

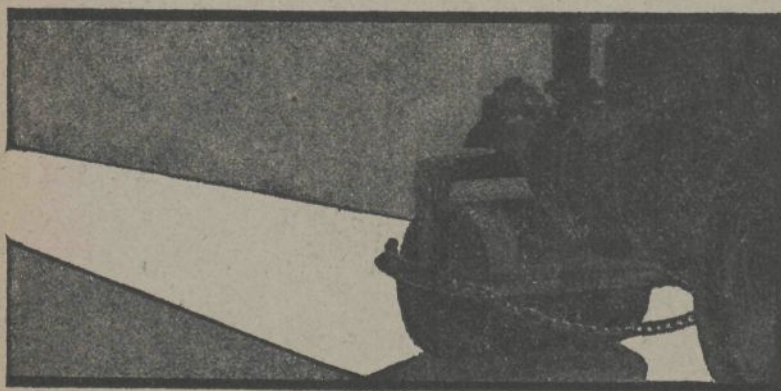
No. 194
16 - 11 - '40

PUBLICATIE

VAN DE

NEDERLANDSCH-INDISCHE WEGENVEREENIGING

**CENTRAAL PROEFSTATION EN STUDIE-
BUREAU OP WEGENGEBIED**
GEVESTIGD TE BANDOENG.



GRONDSTABILISATIE-PROEVEN

No. 2



L.O. NIX & CO. BANDOENG

Eenheidsformaat A 5.

6005 F 40-44

1.

2.

GRONDSTABILISATIE-PROEVEN

No. 2

1. In 1939 zijn in publicatie No. 179 de resultaten der eerste proeven met grondstabilisatie in het N. I. W. V.-laboratorium vermeld. Hieronder volgt de tweede bijdrage op dit gebied.

In bovengenoemde publicatie zijn uitsluitend mededeelingen gedaan t. a. v. de stabilisatie met stabiele asphalt-emulsies, al zijn daarin reeds enkele andere voor stabilisatie eveneens bruikbare materialen terloops aangeduid. Sindsdien is in het N. I. W. V.-laboratorium het onderzoek dan ook uitgebreid door naast de z. g. asphalt-stabilizers, ook de werking van portland-cement en (gebluschte) kalk te bestudeeren.

2. In publ. 179 is medegedeeld, hoe het met stabilisatie verkregen resultaat in het N. I. W. V.-laboratorium wordt onderzocht, nl. door vocht-absorptie en draagkracht van normaal-cylinders, vervaardigd uit het gestabiliseerde materiaal, te meten. Deze beproevingswijze is ook aangehouden voor met cement en kalk gestabiliseerd mengsel.

In aansluiting daarop is als speciaal onderzoek een duurzaamheidsproef aangezet, waarbij de cylinders afwisselend worden uitgedroogd en vochtig gesteld. Nagegaan wordt dan, hoe na meerdere dergelijke cycli de cylinder-draagkracht zich houdt.

Ten slotte is een aanvang gemaakt met de bepaling der vastheid van gestabiliseerde lagen door het meten van de conus-draagkracht.

In publ. 179 is verder aangegeven, dat de hoeveelheid toe te passen bitumineuze stabilizer in Amerika meestal wordt gesteld op 15% van het minerale bestanddeel, dat de Amerikaanse 200-mazen zeef passeert.

Eveneens in navolging van Amerikaansch, doch ook van Hollandsch voorbeeld wordt de hoeveelheid toe te passen cement (en ook kalk) meestal aangenomen op 5% van het totale gewicht aan zand en grond in het te stabiliseeren mengsel.

Bij beide stabilisatie-methoden bleken deze percentages niet ver van de optimale hoeveelheden verwijderd te zijn.

Over de voor stabilisatie beste mengverhouding van zand en grond werd in publ. 179 nog niet veel medegedeeld; dit punt is thans dieper nagegaan, mede in verband met nog een vraag, nl. die omtrent het gunstigste vochtgehalte van het te stabiliseeren materiaal.

Daarnaast is een aanvang gemaakt met het onderzoek naar de verschillen, die onderscheiden grond- en zandsoorten bij het stabilisatie-procédé vertoonen; dit onderzoek zal, mede in verband met de bestudeering van zeefanalyse en Atterbergsche consistentie-cijfers zoowel van de grondbestanddeelen als van het geheele te stabiliseeren mengsel, nog moeten worden voortgezet.

Ten slotte zijn verscheidene proeven genomen inzake de aanhechting en slijt-weerstand van een op de gestabiliseerde lagen aangebrachte oppervlakte-behandeling; ook deze onderzoeken zullen t.z.t. behooren te worden voortgezet.

Over bovenstaande onderwerpen zullen thans in deze en volgende publicaties meer gedetailleerde gegevens volgen.

3. Reeds in 1933 heeft R. R. Proctor van het „Bureau of Waterworks and Supply” te Los Angeles zoowel theoretisch als praktisch nagegaan op welke wijze een aarden dam tot een zoo stabiel en waterdicht mogelijk geheel is te maken. Over een en ander heeft hij een uitvoerig rapport uitgebracht in „Engineering News Record” van hetzelfde jaar.

Voor een belangrijk deel wordt deze Proctor-werkwijze in Amerika eveneens toegepast bij de stabilisatie met portlandcement en daar de beschouwingen van Proctor ook bij andere

onderdeelen van de grondstabilisatie kunnen dienen tot een gemakkelijker begrijpen der in het spel zijnde factoren, wordt daarom dit onderwerp hier eerst nader behandeld, aan de hand van ter zake in het N.I.W.V.-laboratorium verkregen cijfers.

Ten einde echter misverstand te vermijden dient eerst op den voorgrond gesteld, dat de opvattingen van Proctor slechts gegeven worden om een zoo eenvoudig mogelijke voorstelling in het leven te roepen van den werkelijken gang van zaken in den grond en geenszins als een geheel juist beeld daarvan.

Proctor ging uit van de veronderstelling, dat grond zijn grootste draagkracht en waterdichtheid vertoonen moet, wanneer hij op zijn best is verdicht. Dit vooropgesteld, vereenvoudigt het probleem zich tot de vraag: aan welke eischen moet grond of een zand-klei-mengsel voldoen, opdat na comprimeering een maximale dichtheid wordt bereikt. Onder dichtheid is dan te verstaan: het werkelijk volume aan droge stof per inhoudseenheid van het mengsel. Werkt men echter met één grondsoort en ook als de s.g. der betrokken grondsoorten onderling niet sterk uiteenloopen, dan wordt als praktische maatstaf hiervoor veelal gebezigd: het gewicht aan droge stof per volume-eenheid van het mengsel.

Het blijkt nu, dat iedere grond, afhankelijk van zijn granulaire en chemische samenstelling, steeds een bepaalde hoeveelheid vocht — het *optimale vochtgehalte* — bevatten moet om bij een bepaalden comprimeerings-arbeid zoo dicht mogelijk te kunnen worden ineengeperst.

Dat de granulaire samenstelling van den grond invloed heeft op de te bereiken maximum dichtheid is eenvoudig in te zien. De maximale dichtheid geeft immers den toestand weer, waarbij de holle ruimte minimaal is. Bij gelijkheid van korrel is de holle-ruimte maximaal, terwijl deze minimaal wordt, wanneer de ruimte tusschen de groote korrels door kleinere wordt opgevuld en de dan overblijvende holten door nog fijnere korrels. De te bereiken maximum dichtheid wordt dus grooter,

naarmate de gradeeringslijn van den grond gunstiger is. In dit verband is het ook duidelijk, dat bij een zandgrond-mengsel ook de verhouding, waarin beide componenten daarin voorkomen, invloed zal hebben op de maximaal te bereiken dichtheid.

Wordt *volkomen droge* grond gecomprimeerd, dan zal het over het algemeen niet mogelijk zijn de holle-ruimte tot een minimum te reduceeren. Dit vindt zijn oorzaak in den wrijvingsweerstand tusschen de korreltjes onderling. Toevoeging van water heeft niet alleen tot gevolg, dat het poriën-volume daarmee meer of minder wordt opgevuld, doch ook, dat aan de oppervlakte van de gronddeeltjes een zeer dun waterlaagje (filmpje) door adhesie wordt vastgehouden. Dit is het z.g. *hygroscopische water*. Er bestaat verband tusschen de grootte van het gezamenlijk oppervlak der gronddeeltjes en de hygroscopiciteit (= het aantal grammen water, dat hygroscopisch door 100 gram volkomen drogen grond wordt vastgehouden). Is dit oppervlak grooter, dan is de hygroscopiciteit dit ook. Een grooter oppervlak wijst op een hooger gehalte aan fijne deeltjes. Mitscherlich heeft berekend, dat de oppervlakte van 1 gram grond in m^2 gelijk is aan 4-maal de hygroscopiciteit.

Proctor meent, dat door de aanwezigheid van het hygroscopische water om de gronddeeltjes, deze bij comprimeering gemakkelijker langs elkander heen kunnen glijden. Hij verklaart de afname in wrijvingsweerstand dus door de „smerende” werking van het waterfilmpje.

Bij het punt van maximum dichtheid is de holle-ruimte minimaal. Volgens Proctor zou hierbij theoretisch het geheele poriën-volume met water opgevuld moeten zijn, doch in werkelijkheid niet, daar bij verdichting van grond of een zand-kleimengsel steeds een zeker percentage van de holle-ruimte — afhankelijk van de intensiteit, waarmee gecomprimeerd wordt — met lucht gevuld blijft.

Wordt er meer water toegevoegd dan het optimale vochtgehalte bedraagt, dan is het gezamenlijke volume van het water en vorengenoemde hoeveelheid niet uit te drijven lucht, grooter dan de holle-ruimte, die bij maximum dichtheid beschikbaar zou zijn, zoodat deze maximum dichtheid niet bereikt wordt.

Het bij dit hogere watergehalte achterblijven van lucht, die door comprimeeren niet verdreven kan worden, verklaart Hogentogler door aan te nemen, dat dit water een deel der poriën in het grondmengsel afsluit en zoo de lucht-uitdrijving belet.

Zet men de na comprimeering te verkrijgen dichtheid d uit als functie van het vochtgehalte v , dan verkrijgt men een curve, welke concaaf op de v -as gericht is (zie figuur). De top van deze kromme geeft dan de grootste dichtheid aan van het betrokken materiaal bij de toegepaste verdichtings-methode. Het percentage water, waarbij de grootste dichtheid wordt verkregen, is het optimale vochtgehalte.

4. Voor de bepaling van het optimale vochtgehalte gebruikt Proctor een metalen cylinder met een middellijn van ongeveer 10 cm en een hoogte van $11\frac{1}{2}$ cm. Met een metalen stamper van circa $2\frac{1}{2}$ kg gewicht, die een stampvlak heeft van 5 cm doorsnede, wordt het monster in drie lagen verdicht. Daarbij ontvangt iedere laag 25 slagen met den stamper, welke van een hoogte van 30 cm boven het monster valt. In het Rijkswegenbouw-laboratorium te 's Gravenhage heeft men daarvoor de bij het cementonderzoek bekende hamermachine van Böhme in gebruik. Hiermede worden kubi vervaardigd van 7,1 cm ribbe, welke telkens op dezelfde wijze door 150 hamerslagen worden verdicht.

De dichtheid wordt dan uitgedrukt in het gewicht aan droge stof per eenheid van volume en kan op eenvoudige wijze berekend worden met behulp van de formule:

$$d = \frac{0,2794 \cdot g}{100 + v}$$

waarin :

d = gevraagde dichtheid ;

g = gewicht kubus in grammen ; en

v = vochtgehalte in % van de droge stof.

Reeds uit theoretische overwegingen is te verwachten, dat de mate van comprimeering invloed zal hebben op het optimale vochtgehalte en wel in dien zin, dat bij een sterkere verdichting een lager optimum vochtgehalte behoort. Dit wordt bevestigd door een proef, waarbij een mengsel van 4 gew.—deelen Madjalaja-zand en 1 gew.—deel lixivium onder toevoeging van varierende hoeveelheden water tot proefblokjes van verschillende vorm is gecomprimeerd.

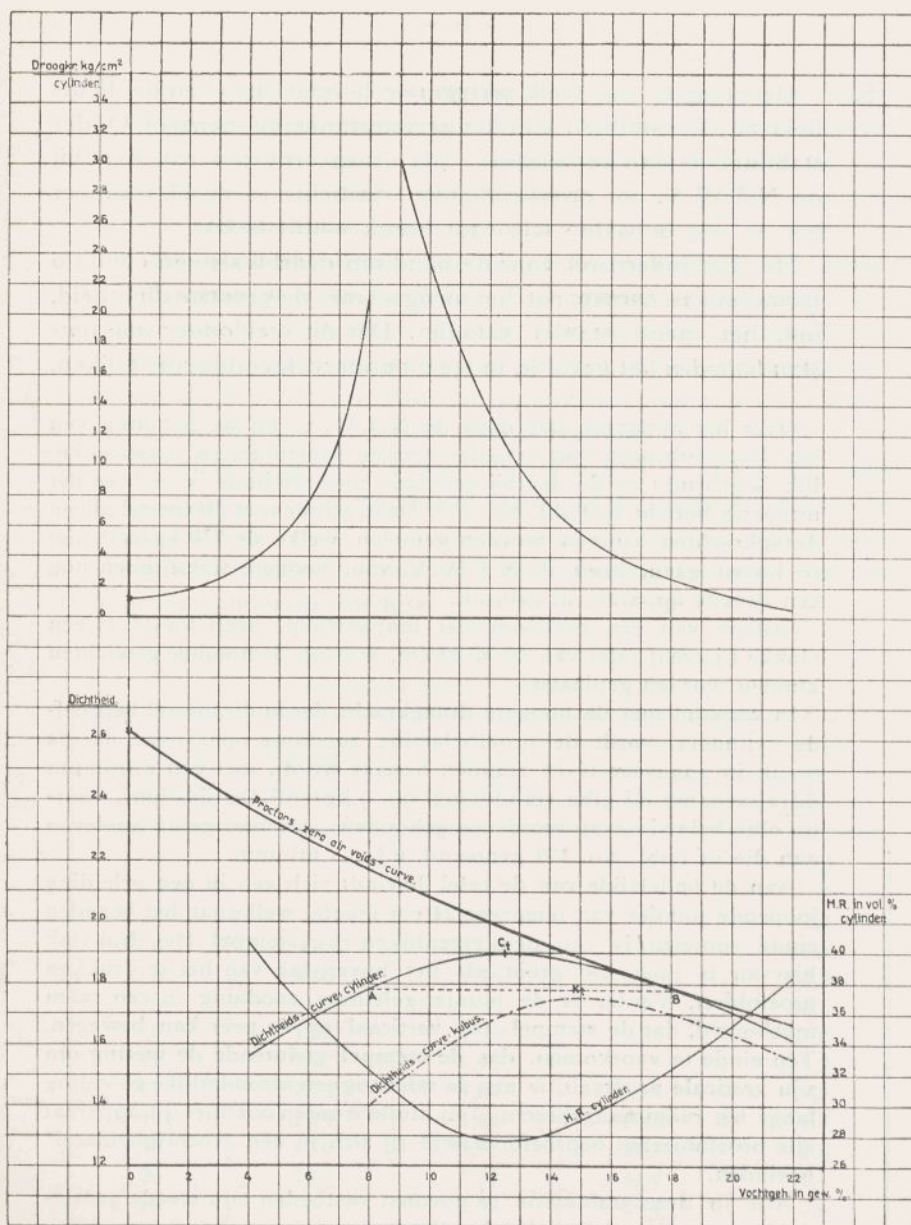
In de figuur heeft de eene curve betrekking op een verdichting van het mengsel door 150 slagen met de Böhmer-machine tot kubi van 7,1 cm ribbe. Voor de berekening der daarbij bereikte dichtheden is dan bovenstaande formule van kracht. Als grootste dichtheid is hier gevonden : 1,74 en voor het optimum vochtgehalte : 15%.

De tweede curve is verkregen bij een verdichting tot cylinders, waarvan de afmetingen belangrijk kleiner zijn dan die der kubi, nl. opp. grondvlak = 5,1673 cm² en inhoud = 19,700 cm³. Bij toepassing van de hiervoor geldende formule :

$$d = \frac{5,0761 \cdot g}{100 + v}$$

laten zich inderdaad over de geheele linie hoogere dichtheden berekenen. De maximum dichtheid is daarbij toegenomen tot 1,90. Het daarmede corresponderende optimale vochtgehalte daarentegen gedaald tot circa 12½%.

Zowel in horizontalen, als in verticalen zin worden de dichtheids-curven in de grafiek verschoven met de mate van verdichting, een omstandigheid, waarmede bij de praktische toepassing der grondstabilisatie, terdege rekening is te houden.



Madjalaja-zand: Lixivium = 4:1
 Verband tusschen dichtheid en draagkracht bij
 verschillend vochtgehalte

5. De vraag is nu, welk verband er bestaat tusschen de dichtheid en de stabiliteit van het gecomprimeerde mengsel. Onder stabiliteit is dan te verstaan: het draagvermogen van het (bij de N.I.W.V. tot proef-cylinders) verdichte mengsel, wanneer het op een bepaalde wijze tot breuk wordt belast.

Het ligt inderdaad voor de hand om daarbij als een conditio tacita aan te nemen, dat het mengsel met de grootste dichtheid, ook het meest stabiel zal zijn. Dat dit niet *onder alle omstandigheden* het geval is, moge uit ondervolgende proef blijken.

Over het apparaat, dat door de N.I.W.V. bij de bepaling van het draagvermogen van cylindervormige proefobjecten oorspronkelijk is gebruikt en de daarbij gevolgde meetmethode is reeds eerder uitvoerig bericht in Publ. No. 179. Daar echter met dit toestel alleen draagkrachten kunnen worden gemeten, welke de $7\frac{1}{2}$ kg/cm² niet te boven gaan, heeft de N.I.W.V. voor hoogere stabiliteiten nog een tweede apparaat in gebruik.

Insteede van een hefboom met loopgewicht, heeft toestel II een vlakke (ijzeren) tafel van 30×20 cm, waarop de noodige gewichten kunnen worden geplaatst.

In verband met de hoogere draagkracht der in dit toestel beproefde cylinders wordt de proefbelasting zoodanig opgevoerd, dat de breuk in ongeveer 10-15 trappen bereikt wordt, met een minimum druk-toename bij elke verhooging van 1 kg/cm². De tijdsduur, waarop elke belastingtrap wordt aangehouden, is echter gelijk gebleven aan die in publ. No. 179 genoemd, n.l. 0,5 minuut.

Aan de onderzijde van de tafel bevindt zich een in een geleiding loopende plunjer van ongeveer 24 cm lengte, welke aan het beneden einde voorzien is van den eigenlijken drukstempel. Het drukvlak hiervan is juist zoo groot als het bovenvlak van het te drukken proefobject. Verder is de plunjer-geleiding zoodanig in een raam ingebouwd, dat de stempel zich verticaal op en neer kan bewegen. Ten einde te voorkomen, dat de stempel gedurende de meting om zijn verticale as draait, is aan de tafel nog een afzonderlijke geleiding langs het raam aangebracht. Ten slotte worden ook met dit apparaat alle proefobjecten beproefd, terwijl zij zich in een „vochtigheidscel” bevinden.

Alle in deze publicatie te noemen vastheden zijn steeds gemiddelden van ten minste acht bepalingen.

In de volgende tabel zijn de resultaten opgenomen van de metingen op proefcilinders, welke bestaan uit 4 gew.—deelen Madjalaja-zand en 1 gew.—deel Bandoeng-lixivium, bij verschillend vochtgehalte gecomprimeerd in de Böhme-machine door telkens 150 hamerslagen.

De gevonden draagkrachten geven aanleiding tot eenige belangrijke conclusies. Worden zij eveneens in de eerder genoemde figuur grafisch uitgezet, dan blijkt er een stabiliteitsmaximum van circa 33 kg/cm² te bestaan bij een vochtgehalte van 8,5 %. Dit maximum correspondeert dus *niet* met de top C_t van de desbetreffende dichtheidscurve.

Hieruit volgt niet alleen, dat het onjuist is om *zonder meer* te zeggen, dat het dichtste mengsel ook de hoogste draagkracht zal bezitten, maar ook, dat er nog een anderen factor moet bestaan, welke invloed heeft op het draagvermogen van het gecomprimeerde mengsel.

TABEL I
Madjalaja-zand : lixivium = 4 : 1.

vocht in % droge stof	dichtheid kubus	dichtheid cylinder	holle-ruimte cyl in vol. %	draagver- mogen cyl. in kg/cm ²
0	—	—	—	1,3
2	—	—	—	2,0
4	—	1,56	40,6	3,6
6	—	1,68	36,1	7,4
8	1,40	1,78	32,5	21,3
9	—	—	—	30,6
10	1,56	1,86	29,2	24,0
12	1,67	1,90	27,7	13,2
14	1,74	1,89	28,1	7,5
16	1,74	1,84	30,0	4,4
18	1,70	1,78	32,5	2,3
20	1,64	1,71	34,9	1,4
22	—	1,62	38,4	0,6

Dit blijkt ten duidelijkste door de resultaten, welke verkregen zijn met cylinders van 8 %- en 18 %-vochtgehalte, met elkander te vergelijken. In beide gevallen is dezelfde dichtheid van 1,78 bereikt. Niettemin vertoonen de gevonden draagkrachten een groot verschil, waaruit geconcludeerd kan worden, dat de stabiliteit ook in sterke mate afhankelijk is van den vochtigheidstoestand, waarin het proefobject verkeert. Hoe hooger het vochtgehalte van een mengsel van bepaalde dichtheid is, hoe lager het draagvermogen ervan zal zijn. De laagste waarde voor de stabiliteit wordt bereikt, zoodra het gecompriëerde mengsel met water verzadigd is.

In dit verband dringen zich de volgende vragen op den voorgrond:

- 1e. hoeveel vocht een mengsel van bepaalde dichtheid in staat is maximaal op te nemen; en
 - 2e. hoe hoog de rest-stabiliteit zal zijn in den toestand van saturatie.
6. Als men — zooals Proctor — aanneemt, dat de gronddeeltjes een onveranderlijk volume bezitten, is de eerste vraag door een eenvoudige berekening te beantwoorden, indien van het gecompriëerde mengsel bekend zijn:
- a. het soortelijk gewicht der samenstellende deelen;
 - b. het gewicht of de dichtheid ervan, en
 - c. het volume.

Nemen wij als voorbeeld de proefcylinder uit tabel I, welke met 8% (gewichts-procenten op de droge stof) water is verdicht.

Het s.g. van het zand = 2,654; het s.g. van het lixivium = 2,577; daaruit volgt, dat het s.g. van het mengsel, bestaande uit 4 gew.-deelen zand en 1 gew.-deel lixivium: 2,638 bedraagt.

Uit de gevonden dichtheid van 1,78 en het bekende volume van het proefobject van 19,700 cm³, is het oorspronkelijke natgewicht van den cylinder te reconstrueeren, nl. $1,08 \times 1,78 \times 19,700 = 37,871$ gram. Daar het droog gewicht $1,78 \times 19,700 =$

35,066 g bedraagt, volgt hieruit, dat aan water is toegevoegd $37,871 - 35,066 = 2,805$ gram. Nemen wij nu aan, dat noch het zand, noch het lixivium, water absorbeert, dan zal al het toegevoegde water in het aanwezige poriënvolume gaan zitten. In het beschouwde geval zal het „aanmaak”-water een volume hebben ingenomen van $2,805 \text{ cm}^3$, d.i. $14,24\%$ van het totaal-volume van het proef-object.

Het volume door de vaste stof ingenomen bedraagt: $35,066 / 2,638 = 13,293 \text{ cm}^3$. Daaruit volgt voor de holle-ruimte: $19,700 - 13,293 = 6,407 \text{ cm}^3 = 32,52 \text{ vol. } \%$, een cijfer, dat ook in tabel I is opgenomen.

Wordt nu de cylinder aan vochtopname blootgesteld, dan zou bij verzadiging of saturatie het meeste water zijn opgenomen, indien alle in de holle-ruimte eerst aanwezige lucht successievelijk door water verdrongen werd. Hieruit volgt dus, dat ons proef-object maximaal $6,407 \text{ g}$ water zou kunnen opnemen of $18,3\%$ berekend op het droog-gewicht van de daarin aanwezige vaste stof.

Op deze wijze is voor alle punten der dichtheids-curve het maximaal bereikbare vochtgehalte te berekenen. Brengen wij de uitkomst over op de grafiek, dan ontstaat een kromme, welke het verband aangeeft tusschen dichtheid en vochtgehalte van den cylinder bij den toestand van volledige vulling der holle-ruimten met water. Deze curve, door Proctor „zero-air-voids”-curve genoemd (omdat zij den toestand weergeeft, waarbij er geen lucht meer in de holle-ruimte aanwezig is), snijdt de ordinaat in een punt, dat het s.g. (in ons geval $= 2,638$) van de vaste stof bij een vochtgehalte $= 0$ voorstelt.

Om deze afleiding experimenteel te toetsen werden proefcylinders vervaardigd met ten naasten bij het optimum vochtgehalte. Hiervan werden op de boven beschreven wijze de dichtheid en het poriën-volume berekend en daarna de cylinders in de gelegenheid gesteld om in de absorptie-bak zoo veel water op te nemen als hun mogelijk was. De resultaten van deze proef waren:

grondmengsel: zand-lixivium	4:1
watergehalte bij aanmaak	15 gew. %
dichtheid " "	1,87
totaal poriën-volume	29,09 vol. %

Met lucht gevuld poriën-volume 1,06 "

(welke bij algeheele vulling met water een gewichts-toename zouden veroorzaken van 0,57 gew. %).

De waargenomen gewichts-vermeerdering bedroeg:

na 24 uur: 2,8 gew. %

" 7 dagen: 6,0 "

Er blijkt dus meer water te worden geabsorbeerd dan met het oorspronkelijk beschikbaar poriën-volume overeenkomt. Dit zou eenerzijds verklaard kunnen worden door de eigenschap van bepaalde grond-bestanddeelen om bij wateropname te zwellen, anderzijds door de wijziging in capillaire krachten bij veranderingen in den vullingsgraad der poriën.

Het bovenstaande toont, dat voor monsters als de onderzochte proefcilinders, de wateropname niet kan worden voorspeld uit de berekening der z.g. „air-voids”, als door Proctor aangegeven wordt. Wel dient echter in gedachten gehouden te worden, dat Proctor zijn methode ontwikkeld heeft t.b.v. grond- „lagen” in aarden dammen. Daar wordt de grond zoowel zijdelings gesteund als door de bovenbelasting blijvend samengedrukt. En deze beide factoren zullen invloed uitoefenen op eventueele volume-veranderingen en daarmee op het vermogen tot wateropname. Bij wegverhardingen en vlak daaronder gelegen lagen, heeft men wel met zijdelingschen steun te rekenen, doch de bovenbelasting kan daar praktisch worden verwaarloosd. Verder onderzoek zal moeten aantoonen, welken invloed deze toestand op de wateropname heeft, doch in de praktijk is zoo sterk mogelijke comprimeering steeds gewenscht.

7. De tweede gestelde vraag was, hoe groot de resteerende draagkracht zou zijn bij maximale wateropname.

Uit het voorgaande is reeds gebleken, dat deze wateropname niet steeds kan worden voorspeld uit de berekening der holle-ruimte. Ook al zou echter bij grond in aarden dammen de wateropname beperkt blijven tot de „air-voids”, dan nog mag de draagkracht van den grond niet worden afgeleid uit de stabiliteits-waarden van grondmonsters, gecompriimeerd bij verschillend vochtgehalte, zooals deze gegeven zijn in tabel I van par. 5 en vertolkt in de grafiek. De daarin aangegeven draagkrachten hebben n.l. slechts betrekking op grond, die bij een bepaald watergehalte een eveneens bepaalde dichtheid heeft, d. w. z. correspondeeren met punten gelegen op de gegeven dichtheids-curve. Zou men bij één zelfde watergehalte hieruit gevolgtrekkingen willen maken voor grond, waarvan alle poriën gevuld zijn met water (dus grond, die niet meer correspondeert met een punt op de dichtheids-curve), dan verzuimt men in rekening te brengen, dat in dergelijken grond geen met lucht gevulde poriën aanwezig zijn en dus de capillaire bindings-krachten zijn opgeheven.

De draagkracht van de in par. 6 beschreven proef-cylinder bedroeg dan ook na 24 uur vochtig stellen slechts $0,6 \text{ kg/cm}^2$, terwijl deze na 7 dagen vochtig stellen te klein was geworden om bepaald te kunnen worden. Zou men de draagkracht afgeleid hebben uit het vochtgehalte en de stabiliteitslijn in de grafiek, dan zou men na 24 uur en 7 dagen vochtig stellen (vochtgehalte resp. 17,8 en 21,0 %), draagkrachten moeten vinden van resp. 2,7 en $1,0 \text{ kg/cm}^2$.

Voorloopig kan uit de boven gestelde beschouwingen dus geen in cijfers bepaalde draagkracht worden afgeleid, die resteert bij maximale wateropname. Slechts blijkt in 't algemeen bij toenemend watergehalte de draagkracht kleiner te worden.

8. Deze wateropname, gepaard gaande met zwelling is een typische eigenschap der uiterst fijne, colloïdale bestanddeelen

van den grond. Indien nu deze eigenschap aan die deeltjes in voldoende mate ontnomen kan worden, zouden dus de wateropname en het verlies aan draagkracht beperkt kunnen worden. In dit geval zou dus de zienswijze van Proctor—zoo al niet volkomen dan toch ten deele—ook voor zijdelings niet gesteunde en onbelasten grond weer in waarde winnen.

Dit is nu wat in de laatste jaren vooral in Amerika een dankbaar onderwerp van studie is geweest en wordt aangeduid als grondstabilisatie door middel van het toevoegen van bepaalde toeslagmaterialen aan grond of aan zand-kleimengsels. Door het „U. S. Bureau of Public Roads” e.a. zijn terzake vele belangwekkende onderzoeken verricht, welke zoowel voor de praktijk als de methodiek van onderzoek, vruchtbare resultaten hebben afgeworpen.

Voortbouwende op deze onderzoeken, heeft de N. I. W. V. in eerste instantie een vergelijkend onderzoek ingesteld naar de stabiliseerende werking van enkele hier te lande daarvoor meest in aanmerking komende stabilisatie-middelen, als: *asphalt-emulsie*, *portland-cement* en *kalk*.

Bij het gebruik van bitumineuze stabilizers stelt men zich voor, dat de gronddeeltjes omhuld worden met een asphalt-huidje, waardoor het geheel beter tegen vochtopname is bestand. Verhooging van de stabiliteit van het mengsel door de bindkracht van het bitumen is iets, dat daarbij op het tweede plan staat. Bij toepassing van portland-cement daarentegen, zou men kunnen denken aan zijn coaguleerende werking op de colloïdale kleideeltjes, ondersteund door hydraulische binding van het stabilisatiemiddel zelf, terwijl over de meer of mindere waterdichtheid van de massa a priori niets is te zeggen.

Van kalk is sinds lang bekend, dat zij met zand en klei vermengd een puddel, een zeer stabiel aggregaat dus, kan geven. Men kan een verklaring hiervoor zoeken in het feit, dat klei als verweerings-product steeds een grooter of kleiner percentage in loog oplosbaar kiezelzuur en ijzer- en alumi-

nium-oxyden bevat, waaraan het materiaal zijn meer of minder geprononceerde *tras*-eigenschappen ontleent. (Onder *hydraulische* eigenschap wordt verstaan het vermogen om onder water te verharden. Dit kan *tras* op zich zelf niet, maar pas na vermenging met kalk. *Tras*-eigenschap bezit dus een grondsoort, indien deze na menging met kalk onder inwerking van water, een verharding ondergaat).

Hieruit zou volgen, dat kalk in bijzondere gevallen, — afhankelijk van de eigenschappen van den grond of van de klei — een goed of bruikbaar stabilisatie-middel kan zijn. Bovendien heeft kalk het voordeel tot de meest economische stabilisators te behooren.

Het onderzoek beperkte zich voorloopig tot het bepalen van het draagvermogen en de waterdichtheid van proefcilindertjes, welke bestaan uit Madjalaja-zand en een roode lixivium uit Bandoeng in de vaste gewichts-verhouding van 4 : 1, waaraan verschillende hoeveelheden van het stabilisatie-middel is toegevoegd. Het is gebruikelijk om deze hoeveelheden bij de vaste stabilisators uit te drukken in % van het totale drooggewicht der componenten van het mengsel; bij de asphalt-emulsies daarentegen in % op de grond- of klei-fractie alleen. Voor de uniformiteit zijn echter alle in tabel II opgenomen stabilisator-hoeveelheden uitgedrukt in gew. % van het totale drooggewicht der samenstellende deelen.

Als compressie-apparaat werd de Böhme-machine gebruikt, waarmee de proefobjecten telkens door 150 hamerslagen werden verdicht. Het vochtgehalte tijdens de compressie is voor alle gevallen op 15% aangenomen, berekend op het drooggewicht der componenten, dus inclusief het stabilisatiemiddel. Bij toepassing van asphalt-emulsie is te bedenken, dat deze reeds water bevat, waarvan het gehalte eenvoudigheds-halve op 50% kan worden aangenomen.

Direct na de aanmaak werden de cylinders in een elektrische oven gedurende 4 dagen bij 60° tot constant gewicht gedroogd,

waarna zij in een speciaal daartoe geconstrueerde „absorptiebak” (zie hiervoor eveneens Publ. No. 179 der N.I.W.V.) werden vochtig gesteld. Een hoogere droog-temperatuur dan 60° C is ongewenscht, in verband met de kans tot scheurvorming bij de proefstukken.

Na 24 uren vochtig stellen werd de geabsorbeerde hoeveelheid water door weging bepaald en de helft van het aantal aangemaakte cylinders (meestal 16) op hun draagkracht gemeten. Deze metingen werden na 7 dagen vochtig stellen op de resteerende 8 cylinders herhaald, zoodat op deze wijze een indruk verkregen wordt van:

- 1e. de waterdichtheid van het mengsel;
- 2e. de draagkracht na 24 uren vochtig stellen, en
- 3e. de draagkracht na 7 dagen vochtig stellen; eventuele achteruitgang van deze draagkrachten wordt beoordeeld in verband met in dat tijdsverloop opgenomen hoeveelheid vocht, dus met de waterabsorptie van het mengsel.

De resultaten van deze eerste vergelijkende proef zijn in ondervolgende tabel II opgenomen.

TABEL II

Madjalaja-zand: lixivium = 4 : 1

stabilisators in gew. % op (zand + grond); vochtgehalte = 15 % op (zand + grond + stabilisator). Proefcylinders direct na aanmaak in de oven.

Stabilisator in %	vocht- opname na 24 uren	draagkracht in kg/cm ²	vocht- opname na 7 dagen	draagkracht in kg/cm ²
zonder	17,8%	0,6	21,0%	—
cement — 5%	15,0	7,8	16,5	10,0
„ — 10%	16,2	15,8	—	—
emulsie — 3%	6,1	5,3	10,0	3,0
„ — 4%	4,8	5,9	9,1	2,9
„ — 10%	3,5	9,5	—	—

De verbetering in draagkracht door toevoeging der stabilisators is het best te beoordeelen in vergelijking met het onbehandelde monster, waarvoor slechts de zeer lage waarde van $0,6 \text{ kg/cm}^2$ gevonden werd. Na 7 dagen vochtig stellen waren de onbehandelde proefcilinders zoo vochtig en zacht, dat daarop geen stabiliteitsmetingen meer waren te doen.

Het terugloopen van de draagkracht na 7 dagen vochtig stellen der met emulsie behandelde mengsels behoeft o.i. niet als een verontrustende factor te worden beschouwd. In de eerste plaats is uit eerder verrichte onderzoeken (zie hiervoor meergenoemde Publ. No. 179) gebleken, dat de draagkracht na 7 dagen vochtig stellen praktisch haar laagste waarde heeft bereikt, welke toch nog circa $5 \times$ zoo hoog is als van het onbehandelde monster, terwijl in de tweede plaats eveneens gebleken is, dat het langdurig vochtig stellen slechts een tijdelijken nadeeligen invloed uitoefent op het draagvermogen. Na uitdroging stijgt de waarde ervan wederom tot praktisch het oorspronkelijk niveau.

Het verhoogen van het emulsie-gehalte van 3 tot 4 %, hetgeen een vermeerdering der toegevoegde hoeveelheid emulsie beteekent met 33 %, levert slechts een kleine winst in draagvermogen op. Blijkbaar ligt dus uit een economisch oogpunt bezien, het optimum emulsie-gehalte voor de praktische toepassing in de buurt van 3 %. De proef met 10% emulsie, welke uiteraard voor praktische toepassing nimmer in aanmerking gebracht zou kunnen worden, heeft slechts theoretische waarde. Bij toevoeging n.l. van 10% emulsie (of 50% op de grond-fractie alleen) heeft men evenveel bindmiddel gebruikt als bij toepassing van 5 % cement.

Ten aanzien van de stabiliseerende werking van cement en asphaltemulsie zijn op vele punten belangrijke verschillen te constateeren. De draagkracht bij cement-stabilisatie is zonder twijfel gunstiger dan bij het gebruik van asphalt-emulsie. Daarentegen is de waterabsorptie met emulsie veel lager,

zoodat men bij stabilisatie met cement zeggen kan, dat het mengsel daardoor wel harder wordt, doch poreus blijft, terwijl met emulsie als stabilisatie-middel, het mengsel minder draagkracht bezit, doch meer waterdicht wordt.

Bij gebruik van cement doet zich verder nog het op het eerste gezicht merkwaardige verschijnsel voor, dat de draagkracht na 7 dagen vochtig stellen van het proefobject grooter wordt in stede van kleiner. Toch behoeft dit bij nader inzien geen verwondering te wekken, indien wij bedenken, dat cement altijd een zekere hoeveelheid vocht en tijd noodig heeft om te verharden.

In dit verband was het wenschelijk een nieuwe serie proeven in te zetten met cement als stabilisator, waarbij echter de proefcilinders na de verdichting in de Böhme-machine *eerst gedurende eenigen tijd vochtig werden gehouden*, alvorens hen bij 60°C te drogen. De tijdsduur van vóór-bevochtiging werd daarbij gevarieerd van 7 dagen tot 2 maanden, daar het van cement bekend is, dat het verhardingsproces zich over verscheidene maanden kan uitstrekken.

Uit deze in de op de volgende blz. in tabel III weergegeven resultaten zijn voor de praktijk belangrijke conclusies te trekken.

Bij vergelijking van de cijfers uit tabel III met die uit tabel II, komt duidelijk de te verkrijgen winst in draagvermogen naar voren, indien bij cement-stabilisatie het mengsel na het leggen nog eerst gedurende eenigen tijd wordt vochtig gehouden. Een vóórbevochtiging gedurende een week, kan als voldoende worden beschouwd, daar langere tijdsduren praktisch geen verandering in draagkracht geven.

Terwijl de met asphalt-emulsie gestabiliseerde mengsels na een week vochtig te zijn gesteld zeer sterk hun draagvermo-

Sta
cen
cer
cer
cer

TABEL III.

Madjalaja-zand: lixivium = 4 : 1

Stabilisator in gew. % op (zand + grond); vochtgehalte = 15% op (zand + grond + stabilisator). Proefcilinders na aanmaak eerst 7 dagen – 2 maanden vochtig gehouden, alvorens hen te drogen.

Stabilisator in %	vocht- opname na 24 uur	draagkracht in kg/cm ²	vocht- opname na 7 dagen	draagkracht in kg cm ²
<i>tijdsduur vóórbevochtiging = 7 dagen</i>				
cement – 3%	16,2 %	5,8	17,5 %	6,7
„ – 4	15,8	11,0	16,7	13,2
„ – 5	15,9	18,5	16,5	19,0
„ – 10	15,5	30,1	17,4	45,2
<i>tijdsduur vóórbevochtiging = 2 weken</i>				
cement – 5%	15,4	17,6	—	—
<i>tijdsduur vóórbevochtiging = 1 maand</i>				
cement – 5%	15,8	16,6	—	—
<i>tijdsduur vóórbevochtiging = 2 maanden</i>				
cement – 5%	16,0	17,5	—	—

gen inboeten, ondergaan de met cement behandelde proef-
objecten nagenoeg geen verandering. In de meeste gevallen
wordt zelfs een geringe toename in draagkracht geconstateerd.
Daartegenover staat echter weer, dat de waterabsorptie bij
cement-stabilisatie zooveel grooter is. Deze grootere poreus-
heid zou in landen met vorst-bezwaar een ernstig nadeel
kunnen vormen (naar vernomen werd heeft dit zich in Neder-
land in den afgelopen scherp winter reeds doen gelden);
voor het Indische klimaat wordt hierin echter geen groot
bezwaar gezien.

Er moet op worden gewezen, dat de verkregen stabiliteitscijfers op proefcilinders slechts als relatief moeten worden beschouwd. Vanzelfsprekend kan een geheel vrij staand cylindertje van zand en klei slechts een veel kleineren druk per cm^2 verdragen dan een laag van hetzelfde materiaal, waar een belast oppervlak zijdelings steun vindt. De in deze publicatie gegeven cijfers betreffen de cylinder-drukvastheid — bij een wegverharding gaat het om de stempel-drukvastheid, die hoger is.

Deze verschillende vastheidsmaten hangen ten slotte alle af van de basis-grootheden van het materiaal: de cohesie en de hoek van inwendige wrijving. Hieruit is de stempeldrukvastheid (wig-drukvastheid) te berekenen. Voor het gebezigde Madjalaja-zand en Bandoeng-lixivium 4 : 1 bedroeg deze met de onderscheiden stabilisatie-middelen: cement, kalk en asphalt-emulsie respectievelijk: 150-300, 100-200 en 25-50 kg/cm^2 . Dergelijke weerstanden tegen stempel-indrukking zouden zeker voldoende zijn om de drukken der tegenwoordige voertuigen op luchtbanden te kunnen verdragen, zonder dat het materiaal zijn samenhang verliest. Er dient echter mede gerekend te worden, dat in de praktijk niet zulk een sterke verdichting verkregen zal worden als op de laboratorium-proefcilinders. Nader onderzoek zal moeten uitmaken, welke mate van verdichting noodzakelijk is om voldoende waarborg te hebben, dat beschadiging der bovenzijde aan zulk een gestabiliseerde laag door overschrijding van het evenwichts-draagvermogen (dus afschuiving en oppersing in de gestabiliseerde laag zelf) uitgesloten is.

De vraag, of een bepaalde verharding voldoende sterkte zal bezitten, dient echter nog op een ander punt te worden onderzocht, n.l. of de verharding als geheel genomen, sterk genoeg is voor de te dragen lasten, dan wel gevaar loopt te breken en in den ondergrond te worden weggedrukt. Voor beoordeling hiervan is naast de zwaarte der lasten en de sterkte van het verhardingsmateriaal ook de draagkracht van den

ondergrond een factor. Hiervoor zal in bepaalde gevallen een grondmechanisch onderzoek nuttige aanwijzingen kunnen geven; bij ontbreken daarvan zal de dikte van de aan te leggen verhardingslaag naar schatting moeten worden vastgesteld.

7. Vervolgens dringt zich de vraag op, of de invloed van het stabilisatie - middel onder de verschillende atmosferische omstandigheden (voornamelijk onder den invloed van water) duurzaam is, m.a.w. of door herhaalde wisseling in vochtgehalte geen achteruitgang in sterkte kan plaats vinden.

Om dit na te gaan worden gestabiliseerde mengsels aan een duurzaamheidsproef onderworpen, welke bestaat uit het afwisselend drogen en bevochtigen der proefcilinders. Een cyclus hiervan is opgebouwd uit:

1. het drogen in de oven bij 60° C gedurende 24 uren, en
2. het bevochtigen in den absorptie-bak gedurende 24 uren, waarna de draagkracht gemeten wordt.

Eventuele achteruitgang in stabiliteit wordt beoordeeld in verband met het aantal doorlopen cycli.

Teneinde eenig inzicht te krijgen in het gedrag terzake van het met 5% cement gestabiliseerde materiaal, werden hiervan 60 cilinders vervaardigd, welke eerst gedurende 7 dagen vochtig werden gehouden. Vervolgens gingen alle 60 cilinders voor 24 uren de oven in, waarna zij wederom gedurende 24 uren in de absorptie-bak kwamen. Na deze bevochtiging (1e cyclus) werden op 6 willekeurig gekozen cilinders de draagkracht gemeten. Het restant van 54 cilinders werd dan voor 24 uren aan een tweede droging onderworpen. Na daarop volgende 24 uren bevochtiging van alle 54 cilinders (2e cyclus), werd wederom de draagkracht op 6 cilinders bepaald, enz.

De verkregen resultaten zijn in extenso in tabel IV opgenomen.

Uit de cijfers kan worden geconcludeerd, dat het absorptievermogen en de draagkracht na 10 cycli praktisch geen verandering hebben ondergaan.

TABEL IV.

Madjalaja-zand: lixivium = 4:1

Gestabiliseerd met 5 % cement. Gecomprimeerd bij 15% vocht.

Na cyclus	vochtopname in gew. %	draagkracht in kg/cm ²
I	15,3	18,9
II	15,0	18,6
III	16,5	18,6
IV	16,4	17,6
V	16,3	19,2
VI	15,5	18,1
VII	16,1	19,3
VIII	15,8	18,2
IX	16,0	17,9
X	15,9	18,5

8. Reeds eerder werd uiteen gezet, dat ook kalk op bepaalde grondsoorten een stabiliseerende werking kan uitoefenen.

Inderdaad werden bij het meer beproefde mengsel van 4 deelen Madjalaja-zand en 1 deel Bandoeng-lixivium reeds met 5% kalk draagkrachten verkregen, welke slechts weinig verschilden van die met 5% cement. De poreusheid bleek iets grooter te zijn. Na een 24-urige bevochtiging absorbeeren de proefcilinders gemiddeld 17,0% water.

De dichtheid van 1,81—1,82, verkregen bij compressie in de Böhme-machine door 150 hamerslagen was iets lager dan die met de andere stabilisatie-middelen bereikt. Met 3% asphalt-emulsie (of 15% op het klei-gewicht) werd onder dezelfde omstandigheden een gemiddelde dichtheid van 1,85 verkregen en bij stabilisatie met 5% cement: 1,88.

Wil men deze dichtheden vergelijken met de Amerikaansche minimum eischen op dit gebied, dan dient bedacht, dat de Böhme-machine een sterkere verdichting geeft dan het in Amerika gebruikelijke Proctor-toestel.

Zoo gaf meergenoemd grondmengsel met 5% cement in het Proctor-toestel een dichtheid van 1,68. Men mag dus verwachten dat met asphalt-stabilizer en kalk in het Proctor-toestel dichtheden tusschen 1,60 en 1,68 te verkrijgen zijn. Waar in Amerika voor stabilisatie-doeleinden veelal een minimum Proctor-dichtheid van 1,60 verlangd wordt, blijkt, dat de dichtheden der door de N.I.W.V. onderzochte mengsels nog even boven dit minimum liggen.

TABEL V

Madjala-zand: lixivium = 4 : 1

Stabilisator in gew. % op (zand + grond); vochtgehalte = 15% op (zand + grond + stabilisator). Proefcilinders na aanmaak eerst 7 dagen vochtig gesteld, alvorens hen te drogen.

Stabilisator in %	vocht- opname na 24 uren	draagkracht in kg/cm ²	vocht- opname na 7 dagen	draagkracht in kg/cm ²
kalk — 5%	17,0	15,6	17,2	15,4
„ — 10	14,8	16,0	14,9	16,2

Door verdubbeling van het kalkgehalte tot 10 % wordt de poreusheid wel iets gedrukt, doch praktisch geen winst in draagvermogen verkregen.

Bij de duurzaamheids-proef is er bij stabiliseering met 5 % kalk wel een tendens merkbaar van achteruitgang in stabiliteit. Reeds bij de 4e cyclus was de draagkracht met circa 20 % verminderd om verder tot de 10e cyclus constant te blijven. Waar de draagkracht nog een eindwaarde heeft van 12 kg/cm² behoeft dit verschijnsel voor de praktische bruikbaarheid van kalk niet als een verontrustende factor te worden beschouwd.

Dat er bij stabilisatie met kalk naast de bij cement reeds aangestipte coagulatie sprake kan zijn van een of meerdere

chemische reacties bij het verhardings-proces, vindt een steun in de omstandigheid, dat proef-cylinders met fijn verpulverde kalksteen (CaCO_3) in plaats van kalk (CaO) niet de minste draagkracht hebben getoond. Dit pleit te meer voor de reeds eerder na overleg met het Laboratorium voor Materiaal-onderzoek opgestelde hypothese, dat de stabilisatie met kalk een gunstig dan wel ongunstig resultaat geeft al naar de betrokken grondsoort meer of minder in loog oplosbare verbindingen bevat. Dit punt wordt thans door het Laboratorium voor Materiaalonderzoek verder nagegaan en de resultaten van dit onderzoek dienen eerst te worden afgewacht.

9. Alle in het vorenstaande besproken resultaten en verschijnselen leiden er toe om aan te nemen, dat de stabiliseerende werking van cement en kalk van een ander karakter is dan die van asphalt. Bij bitumen-stabilisatie in 't algemeen neemt men aan, dat de mineraaldeeltjes beschermd worden door een omhullende bitumen-film, waardoor zij niet meer in staat zijn om water op te nemen. Mede in verband met het feit, dat asphalt zich moeilijk door water laat bevochtigen, waardoor de capillaire opstijging van water in de poriën in sterke mate belemmerd wordt, is de waterdichtheid van met bitumen behandelde mengsels alleszins verklaarbaar. Vergelijkt men thans het absorptie-vermogen der met cement en kalk behandelde proefobjecten met die van de onbehandelde zandgrond-mengsels, dan ziet men, dat het in al deze gevallen van dezelfde orde is. Waar deze beide stabilisatie-middelen zich gemakkelijk door water laten bevochtigen, blijkt dit laatste ongehinderd in het capillaire celwerk te kunnen doordringen.

Geheel bevredigende verklaringen voor de verschijnselen, welke zich bij de grond-stabilisatie voordoen zijn nog niet te geven. De beantwoording van de vraag, hoe men zich de stabiliseerende werking van asphalt-emulsie eenerzijds en cement en kalk anderzijds heeft voor te stellen is inderdaad

van essentieel belang, ten einde op snellere wijze het stabilisatie-probleem tot oplossing te kunnen brengen.

In dit verband zal het N.I.W.V.-laboratoriumonderzoek in verschillende richtingen moeten worden uitgebreid. Eerstens bezitten onderscheiden in de praktijk voorkomende zandsoorten verschillende korrel-gradaties en zal dus onderzocht moeten worden de invloed van deze gradatie op de stabiliteit, welke met elk der drie stabilizers bereikt wordt. Ten tweede zal nagegaan worden de invloed van het gebruik van verschillende (klei)-grondsoorten, waarbij vastgesteld moet worden of er inderdaad een correlatie is en zoo ja welke, tusschen bepaalde physische dan wel chemische eigenschappen van den grond en de te verkrijgen stabiliteits-waarden.

Ten slotte is er in het N.I.W.V.-laboratorium tot nu toe nog maar met één soort zand geëxperimenteerd. De bedoeling is het onderzoek ook uit te breiden tot meerdere zandsoorten, waarvan de kwaliteit (ook in ander opzicht dan korrel-gradatie) sterk uiteen loopt.

Bij dit onderzoek kunnen de in Amerika ter zake verkregen resultaten — b.v. de in K. O. V. No. 375 gepubliceerde voorschriften van de American Association of State Highway Officials — nuttige aanwijzingen geven, doch de groote verschillen in bodemgesteldheid en klimaat zullen het waarschijnlijk onmogelijk maken zulke voorschriften zonder meer over te nemen.

10. Ten slotte moge een enkel woord gewijd worden aan de omschrijving van het gebruik, dat van gestabiliseerde mengsels bij den aanleg van wegverhardingen gemaakt kan worden en de omstandigheden, waarin zoo'n gebruik voordeel kan opleveren.

Alle gestabiliseerde grondmengsels hebben slechts een betrekkelijk kleinen weerstand tegen afslijting: ze zijn min of meer rul, zooals zeer magere mortel. Het zal dus zelden

mogelijk zijn het wegoppervlak uit zulk een onbeschermd mengsel te laten bestaan, daar zulks gewoonlijk te sterke aantasting ten gevolge zou hebben.

Dit bezwaar kan op twee wijzen bestreden worden, n.l. of door in het gestabiliseerde grondmengsel steenstukken op te nemen of door het af te dekken met een laag, die wel een grooten afslijtingsweerstand heeft of door beide middelen te zamen. In het eerste geval zijn het de aan de wegoppervlakte bloot komende steenstukken, die de slytage opvangen. Bij vergrooting van de hoeveelheid steen in het mengsel komt men zoo ten slotte tot een soort macadam- of grindweg, waarvan het zich tusschen de steen- of grindstukken bevindende vulmiddel uit gestabiliseerden grond bestaat. In het tweede geval kan op de gestabiliseerde laag een normale slijtlaag van steenslag worden aangebracht, dan wel deze weggelaten en direct op de gestabiliseerde laag een asphaltbedekking (oppervlakte-asphalteering, tapijt, e.d.) worden aangebracht.

Welk van deze maatregelen het meeste aanbeveling zal verdienen is vooruit niet algemeen geldig te zeggen. Dit zal afhangen van den aard en den prijs der plaatselijk verkrijgbare minerale stoffen, van het gebruikte stabilisatie-middel, het verkeer, enz.

Samenvattend kan men zeggen, dat het gestabiliseerde mengsel kan dienen als een deel — en soms zelfs als een zeer groot deel — van een wegverharding, doch dat meestal aan de oppervlakte een bijzondere voorziening tegen afslijting noodig zal zijn.

In de tweede plaats komt de vraag, waar dit procédé met voordeel zal kunnen worden toegepast.

Dit voordeel zal vanzelfsprekend het grootste zijn als de plaatselijke grond zoodanig van aard is, dat stabilisatie daarvan zonder toevoeging van andere minerale stof reeds mogelijk is. Het is vooral op dit punt, dat blijkens de literatuur men in de U. S. A. veelal in een voordeliger conditie verkeert dan hier te lande. Daar komt blijkbaar in vele gevallen grond

voor, die op zich zelf aan de betrokken eischen voldoet. In Indië daarentegen werd voor zoover ons bekend nog maar enkele malen zulke grond aangetroffen. Het is echter niet onmogelijk, dat nader onderzoek zal aantoonen, dat de in Amerika voor de grondsamenstelling gebruikelijke eischen gewijzigd zouden kunnen worden en zonder het goede eindresultaat te benadeelen in voor Indië gunstiger vorm zouden kunnen worden gebracht.

Ten tweede zal van de grond-stabilisatie belangrijk voordeel getrokken kunnen worden, indien steen in de betrokken streek schaarsch — en dus kostbaar — is. Onze gebruikelijke wegverhardingen zijn grootendeels samengesteld uit steenstukken (grootte steen, steenslag, grind). De stabilisatie-methode geeft de mogelijkheid om zonder deze steenstukken een wegverharding te leggen, waarbij als minerale stoffen alleen grond (zand en klei) noodig is.

In dit verband kan worden teruggekomen op de hierboven aangegeven methode om steenstukken te verwerken in het gestabiliseerde grondmengsel. Dit zal natuurlijk slechts worden toegepast daar, waar steen niet te kostbaar is, n.l. per volume-eenheid minder duur dan het gestabiliseerde mengsel zelf. Voor „steenarme” streken komt deze werkwijze dus minder in aanmerking. Voor streken, waar steen wel ruim voorkomt is echter één der boven uiteengezette primaire voordeelen der stabilisatie (het niet gebruiken van duur steenmateriaal) reeds vervallen. Dan blijven slechts secundaire voordeelen over, die, afhankelijk van plaatselijke toestanden en te kiezen stabilisatie-middel, verschillend kunnen zijn (b.v. vastere ligging der steenstukken in de macadamlaag, waterdichtheid van de laag, snel walswerk). Hoewel ook deze voordeelen op zich zelf noemenswaard kunnen zijn, zal daarop hier niet nader worden ingegaan, daar een volledig afwegen daarvan dient te berusten op de resultaten van het verdere stabilisatie-onderzoek, dat in de vorige paragraaf van deze publicatie werd aangekondigd.

