

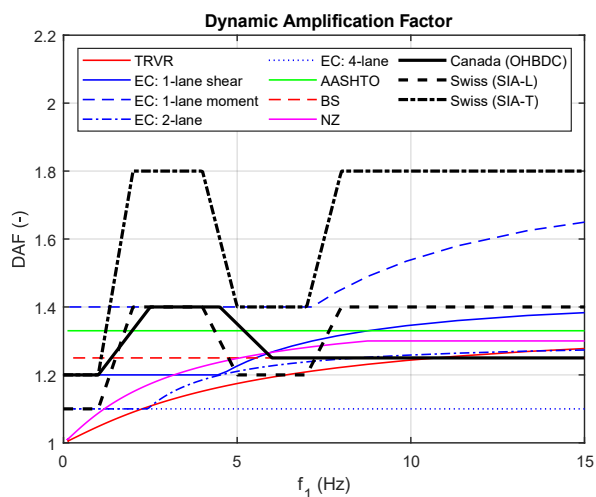
Förfinad modell för att beräkna vägbroars dynamiska förstöringsfaktor

Examensarbetare: Jens Bergenudd

När en bro bärighetsklassas i Sverige används ett dynamiskt tillskott, D , som beror på den bestämmande längden och hastighetsgränsen på bron enligt Trafikverkets normer. Det anses att metoden är bristfällig i nuläget eftersom det är många parametrar som inte beaktas. Tidigare studier har till exempel visat att luftfjädring ger en minskad dynamisk respons jämfört med den traditionella bladfjädringen och att jord-bro interaktion påverkar responsen hos bron. Framtida lastbilskonvojer kan ge upphov till resonans hos broar vilket även måste beaktas.

Syfte och mål

Målet med examensarbetet är att simulera och utvärdera fordon-bro interaktion med avseende på ojämnheter i vägbanan och jord-bro interaktion med olika fordonmodeller och egenskaper på fjädringen, dvs. luft- och bladfjädring. Parameterstudier ska genomföras för plattram- och plattbroar. Syftet är att jämföra resultatet med det dynamiska tillskottet D enligt normen i TDOK 2013:0267 och föreslå lämpliga rekommendationer. Förslag på åtgärder för framtida lastbilskonvojer om de ger problem med resonans hos broar samt förslag på fortsatta studier presenteras också.



Figur 1. Dynamisk förstöringsfaktor, eller "dynamic amplification factor" (DAF), i olika länders normer med avseende på bronns fundamentala frekvens, f_1 .

Metod

En toolbox i MATLAB som löser fordon-bro interaktion har verifierats och använts. Fyra olika fordonstyper har använts vilka är modellerade som massa-fjäder-dämpare system som rör sig över bron. De två delsystemen, dvs. bro och fordon, är kopplade genom att använda

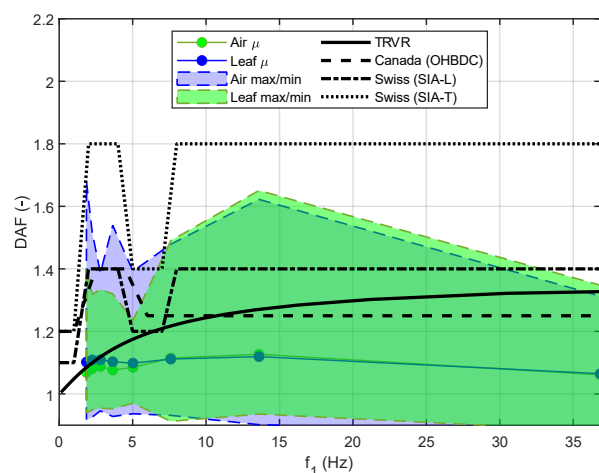
kontaktkrafter och förskjutningar. De kopplade ekvationerna löses med finita elementmetoden (FEM) och den tidsvarierande responsen löses med Newmark- β metoden. Ojämnheter i vägbanan genereras med Power Spectral Density (PSD) funktioner.

Fyra olika studier har genomförts:

1. Enskild lastbilspassage.
2. Multipla lastbilspassager.
3. Lastbilskonvojer.
4. Jord-bro interaktion.

De två första studierna ämnar att jämföras med D samt att utvärdera skillnaden mellan luft- och bladfjädring. Den tredje studien utvärderar resonans hos broar till följd av konvojer med ekvidistanta fordon. Den fjärde studien utvärderar responsen för jord-bro interaktion med en enkel jordmodell som enbart beaktar styvhet och dämpning i vertikalled.

Resultat



Figur 2. Resultat från multipla lastbilspassager för plattbroar. Resultatet är jämfört med den svenska, kanadensiska och schweiziska normen.

Resultaten från parameterstudierna visar att förstoringfaktorn överstiger den svenska normen för både enskilda och multipla lastbilspassager. Den huvudsakliga faktorn för överstigandet är sammafällande frekvenser, dvs. när egenfrekvenserna för fordonen sammanfaller med bronns fundamentala frekvens. Det visas också att tyngre fordon ger en mindre förstoringfaktor jämfört med lättare fordon. Det visas att luftfjädring ger en lägre respons än bladfjädring när de lägsta fordonsmoderna (fjädringsmoder) är nära bronns fundamentala frekvens. När bronns fundamentala frekvens är större än de högsta fordonsmoderna är responsen likvärdig för de två fjädringstyperna.

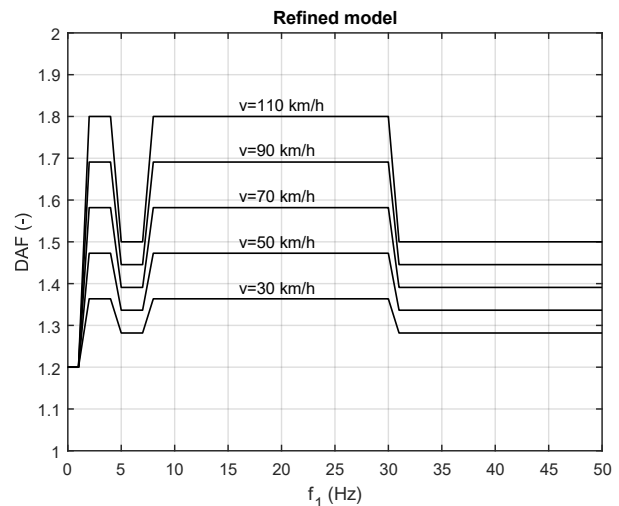
Det visas att konvojer inducerar resonans vilket är störst för plattbroarna till följd av broarnas större massa och avsaknad av rotationstyvhet vid upplagen jämfört med plattrambroarna. Att använda slumpmässiga avstånd mellan fordonen som en säkerhetsåtgärd är därför rekommenderat. Jord-bro interaktion ger en förstärkt respons för fordon-bro interaktionen och det visas att responsen minskar med ökad styvhet och dämpning på jorden.

Slutsats

Rekommendationer som föreslås är:

- Att basera D på fundamental frekvens, f_1 , och hastighetsgräns, v , på bron.

- Fortsatta studier för fler fordon, brotyper och varierande hastighet.
- Att ha slumpmässiga avstånd mellan fordon i framtida konvojer.
- Fortsatta studier för övre och undre gräns på förstoringfaktorn för konvojer med slumpmässiga avstånd.
- Fortsatta studier för jord-bro interaktion med beaktande av jord bakom ramben och fundamentens dynamiska styvhet för rotation och horisontell translation.



Figur 3. Exempel på hur en förfinad modell för den dynamiska förstoringfaktorn (DAF) kan baseras på fundamental frekvens, f_1 , och hastighetsgräns, v , på bron.