

Statisk och dynamisk karakterisering av elastomerer med modifierad hårdhetstest

Examensarbetare: Omar Chouman

I dagsläget finns möjlighet att simulera dynamiska och statiska beteende på olika typer av konstruktioner innan de byggs, exempelvis vibrationer i bilar eller nedböjning av en bro. Gummi, även kallad elastomer, har en förmåga att återfå sin initiala geometri efter att ha deformerats väldigt kraftigt, något som kan ses på exempelvis gummiband. Undersökningar har även visat att gummi har både frekvens- och amplitudberoende vid dynamiska belastningar. För att kunna simulera dessa egenskaper används linjära och olinjära materialmodeller innehållande materialparametrar som tas fram med hjälp av experimentella tester, exempelvis dragprov eller skjuvprov av gummi. Eftersom det finns över 1000 olika typer av gummi med olika användningsområden är det en fördel att kunna ta fram materialparametrar på ett snabbt och konstandseffektivt sätt.

Det här arbetet syftar till att utvärdera ett modifierad hårdhetstest gällande framtagning av dynamiska materialparametrar för att sedan kunna utföra simuleringar av gummi-komponenter med hjälp av finita element-metoden. De materialparametrar som är av intresse vid de experimentella testerna är de hyperelastiska konstanterna vid statisk belastning, samt dynamiska skjuvmodulen G_{dyn} och dämpningen d vid dynamisk belastning. I dagsläget görs alltid ett hårdhetstest för att klassificera hur hårt (eller mjukt) ett gummi är genom att trycka ner en nål med en konstant kraft och mäta nålens nedtrykningsdjup. Gällande framtagning av statiska och dynamiska materialparametrar används ofta ett s.k. ”double shear” test bestående av två gummiskivor fästa mot stålcyllindrar.

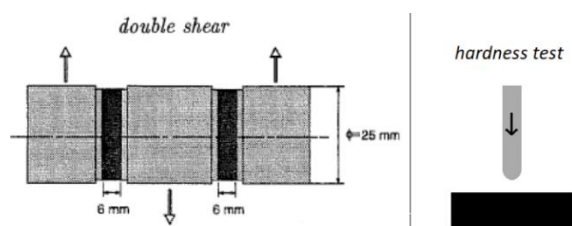


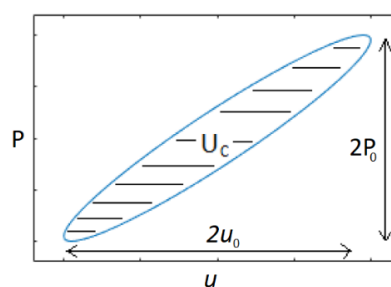
Fig. 1. Double shear provkropp till vänster och hårdhetstest till höger.

Målet med arbetet är att förenkla karakteriseringen av materialparametrar. Eftersom en hårdhetstest alltid utförs på gummi är det fördelaktigt att även kunna ta fram materialparametrar för gummi med samma experimentella metod.

De statiska materialparametrarna har redan utvärderats för tre olika typer av gummi i en tidigare avhandling (Austrell, 1997) där det

modifierade hårdhetstestet visat sig fungera väldigt bra. Detta gjordes genom att trycka ner en nål med ett konstant djup medan kraften i nålen mättes upp. Genom att använda nålens responskurva tillsammans med energibalans kunde materialkostnaderna sedan tas fram och jämföras med materialkonstanter framtagna via ett double shear test.

De dynamiska materialparametrarna tas fram genom att utsätta nålen för en sinusformad nedtryckning i gummit, och från nålens responskurva kan sedan dämpningen d och tangentiella styvheten K_{dyn} plockas ut för olika frekvenser och amplituder. Idén är sedan att ta fram G_{dyn} med hjälp av en energibalans. Slutligen jämförs resultatet med materialparametrar framtagna från double shear testet.



$$K_{dyn} = \frac{P_0}{u_0}$$

$$d = \frac{U_c}{\pi \cdot P_0 \cdot u_0}$$

Fig. 2. Responskurva för dynamiskt belastat gummi.

Resultatet som presenteras i examensarbetet visar att dämpningen från modifierade hårdhetstestet har ett väldigt likartat frekvensberoende som Double Shear Test, men

när det gäller amplitudberoende fanns det synliga skillnader i resultaten.

Resultatet gällande G_{dyn} visar däremot varken frekvensberoende eller amplitudberoende när en energibalans används för det modifierade hårdhetstestet. En alternativ metod prövades istället där en linjär approximation antogs mellan K_{dyn} och G_{dyn} , och detta visade sig fungera väldigt bra, både gällande frekvensberoende men även amplitudberoende.

Mer arbete behöver göras för att undersöka validiteten av det modifierade hårdhetstestet. En koppling mellan amplituderna för ren skjuvning och nålens amplitud i modifierade hårdhetstestet behöver undersökas då resultatet för dämpningen visade en dålig amplitudberoende. Metoden bör även undersökas experimentellt för både statisk och dynamisk karakterisering av materialparametrar då alla analyser har utförts genom simuleringar med hjälp av finita elementmetoden.

Referens

Austrell, P-E (1997), *Modelling of elasticity and damping for filled elastomers*, Report TVSM-1009, Division of Structural Mechanics, Lund University