



NY TEKNOLOGI TIL ANLÆGSKONSTRUKTIONER

Nyhedsbrev, marts 2015: Beton-relaterede aktiviteter



Introduktion

“Ny Teknologi til Anlægskonstruktioner” er titlen på en tre-årig resultatkontrakt (2013-2015) indgået mellem Teknologisk Institut og Rådet for Teknologi og Innovation (Uddannelses- og Forskningsministeriet), som har til formål at tilvejebringe nye teknologier og ydelser til gavn for hele anlægssektoren.

I dette nyhedsbrev præsenteres et udpluk af de resultater, som foreløbigt er opnået gennem resultatkontraktens beton-relaterede aktiviteter.

Nyt website

Teknologisk Institut har i forbindelse med resultatkontrakten lanceret et nyt website (www.expertcentre.dk), der skal fungere som platform til bred formidling af udviklingsaktiviteter på anlægsområdet. Foruden resultater fra dette projekt finder man også på websitet en samling af nye og ældre rapporter og datasamlinger vedrørende væsentlige danske anlægs-konstruktioner og forskellige demonstrationsprojekter. Tanken er, at websitet med tiden generelt skal være det foretrukne sted at søge data eller viden om anlægskonstruktioner som f.eks. broer, tunneler og veje- og belægninger.

Ny håndbog for tilstandsvurderinger

Et af de temaer, der arbejdes med i resultatkontrakten, er metoder til tilstandsvurderinger af betonkonstruktioner. I den forbindelse har vi udarbejdet en håndbog om tilstandsvurderinger, som primært er rettet mod

nyuddannede ingeniører og andre fagfolk med begrænsede erfaringer på området. Håndbogen forsøger at give et indblik i relevante tilstandsmoniteringsmetoder relateret til de skader, der registreres på bygværket, så såvel årsag som omfang af skaderne kan kortlægges mest effektivt.

Håndbogen findes i 4 forskellige versioner: Som trykt publikation, som applikation til smartphones/tablets, som website og som “bladre-version” på internettet. For yderligere information: www.teknologisk.dk/35271.



Forside til Teknologisk Instituts nye håndbog om tilstandsvurderinger af betonkonstruktioner.

Workshop om holdbarhedsdesign

Der bliver i europæisk standardiseringssammenhæng arbejdet med at udvikle et nyt koncept for holdbarhedsdesign for betonkonstruktioner. Det er intentionen at konceptet skal indarbejdes ved næste revision af betonstandarden *EN 206* og *Eurocode 2*. Et foreløbigt udkast til konceptet var sidste år til kommentering i CEN-medlemslandene med frist for indlevering af svar ved udgangen af 2014.

Med henblik på at diskutere en dansk holdning til det foreslåede koncept afholdt Teknologisk Institut i samarbejde med Dansk Betonforening en workshop den 18. november 2014. På baggrund af input fra workshoppen har Teknologisk Institut bidraget til at udarbejde et samlet dokument med danske kommentarer til konceptet. Et af hovedbudskaberne i dokumentet er, at vi fra dansk side generelt støtter en bevægelse hen mod en performance-baseret metode til at specificere holdbarhed for betonkonstruktioner, men at konceptet i sin nuværende form ikke er modent til indførelse, da det bl.a. bygger på et forkert videnskabeligt grundlag.

Præsentationer fra workshoppen, samt baggrundsdokumenter vedrørende konceptet kan findes her: www.expertcentre.dk/dissemination.aspx.

Slanke konstruktioner i infrastrukturen

Der er udarbejdet en *state of the art*-rapport, som kortlægger potentialet af slanke konstruktioner i infrastrukturen sammenlignet med traditionelle konstruktioner. I rapporten belyses perspektiverne ved at anvende nye og innovative byggematerialer, eksempelvis glasfiberarmerede plastkompositter og kulfibre til at udføre konstruktioner til infrastrukturen, fremfor at anvende traditionelle materialer som beton og stål, der generelt resulterer i store og tunge konstruktioner. Én af rapportens væsentlige konklusioner er, at anvendelsen af de nye typer af byggematerialer har potentialet til at forbedre totaløkonomien for anlægsprojekter på trods af højere omkostning i anlægsfasen, da disse materialer har en tendens til at være associeret med lavere omkostninger i konstruktionernes driftsfase. Rapporten kan downloades her: www.teknologisk.dk/34944.

Opmærksomhedsskabende sceneri til anlægs-konstruktioner

I resultatkontrakten har vi arbejdet med opmærksomhedsskabende visuelle scenerier til anlægs-konstruktioner, dvs. scenerier som har til formål at fremme trafiksikkerheden og/eller løfte det æstetiske udtryk af en konstruktion. Vi har bl.a. udviklet en prototype målrettet tunnelbyggerier. Prototypen repræsenterer et udsnit af et betonelement til en tunnelvæg, og idéen er, selve betonen udnyttes som billedgivende overflade ved at reflektere lyset fra en serie af indlejrede lyskilder.



Prototype af betonelement til opmærksomhedsskabende sceneri til tunneler. Til venstre ses hvorledes en række lyskilder er indlejret i prototypen, og til højre ses, hvordan lyset reflekteres direkte fra betonoverfladen.

Bestemmelse af chloridtærskelværdier

En præcist bestemt tærskelværdi for chloridinitieret armeringskorrosion er en væsentlig forudsætning for pålidelig modellering af en chloridbelastet betonkonstruktions levetid. På Teknologisk Institut arbejder vi på at udvikle en ny accelereret prøvningsmetode til bestemmelse af chloridtærskelværdier gennem laboratorieforsøg, bl.a. ved deltagelse i en RILEM komité (TC 235-CTC), som arbejder med metodeudvikling til chloridtærskel-bestemmelse.

I RILEM komitéen er der udarbejdet et forslag til en prøvningsmetode, som netop er blevet testes i en ringtest med deltagelse af 12 forskellige laboratorier rundt om i verden, herunder i betonlaboratoriet på Teknologisk Institut. Den foreløbige konklusion på

ringtestens resultater er, at der stadig er lang vej igen, før vi er i mål med udvikling af en velfungerende og alment accepteret prøvningsmetode.

Resultater fra vores arbejde med bestemmelse af chloridtærskelværdier ved laboratorieforsøg er formidlet gennem [artikel](#) og [mundtlig præsentation](#) ved *XXII Nordic Concrete Research Symposium*, 13.-15. august 2014 i Island samt gennem en artikel i Magasinet Beton ([s. 42-43 i nummer 2 fra 2014](#)).



Betonprøver med indstøbte armeringsjern i forsøg med bestemmelse af chloridtærskelværdier.

Ny og enklere model for chloridindtrængning

Et af de overordnede temaer i resultatkontrakten er levetidsdesign for betonkonstruktioner. I den sammenhæng er der bl.a. arbejdet med at udvikle en model for chloridindtrængning i beton, som kan anvendes til at estimere betonkonstruktioners langtidsholdbarhed. Modellen bygger på en mere enkel matematisk formel til beskrivelse af chloridindtrængning, end hvad man typisk ser anvendt til levetidsberegninger. De foreløbige resultater antyder, at man med afsæt i den simple tilgang til modellering af indtrængningen kan opnå en mere pålidelig forudsigtelse af en konstruktions levetid.

En nærmere beskrivelse af de foreløbige resultater fra dette arbejde blev præsenteret på ICDC konferencen i Indien, New Dehli, den 4.-6. december 2014, både i form af en [mundtlig præsentation](#) og gennem [en artikel](#). Derudover er den foreslåede model for chloridindtrængning blevet præsenteret gennem en artikel i Magasinet Beton ([s. 12-15 i nummer 1 fra februar 2015](#)).

Laboratorieforsøg med chloridindtrængning ved temperaturcyklusser

Effekten af temperaturvariationer på indtrængningen af chlorider i beton er blevet undersøgt gennem en række laboratorieforsøg, hvor betonemner blev neddykket i NaCl-opløsninger og samtidig eksponeret for temperaturcyklusser. Forsøgene viste, at temperaturcyklusserne havde en lille, men signifikant, indflydelse på indtrængningshastigheden. Resultater fra forsøgene præsenteres i forbindelse med *fib Symposium 2015: Concrete - Innovation and Design*, som afholdes den 18.-20. maj 2015 i København.

Mock-up med indstøbte defekter

I Teknologisk Instituts betonlaboratorium er der fremstillet en mock-up til test og dokumentation af forskellige typer af NDT (*Non-Destructive Testing*) udstyr, dvs. ikke-destruktivt måleudstyr. Mock-up'en indeholder både homogene områder og områder med en række veldefinerede indstøbte defekter. Herudover er der også indstøbt armering med forskellige dimensioner og fire korrugerede rør (kabelrør).

Ved at foretage målinger på mock-up'en undersøges bl.a. udstyrenes evne til at detektere, hvorvidt kabelrør er injiceret korrekt. Desuden undersøges udstyrenes muligheder som tykkelsesmåler samt deres potentiale for at kontrollere den indstøbte betons homogenitet. Undersøgelserne har bl.a. vist, at *MIRA 3D Tomographer* er et alsidigt og stærkt udstyr, som med fordel kan anvendes til f.eks. kvalitetskontrol af indstøbte kabelrør. Resultater fra dette arbejde er nærmere beskrevet i en artikel bragt i Magasinet Beton ([s. 44-45 i nummer 3 fra august 2014](#)).

Mock-up af tunnelement til test af NDT-metoder

Med udgangspunkt i et tunnelement fra Storebæltsforbindelsen er der fremstillet en mock-up til test og dokumentation af NDT (*Non-Destructive Testing*) metoder til at detektere fejl i *back-filling grout*, dvs. den special-mørtel, som anvendes til at udfylde hulrummet mellem ydersiden af tunnel-elementerne og overfladen af den udgravede tunnel. Efter fremstillingen er mock-up'en blevet målt igennem med forskellige typer af NDT-

udstyr, og specielt Georadar vist et lovende potentiale som udstyr til at detektere fejl i *back-filling grout*. Der arbejdes nu på af opsamle resultaterne i en rapport.



Et tunnelelement fra Storebæltsforbindelsen er blevet anvendt som udgangspunkt for opbygning af en mock-up til test af NDT metoder til at detektere fejl i back-filling grout.

Mock-up af betonbro til test af alternativ brobelægning

Der er et stort potentiale for at kunne reducere de økonomiske omkostninger, som er forbundet med den traditionelt anvendte belægningsteknologi til broer, hvis et brugbart alternativ kan implementeres. Derfor er der i forbindelse med denne resultatkontrakt blevet fremstillet en mock-up af en miniature-betonbro opbygget uden asfalt og traditionel fugtisolering til test af en alternativ type brobelægning bestående af stålfiberarmeret højstyrkebeton. Arbejdet har bl.a. vist, at problemer med delaminering kan undgås, såfremt der udføres den rette overfladebehandling af den underliggende beton før den stålfiberarmede højstyrkebeton udstøbes.

Foreløbige resultater fra arbejdet er blevet formidlet gennem [en artikel](#) og en mundtlig præsentation i forbindelse med *XXII Nordic Concrete Research Symposium*, 13.-15. august 2014 i Island.

Mock-up til verifikation af temperaturfordeling i betonkonstruktioner

Med det formål at kunne teste implikationerne af de forskellige typer af foranstaltninger, som typisk anvendes til at kontrollere temperaturfordelingen i større betonkonstruktioner, er der i Teknologisk Instituts betonlaboratorium blevet fremstillet en særlig mock-up bestående af en stor isoleret betonblok (0.6 x 1.2 x 6.5 m) med indstøbte kølerør, varmetråde og termofølere. I øjeblikket gennemføres en række testforsøg til verifikation af mock-up'en. Resultater fra dette arbejder vil blive præsenteret til maj ved *fib Symposium 2015: Concrete - Innovation and Design*.



Støbning af mock-up med kølerør, varmetråde og termofølere.

Møde med referencegruppen

Torsdag den 28. maj 2015 inviteres referencegruppens medlemmer til møde på Teknologisk Institut, hvor vi vil præsentere og diskutere nærmere om de forskellige aktiviteter i "Ny Teknologi til Anlægskonstruktioner". Så vi håber, at I har tid og lyst til at komme en tur forbi Teknologisk Institut og blive opdateret mht. projektets resultater og videre planer.

Til alle referencegruppens medlemmer sende vi snarest muligt en e-mail med nærmere detaljer og et program for mødet.