

„l'Expérience est la source unique de la vérité”

H. Poincaré, *La Science et l'Hypothèse*.

Voor opdrachten of adviezen gelieve men zich te wenden tot het adres:
Instituut T.N.O. voor Bouwmaterialen en -constructies,
Lange Kleiweg 5, Rijswijk Z.-H., tel. Delft (01730) 26950*.
Correspondentie-adres uitsluitend: Postbus 49 te Delft.

Voor bijdragen voor dit blad, b.v. op het gebied van eigen waarnemingen en uitvoering van constructies, welke aanleiding zouden kunnen geven tot meer economische werkwijze of verbetering van inzicht, houdt de redactie zich aanbevolen.

Rapporten over intern speurwerk kunnen tegen kostprijs worden verstrekt.

IBC MEDEDELINGEN

ORGAAN VAN HET
INSTITUUT T.N.O. VOOR BOUWMATERIALEN EN -CONSTRUCTIES

Redactie: Ir. A. L. Bouma – Ir. J. van Leeuwen
Postbus 49, Delft

JAARGANG 7

NO. 1

1959

DE KRIMP EN DE STERKTE VAN BETON WANNEER BIJ DE VERVAARDIGING CALCIUM- CHLORIDE EN EEN LUCHTBELVORMER WORDEN TOEGEVOEGD

Aan de hand van een oriënterend onderzoek wordt de invloed nagegaan van een gelijktijdige toevoeging van CaCl_2 en van een luchtbelvormer op de krimp en op de druk- en buigtreksterkte van beton.

1 Inleiding

Calciumchloride (CaCl_2) is een bekend middel dat wordt toegepast voor het versnellen van de binding van cement en dus van de sterkte-ontwikkeling van beton gedurende de begintijd van de verharding. Het wordt dan ook veel gebruikt in betonfabrieken en voorts op bouwwerken tijdens de winterperiode. Uit vele onderzoeken waarvan de resultaten wel bekend zijn is gebleken, dat een toevoeging van schilfers handels-calciumchloride gelijk aan 2 % van het cementgewicht nog een gunstige invloed op de vermelde sterkte-ontwikkeling heeft zonder tot een te grote vermeerdering van de krimp aanleiding te geven¹⁾. Opgemerkt mag worden dat schilfers handels-calciumchloride ca. 74–77 % zuiver CaCl_2 bevatten, zodat een toevoeging van 2 % van dit materiaal overeenkomt met 1,5 % zuiver CaCl_2 . Korrelië handel-calciumchloride bevat ca. 90 % zuiver CaCl_2 . Voorts mag bekend worden ondersteld dat een toevoeging van 1,5 % zuiver CaCl_2 veelal aanleiding geeft tot vermindering in de uiteindelijke sterkte van beton.

Het wordt tegenwoordig meer en meer gebruikelijk luchtbelvormers toe te voegen aan betonspecie. Naast de voordelen zoals een verminderde segregatie

¹⁾ Men zie o.a.: Het verwerken van beton bij lage temperaturen, C.U.R.-rapport no. 6, blz. 37–41.

tijdens het verwerken van de specie en het meer bestand zijn tegen vorst, zijn als nadelen bekend een meestal lagere sterkte en een grotere mate van krimpen van het beton. Vooral bij een te grote dosering luchtbelvormer kan zowel een aanzienlijke vermindering van de sterkte als een behoorlijke vermeerdering van de krimp optreden. Daar het luchtgehalte van betonspecie indien een luchtbelvormer wordt toegepast niet groter dan ca. 6 % behoort te zijn, kan door een regelmatige bepaling van deze grootte worden gecontroleerd of de dosering luchtbelvormer niet te groot is ¹⁾.

De vraag rijst nu in welke mate een toevoeging van zowel CaCl₂ als van een luchtbelvormer invloed heeft op de mate van krimpen en op de sterkte van beton. Daar zover bekend in de literatuur geen gegevens over dit onderwerp worden verstrekt, zijn enkele proeven genomen. Daartoe werden proefstukken vervaardigd van:

- A beton (waarvan de samenstelling hierna wordt beschreven);
- B beton als onder A genoemd met een toevoeging van 1,5 % zuiver CaCl₂;
- C beton als onder A genoemd met een toevoeging van achtereenvolgens vijf verschillende handelsmerken luchtbelvormer (gemerkt 1 t/m 5);
- D beton als onder A met een toevoeging van zowel 1,5 % zuiver CaCl₂ als van achtereenvolgens één der onder C genoemde luchtbelvormers.

Bepaald werd de krimp gedurende de 7 maanden na het vervaardigen waar- bij het verharden van de proefstukken plaatsvond in een geconditioneerde ruimte met een constante luchttemperatuur van 20 °C en met een constante relatieve vochtigheid van de lucht van 65 %.

2 Betonsamenstellingen en proefstukken

Het beton werd vervaardigd met 325 kg portlandcement klasse A per m³. De fijnheidsmodulus van het toeslagmateriaal bedroeg 5,0. De zetmaat was 12 cm. In geval van toevoeging van een luchtbelvormer werd, zoals gebruikelijk, de fractie fijn zand (< 0,150 mm) achterwege gelaten, zodat de fijnheidsmodulus iets groter werd; door minder water toe te voegen werd de zetmaat van 12 cm gehandhaafd. De toediening van de vijf handelsmerken luchtbelvormer geschiedde volgens de voorschriften van de leveranciers. De doseringen varieerden van 15 tot 60 ml per 50 kg cement.

De menging vond plaats in een Eirich-laboratorium-menger met een inhoud van 50 l. Het zand tot een afmeting van 2,8 mm werd tezamen met het cement gedurende 1 minuut droog gemengd. Vervolgens werden het grovere zand en het grind toegevoegd, waarna weer gedurende 1 minuut werd gemengd. Tenslotte werd het water toegevoegd waarin eventueel CaCl₂ en/of een luchtbelvormer aanwezig was, waarna nog gedurende 1,5 minuut werd gemengd. Hiernaast volgt een overzicht van de betonsamenstellingen.

¹⁾ Men zie o.a.: Luchtbelvormers, E.N.C.I.-prijsvraag 1955, Verkoopassociatie E.N.C.I.-Cemij, Amsterdam.

cumulatieve zeefrest in % op zeef	beton A	beton B	beton C	beton D
11,2	30	30	31	31
5,6	51	51	53	53
2,8	65	65	67	67
1,4	77	77	79	79
0,60	86	86	89	89
0,300	92	92	95	95
0,150	97	97	100	100
0,000	100	100	100	100
fijnheidsmodulus	4,98	4,98	5,14	5,14
portlandcement A in kg/m ³	325	325	320-302	320-302
toeslag/cement in gew. delen	5,88	5,88	5,72	5,72
luchtbelvormer in ml per 50 kg cement	—	—	15-60	15-60
CaCl ₂ in % van het cementgewicht	—	1,5	—	1,5
water-cement factor	0,58	0,58	0,49-0,51	0,49-0,51
luchtgehalte specie in %	2,7	niet bepaald	3,9-8,4	niet bepaald
zetmaat in cm	12	12	12	12
vol. gewicht specie in kg/dm ³	2,31	2,30	2,01-2,26	2,01-2,26
temperatuur specie in °C	18,1	18,0	17,6-18,4	17,7-18,4

Van elke betonsamenstelling werden 3 proefstukken vervaardigd met afmetingen van 10 × 10 × 50 cm³. In totaal werden dus (1 + 1 + 5 + 5) × 3 = 36 proefstukken gemaakt. De verdichting geschiedde door middel van genormaliseerd stampen. Na 1 etmaal werden de proefstukken ontkist en geplaatst in de genoemde geconditioneerde ruimte.

3 Resultaten en conclusies

3.1 Krimp

De krimp van de proefstukken werd bepaald met een krimpmeetapparaat van AMSLER. De uitkomsten van de metingen bij een ouderdom van resp. 1, 3 en 7 maanden zijn uitgezet in fig. 1. De grootte van de krimp van beton A bedroeg op deze tijdstippen resp. 0,23, 0,33 en 0,37 ‰. De uitkomsten van de metingen van de andere betonsamenstellingen zijn per tijdstip procentueel op deze waarden, welke 100 % zijn gesteld, betrokken. Elke punt in de grafiek geeft een gemiddelde van drie waarnemingen weer.

Het blijkt dat een toevoeging van 1,5 % CaCl₂ (beton B) de krimp ten opzichte van die van beton A verhoogt met ca. 10 tot 40 %, afhankelijk van de ouderdom. Toevoeging van een luchtbelvormer (beton C) verlaagt in een enkel geval (zie merk 1) de krimp tot een ouderdom van ca. 4 maanden. In andere gevallen treedt over deze periode geen of weinig vermeerdering op (zie de merken 3 en 4). In de overige gevallen wordt de krimp bevorderd (zie de merken 2 en 5). In alle gevallen is na 7 maanden een vermeerdering te constateren variërend van ca. 5 tot 75 %, afhankelijk van het merk. Wanneer zowel CaCl₂ als een luchtbelvormer wordt toegevoegd (beton D) blijkt in alle gevallen een grote toeneming van de krimp op te treden. Deze varieert

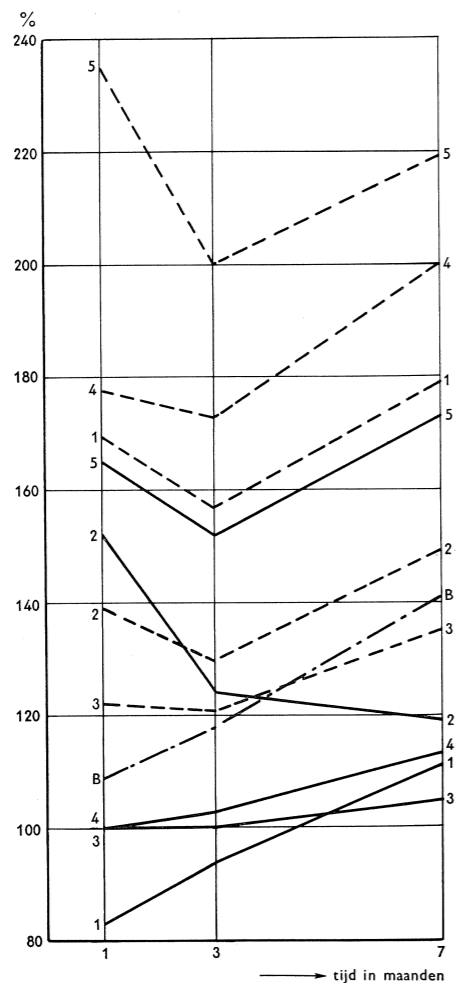
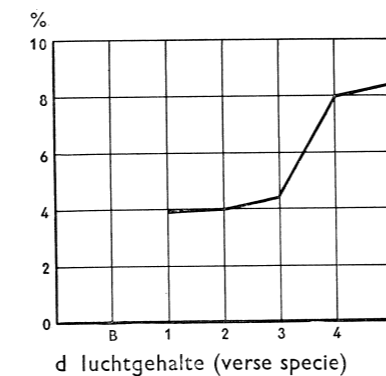
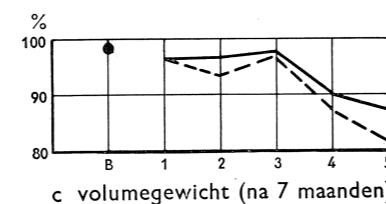
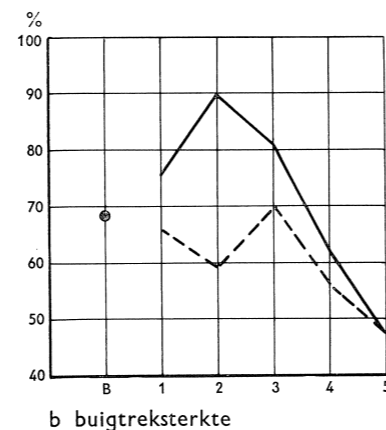
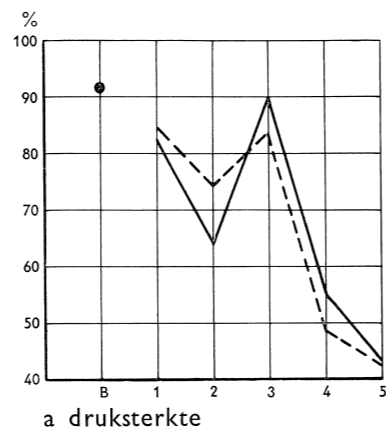


Fig. 1. Krimp van de betonsamenstellingen B, C en D als percentages van die van beton A als functie van de tijd.

● } beton B
 - . - . - } beton C
 - - - - - } beton D
 1, 2, 3, 4, 5 merken luchtbelvormers

Fig. 2a-c. Sterkte en volumegewicht van de betonsamenstellingen B, C en D als percentages van die van beton A.

Fig. 2d. Luchtgehalten van de verse betonspecie van de betonsamenstelling C.



afhankelijk van de ouderdom en van het merk, van ca. 20 tot 135 %.

Geconcludeerd kan dus worden dat voor die werken waarbij de krimp van het beton van belang is, men voorzichtig dient te zijn met de keuze van de luchtbelvormer. Wordt bovendien CaCl_2 toegepast, dan is grote voorzichtigheid geboden. In deze gevallen dient uit voorafgaande proeven te blijken of de optredende krimp toelaatbaar is.

3.2 Sterkte

Na beëindiging van de krimpproeven werden van alle proefstukken de buigtreksterkte in tweevoud en de druksterkte in drievoud bepaald, zodat van elke betonsamenstelling zes buigtreksterkte-cijfers en negen druksterkte-cijfers werden verkregen. De beproeving vond plaats met behulp van een 60-tons hydraulische pers van AMSLER.

In fig. 2a zijn de druksterkten van de verschillende betonsamenstellingen weer procentueel betrokken op die van beton A. De sterkte van beton A bedroeg 305 kg/cm^2 , welke waarde 100 % is gesteld. Wanneer CaCl_2 wordt toegevoegd (beton B) blijkt de druksterkte met ca. 8 % te verminderen. Bij toevoeging van een luchtbelvormer (beton C) varieert de vermindering van ca. 10 tot 55 %, afhankelijk van het merk. Wordt zowel CaCl_2 als een luchtbelvormer toegepast (beton D), dan bedraagt de afneming ca. 15 tot 55 %.

De buigtreksterkte van beton A was 70 kg/cm^2 . Voor beton B wordt een vermindering (zie fig. 2b) gevonden van ca. 30 %. Voor beton C bedraagt deze ca. 10 tot 50 % en voor beton D ca. 30 tot 50 %.

In fig. 2c zijn de volumegewichten (na 7 maanden) weergegeven als percentages van dat van beton A. Het volumegewicht van beton B is 2 % minder dan dat van A. Voor beton C treedt een vermindering op van ca. 2 tot 13 % en voor beton D van ca. 3 tot 18 %.

In fig. 2d zijn de luchtgehalten van de verse betonspecie van de samenstellingen C weergegeven. Wanneer deze figuur wordt beschouwd, kan worden geconstateerd dat de toediening van de merken 1, 2 en 3 een luchtgehalte veroorzaakt van ca. 4 %. Bij dit gehalte vermindert de druksterkte gemiddeld met 21 % (zie fig. 2a - beton C) ten opzichte van die van beton A (luchtgehalte 2,7 %). De buigtreksterkte neemt af met gemiddeld 18 % (zie fig. 2b) en het volumegewicht na 7 maanden met ca. 3 %. Bedraagt het luchtgehalte ca. 8 % (merken 4 en 5), dan zijn deze waarden resp. gemiddeld 50 %, 45 % en 11 %. Hieruit moge blijken dat het noodzakelijk is het luchtgehalte van een betonspecie te controleren als een luchtbelvormer is toegevoegd.

Hoewel de uitkomsten gelden voor het verharderen bij 20°C en bij een relatieve vochtigheid van de lucht van 65 % gedurende 7 maanden, mag worden verwacht dat een zelfde tendentie aanwezig is bij andere verhardingscondities. Ook met het oog op de sterkte van beton dient dus voorzichtigheid te worden betracht met het toevoegen van CaCl_2 of een luchtbelvormer en in het bijzonder bij het gelijktijdig toedienen van beide stoffen.