



LUNDS  
UNIVERSITET

# Utvärdering, hantering och modellering av tvångslaster i betongbroar

---

OSKAR LARSSON



# Bakgrund

---

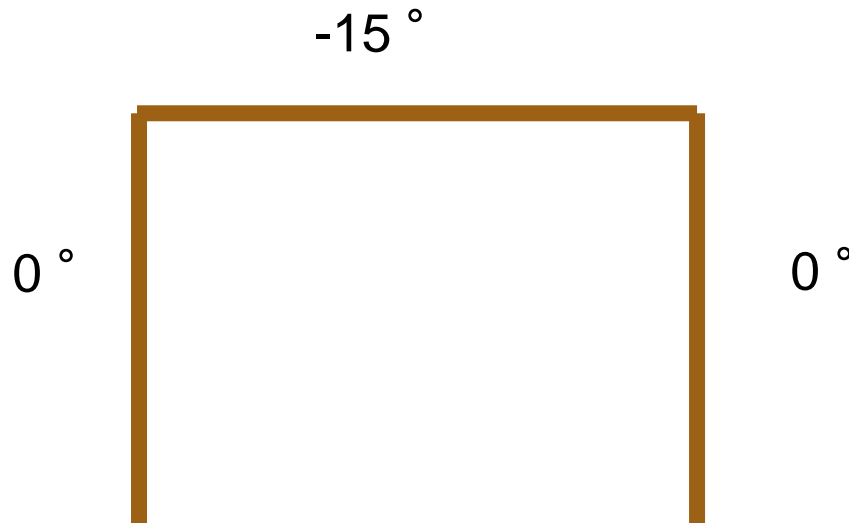
- Vid dimensionering av betongbroar är det fullt möjligt att använda 3D-modellering med hjälp av FEM
- Trafikverkets krav på modelleringen gör att 3D-modeller blir det mest lämpliga alternativet
- Dimensionering av broar – många olika lastfall ska jämföras
- Det gör att linjärelastiska modeller är lämpligast



# Bakgrund

---

- Användandet av 3D-modeller kan dock ge upphov till problem i samband med hantering av tvång
- Exempel – plattrambro

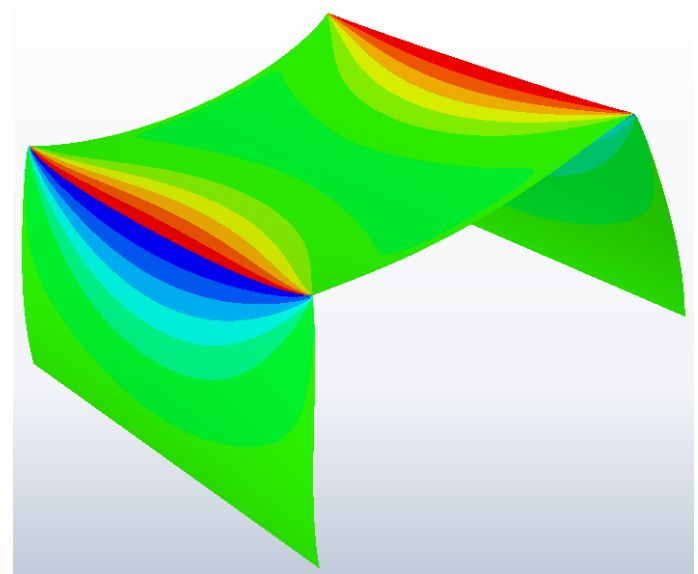
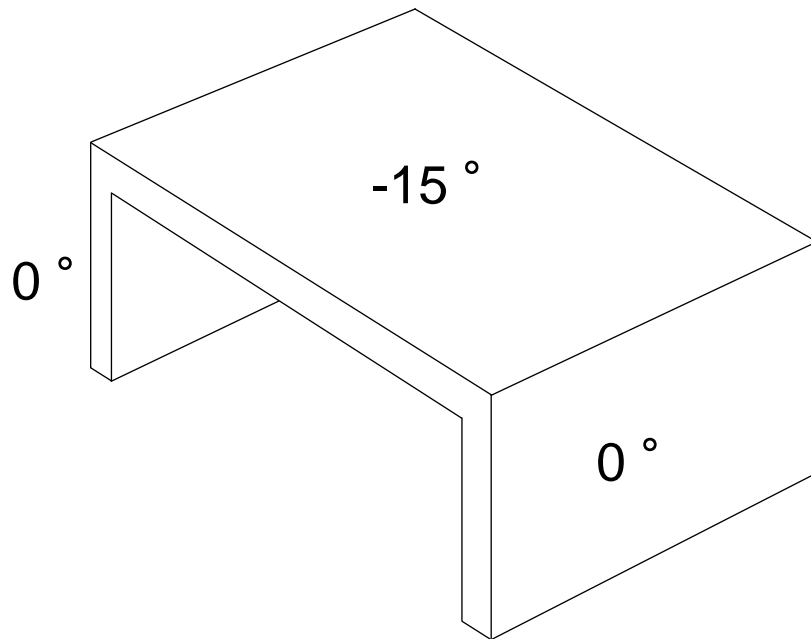


- 2D ram, inga effekter i tvärled



# Bakgrund

---



- 3D ram, stora effekter i tvärled



# Bakgrund

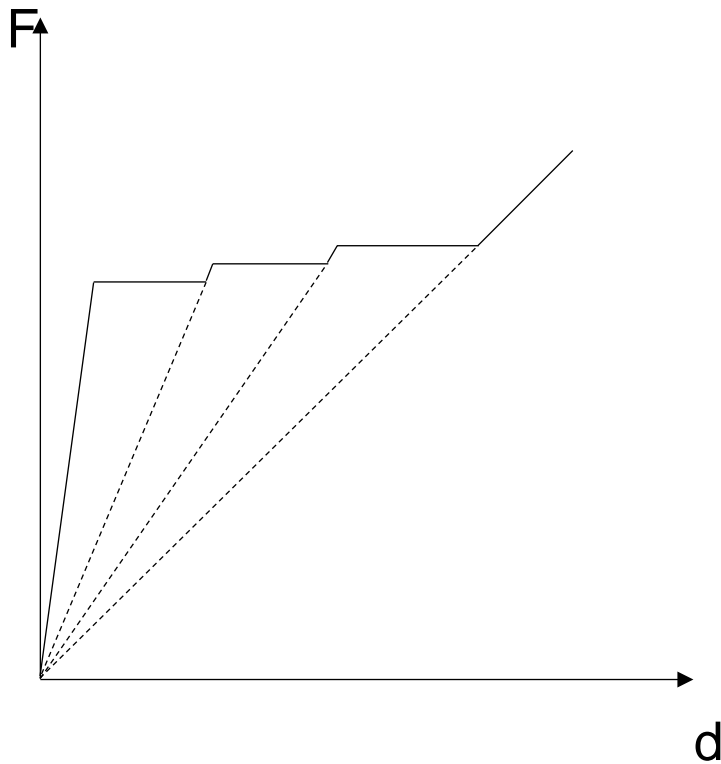
---

- De lastmodeller som finns framtagna är inte anpassade till den typ av modeller som vi kan använda idag
- Ger upphov till stora påkänningar i modeller
- Inte rimligt att dimensionera utifrån dessa påkänningar, ger upphov till mycket stora armeringsmängder
- De påkänningar som blir är orealistiska
  - Orimligt med plötslig temperaturändring
  - Krympning/temperatur/trafiklaster gör att betongen spricker, medför att spänningarna släpper

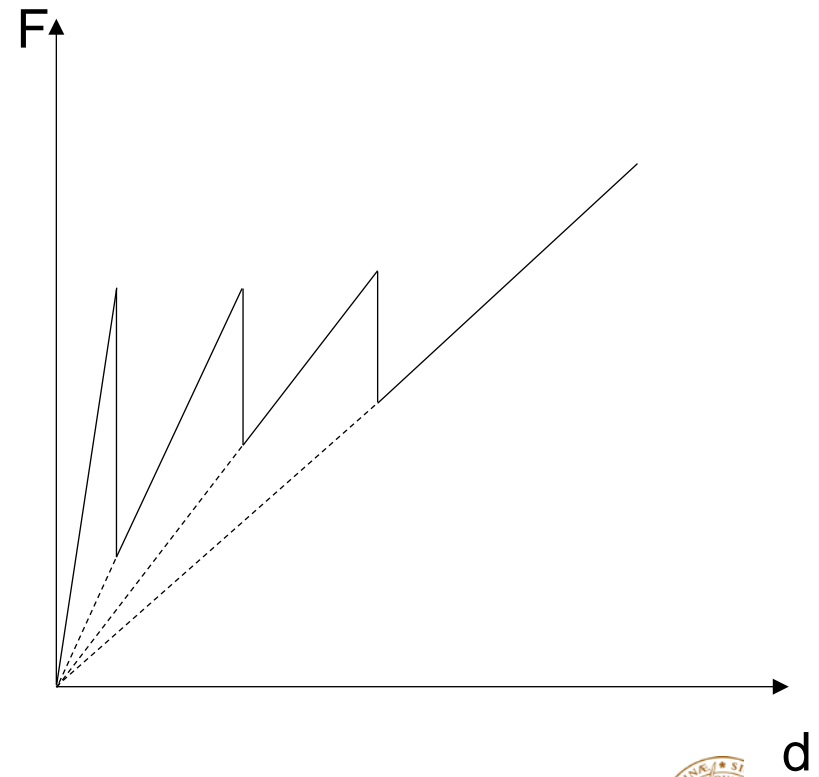


# Bakgrund

---



Last-deformation vid extern last, ex. trafik



Last-deformation vid tvång

# Bakgrund

---

- Huvudfrågan:
  - Hur stort är detta problem?
  - Kan krympning/temperatur orsaka/ha orsakat stora skador i plattrambroar?
- Hur bör en konstruktör ta hänsyn till detta fenomen?
- Idag hanteras problemet, men många gör det på olika sätt
- Hur ser situationen ut? Vilka laster finns? Hur ser responsen egentligen ut?



# Projektdeltagare

---

- Erik Gottsäter, Lund, Doktorand
- Oskar Larsson, Lund, Projektledare, Bitr. handledare
- Roberto Crocetti, Lund, Huvudhandledare
- Mario Plos, Chalmers, Bitr. handledare
- Miklós Molnár, Lund, Bitr. handledare





# Referensgrupp

---

- Ola Öhrström, Trafikverket
- Sven Thelandersson, BBT/LTH
- Morgan Johansson, Reinertsen
- Fredrik Carlsson, Reinertsen
- Karl Lundstedt, Skanska teknik
- Johan Kölfors, Scanscot technology



# Syfte och mål

---

- Underlätta dimensionering av betongbroar
  - utvärdera tvångslasternas storlek och effekter
  - metod för att hantera tvångslaster vid dimensionering av betongbroar.
- Projektets huvudsakliga mål:
  - Undersöka hur stora tvångslasterna (främst temperatur och krympning) egentligen är
  - Analysera responsen vid belastning av plattrambroar med hjälp av icke-linjära finita element modeller.
  - Anpassa lasterna och utveckla en metod för utvärdering av tvångslaster från linjära tredimensionella beräkningsmodeller



# Hur?

---

- Kartläggning av hur tvångskrafter hanteras av brokonsulter och i konstruktionsnormer idag (pågår)
- Historisk undersökning av hur befintliga broar, främst plattrambroar, har konstrueras med avseende på hantering av tvångskrafter samt en inventering av armeringsinnehåll och uppkomna skador (pågår)
- Jämförelse av olika dimensioneringsmetoder, 3D-finit element, 2D-ramberäkning, enkla analytiska metoder (genomfört)
- Simuleringar av verkliga temperaturfält i plattrambroar med klimatdata, jämförelse med mätdata från en verklig bro. (pågår)



# Hur?

---

- Beräkning av responsen hos en plattrambro i betong med icke-linjära materialmodeller, där alla aktuella laster tas hänsyn till. (år 2-3)
- Analys av vilka temperaturfall vid användning av linjär materialmodell som ger en respons som liknar responsen hos den icke-linjära modellen. (år 2-3)
- Jämförelse av armeringsmängd vid dimensionering med nya metoden jämfört med dagens metoder. (år 3)



# Resultat

---

- Kartläggning av hur tvångskrafter hanteras av brokonsulter idag
  - Hanteras på olika sätt
  - Inga entydiga metoder
  - Finns olika förslag, bl.a. från Zangeneh Kamali, Svedholm och Johansson om möjligheten att utnyttja Eurokod för behållare



# Parameterstudie linjärelastisk 3D FEM

---

- Studie av olika parametrars påverkan på tvångskraft
  - Bredd
  - Längd
  - Höjd
  - Tvärsnittstjocklek
  - Randvillkor
  - Temperaturvariation
  - Elementstorlek



# Parameterstudie linjärelastisk 3D FEM

---

- Slutsatser parameterstudie:
  - Ramben och brobaneplatta kan ses som stödmurar fast inspända i varandra
  - Elementstorleken påverkar endast värdet i noder intill inspänning
  - Huruvida rotation tillåts kring rambenets underkant är oväsentligt



# Parameterstudie linjärelastisk 3D FEM

---

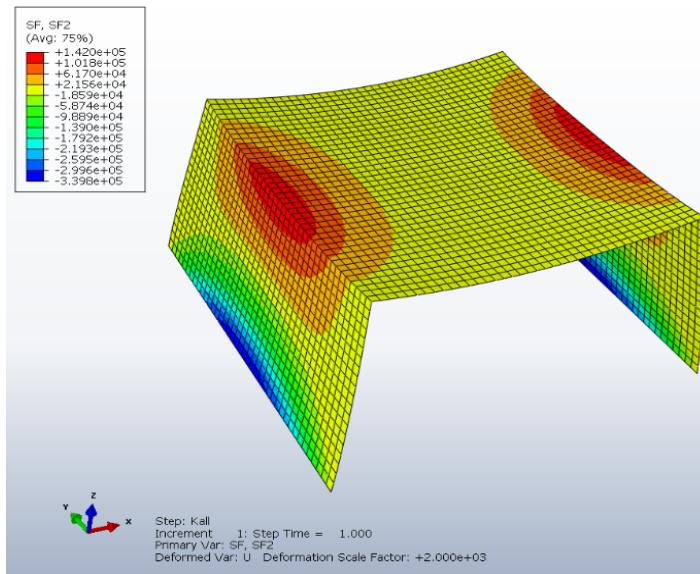
- En hypotes: Kan en ändrad temperaturfördelning påverka?
- Linjär temperaturvariation över ramben





# Parameterstudie linjärelastisk 3D FEM

- Linjär temperaturvariation över rambenens höjd leder även det till stora spänningar kring ramhörnen



# Jämförelse av beräkningsmetoder

---

- Resultaten kommer att presenteras i sin helhet på IABMAC, konferens i Brasilien i sommar
- Kortfattat
  - Om 15 grader C används som skillnad ger det en armeringsmängd som är dubbla minimiarmeringen
  - Maximal spänning i tvärled
    - » 2D – ingen
    - » 3D – 1,6 Mpa
    - » Handberäkning, inspänd – 1,6 MPa
  - Något lägre påkänning vid linjärt avtagande temperatur i ramben



# Temperatursimuleringar

---

- 2 års väderdata från Stockholm, har identifierats som ogynnsamma år i tidigare forskning
  - Lufttemperatur
  - Solstrålning på horisontell yta
  - Långvägig strålning på horisontell yta
  - Konvektion
- Modellen för temperaturberäkning har tidigare validerats mot en betongplatta och Svinesundsbron



# Temperatursimuleringar

---

- Identifierade tidpunkter för största temperaturskillnader mellan brobanaplatta och ramben
- Undersökt jordens påverkan på temperaturen i bron
- Ofta temperaturövergång i ramhörn



# Temperatursimuleringar

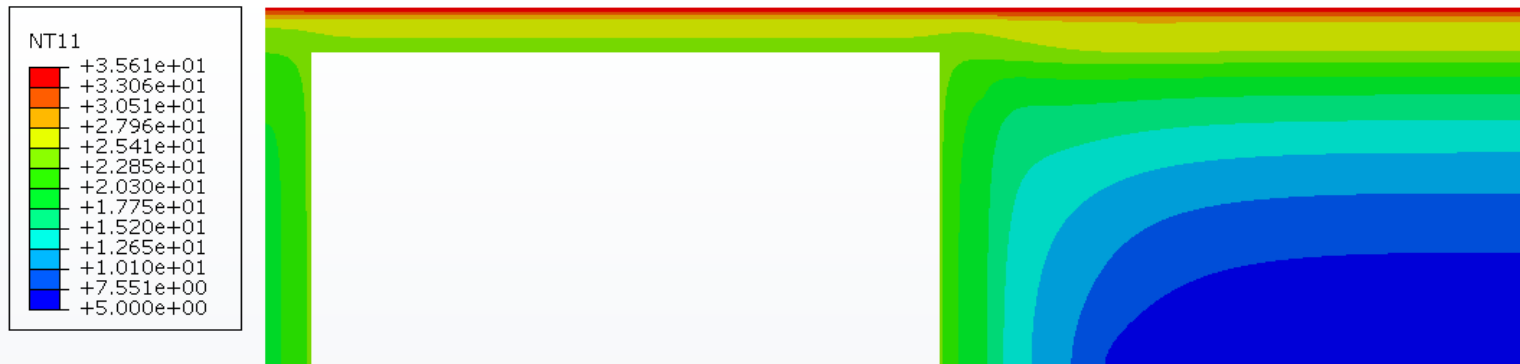
---

- Max temperaturdifferens efter soliga försommardagar då lufttemperaturen ökat
- Vintertid stora differenser efter snabba temperaturomställningar till kallare väder
- Jorden ökar temperaturskillnaden mellan konstruktionsdelarna med 3%-20% för 10 tillfällen med störst temperaturdifferens



# Temperatursimuleringar

- Temperaturgradientens riktning kan variera mellan vertikal och horisontell



# Temperatursimuleringar

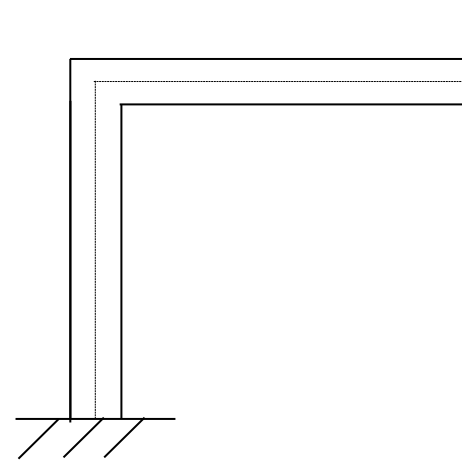
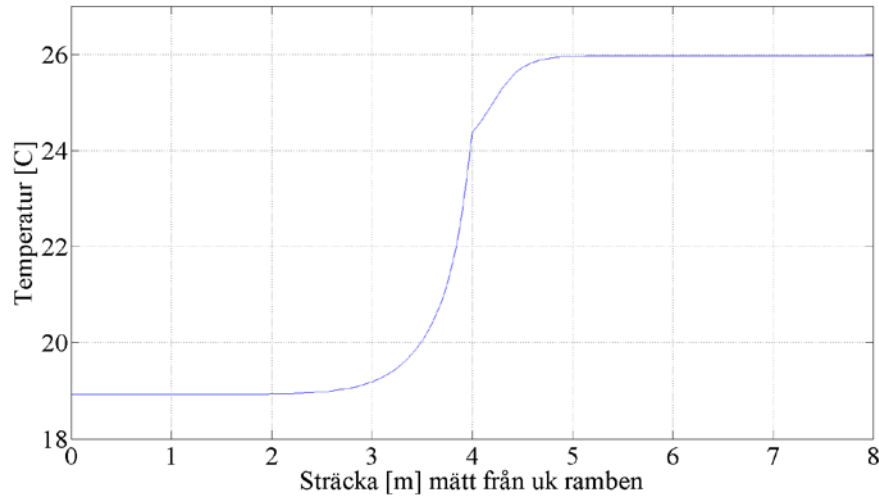
---

- Maximala temperaturskillnaden som fås mellan olika delar
  - Ca 6,5 grader
- Kan jämföras med de 15 grader som ges som rekommendation
- I detta fall ignoreras effekter av solinstrålning på ramben, kan ge viss inverkan, beror på brons riktning
- Resultaten från denna studie kommer presenteras på IABSE-konferens i Stockholm i september

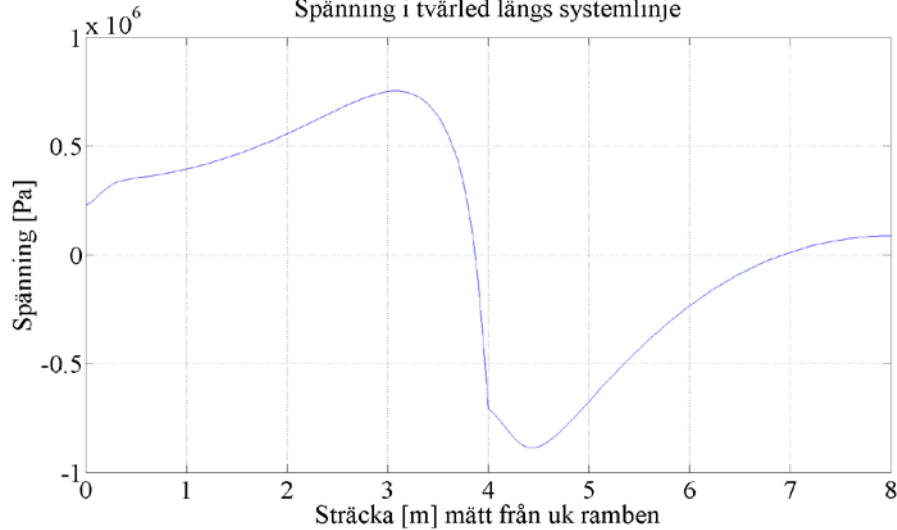


# Temperatursimuleringar

Temperatur längs systemlinje



Spänning i tvärled längs systemlinje





# Fortsättning

---

- Mätningar av temperatur i en plattrambro i betong – koppla till modelleringen
- Använda icke-linjär modellering för att analysera responsen av olika laster
- Kartläggning av problemet – hur ser skadebilden ut? Kan den kopplas till historisk utveckling av mängden armering?
- Hur borde skadebilden se ut enligt olika metoder för att hantera detta?
- Ta fram en metod/andra lastfall som kan användas vid hantering av tvång i betongbroar



# Pågår just nu

---

- Examensarbete för att kartlägga skador i plattrambroar
  - Jämförelse med beräkningar
- Vidare temperatursimuleringar
- Hur påverkar krympning
- Koppla simuleringarna till icke-linjär modell
- Initiering av mätningar i en bro





**LUNDS**  
**UNIVERSITET**