

I dette nummer

Få fat i alle små detaljer	1
Dansk Betonforenings 60 års jubilæum	3
Nye medarbejdere i Betonafdelingen . . .	4

Leder

Vi har tilegnet denne udgave af Concrete News til mikroundersøgelser af materialer som beton, keramik og metaller.

FORCE Technology bruger avancerede optiske og scanning elektron mikroskoper (EDS, SEM og FIB/SEM) primært til undersøgelser af metalartikler. Disse instrumenter er for nyligt fundet meget velegnede til at karakterisere beton og lignende komplekse materialer.

Betonafdelingen bruger dette udstyr til at analysere materialers egenskaber og også til at bestemme årsager og type af skader. Hvordan disse analyser kan bruges til forskellige formål beskrives i artiklerne i denne udgave af Concrete News. Også kombinationen af NDT-metoder og mikrostrukturanalyser er til stor fordel for vore kunder.

Betonafdelingen har deltaget i udstillingen i forbindelse med Dansk Betonforenings 60 års jubilæum. Udstillingen foregik på Hotel Marriot i København, 20. september 2007.

Vi har udvidet vor afdeling med tre nye eksperter, hver med deres specielle arbejdsområde. Med denne udvidelse, som også omfatter et kontor i Århus, bliver vi i stand til også at tilbyde vore jyske kunder alle betonafdelingens ydelser og produkter.

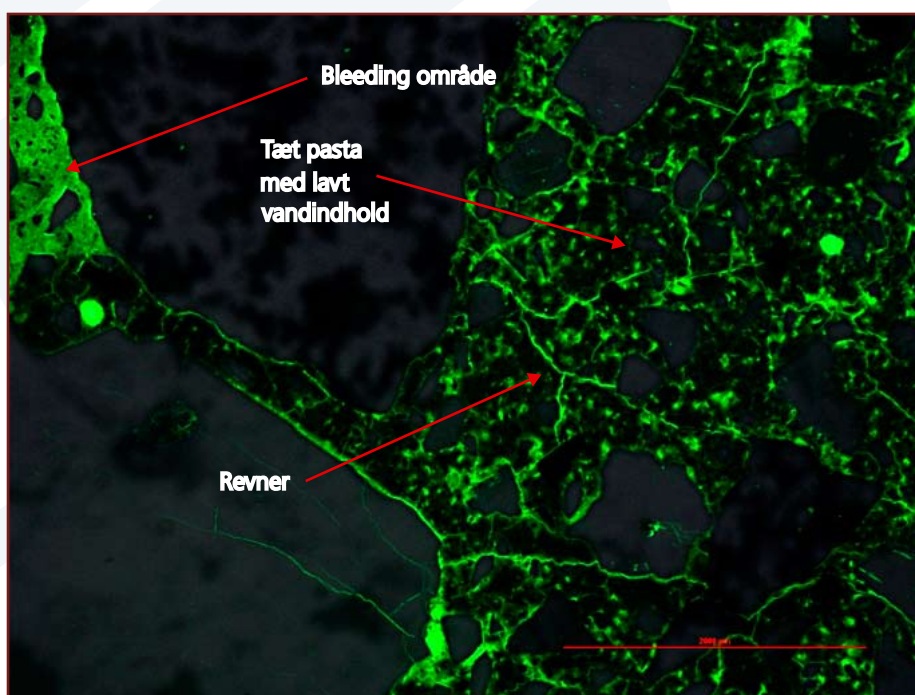
Vi håber, at du finder vore artikler i denne udgave af Concrete News interessante.

God fornøjelse med læsningen.

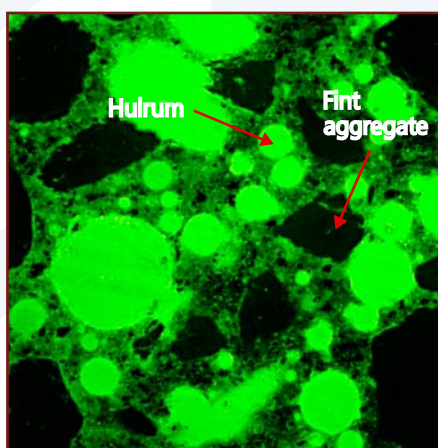
Brián Kofoed
Redaktør

Få fat i alle små detaljer!

Mikroanalyse værktøj til betonundersøgelser



Figur-1: Mikrograf er taget fra et tyndslib, lavet af slaggebeton. Billedet viser adskillige mikrorevner og områder med bleeding. Billedet er taget i fluorescerende lys.



Figur-2: Mikrograf optaget i fluorescerende lys. Billedet viser et ekstremt højt luftindhold i beton. Luftmængden forårsagede reduktion af trykstyrken. Det høje luftindhold var forårsaget af en overdosis af polycarboxylat-baseret plastificeringsmiddel.

At få det rigtige svar, i rette tid, til den rigtige pris er altid et problem!

Det er derfor vigtigt at have den rigtige værktøjskasse, når et problem opstår. Det gælder inden for medicin, lige så vel som for skadesopklarende undersøgelser af betonkonstruktioner.

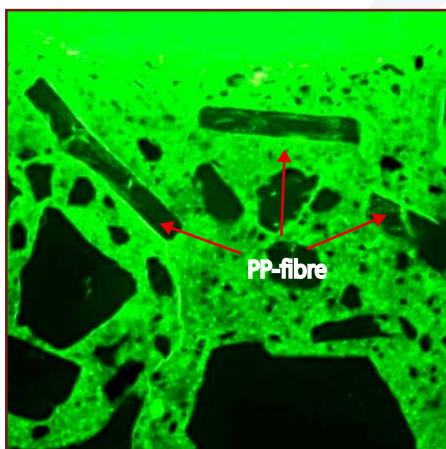
Under alle former for skadesopklarende undersøgelse er det vigtigt at vide så meget som muligt om patienten. I nogle tilfælde har man hele historien, og i andre ved man mere eller mindre ingenting.

Metoder til undersøgelse

Ind i mellem vil en tur rundt på konstruktionen med en hammer løse problemet. Andre gange scanner man hele konstruktionen med alle mulige slags ikke-destruktive teknikker fra GEORADAR til røntgen, og med seismiske metoder såsom impact ekko, SASW, MASH og ultra puls ekko.

Derefter tager man måske kerner eller andre prøver fra strategiske steder og beskriv-

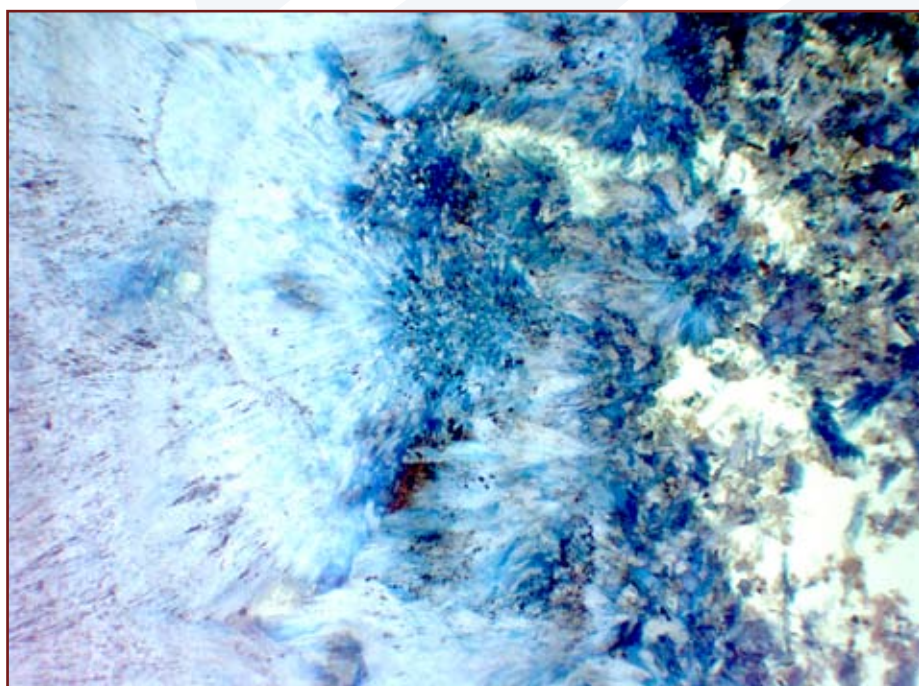
er dem i laboratoriet. Ind imellem får man så besvaret spørgsmålet om, hvorfor patienten døde, eller hvad risikoen er for et dødsfald.



Figur-3: Mikrograf optaget fra overfladen på beton forstærket med polypropylen fibre. Bemærk de fine revner som løber i fibergrænsefladen. Prøven blev taget på et brodæk, som dørjer med alvorlig overflade afskalning. Afskalningen er forårsaget af frost/tø skader. Der er ikke blandet tilstrækkeligt luft i betonen, vand-til-cement forholdet var for højt og endeligt optrådte fibrene som væger, som tillod vand og salt at trænge ind i betonen.

Avancerede mikroskoper

Undersøgelse af mikrostrukturen i ødelagte materialer er ofte altafgørende for at forstå driftssvigtet. Derfor tager FORCE Technology avancerede optiske og scanning elektron mikroskopteknikker til hjælp for at finde årsager til fejl i metaller, kompositter og beton.



Figur-5: Optisk mikroskop mikrograf optaget under normal lyssetning. Billedet viser nåleformet jernfosfat på en betonoverflade fra en rådnetank til spildevandsslam.

Fejlagtig recept?

Årsagen til fejl eller skader i betonkonstruktioner kan ikke altid forklares ved hjælp af en NDT eller makroskopisk analyse. Fejlen kan være forårsaget af u hensigtsmæssige bestanddele, en fejltagtig recept, eller afvigelser fra denne, forkerte produktionsmetoder eller udefrakommende årsager såsom salt, fugt eller ekstreme temperaturer.

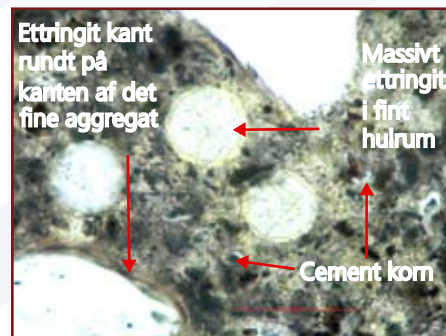
Den første måde, hvorpå man løser dette problem er ved at fremstille et fluorescerende epoxy-impregneret tyndslib fra den ødelagte konstruktion. Tyndslibet er som oftest 45 mm x 30 mm og er slebet til en tykkelse på 20 µm.

Ved at undersøge slibet i normalt og polariseret lys, er det muligt at beskrive og kvantificere bestanddelene og derved checke om betonen var fremstillet i henhold til forskriften.

Ved at undersøge prøven i fluorescerende lys er det muligt at bestemme vand til cement forholdet og beskrive luftporer i strukturen og revne- og porøsitetmønstre, (se figur 1-2).

Optisk mikroskopi vil også afsløre alkali silica reaktioner/alkali karbonatiseringsreaktioner, sulfatangreb, ætsning/opløsning, sekundære ødelæggende aflejringer og karbonatisering, (se figur 3-5).

Ved at beskrive revnemønstret overfor de ødelæggende reaktioner såsom karbonatisering eller udfældninger af sekundære mineraler eller salte kan bidrage til at opklare, hvornår revnen er startet.



Figur-4: Mikrograf der viser fine hulrum fyldt med massivt ettringit og en kant af ettringit langs dele af tilslaget. Dette er typisk for fænomenet kaldet DEF eller forsinket ettringit. DEF ses normalt i varmebehandlede forstøbte elementer, hvor varmebehandlingstemperaturen er oversteget 70° C. Ettringit dannes som en naturlig del af hydratiseringsprodukterne, under den normale hydratisering af cement. Ettringit er ikke stabil over 70° C. Når elementet køler ned og efterlades i fugtig tilstand begynder ettringit at blive dannet. Sulfatfaserne, dannet over 70° C optager mindre plads end ettringit. Når ettringit begynder at blive dannet, vil stoffet udvide sig og dermed svække betonen.

Optisk mikroskopi

I nogle sager er det ikke muligt at bestemme sammensætningen af sekundære aflejringer ved hjælp af optisk mikroskopi alene. I nogle tilfælde er man nødt til at beskrive hydratiseringsprodukterne og cementen eller mineralske tilsætningsstoffer eller flyveaske, slagge eller andre pozzolanske materialer, og hvordan de interagerer.

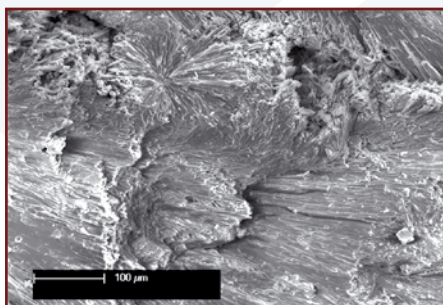
I disse tilfælde er scanning elektron mikroskopi (SEM), kombineret med elektron dispersiv energi detektor (EDS), et stærkt værktøj til brug for at beskrive meget fine morfologiske detaljer og lokale kemiske variationer. (se figur 6-8)

Scanning elektron mikroskopi kan udføres på næsten alle former for materialer, så længe det passer ind i instrumentets kammer. Før man udfører SEM/EDS analyser er det vigtigt at planlægge hvad man søger, da området man skanner normalt er mindre end 5 x 5 mm.

For at opnå det bedste resultat må man vælge om man går efter morfologi eller sammensætning. Man kan altid finde begge dele, men det er smart at mindske antallet af analyser.

Prøveemner med og uden belægning

Når man leder efter fine detaljer på en nanoskala, er man nødt til at lægge et fint lag guld eller platin på prøveemnet. Ulempen ved at lægge et metallag på prøveem-



Figur-6: SEM billede som viser faste jernsulfatudfældninger på en betonoverflade fra overfladen i en rådnetank.

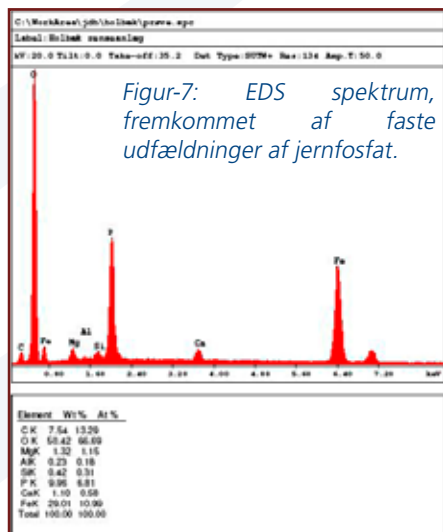
net er, at det forhindrer en i at lave et ordentligt EDS-spektrum af materialet under metallaget. Oftest kan man ved den type undersøgelse kun bestemme sammensætningen af belægningen.

Hvis man planlægger at analysere prøven for en kombination af morfologi og sammensætning, kan man i nogle tilfælde analysere prøveemnet direkte, uden bedampning af metallaget.

Afhængigt af materialet, kan det være vanskeligt at få detaljerede oplysninger fra prøveemner uden belægning, idet nogle materialer lader op, når de bliver ramt af en elektronstråle.

Backscatter elektron mikroskopi

Når formålet er at studere fine kemiske variationer i cementkorn eller sekundær mineralisation, må man udføre undersøgelsen

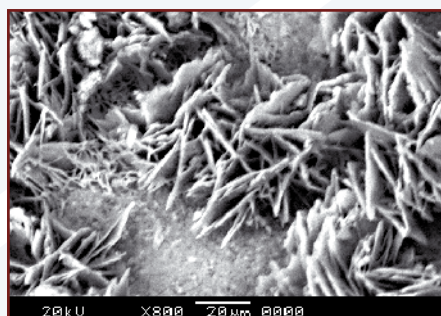


Figur-7: EDS spektrum, fremkommet af faste udfældninger af jernfosfat.

på polerede prøveemner. Afhængigt af materialet, kan undersøgelsen foretages på ubestrøgne eller kulbestrøgne prøveemner.

Undersøgelsen udføres via backscatter elektron mikroskopi, hvor endda ret små variationer i den kemiske sammensætning vil vise sig som forskellige grå-tone skygger. Ved hjælp af billedanalyse er det muligt at skelne og kvantificere forskellige faser i et prøveemne.

De forskellige faser i et prøveemne kan også visualiseres ved at udføre kortlægning af grundstofferne, hvor backscatter kombineres med EDS målinger. Systemet er sat op til at skulle scanne en serie forskellige stoffer så som Ca, Na, Cl, Mg etc.



Figur-8: Bladformede calcium karbonat udfældninger på en pigmenteret betonflise. Calcium karbonat udfældningerne frembragte hvide pletter på den røde flise.

Fordelingen af hvert stof vises i et vindue for sig selv. Denne metode giver en god fornemmelse af fordelingen af grundstoffer i det angivne undersøgelsesområde.

Beskyttende overfladebelægninger og funktionelle nanobelægninger på næsten alle slags materialer bliver mere og mere vigtige. Da disse typer belægninger er meget tynde (nano-størrelse) er de også meget vanskelige at beskrive.

Ved at undersøge prøveemnet ved hjælp af FIB-SEM er det muligt at "grave" ind i prøveemnet og derved generere et profil gennem overfladelaget inklusive nanolaget.

Konklusion

For at kunne forstå fejlmekanismer er det meget vigtigt at undersøge mikrostrukturen på næsten alt ødelagt materiale. Mikrostrukturen alene giver ikke altid svar på problemet, men kombineret med andre informationer om strukturen og andre analyser, vil den være et uvurderligt værktøj.

Yderligere information:
Jens Henriksen
 +45 43 26 72 28 • concrete@force.dk

Fakta boks

FORCE Technology har avanceret udstyr til udførelse af mikroundersøgelse og materialekarakterisering af næsten alle faste materialer. Udstyret bruges som standardudstyr i vore ydelser og rådgivning om korrosion, metal-karakterisering og betonundersøgelser.

FORCE Technology kan assistere med at skræddersy, planlægge og udføre specielle undersøgelser af næsten alle typer materialer.

FORCE Technology er akkrediteret til en lang række materialeprøvning og procedurer ifølge EN standarderne.

Dansk Betonforenings 60 års jubilæum

FORCE Technology var til stede på udstillingen i forbindelse med 60 års jubilæet for Dansk Betonforening. Udstillingen blev afholdt på Hotel Marriot i København 20. september 2007.

Vi præsenterede vores nyligt udviklede instrument - VMM, et voltmeter, udviklet til at måle potentialerne på vore ERE 20 referenceelektroder. Ved at bruge VMM-instrumentet og ved jævnligt at måle potentialer kan man øge restlevetiden for betonkonstruktioner.



Gæsterne kunne også se vores Galva-Puls, som bruges til at bestemme korrosionsudbredelsen i betonarmering og vores nyligt indkøbte GSSI SIR-3000 Radar. Den kan bestemme detaljer i beton ned til en dybde på 0,5 meter og finde større genstande under jorden så dybt som 4 meter.

Der kom mange besøgende forbi for at kigge nærmere på vore produkter og ydelser og for at få at vide, hvorfor vi var klædt i hvide kitler. Kitlerne vakte i hvert fald en vis opsigt på udstillingen.

Nye medarbejdere i betonafdelingen

Inden for de sidste par år har betonafdelingen gennemgået en meget positiv udvikling hvad angår aktiviteter og økonomisk vækst.

Set i dette lys blev det besluttet at udvide medarbejderstaben med tre nye personer, det vil sige én tekniker, én ingeniør og én geolog. I tillæg hertil har **Peter V. Nygaard** færdiggjort sine ph. d. studier og er blevet fastansat i betonafdelingen.

Vores nye medarbejdere er:

Dennis Lund Nielsen

35 år, med baggrund i byggeteknik og med erfaring fra byggebranchen og vedligeholdelsesarbejde, og har de seneste 7 år været ansvarlig for sådanne arbejdsopgaver på Herlev hospital.

Dennis skal indgå i det daglige team med opgaver som omfatter tilstandsmåling ved hjælp af ikke-destruktive teknikker og salg og installation af sensorer til kontrol af korrosion i betonarmeringer.



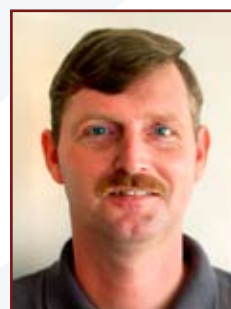
Kontakt information:

Dennis Lund Nielsen
+45 43 26 76 11 • concrete@force.dk

Peter Vind

40 år, har en baggrund som bygningsingeniør fra Horsens Teknikum og har mange års erfaring fra arbejde i entreprenørvirksomheder - mest i udlandet på store byggepladser. De seneste 3 år har Peter arbejdet som kvalitetssikringsleder i firmaet E. Pihl & Søn på et projekt i Zanzibar på den afrikanske østkyst.

Den store erfaring som Peter har fra byggepladser over hele verden har stor værdi og vil bidrage perfekt til kompetencerne hos de andre ansatte i betonafdelingen. Peter har fast udgangspunkt i Århus og vil herfra servicere alle vore jyske kunder med de mange produkter og ydelser, vi tilbyder i betonafdelingen.



Kontakt information:

Peter Vind
+45 22 69 70 98 • concrete@force.dk

Jens Henriksen

er uddannet geolog, cand. scient. fra Københavns Universitet. Han har arbejdet med skadesopklarende undersøgelser af beton, natursten og lignende materialer de sidste 14 år. Jens' primære arbejdsområder er mikroundersøgelser af beton og andre cementholdige stoffer ved hjælp af optisk mikroskopi og SEM/EDS. Han har yderligere arbejdet med en række forskellige NDT teknikker til undersøgelse af betonkonstruktioner.

Før sin ansættelse hos FORCE Technology arbejdede han hos Rambøll, W.R. Grace i Boston, USA og hos Teknologisk Institut.



Kontakt information:

Jens Henriksen
+45 43 26 72 28 • concrete@force.dk

Concrete News er et nyhedsbrev om inspektion og undersøgelse af beton.

Nyhedsbrevet udkommer to gange årligt.

Materiale fra nyhedsbrevet må gengives med angivelse af kilde.

Yderligere information kan findes på www.forcetechnology.com

Redaktion:
Mikael Horup (ansvarshavende)
Brian Kofoed

ISSN 1600-6429

©FORCE Technology, 2008

Concrete News udgives af
FORCE Technology,
Park Allé 345
2605 Brøndby
Tel.: +45 43 76 00 00
Fax: +45 43 76 00 11
force@force.dk
www.forcetechnology.com