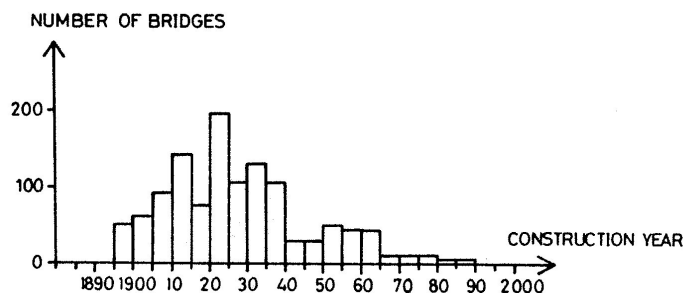




Kvarvarande utmattningskapacitet hos nitade metallbroar sammanfattning SBUF-projekt 12049

Många av dagens järnvägssträckningar byggdes i början av 1900-talet och de flesta av broarna som uppfördes är fortfarande i drift. Anledningen till detta är att vid 1900-talets början ändrades axellaster på lok och vagnar. För att försäkra sig om att de broar som konstruerades skulle kunna fortsätta att vara i drift trots liknande ändringar i framtiden dimensionerades dessa broar med en extra hög bärförmåga. I början av 1990-talet fanns det 1100 järnvägsbroar gjorda av stål, Åkesson (1994), av dessa var 800 uppförda innan år 1940, se Figur 1.



Figur 1 Åldersstruktur för stålbroar i Sveriges järnvägsnät 1990, Åkesson (1994)

Situationen med en ökande andel av äldre broar som börjar närma sig sin dimensionerande livslängd är liknande i stora delar av Europa. På grund av det stora antalet är det omöjligt att ersätta dessa broar.

För att kunna utföra noggrannare beräkningar som bättre avspelar dessa broars verkliga kapacitet och livslängd, måste förbättringar av nuvarande bärighetsberäkningar genomföras. Dessa ändringar måste utföras där de får störst inverkan, områden som är kritiska och behöver extra tillsyn måste urskiljas.

De områden som identifierats som kritiska i avhandlingen *Fatigue assessment of riveted bridges*, Larsson (2009), är materialegenskaper hos broar uppförda innan år 1940 samt den kvarvarande utmattningskapaciteten hos nitade broar.

Genom att samla information om materialegenskaper hos broar uppförda innan år 1940 och sammanställa dessa till en databas, har en bättre bild av de parametrar som påverkar bärförmågan hos broar blivit fastställda. Broarna i databasen kommer främst från Tyskland och Sverige. Informationen om de tyska broarna blev tillgänglig genom det europeiska forskningsprojektet Sustainable Bridges (2003) och samarbetet med Susanne Höhler (2005) vid universitetet Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen, Tyskland.

Information om svenska broar kommer främst från Banverkets och Vägverkets arkiv men även från materialundersökningar utförda vid Chalmers, Kungliga Tekniska Högskolan och Luleå tekniska universitet.

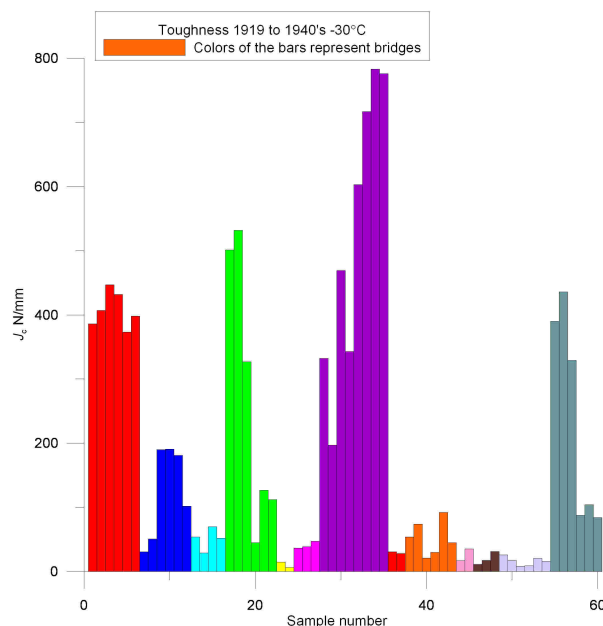
I och med sammanställningen av databasen erhöles ett bra statistiskt underlag gällande mekaniska egenskaper, f_y och f_u , av broar uppförda mellan åren 1900 till 1940, se Tabell 1. Genom att använda informationen i databasen vid beräkningar av broars bärförmåga kan bättre utnyttjande uppnås, vilket öppnar för möjligheten till en lasthöjning hos dessa broar.

Även uppgifter om segheten hos stålet i gamla broar har samlats in och analyserats. Seghet är en materialparameter som visar hur känsligt ett material är för sprickpropagering och hur det slutliga brottet kommer att bli om en spricka får växa fritt. Låg seghet ger ett sprött brott och en hög seghet ger stora deformationer och materialet flyter när sprickan har blivit tillräcklig lång.

Vid utvärderingen av segheten visade det sig att det var en stor spridning mellan olika broar och även inom samma bro, beroende på var prover var tagna. Resultatet gällande segheten för broar i tidsperioden 1919 till 1940 har åskådliggjorts i Figur 2. På grund av den stora spridningen kunde inga rekommendationer ges gällande seghet.

Tabell 1 Värderna på flyt- och brottgränsen i databasen för tre olika tidsperioder, jämförda med den Svenska normen BVS 583.11 (2005)

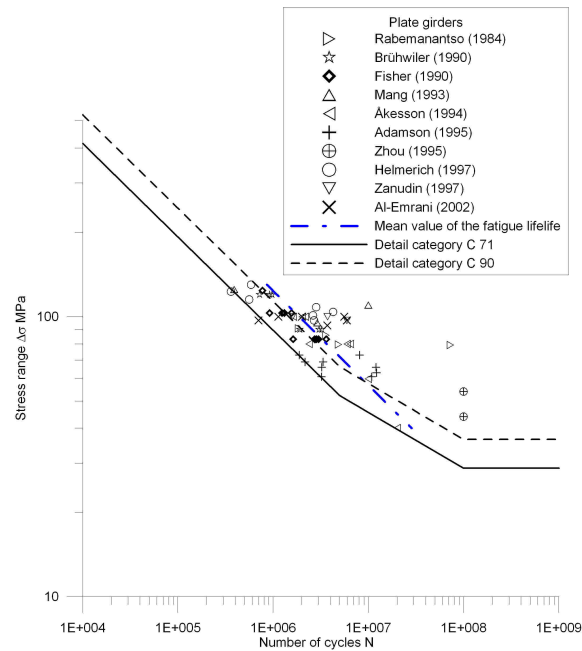
Egenskap	Medel	Stdv	5 % frak	Antal prov	Tidsperiod	BVS 583.11 (2005) Rekvärden
Stål					-1901	Stål
f_y [MPa]	295	31	243	33		220 x 0.55 = 121
f_u [MPa]	454	31	402	33		360 x 0.55 = 198
Gjutjärn						Gjutjärn
f_y [MPa]	259	20	218	7		Inga rek
f_u [MPa]	333	45	249	7		Inga rek
Stål					1901 - 1919	Stål
f_y [MPa]	300	35	246	552		220 x 0.8 = 176
f_u [MPa]	435	38	375	537		360 x 0.8 = 288
Smidesjärn						Smidesjärn
f_y [MPa]	266	29	219	26		Inga rek
f_u [MPa]	334	38	273	26		Inga rek
Stål					1919 -1940	Stål
f_y [MPa]	297	32	248	92		220
f_u [MPa]	444	64	347	63		360



Figur 2 Seghet hos Svenska broar, utvärderad med olinjär brottmekanik för broar i tidsperioden 1919 till 1940

Arbete har även omfattat utvärdering av vilken detaljkategori som bäst beskriver utmattningen hos nitade balkar. Genom att undersöka utmattningsförsök från tidigare forskningsprojekt och att sammanställa dessa, har en bild av den detaljkategori som bäst representerar dessa balkar erhållits. Även vilka parametrar som påverkar broarnas kvarvarande livslängd har undersökts.

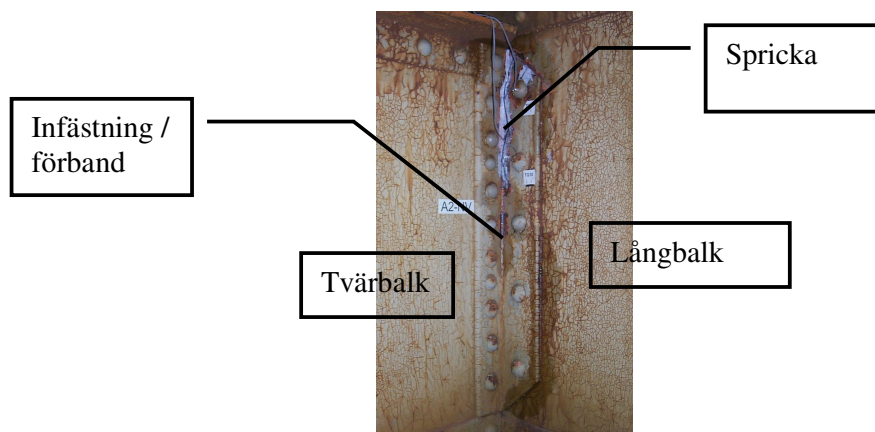
Utvärderingen av resultaten visade på att detaljkategori C 71 är den kategori som skall användas vid beräkning av kvarvarande livslängd hos nitade balkar, se Figur 3. Dock uppvisade några fackverksbalkar lägre kapacitet, motsvarade detaljkategori C 63. Denna lägre utmattningskapacitet tros vara en effekt av utformningen av dessa balkar med höga hålkantstryck vilket gjorde att de gick till brott tidigare än övriga balkar.



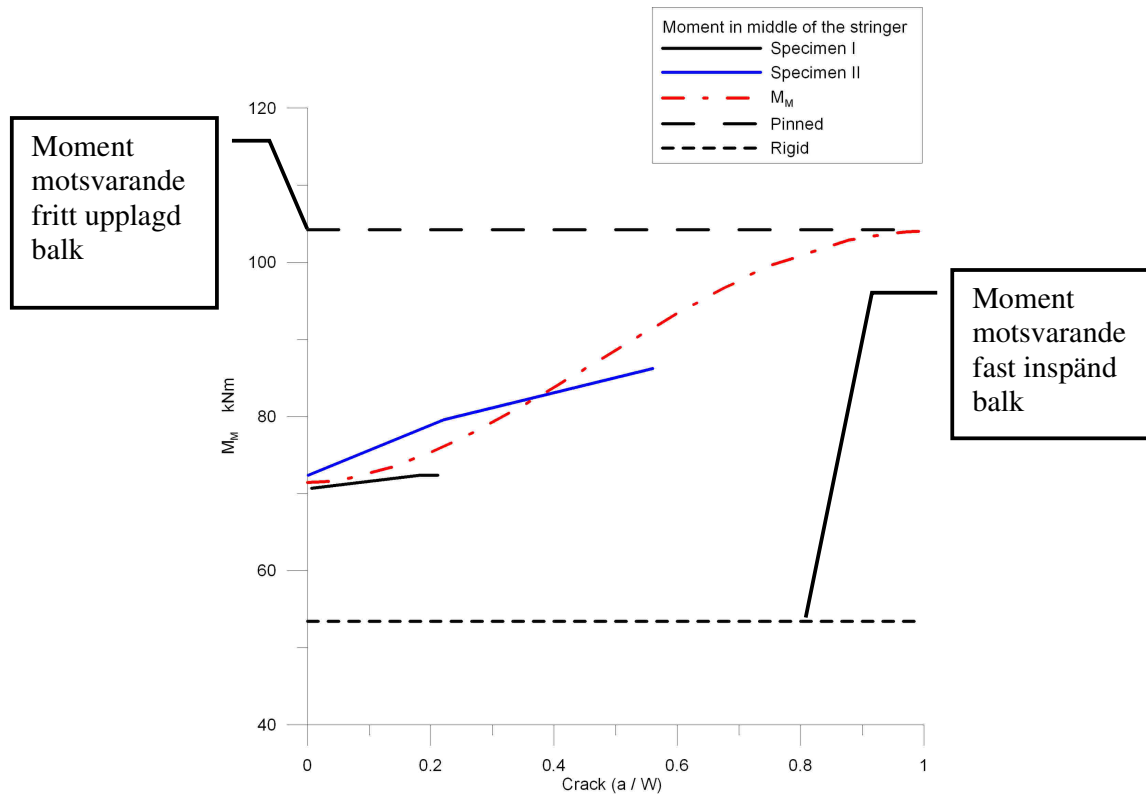
Figur 3 Utmattningsförsök jämförda mot detaljkategori C 71 och C 90 för att fastställa vilken detaljkategori som beskriver utmattningslivslängden hos dessa balkar bäst, Larsson (2009)

Ytterligare arbete som har utförts beträffande utmattning har varit att fastställa kvarvarande livslängd hos förband mellan lång- och tvärbalkar. Brottmekanik har varit basen för denna undersökning av hur styvheten hos förband mellan balkar avtar med längden på en spricka, se Figur 4.

Beräkningsmodellen som utvecklades beskriver hur styvheten hos infästningar mellan lång- och tvärbalkar i en bro avtar med sprickans propagering i förbanden, se Figur 5. En uppskattning av kvarvarande livslängd var möjlig att uppnås med modellen, dock var sprickstorleken tvungen att vara i storleksordningen 7 % för att ge resultat på den säkra sidan. Modellen utvärderades mot försök utförda av Al-Emrani (2002).

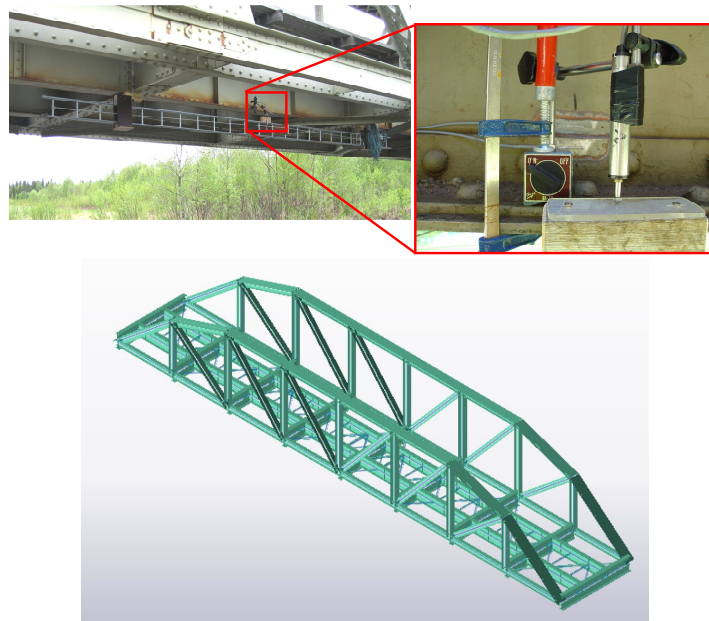


Figur 4 Spricka i ett förband mellan lång- och tvärbalk, Al-Emrani (2002)

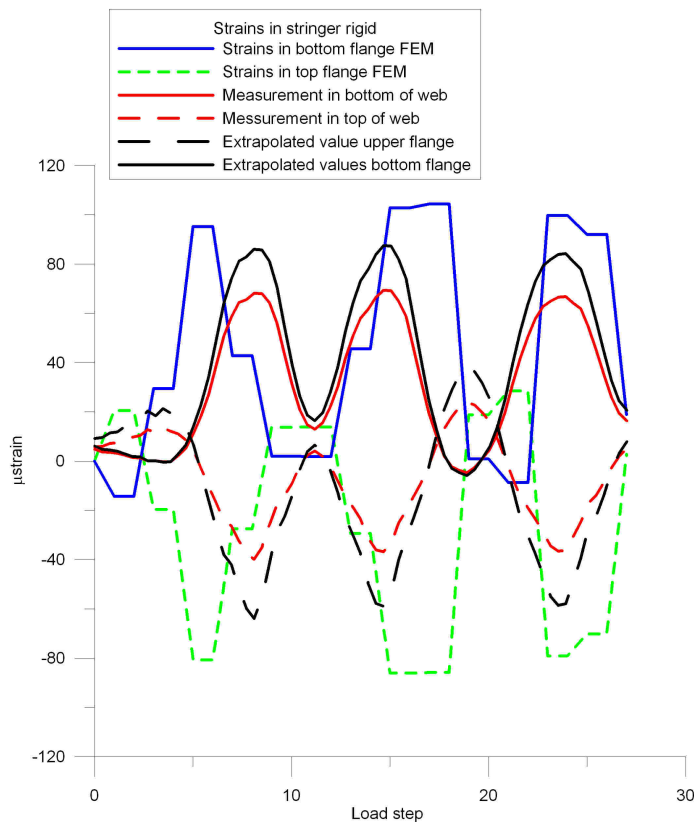


Figur 5 Hur fältmomentet i en balk minskar med ökad spricklängd i förbandet mellan lång- och tvärbalk

Undersökningar utfördes även om hur dessa förband ska modelleras för att avspegla de spänningarna som uppträder i långbalkarna hos en bro vid tågpassage. Modellerna validerades mot fältmätningar på Keräsjoekbron (Haparandabanan).



Figur 6 FE-modell för att utvärdera hur förband mellan lång- och tvärbalkar ska modelleras för erhålla spänningar som uppkommer i broar vid tågpassage



Figur 7 Beräknade töjningar jämförda mot mätningar i bron

Resultaten från modelleringen visade att en fast inspänning gav resultat som närmast beskrev töjningarna som uppstod under mätningarna. Påkänningarna i långbalkarna visade sig till och med vara lägre än vad som var möjligt att uppnå med en fast inspänning.

Slutsatser

De huvudsakliga slutsatserna som redovisas i avhandlingen *Fatigue assessment of riveted bridges*, Larsson (2009):

Som en tumregel kan flytgränsen $f_y = 220$ MPa och brottgränsen $f_u = 350$ MPa användas vid en bärlighetsberäkning av broar uppförda innan år 1940.

Den detaljkategori som ska användas vid beräkning av utmattningskapaciteten av nitade broar är C 71. Dock kan utformning av fackverksbalkar med höga hålkantstryck göra att dessa balkar bättre beskrivs med detaljkategori C 63.

På grund av nitade balkars utformning bestående av vinklar och plåtar är det svårt att erhålla ett fullgott rostskydd. Det kommer alltid att finnas någon grad av rost på dessa balkar. Men om nithuvudena skyddar hålet från rostangrepp och det allmänna tillståndet av rost är sparsamt kan C 71 utnyttjas vid beräkning av dessa balkar

Nitade balkar bestående av livplåtar verkar ha oändlig livslängd om spänningsvidden ej överskrider 40 MPa. Förspända bultar är ett bra substitut till nitar, dessutom kan dessa förlänga livslängden då dessa ger en större klämkraft än nitar.

Tillverkningsmetoder för att producera nithål i balkar hade mindre betydelse beträffande balkars utmattningstidslängd.

Genom att modellera infästningar mellan lång- och tvärbalkar som fasta uppnås resultat som närmast återspeglar förhållandet i långbalkarna hos en nitad fackverksbro.

Den brottmekaniska modellen kan användas för att beräkna kvarvarande livslängd hos infästningar mellan lång- och tvärbalkar. Modellen ger resultat på säker sida om spricklängden är längre än ~7 % av infästningens höjd.

Referenser

Al-Emrani, Mohammad. (2002). *Fatigue in riveted railway bridges*. Doctoral Thesis Department of structural Engineering Steel and Timber Structures, Chalmers University of Technology, Publ. 02:7, Sweden.

BVS 583.11. (2005). *Bärighetsberäkningar av järnvägsbroar*. Swedish Rail Administration

Höhler, S. (2005). *Material properties of Metal Railway Bridges*. Technical Report: Draft. Sustainable Bridges. WP4-S-R-001 Draft.

Larsson, T. (2009). *Fatigue assessment of riveted bridges*. Doctoral Thesis, Division of Structural Engineering, Luleå University of Technology. ISSN: 1402-1544. ISBN 978-91-86233-13-6.

Sustainable Bridges. (2003). Assessment for Future Traffic Demands and Longer Lives. An Integrated Research Project during 2003-2007 supported by the European Commission in the 6th Framework Program, with 32 partners from 12 countries, Contract No TIP-CT-2003-001653. Many reports and papers are listed on the homepage www.sustainablebridges.net.

Åkesson, B. (1994). *Fatigue Life of Riveted Railway Bridges*. Doctoral Thesis Division of Steel and Timber Structures, Chalmers University of Technology, Publ. S94:6, Göteborg, Sweden.