

Resonansfrekvensmätningar av asfaltprovkroppar

Asfaltens dynamiska styvhetsmodul är direkt relaterad till beläggningskvaliteten och används i bärighetsdimensionering av vägar för att bestämma asfaltlagrens tjocklek. Konventionella laboriemetoder för att bestämma asfaltprovkroppars dynamiska styvhetsmodul är komplicerade, tidskrävande och dyra. För en enkel, ekonomisk och noggrann bestämning av asfaltens materialegenskaper behövs nya oförstörande testmetoder. I detta projekt har en ny metod för att bestämma styvhetsmodulen av asfalt utvecklats.

Bakgrund

Konventionella mätmetoder för att bestämma styvhetsmodulen av asfalt är baserade på att mäta deformationerna i en provkropp från cykliska belastningar (0.01 till 25 Hz). Eftersom dessa metoder är dyra, tidskrävande och komplicerade att utföra finns ett stort behov av nya laboriemetoder. Därför har intresset för att använda ultraljuds- och resonansfrekvensmätningar för att bestämma materialegenskaper i asfalt ökat på senare tid. De flesta av de tidigare vägbaserade metoderna har dock använt sig av approximativa analytiska förhållanden, som är begränsade till en specifik geometri och till att bestämma styvhetsmodulen för en frekvens per temperatur. Detta är en stor begränsning med tanke på asfaltens starka frekvensberoende. I denna doktorsavhandling har numeriska metoder använts för att utveckla en metodik baserad på resonansfrekvensmätningar som kan karakterisera asfaltprovkroppars materialegenskaper över ett brett frekvens- och temperaturspann (det vill säga en masterkurva).

Syfte

Detta projekt har syftat till att utveckla nya testmetoder som är enkla, ekonomiska och som möjliggör en noggrann bestämning av asfaltmaterials linjära och olinjära viskoelastiska materialegenskaper.

Genomförande

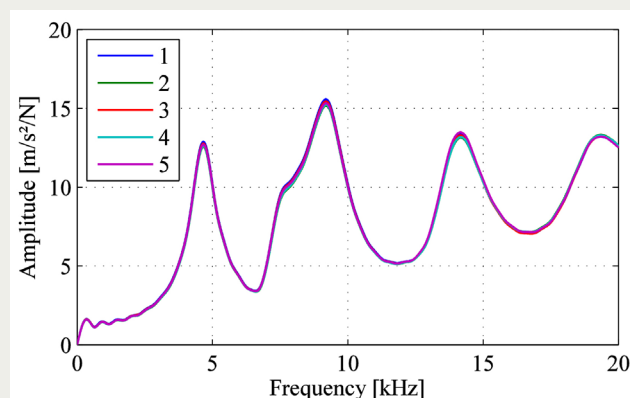
Med stöd från SBUF och Trafikverket har industridoktorandprojektet utförts av Anders Gudmarsson. Den i projektet utvecklade metodiken går ut på att mäta frekvensresponsfunktioner (FRF:er) genom att excitera en asfaltprovkropp med en hammare och samtidigt mäta vibrationerna i kroppen med hjälp av en accelerometer (se Figur 1). FRF:er beräknas från mätningarna genom att dividera den uppmätta accelerationen med den appli-

cerade kraften i frekvensdomän (se Figur 2). För att utvärdera asfaltprovkroppens materialegenskaper från mätningarna kopplas mätresultaten till en teoretisk modell där asfaltprovkroppens dynamiska respons beräknas genom finita element metoden. Teoretiskt beräknade FRF:er jämförs och optimeras mot de uppmätta FRF:erna för att karakterisera asfaltens materialegenskaper (Gudmarsson et al. 2012). Den enkla mätupställningen i Figur 1 kan jämföras mot ett exempel på mätupställning som krävs för att genomföra noggranna mätningar genom konventionella cykliska belastningar (se Figur 3).



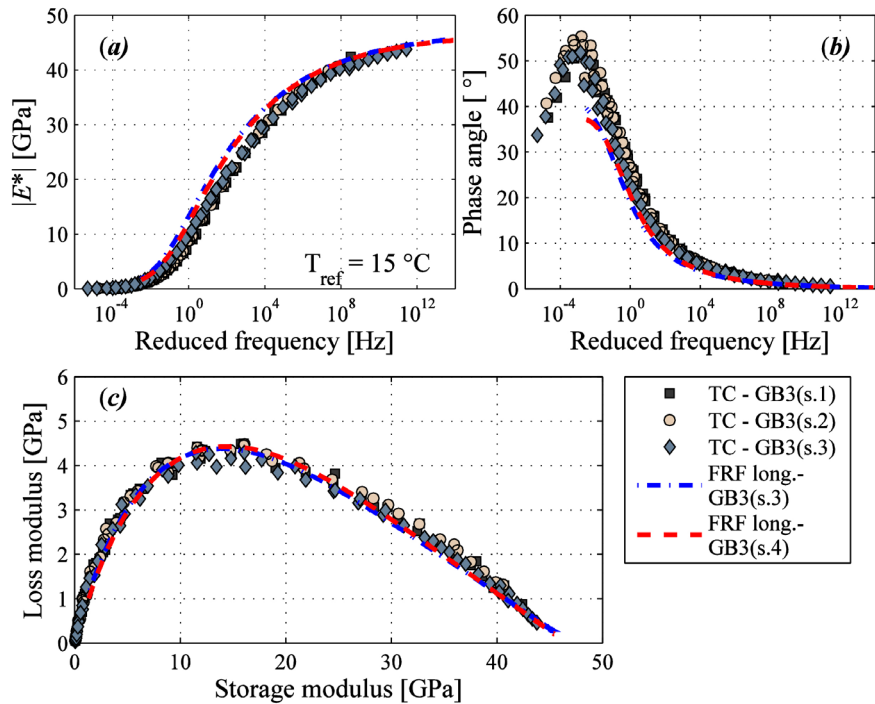
Figur 1. Hammare, accelerometer samt asfaltprovkropp.

Figur 2. Uppmätta FRF:er från provkropp i Figur 1.





Figur 3: Exempel på mätupställning för konventionella cykliska belastningar. Fotot är taget vid ENTPE, University of Lyon.



Figur 4. Jämförelse mellan konventionellt och FRF-bestämd komplex modul.

Resultat

FRF:er innehåller information om både den elastiska styvheten och den viskösa dämpningen (det vill säga den komplexa modulen) över ett specifikt frekvensområde. Upprepade FRF-mätningar vid olika temperaturer kan därför användas till att karakterisera den komplexa styvhetsmodulen över ett brett frekvens- och temperaturintervall. Figur 4 visar den komplexa modulen bestämd från både cykliska belastningar (TC) och från optimering av FRF:er (FRF long.). Figur 4a presenterar absolutvärdet av den komplexa modulen (dynamiska modulen), Figur 4b visar fasvinkeln som är relaterad till dämpningen i materialet och Figur 4c visar både den viskösa (loss modulus) och elastiska (storage modulus) komponenten av den komplexa modulen. Resultaten från FRF-mätningar har genomgående i projektet visat på mycket god repeterbarhet och bra överensstämmelse mot noggranna konventionella mätningar. Vidare har metoden visat en stor potential för att möjliggöra en djupare förståelse och kunskap för asfaltmaterials töjningsberoende och olinjära egenskaper. En utförligare beskrivning av metoden och resultaten finns redovisad i doktorsavhandlingen "Resonance Testing of Asphalt Concrete" (Gudmarsson 2014).

Slutsatser

En ekonomisk, enkel och noggrann laboriemetod för att bestämma linjära och olinjära materialegenskaper har utvecklats i detta industridoktorandprojekt. Metodiken har använts för att karakterisera asfaltprovkroppar av olika dimensioner och geometrier såsom balkar, cylindrar och diskar/puckar. FRF-mätningar ger också en direkt länk till oförstörande fältmätningar med ljudvågor vilket möjliggör en helt oförstörande kvalitetskontroll av nya och gamla beläggningar. För att förenkla den praktiska implementeringen av FRF-mätningar med syfte att bestämma materialegenskaper av asfalt, kan en applikation för att beräkna och optimera FRF:er utvecklas.

Ytterligare information

Kontaktpersoner:

Anders Gudmarsson, Peab Asfalt AB, tel 0733-84 85 76,
e-post: anders.gudmarsson@peabasfalt.se

Litteratur:

- Resonance Testing of Asphalt Concrete (Kungliga Tekniska Högskolan, Väg- och banteknik, Doktorsavhandling ISBN 978-91-87353-50-5, av Anders Gudmarsson)

Internet:

<https://www.kth.se/profile/andgud/>