

In onderzoek

5.

LICHT BETON VOOR TOEPASSING IN VOORGESPANNEN CONSTRUCTIES

(Stevin-laboratorium)

Inleiding

Licht beton kan vervaardigd worden door in plaats van de voor normaal beton gebruikelijke toeslagmaterialen zand en grind geheel of gedeeltelijk een poreus steenachtig materiaal te kiezen. Door variatie in de samenstelling en een juiste keuze van dergelijke lichte toeslagstoffen is het mogelijk om beton te maken voor verschillende doeleinden, zoals isolatiebeton en beton voor gewapende en voorgespannen constructies. In het eerste geval is de isolerende werking primair en komt de sterkte op de tweede plaats. Voor constructief beton gaat het echter in de eerste plaats om de sterkte, waarbij men dan tevens tracht het volumegewicht zo laag mogelijk te houden.

Voorgespannen licht beton wordt reeds geruime tijd en op grote schaal in de Verenigde Staten toegepast, terwijl de ontwikkeling van dit bouw materiaal in Europa ook op gang komt. Voor voorgespannen constructies geschikte toeslagmaterialen zijn o.a. geëxpandeerde leisteen, gesinterde vliegas, geëxpandeerde klei en gesinterde wassteen (afvalprodukt van de steenkoolwasserijen). De reductie van het eigen gewicht kan bij licht beton 20–40% t.o.v. grindbeton bedragen.

Licht beton leent zich voor te prefabriceren elementen, daar veel aandacht moet worden besteed aan de mengsamenstelling, de controle hiervan en aan de verdichting van het beton. Door het lagere volumegewicht van het beton, dus ook het lagere eigengewicht van de elementen, zijn zij gemakkelijker te vervoeren, en zal op de bouwplaats dienovereenkomstig met lichtere bouwkranen kunnen worden volstaan, c.q. zullen er grotere eenheden kunnen worden gemonteerd. In voorgespannen constructies, die op buiging worden belast, kan door het geringere eigengewicht de vereiste excentriciteit van de voorspankracht kleiner uitvallen.

Bij het Stevin-laboratorium is thans een onderzoek gaande om gegevens te verkrijgen inzake de toepassingsmogelijkheid van licht beton in voorgespannen constructies.

Deze rubriek
heeft ten doel,
in kort bestek,
bekendheid te geven
aan nieuw en
voortgezet onderzoekwerk
in de laboratoria
van IBBC-TNO en in
het Stevin-laboratorium,
dat voor de lezers
van belang
kan worden
geacht.

Opzet van het onderzoek

Het programma is verdeeld in drie fasen, nl.:

Fase I: een selectief onderzoek om betonmengsels, vervaardigd met lichte toeslagmaterialen, te vinden die geschikt zijn voor toepassing in voorgespannen constructies en wel door middel van kortstondige belastingsproeven en beperkte krimpproeven.

Fase II: nader onderzoek van enkele, op grond van de onder fase I vermelde beproevingen, geselecteerde samenstellingen op krimp- en kruipgedrag. Verder een onderzoek naar de samenwerking tussen deze betonsamenstellingen en het voorspanstaal, alsmede een onderzoek naar de waterdoorlatendheid en de waterabsorptie.

Fase III: constructieve toepassing in de vorm van voorgespannen liggers, afgestemd op de eisen van de R.V.B. 1967. De liggers worden vervaardigd met de geselecteerde betonmengsels en op twee verschillende manieren voorgespannen.

Fase I

In deze fase is een keuze gedaan uit de beschikbare lichte toeslagmaterialen, welke keuze beperkt werd door hun geringe aantal soorten. Onderzocht zijn een gesinterde *wassteen*, een gegranuleerde *hoogovenslak* en een gesinterde *vliegass* (zie fig. 1a, b, c).

De wassteen is van de mijnen afkomstig. Deze wordt tot over 1000 °C verhit, verweekt dan, sintert en gaat aaneenbakken. Tijdens dit proces komen gassen vrij waardoor de massa expandeert, terwijl de in de wassteen nog aanwezige koolstofbestanddelen worden uitgedroogd. Aldus ontstaat een poreus steenachtig materiaal met een ruw oppervlak en een hoekige vorm.

De gegranuleerde hoogovenslak lijkt uiterlijk veel op de gesinterde wassteen en ontstaat door de vloeibare slak uit de hoogovens met een beperkte en gecontroleerde hoeveelheid water abrupt af te koelen. Hierna wordt het in verschillende fracties gebroken.

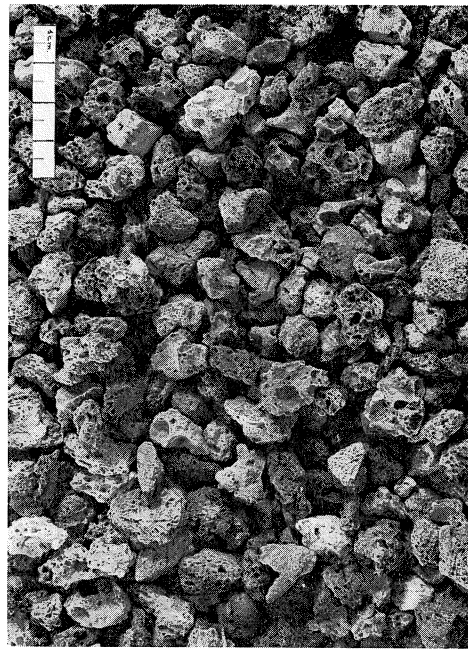
De gesinterde vliegass wordt meestal vervaardigd uit de van de elektrische centrales afkomstige vliegassen, een residu van het stoken met poederkool. Het in het onderzoek gebruikte materiaal is cilindrisch van vorm met een vrij glad enigszins poreus oppervlak.

Van de lichte toeslagmaterialen zijn bepaald: het stortgewicht, het korrelgewicht, de korrelgradaties, het soortelijk gewicht, de verbrijzelingswaarde en de waterabsorptie.

Daar in het onderzoek tevens de aandacht gericht is op het fabriekmatig vervaardigen van voorgespannen elementen, waarbij een hoge aanvangsterkte gewenst is opdat zo spoedig mogelijk na het storten kan worden voorgespannen, is in eerste instantie uitgegaan van Portland-cement B. Daarnaast is onderzocht op welke wijze op korte termijn een hoge sterkte kan worden bereikt met andere



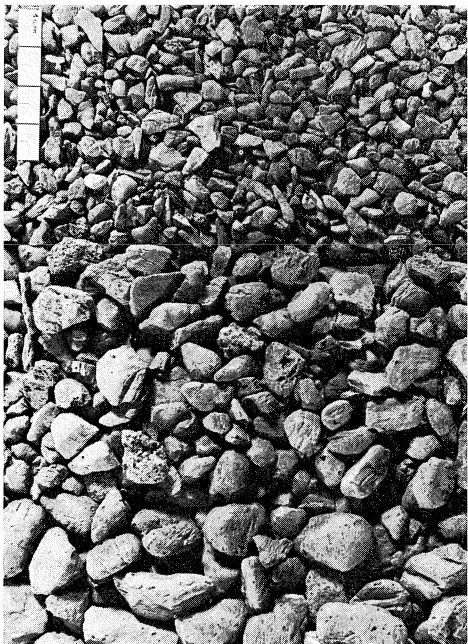
a.



b.



c.



d.

Fig. 1. Vier soorten toeslagstoffen voor licht beton:

a. Gesinterde wassteen.

c. Gesinterde vlieg-as (cilindrische korrels)

b. Gegraneerde hoogovenslak.

d. Geëxpandeerde leisteen.

cementsoorten. Hiertoe is fase I gesplitst in fase Ia en fase Ib. In fase Ia is alleen Portland-cement B gebruikt, terwijl in fase Ib op drie andere wijzen een hoge aanvangsterkte is nagestreefd, nl.:

1. stomen, met Portland-cement klasse A;
2. stomen, met Hoogoven-cement klasse A;
3. niet stomen, maar Portland-cement C gebruiken.

Hierbij is het cementgehalte op 350 kg/m^3 gehouden. Dit onderscheid is uit economische overwegingen gemaakt, nl. óf een kostenverhogend stoomproces gecombineerd met een cement van een relatief goedkope klasse, óf een cement van een relatief dure klasse, doch zonder stoomproces.

In fase Ia is per toeslagmateriaal het cementgehalte van de samenstelling gevarieerd, nl. 350, 375 en 400 kg/m^3 . Alleen bij de gegranuleerde hoogovenslak is een cementgehalte van 400 kg/m^3 gebruikt, teneinde een betere verwerkbaarheid te verkrijgen. Dit onderzoek is echter voortijdig beëindigd i.v.m. het hoge volumegewicht van het beton.

In fase I zijn in totaal 92 mengsels vervaardigd, waarvan er 10 als proefmengsels moeten worden beschouwd. Van de overblijvende 82 mengsels is de verdeling als volgt:

Fase Ia:	gesinterde wassteen	33 mengsels
	gegranuleerde hoogovenslak	4 mengsels
	gesinterde vliegas	15 mengsels
Fase Ib:	gesinterde wassteen	15 mengsels
	gesinterde vliegas	15 mengsels
	Totaal	82 mengsels

Resumerend is de invloed nagegaan van:

- a. de cementhoeveelheid,
 - nl. 350 , 375 en 400 kg/m^3 Portland-cement B voor mengsels met gesinterde wassteen, gesinterde vliegas en mengsels met gesinterde wassteen, waaraan een plastificeerder is toegevoegd. Dit laatste onderzoek is in de plaats gekomen van het afgebroken onderzoek met de gegranuleerde hoogovenslak.
- b. de cementkwaliteit,
 - nl. 350 kg/m^3 hoogovencement A (gestoomd),
 - 350 kg/m^3 Portland-cement A (gestoomd),
 - 350 kg/m^3 Portland-cement B (niet gestoomd) en
 - 350 kg/m^3 Portland-cement C (niet gestoomd)
 voor de mengsels met gesinterde wassteen resp. gesinterde vliegas.
- c. het toeslagmateriaal,
 - nl. gesinterde wassteen en gegranuleerde hoogovenslak, beide met een cementgehalte van 400 kg/m^3 Portland-cement B.

Bij elk toeslagmateriaal is voorts de gewichtsverhouding tussen het materiaal en het *zand* gevarieerd, teneinde te kunnen nagaan welke verhouding een optimale sterkte geeft. Bij alle mengsels is nl. zand toegevoegd, daar dit de sterkte-eigenschappen van het lichte beton en ook de economie ten goede komt. Over het algemeen is het fijne lichte toeslagmateriaal duurder en minder sterk dan zand. Voorts zij vermeld dat aan alle mengsels juist zoveel water is toegevoegd dat een goede verwerkbaarheid werd bereikt. Van ieder bereid mengsel zijn kuben en prisma's gemaakt. Op vier verschillende tijdstippen (2, 4, 11 en 28 dagen na het storten) zijn de volgende eigenschappen van het beton bepaald: de druksterkte, de splijtsterkte, de prismasterkte, het volumegegewicht van het beton, de krimp en de vervormingseigenschappen onder belasting in de vorm van σ - ϵ -diagrammen. Door alle proefstukken onder geconditioneerde omstandigheden te doen verharden werd getracht een zo goed mogelijke uniformiteit in de proefresultaten en hun onderlinge vergelijkbaarheid te verkrijgen.

Fase II

Op grond van de in fase I verkregen resultaten werden vier mengsels geselecteerd, waarmede in de tweede fase het onderzoek zou worden voortgezet, en wel met twee mengsels met gesinterde wassteen, één mengsel met gegraneerde hoogovenslak en één mengsel met gesinterde vliegias. Het laatstgenoemde toeslagmateriaal bleek echter inmiddels niet meer beschikbaar te zijn en moest derhalve vervallen. Daar, afgezien van het grotere volumegegewicht, de resultaten van de vier mengsels met de gegraneerde hoogovenslak die van de mengsels met de gesinterde wassteen overtroffen, werd besloten om eerstgenoemd materiaal toch in fase II op te nemen. Voor het vierde mengsel is de keus gevallen op geëxpandeerde leisteen. Met dit materiaal, dat sinds kort in West-Duitsland wordt vervaardigd en waarmee enige proefmengsels zijn gemaakt, zijn goede resultaten behaald bij een laag volumegegewicht (zie fig. 1d).

In fase II zijn krimp- en kruipproefstukken vervaardigd, welke in een geconditioneerde ruimte zijn opgesteld. Deze proefstukken bestonden uit prisma's en platen. De kruipprisma's zijn in frames geplaatst onder een axiale druk. De platen zijn aan een vierpunts-buigproef onderworpen, waarbij een gelijkblijvende belasting is aangebracht. In het gebied met constant moment werd in de druk- en trekzone de verkorting resp. de verlenging gemeten. Bovendien werd de doorbuiging bepaald. Teneinde de kruip- en de krimpvervormingen in de platen te kunnen scheiden zijn ook platen met dezelfde breedte- en dikteafmetingen onbelast opgesteld, waaraan de krimp kan worden bepaald.

Naast de krimp- en de kruipproeven werd een onderzoek gedaan naar de aanhechting tussen glad en twee soorten geprofileerd voorspanstaal en het beton, vervaardigd met genoemde toeslagmaterialen. Als vergelijking diende een serie, gemaakt met grindbeton. Tevens zijn in deze fase de waterdoorlatendheid en de waterabsorptie nagegaan, waarmede o.a. een indruk van de 'dichtheid' van de betonsamenstellingen kon worden verkregen.

Fase III

Hadden de beide vorige fasen meer een betontechnologisch karakter, deze fase is gericht op de constructieve toepassing. Hiertoe worden 16 voorgespannen balken van gelijke afmetingen gemaakt, waarvan 8 stuks met voorgerekt en 8 stuks met nagerekt staal. In alle gevallen worden strengen toegepast. Van iedere 8 balken wordt het halve aantal 28 dagen na het storten aan een zgn. vierpunts-buigproef onderworpen en tot breuk belast; met de overige gebeurt dit echter eerst na 6 maanden. Aan deze laatste groep kunnen gedurende dat tijdsverloop krimp- en kruipvormingen worden bepaald.

Voor het vervaardigen van de balken wordt uitgegaan van twee verschillende mengsels, geselecteerd uit de vier mengsels toegepast in fase II. Het zijn een mengsel met gesinterde wassteen en één met geëxpandeerde leisteel. Bij de balken met voorgerekt staal wordt 5 dagen na het storten de spanning ingelaten, terwijl de balken met nagerekt staal na 14 dagen worden voorgespannen en geïnjecteerd. Na het spannen worden de balken in een geconditioneerde ruimte bewaard. Per serie balken zullen bij de beproeving verschillende waarden van de verhouding van moment tot dwarskracht worden toegepast, zodat een indruk van de invloed van de dwarskracht op de bezwijkbelasting van de balken zal worden verkregen. Tijdens de beproeving worden verschillende vervormingen, de doorbuiging en de scheurvorming geobserveerd.