

IN SITU RECYCLAGE VAN WEGEN MET CEMENT

Het gemeentelijk wegennet in België beslaat ongeveer 133.000 km, waarvan de overgrote meerderheid asfaltwegen zijn. Veel van deze wegen zijn in slechte staat en dienen gerenoveerd te worden. Doorgaans wordt de renovatie beperkt tot het aanbrengen van een nieuwe toplaag in asfalt.

Dikwijls heeft ook de fundering geleden onder de enorme toename van het verkeer en de verzwaring van de aslasten, omstandigheden waarvoor deze wegen niet werden ontworpen. De schade kan verder te wijten zijn aan een heterogeen samengestelde fundering ten gevolge van een verbreding van de oorspronkelijke rijweg.

In deze gevallen dringt een structurele herstelling zich op.

Een mogelijke oplossing, die zorgt voor een goede spreiding van de lasten, is een overlaging met een verharding in cementbeton.

Een volledige vervanging, waarbij de volledige structuur tot op de baankoffer wordt uitgebroken, is niet altijd aangewezen. De heraanleg van onderfundering, fundering en wegbekleding vergt de aan- afvoer van grote hoeveelheden materialen, neemt veel tijd in beslag en wordt door omwonenden en weggebruikers als erg hinderlijk ervaren.

De techniek van recyclage ter plaatse biedt hier een interessant en milieuvriendelijk alternatief.

DOSSIER
CEMENT

30
maart 2003

wegverharding
mager beton
in situ recyclage

	(94)	E12	(W7)
--	------	-----	------

BB/S1B _____



INLEIDING

Een van de steeds weerkerende elementen in de verschillende benaderingen van het concept ‘duurzaam bouwen’ is de beperking van het gebruik van uitputbare natuurlijke grondstoffen. Het delven van zand, grind en steenslag kan immers niet eeuwigdurend worden voortgezet en het gebruik ervan wordt daarom vandaag afgewogen tegenover alternatieve oplossingen.

Een belangrijke factor in de levenscyclusanalyse van een bouw-element is het transport van grondstoffen en/of afgewerkte producten. Een bouwproces waarbij lange transportafstanden (of transporttijden t.g.v. files) kunnen vermeden worden, is bijgevolg veel gunstiger op het vlak van milieukosten.

Ook de milieuwetgeving in de drie gewesten (exploitatievergunningen, stortkosten, vervoer van gronden, bodemvervuiling en -sanering) speelt vandaag een cruciale rol in het ontwerp van grond- en wegenwerken.

Deze evolutie heeft er toe geleid dat meer en meer (opnieuw) gebruik wordt gemaakt van bouwtechnieken waarbij de grondstoffen ter plaatse worden gerecycled. De technieken waarbij de grond of de bestaande wegverharding in situ wordt behandeld door toevoeging van cement en/of kalk worden voorgesteld in onderstaand schema.

Gemeenschappelijk aan deze verschillende toepassingen zijn de voordelen die er aan verbonden zijn :

- verminderd verbruik van grondstoffen;
- minder transport van en naar de bouwplaats;
- geen stortkosten van de af te voeren grond;
- het is een economische wijze van bouwen;
- en het betreft milieuvriendelijke technieken.

Toch zijn er ook wezenlijke verschillen. Wanneer spreekt men van ‘verbetering’ van grond en wanneer wordt de term ‘stabilisatie’ gebruikt ? In beide gevallen wordt een bindmiddel gemengd met de grond of met de granulaten, aanwezig op de plaats van het werk.

GRONDVERBETERING wordt toegepast op gronden met hoge plasticiteit (leem, klei), teneinde hun geotechnische eigenschappen te verbeteren : geschiktheid tot verwerking en verdichting, draagkracht en weerstand tegen indringing, wat zich vertaalt in een betere bereikbaarheid voor werfverkeer. Voor grondverbetering volstaan meestal lage dosissen aan bindmiddel (1 à 3 %, meestal kalk of een combinatie van kalk en cement om plastische gronden te verbeteren).

GRONDSTABILISATIE beoogt de realisatie van kwalitatieve grond-lagen waarvan de mechanische karakteristieken gevoelig zijn opgewaardeerd : groter draagvermogen en betere spreiding der lasten. Bovendien worden deze lagen water- en vorstbestendig, zodat hun technische duurzaamheid aanzienlijk toeneemt.

Stabilisatie vereist percentages van 4 à 6 % cement of een combinatie van cement met andere bindmiddelen, zoals kalk of bitumenemulsie.

IN SITU RECYCLAGE VAN WEGEN MET CEMENT is een techniek waarbij een bestaande steenslag- of grindfundering, al dan niet bedekt met een wegdek in asfalt, ter plaatse gemengd wordt met cement en eventueel water. Indien nodig worden granulaten en/of zand toegevoegd om een continue korrelverdeling te bekomen. Het resultaat is een cementgebonden fundering met een zeer goed draagvermogen en een uitstekende weerstand tegen erosie door water of vorst. Doorgaans wordt deze fundering overdekt met 1 of 2 lagen asfalt.

De weg wordt op die manier over de volledige diepte vernieuwd, en dit met nauwelijks enige aan- en afvoer van materialen. Het is met andere woorden de recyclagetechniek bij uitstek voor secundaire wegen. Zij komt in dit bulletin verder aan bod.

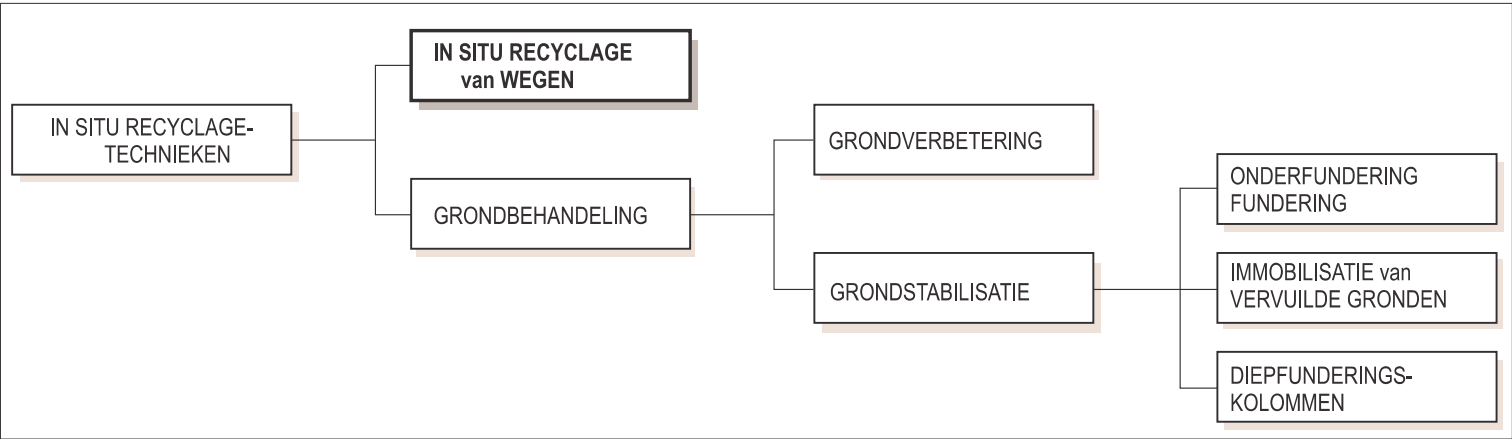
Het kan echter niet genoeg benadrukt worden dat andere ontwerpgegevens zoals de dimensionering in functie van de vereiste bouwklasse en de detaillering van waterafvoer en drainage een belangrijke rol blijven spelen in het geheel.

HISTORIEK

De eerste ervaringen met deze techniek dateren uit de jaren '50 in de Verenigde Staten en in Frankrijk. Sinds 1985 heeft zij aan interesse gewonnen en vandaag heeft deze werkwijze haar deugdelijkheid bewezen : in Frankrijk en Spanje bijvoorbeeld worden op deze manier jaarlijks 1 tot 2 miljoen m² wegen heraangelegd. Naast de reeds genoemde landen wordt de techniek over de ganse wereld toegepast, onder meer in Australië en Zuid-Afrika. Deze enorme vooruitgang is te danken aan de drie volgende factoren :

- een betere kennis van de mechanische karakteristieken van de met cement gestabiliseerde materialen en van het gedrag van de semi-rigide wegen;
- het gebruik van nieuwe machines met een groter vermogen en werkdiepte, betere mengkarakteristieken en hogere rendementen, wat een hogere kwaliteit van het afgeleverde werk en een verminderde kostprijs met zich meebrengt;
- de voornaamste impuls – het groeiend milieubewustzijn en de voordelen voor het leefmilieu ten opzichte van de klassieke vernieuwing van een weg.

Fig. 1 - Bouwtechnieken met in situ hergebruik van materialen



HET BINDMIDDEL

Cement zorgt voor een snelle sterkteontwikkeling en laat recyclage van verhardingen toe tot op belangrijke dieptes (> 30 cm). Het is hier dan ook het meest aangewezen bindmiddel en **het enige dat een aanzienlijke verhoging van het draagvermogen in situ en een weerstand tegen water en vorst kan garanderen**. Het bereikte resultaat is vergelijkbaar met schraal beton.

In het geval van plastische materialen, zoals ondergronden of funderingen die vervuild zijn met kleideeltjes, kan, net zoals bij grondbehandeling, een eerste verbetering gerealiseerd worden met kalk, en vervolgens stabilisatie met cement. Een en ander is ook mogelijk met een voorgedoseerd gecombineerd bindmiddel.

Recyclage van asfaltwegen kan eveneens gebeuren met bitumenemulsie of schuimbitumen als bindmiddel in combinatie met cement. Hierdoor wordt een 'soepeler' fundering verkregen, zodat het probleem van krimp-scheuren en de voortzetting ervan doorheen de toplagen in asfalt – de zogenoemde reflectiescheuren – niet optreedt. Indien geen cement gebruikt wordt, vertoont de gestabiliseerde laag minder draagkracht en is ze op langere termijn helemaal niet bestand tegen waterindringing en vorst.

Uit diverse buitenlandse studies in laboratoria en onderzochte praktijkgevallen blijkt dat een cementgehalte van minimum 3 % noodzakelijk is. Duits onderzoek naar het gedrag op lange termijn leidde bijvoorbeeld tot de conclusie dat het cement een

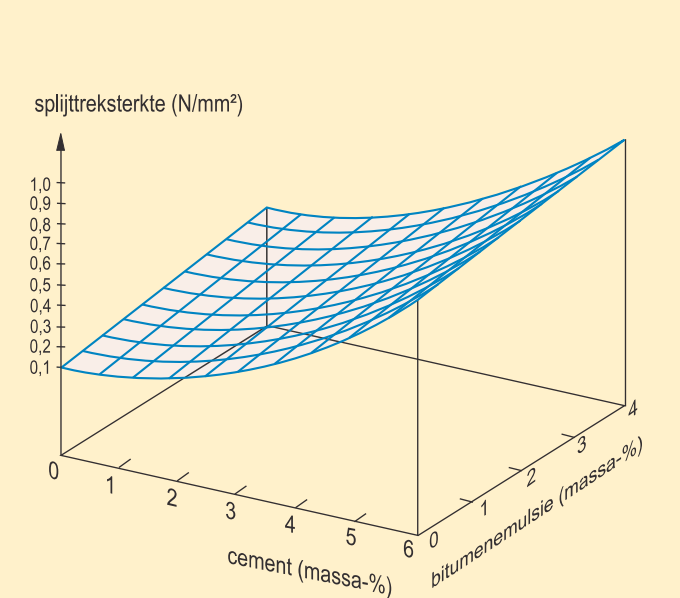
beslissende invloed heeft op de sterkteontwikkeling en de vermoeiingsweerstand, en dat deze invloed pas duidelijk wordt vanaf een percentage van 4% (zie figuren onderaan). Nederlandse en Zuid-Afrikaanse studies bevestigen dit voor combinaties van cement en schuimbitumen.

Wordt voor een lange termijnvisie gekozen en is het de bedoeling door in situ recyclage met bitumenemulsie of schuimbitumen een duurzame (onder)fundering te realiseren, dan is een combinatie met minimum 4 % cement noodzakelijk.

De Belgische typebestekken leggen een **minimum cementgehalte op van 6 %**. Dit stemt overeen met ongeveer 1,2 kg cement per cm dikte en per m². Op die manier wordt rekening gehouden met een mogelijke heterogeniteit in de samenstelling van het aanwezige materiaal, variaties in de menging en een minder stevige verdichting aan de onderzijde van dikke gerecycleerde lagen.

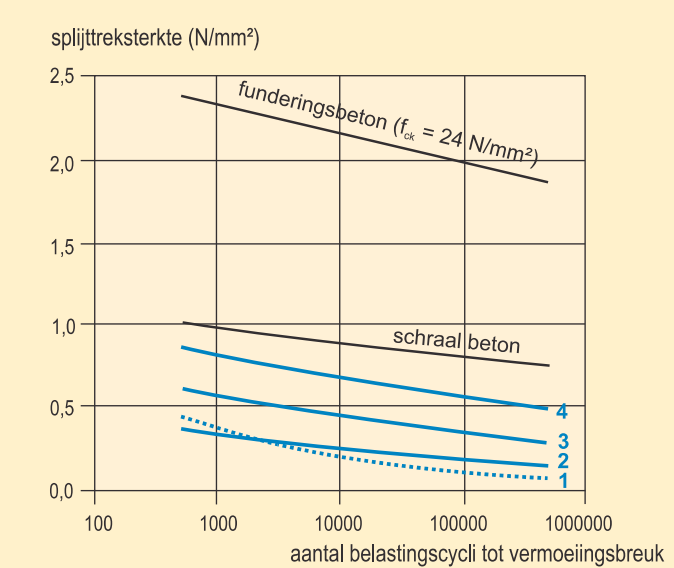
In principe voldoen alle cementen uit sterkteklasse 32,5 of 42,5. Rekening houdend met de gewenste mechanische karakteristieken enerzijds, en een voldoende lange verwerkbaarheid anderzijds, kan worden gesteld dat de hoogovencementen CEM III/A 42,5 N LA en CEM III/B 42,5 N LA het meest aangewezen zijn. In de zomerperiode kunnen ook deze hoogovencementen van de klasse 32,5 worden gebruikt (CEM III/A 32,5 N LA en CEM III/B 32,5 N LA).

Fig. 2 - Splijttreksterkte in functie van de hoeveelheid en aard van het bindmiddel (cement en bitumenemulsie)



De mechanische weerstand (splijttreksterkte) vertoont een duidelijke stijging bij een toenemend cementgehalte, daar waar een verhoogd bitumengehalte slechts een beperkte lineaire verhoging van de sterkte teweegbrengt. Deze dominante invloed van het cementgehalte werd eveneens waargenomen voor de drukweerstand. Bij hogere bitumengehaltes ($\geq 4\%$) werd soms een daling van de sterkte vastgesteld.

Fig. 3 - Splijttreksterkte in functie van het aantal belastingscycli tot vermoeiingsbreuk



1, 2, 3, 4 : gerecycleerde mengsels

	gebroken steenslag	asfaltpuin	bitumen	cement
nr. 1	80 %	20 %	4 %	0 %
2	80	20	4	2
3	80	20	4	4
4	80	20	4	6

Het cementgehalte speelt ook in de vermoeiingsweerstand van gestabiliseerde mengsels een beslissende rol.

HAALBAARHEIDSSTUDIE

Vooraleer de uitvoering van een in situ recyclageproject aan te vatten is het absoluut noodzakelijk een haalbaarheidsstudie uit te voeren, welke ook de aard van het bindmiddel is. Er zijn immers bepaalde omstandigheden waarin in situ recyclage niet verantwoord is omwille van technische of economische redenen. Bovendien moet deze studie toelaten de eigenschappen van het gestabiliseerde materiaal te bepalen, uitgaande van de samenstellende bestanddelen (materiaal aanwezig op de bouwplaats, toegevoegde granulaten, cement, water).

Een volledige haalbaarheidsstudie kan bestaan uit :

- een onderzoek naar de geschiedenis van de weg;
- een visueel onderzoek van het wegdek;
- een monsterneming;
- een zeefanalyse;
- een snelle stabilisatieproef;
- een bepaling van de gewijzigde proctorcurve;
- een drukproef ter bepaling van het cementgehalte;
- een proef op de weerstand tegen onderdompeling.

De verschillende stappen uit dit onderzoek worden verder in detail beschreven. Sommige punten zijn reeds opgenomen in de typebestekken (SB250 voor Vlaanderen en RW99 voor Wallonië). In het Brussels Gewest (TB2000) zijn geen voorschriften opgesteld in verband met de in situ recyclage van wegen.

Onderzoek naar de geschiedenis van de weg

Het raadplegen van *as-built* plannen van de weg of van vroegere aanbestedingsdocumenten kan heel wat informatie opleveren over de bestaande structuur van de weg. Ook diegenen die betrokken waren bij de werken – personeel van de aannemer, ingenieurs, opzichters – en zelfs omwonenden kunnen inlichtingen verstrekken.

Visueel onderzoek van het wegdek

Een eenvoudig nazicht van de staat van het oppervlak laat toe bepaalde gebreken op te sporen, zoals een gebrekkige fundering, een slecht functionerende waterafvoer, een onvoldoende zijdelingse stabiliteit van de weg, ... Op basis van dit onderzoek kan ook een oordeelkundige keuze gemaakt worden van de plaatsen waar monsters zullen genomen worden.

Monsterneming

Voor een representatieve monsterneming dienen volgende regels nageleefd te worden :

- de monsternemingen vinden minstens alle 500 m plaats, dit over een halve rijwegbreedte en afwisselend links en rechts; bijkomende monsters zijn noodzakelijk indien wijzigingen in de structuur van de weg worden vastgesteld of vermoed;
- de monsternemingsleuf moet een onderzoek van de dwarsdoorsnede van de weg toelaten en moet minstens even diep zijn als de dikte van de laag die zal gerecycleerd worden;
- er wordt ongeveer 100 kg (fractie 0/80 mm) per monster genomen om het geheel van de nodige proeven te kunnen uitvoeren;
- de monsterneming dient te gebeuren onder leiding van een erkend laboratorium.

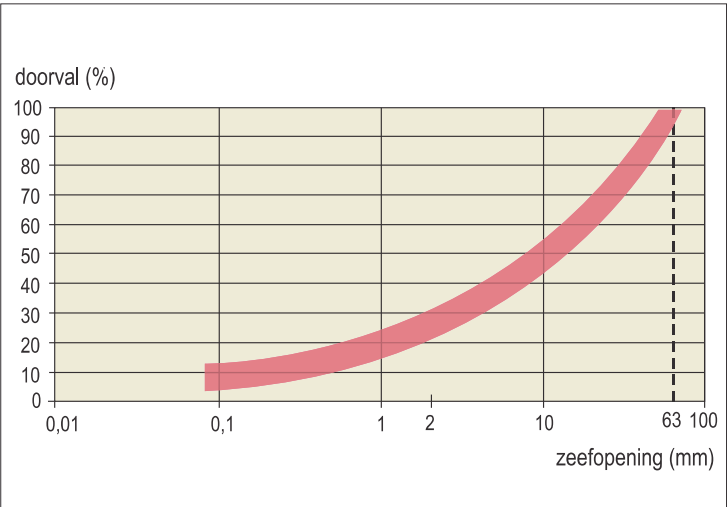


Een monsternemingsleuf beslaat de halve rijwegbreedte...



... en is minstens even diep als de dikte van de te recycleren laag.

Fig. 4 - Graderingsgebied rond de Talbot-kromme



Zeefanalyse

Deze heeft tot doel na te gaan of het te recycleren materiaal een continue korrelverdeling heeft. Ze moet overeenstemmen met een theoretische, ideale korrelverdeling, voorgesteld door de Talbot-kromme met als vergelijking :

$$y = 100 (d/D)^{0,4}$$

waarbij y = de doorval in % door de zeef d
 d = de maaswijdte van zeef d in mm
 D = de afmeting van het grootste element in mm (deze wordt bepaald door de afmeting te nemen die overeenstemt met 95 % doorval van de volledige zeefkromme van de fractie 0/80 mm).

Een tolerantie van 5 % in min of in meer wordt toegelaten ten opzichte van deze ideale kromme, zodat een graderingsgebied ontstaat waarbinnen het te recycleren materiaal zich moet bevinden (fig. 4). Indien dit niet het geval is, moet materiaal toegevoegd worden ter verbetering van de korrelverdeling.

De zeefanalyse gebeurt op de fractie 0/80 mm van het materiaal van de monsterneming. De elementen groter dan 80 mm worden zo mogelijk reeds bij de monsterneming gescheiden. Indien deze meer dan 10 % bedragen, is in situ recyclage economisch minder interessant omwille van de hoge slijtage van de tanden van de recycler. Het is dan aangewezen het aanwezige materiaal (grote en kleine elementen) te verbrijzelen in een mobiele breekinstallatie.

De zeefanalyse kan vrij snel gebeuren door ze te beperken tot slechts enkele zeven, namelijk de reeks 4 - 12,5 - 20 - 40 mm.

Snelle stabilisatieproef (standaard proctorcurve)

Dit is een vrij eenvoudige en snelle proef waarmee wordt nagegaan of de binding van het cement niet gehinderd wordt door de aanwezigheid van organische stoffen of andere vervuulende elementen.

Hiertoe wordt de zandfractie 0/4 afgezeefd van het materiaal van de monsterneming. Deze fractie 0/4 wordt gemengd met 15% cement (sterkteklasse 42,5), en dit bij verschillende watergehaltes (bijvoorbeeld 5, 6, 7, 8, en 9 %).

Merk op dat 15 % van de fractie 0/4 ongeveer overeenstemt met 6 % van de totale fractie van het materiaal.

Volgens de standaard proctorproef wordt per watergehalte een proefstuk aangemaakt. Voor het optimum watergehalte moet de drukweerstand na 7 dagen een minimale gemiddelde waarde van 8,0 MPa bereiken.

Indien de waarde van 8,0 MPa niet gehaald wordt, kan in situ recyclage toch mogelijk zijn, mits het gebruik van een toevoegmateriaal.

Bepaling van de gewijzigde proctorcurve

De gewijzigde (of versterkte) proctorproef heeft tot doel het watergehalte te bepalen van het mengsel (op basis van de fractie 0/20) waarbij de verdichting optimaal zal verlopen (fig. 5).

In dit geval bestaat de inerte fractie van het mengsel uit het materiaal ter plaatse en het eventuele toevoegmateriaal.

Drukproef ter bepaling van de cementdosering

Voor deze proef worden de proefstukken op identieke wijze aangemaakt als voor de gewijzigde proctorcurve, maar dan steeds met het reeds vastgestelde optimum watergehalte.

De druksterkte wordt bepaald op reeksen van 3 proefstukken op een ouderdom van 7 dagen. Een minimum gemiddelde waarde van 8 MPa is vereist. Indien deze niet bereikt wordt, moet het cementgehalte verhoogd worden. In functie van die extra cementhoeveelheid dient het watergehalte eveneens lichtjes aangepast te worden.

Proef op de weerstand tegen onderdompeling

Op basis van de bekomen gehalten aan water en cement worden twee reeksen van drie proefstukken vervaardigd (cfr. versterkte proctorproef). Na 7 dagen bewaring wordt een van de twee reeksen ondergedompeld in water, de andere blijft bewaard in vochtige omgeving (RV > 95 %). Op de ouderdom van 14 dagen worden beide reeksen onderworpen aan drukproeven.

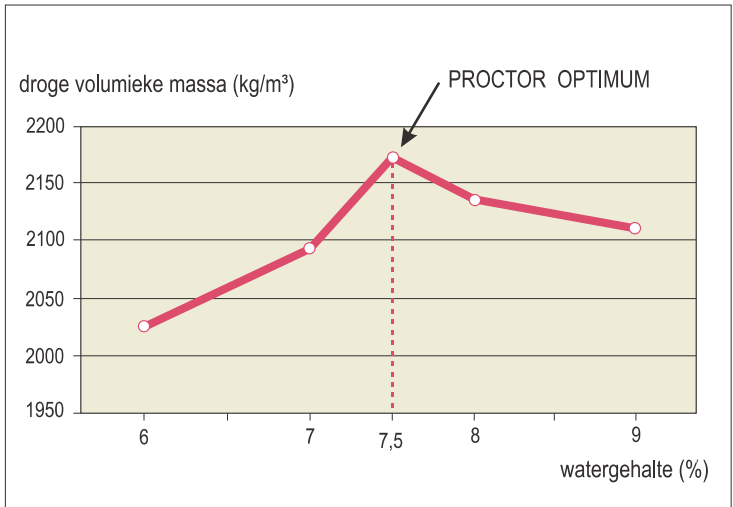
Het criterium m.b.t. de weerstand tegen onderdompeling wordt als volgt geschreven :

$$100 (f_{c\text{-ondergedompeld}} / f_{c\text{-getuige}}) \geq 70 \%$$

waarbij $f_{c\text{-ondergedompeld}}$ = gemiddelde drukweerstand van de ondergedompelde proefstukken;
 $f_{c\text{-getuige}}$ = gemiddelde drukweerstand van de getuigenproefstukken.

Indien aan het criterium niet voldaan wordt, dient het cementgehalte te worden verhoogd tot de vereiste 70 % wordt bekomen.

Fig. 5 - Gewijzigde proctorproef op de fractie 0/20 van het mengsel



MATERIEEL EN UITVOERING

Inleiding

Welke zijn de machines die instaan voor de recyclage van wegen door middel van de techniek van mix-in-place met cement ? Er is enerzijds het specifiek materieel dat tot doel heeft de grond of de materialen ter plaatse te mengen met het bindmiddel. Maar er is ook de uitrusting voor het uitspreiden van de bindmiddelen en voor het aanbrengen van voegen in de gestabiliseerde laag.

Vorbereidende werken

In bosrijke omgeving of bij zwaar vervuilde rijwegen is het aangewezen het wegdek voorafgaand te borstelen om de hoeveelheid organisch materiaal in het mengsel tot het minimum te beperken. Zoals reeds gemeld is het best het materiaal voorafgaand te breken met een mobiele breker, indien blijkt dat meer dan 10 % van de aanwezige grind of steenslag groter is dan 80 mm of wanneer stukken aanwezig zijn groter dan 125 mm.

Wanneer de asfaltlagen dikker zijn dan 1/3 van de dikte van de te recycleren laag, dient het overtollige deel afgereesd te worden.

Toevoegmateriaal (bijvoorbeeld een kalksteenslag 0/32) wordt aangevoerd bovenop de te recycleren weg, indien het de bedoeling is:

- de dikte van de te recycleren laag te verhogen;
- de rijweg te verbreden;
- de korrelverdeling van het aanwezige materiaal te verbeteren om te voldoen aan het graderingsgebied rond de ideale Talbot-curve.

Uitspreiden van het bindmiddel

De levering van de bindmiddelen voor grondbehandeling gebeurt quasi steeds in bulk. Een uitspreiding "per zak" op een grondoppervlak, waarop een vierkanten raster werd aangebracht om de oppervlakte per zak aan te duiden, is technisch wel aanvaardbaar, maar is economisch slechts te overwegen op zeer kleine bouwplaatsen met een onregelmatige vorm.

De oudste types van de strooimachines hadden een eenvoudige dosering per tijdseenheid, zodat de hoeveelheid gestrooid bindmiddel geregeld werd door de verplaatsingssnelheid van het tuig en dus volledig in handen lag van de bestuurder. Gezien de grote onnauwkeurigheid is dit type slechts toegelaten in gevallen waar de grondbehandeling van secundair belang is en zeker niet voor grondstabilisatie.

De tweede generatie van strooimachines hebben een volumetrische dosering welke gestuurd wordt door de verplaatsingssnelheid van het tuig. Zodoende wordt per oppervlakte-eenheid een vooraf ingestelde hoeveelheid bindmiddel verspreid.

Bij de modernste machines wordt dat volumetrisch doseersysteem nog aangevuld met een weging van de kuip van de strooimachine. Dit laat een nog preciezere regeling toe van de hoeveelheid cement per m², zodat een mengsel verkregen wordt met homogeen verdeelde karakteristieken, dat minimaal afwijkt van de gestelde eisen qua sterkte en samenstelling.

De volgende opties op de strooimachines kunnen bovendien de precisie van de dosering ten goede komen :

- een systeem van merktekens dat de bestuurder helpt om de strooibanden mooi parallel te houden, "boord tegen boord" of beter nog, met een tiental centimeter overlapping;
- variabele strooibreedte om nodeloze overlappingen van stroken te vermijden, wanneer de breedte van het te behandelen oppervlak geen geheel veelvoud is van de breedte van de strooimachine;
- een alarmanduiding wanneer de strooikuip bijna leeg is;
- een systeem dat de verplaatsingssnelheid van machine en verdeeltrommel, de ijkingen en de hoeveelheid uitgestrooid product registreert, dit alles om manuele controles te verminderen en de algemene betrouwbaarheid te verhogen.



Een laag toevoegmateriaal werd uitgespreid op het bestaande wegdek.

Dosering per tijdseenheid : niet altijd even nauwkeurig...



Modernere machines strooien een vaste hoeveelheid bindmiddel per m².



In situ frezen en mengen

De overgang van de techniek van grondstabilisatie met cement naar de recyclage in situ van bestaande wegen is in feite parallel verlopen met de evolutie van de beschikbare machines.

Uit het domein van de grondstabilisatie zijn alleen de *pulvimixers* geschikt voor het in situ recyclen van bestaande verhardingen. Deze pulverisatoren met horizontale trommel zijn machines die in essentie bestaan uit een trekker en een trommel waarvan de horizontale as loodrecht op de bewegingsrichting staat. De trommel wordt hydraulisch of mechanisch aangedreven en door middel van hydraulische vijzels tot de gewenste diepte in de grond geduwd. Het geheel is overkapt door een carter die het mengsel omvat tijdens de duur van de menging. Deze hangt af van de snelheid waarmee gereden wordt.

Dergelijke pulverisatoren zijn in de loop van de jaren geëvolueerd tot gespecialiseerde *recyclers*. Daar deze actueel ontworpen worden om dikke verhardingslagen (tot 35 cm) in een enkele gang te recyclen, gaat het meestal over grote en zeer krachtige tuigen, die zowel op rups- als op luchtbanden beschikbaar zijn. Ze wegen tot meer dan 30 ton, om niet opgelift te worden bij het frezen.

Het hart van deze machines is een frees/mengtrommel uitgerust met een groot aantal speciale snijtanden. Deze kunnen eenvoudig en snel vervangen worden wanneer ze versleten zijn.

De draairichting van de trommel is tegengesteld aan de draairichting van de wielen. Dit is het zogenoemde *up-cut* principe : het materiaal wordt van onderaf losgewoeld en tegen een staaf of plaat geprojecteerd, wat nog bijdraagt tot de fragmentatie of verpulvering. De positie van de rotor is regelbaar in de hoogte.

Tijdens het frezen wordt, indien vereist, een precies gedoseerde hoeveelheid water in de mengkamer gespoten. In vergelijking met de klassieke mengmachines uit de sector van de grondverbetering gebeurt het mengen hier zeer grondig.

Moderne recyclers beschikken over een geïntegreerde cementsilo, waardoor hinderlijke stofvorming tijdens de uitvoering van de werken wordt tegengegaan.

Stofvorming, die bij het uitstrooien in poedervorm toch steeds in lichte mate optreedt, wordt verder vermeden door een cement-watersuspensie (*slurry*) rechtstreeks in de mengkamer te injecteren.

In Frankrijk werd een ander type van recyclagemachine ontwikkeld : de ARC 700. ARC staat voor 'Atelier de Reconditionnement de Chaussées'. Het gaat hier inderdaad over een allesomvattend atelier waarmee alle bewerkingen in één gang worden uitgevoerd door een machine. Een belangrijk voordeel van deze machine is de aanwezigheid van twee rotoren : de menging gebeurt zowel in transversale als in longitudinale richting, wat resulteert in een zeer homogeen eindproduct.



'Pulvimixers' worden voornamelijk gebruikt voor grondstabilisatie.



Een 'slurry-mixer' vermijdt stofvorming tijdens de werken.



'Recyclers' zijn zware machines die ook dikke lagen in één gang grondig mengen.



'Atelier de Reconditionnement de Chaussées' : menging gebeurt zowel in dwars- als in langsrichting.

Nivelleren en verdichten

Om een effen oppervlak te bekomen wordt onmiddellijk na de recycler een grove nivellering uitgevoerd. Na een aantal overgangen van de wals kan het fijn nivelleren plaatsvinden.

Het grof nivelleren kan worden vervangen door het inzetten van een afwerkingsmachine of *finisher*, die voor een zeer goede homogene verdeling van het gemengde materiaal zorgt.

Voor de verdichting wordt gebruik gemaakt van krachtige gladde trilwalsen, waarvan de massa per cm beschrijvende minstens 30 kg bedraagt. Voor diktes vanaf 25 cm is een extra verdichting noodzakelijk. Hiertoe wordt een bandenwals ingezet met een massa van minimum 2,7 ton per wiel. De laatste verdichting gebeurt met de gladde wals, zonder te trillen, om schilvorming aan het oppervlak te vermijden.

Het resultaat van de verdichting dient zo te zijn dat de droge volumemassa ten minste 95 % van het proctoroptimum bedraagt.

Beschermen van het oppervlak tegen uitdroging

Het is absoluut noodzakelijk om zo snel mogelijk na de stabilisatie een bescherming tegen uitdroging aan te brengen. Deze bestaat uit een bitumenemulsie bestrooid met 3 kg/m² zand (zie Standaardbestek 250, p. V-10, § 4.1.1). Wanneer deze pas op het einde van de dag wordt uitgevoerd, moet het oppervlak in afwachting lichtjes bevochtigd worden.

De emulsie- en zandlaag kunnen eveneens dienst doen als tijdelijke top laag in afwachting van de voorziene asfaltlagen. Nog beter is het echter in dat geval een bestrijking te voorzien.

Grove nivellering door middel van een 'grader'.



Grove nivellering vervangen door homogenisering met 'finisher'.



Verdichting met een gladde wals.



Dikkere lagen worden extra verdicht met een bandenwals.



Emulsie- en zandlaag als bescherming tegen uitdrogen.



Aanbrengen van voegen

Een met cement gestabiliseerde fundering is onderhevig aan krimp en er zal steeds scheurvorming plaatsvinden. Deze scheuren kunnen zich verderzetten in het bovenliggende asfaltoppervlak en worden dan reflectiescheuren genoemd. De Belgische ervaring heeft geleerd dat voor rijwegen met weinig verkeer, een snelle en doeltreffende bescherming tegen uitdroging, zoals hierboven beschreven, en een dubbele asfaltlaag (minstens 10 cm) volstaan om het probleem van de reflectiescheuren te beheersen.

Voor druk bereiden wegen, bijvoorbeeld vanaf bouwklasse B7 (dit stemt overeen met ongeveer 300 vrachtwagens per dag), moeten voegen worden aangebracht in de gestabiliseerde fundering. In plaats van deze voegen te zagen in de verharde laag kunnen ze eveneens worden gekerfd in het verse cementgebonden materiaal.

De tussenafstand bedraagt steeds tussen de 3 en de 5 m.

Hiervoor zijn een aantal uitrustingen ontwikkeld, waarmee dit snel en economisch kan gebeuren :

- Het eerste toestel is een eenvoudige trilplaat waar onderaan een mes is op gemonteerd. Het wordt manueel bediend of is vastgemaakt op een werktuig, bijvoorbeeld een wals of een graafmachine. De diepte van de voeg dient minstens de halve laagdikte te bedragen. Na het kerven van de voegen, wordt de gestabiliseerde laag verdicht door walsen.
- Het CRAFT-systeem (*Création Automatique de Fissures Transversales*) is een uitrusting die op een grader of graafmachine geïnstalleerd wordt, en die een gearticuleerde arm met een snijelement aan het uiteinde, en een emulsietank omvat. Het snijelement, bestaande uit een dubbel mes, opent de voeg en injecteert de bitumenemulsie.
- Het Franse OLIVIA-systeem voorziet in het indrijven van een plastic strip in de voeg, die de verticale voegzijden moet verhinderen terug samen te komen en die als aanzet dient voor een verdere scheurvorming in de diepte.
- Een gelijkaardig Frans systeem, 'actieve voeg' genoemd, maakt een opening waarin een sinusoïdaal gegolfde plastic strip wordt ingedreven. De voeg wordt over de volledige dikte van de verharding gerealiseerd. De hoogte van de strip is ongeveer twee derde van die dikte, zodat hij minstens 5 cm van het oppervlak zit. De gegolfde vorm maakt een lastoverdracht mogelijk tussen de twee voegzijden.

In gebruik nemen van de rijweg

Licht verkeer (tot 3,5 ton) mag vanaf 4 uur na het afstrooien met zand op de fundering worden toegelaten. Volledige openstelling voor het verkeer kan pas na het aanbrengen van de bitumineuze onder- en top laag.



Reflectiescheuren kunnen beheerst blijven bij secundaire wegen.

De weg kan weer in gebruik worden genomen...



CONTROLES

Het *Standaardbestek 250* voorziet volgende controles :

- dikte van de laag : de tolerantie in min van de fundering is 2 cm voor de individuele dikte en 0 cm voor de gemiddelde dikte.
- profiel van het oppervlak : de toleranties in min en meer op de peilen van een willekeurig profiel, afgeleid van de profielen op de plans, bedragen 1,5 cm;
- vlakheid van het oppervlak : oneffenheden zijn beperkt tot hoogstens 1 cm (controle met een rij van 3 m);
- draagvermogen : de samendrukbaarheidsmodulus M_1 is minstens 110 MPa, gemeten ten laatste 72 uur na de uitvoering.

Volgende bijkomende controles en proeven kunnen worden uitgevoerd:

- controle van de laagdikte en kwaliteit (korrelverdeling) van het toevoegmateriaal;
 - controle van de hoeveelheid uitgestrooid cement;
 - controle van de drukweerstand op een ouderdom van 90 dagen.
- Volgens het Waalse typebestek RW99 moeten de druksterkten gemiddeld 8 MPa en individueel 6,5 MPa bedragen. Uit ervaring blijkt dat de gemiddelde waarde van 8 MPa goed realiseerbaar is, indien de voorwaarden van de haalbaarheidsstudie worden gerespecteerd. Het heterogene karakter van de in situ recyclage levert echter nogal uiteenlopende resultaten op. Daarom worden een minimum individuele waarde van 5 MPa en een minimum gemiddelde van 8 MPa aanbevolen.



Controle van de hoeveelheid uitgestrooid cement.

De drukweerstand wordt bepaald op boorkernen.



Voorbeeld van een asfaltweg die aan renovatie toe is.



Voorbeeld van een rijweg na recyclage in situ.
Ook primaire wegen komen in aanmerking voor deze renovatietechniek.

HOE IN DE PRAKTIJK TEWERK GAAN ?

1. In de plannings- en ontwerpfase door de opdrachtgever (Administratie, studiebureau)

Uitvoeren van de haalbaarheidsstudie :

- 1) een onderzoek naar de geschiedenis van de weg;
- 2) een visueel onderzoek van het wegdek;
- 3) een monsterneming;
- 4) een zeefanalyse;
- 5) een snelle stabilisatieproef
- 6) een bepaling van de gewijzigde proctorcurve;
- 7) een drukproef ter bepaling van de cementdosering;
- 8) een proef op de weerstand tegen onderdompeling.

De proeven (6), (7) en (8) worden in principe tijdens de aanneming door een erkend laboratorium in opdracht van de aannemer uitgevoerd. De monsterneming en zeefanalyse dienen dan wel opnieuw te gebeuren.

Op basis van (1) tot en met (5) kan geoordeeld worden of een recyclage in situ door stabilisatie mogelijk is, of een voorafgaand breken van de grote elementen (> 80 mm) noodzakelijk is, en of er materiaal (zand-steenslagmengsel) moet toegevoegd worden om de korrelverdeling te verbeteren. Deze bepalingen dienen daarom desgevallend in het bestek te worden opgenomen.

2. Opstellen van de aanbestedingsdocumenten

De basistekst bevindt zich in het Standaardbestek 250 (versie 2.0 – Hoofdstuk V - § 4.6), waarnaar verwezen kan worden. Volgende bepalingen dienen verder beschreven te worden in het bestek :

- desgevallend, het voorafgaand reinigen van het wegoppervlak om aarde en organisch materiaal te verwijderen;
- desgevallend, het voorafgaand breken van het materiaal wegens te groot aandeel aan elementen > 80 mm;
- desgevallend, het voorafgaand affrezen van een gedeelte van de asfaltlaag, welke maar 1/3 mag bedragen van de totale te recycleren dikte;
- desgevallend, het aanvoeren en uitspreiden van toevoegmateriaal en de beschrijving (aard en korrelverdeling) van dit materiaal;
- de bepaling van de proctorcurve, de drukweerstandspoor en de proef op de weerstand tegen onderdompeling;
- het cementgehalte en het watergehalte dat overeenstemt met het proctoroptimum, indien voormelde proeven wel in de ontwerpfase werden uitgevoerd;
- de dikte van de te recycleren laag (20 tot 35 cm);
- eventueel het aanbrengen van voegen door zagen of kerven op een tussenafstand van maximaal 5 m;
- bijkomende controles a posteriori : drukweerstand op boorkernen ($\varnothing = 113$ mm, $h = 100$ mm) op een ouderdom van 90 dagen. Aanbevolen minimale waarden zijn 8 MPa voor de gemiddelde druksterkte en 5 MPa voor de individuele druksterkte.

In de samenvattende opmetingsstaat verdient het de voorkeur de prijs te bepalen per m² gerecycleerd oppervlak, plus een post per ton bindmiddel, plus een post voor het laboratoriumonderzoek.

Op die manier is een correcte prijsopgave door de aannemer mogelijk.

3. Uitvoering

De aannemer laat de proeven (6) tot (8) uitvoeren. Een nieuwe monsterneming is hiervoor noodzakelijk.

Bij de uitvoering moet rekening worden gehouden met de weersomstandigheden. Een regenbui kan immers het watergehalte van het aanwezige materiaal en het toevoegmateriaal tijdelijk verhogen, wat een goede verdichting kan verhinderen.

Tijdens de uitvoering kunnen de eerder beschreven controles worden uitgevoerd op de goede naleving van de bepalingen van het standaard- en bijzonder bestek.

4. Monitoring

Het is aangewezen om jaarlijks een inspectie uit te voeren van de vernieuwde weg, zodat de eventuele verschijning van reflectiescheuren kan worden opgevolgd en deze indien nodig kunnen worden hersteld. Het verschijnen van reflectiescheuren is functie van verschillende factoren : het al dan niet aanbrengen van voegen, het cementgehalte, de verkeersbelasting, de dikte van de aangebrachte asfaltlaag, ...

De techniek van in situ recyclage van wegen met cement kadert in de gedachte van duurzame ontwikkeling. Naast het ecologisch voordeel is het bovendien een financieel voordelige oplossing. Diverse Belgische aannemers beschikken over het nodige materieel en hebben de nodige ervaring. Een verdere ontwikkeling ervan mag dan ook verwacht worden in de komende jaren. Hierbij mag echter niet uit het oog worden verloren dat de omstandigheden telkens anders zijn. Een goede voorstudie is met andere woorden steeds het enige uitgangspunt om een goede kans op slagen te bieden.

BIBLIOGRAFIE

Standaardbestek 250 - versie 2.0
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap – LIN - 2000

Cahier des Charges Type CCT RW 99
Ministère de la Région Wallonne – MET - 1999

Le retraitement en place des chaussées au moyen de ciment
Code de bonne pratique
Ministère de la Région wallonne
Direction générale des Pouvoirs locaux
Division des Infrastructures routières subsidiées
Gembloux : mars 1995

CHOMIS M. ; JASIENSKI A.
Retreating pavements on site with cement
7th International Symposium on Concrete Roads,
Vienna, 3-5 October 1994

JASIENSKI A. ; RENS L.
In situ recycling using cement : the Belgian experience
1st International Symposium on Subgrade Stabilisation and In Situ
Pavement Recycling Using Cement
Salamanca, 1-4 October 2001

ROSSBERG K.
In situ pavement recycling using cement and bitumen combined as binder
– *Strength parameters and long-term performance*
ibid.

Guidelines for in situ recycling with cement
PIARC C7/8 Road Pavements - Draft version 2003



© Wirtgen GmbH



dit bulletin is een publicatie van
FEBELCEM - Federatie van
de Belgische Cementnijverheid
Voltastraat 8 - 1050 Brussel
tel. 02 645 52 11
fax 02 640 06 70
<http://www.febelcem.be>
e-mail: info@febelcem.be

auteur
ir. L. Rens

foto's:
P. Van Audenhove
(tenzij anders vermeld)

verantw. uitgever:
J.P. Jacobs

wettelijk depot:
D/2003/0280/01

