

Betoniek

Grondstoffen

Toeslagmateriaal

Verroest!

Soms ontstaan, geheel onverwacht, na verloop van tijd kleine roestplekjes in het betonoppervlak. Vooral op verticale vlakken levert dit lelijke vlekken op doordat het roestwater over het betonoppervlak uitloopt. Deze zijn vooral storend in schoon-betonoppervlakken. Dat het hier, jitsjtendom esthetische schade gaat en de duurzaamheid absoluut niet in het geding is, is een schrale troost. Bij schoon beton zijn dit soort vlekken eigenlijk niet acceptabel. In deze Betoniek kijken we naar de mogelijke oorzaken van deze roestuitbloeiingen. Kunnen we ze eigenlijk wel voorkomen en hoe kunnen we eenmaal ontstane vlekken het beste verwijderen?

Iedere betontechnoloog is wel eens geconfronteerd met schade door roestuitbloeiingen in betonoppervlakken. Meestal ontstaan ze vanuit een kleine kern ter grootte van enkele millimeters. Op horizontale vlakken blijft de verkleuring doorgaans beperkt tot maximaal enkele centimeters. Op verticale vlakken kunnen behoorlijk grote, uitwaaiende verkleuringen ontstaan, doordat het roestwater over het betonoppervlak uitloopt. Ter plaatse van de 'kern' zien we soms kleine pop-outs: kleine schilfertjes die van het oppervlak worden weggedrukt.

De diepte tot waarop we de aantasting aantreffen, is gering: meestal enkele millimeters. Na het storten van het beton kan het enkele weken tot maanden duren voordat de eerste roestuitbloeiingen zichtbaar worden.

Het schadefenomeen is niet nieuw, maar lijkt zich nu en dan plotseling in grotere omvang te manifesteren. Een enkele keer is het slordig omgaan met

kniprestjes van het vlechtijzer de boosdoener.

In veel gevallen zit de oorzaak echter in het toeslagmateriaal. De boosdoener is meestal een verontreiniging met ijzerverbindingen.

Bij de keuring van het toeslagmateriaal volgens de normen voldoet het materiaal echter aan alle gestelde eisen. Kennelijk hebben we hier te maken met een vorm van verontreiniging die weliswaar schade oplevert, maar die met de keuring volgens de bestaande normen niet wordt aangetoond.

Ook is de verontreiniging niet gemakkelijk toe te schrijven aan een bepaalde herkomst of winplaats van het toeslagmateriaal. Er zijn schadegevallen bekend van beton gemaakt met riviermateriaal, met toeslagmateriaal uit zee en met toeslagmateriaal uit landwinningen.

In deze Betoniek proberen we achter de oorzaak van de schade te komen. Welke verontreinigingen spelen hierbij precies een rol en hoe verloopt

mei 2000

het schademechanisme? Kunnen we de schade voorkomen of verminderen? Zijn er wellicht keuringsmethoden waarmee de betreffende verontreinigingen kunnen worden aangetoond? Ten slotte kijken we naar de mogelijkheden om eenmaal opgetreden schade zo blijvend mogelijk te herstellen.

Onderzoek

De afgelopen jaren hebben enkele laboratoria onderzoek uitgevoerd aan schadegevallen. Dat heeft veel nieuwe kennis opgeleverd. Interessant is dat de verschillende laboratoria soms ook geheel verschillende analysetechnieken hebben toegepast. Door niet één, maar verschillende technieken te gebruiken, kan een beter beeld van de oorzaak van de schade gevormd worden. We zetten de technieken hieronder nog eens op een rijtje.

Optische technieken, bijvoorbeeld (stereo)microscopie, liggen het meest voor de hand. Zo wordt bij petrografisch onderzoek aan geprepareerde slijpplaatjes veel gebruikgemaakt van polarisatiemicroscopie of in mindere mate van fluorescentie-microscopie (zie *Bet 0 n i e k 7/23* en *11/3*). Een forse (vergrotings)stap verder gaat de electronenmicroscopie. Hiermee kunnen zeer hoge vergrotingen worden bereikt. De gebruikte electronenmicroscopen waren ook uitgerust met een micro-analyse systeem. Met deze microscopietechniek kan zeer lokaal (op micron-schaal) de morfologie en chemische samenstelling van de schadekern en de reactieproducten (de bruine uitbloeiingen) onderzocht worden. Een geheel andere techniek is röntgendiffractie, waarmee bij voldoende materiaal de mineralogische samenstelling van de kernen kan worden vastgesteld.

Daarnaast is in enkele gevallen aanvullend chemisch onderzoek uitgevoerd met andere technieken (zoals röntgenfluorescentie en nat-chemische analyse) om bijvoorbeeld de gehalten aan ijzerverbindingen in het toeslagmateriaal vast te stellen.

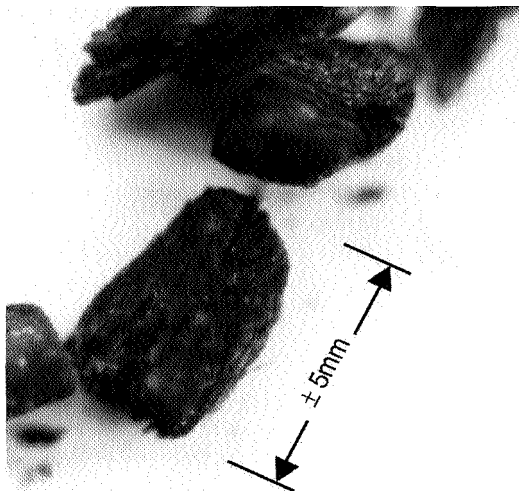
In alle gevallen werden voor het onderzoek monsters genomen uit de kern van de schadeplaats. Het onderzoek richtte zich naast het achterhalen

van de verontreiniging met name op het achterhalen van het schademechanisme. Daarbij is gekeken naar de kern van de roestuitbloeiingen om er achter te komen wat de oorzaak is en met welke verontreiniging we te maken hebben. Ook is onderzocht uit welke reactieproducten de bruine verkleuring bestaat.

Aangetroffen verontreinigingen

In alle gevallen zijn in de kern ijzerverbindingen aangetroffen. Meestal ging het om ijzersulfiden, bijvoorbeeld pyriet (FeS_2). De vlek rondom de kern bestaat uit de oxidatieproducten van ijzerverbindingen, roest in gewoon Nederlands. De mineralogische verzamelnaam hiervoor is limoniet en het is een mengsel van ijzeroxiden en -hydroxiden met wisselende hoeveelheden kristalwater (zie kader op blz. 3).

In enkele gevallen werd in de kernen alleen limoniet aangetroffen. Dit kan worden verklaard door volledige oxidatie van het oorspronkelijk aanwezige ijzersulfide. Echter, er zijn aanwijzingen dat roestvlekken ook kunnen ontstaan wanneer het toeslagmateriaal alleen limoniet en geen ijzersulfide bevat. Dit is onderwerp van nog lopend onderzoek. In deze *Bet 0 n i e k* concentreren wij ons op de ijzersulfiden als schadebronnen.



Toeslagmateriaal verontreinigd met ijzerverbindingen.

Verontreinigingen in toeslagmateriaal die vlekken kunnen veroorzaken

Uit onderzoek blijkt dat de volgende bestanddelen verdacht zijn:

- ijzerlakken - of ertsen. Het zijn restproducten van de staalindustrie en werden in het verleden in zee gestort. Ze kunnen, net als ijzerschroot (spijkers e.d.), via magneetscheiding grotendeels worden verwijderd;
- kool, hout (gefossiliseerd). Kool en hout zijn relatief lichte bestanddelen en kunnen bij de winning met behulp van een zogeheten onthoutingsinstallatie grotendeels worden verwijderd. Hout kan echter in meer of mindere mate verstand zijn, waardoor de dichtheid toeneemt. In dat geval wordt het niet meer door de onthoutingsinstallatie verwijderd;
- glauconiet. Dit is een ijzerhoudend (Fe^{2+}), groenklein mineraal. Bij oxidatie van het ijzer kan een groene verkleuring optreden.
- fragmenten van zeer uiteenlopende gesteentes met ingesloten limoniet en ijzersulfiden (bijvoorbeeld pyriet);
- 'zware mineraal'-zanden: fijnere korrelgroepen bestaande uit mineralen met een soortelijke massa die aanzienlijk hoger is dan die van zand en grind. Deze zware mineralen bestaan onder meer uit ijzersulfiden, ijzeroxiden of okerzandsteen (door limoniet aangekitte zandkorrels).

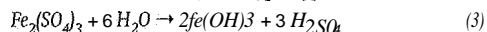
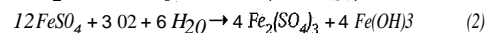
Bij de onderzochte gevallen kon het merendeel van de schade worden toegewezen aan gesteentefragmenten met ingesloten ijzersulfide en/of limoniet en aan 'zware' mineraalzanden met ijzerverbindingen in geconcentreerde vorm. In mindere mate werd ook limoniet- en/of ijzersulfide bevattend ossiel hout aangetroffen.

Het is opvallend dat de ijzersulfiden vaak als kleine insluiting in de toeslagkorrels worden aangetroffen. Ook gefossiliseerd hout kan kleine ijzersulfide-deeltjes bevatten. Dit maakt het 'verontreinigde' toeslagmateriaal moeilijk 'herkenbaar' (zie ook kader hierboven).

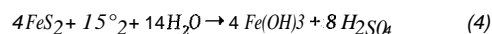
Ijzersulfiden kunnen in verschillende vormen in 'het toeslagmateriaal' voorkomen: als de kristallijne mineralen pyriet, markasiet of pyrrhotien en als

Oxidatie-reacties van ijzersulfiden

In aanwezigheid van zuurstof en water kunnen ijzersulfiden oxideren. De oxidatie verloopt in een aantal deelstappen, die hieronder voor FeS_2 (pyriet, markasiet) zijn uitgewerkt:



De totale reactie is als volgt:



Voor pyrrhotien (Fe_7S_8) gelden vergelijkbare reacties. Het belangrijkste verschil is dat daarbij minder zwavelzuur wordt gevormd als bij oxidatie van pyriet en markasiet.

Pop-outs

Bij bovenstaand reactieschema is het volgende op te merken: door oxidatie ontstaat $Fe(OH)_3$ of bij onvoldoende beschikbaarheid van water limoniet ($Fe_2O_3 \cdot n H_2O$). Deze verbindingen worden normaliter aangeduid als 'roest' en zijn verantwoordelijk voor de bruine verkleuring op betonoppervlakken. Bij de oxidatie ontstaat tevens zwavelzuur, hetgeen tot een verlaging leidt van de pH in beton rondom de ijzersulfidehoudende aggregaten. Dit zwavelzuur kan reageren met kalksteen in het toeslagmateriaal of met het $Ca(OH)_2$ dat bij de hydratatie van cement ontstaat, tot expansieve sulfaten, zoals gips en ettringiet. Hierdoor kunnen lokaal pop-outs ontstaan.



Pop-out en roestuitbloeiing aan de bovenzijde van een wand.

amorf ijzersulfide. De oxidatiesnelheid neemt in deze volgorde toe. Pyriet en markasiet hebben beide de samenstelling FeS_2 , maar verschillen in kristalstructuur. Pyrrhotien heeft de samenstelling Fe_7S_8 . Pyriet komt in de natuur het meest voor. Bij een kristallijne structuur zitten de moleculen netjes in een kristalrooster. Bij een amorfie structuur ontbreekt die strakke ordening en is er sprake van meer 'wanorde'. Amorfie materialen zijn hierdoor reactiever.

Betontechnologische invloedsfactoren

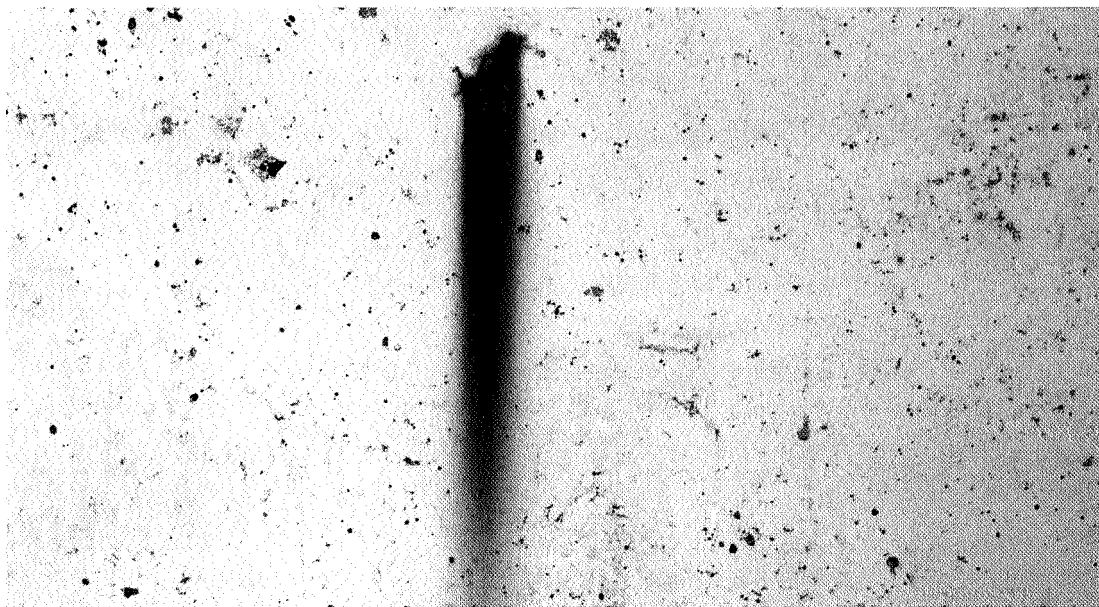
Hoewel ijzersulfiden in toeslagmateriaal meestal de bron van schade vormen, wordt de omvang van de schade behalve door de reactiviteit van deze sulfiden ook nog door een aantal andere factoren bepaald. Voor de reactie zijn om te beginnen zuurstof en water nodig. De snelheid waarmee vocht en zuurstof kunnen toetreden, heeft dus invloed op de mate en de snelheid waarmee de schade zich manifesteert. Een dichter beton zal daarom minder schade vertonen. Ook zal de schade zich pas in een (veel)later stadium manifesteren. Een dichter beton kunnen we maken door de juiste betontechnologische maatregelen te treffen: een goede korrelopbouw, een lage water-cementfactor enzovoort. Voor deze schade, die zich vooral aan het betonoppervlak manifesteert, zijn in het bijzonder ook de kwaliteit van de verwerking en nabehandeling van groot belang.

Ook de keuze van de cementsoort zou een rol kunnen spelen. In de praktijk lijkt het schadebeeld zich in beton met hoogovencement wat nadrukkelijker te manifesteren. Mogelijk vallen de verdueringen op de egalere, lichtergeldeurde oppervlakken van

hoogovencementbeton meer op. Ook de kwaliteit van de nabehandeling kan hierbij een rol spelen. Het is bekend dat hoogovencement hiervoor wat gevoeliger is dan portlandcement. Het is tot op dit moment nog niet gelukt om dit aan te tonen, bijvoorbeeld via een vergelijkend onderzoek met verschillende cementsoorten.

Herstel/reparatie van aangetaste oppervlakken

Roestschade heeft geen consequenties voor de constructieve eigenschappen van beton. Het is puur esthetisch van aard. Daarom is het alleen bij betonoppervlakken die in het zicht blijven van belang. Het kan bij schoon beton als zeer storend ervaren worden en herstel is daarbij in veel gevallen gewenst. Het is bekend dat de schade alleen dicht aan het betonoppervlak optreedt. Alleen daar is voldoende aanbod van water en zuurstof. Het aantal schadeplaatsen zal na enige tijd dan ook nauwelijks meer toenemen. Herstel van aangetaste plaatsen is mogelijk door de kern die de verkleuring veroorzaakt te verwijderen, bijvoorbeeld met hoge waterdruk of uitboren. Vervolgens dient het ontstane gat



Roestuitbloeiingen op een wand. Het roestwater is langs het verticale betonoppervlak naar beneden gelopen, waardoor de vlek is uitgewaaid.

te worden opgevuld met een reparatiemortel. Het reinigen van het veel grotere, door roestwater verkleurde betonoppervlak vergt intensieve reinigingstechnieken, bijvoorbeeld met hoge druk of chemicaliën. Het betonoppervlak zal daardoor wat worden 'aangevreten' en daarna vaak visueel enigszins afwijken van de rest van het betonoppervlak.

Keuring van toeslagmateriaal

Alle in Nederland in beton toegepaste toeslagmaterialen moeten voldoen aan een reeks eisen. Deze zijn vastgelegd in de norm NEN 5905:

'Toeslagmaterialen voor beton. Materialen met een volumieke massa van ten minste 2000 kg/m³. De manier waarop die eigenschappen moeten worden bepaald, is vastgelegd in beproevingsnormen.

In NEN 5905 zijn voor toeslagmateriaal, bestemd voor schoon beton, aanvullende eisen gesteld aan de mate van verontreiniging met vlekkenveroorzakende ijzer- en vanadiumverbindingen. Aan toeslagmateriaal voor 'normaal' constructiefbeton worden deze eisen niet gesteld. De beproevingsmethode is beschreven in NEN 5923. 'Toeslagmaterialen voor beton. Bepaling van de aanwezigheid van vlekkenveroorzakende ijzer (Fe) en vanadium (V) verbindingen' (zie ook kader hiernaast).

Bepaling van de vlekkenindex volgens NEN 5923 in hoofdlijnen.

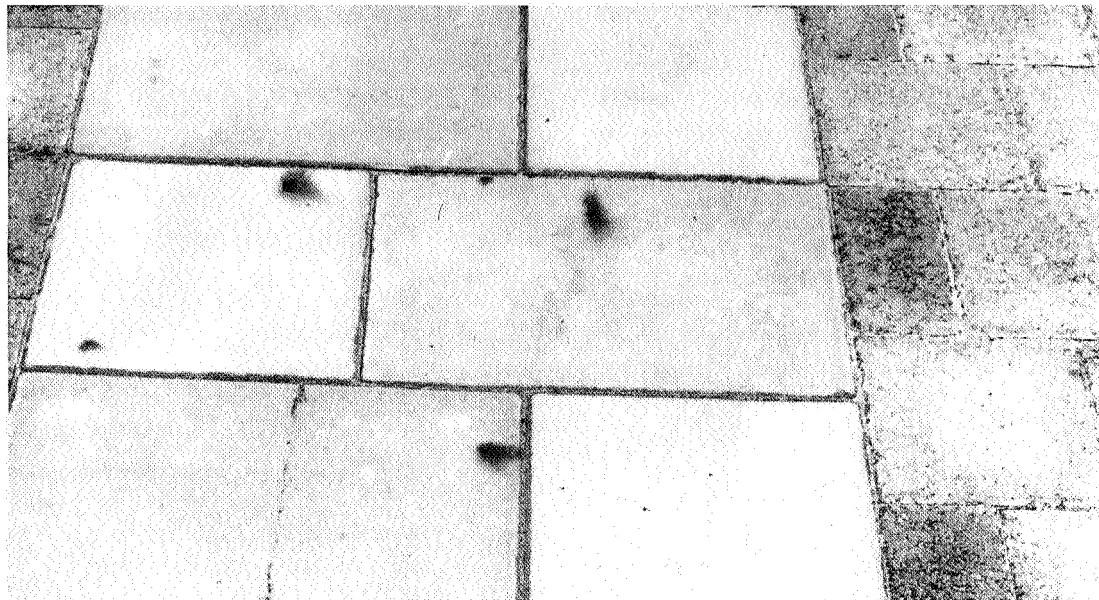
De methode, beschreven in NEN 5923 bepaalt in principe het gehalte aan oplosbare ijzer- en vanadiumverbindingen.

Twee gedroogde porties (100 g) van het toeslagmateriaal worden elk in een rond bakje van filterpapier gelegd, waarna het bakje dichtgevouwen wordt. De twee bakjes worden op elkaar gestapeld en in een zogenoemd kaasdoek gewikkeld. Dit geheel wordt vervolgens verzadigd met gedemineraliseerd water en vervolgens gedurende 16 uur blootgesteld aan stoom bij atmosferische druk. Eerst worden hierbij de zouten opgelost, die vervolgens in het filterpapier belanden. Door blootstelling aan stoom worden deze oplosbare Fe²⁺ en V-zouten geoxideerd tot onoplosbare Fe³⁺ en V-zouten. Deze worden als vlekken zichtbaar. Hierna wordt het toeslagmateriaal verwijderd en beide filterpapieren afgespoeld met demi-water. Na droging wordt de mate van vlekvorming visueel geïnterpreteerd aan de hand van in de norm opgenomen vlekkenbeelden.

Deze vlekkenbeelden worden vastgelegd in een zogenoemde vlekkenindex (VI). De vlekkenindex kan waarden hebben tussen 0 (geen vlekvorming) en 100 (zeer sterke vlekvorming). Zie afbeeldingen in NEN 5923.

Voor schoon beton mag de vlekkenindex niet meer dan 20 (zeer lichte vlekvorming) bedragen volgens NEN 5905.

Indien de VI ≥ 60, moet tevens het gehalte aan de op het filterpapier neergeslagen ijzer- en vanadiumverbindingen met behulp van nat-chemische methoden bepaald worden.



Roestuitbloeiingen in straattegels. Ophorizontale oppervlakken waaiëren de vlekken minder uit.

Alternatieve methoden

Een oriënterende studie naar alternatieve methoden heeft twee methoden opgeleverd die bruikbaar lijken. Ze zijn nog niet uitvoerig getest voor de beoordeling van toeslagmaterialen. Het zijn dus nog slechts 'mogelijke alternatieven'. Voor beide methoden geldt dat Fe^{2+} eerst in oplossing gebracht moet worden met een zure oplossing en dat er vervolgens een kleurreactie optreedt met een organisch reagens.

De eerste methode wordt in ons land op dit moment al op beperkte schaal gebruikt en werkt met een bufferoplossing van natriumcitraat en citroenzuur in combinatie met *a*-bipyridine ($[C_5H_4N]_2$) als reagens. Het is een standaardmethode uit de analytische chemie om reactiefijzer (Fe^{2+}) aan te tonen. Een portie toeslagmateriaal wordt in de testvloeistof ondergedompeld. Bij aanwezigheid van reactiefijzer ontstaat een dieprode uitbloeiing ter plekke van de ijzerhoudende deeltjes en verkleurt de testvloeistof van kleurloos naar rozetot rood.

De methode berust op het volgende principe. Het aanwezige reactiefijzer (Fe^{2+}) wordt in de zure bufferoplossing in oplossing gebracht. De Fe^{2+} -ionen vormen vervolgens met het bipyridine een tweewaardig kation ($Fe(C_5H_4N)_2^{2+}$). Dit kation is verantwoordelijk voor de dieprode verkleuring. Fe^{3+} reageert niet met bipyridine. Andere metaalionen, bijvoorbeeld cadmium (Cd), kobalt (Co) en koper (Cu) doen dit wel, maar de resulterende verkleuring is te zwak om de bepaling van reactiefijzer te versro-

Voor zover bekend worden in de praktijk vrijwel uitsluitend ijzerverbindingen en nauwelijks vanadiumverbindingen aangetroffen als vlekkenveroorzakende bestanddelen,

Uit onderzoek is verder gebleken dat roestuitbloeiingen in hoofdzaak veroorzaakt worden door (oxidatieproducten van) ijzersulfiden. Deze ijzersulfiden zijn echter zowel in kristallijne als amorf vorm zeer slecht oplosbaar in water, waardoor hun aanwezigheid met behulp van de beproevingsmethode uit NEN 5923 niet wordt aangetoond. Immers NEN 5923 bepaalt de in water oplosbare ijzer- en vanadiumzouten. Dit verklaart ook waarom roest schade is opgetreden bij beton waarvan het toeslagmateriaal op alle punten voldeed aan NEN 5905 en ook aan de aanvullende eisen voor schoon beton.

ren. Met deze methode is het mogelijk om reactiefijzer en dus ijzersulfiden aan te tonen.

De kleurreactie maakt het ook mogelijk om een kwantitatieve bepaling uit te voeren met behulp van fotospectrometrie. Deze optie wordt tot nu toe niet gebruikt, maar is bekend in de analytische chemie. Met deze methodes kunnen volgens de literatuur zeer lage gehalten aan Fe^{2+} in water aangetoond worden. De gevaarlijke klasse van bipyridine is: schadelijk. Het werken met dit reagens dient dan ook bij voorkeur in een zuurkast plaats te vinden.

De tweede geschikte methode werkt met ortho1enantroline ($C_{12}H_8N_2$) als reagens. Van ortho1enantroline zijn in de literatuur geen gezondheidsrisico's bekend. Wellicht is dit van de verschillende bestudeerde alternatieve methodieken de meest geschikte. De aanwezigheid van Fe^{3+} heeft geen verstorend effect. Deze methode is makkelijk uitvoerbaar: naast het reagens is alleen nog een bufferoplossing noodzakelijk. Verder is ook deze methode zeer gevoelig voor Fe^{2+} , vergelijkbaar met de bipyridine-methode. Ten opzichte van de laatstgenoemde methode is het voordeel dat de kleurreactie veel sneller optreedt. Er ontstaat een rode verkleuring door complexvorming. Een kwantitatieve bepaling met behulp van fotospectrometrie is zeer goed mogelijk en ook beter uitvoerbaar dan met bipyridine. Deze methode is zeer gangbaar in analytisch-ehemische laboratoria voor de kwantitatieve bepaling van Fe^{2+} in waterige oplossingen en is vastgelegd in de NEN 3235.

Regelgeving

De beschreven verontreinigingen kunnen binnen de huidige regelgeving en de daarin beschreven beproevingsmethoden kennelijk niet goed worden opgespoord. Het verdient aanbeveling te kijken naar aanvullende/alternatieve beproevingsmethodieken. Een tweetal veelbelovende mogelijkheden daarvoor is uitgewerkt in het kader op deze pagina. Bedenk echter dat, ongeacht de beproevingsmethode, ook de monsternamen en de monstergrootte punten van aandacht moeten zijn. Ook één 'vlekje' (de vlekken kunnen door roestuitbloeiing best een forse omvang krijgen) per vierkante meter betonoppervlak kan bij een schoon betonwand al absoluut onacceptabel zijn. Dit betekent dat indien één op vele duizenden korreltjes verontreinigd is, dit al onacceptabele schade oplevert. We zoeken dus een beetje naar een speld in een hooiberg.

Tot slot

Toeslagmaterialen kunnen ijzerverbindingen bevatten die met de beproevingsmethoden uit de huidige normen voor toeslagmateriaal niet of nauwelijks worden aangetoond. Deze ijzerverbindingen kunnen aan het betonoppervlak schade veroorzaken in de vorm van roestuitbloeiingen. Deze schade heeft geen consequenties voor de constructieve eigenschappen van beton en is puur esthetisch van aard. Roestuitbloeiingen bestaan vooral uit oxidatieproducten van ijzerverbindingen (met name ijzersulfiden) aan het betonoppervlak.

De ijzerverbindingen zijn vaak aanwezig als inclusions in het grovere toeslagmateriaal of bevinden zich als zware mineralen in de zandfractie van toeslagmaterialen. IJzerverbindingen komen voor in toeslagmaterialen die zowel afkomstig zijn van land- als van zeewinningen.

Ijzersulfiden kunnen in verschillende vormen in het toeslagmateriaal voorkomen: als de kristallijne mineralen pyriet, markasiet of pyrrhotien en als amorf ijzersulfide. De reactiviteit neemt in deze volgorde toe. Pyriet is de in de natuur meest algemeen voorkomende vorm.

De momenteel gehanteerde norm NEN 5923 ter controle op vlekkenveroorzakende bestanddelen in toeslagmateriaal biedt geen garantie op het voorkomen van roestschade doordat slecht oplosbare ijzerverbindingen hiermee niet worden opgespoord. Voor die groep verontreinigingen zou in de regelgeving een nieuwe methode moeten worden opgenomen. Een optie is mogelijk een in NEN 3235 beschreven methode gebaseerd op een kleurreactie met ortho-fenantroline ($C_{12}H_8N_2$). Deze methode is specifiek voor reactief ijzer (Fe^{2+}) in waterige oplossing. Dit is een standaardmethode uit de analytische chemie.

Deze methode lijkt voldoende gevoelig en levert ook informatie over de mate waarin de verontreiniging aanwezig is. Bovendien is de methode arbeidsvriendelijk omdat niet met een schadelijke stof gewerkt hoeft te worden. Het lijkt zinvol deze methode verder te ontwikkelen en te toetsen voor het aantonen van vlekkenvormende ijzersulfiden in toeslagmaterialen voor beton.

Literatuur

- Agullo, A. & I. Agullo, 'Aggregate expansivity to sulfide oxidation - II. physico-chemical modeling of sulfate attack', I. Casanova, , Cern. Res. 27 [11], pp. 1627-1632 (1997).
- Ayora, C. et al., 'Weathering of iron sulfides and concrete alteration: thermodynamic model and observation in dams from Central Pyrenees, Spain', Cern. Concr. Res. 28 [9], pp. 1223-1235 (1998).
 - Chinchon, J. et al., 'Influence of weathering of iron sulfides contained in aggregates on concrete durability', Cern. Concr. Res. 25 [6], pp. 1264-1272 (1995).
 - Midgley, H., 'The staining of concrete by pyrite', Mag. Concr. Res., Aug., pp. 75-78 (1958).
 - Pannekoek, A.J. e.a., Algemene Geologie, 4e druk Wolters Noordhoff-Groningen 1984
 - Schuiling, R. et al. 'Introduction to geochemistry', Hfdst. V, pp. 25-31, vierde editie (1983).
 - Chemiekaarten. Gegevens voor veilig werken met chemicaliën., NIA, 10e editie (1994/1995).
 - **Bet 0 n i e k 7/23** Microscopisch onderzoek van beton
 - **Bet 0 n i e k 11/3** Petrografie

Normen

- NEN 5905. Toeslagmaterialen voor beton. Materialen met een volumieke massa van ten minste 2000 kg/m^3
- NEN 5923. Toeslagmaterialen voor beton. Bepaling van de aanwezigheid van vlekkenveroorzakende ijzer- en vanadiumverbindingen

In onze volgende uitgave

Examen Betontechnoloog BV 2000

Volgens traditie: de vragen en de antwoorden.

Betoniek is een praktijkgericht voorlichtingsblad op het gebied van de betontechnologie en verschijnt 10 keer per jaar.

In de redactie zijn vertegenwoordigd:

de Nederlandse cementindustrie, MEBIN, CUR,
vcbETONBOUW en de Bouwdienst Rijkswaterstaat.

Uitgave: ENÇIMedia
postbus 3532, 5203 DM 's-Hertogenbosch
Redactie: 073 - 640 12 22
Abonnementen: 073 - 640 12 31
Adreswijzigingen per fax: 073 - 640 12 99
E-mail: encimedia@enci.nl
Website: www.encl.nl

Overname van artikelen en illustraties is toegestaan, onder voorwaarde van bronvermelding.

Abonnementsprijzen:
Nederland f 34,- (€ 15,43)
België f 35,- (€ 15,88)
Andere landen f 49,- (€ 22,24)

Abonnementen lopen per kalenderjaar en worden automatisch verlengd, tenzij voor 1 december schriftelijk wordt opgezegd.

ISSN0166.137x


Nederlands
uitgeversverbond
Groep vaktijdschriften

Beton
Daar maak je 'l mee.

Betoniek mei 2000