

Icke-linjär finit elementberäkningsteknik för vägkonstruktioner med särskild hänsyn till väggkroppsnedbrytning.

SBUF-projekt: 10085

Projektet initierades för att finna möjligheter till att förbättra de dimensioneringsmetoder som används för att dimensionera vägars strukturella uppbyggnad. De idag gällande metoderna för väggkroppsdimensionering är baserade på en mycket stor mängd empiriskt erhållen kunskap framför allt erfarenheter från försök utförda i USA i början av 60-talet. Dessa erfarenheter modifierades till att gälla svenska förhållanden som tex klimat, last och vägtyper. Ur dessa resultat skapades en dimensioneringsmetod i vilken kärnan utgjordes av en beräkningsmetod som var baserad på att alla lager består av linjärelastiska material. De i väggkroppen ingående materialen antas vara placerade i jämntjocka lager med oändlig utbredning i horisontell riktning och botten utgörs av en halvoändlig sfär. Den utvecklade metoden trimmades in emot de ur försöken erhållna resultaten och ett beräkningsverktyg hade skapats. Fördelarna med denna typ av verktyg är att de är snabba och enkla att använda. Nackdelarna är att de bara är giltiga, och därför endast skall användas, under förhållanden som överensstämmer med de omständigheter som fanns under vilka metoden utvecklades. Detta innebär att om laster eller material ersätts med nya kan resultaten bli direkt missvisande.

Med detta som bakgrund initierades detta projekt med utgångspunkten att undersöka möjligheten att applicera en mer generell dimensioneringsmetod för vägkonstruktioner baserad på FEM (Finit ElementMetod). FEM har tidigare använts med stor framgång inom många teknikområden allt från flygindustri till brokonstruktioner. Projektets huvudområden är strukturmodellering samt implementering av materialmodeller speciellt utvecklade för väggmaterial. Den presenterade doktorsavhandlingen* visar att FEM-teknik är en utmärkt numerisk teknik för att skapa ett simuleringsverktyg för vägkonstruktioner innefattande riktig geometri, olika materialmodeller för de olika delarna i konstruktionen samt rörliga laster. En med verkligheten överensstämmande geometrisk representation inkluderar begränsningarna i horisontell utbredning tex i form av diken vilket inte har varit möjligt att ta hänsyn till i tidigare dimensioneringsverktyg. Ytterligare en viktig aspekt som studerats är effekten av vad som händer om man varierar hur de olika lagren (asfalt, obundet bärlager och förstärkningslager och undergrund) i strukturen samverkar. Man har tidigare i fältförsök funnit att det under vissa omständigheter har asfaltslagret inte full vidhäftning med underliggande lager av grusmaterial. Detta har modellerats inom ramen för föreliggande projekt och simuleringsresultaten visar att strukturens uppförande under belastning påverkas drastiskt genom införande av denna typ av kontaktvilkor. Det andra huvudområdet var implementering av materialmodeller vilka används för att beskriva uppträdet hos material vilka återfinns i en väggkropp.

För de asfaltsbunda materialen har Burger's materialmodell valts vilken är baserad på viskoelasticitet. Syftet är att kunna beskriva den viskösa responsen som asfalt uppvisar under belastning. Permanenta deformationer i asfaltslagren har på detta sätt kunnat predikterats. För de obundna grusmaterialen har tre materialmodeller implementerats Boyce, Uzan och Witzacks Universal model. Urvalet skedde med utgångspunkten att kunna beskriva de icke-linjära elastiska deformationerna som uppstår i lagren av obundet grusmaterial. Materialmodellerna varierar i komplexitet vilket medför att de behöver olika mängd indata i form av materialparametrar som erhålls ur laboratorieförsök. Genom att kombinera avancerad strukturmodellering med användandet av komplicerade materialmodeller har projektet påvisat resultat vilka inte kan erhållas med de idag gällande dimensioneringsverktygen. Det har även visats att dimensioneringsmetoderna, vilka undersökts i projektet, ytterligare kan utvecklas för att inkludera andra för tillämpningssområdet mycket viktiga effekter som tex miljölaster i form av temperatur, vattenströmning och fukt. För att inkludera dessa miljö effekter krävs att en så kallad kopplad analysmetod (multiphysics) utvecklas. FEM har stor potential att klara kopplade analyser genom att man kan lösa flera ekvationssystem samtidigt. Därigenom kan man beräkna hur de olika materialfaserna påverkar varandra tex hur vattenströmningen genom väggkroppen påverkas av att grusmaterialet trycks ihop. Utvecklingen inom området kopplade analyser kommer att innebära att de fysikaliska fenomen som uppkommer under vägkonstruktionens livslängd kan simuleras på ett betydligt mer korrekt sätt.

De resultat som framkommit under studien kan direkt appliceras inom området vägdimensionering. Metoden kan med fördel vidareutvecklas för att även studera responsen för olika typer av lastfall än med de idag använda metoderna. Ett väl utvecklat analysverktyg ger en bättre prediktering av vägens fysikaliska uppförande, och kommer att ha en nyckelroll om man börjar införa tex bonussystem som innebär att en bättre produkt medför en högre betalning för projektet. För att kunna nyttja de i projektet erhållna resultaten för praktisk vägkonstruktion måste dock viss vidareutveckling ske. Vägverket Region Väst har startat ett sådant projekt där en första version av ett nytt dimensioneringsverktyg utvecklas som är direkt baserat på de resultat erhållits inom ramen för detta SBUF-projekt. Denna första version har som kärna FE-programmet ABAQUS kompletterat med en icke-linjär elastisk modell för de obundna materialen och en visko-elastisk materialmodell för asfalten, vilka båda har sitt ursprung från detta SBUF-projekt. Visionen från Vägverket Region Väst är att på sikt införa denna FE-baserade metod som ett dimensioneringsverktyg för vägkonstruktioner.

*J. Olsson, "Computational Road Mechanics -With emphasis on FE-analysis of rutting", Department of Structural Engineering and Mechanics, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2003.