

VORST- EN DOOIZOUTBESTANDHEID VAN BETONVERHARDINGEN

Omwille van hun groot blootgesteld oppervlak zijn wegen bijzonder onderhevig aan belasting veroorzaakt door weersomstandigheden. Voor wegverhardingen en lineaire wegelementen van cementbeton is de bestandheid tegen vorst en tegen chemische smeltmiddelen dan ook van fundamenteel belang. Dit bulletin brengt nog eens in herinnering op welke wijze vorst en dooizouten op beton inwerken, en beschrijft daarna uitgebreid hoe aantasting kan worden voorkomen.

DOSSIER
CEMENT

2
oktober 1994

wegverharding
beton
vorst/dooizout

(94)	Ef2	L3
------	-----	----

BB/SfB



I. AANTASTING VAN WEGENBETON DOOR VORST EN DOOIZOUTEN

1. BEVRIEZING VAN VERS BETON

De hydratatie van beton begint van zodra het cement in contact komt met water. Vers aangelegd beton bevat dus nog vrij water dat bij 0°C bevriest. Deze hoeveelheid vrij water wordt mettertijd kleiner, de hoeveelheid gebonden water neemt toe. Het cement verhardt geleidelijk en in het gehydrateerde netwerk ontwikkelt zich een zekere sterkte.

Indien de temperatuur op dat ogenblik onder 0°C zakt, dan daalt ook het vriespunt van dit vrije water, vermits het door de vorst onder druk wordt gezet. Dit water migreert naar beschikbare inwendige tussenruimten of naar het oppervlak. Als de druk groter wordt dan de sterkte van het beton, ontstaat breuk.

De tijd die het beton na verwerking nodig heeft om tegen vorst bestand te zijn hangt af van de druksterkte. Aangenomen wordt dat wegenbeton met een druksterkte-op-kubus hoger dan 10 N/mm² buiten gevaar is. In de praktijk komt dit bij een temperatuur van minstens 5°C en voor cement van klasse 42,5 neer op een termijn van 3 dagen. Deze termijn is wel afhankelijk van het type en de hoeveelheid cement, de hoeveelheid water, de temperatuur tijdens het aanleggen, het type bekisting, de betonmassa, de bescherming van het oppervlak, ... Beton dat binnen deze termijn door vorst wordt overvallen is nagenoeg waardeloos; vorst die pas na die termijn optreedt, zal enkel een vertraging van de verharding veroorzaken.

2. BEVRIEZING VAN VERHARD BETON

Beton van goede kwaliteit bevat capillairen met beperkte afmetingen waarin het water slechts ver onder 0°C bevriest. Bij normale vorst, die zich geleidelijk en gelijktijdig met een uitdroging van de lucht ontwikkelt, komt het overblijvende vrije water onder druk te staan – waardoor het vriespunt verder verlaagt – en migreert naar het oppervlak of naar beschikbare inwendige tussenruimten. De inwendige spanningen blijven klein, terwijl de mortel van voldoende kwaliteit is om er aan te weerstaan. Dit beton zal dus zeer goed bestand zijn tegen vorst.

Als het beton te jong is of van zeer slechte kwaliteit (te grote capillairen), dan bevriest het water reeds bij 0°C. De grote hoeveelheid nog aanwezig water vindt onvoldoende uitzettingsruimte, en de zich opbouwende druk veroorzaakt inwendige spanningen waartegen de zwakke mortel niet bestand is.

In het geval van een met water verzadigd beton en/of van beton dat brutaal aan vorst wordt blootgesteld, beschikt het water evenmin over de nodige expansieruimte – of het heeft de tijd niet om er te geraken. Dit kan voor gevolg hebben dat het oppervlak-beton uiteen springt. Vorstgevoelige granulaten nabij het oppervlak absorberen het water en barsten onder invloed van de vorst. Hierdoor wordt de omhullende mortel vernietigd en aan het betonoppervlak ontstaan uiteindelijk kraterjes.

3. DE INWERKING VAN DOOIZOUTEN

Dooizouten en vorst vormen samen een zeer sterke belasting voor blootgestelde oppervlakken. Deze inwerking doet zich voor in twee fasen :

• Bij het smelten van het ijs door de zouten

wordt de voor deze endothermische reactie nodige warmte onttrokken aan de oppervlaktelaag, die hierdoor plots afkoelt. Dit leidt tot :

- een versterking van de invloed van de vorst op het vrije water in de capillairen,
- een thermische schok die belangrijke schuif- en trekspanningen opwekt in de oppervlaktelaag; de krimp van deze laag wordt inderdaad tegengewerkt door de minder koude onderliggende laag.

• **Nadat het ijs gesmolten is**, verspreidt de zoutoplossing zich in de oppervlaktelaag. Vermits vorst zich, afhankelijk van de diameter van de capillairen, bij verschillende temperaturen voordoet, verandert de zoutconcentratie in het niet bevroren water sterk. Aldus ontstaan belangrijke osmotische drukken die hun invloed voegen bij deze van het zich uitzettende ijs en van het onder druk migrerende water in de capillairen.



Inwerking van dooizouten op betonnen voertuigkering van het type 'New Jersey' - Proefkernen worden genomen voor analyse

II. PREVENTIEMAATREGELEN

1. AANMAKEN VAN BETON MET ZEER HOGE STERKTE

Voor belangrijke wegen wordt over het algemeen beton met zeer hoge sterkte voorgeschreven. Dit vereist mortel van zeer goede kwaliteit, met een lage poreusheid en een grote treksterkte. Deze kwaliteit wordt bekomen door :

- een **zeer lage water/cement-factor (W/C)**. Voor beton met hoge sterkte betekent dit : $\leq 0,45$. De druksterkte van beton is inderdaad omgekeerd evenredig met de verhouding W/C (fig. 1).
- een redelijk lage zand/cement- factor (**Z/C**), met Z gelijk aan de massa van de fractie 0,08/2 mm van het inerte skelet. Voor wegebeton is Z/C begrepen tussen 1,0 en 1,5. Voor lineaire wegelementen ligt Z/C tussen 1,2 en 1,8.

- het gebruik van goed zand dat voldoet aan de technische voorschriften van het normatief document PTV nr. 401. Rivierzand van het type "Rijnzand" met granulometrie 0,08/2 mm tot 0,08/5 mm blijkt erg geschikt te zijn. Ideaal is de fractie 0,08/2 mm onderverdeeld in de volgende verhoudingen :

- fractie 0,5/2 mm : 20 à 40 %
- fractie 0,25/0,5 mm : 40 à 65 %
- fractie 0,08/0,25 mm : 10 à 30 %.

Er is een significante correlatie aangetoond tussen de ISO-fijnheidsmodulus van de eigenlijke zandfractie (0,08/2 mm) en de bestandheid tegen dooizouten van voertuigkeringen van het type New Jersey; bij gebruik van fijner zand, vermindert de duurzaamheid van het beton snel (fig. 2).

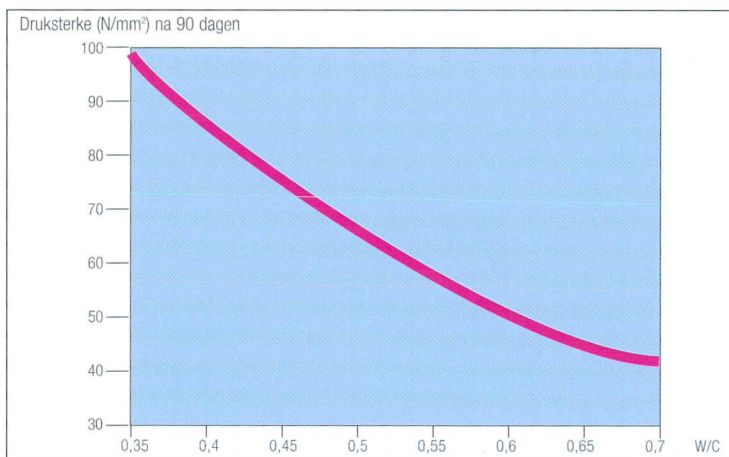


Fig. 1 - Invloed van de W/C-factor op de druksterkte (bepaald na 90 dagen op kernen van 100 cm² doorsnede) voor verschillende soorten beton (cementklasse 42,5)

Voor wegebeton 0/32 mm moet het zandgehalte (0,08/2 mm) begrepen zijn tussen 23 en 28 % van de massa van het inerte skelet. Voor beton 0/20 mm mag het zandgehalte oplopen tot maximum 32 % van het inerte skelet. Het opvoeren van het zandgehalte en van de hoeveelheid fijne elementen verhoogt de waterbehoefte inderdaad systematisch met alle schadelijke gevolgen van dien.

- een **minimaal cementgehalte van 375 kg/m³**. Voor wegebeton wordt cement van klasse 42,5 gebruikt en type CEM I LA of CEM III/A LA.
- een continue **korrelverdeling**, een aangepaste **verdichting** en **consistentie**.

De instabiliteit van bepaalde samenstellingen kan leiden tot een belangrijke opstijging van mortel naar de door dooizouten belaagde oppervlaktelaag. Om segregatie te vermijden is de aanvoer van verschillende steenfracties nodig, zoals 2/7 mm, 7/20 mm en eventueel 20/32 mm. Bovendien moeten de stenen – zoals door de technische voorschriften van het normatief document PTV nr. 400 wordt bepaald – vorstbestand en zuiver zijn, en slechts weinig deeltjes kleiner dan 0,08 mm bevatten (max. 1 % voor groottes boven 7 mm, en max. 2 % voor groottes onder 7 mm).

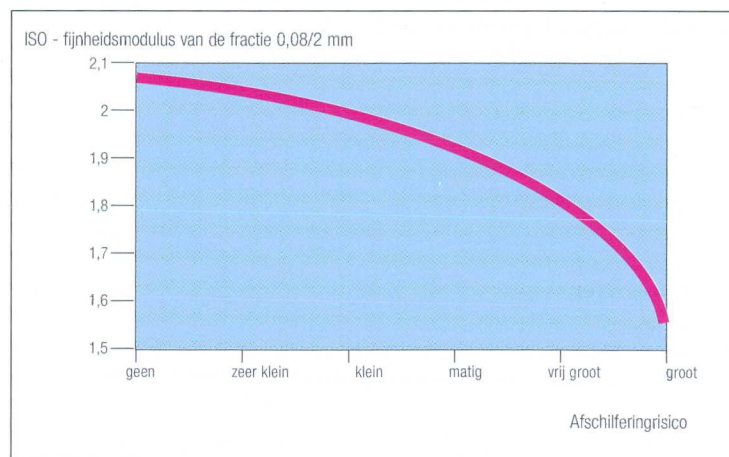


Fig. 2 - Afschilferingsrisico als functie van de fijnheidsmodulus (voorbeeld van New Jersey voertuigkeringen)

- eventuele toevoeging van een **hulpstof WBP** (*waterbeperkend plastificeermiddel*) of **SWBV** (*sterk waterbeperkend vloeimiddel*).

Het doel van deze hulpstoffen is, ofwel de verwerkbaarheid van het beton te verbeteren zonder watertoevoeging (A), ofwel de hoeveelheid aanmaakwater te verminderen bij gelijke verwerkbaarheid (B), ofwel een combinatie van beide (C) (fig. 3).

Er weze aan herinnerd dat een hulpstof bedoeld is om bepaalde eigenschappen van een goed samengesteld beton te verbeteren. Ze dient niet om goed beton te maken van ongeschikte of slecht gekozen materialen. Het gebruik van een hulpstof vraagt om een compatibiliteitsproef met het gebruikte cement. Een aangepaste dosering dient vastgelegd te worden.

SWBV's zijn dikwijls maar gedurende een eerder beperkte tijd effectief werkzaam en worden daarom vandaag weinig gebruikt in de wegenbouwsector. Ze komen enkel in aanmerking voor locale herstellingen waar weinig verdichtingsmiddelen voorhanden zijn, of voor beton met hoge aanvangssterkte dat het verkeer al na minder dan 24 tot 48 uur moet kunnen dragen. Bij gelijke verwerkbaarheid bieden SWBV-hulpstoffen de mogelijkheid het watergehalte aanzienlijk te verminderen (met tenminste 30 l/m³). De invloed is zeer gunstig voor de W/C-factor; de sterkte en de duurzaamheid van het beton worden er in grote mate door verbeterd. Meestal worden ze onmiddellijk vóór het storten van het beton ingebracht. Afhankelijk van het gebruikte produkt bedraagt de hoeveelheid 1 à 4 % van de cementmassa.

Met WBP-hulpstoffen kan het watergehalte eveneens – zij het minder spectaculair – gereduceerd worden (5 tot 10 l/m³). Ze worden meestal rechtstreeks bij het aanmaakwater gevoegd, in hoeveelheden begrepen tussen 0,2 en 0,5 % van de cementmassa.

2. TOEPASSING VAN LUCHTBELVORMERS IN BETON

In België worden luchtbelvormers – tensioactieve stoffen die zeer veel microscopisch kleine luchtbelletjes in het beton verspreiden – relatief weinig toegepast in wegebeton. De gangbare filosofie geeft nog steeds de voorkeur aan het verwezenlijken van beton met een zeer hoge sterkte en een hoge cementdosering (zie II.1).

Daartegenover staat dat de toepassing van luchtbelvormers gebruikelijk is voor de aanleg van talrijke types van lineaire wegelementen. Het gebruik ervan zou zich in de toekomst evenwel kunnen uitbreiden tot betonverhardingen waarvoor fijnere granulaten vereist zijn (beperking van het rolgeluid), of waarop vaak dooizouten zullen gestrooid worden.

De ingebrachte luchtbelletjes hebben ondermeer tot gevolg dat :

- de verwerkbaarheid van het verse beton verbetert, terwijl de hoeveelheid aanmaakwater vermindert,
- de bestandheid van het beton tegen vorst en dooizouten verbetert,
- de druksterkte van het beton enigszins vermindert.

Het gehalte aan ingevoerde lucht verandert naargelang de maximum korreldiameter van het beton. Hoe groter de korrelgrootte van de granulaten, hoe lager het noodzakelijke percentage ingebrachte lucht. Voor beton 0/32 mm legt de norm NBN B15-001 een minimum luchtgehalte van 4 % op.

Als een luchtbelvormer toegepast wordt, is het in de praktijk onontbeerlijk om de reële hoeveelheid ingebrachte lucht te controleren in het verse beton. Om de dosering te bepalen die nodig is voor een luchtgehalte van minimum 4 %, en een idee te hebben van de werkelijke hoeveelheid luchtbelletjes in het beton, moet een geschiktheids- en compatibiliteitsproef met de andere aangewende materialen uitgevoerd worden. Net als voor de andere hulpstoffen mag men niet vergeten dat luchtbelvormers niet dienen om goed beton te vervaardigen met ongeschikte of slecht gekozen materialen.

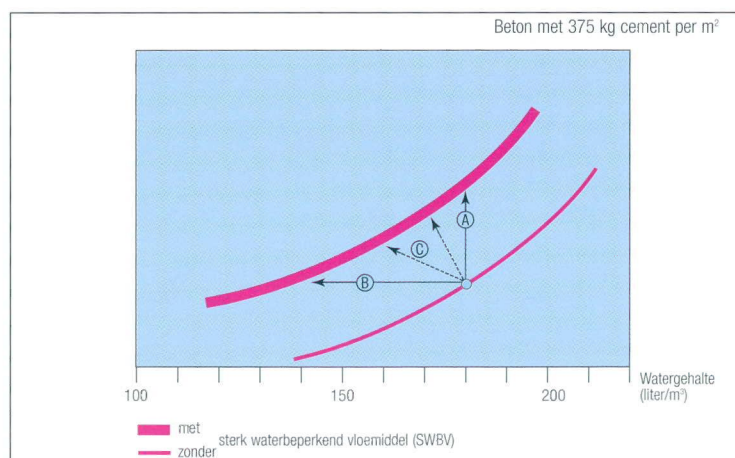


Fig. 3 - Verband tussen verwerkbaarheid van beton en zijn watergehalte : invloed van het gebruik van een sterk waterbeperkend vloeimiddel (SWBV)

3. VOORZORGSMaatregelen TIJDENS HET BETONNEREN IN DE WINTER.

• Betonneren in de winter.

Indien het risico bestaat van vorst tijdens of binnen de 24 uur na het betonneren, dan kunnen bepaalde voorzorgsmaatregelen in overweging worden genomen, zoals :

- vermindering van de hoeveelheid aanmaakwater door gebruik te maken van een waterreducerende hulpstof, of verlaging van de water/cement-factor (W/C) door een hogere cementdosering toe te passen;
- aanwending van een betonsamenstelling die leidt tot versnelde verharding. Dit kan door :
 - een cementdosering van 375 tot 425 kg/m³
 - cement te kiezen met een snelle ontwikkeling van de hydratatiewarmte – klasse 42,5R of eventueel 52,5N;
 - het gebruik van een vertragende hulpstof te verbieden;
 - toevoeging van een bindingsversneller in het aanmaakwater (met een chloridegehalte van het beton beperkt tot max. 0,4 % van de cementmassa voor wegverhardingen van doorlopend gewapend beton);
 - verhoging van de temperatuur van het verse beton door verwarming van één of meerdere bestanddelen (bij voorkeur het water);
- handhaving van de temperatuur van het betonoppervlak op minimum 5°C door een bijkomende thermisch isolerende bescherming (platen van geëxpandeerd polystreen bijvoorbeeld), en dit gedurende tenminste 3 dagen.

Algemeen wordt het betonneren verboden wanneer de luchttemperatuur onder thermometerhut (gemeten om 8 h 's morgens op 1,50 m van de grond) lager of gelijk is aan +1°C en het nachtminimum onder -3°C is gedaald. Het betonoppervlak moet daadwerkelijk tegen vorst beschermd worden, opdat de temperatuur ter hoogte van het oppervlak tot 72 uur na de verwerking van het beton niet onder +1°C zou dalen.

• Het strooien van dooizouten

Elk gebruik van dooizouten moet verboden worden op beton dat nog geen 6 weken oud is. In ieder geval, de sterkte van het beton moet vergelijkbaar zijn met de sterkte-op-28-dagen van beton bewaard bij 20°C.

4. BASISREGELS VOOR EEN GOEDE VERVAARDIGING EN VERWERKING VAN BETON

Het gebruik van de juiste materialen en een passende samenstelling volstaan in de wegebouw niet om kwalitatief goed beton te bekomen. Bereiding, transport en verwerking zijn evenzeer belangrijke aspecten.

- De bereiding van beton in een betoncentrale omvat drie essentiële bewerkingen :
 - opslag van de materialen : hier bestaat het gevaar voor ontmenging en verontreiniging;
 - dosering van de bestanddelen : de moeilijkheid ligt in het in de hand houden van het watergehalte van granulaten en zand – en dus van de water/cement-factor;
 - het eigenlijke mengen dat voldoende tijd in beslag moet nemen om een homogeen mengsel te bekomen.

Het is dus van belang dat aan deze bewerkingen bijzondere aandacht wordt besteed. Om de werf continu te kunnen bevoorraden moet de betoncentrale tevens een voldoende grote capaciteit hebben. Het verdient aanbeveling om een beroep te doen op een centrale die beantwoordt aan de BENOR-conformiteitseisen.

- Voor het transport van het beton moeten de nodige maatregelen worden genomen om te beletten dat ontmenging optreedt, de specie verontreinigd raakt, of cementmelk verloren gaat. Beton voor de wegebouw wordt bij voorkeur in kipwagens vervoerd.

- De verwerking van het beton dient te gebeuren met materieel dat aangepast is aan de schaal van de werf. Storten, verdichten en trillen moeten zodanig zijn dat het beton een lage porositeit heeft : de wateropsorping volgens de onderdompelingsproef moet bij voorkeur kleiner zijn dan 6 %. Het is verboden om vlak voor de betonneermachine water toe te voegen met de bedoeling het verse beton beter verwerkbaar te maken.

Zeer aangeraden is het gebruik van een afstrijkbalk die evenwijdig met de as van de weg opgesteld en dwars op die as heen en weer bewogen wordt ('supersmoother').

Het met de hand aanbrengen van bepleisteringen om oneffenheden bij te werken is niet toegelaten. En tenslotte mag het betonoppervlak ook in geen geval natgespoten worden, of onder bevochtiging geborsteld worden.



Supersmoother in actie

5. BESCHERMING VAN BETON TEGEN VERDAMPING

De kwaliteit van wegenbeton – en in het bijzonder de duurzaamheid van het betonoppervlak – is sterk afhankelijk van de bescherming van het verse beton tegen verdamping.

Elk waterverlies van vers beton is schadelijk, zowel voor de sterkte als voor de krimp (risico op scheurvorming) en de duurzaamheid. Omwille van het grote vrije oppervlak is wegenbeton erg blootgesteld aan uitdroging; afhankelijk van de relatieve luchtvochtigheid, de windsnelheid, de temperatuur van beton en lucht, kan meer dan één liter water per uur en per m² verdampen uit niet beschermd beton. Elke voortijdige uitdroging van beton leidt tot :

- onvolledige hydratatie van cement aan het oppervlak, hetgeen tot poedervorming leidt,
- vermeerdering van het aantal capillairen, en vorming van een netwerk van microscheurtjes aan het oppervlak; beide geven aanleiding tot poreusheid en vermindering van de trek- en afschuifsterkte. Deze microscheurtjes vormen voorkeurswegen voor de indringing van de zoutoplossingen.

Bescherming tegen verdamping kan, naargelang het type van beton, op verschillende manieren worden verwezenlijkt. Beton voor wegverhardingen en voor lineaire wegelementen moet beschermd worden door het oppervlak onmiddellijk na de beton-neermachine met een nabehandelsproduct te besproeien. Een doeltreffendheid van tenminste 80 %, gedefinieerd volgens de norm NBN B15-219, is hierbij vereist. De aangebrachte hoeveelheid is zodanig dat het te beschermen oppervlak volledig en uniform bedekt wordt. Dit komt over het algemeen neer op een verbruik van minimum 200 g per ml. Nabehandelsproducten zijn wit of metaalkleurig om zonnestralen te weerkaatsen en om de opwarming van het beton te beperken.

Verhardingen kunnen ook beschermd worden door middel van een plastic folie. Dit kan evenwel sporen op het oppervlak nalaten. Voor chemisch uitgewassen beton wordt steeds een plastic folie toegepast. **Beton moet in ieder geval steeds gedurende meer dan 72 uur beschermd worden;** maar omdat de folie na ongeveer 24 uur wordt verwijderd om te kunnen borstelen, is het noodzakelijk de bescherming na deze bewerking te hernieuwen door het aanbrengen van een nabehandelsproduct. Wanneer het produkt door regen is weggespoeld, moet de behandeling hernomen worden.

HOE KAN DE BESTANDHEID VAN VERHARD BETON TEGEN VORST EN DOOIZOUTEN BEOORDEELD WORDEN ?

Voor het bepalen van de bestandheid van verhard beton tegen vorst bestaan verschillende proeven. Sommige zijn genormaliseerd, de meest gebruikelijke zijn hierna opgenomen. Omdat zowel de ouderdom van het beton, als de temperatuur bij verharding grote invloed hebben op de kwaliteit ervan, zullen proefverslagen altijd de ouderdom van het beton op het ogenblik van de proeven vermelden. Aanbevolen wordt om de testen pas uit te voeren wanneer het beton minstens 28 dagen oud is.

1. WATERABSORPTIE DOOR ONDERDOMPELING

Opdat beton van een goede bestandheid tegen dooizouten zou getuigen moet normaal de waterabsorptie, gemeten volgens de beproevingsmethode van de norm NBN B15-215, lager zijn dan 6 %. Boven 6,5 % wordt het risico van afschilfering groter. Voor wegenbeton wordt deze proef meestal uitgevoerd op de bovenste verhardingslaag, m.a.w. waar de inwerking van de dooizouten zich het meest laat gevoelen. De proef wordt verricht op cilindervormige proefstukken met een doorsnede van 100 cm² en bij voorkeur uit de wegverharding geboord.

2. VORSTGEVOELIGHEIDSPROEF VOLGENS DE NORMEN NBN B15-231 EN NBN B05-203

De door onderdompeling met water verzadigde proefstukken ondergaan 14 directe vorst-dooicyclussen van 24 uur. Elke cyclus bestaat uit een vriesperiode van 10-11 uur bij -15°C, en een dooiperiode waarbij het proefstuk gedurende 6-7 uur in water van ca. 9°C ondergedompeld blijft.

Als aan het einde van deze proef de mechanische eigenschappen ongewijzigd zijn, dan voldoet het beton aan het bestandheidscriterium tegen vorst. Dit wordt gecontroleerd door :

- visueel onderzoek van het uitzicht van de proefstukken gedurende en na de 14 cyclussen,
- niet destructief onderzoek van de proefstukken (geluidssnelheid en/of resonantiefrequentie) gedurende en na de blootstelling aan de vorst-dooicyclussen,
- vergelijking van de splt- en/of buigtreksterkte van de proefstukken na 14 cyclussen, met die van getuigeproefstukken van hetzelfde beton, gemeten vóór de cyclussen.

Er dient te worden opgemerkt dat deze vorstgevoeligheidsproef praktisch niet gebruikt wordt voor wegenbeton : er bestaat immers geen correlatie tussen de proefresultaten en het werkelijke gedrag van het beton dat in situ aan vorst wordt blootgesteld.

3. BEPALING VAN DE BESTANDHEID VAN BETON TEGEN AFSCHILFEREN, VOLGENS DE INTERNATIONALE ONTWERP- NORM ISO/DIS - 4846-2.

De bestandheid tegen afschilfering wordt in deze proef bepaald door betonnen proefstukken waarvan het oppervlak bedekt is met een 3 % oplossing van calciumchloride, aan 30 vorst-dooicyclussen te onderwerpen. Elke cyclus omvat een vriesperiode van ongeveer 12 uur bij -18°C. Het dooien geschiedt bij luchttemperatuur (in het labo) en duurt 6 tot 8 uur. Om de 5 cyclussen wordt het massaverlies per oppervlakte-eenheid van het beproefde oppervlak gemeten. Wegenbeton van goede kwaliteit zal na 30 cyclussen een massaverlies van minder dan 2,5 g/dm² laten optekenen. Beton waarvan het massaverlies na 30 cyclussen kleiner is dan 10 g/dm² wordt evenwel nog als aanvaardbaar bestempeld.

III. BEHANDELING VAN AL TE POREUS VERHARD BETON

Wanneer beton na de aanleg een te grote poreusheid vertoont (waterabsorptie groter dan 6,5 %, of zelfs 7 %) dan kan het oppervlak door middel van impregnatie beschermd worden.

Het doel en de functie van een dergelijke impregnatie bestaat in het hydrofoob maken van het betonoppervlak. Dit remt de indringing van regenwater en dooizouten af en voorkomt schade ten gevolge van vorst-dooicyclusen.

Impregneerprodukten bevatten meestal twee stoffen : de actieve stof waarvan het gehalte schommelt tussen 5 en 10 %, en het oplosmiddel dat zorgt voor de overdracht van de actieve stof in het materiaal. Dit oplosmiddel, dat naderhand verdampt, moet een grote indringingsdiepte van de actieve stof mogelijk maken. Om doeltreffend te zijn moet het impregneermiddel beantwoorden aan verschillende criteria waarvan de voornaamste zijn :

- bestandheid tegen alkaliën (er dient rekening gehouden te worden met het basisch karakter van het beton);
- bestandheid tegen ultraviolet licht; wegenbeton wordt op grote schaal blootgesteld aan zonnestralen en aan weer en wind;
- goede indringingsdiepte;
- geen kleverig oppervlak na droging;
- goede doorlatendheid voor waterdamp.

Alvorens dergelijke produkten aan te wenden moeten voorzichtigheidshalve proefsecties worden behandeld. De doeltreffendheid van het produkt wordt alsdan in het laboratorium gecontroleerd door middel van vorst-dooiproeven. Bovendien leveren bepaalde produkten geen definitief resultaat op. De behandeling moet in dat geval periodiek herhaald worden.

Betonverhardingen van vliegvelden worden bijzonder zwaar op de proef gesteld :

- extreem zware lasten,
- dynamische belasting,
- inwerking van dooi produkten tijdens de winter,
- gebeurlijk ook brandstoflekken

Betonverhardingen kunnen aan de gestelde kwaliteitscriteria voldoen door :

- een geschikte draagstructuur : een 35 cm dikke laag beton op een fundering van 20 cm mager beton en een onderfundering;
 - de keuze van een passende betonsamenstelling: voldoende hoge sterkte en compactheid, en met min. 375 kg cement per m³
 - het gebruik van een luchtbelvormer in het beton;
 - een bijkomende bescherming van het betonoppervlak met een impregneermiddel.
- (Foto: luchthaven van Zaventem)*



BIBLIOGRAFIE

PETIT J.

Betontechnologie in de wegenbouw

Brussel : Verbond der Cementnijverheid, 1988

35 p.

KOSMATKA S. H.; PANARE SE W.C.

Design and Control of Concrete Mixtures

PCA (Portland Cement Association) Publication, EB001.13T

13th edition, 205 p.

CARLES-GIBERGUES A.; PIGEON M.

La durabilité des bétons en ambiance hivernale rigoureuse

in :

BARON, J.; OLLIVIER J.P.

La durabilité des bétons

Paris : Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1992,

p. 227-284



dit bulletin is een publicatie van :

FEBELCEM - Federatie van

Belgische Cementnijverheid

Voltastraat 8 - 1050 Brussel

tel. 02 645 52 11

fax 02 640 06 70

<http://www.febelcem.be>

e-mail: info@febelcem.be

auteur :

Ir A. Jasienski

verantwoordelijk uitgever :

J.P. Jacobs

wettelijk depot :

D/2003/0280/06

(herdruk, november 2003)

BETONVERHARDINGEN BESTAND TEGEN VORST- EN DOOIZOUTEN

VOORZORGSMAATREGELEN

1. Bereiding van beton met zeer hoge weerstand

- $W/C \leq 0,45$
- $Z/C \leq 1,5$
- zand van goede kwaliteit en in beperkte hoeveelheid
- minimum 375 kg/m³ cement, klasse 42,5
- continue korrelverdeling
- eventueel hulpstoffen toevoegen : WBP of SWBV

2. Eventueel gebruik van luchtbelvormers in het beton

- beton 0/32 mm: minimum luchtgehalte van 4 %

3. Voorzorgsmaatregelen bij betonneren in de winter

- betonneren moet worden verboden als $t^{\circ} \leq + 1^{\circ}C$
- niet toelaten dat dooizouten worden gestrooid op beton dat minder dan 6 weken oud is

4. Basisregels voor de goede vervaardiging en verwerking

- bereiding, vervoer en aanleg verzorgen

5. Bescherming van beton tegen verdamping

- minimum 200 g/m² doeltreffend nabehandelsproduct dadelijk na de verwerking van het beton

BEHANDELING VAN TE POREUS VERHARD BETON

- wanneer de waterabsorptie > 6,5 %, behandeling van het betonoppervlak met een goed impregneerproduct