

Stevinrapport
22.1.99-29

de inzet van secundaire toeslagmaterialen in spuikokers zandkreekdam in opdracht van de bouwdienst rijkswaterstaat

deelrapportage 4c: betonpetrografie

augustus '99

ing. J.H.A. Janssen

**de inzet van secundaire toeslagmaterialen in
spuikokers zandkreekdam in opdracht van de
bouwdienst rijkswaterstaat**

deelrapportage 4c: betonpetrografie

ing. J.H.A. Janssen

Technische Universiteit Delft
Faculteit der Civiele Techniek en
Geo-wetenschappen
Subfaculteit Civiele Techniek
Sectie Civieltechnische Materiaalkunde

Stevinrapport 22.1.99-29
augustus '99

inhoud

1 inleiding	2
2 methodiek	3
3 resultaten	4

1 inleiding

Door de Bouwdienst Rijkswaterstaat worden spuikokers ontworpen in de Zandkreekdijk tussen het Veerse Meer en de Oosterschelde. Deze spuikokers dienen een zo hoog mogelijk aandeel aan secundaire bouwstoffen, zoals betongranulaat, menggranulaat en brekerzand te bevatten.

Van een aantal mengsels worden in dit kader enkele duurzaamheidseigenschappen onderzocht. In dit rapport zijn de resultaten weergegeven van het betonpetrografisch onderzoek van deze betonmengsels met hergebruikte toeslagmaterialen.

2 methodiek

Voor de globale mengselsamenstellingen wordt verwezen naar de deelrapportage: “Mengsels vervaardigd voor het duurzaamheidsonderzoek”. Mengsels zijn gemaakt met superplastificeerder Tillman OFT4. Mengsel W11 bestaat uit twee varianten: W11D met Tillman OFT4 en mengsel W11C met Cugla superplastificeerder.

De toeslagmaterialen van de bij dit onderzoek gebruikte mengsels hebben de volgende samenstelling (in percentages):

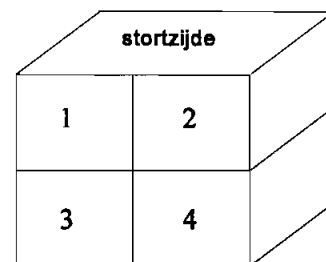
tabel 1: samenstelling fracties toeslagmateriaal

code	aandeel fractie 0-4 mm [%]		aandeel fractie 4-32 mm [%]		
	brekerzand	maaszand	menggranulaat	betonggranulaat	grind
RG33 (ref)		100			100
W10		100	100		
W11	0	100		100	
W15	50	50	100		
W16	50	50		100	
GW1	25	75	100		
RG40	25	75		100	

Het granulaat is vooraf gedroogd bij 105°C. Na storten zijn de kubussen uitgehard bij 20°C en 95% RH. De leeftijd van de proefstukken ten tijde van het maken van de dunne doorsneden is circa 70 dagen.

Van ieder mengsel zijn 4 kubussen van $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$ genomen. Iedere kubus is in 4 prisma's gezaagd van $7\frac{1}{2} \times 7\frac{1}{2} \times 15 \text{ cm}^3$. De zaagsneden zijn genomen als in figuur 1. De nummering van de prisma's is eveneens weergegeven in figuur 1.

Uit een prisma is een blokje van $30 \times 45 \times 20 \text{ mm}^3$ genomen voor het maken van een dunne doorsnede (DD). Een dunne doorsnede is een steencoupe van 20 μm dik, bestemd voor bestudering onder een microscoop. Vooraf wordt het materiaal geïmpregneerd met een hars met een fluorescerende kleurstof (“Epodye”). Met behulp van deze kleurstof en met UV-licht kan de microstructuur beter zichtbaar gemaakt worden.



figuur 1: zaagsneden prisma's

3 resultaten

De petrografische analyses zijn uitgevoerd volgens de Deense standaard TI-B5. De resultaten zijn weergegeven in tabel 2. Voor de verschillende materialen worden hieronder aanvullende opmerkingen gemaakt.

De afbeeldingen zijn beelden gemaakt met fluorescentie-microscopie. De donkere “eilanden” zijn zandkorrels en (delen van) toeslagmateriaal. Heldere gebieden hebben een hoge porositeit, donkere gebieden een lage porositeit. Inhomogeniteit van de cementsteen geeft een “vlekkelig” uiterlijk. Het formaat van de afbeeldingen zijn $2,95 \times 2,95$ mm voor $25\times$ vergroting en $0,72 \times 0,72$ mm voor $100\times$ vergroting. De oriëntatie van de afbeeldingen is zodanig dat het stortvlak boven is.

referentie RG33C:

De referentie heeft de normale, dichte en homogene structuur van hoogovencement. Geen carbonatie.

Zie de figuren 2, 3 en 4.

W10a: 100% maaszand, 100% menggranulaat

In vergelijking met de referentie lijkt de cement iets minder goed gehydrateerd te zijn en de water-cement verhouding is lager. Rond granulaten zijn de overgangszones poreuser en veel prominenter aanwezig dan bij de referentie. De breedte is $30\text{--}50\text{ }\mu\text{m}$. De overgangszones rond het zand zijn vergelijkbaar met de referentie. Poriën zijn wat meer in clusters aan te treffen.

Zie de figuren 5, 6 en 7.

W11d: 100% maaszand, 100% betongranulaat

Dunne doorsnede beschadigd.

W15a: 50% maaszand, 50% brekerzand, 100% menggranulaat

Opvallend zijn de macroscheuren vanaf het oppervlak. Deze scheuren zijn, in tegenstelling tot de andere onderzochte materialen, duidelijk gevuld met portlandiet. Ettringiet is daarbij nauwelijks aanwezig. De macroscheuren lopen als vaak hechtingsscheuren langs de toeslagmaterialen.

Het aantal microscheuren in het materiaal is lager dan bij de referentie. De macroscheuren zijn echter van dien aard dat op het gebied van duurzaamheid dit mengsel mogelijk slechter zal presteren.

De overgangszones rond brekerzand lijken iets dichter en kleiner te zijn dan die rond maaszand.

Het betonaandeel van het menggranulaat is in opvallende mate gecarbonateerd. De aggregaten afkomstig van baksteen en metselwerk zijn zeer poreus, zodat in de “dichte” cementsteen als het ware “eilanden” van porositeit zitten.

Luchtbellen zijn in het algemeen groter (50-100 μm) dan bij de referentie (25-50 μm , typisch 30 μm).

Zie de figuren 8 t/m 12.

GW1: 75% maaszand, 25% brekerzand, 100% menggranulaat

De cementsteen vertoont een grote variatie in de locale water/cement-verhouding. Deze varieert van circa 0,40 tot 0,50. Mogelijk zijn de (zeer poreuse) granulaten van baksteen en metselwerk hieraan debet. Direct rond deze granulaten zijn de overgangszones poreuser en veel prominenter aanwezig dan bij de referentie. De breedte varieert van 10 tot 50 μm . Buiten deze overgangszone treedt een verdichting van de cementsteen op. Het kan zijn dat in eerste instantie het metselwerkgranulaat water heeft aangezogen vanuit de (nog verse) mortel. Dit zou de verdichting veroorzaken kunnen hebben. In poriën aan de rand van de granulaten (tot circa 0,2 mm) zijn namelijk reactieproducten (cementsteen) terug te vinden. In tweede instantie zou tijdens de plastische fase van het uitharden van de mortel synerese kunnen zijn opgetreden, wat voor de vorming van de poreuse overgangszone zorgt. Aan gezien de overgangszone breder is dan normaal, kan het zijn dat extra water uit het toeslagmateriaal is vrijgekomen.

De overgangszones rond het zand (zowel maas- als brekerzand) zijn vergelijkbaar met de referentie.

Het luchtgehalte is moeilijk te schatten gezien de porositeit van het menggranulaat. Het menggranulaat is zeer poreus en vertoont veel breuken, mogelijk van de brekerinstallatie. Luchtbellen zijn in het algemeen groter (30-200 μm) dan bij de referentie.

Zie de figuren 13 t/m 16.

W16: 50% maaszand, 50% brekerzand, 100% betongranulaat

Langs betongranulaat zijn meer relatief grote hechttingsscheuren te vinden dan bij de referentie. Betongranulaten zijn zwaar gecarbonateerd. Rond granulaten is, evenals bij mengsel GW1, een poreuse overgangszone en een verdichting van de cementsteen daaromheen te vinden, zij het in mindere mate. Zie vorige alinea.

Luchtbellen zijn in het algemeen groter (50-100 μm) dan bij de referentie.

Zie de figuren 17, 18 en 19.

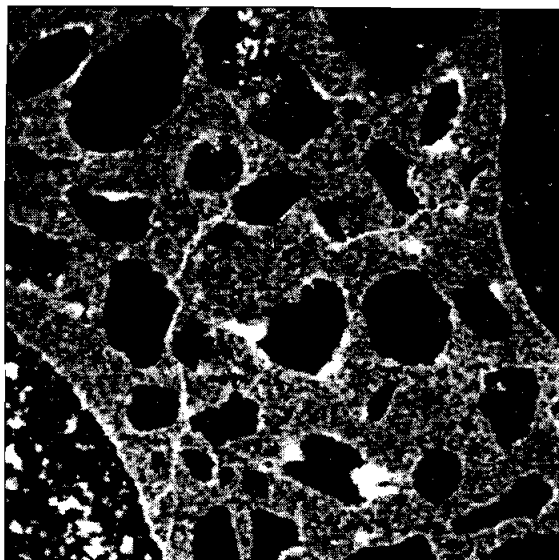
W11c: 100% maaszand, 100% betongranulaat (Cugla)

Het gebruik van Cugla als superplastificeerder heeft een opmerkelijk effect op het aantal en de grootte van luchtbellen. Onder een cementshuidje van circa 2 mm bevinden zich aan het oppervlak conglomeraten van grote luchtbellen. Deze conglomeraten zijn door het hele materiaal terug te vinden.

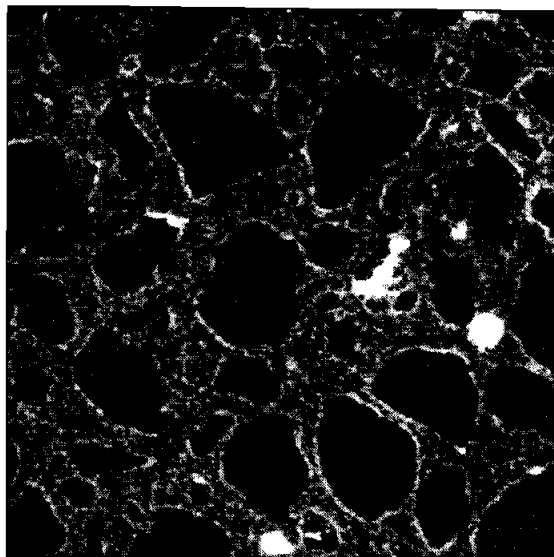
De cementsteen is, in vergelijking met de referentie, vrij inhomogeen. Het is niet duidelijk of dit door de gebruikte superplastificeerder komt.

Aangezien dit proefstuk vorst-dooi schade heeft gehad, is het aantal microscheuren niet gequantificeerd.

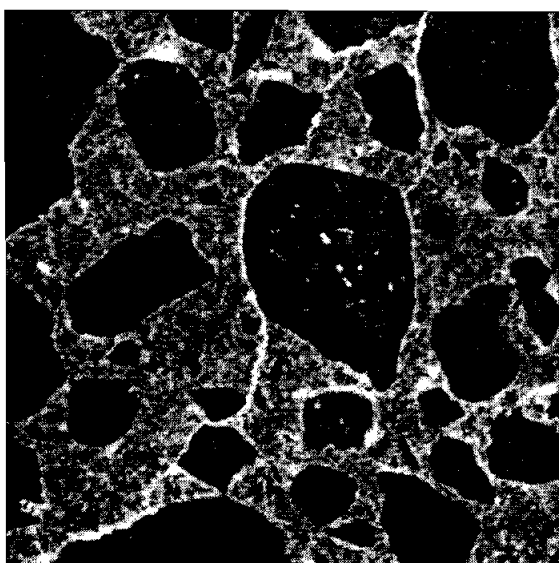
Zie figuur 20.



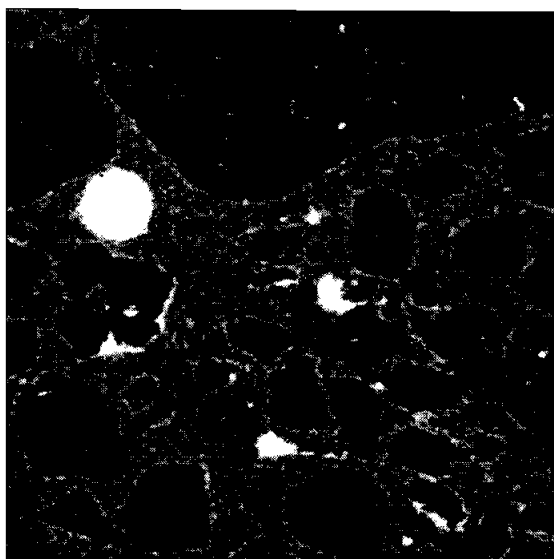
figuur 2: RG33c, 100% maaszand, 100% grind, 25X



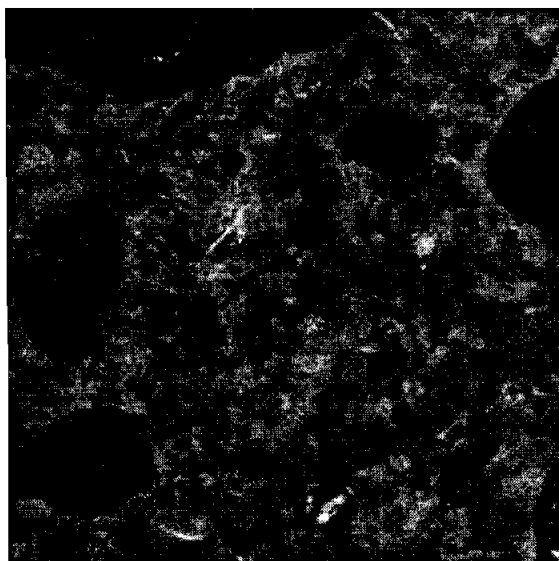
figuur 5: W10a, 100% maaszand, 100% menggranulaat, 25x



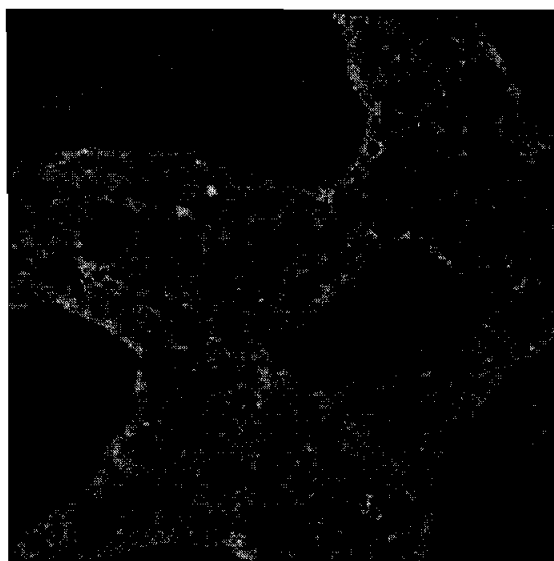
figuur 3: RG33c, 100% maaszand, 100% grind, 25X



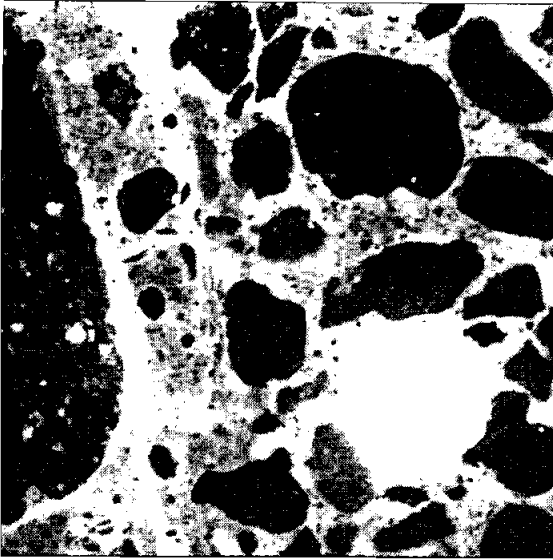
figuur 6: W10a, 100% maaszand, 100% menggranulaat, 25x



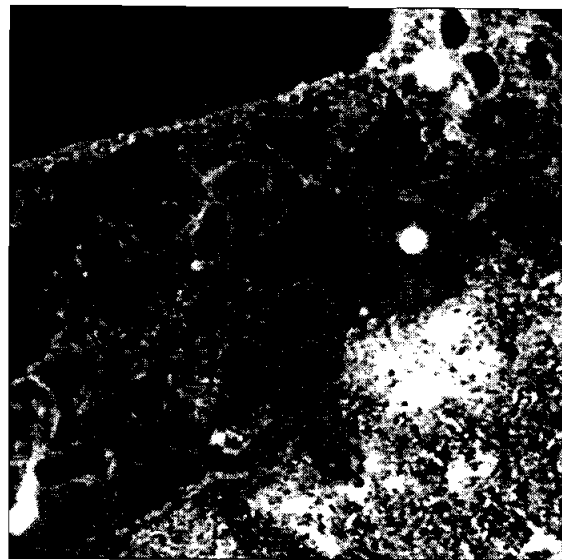
figuur 4: RG33c, 100% maaszand, 100% grind, 100X



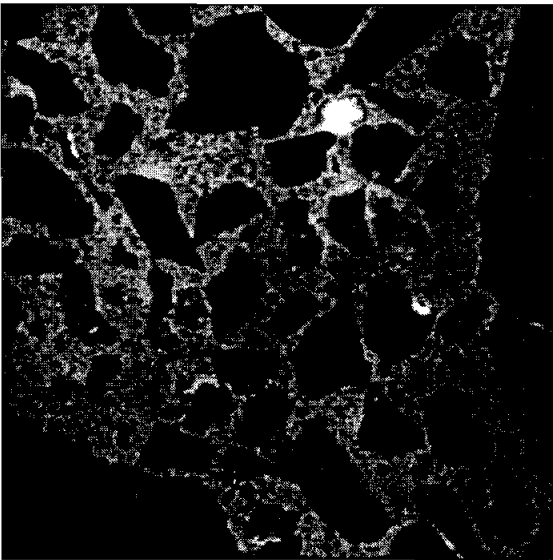
figuur 7: W10a, 100% maaszand, 100% menggranulaat, 100x



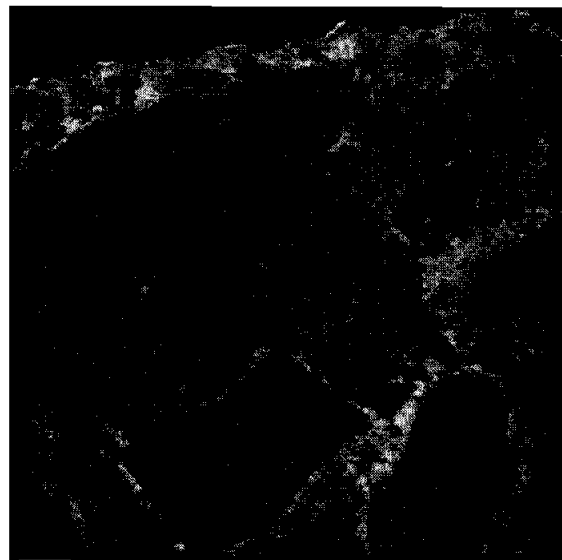
figuur 8: W15a, 50% maaszand/ 50% brekerzand, 100% menggranulaat, 25X



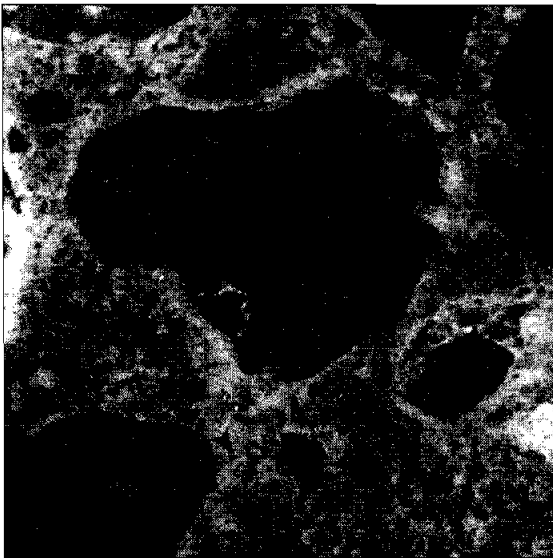
figuur 9: W15a, 50% maaszand/ 50% brekerzand, 100% menggranulaat, 25X



figuur 10: W15a, 50% maaszand/ 50% brekerzand, 100% menggranulaat, 25X

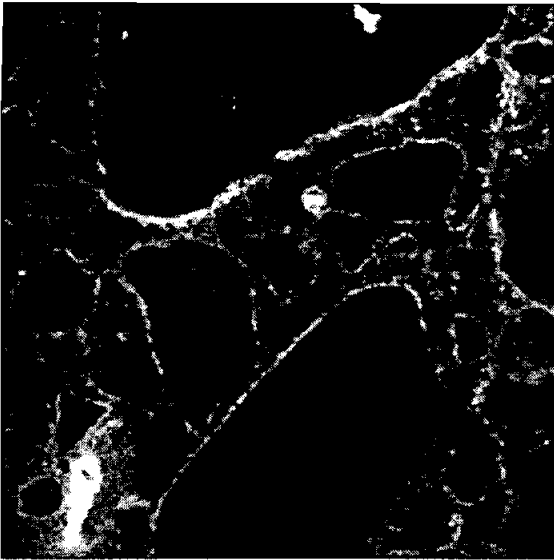


figuur 11: W15a, 50% maaszand/ 50% brekerzand, 100% menggranulaat, 100X

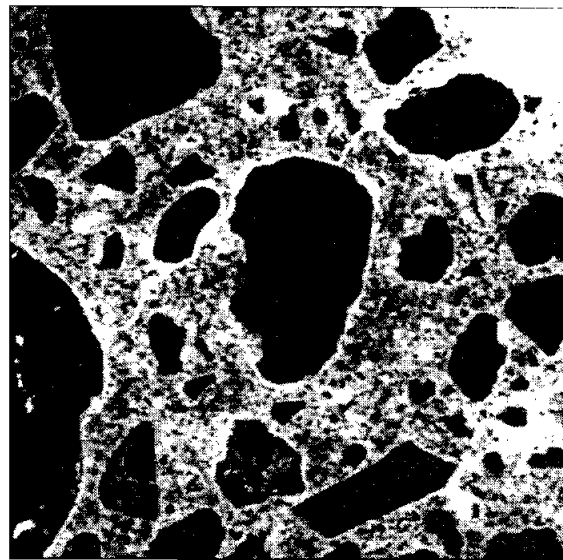


figuur 12: W15a, 50% maaszand/ 50% brekerzand, 100% menggranulaat, 100X

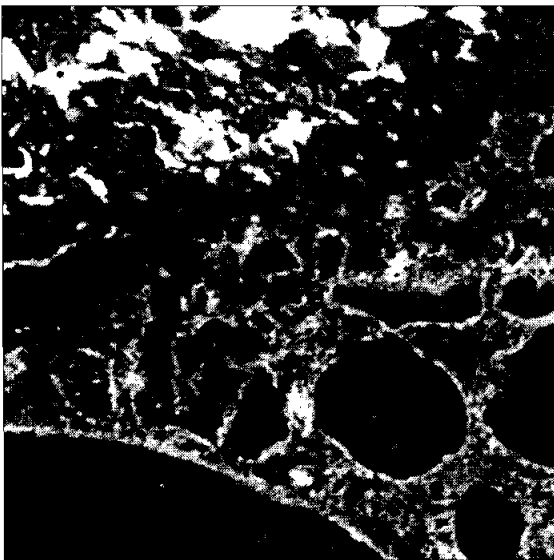
figuur 8: nabij het oppervlak
 figuur 9: verdichting cementsteen bij toeslag
 figuur 11: uitvergroting van figuur 9
 figuur 12: 6 mm onder oppervlak



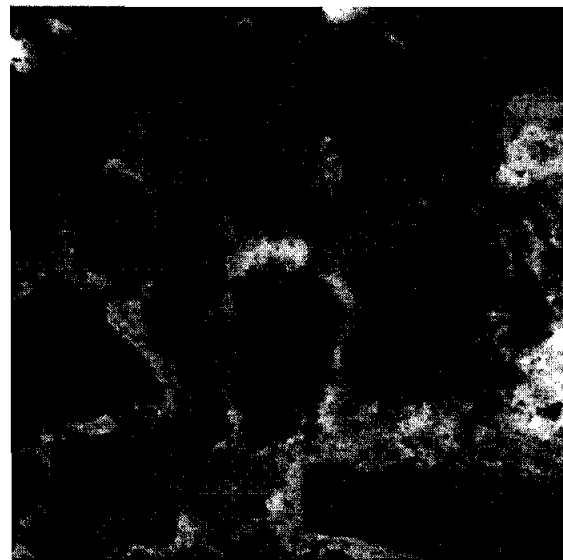
figuur 13: GW1, 75% maaszand/ 25% brekerzand, 100% menggranulaat, 25X



figuur 14: GW1, 75% maaszand/ 25% brekerzand, 100% menggranulaat, 25X



figuur 15: GW1, 75% maaszand/ 25% brekerzand, 100% menggranulaat, 25X



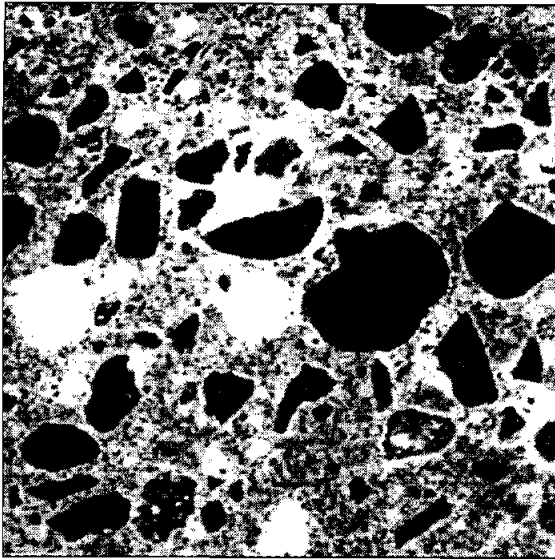
figuur 16: GW1, 75% maaszand/ 25% brekerzand, 100% menggranulaat, 100X

figuur 13: dichte cementsteen, overgangszones, "micro bleeding"

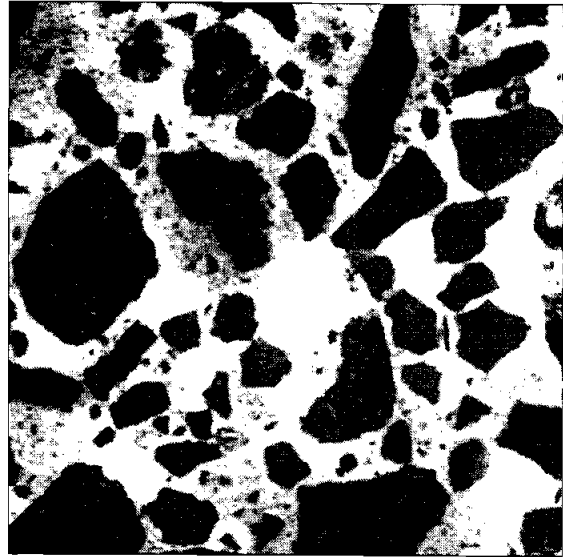
figuur 14: variatie in water/cement-verhouding

figuur 15: overgangszone rond maaszand, verdichting cementsteen rond baksteenkorrel (boven)

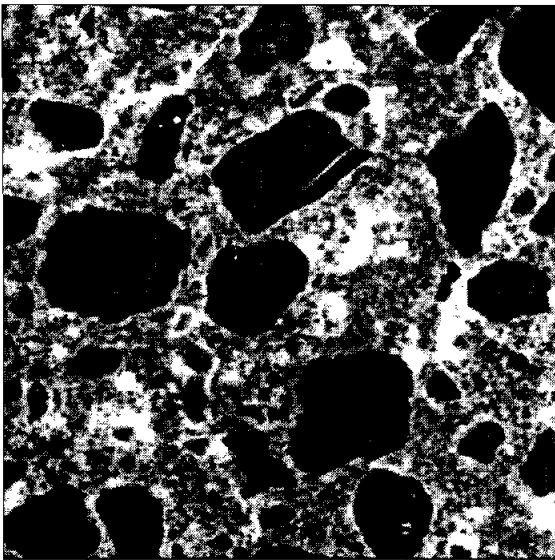
figuur 16: uitvergroting centrale deel figuur 15



figuur 17: W16, 50% maaszand/ 50% brekerzand, 100% betongranulaat, 25X

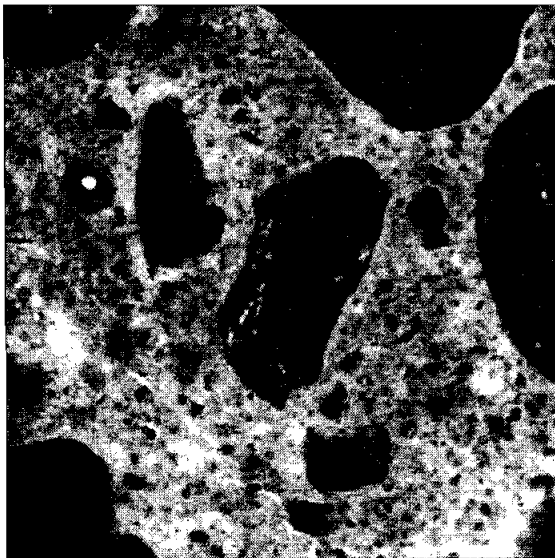


figuur 20: W11c (Cugla), 100% maaszand, 100% betongranulaat, 25x



figuur 18: W16, 50% maaszand/ 50% brekerzand, 100% betongranulaat, 25X

figuur 17: bij oppervlak
 figuur 18: "bulk" cementsteen
 figuur 20: Cugla superplastificeerder



figuur 19: W16, 50% maaszand/ 50% brekerzand, 100% betongranulaat, 25X

abel 2

nummer DD	98-RWS-8	98-RWS-9	98-RWS-11	98-RWS-12	98-RWS-13	98-RWS-7
monsternummer	RG33c/3-4	W10a/3-4	W15a/2-4	W16/3-4	GW1/5-4	W11c/4-4
positie DD	// opp	top	top	top	top	top
cementtype	hoc	hoc	hoc	hoc	hoc	hoc
zand/ toeslagmateriaal	vnl kwarts vnl kwarts	kwarts grind+ mg ⁽²⁾	kwarts, bz grind+ mg ⁽²⁾	kwarts, bz grind+ bg ⁽²⁾	kwarts, bz grind+ mg ⁽²⁾	kwarts grind+ mg ⁽²⁾
poederkoolvlieg	-	-	-	-	-	-
silica fume (of andere vulstof)	-	-	-	-	-	-
luchtgehalte (schatting) [%]	< 2%	2-3%	<2% *	2-4%	<2% paste	2-10%
w/c in bulk (gemiddeld)	0,45	≤0,45	≤0,45	≥0,45	0,45	0,45
variatie in w/c	0	0,43-0,45	0,44-0,47	0,45-0,48	0,40-0,50	0,40-0,50
inhomogeniteit cementsteen	0	0	1	1	2-3	2-3
hechtingsdefecten zand	0	0	0	1	1-2	0-1
hechtingsdefecten steenslag/grind	0	0	1-2	1-2	1	1-2
grotere scheuren in cementsteen	0	0	2-3	1-2	0-1	⁽⁴⁾
microscheuren cementsteen	0	1	0	1-2	2	⁽⁴⁾
aantal microscheuren ⁽¹⁾ (cementsteen)	35	46	25	57	70	⁽⁴⁾
aantal microscheuren ⁽¹⁾ (hechting)	6	14	15	25	23	⁽⁴⁾
aantal luchtbel-agglomeraten ⁽¹⁾	0	0	2	0	1	⁽⁴⁾
relatieve porositeit oppervlak (t.o.v. w/c in bulk)	nvt	0,45	0,47-0,48	0,45-0,48	0,40-0,50	0,40-0,50
luchtgehalte oppervlak [%]	nvt	4-5%	2-5%	<2%	<2%	10-20%
carbonatatiediepte [mm]	nvt	0	0	0	0	0
scheur-carbonatatiediepte [mm]	nvt	0	0	0	0	0
scheuren aan oppervlak (30 mm)	nvt ⁽³⁾					nvt
└ oppervlak: macroscheuren		0	3	4	1	
└ oppervlak: microscheuren		11	3	2	2	
// oppervlak: macroscheuren		0	1	1	1	
// oppervlak: microscheuren		3	1	1	1	
uitloging c.q. precipitatie	nvt	geen	geen	geen	geen	geen
alkali reactiviteit	geen	geen	geen	geen	geen	geen
reactief silica	geen	geen	geen	geen	geen	geen
ettringiet/portlandiet in scheuren/poriën	0	0	2	1	0	0
overige waarnemingen						
coating	geen	geen	geen	geen	geen	geen

Toelichting:

- 0 = afwezig (goed)
- 1 = weinig (acceptabel - inschatting is dat er weinig invloed is met betrekking tot bijvoorbeeld duurzaamheid)
- 2 = matig veel (niet acceptabel - inschatting is dat er een negatieve invloed is met betrekking tot bijvoorbeeld duurzaamheid)
- 3 = veel (ernstige schade - inschatting is dat er een zeer negatieve invloed is met betrekking tot bijvoorbeeld duurzaamheid)

luchtgehalte: luchtballen < 2 mm

⁽¹⁾ totaal van 20 beeldvelden van 3,3 mm²

⁽²⁾ bz = brekerzand, mg = menggranulaat, bg = betongranulaat.

⁽³⁾ DD is parallel aan het oppervlak genomen.

⁽⁴⁾ materiaal heeft vorst-dooi schade gehad.