

BIBLIOTHEEK
DER
TECHNISCHE HOOGESCHOOL

No. 202

4-2-42

PUBLICATIE

VAN DE

NEDERLANDSCH-INDISCHE WEGENVEREENIGING

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



GRONDSTABILISATIE-PROEVEN

No. 3

STABILISATIE MET KALK

A. G. R. H. A. O. S. A. N. D. O. S. H. S.

Enheidsformaat A 5.

1005 F 40-44

GRONDSTABILISATIE-PROEVEN.

No. 3.

STABILISATIE MET KALK

1. Inleiding.

In het Laboratorium der N.I.W.V. werden in 't bijzonder gedurende de laatste 2 jaren uitgebreide proefnemingen verricht met gestabiliseerde grondmengsels. In 1939 werden in publicatie no. 179 de eerste resultaten op dit gebied vermeld en vervolgens in 1940 in publicatie no. 194 meer uitvoerige uitkomsten weergegeven. Aanvankelijk werden uitsluitend proeven genomen met stabiele asphalt-emulsies. Later werd het onderzoek uitgebreid tot portlandcement, waarvan uit de literatuur bekend was, dat dit materiaal eveneens met succes kon worden toegepast.

Nadat in het laboratorium met portlandcement eveneens goede resultaten waren verkregen, werd de mogelijkheid onder de oogen gezien, of wellicht ook niet met kalk als stabilisatiemiddel goede uitkomsten zouden kunnen worden bereikt. In het buitenland worden behalve stabiele asphalt-emulsies en P. C. ook cutback, teer, NaCl en CaCl_2 als stabilisatiemiddel toegepast, doch kalk werd hierbij nooit genoemd. Toch was een proef met gebluschte kalk, zooals die voor bouwdoeleinden wordt gebezigd, aanlokkelijk, daar hier te lande reeds geruimen tijd geleden de zgn. kalk-puddel (mengsel van kalk, klei en zand) van de B. O. W. in speciale gevallen met succes was toegepast.

In publicatie no. 194 werden reeds de eerste uitkomsten vermeld betreffende een mengsel van Madjalaja-zand en lixi-

vium en kalk, waarbij bleek, dat evenals met P. C. behoorlijke vastheden kunnen worden bereikt. Sindsdien zijn op vele andere mengsels en ook op grondsoorten, welke van nature reeds een gunstige gradatie hebben, met 't oog op stabilisatie, de proeven met kalk als stabilisatie-middel voortgezet. Hierbij werden de eerst gevonden uitkomsten bevestigd en bleek dus, dat in vele gevallen ook kalk met succes als stabilisatiemiddel kan worden toegepast.

Evenals met asphalt-emulsie en P. C. is reeds een hoeveelheid van ca. 5 gew. % kalk op de aanwezige klei en zand voldoende om een goede stabilisatie te verkrijgen, waaronder dan wordt verstaan het draagkrachtig blijven van den gestabiliseerden grond niet alleen in drogen, maar ook in vochtigen toestand. Voor bijzonderheden omtrent de in het NIWV-laboratorium gevolgde beproevingsmethoden, zij verwezen naar publ. no. 194.

Het groote voordeel van kalk als stabilisatiemiddel is in de eerste plaats de geringe prijs en in de tweede plaats, en dat geldt in 't bijzonder onder de huidige oorlogsomstandigheden, dat kalk in zeer vele streken in voldoende hoeveelheden plaatselijk verkrijgbaar is. In het algemeen kan gezegd worden, dat met kalk veelal bijna dezelfde vastheid wordt bereikt als met portlandcement en een ten minste even groote vastheid als met stabiele asphalt-emulsie.

Zooals reeds in publ. 194 is uiteengezet en thans ook door laboratoriumonderzoek werd bevestigd, levert het toevoegen van tras of roode cement aan de kalk voor stabilisatie-doel-einden in het geheel geen voordeel op.

2. Algemeen.

Naast het laboratorium-onderzoek is thans zoowel op de proefbaan der N. I. W. V. als op enkele proefvakken in Bali en Zuid-Celebes ook eenige praktijk opgedaan met den aanleg van met kalk gestabiliseerde verhardingen. De tot dusverre

met deze verhardingen verkregen resultaten zijn gunstig en derhalve wordt het van belang geacht de ervaringen welke bij den aanleg in de praktijk zijn opgedaan, ter algemeene kennis te brengen, opdat hiervan bij de constructie van andere proefvakken kan worden geprofiteerd. Tevens zijn deze mededeelingen bedoeld ter aanmoediging van het nemen van nog meer proeven met deze nieuwe methode, waarmede in vele gevallen goede en toch goedkoope verhardingen kunnen worden vervaardigd.

3. *De materialen.*

Tot op zekere hoogte zijn gestabiliseerde verhardingen te vergelijken met beton. Terwijl bij beton P. C. als bindmiddel fungeert, dat de zand- en grindkorrels stevig aan elkaar bindt, is bij een gestabiliseerde verharding de klei het bindmiddel. In drogen toestand zal een dergelijk kleibeton meestal sterk genoeg zijn om als wegverharding dienst te kunnen doen, doch om ook in natten toestand nog voldoende draagkrachtig te zijn, wordt aan de klei een zekere hoeveelheid kalk (of een ander stabilisatie-middel) toegevoegd, waardoor de klei wordt „gestabiliseerd”; d.w.z. in meerdere of mindere mate resistent gemaakt tegen den verweekenden invloed van water.

Indien in de natuur reeds een mengsel van klei, zand en eventueel grind wordt gevonden, dat een goede gradatie bezit, is het uiteraard het eenvoudigst dit onder toevoeging van een weinig kalk als wegverhardingsmateriaal te gebruiken. Is een dergelijk natuurlijk mengsel niet te vinden, dan moeten de materialen kunstmatig gemengd worden. Er zij hierbij opgemerkt, dat de in rivieren en andere vindplaatsen voorkomende sterk slibhoudende zandsoorten, welke ongeschikt zijn om als metselzand te worden gebruikt, zich juist veelal goed leenen voor stabilisatie. In Bandoeng zijn b. v. goede resultaten verkregen met zand uit de Tjikapoendoeng. Globaal kan in eerste instantie de geschiktheid worden beoordeeld

door te probeeren, of met één hand van het materiaal in vochtigen toestand een bal kan worden gekneed, die nage-noeg geen plastische eigenschappen bezit. Is er te weinig klei in het zand, dan kan er geen samenhangende bal van worden gekneed; is er te veel klei aanwezig, dan is de bal (bijna) even plastisch als gewone klei.

Omtrent de eischen, waaraan de gradatie enz. moet voldoen, kunnen nog geen nauwkeurig omschreven voorschriften worden gegeven, daar in Indië nog te weinig ervaring met gestabiliseerde verhardingen is opgedaan. Om de gedachte te bepalen, kan echter het volgende worden vermeld:

- a/ Van het materiaal, dat door de 10-mazenzeef (A. S. T. M.) gaat, moet 20-50 % ¹⁾ door de 200-mazenzeef gaan.
- b/ Het zand (materiaal tusschen de 10- en 200-mazenzeef, dus van 2-0,074 mm korrelgrootte) ²⁾ mag geen te gelijkmatige korrelgrootte bezitten.
- c/ De klei (materiaal dóór de 200 mazenzeef, dus < 0,074 mm) ²⁾ moet een voldoende hoeveelheid deeltjes < 5 μ hebben.
- d/ De maximum korrelgrootte van het te gebruiken grind of steenslag mag in 't algemeen niet grooter zijn dan ca. 3 cm.
- e/ De plasticiteit van het materiaal dóór de 40-mazen zeef mag niet grooter zijn dan 20.
- f/ De Proctor-dichtheid van het materiaal dóór de 10-mazenzeef moet ten minste 1,45 bedragen.

Indien een mengsel aan bovenstaande eischen voldoet, is het evenwel nog niet geheel zeker, dat een voldoende sterke verharding zal worden verkregen, daar o.a. ook de chemische eigenschappen van de materialen en wel in 't bijzonder van de klei van invloed zijn. In het NIWV-laboratorium wordt derhalve bovendien ook altijd de drukvastheid bepaald van

¹⁾ Indien niet anders vermeld, zijn gewichtspercentages bedoeld.

²⁾ Deze definitie is ook verder in deze publ. altijd gebruikt.

tot Proctor-dichtheid verdichte cylinders en zoo noodig van cubi en tegels.

Eerst nadat nog veel meer grondsoorten in het laboratorium zullen zijn onderzocht en de daarmee verkregen resultaten op uitgebreide schaal zijn getoetst aan de praktijk, zullen meer nauwkeurig omschreven voorschriften voor gestabiliseerde verhardingen kunnen worden opgesteld. In verband met den uiterst bescheiden omvang van het NIWV-laboratorium zal hier echter nog geruimen tijd mede gemoeid zijn. Aan de hand van de thans beschikbare laboratorium-ervaring is het NIWV-bureau evenwel in staat om van toegezonden monsters der plaatselijk beschikbare materialen, na te gaan, of deze geschikt zijn om te worden toegepast in te stabiliseeren wegverhardingen, welke mengverhouding de beste is en welk stabilisatie-middel de beste resultaten zal geven.

Onafhankelijk van de omstandigheid, of een natuurlijk mengsel wordt gebruikt, of dat kunstmatig de gewenschte gradatie wordt verkregen, kan de volgende hoofd-indeeling worden onderscheiden, naar de verhouding der te bezigen materialen:

- A. Het te stabiliseeren materiaal bestaat in hoofdzaak uit zand en klei. Mineraal aggregaat grooter dan 2 mm, dus split en steenslag, of grind (hier verder aan te duiden met „steen”) is niet aanwezig in een hoeveelheid van meer dan 40%. De aanwezige steenen dragen in elk geval niet of slechts zeer weinig bij tot de sterkte van de verharding.
- B. Er zijn meer dan 40 %, doch minder dan 60 % steenen aanwezig in het mengsel. De aanwezige steenen verhoogen de sterkte van de laag reeds in vrij belangrijke mate. De grens van 60 % steen is juist ongeveer de limiet, waarbij met betrekkelijk licht walsmaterieel toch nog een vlak bovenvlak, zonder open ruimten tusschen de steenen verkregen kan worden.

- C. Indien meer dan 60 % steenen, doch niet meer dan ca. 80 % steenen in het mengsel worden verwerkt, wordt de hier te lande reeds bekende slijtlaag met gestabiliseerd vulmiddel verkregen. Er moet thans langdurig en intensief gewalst worden, evenals bij de normale steenslag-slijtlagen, daar de steenstukken tot een stevig geraamte vast moeten worden gewalst. Hoe meer steen wordt toegepast, hoe zwaarder gewalst zal moeten worden, opdat de holle ruimten met een, bij het juiste vochtgehalte verdicht, gestabiliseerd kleizandmengsel (vulmiddel) gevuld worden.
- D. Laboratorium-onderzoek heeft uitgewezen, dat ook het in de Buitengewesten bekende materiaal „poeroh” zich met kalk laat stabiliseeren, waardoor een belangrijk sterkere laag verkregen kan worden. In de praktijk is hiermede echter nog geen ondervinding opgedaan, zoodat deze mogelijkheid hier slechts volledigheidshalve wordt vermeld.

Voor het materiaal *kalk* kan de gewone in den bouwmaterialenhandel verkrijgbare gebluschte kalk worden toegepast. De kalk moet ten minste geheel gaan door een zeef met vierkante maasopeningen van 2,5 mm (handelsgaas met 8 mazen per inch), hetgeen in 't algemeen zeker geen zwaardere eisch zal zijn dan die, gesteld in de nieuwe „Algemeene Voorwaarden” van 1941, waarin geeischt wordt dat kalk voor 70 % moet gaan door de 20-mazen zeef.

Meestal wordt aangenomen, dat ca. 5 % kalk op de aanwezige hoeveelheid zand en klei moet worden toegevoegd. Indien een percentage steenen aanwezig is, zal dus minder kalk noodig zijn, doch daar staat tegenover, dat steen per volume eenheid meestal duurder is dan zand. In de praktijk wordt veelal de aldus verkregen besparing aan kalk ongeveer gecompenseerd door de hoogere kosten aan steenen.

Door nauwkeurig de meest gunstige gradatie van het klei- en grindmengsel aan te houden en tevens zorgvuldig op het optimum-vochtgehalte te letten, is het soms mogelijk een goede gestabiliseerde wegverharding te verkrijgen, zonder dat eenig stabilisatie-middel wordt toegevoegd. Deze methode wordt vooral in de Vereenigde Staten op uitgebreide schaal toegepast en aldaar „mechanische stabilisatie” genoemd, doch vereischt een nauwgezette contrôle, daar de materialen voortdurend zorgvuldig op gradatie moeten worden onderzocht en het vochtgehalte tot op ca. 1% nauwkeurig in acht genomen. Een dergelijke zorgvuldige werkwijze zal hier te lande voorloopig nog op veel bezwaren stuiten. Door gebruik te maken van de goedkoope kalk als stabilisatie-middel kan echter een goede wegverharding worden verkregen, zonder dat het noodig is zoo zorgvuldige werkmethoden te volgen.

4. *Het mengen.*

Zooals reeds opgemerkt, is het uiteraard het eenvoudigst een van nature geschikt mengsel te gebruiken en hieraan de vereischte hoeveelheid kalk toe te voegen, hetgeen of met de hand of in een mengmolen kan geschieden en geen bijzondere moeilijkheden met zich medebrengt.

Een bezwaar van een dergelijk natuurlijk mengsel is echter, dat de samenstelling dikwijls in het geheel niet constant is. Het percentage klei in rivierzand b.v. is ten eerste afhankelijk van de waterstand tijdens en direct vóór het baggeren. In een bepaald geval bleek het kleigehalte van 12-55% te kunnen variëren. Hoewel zelfs een variatie van 25-50% desnoods nog kan worden getolereerd, is een grooter verschil niet meer toelaatbaar en zal derhalve in dat geval de samenstelling voortdurend moeten worden gecontroleerd. Dit bezwaar is zeker niet onoverkomelijk, doch is toch de reden, dat veelal de voorkeur zal worden gegeven aan het kunstmatig mengen van zuivere klei en een bepaalde soort (metsel) zand,

waarvan bekend is, dat het nagenoeg geen klei bevat en waardoor men er zeker van is, dat geen groote verschillen in het mengsel zullen kunnen optreden.

Nu is aan het kunstmatig mengen van zand en klei het bezwaar verbonden, dat goed mengen alleen in zeer natten toestand kan geschieden, waardoor het mengsel na het mengen eerst weer moet worden uitgedroogd, totdat ongeveer het optimum-vochtgehalte is bereikt. Voor kalkstabilisatie is echter een zoo innig mogelijke menging, hoewel gewenscht, geen absoluut vereischte. Daarom kan men ook als volgt te werk gaan. Eerst wordt de klei met water tot een brei aangelengd en de kalk toegevoegd. Vervolgens wordt deze klei-kalk-brei met het droge zand gemengd, waarbij er uiteraard voor gezorgd moet worden, dat aan de klei niet meer water is toegevoegd, dan in het volledige mengsel aanwezig mag zijn, ter verkrijging van het optimum-vochtgehalte. Bij deze methode, waarbij met de hand of met een speciale mengmachine (koldermolen) gemengd kan worden, zullen in het mengsel kleiballen tot een max. grootte van ca. 1 cm voorkomen. De aanwezigheid van deze kleiballen beïnvloedt de sterkte van de laag niet overwegend, doch zij zijn vanzelfsprekend bezwaarlijk indien een oppervlakte-asphalteering moet worden aangebracht. Ter plaatse van de kleiballen zal immers de asphaltheid spoedig degradeeren, daar de kleiballen in vochtigen toestand week worden en de asphaltheid dan geen vaste ondergrond meer heeft. Deze methode, waarbij kleiballen in het mengsel ontstaan wordt daarom ook alleen aangeraden voor lagen, waarop geen asphalteering wordt aangebracht, b. v. onderlagen.

Indien echter meer dan ca. 40% steen in het mengsel aanwezig is, blijft aan het kunstmatig mengen geen bezwaar meer verbonden, daar door de malende werking van de steenen voorkomen wordt, dat kleiballen ontstaan. In dat geval is het dus het beste de kleibrei aan het droge mengsel van zand

en steen toe te voegen en kan het mengen zoowel met de hand als met een gewone betonmolen geschieden.

Indien dus kunstmatig mengen van zand en klei noodzakelijk is, voege men zoo mogelijk ten minste ca. 40% steenen toe, waardoor ondanks het mengen bij optimumvochtgehalte toch geen kleiballen ontstaan.

5. *Het vochtgehalte.*

In publicatie 194 is reeds uitvoerig uiteengezet, dat het van zeer groot belang is om te walsen bij het zgn. optimumvochtgehalte. Bij dit vochtgehalte wordt immers de grootste dichtheid verkregen, bij een bepaald aantal walsgangen.

Bij het allereerste begin van een stabilisatie-werk zal het gewenscht zijn het vochtgehalte van de te mengen materialen te bepalen en vervolgens te berekenen hoeveel water moet worden toegevoegd. Zoodra men echter gezien zal hebben welke consistentie en kleur het mengsel ongeveer moet hebben, zal al spoedig de watertoevoeging op het gevoel kunnen plaats vinden met desnoods incidenteel nog een enkele contrôle.

Dit op het gevoel beoordeelen van het juiste vochtgehalte kan op de volgende wijze geschieden. In het mengsel moet voldoende water aanwezig zijn, opdat met één hand gemakkelijk een samenhangende bal van het mengsel gekneet kan worden, doch ook weer niet zooveel water, dat tijdens het ineenknijpen van de hand water naar buiten uittreedt. Voorts moet in een mengsel met steenen zooveel water worden toegevoegd, dat alle steenen donker gekleurd worden door het aanwezige vocht. Indien steenen echter gaan glinsteren, is te veel water gebruikt.

In de praktijk is reeds gebleken, dat met de noodige routine op deze eenvoudige wijze het optimumvochtgehalte voldoende nauwkeurig wordt benaderd om een behoorlijk resultaat te kunnen verkrijgen.

6. *Het verdichten.*

Bij het verdichten moet onderscheid gemaakt worden tusschen de reeds in sub 3 genoemde mogelijkheden A t/m D.

- A. Mengsels met weinig steen zijn het moeilijkste te verdichten. Tot dusvere bleek gewoon walsen moeilijk, hetgeen in overeenstemming is met de Amerikaansche ondervindingen. Ook stekelwalsen zijn dan veelal niet goed bruikbaar. In Amerika worden in dit geval dan ook dikwijls zgn. luchtbanden-walsen toegepast. Deze bestaan uit een aantal vlak naast elkaar geplaatste zeer groote luchtbanden, welke op wielen zijn gemonteerd, die elk onafhankelijk kunnen veeren. Het is echter niet uitgesloten, dat bepaalde zandklei-mengsels, die zeer goed zijn gegradeerd, toch met stekel- en gewone walsen verdicht kunnen worden. De eenige methode, die overblijft, is dus met de hand of eventueel machinaal stampen (met de explosiestamper). In verband met de lage loonstandaard hier te lande en het veelal overvloedige aanbod van werkrachten, is echter met de hand stampen zeer zeker uitvoerbaar en op een proefvak van 1000 m² (Bali) ook reeds toegepast. Dit stampen moet echter veel intensiever geschieden dan dikwijls gebruikelijk is. Er dient in lagen van 7—10 cm losgespreide dikte te worden gestampt met stampers van 10-15 kg gewicht, waarbij elke plek ongeveer 10 slagen moet ontvangen. Alvorens een volgende laag wordt opgebracht, moet het oppervlak van de vorige laag door harken ruw worden gemaakt, ter verkrijging van een goede onderlinge hechting der lagen. De kosten van dezen stamparbeid vallen erg mee. Op Bali bleken deze voor een 12 cm dikke verhardingslaag ongeveer f 0,10/m² te bedragen.
- B. Indien meer dan 40% steenen in het mengsel aanwezig is kan met een gewone wals en eventueel ook eerst met

een stekelwals en vervolgens met een gewone wals verdicht worden. De steenen in het mengsel beletten het gaan golven van de laag, zoodat walsen in dit geval geen moeilijkheden oplevert. Op de proefbaan der N.I.W.V. werden de desbetreffende vakken eerst met een stekelwals van 1,5 ton gewalst en nadat de laag hiermede tot op enkele cm's van de bovenkant was verdicht, met een 1,5 tons handwals afgewalst. Volgens deze methode bleek het mogelijk 1 à 2 m³ materiaal per uur te verdichten, hetgeen belangrijk meer is dan de veelal voor steenslagslijtlagen gebruikte maatstaf van ¼ m³ per uur, per ton walsgewicht. Bij steenslagslijtlagen is dan echter ook veel walsarbeid noodig voor het tot een stevig geraamte vast walsen der steenstukken, hetgeen voor deze gestabiliseerde mengsels met een betrekkelijk laag steengehalte niet noodig en ook niet mogelijk is.

- C. Wordt het steenpercentage tot meer dan 60% opgevoerd met een maximum van wellicht ca. 80%, dan verkrijgt men de gewone steenslijtlaag met gestabiliseerd vulmiddel. Er moet thans veel zwaarder en intensiever gewalst worden dan bij de sub B bedoelde mengsels. Hoe hooger het percentage steen wordt opgevoerd, hoe zwaarder gewalst moet worden, daar men er zeker van dient te zijn, dat ook thans nog het zand-klei-mengsel, dat de holle ruimten tusschen de steenen opvult, goed wordt verdicht.
- D. Met het walsen van met kalk gestabiliseerde poeroh is, voor zoover bekend nog geen ervaring opgedaan. Doch waar op verschillende plaatsen in de Buitengewesten poeroh-slijtlagen konden worden gewalst, lijkt het logisch te veronderstellen, dat ook het walsen van een mengsel van kalk en poeroh geen bijzondere moeilijkheden met zich mee zal brengen.

Ten slotte nog de volgende algemeene opmerking. Tijdens het walsen mag natuurlijk geen water worden toegevoegd, daar er tijdens het mengen reeds voor gezorgd is, dat het mengsel het juiste (optimum) vochtgehalte heeft. Indien men last van kleven van materiaal aan de walswielen ondervindt, dan wijst dit er op, dat het mengsel te vochtig is. Om het kleven te voorkomen, moet men dus niet nog meer water toevoegen, doch de laag eerst gelegenheid geven het te veel aan water te verliezen door uitdroging. Daarna kan dan weer met het walsen worden voortgegaan.

7. *Het verharden.*

De ingewalste gestabiliseerde laag moet ca. één week vochtig gehouden worden, ten einde de kalk gelegenheid te geven hydraulisch te verharden. Het vochtig houden kan geschieden door de weg af te dekken met matten, grond, enz. en dit afdek materiaal geregeld te besproeien.

Na het verharden in vochtigen toestand moet de laag gedurende eenige dagen gelegenheid gegeven worden uit te drogen, alvorens een asphalteering wordt aangebracht.

8. *De asphalteering.*

Er dient een onderscheid te worden gemaakt tusschen de mogelijkheden A, B en D eenerzijds en C anderzijds (zie onder 3).

A, B en D.

Het gestabiliseerde klei-zand materiaal heeft slechts een betrekkelijk kleine cohaesie; het materiaal is in meerdere of mindere mate rul, evenals zeer magere mortel. In verband hiermede zal een asphalthuid, ook al laat de hechting aan het gestabiliseerde materiaal niets te wenschen over, er toch betrekkelijk gemakkelijk van loslaten, doordat een breuk optreedt in een horizontaal scheidingsvlak, eenige mm's lager gelegen,

in de gestabiliseerde laag zelf. Ten einde te voorkomen, dat de asphalthuid dientengevolge afschilfert, moet daarom een niet te spaarzame asphalteering worden aangebracht. In N.-Amerika waar men dit proces („scaling”) ook heeft geconstateerd, worden in 't algemeen oppervlakte-asphalteeringen ter dikte van 12-18 mm aangebracht, hetgeen beteekent, dat ten minste ca. $2,5 \text{ l/m}^2$ asphalt is gebruikt.

Hoewel men er uiteraard toe geneigd zal zijn om op de goedkoope gestabiliseerde verhardingen ook een goedkoope, d.w.z. spaarzame asphalteering aan te brengen, moet zulks toch in dit geval bepaald ontraden worden. Uit slijtproeven op de NIWV-proefbaan genomen — waarover t. z. t. uitvoerig zal worden gepubliceerd — is reeds gebleken, dat een asphalt-verbruik van $1,5 \text{ l/m}^2$ veelal te weinig is en voorts, dat cutbackasphalt beter voldoet dan gewoon warm asphalt. Als mogelijke oppervlakte-asphalteeringen voor de groepen A, B en D komen in aanmerking:

- a/ Een gewone oppervlakte-asphalteering met ten minste 2 — $2,5 \text{ l/m}^2$ cutbackasphalt, afgedekt met split of fijn grind. De hoeveelheid asphalt bij voorkeur in twee keer op te brengen. Mede in verband met de omstandigheid, dat een zoo'n dik mogelijke asphaltlaag moet worden verkregen, moet het gebruik van zand als afdek materiaal worden ontraden.
- b/ Een tapijt van vertind split of fijn grind, dat ter dikte van de maximum korrelgrootte wordt uitgespreid op het reeds met cutbackasphalt aangestreaken oppervlak. Om een voorbeeld te noemen: Eerst het oppervlak aanstrijken met 1 l/m^2 cutback en hierop uitspreiden 10 l/m^2 split of fijn grind (2-10 mm korrelgrootte), dat vertind is in een volume-verhouding van 1 deel asphalt op 12 deelen mineraal aggregaat.

Er kunnen uiteraard met voordeel ook dikkere tapijtlagen worden aangebracht, doch dan zijn uiteraard de kosten naar verhouding hoger.

- c/ Een laag Boeton-wegengruis in een hoeveelheid van ca. 10 kg/m², afgedekt met 6 l/m² scherp, grof zand; het gebruiken van split of fijn grind levert in dit geval geen voordeel op, tenzij met een intensief verkeer rekening moet worden gehouden. Het Boeton-wegengruis wordt vóóraf op de gebruikelijke wijze vertind met Boetongruisflux in een volume verhouding van ca. 1:22.

Voor het gebruik op gestabiliseerde lagen zijn in het bijzonder de fijne gruissoorten (nos. 10 en 12) geschikt, daar deze zich gemakkelijker tot een vaste aaneengesloten laag laten vastwalsen dan de grovere gruissoorten (b.v. de nos. 6 en 7).

Asphalteeringen met Boeton-wegengruis op gestabiliseerde lagen hebben tot dusverre onder de NIWV-slijtmachine een goed resultaat opgeleverd.

C.

Zooals reeds gezegd, behoort deze groep tot de gewone steenslag- of grindsljtlagen met gestabiliseerd vulmiddel. Aangezien dus het grootste deel van het oppervlak uit steenmateriaal bestaat, kan hier — al naar gelang van de omstandigheden — elke gewenschte asphalteering worden aangebracht. Er zij hierbij alleen nog opgemerkt, dat het toepassen van een primer op een slijtlaag met gestab. vulmiddel moeilijkheden kan opleveren, doordat de primer somtijds slechts weinig in het gestabiliseerde vulmiddel doordringt.

Waar gestabiliseerde verhardingen veelal zullen worden toegepast op wegen met weinig verkeer of op startbanen voor vliegvelden met betrekkelijk zeer weinig verkeer, wordt er nog op gewezen, dat in dergelijke gevallen dus niet gerekend mag worden op een doelmatig inrijden van los afdek materiaal in een opgebrachte asphaltlaag. In dergelijke gevallen zullen bij voorkeur de hiervoren genoemde asphalteeringen sub b en c toegepast worden.

9. *De voordeelen van kalkstabilisatie.*

In het kort zijn deze voordeelen de volgende:

- a/ Indien plaatselijk geen steenmateriaal verkrijgbaar is of slechts tegen zeer hoge kosten, kan toch een goedkoope verharding worden verkregen door het met kalk stabiliseeren van natuurlijke of kunstmatige klei-zandmengsels of van poeroh. De kosten van de benoodigde kalk per m² bedragen voor een 15 cm dikke verharding bij een kalkprijs van f 5,—/m³ (ca. f 9,—/ton) slechts ca. 10 cent.
- b. Is er geen of slechts duur steenslag verkrijgbaar maar wel grind, dan kan door kalkstabilisatie een sterke grindverharding worden verkregen, doordat de steenstukken door goed verhard en waterbestendig vulmiddel stevig aan elkaar worden verbonden. Er wordt dus een soort plaat van schraal beton verkregen, waardoor aan het steenmateriaal minder hoge eischen gesteld behoeven te worden, dan bij slijtlaagconstructies met niet gestabiliseerd vulmiddel.
- c/ Grind- of steenslagslijtlagen, waarin met kalk gestabiliseerd vulmiddel is verwerkt (dus de in par. 3, sub C bedoelde mengsels) verkrijgen een grootere sterkte, terwijl tevens het „opkomen” van klei wordt belet.
- d/ In het algemeen opent kalkstabilisatie de mogelijkheid om meer dan voorheen plaatselijk verkrijgbare materialen in wegverhardingen toe te passen en diensgevolge goedkooper te werken.
- e/ Het zal somtijds mogelijk zijn, bestaande grind- en steenslagverhardingen op goedkoope wijze te verbeteren door het in deze verhardingen aanwezige vulmiddel met kalk te stabiliseeren, nadat eventueel door het toevoegen van zand of klei de samenstellingen van het vulmiddel is verbeterd.

Naast deze voordeelen dient ook nog op het volgende te worden gewezen. Het oppervlak der verhardingen, welke behooren tot de groepen A, B en D (par. 3) zal in 't algemeen

niet geschikt zijn voor voertuigen met ijzeren banden (grobakverkeer); deze verhardingen komen dus alleen in aanmerking, indien het verkeer nagenoeg uitsluitend met voertuigen op luchtbanden plaats heeft. Het oppervlak der tot groep C behorende verhardingen zal wel grobakverkeer kunnen dragen, waarbij er rekening mede moet worden gehouden, dat de verhardingen met de meeste steen, ook het beste bestand zullen zijn tegen grobakverkeer en dat bij eenigszins zwaar grobakverkeer toch in elk geval steenslag zal moeten worden gebruikt.

10. *Korte beschrijving van een 2-tal reeds uitgevoerde proefvakken.*

a. *Platform op het vliegveld Zuid-Bali.*

Behalve beperkte hoeveelheden fijn grind is ter plaatse geen steenmateriaal verkrijgbaar. Het aanleggen van een verharding op dit vliegveld, waarvan de grondslag grootendeels uit zand bestaat, zou derhalve hooge kosten met zich brengen, daar verhardingsmateriaal over grooten afstand zou moeten worden aangevoerd.

In de onmiddellijke nabijheid van het vliegveld bleek echter grond aanwezig te zijn, met een voor stabilisatie geschikte samenstelling, namelijk ongeveer 40% klei en 60% zand. Door deze grond met 5 %kalk te mengen en vervolgens bij optimum-vochtgehalte (25%) te verdichten, bleek een verhardingslaag te kunnen worden geconstrueerd, welke voldoende draagkrachtig is om weerstand te bieden aan de wieldrukken van verkeersvliegtuigen.

Het mengen van het losse kleiachtige zand, de kalk en het benodigde water geschiedde met de hand. Nadat in de aanvang het vochtgehalte telkens werd gecontroleerd door verhitting van een genomen monster, bleek dit al spoedig niet meer noodig te zijn, daar het werkvolk het vereischte vochtgehalte op het gevoel (met de hand knijpen van een bal en kleur) voldoende nauwkeurig bleek te kunnen bepalen.

Het stampen geschiedde in 3 lagen ter dikte (los gespreid) van 5 cm elk, zoodat de totale dikte der geconsolideerde verharding ca. 11 cm bedroeg. Het los gespreide materiaal werd eerst door enkele werklieden zoo spoedig mogelijk licht gestampt, ten einde uitdroging van het mengsel tegen te gaan. Vervolgens werd dan normaal gestampt met stampers van 15 kg gewicht en een valhoogte van 10-20 cm, waarbij er op werd gelet, dat de werklieden in regelmatige rijen stampten, zoodat voortdurend een goed overzicht en een gemakkelijke contrôle op het stampwerk mogelijk was. Er werd net zoolang gestampt, totdat de stampers practisch geen indrukkingen meer teweeg brachten, hetgeen bereikt werd na ongeveer 10 slagen per laag.

Alle zijkanten van de te stampen gedeelten moesten goed worden gesteund, waartoe een of meer kanten met stevige verticaal staande planken werden begrensd. Deze planken werden tevens gebruikt voor het onder profiel brengen der lagen. Het bovenvlak van de derde en laatste laag werd na het stampen met een houten lat met scherpe kanten afgekrabd, teneinde kleine oneffenheden weg te nemen.

Er werden verschillende asphalteeringsproeven genomen. Het beste bleek te voldoen een 1 cm dik tapijt van vertind grind (2-10 mm) zooals beschreven op blz. 8 sub b.

Dit 800 m² groote proefvak met kalkstabilisatie werd gedeeltelijk in December 1940 onder toezicht van een der NIWV-ingenieurs en de rest in Februari 1941 aangelegd. Hoewel het sindsdien geregeld door de groote KNILM-toestellen van de Australië-lijn en ook door zwaar beladen vrachtauto's (klasse III A) werd bereden, bleken tijdens een inspectie in Augustus j. l. in de verhardingslaag geen beschadigingen of verzakkingen te zijn opgetreden. Naast dit kalkproefvak werd tevens een 200 m² groot proefvak aangelegd, waarbij P. C. als stabilisatiemiddel werd gebruikt, doch dat overigens op precies gelijke wijze werd vervaardigd. Dit cementproefvak heeft zich eveneens goed gehouden.

De totale kosten van de ongeasphalteerde verharding hebben volgens opgave van den betrokken opzichter ca. f 0,30/m² bedragen. Inclusief een asphalteering met vertind fijn grind, zooals hiervoor genoemd en waarvan de kosten zeker niet meer dan f 0.30/m² bedragen, kon dus op dit vliegveld een geasphalteerde verharding voor ca. f 0,60/m² worden gelegd, hetgeen voor een streek, waar geen steen verkrijgbaar is, zeker een zeer laag bedrag is.

b. *Proefvak bij Watampone (Zuid-Celebes) km 174-175.*

Door de Landschapswerken werd in Februari 1941 bij Watampone (Zuid-Celebes) een 1 km lang proefvak aangelegd, waarbij eveneens gebruik werd gemaakt van kalkstabilisatie.

Met behulp van een betonmolen werd het volgende mengsel vervaardigd:

½ blik kalk	à 15 kg per blik	=	7,5 kg	
1 „ klei	à 31 „ „ „	=	31,— „	
3 „ zand	à 27 „ „ „	=	81,— „	
15 „ grind	à 33 „ „ „	=	120,— kg	
			495,— „	
	Totaal		615,— „	

Aan dit mengsel werden 2 blikken water à 18 kg per blik, dus ca. 6% toegevoegd. Ten einde te voorkomen, dat het mengsel nog klonters klei bevatte, werd de klei vooraf met 1 blik water goed gemengd (zooals reeds beschreven in par. 4) en vervolgens de verkregen klei-pap met het resteerende 1 blik water en de kalk, zand en grind in de molen gestort.

Het mengsel werd ter dikte van 10 cm uitgespreid op de oude wegverharding en met een gewone wals verdicht.

Bij een inspectie in Augustus 1941 zag dit proefvak, dat grootendeels ongeasphalteerd was gebleven en reeds 6 maanden aan het verkeer was blootgesteld geweest, er nog zeer goed uit. Het vulmiddel tusschen de grindstukken was goed verhard; met een

groote schroevendraaier was het bijna onmogelijk grindstukjes uit het wegdek los te werken.

Het proefvak was gedeeltelijk geasphalteerd met $2 \times 0,8 \text{ kg/m}^2$ cutback F, welke asphaltering er goed uitzag. Het ligt in de bedoeling de rest af te dekken met $2,5 \text{ kg/m}^2$ Boetonan.

Terwijl dus het Bali-proefvak behoort tot de in par. 3 genoemde groep A (geen steen), behoort het proefvak te Watampone tot groep C (ca. 80% steen). Daar dit laatste percentage ongeveer de bovengrens aangeeft waartoe gegaan kan worden, werd aan den Directeur Landschapswerken geadviseerd een lager percentage grind toe te passen, b.v. 60 tot 70%. Hoewel in het algemeen het grootste percentage grind ook het sterkste wegdek zal geven, heeft een geringere hoeveelheid grind het voordeel, dat het walswerk sneller en gemakkelijker gaat en dientengevolge de walskosten per m^2 geringer worden, terwijl toch nog een voldoende sterk wegdek wordt verkregen, dank zij de goede verharding van het vulmiddel. Wel is waar moet dan meer kalk worden gebruikt, daar de kalkhoeveelheid berekend wordt t.o.v. het percentage zand en klei, doch de meerkosten uit dien hoofde zijn slechts gering. Inmiddels werd van genoemden Directeur vernomen, dat het verminderen van de grindhoeveelheid hij nieuw aangelegde weggedeelten inderdaad het verwachte succes had opgeleverd.

11. Slot

In verband met de goede ervaringen, welke met deze beide proefvakken zijn opgedaan, en de voordeelen aan kalk-stabilisatie verbonden, verdient het nemen van meer proeven op dit gebied zeker ten zeerste aanbeveling. Het NIWV-bureau zal de wegbeheerders, die hiertoe willen overgaan, volgaarne naar vermogen met raad en daad behulpzaam zijn.

