

## **Dansk Betondag 2004**

Hotel Svendborg, Fyn

23. september 2004

### **Beton bliver blød som smør, når thaumasit er på spil**

Civilingeniør

Kirsten Eriksen

# **COWI**

Parallevej 2  
2800 Kongens Lyngby

Telefon 45 97 22 11  
Telefax 45 97 22 12  
[www.cowi.dk](http://www.cowi.dk)

e-mail: [kie@cowi.dk](mailto:kie@cowi.dk)

Afdelingen for Veje og lufthavne

## Indledning

I februar 1998 fandt man i England, under forstærkningsarbejder på en 30 år gammel motorvejsbro over M5, at betonen på søjlerne under terræn var stærkt angrebet. Betonen var i flere cm's dybde forvandlet til en hvid, blød og fedtet masse, dvs. søjlernes tværsnit var reduceret, og dette uden at man havde haft mistanke om noget igangværende angreb. Dette medførte en "red alert" alarm blandt myndigheder og industri. Vi har et problem, hvad gør vi? I den følgende tid blev et lignende angreb konstateret i ca. 50 broer, alle med søjler og fundering anbragt i sulfatholdig jord, og generelt for betoner med et kalkholdigt tilslag.

Med ekspresfart blev der dannet en ekspertgruppe under regeringen, The UK Government's Thaumaside Expert Group, med 12 repræsentanter fra universiteter, forskningsinstitutioner, industri, rådgivere, entreprenører, bygherrer og regering. Formand var Professor L. A. Clark fra University of Birmingham, BRE (Building Research Establishment) leverede sekretær og to tekniske eksperter til gruppen, og herudover var der tilknyttet 32 øvrige konsulenter fra 15 organisationer. Første møde blev afholdt i maj 1998, og i januar 1999 udgav gruppen sin første rapport:

- "The thaumaside form of sulfate attack: Risks, diagnosis, remedial works, and guidance on new construction".

Så med en bred indsats, tilstrækkelige midler og regeringens opbakning kunne det på så kort tid lade sig gøre at få et overblik over problemet, beskrive angrebets former og give råd om, hvordan det skulle tackles fremover, samt på hvilke områder yderligere indsats var påkrævet.

Arbejdet blev videreført med årlige reviews og har haft indflydelse på:

- Udgivelse af BRE Special Digest SD1, Concrete in aggressive ground (4 parts), første udgave 2001 og ny udgave i 2003
- Updates til BS EN 197-1: 2000 og BS 8500:2002

I 2002 blev den første internationale kongres om emnet thaumasit afholdt på BRE med det formål at viderebringe de engelske erfaringer til resten af verden, og for at indhente andre landes erfaringer på området.

I det følgende kigges nærmere på, om thaumasit er noget vi også skal bekymre os om i Danmark, eller er det kun i England og andre lande, at de har så specielle jordbundsforhold at thaumasitangreb bliver et problem?

## Hvad er et thaumasitangreb?

Thaumasit er en forbindelse bestående af kalciumsilikat, calciumkarbonat og kalciumsulfat med 15 krystalvand tilknyttet ( $\text{CaSiO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 15 \text{H}_2\text{O}$ ). Thaumasitdannelsen er mest omfattende i kolde omgivelser, svarende til at reaktionerne forløber hurtigst ved 5-10°C. Men skadelige thaumasitdannelser er registreret også under varmere forhold, f.eks. i Californien.

I modsætning til det "normale" sulfatangreb på beton, hvor man får ettringitdannelser ( $\text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ) ved reaktion mellem cementens aluminatfase og sulfationer og det sjældent bliver et alvorligt angreb, sker der det at cementens silikatfase (CSH-gel), den styrkegivende komponent, angribes når der dannes thaumasit. Dette medfører, at betonen bliver "blød som smør",

mister sin sammenhæng og omdannes til en hvid, fedtet tandpastaagtig masse uden styrke. Og det er jo mindre heldigt, hvis det optræder i større omfang.

De normale restriktioner normerne sætter for at modvirke sulfatangreb i f.eks. havvand går ud på at reducere cementens aluminatindhold for at undgå skadevoldende ettringitdannelser. Men det siger sig selv, at dette ikke er tilstrækkeligt når det drejer sig om thaumasit, som medfører angreb på silikatfasen - og silikatindholdet vil det ikke være smart at reducere.

For at et thaumasitangreb kan finde sted kræves følgende faktorer til stede:

- sulfationer ( $\text{SO}_4^{--}$ )
- opløselig kisel ( $\text{SiO}_3$ )
- karbonationer ( $\text{CO}_3^{--}$ )
- vand
- temperaturer helst under  $15^\circ\text{C}$

Thaumasit kan dannes som et angreb fra en eksponeret betonoverflade, hvis der både er sulfationer og karbonationer til stede, men også lokalt inde i betonen, hvis tilslaget indeholder kalk. Sidstnævnte angrebstype er den hyppigst observerede ved de alvorlige thaumasitangreb rapporteret fra England.

### **Eksempler på thaumasitangreb i Danmark**

I 1997, dvs. før debatten i England blussede op, undersøgte COWI's Betonlaboratorium en iltningstrappe på et vandværk, inde under iltningstrappen, hvor der normalt ikke er adgang fordi vandet her står højt i en beholder, før det pumpes op over iltningstrappen og videre ud i systemet. Man havde i forbindelse med et eftersyn og tømt vandtank observeret nogle skader på betonen op under iltningstrappen, skaderne forekom kun over vandlinien. Ved besigtigelsen kunne konstateres, at betonen "hang i laser" eller guirlander i luftrummet på trappens underside og at søjler var angrebet fra vandlinien og opefter med et udseende, der svarede til et alvorligt sulfatangreb i Mellemøsten. Betonen kunne skrælles af ved håndkraft, og det hvide, fedtede materiale betonen var omdannet til var usædvanligt.

Borekerner og tyndslibsanalyser viste, at vi her havde at gøre med et sulfatangreb, og en diagnose blev stillet ud fra litteraturen, at det var et thaumasitangreb. I tyndslib viser thaumasit en meget høj dobbeltbrydning i forhold til det mere neutrale ettringit og fotos fra litteraturen bekræftede, at det drejede sig om thaumasit. Vandværket var 65 år gammelt og angrebsdybden var 10-12 mm i alt, så det var et angreb der var forløbet stille og roligt gennem mange år, uforstyrret og uden at betonen på oversiden af iltningstrappen viste tegn på nedbrydning. Havde angrebet været kraftigere kunne det have haft mere omfattende konsekvenser.

I tidligere tyndslibsanalyser og ved scanning elektron mikroskopi/X-ray undersøgelser var thaumasit indimellem blevet observeret, ofte udfældet i luftporer i forbindelse med havvandseksponeret beton, men uden at thaumasit blev forbundet med skadevoldende mekanismer (svarende til ettringitdannelser). Men de nye observationer medførte, at øjnene nu blev mere opmærksomme på mulig tilstedeværelse af thaumasit ved tyndslibsanalyser, også i sammenhæng med de engelske erfaringer, der i de følgende år fik stor international opmærksomhed. Så thaumasit forekom nu som en hyppigere observation, specielt i havvandseksponeret, ældre beton, hvor det

kunne ses i pastaen nær overfladen og langs revner, overvejende i forbindelse med massive ettringitdannelser.

Ved en undersøgelse af beton i søjlerne på en ældre dansk bro, fra 10-30 m under havoverfladen, blev for et par år siden fundet omfattende thaumasitdannelser, ikke i betonen ud mod den eksponerede overflade, men overvejende i betonen ind mod den indvendige (luft)side af søjlerne. Betonen var ikke fuldt omdannet og besad fortsat styrke, men omdannelserne var i enkelte borekerner af mere porøs beton meget omfattende. Da betonen led af andre mere dominerende sygdomme end thaumasitangrebet blev disse (alkalikiselreaktioner og revnedannelser) de bestemmende mht. vurderingen af betonens reparationsbehov.

Observationerne viser, at vi også i Danmark skal være opmærksomme på thaumasitangreb. Selv om vi ikke har oplevet skadestilfælde som i England kan der gemme sig betonangreb på steder, der ikke umiddelbart er tilgængelige. Udover opmærksomhed under danske forhold vil det i firmaer, der yder international rådgivning, være formålstjenligt også at tage denne skademekanisme med i overvejelserne ved betonspecifikationer i udlandet. BRE's Special Digest 1 samt den tilsvarende opdatering i EN BS 8500 kan her anbefales.



Thaumasitangreb, Marbjerg Vandværk 1997