

Vorst en dooizouten

Beton wordt veel gebruikt als materiaal voor bestratingen (stenen, blokken, tegels), terreinverhardingen en wegverhardingen (gesloten betonverhardingen). Vorst en dooizouten zijn dan relevant voor de duurzaamheid. Kenmerkend voor de Nederlandse winters is het zogenaamde kwakkelweer, met veelvuldige afwisseling van vriezen en dooien. Het gebruik van dooizout vormt een ernstige complicatie voor beton. Kenmerkend voor vorst-dooizoutschade is een afschilfering van de oppervlaktelaag. Wat is precies het schademechanisme? Welke maatregelen tegen vorst- en dooizoutschade worden aanbevolen?

Vorstschade

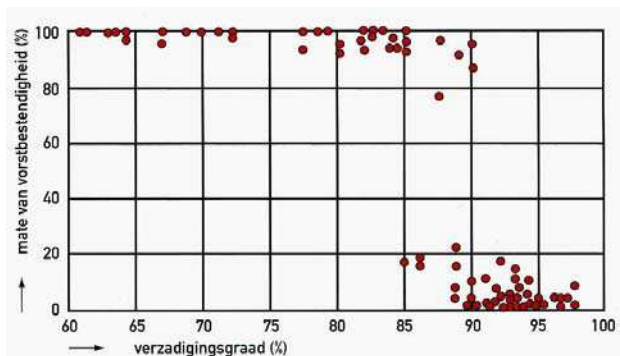
Als met water verzadigd beton bevroest, wordt het water in het beton van de omgeving afgesloten; het water bevroert immers van buiten naar binnen. Bij bevriezen zet water ongeveer 9% uit. Door bevriezing van een deel van het water komt het nog niet bevroren water onder druk te staan. Deze drukken zijn zo hoog dat het beton inwendig kapot gedrukt kan worden en de constructie niet meer bruikbaar is.

Beton van enige ouderdom, met een niet al te hoge water-cementfactor en volgens de regels nabehandeld, is goed bestand tegen vorst. Dit kan als volgt worden verklaard: bij de reactie tussen cement en water, de hydratatie, ontstaan kleine 'scheurtjes' in het beton.

De verklaring hiervoor is dat het reactieproduct een kleiner volume inneemt dan het oorspronkelijke volume van cement en water. Hierdoor zou een vacuüm in het beton kunnen ontstaan. Dit gebeurt echter niet omdat, afhankelijk van de aanwezigheid van water op het betonoppervlak, er water of lucht in het beton wordt gezogen.

Als lucht wordt aangezogen, is de met lucht gevulde ruimte voldoende om als expansieruimte te dienen voor het water dat eventueel kan bevriezen. Voor vorstschade is de mate van verzadiging van het beton met water een cruciale factor (figuur 1).

Figuur 1 Invloed van de verzadigingsgraad van beton op de bestandheid tegen vorst (A.M. Neville)



Beton van enige ouderdom laat zich niet snel volledig verzadigen met water omdat:

- door voortgaande hydratatie steeds meer water wordt gebonden. De poriën zullen, weliswaar langzaam, steeds verder dichtgroeien waardoor de permeabiliteit van het beton afneemt;
- door voortgaande hydratatie holle ruimte wordt gevormd die bij vorst voor expansie wordt benut.

Gebouw Cementrum
Sint Teunislaan 1
5231 BS 's-Hertogenbosch
Postbus 3532
5203 DM 's-Hertogenbosch

t. 073 640 12 31
f. 073 640 12 84

info@cementenbeton.nl
www.cementenbeton.nl

Jong beton, van slechts enkele dagen oud, bevat veel ongebonden (vrij) water, is nog niet zo sterk en moet dus goed tegen vorst worden beschermd. Als er vorst wordt verwacht, is het niet verstandig om jong beton met water na te behandelen. In plaats van lucht wordt dan water naar binnen gezogen. Het jonge beton raakt verzadigd met water en is zeer gevoelig voor bevriezing, waardoor ernstige schade aan de constructie kan ontstaan.

Vorstschade in combinatie met dooizout

Kenmerkend voor de Nederlandse winters is het zogenoemde kwakkelweer, met een veelvuldige afwisseling van vriezen en dooien, wat vaak gepaard gaat met neerslag. Dat veroorzaakt gladheid, die wordt bestreden met het strooien van dooizout (NaCl). Het gebruik van dooizout vormt een ernstige complicatie voor beton. De werking van dooizout berust op verlagen van het vriespunt van water in een zoutoplossing. Bij strooien van zout op een ijslaag smelt het ijs. Om ijs te laten smelten is warmte nodig. Deze wordt onttrokken aan het onderliggende beton, waardoor de temperatuur plotseling sterk kan dalen.

Strooien van dooizout op besneeuwd of met ijs bedekt beton heeft dus dezelfde werking als een felle vorstaanval op dit betonoppervlak.

Bij vorst-dooizoutschade heeft een (meestal oppervlakkige) afschilfering van de oppervlaktelaag plaats. De buitenhuid van het beton vriest kapot en schilfert af. Dit verschijnsel staat bekend onder de Engelse term 'scaling'.

Waar treedt schade door vorst in combinatie met dooizout op?

Het probleem van de vorst-dooizoutbestandheid speelt hoofdzakelijk bij wegen en bij horizontale betonverhardingen die met vocht, vorst en dooizouten in aanraking komen.

Voorbeelden zijn betonnen schampkanten bij laadperrons, bruggen en tunnels, terreinverhardingen van in het werk gestort beton, prefab (industrie) platen of betonklinkers, maar ook trottoirtegels op stoepen en pleinen.

Nog dichterbij huis zijn het de balkonplaten en galerijen waar bij sneeuw en vorst vaak ruimschoots gebruik wordt gemaakt van de zoutbus. De schade ontstaat op die plaatsen waar door een slechte afwatering bij sneeuw of regen plassen water blijven staan en de oppervlaktelaag met water is verzadigd.



Betonnen rand bij een viaduct ...



... en in detail de scaling



De bovenzijde van een galerijplaat ...

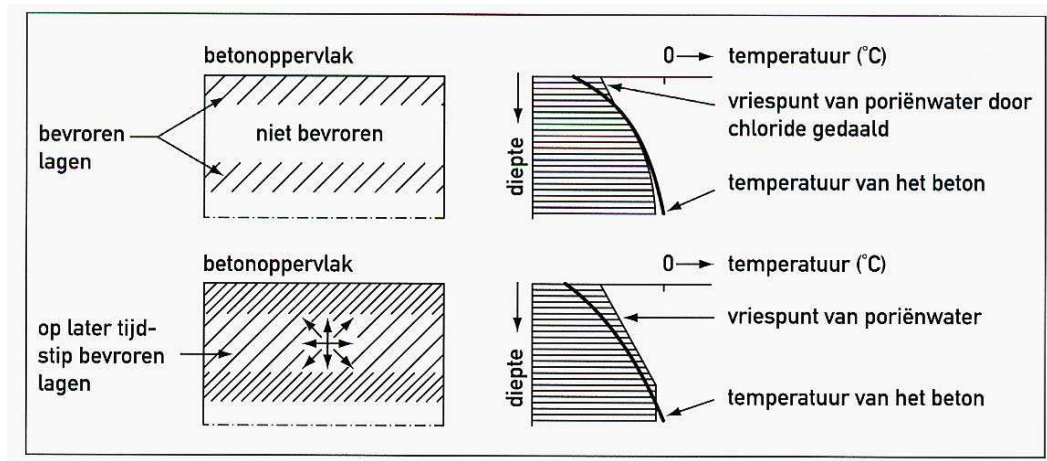


... en in detail de dooizoutschade

Schademechanisme

Gebruik van dooizouten leidt tot een intensievere 'vorstbelasting'. Dooizouten werken vriespuntverlagend. Deze vriespuntverlaging neemt met de concentratie dooizout toe. Aan het betonoppervlak zullen de concentratie en de vriespundaling het hoogst zijn. Naar binnen toe nemen de concentratie en de vriespundaling af. Gezien de temperatuurgradiënt in het beton heeft dit tot gevolg dat het inwendige en de oppervlaktelaag eerder kunnen bevriezen dan de tussenliggende laag. Bij nog lagere temperaturen, dus verder afkoelen van het beton, bevriest ook de tussenliggende laag. De reeds bevroren toplaag wordt dan afgedrukt (scaling of afschilfering), omdat het onder druk staande water zit opgesloten tussen twee bevroren lagen.

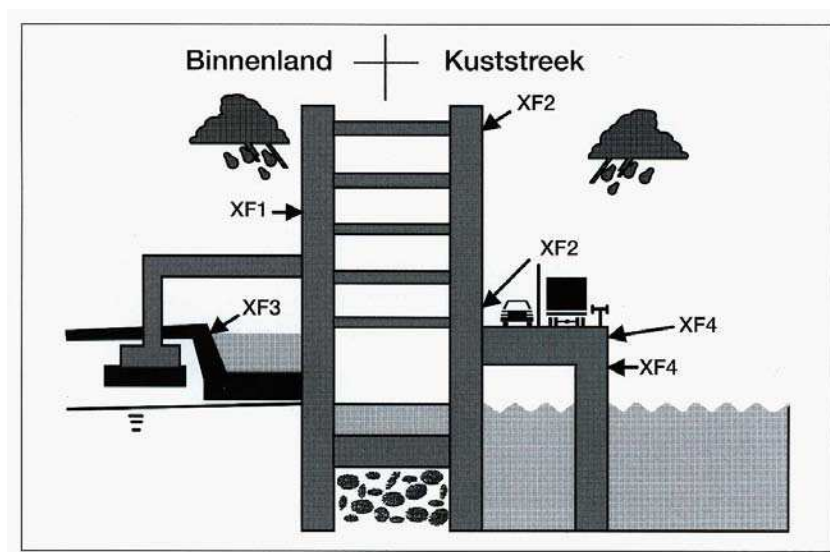
Figuur 2 Water tussen twee bevroren lagen bevriest en drukt de oppervlaktelaag eraf; het gevolg noemen we scaling (CUR-rapport 172)



Betonvoorschriften

In NEN 8005 zijn de eisen opgenomen waaraan de samenstelling van beton in de milieuklassen XF volgens NEN-EN 206-1 moet voldoen, toegelicht in figuur 3. Bij een beton dat voldoet aan de eisen van NEN 8005 is de kans vrij gering dat expansie door bevrorend water tot schade zal leiden. Beton met een hogere water-cementfactor bevat altijd een hoeveelheid vrij water. Dit beton moet voldoende expansieruimte hebben, zodat het bevroren van vrij water niet tot schade kan leiden. Deze expansieruimte wordt kunstmatig in de betonspecie en dus in het verharde beton ingebracht met behulp van luchtbelvormende stoffen. Voorwaarde is wel dat het luchtgehalte voldoende hoog is, afhankelijk van de korrelafmeting van het toeslagmateriaal.

Figuur 3 Locaties milieuklassen XF



Luchtbelvormer

Goed verdicht beton bevat circa 1 á 1,5 % (V/V) lucht. Bij beton in milieuklasse XF3 of XF4 wordt daarom een luchtbelvormer aan de specie toegevoegd om te kunnen voldoen aan het minimum vereiste luchtgehalte. Voor de effectiviteit van de luchtbelvormer zijn de volgende twee factoren van belang:

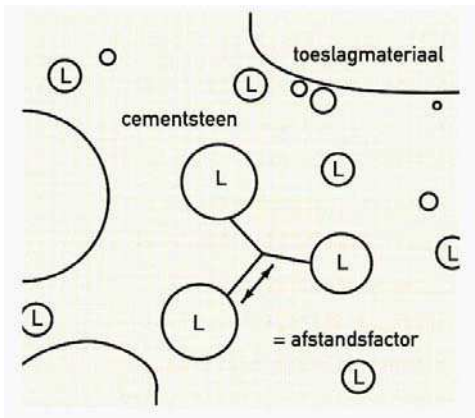
Afstandsfactor

De maximale afstand tussen de luchtbellens mag niet te groot zijn, want het bevrozende en dus uitzettende water moet de luchtbelletjes kunnen bereiken. Hiervoor wordt het begrip afstandsfactor gebruikt (figuur 4), dit is de afstand van een willekeurig punt in de betonspecie tot het dichtstbijzijnde luchtbelletje. Een luchtbelvormer is effectief als de afstandsfactor kleiner is dan 200 á 250 μm .

Gehalte aan luchtbelletjes kleiner dan 300 μm

Behalve de gelijkmatige verdeling van de luchtbelletjes in het beton is ook de hoeveelheid micro-poriën (diameter < 300 μm) van belang. Het gehalte aan dit soort belletjes wordt gekarakteriseerd met het luchtgehalte L300. Gebleken is dat L300 minimaal 1,8% (V/V) moet zijn.

Figuur 4 Schematische weergave van de verdeling van luchtbellens (L) in beton en de afstandsfactor



Rol van de cementsoort

Over de weerstand tegen vorst en dooizout maken de betonvoorschriften geen onderscheid tussen de verschillende cementsoorten. Toch is dit niet helemaal terecht. In de praktijk blijkt er verschil te kunnen zijn tussen beton vervaardigd met hoogovencement en beton vervaardigd met portland(vliegas)cement.

Bestandheid tegen vorst

Wordt beton met hoogovencement goed nabehandeld, dan blijkt het volgende fenomeen. Bij een gelijke hydratatiegraad en onder dezelfde verhardingscondities heeft beton met hoogovencement een fijnere poriënstructuur dan beton met portland(vliegas) cement. Voor de duurzaamheid in het algemeen is dit een gunstige factor, een dichter beton is beter bestand tegen allerlei invloeden. Maar bij een vorstaanval geldt het als een nadeel. Niet alleen drogen de poriën in beton met hoogovencement langzamer uit, waardoor dikwijls de mate van waterverzadiging groter is dan bij beton met portland(vliegas)cement, bovendien vereisen deze fijnere poriën een grotere hoeveelheid lucht als expansieruimte.

De richtlijnen voor het gebruik van luchtbelvormers, gebaseerd op ervaring met hoofdzakelijk beton met portlandcement, blijken nog wel op te gaan bij toepassing van hoogovencement met lage slakgehalten. Bij hogere slakgehalten ontstaat een fijnere poriënstructuur en is dus meer lucht nodig. In dat geval is beton met hoogovencement in normale uitvoering minder goed opgewassen tegen een combinatie van ongunstige condities: een 'moeilijke' winter, gebruik van dooizout en een lage kwaliteit van het betonoppervlak. In de praktijk is de vorstbestandheid van hoogovencement bijgevolg in sterke mate afhankelijk van de kwaliteit van de hoogovenslak, de water-cementfactor, de nabehandeling en de ouderdom van het beton.

Bestandheid tegen vorst in combinatie met dooizout

In tegenstelling tot beton dat alleen onderhevig is aan vorst, ontstaat er bij vorst-dooizout voornamelijk oppervlakteschade. Zelfs bij een sterke aantasting van het oppervlak als gevolg van vorstdooizout treedt er over het algemeen geen noemenswaardige inwendige schade op.

Praktijk en aanbeveling

In de praktijk zijn er drie technologische maatregelen waarmee de bestandheid van beton tegen vorstschade of schade door vorst in combinatie met dooizout kan worden beperkt:

- goede uitvoering (tijdstip ontkisten) én een goede nabehandeling, waarbij minimaal moet worden voldaan aan de eisen zoals omschreven in bijlage B van NEN 6722;
- een lage water-cementfactor, waardoor een dichte, weinig permeabele beton kan worden verkregen;
- voldoende hoog luchtgehalte, waardoor voldoende expansieruimte wordt gevormd.

Literatuur

1. Betoniek 5/9, Schade door vorst en dooizouten, okt. 1980.
2. Betoniek 10/2, Onderhuids, febr. 1995.
3. Betoniek 10/20, Bellen in beton, nov./dec. 1996.
4. Betoniek 11/11, Vorst en dooi, jan. 1999.
5. NEN 5950, Voorschriften Beton Technologie (VBT 1995), inclusief wijzigingsblad A3:2001.
6. NEN-EN 206-1, Beton – Deel 1: Specificaties, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit. NEN, Delft, 2002.
7. NEN 8005, Nederlandse aanvulling op NEN-EN 206-1 Beton – Deel 1: Specificaties, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit. NEN, Delft, 2004.
8. NEN 6722, Voorschriften beton – Uitvoering. NEN, Delft, 2002.