รายงานโครงงานหมายเลข ME 2560-RS_02

การคำนวณการกระจายตัวของความเค้นและความเครียดของล้อรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

นางสาวณัชญา โทนะพันธ์

นายปัญญสิฐ ผาสุขธรรม

นายภูเบศน์ แสงทอง

รายงานนี้เป็นรายงานโครงงานของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ซึ่งเสนอเป็นส่วนหนึ่งใน
หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Project Report N0.ME 2017-RS_02

Simulations of the stress and strain distribution in rolling motorcycle tires using the finite element method

Ms.Natchaya Tonapan

Mr.Panyasit Phasuktham

Mr.Bhubet Saengtong

This is the report of the Fourth-Year Project Assignment Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Bachelor Degree of Engineering Department of Mechanical Engineering

The Faculty of Engineering

Ubonratchathani University

ชื่อเรื่อง การคำนวณการกระจายตัวของความเค้นและความเครียดของล้อรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

โดย นางสาวณัชญา โทนะพันธ์ รหัสนักศึกษา 5713400378
นายปัญญสิฐ ผาสุขธรรม รหัสนักศึกษา 5713402703
นายภูเบศน์ แสงทอง รหัสนักศึกษา 5713402905

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชดา โสภาคะยัง

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชดา โสภาคะยัง)
อาจารย์ที่ปรึกษา

Project Title : Simulations of the stress and strain distribution in rolling motorcycle tires using the finite element method

By

Ms.Natchaya Tonapan No.5713400378

Mr.Panyasit Phasuktham No.5713402703

Mr.Bhubet Saengtong No.5713402905

Department of Mechanical Engineering

Project Advisor : Assistant Professor Dr.Ratchada Sopakayang

.....

(Assistant Professor Dr.Ratchada Sopakayang)

Thesis Advisor

การคำนวณการกระจายตัวของความเค้นและความเครียดของล้อรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

โดย นางสาวณัชญา โทนะพันธ์
นายปัญญสิฐ ผาสุขธรรม
นายภูเบศน์ แสงทอง

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ที่ส่งผลต่อการเกิดการกระจายตัวของความเค้นและความเครียดในล้อยางรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ โดยมีเงื่อนไขในการศึกษาแบ่งเป็น 5 กรณีคือ กรณีที่ 1 ใช้แรงดันลมยาง 29 psi และความเร็ว 40 km/hrกรณีที่ 2 ใช้แรงดันลมยาง 29 psi และความเร็ว 80km/hr กรณีที่ 3 ใช้แรงดันลมยาง 29 psi และความเร็ว 120 km/hr กรณีที่ 4 ใช้ความเร็ว 40 km/hrและแรงดันลมยาง 33 psi และกรณีที่ 5 ใช้ความเร็ว 40 km/hrและแรงดันลมยาง 36 psi ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างแบบจำลองล้อยางแบบ 3 มิติ แล้วนำมาวิเคราะห์และคำนวณหาการกระจายตัวของความเค้นและความเครียดด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในโปรแกรมสำเร็จรูป โดยให้เนื้อยางมีคุณสมบัติแบบไฮเปอร์อิลาสติกตามแบบจำลองของมูนนี่-ริฟลินจากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบหาปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการกระจายตัวของความเค้นและความเครียดในล้อยางของรถจักรยานยนต์

จากผลการคำนวณพบว่า เมื่อแรงดันลมยางและความเร็วของล้อยางมีค่าแตกต่างกัน จะส่งผลให้การกระจายตัวของความเค้นและความเครียดในล้อรถจักรยานยนต์แตกต่างกันด้วย และส่งผลให้ยางเกิดการเสียรูปบริเวณแก้มยางซึ่งเป็นตำแหน่งที่เกิดความเค้นสูงสุด เมื่อนำค่าความเค้นและความเครียดสูงสุดมาแสดงในรูปแบบกราฟ ผลปรากฏว่าความเร็วและแรงดันลมยางส่งผลให้ค่าความเค้นและความเครียดมีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลามากขึ้นด้วย องค์ความรู้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ในการออกแบบและพัฒนาล้อยางรถจักรยานยนต์ในอุตสาหกรรมได้

Simulations of the stress and strain distribution in rolling motorcycle tires using the finite element method

By Ms.Natchaya Tonapan
Mr.Panyasit Phasuktham
Mr.Bhubet Seangtong

Abstract

The objective of this project is to study the factors affecting the stress and strain distribution in motorcycle tires while moving by using the finite element method. The studies were included of 5 cases for different pressure in the tire and different velocity of the tire: for case 1, the pressure is 29 psi and the velocity is 40 km/hr: for case 2, the pressure is 29 psi and the velocity is 80 km/hr: for case 3, the pressure is psi and thevelocity is km/hr: for case 4, the pressure is 33 psi andthe velocity is 40 km/hr: for case 5, the pressure is 36 psi and the velocityis 40 km/hr.In this research, by using a commercial program, a solid 3D model of tire is created and analyzed by using the finite element method in order to calculate the distribution of the stress and stress in the tire. The tire is made of rubber and it behaves as a hyperelastic material describing as the Mooney-Rivlin model. Finally, the comparison between the results of every case is carried out in order to find the factors that affect the distribution of the stress and strain on the tires of the motorcycle.

As the results, it is found that when the pressure and the speed of the tires are different, the stress and strain distributions in the motorcycle tires are also different. In the meantime, the sidewall of the tires shows the highest stresses and strains for all cases. By comparing the graphs of the relationship between the stress and strain at the highest stress and strain position, it is found that the speed and pressure of the tire cause the increasing of the stress and strain when the time increases. Finally, the knowledge contributed from this research can be applied in design and development the quality of the motorcycle tires in manufacturing industry.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องการศึกษาการกระจายตัวของความเค้นและความเครียดของล้อยางรถจักรยานยนต์ในขณะเคลื่อนที่ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์ทางด้านข้อมูลและคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผศ.ดร.รัชดา โสภาคะยัง ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่องต่างๆให้สำเร็จไปได้ด้วยดี รวมรวมถึงคณะบุคลากรทุกท่านในคณะวิศวกรรมศาสตร์เครื่องกลที่มีส่วนให้คำแนะนำและความช่วยเหลือทางในขณะจัดทำ ทำให้โครงงานเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณไว้เป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

นางสาวณัชญา โทนะพันธ์
นายปัญญสิฐผาสุขธรรม
นายภูเบศน์ แสงทอง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญรูปภาพ	ฌ
สารบัญตาราง	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินงาน	2
1.6ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 โครงสร้างยางรถจักรยานยนต์	4
2.2สมบัติเชิงกลของวัสดุยาง	5
2.3สมบัติทางกลแบบพลวัตของวัสดุพอลิเมอร์	5
2.4ชนิดของยางที่ใช้ผลิตยางล้อรถจักรยานยนต์	5
2.5ความเค้น(Stress)	6
2.6 ความเครียดและการเปลี่ยนรูป	8
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด	10
2.8 โมเดลวัสดุแบบไฮเปอร์อิลาสติก	10
2.9การหมุนรอบแกนที่เคลื่อนที่	15
2.10 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน	16
2.11ระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์	17
2.12ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การคำนวณค่าความเค้นและความเครียดด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

3.1 สร้างชิ้นงาน 22

3.2 การเริ่มต้นการใช้งานโปรแกรมวิเคราะห์แบบจำลอง 22

3.3 การกำหนดค่าคุณสมบัติแบบจำลอง 24

3.4 การประกอบแบบจำลองและส่วนประกอบในการิเคราะห์ 27

3.5 การระบุเงื่อนไขในการวิเคราะห์ 28

3.6 การสร้างเงื่อนไขการวิเคราะห์ในส่วนการปฏิสัมพันธ์แบบจำลอง 28

3.7 การสร้างเงื่อนไขในการวิเคราะห์ในส่วนของภาระแรง 29

3.8 การสร้าง Mesh และอิลิเมนต์แบบจำลอง 30

3.9 การคำนวณเชิงวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ 32

บทที่ 4 ผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

4.1 วิเคราะห์ค่าความเค้นและความเครียดในรูปแบบ 3 มิติ กรณีที่ 1 37

4.2 วิเคราะห์ค่าความเค้นและความเครียดในรูปแบบ 3 มิติ กรณีที่ 2 38

4.3 วิเคราะห์ค่าความเค้นและความเครียดในรูปแบบ 3 มิติ กรณีที่ 3 40

4.4 วิเคราะห์ค่าความเค้นและความเครียดในรูปแบบ 3 มิติ กรณีที่ 4 40

4.5 วิเคราะห์ค่าความเค้นและความเครียดในรูปแบบ 3 มิติ กรณีที่ 5 42

บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล 46

บรรณานุกรม

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แรงดึง (tensile stress)	7
รูปที่ 2.2 แรงกด (compression)	7
รูปที่ 2.3 แรงเฉือน (shear)	7
รูปที่ 2.4 ความเครียดเชิงเส้น (linear strain)	9
รูปที่ 2.5 ความเครียดเฉือน (shear strain)	9
รูปที่ 2.6 เส้นโค้งความเค้น-ความเครียดแบบมีจุดคราก	10
รูปที่ 2.7 แบบจำลองแสดงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของยางเมื่อได้รับแรงกระทำจากภายนอก	11
รูปที่2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับอัตราส่วนการยืดตัวที่ได้จากการทดสอบเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโมเดลแบบนีโอ-ฮุกเกียน	13
รูปที่2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับอัตราส่วนการยืดตัวที่ได้จากการทดสอบเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยกฎของฮุกโมเดลของนีโอฮุกเกียน และโมเดลของมูนนี่-ริฟลิน	14
รูปที่ 2.10 ล้อกำลังหมุนไปพร้อมกับการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็วเชิงเส้น ณ จุดหมุน	15
รูปที่ 2.11 ลักษณะของการเคลื่อนที่แบบกลิ้งของวงล้อ	15
รูปที่ 2.12 เอลิเมนต์ใน 1 มิติ	17
รูปที่ 2.13 เอลิเมนต์ใน 2 มิติ	17
รูปที่ 2.14 เอลิเมนต์ใน 3 มิติ	17
รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการใช้เอลิเมนต์ใน 1 มิติสำหรับการแก้ปัญหา	18
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการใช้เอลิเมนต์ใน 2 มิติสำหรับการแก้ปัญหา	18
รูปที่ 2.17 ตัวอย่างการใช้เอลิเมนต์ใน 3 มิติสำหรับการแก้ปัญหา	19
รูปที่3.1 แบบจำลองยางรถจักรยานยนต์ในโปรแกรม Solid work	22
รูปที่3.2 หน้าเริ่มต้นในการใช้โปรแกรม Abaqus	23
รูปที่3.3 การนำแบบจำลองเข้าโปรแกรมAbaqu	23
รูปที่3.4 การสร้างแผ่นรองรับแบบจำลอง	24
รูปที่ 3.5 การสร้างแผ่นรับแรงภายในวงล้อ	24

รูปที่ 3.6 การใส่ค่าวัสดุของแบบจำลอง Mooney-Rivlin 25
รูปที่3.7 การใส่ค่าวัสดุเพิ่มค่า Density 26
รูปที่ 3.8 ผลการใส่ค่าวัสดุในแบบจำลอง 26
รูปที่ 3.9 ผลการนำเข้า Part แบบจำลอง 27
รูปที่ 3.10 แสดงผลการจัด Part แบบจำลองให้เข้ากัน 27
รูปที่3.11ขั้นตอนการตั้งค่าในส่วน Module Step 28
รูปที่3.12 ขั้นตอนการกำหนดให้Part แต่ละชิ้นติดกัน 28
รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการใส่ภาระค่าแรงความดันลมยาง 29
รูปที่ 3.14 ขั้นตอนการใส่ค่าภาระแรงจากตัวรถ 29
รูปที่3.15 ขั้นตอนการกำหนด Boundary Condition ของแบบจำลอง 30
รูปที่3.16 ขั้นตอนการสร้างMesh และกำหนดรูปร่างMesh 31
รูปที่3.17 ขั้นตอนการคำนวณวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ 32
รูปที่3.18แสดงผลของวิธีการคำนวณค่าความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้น 32
รูปที่3.19 แสดงวิธีการตั้งค่าแสดงจุดที่มีค่าความเค้นความเครียดที่จุดสูงสุดและจุดต่ำสุด 33
รูปที่ 3.20 แสดงการตั้งค่าแสดงอิลิเมนต์แต่ละจุดบนแบบจำลอง 34
รูปที่ 3.21แสดงการสร้างข้อมูลเพื่อนำมาแสดงค่าความสัมพันธ์ของค่าความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้น 34
รูปที่ 3.22 แสดงขั้นตอนการเลือกอิลิเมนต์จุดที่ต้องการ 35
รูปที่ 3.23 แสดงการเลือกข้อมูลที่ต้องการและดูผลการคำนวณ 35
รูปที่ 4.1 แสดงการเกิดค่าความเค้นสูงสุดภายในล้อยางรถจักรยานยนต์ 36
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดที่ความดันลมยาง 29 psi ความเร็ว 40 km/hr 38
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดที่ความดันลมยาง 29 psi ความเร็ว 80 km/hr 39
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดที่ความดันลมยาง 29 psi ความเร็ว 120 km/hr 41
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดที่ความเร็ว 40 km/hr ความดันลมยาง 33 psi 42
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดที่ความเร็ว 40 km/hr ความดันลมยาง 36 psi 44

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดที่ ความดันลมยาง 29 psi และความเร็ว 40,80,120 km/hr ที่เวลา 40 วินาที 45
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดที่ความเร็ว 40 km/hr และความดันที่ 29 psi,33 psi และ 36 psi ที่เวลา 40 วินาที 45

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินการและระยะเวลาดำเนินการ	2
ตารางที่3.1 คุณสมบัติของวัสดุ	25
ตารางที่ 4.1 ค่าความเค้นและความเครียดที่ความดันลมยาง 29 psi ความเร็ว 40km/hr	37
ตารางที่ 4.2 ค่าความเค้นและความเครียดที่ความดันลมยาง 29 psi ความเร็ว 80km/hr	38
ตารางที่ 4.3 ค่าความเค้นและความเครียดที่ความดันลมยาง 29 psi ความเร็ว 120km/hr	40
ตารางที่ 4.4 ค่าความเค้นและความเครียดที่ความเร็ว 40km/hr ความดันลมยาง 33 psi	41
ตารางที่ 4.5 ค่าความเค้นและความเครียดที่ความเร็ว 40km/hr ความดันลมยาง 36 psi	43