



Vorstdooizoutbestandheid

Anne Beeldens, OCW

Vorstdooizoutbestandheid

Principe van schade door vorst/dooicycli in aanwezigheid van doozouten

Controle

Betonsamenstelling

Uitvoering

Referentiedocumenten



Met dank aan Claude Ployaert en Luc Rens van FEBELCEM



Situering



Oorzaken van vorstschade ten gevolge van vorst en doozouten bij betonverhardingen

- Bevriezing van vers beton
 - Bevriezen van vrij water in beton met scheurvorming in verse beton tot gevolg
 - Eens water in beton bevroren is zal geen verdere hydratatie plaatsvinden!

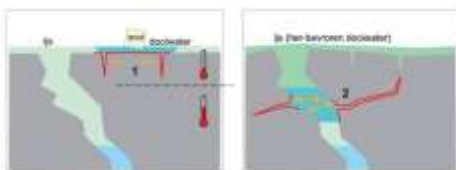


- Bevriezing van verhard beton en interne scheurvorming
 - Opbouwende druk (*hydraulisch*) ten gevolge van uitzetten van water bij omzetting naar ijs (minder belangrijk)
 - Vorming van *ijslens* in grotere poriën die extra trekkrachten op fijnere poriën gaan uitoefenen
 - Osmotische drukken ten gevolge van zoutconcentraties

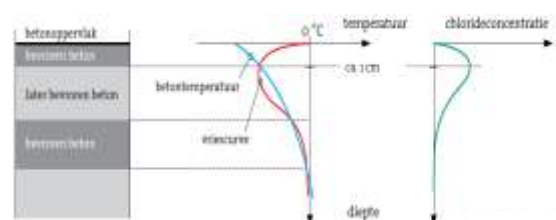


Oorzaken van vorstschade ten gevolge van vorst en doozouten bij betonverhardingen

- Inwerking van doozouten
 - Tijdens het smelten van het ijs door zouten: endotherme reactie, warmte wordt onttrokken aan ondergelegen lagen waardoor daar grotere spanningen ontstaan, door bevroren van water in die poriën
 - Door osmotische drukken die ontstaan ten gevolge van concentratieverschillen tussen het poriënwater aan het oppervlak en het dieper gelegen poriënwater



Schadefenomeen ten gevolge van vorst en doozouten bij betonverhardingen



Combinatie van vorst-dooicycli en dooizouten



Hoe weten we dat het beton bestand is tegen afschilfering?

Proeven voorzien in de (Belgische) typebestekken:

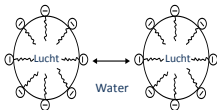
- Op vers beton:
 - Luchtgehalte
- Op verhard beton:
 - Druksterkte
 - Wateropsloping door onderdempeling
 - Weerstand tegen afschilfering (indien wateropsloping niet voldoet)

EEN PROEF OP ZICH VOLSTAAT NIET!

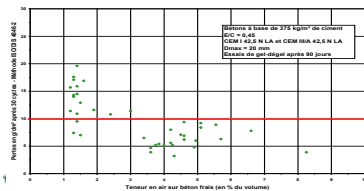
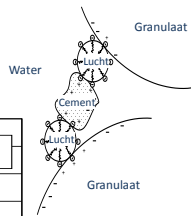


Werking van een luchtbelvormer

Oppervlakte-actieve stoffen met hydrofiel hoofd en hydrofobe staart ter vorming van luchtballen die elkaar electrostatisch afstoten



Vorming van stabiele luchtballen



Samenstelling wegebeton, vb volgens SB 250

	D _{max} vld granulaten (mm)	Hoeveelheid cement (kg/m ³)	Water-cementfactor W / C	Luchtgehalte (%-v)
Bouwklaas B1- B5 volgens SB 250				
Bovenlaag (een- of tweelaags)	> 20 6 < D _{max} ≤ 20 ≤ 6	≥ 400 ≥ 400 ≥ 425	≤ 0,45 ≤ 0,45 ≤ 0,42	- ≥ 3 ≥ 5
Onderlaag (tweelaags)	≥ 20	≥ 375	≤ 0,45	≥ 3
Bouwklaas B6-B10 en BF volgens SB 250				
Bovenlaag (een- of tweelaags)	> 20 6 < D _{max} ≤ 20 ≤ 6	≥ 350 ≥ 375 ≥ 400	≤ 0,50 ≤ 0,50 ≤ 0,45	- ≥ 3 ≥ 5
Onderlaag (tweelaags)	≥ 20	≥ 350	≤ 0,50	≥ 3
Landbouwwegen volgens overeenstemmende bouwklaas				



Bepaling van de wateropsloping door onderdempeling

- Op cilindrische proefstukken ontnomen door kernboring uit de betonverharding
- Oppervlakteschijfje met S = 100 cm² (diameter van 11,3 cm) en hoogte h = 4 à 5 cm
- Bepaling van de wateropsloping door onderdempeling op een ouderdom van ten minste 60 dagen
- Berekening van de waterabsorptie

$$w = 100 \cdot (M_1 - M_2) / M_2 \text{ in } \%-m$$



Eisen wateropsloping

	D _{max} vld granulaten (mm)	Maximale individuele wateropsloping H _{i, max} (%-m)	Maximale gemiddelde wateropsloping H _{m, max} (%-m)	Luchtgehalte (%-v)
Bouwklaas B1-B5 volgens SB 250				
Bovenlaag (een- of tweelaags)	> 20 (zonder LBV) 6 < D _{max} ≤ 20 ≤ 6	6,5 6,8 7,0	6,0 6,3 6,5	- ≥ 3 ≥ 5
Onderlaag (tweelaags)	≥ 20	-	-	≥ 3
Bouwklaas B6-B10 en BF volgens SB 250				
Bovenlaag (een- of tweelaags)	> 20 (zonder LBV) 6 < D _{max} ≤ 20 ≤ 6	6,5 6,8 7,0	6,0 6,3 6,5	- ≥ 3 ≥ 5
Onderlaag (tweelaags)	≥ 20	-	-	≥ 3



Eisen vorstweerstand

Als wateropslorping niet voldoet

Proefmethode volgens ontwerpnorm ISO/DIS 4846-2

In de nabije toekomst volgens CEN/TS 12390-9 (2006):

SLAB test

(CDF test)

(CUBE test)

Criteria verschillen en zijn nog te bevestigen!



	Réseau I Bouwklasse B1 – B5	Réseau II Bouwklasse B6 – B10, BF	Réseau III Routes agricoles
Maximaal gecumuleerd massaverlies na 30 cycli in g/dm ³	5	10	20

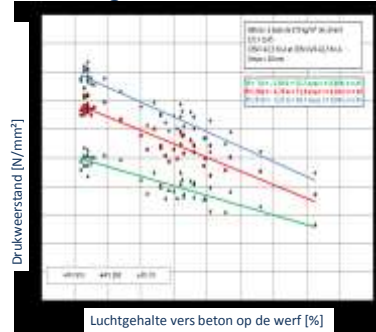
Zwaar belaste wegen

Lokale wegen

Weinig tot niet belaste wegen

MAAR – meestal enkel controle op druksterkte!

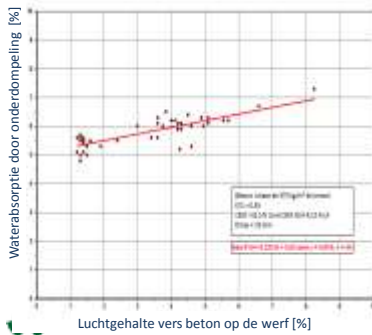
Verband luchtgehalte – mechanische sterkte



Luchtgehalte vers beton op de werf [%]

Verband luchtgehalte – wateropslorping

MAAR GOEDE weerstand tegen afschifren bij hoog luchtgehalte



=> Enkel druksterkte en waterabsorptie controleren is niet voldoende, ook luchtgehalte en eventueel weerstand tegen afschifering

Voorbeelden betonsamenstelling

- Voorbeeld: beton voor gemeentewegen met 375 kg/m³ CEM III/A 42,5 N LA, D_{max} = 20 mm
- Eisen: wcf ≤ 0,50 – 3 tot 6 % lucht – Abs_m ≤ 6,3 % - Massaverlies ≤ 10 g/dm³

	Beton 1 (zonder plastificeerder en luchtbelvormer)	Beton 2 (met plastificeerder, zonder luchtbelvormer)	Beton 3 (met plastificeerder en luchtbelvormer)	Beton 4 (met plastificeerder en luchtbelvormer)	Beton 5 (met plastificeerder en luchtbelvormer)	Beton 6 (met plastificeerder en luchtbelvormer)
wcf	0,49	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Slump	40 mm	40 mm	25 mm	45 mm	35 mm	65 mm
Vebe	4,0 s	4,0 s	4,0 s	3,0 s	3,5 s	2,0 s
Luchtgehalte	0,8 %	1,3 %	2,4 %	4,5 %	5,7 %	8,3 %
Massaverlies vorst-dooi	25,1 g/dm ³	14,0 g/dm ³	10,8 g/dm ³	7,1 g/dm ³	6,3 g/dm ³	3,9 g/dm ³
R'c 90 d	73,6 N/mm ²	82,0 N/mm ²	73,0 N/mm ²	65,9 N/mm ²	58,9 N/mm ²	44,6 N/mm ²
Abs _m	6,0 %	5,6 %	5,5 %	6,4 %	6,2 %	7,3 %

Belangrijke parameters

- Samenstelling van beton:
 - Cementgehalte
 - W/C-factor
 - Luchtbelgehalte
 - Grootte granulaten: mortelhoeveelheid
 - Zandgehalte
 - Gehalte fijne deeltjes (pigment)
- Uitvoeringsmethode:
 - Aanleg met slipformpaver of handmatig
 - Bescherming van vers aangebracht beton
 - Oppervlakafwerking door vlinderen, polieren: meer kans op schade
- Leeftijd van het beton, uithardingstermijn

Betonsamenstelling: samengevat

Weerstand tegen vorst-dooicycli en tegen dooizouten neemt AF bij:

- Lager luchtgehalte
- Meer fijn materiaal
- Kleinere maximale korrelafmeting van granulaten
- Lager cementgehalte
- Hogere W/C-factor
- Hoger watergehalte

Water, vriend of vijand van beton?

• Water = **VIJAND** van beton

- > verhoogde oppervlakporositeit
- > verlaagde duurzaamheid

• Water = **VRIEND** van beton

- > nodig voor cementhydratie
- > nodig voor uitharding

• Als water (w) ↓, verwerkbaarheid ↓
=> toevoeging van een (super)plastificeerder

• Als water-cementfactor (wcf) ↓, verwerkbaarheid ↓
=> toevoeging van een (super)plastificeerder

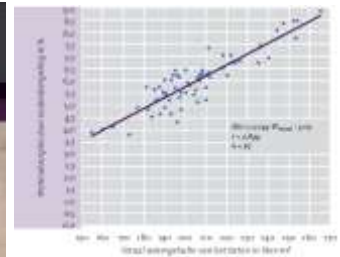
OPGEPAST: hoger cementgehalte bij gelijkblijvende w/c-factor => MEER WATER



Water, vriend of vijand van beton?

• Voorbeeld

Beton 1: 380 kg/m³ cement, wcf = 0,45 => w = 171 l
Beton 2: wcf = 0,45 maar 420 kg/m³ cement => w = 189 l



www.febelcem.be -> publicaties



Beton nr.	1 Met pigment W/C ≙ 0,50	2 Met pigment W/C ≙ 0,50	3 Met pigment W/C ≙ 0,50	4 Zonder pigment W/C ≙ 0,50	5 Zonder pigment maar met vliegas W/C ≙ 0,55
Gebroken grind 6/20	914 kg/m ³	899 kg/m ³	909 kg/m ³	909 kg/m ³	893 kg/m ³
Gebroken grind 2/8	293 kg/m ³	289 kg/m ³	292 kg/m ³	291 kg/m ³	296 kg/m ³
Rivierzand 0/2	357 kg/m ³	351 kg/m ³	355 kg/m ³	355 kg/m ³	349 kg/m ³
Rivierzand 0/1	186 kg/m ³	183 kg/m ³	185 kg/m ³	185 kg/m ³	182 kg/m ³
CEM III/A 42,5 N LA	386 kg/m ³	380 kg/m ³	384 kg/m ³	384 kg/m ³	334 kg/m ³
Vliegas	-	-	-	-	29 kg/m ³
Pigment (rood ijzeroxide)	5 % of 18,3 kg/m ³	5 % of 18,0 kg/m ³	5 % of 18,2 kg/m ³	-	-
Plastificeerder Luchtbelvormer	780 ml/m ³ 450 ml/m ³	770 ml/m ³ 480 ml/m ³	775 ml/m ³ 485 ml/m ³	780 ml/m ³ 490 ml/m ³	765 ml/m ³ 380 ml/m ³
Totaal watergehalte	183 l/m ³	185 l/m ³	187 l/m ³	185 l/m ³	180 l/m ³
Stomp	35 mm	35 mm	20 mm	35 mm	50 mm
Luchtgehalte	3,8 %	4,5 %	4,5 %	4,1 %	4,7 %
Vochtige volumieke massa	2318 kg/m ³	2285 kg/m ³	2310 kg/m ³	2280 kg/m ³	2283 kg/m ³
Druksterkte ⁽¹⁾	55,6 N/mm ²	53,1 N/mm ²	52,8 N/mm ²	54,2 N/mm ²	45,4 N/mm ²
Wateropslorping door onderempaling ⁽²⁾	8,3 %	<u>6,6 %</u>	6,4 %	<u>7,5 %</u>	<u>7,4 %</u>
Versterkingsdichtheid, afschilfering na 30 cycli ⁽³⁾	4,8 g/dm ²	6,8 g/dm ²	6,8 g/dm ²	6,1 g/dm ²	<u>15,5 g/dm²</u>

(1) De waarde wordt gemeten na 90 dagen op boorsten in 4 een sectie van 100 cm² en een hoogte van 10 cm.
(2) De wateropslorping door onderempaling wordt gemeten op de bovenste zijde van de boorsten van 100 cm².
(3) De verdere afschilfering na 30 cycli wordt gemeten op de bovenzijde van de boorsten van 100 cm², proef volgens NEN-EN 12390-2.



Uitvoeringsmethode

- Slipfoppaver of handmatig: steeds aangepaste betonsamenstelling!



Bescherming van het verse beton tegen uitdroging

Verstuiving van nabehandlungsproduct of plaatsen van plasticfolie



Leeftijd van beton, uithardingstermijn

- Beschermen tegen vorst van jong beton: sterkte beton op kubussen min. 5 N/mm²

NB: tot 72 u na verwerking T_{opp} > 1°C (SB 250)

- Beschermen tegen dooizouten gedurende minstens 6 weken na aanleg van beton, eventueel hydrofobering aanbrengen om weerstand gedurende eerste jaren te verhogen, mogelijk kan dit ook na 28 dagen indien beton van goede kwaliteit gebruikt wordt



Vorst-dooiweerstand van fietspad - resultaten

Kern nr.	Diameter (mm)	Hoogte (mm)	Oppervlak (mm ²)
XXX/1A	124,3	47,4	12135
XXX/2A	124,4	46,2	12154
XXX/3A	124,2	45,7	12115

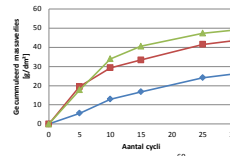


Kern nr.	Gecumuleerde massa van het afgeschuifde materiaal na "n" cycli															
	Cycli				n=15				n=25				n=30			
	n=5		n=10		n=15		n=25		n=25		n=30		n=30			
	in g	in g/dm ²	in g	in g/dm ²	in g	in g/dm ²	in g	in g/dm ²	in g	in g/dm ²	in g	in g/dm ²	in g	in g/dm ²		
XXX/1A	6,75	5,56	15,70	12,94	20,26	16,70	29,24	24,10	31,61	26,05						
XXX/2A	23,73	19,52	35,60	29,29	40,53	33,35	50,30	41,39	52,71	43,37						
XXX/3A	21,51	17,75	41,18	33,99	49,09	40,52	57,21	47,22	59,30	48,95						

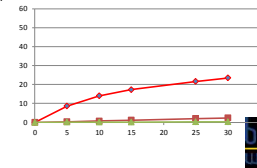


Vorst-dooiweerstand van fietspad - bespreking

- Beton aangelegd ZONDER luchtbelvormer => zeer beperkte weerstand tegen doozouten



- Beton industriële buitenverharding waarbij 1 plaat aangetast is



Herstelling van schade

- Bij goede betonkwaliteit is schade meestal zeer oppervlakkig: mogelijkheid bestaat om niets uit te voeren en een iets ruwer oppervlak toe te laten
- Affrezen van oppervlak om beschadigde laag te verwijderen en een vlak oppervlak te verkrijgen, mogelijk gevolgd door het aanbrengen van een hydrofobermiddel
- Indien betonkwaliteit niet goed is: aanbrengen hydrofobering (duurzaamheid!) of vervangen beton maar dit zal een slecht beton niet goed maken!



Technologische oplossingen – herstelling

- "Grinding" = afslijpen met diamantschijven in lange richting



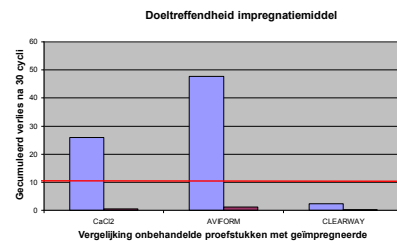
Technologische oplossingen – herstelling

- Afschaven door frezen
- Te vergelijken met koudfrezen van asfalt met aangepaste trommel en tanden



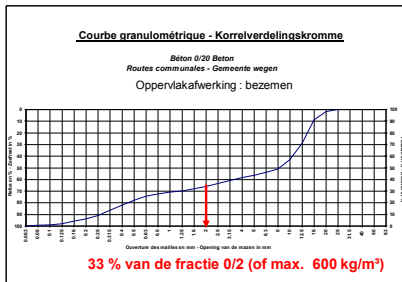
Technologische oplossingen – preventie

- Oppervlakbehandeling met impregneermiddel (hydrofobermiddel op basis van silanen/siloxanen – toe te passen in twee lagen – na verdwijnen of verwijderen van curing compound)



Vermijden vorstschade

- SB 250 versie 2.2 (C – w/c)
- Beperkt zandgehalte 0/2



Vermijden vorstschade

- SB 250 versie 2.2 (C – w/c)
- Beperkt zandgehalte 0/2
- Watergehalte beperken tot ca. 180 l/m³
- Luchtbelgehalte vers beton 4 %
- Indien kleurstoffen : verminderde verwerkbaarheid compenseren met hulpstoffen, niet door toevoegen water
- Verdichting – Nabehandeling
- I.g.v. manuele plaatsing : beschermen met impregneermiddel



Besluiten

- De weerstand tegen vorst-dooicycli en tegen afschilfering ten gevolge van het gebruik van dooizouten kan verhoogd worden door:
 - Optimale betonsamenstelling: W/C-factor, zandgehalte, cementgehalte, luchtgehalte,....
 - Goede uitvoering: samenstelling en materieel aangepast aan uitvoeringsmethode
 - Onmiddellijke bescherming van het beton
 - Oppervlakbehandeling
- Beton beproeven: luchtbelgehalte, druksterkte en wateropsorpsingsproef, indien nodig proef ter bepaling van de weerstand tegen afschilfering
- Herstelling van oppervlak door afrezen, mogelijk gevolgd door het aanbrengen van een hydrofoberingmiddel indien samenstelling van beton voldoet



Referentiedocumenten

- Typebestekken: betonsamenstelling – uitvoeringswijze
<http://www.wegenverkeer.be/standaard-betek-250/category/standaardbestek-250.html> (SB 250 – hoofdstuk 6)
- FEBELCEM-publicatie: Ontwerp van betonconstructies bestand tegen vorst-dooicycli en dooizouten
<http://www.eupave.eu/documents/graphics/inventory-of-documents/febelcem-publicaties/design-of-concrete-structures-resisting-to-frost-thaw-and-de-icing-salts-nl.pdf>
- FEBELCEM-publicatie: Duurzaam beton door beheersing van de waterabsorptie
http://www.febelcem.be/fileadmin/user_upload/dossiers-ciment-2008/nl/T2-Nl-duurzaam-beton-waterabsorptie.pdf
- Omzendbrief van H.Hondermarcq: tijdstip en hoeveelheid van strooien
- Handleiding industriële buitenverhardingen – bijkomende informatie betonsamenstelling en duurzaamheid
<http://www.brrc.be/publications/a/a8211.pdf>



Toekomst...

- Registratie en certificatie betonmengsels



Dank u voor uw aandacht!

Vragen?

