

Lucht kan eigenschappen aan beton toevoegen of verbeteren als het aan bepaalde eisen voldoet ten aanzien van luchtbelgrootte en luchtbelverdeling.

Luchtbellen in beton



'Air Void Analyser' meet de hoeveelheid grote en kleine luchtbellen in betonspecie

Een zeepbel is feitelijk een hoeveelheid lucht die gevangen zit in een laagje zeep. De grondstoffen voor een zeepbel zijn water, zeep en natuurlijk lucht. In de betontechnologie komen we ook luchtbellen ('zeepbellen') tegen. Water is in betonspecie voldoende aanwezig. Als zeep gebruiken we een luchtbelvormer en het mengen van beton zorgt ervoor dat de bellen geblazen worden.

De met een luchtbelvormer ingebrachte luchtbellen kunnen de volgende eigenschappen van beton en betonspecie verbeteren:

- Vorst- en dooizoutbestandheid van beton;
- Samenhang van de betonspecie;
- Verwerkbaarheid van de betonspecie;
- Waterdichtheid.

Deze prestaties zijn wel gekoppeld aan de eisen die we aan lucht, als grondstof voor beton, moeten stellen.

VORSTBESTANDHEID

Door het inbrengen van fijn verdeelde luchtbellen wordt de vorstbestandheid van beton verbeterd. Water zet uit als het bevriest. De hierdoor ontstane spanningen in beton kunnen leiden tot het afdrukken van schollen beton. Door nu fijnverdeelde kleine luchtbellen in het beton te brengen, wordt overal expansieruimte, voor het uit-

zettende/bevriezende water gecreëerd waardoor er geen schade optreedt.

SAMENHANG VAN BETONSPECIE

Gebleken is dat ingebrachte luchtbellen zich gedragen als fijn materiaal ($\leq 250 \mu\text{m}$). Fijn materiaal verhoogt de samenhang van de betonspecie.

De kleine luchtbellen zorgen ervoor dat betonspecie meer weerstand heeft tegen ontmengen en bleeding.

VERWERKBAARHEID VAN BETON

Gebruik van een luchtbelvormer leidt tot een verbetering van de verwerkbaarheid. Hiervoor wordt vaak de term 'kogellager-effect' gebruikt. De kleine luchtbellen verminderen de wrijvingsweerstand tussen de onderlinge deeltjes van de specie en maken het hierdoor plastischer.

WATERDICHTHEID

Het lijkt tegenstrijdig maar door het inbrengen van kleine luchtbellen verbetert de waterdichtheid van beton. Luchtbellen verhogen weliswaar de porositeit, maar door het onderbreken van de capillaire poriën wordt de permeabiliteit voor water verlaagd.

WELKE LUCHTBELLEN NODIG?

Als we bedenken waarom we luchtbellen in beton(specie) willen hebben, is

duidelijk dat dit kleine, fijnverdeelde luchtbellen moeten zijn om bepaalde eigenschappen positief te beïnvloeden. Maar wat zijn nu die kleine, fijnverdeelde luchtbellen en waar ligt de grens voor klein? (zie tabel 1).

KLEINE STABIELE LUCHTBELLEN (1)

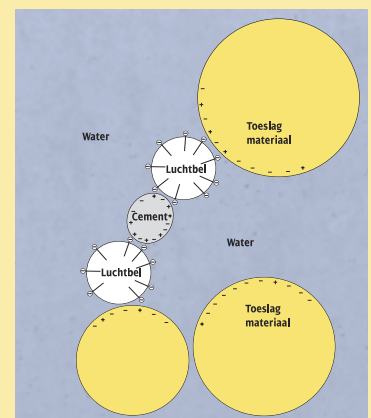
Kleine stabiele luchtbellen zijn alle luchtbellen die kleiner of gelijk aan $300 \mu\text{m}$ zijn. Deze grens is vastgesteld in diverse onderzoeken in Amerika, Japan, Duitsland en Scandinavië waarin is gekeken welke luchtbelgrootten aanwezig zijn in vorst-dooizoutbestand beton. Het percentage kleine stabiele luchtbellen wordt aangeduid met de L300 waarde [% in V/V]. Deze luchtbellen zijn ingebracht met een luchtbelvormer en fijnverdeeld in de beton(specie) aanwezig. Vooral deze luchtbellen hebben een positieve bijdrage op de vorstbestandheid, samenhang, verwerkbaarheid en waterdichtheid van beton(specie).

GROTE STABIELE LUCHTBELLEN (2)

Met grote stabiele luchtbellen bedoelen we luchtbellen groter dan $300 \mu\text{m}$ tot 3 à 5 mm. We definiëren grote stabiele luchtbellen als ronde bellen die niet door verdichten uit de betonspecie kunnen worden verwijderd. De grote stabiele luchtbellen leveren ook een geringe bijdrage aan het

Luchtbelvormer

De meeste luchtbelvormers zijn samengesteld uit gesulfoneerde minerale oliën, plantaardige oliën of harsen. Luchtbelvormers zorgen ervoor dat de oppervlaktenspanning van het water wordt verlaagd waardoor het mogelijk wordt om stabiele luchtbellen in te mengen. De ingemengde lucht voegt zich niet samen tot grotere luchtbellen omdat de bellen zijn omhuld met een waterlaagje waarin zich moleculen van de luchtbelvormer bevinden. Deze moleculen zijn allemaal negatief geladen naar buiten gericht, waardoor de ontstane luchtbellen elkaar afstoten en niet samenvoegen. De luchtbelvormer zelf brengt geen lucht in. Het mengen, transporteren en verwerken van beton brengt lucht in de betonspecie.



Tabel 1: Indeling in luchtbellen

Luchtbellen	Beschrijving	Vorm	Grootte
1. Kleine stabiele luchtbellen	Met een luchtbelvormer ingebrachte luchtbellen.	Rond	≤ 300 μm
2. Grote stabiele luchtbellen	Zonder luchtbelvormer is dit standaard 1 à 2 % Met luchtbelvormer behoren hiertoe ook de grote bewust ingebrachte luchtbellen.	Rond	Van 300 μm tot 3 à 4 à 5 mm
3. Luchtholten	Achtergebleven lucht door onvoldoende verdichten van de betonspecie.	vaak niet rond	Van ongeveer 3 mm tot centimeters

Tabel 2: Invloed van de verschillende luchtbellen op de vorst-dooizoutbestandheid, samenhang, verwerkbaarheid, waterdichtheid en druksterkte van beton(specie)

	Vorst-dooizoutbestandheid	Samenhang	Verwerkbaarheid	Waterdichtheid
1. kleine stabiele luchtbellen	++	++	++	++
2. grote stabiele luchtbellen	+	+	+	+
3. luchtholten	0	0	0	0

(0 = geen invloed, + = positief effect, ++ = zeer positief effect)

Tabel 3: Eisen aan de betonsamenstelling bij milieuklasse XF

Milieuklasse	Maximaal toelaatbare water-cementfactor	Minimaal vereiste cementgehalte	Grootste korrelafmeting	Luchtgehalte
eenheid		kg/m ³	mm	% (VV)
XF2	0,55	300	63 31,5 16 8	3,0 3,5 4,0 5,0
XF2	0,45	300		
XF3	0,50	300		
XF4	0,50	300	63 31,5 16 8	3,0 3,5 4,0 5,0
XF4	0,45	320		

verbeteren van de vorst- doozoutbestandheid, samenhang, verwerkbaarheid en waterdichtheid van beton(specie).

LUCHTHOLTEN (3)

Een luchtholte bestaat uit lucht die na het verdichten is achtergebleven maar in principe uitgedreven had kunnen worden. Door een goede verdichting zijn deze luchtholten te vermijden. De grootte van de luchtholten kan variëren van ongeveer 3 mm tot wel centimeters. Onder luchtholten verstaan we hier ook de luchtbellen die tussen de betonspecie

en de bekisting achterblijven. Deze zijn niet altijd met verdichten te verwijderen. Dus ook bij een goede verdichting kunnen er nog wel luchtholten achterblijven. De luchtholten geven geen bijdrage aan een verbetering van de vorst- doozoutbestandheid, samenhang, verwerkbaarheid en waterdichtheid van beton(specie).

Bij het storten van hoge wanden of andere hoge constructies kan nazakking voorkomen. Om zettingscheuren en het ontstaan van holle ruimte aan de onderzijde van

wapeningsstaven te voorkomen (door mindere hechting verliest de constructie een deel van haarsterkte), is naverdichten noodzakelijk.

In NEN 6722: 2002 Voorschriften Beton – Uitvoering staat in artikel 16.2

Toleranties voor betonoppervlakken een standaardklasse A benoemd. Voor luchtbellen geldt:

Luchtbellen plaatselijk Max. 50 mm²/m² *

Luchtbellen totaal Max. 1500 mm²/ m² *

* Onvolkomenheden kunnen gerepareerd worden

NORMEN OVER LUCHTBELLEN

In NEN-EN 206-1 en NEN 8005 wordt de duurzaamheid van beton geregeld via de milieuklassen (zie Agrabeton 2005 nr 2 'De juiste milieuklasse in 4 stappen'). In de NEN 8005, paragraaf 5.3.2 wordt aangegeven welke maximale water-cementfactor en minimaal cementgehalte bij de verschillende milieuklassen moet worden aangehouden.

Specifiek voor de milieuklasse XF (vorst, al dan niet in combinatie met doozouten) is er de mogelijkheid om te werken met een luchtbelvormer. Het luchtgehalte wordt altijd weergegeven ten opzichte van het betonvolume. De luchtbellen zullen zich bevinden in de pasta tussen de zand- en grindkorrels.

METEN WE LUCHT

In Nederland worden drukmethode en de verdringingsmethode gebruikt om het luchtgehalte aan beton te meten. Beide methoden bepalen het totale luchtgehalte van de specie nadat deze is verdicht ten opzichte van het betonvolume. We meten met deze methoden de kleine en de grote stabiele luchtbellen. De luchtholten zijn verdwenen omdat de betonspecie eerst wordt verdicht. Als we lucht als grondstof willen gaan gebruiken, moeten we eisen kunnen stellen aan de hoeveelheid kleine stabiele luchtbellen die in de betonspecie aanwezig zijn. De hierboven weergegeven meetmethoden geven ons die informatie niet. De zogenaamde 'Air Void Analyser' (AVA) is een betrouwbare meetmethode die het mogelijk maakt om aan de betonspecie wel het onderscheid tussen de hoeveelheid grote en kleine stabiele luchtbellen te maken. De AVA wordt in ons land gebruikt in de wegenbouw.

Bron *Betoniek* 13/15, mei 2005