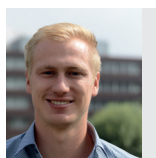


DE TOEPASSING VAN ALTERNATIEVE MATERIALEN IN CELLENBETON

Dit artikel is gebaseerd op het afstudeeronderzoek van Sven Segers aan de Technische Universiteit Eindhoven [1]. In het onderzoek werden vijf alternatieve materialen onderzocht (poedervorm), namelijk tufas, tras, basalt, koperslak en graniet, en hun toepassingsmogelijkheden in cellenbeton. De vervanging van kwartspoeder door elk van de alternatieve materialen is zeer succesvol en hoge vervangingsniveaus zijn mogelijk. Bovendien resulteerde de toepassing van elk alternatief materiaal in verbeterde prestaties van cellenbeton (tot op een zeker vervangingsniveau van grondstof). Ook de vervanging van cement door tras leverde positieve resultaten op. Dit leidt tot de ontdekking van mogelijke nieuwe grondstoffen, verlaagde productiekosten en gereduceerde impact op het milieu.



ir. S. (Sven) Segers,
DPA Cauberg-Huygen,
Eindhoven

INLEIDING

Cellenbeton is een anorganisch en poreus bouw materiaal. Het materiaal wordt geproduceerd met verschillende grondstoffen. Eén daarvan is aluminiumpoeder dat gebruikt wordt als een luchtbelvormer voor de vorming van een grote porositeit. Een ander intrinsiek kenmerk van cellenbeton is dat er gebruik wordt gemaakt van autoclaven. Autoclaven is het hydrothermisch harden tijdens de hardingsfase en leidt tot een significante verbetering van de materiaalsterkte. Onder de hoge druk en temperatuur van het proces, wordt de gevormde calcium-silicaat-hydraatgel omgezet in tobermorië. Dit kristal is verantwoordelijk voor de sterkte van het materiaal. Het resultaat is een zeer licht en 'groen' materiaal, met goede (bouw fysische) eigenschappen: onder andere: een goede sterkte (relatief tot het lichte gewicht), thermische en akoestische isolatie (door de porositeit) en goede weerstand tegen brand en schimmel. Om een idee te krijgen van de prestatie van cellenbeton, is in tabel 1 een aantal kenmerkende eigenschappen van cellenbeton opgesomd.

Het onderzoek richtte zich op de toepassing van alternatieve materialen in cellenbeton. Geschikte materialen zijn bijvoorbeeld afvalmaterialen, industriële bijproducten of algemene beschikbare materialen met een onontdekt potentieel. De substitutie van primaire grondstoffen door alternatieve materialen heeft vier mogelijke voordelen:

- Kosten kunnen gereduceerd worden omdat alternatieve materialen vaak goedkoper zijn.
- De impact op het milieu verder beperken door het vervangen van materialen met grotere impact of het gebruiken van afvalmaterialen.
- De ontdekking van nieuwe grondstoffen wat zorgt voor meer mogelijkheden.

- Verbeteren van de eigenschappen en prestatie van cellenbeton.

Gedurende het project werden vijf verschillende alternatieve materialen onderzocht: tufas, tras, basaltpoeder, koperslak en granietpoeder. Deze materialen werden geselecteerd op basis van verschillende criteria. Tufas is niet-geconsolideerd vulkanisch as en bevat doorgaans verschillende componenten, terwijl tras een fijn gemalen tufsteen is welke gebruikt wordt voor de productie van trascement. Om de tufsteen te kunnen mijnen voor de productie van tras, moet het tufas eerst verwijderd worden. Het tufas is daarom een mijnbouwresidu. Basalt en graniet zijn beiden een algemeen beschikbaar gesteente. Tot slot is koperslak een industrieel bijproduct van de koperproductie.

METHODOLOGIE

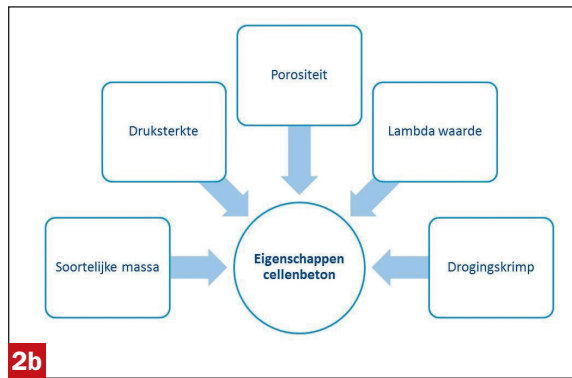
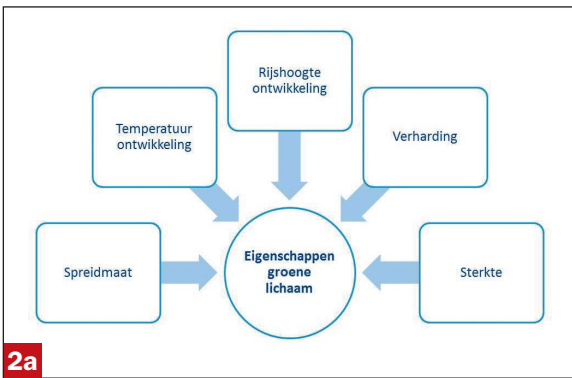
De volgende primaire grondstoffen zijn gebruikt voor de productie van cellenbeton tijdens het onderzoek: kwartspoeder, Portlandcement, calciumoxide, anhydriet, calciumhydroxyde, aluminiumpoeder en water. Het recept weergegeven in tabel 2 is gebruikt als uitgangspunt. De primaire grondstof wordt vervangen door het alternatieve materiaal in massapercentages. Het tras wordt toegepast als een cement vervangend materiaal, terwijl de andere alternatieve materialen allen toegepast worden als kwarts vervangend materiaal. Alle grondstoffen inclusief alternatieve materialen werden eerst gekarakteriseerd aan de hand van verscheidende experimenten. Vervolgens werd een voorstudie uitgevoerd, die zich voornamelijk concentreerde op de invloed van het alternatieve materiaal op de verwerkbaarheid van de mix. Na het afronden van de voorstudies werden cellenbetonproefstukken geproduceerd die het alternatieve materiaal bevatten in verschillende vervangingsniveaus. Tevens werden verschillende referentieproefstukken geproduceerd. Het productieproces is zeer uitgebreid. De toegepaste autoclaafcondities zijn een druk van 11 bar en een temperatuur van 187°C voor 5 uur (totale autoclaaftijd is ongeveer 8,5 uur). Het materiaal voor het autoclaaven wordt het groene lichaam genoemd, na het autoclaaven wordt het uiteindelijke cellenbeton verkregen. Tijdens het productieproces werden verschillende eigenschappen van het groene lichaam gemonitord. De uiteindelijke proefstukken werden getest op verschillende eigenschap-

Tabel 1: Kenmerkende eigenschappen van cellenbeton

Eigenschap	Waardebereik
Soortelijk massa	350 - 650 kg/m ³
Porositeit	±80%
Druksterkte	2 - 7 N/mm ²
Lambda-waarde	0,08 - 0,16 W/m·K
Brandklasse	A1



1
Cellenbeton



2a Onderzochte eigenschappen van het groene lichaam en de cellenbeton proefstukken

pen, zie figuur 2. De invloed van het alternatieve materiaal op de eigenschappen van cellenbeton werd bepaald en de algemene prestatie van de materialen beoordeeld om inzicht te krijgen in de toepassingsmogelijkheden.

HOOGTEPUNTEN ONDERZOEK

In voorliggend hoofdstuk worden de hoogtepunten van het onderzoek gegeven. Tufas had enkel invloed op de sterkte en krimp van cellenbeton, niet op de soortelijke massa, porositeit en lambdawaarde. Het optimum vervangingsniveau voor tufas is 20 tot 40% (verbeterde sterkte +13% en afname krimp -16%), terwijl 100% mogelijk is maar leidt tot een mindere prestatie (sterkte -20%). De vervanging van cement door tras heeft ook enkel invloed op de sterkte en krimp, niet op de overige eigenschappen. Vervangingsniveaus tot 60% zijn gunstig voor de cellenbetonprestatie (sterkte maximaal +11%, krimp maximaal -21%), terwijl vervangingsniveaus tot 75% leidt tot gelijkaardige prestaties in vergelijking met de referentie. De basalt, koperslak en graniet vereisten minder water dan de referentie. Bijgevolg is de waterhoeveelheid in de recepten minder voor hogere vervangingsniveaus. Een gereduceerde waterhoeveelheid leidt tot een beperkte stijging in soortelijke massa, sterkte en lambdawaarde en een beperkte daling in porositeit. De volledige vervanging van kwarts door basalt is niet mogelijk, het uiteindelijke cellenbeton faalt op sterkte. Dit betekent dat een zekere hoeveelheid kwarts vereist is voor het garanderen van de sterkte. Het basalt beïnvloedde de dichtheid, porositeit en lambdawaarde niet, enkel de sterkte en krimp. Een vervangingsniveau van 60% is het optimum: sterkte +24%, krimp -51%. Hogere niveaus worden afgeraden omwille van de gereduceerde prestatie. Omdat weinig materiaal beschikbaar was, was de studie van koperslak beperkt tot een maximaal vervangingsniveau van 40%. Desondanks nam de druksterkte significant toe en de totale krimp significant af met stijgende koperslakhoeveelheid. De overige eigenschappen werden niet tot beperkt aangetast.

Het optimale vervangingsniveau voor granietpoeder is 80%, hogere niveaus worden afgeraden omwille van een gereduceerde prestatie. Het graniet had enkel een (positieve) invloed op de sterkte en krimp. De totale krimp neemt sterk af met toenemende hoeveelheid graniet in cellenbeton. Bovendien vertoonde cellenbeton met 20% kwarts en 80% graniet de hoogste sterkte van alle proefstukken. Daarom lijkt graniet één van de meest veelbelovende materialen om toegepast te worden in cellenbeton.

Tabel 2: Het recept

Component	Massa [%]	
Kwarts poeder	66,7	
Portlandcement	20,0	
Calciumoxide	8,3	
Anhydriet	2,5	
Calciumhydroxide	2,5	
Aluminium poeder	0,083	Relatief tot totale hoeveelheid grondstoffen
Water	62,5	

Tabel 3: Vergelijking eigenschappen materialen op basis van optimale vervangingsniveau

Materiaal Optimale niveau Eigenschap	Referentie %	Tuf as 40%	Tras 50%	Basalt 60%	Koper slak 40%	Graniet 80%
Soortelijke massa [kg/m³]	459	451	454	501	483	498
Druksterkte [N/mm²]	3,18	3,31	3,39	4,79	4,43	5,07
A-waarde [-]	960	1020	1031	1195	1187	1281
Porositeit [%]	81,87	81,79	82,29	80,26	80,06	79,43
Lambda waarde [W/m·K]	0,083	0,080	0,083	0,091	0,083	0,095
Drogingskrim [mm/m]	0,74	0,62	0,58	0,36	0,52	0,31

Tabel 3 toont een vergelijking van de eigenschappen van de materialen op basis van het optimale vervangingsniveau. De A-waarde vertegenwoordigt de druksterkte van cellenbeton onafhankelijk van de soortelijke massa. Het vervangen van primaire grondstoffen heeft naar verwachting maar een beperkt effect op de bouwfysische eigenschappen van cellenbeton. De verschillen treden met name op in sterkte en krimp. De porositeit en soortelijke massa die bepalend zijn voor bijvoorbeeld akoestische en thermische eigenschappen worden beperkt beïnvloed. Structureel was het onderzoek hier echter niet op gericht. Door het aanpassen van de hoeveelheid water en luchtbelvormer kunnen de soortelijke massa en porositeit van cellenbeton, en bijgevolg de bouwfysische eigenschappen echter tot een bepaald niveau gewijzigd worden. ■

BRONNEN

► [1] Segers, S., Straub, C., Florea, M.V.A., Brouwers, H.J.H., Application of alternative materials in autoclaved aerated concrete - thesis. Technische Universiteit Eindhoven, 2016