

## Design of footbridges subjected to dynamic loading

Examensarbetare: Pontus Brynk

**Analys av de dynamiska egenskaperna hos en befintlig bro, utförd med hjälp av FE-mjukvara, har visat att överdimensionering av primärt bärande balkar går att undvika vid dimensionering av lättviktiga Gång- och Cykelbroar. För den undersökta bron kunde stålmängden minskats med över 20% för primärt bärande balkar, vilket hade förbättrat både kostnadsbilden och miljöpåverkan.**

Svängningarna i Gång- och Cykelbroar (GC-broar) är inget farligt fenomen och påverkar främst upplevelsen vid användning. Obehaget som kan upplevas när vibrationerna i bron blir för höga leder till gångtrafikanter känner sig osäkra och istället väljer alternativa vägar. Detta resulterar i att bron inte uppfyller sitt ändamål. Lösningen på vibrationsproblemet kan i många fall innebära att statiska bärande element blir överdimensionerade vilket medför både ökade kostnader och större miljöpåverkan.

**Syftet** med examensarbetet är att minska kostnad- och miljöpåverkan vid konstruktion av GC-broar genom att avlägsna behovet av överdimensionerade element. Detta ska uppnås genom att ge riktlinjer till att utveckla en mer exakt och effektiv FE-modell för dynamisk analys.

**Målet** har därmed varit att ta reda på hur modelleringsval påverkar det dynamiska beteendet av en FE-modell. Detta har gjorts genom att modellera befintlig bro i Figur 1 med hjälp av FE-mjukvaran Abaqus där egenskaper från enskilda element sedan har kunnat undersökas.

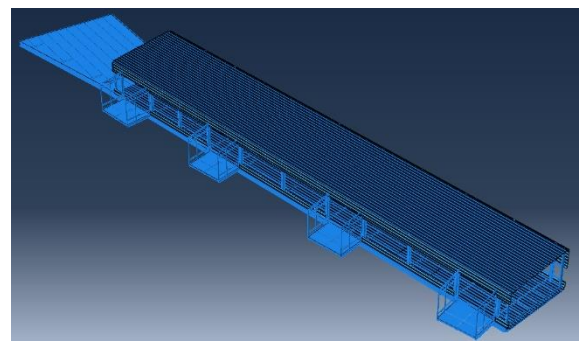


Figur 1 Skyttelbron, GC-bro vid Lunds centralstation.

Frågeställningen som bevaras är:

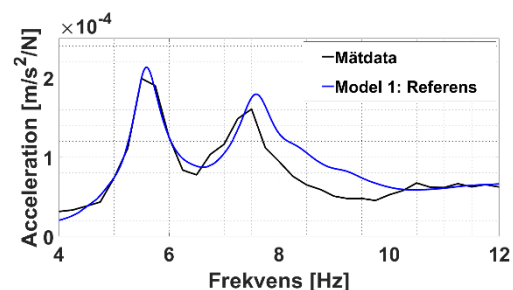
- Är det möjligt att skapa en FE-modell som speglar en realistisk dynamisk respons?
- Hur påverkar olika parametrar det dynamiska beteendet av FE-modellen?
- Hur påverkar primära- och sekundära element utfallet vid dynamisk dimensionering?

För att bevara frågeställningen byggdes, med hjälp av konstruktionsritningar, en komplett FE-modell av bron i Figur 1. Den färdiga modellen visas i Figur 2.



Figur 2 FE-modell av Skyttelbron i Figur 1, byggd i Abaqus.

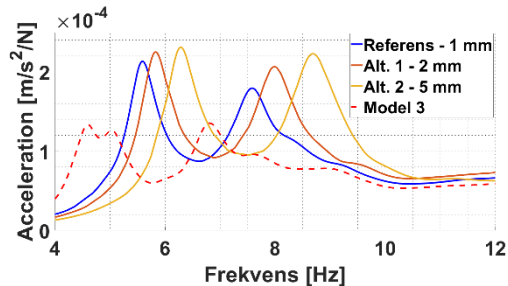
FE-modellens dynamiska egenskaper togs fram genom egenvärdesanalys och frekvenssvep som sedan jämfördes med egenskaperna av den konstruerade bron, inhämtade genom accelerationsmätningar. Här jämförde de naturliga egenfrekvenser och överföringsfunktionerna, Frequency Response Function (FRF). Jämförelsen av FRF i en punkt på bron i Figur 3 visar att de dynamiska egenskaperna överensstämmer mycket väl. Både accelerationer och naturliga egenfrekvenser stämmer väl överens.



Figur 3 Jämförelse av överföringsfunktioner (FRF) av FE-modell och konstruerad bro.

En parameterstudie genomfördes sedan med hjälp av FE-modellen där olika mass- och styvhetsgenskaper undersöktes för att avgöra

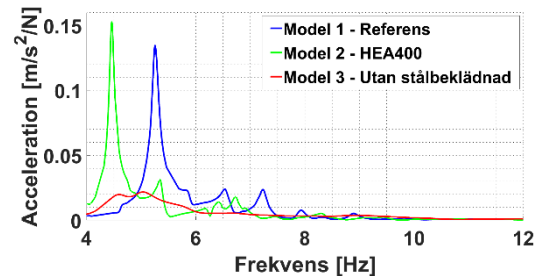
hur de dynamiska egenskaperna påverkas. Parameterstudien visade på att samtliga parametrar hade en inverkan till viss grad och bör beaktas vid modellering. En av de undersökta parametrarna var styvheten av stålbeklädnaden där påverkan på överföringsfunktionen visas i Figur 4.



Figur 4 Överföringsfunktionerna vid förändrad styvhet av plåtbeklädnaden.

Slutligen utvärderades accelerationer i gångbanan enligt den franska metoden Sétra för att avgöra påverkan av primära- och sekundära element vid dynamisk dimensionering. För denna jämförelse reducerades primärt bärande element och plåtbeklädnaden togs bort var för

sig genom ändring i FE-modellen. Överföringsfunktionerna med laster enligt Sétras metod visas i Figur 5.



Figur 5 Överföringsfunktioner vid utvärdering av accelerationer med lastfall enligt Sétra.

**Sammanfattningsvis** konstaterades det att det är möjligt att skapa en FE-modell med realistisk dynamisk respons som kan användas vid dynamisk dimensionering för att motverka överdimensionering av bärande element. Resultatet vid utvärdering av accelerationer i gångbanan med reducerade primära element klarar dagens krav på dynamiken och över 20% stål hade kunnat sparas in vid konstruktion med reducerade dimensioner.