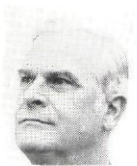


Inleiding
In het tijdschrift H₂O (19) 1986, nr. 20, pag. 482-487 is een publikatie verschenen van Van Dijk, De Moel, Nooyen en Nuiten 'Diffusiemodel voor zure aantasting van cementgebonden materialen' [1]. Deze publikatie is aanleiding voor enige kritische kanttekeningen. Er worden vergelijkingen gemaakt van proefomstandigheden en materialen, die niet wetenschappelijk verantwoord zijn. De beoordeling van asbestcement berust op een proef van één buisstuk onder irreële omstandigheden.

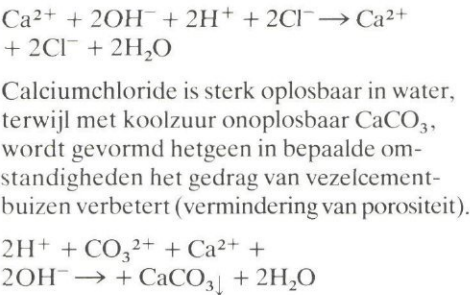


PROF. DR. H. EICK
hoogleraar Technische
Universiteit van Berlijn



PROF. DR. N. TENOUTASSE
Docent U.L.B.

Kritische bespreking van de publikatie van J. C. van Dijk en medewerkers [1]
Eerst en vooral dient opgemerkt, dat er geen materialen op basis van Portlandcement of gelijkaardige binders (aluminiumcement, pozzolanacement, ...) bestand zijn tegen pH = 3,5. Bij deze pH wordt staal en gietijzer eveneens aangetast. Daarom moeten riolen, onder deze onstandigheden, voorzien worden van een beschermende laag. Deze beschermende produkten zijn reeds 10-tallen jaren bekend. Volgens Europese normen mag water met dergelijke zuurtegraad noch door het rioolnet, noch door het drinkwater-net vervoerd worden.
De pH van afvalwater moet aangepast worden (tussen 6,5 en 8,5) voor de lozing. In de Bondsrepubliek moet drinkwater voldoen aan een decreet (22.05.86), dat de pH bepaalt tussen 6,5 en 9,5.
Overigens, in vezelcement riolen mag de pH van het water niet lager zijn (niet meer dan 0,2 eenheden) dan de waarde overeenkomstig met het verzadigingspunt van calciumcarbonaat. Sommige auteurs, waaronder de schrijvers van het artikel 'Diffusiemodel voor zure aantasting voor cementgebonden materialen', gebruiken waterstofchloride (HCl) voor de versnelde duurzaamheidstesten. Dit zuur is evenwel totaal ongeschikt.
Zuuraantasting wordt meestal veroorzaakt door koolzuur (drinkwater) en zwavelzuur (afvalwater). Het aantastingsmechanisme met HCl is volledig verschillend van datgene met H₂CO₃ en H₂SO₄. HCl reageert met gehydrateerd cement volgens de reactie:



Enkel met zeer agressief water is er mogelijk vorming van oplosbaar bicarbonaat wat aanleiding geeft tot aantasting.
In 1982 heeft H. Eick een artikel gepubliceerd betreffende corrosie van vezelcementbuizen [2]. Het is spijtig dat de schrijvers deze studie niet vermeld hebben. In hun onderzoek gebruiken de schrijvers pH-variaties om het gehalte opgelost calcium te meten in een waterige fase in evenwicht met cement. HCl reageert echter niet uitsluitend met Ca²⁺. Portlandcement bevat, in substantiële hoeveelheden, alkali onder vorm van sulfaat of als mengzout met dicalciumsilicaat en tricalciumaluminaat [3];
K₂O · 23CaO · 12SiO₂ (KC₂₃ · S₁₂) en Na₂O · 8CaO ± 3Al₂O₃ · (NaC₈A₃).
Het gehalte alkali in cement varieert tussen 0,7 en 2 % naargelang het fabricageproces en het gehalte K₂O en Na₂O in de grondstoffen. Deze alkali bevinden zich in het cementwater 'pore fluid solution' onder vorm van KOH en NaOH.
De fout gemaakt door het verwaarlozen van de alkali is veel groter (5 tot 6 keer) voor vezelcement dan voor beton, gezien het verschillend gehalte cement:
85 % in vezelcement
15 % in beton.
Zelfs zonder rekening te houden met het probleem van de alkali kan men stellen dat het vrijkomen van Ca²⁺-ionen een aanduiding geeft over een aantastingsfenomeen, maar in geen geval kan dit dienen ter vergelijking van de corrosiebestendigheid van verschillende materialen.
Vezelcement bevat 5 maal meer kalk en alkali per eenheid oppervlak dan beton. Het feit, dat vezelcement per tijdseenheid meer Ca²⁺ vrijgeeft, is dus volledig logisch en wil niet zeggen dat beton meer resistent is, integendeel.
Wij zullen deze bewering staven aan de hand van de resultaten van de schrijvers. In afb. 5 (p. 485) is weergegeven de hoeveelheid kalk uitgewassen in functie van het totaal kalkgehalte in beton (of cementgehalte). Na 70 dagen uitspoelen bij pH = 3 kwamen tot volgende resultaten:

kg CaO/m ³ beton	± kg cement (OPC)/m ³	uitgewassen CaO/g CaO/m ³ water
100	150	150
200	300	215

Volgens het denkpatroon van de schrijvers, moet men besluiten dat een beton met 300 kg cement per m³ (normale beton) minder zuurbestendig is dan een beton met 150 kg cement per m³ (arme beton). Dit is onjuist, alle specialisten weten dat een beton met 150 kg cement/m³ niet bestendig is in agressief milieu. Dit type beton wordt vooral gebruikt voor bodemstabilisatie.

Vergelijking tussen beton en vezelcement
Beton is een heterogeen materiaal waarin de granulaten gebonden zijn door cement (15 tot 20%).
Vezelcement bevat 85 % cement, de rest zijn vezels. Het vezelcementproces laat een watercementfactor van 0,27 toe. Dit is niet mogelijk met beton. Het is bekend dat de watercementfactor een belangrijke parameter is die de dichtheid van cementhoudende materialen beïnvloedt.
Voor de fabricage van vezelcement (en beton) kan men verschillende types cement gebruiken. Portlandcement, Pozzolanacement (hoogovenslakken, vliegassen, natuurlijke Pozzolana, enz.).
Het gedrag van beton in agressief milieu is afhankelijk van meerdere parameters:
1. Het cementgehalte van beton: beton rijk aan cement, is veel meer bestendig dan een magere beton.
2. De granulometrie van de beton-componenten.
3. De aanwezigheid van additieven verenigbaar met cement.
4. De dichtheid van beton.
5. De verhouding water/cement.
6. Het type cement: bijvoorbeeld ASTM V, met een laag C₃A gehalte, wat een hogere weerstand vertoont tegen sulfaatagressiviteit.
7. Juiste verhardingscondities.
De meest belangrijke parameters zijn de verhouding water/cement en het gehalte cement in beton.
Men mag stellen dat in het algemeen vezelcementprodukten bevoordeeld zijn tegenover beton, wat betreft hoger genoemde condities.
De dichtheid is eveneens zeer belangrijk: waterabsorptie van vezelcement is ongeveer 15 % (overeenkomstig een dichtheid van 1,9 g/cm³).
In beton bedraagt de waterabsorptie ongeveer 8 % (voor een dichte beton met een hoog gehalte cement).
In tegenstelling met vezelcement is het water geabsorbeerd in beton niet op een homogene wijze verdeeld in de massa. Bijna al het water wordt geabsorbeerd door de gehydrateerde cement, of met andere woorden, in beton absorbeert gehydrateerde cement ongeveer 40 % water, in plaats van 15 % in vezelcement. Als gevolg van de neutralisatie van een wel bepaalde hoeveelheid agressieve substanties,

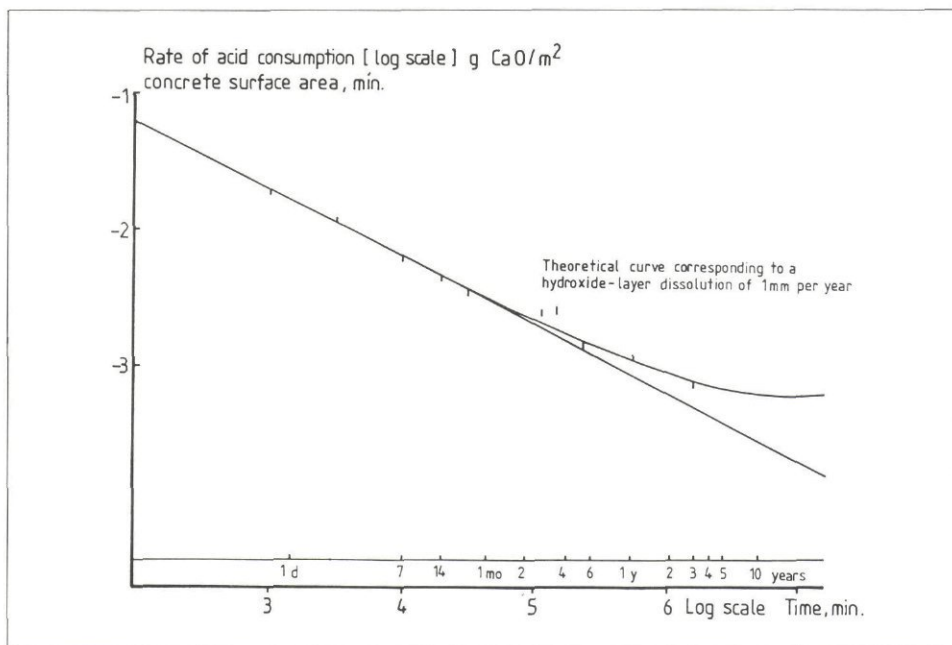


Fig. 2 uit Rombèn [4] - Rate of acid consumption as function of time. Long-time experiment. Hydrochloric acid, pH = 3,08. »

is de corrosie-diepte veel groter in beton dan in vezelcement.

In bepaalde gevallen kan men granulaten, rijk aan calcium, gebruiken om de weerstand van beton tegen zuren te verhogen.

Het gehalte cement is evenwel van primair belang. Tevens dient nog gewezen op het gevaar van corrosie (door oxydatie) van de wapening in betonbuizen.

Calciumhydroxyde speelt een belangrijke rol in de bescherming van wapeningselementen tegen corrosie van elektrochemische aard. Daarom is neutralisatie aan het oppervlak funest voor de duurzaamheid van gewapende betonbuizen. Dit gevaar bestaat uiteraard niet voor vezelcementbuizen.

In hun publikatie verwijzen de schrijvers naar het werk van L. Rombèn [4] en gebruiken eveneens resultaten van Zweedse onderzoekers om de levensduur van betonbuizen te extrapoleren.

Wij hebben aandachtig de publikatie van Rombèn onderzocht (eveneens al de overige referenties vermeld door de schrijvers). Meestal werken de onderzoekers met één type materiaal, bijvoorbeeld Rombèn bestudeert enkel het gedrag van beton in agressief milieu. Deze auteur vermeldt eveneens de extrapolatie van de verkregen gegevens om de duurzaamheid van beton in zuur milieu te voorspellen op langere termijn. Hierna volgt een uittreksel uit de tekst van Rombèn.

'One experiment has been permitted to continue for more than 3 years and this has confirmed that a deviation from the square root curve towards higher values in the acid consumption rate is obtained, see Fig. 2.

Consequently, we can say that an extrapolation of the acid consumption curve to higher times would, at this pH, have given a misleading and insufficient value for the depth of attack.'

De schrijvers baseren zich dus op verschillende resultaten om de duurzaamheid van buizen op langere termijn te extrapoleren.

Conclusies

– De oplossingskinetica van calcium laat niet toe de corrosiebestendigheid van cementhoudende materialen te voorspellen; men moet rekening houden met het gehalte calcium in de producten.

– Voor het meten van Ca^{2+} -ionen in oplossing moet men bij voorkeur een directe methode gebruiken (atoomabsorptie spectrometrie) en niet door bepaling van de hoeveelheid verbruikt zuur.

– Indien men de conclusies van de auteurs in hun publikatie, verschenen in het tijdschrift H_2O , aanvaardt, dan moet men beton en vezelcement gebruiken, arm aan cement, welnu men heeft bewezen dat het gehalte cement in beton van primair belang is voor de duurzaamheid.

– Vezelcementbuizen ondervinden geen hinder van elektrochemische corrosie.

De beste methode voor het meten van duurzaamheid van buizen is de bepaling van de aantastingsdiepte in functie van de tijd.

– Veel observaties, gebaseerd op objectieve gegevens, hebben aangetoond, dat vezelcementbuizen een betere duurzaamheid vertonen. De mate van corrosie is dus bepaalbaar op een objectieve wijze, door meting van de aantastingsdiepte.

Bibliografische referenties

1. Dijk, J. C. van, Moel, P. J. de, Nooyen, W. F. J. M. en Nuiten, P. C. (1986). *Diffusiemodel voor zure aantasting van cementgebonden materialen*. H_2O (19) 1986, nr. 20, 482.
2. Eick, Prof. Dr. H. (1982). *Korrosion und Korrosionsschutzmassnahmen bei Asbestzement-Rohren*. 16.4.82, ETH-Zürich (SSIGE) Société de l'Industrie du Gaz et des Eaux.
3. Lea, F. M. (1970). *The chemistry of cement and concrete*. Edward Arnold (Publishers) Ltd 71.
4. Rombèn, L. (1979). *Contrôle de la résistance chimique du béton aux attaques d'acide non érosifs*. (RILEM Symposium 1979), 267-274.

• • •

Reactie op commentaar van H. Eick en N. Tenoutasse

Met belangstelling hebben wij kennis genomen van het commentaar van de heren Eick en Tenoutasse op ons artikel.

In deze notitie zullen wij alleen reageren op de zakelijke inhoud van het commentaar, niet op de toonzetting ervan.

1. De motivatie voor het uitvoeren van onderzoek bij pH 3-4 is tweeledig:

- a. het onderzoek was in eerste instantie gericht op het effect van zure regen, waarbij dit pH-gebied reëel is.
- b. de hoeveelheid vrij zuur bij pH3 komt op moleculaire basis overeen met 44 mg/l agressief CO_2 (beide 1 mmol/l) en een pH van 4 komt overeen met 4,4 mg/l agressief Cl_2 . In de praktijk van drink- en afvalwatertransport is een dergelijke hoeveelheid agressief CO_2 niet exceptioneel.

Voor het relateren van de resultaten van het onderzoek aan praktijkomstandigheden (hogere pH maar ook langere aantastings-tijd) is het beschreven diffusiemodel ontwikkeld dat praktisch goed bruikbaar is, hetgeen blijkt uit de beschreven aantasting van de betonnen buis door agressief CO_2 in een periode van 12 jaar.

2. De verschillen en overeenkomsten tussen de zure aantasting door HCl en H_2CO_3 (CO_2) zijn in ons artikel beschreven. Door de vorming van CaCO_3 in de poriën van beton of asbestcement wordt de aantasting vertraagd. Desalniettemin wordt de aantasting primair bepaald door de watersamenstelling; indien het water agressief CO_2 bevat, zal het gevormde CaCO_3 weer in oplossing gaan, zodat de aantasting wel degelijk doorgaat.

3. Het meten van zuurverbruik als maatstaf voor de aantasting is reeds door vele auteurs (o.a. Rombèn) als werkwijze gekozen en kan bovendien met de volgende argumenten onderbouwd worden.

- a. het aandeel van de overige alkali (Na_2O , K_2O , Fe_2O_3) in cement is gering (2-4%) hetgeen ook bevestigd werd door de goede correlatie tussen $[\text{Ca}^{2+}]$ en zuurverbruik bij ons onderzoek;