

SBUF-projekt 13291

Transport av lösta ämnen i framtidens betong med nya bindemedel

Bakgrund och syfte

Cementproduktion står idag för en ansenlig andel av världens koldioxidutsläpp, vilket driver utvecklingen av bindemedel med lägre koldioxidutsläpp. För utsläppen i ett längre perspektiv är dock de nya bindemedelens beständighet absolut avgörande. De flesta nedbrytningsmekanismer är direkt relaterade till både fukt- och jontransport. Dessa processer har undersökts i många studier, men huvudsakligen under fuktmättade förhållanden. På grund av varierande exponeringsförhållande och självuttorkning varierar dock fuktförhållandena i en betongkonstruktion mycket under dess livslängd och det saknas kunskap om relationen mellan jontransport och fukttransport under omättade förhållanden. Målet med detta projekt var att bidra med ny kunskap inom detta område.

Livslängdsmodeller kan användas för att prognostisera vad som händer i material över tid, men för att modellerna ska kunna ge tillförlitliga prognoser krävs grundläggande förståelse för de underliggande fysikaliska och kemiska relationerna i materialet. I detta projekt undersöktes dessa fysikaliska relationer experimentellt. Projektet är uppdelat i två studier där fuktberoendet hos jondiffusion respektive jonkonvektion undersöktes. "Konvektion" innebär att de lösta ämnena, jonerna, följer med vattnet/fukten då denna transporteras.

Genomförande

Experiment gjordes med bruk med två vattenbindemedelstal (0.38 och 0.53) och med fyra bindemedel (OPC, 95% OPC + 5% kiselstoft, 60% OPC + 40% GGBFS, och 30% OPC + 70% GGBFS) (OPC = Ordinärt Portlandcement, GGBFS = mald, granulerad masugnsslagg).

I diffusionsstudien användes resistivitetmätningar och Nernst-Einsteins ekvation för att utvärdera fuktberoendet hos kloriddiffusionskoefficienten, d.v.s. $D_{Cl}(RH)$ och $D_{Cl}(S)$, där RH är den relativa fuktigheten och S är vattenmättnadsgraden. Desorptionsisotermerna mättes med en gravimetrisk boxmetod och sorptionsväg. Konduktiviteten hos porlösningen bestämdes med två olika metoder. Först användes en förenklad metod för bestämning av porlösningens sammansättning. Begränsningen med denna metod är att den bara möjliggör bestämning av porlösningens sammansättning för bruk med OPC som bindemedel. Därför användes sedan även ett termodynamiskt modelleringsprogram, GEMS, för att bestämma porlösningens sammansättning och kloriddiffusionskoefficienten för alla bruk.

Konvektiv jontransport är mer komplicerat att studera eftersom det är svårt att särskilja jontransport och fukttransport. För cementbaserade material är det svårt, och kanske omöjligt, att designa ett experiment där jontransporten endast påverkas av den konvektiva fukttransporten. Cementbaserade material är per definition material som reagerar med vatten. Därför kommer det alltid att ske ett utbyte mellan porlösning och de fasta faserna, speciellt under icke mättade förhållanden. För att studera konvektiv jontransport gjordes "wick action" experiment, vilket innebär att en provkropp utsätts för en saltlösning på ena ytan och får torka från den andra så

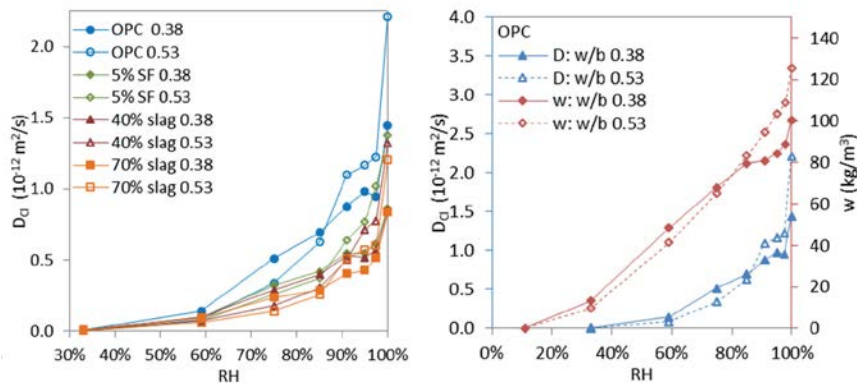
att det sker en fukttransport genom provkroppen. Joner följer då eventuellt med fukttransporten och samtidigt sker det diffusion av joner i porvattnet.

Efter wick-action-exponering mättes kloridprofiler och fuktprofiler med mikroXRF respektive ^1H NMR relaxometri.

Fuktdiffusionskoefficienter mättes parallellt i denna studie med koppmetoden för en serie olika RH och utvärderades med den s.k. fundamentalpotentialen.

Resultat

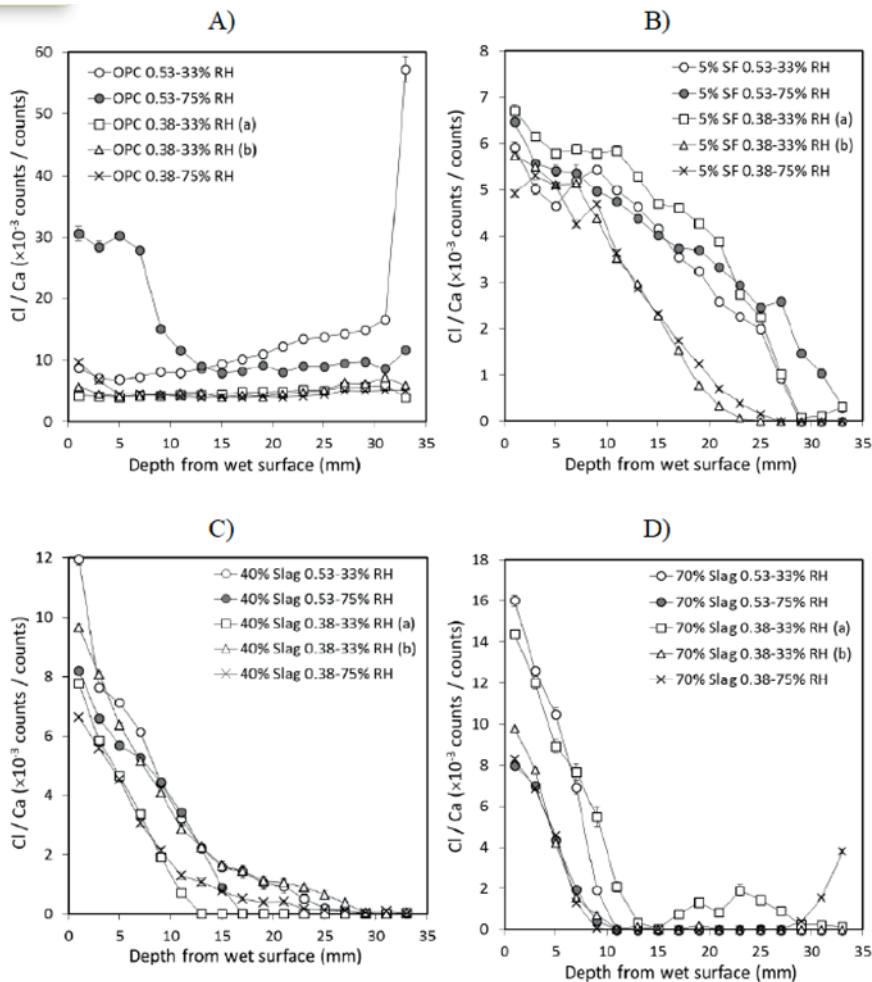
Resultaten visade att $D_{cl}(S)$ är oberoende av vattenbindemedelstalet, men att detta beroende varierar mellan de studerade bindemedlen. Resultaten visade även att det verkar finnas en relation mellan $D_{cl}(RH)$ och desorptionsisotermen, dvs hur mycket vatten det finns i porsystemet vid respektive RH, för de olika bindemedlen.



Figur 1. Det uppmätta fuktberoendet hos jondiffusion för de åtta brukna (till vänster). Jämförelse med desorptionsisotermen för OPC (till höger) [1].

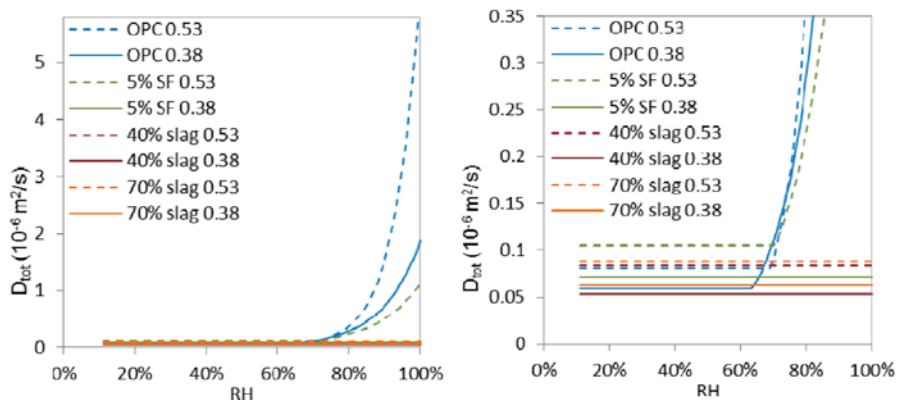
I exemplet till höger i Figur 1 ses att det sker en viss jondiffusion även vid så låg RH som 60 %. Den är inte särskilt stor trots att nästan halva porsystemet är fyllt med vatten.

Kloridprofilerna efter ca 2 år och 6 månaders wick-action-exponering visas i Figur 2. Kloriderna hade hunnit fram till den torra ytan för bruk med OPC men inträngningsdjupen var allt mindre för brukna med kiselstoft, 40 % slagg respektive 70 % slagg.



Figur 2. Uppmätta kloridprofiler efter ca 2 år och 6 månaders wick-action-exponering för de åtta bruken (A = OPC, B = 5 % kiselstoft, C = 40 % slagg, D = 70 % slagg). Observera de olika skalorna på y-axeln [2].

De uppmätta fuktdiffusionskoefficienterna för de åtta bruken visas i Figur 3. Det finns stora variationer i fuktberoendet hos fuktransportkoefficienterna mellan de olika bindemedlen och dessa variationer kan inte kopplas till desorptionsisotermerna, tvärtom vad som erhöles för den rena jondiffusionen. Det ska dock noteras att bruken hade olika ålder vid bestämning av dessa egenskaper; ca 8 månader för jondiffusionskoefficienterna respektive ca 2 år för fuktransportkoefficienterna. Fuktransportkoefficienten är konstant för fem av bruken och fuktberoende bara för OPC-bruken och bruket med kiselstoft med det högst vbt.



Figur 3. Uppmätta fuktdiffusionskoefficienter för de åtta brukerna, med två olika skalor på y-axeln [3].

De uppmätta klorid- och fuktprofilerna diskuterades i relation till fuktberoende materialegenskaper, såsom kloriddiffusionskoefficienter, fuktdiffusionskoefficienter, kloridbindningskapacitet och desorptionsisotermer, men något entydigt samband mellan dessa och kloridprofilerna kunde inte identifieras. Istället visade studien att bindemedlets sammansättning är den egenskap som tydligast påverkar inträngningsdjupet av klorid. De uppmätta materialegenskaperna är dock alla viktiga parametrar för prognostisering av kloridinträning och alla dessa materialegenskaper påverkas av bindemedelssammansättningen.

Ytterligare information

Kontaktpersoner

Nilla Olsson, NCC, tel 0705-798 515

e-post: nilla.olsson@ncc.se

Lars-Olof Nilsson, LTH, tel 0703-315 365

e-post: lars-olof.nilsson@byggttek.lth.se

Ändrad fältkod

Ändrad fältkod

Litteratur:

Experimental studies of ion transport in cementitious materials under partially saturated conditions.

(Byggnadsmaterial, LTH, rapport TVBM-1037 av Nilla Olsson, 67 sidor) kan laddas ner från [http://portal.research.lu.se/portal/en/publications/experimental-studies-of-ion-transport-in-cementitious-materials-under-partially-saturated-conditions\(5a4ca24a-044b-4115-b6e1-2b6873d37685\).html](http://portal.research.lu.se/portal/en/publications/experimental-studies-of-ion-transport-in-cementitious-materials-under-partially-saturated-conditions(5a4ca24a-044b-4115-b6e1-2b6873d37685).html)

Referenser:

[1] N. Olsson, B. Lothenbach, V. Baroghel-Bouny, L.-O. Nilsson, *Unsaturated ion diffusion in cementitious materials – The effect of slag and silica fume*, Cement and Concrete Research, 108 (2018) 31-37.

[2] N. Olsson, F. Abdul Wahid, L.-O. Nilsson, C. Thiel, H. S. Wong, V. Baroghel-Bouny, *Wick action in mature mortars with binary cements containing slag or silica fume – The relation between chloride and moisture transport properties under non-saturated*

conditions, Accepted for publication in Cement and Concrete Research, June 2018.
[3] N. Olsson, L.-O. Nilsson, M. Åhs, V. Baroghel-Bouny, Moisture transport and sorption in cement based materials containing slag or silica fume, Cement and Concrete Research, 106 (2018) 23-32.