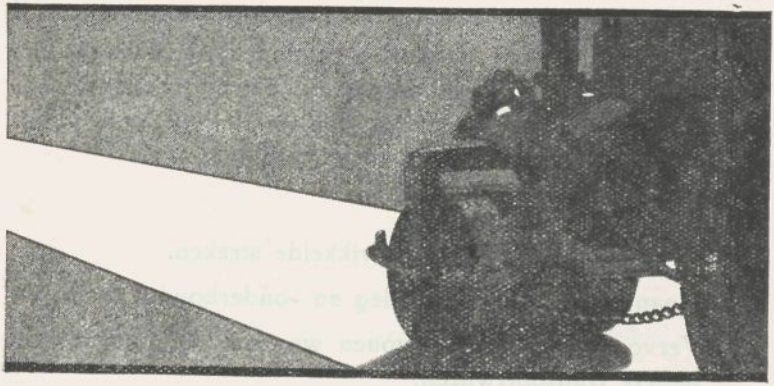
No. 97

PUBLICATIE

VAN DE

NEDERLANDSCH-INDISCHE WEGENVEREENIGING



6e INTERNATIONALE WEGENCONGRES

No. 3

PRAE-ADVIEZEN OVER CEMENTBETON-VERHARDINGEN EN KUNSTSTEEN-BESTRATINGEN.

T. H. S.
BIBLIOTHEEK
DELFT.

A.C. NIX & CO. BANDOENG

Verschenen zijn de verschillende prae-adviezen, welke op het van 6 tot 13 October, 1930, gehouden internationale wegencongres te Washington (U. S. A.) zijn besproken (zie de alg. publ. no's 71 en 92).

Van genoemde prae-adviezen zal in enkele publicaties het meest essentieele verkort weergegeven worden, aangevuld met de belangrijkste conclusies, door den betrokken prae-adviseur gesteld. Het in deze publicatie behandelde onderwerp der eerste sectie (aanleg en onderhoud) betreft: cementbeton-verhardingen en kunststeenbestratingen. In volgende publicaties zijn de overige punten te verwachten, t.w.:

II Asphalt- en teerwegen.

III Wegaanleg in weinig ontwikkelde streken.

IV Financiering van wegaanleg en -onderhoud.

V Vervoer over den gewonen weg in verhouding tot andere transportwijzen.

VI Verkeersregeling in groote steden en het parkeer-vraagstuk.

6e. INTERNATIONALE WEGENCONGRES.

No. 3.

I. Cementbeton-verhardingen en kunststeen-bestratingen.

Prae-advies 1 (1-A) van Vilbig, Maier, Müller, Otzen, Riepert } **Duitschland.**

Dit prae-advies deelt eerst e. e. a. mede over in Duitschland gelegde cementbeton-verhardingen van ouderen datum, welke niet werden vervaardigd omdat het verkeer toentertijd reeds daaraan behoefte had, maar met het doel de betrokken straten (die tot de fraaiste woonstraten behoorden) te voorzien van de beste, destijds te verwezenlijken verharding. Uit de langjarige ervaring (vanaf 1890) met deze verhardingen zijn voor den huidigen aanleg van betonwegen de volgende conclusies te trekken.

a/ Een snijding van twee voegen (dus samentreffen van vier hoekpunten) in een betonverharding geeft aanleiding tot breuk.

b/ Voor gaten, welke door het stooten der voertuigwielen zijn veroorzaakt, is met asphalt geen duurzame herstelling mogelijk. Herstel met cement(beton) geeft bij doeltreffende uitvoering een goede aanhechting aan de oorspronkelijke verharding.

c/ Hoewel onoogelijk, veroorzaken scheuren meestentijds weinig hinder voor het verkeer.

d/ Afbrokkeling bij voegen vindt veelal haar oorzaak in de ijzerbewapening dezer voegen, als deze n.l. boven het omringende beton komt uit te steken.

e/ De mengverhouding van cementbeton-onderlagen moet zoo zijn, dat een draagkrachtige plaat wordt verkregen. Het cementgehalte van de slijtlaag moet niet te hoog zijn, daar anders krimpscheuren te sterk optreden.

Vervolgens wordt behandeld de mogelijkheid van toepassing van cementbeton in den huidigen Duitschen wegenbouw, waarbij blijkt, dat de momenteel sterk nijpende kapitaalschaarschte de groote hindernis vormt.

Ten slotte worden aangegeven de tegenwoordig in Duitschland bij cementbetonwegen meestal gevolgde normen, n.l. :

a/ materiaal : grind of steenslag ; voor slijtlagen hardsteen ;

b/ mengverhouding : onderlaag 200 en slijtlaag 350 kg. cement per m^3 beton ;

c/ hoeveelheid mengwater : aan hiermede verband houdende proeven („slump-test") wordt nog weinig aandacht besteed ;

d nieuwe verhardingen worden gewoonlijk in twee lagen gelegd — de slijtlaag op de nog versche, onversteende onderlaag ;

e/ bewapening wordt, indien aangebracht, gewoonlijk gelegd tusschen onder- en slijtlaag ; de hoeveelheid variëert van 2,5 tot 6 kg/m^2 — bij aanwending van 3 kg/m^2 en meer wordt scheurvorming goeddeels voorkomen ;

f/ de dikte der verharding bedraagt tegenwoordig aan de zijkanten 40 % meer dan in het midden — de breedte der verdikte strook is minstens 60 cm. — de normale dikte van nieuwe verhardingen is 20 cm. — bestaande wegen worden wel verzwaard door cementbetonlagen van 7—15 cm. er op aan te brengen ;

g/ dwarsvoegen komen voor om de 8 tot 15 m. — langsvoegen bij verhardingen van meer dan 6 m. breed, waarbij dan de dwarsvoegen verspringen ; als vulling wordt asphalt gebezigd ;

h/ oppervlakte-behandeling, zoowel met waterglas gedurende het versteenen als door een later aangebrachte teer- of asphalthuid, is in onbruik geraakt ;

i/ voor een werkdag wordt 125 m. verharding, 20 cm. dik en 5 m. breed, als een normaal goede prestatie beschouwd ; en

// t. b. v. herstellingen treden de moderne snelverhardende cementen op den voorgrond.

Aangaande bestratingen met kunststeen is weinig vermeld, daar dit materiaal in Duitschland slechts weinig gebruikt wordt. Naast klinkers worden nog beschreven de z.g. Mansfelder koperslak-blokken, welke een zeer duurzame bestrating met bijna geheel gesloten voegen geven, die echter na verloop van tijd vrij glad wordt, alsook de z.g. Arahardsteen-blokken, welke samengesteld zijn uit kwarts, dat met een hydraulisch bindmiddel in vormen is geperst, waarna het blok onder stoomdruk verhardt; de resultaten hiermede schijnen tot nu toe geen aanleiding te geven tot gebruik op groote schaal.

Prae-advies 3 (I-C) van E. van Hauwermeiren, **België.**

In dit prae-advies wordt in beknopten vorm de ervaring gegeven, welke België met cementbeton- en cementsteenslagwegen sinds 1918 heeft opgedaan; voordien was zulk materiaal slechts in uitzonderingsgevallen toegepast.

Belgische cementbeton-verhardingen zijn bijna steeds gebezigd tot verbetering van reeds bestaande macadamwegen en dan ook over het algemeen niet dikker dan 10 cm. De comprimeering van het versche beton geschiedt meerendeels door walsen, soms ondersteund door stampen. De lengte tusschen de dwarsvoegen is zeer verschillend, doch over het algemeen bestaat de tendenz deze kort te nemen, soms zelfs tot 5 m. toe, al heeft men niet kunnen constateeren, dat bij korten voegafstand minder scheuren in de verhardingen voorkomen. Een moeilijkheid blijft verder het na versteening van het beton op niet geheel gelijke hoogte liggen van het rijvlak aan weerszijden van de voeg. Met ijzer bewapende voegen voldoen goed, maar wegens de mindere kosten wint de met asphalt gevulde voeg veld. Dwarsvoegen, welke een niet rechten hoek met de wegas maken, hebben niet voldaan.

Na eerst betonverhardingen met verzwaarde randen toegepast te hebben, is men, wegens het veelvuldig optreden van langsscheuren, zelfs op smalle verhardingen, er in den

laatsten tijd toe overgegaan het midden der verharding dikker te maken dan de rand (bij 6 m. breedte dikten van 12,5—20—12,5 cm.). Wat betreft effenheid van oppervlakte, laat men bij een dwarsvoeg-afstand van 5 m. onder de evenwijdig aan de wegas geplaatste rij geen grootere afwijking toe dan 5 mm.

Als sterkte van het in het werk gestorte beton wordt verlangd een drukvastheid van cylindrische proefstukken van minimum 400 kg/cm^2 na 56 dagen. Dit cijfer wordt gemakkelijk bereikt met beton dat 450 kg. cement bevat op 1,5 m^3 los mineraal aggregaat. Aangaande de wijze van monsternemen en den invloed der monstervormen op het resultaat worden uitgebreide beschouwingen gehouden.

In totaal bezit België thans ongeveer 200 km. cementbetonverharding, die over het algemeen goed voldoet. Bij intens en zwaar verkeer verwacht men van deze wegen een levensduur van 10 jaren — bij intens verkeer met lichte voertuigen stelt men dit op 20 jaren.

Behalve cementbeton-verhardingen is in België ook een niet te verwaarloozen lengte (ca. 90 km.) cementsteenslag-wegen gelegd volgens de penetratie-methode. Aanvankelijk bracht men hierbij de cementmortel droog op de steenslaglaag — later ging men er meer toe over de mortel in vloeibaren toestand in te walsen. Eerst bezigde men 200 kg. P. C. en 200 kg. slakkencement per m^3 zand om later te komen tot zelfs 600 kg. P. C. per m^3 zand.

Over het algemeen is men thans tot de conclusie gekomen, dat voor eenigszins druk verkeer de cementsteenslag-verharding geen duurzame slijtlaag oplevert. Na één of twee jaren, als de dunne cementmortelhuid aan de oppervlakte is weggesleten en de steenstukken bloot raken treedt de degradatie hoe langer hoe sneller op en is men spoedig genoodzaakt tot vernieuwing der slijtlaag.

Bestrating met kunststeen komt over het algemeen niet veel voor in België. Voor wegen met licht verkeer verkiest men de goedkoopere steenslagverharding (al of niet met

oppervlakte-bescherming) en voor zeer zwaar belaste wegen past men zekerheidshalve liever natuursteenbestrating toe. De enkele gebezigde typen van kunststeen zijn vervaardigd uit : cementbeton, gebrande leisteen of asphalt.

Vermeld worden de van Overheidswege aan de beide eerstgenoemde typen gewoonlijk gestelde eischen, t.w. :

I Cementbeton-blokken.
a/ afmetingen : dikte min. 7 cm. ; lengte max. 30 cm. ; oppervl. max. 400 cm^2 ;
b/ s.g. : minimum 2,31 ;
c/ drukvastheid : elk blok min. 350 kg/cm^2 — gemiddelde van de partij min. 400 kg/cm^2 ;
d/ afslijping (Bauschinger) : max. 1,5 cm. na 3000 omwentelingen ;

II Gebrande leisteen-blokken.
a/ afmetingen : dikte min 6,7 cm. ; breedte en lengte 10,6 × 22 of 10,1 × 20,6 cm. ;
b/ afslijting bij „rattlertest" (A. S. T. M.) : gemiddeld 24 % — max. 26 % ;

Beide soorten kunststeen moeten voorts natuurlijk op het oog gekeurd worden ; bepaalde toleranties inzake maatafwijkingen zijn voorgeschreven e.d.

Asphaltblok-bestratingen ten slotte hebben over het algemeen uit technisch oogpunt vrij goed voldaan (al hebben zij het nadeel op den duur glad te worden), doch worden wegens de betrekkelijk hooge aanlegkosten niet meer gebezigd.

Prae-advies 4 (I-E) van S. Ellert, E. Suenson, P. Orum } **Denemarken.**

Uit dit Deensche prae-advies blijkt, dat cementbetonverhardingen daar te lande nog slechts sporadisch zijn toegepast. De oorzaak hiervan is gelegen in de vrij hooge aanlegkosten, welke voor een betonverharding van 12,5 tot 17,5 cm. overeenkomen met die van klein-plaveisel, welk laatste bestratingstype dan vaak geprefereerd wordt. Bij

versterking van bestaande steenslagverhardingen heeft men daarom de betonlaag wel verminderd tot 8,5 cm. dikte, doch dit schijnt het uiterste minimum te zijn, waartoe men in die richting behoort te gaan — daarbij treden dwarsscheuren reeds merkbaar menigvuldiger op dan bij betonlagen van grooter dikte.

Zoekende naar een goedkoopere verhardingsconstructie met cement als bindmiddel is men zoodoende gekomen tot den cementsteenslagweg (volgens de penetratie-methode). Na proefnemingen met het droog en nat opbrengen der cementmortel is men ter zake tot de volgende werkwijze gekomen. Over een licht gewalste laag steenslag wordt 2 cm. vloeibare cementmortel uitgespreid en hierbovenop wederom een laag van iets kleiner steenslag. De op deze wijze, na definitief afwalsen verkregen verharding schijnt aan de verwachtingen te voldoen en gehoopt wordt, zoo wegdekken te verkrijgen, welke in sterkte niet voor werkelijke betonlagen behoeven onder te doen, doch goedkooper in aanleg zullen zijn.

Prae-advies 5 (1-G) van J. R. Spiteri, F. de Albacete } **Spanje.**

Door de Spaansche prae-adviseurs worden drie verhardingstypen beschreven, waarin cement als bindmiddel verwerkt wordt, n l.: de cementbeton-verharding; de cementbetononderlaag, waarop, in een nog onversteende zetlaag van cementmortel kleinplaveisel wordt gestraat, vlak gewalst en dan de voegen met cementmortel opgevuld; en ten slotte de cementsteenslag-verharding.

Over het algemeen is cement in Spanje niet veel gebruikt. De aangelegde cementbetonwegen hebben grootendeels onbevredigende resultaten opgeleverd en de cementsteenslag-verhardingen zijn weinig gebezigd; alleen het voren beschreven kleinplaveisel, op beton gezet, is op iets grootere schaal toegepast en schijnt, bij flinke dikte van de onderlaag (min. 20 cm.), wel te voldoen.

In hun aan het slot gestelde conclusies laten de prae-adviseurs zich toch echter optimistisch uit over de mogelijkheid van

bij verdere toepassing te verkrijgen gunstige resultaten met cement als bindmiddel; de tot nu toe ondervonden teleurstellingen worden grootendeels aan slecht materiaal en minder juiste uitvoering toegeschreven.

Prae-advies 6 (I-H) van F. T. Sheets, R. W. Crum, E. M. Fleming, A. N. Johnson, C. Older, R. E. Toms (beton); W. H. Connell, P. J. Freeman, J. B. Hittell, E. F. Kelley, C. D. Pollock (kunststeen) — **U. S. A.**

Uit de gegevens in dit prae-advies blijkt dadelijk de zeer belangrijke plaats, welke de cementbeton-verharding in de U. S. A. inneemt. Ult. 1928 waren er, op de buitenwegen alleen, reeds ca. 95.000 km. cementbeton-verharding, waarvan in 1928 alleen 14.000 km. waren aangelegd. Bij een dergelijke verbreidheid is men daar te lande vanzelfsprekend reeds tot zekere normen voor de constructie gekomen, al wordt nog veel onderzoekingswerk verricht ter verbetering der methoden.

Als dwarsprofiel is het type met (over een afstand van ca. 0,60 m.) verzwaarde randen algemeen gebruikelijk. De dikte aan den rand wordt veelal bepaald volgens de formule $t = \sqrt{\frac{3\,W}{5\,m}}$, (Amerikaansche maten), waarin: $t =$ de betondikte, $W =$ de maximum verkeerslast en $m =$ de breuk-modulus van het beton. De dikte van het middengedeelte der verharding wordt gewoonlijk aangenomen op 0,7 van de randdikte.

Bewapening wordt dikwijls berekend naar den eisch, dat bij het optreden van een dwarsscheur in het beton de wapening sterk genoeg is om te voorkomen, dat bij krimp (b.v. door temperatuurs-verlaging) de ontstane scheur zich verwijdt. De wrijvingscoëfficiënt van de verharding over

den grondslag wordt daarbij op 1,5 à 2 gesteld. Zoo doet de wapening bij een scheur dienst als verankering der beide deelen ; niet doordat daarbij de wapeningstaven op afschuiving zouden zijn belast, maar doordat de uitstekende oneffenheden der beide breukvlakken door de wapening tegen elkaar gedrukt gehouden worden en zoo de beide betonplaten ineen grijpen.

Betreffende betonsterkte is men tot de conclusie gekomen, dat t.o v. drukvastheid met verschillende minerale aggregaten (mits zij zelf vast genoeg zijn) ten naaste bij hetzelfde resultaat is te bereiken. Op de betonvastheid bij buiging of trek schijnt echter de aard van het minerale aggregaat belangrijken invloed uit te oefenen. Op grond der bestudeering van verschillende betonmenging wordt tegenwoordig aangenomen, dat de betonsterkte primair afhankelijk is van de hoeveelheid vaste stof, welke in een bepaald volume beton aanwezig is en van de mate, waarin de vaste deeltjes tezamen gebonden zijn door het cement. De resultaten van deze factoren zijn af te meten naar de verhouding tusschen het werkelijke volume aan cement eenerzijds en dat van cement plus mineraal aggregaat anderzijds, of tusschen cementvolume en holle-ruimte-volume. Daar dit laatste praktisch beheerscht wordt door de gebezigde hoeveelheid mengwater, is de verhouding tusschen water en cement tevens een maatstaf voor de sterkte bij elke combinatie van dezelfde materialen.

Bij de methode der water cement verhouding wordt die (laatstgenoemde) verhouding gekozen, welke overeenstemt met de verlangde betonsterkte, waarna de meest geschikte samenstelling van mineraal aggregaat wordt bepaald, welke bij de aangenomen water-cement-verhouding een beton van de juiste verwerkbaarheid geeft.

De mortel-holle-ruimte-methode is gebaseerd op het feit, dat de betonsterkte afhangt van de verhouding tusschen cement- en holle-ruimte-volume en dat de grootste sterkte bij een bepaalde grootte dezer verhouding bereikt wordt als de hoeveelheid mengwater zoo groot is, dat het mortelgedeelte van het beton het kleinste volume heeft.

Over het algemeen wint het mengen bij gewichts- inplaats van bij volume-eenheden, veld. Ook de hoeveelheid mengwater

wordt bij de meeste menginstallaties gemeten. Wil men het volle voordeel van een juist afpassen der betononderdeelen hebben, dan is het daarbij nog noodig, dat: *a*/ rekening wordt gehouden met het in het mineraal aggregaat aanwezige water; en *b*/ correcties worden aangebracht voor te grof zand en te fijn steenslag, e.d.

Wat materieel betreft is de zich zelf voortbewegende, op rupsbanden rustende mengmolen, die elke 75 seconden een lading van ca. 0,75 m^3 gemengd beton uitlevert, het meest gangbare type. Toevoer van het materiaal naar den molen geschiedt in ruim 85 % van alle gevallen middels op luchtbanden rijdende vrachtauto's met korte wielbasis (voor het gemakkelijk keeren) en voorzien van een opklapbare laadbak, waarin één of twee molenladingen (ongemengd materiaal) kunnen worden vervoerd.

Betreffende het versteenen van het beton wordt medegedeeld, dat ondanks veel onderzoek van daarvoor geschikte bijzondere middelen, met water vochtig houden nog beschouwd wordt als de eenige zekere methode.

Alle klein herstel van cementbeton-verhardingen geschiedt met bitumineus materiaal; slechts als de betonplaat zoo vernield is, dat herstelling hiermede geen genoegzame sterkte oplevert, wordt op de vernielde plaats nieuwe cementbeton aangebracht. Aangeteekend wordt nog, dat door gebruik van: twee maal het normale cementgehalte, zeer weinig mengwater, verlenging van den mengtijd en toevoeging van calcium chloride aan het mengsel, voor herstellingen een snelverhardend beton kan worden verkregen (na 3 dagen voldoende versteend), ook met gewoon normaal cement.

Onder het hoofd bestratingen worden gegevens verstrekt zoowel over klinker- („vitrified brick") als over kei-bestratingen.

Voor eenigszins zwaar verkeer wordt daarbij een cementbeton-onderlaag noodig geacht.

Eerst wordt gewezen op den grooten vooruitgang, die bereikt is door het brengen van eenheid in de klinker-afmetingen, welke tegenwoordig tot zes zijn beperkt, n.l.:

Aard	Diepte-breedte-lengte in inches			max. „rattler" verlies in %
strengpers (glad)	$2^1/_2$	4	$8^1/_2$	26
	3	4	$8^1/_2$	24
	$3^1/_2$	4	$8^1/_2$	22
strengpers (met uitsteeksels)	3	$3^1/_2$	$8^1/_2$	26
	4	$3^1/_2$	$8^1/_2$	22
nageperst (met uitsteeksels)	4	$3^1/_2$	$8^1/_2$	22

Als zetlaag wordt tegenwoordig meestal een dunne zandlaag gebezigd — droge zand-cement-mortel (1 : 4) geraakt in onbruik. Zand-asphalt-mortel schijnt enkele voordeelen te bezitten boven enkel zand. Als voegvulmiddel wordt tegenwoordig algemeen asphalt gebezigd.

Wat betreft kei-bestratingen, wordt van het hiervoor meest gebezigde materiaal (graniet) vermeld, dat men daaraan den eisch stelt:

	Zwaar verkeer	Zeer zwaar verkeer
Fransche coëfficiënt min. . . .	8	11
Schokvastheid min.	7	9

De zetlaag bestaat, evenals bij klinkers, meestal uit zand. Echter wordt hiervoor ook wel een droge zand-cement-mortel (1 : 4) gebezigd, waarbij dan als voegvulling eveneens cementmortel (vloeibaar — 1 : 1) toegepast wordt. Voegvulling met zand-asphalt-mortel wint echter veld. Daarvoor worden gebezigd gelijke volumina asphalt (penetratie 60 à 70 — ductiliteit $>$ 30 cm.) en zand (100 % door de 10-mazenzeef — 85 % door de 20-mazenzeef) en dit mengsel op een temperatuur van ca. 175° C. verwerkt.

Van asphaltvoegvulling wordt nog als voordeel genoemd, dat bij zwaar en in geregelde „files" rijdend verkeer de in de

rij-sporen afslijtende steenen t.z.t. uitgenomen en met nieuwe verwisseld kunnen worden, zonder dat de rest der bestrating daarvoor behoeft te worden aangetast.

Prae-advies 8 (1-J) van R. Boutteville, **Frankrijk.**

In het Fransche, evenals in het Belgische, prae-advies wordt toepassing van cement als bindmiddel in twee vormen onderscheiden, n.l. bij cementbeton- en cementsteenslag-verhardingen. Cementbeton wordt nog niet zeer veel toegepast; ultimo 1928 bevonden zich in het Fransche wegennet nog slechts ongeveer 500.000 m² cementbeton-verharding. De resultaten, welke de Fransche praktijk ten deze heeft opgeleverd, zijn in hoofdzaak de volgende.

De dikte eener betonverharding behoort minimum 10 à 12 cm. te zijn — indien geen uitstekende fundeering aanwezig is echter zwaarder, tot 20 cm. en meer. De randen worden veelal 5 à 10 cm. verzwaard over een breedte van 0,20 tot 1,00 m. De tonrondte variëert van 1/60 tot 1/100 der verhardingsbreedte. Dwarsvoegen meestal om de 10 m. — langsvoegen bij meer dan 9 m. breedte. Bewapening heeft niet algemeen ingang kunnen vinden — zij wordt thans gewoonlijk slechts toegepast, waar de ondergrond daartoe (door beweeglijkheid) bijzondere aanleiding geeft.

De (vroegere) dunnere betonverhardingen bestonden meestal slechts uit één laag met een cementgehalte van 350 tot 400 kg. per m³ beton. Bij de tegenwoordige dikkere lagen worden veelal onder- en slijtlaag gescheiden met mengingen van 200 à 300 kg. cement op 1 m³ steenslag en 0,5 m³ zand, resp. 450—700 kg. cement op 1 m³ steenslag en 0,2 tot 0,4 m³ zand. Betreffende het steenslag is er nog geen eensgezindheid, of de afmeting hiervan klein(er) behooren te worden genomen om een dicht(er) beton te krijgen, dan wel groot(er) om een vaste(re) ligging der onderscheiden steenstukken te bevorderen. De mengtijd is steeds min. 1,5 minuut en de hoeveelheid mengwater variëert gewoonlijk van 120 tot 200 l/m³.

Teneinde vooral een harde, dichte slijtlaag te verkrijgen, wordt aan de consolideering van het beton veel meer zorg

besteed dan voorheen — walsen is daarvoor in onbruik geraakt en pneumatisch stampen heeft de overhand. Afwerkmachines, zooals in de U. S. A. gebruikelijk, komen weinig voor. De bereikte dichtheid is vaak 2,5 en meer.

Voor reparaties wordt grootendeels van bitumineuze stoffen gebruik gemaakt. Over het algemeen houden de nieuwere betonverhardingen zich goed en vragen weinig onderhoud. Men verwacht dan ook in het algemeen een leeftijd van 10 à 15 jaren. Wat dan tot herstel dient te worden gedaan is nog niet onder de oogen gezien. Waarschijnlijk zal een bitumineuze slijtlaag over de oude betonverhardingen als onderlaag kunnen worden gebezigd.

Een kort doch volledig overzicht wordt gegeven over de wijze van aanleg van cementsteenslag-verhardingen, welke op drie manieren kan geschieden.

1. Door de zand-cement-mortel droog uit te spreiden op de even gewalste steenslaglaag en het bindmiddel daarna door walsen en bevochtigen in het steenslag te doen dringen.
2. Door op de onderlaag of op een daarop gespreide dunne steenlaag vloeibare zand-cement-mortel te brengen en hier overheen weer steenslag te storten, waarna gewalst wordt, totdat de mortel zich door de geheele steenlaag verdeeld heeft.
3. Door op de een klein weinig geconsolideerde slijtlaag vloeibare dan wel plastische mortel uit te spreiden en deze in de holle ruimten der laag te walsen.

De onder 2 genoemde methode is geheel in onbruik geraakt (alhoewel zij zeer goede resultaten kan opleveren), daar zij het kostbaarst is en geroutineerde werkkrachten vereischt. De beide overigen worden toegepast — de eerst (als eenvoudigste en goedkoopste) het meest. Gebezigd wordt 500 à 700 kg. cement per m^3 gezeefd zand (max. korrelgrootte 5 mm.), hetgeen neerkomt op ongeveer 90 kg. cement per m^3 slijtlaag-mengsel of 7,5 kg. per m^2 slijtlaag.

De weerstand tegen slijting van wegverhardingen als hier bedoeld is gering. Meestal worden ze daarom geteerd (0,7 à 0,8 l/m²). In het algemeen wordt de toekomst voor dit soort slijtlagen gunstig ingezien en denkt men ze toe te passen op alle wegen, welke eenigszins belangrijk zijn, zoodra de bestaande slijtlaag daarvan vernieuwing zal behoeven.

Met mededeelingen over kunststeen-bestratingen is het prae-advies spaarzaam; alleen klinkers worden behandeld. In het kort wordt beschreven, hoe deze steenen tegenwoordig in een veel betere kwaliteit worden vervaardigd dan voorheen, o.a. door hoogere baktemperaturen (1200—1300° C.). Gestraat wordt in het algemeen op P. C.-betononderlagen van 10—20 cm. dikte, op een ca. 2 cm. dikke zand-zetlaag. Klinkerbestratingen worden passend beschouwd voor wegen met licht of middel zwaar verkeer en een middelmatige verkeers-intensiteit.

Prae-advies 9 (1-K) van J. B. L. Meek, D. A. Donald, S. H. Morgan, R. A. B. Smith (beton); A. W. Cross, E. A. Evans, S. Mc. Pherson, R. S. Murt, J. Lang, T. H. Chapman (kunststeen) — **Engeland**

Over cementbeton-verhardingen wordt in dit prae-advies o.a. het volgende vermeld.

Om overbelasting van de zijkanten dezer verhardingen te voorkomen wordt de cementbetonlaag veelal 45—60 cm. zijwaarts verlengd buiten het eigenlijke rijvlak, zoodat ook aan den kant van den weg een goede drukverspreiding is verzekerd. Aangaande de betondikte wordt opgemerkt, dat deze nooit minder is te nemen dan 15 cm. en voor hoofdwegen 20 cm. als minimum mag gelden. Het toepassen van langsvoegen is gunstig gebleken en aangeraden wordt dan ook

elke betonverharding in langsstrooken van 3 m. breedte te verdeelen. Aangaande de dwarsvoegen wordt erkend, dat hiervoor een geheel bevredigende oplossing nog niet is gevonden. Het is niet voordeelig de dwarsvoegen der verschillende langsstrooken met elkaar te doen verspringen, omdat dan vaak in het verlengde van een dwarsvoeg in één strook een ongewilde dwarsscheur in de belendende strooken optreedt. De aan een dwarsvoeg-constructie te stellen eischen zijn : dat daarbij de beide verhardingsgedeelten op elkaar kunnen steunen ; dat de voeg steeds met een stevig materiaal gevuld zal zijn, teneinde de betonranden den noodigen steun te verleenen tegen het afbrokkelen onder den druk der voertuigwielen ; en ten slotte, dat de vulstof in voldoende mate plastisch zal zijn om bij de variëerende breedte van de voeg deze steeds te kunnen vullen. Tegen het vorengenoemde afbrokkelen van het beton dienen de randen daarvan afgerond te worden. Onderstaande tabel geeft van de P. C. betonwegen in een industrie-streek aanleg- en onderhoudskosten.

Jaar	Oppervlak in m^2	Aanleg-kosten	Herstel-lingskosten	Opp. teren
		in guldens		
1921	2.000	35 000	—	—
1922	22.000	270.000	—	3.900
1923	137.000	1.700.000	—	3.300
1924	38.000	400.000	650	4.000
1925	39.000	320.000	2.700	9.100
1926	55.000	480.000	2.000	14.500
1927	34.000	290.000	11.000	18.000
1928	58.000	470.000	35.000	14.500

Over het algemeen wordt een constructie in twee lagen als het meest economisch beschouwd, met in de slijtlaag graniet als aggregaat, teneinde snelle afslijting te voorkomen. Een bitumi-

neuze huid op de betonverharding wordt wel als een voordeel beschouwd, maar toegegeven, dat de moeilijkheden deze in voldoende mate aan het beton te doen hechten en golfvorming in de huid te vermijden nog niet geheel bevredigend zijn opgelost.

Zeer kort worden dan genoemd de cementsteenslag-verhardingen, die nog slechts weinig zijn toegepast, doch over het algemeen wel voldaan hebben, waarna nog een woord wordt gewijd aan de verbreeding van bestaande verhardingen door cementbeton-schouders en het opsluiten van verhardingen tusschen betonranden.

Aangaande bestrating met kunststeen worden in overzichtelijken vorm gegeven de resultaten met 8 aangelegde klinkerbestratingen en 4 rubberblokbestratingen. De kosten der klinkerbestrating bedroegen gemiddeld (exclusief onderlaag) f 5,80 tot f 9,90 per m^2; het verkeer er over wordt opgegeven van 1300 tot 9100 ton per dag te hebben bedragen. Alle klinkerbestratingen hielden zich uitstekend; bij verschillende was zelfs over een tijdsverloop van 6 jaren niets aan onderhoud uitgegeven, terwijl de stroefheid van het oppervlak, het achterwege kunnen laten van een beschermende huid en daardoor het schoone straatoppervlak als groote voordeelen (vooral voor stadsstraten) geroemd worden. De prae-adviseurs meenen op grond daarvan, dat bij een betrouwbare onderlaag, een passende tonrondte (1 : 40) en een juist aangebrachte zetlaag en voegvulling, klinkerbestrating aan zeer hooge eischen kan voldoen.

De rubberbestratingen zijn, als echte proefstukken, slechts over beperkte oppervlakte gebezigd, n.l.:

het „North British block" over 950 m^2;
„ „Gaisman block" „ 1350 m^2;
„ „Cowper block" „ 240 m^2; en
„ „Cresson block" „ 160 m^2.

Het verkeer over deze proefstukken bedroeg van 8000 tot 50.000 ton per dag. Bij het onder het zwaarste verkeer gelegen Gaisman block moesten na enkele jaren eenige blokken vernieuwd worden — totaal ongeveer 4% der oppervlakte

uitmakende. Dit bleek veroorzaakt te worden, doordat de zachte rubber-slijtlaag uit verschillende onderling aan elkaar gevulcaniseerde lagen bestond, die soms loslieten. Als dit bovenste deel uit een enkele rubber sheetlaag wordt vervaardigd, verwacht men ten deze geen moeilijkheden meer. Bij geen der bestratingen ondervond men last van kruipen der blokken en de slijtage was ondanks het zware verkeer bijna overal onmerkbaar klein. De kosten waren echter nog zeer hoog, n.l. van f 51,50 tot f 67,50 per m^2.

Aangaande de duurzaamheid kan nog geen definitieve conclusie worden getrokken, daar de oudste rubberblokbestrating niet meer dan 6 à 7 levensjaren telt.

Prae-advies 10 (I-M) van J. Quigley, **Ierland**.

Dit zeer korte prae-advies vermeldt, dat men in Ierland, betreffende cementbeton-verhardingen, nog in het experimenteele stadium verkeert. Hoofdzakelijk is het verlangen gericht op het verkrijgen van een betrekkelijk lichte cementbetonverharding, welke op bestaande steenslagwegen van voldoende sterkte kan worden aangebracht om oppervlaktedegradatie daarvan te voorkomen. Men verlangt daarbij echter, dat deze cementbetonlaag in het werk niet meer zal kosten dan de daar te lande overigens gebruikelijke afdekking van verhardingen met een 7,5 cm. dikke laag van asphaltsteenslag.

Het gestelde doel tracht men te bereiken langs twee wegen.

Ten eerste door het aanbrengen van een 10 à 12,5 cm. dikke cementbeton-laag en ten tweede door de z g. „sandwich"-methode bij het vervaardigen van een cementsteenslag-laag. Hierbij spreidt men eerst een laag steenslag, daarop de natte zand-cement-mortel en vervolgens weer steenslag, waarna gewalst wordt, totdat de laag geheel met de mortel is doordrongen.

Als conclusie wordt gesteld, dat men nog niet overtuigd is van de bepaalde superioriteit dezer verhardingslagen boven die, waarin bitumen verwerkt is, maar dat men met belangstelling afwacht of het achterwege kunnen laten van periodieke asphalteering (of tering) en het stroeve oppervlak

op den duur tot een voorkeur voor cementbeton zullen leiden.

Prae-advies 11 (1-N) van L. Del Gandio, F. Colamonico, I. Vandone. **Italië.**

De Italiaansche prae-adviseurs onderscheiden cementbeton-verhardingen in twee typen, al naar het gebruik, dat er van gemaakt wordt. Ten eerste verhardingen voor het (vrijwel) uitsluitend gebruik door (motor)voertuigen op rubberbanden. Hiervoor is passend het door hun als „klassiek Amerikaansch" aangeduide type: 300—350 kg. cement per m^3 beton; grof aggregaat met een Franschen coëfficiënt van min. 8; water-cement-verhouding 0,8 tot 1,0; continue betonneering door middel van op rupsbanden beweeglijke molens; aanleg over de volle wegbreedte in één laag; en na het storten gedurende minstens 20 dagen voor het verkeer afgesloten houden. Dit type is in Italië op de speciale autowegen gebezigd — tot op heden over een oppervlak van ca. 1,3 millioen m^2, hetgeen door de thans nog onderhanden zijnde wegen zal stijgen tot 2,3 millioen m^2.

Voor wegen met een groot percentage verkeer (in physieke tractie) op ijzeren wielbanden voldoet het vorenbeschreven type cementbeton-verharding echter niet. Daarbij is noodig, dat speciale maatregelen worden genomen tegen het verbrijzelen van het beton door het gebruik van:

a/ zeer harde steen voor het grove aggregaat;
b/ speciale cementsoorten;
c/ veel cement per m^3 beton; en/of
d/ weinig mengwater.

In deze richting werkende, is men thans in Italië op verschillende plaatsen bezig met den aanleg van cement-betonverhardingen voor gemengd verkeer, al verwacht men dan ook niet, dat dit materiaal voor het allerzwaarste transport granietkei-bestrating zal kunnen vervangen.

Als zeer ernstig bezwaar wordt aangevoeld het sluiten der wegen gedurende drie weken tijdens de versteening van het beton. Men is daarom doende te onderzoeken op welke

wijze cementbetonlagen het best over de halve wegbreedte tegelijk kunnen worden aangebracht. Eveneens met het oog op de geschiktheid van cementbeton op de gewone wegen voor gemengd verkeer, is door de Regeering een proefweg aangelegd met 108 proefstukken, uit het gedrag waarvan men gegevens verwacht over :

a/ aanleg over één weghelft tegelijk ;

b/ betonneering der achter elkaar gelegen secties om de andere ;

c/ menging van het beton in een centraal gelegen, semi-permanente installatie ;

d/ menging naar gewichts- inplaats van naar volume-verhoudingen ;

e/ gebruik van grof aggregaat in twee afmetingen, die elk voor zich zelf afgewogen worden, tot het verkrijgen van een betere zeefanalyse ;

f/ gebruik van verschillende steensoorten voor het grove aggregaat n.l. graniet, kalksteen, porphier, basalt en grind ;

g/ gebruik van vijf verschillende soorten cement, allen van het snelverhardende, groote drukvastheid gevende type ;

h/ gebruik van verschillend cementgehalte, n.l. : 400, 500 en 600 kg. per m^3 beton ;

i/ gebruik van verschillende hoeveelheden mengwater ;

j/ gebruik van verschillende wijzen van comprimeering ;

k/ aanleg in één en in twee lagen, met magere beton in de onderlaag ; en

l/ toepassing van verschillende laagdikten.

Ten einde op dezen proefweg spoedig resultaten te verkrijgen, is daarover een kunstmatig zwaar verkeer met van ijzeren wielbanden voorziene karren gelegd. De afslijting wordt gemeten t.o.v. in de verharding ingebetonneerde stalen cylinders, wier koppen zelf door een bitumineuze afdekking tegen afslijting worden beschermd. Daarnevens wordt de effenheid der wegoppervlakte gecontroleerd met een profielmeter, waarvan het wagenlichaam rust op vele (16) wielen,

Prae-advies 12 (1—0) van P. W. Scharroo } **Holland.**
J. W. Clerx }

Slechts 75 km. cementbetonweg bestaan tot nu toe in Holland, zoodat de ervaring met dit verhardingstype klein is. Toch is daarbij reeds op verschillende punten praktisch inzicht gewonnen, dat in het prae-advies uiteengezet wordt.

Gewoon P. C. is even goed bruikbaar geweest als z.g. „edel-cement". Gebruik van 't laatstgenoemde alleen in de slijtlaag wordt afgekeurd, wegens de verschillen in volumeverandering, welke dan in onder- en slijtlaag zijn te verwachten. Grindbeton blijkt een weinig beter waterdicht te zijn dan steenslagbeton, dat echter langzamer afslijt.

Het beste wordt geacht een betonverharding, bestaande uit één, uniforme laag; bij verschillende lagen op elkaar is een volkomen aanhechting nooit te krijgen en men verliest dus aan sterkte. De sterkte der afslijting van betonverhardingen is vrijwel omgekeerd evenredig aan de druksterkte van het betrokken beton. De hardheid van het grove minerale aggregaat heeft er een grooten invloed op, terwijl het zoo droog mogelijk verwerken van het beton van gunstigen invloed is. Afdekking met een bitumineuze huid wordt ongunstig beoordeeld.

Op het gebied van wapening heeft men in Holland nog te weinig ervaring. In de eerste jaren werd deze in het geheel niet gebruikt — thans experimenteert men met wapening, uitsluitend bestaande uit in de langsrichting van den weg loopende staven en vindt hier baat bij tegen het optreden van dwarsscheuren. Eveneens experimenteel wordt tegenwoordig ook in wegen van slechts 5,50 à 6 m breedte wel een middenvoeg aangebracht. Voor de dwarsvoegen is men van oordeel, dat alleen een zeer eenvoudige constructie op den duur zal blijken economisch zich te kunnen rechtvaardigen, dus b.v. een 1 cm. breede voeg, volgegoten met een voegvulmiddel, zonder eenige verdere randwapening of dergelijke.

De oppervlakte van een cementbetonweg kan met voordeel niet glad afgewerkt, doch eenigszins ruw worden gelaten.

Klinkerbestratingen, als van oudsher typisch Hollandsch, zijn in het prae-advies uitvoerig behandeld, waarbij is gewezen op

den historischen vooruitgang van af de vroegere in een zandbed gestrate klinkerweg tot den tegenwoordigen vorm met vaste onderlaag en zetlaag.

Als beoordeelingsnormen voor klinkers worden genoemd:

	1ste soort	2de soort
	straatklinkers	
a/ waterabsorptie max.:	6	8 %
b/ drukvastheid min.:	600	450 kg/cm²
c/ afslijting (onder de zandstraal) max.:	15	50 gr.
d/ bal-slagvastheid min.:	2.00	1.60 m.
e/ kogeldrukvastheid min.:	3500	3000 kg.

Laatstgenoemde proef wordt als de meest belangrijke beschouwd, met als daarop volgende de afslijting onder den zandstraal.

Afgeraden wordt een oude wegverharding (na opvulling der gaten) als onderlaag voor klinkers te bezigen, aangezien dan van die verharding juist door de opvulling de draagkracht onregelmatig is. Beter kan men de oude verharding opbreken en het materiaal bezigen voor een nieuwe laag. In Holland zijn bijna steeds gewalste onderlagen (steenslag, puin, eventueel op een klinkervlijlaag) toegepast. Cementbeton-onderlagen acht men te onelastisch.

Als steenverband wordt het keperverband aanbevolen.

De levensduur wordt voor een 6 m. breeden weg met een verkeer van ca. 6000 ton per dag aangenomen op 6—10 jaren zonder, en op eenige jaren langer indien een vaste onderlaag aanwezig is.

Prae-advies 13 (I-Q) van J. Marynowski, **Polen.**

Dit prae-advies handelt uitsluitend over klinker-bestratingen en in het bijzonder over de vervaardiging der klinkers zelf. Daar in Polen geschikte natuursteen voor

wegverhardingen zeer schaars, klei daarentegen overvloedig aanwezig is, heeft de klinkerbestrating zich daar n.l. een overheerschende plaats verworven. De vroeger naar Hollandsch voorbeeld ingerichte bakkerijen leverden veelal een niet al te schitterend product. Thans is dit veel verbeterd en de klinkers vertoonen gemiddeld een drukvastheid van 1500—2000 kg/cm², een wateropname van 2 % en een afslijting van 0,24 tot 0,35 cm³ per cm².

Om dit te bereiken is door de Regeering een zeer moderne fabriek gebouwd. De klei wordt hier eerst tot een uniforme consistentie dooreengewerkt, waarvoor het watergehalte ca. 15 % moet bedragen. Dan wordt het materiaal in een draaienden oven gedroogd tot op 5 % watergehalte en vervolgens fijn gemalen. Het fijne materiaal wordt dan ten slotte hydraulisch in steenvorm geperst onder een druk van 400 kg/cm². Al deze bewerkingen geschieden zooveel mogelijk door automatisch werkende machines, terwijl het geheele proces geleid wordt aan de hand der resultaten van elk uur uitgevoerde analysen op het ruwe materiaal en het in de verschillende stadia verkeerende product. De capaciteit der installatie bedraagt ca. 8 millioen klinkers per jaar, voldoende voor 165.000 m² bestrating. Als interessante fabricatie-cijfers worden nog genoemd (per ton klinkers):

steenkoolverbr. drogen:	30	kg.
„ bakken:	80	„
electr. verbr. materiaal-transport: . .	5,55	kilowatt uur
„ „ persen:	14,25	„ „
„ „ bakken:	7,20	„ „

directe productie-kosten	f 6,25
afschrijving	„ 1,15
rente	„ 1,60
	f 9,—

Het is de bedoeling nog meer dergelijke installaties op te richten. Al deze fabrieken zullen op den duur als zelfstandig (staats)bedrijf zich zelf moeten bedruipen.

Men heeft in Polen een vast vertrouwen in de superioriteit van klinkerbestratingen voor het wegennet daar te lande,

hetgeen uitkomt in de aan het slot van het prae-advies gestelde, ondervolgend kort weergegeven conclusies.

a/ Veeljarige ervaring heeft de voordeelen van klinkerwegen, vooral voor gemengd verkeer, doen blijken.

b/ Indien beschikt wordt over goede klei en een technisch eerste klasse fabricage behoeven klinkerbestratingen niet achter te staan bij de beste keibestratingen.

c/ Overal, waar een verharding opgebroken kan moeten worden, is het voordeel van klinkerbestratingen evident.

d/ Het gebruik van klinkers verdient overal aangemoedigd te worden, daar zij niet alleen voor aanleg van nieuwe wegen geschikt zijn, maar ook voor afdekking van gedegradeerde cementbeton-verhardingen gebezigd kunnen worden.

e/ De voordeelen van klinkerbestratingen zijn slechts te bereiken bij een technisch hoogstaande klinker-fabricage— primitieve werkwijzen zijn waardeloos.

f/ Tot het bereiken van dit peil zijn doeltreffend ingerichte fabrieken, waar speciale deskundigen het proces leiden en laboratoria niet ontbreken, onontbeerlijk.

g/ De vereenigde klinkerfabrikanten zullen goed doen ter experimenteel onderzoek klinkerproefwegen aan te leggen, teneinde aan de eischen van het steeds groeiende verkeer te kunnen blijven voldoen.

h/ De vervaardiging van goede klinkers hangt niet alleen af van de inrichting der betrokken fabrieken, maar ook van een wetenschappelijk onderzoek van het materiaal. Bekendstelling van desbetreffende gegevens door laboratoria wordt bepleit en zoo mogelijk internationale uitwisseling daarvan, terwijl het door het wegbeheer instellen van speciale ceramische afdeelingen voorgesteld wordt.

Prae-advies 14 (1-R) van E. P. Wretlind, **Zweden.**

Dit korte prae-advies geeft een volledige tabellarische opsomming der van 1926—1930 aangelegde belangrijke cementbeton-verhardingen in Zweden. Begin 1926 was er 107.000 m² betonverharding — eind 1929 133.000 m². Daaruit blijkt, dat dit verhardingsmateriaal meer en meer in gebruik komt, hetgeen zeer gestimuleerd is door een lageren

cementprijs voor verwerking van cement voor dit doel, indien zulks geschiedt door ervaren aannemers onder toezicht der cementfabrikanten. Vele dezer wegen dragen 600 ton verkeer per m. wegbreedte, terwijl het onderhoud aan de meeste wegen zeer gering is geweest. Alle cementbeton-verhardingen worden in één laag gelegd.

De slijtage dezer wegen heeft men eerst getracht te meten, door op verschillende plaatsen in het cementbeton schuin afloopende metaalbladen in verticale positie in te betonneeren. Door het meten van de lengte der aan het wegoppervlak in het gezicht komende metaal-doorsnede, verwachtte men de betonafslijting te kunnen vaststellen. Dit systeem is ondeugdelijk gebleken en thans worden voor dit doel in het beton vaste metalen cylinders aangebracht, wier oppervlakte 5 cm. beneden het rijvlak gelegen is. Van af deze oppervlakken, als vaste punten, wordt thans de betonafslijting opgemeten.