

# Krimpcompenserend beton of nog beter..... zwelbeton?

W. de Moor, Movares Nederland BV<sup>1)</sup>

*Bij werkzaamheden voor de hsl te Barendrecht moest een aantal tijdelijke, voor hulpconstructies aangebrachte sparingen door de vloer en het dak van een tunnel, met beton worden gedicht. Om de constructieve werking en de waterdichtheid van deze afdichting voldoende te kunnen garanderen, was het voorkomen van krimp een belangrijk uitgangspunt. Dit leidde uiteindelijk tot de ontwikkeling van een ‘zwellbeton’.*

1 | Onder de hulpbruggen wordt de Dive Under gebouwd. De sparingen in de vloer zijn om veiligheidsredenen afgedekt



2 | Dunwandige stalen, van ribbels voorziene sparingen fungeren als bekisting rondom de stalen buispalen

Het betreffende kunstwerk, ook wel bekend onder de naam ‘Dive Under’, maakt het mogelijk dat de hsl ongelijkvloers de (verlegde) Havenspoorlijn kruist. Tijdens de bouw van de Dive Under moest de Havenspoorlijn in dienst blijven. Om het kruisende gedeelte van de Dive Under onder de Havenspoorlijn te kunnen bouwen zijn hulpbruggen in het spoor ingebracht. Deze hulpbruggen zijn gefundeerd op stalen buispalen. Vervolgens is onder deze hulpbruggen het kunstwerk in een bemalen bouwkuip gebouwd (foto 1). Gedurende de bouwperiode staken de stalen buispalen dus door de vloer en het dak van het kunstwerk

3 | Proefopstelling op het werk: stalen buispalen en betonbalkjes

heen. Voor het storten van de vloer en het dak zijn rondom de stalen buispalen vierkante geprofileerde sparingen als bekisting aangebracht. Na de bouw van de Dive Under, het verwijderen van de hulpbruggen en het afbranden van de stalen buispalen, moesten de zestien sparingen in de vloer en het dak nog met beton worden gevuld.

## Consequenties sparingen

De detaillering van de sparingen was ondergebracht bij de aannemerscombinatie. De sparingen hadden afmetingen van 800 x 800 mm<sup>2</sup> en varieerden ter plaatse van de vloer en het dek in hoogte van 800 tot 1000 mm.

## Constructief

In de eindsituatie zouden de stalen palen ter hoogte van onderkant vloer worden afgebrand en na

het volstorten van de sparingen moesten de stalen buispalen als definitieve funderingselementen mee gaan functioneren. De sparingen in het dak hadden eveneens een dragende functie (treinbelasting) en moesten ook met beton worden gevuld. De aannemerscombinatie koos ervoor geen stekverbinding tussen het ‘oude’ en het nieuwe beton aan te brengen. Nadeel hiervan was dat optredende krimpspanningen niet door de stekwapening zouden worden beheerst. Uit oogpunt van krachtsoverdracht waren de zij-kanten van de sparingen wel van ribbels voorzien. Deze werden verkregen door om de stalen buispalen een dunwandige stalen ribbelbekisting aan te brengen (foto 2).

## Waterdichtheid

Op de sparingen in de vloer stond aan de onderzijde een druk van 7 m waterkolom. De aannemers-



<sup>1)</sup> Auteur is werkzaam bij Movares (vh Holland Railconsult) en was ten tijde van de uitvoering werkzaam bij de Project Organisatie Betuweroute.



combinatie had geen maatregelen voorzien om lekkage ten gevolge van deze waterdruk te voorkomen.

#### O p l o s s i n g s r i c h t i n g

Ervaringen van de betrokken partijen met betrekking tot het probleem leverden het volgende op:

- krimpcompenserende hulpstoffen reageren veelal met de vrije kalk uit het cement; bij portlandcement daarom effectiever dan bij hoogovencement;
- de effectiviteit van krimpcompenserende hulpstoffen is afhankelijk van de (specie)temperatuur. Hoe lager de temperatuur, hoe minder effectief; hoe hoger de temperatuur, hoe effectiever. Om een hogere specie-temperatuur te verkrijgen werd daarom aan alle te beproeven mengsels een hoeveelheid CEM I 52,5R toegevoegd;
- bij aardvochtige betonmengsels zijn krimpcompenserende hulpstoffen effectiever dan bij meer vloeibare betonmengsels.

Voor de betonsamenstelling werd uitgegaan van sterkteklasse C28/35 (B 35), milieuklasse XA2 (5b), consistentiegebied S3 (cg 3) en grind-korrelgroep 4-32.

#### B e p r o e v i n g e n

Om het krimpcompenserende gedrag c.q. zwelvermogen van het beton te kunnen bepalen is een praktisch proefprogramma opgezet. Beproevingen zijn uitgevoerd in het laboratorium en op het werk (foto 3).

Op de bouwplaats werd elk betonmengsel in een 1200 mm hoge stalen buis Ø457 mm gestort (foto 4). De buizen werden in twee lagen gevuld en elke laag werd met een trilnaald verdicht. De temperatuurontwikkeling werd gemeten en de krimp werd visueel beoordeeld.

Van elke mengsel werd ook een balkje gestort met afmetingen van 150 x 150 x 600 mm<sup>3</sup>. Daags na het storten gingen deze balkjes naar het laboratorium voor krimpmetingen (foto 5).

#### R e s u l t a a t

De beproevingen lieten zien dat krimpcompenserende stoffen het meest effectief zijn op cementen met als basis portlandcementklinker (tabel 1, 2). Op basis van de waarnemingen uit het laboratorium leken de betonmengsels E en F het beste te presteren.

Voor het vullen van de sparingen

4 | Met (zwe)l beton gevulde stalen buizen, voor meten temperatuurontwikkeling en visueel beoordelen krimp

5 | Betonbalkjes 150 x 150 x 600 mm<sup>3</sup> voor krimpmetingen in het laboratorium

Tabel 1 | Overzicht beproefde betonmengsels

codering beton- mengsel	cementtype		plastificeerder (naftaleen)	toevoeging
	basis	overig		
A	CEM III/B 42,5	80 kg CEM I 52,5R	ja	geen
B	CEM III/B 42,5	80 kg CEM I 52,5R	geen	combinatie zwelmiddel en plastificeerder (1%)
C	CEM III/B 42,5	80 kg CEM I 52,5R	ja	combinatie zwelmiddel + krimpreduceerder (0,5% resp. 2%)
D	CEM II/B-V 32,5R	60 kg CEM I 52,5R	ja	geen
E	CEM II/B-V 32,5R	60 kg CEM I 52,5R	geen	combinatie zwelmiddel en plastificeerder (1%)
F	CEM II/B-V 32,5R	60 kg CEM I 52,5R	ja	combinatie zwelmiddel + krimpreduceerder (0,5% resp. 2%)

Tabel 2 | Overzicht resultaten beproefde betonmengsels

codering beton- mengsel	resultaten	
	laboratorium	bouwplaats
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• komt los van de mal (geen meting)</li> <li>• mengsel A sneller los dan mengsel B</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• neiging tot nazakking van de betonspecie</li> <li>• visueel geen krimp geconstateerd</li> </ul>
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• komt los van de mal (geen meting)</li> <li>• mengsel B minder snel los dan mengsel A</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• door de toevoeging van zwelmiddel en plastificeerder (gecombineerd middel in poedervorm) een hogere verwerkbaarheid verkregen dan de overige samenstellingen</li> <li>• visueel geen krimp geconstateerd</li> </ul>
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• komt los van de mal</li> <li>• gemeten krimp 0,25%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• visueel geen krimp geconstateerd</li> </ul>
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• komt los van de mal (geen meting)</li> <li>• minder krimp dan mengsel A</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• neiging tot nazakking van de betonspecie</li> <li>• visueel geen krimp geconstateerd</li> </ul>
E	<ul style="list-style-type: none"> <li>• visueel geen krimp</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• door de toevoeging van zwelmiddel en plastificeerder (gecombineerd middel in poedervorm) een hogere verwerkbaarheid verkregen dan de overige samenstellingen</li> <li>• visueel geen krimp geconstateerd</li> </ul>
F	<ul style="list-style-type: none"> <li>• visueel geen krimp</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• visueel geen krimp geconstateerd</li> </ul>
druksterkte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• door toevoeging van de zwelmiddelen ontstaan geen significante verschillen in druksterkte.</li> <li>• combinatie CEM III/B met CEM I (mengsel A, B, C) geeft een hogere druksterkte dan de combinatie CEM II met CEM I (mengsel D, E, F).</li> </ul>	

6 | Met zwelbeton gevulde sparingen in het dak: geen lekkage geconstateerd



7 | Met zwelbeton gevulde sparingen in de vloer: bij ca. 90% is lekkage geconstateerd



8, 9 | Door de lange tijdsperiode tussen plaatsen sparingen en daadwerkelijk volstorten sparingen met zwelbeton, zijn de stalen ribbelsparingen sterk gecorrodeerd. Door een onachtzaamheid in de uitvoering zijn de zijkanten voor het storten onvoldoende gereinigd. Hierdoor is een lekweg snel gecreëerd



grootte van deze sparingen (800 x 800 x 1000 mm) en het ontbreken van (stek)wapening tussen oud en nieuw beton, is dit een goed resultaat.

#### Sparingen in de vloer

Dit resultaat viel tegen. Tegen de onderzijde van de vloer staat een druk van ruim 7 m waterkolom. Bij circa 90% van de sparingen is in meer of mindere mate lekkage geconstateerd (foto 7). Of dit te wijten is aan het niet of onvoldoende functioneren van het zwelbeton is nog maar de vraag. Twee mogelijk andere oorzaken speelden hierbij een grote rol:

- door een onachtzaamheid in de uitvoering liet de reinheid van de stalen sparingen sterk te wensen over. Door het lange tijdsverschil tussen het plaatsen van de sparingen en het daadwerkelijk vullen, waren de

in de Dive Under is uiteindelijk gekozen voor betonmengsel E, met een mix van CEM II/B-V en CEM I.

#### Praktijkresultaat

##### Sparingen in het dak

Alle zestien daksparingen die met zwelbeton waren gevuld, waren waterdicht. Lekkage is niet geconstateerd (foto 6). De sparingen worden aan de bovenzijde door regenwater belast. Gezien de

stalen sparingen sterk gecorrodeerd en bovendien voor het storten onvoldoende gereinigd (foto 8, 9). Een lekweg is dan snel gecreëerd. Helemaal betere geweest de corroderende stalen sparingen te verwijderen en rechtstreeks tegen het 'oude' beton van de vloer aan te storten;

- de meeste sparingen zijn bij lage temperaturen gestort (buitentemperaturen onder nul).

Zoals eerder vermeld is de effectiviteit van krimpcompenserende middelen bij lage temperaturen gering.

De lekkages zijn gestopt door deze aan te boren en te injecteren met een injectievloeistof op basis van polyurethaan.

#### Constructief

Met betrekking tot de constructieve werking van de volgestorte sparingen kan worden gesteld dat het zwelbeton functioneert. Er zijn geen problemen geconstateerd.

#### Samenvatting

Bij speciale toepassingen, zoals het vullen van sparingen, daar waar het krimpgedrag van beton voor vervelende problemen kan zorgen, is het toepassen van zwelbeton zeker een optie. Gesteld kan worden dat zwelbeton zeker potentie heeft.

Het idee is natuurlijk niet nieuw. Bij injectiespecies waarmee voorspankanalen worden geïnjecteerd, worden al lang krimpcompenserende hulpstoffen toegepast. In het materiaal beton is het echter nieuw. Navolging c.q. vervolgonderzoek verdient zeker aanbeveling.

#### Betrokken partijen

Combinatie Dive Under Barendrecht (CDUB), waarin: Bouwcombinatie BAM NBM infra + Van Hattum en Blankevoort

Mebin Rotterdam

Nederlandse Bouwstoffen Combinatie (NBC)

Project Organisatie Betuweroute (PoBr) (omdat de bouwlocatie van dit hsl-kunstwerk geheel binnen het sporenknooppunt van de Betuweroute ligt, was er tussen de Projectorganisatie HSL-Zuid en de projectorganisatie Betuweroute (PoBr) afgesproken dat dit werk onder directie van de PoBr zou worden uitgevoerd) ■