



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Ta hänsyn till korrosionsskador vid reparation och förstärkning av betongkonstruktioner!

Downloaded from: <https://research.chalmers.se>, 2026-04-04 11:59 UTC

Citation for the original published paper (version of record):

Lundgren, K., Blanksvärd, T., Yang, J. et al (2022). Ta hänsyn till korrosionsskador vid reparation och förstärkning av betongkonstruktioner!. *Bygg och teknik*, 22(6): 40-42

N.B. When citing this work, cite the original published paper.

Ta hänsyn till korrosionsskador vid reparation och förstärkning av betongkonstruktioner!

Foto: Magnus Lindqvist



Konstruktioner med korrosionsskador ökar. Hur bör lämpliga reparations- och förstärkningsåtgärder utformas?

Vår byggda miljö består till stor del av armerade betongkonstruktioner, varav många har hunnit bli ganska gamla. Till exempel förvaltar Trafikverket nästan 20 000 broar, och merparten är byggda i armerad betong. Av dessa har många skador i form av korroderad armering. Kommande klimatförändringar förväntas öka på skadetakten. För broar ökar dessutom kraven på lastkapacitet med tiden. Samhället står därför inför en stor utmaning att kunna garantera säkerheten i det åldrande beståndet med begränsade ekonomiska resurser. Att kunna reparera eller förstärka konstruktioner gör att livslängden för många gamla och kulturellt värdefulla broar kan förlängas, vilket ger stora ekonomiska besparingar, minskade koldioxidutsläpp och mindre störningar i trafiken. Vi kommer därför att i en ökande omfattning behöva reparera och förstärka konstruktioner med befintliga korrosionsskador. Vi har studerat lämpliga metoder för slakarmerade balkar i ett doktorandprojekt och två examensarbeten på Chalmers, se [9], [6], [3]. Resultaten från dessa arbeten presenteras kort i denna artikel.



Karin Lundgren
Prof. Chalmers tekniska högskola



Thomas Blanksvärd
Technical Director Consolis och Bitr. Prof.
Luleå tekniska universitet



Jincheng Yang
Tekn. Dr. TU Delft



Mattias Blomfors
Tekn. Dr. Norconsult



Dag Linghoff
Tekn. Dr. AFRY

Armeringskorrosion påverkar säkerheten genom minskad last- och deformationskapacitet. Förstärknings- och reparationsmetoder har utvecklats och verifierats för oskadade konstruktioner, medan nya studier visar att korrosionsskador kan göra förstärknings- och reparationsmetoderna ineffektiva. Ibland kan de till och med göra mer skada än nytta, då skadade konstruktioner riskerar andra brottmoder. En vanlig reparationsmetod är att ta bort täcksiktet och byta ut det med reparationsbetong eller -bruk samt komplettera eventuell korroderad armering. I [1] utfördes ett försöksprogram där täcksiktet i korrosionsskadade balkar reparerades. Resultaten påvisade att belastningen på balkarna behöver avlastas under omfattande reparationsåtgärder för att undvika kvarvarande deformationer och sänkt bärförmåga. Särskilt i förankringsregioner kan reparationsåtgärder som inbegriper borttagning av täcksiktet vara direkt olämpliga, om inte balken avlastas medan åtgärden utförs. Det är farligt om den ursprungliga vidhäftningen mellan armeringsstål och betong går förlorad. Åtgärder måste utformas och utföras omsorgsfullt så att den återstående vidhäftningen mellan armeringsstänger och betong bibehålls. Tvärsnitt behöver hållas samman för att vidare korrosionsinducerad sprickbildning begränsas, och separation av täcksiktet förhindras.

Experiment

Korrosionsinducerade sprickor kan också väsentligt motverka effektiviteten av förstärkningsåtgärder för böjning om sprickbildning separerar täcksiktet från tvärsnittet, [7], se *Figur 1*. Inom Jincheng

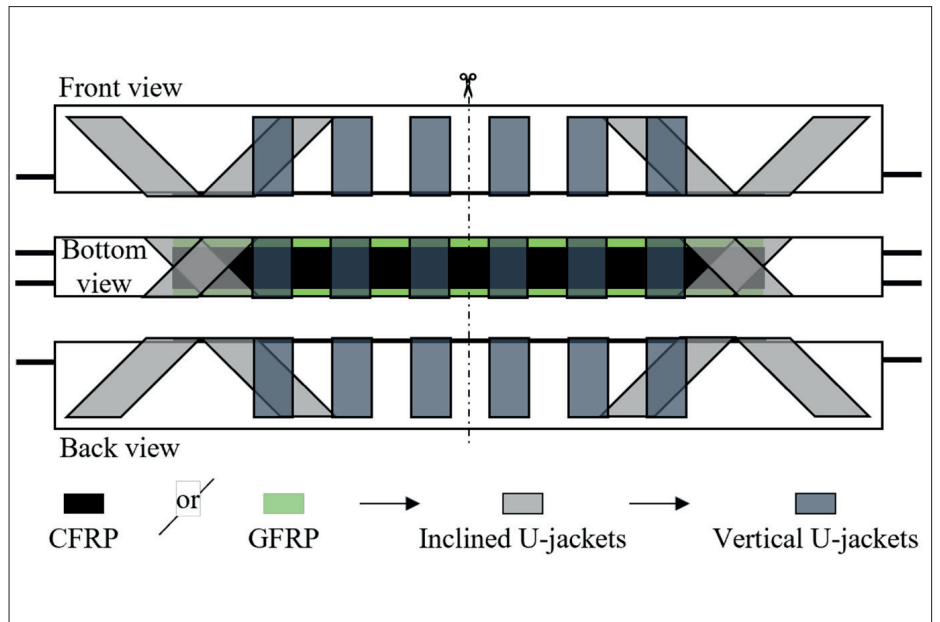


Figur 1: Laminat direkt pålimmat på ytan kan bli verkningslöst om korrosion ger sprickbildning som separerar täcksiktet från tvärsnittet.

Yangs doktorandarbete genomfördes en försöksserie om tio balkar, se [9] och [10]. Två balkar fungerade som referensprov: de var oskadade armerade betongbalkar utan förstärkning. De övriga åtta balkarna förbelastades så att de erhöll böjsprickor och exponerades därefter för accelererad korrosion. Två av de skadade balkarna var inte förstärkta, tre var förstärkta med glasfiberkompositlaminat och tre med kolfiberlaminat på balkarnas undersidor. På de sex förstärkta balkarna installerades dessutom omslutande kolfiberlaminat i U-form, lutande i förankringszonerna och vertikala längs spännvidden, se *Figur 2*. Balkarna belastades till brott i fyrpunktsböjning. Därefter togs armeringen ut och dess lokala korrosionsnivå längs stängerna utvärderades med 3D-skanningsteknik. Korrosionsmönstret varierade längs stängerna med lokal gropkorrosion i närheten av böjsprickorna, på ett liknande sätt som vid naturlig kloridinitierad korrosion i böjspruckna konstruktioner [8]. Gropfrätningarna försämrade balkarnas last- och framför allt deformationsförmåga väsentligt för de korroderade balkarna jämfört med de oskadade, se *Figur 3*. Förstärkningsåtgärderna var effektiva i att förbättra bärförmåga och böjstyvhet, trots genomsnittliga korrosionsnivåer på 20 procent, lokala korrosionsnivåer upp till 57 procent och upp till 1,9 mm breda korrosionsinducerade sprickor. Deformationsförmågan förbättrades dock inte märkbart.

finita elementanalyser

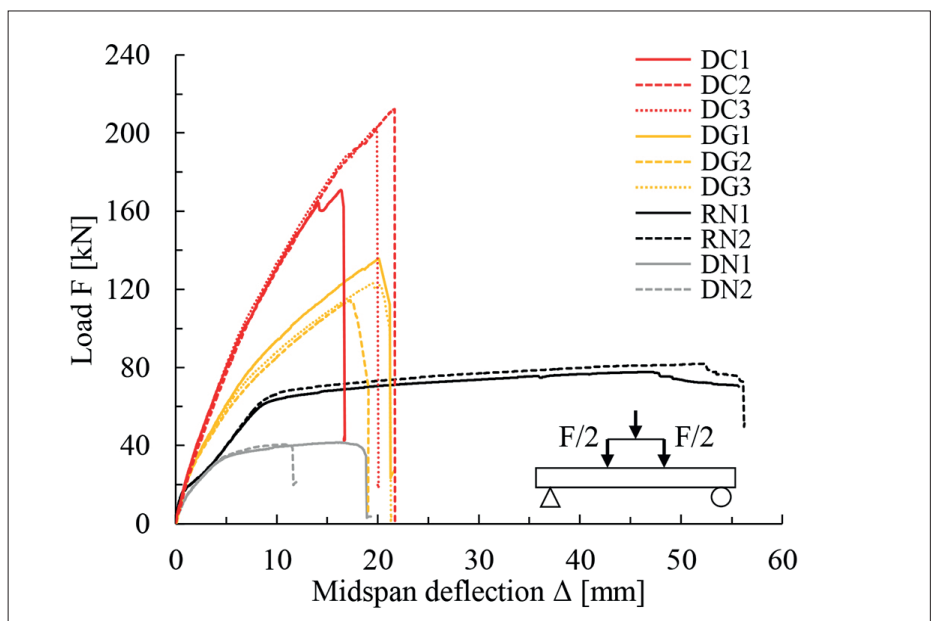
I ett första examensarbete utfördes icke-linjära finita elementanalyser av de pro-



Figur 2: Förstärkning med fiberlaminat på balkens dragna sida, kombinerat med omslutande kolfiberlaminat i U-form, lutande i förankringszonerna och vertikala längs spännvidden.

vade balkarna, se [6] och [5]. En modelleringsmetod som inkluderar effekten av den korrosionsinducerade sprickorna och vidhäftning mellan olika material i 3D-analyser togs fram och validerades genom jämförelser med de provade balkarna. Därigenom kan analyserna beskriva, och vi kan bättre förstå, de komplexa brottmoderna som styr verknings sättet. I ett uppföljande examensarbete användes den utvecklade modelleringsmetoden för att undersöka ytterligare varianter av förstärkningsåtgärder [3]. Variationer av parametrar studerades, som spännvidd, balkbredd, korrosionsskadornas omfattning och konfiguration av vertikala och lutan-

de omslutande kolfiberlaminat i U-form. Analyserna bekräftade att förstärkningsåtgärder med kolfiberlaminat på balkens dragna sida kombinerad med omslutande kolfiberlaminat i U-form är effektiva, och kan användas för att förbättra bärförmåga och böjstyvhet för varierande geometrier och skador. Lutande omslutande kolfiberlaminat i U-form i förankringszonerna bidrar till betydligt högre kapacitet, medan omslutande kolfiberlaminat i U-form för övriga delar inte hade någon större effekt i analyserna. Det vore önskvärt att utföra uppföljande provningar för att säkerställa detta resultat experimentellt. Återigen är det



Figur 3: Uppmätt last mot mittnedböjning i de provade balkarna. DC: Balk med kolfiberförstärkning och korroderad armering, DG: Balk med glasfiberförstärkning och korroderad armering, RN: Referensbalk utan förstärkning med oskadad armering, DN: Balk utan förstärkning med korroderad armering.

dock viktigt att påpeka att balkens deformationsförmåga, som reduceras kraftigt om det finns djupa gropfrätningar på armeringen, inte förbättras i någon av de undersökta förstärkningsåtgärderna.

Slutsatser

Vi har kartlagt befintlig litteratur, och konstaterat att det för oskadade konstruktioner finns väl beskrivna råd och normer i [2] samt [4]. Dessutom kommer förstärkning att täckas i den kommande normen Eurocode 2. Däremot saknas råd och normer för reparation och förstärkning av korroderade konstruktioner. Följande punkter är viktiga att beakta:

- Åtgärder som borttagning av betong i förankringsregioner (inklusive skarvregioner) samt utbyte av armeringen kräver avlastning för att bära befintliga laster (som egenvikt och eventuella andra laster) under ombyggnadsfasen.
- Deformationsförmågan reduceras dramatiskt vid djupa gropfrätningar som kan uppstå vid kloridinducerad korrosion. Förmågan att omfördela laster, exempelvis mellan spann i kontinuerliga balkar, försämras därför avsevärt, och risken för sprött brott ökar.

För att kunna ta fram heltäckande råd och normer för reparation och förstärkning av korroderade konstruktioner behövs förbättrad kunskap inom följande områden:

- Metoder för att dimensionera omslutande förstärkningsåtgärder saknas. Till exempel: hur många fiberlaminat i U-form krävs, och vilka dimensioner?
- Metoder för att kartlägga detaljerad information om korrosionsmönster i befintliga konstruktioner saknas.
- Metoder för att återställa deformationsförmågan för konstruktioner med armering skadad av gropfrätningar saknas.

Vi rekommenderar att kommande insatser inom forskning och utveckling inom området fokuserar på dessa angivna områden. ■

Referenser

- [1] Bergström, M. (2009). *Assessment of Existing Concrete Bridges: Bending Stiffness as a Performance Indicator*, Luleå University of Technology
- [2] Blanksvärd, T., Sas, G., Täljsten, B. (2016): *Kompositförstärkning av betong*. Svensk Byggtjänst.
- [3] Darwish, O. and Roshan, A. (2022): *FE Analyses of Corrosion-Damaged RC Beams*

Strengthened with FRP Components. MSc Thesis, Chalmers University of Technology.

[4] FIB Bulletin No.103: *Guide for Strengthening of Concrete Structures: Guide for good practice* (2022)

[5] Gotame, M., Franklin, C.L., Blomfors, M., Yang, J., Lundgren, K. (2022): *Finite element analyses of FRP-strengthened concrete beams with corroded reinforcement*. Engineering Structures, Vol. 257, April 2022, Art. No. 114007, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.114007>

[6] Gotame M. och Lindqvist Franklin C. (2021): *FE analyses of strengthened concrete beams with corroded reinforcement*. MSc Thesis, Chalmers University of Technology. <https://hdl.handle.net/20.500.12380/302745>

[7] Haddad, R. H. (2016). *Hybrid repair configurations with CFRP composites for recovering structural performance of steel-corroded beams*. Construction and Building Materials

[8] Robuschi, S. (2021). *Natural corrosion in reinforced concrete structures*. PhD Thesis, Chalmers University of Technology

[9] Yang J. (2021): *Strengthening reinforced concrete structures with FRP composites*. PhD Thesis, Chalmers University of Technology. <https://research.chalmers.se/publication/522501>

[10] Yang J, Haghani R, Blanksvärd T, Lundgren K. *Experimental study of FRP strengthened concrete beams with corroded reinforcement*. Construction and Building Materials. Vol. 301, 27 September 2021, 124076, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124076>.