173372

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถนำมาใช้วิเคราะห์การกระจายตัวของ การเสียรูป ความเค้น ความเครียด และพลังงานความความเครียดจำเพาะ ภายในล้อยางตันที่มีองค์ประกอบยางมากกว่าหนึ่งชนิด รวมทั้งสมารถนำมาศึกษาถึงอิทธิพลของส่วนประกอบต่างๆในล้อยางตันได้อีกด้วยซึ่งทำให้สามารถช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมเชิงกลของล้อยางได้ชัดเจนขึ้นและเป็นประโยชน์อย่างมากในการนำไปช่วยในการออกแบบล้อยางตันให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งนี้การจำลองสภาวะการรับภาระต่างๆของล้อยางตันด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ จะช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายอย่างมากเมื่อเทียบกับการที่จะต้องสร้างล้อยางตันจริงแล้วทำการทดสอบทุกครั้งเมื่อออกแบบใหม่ แต่ทั้งนี้ในการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ให้ผลการวิเคราะห์ที่เชื่อถือได้นั้นจำเป็นจะต้องให้ความสำคัญในแต่ละขั้นตอนตั้งแต่การเลือกใช้แบบจำลองที่นำมาใช้อธิบายพฤติกรรมเชิงกลขององค์ประกอบยางแต่ละชนิด การสร้างเมช การเลือกชนิดเอลิเมนต์ที่เหมาะสม และ การกำหนดขอบเขตและภาระ ที่ถูกต้อง อีกทั้งควรมีการ Validation (การยืนยันผล) กับการทดลองในสภาวะรับภาระจริงด้วย

ในงานวิจัยนี้ได้สร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่จำลองพฤติกรรมเชิงกลภายใต้สภาวะที่รับโหลดแบบสถิตย์ของผลิตภัณฑ์ล้อยางตัน Model หนึ่งที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย ล้อยางตันดังกล่าวประกอบไปด้วยองค์ประกอบยาง 3 ชนิด (ยางชั้นนอก, ยางชั้นกลาง และ ยางชั้นใน) และลวดเหล็ก ในการศึกษานี้ได้เลือกแบบจำลองไฮเปอร์อีลาสติกแบบโพลิโนเมียลอันดับสองเพื่อแทนพฤติกรรมของวัสดุยางทั้ง 3 ชนิด ส่วนลวดเหล็กได้จำลองให้เป็นวัสดุประเภทอิลาสติกและมีคุณสมบัติไอโซโทรปิค จากนั้นได้ทำการยืนยันผลการจำลองที่ได้จากแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์กับผลการทดสอบล้อยางตันจริงโดยค่าพารามิเตอร์ที่นำมาเปรียบเทียบคือค่าการยุบตัวในแนวที่ตั้งฉากกับแผ่นระนาบสัมผัสและค่าการเคลื่อนตัวด้านกว้างของล้อยางตันพบว่าค่าการเคลื่อนตัวที่ได้จากการจำลองและการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย จึงกล่าวได้ว่าแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่สร้างขึ้นมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือในระดับหนึ่ง ดังนั้นการกระจายตัวของความเค้น และ ความเครียดที่ได้จากการจำลองนั้นจึงน่าที่จะเชื่อได้

ในส่วนสุดท้ายของงานวิจัยได้ทำการศึกษาอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบยางในล้อยางตัน โดยทำการศึกษาด้วยการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ถึงอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของยางแต่ละชนิดที่ประกอบอยู่ในล้อยางตัน และ การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกลของยางแต่ละชนิดในล้อยางตันต่อการกระจายตัวและขนาดสูงสุดของพลังงานความเครียดจำเพาะซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่การบ่งบอกถึงความเสียหายในล้อยางตันเมื่อล้อยางตันรับภาระสถิตย์แบบกดอัด

คำสำคัญ ล้อยางตัน, ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลีเมนต์, การวิเคราะห์ความเค้นและความเครียด

Abstract

173372

This study aims to demonstrate that computational finite element analysis is a powerful tool that can be used to study the mechanical behaviour such as deformation, stress and strain distribution and strain energy density distribution in composite solid tyres. It also can be used to give the better understanding of the influence of the components constituted in the solid tyres on the tyre mechanical behaviour. This can lead to form guidance for better tyre design. More importantly, the computational modelling can save a lot of time and cost for testing new designs without having to construct real prototypes for every new designs. However, to get results with good accuracy a model needs enough nodes, the use of right type of elements, nonlinear material model with rubber, the use of right boundary conditions, the knowledge of the material characteristics and parameters and the validation of the finite element analysis.

In this study, a finite element model of a Thai made solid tyre was constructed to simulate the static compressive loading condition. The solid tyre being modeled constitutes of three types of rubber of components and steel wires. Rubber materials were represented using polynomial hyperelastic model. The predictions from the finite element simulation were validated against the real experimental data for the same static loading condition. The predictions of displacements in the direction perpendicular and parallel to the contact plane were in good agreement with the experimental data. Thus it can be said that the finite element model constructed can give trustworthy analysis. Investigation of the influence of various aspects of rubber components used in the tyre construction on the strain energy density distribution which can be linked to identification of damage risk areas was also carried out.

Keywords Solid tire, Finite element stress-strain analysis