

## Betrouwbare correlatie

Versterkte Proctorproef

De correlatie tussen de volumieke massa van zand en de indringing per slag gemeten met de lichte slagsonde type OCW

door ir. Eric Van den Kerkhof  
Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw

### De lichte slagsonde type OCW

Deze dynamische penetrometer is welbekend bij de techniekers die collectoren en riolen aanleggen. Het toestel was immers reeds voorgeschreven in het typebestek 200 en is het nog steeds in het Standaardbestek 250 voor de controle van sleufoanvullingen.

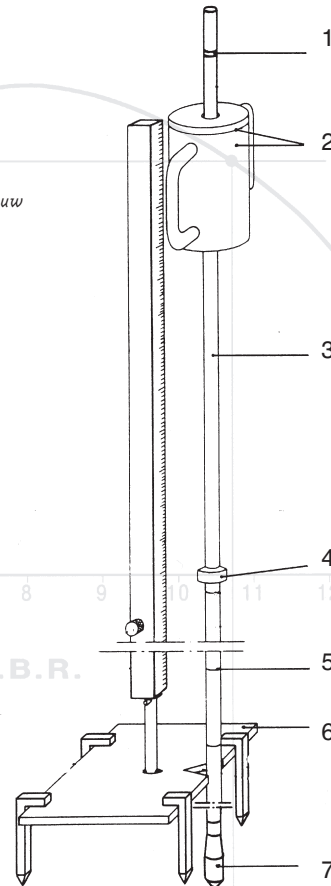
De werking van het toestel is vrij eenvoudig. Een punt met een oppervlak van 5 cm<sup>2</sup> en een hoek van 60°, wordt in de grond geheid door middel van een massa van 10 kg die van op 50 cm hoogte valt. Men telt het aantal slagen (N) dat nodig is om de punt ongeveer 10 cm (ΔZ) diep te laten indringen.

Met deze twee waarden berekent men een indringing per slag:

$$X = \Delta\Delta Z / N$$

De gemeten waarde wordt vervolgens vergeleken met de referentiewaarde voor de indringing, die in het Standaardbestek 250 werd vastgelegd op 40 mm/slag. Ligt de indringing per slag hoger dan deze referentiewaarde, dan wordt de sleufoanvulling afgekeurd.

Om meer informatie uit terreinverkenningen te kunnen puren, heeft het O.C.W. reeds 25 jaar geleden, een correlatie tussen de CBR (California Bearing Ratio) en de indringing per slag X opgesteld:



OCW-slagsonde

- 1 merkstrepen voor de valhoogte
- 2 heiblok met merkstreep voor het aflezen van de indringing
- 3 heistang
- 4 stootblok
- 5 merkstreep om de 10 cm
- 6 grondplaat
- 7 punt van 5 cm<sup>2</sup>

- $\log CBR = -1.31 \log X + 2.58$  voor fijne gronden (leem, fijne zandsoorten)
- $\log CBR = -1.41 \log X + 3.10$  voor grovere gronden

Hiermee kan op een snelle manier het draagvermogen van een grond berekend worden.

Watergehalte bij verdichten (%)

Watergehalte bij verdichten (%)

## Noodzaak aan een correlatie

Deze werkwijze voor het bepalen van het draagvermogen, voldeed tot-nog-toe ruimschoots voor de controle van werken.

De laatste jaren worden er echter steeds meer sterkteberekeningen voor buizen uitgevoerd, die een beroep doen op de verdichtingsgraad van de sleuf. Deze is uitgedrukt als een percentage van de optimum volumieke massa van de grond, gemeten door middel van een Proctor verdichtingsproef.

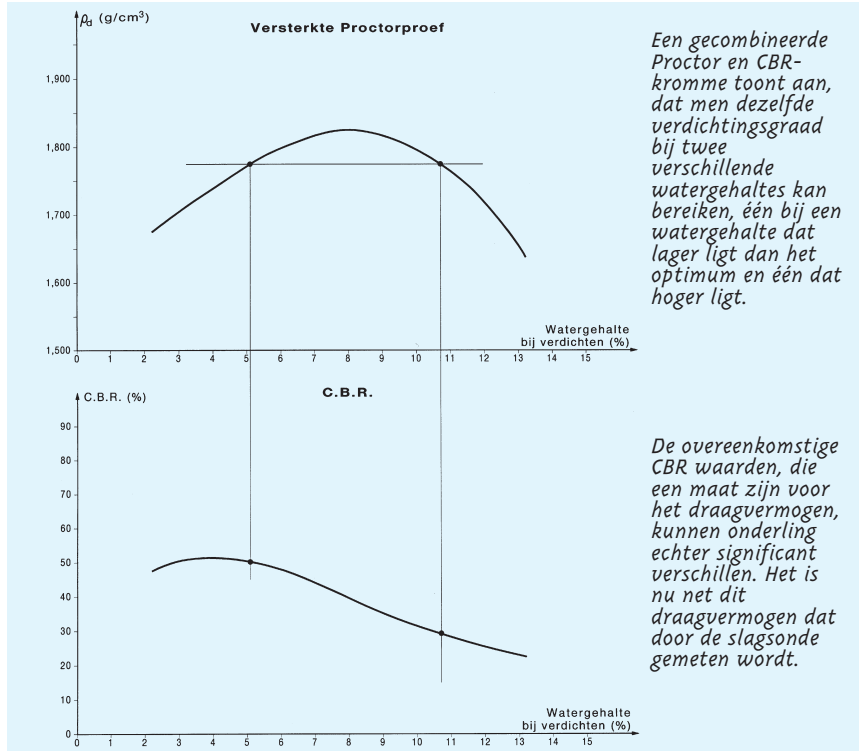
Het is daarom ook logisch, om bij aanleg de droge volumieke massa van het verdichte sleufmateriaal te meten in plaats van het draagvermogen. Dit is mogelijk, bijvoorbeeld door het nemen van snijringen of door de volumieke massa met een nucleaire dichtheidsmeter te bepalen. Het nemen van snijringen is echter een relatief trage proef. De nucleaire dichtheidsmeter wordt in België weinig gebruikt, omdat het bezit en het vervoer van nucleaire elementen, hoe weinig reactief ook, vrij omslachtig is wegens de vereiste vergunningen en veiligheidsmaatregelen.

Om deze redenen stelt zich de vraag of de lichte slagsonde, die een vertrouwd instrument is op de werven, tevens zou kunnen gebruikt worden om de volumieke massa van het sleufmateriaal te meten. Dat is mogelijk indien er een correlatie zou bestaan tussen de indringing per slag gemeten met de slagsonde en de droge volumieke massa van het sleufmateriaal of de Proctor waarde.

Daarom heeft het O.C.W. op vraag en met de hulp van Febelplast een aantal proeven uitgevoerd met het doel te kijken of een correlatie kon bepaald worden. Daar het omhulmingsmateriaal voor de rioleringsbuizen eenduidig omschreven is in het Standaardbestek 250, kon de correlatiestudie tussen de twee beproevingsmethoden beperkt worden tot "zand voor onderfunderingen".

## Theoretische benadering van de proeven

De werkwijze die we hebben gevolgd, werd beïnvloed door de verwachting dat het watergehalte van de grond een rol zou spelen in deze correlatie. Hiermee rekening houdend hebben we gekozen om de correlatieproeven bij drie vochtgehaltenes en bij drie verschillende verdichtingsgraden uit te voeren.



Proctor en CBR krommen

## Praktische Werfomstandigheden

Ten einde bij de verdichting zo goed mogelijk de werfomstandigheden te benaderen, hebben we gekozen voor een uitvoering van de proeven op werkelijke schaal. Een sleuf van 15m lang, 0.80m breed en 1m diep, werd in drie gelijke delen verdeeld door middel van houten afscheidingen.



slechte verdichting met de voeten



verdichten met de trilstamp

Elk deel werd op een verschillende manier verdicht:

- **deel 1: slecht verdicht:**  
verdicht met de voeten, lagen van ± 40 cm na verdichting.
- **deel 2: normaal verdicht:**  
éénmaal met trilstamper bewerkt, lagen van ± 35 cm na verdichting.
- **deel 3: goed verdicht:**  
vijfmaal met een trilstamper bewerkt, lagen van ± 20 cm na verdichting.

Voor elk nieuw watergehalte werd de sleuf volledig heraangelegd en op identieke wijze volgens de 3 voornoemde methoden verdicht. Als materiaal werd een zand afkomstig uit Zemst gebruikt. Dit zand vertoont een vrij enge korrelverdeling en bevat 12% fijne deeltjes (< 80µ). De Proctorkarakteristieken zijn vrij vlak, dit wil zeggen dat het



meting van dichtheid en watergehalte d.m.v. een nucleaire dichtheidsmeter

materiaal minder watergevoelig is, zoals een goed zand voor onderfundering en buisomhulling dient te zijn. (Standaardbestek 250 / § 6.2.2)

Op de aldus aangelegde sleuf werden sonderingen met de lichte slagsonde uitgevoerd over de volledige diepte. Dan werden de aangelegde lagen afgegraven, waarbij om de 10 cm de gemiddelde volumieke massa en het watergehalte gemeten werd door middel van een nucleaire dichtheidsmeter.

Op deze manier werden van een driehonderdtal punten de  $(\rho_D)$  = droge volumieke massa in  $g/cm^3$ ,  $(X)$  = de indringing in mm/slag en  $(w)$  = het watergehalte in % bepaald.

Niet alle meetpunten waren bruikbaar voor verwerking, omdat sommige gemeten indringingen per slag in het weinig verdicht gedeelte onrealistisch groot waren. (tot 200 mm/slag)

## Verwerking van de Resultaten

Op de punten werd een logaritmische regressie uitgevoerd. Hiermee verkregen we een rechte van de vorm  $\rho_D = a \log X + b$ .

De regressie werd aan de ene kant uitgevoerd op alle punten, zonder onderscheid. Anderzijds werden de punten in drie groepen onderverdeeld volgens het gemeten watergehalte (minder dan 9%, tussen 9% en 12%, en meer dan 12%). Op elke

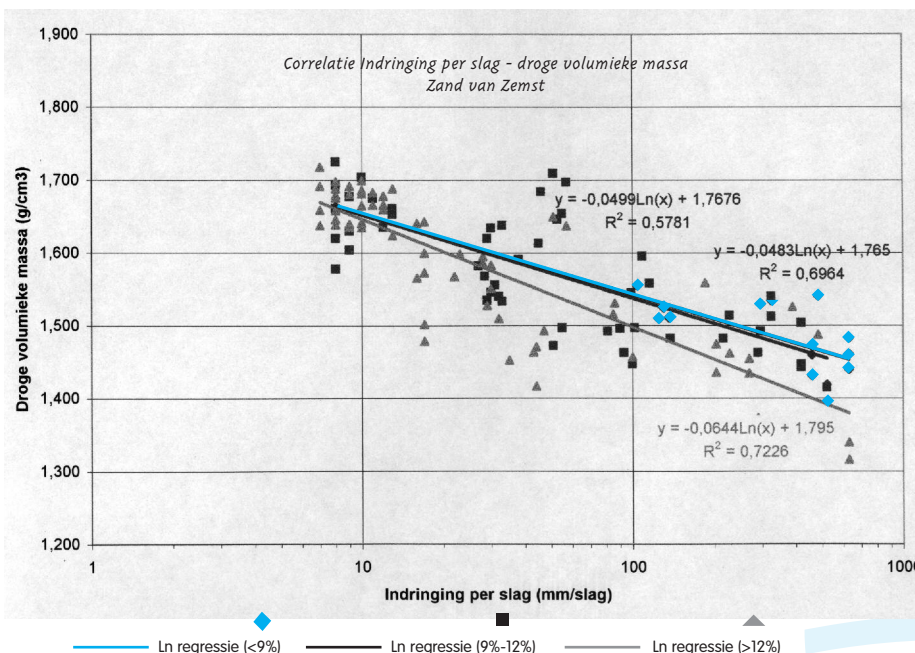
groep afzonderlijk werd eveneens een logaritmische regressie berekend. Zo kon men zien of er inderdaad een invloed is op de correlatie tussen  $\rho_D$  en  $X$  door het watergehalte van het materiaal.

De huidig gevoerde studie, werd beperkt tot het beschreven zand voor onderfunderingen en binnen de voor verdichting aanvaardbare watergehaltes.

Door het OCW werden de volgende correlatieformules gevonden :

1. Correlatie op alle gemeten punten :  
 $\rho_D = -0.1202 \log(X) + 1.767$   
(correlatiecoëfficiënt = 0.67)
2. Correlatie op de punten met  $w < 9\%$   
 $\rho_D = -0.1112 \log(X) + 1.765$   
(correlatiecoëfficiënt = 0.70)
3. Correlatie op de punten met  $9\% \leq w < 12\%$   
 $\rho_D = -0.1149 \log(X) + 1.768$   
(correlatiecoëfficiënt = 0.58)
4. Correlatie op de punten met  $w > 12\%$   
 $\rho_D = -0.1483 \log(X) + 1.795$   
(correlatiecoëfficiënt = 0.72)

( $\rho_D$  is uitgedrukt in  $g/cm^3$ ,  $X$  in mm/slag)



De gemeten punten en de rechten zijn grafisch voorgesteld in een semi-logaritmisch diagram.

We zien dat de rechten voor de punten met watergehalte lager dan 9% en watergehaltes tussen 9% en 12% vrij goed bij elkaar liggen. De rechte voor de punten met een watergehalte boven 12% wijkt meer af, waarschijnlijk omdat het watergehalte een grotere invloed op het materiaalgedrag heeft bij deze hogere waarden.

## Correlatie voor verschillende indringingen per slag

Indringing mm/slag	Correlatie 1		Correlatie 2		Correlatie 3		Correlatie 4	
	$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	% P.mod	$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	% P.mod	$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	% P.mod	$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	% P.mod
5	1.683	97	1.687	97	1.688	97	1.691	98
10	1.647	95	1.654	95	1.653	95	1.647	95
20	1.611	93	1.620	93	1.619	93	1.602	92
30	1.589	92	1.601	92	1.598	92	1.576	91
40	1.574	91	1.587	92	1.584	91	1.557	90
50	1.563	90	1.576	91	1.573	91	1.543	89
60	1.553	90	1.567	90	1.564	90	1.531	88
70	1.545	89	1.560	90	1.556	90	1.521	88
80	1.538	89	1.553	90	1.549	89	1.513	87
90	1.532	88	1.548	89	1.543	89	1.505	87
100	1.527	88	1.543	89	1.538	89	1.498	86

Correlatie voor verschillende indringingen per slag en de Proctorproef

Als illustratie hebben we de correlaties toegepast voor verschillende waarden van de indringing per slag. In de tabel vindt men de volumieke massa die berekend werd met de

correlatie en het percentage die deze vertegenwoordigt ten opzichte van het optimum gemeten met een versterkte Proctorproef. ( $\rho_d = 1.733 \text{ g/cm}^3$ ).

We zien dat de waarden van de verschillende correlaties onderling vrij weinig verschillen. Dat is logisch te verklaren omdat het gebruikte zand weinig watergevoelig was.

## Conclusies

De uitgevoerde proeven hebben aangetoond dat, binnen het gekozen zandtype en de bijverdichting aanvaardbare watergehalten, het inderdaad mogelijk is een vrij betrouwbare correlatie te vinden tussen droge volumieke massa en indringing gemeten met de lichte slagsonde. Het onderzoek is hier beperkt tot één soort zandmateriaal (zand

voor onderfundering) wordt in de loop van 1999 verder uitgebreid. Hierdoor zullen de practici in de toekomst kunnen beschikken over een volledige set correlaties, die op een eenvoudige manier toelaten conclusies te trekken over de kwaliteit van de uitgevoerde buisomhulling en het toekomstige gedrag van de flexibele ingegraven leiding.

### Flexibiliteit staat voor veiligheid:

Het feit dat thermoplastische kunststofleidingen de grondzettingen kunnen volgen, zonder dat er lekkage of scheurvorming optreedt, biedt een de supplementaire veiligheid voor al uw rioeringswerken.



Kunststofriool, de optimale afvoer

#### ■ Referenties

1. Kindermans J.-M., *De lichte slagsonde in de wegenbouw. Informatiestudie en proefnemingen. Researchverslag O.C.W. RV5/76*

2. *Werwijze. Snelle raming van het draagvermogen van de grond met behulp van een lichte slagsonde type O.C.W. Meetmethode O.C.W. MN 39/78*

3. *Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen. ATV A127. Abwassertechnischen Vereinigung e.V., 1988.*

#### ■ Creatie & communicatie

Biz Bis 03/666 70 30

ondanks al de toewijding om fouten te voorkomen, kunnen wij niet verantwoordelijk worden gesteld voor onvolledigheden in de inhoud van dit magazine.

#### ■ Kurio Info

Een uitgave van KURIO vzw  
verantwoordelijke uitgever ir.G. Scheys

Secretariaat:  
Maria-Louizasquare 49  
B-1000 Brussel  
Tel. 02/238 98 69  
Fax: 02/238 99 98