math inside

Betonrot wiskundig te voorspellen

verrassende wiskunde

© LIME BV
Esp 405
5633 AJ Eindhoven

T +31 40 75 16 116
E info@limebv.nl
I www.limebv.nl

Deze teksten vallen onder een Creative Commons Naams-vermelding-Niet-Commercieel-GeenAfgeleideWerken 3.0 Unported-licentie.

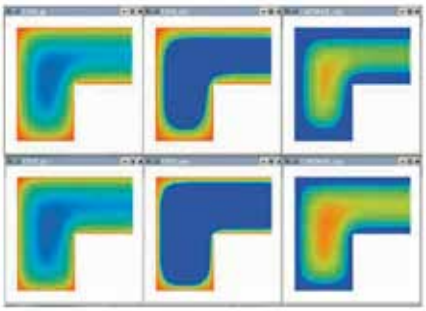
LIME
A SIOUX COMPANY

INNOVATION THROUGH COMPUTATION

Betonrot wiskundig te voorspellen

Betonrot is de schade die ontstaat doordat de wapening in beton begint te roesten. Dit is een expansieve reactie, roest zet namelijk uit, en daardoor barst het beton.

Dit proces is zeer nadelig voor de sterkte van het beton en tast de hele betonconstructie aan. Betonrot wordt veroorzaakt door carbonatie of chloride-indringing en komt meestal voor op plaatsen met veel zout: vlak bij zee en op bruggen waar zout gestrooid wordt. De beschermende ijzeroxidelaag wordt hierbij verbroken. In normale omstandigheden schilfert dit roestproduct af, maar in basische omstandigheden zoals in beton, gaat dit proces continu door. Een dergelijke aantasting kan leiden tot ernstige verzwakking van het materiaal. Bruggen zouden erdoor in kunnen storten.



Dit proces kan wiskundig gemodelleerd worden als een zogenaamd vrije-rand probleem (waarbij de rand van het ijzer bedoeld wordt) waar een overgang bestaat van het ene materiaal naar het andere (de carbonatie). Dergelijke situaties zijn voor het eerst beschreven door **Stefan** die onderzocht hoe een blok ijs zijn vorm aanneemt. Zogenaamde *Stefanproblemen* doen zich meer algemeen voor bij chemische reacties of faseovergangen, bijvoorbeeld van water naar ijs of het smelten van boter. Bij betonrot zijn er bovendien twee tijdschalen van belang. De ene heeft te maken met de snelheid waarmee water en zouten getransporteerd worden (cm per uur) en de andere met de carbonatie (cm per eeuw). Dit maakt het numeriek simuleren van dergelijke problemen extra complex. Resultaten van deze simulaties kunnen gebruikt worden om de levensduur van gebouwen en bruggen te voorspellen.

math inside – © 2013 Lime BV

Ruim 200.000 woningen en bruggen uit de jaren zeventig van de twintigste eeuw zijn aangetast door betonrot. In die tijd zocht de bouwwereld naar snellere productiemethoden. Fabrikanten gebruikten daarom bij de fabricage van vloeren calciumchloride, waardoor het beton veel sneller hard werd. Hierdoor kon twee maal zo snel geproduceerd worden. Maar calciumchloride bevordert roestvorming, hetgeen tot betonrot leidde. Zo heeft men bijvoorbeeld in 2003 een viaduct op de A58 moeten slopen omdat het te zeer was aangetast.

math inside – © 2013 Lime BV

Joseph Stefan

✳ 1835 St. Peter, Slovenië – ✝ 1893 Wenen

Stefan studeerde wis- en natuurkunde aan de Universiteit van Wenen. Later werd hij daar hoogleraar en lid van de Weense Academie van Wetenschappen. Hij werkte onder andere aan straling en bepaalde de oppervlaktewarmte van de zon. Hij droeg verder bij aan de wiskundige formulering van het elektromagnetisme en de warmteleer. Stefan schreef daarnaast gedichten in het Sloveens.

math inside – © 2013 Lime BV