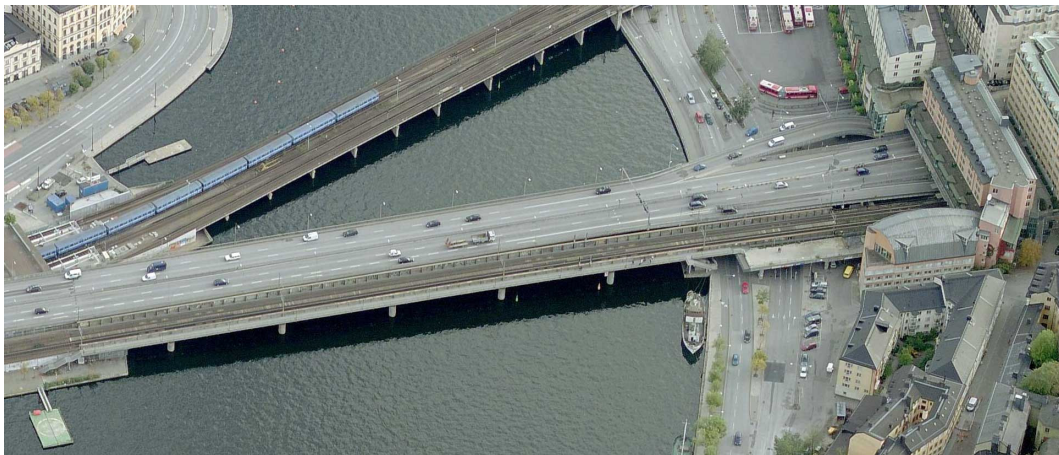




**KTH Architecture and
the Built Environment**

Bro över Söderström, km 1+83

Instrumenteringsanvisningar för töjningsmätningar



Brobyggnad

KTH – Brinellvägen 34, SE-100 44 Stockholm

Tel: 08-790 79 58, Fax: 08-21 69 49

www.byv.kth.se/avd/bro

©Andreas Andersson
Royal Institute of Technology (KTH)
Department of Civil and Architectural Engineering
Division of Structural Design and Bridges
Stockholm, Sweden, 2008-04-08

Innehåll

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Inledning | 1 |
| 1.1 | Syfte och omfattning | 1 |
| 1.2 | Beskrivning av bron | 1 |
| 2 | Instrumentering | 5 |
| 2.1 | Omfattning | 5 |
| 2.2 | Placering av töjningsgivare | 5 |
| 2.3 | Tillägg, förslag på placering av accelerometrar | 12 |
| | Litteraturförteckning | 13 |

1 Inledning

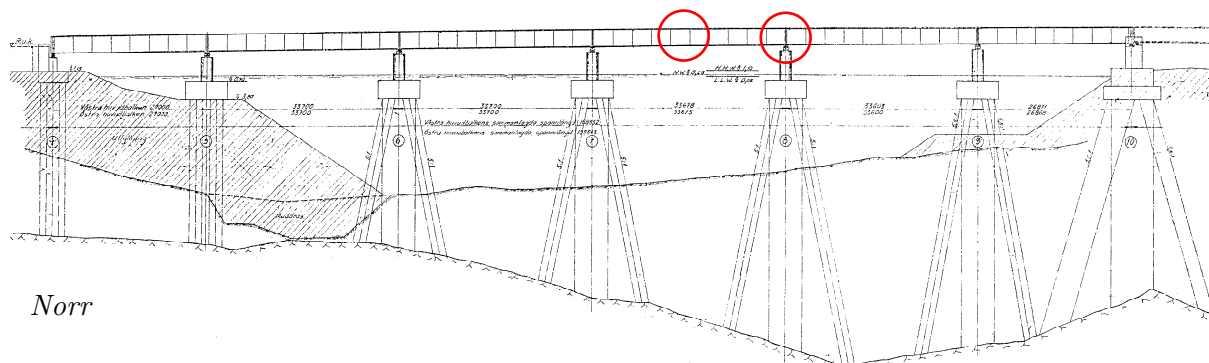
1.1 Syfte och omfattning

Följande rapport omfattar instrumenteringsanvisningar för töjningsmätningar på Söderströmsbron. Syftet med mätningarna är att mäta spänningsvidder orsakade av trafiklast, för att uppskatta risken för utmattning. Tidigare utförda beräkningar, [1], har visat på stor risk för utmattning i ett stort antal anslutningspunkter i bronns primärbärverk. Mätningarna ska användas dels för att beräkna verkliga spänningskollektiv, dels för att kalibrera den beräkningsmodell som ligger till grund för tidigare utmattningsberäkningar.

Den totala trafikmängden över Söderströmsbron uppskattas i dagsläget till ca: 45 miljoner bruttoton per år (Mbt/år), varav ca: 90 % utgörs av persontrafik. Tidigare utförda beräkningar [1] har visat att både gods- och persontrafik bidrar till utmattning och vid uppskattning av den framtida delskadan utgör de nya pendeltågen en betydande andel. Utmattningsberäkningarna baseras på statistiska fördelningar av trafiklasterna där person- och godstrafik är separerade och baseras på bl.a. data från SJ. För att med tillräcklig noggrannhet uppskatta fördelningen av dagens trafik rekommenderas att mätningarna utförs kontinuerligt under minst en månad, främst beroende på andelen godstrafik.

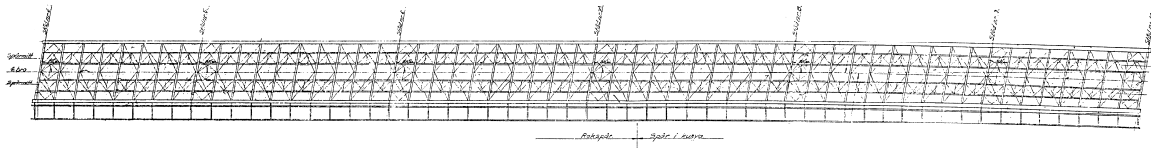
1.2 Beskrivning av bron

Bro över Söderström är en kontinuerlig balkrostbro i 6 fack, Figur 1.1 och Figur 1.2. Ytterfacken har spännvidden 27 m och innerfacken 34 m. Avståndet mellan tvärbalkarna är 3.4 m och dessa är sneda i en vinkel 10° i horisontalplanet. De två spåren är upplagda på träslipers som ligger direkt på långbalkarna. Instrumentering utförs i fältmitt fack 3 och över stöd 3, räknat från södra sidan av bron, se markeringar i Figur 1.1.



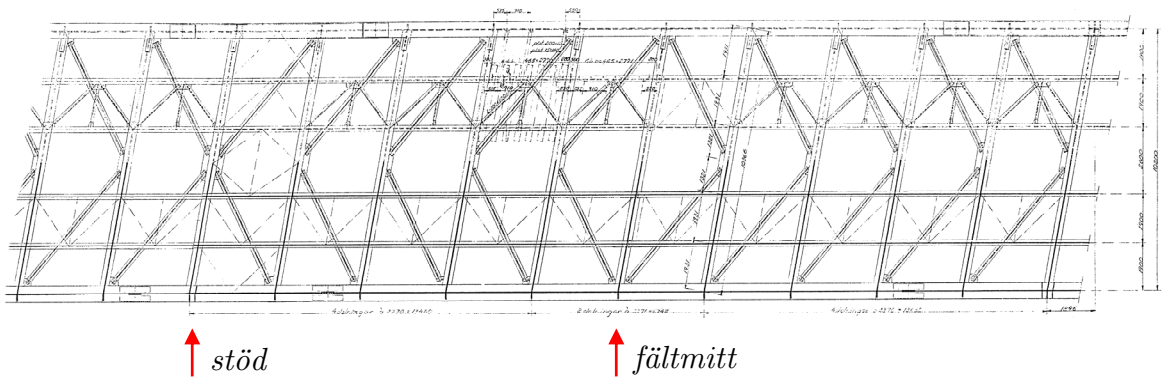
Figur 1.1: Bro över Söderström, elevation.

1. Inledning



Figur 1.2: Bro över Söderström, plan.

Figur 1.3 visar anslutande vind- och bromsförband. Vindförbanden ansluter till underfläns tvärbalk och underfläns huvudbalk. Bromsförbanden ansluter till överfläns långbalkar. Vind- och bromsförbanden illustreras även i Figur 1.4 och motsvarande detaljinfästningar i Figur 1.5 - Figur 1.7.



Figur 1.3: Plan av balkrost, vind- och bromsförband i innerfack och över innerstöd.

2 Instrumentering

2.1 Omfattning

Instrumenteringen omfattar totalt 56 töjningsgivare, 28 givare i fältmitt fack 3 och 28 givare över stöd 3. Givarna placeras invid de områden som från utmattningsberäkningarna har identifierats som mest kritiska, främst vid anslutande vind- och bromsförband till flänsarna i långbalkarna, tvärbalkarna och huvudbalkarna. Beräkningar har visat att bidrag från böjning i balkarnas veka riktning utgör en betydande andel av spänningsvidden. För att med noggrannhet separera dessa effekter har 4 givare per balksnitt valts.

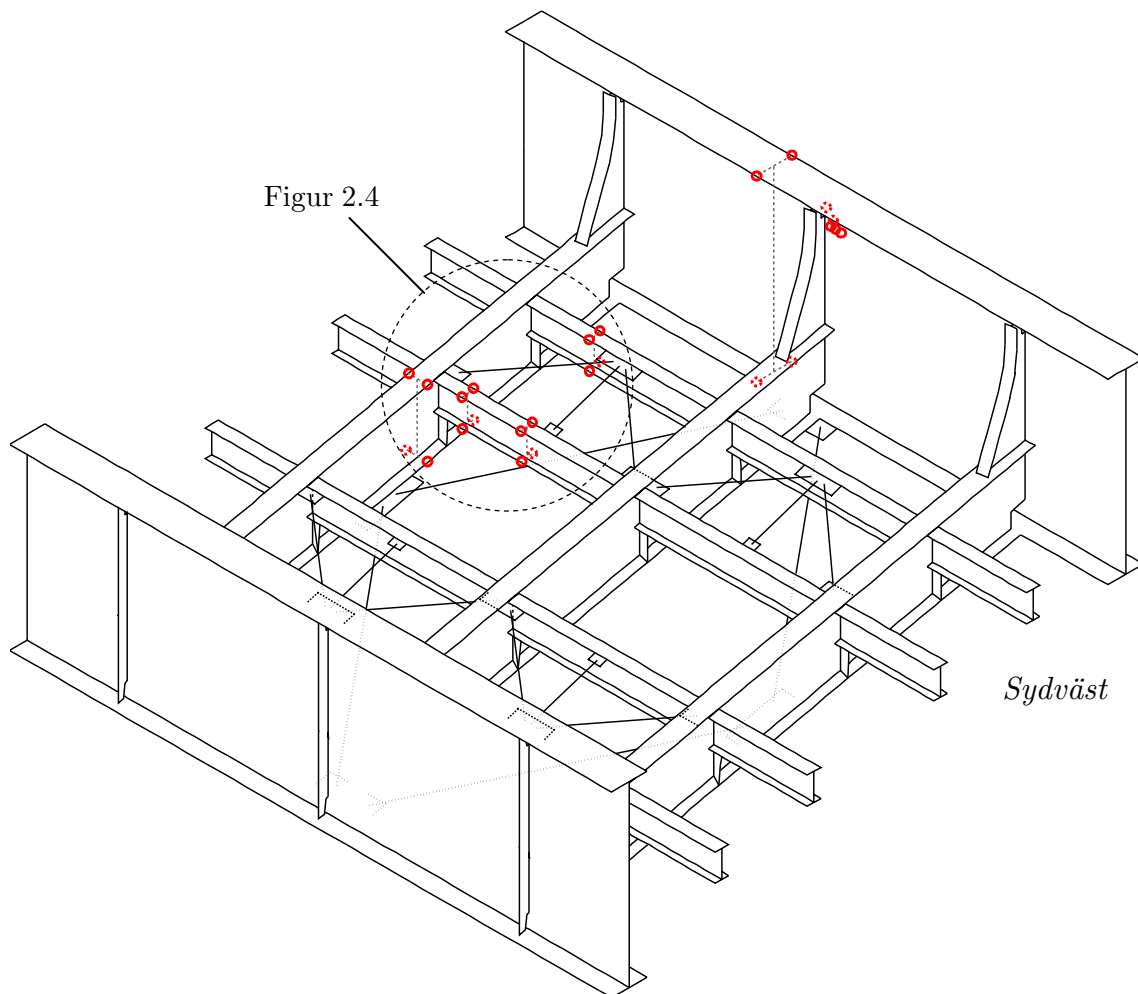
Givarna på balkarnas flänsar syftar till att motsvara nominella spänningar och utmattningsrisken beräknas baserat på motsvarande förbandsklasser enligt BSK. Från broinspektioner och förbandsbesiktningar har sedan långt tid tillbaka ett stort antal utmattningssprickor identifierats i anslutning till huvudbalkens övre livavstyvning [6 - 12]. För att beskriva uppkomsten av dessa sprickor monteras töjningsgivare nära den kritiska anslutningspunkten och utmattningsrisken beräknas utifrån lokala spänningskoncentrationer, beskrivna i [3, 5] och med förbandsklasser beskrivna i [2]. En jämförande uppskattning av utmattningsrisk är även möjlig baserat på huvudbalkens nominella spänning, omräknat till det kritiska snittet och med tillämpbara förbandsklasser enligt BSK.

2.2 Placering av töjningsgivare

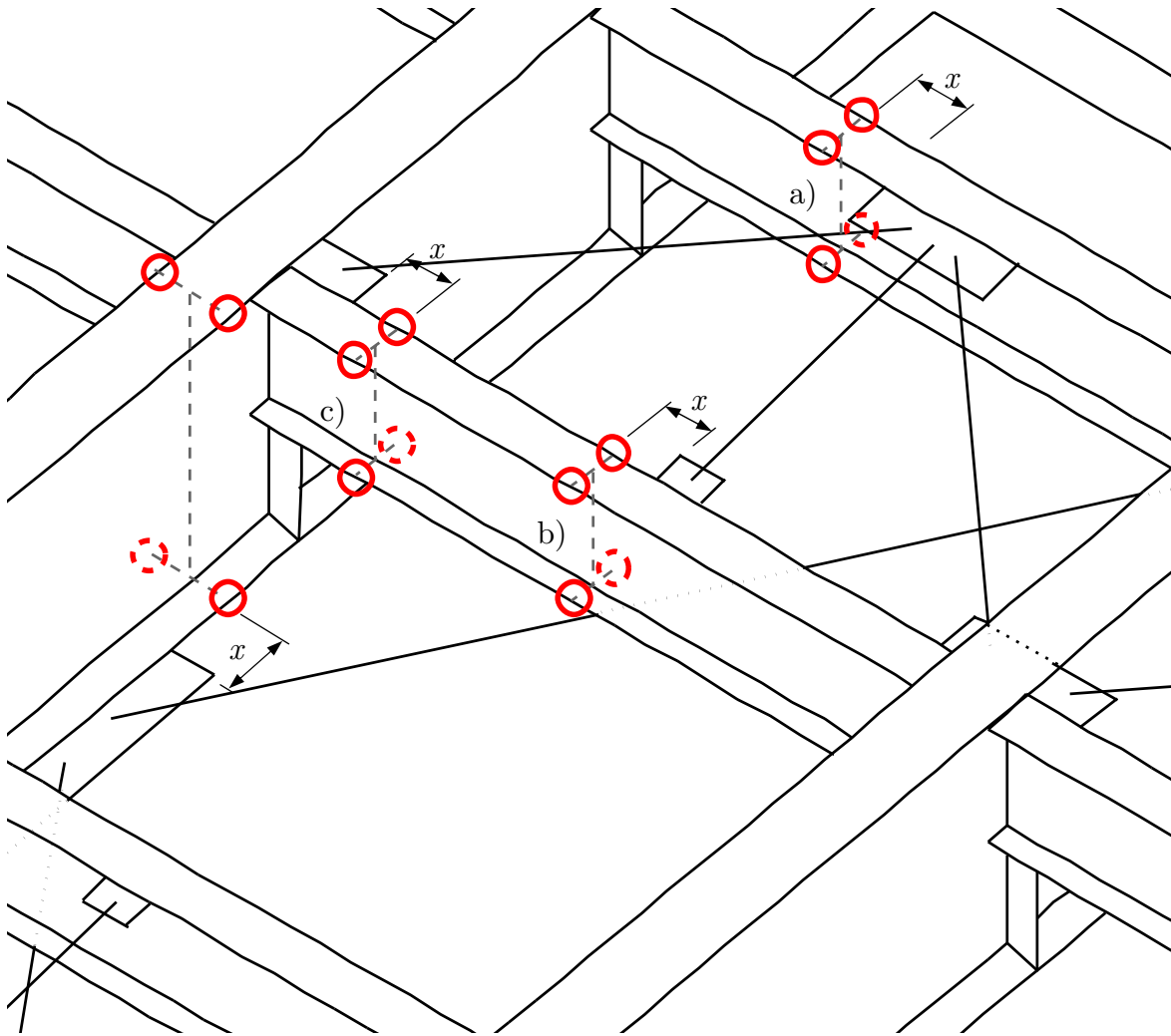
I Figur 2.1 visas de områden som instrumenteras i fält fack 3, betecknade 1a – 5a. P.g.a. vindförbandet inte ansluter till tvärbalken i fältmitt och att långbalkarnas anslutning med tvärbalken utgörs av en expansionsfog, placeras givarna en tvärbalk norr om fältmitt, på den västra sidan.

I Figur 2.2 visas de områden som instrumenteras över stöd 3, betecknade 1b – 5b. P.g.a. nitförband i huvudbalken över stöd och placering av vind- och bromsförband, placeras givarna norr om stöd 3, på den västra sidan.

I Figur 2.3 visas en orienteringsskiss över de enskilda givarnas placering och i Figur 2.4 visas instrumentering av långbalkar och tvärbalkar i detalj. Vid instrumentering dokumenteras och inmäts givarnas position.

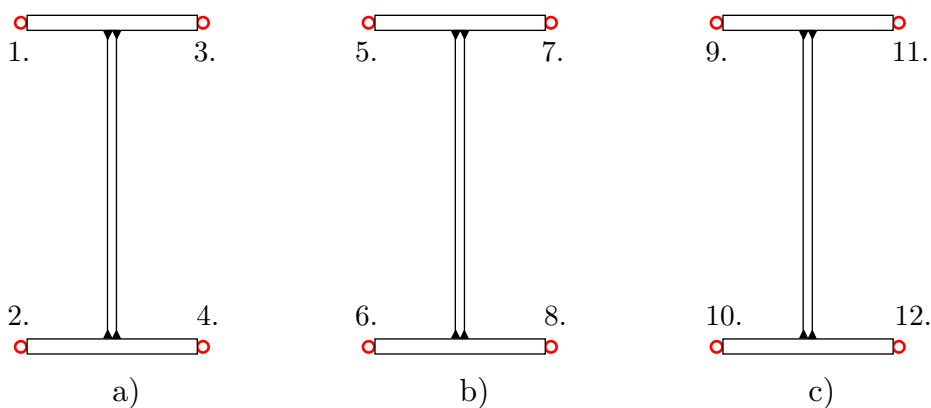


Figur 2.3: Principiell placering av töjningsgivare på huvudbalk, långbalk och tvärbalk.



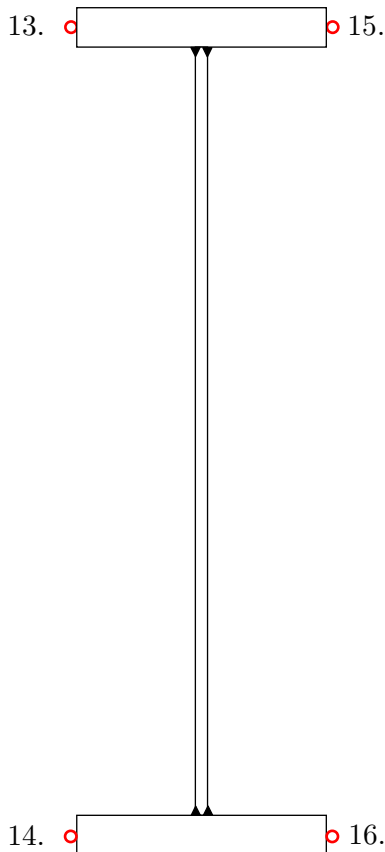
Figur 2.4: Detalj av instrumentering på långbalkar och tvärbalk. Nominella spänningar erhålls genom att placera givarna ett avstånd $x = 200$ mm från vind- och bromsförbandens anslutningsplåtar.

I Figur 2.5 visas givarnas placering och numrering på långbalkarna, område 1a, 2a och 3a enligt Figur 2.1. Givarna numreras i samma kronologiska ordning över stöd 3.



Figur 2.5: Placering av töjningsgivare på långbalkar a) yttre långbalk mellan tvärbalkar, område 1a, b) inre långbalk mellan tvärbalkar, område 2a, c) inre långbalk vid anslutning till tvärbalk, område 3a.

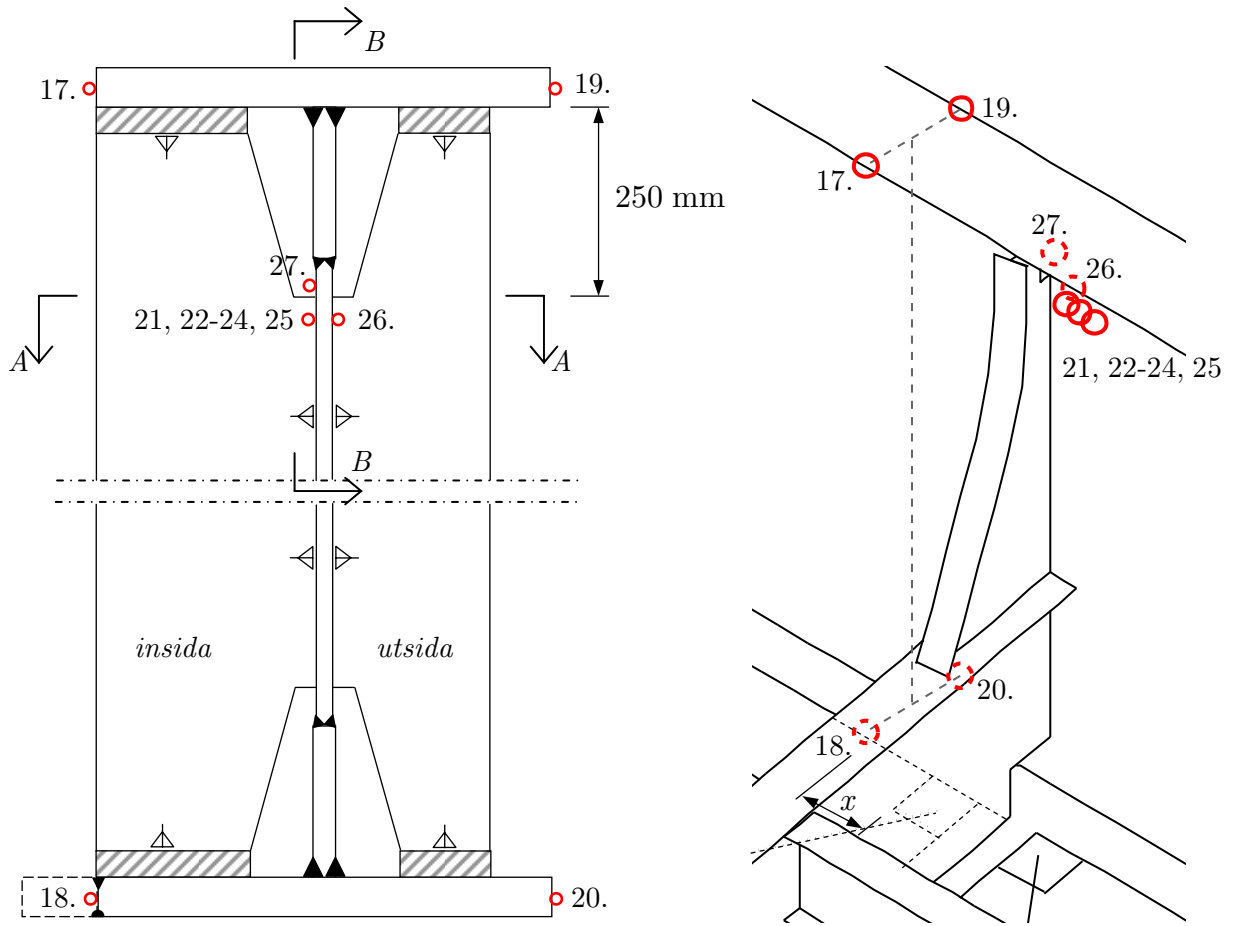
I Figur 2.6 visas numrering av givare på tvärbalken, område 4a.



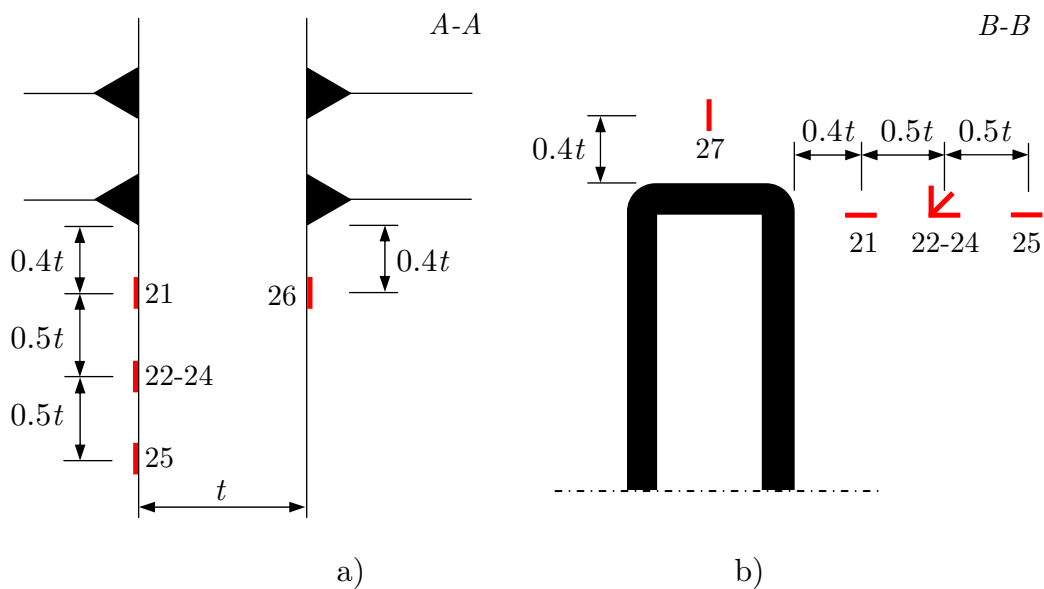
Figur 2.6: Placering av töjningsgivare på tvärbalk.

Instrumentering och numrering av givare på huvudbalk, *område 5a*, redovisas i Figur 2.7. Givare 17 – 20 instrumenteras på flänsarna och används för att beräkna nominella spänningar. Givare 21 – 27 placeras på huvudbalkens liv, invid anslutande livavstyvning och används för beräkning av lokala spänningskoncentrationer. Givare 21, 22-24 och 25 placeras horisontellt på insidan av huvudbalkens liv, närmast spåret. Givare 22-24 består av en rosettgivare och används för att bestämma huvudspänningsriktningen. Givare 26 instrumenteras horisontellt på livets utsida, motstående givare 21. Givare 27 instrumenteras vertikalt på livets insida, ovan livavstyvningsens övre anslutningspunkt. Givarnas position visas i Figur 2.8 och vid instrumentering är det av stor vikt att givarnas förbestämda positioner efterföljs, både avstånd och vinkel, för att med noggrannhet kunna beräkna motsvarande spänningskoncentrationsfaktorer. Givarnas placering dokumenteras noggrant vid instrumentering, innan de fuktskyddas. Givarnas avstånd beror på plåttjockleken hos huvudbalkens liv och är olika i fält och över stöd, Tabell 1.1. Givarens längd bör inte överstiga $0.2t$ men om den gör det ska givarens kant inte placeras närmare än $0.3t$ från svetsens fattningskant.

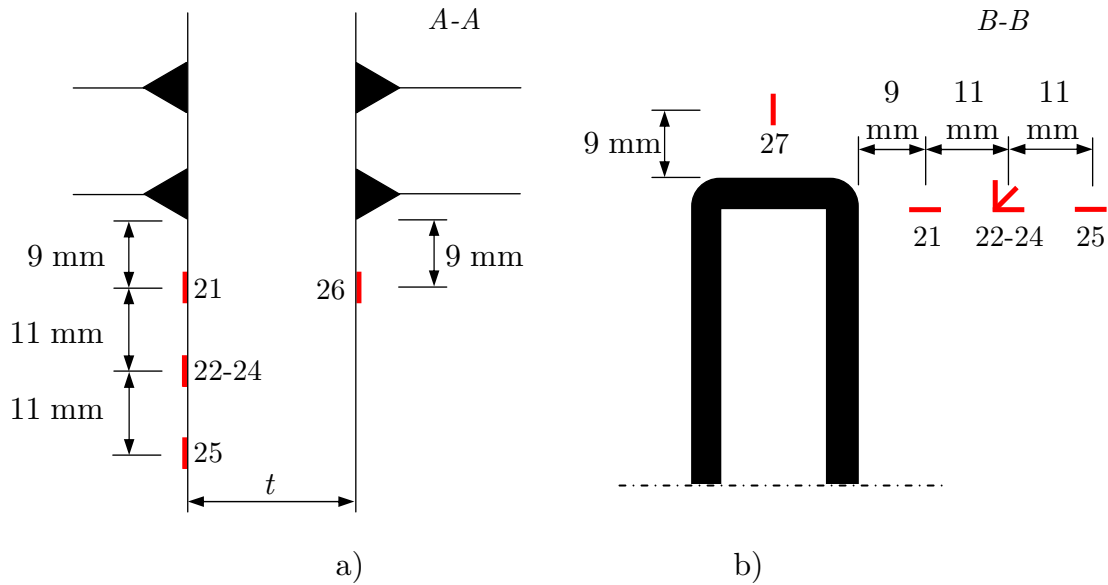
Givare 28 instrumenteras på den inre rälen, område 2a, enligt Figur 2.1, i samma snitt som givare 5 – 8. Givaren placeras horisontellt i rälsens neutrala lager och syftet är att mäta den axiella kraften i rälen, för att studera samverkan mellan räl och långbalkar. För UIC-60 räl ligger neutrala lagret 81 mm från räls underkant.



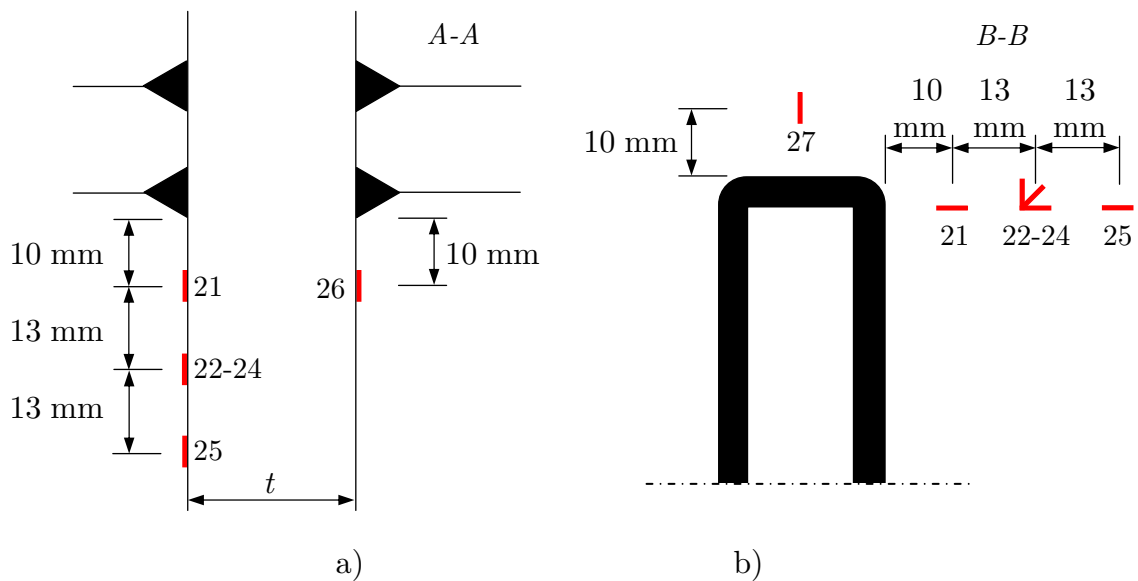
Figur 2.7: Placering av töjningsgivare på huvudbalk, a) snitt av huvudbalk, b) vy av anslutning mellan tvärbalk, huvudbalk och livavstövning, $x = 200$ mm.



Figur 2.8: Placering av töjningsgivare på huvudbalkens liv för mätning av lokala spänningskoncentrationer, a) vertikalt snitt A-A visar horisontella givare, b) horisontellt snitt B-B visar givare på insidan av huvudbalkens liv.



Figur 2.9: Snitt över stöd 3, måttsättning av givarnas placering på huvudbalkens liv vid den övre livavstyvningen. Måtten avser avstånd till centrum givare.



Figur 2.10: Snitt i fält fack 3, måttsättning av givarnas placering på huvudbalkens liv vid den övre livavstyvningen. Måtten avser avstånd till centrum givare.

2.3 Tillägg, förslag på placering av accelerometrar

För att ytterligare utreda bronns dynamiska egenskaper under trafikbelastning finns möjlighet att placera accelerometrar på bron, i samband med töjningsmätningarna. Från de töjningsmätningar som utförs är det dynamiska tillskottet inkluderat i mätsignalen varvid inget ytterligare tillskott behöver beaktas avseende spänningar. Det bedrivs för närvarande forskning kring dynamiska tillskott från trafik på järnvägsbroar, främst avseende höghastighetsbanor. Ofta används accelerometrar för att studera dessa effekter och det är av intresse för forskningen att jämföra motsvarande resultat från både töjningsgivare och accelerometrar, [4]. Det bör dock understrykas att för utmattningsberäkningar av Söderströmsbron är den reella nyttan av accelerometrarna begränsade. Resultaten kommer dock att vara av stort intresse för andra broar som kommer att behöva uppgraderas till högre hastigheter.

I samband med instrumentering av töjningsgivare finns dock möjlighet att placera 5 stycken accelerometrar inom ramen för samma mätsystem och datainsamling. Detta gör att den faktiska kostnaden för accelerometrarna är förhållandevis liten. Om man väljer att inkludera 5 accelerometrar i instrumenteringen bör dessa placeras i samma snitt som övriga töjningsgivare enligt

- 3 accelerometrar i fältmitt fack 3, i Figur 2.1 område 5a på huvudbalk, område 4a på tvärbalk och område 2a på långbalk,
- 2 accelerometrar över stöd 3, i Figur 2.2 område 4b på tvärbalk och område 2b på långbalk.

Litteraturförteckning

- 1 Andersson, A, 2007. Utmattningsberäkningar av järnvägsbroar, Sträckan Stockholm Central – Söder Mälarstrand, bandel 401, km 0+403 – km 1+241. *Banverket XTSK, Expertstöd Teknik Stockholm Konstbyggnad.*
- 2 Eurocode 3: Design of steel structures, Part 1.9: Fatigue. *prEN 1993-1-9:2003.*
- 3 Hobbacher, A. 1996. Fatigue design of welded joints and components, Recommendations of IIW Joints Working Group XIII-XV, XIII-1539-93/XV-845-96. *Abington Publishing.*
- 4 Karoumi, R. 2008. PM Utvärdering av befintliga järnvägsbroars kvarvarande livslängd genom mätning och analys – Tillämpad studie på Söderströmsbron. *KTH Brobyggnad.*
- 5 Radaj, D., Sonsino, C. M., 1998. Fatigue assessment of welded joints by local approaches. *Abington Publishing.*
- 6 Reinertsen, 2003. Kompletterande förbandsbesiktning av järnvägsbroar över Söderström och Söder Mälarstrand. *Uppdrag nr: 03214010.*
- 7 Reinertsen, 2004. Stoppborrning, lagerjustering samt besiktning av järnvägsbroar över Söderström och Söder Mälarstrand. *Uppdrag nr: 03214010.*
- 8 Reinertsen, 2004. Besiktning av Söderströmsbron och Söder Mälarstrandsbron. *Sammanställning av inspektioner utförda juni 2004.*
- 9 Reinertsen, 2006. Särskild inspektion av Söder Mälarstrandsbron.
- 10 Reinertsen, 2006. Särskild inspektion av Söderströmsbron.
- 11 Projektengagemang, 2008. Inspektion av Söderströmsbron.
- 12 Projektengagemang, 2008. Inspektion av Söder Mälarstrandsbron.