

Kloridinträngning och armeringskorrosion i betong vid havsmiljö

Korrosion av armeringsstål är en av de största utmaningarna vid livslängdsdimensionering av betongkonstruktioner utsatta för klorider. För att kunna dimensionera betongkonstruktioner på ett ekonomiskt, hållbart och säkert sätt samt göra livslängdsbedömningar på redan befintliga konstruktioner behövs modeller för hur klorider och fukt transporteras i betong. I det projekt som beskrivs här har betongplattor tillverkade med olika sammansättningar exponerade i marin miljö under 20 år undersökts. De unika data som har tagits fram i detta projekt ger entreprenörer och konstruktörer möjlighet att prediktera olika framtida scenarier genom att använda en bra verifierad livslängdsmodell med bra materialdata.

Bakgrund

Sedan våren 1992 exponeras ett stort antal betongplattor av cirka 40 olika betongsammansättningar, vid en fältprovplats i Träslövs-läges hamn i Varberg på svenska västkusten. Många av dessa plattor innehåller armeringsstål ingjutet på olika djup från ytan. Betongsammansättningarna är tillverkade med olika portland-cement och olika kombinationer av portlandcement, kiselstoft och flygaska. Genom ett nationellt forskningsprojekt (Beständighet Marina Betongkonstruktioner) och ett Vägverksprojekt utfört 2002 har grundliga karteringar av fukt- och kloridprofiler gjorts på samtliga betongkvaliteter efter 1,5 respektive 10 års exponering. Våren 2012 hade provkropparna exponerats vid provplatsen under 20 år. Genom detta projekt nyttjades den redan gjorda investeringen genom ytterligare en grundlig kartering. Det är första gången i historien som vi har tillgång till så väldokumenterade långtidsprovningar under naturlig exponering. Denna exponeringstid svarar mot en femtedel av förväntad livslängd på våra broar med längst dimensionerad livslängd. Resultaten från detta projekt ger unika data som bidrar till mer tillförlitliga livslängdsdimensioneringar. Kunskapen kan användas vid materialval och dimensionering av nya betongkonstruktioner men också vid bedömning av återstående livslängd och som underlag vid planering av underhålls- och reparationsåtgärder på befintliga konstruktioner.

Syfte

Syftet med detta projekt var att genom att nyttja tidigare gjorda investeringar erhålla unika data efter långtidsexponering av betong och på så sätt:

- Förbättra kunskapen om armeringskorrosion i samband med kloridinträngning och fuktvandring hos betong exponerad i marin miljö under 20 år.

- Öka kunskapen om verkliga tröskelvärden för kloridhalt för betongsammansättningar med olika bindemedelskombinationer.
- Kalibrera befintliga beräkningsmodeller för kloridinträngning.
- Kalibrera icke-förstörande metoder för mätning av pågående armeringskorrosion.

Genomförande

Med stöd av SBUF, Skanska, Cementa och Elkem har arbetet utförts vid CBI Betonginstitutet och Chalmers i form av ett forskningsprojekt. Arbetet genomfördes genom kartläggning av samtliga armerade betongplattor exponerade på fältprovplatsen i Träslövs-läge. Kartläggningen utfördes genom:

- Uppmätning av korrosionstillstånd med icke-förstörande metoder. Det vill säga uppmätning av korrosionspotential, korrosionshastighet och betongresistivitet med hjälp av den snabba metoden RapiCor (5-10 sekunder per mätning).
- Uppmätning av kloridprofiler. Borrkärnor togs ut på olika nivåer och kloridprofilen bestämdes genom mätning av kloridhalter med en titreringsmetod på betongprov tagna på olika djup under betongytan.
- Uppmätning av fuktprofiler på olika nivåer på utvalda betongplattor.
- Bedömning av korrosionstillståndet med förstörande metoder. På ett stort antal betongplattor undersöktes den verkliga korrosionsomfattningen genom friläggning av armeringsstål och uppmätning av kloridhalten vid stålet.

Resultaten från kartläggningen användes sedan för bedömning av kloridtröskelvärden och för analys och kalibrering av befintliga modeller för kloridinträngning.

Resultat

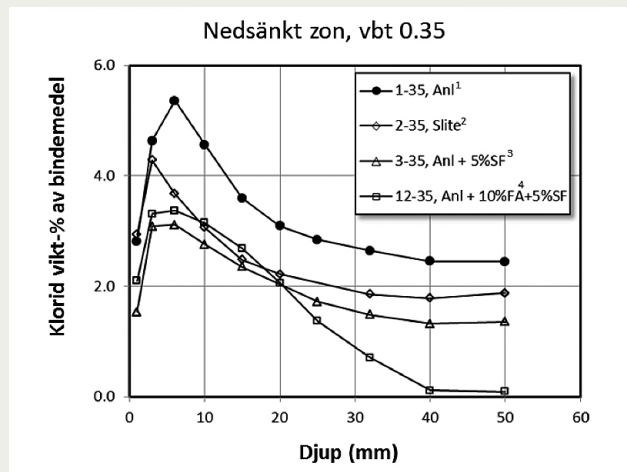
Här kommenteras resultaten översiktligt. För mer ingående resultatredovisning hänvisas till huvudrapporten.



Figur 1. Översikt av fältstationen vid Träslövsläge.

Provplattorna av betong med ingjutet armeringsstål var placerade hängande på flytande pontoner i Träslövsläges hamn, se figur 1. Detta möjliggjorde att tre olika exponeringszoner kunde undersökas: atmosfärisk zon, skvalpzonen och en zon helt nedsänkt under vatten. Resultaten visar att kloridinträngningen i allmänhet är större i den zon av provplattorna som varit nedsänkta under vattenytan jämfört med skvalpzonen och den atmosfäriska zonen.

Resultaten från uppmätning av kloridprofiler efter 20 års exponering visar att de betongsammansättningar som innehåller tillsatsmaterial så som flygaska och/eller kiselstoft behåller en långsammare kloridinträngning jämfört med övriga betongsammansättningar, se figur 2.



Figur 2. Kloridinträngning i betong med olika bindemedel.
1) Anläggningcement (CEM I 42,5 N MH/SR/LA), 2) Slitecement (CEM I 42,5 R), 3) Kiselstoft, 4) Flygaska

Resultat från jämförelse mellan uppmätta kloridprofiler och beräknade kloridprofiler visar att den mekanismbaserade modellen (ClinConc) ger en rimlig bedömning av kloridinträngningen från 1 upp till 20 års exponering. Den empiriska modellen (DuraCrete) underskattar däremot kloridinträngning i betong med låga vattenbindemedelstal och puzzolanska tillsatsmaterial. Resultaten visar att den bästa åtgärden för att erhålla 100 års livslängd med ett täcksikt på 60 mm är att använda en betongsammansättning

med portlandcement tillsammans med antingen 5 % kiselstoft eller 20 % flygaska eller en kombination av både flygaska och kiselstoft och med ett vattenbindemedelstal på 0,30.

Genom analys av korrosionsförhållanden och kloridhalt vid armeringsstålen efter 10 respektive 20 års exponering har en bedömning av kloridtröskelvärden gjorts. Resultat från uppmätning av pågående armeringskorrosion, visuell bedömning av korrosionsskador och uppmätning av kloridhalten vid armeringsstålet ligger till grund för bedömningen av kloridtröskelvärden. De sammantagna resultaten visar att för betongkonstruktioner i marin miljö är det rimligt att anta ett kloridtröskelvärde för initiering av korrosion på armeringsstål på åtminstone 1 % av bindemedelsvikten. Detta tröskelvärde verkar gälla för betong med olika bindemedel med en eller två huvudbeståndsdelar såsom ordinära portlandcement, sulfatresistent portlandcement och portland-silikacement med 5 % silikastoft, och för olika vattenbindemedelstal i intervallet 0,3 till 0,5. För betong med bindemedel sammansatt av de tre beståndsdelarna portlandcement, silikastoft (5 %) och flygaska (10 %) och med vattenbindemedelstalet 0,35 kan kloridtröskelvärdet vara så högt som 2 % av bindemedelsvikten.

Slutsatser

De unika data som tagits fram i detta projekt efter 20-års exponering i fält är värdefulla vid bedömning av vid vilken kritisk kloridhalt korrosionsprocessen initieras. De är också värdefulla för verifiering av olika livslängdsmodeller och icke-förstörande provningsmetoder när det gäller kloridinducerade armeringskorrosion hos marina betongkonstruktioner.

En direkt effekt från projektet är att entreprenörer och konstruktörer kan prediktera olika framtida scenarier genom att använda en bra verifierad livslängdsmodell med bra materialdata. Till exempel om det vid byggnation görs misstag i produktionen så ger väl verifierade livslängdsmodeller entreprenören kunskap om vilka åtgärder som kan vidtas så att full funktion erhålls. Livslängdsmodellerna kan också bidra till väl underbyggda motiv och argument i analysen av om ett eventuellt fel har någon praktisk betydelse eller inte. Dessutom bidrar en bra icke-förstörande metod för bedömning av armeringskorrosion till bättre, effektivare planering av underhålls- och reparationsåtgärder.

Ytterligare information

Kontaktpersoner:

Kyösti Tuutti, Skanska, tel: 0104-488816,

e-post: kyosti.tuutti@skanska.se

Peter Utgenannt, CBI Betonginstitutet, tel: 0105-166870,

e-post: peter.utgenannt@cbi.se

Litteratur:

- Chloride Ingress in Concrete Exposed to Marine Environment – Field Data Up to 20 Years Exposure (SBUF-rapport 12684, av Boubitsas, D. Tang, L., Utgenannt, P.). Kan beställas från www.sbuf.se – projekt 12684

Internet:

www.cbi.se