

Förstärkning av betongbro med ny förspänningsmetod (12919)

Användandet av förspända laminat vid förstärkning av befintliga konstruktioner begränsas idag av de stora spänningskoncentrationer som uppträder vid änden av laminaten. Mekaniska förankringsanordningar behöver oftast användas för att ta hand om dessa spänningar. Dock har mekaniska förankringar många nackdelar såsom höga kostnader, besvärlig installation för entreprenören, risk för korrosion, förlorad funktion med tiden och behov av regelbunden inspektion. Inom ramen för EU-projektet PANTURA utfördes förstärkning av en betongbro med en ny förspänningsmetod som baseras på stegvis överföring av kraften. Med stöd från SBUF har detta demonstrationsprojekt utvärderats med hänsyn till praktisk produktionserfarenhet och hållbarhetsperspektiv.

Bakgrund

Forskargruppen ”Stål- och träbyggnad” vid Chalmers tekniska högskola har under de senaste sex åren arbetat aktivt med att ta fram en ny förstärkningsmetod för äldre broar. Den nya metoden möjliggör ett fullt utnyttjande av den mycket höga draghållfastheten hos kolfiberlaminat (CFRP) genom förspänning. Metoden utvecklades för att åstadkomma ett snabbt utförande och en minimering av trafikstörningar på bron samt att helt kunna ta bort mekaniska förankringar i ändarna på kolfiberlaminaten. Arbetet har resulterat i en ny förspännings- och förankringsmetod speciellt anpassad för förstärkning med förspänt CFRP-laminat. Det teoretiska arbetet gjordes redan 2007, vilket resulterade i patentansökan No. 0701574-6 ”Anchoring pre-stressed FRP laminates”. Idén blev också ett projekt kallat TENROC Technologies för Encubator, Chalmers Entreprenörsskola (CSE) 2008. Inom EU-projektet PANTURA mellan 2011 och 2013 har Chalmersgruppen verifierat förspänningsmetoden i labbmiljö genom att utföra provningar på ett antal betongbalkar förspända med olika mängder kolfiberlaminat och med olika förspänningsnivåer. Trafikverket som var en partner i PANTURA blev ombedd att tillhandahålla en lämplig bro för att demonstrera en ny förstärkningsteknik. I april 2013 föreslog Trafikverket en bro över Nossan vid S. Härene kyrka (nr. 15-376-1), som en fallstudie och demonstration som blev en liten insats i PANTURA. Förstärkningsarbetet av denna bro utfördes av Chalmers och entreprenören Strong Solution med NCC som partner i PANTURA. Förstärkning utfördes mellan 10 och 15 september 2013.

Syfte

Syftet med detta projekt är att redogöra för en genomförd förstärkning samt att vidare utvärdera och utveckla utförandemetoden med hänsyn till planering, förberedande arbete, montering av förspända laminat på bron, miljöpåverkan och LCC-analys. Materialåtgången och anpassningen av laminaten för förspänningsarbetet, säkerheten för entreprenören före och under förspänningen av laminaten på en betongbro och hanteringen av epoxin som blev kvar redovisas i rapporten. Tider som krävs för olika arbetsmoment redovisas också. Dessa aspekter är mycket viktiga vid utvärdering av nya tekniker.

Genomförande

Demonstrationsprojektet av förspänningsmetoden för förstärkning av bron över Nossan omfattade:

- Vidare utveckling och tillverkning av specifik utrustning för att ”greppa” laminaten under förspänningen
- Kontroll av betongens hållfasthet och beräkning av förstärkningseffekten

- Anpassning av laminaten för förspänningsarbete genom förstärkning av kolfiberlaminatens ände med glasfiberlaminat med ingjutna muttrar
- Förberedelse, planering och etablering på byggarbetsplatsen
- Genomförande av förstärkningen och redovisning av alla ingående arbetsmoment inklusive miljöeffekter som hög ljudnivå, tidsåtgången, trafikstörningar, avfallshantering med mera
- Mätning av förspänningskraften på laminaten under förstärkningen, utvärdering av säkerheten vid utförande
- Utvärderingsprocesser som utfördes utifrån hållbarhetsindikatorer som utvecklades inom PANTURA
- Livscykelkostnader och jämförelse med andra kända förstärkningsmetoder med förspänd kolfiber

Resultat

Den teoretiska analysen baseras på numerisk 3D-modellering samt överslagsberäkningar. Dessa beräkningar visade att dragspänningar i armeringen var ganska låga (runt 65 MPa) och att den planerade förstärkningen skulle ha lite inverkan på konstruktionen. Orsaken till sprickbildningen var förmodligen tvångskrafter på grund av temperaturrelaterade, då bron är fast inspänd. Två laminat förspända till 100 kN bidrar förmodligen till att de existerande sprickorna inte propagerar. Storleken på den beräknade sprickbredden var mycket liten, ungefär 0,06 mm.

Samtliga arbetsmoment lyckades väl. Hela installationen på plats genomfördes på mindre än en dag. Detta inkluderade ytbehandling och slipning av betongytan, markering av läget där laminat skulle monteras, borrar och installation av förankringsplattor samt ledstänger och domkraft för förspänning, applicering av lim på den slipade betongytan, placering av kolfiberlaminat med förstärkta ändar och slutligen uppspänning med domkraft till 100 kN och låsning av systemet. Ett specifikt arbetsmoment, borrar av 16 hål i betongen för att installera fyra förankringsplattor, tog 2 timmar för 2 personer. Applicering av epoxilim på betongytan, uppspänning av laminaten och säkring av hela systemet tog mindre än en halvtimme per laminat. Trots brons läge med väldigt lite trafik och behov att endast begränsa den tunga trafiken under mycket kort tid, visade denna teknik ändå på stor potential. En jämförelse mellan den nya metoden och en av de existerande metoder som finns på marknaden med hänsyn till flera hållbarhetsindikatorer visade också på många fördelar med den nya metoden. Behov av framtida förbättringar av förspänningssystemet identifierades och dessa var i huvudsak relaterade till att minimera kostnaderna för färdiga laminat. Resultaten från livscykelkostnadsanalysen visade att kostnader för förstärkning av kolfiberlaminat med glasfiberstrimlor som limmas till kolfiberlaminatet i båda ändarna är för dyra. Trots det var utfallet från livscykelkostnadsanalysen positiv för den nya metoden. Utförandet av detta första förstärkningsarbete med förspänningsmetoden på bron över Nossan ger fog för att vidareutveckla olika arbetsmoment som krävs för att lyckas på bästa sätt med det nya, redan beviljade, SBUF Projekt 12849.

Slutsatser

Den innovativa förstärkningsmetoden (Chalmers/TENROC-metoden) på bron över Nossan har utförts för att få praktisk erfarenhet av produktion och hållbarhetskriterier. Detta är det första förspänningsarbete som utförts på en bro i Sverige med denna teknik. Genomförande, produktion och olika praktiska aspekter bedömdes vara mycket lyckade. Fördelarna med det innovativa förstärkningssystemet i jämförelse med de etablerade systemen som kräver användning av tunga permanenta ankare visade sig vara mycket tydliga. Dessutom visade den

utförda livscykelkostnadsanalysen (LCC) en klar fördel för det nya systemet. De specifika kostnaderna, som i framtiden måste minska för att förbättra den innovativa metoden, har identifierats.

Ytterligare information

Kontaktpersoner:

Alexandre Mathern, NCC Teknik och Hållbar utveckling, tel 031-771 50 68, e-post:

alexander.mathern@ncc.se

Robert Kliger, Chalmers Tekniska Högskola, tel 031-772 20 16, e-post:

robert.kliger@chalmers.se

Litteratur:

- Strengthening of concrete bridge over the river Nossan; New pre-stressing method - evaluation and development. Robert Kliger, Reza Haghani, Valbona Mara (alla från Chalmers) och Alexandre Mathern (NCC)
Kan laddas ned från www.sbuf.se under projekt 12691.

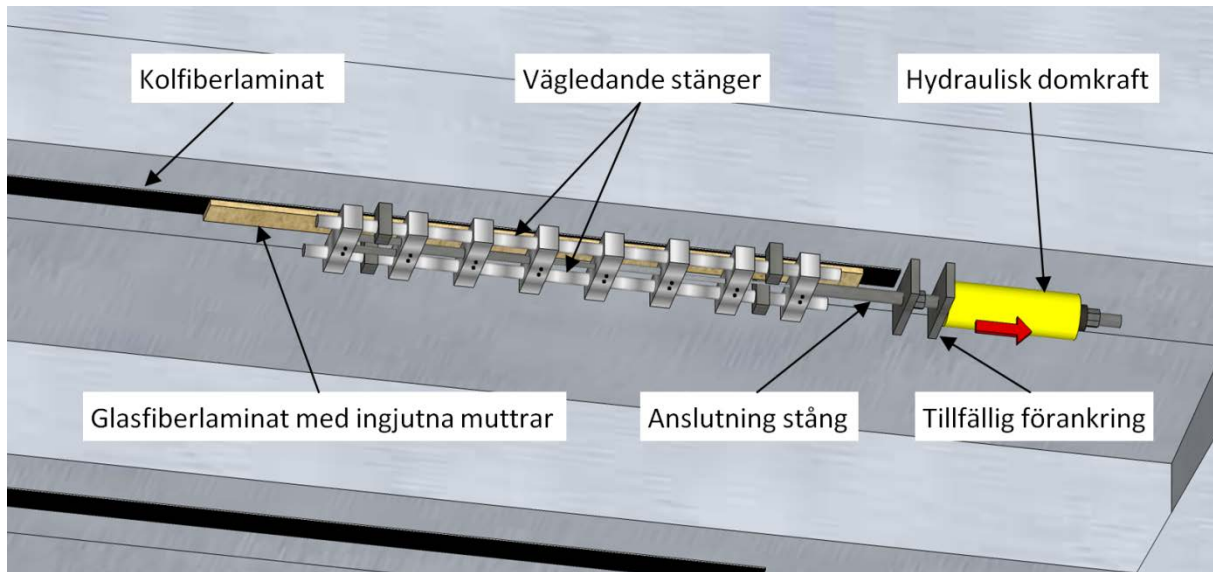
Internet:

www.sbuf.se

Figurtexter:



Förstärkning av bron över Nossan med den nya förspänningsmetoden



Beskrivning av systemet för stegvis förspänning av kolfiberlaminat på en betongbro