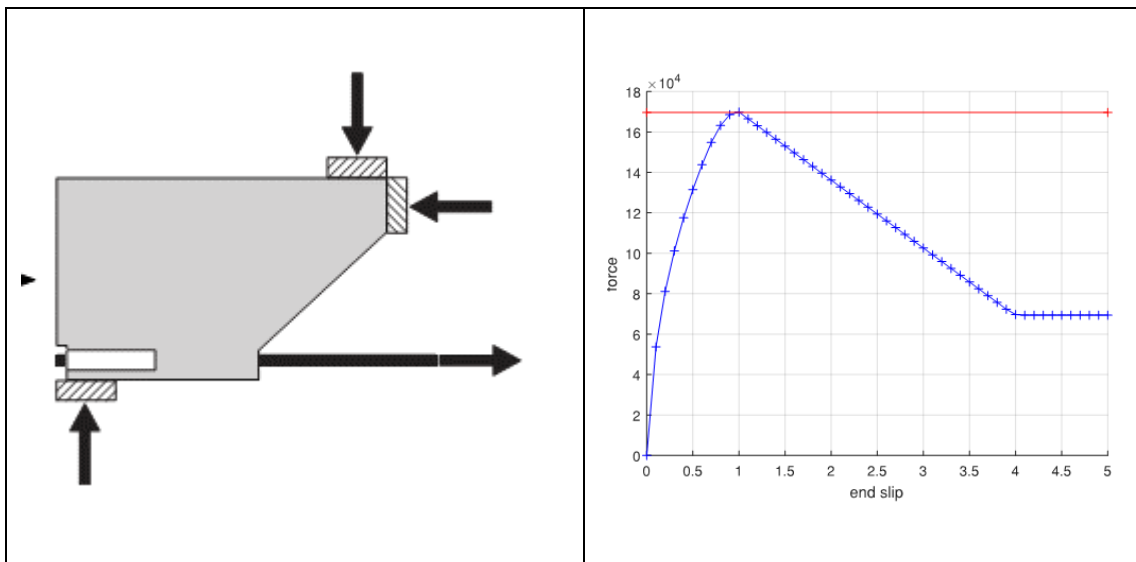


ARC-programmet



Program för beräkning av förankring av korroderad armering i betongkonstruktioner

Populärvetenskaplig sammanfattning

Förord

Beräkningsprogrammet ARC har utvecklats inom projektet “Verktyg för bedömning av korroderade betongkonstruktioners tillstånd och livslängd” av följande projektgrupp:

Mattias Blomfors, Chalmers, RISE
Kamyab Zandi, Chalmers, CBI
Karin Lundgren, Chalmers
Daniel Honfi, RISE
Oskar Larsson, LTH
Per Kettil, Skanska

Projektet har finansierats av BBT Trafikverket och SBUF.

Projektgruppen tackar för det finansiella stödet från BBT Trafikverket och SBUF, samt de värdefulla diskussionerna med referensgruppen:

Peter Simonsson, Trafikverket
Ingemar Löfgren, TCG
Jonas Magnusson, NCC
Sven Thelandersson, LTH
Peter Utgenannt, CBI
Kent Gylltoft, Chalmers
Poul Linneberg, COWI
Mario Plos, Chalmers

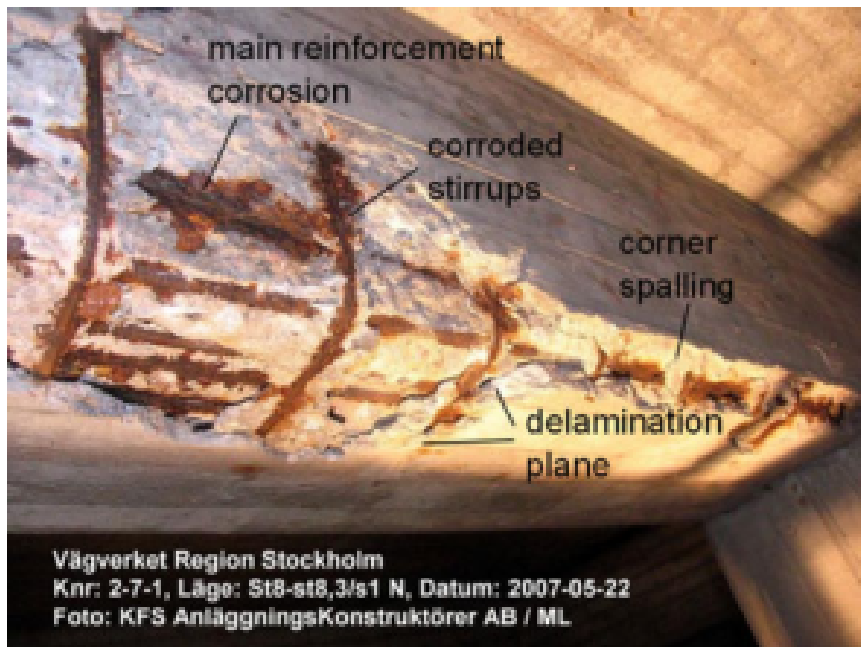
Göteborg, 2018-11-07

Per Kettil

1 Bakgrund

Rostande stålarmring ("armeringskorrosion"), se Figur 1.1, är en vanlig orsak till nedbrytning av betongkonstruktioner. Många befintliga broar, parkeringshus, dammar mm i Sverige visar tecken på betydande skador på grund av korrosion. Det finns studier som visar att de kommande klimatförändringarna kommer att bidra till ytterligare nedbrytning i framtiden.

Samtidigt ökar ständigt kraven på att kunna öka kapaciteten hos befintliga byggnader och infrastruktur. Detta medför att det finns ett ökande behov av metoder och verktyg för att kunna bestämma bärförmåga och kvarvarande livslängd hos befintliga konstruktioner.



Figur 1.1 Exempel på rostande armering i en betongbalk ("main reinforcement" = längsarmering, "stirrups" = tvärarmering, "spalling"/"delamination" = avspjälkning)

Vid utvärdering av bärförmågan m h t rostande armering i betongkonstruktioner är det ofta vidhäftningen och förankringskapaciteten mellan armeringsjärnen och betongen som är den största osäkerheten. Beteendet i förankringszonerna, som styrs av interaktionen mellan betong och armeringsstål, är avgörande för både sprickbildning och nedböjning när konstruktionen är i bruk. Men förankringen är också av största vikt för bärförmågan och brottsegheten när konstruktionen utsätts för de största laster den är dimensionerad för.

För att kunna beräkna rostskadade betongkonstruktioners bärförmåga är det därför nödvändigt med pålitliga och användarvänliga beräkningsmodeller för bestämning av vidhäftning och förankringskapacitet.

Tillförlitliga bärförmågeberäkningar av skadade konstruktioner kan innebära stora kostnadsbesparingar, vilket tydligt visats i en tidigare pilotstudie på två rostade betongbroar i Stockholm där de studerade beräkningsmodellerna användes. En besparing om omkring 27 miljoner kr möjliggjordes då onödigt förstärkningsarbete kunde undvikas.

Ett antal forskningsprojekt har genomförts där denna typ av problem har studerats, till exempel Duracrete (2000), Contecvet (2001) och Sustainable Bridges (2004). Sprickor på grund av korrosion kan modelleras med avancerade 3D-modeller, men den typen av modeller är svåra att använda i praktiskt ingenjörsarbete eftersom de är väldigt tidskrävande.

Det finns därför ett behov av enklare modeller och verktyg för att utvärdera effekter av korrosionsskador. Utveckling av en sådan modell kallad "1D-ARC-modellen", har genomförts av på Chalmers.

2 Syfte

Syftet med projektet har varit att utveckla "1D-ARC-modellen", som kan kvantifiera effekter av armeringskorrosion på förankringskapacitet och bärförmåga hos armerade betongkonstruktioner, samt att implementera modellen i ett beräkningsprogram som görs tillgängligt för praktiserade ingenjörer.

3 Genomförande

Projektet har genomförts som ett antal delprojekt, som tillsammans lett fram till slutresultatet.

3.1 Delprojekt 1 – Utvidgning av 1D-ARC-modellen

Under en pilotstudie identifierades några olika fall av korrosionsskador som modellen hade svårigheter att hantera, t ex att korrosion hos byglar leder till att sprickor och avspjälkning uppkommer fortare än enligt modellens uppskattning. En avancerad 3D finita elementmodell har använts för att analysera sådana fall i detalj. Resultaten från 3D-analyserna har därefter utvärderats och inarbetats i 1D-ARC-modellen.

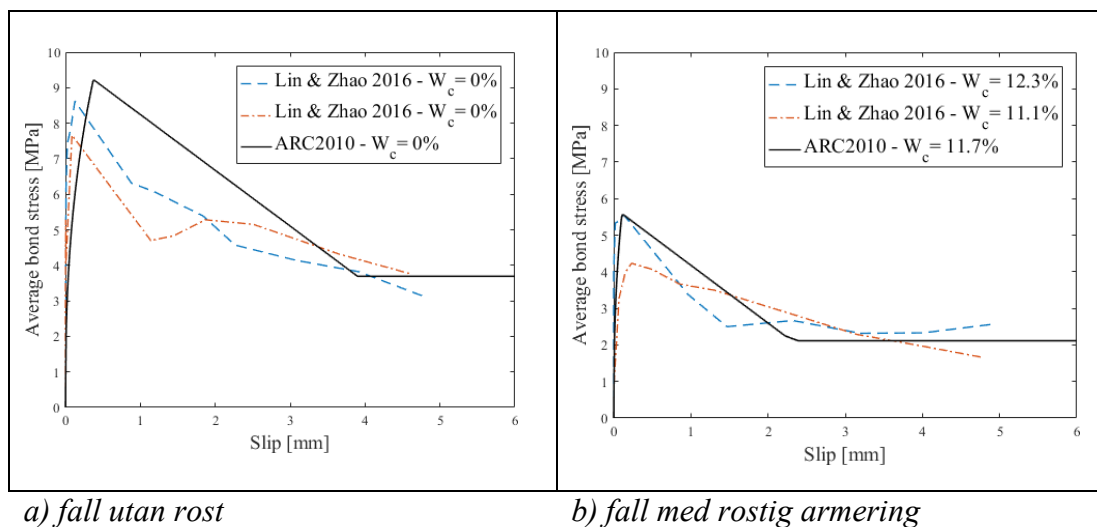
3.2 Delprojekt 2 – Inkludering av osäkerheter i 1D-ARC-modellen

En sannolikhetsbaserad modell har tagits fram för att kunna beakta osäkerheter, t ex variationer i materialegenskaper, mängden rost på armeringen mm. Den sannolikhetsbaserade modellen har använts för att uppskatta inverkan av osäkerheter på den beräknade bärförmågan genom Monte Carlo-simulering. Resultatet har använts för att bestämma partialkoefficienter ("säkerhetsfaktorer") till 1D-ARC-modellen i enlighet med nu gällande normer (Eurokod).

3.3 Delprojekt 3 – Utveckling av praktiskt verktyg

En äldre version av 1D-ARC-modellen har tidigare implementerats i programspråket Matlab. I detta delprojekt har programmet uppdaterats till senaste kunskap från delprojekten 1 och 2, samt gjorts mer användarvänligt och dokumenterats med en tillhörande programbeskrivning. Vidare har ett antal verifierings- och användningsexempel beräknats och dokumenterats i programbeskrivningen.

Figur 3.1 visar ett verifieringsexempel där beräkningsresultat från programmet (vidhäftningsspänning mellan armering och betong) jämförs mot data från experiment för fall utan och med rost på armeringen.

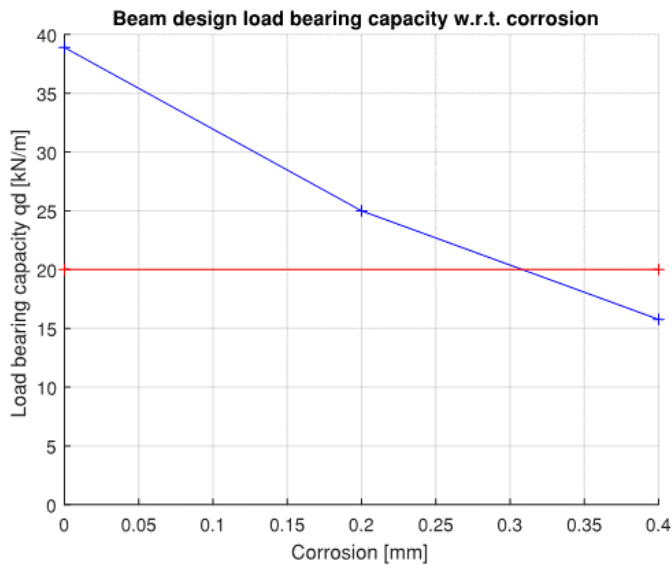


Figur 3.1 Av ARC-programmet beräknad vidhäftningsspänning (heldragen kurva) jämförs mot data från experiment (streckade linjer), där "average bond stress" = vidhäftningsspänning, "slip" = relativ rörelse mellan armering och betong.

3.4 Delprojekt 4 – Fallstudie

En mindre fallstudie har gjorts där beräkningsprogrammet tillämpats på ett exempel med en armerad betongbalk samt en studie av en korroderande kaj, vilket påvisat programmets tillämplighet. Studien har inkluderats som exempel i programbeskrivningen.

Figur 3.2 visar ett tillämpningsexempel där programmet används för att bestämma en armerad betongbalks bärförmåga för olika mängd rost på armeringen.



Figur 3.2 Bärförmåga för olika mängd rost på armeringen ("beam design load bearing capacity" = balkens bärförmåga, "corrosion" = rost)

4 Resultat

Ett beräkningsprogram, kallat "ARC-programmet", för beräkning av förankringskapaciteten hos korroderad armering i betongkonstruktioner, har tagits fram och gjorts tillgängligt för praktiskt bruk. Programmet med tillhörande programbeskrivning finns tillgängligt från SBUFs hemsida www.sbuf.se.

Bakgrundsarbetet till programmet har även gett ytterligare kunskaper inom ämnesområdet, vilka finns dokumenterade i ett antal artiklar och rapporter. Arbetet har även bidragit till forskarutbildning som lett till en teknologie licentiatexamen.