ชื่อวิทยานิพนธ์ สมบัติภายใต้การกดและเฉือนของแบริ่งยางด้วยวิธีทางไฟไนท์เอเลเมนต์
ผู้เขียน นายสมชาย กอพูนพัฒน์
สาขาวิชา ฟิสิกส์พอลิเมอร์
ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติภายใต้การกดและเฉือนของแบริ่งยางด้วยวิธีทางไฟไนท์เอเลเมนต์ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปชื่อว่า COSMOS/M ทำงานบนระบบ window โดยมีสมมติฐานว่ายางคอมปาวด์เป็นวัสดุไฮเปอร์อิลาสติกที่อธิบายสมบัติเชิงกลด้วยสมการพลังงานความเครียด และใช้หลักการวิเคราะห์หาค่าคงที่ของสมการ 2 วิธี คือวิธีที่เสนอโดย Yeoh ที่ลดรูปสมการพลังงานความเครียดให้เป็นความสัมพันธ์ของความเค้นลดรูป (σ_r) กับ Invariant of strain (I_1) ได้ $\sigma_r = 2C_{10} + 4C_{20}(I_1 - 3) + 6C_{30}(I_1 - 3)^2$ และการนำ secondary invariant of strain(I_2) มาพิจารณาทำให้ได้สมการเป็น $\sigma_r = 2(C_{10} + \frac{1}{\lambda}C_{01}) + 4C_{20}(I_1 - 3) + 6C_{30}(I_1 - 3)^2$ โดย C_{10}, C_{01}, C_{20} และ C_{30} เป็นค่าคงตัวที่ได้จากการทดสอบการผิดรูปตามแนวแรงกดและแรงเฉือน ตามขั้นตอนมาตรฐานของอังกฤษ BS903 Part A14 และ Part A4 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า วิธีของ Yeoh ทำนายได้ดีแล้ว การนำ I_2 มาพิจารณาร่วมไม่ได้ทำให้การทำนายดีขึ้น

แบริ่งยางที่ศึกษาทำจากยางธรรมชาติคอมปาวด์ที่ผสมเขม่าดำ 4 ระดับ คือ 10, 20, 40 และ 70 phr เรียกว่า BR10, BR20, BR40 และ BR70 ตามลำดับ มีจำนวนชั้นของเหล็กเสริมแรง 0,1,2 และ 3 ชั้น ซึ่งทำให้ค่า shape factor ของแบริ่งยางแปรค่าจากประมาณ 0.33 ถึง 1.73 การทดสอบแบริ่งแยกเป็น 3 หมวด ได้แก่การกด การเฉือน และการกด-เฉือน ผลการทดสอบแสดงด้วยความสัมพันธ์ของความเค้นกับความเครียดของแต่ละหมวดที่แปรค่าจาก 0 ถึงประมาณ 20% ทำให้งานวิจัยต้องออกแบบระบบคานเพื่อให้สามารถกดแบริ่งยางแข็งด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงอเนกประสงค์ที่มีสามารถทนแรงสูงสุดเพียง 10 kN

ผลการทำนายพฤติกรรมภายใต้แรงกดของแบริ่งยางนิ่ม (BR10, BR20 และ BR40) ให้ผลสอดคล้องกับผลการทดลองเป็นอย่างดี เมื่อใช้ค่าคงที่ของสมการพลังงานความเครียดจากสมการของ Yeoh ส่วนกรณีแบริ่งยางแข็ง BR70 การทำนายด้วยวิธีของ Yeoh มีความคลาดเคลื่อนจากผลการทดลอง (สูงสุดประมาณ 20%) และเมื่อเพิ่มค่า C_{01} เข้าไปในสมการพลังงาน

ความเครียด พบว่าให้ผลการทำนายดีขึ้นเพียงเล็กน้อย งานวิจัยนี้จึงได้ปรับปรุงโมเดลโดยเพิ่มชั้นกาวยืดหยุ่นมีความหนาประมาณ 10% ของความหนาเนื้อยางและมีค่ามอดูลัส 8 MPa ผลการทำนายมีความสอดคล้องกับผลการทดลองเป็นอย่างดี การทำนายพฤติกรรมการเฉือน และกด-เฉือนของแบริ่งยางให้ผลสอดคล้องกับผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าความเค้นเฉือนของแบริ่งยางไม่ขึ้นกับ shape factor ของแบริ่ง และไม่ขึ้นกับแรงกดที่กระทำต่อแบริ่ง

Thesis Title Compression and Shear Behavior of Elastomeric Bearing Using Finite Element Analysis

Author Mr.Somchai Kopoonput

Major Program Polymer Physics

Academic Year 2005

ABSTRACT

Aim of this research is to study the properties of elastomeric bearing subjected to compression and shear using a commercial software window based Finite Element Analysis software, namely COSMOS/M. The hyperelastic material was used to explain the mechanical properties of rubber using a strain energy function. Two method were used to determine the strain energy constants; (1) Yeoh's relation, having a relationship of reduced stress (σ_r) and the invariants of tensor (I_1) as $\sigma_r = 2C_{10} + 4C_{20}(I_1 - 3) + 6C_{30}(I_1 - 3)^2$ and (2) a method purpose hear, the second strain invariant (I_2) was added. Therefore, the reduced stress relation becomes $\sigma_r = 2(C_{10} + \frac{1}{\lambda}C_{01}) + 4C_{20}(I_1 - 3) + 6C_{30}(I_1 - 3)^2$. Where four parameters; C_{10}, C_{01}, C_{20} and C_{30} were evaluated from uniaxial compression and simple shear tests, following the British standard procedures; BS903 Part A14 and Part A4 , respectively. The study shows a better result of Yeoh's method while the additional of I_2 does not supply better results.

The studied elastomeric bearings made of natural rubber compounds, consisting of four different levels of carbon black: 10, 20, 40 and 70 phr. These are named respectively as BR10, BR20, BR40 and BR70. Four types of number of reinforcing metal plate were varied as 0, 1, 2 and 3 layers. This brings to an approximated shape factor ranged from 0.33 to 1.73. Three modes of deformation were examined on bearings; compression, shear and compression-shear tests. The results of testing showed as the stress-strain relationship over an approximated strain range of 0 to 20%. Therefore, a "beam-system" had to be designed in order to compress all bearing using the universal tensile tester, limited load only 10 kN.

The prediction of compressive low stiffness bearings (made of BR10, BR20 and BR40) gives well consistent result with the experiment by using three parameters of Yeoh's method.

In the case of BR70, the stiffest bearing, the prediction of Yeoh's method inaccurate from the experiment result. The adding of C_{01} in the strain energy function made slight better prediction. An imaginary elastic glue layer, having about 10% thickness of the total rubber thick and having elastic modulus of 8 MPa, was purposed. Good agreement of prediction was then occurred. The predictions of shear and compression-shear behavior of bearings showed well consistent results comparing with the corresponding results. There was no effect of shape factor and compression force on shear stress.