

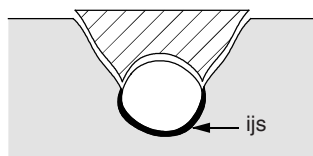
2.3 UITBROKKELING VAN HET BETONOPPERVLAK

Voor dit verschijnsel bestaan verscheidene verklaringen.

In zijn boek *“La pratique des ciments et des bétons”* [16] schrijft Michel Vénuat de uitbrokkeling (zie afbeelding 2, p. 22) toe aan de aanwezigheid op geringe diepte van een grove korrel. Volgens de auteur ondergaan dergelijke granulen thermische maatschommelingen, waardoor heel fijne scheurtjes in het beton ontstaan. Bij regen gevolgd door vorst kan een hoeveelheid water in die scheurtjes dringen en daar bevroren.

Afbeelding 6 toont hoe uitbrokkeling van het betonoppervlak ontstaat.

Afb. 6
Kratervorming
aan het
betonoppervlak.



Een min of meer gelijkaardige verklaring wordt gevonden in het feit dat ter plaatse van grove granulen dicht bij het oppervlak de uitdroging van de mortel boven op die granulen sneller verloopt, waardoor microscheurvorming ontstaat, met dezelfde gevolgen als uitgelegd door M. Vénuat.

In het *“Bulletin suisse du ciment”* van februari 1997 [1] vindt men hieromtrent de volgende toelichting :

De granulen zijn omgehuld met een scheidingslaagje van ongeveer 25 µm (0,025 mm) dikte, met een porositeit die veel hoger is dan de rest van de verharde cementbrij en met een verschillende samenstelling. Die poreuze contactzone vormt een communicerend vat, waarvan het volume samen met de grootte van de betrokken granulen toeneemt. De hydraulische druk, die ontstaat wanneer het water snel bevroert, is recht evenredig met het kwadraat van de korreldiameter. Deze druk is bijgevolg des te groter naarmate de granulen groter zijn.

Tenslotte kan het verschijnsel ook te wijten zijn aan het gebruik van vorstgevoelige granulen (leisteel bijvoorbeeld).

2.4 INVLOED VAN DOOIZOUTEN

Dooizouten, die vaak op openbare en zelfs particuliere wegen en pleinen worden gestrooid,

of die door de voertuigen van elders worden meegevoerd, hebben een fysische en chemische werking op het beton.

2.4.1 FYSISCH WERKING

Volgens de publicaties van FEBELCEM [5, 6, 9, 10] verloopt die fysische werking in twee fasen :

- wanneer het ijs onder invloed van de dooizouten smelt, wordt de voor die endotherme reactie vereiste warmte aan de oppervlaktelaag van het beton onttrokken, waardoor een plotse afkoeling ontstaat en de invloed van de vorst nog wordt versterkt; het temperatuurverschil tussen het betonoppervlak en de betonmassa veroorzaakt schuifspanningen die tot afschilfering kunnen leiden
- nadat het ijs gesmolten is, verspreidt de zoutoplossing zich in de oppervlaktelaag; hierdoor ontstaan osmotische drukken die hun invloed voegen bij deze van het uitzetende ijs en van het onder druk migrerende water in de capillairen.

Bovengenoemd *“Bulletin suisse du ciment”* geeft een iets afwijkende verklaring voor het mechanisme van de oppervlakteschade aan beton door dooizouten. Hieruit blijkt dat het water in het beton aanvankelijk enkel bevroert nabij het oppervlak en in de diepere lagen (afbeelding 7).

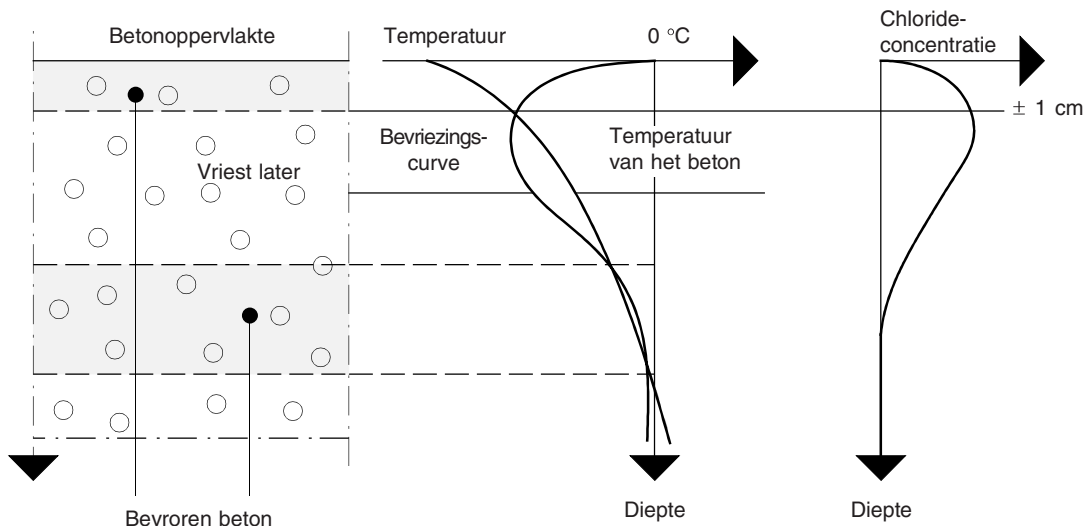
Dat zou te wijten zijn aan het feit dat bij opeenvolgende strooibeurten de hoogste zoutconcentratie op een diepte van ongeveer 1 cm onder het betonoppervlak ligt en dat het vriespunt van water daalt met de stijging van de zoutconcentratie.

Bij verdere afkoeling bevroert ook de tussenlaag en kan de resulterende ijsdruk niet worden verzwakt in de reeds bevroren aangrenzende lagen. Dat proces doet de oppervlaktelaag van het beton uiteenspringen en veroorzaakt daarin barsten.

2.4.2 CHEMISCHE WERKING

Wat de chemische werking van dooizouten betreft, moet men een onderscheid maken tussen calciumchloride (CaCl_2) en natriumchloride (NaCl). In zijn boek *“La durabilité du béton”* [14] zegt A. Steopoe hieromtrent het volgende :

Afb. 7
Bevriezingsproces
van het water in
het beton.



- ◆ de geconcentreerde calciumchloride-oplossingen werken in op het tricalciumalumi-naat van cement om calciumchlooralumi-naat te vormen. Dat laatste kristalliseert met de watermoleculen tot een expansief zout, dat tot een soort afschilfering van beton kan leiden
- ◆ in het geval van natriumchloride-oplossingen is het proces ingewikkelder omdat het natriumchloride eveneens door ionenuit-wisseling inwerkt : de calciumionen van ce-ment komen in oplossing in de vorm van calciumchloride, terwijl de natriumionen gebonden worden door silicium- en alumi-niumgels die worden gevormd ten gevolge van ontkalking. Wanneer de natriumionen-concentratie een bepaalde waarde bereikt, beginnen die gels geleidelijk in oplossing te geraken in de vorm van gehydrateerde na-triumsilicaten en natriumaluminaten.

Het schadeproces zou echter meer fysisch dan chemisch verlopen, omdat zouten slechts moeilij-k in de betonmassa dringen. Schade kan pas ontstaan, wanneer er voldoende zouten in de betonmassa aanwezig zijn.

Nu zijn de zouten die op wegen en autowegen worden gestrooid, van beide soorten of soms een mengsel van beide. In dat laatste geval zijn de mengsels samengesteld uit 30 tot 35 % CaCl_2 voor 65 à 70 % NaCl . De verklaring hiervoor volgt uit de duurdere prijs van cal-ciumchloride ten opzichte van natriumchloride.

Beide zouten verschillen voorts door het feit dat CaCl_2 een exotherme reactie veroorzaakt,

het ijs vlugger doet smelten en effectief blijft tot -50 °C . Voor natriumchloride is de reactie endothermisch, smelt het ijs langzamer en blijft het slechts effectief tot -20 °C , wat een hogere strooifrequentie vereist.

De fysische werking van calciumchloride blijkt minder intens, omdat de vrijgekomen warmte het resultaat is van een reactie met sneeuw of ijs, terwijl voor natriumchloride de warmte aan het beton wordt onttrokken, wat de tempera-tuurdaling in het beton nog verergert en het schaderisico verhoogt.

3 OPLOSSINGEN Aangezien bij een be-

tonmassa van goede kwaliteit het schadeproces doorgaans enkel het oppervlaktelaagje van het beton aantast en de evolutie in de diepte beperkt is, kan men redelijkerwijs beslissen geen herstelling uit te voeren. In dat geval zal het betonoppervlak ruw, soms zelfs zeer ruw zijn en kunnen na de winter nog kleine beton-deeltjes loskomen, echter in mindere mate dan bij het afschilferen van de oppervlaktelaag.

Is een ruw oppervlak hoe dan ook onaanvaard-baar en/of stabiliseert het schadeproces zich niet, dan kan men de volgende oplossingen overwegen :

- ◆ aanbrengen van een bitumineuze gietmortel
- ◆ vernieuwing van de deklaag
- ◆ aanbrengen van dunne deklagen van kool-waterstoffen
- ◆ impregnatie van de oppervlaktelaag.

□ Aanbrengen van een bitumineuze gietmortel

Dat mengsel (ook “slemdichting”, “*slurry-seal*” of “*coulis bitumineux*” genoemd) bestaat uit fijne toeslagstoffen, zand en een speciale bitumenemulsie. Het wordt ter plaatse aangeemaakt met een machine die voor het mengen en het aanbrengen dient. Deze techniek staat beschreven in de typebestekken 150, 200 en 300 voor de wegenbouw.

In België werden drie soorten ontwikkeld naar gelang van de korrelgrootte (zie tabel 1).

Tabel 1 Kenmerken van de in België gebruikte bitumineuze gietmortels.

KORREL-GROOTTE (mm)	MASSA (kg/m ²)	LAAGDIKTE (mm)	GEHALTE AAN RESTBINDMIDDEL (massa %)
0/3	6 à 8	3 à 4	8 à 9
0/5	8 à 12	4 à 6	6,5 à 7,5
0/8	12 à 16	6 à 9	5,5 à 6,5

Deze bitumineuze gietmortel kan in meerdere lagen worden aangebracht en vereist een hechtlaag bij toepassing op beton. Dergelijke werken moeten aan gespecialiseerde ondernemingen worden toevertrouwd die de samenstelling aan de plaatselijke omstandigheden kunnen aanpassen.

□ Vernieuwing van de deklaag

Dit gebeurt met een mengsel van harsen en vulstoffen (fijne toeslagstoffen, cement, ...) dat speciaal ontworpen is voor buitentoepassingen (regen en vorst). Er bestaan ook samenstellingen met gemodificeerde hydraulische bindmiddelen.

Dergelijke mengsels worden doorgaans gebruiksklaar geleverd. Omwille van hun vrij hoge kostprijs zijn ze meestal voorbehouden voor beperkte oppervlakken en/of deklagen met bijzondere karakteristieken.

□ Dunne deklagen van koolwaterstoffen

Indien de beschikbare hoogte voldoende is, kan men ook dunne deklagen van koolwaterstoffen aanbrengen. Voor dergelijke verhardingen ver-

wijzen wij naar de typebestekken voor de wegenbouw [11, 12, 13].

□ Impregnatie van de oppervlaktelaag

Een andere alternatieve oplossing is een impregnatie om het betonoppervlak waterafstotend te maken. Dit heeft tot doel de capillaire absorptie van het beton te beperken en bijgevolg de indringing van water en zouten te verminderen.

De impregneermiddelen moeten aan volgende criteria voldoen :

- ◆ bestand zijn tegen alkaliën en UV-straling
- ◆ goed in het beton dringen
- ◆ de waterdampdoorlatendheid van het beton niet ingrijpend wijzigen
- ◆ na droging geen kleverig oppervlak achterlaten.

Deze behandeling heeft echter een beperkte levensduur, omdat de verharding aan slijtage onderhevig is en het impregneermiddel slechts over een beperkte diepte in het beton dringt. Ze kan bovendien ter plaatse van stagnerend water minder doeltreffend zijn.

*
* *

Bovengenoemde remedies mogen vanzelfsprekend slechts worden toegepast na een aangepaste voorbereiding van de ondergrond, waarbij o.a. alle losgekomen of slecht hechtende betondeeltjes verwijderd moeten worden.

4 VOORZORGEN

Om oppervlakteschade aan ter plaatse gestorte verhardingen van beton te beperken of te voorkomen, wordt sterk aangeraden dezelfde maatregelen als in de wegenbouw te nemen, nl. :

- ◆ aanmaken van beton met de karakteristieken zoals bepaald in tabel 2
- ◆ geen betonstorten indien vriesweer te verwachten is, en geen dooizouten strooien op beton van minder dan 6 weken oud
- ◆ verzorgde fabricatie, transport en verwerking, volgens de geldende regels
- ◆ bescherming van het beton tegen verdamping : aanbrengen van minimum 200 g/m² doeltreffend nabehandlungsproduct onmiddellijk na het betonstorten.

KENMERKEN VAN BETON	TOEPASSING (*)			
	GEMEENTEWEGEN		LANDELIJKE WEGEN	
Sterkteklasse	C 35/40	C 30/37	C 30/37	C 25/30
Minimum cementgehalte	350		325	
Maximum W/C-factor	0,5			
Consistentieklasse	S1 of V3			
D _{max} (mm)	32			
Gehalte aan luchtbellens (volume-%)	0	3 à 6	0	2,5 à 5,5
Maximale waterabsorptie na 28 dagen (%)	W _i ≤ 6,5 – W _m ≤ 6,0 (**)			
Minimale volumieke massa (kg/m³)	2300		2230	
Minimale korrelcategorie volgens PTV 400	BII of CII		CII	
Minimale zandcategorie volgens PTV 401	BIIIa (PA of PB) SA			
(*) Geeft een idee van de toegelaten voertuigen.				
(**) W _i = individuele waarde; W _m = gemiddelde waarde.				

Tabel 2
Kenmerken van beton voor ter plaatse gestorte verhardingen.

Het is duidelijk dat beton voor verhardingen niet mag worden uitgevoerd op dezelfde wijze als bedrijfsvloeren.

Wanneer geen wegenbouwmachines ingezet kunnen worden wegens beperkte toegangs mogelijkheden of plaatsgebrek, kan men trachten beton met de volgende karakteristieken aan te brengen :

- ◆ sterkteklasse : $\geq C 30/37$
- ◆ cementgehalte : ± 350 kg cement per m³ beton
- ◆ W/C factor van ongeveer 0,5
- ◆ consistentieklasse : S3 of S4 (de toevoeging van een plastificeer- of superplastificeermiddel is meestal onontbeerlijk)
- ◆ toevoeging van een luchtbelvormer
- ◆ oppervlak niet schuren.

Om een teveel aan fijne deeltjes aan het oppervlak te voorkomen, moet men vermijden het beton glad te strijken en/of een slijtlaag in te werken. De toestand van het betonoppervlak zal bijgevolg korrelig zijn. Eventueel kan het uitzicht eenvormiger worden gemaakt met behulp van een nabehandelsproduct dat eveneens als bindingsvertrager dient. Door op het gepaste ogenblik het betonoppervlak schoon te maken, kan men de cementmelk verwijderen en een vrij gelijkmatige ruwheid bekomen.

De aanleg van verhardingen volgens de tech-

BESLUIT

niek die wordt aangewend voor monolithische betonnen bedrijfsvloeren houdt onvermijdelijk risico's in van oppervlakteschade.

Het gestorte beton is doorgaans niet conform met de specifieke aanbevelingen voor beton dat aan weersinvloeden blootstaat. Door de toegepaste uitvoeringstechniek, en meer bepaald door effenen, krijgt men aan het oppervlak van de verharding een vorstgevoelig laagje. Die vorstgevoeligheid wordt nog vergroot wanneer men zich in de onmogelijkheid bevindt het beton snel een gepaste nabehandeling te geven, wanneer stagnerend water veelvuldig voorkomt, wanneer de weersomstandigheden bij de uitvoering ongunstig zijn, wanneer grove granulaten boven het oppervlak uitsteken, ...

Het strooien van dooizouten of het meevoeren daarvan door voertuigen kunnen eveneens fysische en chemische invloeden uitoefenen die een oppervlakkige afschilfering van beton bevorderen.

Wanneer de betonmassa van goede kwaliteit is, mag men de verharding zonder verdere tussenkomst blijven gebruiken. Indien daarentegen het schadeproces zich in de diepte van het beton voortzet, moet men de deklaag vernieuwen na een gepaste voorbereiding van het beton.

Om problemen van oppervlakteschade aan ver-

hardingen van ter plaatse gestort beton te voorkomen, kan men zich inspireren op de oplossingen die voor de wegenbouw worden aanbevolen. Zijn die om een of andere reden onuitvoerbaar, dan moet men vermijden verhardingen aan te leggen waarvan de deklaag het naar

het oppervlak stijgen van fijne deeltjes bevordert en/of waarop een slijtlaag wordt uitgevoerd. Op de pas afgewerkte verharding wordt zo snel mogelijk een nabehandelsproduct aangebracht. ■

De auteur bedankt voor hun

medewerking de leden van de werkgroep "Bedrijfsvloeren", evenals de Heren G. Hoste en P. Montariol, bij het WTCB verantwoordelijk voor de technologische begeleiding Bedrijfsvloeren, gesubsidieerd door de Gewesten.