{h}$	middelpunts-coördinaten uitsluitend cohaesie α	β	uitsluitend wrijving α	β	Faktor $\phi = \frac{4C_0}{\gamma \cdot h}$	φ in graden bij $\frac{C}{C_0}$ = 1	0,75	0,50	0,25	0
0	0,5	0	0,31	0,25	0,26	0,717	0°	5,1	9,0	12,9	16,8
	1,0	0	0,59	0,33	0,41	0,720	0°	3,2	5,9	8,4	11,0
0,5	0,5	0	0,57	0,31	0,35	1,174	0°	6,0	10,7	15,3	20,0
	1,0	0	0,85	0,41	0,53	1,145	0°	4,2	7,4	10,7	13,9
1,0	0,5	0	0,68	0,34	0,39	1,638	0°	6,7	11,8	16,9	22,1
	1,0	0	0,95	0,44	0,57	1,573	0°	4,7	8,5	12,1	15,8

Hoogteligging vloer.

Reeds leerden wij voor houten palen den eisch kennen, dat het hout beneden de verrottingsgrens moet blijven, hetgeen een of anderen vorm van waterpeilverlaging vereischt, terwijl men bij betonpalen den vloer bij voorkeur boven dagelijksch H. W. zal ontwerpen. Dit alles geldt natuurlijk voor uitvoering in den natte; bij het graven van een havenbekken, dat niet met het buitenwater in gemeenschap staat, heeft men een veel grootere vrijheid, en kan de vloer aanmerkelijk lager vallen. Toch mag men dezen ook al weer niet al te diep projecteeren, want dan wordt het gewicht van het op den vloer dragende zandlichaam zoo groot, dat daarvoor extra draagpalen noodig worden. Het is duidelijk, dat hier de kosten een groote rol gaan spelen; de aangewezen weg is dus, eenige verschillende ontwerpen te maken met varieerende vloerhoogten, deze te begrooten, de kosten uit te zetten als functie van de vloerhoogte, en uit deze grafiek na te gaan, waar de kosten minimum worden.

Het hier bedoelde geval, dat men groote vrijheid heeft in de keuze der hoogteligging, zal zich bij de Indische havens wel nimmer voordoen. Immers zal daar steeds eene voorzichtige finantiëele politiek moeten worden gevolgd, en deze brengt mede, dat men geen kaaimuur bouwt, vóórdat het terrein daarachter verhuurd is op langdurig contract. Deze, te Rotterdam algemeen gevolgde, handelwijze biedt het voordeel, dat de verbruiker een kaaimuur (c.q. met loods) krijgt, welke in alle opzichten aan zijne wenschen voldoet, terwijl de overheid het verlies aan inkomsten gedurende den termijn van onverhuurd liggen na den bouw bespaart. Wij becijferden hiervoor het minimum kadegeld op *f* 125,— per m′ per jaar; uit de orde van dit cijfer volgt, dat het renteverlies, bij gedurende langeren tijd onverhuurd blijven liggen, tot aanmerkelijke bedragen kan oploopen.

Damwand.

De damwand kan worden geplaatst vóór, midden onder den vloer, of achter.

Bij eene plaatsing *midden onder den vloer* komt de damwand als regel met de schoorpalen in conflict; deze plaats is daarom alleen mogelijk bij een korten damwand, d.w.z. laag gelegen vloer, dus bij uitvoering in den droge. Van dit zich zeldzaam voordoende geval is de kaaimuur langs de J. P. Coenhaven te Amsterdam een voorbeeld.

Eene *achterwaartsche plaatsing* biedt de mogelijkheid, vele schoorpalen aan te brengen, en den grond onder den vloer onder talud te laten staan, mits verdedigd tegen ontgronding, veroorzaakt door de uitschurende werking van het schroefwater van manoeuvreerende schepen. Verder wordt daardoor de kaaimuur als geheel licht (open steigertype op palen), hetgeen natuurlijk de algemeene stabiliteit ten goede komt, zoodat dit het kaaimuurtype bij uitnemendheid is voor slappe grondsoorten, waarbij het niet mogelijk is de grondverbetering tot de diepte der vaste lagen door te zetten, c.q. waarbij men nog juist zonder grondverbetering kan uitkomen. Oppervlak-

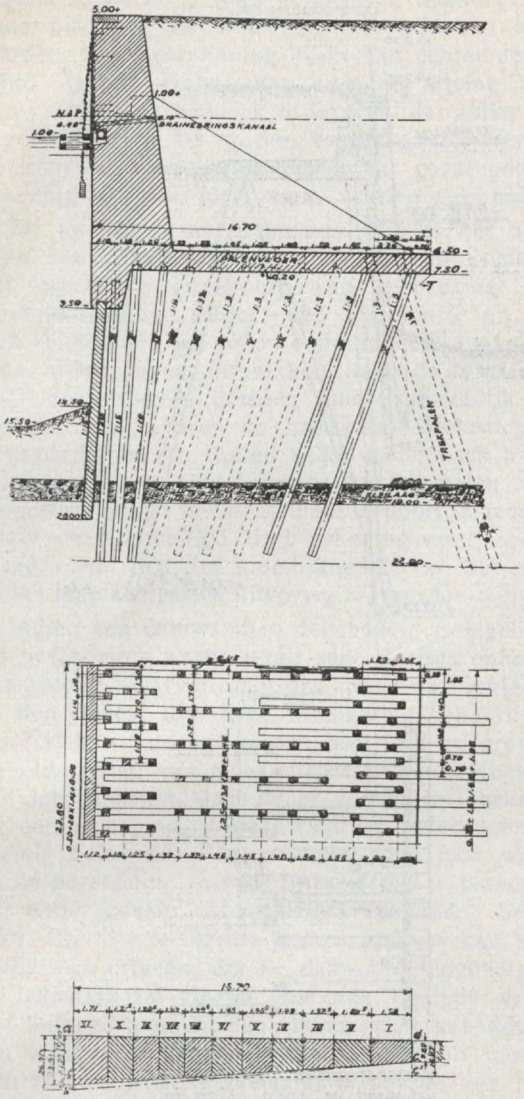
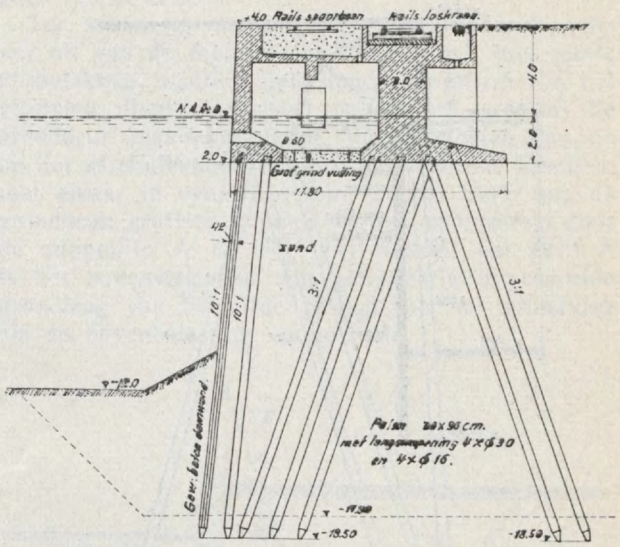


Fig. 5. Dwarsdoorsnede van den schutkolkmuur van de nieuwe schutsluis te Ymuiden, met palenplan en paalbelastingsdiagram.

Dwarsdoorsnede.



Plattegrond.

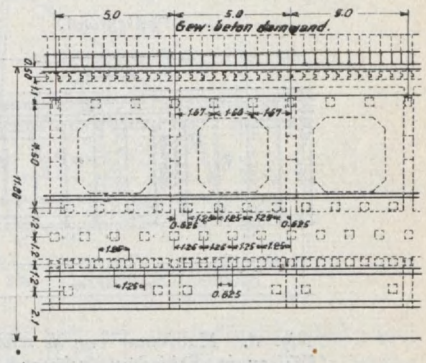


Fig. 6. Kaaimuur aan de Vulcaanhaven te Vlaardingen.

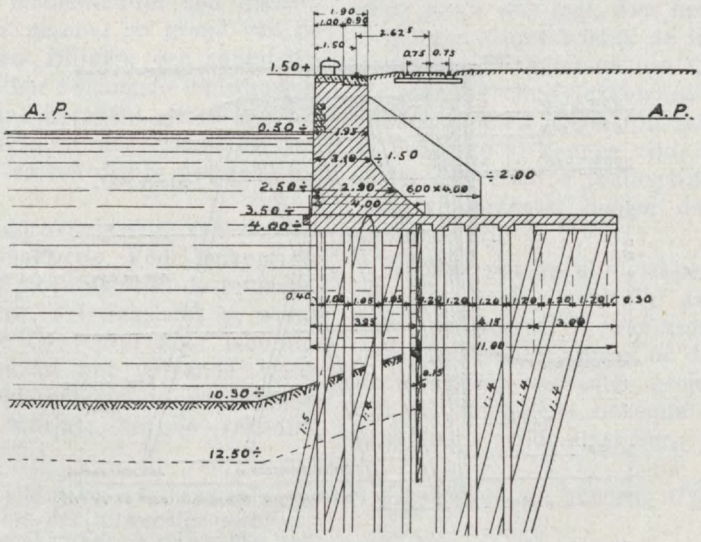
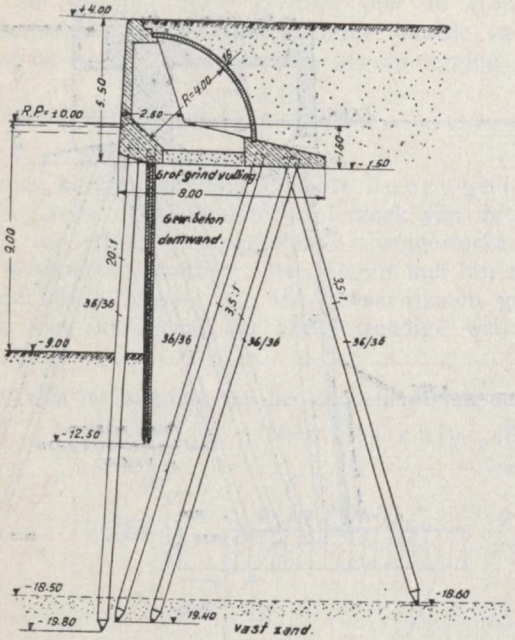


Fig. 7. Kaaimuur aan de Coenhaven te Amsterdam.

Dwarsdoorsnede.



Plattegrond.

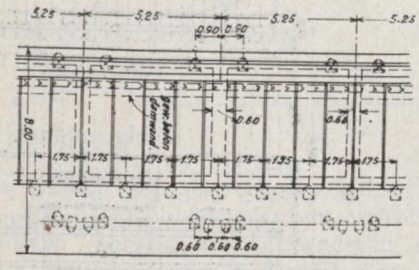
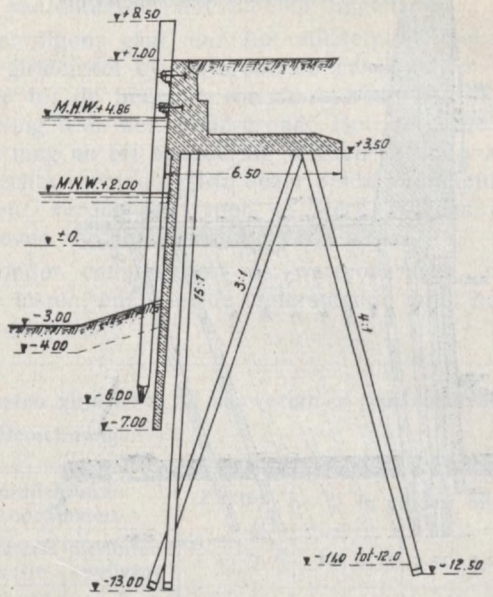


Fig. 8. Kaaimuur van de scheepswerf Wilton in Schiedam, gebouwd in 1924 door Heinrich Butzer, Dortmund.

Dwarsdoorsnede.



Plattegrond.

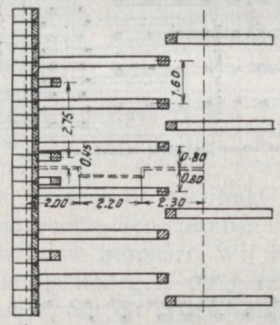


Fig. 9. Kaaimuur langs de Visschershaven Cuxhaven, gebouwd in 1919 — '20 in den natte.

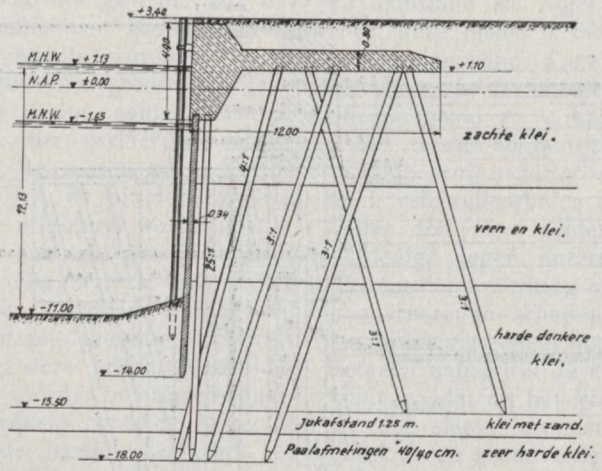


Fig. 10. Kaaimuur aan de haven van Delfzijl, gebouwd door Christiani en Nielsen.

kig oordeelende is men geneigd te denken, dat bij deze plaatsing de damwand ook kort zal kunnen worden. Bij doorrekening blijkt dan echter de onder talud staande grond eene dusdanig kleine waarde aan passieven gronddruk te leveren, dat zulks in den regel tegenvalt. De op den kaaimuur zelf werkende, horizontale krachten kunnen in dit geval door verbreeding van den vloer sterk worden verminderd.

De kaaimuur *met damwand vóór* is het normale type van „kaaimuur van het Deensche type", die het eigenlijke onderwerp van bespreking is. De grondaanvulling achter den damwand en onder den vloer geeft den palen eene behoorlijke zijdelingsche steun tegen uitknikken, terwijl de damwand door den erboven gelegen vloer aanzienlijk wordt ontlast, voor zoover de horizontale belasting door gronddruk betreft. Indien zulks economisch blijkt te zijn, kunnen zonder bezwaar *houten* palen worden toegepast, omdat het hout thans behoorlijk tegen den paalworm is beveiligd. De berekening van dezen damwand vormt één der moeilijkheden van het project, welke hier eenigszins uitvoerig zal worden behandeld.

Indien een damwand in den bodem is ingeheid en als beschoeiing werkt, is dit eene statisch onbepaalde constructie, waarvan men den graad van inklemming in den bodem niet kent. Eenigszins behoorlijk zou deze slechts kunnen worden becijferd op grond van de uitkomsten van mechanische bodembeproeving in het laboratorium, doch, voor zoover mij bekend, is de eenige poging, in deze richting ondernomen (24), weinig belovend. Daarom moet men zich wachten, in de berekening te veel finesses toe te passen, zooals eene „ideale" of „plaatsvervangende" belasting (10). Bij niet te slechte bodemcondities kan men er veilig van uitgaan, dat de damwand tengevolge van de belasting zal vloeien, tot max. positief en negatief buigend moment aan elkaar gelijk geworden zullen zijn; bij slechteren ondergrond zou men zich omtrent de grootste toelaatbare waarde van het inklemmingsmoment in den bodem een oordeel kunnen vormen uit eene gronddrukberekening, zooals K r e y die geeft (4). In beide gevallen kan men het belastingsgeval statisch beschouwen, en na grafische of analytische bepaling der momentenlijn een inklemmingsmoment aanbrengen, geschat op grond van de bovenstaande overwegingen. Blijkens een aantal nagerekende constructies is het voldoende nauwkeurig, wanneer men den damwand berekent als te zijn opgelegd in het aangrijpingspunt der resultante van den passieven gronddruk, en het dieper gelegen stuk verwaarloost *).

Er rest thans de gronddrukbelasting van de statisch-bepaald gedachte constructie. Voor belangrijke constructies is het bepaald noodzakelijk, de uitgangspunten der berekening (inw. wrijvingshoek φ, wandwrijvingshoek ψ, cohaesie C) vooraf door laboratoriumonderzoek te meten. In het volgende wordt de cohaesie $C = 0$ gesteld, hetgeen in een aardbevingsgebied wel veilig schijnt; het in rekening stellen van eene bepaalde C-waarde biedt overigens geen moeilijkheden.

Ter schatting van den actieven gronddruk gaan wij uit van de theorie van C o u l o m b met platte glijdvlakken, waarbij stelselmatig die stand van het glijdvlak dient te worden opgespoord, waarbij de gronddruk maximum wordt. Voorts moeten dan de op het afschuivende grondprisma werkende krachten met elkaar in evenwicht zijn. Zonder vloer zou de gronddruk grafisch kunnen worden voorgesteld door de stippellijn A B, (*Fig. 11*) waarbij het punt A is het bovenvlak van een gelijkmatig uitgespreide grondlaag van hetzelfde gewicht per m² grondvlak als de bovenbelasting op de kade.

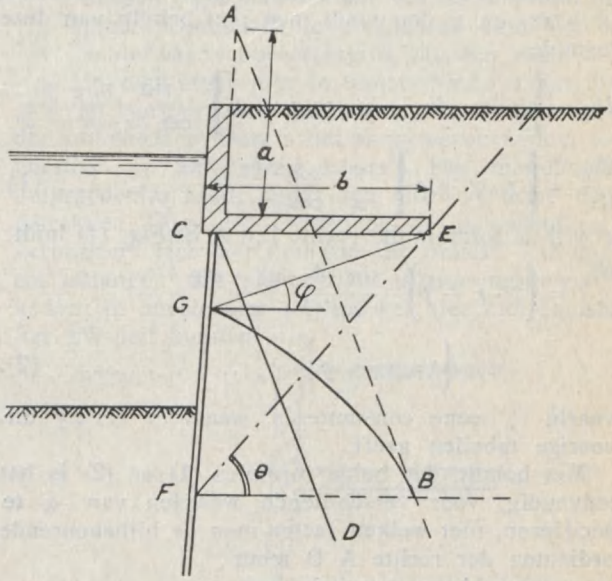


Fig. 11. Damwandberekening.

Bij aanwezigheid van een oneindig breeden vloer zou de gronddruk verloopen volgens C D, welke lijn // A B gericht moet zijn. In beide gevallen verloopen de gevaarlijkste glijdvlakken alle onder denzelfden hoek θ met den horizon; het is duidelijk, dat, indien men door het achtereinde E van den vloer zoo'n vlak legt, voor het lager dan het snijpunt F gelegen damwandstuk de lijn A B geldt. Voor het gedeelte C F geldt de lijn C D, tenzij andere door E gaande schuifvlakken een grooteren gronddruk zouden kunnen geven; dit zal slechts over de lengte G F het geval kunnen zijn, aangezien een glijdvlak onder den hoek φ (natuurlijk talud) een gronddruk $= 0$ veroorzaakt; hooger dan G geldt dus in elk geval de lijn C D.

Neemt men de glijdvlakken aan onder een willekeurigen hoek α zoodanig, dat $\theta > \alpha > \varphi$, zoo verkeert het stuk G F, wat gronddruk betreft, juist in dezelfde conditie als het op dezelfde hoogte liggende deel van een verticalen grondkeerenden muur (*Fig. 12*). Volgens eene bekende formule uit de gronddruktheorie geldt algemeen:

$$\text{Gronddruk} = \text{gewicht afschuivend prisma} \times \times \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha - \varphi - \psi)}$$

*) Natuurlijk geldt dit alleen voor de berekening op buiging; voor de berekening der uitwendige stabiliteit van den damwand (lengteberekening) is zulks niet toelaatbaar.

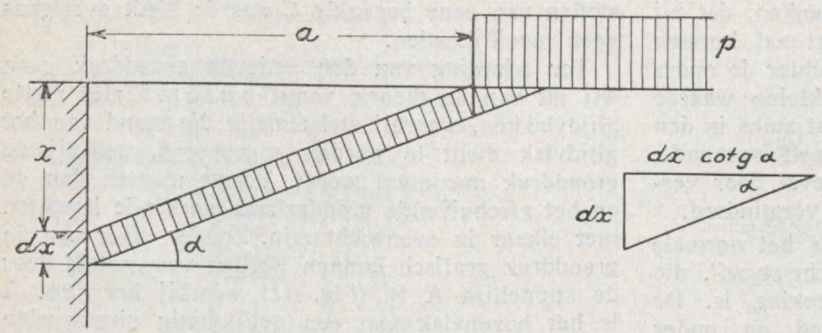


Fig. 12. Damwandberekening.

Neemt men het verschil in gronddruk tusschen $(x + dx)$ en x, dan vindt men met behulp van deze formule:

$$dE_a = \left[\gamma \cdot a \cdot dx + dx \cdot \operatorname{cotg} \alpha \cdot p\right] \cdot \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha - \varphi - \psi)}$$

$$\frac{dE_a}{dx} = \left[\gamma \cdot x + p\right] \cdot \frac{a}{x} \cdot \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha - \varphi - \psi)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

terwijl de formule der rechte lijn A B (*Fig. 11*) luidt:

$$\frac{dE_a}{dx} = \left(\gamma \cdot x + p\right) \cdot \frac{\sin(\vartheta - \varphi) \cdot \operatorname{cotg} \psi}{\cos(\vartheta - \varphi - \psi)} =$$

$$\left(\gamma \cdot x + p\right) \cdot \lambda_a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2).$$

waarin λ_a eene constante is, waarvoor K r e y uitvoerige tabellen geeft.

Met behulp der beide formules (1) en (2) is het eenvoudig, voor verschillende waarden van α te becijferen, met welken factor men de bijbehoorende ordinaten der rechte A B moet vermenigvuldigen, teneinde punten van de gewenschte kromme G B te verkrijgen.

In vele handboeken over gronddruk (bijv. K r e y, „Erddruck und Erdwiderstand") vindt men vermeld, dat de ordinaat van deze kromme te vinden zou zijn, door den gronddruk voor de punten x en $x + \triangle x$ te berekenen, en het verschil te deelen door $\triangle x$; K r e y geeft hiervan zelfs een uitgewerkt cijfervoorbeeld. Het is niet moeilijk in te zien, dat deze methode foutief moet zijn.

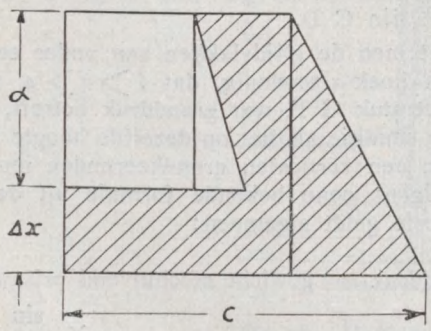


Fig. 13. Berekening van den plaatselijken gronddruk.

Grafisch voorgesteld, vindt men het verschil van twee verschillende gronddruktrapezia, in *fig. 13* geharceerd; het is duidelijk, dat C niet gelijk kan zijn aan het geharceerde vlak, gedeeld door $\triangle x$.

Fig. 14 toont aan, dat men een anderen, en zeer eenvoudigen, weg kan bewandelen.

Completeert men trapezium ABCD met den gestippelden $\triangle$ BFC, zoo ontstaat een rechthoek, waarvan het oppervlak, door x gedeeld, natuurlijk de gezochte ordinaat DC geeft. Nu is oppervlak $\triangle$ BFC = oppervlak $\triangle$ BEC = gronddruk zonder bovenbelasting.

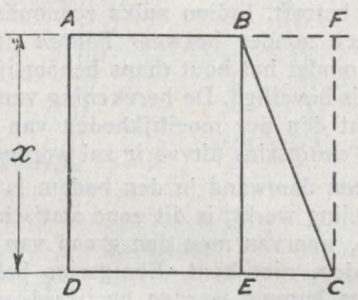
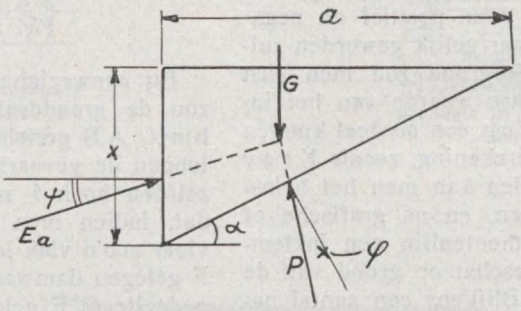


Fig. 14. Berekening van den plaatselijken gronddruk.

*Men zal dus de som van gronddruk met en zonder bovenbelasting moeten deelen door x *).*

Door van dezen regel gebruik te maken, kan eene elegante grafische methode ter constructie van de kromme G B (*Fig. 16*) worden toegepast:



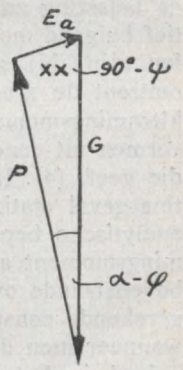


Fig. 15. Krachtendriehoek.

Men stelt de drie op het afschuivende prisma werkende krachten (*Fig. 15*) samen tot een gesloten krachtendriehoek.

Men zal nu in *fig. 16*, gemakkelijk dezen krachtendriehoek kunnen terugvinden. Hoek β bestaat uit twee stukken, $90° - \alpha$ en $\alpha - \varphi$; hun som is $90° - \varphi$, dus constant. Voor de uitvoering der constructie kan men van carton een driehoek knippen, waaraan deze hoek $\beta = 90° - \varphi$ voorkomt.

---

*) Deze regel werd gelijktijdig gevonden door den student R. W. T r e n s e Jr. en schrijver dezes.

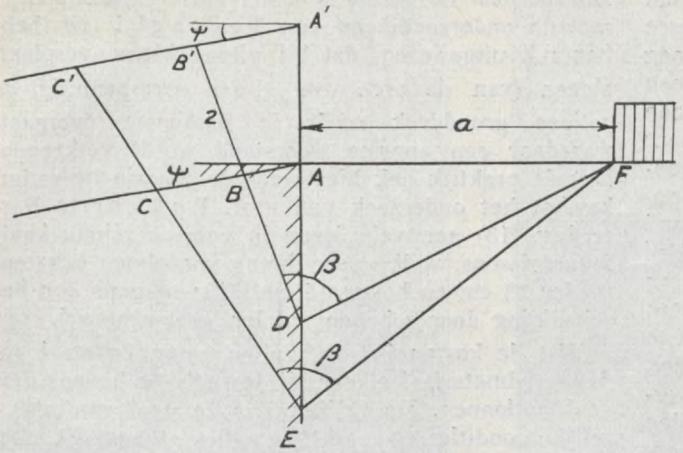


Fig. 16. Grafische gronddrukberekening.

Men trekt door F een aantal verschillende glijdvlakken FD, FE, enz.; dan stellen AD, AE, enz. op zekere schaal de gewichten G voor. Men teekent nu de bovenbelasting A A′ = p op dezelfde schaal. Trekt men vervolgens de lijnen DB′, EC′, enz. onder hoeken $\beta = 90° - \varphi$ met de glijdvlakken, dan geven, gemeten met de krachtenschaal der teekening, AB, AC, enz. weer den totalen gronddruk *zonder* bovenbelasting, A′B′, A′C′, enz. den gronddruk *met* bovenbelasting. Voor een bepaald glijdvlak FD sommeert men dus AB en A′B′, en deelt deze som door de hoogte AD.

In sommige gevallen blijkt de op deze wijze bepaalde belastingsfiguur sterk af te wijken van de in vele handboeken [bijv. (11)] voorgestelde benadering door een rechte lijn, zoodat uitvoering dezer constructie, met name voor het bedoelde kaaimuurtype met laaggelegen vloer, de moeite loont.

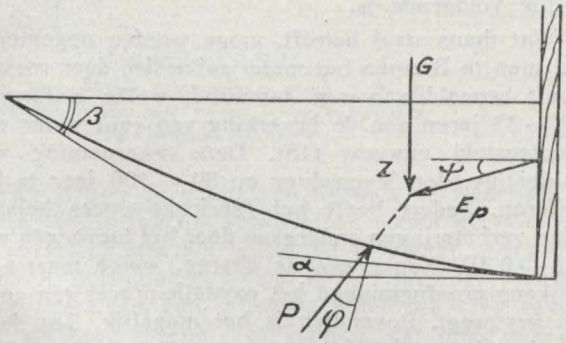


Fig. 17. Berekening van den passieven gronddruk.

Voor de berekening van den *passieven gronddruk* kan men niet met een plat glijdvlak volstaan. Onmiddellijk naast den damwand is het glijdvlak door wandwrijving beïnvloed; den hellingshoek α van dit glijdvlak kan men voor een bepaald geval met behulp van de tabellen van K r e y gemakkelijk opsporen. Verder van den damwand verdwijnt deze invloed zoodat $\angle \beta = 45° - \frac{\varphi}{2}$ moet zijn (*Fig. 17*). Met behulp van deze gegevens kan men het glijdvlak door een stuk cirkel of parabool benaderen, waardoor het gewicht G van het afschuivende prisma bekend wordt. Laat men nu de drie krachten in het zwaartepunt aangrijpen, waarbij E_p en P met de glijdvlakken hoeken ψ en φ moeten vormen, dan zijn ook hunne *richtingen* bekend, en kan hunne *grootte* uit een krachtendriehoek worden gevonden.

Vaak volstaat men met de aanname van een plat glijdvlak, en reduceert dan den wandwrijvingshoek ψ tot bijv. $\psi/2$; de hierboven voorgestelde constructie is eenvoudig genoeg, en aanmerkelijk nauwkeuriger, zoodat zij o.i. de voorkeur verdient.

Gaan wij thans over tot de berekening van het buigend moment in den damwand, zoo zal dat bij kaaimuren voor diep water vaak blijken, dusdanig groot te worden, dat de damwand niet meer economisch te profileeren valt. Verdere achterwaartsche verlenging van den vloer komt in den regel niet in aanmerking, omdat men dan in conflict zou komen met de fundeeringen der kadeloodsen. Dan is het aangewezen middel toepassing van een zgn. „schort". Het monolitische muurgedeelte wordt onder den vloer verticaal doorgetrokken (*Fig. 18*), waardoor de damwandlengte vermindert. Hoe diep men met dit „schort" kan gaan, zal afhangen van plaatselijke afdammingsmogelijkheden; in open water zal het wel niet veel beneden het LW-peil kunnen zijn.

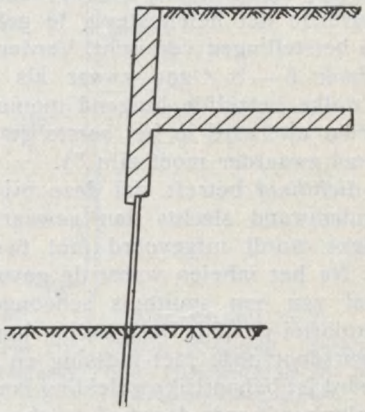


Fig. 18. Constructie met schort.

Voor de damwandberekening is verder nog van belang de vraag, in hoeverre de palen een deel van den horizontalen gronddruk zullen opnemen, zoodat de damwand daardoor zou worden ontlast. Het vraagstuk is kennelijk statisch onbepaald, en men mag als zoodanig eene willekeurige verdeeling aannemen, mits deze mogelijk is, en zoowel palen als damwand daarop berekend zijn. Bij uitwerking zal men vinden, dat, door de palen aan zijdelingsche belasting bloot te stellen, een belangrijk voordeel verloren gaat, nl. de verhoogde knikweerstand door steun tegen den grond. Dientengevolge zal in den regel de toelaatbare paallast dusdanig verkleinen, dat men beter doet, den damwand maar op de geheele gronddrukportie te dimensioneeren.

Vervolgens komen wij tot de vraag, of als materiaal voor den damwand *gewapend beton*, dan wel *staal*, zal worden gekozen. Algemeen gesproken, zal een betondamwand per eenheid wel geen zwaardere

afmetingen kunnen verkrijgen dan 53 × 55 cm (sluisbouw te IJmuiden), anders zou zoo'n zware paal niet meer te heien zijn. Laat men, met het oog op het gevaar van aantasting door zeewater, geen hoogere spanningen dan 40/1200 kg/cm² toe, zoo leert berekening, dat per m′ een buigend moment kan worden opgenomen, groot ca. 14 tm. Hiertegenover komt men bij stalen damwand en Larssenprofielen tot 35 tm, en bij de zgn. „Kastenprofielen" tot 58 tm (bij toelaatbare spanningen van 1200 kg/cm²). Toepassing van hoogwaardige staalsoorten (bijv. Resista) maakt het mogelijk, deze momenten evenredig met de verhouding der vloeigrenzen van beide materialen te verhoogen. Voorts kan men den grond binnen de Kastenprofielen na het inheien verwijderen, en deze met beton vullen; dientengevolge stijgt het moment, dat veilig kan worden opgenomen, wederom. Wij komen tot de conclusie, *dat gewapend beton damwanden uitsluitend voor beschoeiingen of kaaimuren van niet te groote afmetingen in aanmerking komen.*

Als verder nadeel van gewapend beton voor damwand geldt het veel lastiger transport dan bij betonpalen, en dientengevolge verhoogde kans op beschadiging, terwijl voortdurend streng deskundig toezicht noodig is, het groote gevaar van beschadiging bij het tegenkomen van bodemhindernissen, alsmede de groote moeilijkheid, om de damplanken of -palen gedurende het heien stevig te geleiden, hetgeen zware heistellingen vereischt. Verder weegt een betondamplank 6 — 8 × zoo zwaar als een stalen damwand, welke hetzelfde buigend moment kan opnemen, zoodat uiteraard in het eerste geval het heiblok ook veel zwaarder moet zijn *).

Wat de *dichtheid* betreft, zal deze bij een gewapend betondamwand slechts dan gewaarborgd zijn, wanneer deze wordt uitgevoerd met twee groeven (*Fig. 19 a*). Na het inheien wordt de gevormde holte door middel van een spuitbuis schoongespoten en met cementmortel gevuld. De ervaring heeft geleerd, dat een dwarsdoorsnede met messing en groef (*Fig. 19 b*) verkeerd is; behoorlijke geleiding langs de reeds ingeheide planken wordt daarmede toch niet bereikt. De moeilijkheden, bij de kaaimuurverlenging langs de Derde Binnenhaven te Tj. Priok ondervonden met het dichten van een lekkenden betondamwand, hebben voldoende bewezen, dat dit bezwaar niet alleen theoretisch is.

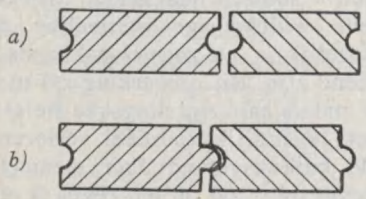


Fig. 19. Dwarsdoorsnede van gewapend betondamwanden.

Vaak wordt gemeend, dat een betondamwand gunstiger zal werken tegen eventueele stooten van schepen dan staal, omdat bij beton de massa grooter is. Dit voordeel van beton is echter zuiver hypothetisch; recente onderzoekingen van Terzaghi (12) hebben n.l. uitgewezen, dat bij uiterst kleine verplaatsingen (van de orde van $\frac{1}{400}$ der overspanning) de actieve gronddruk reeds in passieven overgaat, waardoor een enorme weerstand wordt verkregen. Dat de praktijk ook hier weer de theorie bevestigt, bewijst het onderzoek van prof. Bakker te Rotterdam (13) aan vele jaren in gebruik zijnde kaaimuurcaissons, welke zeer dunne voorplaten bezaten, (onder 25 cm en boven 15 cm dik); nergens kon beschadiging door schepen worden geconstateerd.

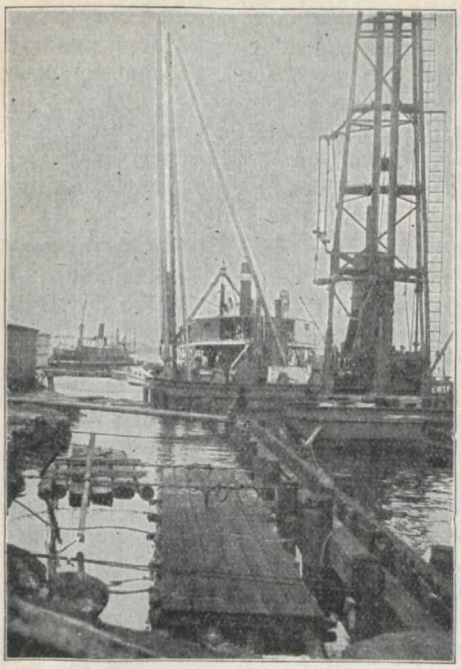
Wat de kosten betreft, zullen beton en staal als damwandmateriaal elkaar bij de Indische havens niet veel ontloopen. De prijzen zijn te veel van plaatselijke condities en marktfluctuaties afhankelijk, dan dat hiervoor eene algemeen geldende regel zou kunnen worden afgeleid. Momenteel zal in de groote havens staal vermoedelijk goedkooper zijn.

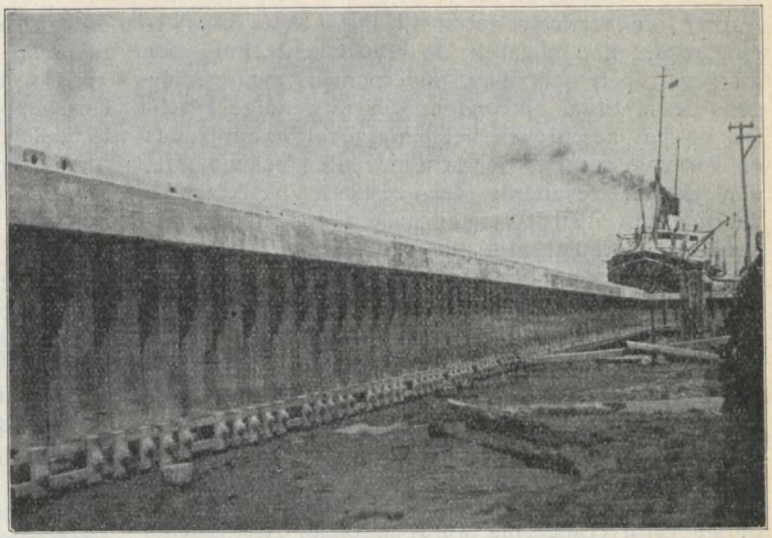
Van grooter belang is het duurzaamheidsprobleem. Zoowel beton als staal hebben van het zeewater te lijden; zal de levensduur in beide gevallen gelijk zijn? Ongetwijfeld is Indië in dit opzicht in gunstiger conditie dan de gematigde streken; vorst en groote temperatuursverschillen treden hier niet op, terwijl geringe golfbeweging in de Java-Zee en eene hooge watertemperatuur bijdragen, de opgeloste zuurstofhoeveelheid laag te doen blijven. Vast staat, dat gewapend beton bij goede samenstelling en uitvoering in Indië zich goed houdt (14). Doch zijn deze steeds onder alle omstandigheden gewaarborgd? En zijn hier mechanische beschadigingen door met het tij op en neer bewegend hout niet te vreezen? Al deze omstandigheden maken, dat men den vermoedelijken levensduur o.i. bezwaarlijk op langer dan 60 — 75 jaren mag schatten, hetgeen echter voor de praktijk stellig voldoende is.

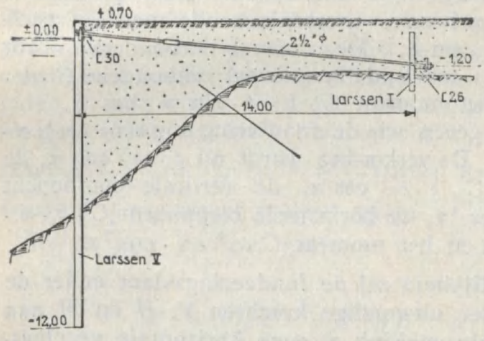
Wat thans staal betreft, moge worden opgemerkt, dat men te Bremen het materiaalverlies door roesten heeft bepaald van een damwand, welke gedurende 18 — 37 jaren aan de inwerking van zout water was blootgesteld geweest (15). Deze waarneming was aanleiding, den levensduur op 80 — 100 jaar te becijferen. Sedert heeft het fabricage-proces belangrijke verbeteringen ondergaan door het toevoegen van 0,2 — 0,3% koper aan de charge, welke maatregel blijkens proefnemingen het oxydatie-proces ten zeerste vertraagt. Bovendien is het mogelijk, den damwand vóór het inheien in warme teer te dompelen, of van de fabriek te betrekken, van een bitumineuse verflaag voorzien. Voor zoover geen speciaal agressieve stoffen in het zee- of grondwater voorkomen — hetgeen voor beton evenzeer schadelijk is als voor staal, en waar men dus met de keuze van het aanvullingsmateriaal op zal dienen te letten — zouden wij den levensduur van een dergelijken wand eveneens veilig op 80 — 100 jaren willen taxeeren. Talrijke ervaringen in de tropen bewijzen, dat deze schatting niet te optimistisch is.

Van eenige karakteristieke voorbeelden van tropische toepassingen geven de *figuren 20* en *21* eene illustratie; de cliché's werden door de Vereinigte Stahlwerke welwillend in bruikleen afgestaan.

*) Eene goede, praktische maat is: valgewicht ≒ 600 kg + halve paalgewicht.

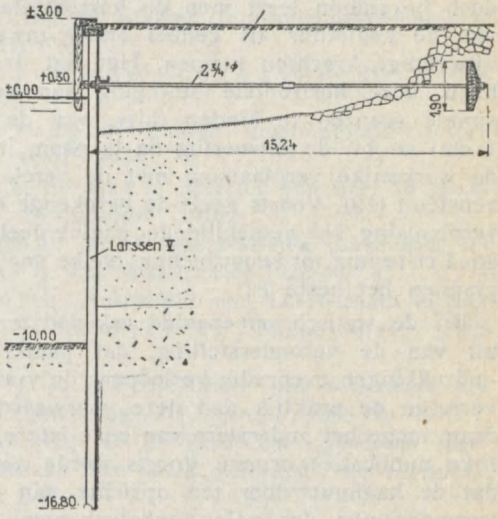






Ankerafstand 2,52 m.

Fig. 20. Stalen beschoeiingen van Larssen damwand, gedurende 1929 — '32, uitgevoerd te Curaçao en Aruba.



Ankerafstand 2,40 m.

Fig. 21. Stalen damwand systeem Larssen, toegepast voor kaaimuurbouw in de haven van Davao, Philippijnen.

Het is hier de plaats een bezwaar te weerleggen, dat zoowel tegen het gebruik van stalen damwanden in het algemeen, als tegen het fabrikaat „Larssen" van de Dortmunder Union in het bijzonder, wordt aangevoerd. In een vroegere publicatie (16) gaven wij als onze meening te kennen, dat men met de toe te laten spanningen in damwanden voorzichtig moet zijn, omdat bij eenige planken breuk was geconstateerd. Uiteraard heeft die beschouwing slechts betrekking op de aldaar beschreven constructie, waarbij damwanden werden geheid langs een stalen stempelraam, en de kans groot was, dat dan wegens verloopen in den bodem onberekenbare aanvangsspanningen in het materiaal konden ontstaan, hetgeen natuurlijk niets met het damwandfabrikaat of -kwaliteit te maken heeft. Een en ander zal trouwens door de voordrachten van Dipl. Ing. T o d s e n (17) wel in voldoende mate duidelijk geworden zijn.

Resumeerende komen wij tot de gevolgtrekking, dat in Indië de damwanden voor groote kaaimuurconstructies steeds van staal behooren te worden uitgevoerd, en voor kleinere muren als regel van staal, tenzij wegens plaatselijke omstandigheden gewapend beton belangrijk goedkooper zou zijn.

Nog rest ons de *berekening en plaatsing der palen* in beschouwing te nemen.

Voor de berekening kan men twee verschillende zienswijzen volgen. Overeenkomstig de eerste, die wij de *statische* zouden willen noemen, ontbindt men de resultante der uitwendige krachten in de richtingen der palen. Bestaat een paalrichting uit méér evenwijdige palen per juk, dan verdeelt men de ontbondene der resultante zoodanig over de palen, als uit de statische evenwichtsvoorwaarden volgt. Op het eerste gezicht zou men kunnen meenen, dat deze methode slechts bij twee paalrichtingen mogelijk is; dit is echter niet het geval.

Laat men eerst de *horizontaal ontbondene* der uitwendige krachten op de constructie aangrijpen, dan kunnen alleen de schuine palen horizontale reacties

leveren, de verticale natuurlijk niet. Deze overweging maakt het mogelijk, de krachtsverdeeling voor dit geval op te schrijven. Superponeert men vervolgens de *verticaal ontbondene* der uitwendige krachten op het beschreven belastingsgeval, waarbij dus de verticale reacties der schuine palen bekend zijn, dan zal de resultante der verticale paalkrachten daarmede evenwicht moeten maken, zoodat deze bekend is; daarmede zijn alle paalkrachten gevonden. De statische berekeningswijze blijkt derhalve voor ten hoogste drie evenwijdige paalrichtingen mogelijk te zijn; met eenig schipperen kan men bij meer richtingen ook nog wel tot eene ruwe schatting der paalkrachten geraken (18).

Bij meer ingewikkelde gevallen gebruike men bij voorkeur de *dynamische* of *statisch onbepaalde* berekeningswijze, waarbij het evenwicht der constructie uit de vormverandering wordt afgeleid. Niet slechts zal men hiermede nauwkeuriger resultaten bereiken, doch bovendien leert men de horizontale beweging van de kaaimuur als geheel onder inwerking der uitwendige krachten kennen. Het ligt dan voor de hand, deze horizontale beweging aan zekere maximale grenzen te binden (bijv. van de orde van 1 cm) en bij de uitvoering na te gaan, in hoeverre de werkelijke verplaatsing met de berekende overeenstemt (19). Voorts geeft de berekende horizontale verplaatsing bij verschillende paalverdeelingen een goed criterium tot beoordeeling, welke van deze paalplannen het beste is.

Bij de statisch onbepaalde rekenwijze gaat men uit van de veronderstelling, dat paalkrachten en -indrukkingen evenredig verloopen; de vraag, in hoeverre in de praktijk aan deze voorwaarden is voldaan, moge het onderwerp van eene latere, afzonderlijke publicatie vormen. Voorts worde aangenomen, dat de kaaimuurvloer ten opzichte van de lengteveranderingen der palen onbeteekenend doorbuigt, met andere woorden, dat deze vloer zeer stijf is, hetgeen bij de gebruikelijke dikten der gewapend betonplaten van 50 — 70 cm wel plausibel schijnt.

Natuurlijk behoeft men bij eene berekening, welke op zoo onzekere grondslagen berust, niet naar groote nauwkeurigheid te streven. Zou bijv. blijken, dat van een ontworpen palenplan slechts enkele palen worden overbelast, dan mag men veilig aannemen, dat deze wat worden weggedrukt („vloeien"), en daarbij nog steeds het normale (toelaatbare) bedrag aan reactiekracht leveren (20). Men zal dus in dit geval de berekening herzien, waarbij de bedoelde palen worden weggelaten, en daarvoor in de plaats op den vloer reacties aangrijpen, gelijk aan den toe te laten paallast. Op deze wijze te werk gaande, behoeft men wellicht het palenplan niet te wijzigen, hetgeen tijd bespaart.

Een punt van bijzondere zorg is het bereiken van een voldoend groote veiligheid in de constructie. Zou door omstandigheden de (horizontale) gronddruk tot de dubbele waarde van dien, aan de berekening ten grondslag gelegd, stijgen, dan zal in het algemeen zulks stellig niet het geval zijn met de verticale belasting op den muur; deze zou dus omhooggedrukt kunnen worden. Teneinde zulks te voorkomen, zou eene bruikbare methode kunnen zijn, de aan de berekening normaal ten grondslag liggende inwendige wrijvingshoek van den grond (en c.q. cohaesie) door een bepaalde veiligheidscoëfficiënt (bijv. $n = 1\frac{1}{2}$) te deelen, de *mobiele* bovenbelasting met deze zelfde n te vermenigvuldigen, en het eigengewicht van muurplaat en daarop rustenden grond zonder veiligheidscoëfficiënt in rekening te stellen.

Onder de inwerking van deze verhoogde uitwendige krachten mogen dan nergens in kaaimuur- of paalfundeering spanningen optreden, welke de vloei- of breukgrens van het materiaal overschrijden.

De *statisch onbepaalde berekening* der paalkrachten, welke in de literatuur meermalen werd beschreven (4, 9, 11, 21, 22), verloopt als volgt:

Denkt men de fundeeringsplaat evenwijdig aan een zekere *verticale zakking* z onderworpen, dan wordt elke paal dientengevolge $z \cdot \cos \alpha$ korter. Hiermede correspondeert eene paalreactie $C \cdot z \cdot \cos \alpha$, waarvan de verticaal ontbondene bedraagt $C \cdot z \cdot \cos^2 \alpha$, de horizontaal ontbondene $C \cdot z \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$, terwijl het moment, gerekend ten opzichte van een vast, centraal punt Z, beloopt $C \cdot z \cdot \rho \cdot \cos^2 \alpha$.

Vervolgens denkt men de fundeering eene *horizontale verplaatsing* h te ondergaan. Elke paal wordt dan $h \cdot \sin \alpha$ korter, overeenkomende met een paalkracht $C \cdot h \cdot \sin \alpha$. De verticaal ontbondene wordt $C \cdot h \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$, de horizontaal ontbondene $C \cdot h \cdot \sin^2 \alpha$, en het moment $C \cdot h \cdot \rho \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$.

Eindelijk geven wij de fundeering nog eene *hoekverdraaiing* ω. De verkorting wordt nu $\rho \cdot \omega \cdot \cos \alpha$, de paalreactie $C \cdot \rho \cdot \omega \cdot \cos \alpha$, de verticale component $C \cdot \rho \cdot \omega \cdot \cos^2 \alpha$, de horizontale component $C \cdot \rho \cdot \omega \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$ en het moment $C \cdot \rho^2 \cdot \omega \cdot \cos^2 \alpha$.

In werkelijkheid zal de fundeeringsvloer onder de inwerking der uitwendige krachten V, H en M aan eene verticale zakking z, eene horizontale verplaatsing h en een hoekverdraaiing ω onderworpen zijn. De voorwaarden voor statisch evenwicht luiden dan:

$$V = C \cdot z \cdot \Sigma \cos^2 \alpha + C \cdot h \cdot \Sigma \sin \alpha \cdot \cos \alpha + C \cdot \omega \cdot \Sigma \rho \cdot \cos^2 \alpha$$

$$H = C \cdot z \cdot \Sigma \sin \alpha \cdot \cos \alpha + C \cdot h \cdot \Sigma \sin^2 \alpha + C \cdot \omega \cdot \Sigma \rho \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$M = C \cdot z \cdot \Sigma \rho \cdot \cos^2 \alpha + C \cdot h \cdot \Sigma \rho \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + C \cdot \omega \cdot \Sigma \rho^2 \cdot \cos^2 \alpha$$

Uit deze drie vergelijkingen kunnen de onbekenden $C \cdot z$, $C \cdot h$, en $C \cdot \omega$ worden opgelost, waarmede de verplaatsing der geheele constructie bekend is, zoodra men C kent. Vervolgens kan men alle paalkrachten becijferen:

$$P_1 = C \cdot z \cdot \cos \alpha_1 + C \cdot h \cdot \sin \alpha_1 + C \cdot \omega \cdot \rho_1 \cdot \cos \alpha_1$$
$$P_2 = C \cdot z \cdot \cos \alpha_2 + C \cdot h \cdot \sin \alpha_2 + C \cdot \omega \cdot \rho_2 \cdot \cos \alpha_2$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$P_n = C \cdot z \cdot \cos \alpha_n + C \cdot h \cdot \sin \alpha_n + C \cdot \omega \cdot \rho_n \cdot \cos \alpha_n$$

Het blijkt, dat men voor de berekening der *paalkrachten* de waarde van de paalconstante C niet behoeft te kennen, wel voor de becijfering der *verplaatsing* van de geheele constructie. Zulks behoeft

ons niet te verbazen, het is een wet, welke voor elke statisch onbepaalde constructie geldt.

Interessant is de parallel, welke bestaat tusschen deze rekenwijze, en de oplossing van de zgn. „normaalvergelijkingen" uit de leer der kleinste vierkanten; hierop nader in te gaan, zou echter buiten het bestek van dit artikel vallen.

Bij het ontwerpen van het palenplan zij men er op bedacht, dat elke paal bij het heien rond zijn punt een compressielichaam schept. Het is daarom noodzakelijk, dat de paalpunten een zekeren minimum afstand — $2\frac{1}{2}$ à 3 paaldiameters — van elkaar blijven.

Voorts bedenke men, dat een paalrij, op 4 diameters onderlingen afstand ingeheid, als regel volledig grondkeerend werkt. Het zal dus niet mogelijk zijn, zonder beschadiging daar schoorpalen tusschendoor te heien; hiervoor zou een minimum afstand van ca. 6 paaldikten worden vereischt. Om deze reden *vermijde men zooveel mogelijk paalkruisingen in den bodem;* dit bezwaar kan vaak door het aanbrengen van trekpalen ondervangen worden.

Oppervlakkig oordeelende, zou men kunnen meenen, dat trekpalen voor het opnemen van horizontale reacties veel minder bruikbaar zijn dan schoorpalen in verband met de veel lagere toe te laten spanningen. Zulks behoeft geenszins juist te zijn. Eene bokconstructie, bestaande uit n schoorpalen 1 en m trekpalen 2, alle onder hellingen van 1 : 3, ondervindt als gevolg van een horizontale kracht H paalreacties, groot $+\frac{1,58\,H}{n}$ (druk) en $-\frac{1,58\,H}{m}$ (trek). Een verticale kracht V veroorzaakt reacties, groot $+\frac{0,53\,V}{n}$ en $\frac{0,53\,V}{m}$

Wij krijgen dus per paal:

$$P_1 = (0{,}53\,V + 1{,}58\,H) : n$$
$$P_2 = (0{,}53\,V - 1{,}58\,H) : m$$

Laat men bijv. op een schoorpaal $P_1 = 45$ ton toe, en op een trekpaal $P_2 = -15$ ton, zoo vindt men:

$$45\,n = 0{,}53\;V + 1{,}58\;H$$
$$n = 0{,}012\,V + 0{,}035\,H$$

$$-15\,m = 0{,}53\;V - 1{,}58\,H$$
$$m = -0{,}035\,V + 0{,}105\,H$$

Het zal derhalve duidelijk zijn, dat men, door eene juiste keuze van aantal schoor- en trekpalen n en m beide paalsoorten ongeveer tot de toelaatbare waarden kan belasten, terwijl elke paal een even groot aandeel heeft in het opnemen der horizontale reactie. Dit neemt niet weg, dat het ontwerpen van een goed palenplan een kwestie van ervaring blijft.

Lijst van geraadpleegde literatuur:

(1) ir. W. F. van Dijck. „Caisson-kademuurbouw te Rotterdam" *De Ingenieur* 28 Augustus '31 B 17.

(2) F. W. Otto Schulze. „Seehafenbau".

(3) *Mededeelingen van het Boschbouwproefstation* No. 25.

(4) H. Krey. „Erddruck, Erdwiderstand und Tragfähigkeit des Baugrundes", 4e druk.

(5) 1er Congrès des Grands Barrages, Volume III, Question 2a.

(6) Fellenius. „Erdstatische Berechnungen".

(7) Statens Järnvägers Geotekniska Kommission 1914 — '27. Slutbetänkande.

(8) Terzaghi. „The mechanics of shear failures on clay slopes and the creep of retaining walls". *Public Roads,* Dec. 1929.

(9) Van Dijck en van Heemskerck van Beest. „The Construction of Quay Walls upon Weak Foundations". World Engineering Congress, Tokyo 1929, Paper 365.

(10) Dr. Ing. H. Blum. „Einspanningsverhältnisse bei Bohlwerken".

(11) Brennecke — Lohmeyer. „Der Grundbau", 4e druk.

(12) Terzaghi. „Large retaining-wall tests". *Eng. News Record,* 1934.

(13) J. A. Bakker. „Roesten van ijzer in gewapend beton". *De Ingenieur,* 1918.

(14) Rapport der Gewapend-Beton Commissie, ingesteld bij G. B. van 10 December 1922 No. 43.

(15) Kolle „Rostgefahr und Lebensdauer eisener Spundwände". *Zentralblatt der Bauverwaltung,* 1925 No. 45.

(16) Ir. J. J. I. Sprenger. „De onderbouw der Nieuwe Koninginnebrug". *De Ingenieur,* 1929 No. 20 B 7.

(17) Dipl. Ing. L. E. Todsen. „Moderne ingenieursbouwwerken met stalen damwand". *De Ingenieur,* 1933 No. 20 B 7.

(18) Ir. J. P. Josephus Jitta. „Stabiliteitsberekening van de schutkolkmuren van de in aanbouw zijnde schutsluis te IJmuiden." *De Ingenieur,* 4 Oct. '24 No. 40.

(19) W. Otto. „Die Untersuchung des Baugrundes und die Wasserhaltung". Uit: „Der Bau der Nordschleusenanlage in Bremerhaven".

(20) Prof. E. Jacoby. „Berechnung von Pfahlgründungen". *Jahrb. d. deutschen Ges. für Bauing.wezen,* 1925.

(21) Dr. Ing. A. Agatz. „Die Grundlagen der Entwurfsbearbeitung von Kajemauern auf hohem Pfahlrost". *Die Bautechnik,* 18 Maart 1930 H 12.

(22) Ir. C. Franx. „De Berekening van een Paalfundeering". *Polytechn. Weekblad,* 16 Juni 1927 No. 25.

(23) Ir. W. C. Köhler. „Quay walls of great depths in tideless seas". Rapport XIVde Internat. Scheepvaartcongres te Caïro (1926).

(24) P. Baumann. „Analysis of sheet-pile bulkheads". *Proc. Am. Soc. C. E.* March 1934.

VARIA.

Toepassing van de potentiaaltheorie op de waterbeweging in kanaal- of rivierbochten.

Aangetoond wordt, dat de met behulp van de potentiaaltheorie berekende stroomsnelheid en waterspiegel in gebogen riviergedeelten goed overeenkomt met de bij proeven gevonden waarden. De veel verbreide opvatting, dat de snelheid in bochten aan den buitenkant het grootste is, is in het algemeen niet juist.

In *Der Bauingenieur* van 22 Juni j.l. schrijft Prof. Dr. Ing. Böss over bovenstaand onderwerp een belangwekkend artikel, waaraan het volgende ontleend is.

Bij beschouwing van de snelheidsverdeeling in rivier- of kanaalbochten, is men op grond van waarnemingen in de natuur veelal van meening, dat de grootste snelheid optreedt aan den buitenkant van de bocht, dus in de zône met de grootste kromtestraal. Dit verschijnsel wordt dan zoo verklaard, dat het water door de centrifugaalkracht naar buiten zou worden gedrongen en daardoor een grootere snelheid zou krijgen.

In vele gevallen, in het bijzonder bij natuurlijke waterloopen met grooten kromtestraal, kan dit inderdaad zoo zijn, daar dan aan de zijde van de buitenbocht meestal een diepe kolk aanwezig is, terwijl aan de binnenzijde de waterdiepte door opzanding slechts gering is. Aangezien bij geringere diepte de wrijvingsweerstand toeneemt, zal in zulke gevallen de snelheid aan de binnenzijde van de bocht inderdaad kleiner dan of gelijk zijn aan die aan de buitenzijde.

Bedoelde opvatting betreffende de snelheidsverdeeling is echter in tegenspraak met de wetten der stroomingsleer, volgens welke de potentiaalbeweging van een ideale vloeistof bij het doorstroomen van een bocht moet voldoen aan de wet:

$$v = \frac{C}{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

zoodat dus de snelheden omgekeerd evenredig zijn met den straal: hoe grooter de straal, hoe kleiner de snelheid is. Aangezien water, dank zij zijn geringe taaiheid, een ideale vloeistof zeer nabij komt, zoo komt het in vele gevallen doelmatig voor om bij de behandeling van praktische stroomingstoestanden uit te gaan van de potentiaalstrooming en eerst daarna rekening te houden met de door wandwrijving en taaiheid veroorzaakte afwijkingen.

Vergelijking (1) is op de volgende wijze afgeleid.

De potentiaalfunktie voor een gebogen strooming luidt:

$$\varphi = -C \cdot \text{bg tg} \frac{y}{x} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

de stroomfunktie:

$$\psi = C \cdot \ln \sqrt{x^2 + y^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

De snelheidscomponente in de y-richting volgt uit:

$$\frac{\delta \varphi}{\delta y} = v_y = -\frac{C \cdot x}{x^2+y^2} = -\frac{C \cdot x}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

waarbij de straal $r = \sqrt{x^2 + y^2}$

De snelheidscomponente in de x-richting is overeenkomstig:

$$v_x = \frac{\delta \varphi}{\delta x} = \frac{C \cdot y}{x^2+y^2} = \frac{C \cdot y}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

De resulteerende tangentieele snelheid, welke steeds loodrecht op den straal is gericht, wordt dus:

$$v = \sqrt{\frac{C^2 \cdot x^2}{r^4} + \frac{C^2 \cdot y^2}{r^4}} = \frac{C}{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Daar potentiaal- en stroomfunktie verwisselbaar zijn moet v in het beschouwde geval ook gevonden kunnen worden uit:

$$\frac{\delta \psi}{\delta r} = \frac{\delta (C \cdot \ln r)}{\delta \cdot r} = \frac{C}{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

De potentiaalfunktie v geeft een bundel radiale stralen op gelijken hoekafstand, terwijl de stroomfunktie cirkels met toenemenden afstand geeft bij grooter wordenden straal. Zulk een in zich gesloten strooming hebben we echter niet bij een kanaalbocht, daar in dat geval de waterdeeltjes uit een parallele strooming overgaan in een gebogene om vervolgens weer in den oorspronkelijken stroomingstoestand terug te keeren. De stroombanen tusschen parellele en gebogen strooming zullen dus niet zuiver cirkelvormig zijn, maar kubische parabolen benaderen. Uit symetrie-overwegingen kunnen in het midden van de bocht de stroombanen der waterdeeltjes echter vervangen gedacht worden door cirkels, waarbij vooropgesteld wordt, dat bij deze beschouwing wordt afgezien van de door den wrijvingsinvloed veroorzaakte secundaire stroomingen en afbuiging der stroomdraden, zgn. Ablösungs-verschijnsel, in de bocht. Zeer goed benaderd kan dus althans voor het midden van de bocht de uit de potentiaalbeweging gevonden snelheidsverdeeling worden aangenomen, terwijl de stroombanen der deeltjes bij in- en uittrede van den bocht den cirkelvorm slechts benaderen, ofschoon de afwijking in het algemeen gering is.

Alvorens de op grond van de potentiaaltheorie gevonden wetten op een praktisch geval toe te passen, zal, daar het hier de strooming in een open kanaal betreft, nog de invloed van het vrije wateroppervlak worden onderzocht.

In tegenstelling met het geval van een gesloten bochtstuk, waarbij zich een willekeurige dynamische drukverdeeling kan instellen, moet bij open waterloopen aan de oppervlakte de atmosferische druk heerschen. Wordt de hoogteligging van de energielijn van de vrij aankomende parallelstroom bij statische drukverdeeling aangeduid door:

$$H = \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

dan kunnen de grootste snelheden in een gesloten buis oploopen tot de waarde:

$$v_{max} = \sqrt{2g \cdot (H + 10{,}33)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

aangezien de totale atmosferische druk van een 10,33 m hooge waterkolom voor de snelheidsopwekking ter beschikking staat, wanneer afgezien wordt van de afwijking tengevolge van de dampkringspanning. Daarentegen kan in een open kanaal de grootste snelheid slechts bedragen:

$$v_{max} = \sqrt{2g \cdot H} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

Een verder onderscheid tusschen het gesloten en het open profiel bestaat overigens in de drukverdeeling. Aangezien bij 2-dimensionale beweging van de waterdeeltjes in het x-y-vlak versnellingen in de z-richting niet optreden, moet bij het open profiel overal een statische drukverdeeling heerschen, daar drukverschillen, die slechts afhangen van horizontaal gerichte krachten, steeds door een verhooging resp. verlaging van den waterspiegel vereffend worden. Bij verwaarloozing van de versnellingen in de z-richting, krijgt men dus in open profielen steeds een statische, d.i. uitsluitend door het gewicht bepaalde drukverdeeling. De hoogere drukken aan de buitenzijde tengevolge van de bochtwerking zullen dus een verhooging van den waterspiegel veroorzaken, terwijl daarentegen aan den binnenoever de waterspiegel lager is dan den gemiddelden stand. Door de aan den buitenoever voorhanden grootere waterdiepte zal ook de waterafvoer daar relatief grooter zijn. Bij zwakke kromming en betrekkelijk kleine snelheden zijn deze factoren van weinig belang. Doch wanneer men bedenkt, dat de verhooging zoodanig kan zijn, dat de binnenzijde van een bocht droog kan vallen, terwijl het water geheel langs de buitenzijde wordt afgevoerd, dan is het duidelijk, dat een dergelijke toename van de waterdiepte van beteekenenden invloed op de waterverdeeling kan zijn.

Deze verschijnselen bestaan bij gesloten profielen niet, daar de drukstijgingen niet kunnen optreden en het profiel steeds geheel met water gevuld is. Eerst bij intrede van cavitatie zullen storingen in de continuiteit voorkomen.

Hieronder zal nagegaan worden, in hoeverre de wetten van de potentiaalstrooming overeenstemmen met het stroomverschijnsel in open bochten.

In de vergelijking voor de snelheid $v = \frac{C}{r}$, wordt de constante C gevonden uit de voorwaarde:

$$Q = \int_{R_1}^{R_2} t \cdot \frac{C}{r} \cdot dr \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

Bij aanname van een constante hoogteligging van de energielijn boven de totale stroom, zooals de potentiaalbeweging eischt, is:

$$\frac{v^2}{2g} + t = \frac{v_0^2}{2g} + t_0 = H \ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

waarin H de hoogteligging van de energielijn van de ongestoorde parallelstrooming voorstelt en $v = \frac{C}{r}$ is.

De waterdiepte wordt dan:

$$t = H - \frac{C^2}{r^2 \cdot 2g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

en de totale afvoer:

$$Q = \int_{R_1}^{R_2} \left(H - \frac{C^2}{r^2 \cdot 2g} \right) \cdot \frac{C}{r} \cdot dr \quad \ldots\ldots \quad (14)$$

zoodat C bepaald kan worden uit de volgende vergelijking:

$$Q = H \cdot C \cdot \ln \frac{R_2}{R_1} + \frac{C^3}{4g} \cdot \left(\frac{1}{R_2^2} - \frac{1}{R_1^2} \right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

waarin de waarden Q, H, R_2 en R_1 bekend zijn.

Voor het verschil in waterspiegelhoogte bij veranderlijke waarden van R krijgt men dan de waarde:

$$\triangle h = \frac{C^2}{R_1^2 \cdot 2g} - \frac{C^2}{R_2^2 \cdot 2g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

Uit vergelijking (13) blijkt, dat het waterspiegelvlak een deel van een enkelvoudige wervel van Rankine voorstelt, dus een met de holle zijde naar beneden gekeerde lijn gelijkt, en niet, zooals dikwijls wordt aangenomen, een stuk van een omwentelingsparaboloïde.

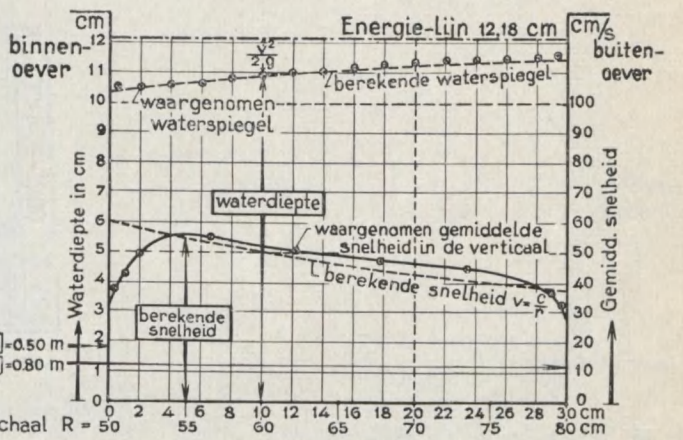
Verwaarloost men in vergl. (14) de veranderlijkheid van de waterdiepte, wat bij kleine absolute snelheden en groote krommingstralen zonder meer toelaatbaar voorkomt, dan krijgt men:

$$Q = \int_{R_1}^{R_2} t_0 \cdot \frac{C}{r} \cdot dr \qquad \left(\frac{\triangle t\,(r)}{t} \text{ klein} \right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

en hieruit:

$$C = \frac{Q}{t_0 \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}} \quad \left(\frac{\triangle t\,(r)}{t} \text{ klein} \right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

waarin t_0 nu de gemiddelde diepte van het kanaal voorstelt.



De figuur op pag. 113 laat een voorbeeld zien van de goede overeenstemming, welke er bestaat tusschen de boven uit de potentiaalstrooming afgeleide vergelijkingen en de aan een model gemeten waarden.

De waarde C werd uit de gegeven afvoer Q en de gemiddelde waterdiepte t_0 in de rechte strekking voor de bocht gelijk 3000 gevonden. De met een haakpeilschaal op 2/10 mm nauwkeurig gemeten waterspiegelhoogten vallen goed samen met de berekende, en toonen tot aan de direct aan den wand gelegen punten een zelfde verloop. De gemeten snelheden zijn gemiddelde snelheden in de verticalen, welke uit een groot aantal gemeten waarden graphisch werden bepaald. Ook hier treft men groote overeenstemming aan; duidelijk blijkt dat ook bij het model aan de binnenzijde de grootste snelheden optreden.

De belangrijke snelheidsafval in de nabijheid der wanden is een gevolg van den wrijvingsinvloed, waarbij aan den binnenoever zonder twijfel nog komt het verschijnsel van de afbuiging der stroomdraden (zgn. Ablösung).

Resumeerend kan worden geconcludeerd, dat bij regelmatige, gebogen kanalen met ongeveer vlakken bodem de wetten van de potentiaaltheorie met de werkelijkheid zeer goed overeenstemmen, en dat de opvatting, als zou aan de buitenzijde van open gebogen kanalen de snelheid het grootste zijn, niet juist is, tenminste voor eenigszins regelmatige kanalen. Het is gewenscht om snelheidsmetingen te verrichten in natuurlijke kanaal- of rivierbochten en de uitkomsten te toetsen aan de wetten der potentiaalstrooming.

Uitdrukkelijk moet er nogmaals op worden gewezen, dat in het bovenstaande niet beschouwd zijn de secundaire stroomingen in bochten, als gevolg van wand- en bodeminvloeden.

H.