Forskning och innovation avseende byggnadsverk inom järnvägsområdet

Raid Karoumi

Disposition

- Om KTH-Brobyggnad
- Våra befintlig järnvägsbroar
- Utmaningar och behov för framtiden
- Möjliga lösningar

KTH avdelning för Bro- och stålbyggnad

Personal
- 2,3 professorer
- 2 adjungerade prof.
- 3 lektorer
- 4 forskare/Postdoc
- 19 doktorander
- 2 lab.tekniker

Gruppen spetskompetens
- Avancerad modellering och dynamiska analyser av broar
- Broövervakning
- Utvärdering av befintliga broars kvarvarande livslängd
- Livscykelkostnadsanalyser LCC /LCA
- Rörbroar

Befintliga järnvägsbroar

- Trafikverket förvaltar 4200 järnvägsbroar
- Flest betongbroar
- Stål & stålsamverkan ~15 % (få rena stålbroar)
- Av 4200 är 60 rörbroar

Befintliga järnvägsbroar

- Äldsta järnvägsbron i trafik *(stenvalvsbro i Herrljunga byggd 1857)*
- Längsta bron 2140 m *(Igelstabron, betong)*

Igelstabron

Herrljungabron

Utmaningar

- Många gamla broar
- Broinspektioner kostar årligen stora summor
- Trafiken ökar kontinuerligt → svårt hitta spårtid för inspektioner och reparationer
- Krav i bronormer innehåller många osäkerheter och vi saknar bra riktlinjer för analys (t.ex. rörbroar, jord-bro samverkan etc)
- …

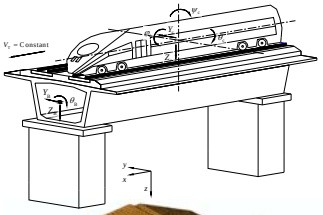
Vad behöver vi?

- Metoder för att öka axellast & hastighet på våra befintliga banor
- Metoder att förlänga livslängden på våra befintliga broar
- Nya koncept för snabbt utbyte el. förstärkning av broar
- Innovativa brolösningar med låg LCA, låg DoU kostnad och bra dynamik
- Bättre normer så framtida broar konstrueras/byggs för lägre kostnad
- Effektiva byggmetoder med hög industrialiseringsgrad & låg trafikstörning
- Alternativa inspektionsmetoder som är snabbare och noggrannare
- …

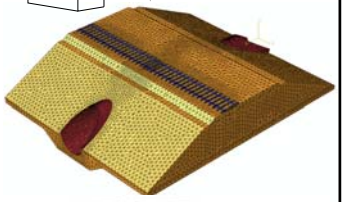
Några lösningar

1. Bättre beräkningsmodeller → bättre nyttjande av bärkapacitet
2. Mätningar → bättre förståelse av broars verkningssätt & laster
3. Broövervakning & skadedetektering → förbättrad DoU
4. Ballastfria spår för höghastighetsbanor → lägre LCA & DoU
5. Rörbroar → lägre LCA, lägre kostnad och kortare byggtid
6. Dämpare → bättre dynamik
7. …

1. Beräkningsmodeller



- Bättre beräkningsmodeller för
  - Bärighetsanalyser
    - Ickelinjära modeller (gamla Årstabron)
    - Probabeliska modeller (bro över Söderström)
    - Spårmodeller mm.
  - Tåg-spår-bro samverkan
  - Samverkan bro-underbyggnad
  - ...

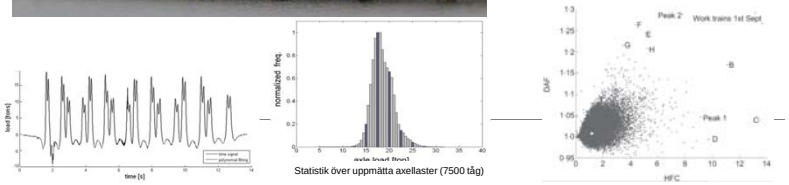


Enkla modeller inte alltid på säkra sidan + svårt att klara ändskärmsbroar, samverkansbroar pga. dynamik

Inga problem att göra komplexa modeller men mätningar behövs för kalibrering

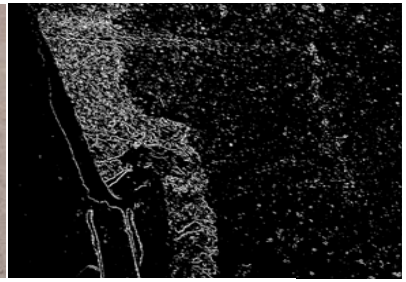
2. Mätning och övervakning

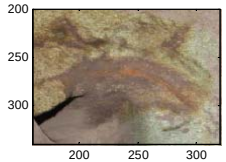
- Mäter verkliga trafiklaster, (lasters positioner) och lasteffekter.
- Kalibrering av beräkningsmodeller
- Övervakning av befintliga skada & detektering av nya skador

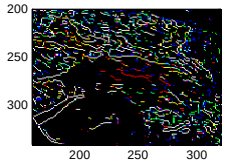


Statistik över uppmätta axellaster (7500 tåg)

Exempel: sprickövervakning med en kamera







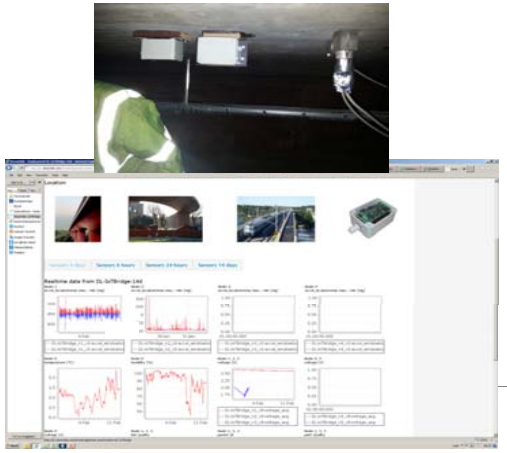
11

2. Mätning och övervakning

Tekniken blir bättre och billigare men vi behöver:

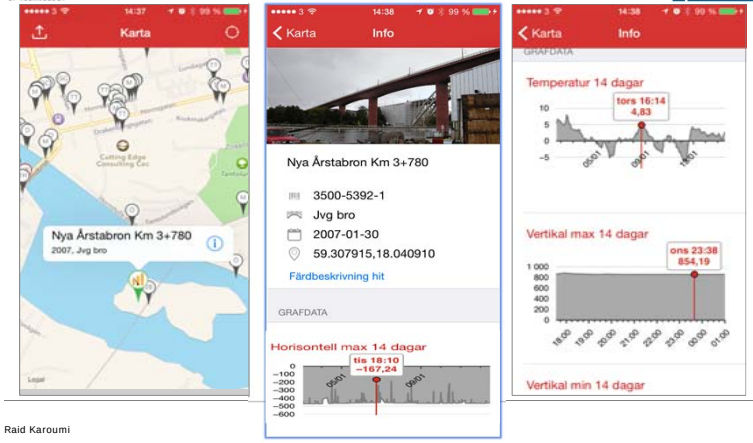
- Intelligenta sensorer (gärna sladdlösa)
  - endast reagera om
  - självövervakning (b
  - kommunicera med
- Sensorer kan upptäc
- Sensorer har en livsl
- Övervakningen bör h

Exempel: IoT-Bridge projektet



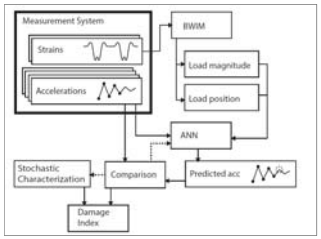
IoT-Bridge på Twitter

IoT-Bridge iPhone App

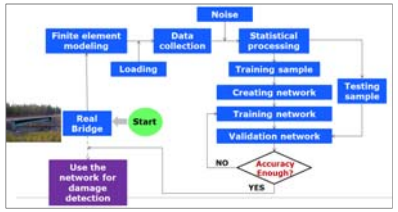


Raid Karoumi 14

3. Skadedetektering



Exempel på två metoder baserade på maskininlärning /ANN



4. Ballastfria spår för höghastighetsbanor

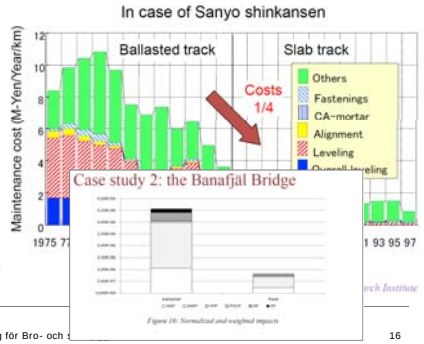
Comparison of Performance

Items	Ballasted	Slab
1. Construction cost	Good	Poor
2. Construction speed	Even	Even
3. Construction precision	Even	Even
4. Durability (Maintenance)	Poor	Good
5. Vibration & noise	Good	Poor
6. Track buckling	Poor	Good
7. Ballast-flying	Poor	Good

Other advantages of slab track
- Lighter weight reduce dead load of viaducts.
- Lower height reduce cross-section area of tunnels.

Railway Technical Research Institute

Comparison of Maintenance Costs



Raid Karoumi KTH avdelning för Bro- och 16

5. Rörbroar

- Kostnadseffektiva för korta spännvidder
- Kortare byggtid
- Låg LCA
- Bra dynamik?

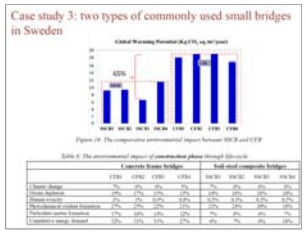
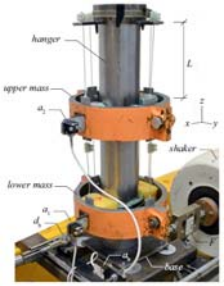


Figure 14: The comparative environmental impact between SSCB and CFB

Table 8: The environmental impact of construction phase through life-cycle

	Concrete frame bridges				Soil-steel composite bridges			
	CFB1	CFB2	CFB3	CFB4	SSCB1	SSCB2	SSCB3	SSCB4
Climate change	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Ozone depletion	18%	17%	17%	17%	14%	14%	14%	14%
Human toxicity	7%	7%	8.7%	8.8%	8.7%	8.7%	8.7%	8.7%
Photochemical oxidant formation	23%	23%	22%	21%	23%	24%	24%	24%
Particulate matter formation	17%	16%	16%	15%	7%	6%	6%	7%
Cumulative energy demand	12%	11%	11%	11%	4%	7%	4%	14%

Andra ”smarta” lösningar

- Smarta broar: bygga in smarta system som anpassar brons beteende till tåget som passerar (t.ex. med ATMD)
- Dämpare (TMD, FVD, dämpande lager, etc.) för klara resonans
- Tågbaserad övervakningssystem för skadedetektering
- …