

Aantasting door vorst en dooizouten

Beton wordt veel gebruikt als materiaal voor bestratingen (stenen, blokken, tegels), terreinverhardingen en wegverhardingen (gesloten betonverhardingen). Vorst en dooizouten spelen een belangrijke rol in de duurzaamheid van deze toepassingen. Een kenmerk van de Nederlandse winters is het zogenaamde kwakkelweer, gekenmerkt door frequente afwisseling tussen vriezen en dooien. Het gebruik van dooizout vormt een ernstige bedreiging voor beton. Een kenmerk van vorst- en dooizoutschade is de afschilfering van de oppervlaktelaag. Wat is precies het schademechanisme? Welke maatregelen worden aanbevolen om vorst- en dooizoutschade te voorkomen?

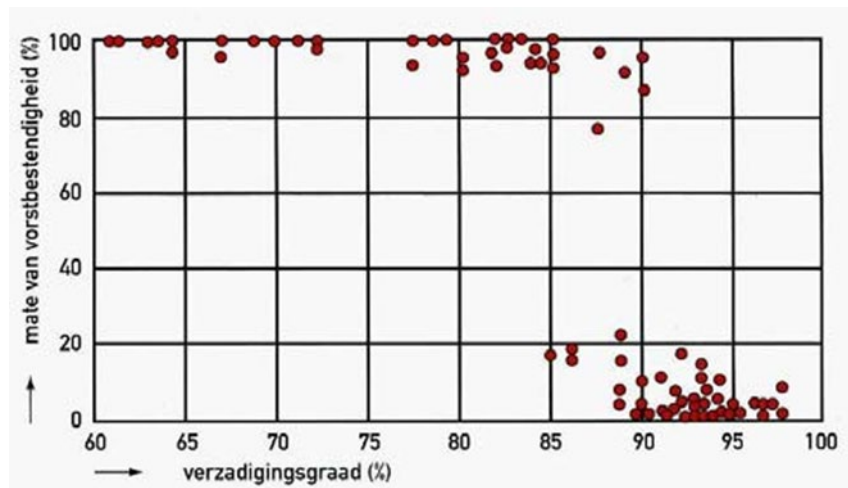


Vorstschade

Wanneer verzadigd beton beviest, wordt het water in het beton van de omgeving afgesloten; het water beviest immers van buiten naar binnen. Tijdens het bevriezen zet water ongeveer 9% uit. Hierdoor komt het nog niet bevroren water onder druk te staan, wat leidt tot zeer hoge drukken binnen het beton. Deze druk kan ervoor zorgen dat het beton intern beschadigd raakt, waardoor de constructie zijn functionaliteit verliest.

Beton van enige ouderdom, met een niet te hoge water-cementfactor en dat volgens de regels is nabehandeld, is goed bestand tegen vorst.

De verklaring hiervoor is dat het reactieproduct t.g.v. het uitharden van beton een kleiner volume heeft dan het oorspronkelijke volume van cement en water. Als gevolg hiervan zou een vacuüm in het beton ontstaan wat niet gebeurt omdat er, afhankelijk van de aanwezigheid van water op het betonoppervlak, water of lucht in het beton wordt gezogen. Wanneer lucht wordt aangezogen, biedt de met lucht gevulde ruimte voldoende expansiecapaciteit voor het water dat eventueel kan bevriezen. Voor vorstschade is de mate van verzadiging van het beton met water tijdens de initiële verharding cruciaal (zie figuur 1).



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

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

- Door voortgaande hydratatie steeds meer water wordt gebonden. Hierdoor zullen de poriën, zij het langzaam, steeds verder dichtgroeien, wat leidt tot een afname van de permeabiliteit van het beton.
- Voortgaande hydratatie resulteert in de vorming van holle ruimtes die bij vorst kunnen zorgen voor expansie.

Jong beton, dat nog maar enkele dagen oud is, bevat veel ongebonden (vrij) water, heeft nog niet zijn optimale sterkte bereikt en moet daarom goed worden beschermd tegen vorst. Als er vorst wordt verwacht, is het onverstandig om jong beton met water na te behandelen. In plaats van lucht wordt er dan water in het beton gezogen. Hierdoor kan het jonge beton verzadigd raken, wat de gevoeligheid voor bevriezing vergroot en ernstige schade aan de constructie kan veroorzaken.

Vorstschade in combinatie met dooizout

Kenmerkend voor de Nederlandse winters is het zogenaamde 'kwakkelweer' wat gekenmerkt wordt door een continue afwisseling van vorst en dooi, vaak vergezeld van neerslag. Deze wisselvalligheid veroorzaakt gladheid, die wordt bestreden met het strooien van dooizout (NaCl). Het gebruik van dooizout vormt echter een ernstige bedreiging voor beton. De werking van dooizout is gebaseerd op het verlagen van het vriespunt van water in een zoutoplossing. Bij het strooien van zout op een ijslaag smelt het ijs. Om ijs te laten smelten is warmte nodig, die onttrokken wordt aan het onderliggende beton. Dit leidt er toe dat de temperatuur in het betonoppervlak plotseling sterk daalt hetgeen leidt tot spanningen in het betonoppervlak.

Het strooien van dooizout op besneeuwd of met ijs bedekt beton heeft dus dezelfde werking als een hevige vorstperiode op dit betonoppervlak.

Bij vorst-dooizoutschade treedt meestal een oppervlakkige afschilfering van de toplaag op. De buitenste laag van het beton bevroert en beschadigt, waardoor deze afschilfert. Dit verschijnsel staat bekend als '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 het betonoppervlak met water is verzadigd.



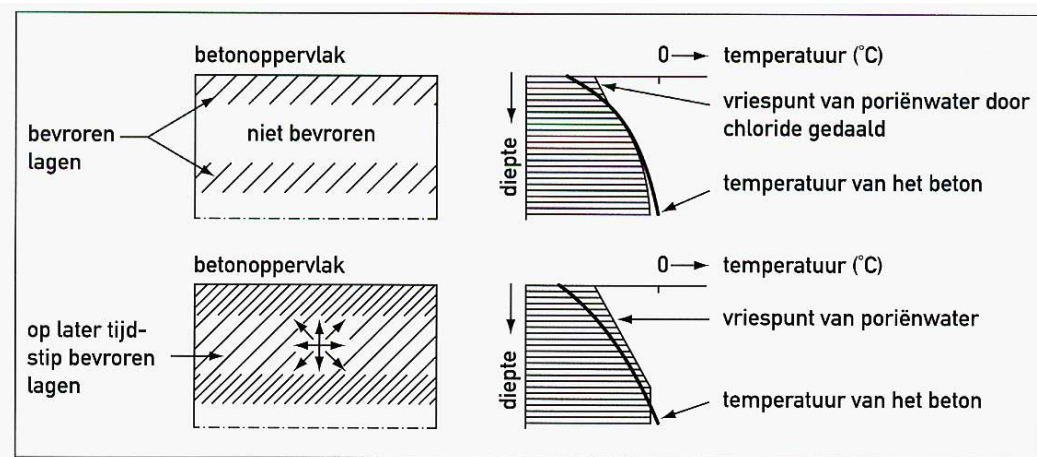
Foto 1 Betonnen rand van een viaduct



Foto 2 Betonnen galerijplaat

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.

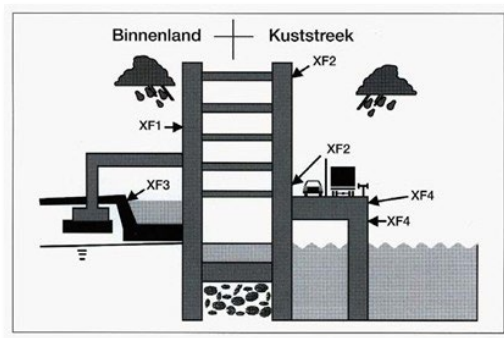


Figuur 2 Water tussen twee bevroren lagen bevriest en drukt de oppervlaktelaag eraf; het gevolg noemen we scaling (CUR-rapport 172)

Betonvoorschriften

In NEN 8005 zijn de eisen opgenomen waaraan de samenstelling van beton in de milieuklassen XF volgens NEN-EN 206 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 bevriezen 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.



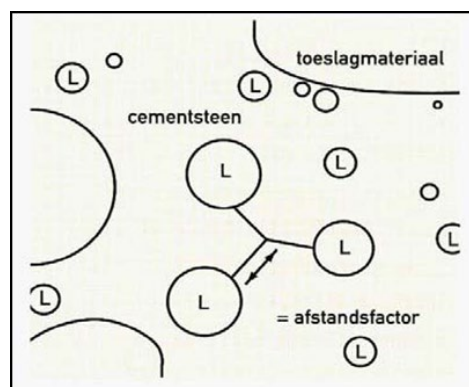
Figuur 3 Locaties milieuklassen XF

Luchtbelvormer

Goed verdicht beton bevat circa 1 à 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 minimumvereiste luchtgehalte. Voor de effectiviteit van de luchtbelvormer zijn de volgende twee factoren van belang:

Afstandsfactor

De maximale afstand tussen de luchtbellen mag niet te groot zijn, want het bevroerende 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 à 250 μm .



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

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.

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 (tijdstop ontkisten) én een goede nabehandeling, waarbij minimaal moet worden voldaan aan de eisen zoals omschreven in NEN-EN 13670, Het vervaardigen van betonconstructies en in NEN 8670 Ontw.nl, Aanvullende voorschriften bij NEN-EN 13670;
- een lage water-cementfactor, waardoor een dicht, weinig permeabel beton kan worden verkregen;
- voldoende hoog luchtgehalte, waardoor voldoende expansieruimte wordt gevormd.

Literatuur

[Website Betoninfra.nl, Bestandheid van beton tegen vorst en dooizouten](#)

[Betoniek 16 /28, Wie maakt me los?](#)

[Betoniek 16/25, Ontkistingstijdstop](#)

[Betoniek 14/5, De stukken eraf](#)

[Betoniek 11/11, Vorst en dooi](#)

[Betoniek 10/20, Bellen in beton](#)

[Betoniek 10/2, Onderhuids](#)

NEN-EN 206, Beton + NEN 8005, Nederlandse invulling van NEN-EN 206

NEN-EN 13670, Het vervaardigen van betonconstructies + NEN 8670:2018 Ontw. NI Aanvullende voorschriften bij NEN-EN 13670