

Broar med integrerade landfästen

1 Inledning

Broar med integrerade landfästen är ett projekt som startade under 2005 i samband med att det europeiska forskningsprojektet INTAB påbörjades och avslutades 2005 med Pétursson doktorsavhandling Design of Steel Piles for Integral Abutment. Nedan i detta kapitel följer sammanfattningen av avhandlingen som sedan följs av en beskrivning av hela projektet mera ingående.

I avhandlingen studeras broar med integrerade landfästen, med fokus på stålplåtar i dessa broar. Som beskrivs i Kapitel 1 har broar med integrerade landfästen stora fördelar jämfört med konventionella broar med lager och övergångsanordningar. Vidare formuleras i Kapitel 1 ett antal forskningsfrågor.

Försök med X-plåtar genomfördes år 2000. Försöken visade att 25 mm tvångsförskjutning; tänkt att simulera effekten av att brolängden ändras vid temperaturväxlingar mellan sommar och vinter; inte nämnvärt påverkar plåtarnas bärförmåga i tryck (Kapitel 2 och Paper I).

En internationell workshop genomfördes i Stockholm, med deltagare från 9 länder (Collin et. al. 2006 och Paper II) med syfte att se hur länder använder och dimensionerar broar med integrerade landfästen. Det framkom att det råder en stor skillnad mellan olika länders utformning av och dimensioneringsfilosofi rörande broar med integrerade landfästen. Dessutom genomfördes en litteraturstudie med avseende på bland annat dimensioneringsregler samt fullskalemätning (Kapitel 3).

En bro över Leduån dimensionerades, byggdes och försågs med instrumentering för såväl korttidslaster (trafik) som långtidslaster (temperaturvariationer). De uppmätta värdena med avseende på såväl deformationer som påspänningar visade relativt god överensstämmelse med FE-analys genomförd med jordparametrar beräknade enligt den tidigare svenska bronormen BRO94 (Kapitel 4, Paper III och Paper IV).

För att undersöka hur stålplåtar påverkas av töjningsvidder flera gånger större än flyttöjningen, genomfördes deformationsstyrda försök där stålplåtar ingjutna i betong böjdes. Försöken visade att en påle kan utsättas för upprepade töjningar många gånger större än flyttöjningen, och ändå klara hundratals cykler innan en utmattningsspricka börjar propagera (Paper V).

2 Erfarenheter från utlandet

Erfarenheter från utlandet har inhämtats på flera sätt. I början av projektet hölls ett seminarium om broar med integrerad landfästen där deltagare från flera länder i Europa samt en deltagare från USA berättade om erfarenheter och forskning av/om brotypen från respektive land. Redan år 2000 var Pétursson på en studieresa och besökte fyra delstater för ta del av forskning och erfarenheter om ämnet. Pétursson deltog även på ett seminarium som hölls i Kina under 2014 där experter samlats för att berätta om sitt lands användning av integrerade landfästen. Förutom det har en stor litteraturstudie genomförts och en del av det finns beskrivet i avhandlingen.

Det ser ut att finnas en stor samstämmighet att konceptet integrerade landfästen är att föredra när det är möjligt. Olika länder använder dock olika detaljlösningar för att adressera samma problem. I USA används främst slanka stålplåtar medans det i Europa ofta används grova plåtar av betong eller stål.

3 Rekommenderade dimensioneringsmetoder

4 FoU-projekt integrerade INTAB

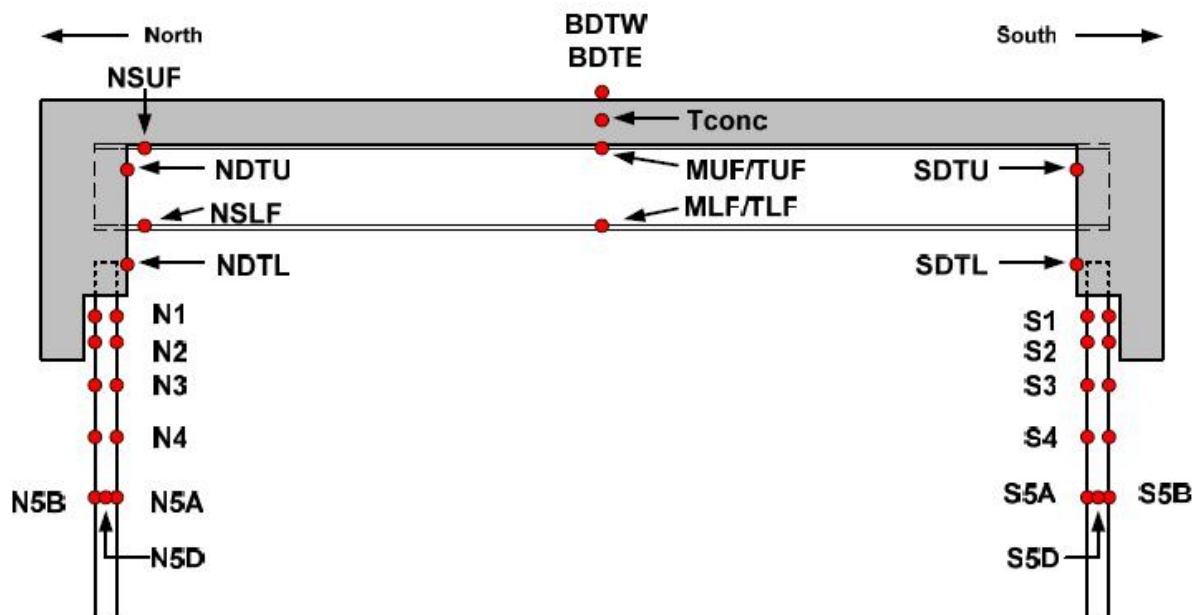
Under hösten 2005 startades FoU-projekt, initierat av Ramböll samt LTU. Projektet som gick under namnet INTAB (Economic and Durable Design of Composite Bridges with Integral Abutments) var ett samarbete mellan deltagare i Sverige, Tyskland, Luxemburg och Belgien. Projektets budget var på ca €1 400 000 varav 60% finansierades av EU genom EUROPEAN COMMISSION - Research Fund for Coal And Steel. Resterande 40% utgjordes av nationell finansiering.

Projektet pågick under tre år. Under projektets gång instrumenterades Bro över Leduån (se nedan) och påkänningar registrerades och utvärderades. Laborationsförsök och ingående analyser av broar utfördes, med fokus på bland annat följande arbete:

- Fältmätningar på bro över Leduån med avseende på bland annat temperaturrörelser samt effekter av trafiklast, samt FE-modellering av bro+bakfyllning.
- Lågcykelutmattning av stålplåtar, orsakat av längdändring av säsongsvisa temperaturändringar samt böjning och normalkraft av trafiklast.

5 Mätningar på bro över Leduån

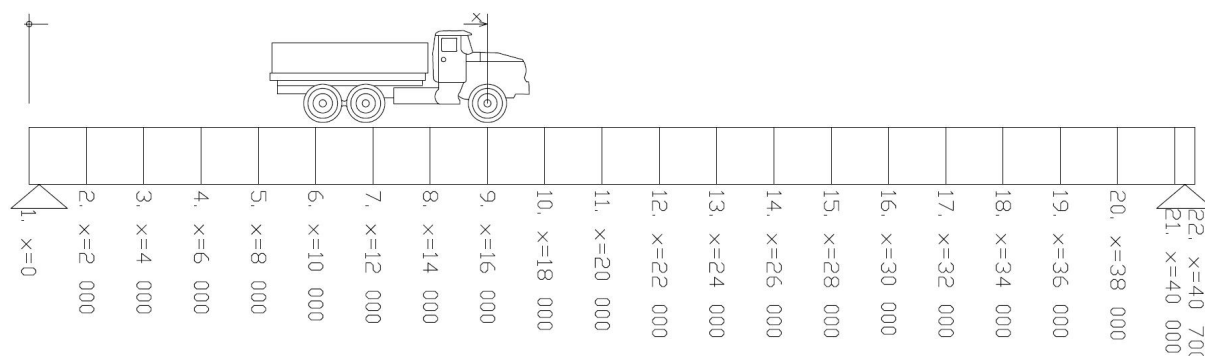
Bron är en samverkansbro med ett körfält och en spännvidd på 40 meter och konstruerades och byggdes i början av projektet, i början av 2006. Bron korsar ån Leduån i norra Sverige. Mätningarna som utfördes på bron beskrivs i Nilsson (2008) och i Papers III och IV i avhandlingen. Merparten av byggnadsarbetet utfördes från januari 2006 till augusti 2006 arbetet. I september 2006 instrumenterades bron och mätningarna började. I Figur 1 framgår mätpunkterna på bron.



Figur 1 Mätpunkter på bro över Leduån.

5.1 Korttidsmätningar

Korttidsmätningarna skedde vid fyra olika tillfällen under perioden mellan januari 2007 och januari 2008. Testerna gjordes genom att belasta bron med en lastbil som stannade på 22 positioner längs bron medan data från mätare samlades in och lagrades.

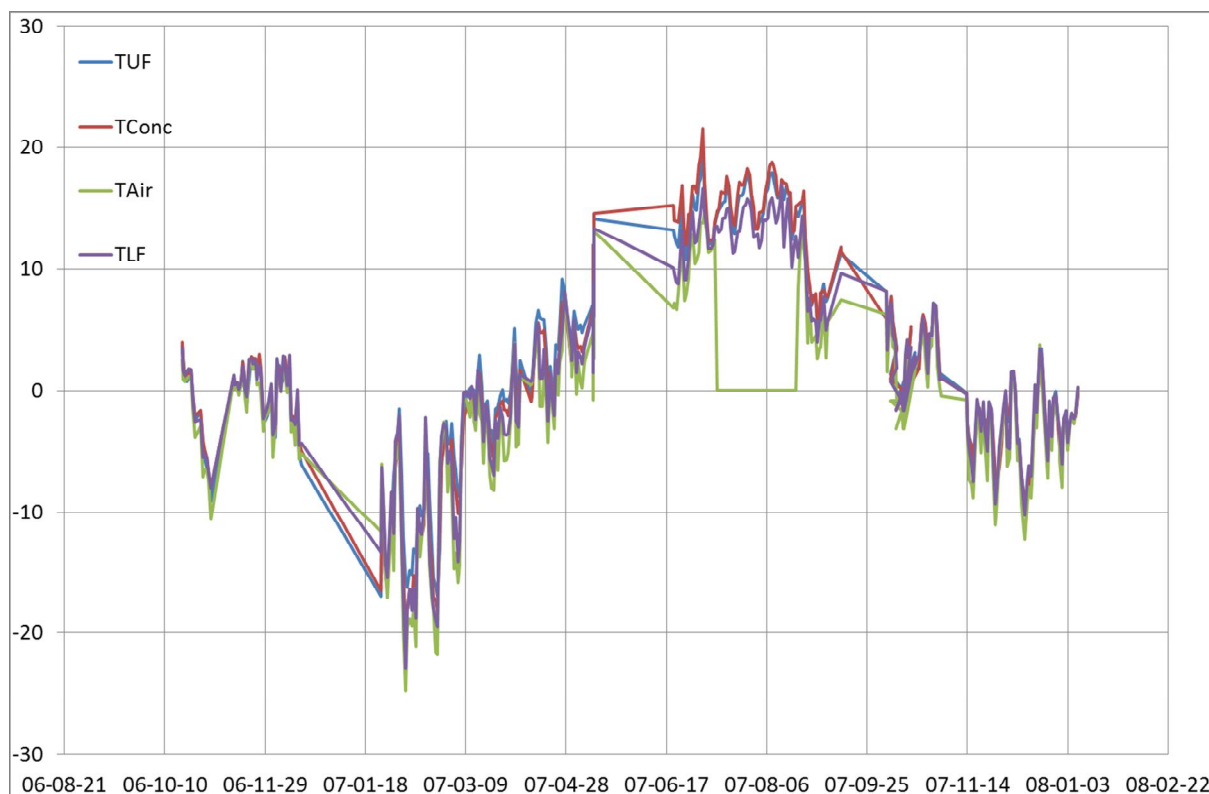


Figur 2 Belastning vid korttidsmätningar.

5.2 Långtidsmätningar

Data från mätningarna registrerades under perioden 2006-10-19 till och 2008-01-08. Resultaten från 351 dagar av övervakning erhöles.

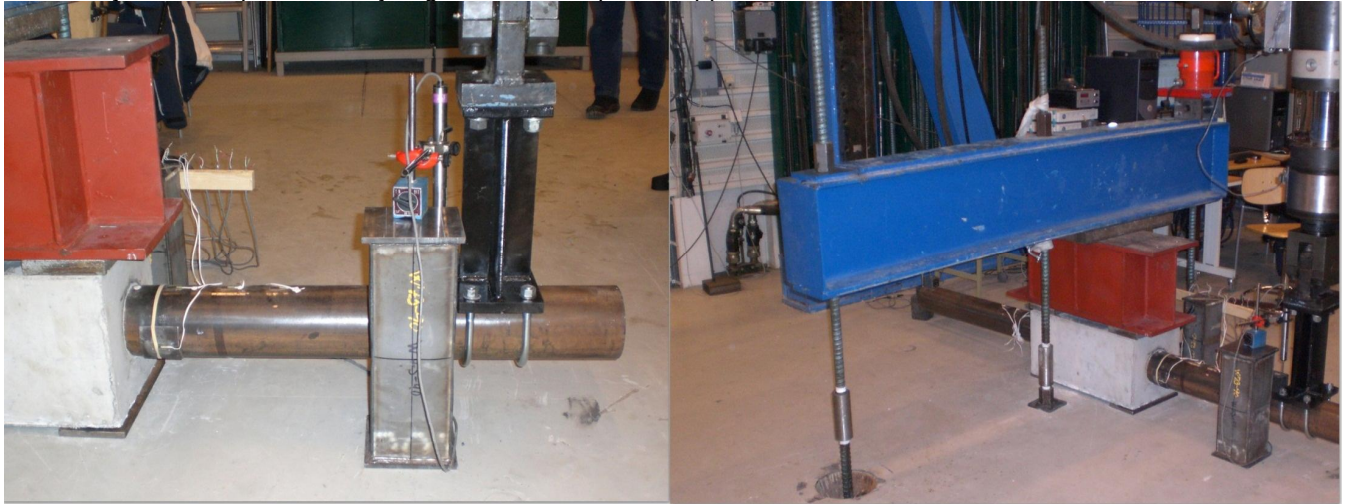
Temperaturerna mättes på tre platser (Nilsson 2008) på bron, i betongplattan och i båda flänsarna på östra balken. Alla mätare placerades i mitten av spannet. De uppmätta temperaturerna under hela perioden visas i Figur 2.



Figur 3 Uppmätta temperaturer under hela den period som har registrerats.

5.3 Labförsök

Labförsök utfördes vid LTU där rörpålar i stål utsattes för lågcykelutmattning för att simulera de börjspänningar som en påle utsätts för av att en bro längdändras p.g.a. temperaturvariationer under 120 år. Töjningarna i pålarna var plastiska och en töjningsvidd som var mer än 6 gånger sträckgränsen uppmättes i början av försöken. Försöken visar att infästningen mjuknar med tiden och att en påle kan utsättas för flera hundra cykler med plastiska töjningar innan en spricka uppstår.



Figur 4 Uppställning av labförsök

6 Exempel på byggda broar

I Sverige har det byggts ett flertal broar med integrerade landfästen sedan SBUF projektet ”Integrerade Landfästen” avslutades. Nedan beskrivs tre.

6.1 Bro över Fjällån

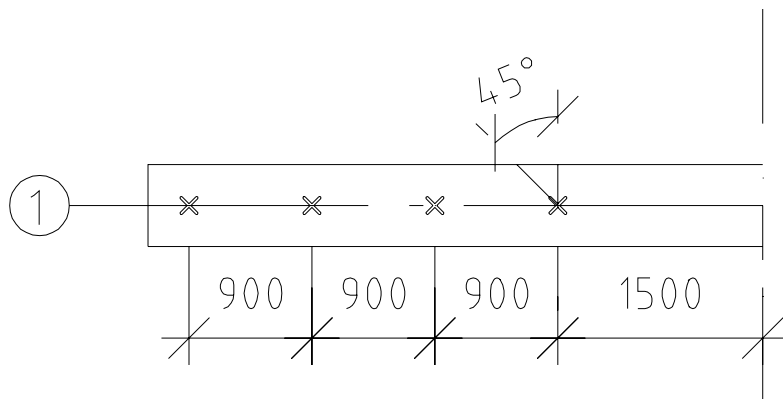


Figur 5 Bro över Fjällån efter uppförande, 2000.

Bron utfördes av NCC som en samverkansbro med integrerade landfästen. Överbyggnaden består av en platsgjuten farbana som samverkar med två svetsade stål balkar (c/c 5,0 m). Fri brobanebredd 9,0 m.

Den teoretiska spännvidden är 37,15 m. Bron grundlades på 8 st pålar av typ X180 i varje stöd. Pålarnas överdel (400mm) göts in i ändskärmen och på så sätt skapades ett landfäste som är integrerat med överbyggnaden. Pålarna placerades i en rad längst stöddlinjen för att uppnå största flexibilitet. Bromskrafter tas upp av ändskärm som vid en vanlig ändskärmsbro. Bron ligger i raklinje. Sidokrafter tas upp av vingar.

För att minimera tvångskrafterna i pålarna byggdes bron enligt följande:7



Figur 6 Pålarnas placering.

1. Pålarna slogs med pålarna vridna så att flänsarna bildade 45° vinkel med stömlinje. Pålarna vreds för att minska spänningarna av tvångsdeformationer.
2. Vingarna och nedre delen av ändskärmen göts.
3. Stålbalkar och stållager monterades.
4. Formen för vingarna revs. Vingarna kom att rotera så att vingspetsarna pekade nedåt (ca 8 mm) vilket medförde rotation av påltopp motriktad den av senare trafiklast. Formarna vid de båda stöden revs.
5. Farbana och övre delen av ändskärmarna göts på sedvanligt sätt.
6. Banken bakom ändskärmarna fylldes innan beläggning och räcken monterades.

6.2 Bro över Hökviksån

Den gamla vägbron från 1922 över Hökviksån hade en spännvidd på 37 m och 4 meters brobredd. Befintlig betongbåge var i dåligt skick med nedsatt bärrighet och bl.a. armering i dagen. Vägverket Region Mitt beslutade därför att uppföra en ny bro med 7 meters brobredd.

Man tog i arbetsplan ett förslag på konventionell samverkansbro med I-balkar på befintliga landfästen. I detaljplan skrev Falu kommun in att bågen skulle ersättas med en ny bågbro, för att likt den gamla bron förbli ett karakteristiskt inslag i landskapsbilden.

Bron upphandlades som totalentreprenad. PEAB vann tillsammans med konsulten Ramböll anbudstävlingen på ett sidoförslag, som innebar att bron förlängdes och grundlades på integrerade landfästen med X200-pålar. Befintliga landfästen sparades och fungerar idag som stöd för bakfyllningen. Vidare innebar sidoanbudet att den gamla bågen användes för att montera den nya, och denna för att riva den gamla.

Överbyggnaden består av en stålbåge som bär upp två underliggande stålbalkar, vilka samverkar med betongfarbanan genom svetsbultar i såväl över- som underfläns.

Bron slutbesiktigades i november 2004, och med byggstart i månadsskiftet april/maj har projektet rots i land med en exceptionellt kort byggtid.



Figur 5. Bro över Hökviksån.

6.3 Bro över Leduån

När Botniabanan byggdes skars möjligheten att korsa Leduån av, från järnvägen till kusten. Därför byggdes bron över Leduån innanför den nya järnvägen under 2006. Bron var projekterad som en betongbro i två spann. Ramböll och LTU hade under 2005 fått klart med det FoU-projekt, INTAB, och behövde en bro att mäta på. Vägverket gav därför Ramböll i uppdrag att projektera en bro med integrerade landfästen över Leduån. Vägverket gav sedan ut färdiga handlingar för två broar med offertförfrågan till entreprenörer. Entreprenörerna brydde sig inte om att räkna på betongförslaget, som hade ett stöd i ån och betydligt fler pålar och en bro med integrerade landfästen byggdes över Leduån. Bron är en slank samverkansbro i ett spann med 40 m spännvidd och den fria brobredden är 5 m. Bron är byggd på 6 rörpålar (f170x10) under varje landfäste.



7 Dimensioneringsmetod

I avhandlingen finns ett förslag på hur man ska dimensionera pålar till broar med integrerade landfästen. Metoden baserar sig på Eurkoderna så långt det är möjligt med antaganden stödda på den forskning som gjorts. Pågrundlagda integrerade landfästen kan byggas enligt två principer, antingen med styva pålar som gör att det uppstår ett stödmoment eller med slanka pålar där pålarna inte motverkar stödrotationer/förskjutningar i någon större utsträckning. Avhandlingen behandlar endast det senare fallet med slanka stålpålar ingjutna i landfästen av betong.

8 Referenser.

- [1] Pétursson Hans, Broar med integrerade landfästen, Licentiat uppsats / 2000:32 (2000), Luleå Tekniska Universitet, Avd. för Stål Byggnad
- [2] Nilsson M.,(2008), *Evaluation of In-situ Measurements of Composite Bridge with*

