

Dynamisk analys av järnvägsbroar i betong – inverkan av geometriska parametrar

Examensarbetare: Felicia Nilsson & Filippa Dahl

I Sverige planeras det för att byggas höghastighetsjärnväg mellan Stockholm, Göteborg och Malmö. När tågen på en sådan bana trafikerar broar kan stora vibrationer uppstå, vilket gör att det krävs en dynamisk analys av broarna. Det finns dock kunskapsluckor kring vilka dimensioneringsaspekter som är avgörande vid en sådan analys och hur broarnas beteende förändras när tåg hastigheten höjs.

I det här arbetet genomfördes dynamiska analyser på två olika typer av betongbroar som är vanligt förekommande på det svenska järnvägsnätet: en plattbro som spänner över tre fack och en rambro (Figur 1 och 2). Broarnas spännvidd, tvärsnittshöjd samt hastigheten på tåget varierades för att undersöka för vilka fall broarna klarar de dynamiska dimensioneringskraven. Kraven innebär gränsvärden för brodäckets vertikala acceleration, vridning, nedböjning, rotation kring broars stöd samt moment och tvärkrafter.



Figur 1: Principiellt utseende plattbro.

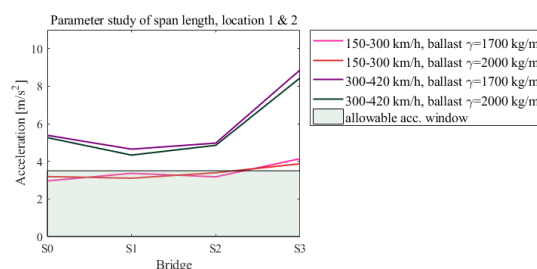


Figur 2: Principiellt utseende rambro.

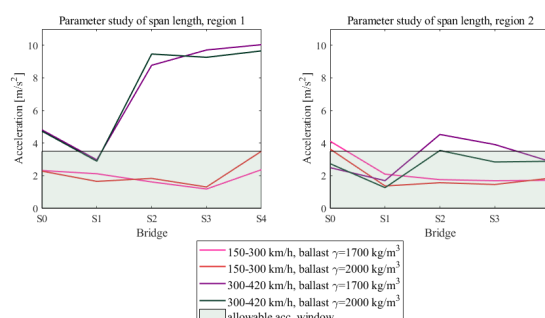
Det visade sig att de kortaste broarna i studien, en plattbro med spännvidder på cirka 15 m per fack och en rambro med spännvidd 17,5 m, klarade kraven på maximal tillåten acceleration för tåg hastigheter upp till 330 km/h. Trots det var moment och tvärkraft större än gränsvärdena. Med andra ord uppfyllde broarna inte dimensioneringskraven. När man tar fram moment och tvärkraft ingår en faktor som beror på tågets hastighet. Beroende på hur man valde att beräkna denna faktor, kunde moment och tvärkraft i vissa fall hamna under gränsvärdena.

Arbetet konstaterade också att öka tjockleken var ett effektivt sätt att minska brodäckets acceleration. Att öka spännvidden med 10% kunde däremot öka accelerationen med så mycket som 100 % för plattbron och med 200% för rambro. I Figur 3 och 4 framgår det att

accelerationerna studerades för två olika intervall: ett lägre intervall som motsvarar nuvarande tåg hastigheter och ett högre intervall som motsvarar höghastighetstågen. Hastigheterna är multiplicerade med en faktor 1,2 som tar hänsyn till ifall tåget skulle köra lite fortare än vad som egentligen är tillåtet. Som man kan se så är accelerationen betydligt större för det högre hastighetsintervallet.



Figur 3: Maximal acceleration för plattbroar med olika spännvidder, där värden inom det grönfärgade området är acceptabla. De maximala accelerationerna uppträdde i fältmitt.



Figur 4: Maximal acceleration för rambroar med olika spännvidder. De maximala accelerationerna uppträdde både i fältmitt och över stöd.

Som tidigare nämnt togs det endast hänsyn till de dynamiska dimensioneringskraven i denna studie. Förutom dynamiska krav, finns det statiska krav som också måste uppfyllas i en skarp dimensioneringssituation. De statiska kraven skulle troligtvis innebära att broarna med längre spännvidder skulle behöva göras tjockare.

Broarna modellerades i tre dimensioner i datorprogrammet BRIGADE/Plus. Tågpassagen simulerades genom att låta fiktiva tåg köra över brobanan. Tågens utformning är förbestämd och kan hittas i det europeiska regelverket, Eurokod. En central del i modelleringen är hur man ska representera gränsen mellan brofundamenten och underliggande jord. I branschen är praxis att endast lägga till fjädrar i botten på själva brostrukturen. Dessa fjädrar ger bron en viss eftergivenhet i de riktningar som man väljer att placera dem i. I övriga riktningar antar man att bron inte kan röra sig alls.

I större delen av arbetet användes endast fjädrar som gjorde att bron kunde rotera i två riktningar. En jämförande analys gjordes dock genom att lägga till ytterligare en fjäder som medgav vertikal rörelse. Den jämförande analysen gav upp till 70% större accelerationer jämfört med ursprungsfallet. För den kortaste rambron hittades den största accelerationen över stöd för fallet med bara rotationsfjädrar. Det maximala värdet förflyttades dock till brons mittpunkt när den vertikala fjädern lades till, vilket ansågs ligga närmare brons verkliga beteende. Valet av hur grunden ska modelleras är alltså kritiskt och kan få mycket stor inverkan på resultatet.