

Handläggare
Lars Matz
08-508 266 43

Norra Danviksbrons tillstånd

Bakgrund

Sedan 1980/90-talen råder samsyn mellan SL och Staden om att Danviksbron uppnått sin tekniska livslängd. När planeringen för en ny bro därmed inleddes upphörde också det proaktiva underhållet och skötseln inskränktes till ren felavhjälpning med åtgärder av begränsad omfattning och livslängd.

I Henriksdalsprojektet ingick en omläggning av Saltsjöbanan till en fast högbro. Detta skrinlades för drygt fem år sedan och den nuvarande bron måste därför utnyttjas för bussar och Saltsjöbanan ytterligare en tid.

Bron har sedan undersökts för att ge underlag för rekommendationer för åtgärder för fortsatt säker tåg- och busstrafik.

Slutsatserna i dessa rapporter är att bron, både klaffen med maskineri och dom fasta delarna är så nedgångna att ett byte till ny bro är gynnsammare än reparation och upprustning både tekniskt och ekonomiskt.

Senare tiders undersökningar

- | | |
|------|--|
| 2006 | Bärighetsutredning, ELU-konsult
Vissa balkar i klaffen har överskridit eller ligger nära utmattningsgränsen.

Rekommenderar utbyte av vissa komponenter och noggrann övervakning. |
| 2007 | Brottseghetsanalys & kemanalys, Carl Bro, KTH

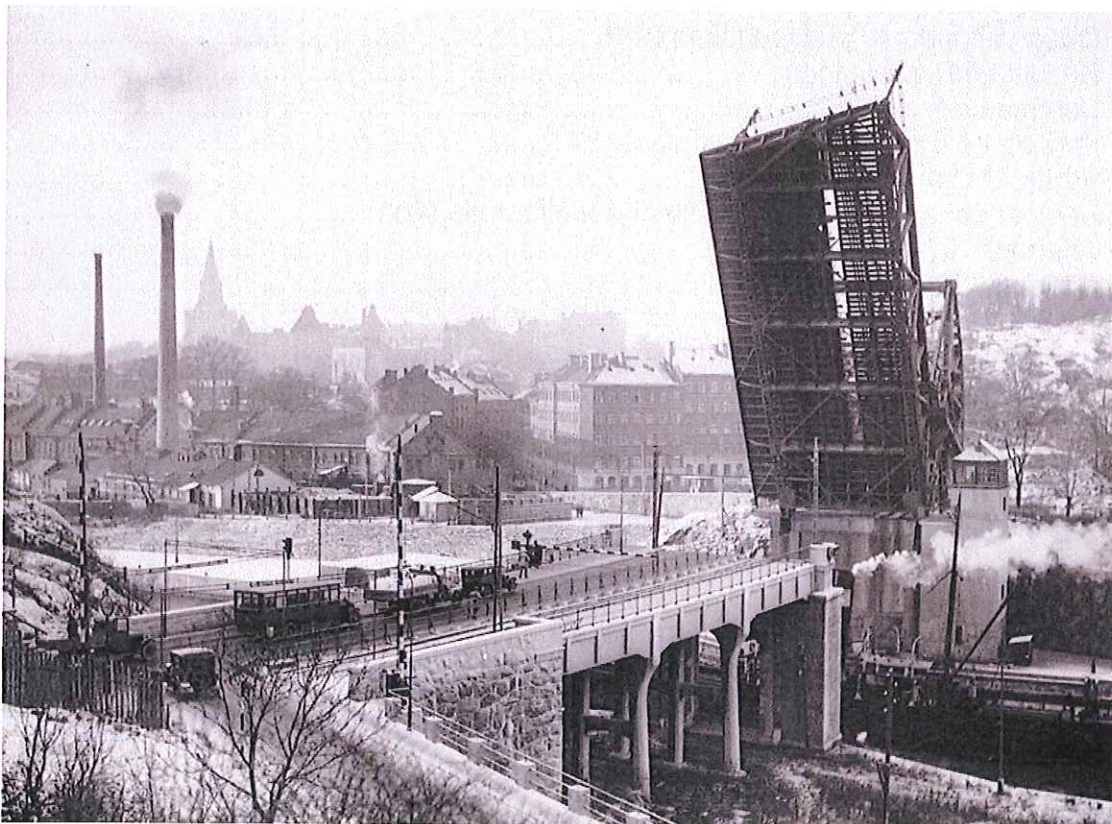
Visst material bör bytas, förtätade inspektioner. |

- 2013 Utredning angående renovering eller utbyte av klaffbro, ELU-konsult
- En bro i dåligt skick samlade bedömningen att den bör bytas
- 2013 Norra Danviksbron, Östra Tillfartsbron.
Bedömning av möjligheten att vidmakthålla Östra Tillfartsbron i ytterligare 50 á 60 år, InfraKonsult
- Bron bör bytas med hänsyn till skadornas art och omfattning
- 2013 Norra Danviksbron, Östra Tillfartsbron.
Kostnadsuppskattning utbyte kontra reparation, InfraKonsult
- En osäker reparation ungefär lika dyr som byte. Byt bron.

Bilägges utredningar och rapporter enligt ovan

Norra Danviksbron, Stockholm

Utredning angående renovering eller utbyte av klaffbro



INNEHÅLLSFÖRTECKNING**SIDA**

Inledning	3
Bakgrund	3
Teknik	3
Tidigare utredningar	3
Observationer	4
Observationer vid platsbesöket 2011	4
Observationer vid platsbesöken 2013	6
Resultat från provningar	9
Sammanfattning	9
Förslag på åtgärder	10
Åtgärder i väntan på utbyte	10
Kostnadsanalys för utbyte av klaffbron eller hela bron.	11
Alternativ 1 (Ny bro)	11
Alternativ 2 (Ny klaff)	11

Bilagor:

Brottseghetsanalys & kemanalys, 2007

Bilaga 1

Brottmekanisk provning av bromaterial och kemisk analys, 2013

Bilaga 2

Kostnadsberäkning

Bilaga 3

Inledning

ELU har, tillsammans med Rejlers, fått i uppdrag att göra en genomlysning av Norra Danviksbron. Syftet är att ge Trafikkontoret och SL en bild av brons kondition och ge ett beslutsunderlag för framtida underhålls- och reparationsåtgärder. Målsättningen har varit att bron skulle kunna användas i ytterligare 20 år.

Det har till och från genom åren diskuterats om den norra bron skall rivras och ersättas med en ny bro för Saltsjöbanan, öppningsbar eller fast högbro. Även tunnelbana har diskuterats som ett alternativ. Några beslut har dock inte fattats.

Bakgrund

2011 fick ELU uppdrag att utreda både Södra och Norra Danviksbron. Vid platsbesök 2011-09-14 gjordes en okulär inspektion av framförallt stålkonstruktionerna, vi kom dock inte ut på inspektionsbryggan till den norra bron. En enklare översyn av de båda broarnas maskinerier gjordes också. Vid detta besök fann vi att södra bron var i mer akut behov av åtgärder då det kassettsystem som utgör farbanan inte var tätt med omfattande rost i underliggande bärverk som följd, varpå arbetet med den norra bron sköts på framtiden.

Teknik

Bron är en enkelklaff med både spår- och vägtrafik där huvudbärverket är en överliggande fackverkskonstruktion och lasten från spår- och vägtrafiken bärs via sekundära bärverk till tvärbalkar som för lasten till fackverkskonstruktionen. Ett elektriskt maskineri, placerat i ett hus ovanför farbanan, driver de två kuggstängerna som drar upp bron är. Ett antal leder finns på fackverkskonstruktionen som viker ihop konstruktionen tillsammans med den ovanliggande motvikten (typ Strauss).

Tidigare utredningar

Bron har under de senaste 20 åren genomgått en rad utredningar och inspektioner. En bärighetsutredning utfördes 2006. Denna kom fram till att det primära fackverket var tämligen lågt utnyttjat, tvärbalkarna lite hårdare utnyttjade men inte över gränsen för utmattning. De sekundära långbalkarna hade däremot, beräkningsmässigt, passerat gränsen för utmattning och borde bytas omgående.

Denna uppgift ledde till att det togs ut prover för brottseghets- och kemanalys av de sekundära långbalkarna samt att trådtöjningsgivare placerades ut för att mäta verkliga spänningar i stålet.

Analyserna gav att stålet har låg brottseghet och är otätat med stora variationer och att man bör undvika värmepåverkande arbeten såsom svetsning och gasskärning. Värdena var så låga för vissa av långbalkarna att de borde bytas ut inom en 5-års period.

Resultatet från trådtöjningsmätningarna gav visserligen att spänningarna var låga, men på grund av yttre omständigheter var hastigheten reducerad och tågen råkade dessutom vara i stort sett tomma. Faktorer som ger lägre påverkan på konstruktionen.

Observationer

Observationer vid platsbesöket 2011

Nedan följer en kortare sammanfattning av vad vi fann då. Vid det tillfället gavs inte möjlighet att komma ut på inspektionsbryggan under bron.

Primärfackverket

Fackverket har inte några rostkador av större omfattning. Det finns en del gamla rostkador som har lett till areaförlust, men de har inte fortgått efter ommålningen. Södra sidans underramstång samt fackverkets infästning i betongen på stockholmsidan uppvisar rostkador. I vertikala knutpunkter samlas damm och skräp vilket kan vara en grogrund för rost.

Tvärbalkar

Tvärbalkarna visar inte heller på några större rostkador. Den rost som syns på bronns undersida härrör från rostdamm från rälsen.

Sekundära långbalkar

Inte heller dessa visar på några större rostkador.

Farbanekonstruktionen

Farbanekonstruktionen byttes ut i början av 1990- talet och är uppbyggd av en 10 mm farbaneplåt svetsad till tvärvastvynningar och skruvad till långbalkar vilka i sin tur skruvas till tvärbalkar. Farbaneplåten ser ut att ha spruckit vid svetsningen av den pålagda ändplåten på anslagssidan. Det skulle kunna vara svetsen mellan plåt nr 1 och plåt nr 70 i bild 1 nedan men med tanke på rörelsemönstret vid överfart är det troligast att det är plåten som brustit.

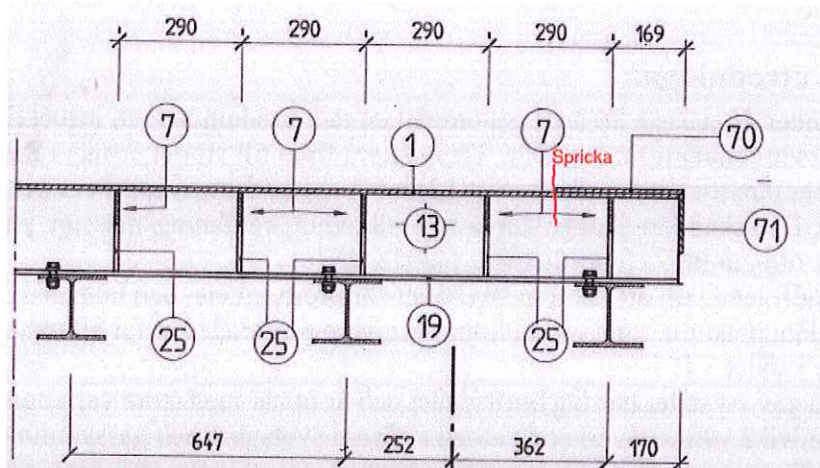


Bild 1: Delkopia av ritning 179441 med förmodad spricka markerad

Maskineri

Rent och snyggt inne i maskinrummet tyder på välskött underhåll. Inga konstiga ljud eller annat som tyder på något större slitage upptäcktes vid besöket. Kuggdrevet på norra sidan har en antydning till snedhet. Automatsmörjningen av lagringar och drev ute på klaffen trycker ut väl mycket fett, allt är kladdigt och halt.

Motvikt

Betongmotvikten visar inga större skador i form av grova sprickor eller åverkansskador. Det finns dock ett nätmönster av sprickor som skulle kunna tyda på en alkali-kisel-reaktion.

Räls och slipers

Slipers vid bladskarv har dålig anliggning mot vilket gör att det slår i underliggande konstruktioner när tåg passerar.

Övrigt

Det förekommer rostangrepp på lejdare och trappor, men inget alarmerande. Samtliga räckesinfästningar och skarvar i den RHS-profil som utgör kantbalk mellan spår- och körbanedelen är ordentligt rostiga.



Bild 2: Rostig räckesinfästning.

Observationer vid platsbesöken 2013

Vid platsbesök i januari kommer vi inte åt inspektionsbryggan under bron, men det gör vi vid besök i maj. Besöket i maj har två syften, dels att få en handnära inspektion av delarna under bron; tvärbalkar, sekundära långbalkar och farbanekonstruktion och dels finna lämpliga ställen där prover för en brottmekanisk provning och kemanalys av tvärbalkar och/eller primärfackverket kan tas ut. Följande är en sammanfattning av vad vi fann vid de två besöken.

Primärfackverket och Tvärbalkar

Primärfackverket uppvisar inga direkta förändringar jämfört med 2011.

Tvärbalkarna uppvisar ingen synlig rost men man ser att det, på sina ställen, har varit ganska långtgående rostskador på nitar och påläggsplåtar (bild 3). Det beslutas att en brottmekanisk provning liknande den som gjorts på långbalkarna ska utföras på tvärbalkar och dess avstyvningar.



Bild 3: Tvärbalks underfläns med nästan bortrostade nitskallar.

Sekundära långbalkar

Det är nu första gången vi kommer åt att studera de sekundära långbalkarna på nära håll och de visar inga direkta skador eller större rostangrepp. Däremot visar det sig att det finns påsvetsade plåtar (bild 4) och att den nya farbanan på några ställen är svetsad till överflänsen (bild 5).

Detta är inte bra då dels den brottseghets- och kemiska analys som gjorts av stålet i långbalkarna säger att svetsning bör undvikas, men också för att den bärighetsanalys som utförts inte tar hänsyn till den kraftigt negativa effekt som svetsning i överflänsen har på utmattningshållfastheten.



Bild 4: Långbalk med påsvetsad plåt



Bild 5: Farbanans bärverk svetsad till långbalk

Farbanekonstruktionen

Bärverket under själva plåten är sprucket på flera ställen. Det finns flera lagade sprickor, sprickor som är markerade för lagning och nya sprickor (bild 6). Anledningen till sprickorna är troligen densamma som anledningen till sprickan i farbaneplåten, nämligen att det är underdimensionerat. Farbanekonstruktionen är dimensionerad för trafiklasten enligt 1960 års belastningsbestämmelser i stället för de vid tidpunkten gällande, troligtvis på grund av att en konstruktion som skulle klara de kraven hade blivit mycket tyngre vilket skulle ha haft en stor inverkan på motvikt och maskineri.



Bild 6: En av många spruckna knutpunkter på farbanans bärverk

Sprickan i farbaneplåten ser ut att ha vuxit men det är lite svårt att avgöra då det har utförts lagningar av gjutasfaltslagningen mellan besöken. Även kantskoningen på den fasta betongdelen ser mer skadad ut än den gjorde 2011.



Bild 7: Farbanan 2011



Bild 8: Farbanan januari 2013

Räls och slipers

Slipers är utbytta så nu är det bra anliggning mot underliggande konstruktioner.

Maskineri

Brons maskineri är med tanke på ålder i synbart gott skick.
Växellådor, bromsar och elmotorer är bytta på senare år (ca 10 år).
Styrvaggan som håller kuggstången är reoverad och modifierad för ca 6-8 år sedan.

Motvikt

Enligt uppgift är troliga orsaken till sprickmönstret en misslyckad pågjutning.

Resultat från provningar

Brottmekanisk provning och kemiska analyser utfördes för de sekundära långbalkarna 2007 och för tvärbalkar och dess avstyvningar 2013. Se bilaga 1 och 2.
Några prover från primärfackverket har inte tagits ut men då prover tagits från olika typer av valsade profiler (långbalkar och L-profiler i avstyvningar) samt tvärbalkarnas livplåtar och dessa visar på tämligen samstämmiga resultat drar vi slutsatsen att primärfackverkets stål är i ungefär samma kondition som det testade.

Båda provningarna visar på otätat stål med låg eller mycket låg brottseghet.

Att ett stål är otätat innebär att det har låg kiselhalt och stelnat med variationer i sammansättningen och man får partier med t ex högre slagginnehåll. Detta gör stålet olämpligt för svetsning. Det är också så att ett otätat stål har högre halt förorening centralt än ute i ytan vilket innebär att areabortfall vid rostning gör att stålet som återstår kan ha sämre kvalitet än vad ritningar anger.

I Banverkets publikation BVS 583:12 utgiven 2003-04-01 finns lite regler för hur man ska tolka resultaten av en brottmekanisk provning och tabell 6.1, i nämnda skrift, säger att ligger $J_c < 20 \text{ kN/m}$ så bör man byta ut delen snarast. Ligger $20 < J_c < 30 \text{ kN/m}$ bör byte ske inom 5 år. I senare utgåvor av publikationen har man tagit bort dessa regler då de är lite väl "stelbenta" men de ger ändå en indikation på lämpliga åtgärder.

Brottssegheten J_c i tvärbalkar varierar mellan 11 och 23 kN/m. I långbalkarna är det bra värden i två prover ($J_c > 70 \text{ kN/m}$) men i övrigt är värdena i paritet med de för tvärbalkarna.

Att stålet har låg brottseghet innebär att det är sprött vilket gör att en överbelastning ger ett hastigt brottförlopp istället för det sega brott man eftersträvar.

Sammanfattning

Sammanfattningsvis visar platsbesök, inspektionsrapporter och resultat av provningar på en bro i dåligt skick. Det gamla stålet är sprött och otätat och man har dessutom svetsat i det. Rostskador har givit areaförluster vilket också är allvarligt för ett stål av denna kvalitet. Det nyare stålet i farbanekonstruktionen är underdimensionerat och håller inte för de belastningar det utsätts för.

Det har nu gått lite drygt 6 år sedan rapporter sa att långbalkarna borde vara utbytta inom 5 år.

Förslag på åtgärder

Med tanke på det gamla stålets kondition och de omfattande skadorna på farbanedäcket som beror på att det inte är dimensionerat de laster det utsätts för föreslår vi att man snarast börjar projektera för en ny bro.

Då tillfartsbron, framförallt på Nackasidan, också är i dåligt skick föreslås att hela bron rivs och ersätts med en ny.

Skulle det finnas ett beslut på en helt annan lösning, där exempelvis en högbro ersätter en öppningsbar bro inom en period på 10-15 år kan en enklare lösning där enbart klaffbordelen byts ut vara ett alternativ då detta innebär kortare byggtid. Tidsbegränsningen beror på att de angränsande betongdelarna måste genomgå så omfattande reparations- och förstärkningsarbeten för att vidmakthålla bronns bärighet om man vill behålla dem längre att det blir både teknisk och ekonomisk oförsvårbart.

Åtgärder i väntan på utbyte

Ett utbyte av en så här stor bro är en ganska omfattande procedur och det kommer att krävas en del åtgärder för att behålla bron fram till den kan stängas. Dessa specificeras här nedan.

Allmänt

Sänk bussarnas möjliga hastighet så mycket det går (< 15 km/h) genom fysiska hinder eller flytta ut busstrafiken på den Södra bron.

Förtäta inspektionstillfällena. En gång per månad under vintern och en gång varannan månad under de varmare delarna av året.

Farbanekonstruktion

Sprickan i farbaneplåten och sprickorna i underliggande bärverk åtgärdas.

Kostnadsanalys för utbyte av klaffbron eller hela bron.

Kostnadsbedömning där två fall bedöms. Se bilaga 3 för en detaljerad kostnadsberäkning.

1. Helt ny bro. Den nya klaffbrodelen föreslås utförd liknande den befintliga med överliggande maskineri och motvikt.
2. Som en temporär lösning i väntan på en alternativ lösning för trafiken i området (max 10 år) byts enbart klaffbrodelen och maskineri med samma utförande som i alternativ 1. Här förutsätts att arbeten med anslagspelare och klappspelare begränsas till mindre justeringar och anpassningar.

Alternativ 1 (Ny bro)

Totalt

125 Mkr

Alternativ 2 (Ny klaff)

Totalt

61 Mkr

(I dessa kostnader är inte reparationskostnader för tillfartsbroarna medtagna.)

Rapportnummer: 7159606:A

Brottseghetsanalys & kemanalys

Norra Danviksbron

Objekt nr: 61-0164
Knr: 30-10806-1

Storstockholms Lokaltrafik

- Bilaga
1. Brottmekanisk provning (KTH)
 2. Kemanalys

Carl Bro AB
Samhällsbyggnad/Anläggningsunderhåll

Gerard James

Jonatan Paulsson-Tralla, granskare

Carl Bro

Carl Bro AB
Box 47303
100 74 Stockholm

Besöksadress
Org nr
Styrelsens säte

Mejerivägen 1-3
556563-7237
Stockholm

E-post
Direktfn
Fax

gerard.james@carlbro.se
010 480 18 18
010 480 19 06
www.carlbro.se



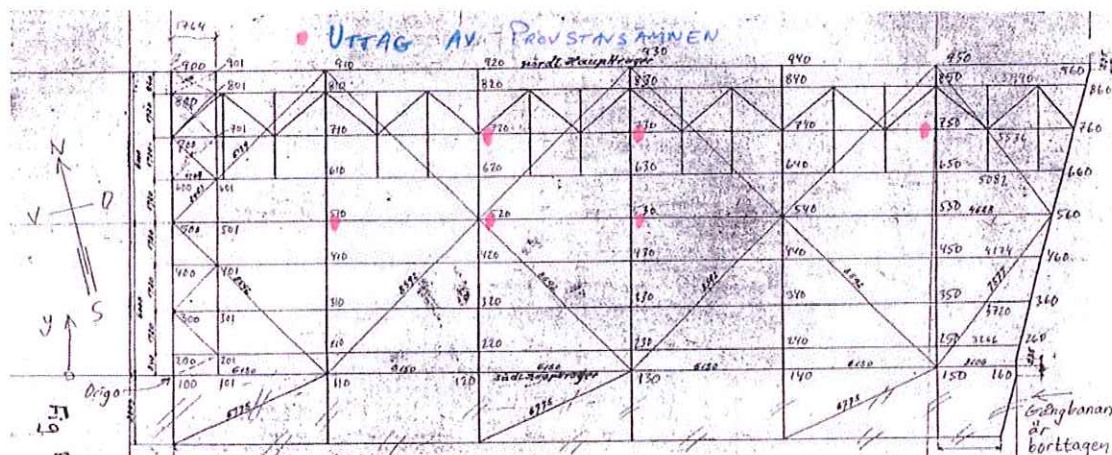
1 Objekt

Norra Danviksbron är en öppningsbar klaffbro i fem spann med totallängd på 106 m. Den fria spännvidden är cirka 37 m. Broklaffen är utförd som nitad fackverkskonstruktion i stål och är en enkel klaffbro med motvikten över brobanan. Bron trafikeras av både spårtrafik (Saltsjöbanan) och busstrafik (en fil). Saltsjöbanan över bron är enkelspårig och därmed trafikerar bron av tåg både mot Nacka och mot Slussen. Bron öppnades för trafik i augusti 1922.

2 Syfte

Syftet med provningen är att fastställa de brottmekaniska egenskaperna av de sekundära långbalkarna till den öppningsbara delen av bron. Provstavsämnen togs ut ur flänsarna på två typer av balkar enligt BVS 583.12 (se Figur B1.1 av BVS 583.12). Tre provstavsämnen togs ut från INP 50 balkar och tre från INP 40 balkar. Dessa provämnen har sedan provats enligt BVS 583.12 (trepunkts böjprov).

3 Uttag av provstavsämnen

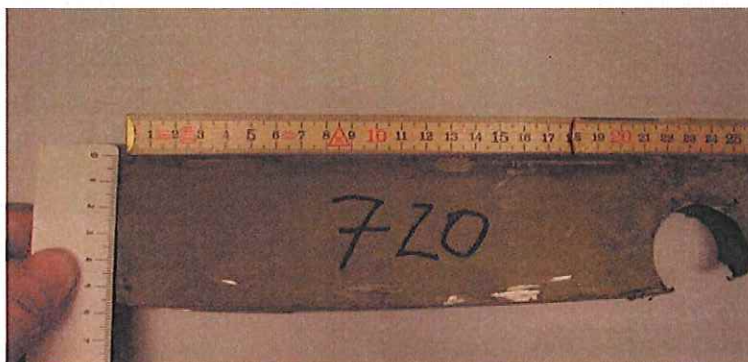


Figur 1. Skissen visar positionerna för uttagning av provämnen från den öppningsbara delen av bron. Numrering av provstavsämne har följt nodnumrering från en beräkningsmodell.

Samtliga provstavsämnen togs från de västra upplagen av de sekundära långbalkar förutom nummer 750 som togs från det östra upplaget, se Figur 1 ovan. Provstavsämnen 720, 730 och 750 togs från INP 50, sekundära långbalkar. Provstavsämnen 510, 520 och 530 togs från INP 40, sekundära långbalkar.

Tabell 1. Numrering av provstavsämnen samt positionerna i konstruktionen för uttag. (Se Figur 1)

Balk	Plats för uttag	Balk nummer (Figur 1)	Nodnumrering (Figur 1)	KTH numrering
INP 50	Västra upplag	720 - 730	720	11961
INP 50	Västra upplag	730 - 740	730	11962
INP 50	Östra upplag	740 - 750	750	11963
INP 40	Västra upplag	510 - 520	510	11964
INP 40	Västra upplag	520 - 530	520	11965
INP 40	Västra upplag	530 - 540	530	11966



Figur 2

Provstavsämne nr. 720. Provet ät uttaget från flänsen av en INP 50 sekundär långbalk.



Figur 3

Provstavsämne nr. 730. Provet ät uttaget från flänsen av en INP 50 sekundär långbalk.



Figur 4

Provstavsämne nr. 750. Provet ät uttaget från flänsen av en INP 50 sekundär långbalk.



Figur 5

Provstavsämne nr. 510. Provet ät uttaget från flänsen av en INP 40 sekundär långbalk.



Figur 6

Provstavsämne nr. 510. Provet ät uttaget från flänsen av en INP 40 sekundär långbalk.



Figur 8

Provstavsämne nr. 510. Provet ät uttaget från flänsen av en INP 40 sekundär långbalk.



Figur 9

Bild av en typisk slipad yta efter uttag av provämnen. Ytorna slipades och rundades och målades sedan med en enkel rostskyddsfärg.



Figur 10

Bild av samma yta som Figur 9 ovan.



KTH Hållfasthetslära

Carl Bro AB
 Samhällsbyggnad/Anläggningsunderhåll
 Gerard James
 Box 47303
100 74 STOCKHOLM

Rapport *CarlBro0701*

Utskrivet 07-02-13

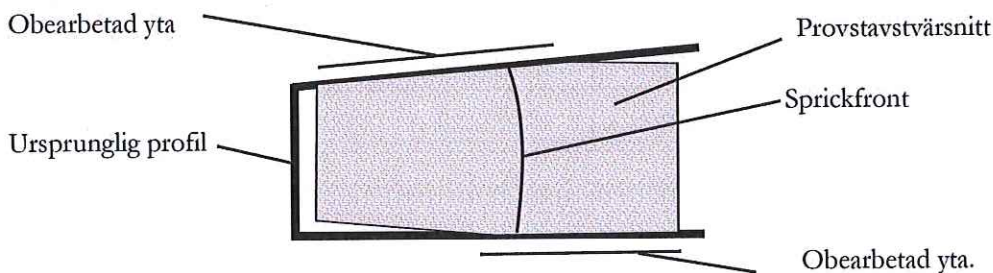
Stockholm 2007-02-07

Brottmekanisk provning av bromaterial.

Brottmekanisk provning enligt Banverkets anvisningar BVH 583.12, 1998-03-01, har utförts på 6 provstavar uttagna ur 2 olika balkprofiler. Resultaten redovisas nedan.

Provmaterial

6 bitar utskurna ur balkflänsar inlämnades av uppdragsgivaren. De var åsatta nummer enligt nedan men gavs också interna laboratorienummer. SENB-provastavar tillverkades ur dessa. Flänsmaterialets tjocklek varierade, tunnare mot kanten och tjockare mot livet. Mycket av stålets styrka kan sitta i ytskiktet i dessa stål så provbitarna får ej planfräsas. En profil enligt nedan användes. Sprickan får löpa från ytterkanten in mot livet som den rimligen gör i ett verkligt fall. Den skär i båda ändar en obearbetad yta.



Provningsutrustning

All provning utfördes i institutionens servohydrauliska materialprovningssmaskin MTS 100 kN, 1.3. Den inbyggda lastmätkedjan, kalibrerad av SP med regelbundna intervall, användes liksom den inbyggda förskjutningsmätaren. En clip-gage, INSTRON modell 2670-114, S/N 48 231 användes för spricköppningsmätning. Mätdata insamlades och lagrades i en ansluten pc.

Före slutprovningen kylde först provstavarna i en frysbox till ca $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ och sedan ytterligare i en kylåda med flytande kväve. Vid slutprovningen tilläts sedan provstaven att sakta värmas upp till provningstemperaturen $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ i en annan kylåda som omslöt provstav och belastningsanordning. Temperaturen kontrollerades med termoelement svetsade i sprickspetsens närhet.

Förutmattnig

Förutmattnin gjordes under dator kontroll så att K_{max} vid slutet av utmattnin var ca 17,8 MPam^{1/2} vilket i efterhand visade sig vara onödigt lågt eftersom mer än det dubbla varit tillåtet.

Slutprovningen och utvärdering

Uppmätt spänningsamplitud var 12,5 MPa med periodtiden 1,2 s vid 35 km/h och tom vagn. Efter korrigering för hastighet (70 km/h) och större last (+50 %) erhålls en maximal spänningsderivata på 196 MPa/s vilket med normspricklängden 100 mm ger $dK/dt = 123 \text{ MPam}^{1/2}/\text{s}$. Används i stället spänningsderivatans medelvärde erhålls 78 MPam^{1/2}/s. De faktiskt använda hastigheterna anges i tabellen nedan. Sprickdjup och bredd innanför målarfärgen var svår att uppskatta på förhand vilket gjorde det svårt att i förväg avgöra vilken hastighet provet kom att utföras med.

Efter provningen uppmättes sprick- och tvärsnittsgeometri och J beräknades ur last-förskjutningssignalerna upp till maximal last (J_m) respektive till det att sprödbrott inträffade (J_c). Korrigering för maskin-komplians gjordes. Ingen stabil spricktillväxt kunde urskiljas vid okulär besiktning av brottytorna.

Resultat

Brottseghet vid -30°C enligt Banverkets anvisningar.

Nummer	Märkning	W / mm	B / mm	dK/dt / MPam ^{1/2} /s	J_{max} / kN/m	J_c / kN/m
11961	720	50,1	24,8	109		25.8
11962	730	50,1	24,9	108	27.9	74.9
11963	750	50,1	25,2	106	28.4	81.8
11964	510	40,0	20,0	123		18.4
11965	520	40,0	20,5	112		20.3
11966	530	40,0	19,8	113		25.0

J_{max} är J utvärderat vid första lastmaximum, J_c är J utvärderat då sprödbrott inträffade.

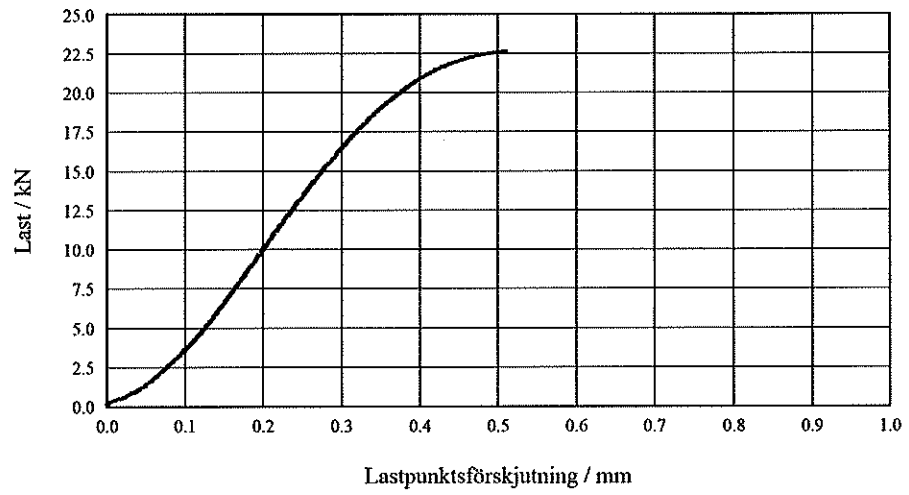
Kommentar

Enligt Banverkets rekommendationer framgår att det material som de större provstavarna, $W = 50 \text{ mm}$, är gjorda av må användas med inspektionsintervall enligt Banverkets anvisningar. Materialet i de mindre provstavarna, $W = 40 \text{ mm}$, bör bytas ut inom 5 år och åtgärder skall vidtas enligt särskild utredning. Det bör också observeras att BVH 583.12 öppnar möjlighet till en mildare bedömning om utökad provning ger tillräckligt bra resultat.

Hans Öberg

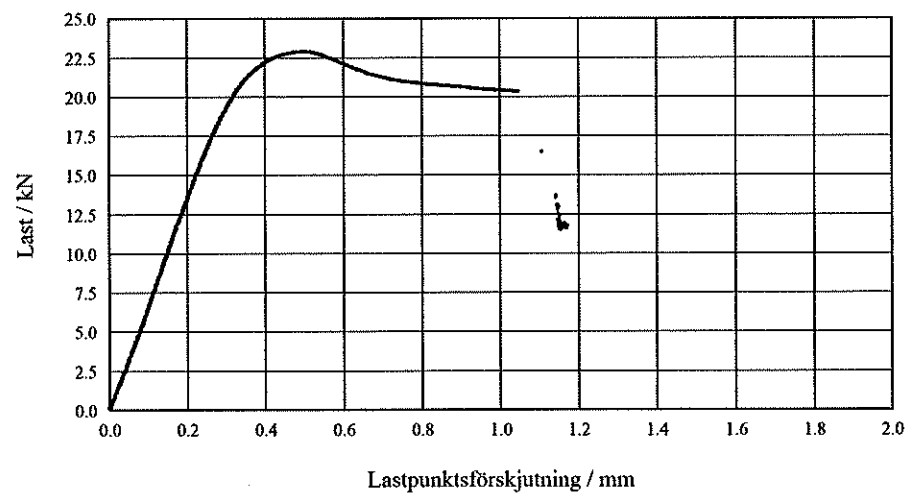
Hans Öberg
Laboratoriefchef

11961



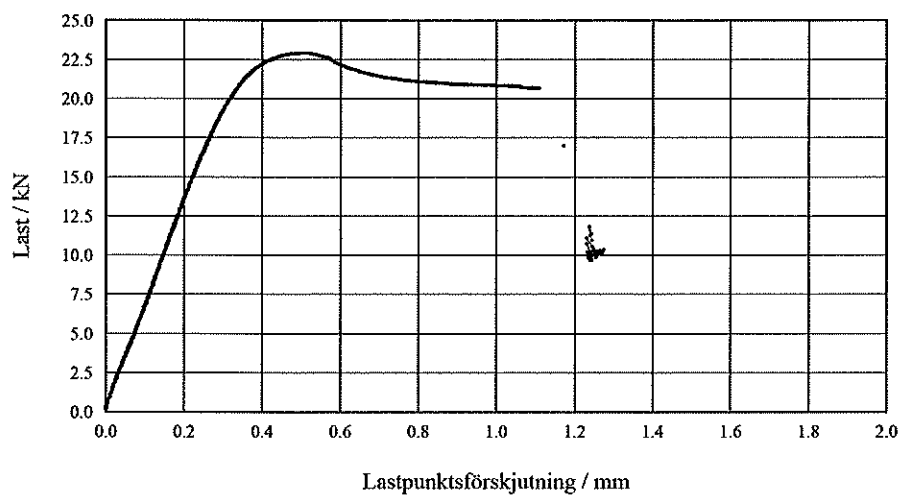
2007-02-05
720

11962



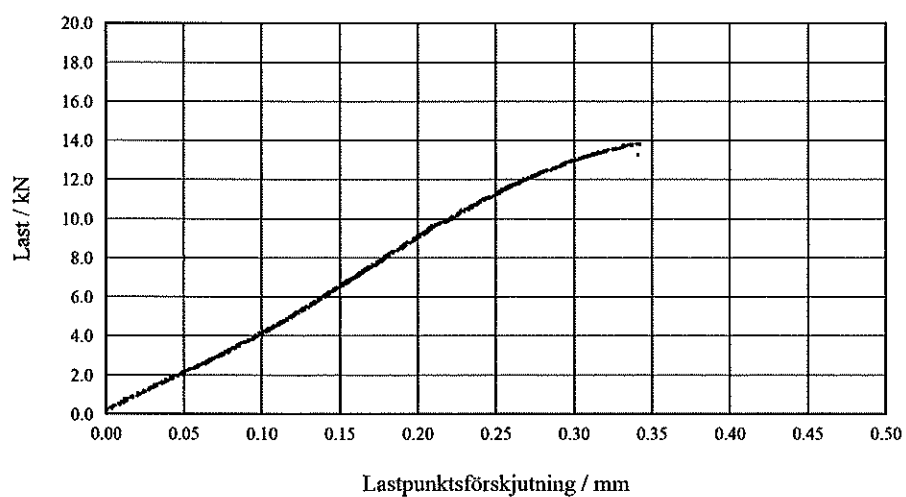
2007-02-05
730

11963



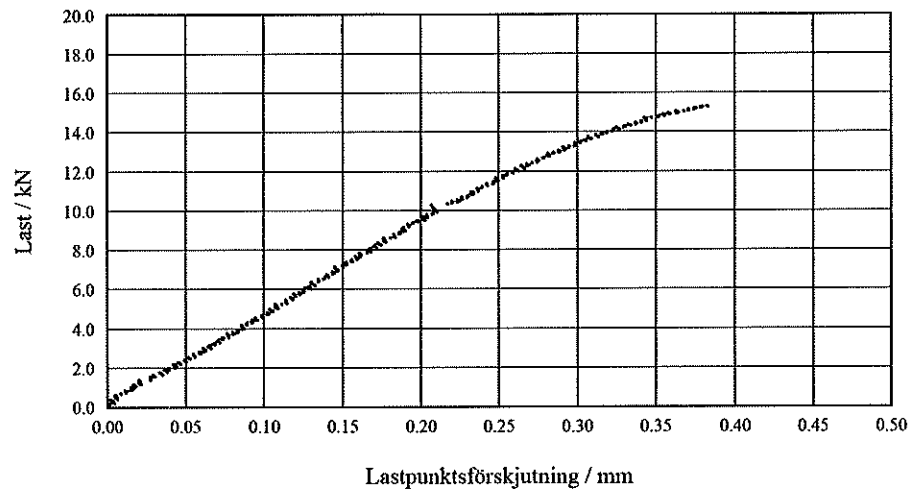
2007-02-05
750

11964



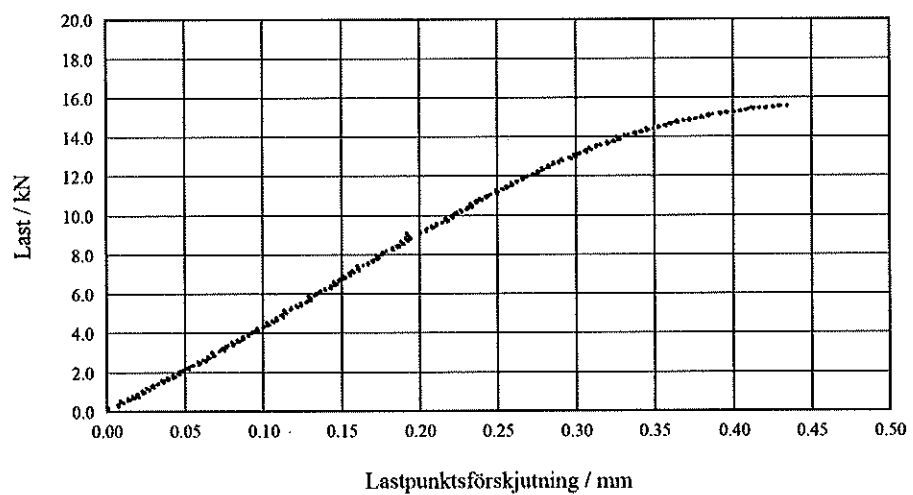
2007-02-05
510

11965



2007-02-05
520

11966



2007-02-05
530

Kemisk analys inklusive svetsbarhetsundersökning

Rapportnummer: 7159606-B

Objekt: Norra Danviksbron

SL-nr. 61-0164 Knr. 10806 Kbdel: 1 (3)

Uppdragsgivare: AB Storstockholms Lokaltrafik Att. Lars Hansson

Uppdrag: Utföra en kemisk analys inklusive svetsbarhetsundersökning av bifogat materialprov.

Datum: 2007-02-08

Konstruktionen kan dateras till 1922.

Förstärkningar och kompletterande arbeten har utförts betydligt senare.

Svetsning och gasskärning har utförts i samband med kompletterande arbeten. Som bekant gäller alltid varsam hantering med framförallt äldre stål.

Kontrollen omfattade kemisk analys inklusive en svetsbarhetsundersökning av urtaget materialprov från balkprofil INP 40 (sekundär långbalk).

Resultat

Följande analysvärden kunde fastställas.

Ämne	%	Anmärkning
C	0,040	Max. 0,20-0,25 % i svetsbara konstruktionsstål.
Si	<0,01	Otätat stål = mindre bra !
Mn	0,30	Normalt 0,7-1,8 % i konstruktionsstål.
P	0,036	
S	0,030	
Cr	0,015	
Ni	0,046	
Mo	<0,01	
V	<0,01	
Cu	0,057	
Sn	<0,01	
Co	0,02	
N	0,0128	Förhöjt värde , begränsas normalt till 0,009 %.

Kolekvivalenten - E_cEtt konstruktionsståls svetsbarhet brukar anges med kolekvivalenten E_c som är ett empiriskt uttryck för att bedöma ett ståls härdningsbenägenhet och svetsbarhet.E_c – är beräknad till 0,10

Referensvärden	Äldre beteckningar
E _c max. 0,30	SS 13 12
E _c max. 0,36	SS 14 12
E _c max. 0,41	SS 21 32

Referensvärden	Dagens beteckningar
E _c max. 0,35-0,40	S 275 JR
E _c max. 0,40-0,57	S 355 J2G3
E _c max. 0,40-0,60	S 355 M

Svetsning – allmänt

Man ska som regel aldrig svetsa i gammalt järn eller stål alt. i okänt stål.

Gammalt järn och stål är normalt inte utan vidare svetsbart i modern mening , utan det föreligger stor risk för sprickor , åldring och sprödhet om det svetsas.

Svetsbara stål med garanterat god svetsbarhet började tillverkas i större omfattning på 1950-talet. Ändringar , förstärkningar och anslutningar i gamla järn- och stålkonstruktioner görs normalt med skruvförband.

Man ska heller inte gasskära i gammalt järn eller stål. Gasskärning innebär samma termiska och metallurgiska påverkan på materialet som svetsning med åtföljande risk för åldring , försprödning och sprickbildning.

Om man önskar svetsa i gammalt material eller okänt stål skall betingelserna före detta alltid noggrant undersökas med analysbestämning.

Vid osäkerhet bör analysbestämning kompletteras med en metallografisk undersökning av korn- och slaggbild.

Sammanfattning av detta specifika provurtag

Kolekvivalenten är beräknad till 0,10 vilket är ett mycket lågt värde.

Kiselhalten indikerar att det rör sig om ett **otätat stål** med stora variationer i materialet.

Otätade stål har större slagginnehåll , vid kiselhalter under 0,02 % även sämre svetsbarhet.

Halterna av föroreningarna P och S understiger gällande gränsvärden för svetsning.

Kvävehalten är dock något förhöjd.

Materialet är inte homogent ur analysynpunkt och därmed mindre lämpligt för svetsning.

Om förstärkningar eller ändringar måste utföras i framtiden bör dessa i första hand utföras med skruvförband.

Om reparationssvetsning trots allt blir aktuell i framtiden ska handledning och kompletterande OFP inkluderas för att uppnå ett acceptabelt svetsresultat.

2007-02-08 STOCKHOLM

Med vänlig hälsning

.....
Thomas Ekelund

Carl Bro AB

Projektledning / Anläggningsunderhåll



KTH Hållfasthetslära

Gerard James
 Projektengagemang
 Anläggning i Stockholm AB
 Box 471 46
 100 74 Stockholm

Rapport 130709 Projektengagemang

Utskrivet 2013-07-09

Stockholm 2013-07-09

Brottmekanisk provning av bromaterial

Provning av bromaterial

Brottmekanisk provning enligt BVS 583.12 har utförts på bromaterial. Resultat redovisas nedan.

Provmaterial

6 stycken provstavar, typ CT, för brottmekanisk provning togs ut ur material levererat av uppdragsgivaren. Provobjekten var märkta enligt Tabell 1 och åsattes provstavsnummer 17221 – 17223 samt 17225 - 17227.

Provutrustning och provningsförfarande

All brottmekanisk provning utfördes i institutionens servohydrauliska provmaskin MTS 100 kN 1.1 med styrelektronik Instron 8500+. Maskinernas interna lastmätkedja användes liksom en spricköppningsmätare, Instron modell 2670-114. Mätdata insamlades i en ansluten PC.

Förutmattning

Provstavarna förutmattades under dator kontroll så att K_{max} vid slutet av utmattningen ($a_{nom} = 0,5 \cdot W$) var maximalt ca 12 MPam^{1/2}. Programmet som användes för styrning och datainsamling var det egenskrivna CT.

Brottseghetsprovning

Direkt på provstaven blåstes kall kvävgas. Med en regulator som styrde kvävgasflödet hölls temperaturen kring -30 °C. Temperaturen kontrollerades med ett på provstaven påsvetsat termoelement som var kopplat till en digital termometer. Provningsen utfördes i lastkontroll och data insamlades med det egenskrivna programmet *SDrag*.

Utvärdering och provresultat

Den lasthastighet som användes beräknades med önskat dK/dt och nominellt K/F .

$$\text{Önskat } dK/dt = 1,12 * (\pi * 0,05)^{1/2} * (\sigma_{nom} / t_{nom})$$

där σ_{nom} / t_{nom} erhöles från uppdragsgivaren som 130 MPa/s.

Detta ger ett önskat dK/dt på 57,7 MPam^{1/2}/s.

Lastfallet efterliknar en 50 mm djup elliptisk ytspricka i en förhållandevis mycket större geometri. Efter provningen mättes verklig spricklängd och provstavsbredd upp med hjälp av ett mikroskop monterat så att det kan förflyttas i X-, Y- och Z-riktning. Digitala skalor mäter förskjutningen i X- och Y-riktningen. I Tabell 1 ses verkliga värden på B (vid a_{utm}) och $d\sigma/dt$ tillsammans med beräknat J_c .

Tabell 1. Provresultat brottmekanisk provning.

Nummer	Märke	W / mm	B / mm	Uppmätt spänningshastighet / MPa/s	J_c / kN/m
17221	4	35,96	8,68	139	23
17222	4	36,17	8,68	133	17
17223	4	36,12	8,66	130	18
17225	1	35,96	9,88	137	20
17226	2	35,96	10,17	138	18
17227	3	35,91	9,91	136	11

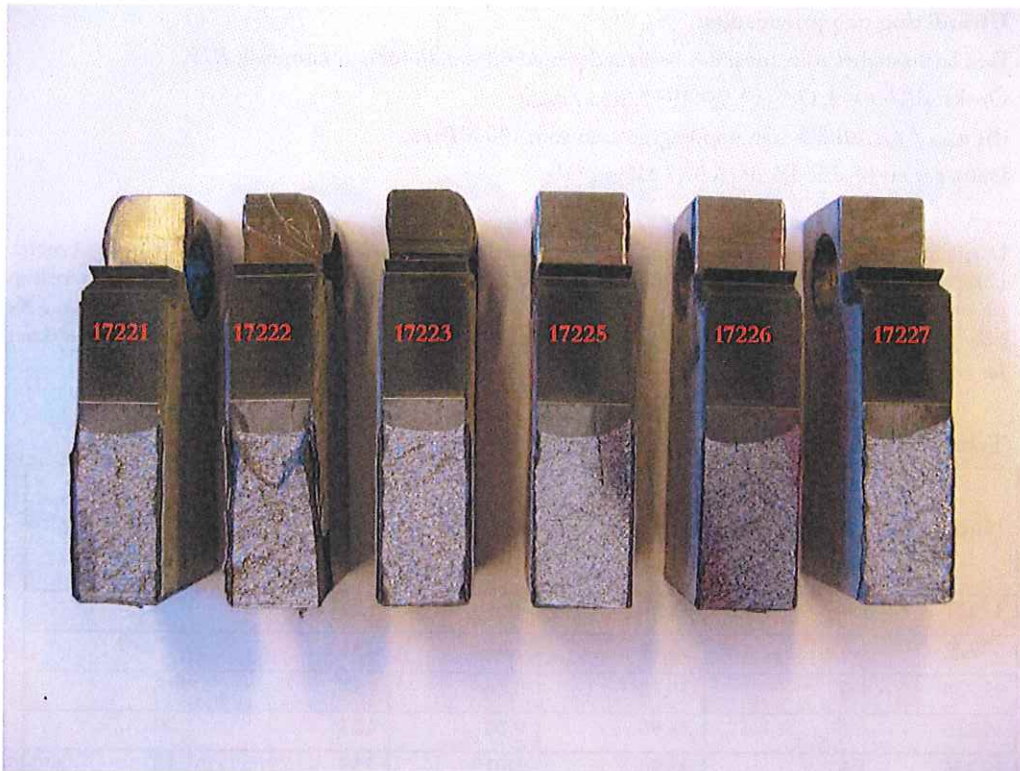
Kommentarer

En viss tvärkontraktion är synlig på provstav 17222, som efter en *pop-in* visade på segt bettende (se Figur 1).

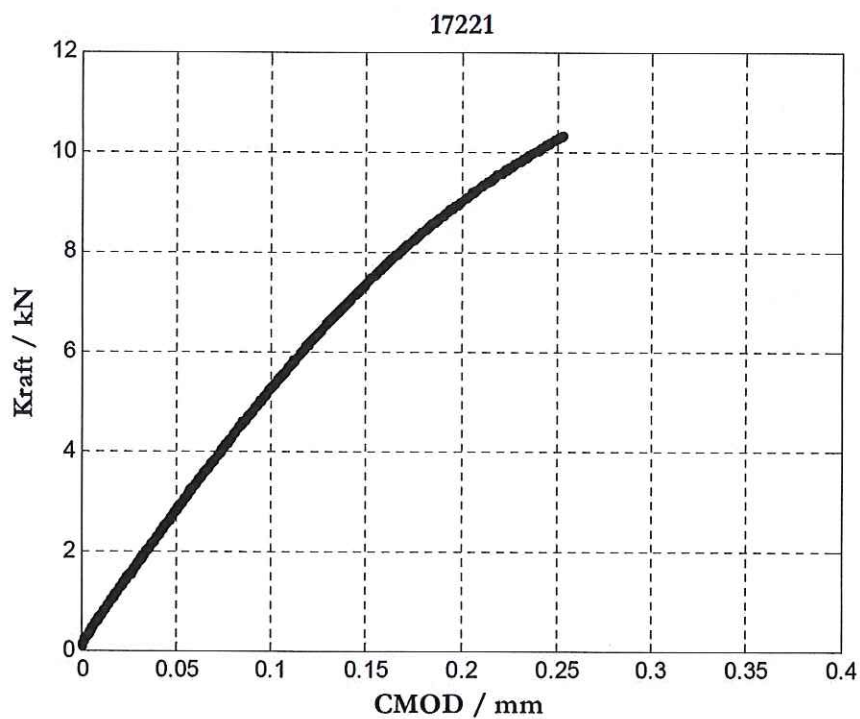
I Figur 2 – Figur 7 ses last–deformationssambandet för proven. Proven blev inte godkända enligt ASTM E 1820 p.g.a. att utmattningsprickan inte är tillräckligt rak. Detta fenomen är svårt att påverka då provstavarnas sidoytor ej har bearbetas. Anledningen till de krokiga sprickfronterna är med hög sannolikhet att materialet genom provstavens bredd varierar bl.a. på grund av valsningen vid tillverkningen. Inverkan av dessa krokiga sprickfronter på brottseghetsvärdet är dock betydelselös och kan försummas.

Alla provstavar gav ett lågt värde på J_c .

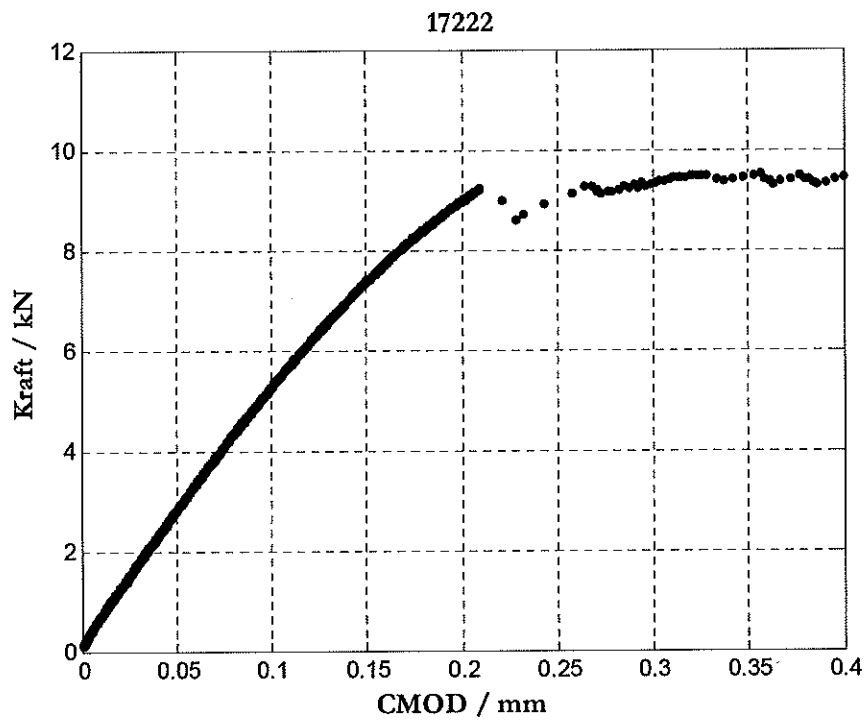
Martin Öberg
Laboratorieföreståndare



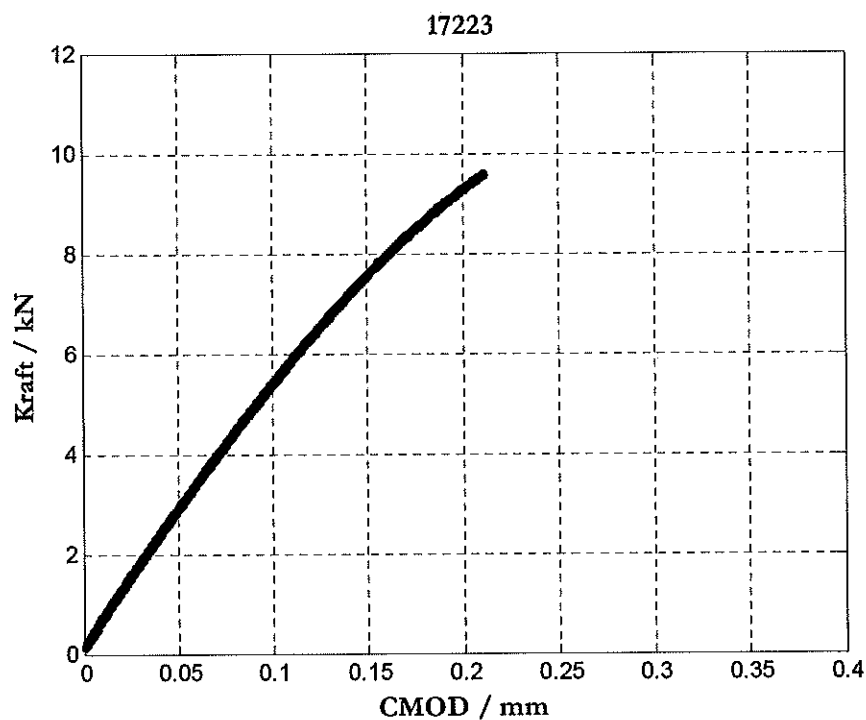
Figur 1. Bild föreställande brottytorna för de 6 provstavarna.



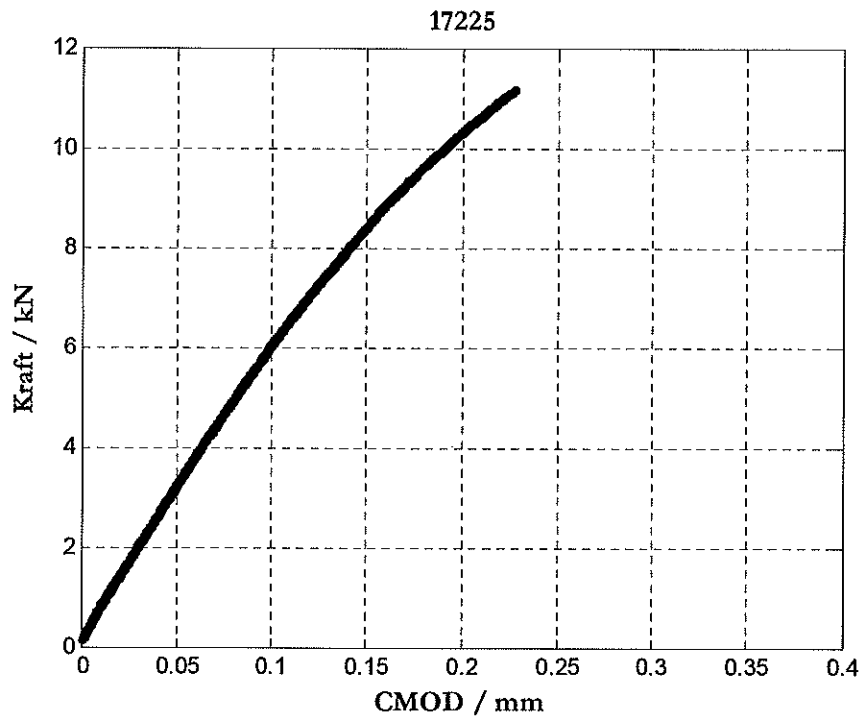
Figur 2. Kraft/CMOD för provstav 17221, märkning 4.



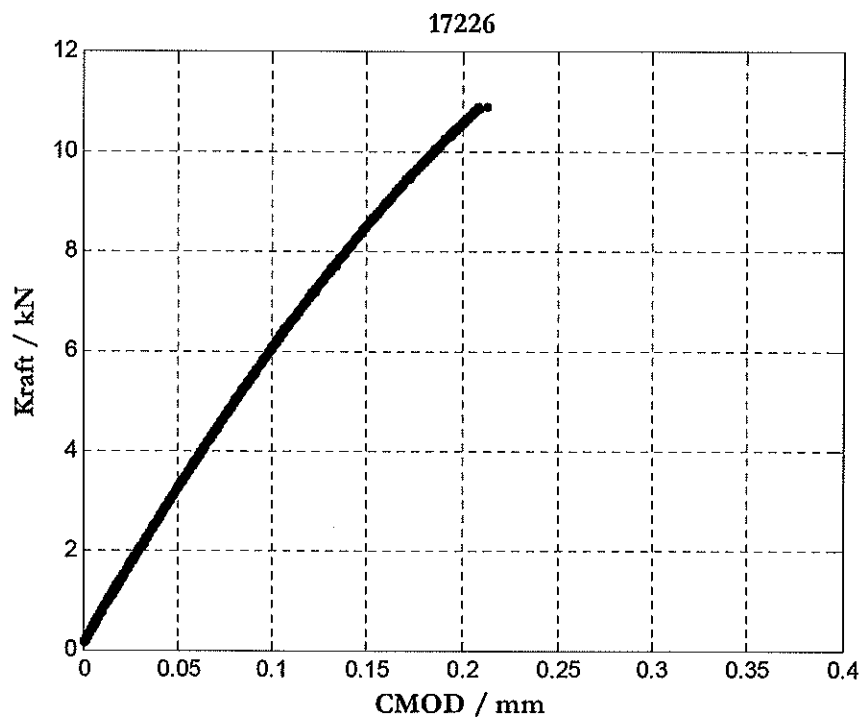
Figur 3. Kraft /CMOD för provstav 17222, märkning 4.



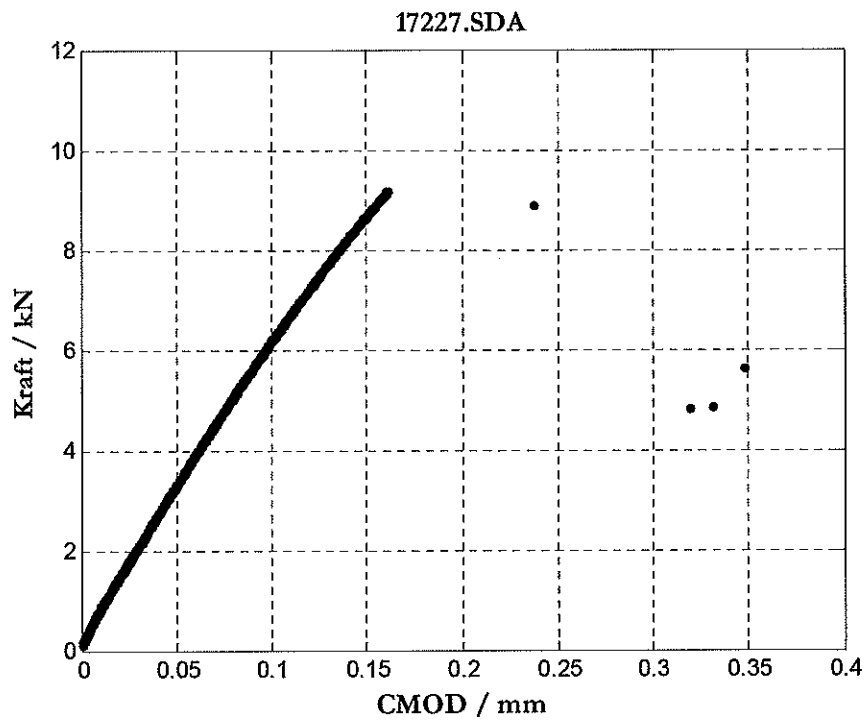
Figur 4. Kraft /CMOD för provstav 17223, märkning 4.



Figur 5. Kraft /CMOD för provstav 17225, märkning 1.



Figur 6. Kraft /CMOD för provstav 17226, märkning 2.



Figur 7. Kraft /CMOD för provstav 17227, märkning 3.

YN Materialteknik AB

2013-06-26/Ylva Nilsson

Uppdrag 2319
Rapp nr 2319-130626

Analysrapport: materialteknik

Beställare: Projektengagemang Anläggningsunderhåll AB/ Gerard James
 Detalj: 2 stålprov
 Detaljnr: -
 Material: Okänd kvalitet

1. Uppdrag

En kemisk analys av två stålprov önskas. Proverna är märkta nr 5 och nr 6.

2. Utförande

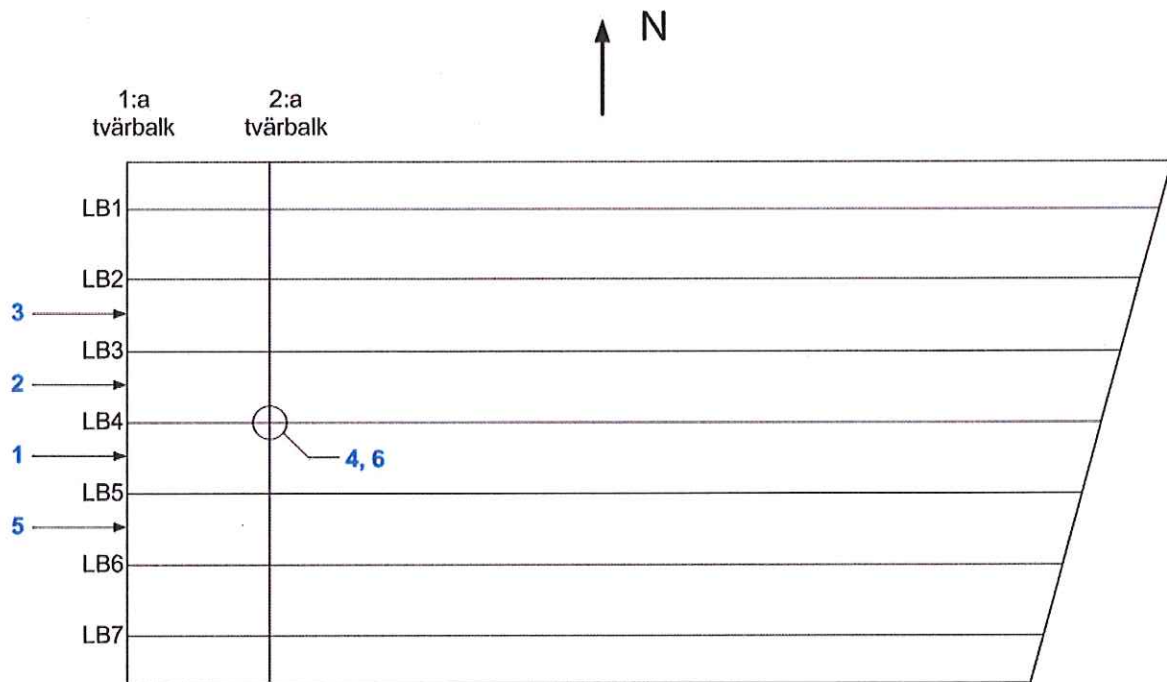
Proverna slipades och analyserades med OES - teknik. Analysen kompletterades med förbränningsanalys utförd på urborrade spånor.

3. Resultat

Analysresultatet visas i tabell 1.

Ämne	Prov nr 5 %	Prov nr 6 %
C	0,031	0,040
Si	< 0,002	< 0,002
Mn	0,353	0,384
P	0,046	0,050
S	0,022	0,023
Cr	0,017	0,017
Ni	0,052	0,048
Mo	0,002	0,002
Cu	0,061	0,039
Co	0,019	0,016
Al	< 0,001	< 0,001
Nb	0,003	0,003
V	0,004	0,004
N	0,009	0,007

Tabell 1. Tabellen visar det analyserade innehållet i provbitarna.



Skiss av provtagning för brottseghetsprovning

Prov 1 – 3 är runda stålpuddar diameter cirka 90 mm samtliga från den västra ändtvärbalkens liv.

Prov 1 – KTH nr 17225

Prov 2 – KTH nr 17226

Prov 3 – KTH nr 17227

Prov 4 är en stav från livavstyvning under 4:a långbalk. KTH tillverkade 3 prover från denna stålbit med nr 17221 - 17223

Prov 5 är en rund stålpudd från den västra ändtvärbalkens liv för kemanalys.

Prov 6 är stålämne för kemanalys. Den var en bit över från provtagning för prov 4.



Upprättat av
Torsten Berggren

Kostnadsberäkningar
Datum
Göteborg, 2013-08-22
Reviderat den

Sid
Uppdragsnummer
70420
Arbetsnamn
Norra Danviksbron

Norra Danviksbron

Kostnadsberäkning

Alternativ 1 (Hela bron byts)

Arbetskostnader betongarbeten	53	Mkr
Arbetskostnader stålklaff	40	Mkr
Påslag *)	32	Mkr

Summa: 125 Mkr inkl diverse påslag

Alternativ 2 (Endast klaffen byts)

Arbetskostnader stålklaff	45	Mkr
Påslag *)	16	Mkr

Summa: 61 Mkr inkl diverse påslag

*) I påslag ingår: projektering, bygglösning, räntekostnader och oförutsedda kostnader.

Alternativ 1 (Hela bron byts)
Betongdelarna

Specifikation	Mängd	Enhet	Å-pris, kr	Summa, kkr
Stöd för klaff och motvikt (L=16 B=16 H=12 m)				
<i>(Antag 1,0 m bred vägg mot farled och tak. I övrigt 0,5 m)</i>				
Rivning av bef stöd	1	st	2 000 000	2 000
Rensning och förstärkning av berg (20x20 m2)	400	m3	1 000	400
Betong (16x16x12-15x14,5x11)	679	m3	12 000	8 148 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Armering (150 kg/m3)	86	ton	0	0 Ingår i betongkostnaden
Anslagspelare				
<i>(Antag mått enligt bef. Allt massivt)</i>				
Rivning av bef stöd	1	st	2 000 000	2 000
Grundplint (L=4,5 B=15 H=8,75 m)	590	m3	10 000	5 900 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Spont/Tåtskärm ((5,5+17,0+5,5)x8,75)	245	m3	5 000	1 225
Torn 2 st 2x(3x4x10,2)	245	m3	11 000	2 695 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Valvbåge (9,5x4x4,5)	171	m3	15 000	2 565 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Grusskift (2,5x1,5x15)	56	m3	15 000	840 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Armering (150 kg/m3)	86	ton	0	0 Ingår i betongkostnaden
Mellanstöd. Bock 1				
<i>(Antag mått enligt bef)</i>				
Rivning av bef stöd	1	st	1 000 000	1 000
Grundplint (L=14 B=1,5 H=1,5 m)	32	m3	10 000	320 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Pelare 4x(0,8x0,75x8,2)	20	m3	15 000	300 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Mellanbåge 3x(0,6x1,75x3,0)	10	m3	15 000	150 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Valvbåge (1,5x0,75x13,2)	15	m3	15 000	225 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Armering (150 kg/m3)	86	ton	0	0 Ingår i betongkostnaden
Mellanstöd. Bock 2				
<i>(Antag mått enligt bef)</i>				
Rivning av bef stöd	1	st	1 000 000	1 000
Grundplint (L=14 B=1,5 H=1,5 m)	32	m3	10 000	320 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Pelare 4x(0,8x0,75x7,7)	18	m3	15 000	270 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Mellanbåge 3x(0,6x1,75x3,0)	10	m3	15 000	150 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Valvbåge (1,5x0,75x13,2)	15	m3	15 000	225 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Armering (150 kg/m3)	86	ton	0	0 Ingår i betongkostnaden
Landfäste				
<i>(Antag 10 m högt med kontrforter och två 12 m långa vingar)</i>				
Rivning av bef stöd	1	st	2 000 000	2 000
Bottenplatt (16x6x1,5)	144	m3	10 000	1 440 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Fronlmur (16x8x0,6)	77	m3	15 000	1 155 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Kontrforter 6x(7x4x0,6) inkl för vingar	101	m3	15 000	1 515 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Lagerpall (1,5x2,0x16)	48	m3	15 000	720 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Grusskift (1,3x16x0,4)	8	m3	15 000	120 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Vingar 2x(12x10x0,5)	120	m3	15 000	1 800 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Armering (150 kg/m3)	86	ton	0	0 Ingår i betongkostnaden
Överbyggnad (L=36, B=16, H=1,0 m)				
Rivning av bef överbyggnad	1	st	3 000 000	3 000
Betong	576	m2	20 000	11 520 Jfr kostnad enl NCC nykeltal
Armering (150 kg/m3)	86	ton	0	0 Ingår i betongkostnaden
Totalt:				53 003
Entreprenadkostnad				53 003
Projektleddn, prövningsprocesser, systemhandling, förfrågningsunderlag	8%	%		4 240
Byggorg + teknikutredning byggskedet	5%	%		2 650
Diverse oförutsett	15%	%		7 950
Räntekostnad: byggtid 3 år	4%			4 071
Summa totalkostnad exkl mark				71 914

Upprättat av
Torsten Berggren

 Datum
Göteborg, 2013-08-22
 Reviderat den

 3(4)
 Uppdragsnummer
70420
 Arbetsnamn
Norra Danviksbron
Stålarbeten

Specifikation	Mängd	Enhet	Å-pris, kr	Summa, kkr
Ny klaff				
280 ton konstruktionsstål				
Konstruktionsstål	280 ton		70 000	19 600
Motvikt				
Konstruktionsstål	30 ton		70 000	2 100
Belong	450 m3		7 000	3 150
Ställning	1 st		500 000	500
Demontering				
Rivning av bef bro	1 st		3 500 000	3 500
Hydraulik, el-, styr- och manövrering				
Hydraulik	1 st		6 500 000	6 500
El-, styr- och reglerteknik	1 st		3 200 000	3 200
Bromanöversystem (SCADA)	1 st		1 800 000	1 800
Totalt:				40 350

Entreprenadkostnad	40 350	40 350
---------------------------	---------------	---------------

Projektleddn, prövningsprocesser, systemhandling, förfrågningsunderlag	10%	%	4 035	
Byggorg + teknisktöd byggskedet	0%	%	0	Ingår i betongdelen
Diverse oförutsett	15%	%	6 053	
Räntekostnad: byggtid	3 år	4%	3 026	13 114

Summa totalkostnad exkl mark	53 464
-------------------------------------	---------------

Alternativ 2 (Endast klaffen byts)
Stålarbeten

Specifikation	Mängd	Enhet	Å-pris, kr	Summa, kkr
Betongreparationer				
<i>(Antag minimalt arbete på betongen)</i>				
Anpassning till ny klaff och diverse	1	st	3 500 000	3 500
Ny klaff				
280 ton konstruktionsstål				
Konstruktionsstål	280	ton	70 000	19 600
Motvikt				
Konstruktionsstål	30	ton	70 000	2 100
Betong	450	m ³	7 000	3 150
Ställning	1	st	500 000	500
Demontering				
Rivning av bef bro	1	st	4 500 000	4 500
Hydraulik, el-, styr- och manövrering				
Hydraulik	1	st	6 500 000	6 500
El-, styr- och regler teknik	1	st	3 200 000	3 200
Bromanöversystem (SCADA)	1	st	1 800 000	1 800

Totalt: 44 850

Entreprenadkostnad	44 850	44 850
--------------------	--------	--------

Projektleddn, prövningsprocesser, systemhandling, förfrågningsunderlag	10%	%	4 485	
Byggorg + teknikstöd byggskedet	5%	%	2 243	
Diverse oförutsett	15%	%	6 728	
Räntekostnad: byggtid	2 år	4%	2 332	15 787

Summa totalkostnad exkl mark	60 637
------------------------------	--------

