

2-3

Sulfatbeständighet med kalkstensfiller

4-5

Mätning av energi- och effektbehov i minihus

6-7

CBI:s kurser

8-9

Kursverksamheten på CBI växer
Innovationsplattform – ByggaBAD
2020

10-11

Några reflexioner om LCA
Nya CBI rapporter

12-13

Synpunkten
Notiser

14-15

Biblioteket
CBI:s intressentförening

16

Medlemmar i intressentföreningen

Sulfatbeständighet med kalkstensfiller

Thaumasit-typ av sulfatangrepp

Den vanligaste typen av sulfatangrepp på cementpasta leder till bildning av hydrerad kalcium-aluminium-sulfat, ettringit. I betong som innehåller kalciumkarbonat som ballast eller filler kan en annan typ av sulfatangrepp inträffa, med reaktionsprodukt som istället består av hydrerad kalcium-silikatkarbonat-sulfat, thaumasit [1], [2]. Denna reaktion innebär nedbrytning av cementpastans kalciumsilikathydrat som kan leda till en snabb försämring av betongens hållfasthet. Thaumasit-typ av sulfatangrepp kan därför betraktas som mer aggressivt än sulfatangrepp av ettringit-typ.

Medan användning av sulfatresistenta cement med låga halter av C_3A innebär ett effektivt försvar mot det vanliga sulfatangreppet, har det i teorin ingen fördel vid thaumasit-typ av sulfatangrepp. I praktiken, under normala förhållanden, har det emellertid visat sig att en låg C_3A -halt innebär ett visst skydd även mot thaumasit. I Sverige har problem relaterade till thau-

masitbildning i betong varit mycket ovanliga, vilket bland annat beror på att svensk ballast ofta består av granitiska bergarter med en låg karbonathalt. Användning av kalkstensfiller (kalksten innehåller kalciumkarbonat) i till exempel självkompakterande anläggningsbetong öppnar åter frågan om betongens sulfatbeständighet. CBI har genom tidigare laborieförsök visat att det finns risk för sulfatangrepp i betong med anläggningscement (CEM I) och 180 kg/m^3 kalkstensfiller om det exponeras mot magnesiumsulfatlösning med $0,14 \text{ \% SO}_4^{2-}$, vilket motsvarar medelhalt i havsvatten på Västkusten [3].

Undersökning av hamnkonstruktioner

I syfte att öka kunskapen om risker för sulfatangrepp på konstruktioner tillverkade av betong med anläggningscement och kalkstensfiller som utsätts för sulfatrik miljö har CBI undersökt betong från färjeläget i Skår, Lysekil, och en brygga på Rösholmen i Kungshamn som har

exponerats mot havsvatten under 10 år. AB Färdig Betong tillhandahöll information om konstruktionerna. Betongen är SKB med anläggningscement och 170 kg/m^3 kalkstensfiller, med ett vattencementtal på 0,40. Sulfathalten i havsvatten är $0,18 \text{ \% SO}_4^{2-}$. Undersökningen bestod i huvudsak av strukturanalys av betongen med hjälp av polarisationsmikroskop och svepelektronmikroskop (SEM). Projektmedel kom från Konsortiet för finansiering av grundforskning inom betongområdet. Resultaten presenteras i sin helhet i CBI Uppdragsrapport [4].



Bild 1. Färjeläget i Skår.

CBI nytt är CBI Betonginstitutets kundtidning och utkommer två gånger per år.

Ansvarig utgivare/chefredaktör: Johan Silfwerbrand.

Kontakt till redaktionen: CBI Betonginstitutet, 100 44 Stockholm, 010-516 68 00, cbi@cbi.se, www.cbi.se
ISSN 0349-2060

Omslagsbild: Sulfatkristaller i luftpor. Foto: Mariusz Kalinowski.

CBI Betonginstitutet har kontor i Stockholm, Borås och Lund. Institutet bedriver forskning, materialutveckling, konsultverksamhet och utbildning inom betong och berg. CBI är ett dotterbolag till SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.



Mariusz Kalinowski
mariusz.kalinowski@cbi.se

Observationer

Sulfatangrepp observerades till djup av 6-11 mm i betongprover som är tagna under vattenlinjen i Skår och Rösholmen. Sulfatangreppet består av svag nedbrytning av cementpasta, urlakning av kalcium, mikrosprickbildning samt nybildning av sulfater. Djupet hos sulfatangrepp stämmer väl överens med omfattningen av förhöjda sulfathalter i cementpastan som mättes upp med hjälp av EDS-analys i SEM. Sulfatangreppets djup i betongen ökar med vattendjupet. I de sulfatangripna yttre skikten finns kraftigt uppspruckna områden som består av delvis nedbruten cementpasta (se exempel bild 2). Trots en detaljerad mikrostrukturundersökning som gjordes i ett flertal av dessa områden har vi inte kunnat identifiera thaumasit. Kemisk analys av reaktionsprodukterna i områden med nedbruten cementpasta indikerar ettringitlika sammansättningar, vilket är karaktäristiskt för den vanliga typen av sulfatangrepp. Thaumasitlika sammansättningar har däremot observerats hos sulfatkristaller som fälldes ut i betongens luftporer (bild 3). Kristallerna uppvisar i huvudsak blandsammansättningar och består av antingen ettringit och thaumasit i fast lösning eller sammanväxta submikroskopiska ettringit- och thaumasitdomäner. Sammansättningarna kan vara thaumasit- eller

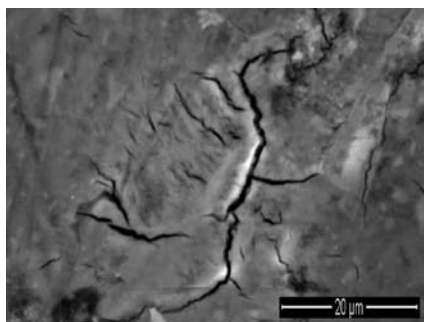


Bild 2. Cementpasta angripen av sulfationer.

ettringitdominanta och variera även inom en och samma kristall. Mer eller mindre rena ettringit- och thaumasitkristaller har också observerats i betongproverna men ser ut att vara ovanliga.

Thaumasitvarning?

Undersökningen visar att kalkfiller i betong med anläggningscement (CEM I SR/LA), som exponeras mot havsvatten på Västkusten, kan generera thumasitbildning. Inträngning av sulfat i betongen har således inneburit viss nedbrytning av cementpastans kalciumsilikat-hydrat, vilket förklarar att betong med kalkstensfiller uppvisar något större angreppsdjup än betong utan kalkstensfiller i våra laboratorieförsök. Vi har dock inte observerat någon kraftig upplösning av kalciumsilikat-hydrat som är typisk för sulfatangrepp av thaumasit-typ i betongprover från hamnkonstruktionerna. Även om thaumasit bildas i ett skede av sulfatangreppet så förhindras denna reaktion innan den får några konsekvenser för betongens hållfasthet. En förklaring kan vara att bildning av thaumasit avstannar när pH sjunker i samband med inträngning av havsvatten i betongen och urlakning av kalciumhydroxid från cementpastan. Sulfatangreppet övergår då i ett vanligt sulfatangrepp som producerar ettringit.

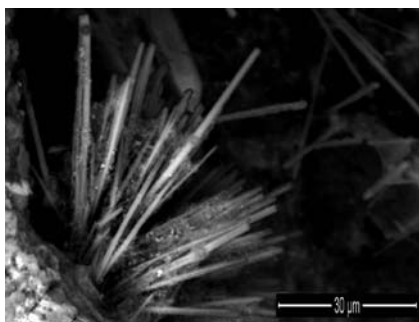


Bild 3. Sulfatkristaller i luftpor.

Sulfatangreppet på betongen från hamnkonstruktionerna i Skår och Rösholmen har inte orsakat någon kraftig nedbrytning av cementpastan efter 10 års exponering mot havsvatten och ser ut att i huvudsak bestå av ett vanligt sulfatangrepp. Detta indikerar att angreppet är beroende av C_3A och dess hastighet har begränsats av en låg C_3A -halt i anläggningscementet. Vi bedömer att det inte finns någon risk för utveckling av ett snabbt nedbrytande sulfatangrepp av thaumasit-typ i betong med kalkstensfiller i marin miljö om man använder ett cement med en låg C_3A -halt. Å andra sidan innebär thaumasitbildning, som i närvaro av kalkfiller sker även i betong med ett sulfatresistent cement, en snabbare urlakning av betongens cementpasta och höjning av bindemedlets kapillärporositet. På sikt försämrar detta betongens beständighet. Vi anser därför att man bör undvika användning av kalkstensfiller i betong som exponeras mot sulfatrik miljö, till exempel marin miljö på Västkusten eller i avloppsreningsverk.

Referenser

- [1] BRE Special Digest 1, Concrete in aggressive ground, Part 1-4, 2001.
- [2] Trägårdh, J.: När finns risk för thaumasitbildning i självkompakterande betong med kalkfiller? BETONG, nr 3, 2005.
- [3] Kalinowski, M., Trägårdh, J.: Thaumasite and gypsum formation in SCC with sulfate resistant cement exposed to a moderate sulfate concentration. In: Proceedings of the 2nd North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete and the 4th International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete, (p. 319-327), 2005.
- [4] Kalinowski, M.: Sulfatangrepp på betong med anläggningscement och kalkfiller exponerad mot havsvatten på Västkusten. CBI Uppdragsrapport PX00140, 2012.