การศึกษาอิทธิพลของอายุการใช้งานที่ส่งผลต่ออัตราการเสื่อมของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อ

A STUDY OF USEAGE INFLUENCE AFFECTING TYRE ROLLING COEFFICIEN

ศุภชัย หลักคำ

กุลยศ สุวันทโรจน์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2563

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การศึกษาอิทธิพลของอายุการใช้งานที่ส่งผลต่ออัตราการเสื่อมของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อ

A STUDY OF USEAGE INFLUENCE AFFECTING TYRE ROLLING COEFFICIEN

ศุภชัย หลักคำ

กุลยศ สุวันทโรจน์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2563

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : การศึกษาอิทธิพลของอายุการใช้งานที่ส่งผลต่ออัตราการเสื่อมของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อ
ผู้วิจัย : นายศุภชัย หลักคำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
ผศ.กุลยศ สุวันทโรจน์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
พ.ศ. : 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการการเสื่อมถอยของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อ และตรวจสอบระดับคุณภาพยางล้อทั้งใหม่และเก่าที่มีใช้งานในปัจจุบัน ชุดทดสอบแรงทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ถูกสร้างขึ้นและใช้งานร่วมกับเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลาเดี่ยว ภายใต้สภาวะความเร็ว 80 km/h แรงลงล้อ 4,660 N และความดันลมยางที่ 30 psi โดยมี ตัวอย่างการทดสอบ 3 ตัวอย่าง คือ ยางล้อรถยนต์อายุเสมือนปัจจุบัน ยางล้อรถยนต์อายุเสมือน 1 ปี และยางล้อรถยนต์อายุเสมือน 2 ปี เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ จากผลการทดสอบพบว่าแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์แปรผันผกผันกับอายุยางรถยนต์ โดยยางล้อรถยนต์อายุเสมือนปัจจุบัน ตัวอย่างที่)1มีแรงต้านทานการหมุนของยางล้อ (รถยนต์สูงสุด และยางล้อรถยนต์อายุเสมือน 2 ปี ตัวอย่างที่)3มีแรงต้านทานการหมุนของยางล้อ (รถยนต์ต่ำสุด นอกจากนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อแปรผันผกผันกับอายุของยางรถยนต์ นอกจากนี้ ยางล้อรถยนต์อายุเสมือน 1 ปี มีอัตราการสูญเสียสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์เฉลี่ย 0.03689 N/kN ต่อ 1 สัปดาห์ ในขณะที่ยางล้อรถยนต์อายุเสมือน 2 ปี มีอัตราการสูญเสียค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์เฉลี่ย 0.03671 N/kN ต่อ 1 สัปดาห์ อีกทั้งผลการศึกษาสะท้อนให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ลดลงแบบไม่เชิงเส้นเมื่อเทียบกับอายุการใช้งาน

Title : A study of useage influence affecting tyre rolling coefficient
Researcher : Mr. Supachai Lakkam, Faculty of Engineering, RMUTP
Asst.Prof. Kullayot Suwantaroj, Faculty of Engineering, RMUTP
Year : 2020

ABSTRACT

The objectives of this research are to study the rate of deterioration of tyre friction coefficient and investigate the quality of new and old tyres that are currently in use. A set of the rolling resistance testing was designed and set up to work with the single dynamometer according to speed 80 km/h, tire load 4,660 N and inflation pressure 30 psi. There were three tire samples, new tire, one year used tire and two year used tire to find the rolling resistance coefficients. The finding shows that the rolling resistance was inverse variation with tire aging. For instance, the new tire (1st sample) had the highest rolling resistance on the other hand the two year used tire (3th sample) had the lowest rolling resistance. Moreover, the rolling resistance coefficients were inverses variation with tire aging. Besides, the one year used tire had the average of the decreasing rate of the rolling resistance coefficient at 0.03689 N/kN per a week while the two year had the average of the decreasing rate of the rolling resistance coefficient at 0.03671 N/kN per a week. Furthermore, the result also revealed that the rolling resistance coefficients nonlinearly decreased comparing to the tire aging.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยการสนับสนุนทุนการวิจัยจากงบประมาณประจำปีงบประมาณ 2563 ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือและให้ความอนุเคราะห์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
1.3 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง	6
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 ยาง	8
2.2 แรงต้านการหมุนของล้อ (ธีระยุทธ, 2552)	9
2.3 การเปรียบเทียบยางรถยนต์ระหว่างยางแบบธรรมดากับยางเรเดียลเส้นลวด	11
2.4 ความดันลมยางที่เหมาะสม	11
2.5 อายุการใช้งานของยางล้อรถยนต์	12
2.6 การคำนวณหาเส้นรอบวงของยางล้อรถยนต์	13
2.7 การคำนวณหาค่าแรงต้านทานการหมุนแผ่งของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลาเดี่ยว	13
2.8 แรงต้านการหมุนของยางล้อ (Rolling resistance)	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	15

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 15

3.2 การเตรียมการทดสอบ 16

3.3 การทดสอบ 18

3.4 การใช้โปรแกรม EDX-10A 20

บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล 23

4.1 ผลการทดสอบ 23

4.2 วิจารณ์ผลการทดสอบ 26

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 28

5.1 สรุปผลการทดลอง 28

5.2 ปัญหาและอุปสรรค 28

5.3 ข้อเสนอแนะ 29

บรรณานุกรม 30

ประวัติผู้วิจัย 32

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ)Krตามชนิดและสภาพถนน (	10
2.2	การเปรียบเทียบยางรถยนต์	11
3.1	ตัวอย่างยางล้อรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ	16
3.2	สภาวะการทดสอบ	19
4.1	ผลการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์	25
4.2	อัตราการสูญเสียสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์	26

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	อุบัติเหตุของรถโดยสารสาธารณะ	2
1.2	สภาพยางล้อของรถโดยสารสาธารณะ	3
1.3	รถตู้โดยสารสาธารณะ	4
1.4	ยางล้อที่ผ่านการหล่อเสริมเนื้อดอกยาง	4
1.5	โศกนาฏกรรมรถโดยสารขนาดใหญ่	5
2.1	ลักษณะของโครงสร้างยาง	8
2.2	แรงต้านการหมุนของล้อที่เกิดจากการยุบตัวของยางกลิ้งบนถนนแข็ง	9
2.3	การเปรียบเทียบระดับความดันลมยาง	12
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน	15
3.2	การตรวจวัดความดันลมยางล้อรถยนต์	16
3.3	การเตรียมอุปกรณ์ตรวจวัดแรงบิด	17
3.4	การเตรียมเครื่องวัดความเร็วรอบแบบไม่สัมผัส	17
3.5	การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดแรง	18
3.6	การทดสอบหาแรงต้านทานการหมุนแฝงของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลาเดี่ยว	19
3.7	การทดสอบหาแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์	20
3.8	การเปิดโปรแกรม EDX-10A	21
3.9	การเลือกใช้ความถี่สำหรับบันทึกค่าผลการทดสอบ	21
3.10	แถบเครื่องมือสำหรับการทดสอบ	22
4.1	การเปรียบเทียบค่าแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์และเวลา	23
4.2	การเปรียบเทียบค่าแรงลงล้อรถยนต์และเวลา	24
4.3	การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์และเวลา	25
4.4	การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์	26
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยานล้อรถยนต์ และอายุยางล้อรถยนต์	27

บทที่ 1

บทนำ

งานวิจัยบทนี้กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์การวิจัย ขอบเขตของการศึกษาประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ยางพาราถือเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยที่มีความโดดเด่น และมีการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อผลิตเป็นชิ้นส่วนต่างๆทั้งในภาคอุตสาหกรรมและภาคครัวเรือน ผลิตภัณฑ์จากยางพาราจำนวนมากถูกนำไปแปรรูปเป็นชิ้นส่วนต่างๆผ่านกระบวนการอุตสาหกรรมทั้งส่งออกและใช้ในประเทศ ยางล้อเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ปลายน้ำที่โดดเด่นและเป็นอีกชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ที่มีขนาดกำลังการผลิตสูง โดยประเทศไทยถือเป็นประเทศที่ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์รายใหญ่ระดับโลก ซึ่งชิ้นส่วนยางล้อเป็นหนึ่งในชิ้นส่วนดังกล่าวที่มีทั้งการผลิตเพื่อใช้ในประเทศและส่งออก

อย่างไรก็ตาม หากมองกลับมาสังเกตพฤติกรรมการณ์ผลิตยางล้อทั้งที่ส่งออกและใช้งานภายในประเทศจะพบว่า ผลิตภัณฑ์ยางล้อจะถูกควบคุมคุณภาพด้วยมาตรฐานสากลซึ่งผู้ผลิตทุกรายจำเป็นต้องทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ของตนให้ผ่านมาตรฐานดังกล่าว เพื่อเปิดโอกาสให้ผลิตภัณฑ์ยางล้อของตนสามารถเข้าสู่การแข่งขันในท้องตลาดได้ ในขณะที่มีมาตรฐานการทดสอบคุณภาพยางล้อระดับสากลเข้ามาควบคุมหลายรายการ กลับพบว่าประเทศไทยซึ่งเป็นหนึ่งในผู้ผลิตยางล้อรายใหญ่ของโลกกลับไม่มีศูนย์ทดสอบยางล้อที่ครบวงจร และครอบคลุมทุกรายการทดสอบตามมาตรฐาน เป็นเหตุให้ผู้ประกอบการทั้งหลายมีความจำเป็นต้องส่งผลิตภัณฑ์ยางล้อต้นแบบไปทดสอบยังต่างประเทศส่งผลให้เสียค่าใช้จ่ายและเงินตราไหลออกนอกประเทศหลายล้านบาทต่อ นอกจากนี้ยังเป็นช่องว่างทำให้ผู้ประกอบการซึ่งมีนายทุนต่างชาติสร้างมาตรฐานของตนเอง เพื่อกำหนดและควบคุมความหน้าเชื่อถือในผลิตภัณฑ์ของตน

ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม(มอก.) เป็นผู้ควบคุมกฎเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบต่างๆ แต่ก็เป็นเพียงมาตรฐานที่ถูกชี้นำจากมาตรฐานสากล และมาตรฐานดังกล่าวถูกนำมาใช้ทดสอบคุณสมบัติยางล้อในสภาวะใหม่เท่านั้น หากแต่ความเป็นจริงยางล้อที่ถูกใช้งานจะมีคุณสมบัติที่เสื่อมถอยลงตามสภาพการใช้งาน แต่กลับไม่มีการเปิดเผยถึงผลการทดสอบหรือมาตรฐานใดรับรองคุณสมบัติยางล้อระหว่างการใช้งานได้ อีกทั้งพฤติกรรมการใช้งานและองค์ความรู้ของผู้บริโภคที่มีไม่มากนักต่อผลิตภัณฑ์ยางล้อ และไม่สามารถเข้าถึงการทดสอบเพื่อตรวจสอบระดับคุณภาพยางล้อขนาดใช้งานได้ เนื่องจากไม่มีศูนย์ทดสอบหรือเครื่องทดสอบคุณภาพยางล้อในระดับรากหญ้า

จากการสำรวจพฤติกรรมการใช้งานยางล้อในประเทศไทยพบว่า กลุ่มผู้มีความถี่ในการใช้งานยางล้อสูง และมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนยางล้อเพื่อทดแทนยางล้อเดิมที่หมดสภาพบ่อยครั้งคือ

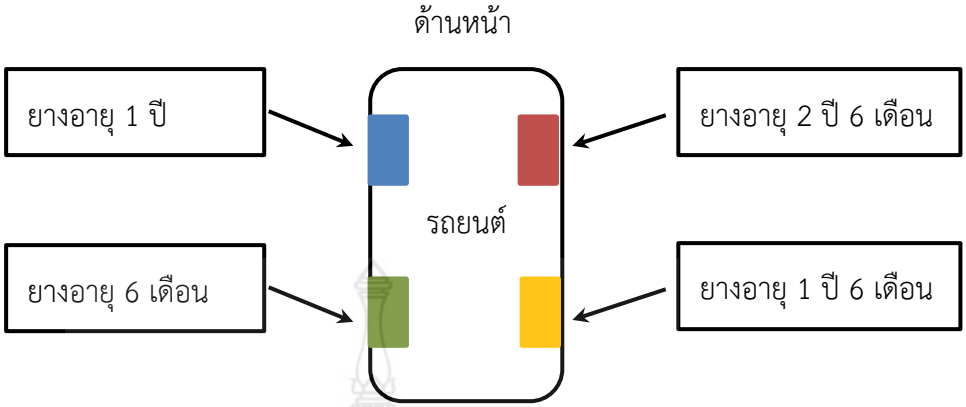
ผู้ประกอบการรถโดยสารสาธารณะ ซึ่งทำให้กลุ่มดังกล่าวประสบปัญหาด้านค่าใช้สูงในการเปลี่ยนทดแทนยางล้อและหาวิธีในการลดค่าใช้ดังกล่าวแตกต่างกันออกไป โดยคณะผู้วิจัยไปแบ่งพฤติกรรมดังกล่าวออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

1) กลุ่มผู้ประกอบการรถโดยสารสาธารณะในเมือง

กลุ่มผู้ประกอบการรถโดยสารสาธารณะในเมือง ได้แก่ ผู้ประกอบการแทกซี่ รถตู้สาธารณะ และรถโดยสารสาธารณะประจำทาง โดยกลุ่มผู้ประกอบการเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็ก ซึ่งมีเงินทุนไม่มากนัก ดังนั้นจึงหาวิธีลดค่าใช้จ่ายด้วยการเปลี่ยนยางล้อที่เป็นยางล้อเก่าที่ผ่านการใช้งานแล้วแต่ยังมีสถาพค่อนข้างดี แทนการเปลี่ยนโดยใช้ยางล้อใหม่จากผู้ผลิตยางล้อ เนื่องจากในตลาดยางล้อรถยนต์เก่า มียางล้อที่ผ่านการใช้งานแล้วจากผู้บริโภคที่มีฐานะการเงินดีและมีความถี่ในการใช้ยางล้อของรถยนต์น้อย เมื่อถึงระยะเวลาเปลี่ยนยางล้อตามกำหนดการซ่อมบำรุงทำให้ยางล้อดังกล่าวมีการสึกหรอของหน้ายางน้อย เป็นเหตุให้เกิดการรับซื้อยางล้อเก่าและหมุนเวียนในตลาดยางล้อเก่าเป็นจำนวนมาก และกลายเป็นยางล้อทางเลือกของกลุ่มผู้บริโภคที่มีรายได้น้อยหรือต้องการลดค่าใช้จ่ายในที่สุด พฤติกรรมการใช้งานในลักษณะดังกล่าว ยังไม่มาตรฐานหรือเกณฑ์ชี้วัดใดที่เข้ามาควบคุมหรือบ่งชี้ได้ว่ายางล้อเก่าที่มีใช้งานบนท้องถนนในปัจจุบันมีความปลอดภัย หรือมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมเพียงพอที่จะพร้อมรับสภาวะการใช้งานในกรณีอุบัติเหตุ อีกทั้งสภาพถนนที่หลากหลายภายในประเทศซึ่งแตกต่างกับสภาพถนนที่ได้มีการทดสอบกับยางล้อใหม่ด้วยมาตรฐานสากล รวมถึงคุณสมบัติยางล้อที่เสื่อมลงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างยางล้อและถนนแตกต่างจากค่าที่ได้จากการทดสอบและรับรองไว้

จากการเก็บข้อมูลของคณะผู้วิจัยพบว่า หลายครั้งในกรณีการเกิดอุบัติเหตุที่ผู้ขับขี่ไม่ได้ใช้ความเร็วสูงมากนัก แต่กลับไม่สามารถควบคุมรถยนต์ให้หยุดในระยะที่ควรจะเป็นได้ เป็นเหตุทำให้เกิดประเด็นโต้แย้งระหว่างผู้ประกอบรถโดยสารและบริษัทประกันอุบัติเหตุ ในปฏิเสธการจ่ายค่าสินไหมทดแทนเนื่องจากไม่สามารถระบุความเร็วที่แท้จริงขณะเกิดอุบัติเหตุได้ ดังรูปที่ 1.1 ประเด็นดังกล่าวทำให้คณะผู้วิจัยเคยได้รับเชิญให้ทำการย้อนรอยอุบัติเหตุเพื่อหาความเร็วที่แท้จริงขณะเกิดอุบัติเหตุซึ่งพบว่า ในทางปฏิบัติมีความเป็นไปได้สูงมากที่รถโดยสารสาธารณะจะใช้ยางที่มีอายุแตกต่างกันทั้ง 4 ล้อ ดังรูปที่ 1.2 ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน(Friction coefficient) และค่าความยืดหยุ่น(Stiffness) และกระทบต่อเสถียรภาพการควบคุมรถยนต์

รูปที่ 1.1 อุบัติเหตุของรถโดยสารสาธารณะ



รูปที่ 1.2 สภาพยางล้อของรถโดยสารสาธารณะ

เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน(Friction coefficient) และค่าความยืดหยุ่น (Stiffness) เปลี่ยนแปลงไปตามอายุการใช้งาน และเป็นสิ่งที่อ่อนไหวทางธุรกิจ จึงไม่มีผู้ผลิตรายใดการเปิดเผยค่าดังกล่าว และส่งผลต่อผู้บริโภคทำให้ไม่ตระหนักถึงประเด็นดังกล่าว ซึ่งแท้จริงแล้วเป็นค่าที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความปลอดภัยในการขับขี่ ดังนั้นผู้ขับขี่จึงมักใช้ความเคยชินและประสบการณ์การขับขี่ในการควบคุมรถยนต์ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน(Friction coefficient) และค่าความยืดหยุ่น(Stiffness) ได้เปลี่ยนแปลงไป และส่งผลต่อการควบคุมระยะการชะลอหรือหยุดรถผิดพลาดจนเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุได้

2) กลุ่มผู้ประกอบการรถโดยสารสาธารณะระหว่างเมือง

สำหรับกลุ่มผู้ประกอบการรถโดยสารสาธารณะระหว่างเมืองนั้นได้แก่ รถตู้สาธารณะประจำทาง และรถโดยสารขนาดใหญ่ประจำทาง หรือรถทัวร์ โดยกลุ่มดังกล่าวจะมีพฤติกรรมการใช้งานที่แตกต่างออกไป คือมีการใช้งานที่ค่อนข้างหนัก ด้วยระยะการเดินทางต่อวันทั้งสิ้นไม่ต่ำกว่า 450 กิโลเมตร และจะต้องมีการเปลี่ยนยางล้อใหม่ภายในระยะเวลา 8 ถึง12 เดือน ซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างสูงรองจากค่าเชื้อเพลิง สำหรับรถตู้โดยสารสาธารณะการเปลี่ยนทดแทนยางล้อด้วยยางล้อเก่าใช้แล้ว ถือเป็นทางทางเลือกหนึ่งของผู้ประกอบการบางราย แต่เป็นทางเลือกที่ค่อนข้างสุ่มเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย ด้วยพฤติกรรมการขับขี่ของรถโดยสารระหว่างเมืองที่จำเป็นต้องใช้ความเร็วสูง อีกทั้งมีภาระการบรรทุกทั้งจาดผู้โดยสารและสัมภาระที่มากกว่ารถโดยสารในเมือง ดังนั้นรถโดยสารดังกล่าวมีคว่มจำเป็นต้องใช้เสถียรภาพในการทรงตัว บังคับและควบคุมยานพาหนะที่มากกว่า ไม่เพียงแค่การเปลี่ยนยางล้อใช้แล้วมาทดแทนยางล้อเดิมจะทำให้เสถียรภาพการทรงตัวลดลง สภาพยางที่เสื่อมถอยตามการใช้งานยังเป็นอีกปัจจัยที่เสื่อมถอยตามอายุการใช้งานอีกด้วย

รูปที่ 1.3 รถตู้โดยสารสาธารณะ

ขณะที่รถโดยสารขนาดใหญ่ หรือรถทัวร์นั้น ส่วนใหญเลือกใช้วิธีการหล่อเสริมเนื้อดอกยาง ดังรูปที่ 1.4 โดยใช้โครงสร้างยางล้อเดิม ซึ่งวิธีดังกล่าวไม่ผ่านการตรวจสอบมาตรฐานระดับใดเลย จึงไม่สามารถบ่งชี้ถึงคุณสมบัติของล้อยางดังกล่าวได้ เนื่องด้วยจากความเชื่อที่ว่ารถโดยสารขนาดใหญ่จะใช้ความเร็วในการขับขี่ไม่มากนักเมื่อเทียบกับรถโดยสารขนาดเล็กจึงมีความเสี่ยงที่น้อยกว่า แต่ในทางกลับกันกลับพบว่าบ่อยครั้งรถโดยสารขนาดใหญ่ใช้ความเร็วสูงไม่ต่างจากรถโดยสารขนาดเล็กส่วนบุคคล จึงทำให้มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุไม่แตกต่างกัน ในทางตรงกันข้าม ด้วยภาระการบรรทุกที่มากกว่าของรถโดยสารขนาดใหญ่ ทำให้ผลของการสูญเสียจากการเกิดอุบัติเหตุมากกว่าทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ดังจะเห็นได้จากข่าวทั่วไปของอุบัติเหตุรถโดยสารขนาดใหญ่ หรือรถทัวร์ที่เสียหลักหรือเสียการทรงตัวและเป็นเหตุให้เกิดโศกนาฏกรรมขึ้น ดังรูปที่ 1.5

รูปที่ 1.4 ยางล้อที่ผ่านการหล่อเสริมเนื้อดอกยาง

รูปที่ 1.5 โศกนาฏกรรมรถโดยสารขนาดใหญ่

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นช่องว่างระหว่างผู้บริโภคยางล้อระดับรากหญ้าและมาตรฐานยางล้อ เนื่องจากผู้บริโภคกลุ่มใหญ่ที่มีระดับความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้งานยางล้อคือกลุ่มวิสาหกิจผู้ประกอบการรถโดยสารควรมีมาตรการตรวจสอบระดับคุณภาพยางล้อทั้งการเปลี่ยนทดแทนยางล้อด้วยยางล้อเก่าใช้แล้วและการตรวจสอบยางล้อระหว่างการใช้งาน แต่ไม่สามารถเข้าถึงเครื่องมือตรวจสอบล้อยางได้ อีกทั้งไม่มีมาตรฐานหรือกฎข้อบังคับมาควบคุม จึงกลายเป็นจุดอ่อนของการใช้ผลิตภัณฑ์ยางล้อในระดับปลายน้ำ นอกจากนี้ยังเป็นการเปิดช่องว่างให้ผู้ประกอบการสามารถปิดบังหรือไม่แสดงข้อมูลเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระยะยาว และลดระดับมาตรฐานความปลอดภัยในการใช้ยางล้ออย่างที่ไม่ควรจะเป็น

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความเห็นควรให้มีการจัดตั้งศูนย์ทดสอบยางล้อเพื่อบริการตรวจสอบสภาพและคุณภาพยางล้อในระดับรากหญ้า และให้กลุ่มวิสาหกิจผู้ประกอบการรถโดยสารที่มีต้นทุนในการประอบการน้อยสามารถเข้าถึงระบบการตรวจสอบยางล้อ อีกทั้งมหาวิทยาลัยฯ(หน่วยงานวิจัย)ในฐานะหน่วยงานในกำกับของรัฐบาล ซึ่งมีหน้าที่ในการให้บริการด้านวิชาการแก่สังคมควรมีส่วนร่วมในการเติมเต็มช่องว่างดังกล่าวด้วยการให้บริการตรวจสอบระดับคุณภาพยางล้อแก่สังคม โดยปราศจากผลประโยชน์ทางธุรกิจ ผ่านระบบการจัดตั้งศูนย์ทดสอบยางล้อระดับรากหญ้าให้ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงได้ง่าย โดยกำหนดกลุ่มเป้าหมายคือวิสาหกิจผู้ประกอบการรถโดยสารในขั้นนำร่องและขยายสู่กลุ่มผู้บริโภคทั่วไป อีกทั้งศูนย์ทดสอบยางล้อดังกล่าวยังสามารถขยายการทดสอบไปสู่ขั้นการวิจัยคุณสมบัติของยางล้อที่ขึ้นกับระยะเวลาการใช้งาน ไม่ใช่เพียงการทดสอบยางล้อใหม่เท่านั้น ซึ่งเป็นตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้งานในสังคมไทย และเป็นการกระตุ้นให้ผู้ผลิตตระหนักถึงการพัฒนาและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพออกสู่ตลาดภายในประเทศ มากกว่าการคัดเลือกผลิตภัณฑ์คุณภาพสูงเพื่อส่งออกจำหน่ายในต่างประเทศ โดยแนวคิดดังกล่าวจะช่วยยกระดับทั้งคุณภาพผลิตภัณฑ์ยางล้อ และความปลอดภัยจากการใช้งาน อันจะส่งผลดีต่อเศรษฐกิจและสังคมทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ประเทศจะได้รับ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.) เพื่อศึกษาอัตราการการเสื่อมถอยของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อ

2.) เพื่อตรวจสอบระดับคุณภาพยางล้อทั้งใหม่และเก่าที่มีใช้งานในปัจจุบัน

1.3 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาหาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการพลังงานในการขับเคลื่อนและล้อหรือยางรถยนต์ พบว่าประเด็นดังกล่าวมีอิทธิพลอย่างมากโดย Joshua M. Pearce และคณะ (2007) ได้กล่าวถึงการกำหนดพระราชบัญญัติปี 2000 ในประเทศสหรัฐอเมริกาเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานจากการควบคุมความดันลมยางทั้งนี้ในปัจจุบันสหรัฐอเมริกามีรถยนต์ 220 ล้านคัน ทำให้สูญเสียพลังงานจากแรงต้านการเคลื่อนที่ของยางเป็นจำนวนมาก ได้มีการศึกษาระดับความดันลมยางจากผู้ใช้รถในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีผลกระทบเกี่ยวกับ 1) ด้านความปลอดภัย 2) ลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3) ทางเศรษฐกิจในเรื่องลดการนำเข้าน้ำมันดิบ และ 4) ลดมลพิษและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 13.5 ล้านตัน/ปี

ในขณะที่ A.K. Elwaleed และคณะ (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการขยายตัวของแก้มยางที่มีผลต่อแรงต้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและได้ทำการทดสอบในสภาพดินทราย ดินเหนียว และดินร่วน ทดลองโดยใช้ค่าความดันที่ 166,193 และ221 KPa ทำการศึกษาและการวิเคราะห์ ด้วยวิธี (ANCOVA) พบว่าการขยายของแก้มยางเนื่องจากความดัน มีผลต่อแรงต้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและขึ้นอยู่กับระดับความดันที่แตกต่าง

C. Halfmann และคณะ (1997) ได้เล็งเห็นความสำคัญด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับการดูแลรักษาสภาพยาง และความดันลมยาง ถือว่าเป็นขั้นพื้นฐานของความปลอดภัยของยานพาหนะ และยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ ดังนั้น C. Halfmann และคณะ ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบความดันลมยาง โดยการวิเคราะห์คลื่นความถี่ของฟังก์ชัน จากการเต้นของยางทั้งล้อหน้า และล้อหลัง

J.E. Purkyne และคณะ (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบดอกยางที่ใช้ในการเกษตรในแบบต่างๆเพื่อลดแรงต้านการเคลื่อนที่ การแก้ปัญหาในเชิงลบสำหรับดอกยาง และความดันลมยาง การออกแบบดอกยางที่บริเวณหน้ายางมักอาศัยร่องลึก ในรูปแบบที่แตกต่างกัน ประกอบกับเพื่อออกแบบดอกยางให้มีคุณสมบัติเฉพาะตัว 1) เพื่อการยึดเกาะถนนขณะเลี้ยวโค้ง 2) เพื่อช่วยให้การขับเคลื่อนและหยุดรถไม่ให้ลื่นไถล และ 3) เพื่อระบายน้ำให้ออกจากผิวหน้าของดอกยางอย่างรวดเร็ว ช่วยให้การขับขี่มีปลอดภัยมากขึ้น

จากการศึกษาหาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการพลังงานในการขับเคลื่อนและล้อหรือยางรถยนต์ พบว่าประเด็นดังกล่าวมีอิทธิพลอย่างมากโดย Joshua M. Pearce และคณะ (2007) ได้กล่าวถึงการกำหนดพระราชบัญญัติปี 2000 ในประเทศสหรัฐอเมริกาเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานจากการควบคุมความดันลมยางทั้งนี้ในปัจจุบันสหรัฐอเมริกามีรถยนต์ 220 ล้านคัน ทำให้สูญเสียพลังงานจากแรงต้านการเคลื่อนที่ของยางเป็นจำนวนมาก ได้มีการศึกษาระดับความดันลมยางจากผู้ใช้รถในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีผลกระทบเกี่ยวกับ 1) ด้านความปลอดภัย 2) ลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3) ทางเศรษฐกิจในเรื่องลดการนำเข้าน้ำมันดิบ และ 4) ลดมลพิษและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 13.5 ล้านตัน/ปี

ในขณะที่ A.K. Elwaleed และคณะ (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการขยายตัวของแก้มยางที่มีผลต่อแรงต้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและได้ทำการทดสอบในสภาพดินทราย ดินเหนียว และดินร่วน ทดลองโดยใช้ค่าความดันที่ 166,193 และ221 KPa ทำการศึกษาและการวิเคราะห์ ด้วยวิธี (ANCOVA) พบว่าการขยายของแก้มยางเนื่องจากความดัน มีผลต่อแรงต้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและขึ้นอยู่กับระดับความดันที่แตกต่าง

C. Halfmann และคณะ (1997) ได้เล็งเห็นความสำคัญด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับการดูแลรักษาสภาพยาง และความดันลมยาง ถือว่าเป็นขั้นพื้นฐานของความปลอดภัยของยานพาหนะ และยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ ดังนั้น C. Halfmann และคณะ ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบความดันลมยาง โดยการวิเคราะห์คลื่นความถี่ของฟังก์ชัน จากการเต้นของยางทั้งล้อหน้า และล้อหลัง

J.E. Purkyne และคณะ (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบดอกยางที่ใช้ในการเกษตรในแบบต่างๆเพื่อลดแรงต้านการเคลื่อนที่ การแก้ปัญหาในเชิงลบสำหรับดอกยาง และความดันลมยาง การออกแบบดอกยางที่บริเวณหน้ายางมักอาศัยร่องลึก ในรูปแบบที่แตกต่างกัน ประกอบกับเพื่อออกแบบดอกยางให้มีคุณสมบัติเฉพาะตัว 1) เพื่อการยึดเกาะถนนขณะเลี้ยวโค้ง 2) เพื่อช่วยให้การขับเคลื่อนและหยุดรถไม่ให้ลื่นไถล และ 3) เพื่อระบายน้ำให้ออกจากผิวหน้าของดอกยางอย่างรวดเร็ว ช่วยให้การขับขี่มีปลอดภัยมากขึ้น

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.) ศึกษายางล้อของรถโดยสารหรือรถบรรทุกขนาดเล็ก ขนาดไม่เกิน 1 ตัน
2.) ศึกษาอายุการใช้งานของยางล้อไม่เกิน 3 ปี
3.) ทดสอบสัมประสิทธความเสียดทานยางล้อตามมาตรฐาน UN ECE Regulation No 117

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.) องค์ความรู้ที่เชื่อมโยงกับอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ยางล้อ
2.) อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ยางล้อที่เหมาะสม

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ยาง

ยางเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในด้านของความปลอดภัยในการขับเคลื่อนรถยนต์ ยางเป็นชิ้นส่วนของรถยนต์ที่ใช้สำหรับทำหน้าที่รองรับน้ำหนักรถ ความนุ่มนวลขณะขับขี่ การหยุดเบรก และประสิทธิภาพการยึดเกาะพื้นผิวถนน รวมไปถึงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งยางเป็นส่วนที่สัมผัสกับพื้นถนนอยู่ตลอดเวลา ซึ่งส่งผลต่ออายุการใช้งานของยาง และยังทำให้การยึดเกาะถนนลดลง

การออกแบบยางในปัจจุบันนี้ลักษณะของยางรถยนต์ที่จะแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบของโครงสร้างพื้นฐานของยางรถยนต์สามารถจำแนกส่วนประกอบออกได้เป็น 6 ส่วน ดังนี้

- หน้ายาง (Tread)
- ไหล่ยาง (Shoulder)
- แก้มยาง (Sidewall)
- โครงยาง (Carcass)
- ผ้าใบเสริมหน้ายางหรือเข็มขัดรัดหน้ายาง (Breaker or Belt)
- ขอบยาง (Bead)

ส่วนประกอบแต่ละส่วนถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับหน้าที่และประสิทธิภาพในการใช้งาน ดังรูปที่ 2.1

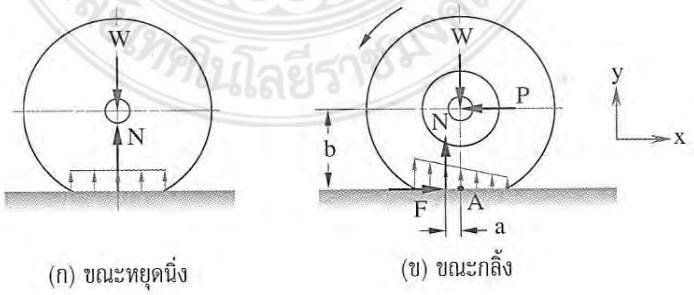
รูปที่ 2.1 ลักษณะของโครงสร้างยาง

นอกจากนี้ การออกแบบยางสำหรับรถยนต์บนท้องถนนต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายๆอย่าง เช่น

1) ความปลอดภัย
   - ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสูงในทุกสภาพถนน)high friction coefficients(
   - ความเร็วสูงสุดที่เหมาะสม)top-speed(
   - รูปแบบโหลดที่กระทำต่อล้อ
   - ความปลอดภัยของการขับขี่
   - คุณสมบัติการวิ่งอย่างราบเรียบ
2) ความสะดวกสบาย
   - ความแข็งของยางน้อย
   - ความราบรื่นในการขับขี่
3) ความประหยัด
   - มีความทนทานสูง
   - ความต้านทางการหมุนต่ำ)low rolling resisting(
   - น้ำหนักล้อต่ำ)Low dynamic Wheel load(
   - ค่าใช้จ่ายด้านการสร้างต่ำ
   - อัตราการรับภาระสูง

2.2 แรงต้านการหมุนของล้อ (ธีระยุทธ, 2552)

แรงต้านทานการหมุนของล้อขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ สภาพผิวถนน ความเสียดทานในลูกปืนของล้อรถยนต์ การยุบตัวของยางและผิวถนน ความดันลมยางรถยนต์ การเสียดสีของเบรก และขนาดของล้อ แรงต้านการหมุนของล้อแปรผันโดยตรงกับน้ำหนักของรถยนต์ การยุบตัวของยางและผิวถนนมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในกรณีความดันในลมยางรถยนต์ต่ำมาก ยางจะยุบตัวมาก จะมีผลให้แรงต้านการหมุนของล้อสูงมากขึ้น



รูปที่ 2.2 แรงต้านการหมุนของล้อที่เกิดจากการยุบตัวของยางกลิ้งบนถนนแข็ง

ถ้า P เป็นแรงดันที่ทำให้ล้อรถยนต์สามารถกลิ้งไปได้บนถนนแข็ง แสดงดังรูปที่ 2.2 (ข) ส่วนของยางที่สัมผัสกับถนนจะยุบตัวหน้าสัมผัสระหว่างยางกับถนนจะเป็นพื้นที่กว้างน้ำหนักของรถยนต์จะกระจายบนผิวหน้าสัมผัสระหว่างยางกับถนน ในขณะที่ล้อกลิ้งไปบนถนนนั้น ยางจะยุบตัวและคืนตัวสลับกัน ทำให้เกิดความเสียดทานขึ้นในเนื้อยางและก่อให้เกิดความร้อนขึ้น แรงต้านทานการหมุนของล้อจะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ)Coefficient of rolling resistance ใช้สัญลักษณ์ (Kr แรงต้านการหมุนของล้อจะมีค่าสูงขึ้น ถ้าเส้นผ่าศูนย์กลางของล้อมีขนาดใหญ่ขึ้น ค่า Kr จะลดลง แรงต้านการหมุนของล้อ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ชี้วัดความต้องการการใช้พลังงานสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$R_r = K_r W_V \quad (2.1)$$

เมื่อ R_r คือ แรงต้านทานการหมุนของล้อ (N)

K_r คือ สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ

W_V คือ น้ำหนักของรถยนต์ (N)

ในกรณีถนนมีลักษณะอ่อนตัว เช่น ถนนดินและถนนทราย ถนนมีการยุบตัวทำให้แรงต้านการหมุนของล้อเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อบนสภาพถนนต่างๆ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ)Krตามชนิดและสภาพถนน (

ชนิดและสภาพถนน	Kr (เฉลี่ย)
ถนนลาดยางและคอนกรีต	
สภาพดีเยี่ยม	0.014 - 0.018
สภาพดีพอใช้	0.018 - 0.020
ถนนหินปูพื้น	0.023 - 0.030
ถนนลูกรัง	0.020 - 0.025
ถนนดิน	
ดินแห้งอัดแน่น	0.025 - 0.035
ดินเปียกหลังฝนตก	0.050 - 0.150
ถนนทราย	0.10 - 0.30

2.3 การเปรียบเทียบยางรถยนต์ระหว่างยางแบบธรรมดากับยางเรเดียลเส้นลวด

ยางเรเดียลเส้นลวดมีความต้านทานต่อการสึกหรอสูงกว่ายางผ้าใบธรรมดา เนื่องจากหน้ายางที่แกร่งกว่าการบิดตัวของหน้ายางน้อยกว่าความร้อนจึงเกิดขึ้นได้น้อยกว่า และหน้ายางที่สัมผัสผิวถนนได้มากกว่า ช่วยลดปัญหาการบวมล่อนของยาง มีผลทำให้อายุการใช้งานของยางเรเดียลเส้นลวดยาวนานกว่ายางผ้าใบธรรมดา 1.5-2 เท่า ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับต้นทุนต่อระยะทางที่ใช้งาน และให้ความปลอดภัยในการใช้งานได้มากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบยางรถยนต์

ชนิดยางรถยนต์ / สภาวะการใช้งาน	ยางเรเดียล)Radial tyre)	ยางแบบธรรมดา)Bias tyre)
ประสิทธิภาพความทนทาน	มีความทนทานมาก	มีความทนทานน้อย
อายุการใช้งาน	เสื่อมสภาพช้า	เสื่อมสภาพเร็ว
ความต้านทานของมีคม	ต้านทานได้ดี	รั่วซึมได้ง่าย
การระบายความร้อน	ระบายความร้อนได้เร็ว	ระบายความร้อนได้ช้า
ความแข็งของโครงสร้างยาง	นำมาหล่อดอกยางใหม่ได้	ไม่สามารถหล่อดอกยางได้อีก
ประสิทธิในการหยุดรถ	ใช้ระยะในการเบรกสั้น	ใช้ระยะในการเบรกยาว
เสียงรบกวนขณะใช้งาน	เสียงรบกวนน้อย	เสียงรบกวนมาก
การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่า	ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสิ้นเปลือง

(ที่มา: http://www.transport.michelin.co.th/Home/New-Retreaded-Tyres/Tyre Basics/Bias-Radial/)

ยางแบบเรเดียลเป็นยางที่ทำให้รถยนต์มีความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่าการใช้ยางแบบอื่น ทั้งนี้ก็เพราะว่า ยางแบบเรเดียลมีแรงต้านการหมุนน้อยกว่าทำให้ใช้กำลังในการขับเคลื่อนน้อยลง นอกจากนี้ยางแบบเรเดียลยังมีการสึกหรอช้ากว่า เกิดความร้อนน้อยกว่า หน้ายางไม่มีการบิดตัวเมื่อสัมผัสกับถนน โครงสร้างของยางแบบไดอะโกนัลไบแอส (Diagonal bias) การวางผ้าใบแต่ละชั้นจะถูกวางจากขอบยางด้านหนึ่งไปยังขอบยางอีกด้านหนึ่ง โดยให้แนวของเส้นใยชั้นผ้าใบในแต่ละชั้นเอียงเป็นแนวทแยงมุมกัน

2.4 ความดันลมยางที่เหมาะสม

ความดันลมยางที่เหมาะสมสำหรับยางรถยนต์นั่งโดยทั่วไป จะอยู่ที่ประมาณ 28-36 psi ส่วนรถบรรทุกขนาดเล็กจะอยู่ที่ประมาณ 30-45 psi (ไม่มีการบรรทุก) และประมาณ 35-65 psi (เมื่อมีการบรรทุก) แต่ละยี่ห้อมีน้ำหนักต่างกัน หรือใช้ยางที่มีขนาดต่างกัน

(ก) ลมยางอ่อน (ข) ลมยางเหมาะสม (ค) ลมยางแข็ง

รูปที่ 2.3 การเปรียบเทียบระดับความดันลมยาง

(ที่มา: http://www.transport.michelin.co.th/Home/New-Retreaded-Tyres/Tyre Basics/Bias-Radial/)

นอกจากนี้ การออกแบบยางสำหรับรถยนต์ ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลาย ๆ อย่าง (ธีระยุทธ, 2552) เช่น

1) ความปลอดภัย พิจารณาจาก ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสูงในทุกสภาพถนน)High friction coefficients (ความเร็วสูงสุดที่เหมาะสม)Top speed (รูปแบบโหลดที่กระทำต่อล้อ ความปลอดภัยของการขับขี่ และคุณสมบัติการวิ่งอย่างราบเรียบ
2) ความสะดวกสบาย พิจารณาจาก ความแข็งของยางน้อย และความราบรื่นในการขับขี่
3) ความประหยัด พิจารณาจาก ความทนทานสูง ความต้านทางการหมุนต่ำ)Low rolling resisting (น้ำหนักล้อต่ำ)Low dynamic wheel load (ค่าใช้จ่ายด้านการสร้างต่ำ และอัตราการรับภาระสูง

2.5 อายุการใช้งานของยางล้อรถยนต์

โดยปกติการพิจารณาเปลี่ยนยางรถยนต์ จะดูที่ความลึกของร่องดอกยางคงเหลือ ถ้าเหลือเพียง 1.6mm ก็ควรถอดเปลี่ยนยางเส้นใหม่ โดยสังเกตในร่องดอกยาง จะพบว่ามีสันนูนเล็กๆ อยู่รอบวงยาง ซึ่งสันนูนดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนดอายุการใช้งานของยางเส้นนั้น คือ ถ้าหากดอกยางสึกหรอจนกระทั่งถึงสันนูนในร่องยาง หรือ ความลึกร่องดอกยางเหลือประมาณ 1.6mm ก็ถือได้ว่ายางนั้นหมดอายุการใช้งาน นอกจากนี้ ถ้าหากตรวจพบว่า เนื้อยางมีความแข็งกระด้างมากจนทำให้ความรู้สึกว่ายางไม่ค่อยเกาะถนนควรถือว่ายางนั้นหมดอายุการใช้งานเช่นกัน หรือถ้ายางเกิดการชำรุดเสียหาย จนไม่สามารถซ่อมแซมได้ก็ถือว่ายางเส้นนั้นหมดอายุการใช้งาน เช่นกัน หรือ ถ้าหากพบว่าเกิดการบวมล่อนที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของยาง ก็ถอดเปลี่ยนได้ทันที เพื่อความปลอดภัย สำหรับระยะทางที่วิ่งได้เป็นเลขกิโลเมตร จึงไม่สามารถบอกได้อย่างแน่ชัด ว่าสมควรเปลี่ยนยางเส้นใหม่หรือยัง เนื่องจากปัจจัยที่ทำให้เกิดการสึกหรอของดอกยาง สำหรับผู้ใช้แต่ละคนจะแตกต่างกันออกไป ได้แก่

.1การบรรทุกน้ำหนัก

.2ความดันลมยาง

.3ความเร็วในการขับขี่
.4สภาพผิวถนน
.5อุณหภูมิสภาพอากาศ
.6สภาพรถยนต์ เช่น ระบบช่วงล่างและศูนย์ล้อ เป็นต้น
.7การหยุดรถและออกรถ

2.6 การคำนวณหาเส้นรอบวงของยางล้อรถยนต์

โดยการหาค่าเส้นรอบวงกลม (เส้นรอบวงยางล้อรถยนต์) ดังสมการที่ 2.2

$$C = 2\pi r \tag{2.2}$$

เมื่อ C คือ เส้นรอบวงของยางล้อรถยนต์ (m)
r คือ รัศมีของยางล้อรถยนต์ (m)

2.7 การคำนวณหาค่าแรงต้านทานการหมุนแฝงของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลาเดี่ยว

แรงต้านการหมุนแฝงของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลาเดี่ยว คือ แรงต้านทานที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง เช่น อากาศ แรงต้านทานแฝงถือเป็นแรงต้านที่ถูกรวมกับแรงต้านรวม โดยเกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสระหว่างการเคลื่อนที่ ค่าแรงต้านต้านทานการหมุนแฝง แสดงดังสมการที่ 2.3

$$F_{pl} = \frac{T_p}{r} \tag{2.3}$$

เมื่อ F_{pl} คือ แรงต้านการหมุนแฝงของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลาเดี่ยว (N)
T_p คือ แรงบิดเพลาของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลาเดี่ยว (Nm)

2.8 แรงต้านการหมุนของยางล้อ)Rolling resistance)

แรงต้านการหมุนของยางล้อขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ สภาพของผิวถนน ความเสียดทานในแบริ่งของล้อรถยนต์ การยุบตัวของยางและผิวถนน ความดันลมในยางรถยนต์ การเสียดสีที่เบรก และขนาดของล้อ ภายใต้เงื่อนไขที่คงที่ แรงต้านการหมุนของล้อแปรผันโดยตรงกับน้ำหนักของรถยนต์ ถ้าสามารถลดน้ำหนักรถยนต์ลงได้มากก็จะยิ่งประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้มาก ทั้งในการวิ่งด้วยอัตราเร็วคงที่และในการเร่งรถยนต์ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยางรถยนต์ 367-2532) การลดน้ำหนักของรถยนต์จะนำไปสู่การลดขนาดของเครื่องยนต์ ห้องเกียร์ ระบบกันสะเทือน และชิ้นส่วนอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักรถยนต์ระหว่างรถเปล่ากับรถที่มีภาระ

บรรทุกเต็มนั้นต่างกันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับรถยนต์ขนาดเล็ก เทคโนโลยีสมัยใหม่ช่วยให้เราสามารถใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาได้ ประกอบกับการออกแบบ ในปัจจุบันได้ใช้เทคโนโลยีด้านแคด (Computer Aided Design, CAD) และแคม (Computer Aided Manufacturing, CAM) เข้าช่วยอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ด้านเอฟอีเอ็ม (Finite Element Modeling, FEM) ของตัวรถยนต์และชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งนำไปสู่การลดน้ำหนักรถยนต์ลงได้มาก โดยการคำนวณหาแรงต้านการหมุนของยางล้อรถยนต์ และการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านการหมุนของยางล้อรถยนต์ แสดงดังสมการที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ

$$F_r = \frac{T_t}{R} - F_{pl} \tag{2.4}$$

เมื่อ F_r คือ แรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ (N)

T_t คือ แรงบิดเพลาของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลาเดี่ยว ภายใต้สภาวะรับน้ำหนักบรรทุก (N.m)

R คือ รัศมีของยางล้อรถยนต์ ภายใต้สภาวะรับน้ำหนักบรรทุก (m)

$$C_r = \frac{F_r}{L_m} \tag{2.5}$$

เมื่อ C_r คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านการหมุนของยางล้อรถยนต์ (N/kN)

L_m คือ แรงลงล้อรถยนต์ (kN)

บทที่ 3

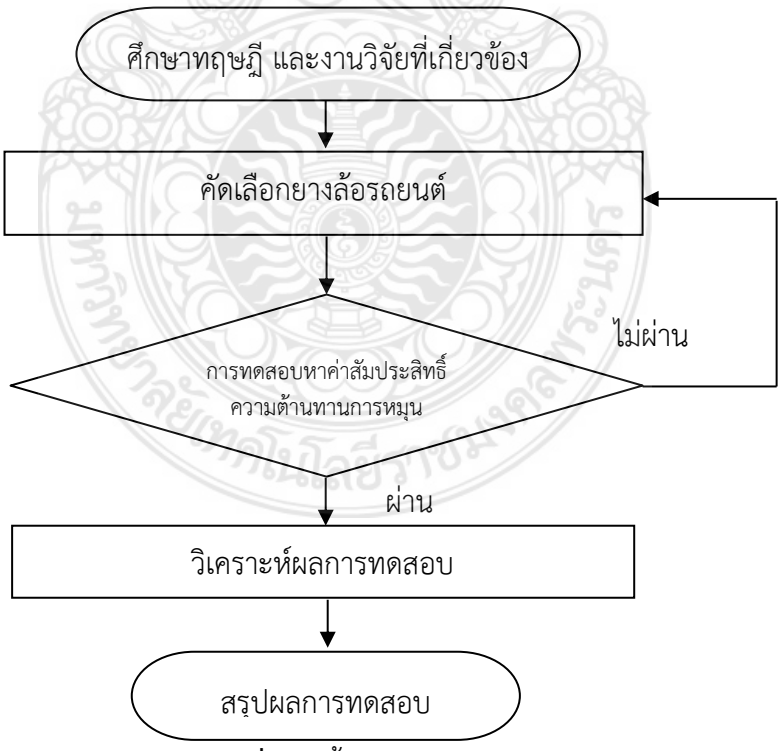
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์งานวิจัยในครั้งนี้ จำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลต่างๆ และออกแบบการทดสอบ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2) คัดเลือกยางล้อรถยนต์
3) การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์
4) วิเคราะห์ผลการทดสอบ
5) ทดสอบการเบรก
6) สรุปผลงานวิจัย

จากขั้นตอนการดำเนินงานดังกล่าวสามารถแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 การเตรียมการทดสอบ

3.2.1 การจัดหายางรถยนต์ทดสอบ

การเตรียมยางรถยนต์แต่ละตัวอย่างสามารถทำได้โดยการตรวจวัดความดันลมยางรถยนต์ให้ได้ 30 psi ดังรูปที่ 3.2 หลังจากนั้นทำการติดตั้งยางล้อรถยนต์เข้ากับดุมที่เครื่องทดสอบ โดยเลือกขนาดยางรถตู้สาธารณะ ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ยางที่นำมาทดสอบมีทั้ง 3 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างยางล้อรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

ตัวอย่างที่	ขนาดยางล้อรถยนต์	สัปดาห์ปีที่ผลิต	อายุเสมือน	อายุจริง
1	215/70 R15	1216	ปัจจุบัน	0 ปี 1 สัปดาห์
2		0615	1 ปี	1 ปี 7 สัปดาห์
3		3514	2 ปี	1 ปี 25 สัปดาห์

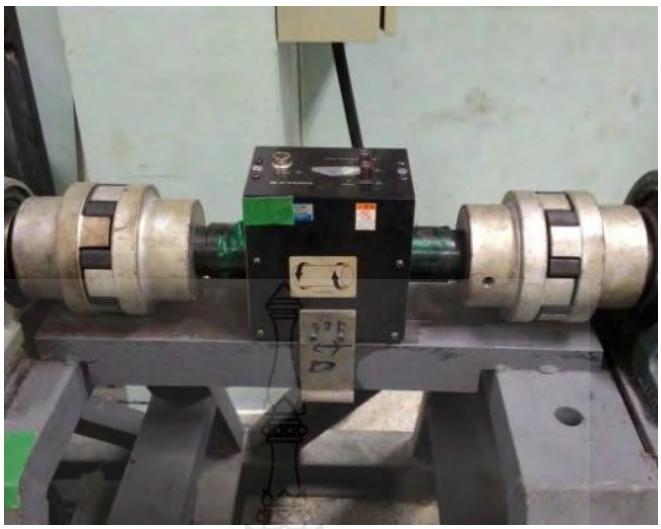
หมายเหตุ : อายุยางล้อรถยนต์จริงคำนวณจากวันที่ผลิตยางถึงวันที่ทดสอบยางล้อรถยนต์

รูปที่ 3.2 การตรวจวัดความดันลมยางล้อรถยนต์

3.2.2 การเตรียมอุปกรณ์และติดตั้งเครื่องมือทดสอบ

1) การเตรียมเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลาเดี่ยว

การเตรียมเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลาเดี่ยวทำได้โดยตรวจสอบสภาพการใช้งานของมอเตอร์ จุดยึดของชิ้นส่วนต่างๆ จารบีตามลูกปืน ความตึงของสายพาน รวมถึงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบให้อยู่ในสภาวะที่พร้อมทำการทดสอบ อุปกรณ์ตรวจวัดแรงบิด (Torque transducer) ได้ถูกติดตั้งเพื่อส่งข้อมูลมายังคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 3.3 นอกจากนี้ เครื่องวัดความเร็วรอบแบบไม่สัมผัส (Non-contact tachometer) ได้ถูกติดตั้งบริเวณเพลาของตัวเครื่องทดสอบ เพื่อช่วยแสดงค่าความเร็วรอบขณะเครื่องทดสอบกำลังทำงานได้ง่ายขึ้น ดังรูปที่ 3.4



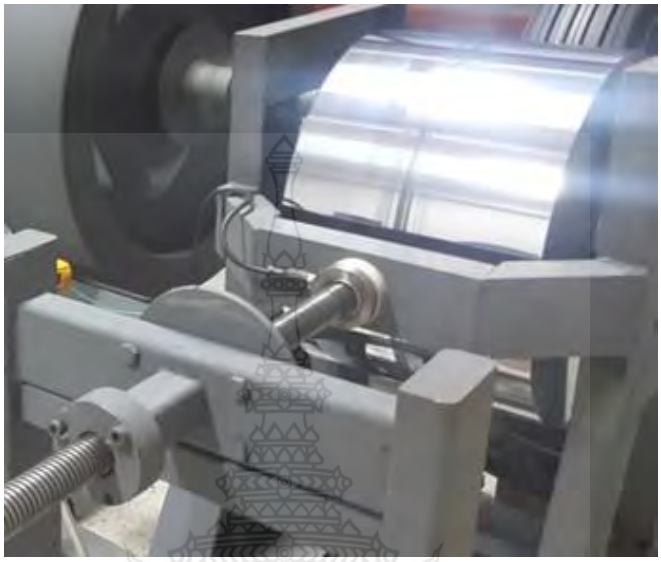
รูปที่ 3.3 การเตรียมอุปกรณ์ตรวจวัดแรงบิด

รูปที่ 3.4 การเตรียมเครื่องวัดความเร็วรอบแบบไม่สัมผัส

2) การเตรียมชุดจำลองการทดสอบสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์

การเตรียมชุดจำการทดลองสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ทำได้โดยตรวจสอบจุดยึดของเครื่องจำลองการทดสอบสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ จาระบีลูกปืนที่จุดยึดลูกกลิ้ง ให้อยู่ในสภาวะที่พร้อมทำการทดสอบ จากนั้นเลือกขนาดของ

อุปกรณ์ตรวจวัดแรง (Load cell) ให้เหมาะสมกับสภาวะการใช้งานทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดแรง (Load cell) เข้ากับชุดจำลองการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดแรง

3.3 การทดสอบ

ในการทดสอบ ได้กำหนดตัวแปรในการทดสอบ คือ อายุของยางล้อรถยนต์ ความดันลมยางที่ใช้ในการทดสอบ น้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบ ความเร็วในการทดสอบ ระยะเวลาในการทดสอบ เพื่อที่จะนำตัวแปรที่กำหนดมาหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ ซึ่งหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนได้จากสมการที่)2.5 (ตามมาตรฐาน UNECE R117 โดยมีรายละเอียดการทดสอบดังต่อไปนี้

3.3.1 การทดสอบหาแรงต้านทานการหมุนแฝงของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลาเดี่ยว

- ปรับอุณหภูมิห้องทดสอบอยู่ที่ 25 °C ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด (Infrared thermometer)
- จ่ายไฟฟ้าเข้าอินเวอร์เตอร์ (Inverter)
- ทดสอบโดยทำการให้ความร้อนบริเวณหน้ายาง (Pre-heat) ยางล้อรถยนต์ 30 นาที ด้วยความเร็วที่ 80 km/h ภายใต้ภาระรับน้ำหนัก 150 N ไม่เกิน 200 N
- เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดให้ตรวจสอบทั้งความเร็วและภาระรับน้ำหนักอีกครั้ง
- เก็บค่าแรงบิดเป็นระยะเวลา 1 นาที เมื่อครบตามเวลาให้ทำการบันทึกข้อมูลเป็น Microsoft Excel กับเครื่องคอมพิวเตอร์
- คำนวณหาแรงต้านทานการหมุนแฝงของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลาเดี่ยว ด้วยสมการที่ 2.5 และทำการทดสอบหาแรงต้านทานการหมุนแฝงต่อไป ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 การทดสอบหาแรงต้านทานการหมุนแฝงของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลาเดี่ยว

3.3.2 การทดสอบหาแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์

- ดันชุดทดสอบเพื่อใส่แรงลงล้อรถยนต์และปรับความเร็ว ดังตารางที่ 3.2
- เก็บค่าแรงบิดเป็นระยะเวลา 1 นาที ดังรูปที่ 3.7 เมื่อครบตามเวลาให้ทำการบันทึกข้อมูลเป็น Microsoft Excel กับเครื่องคอมพิวเตอร์
- คำนวณหาค่าแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ จากสมการที่ 2.5
- หยุดเครื่องทดสอบและทำการเปลี่ยนตัวอย่างยางทดสอบในลำดับต่อไป ควรตรวจสอบจุดยึดต่างๆของเครื่องทดสอบให้อยู่ในสภาวะยึดแน่นเพื่อความปลอดภัย
- ทำการทดสอบในขั้นตอนเดิมต่อไปตามเงื่อนไขและสภาวะการทดสอบที่กำหนดขึ้นจนครบ

ตารางที่ 3.2 สภาวะการทดสอบ

ลำดับ	**รายการ**	**แรงลงล้อ, L_m (N)**	**ความเร็ว, v (km/h)**	**อุณหภูมิ, T (°C)**	**เวลา, t (min)**	**ความดันลมยาง, p (psi)**
1	แรงต้านทานการหมุนแฝงของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลาเดี่ยว	150 ไม่เกิน 200	80	25	1	30
2	แรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์	4,660				

หมายเหตุ : เนื่องจากเครื่องทดสอบไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อทำการทดสอบยางล้อรถยนต์โดยเฉพาะ จึงกำหนดแรงลงล้อในการทดสอบร้อยละ 50 ของความสามารถการรับภาระสูงสุดของยาง เพื่อความปลอดภัยในการทดสอบ

รูปที่ 3.7 การทดสอบหาแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์

3.3.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์

การหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ทำได้โดย นำค่าผลการทดสอบแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ที่ได้จากการบันทึกข้อมูลในเครื่องคอมพิวเตอร์มาทำการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ โดยอาศัยสมการที่ 2.5 จากยางล้อรถยนต์รถยนต์อายุเสมือนปัจจุบันมีค่าแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์รถยนต์เท่ากับ 88.60 N และแรงลงล้อรถยนต์เท่ากับ 4.66 kN

จากสมการ $$C_r = \frac{F_r}{L_m}$$

แทนค่า $$= \frac{88.60\ \mathrm{N}}{4.66\ \mathrm{kN}}$$

$$C_r = 19.01\ \mathrm{N/kN}$$

ดังนั้น ยางล้อรถยนต์รถยนต์มีค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์
เท่ากับ 19.01 N/kN

3.4 การใช้โปรแกรม EDX-10A

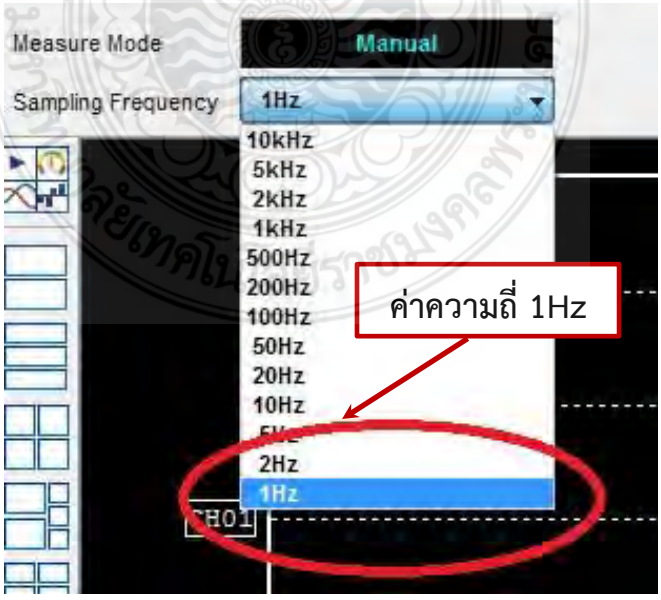
โปรแกรม EDX-10A เป็นโปรแกรมสำหรับบันทึกผลการทดสอบค่าแรงบิดเพลาของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลาเดี่ยวและแรงลงล้อรถยนต์ เพื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าแรง

ต้านทานการหมุนและค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์รถยนต์ โดยมีขั้นตอนการใช้โปรแกรมดังนี้

1.) เลือกใช้โปรแกรม EDX-10A ตามรหัสรุ่นของอุปกรณ์ทดสอบ เพื่อทำการเปิดโปรแกรมสำหรับเตรียมบันทึกผลการทดสอบ ดังรูปที่ 3.8

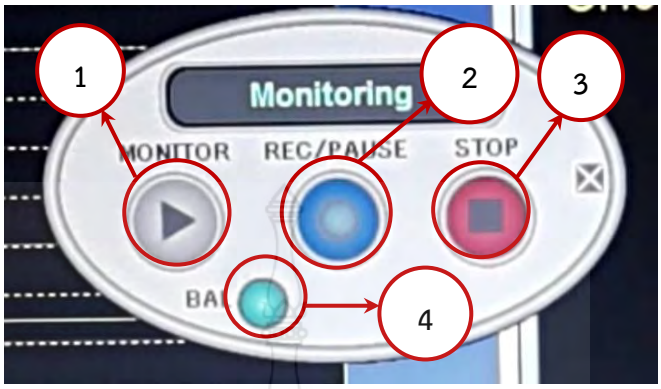
รูปที่ 3.8 การเปิดโปรแกรม EDX-10A

2.) เลือกค่าความถี่ในการทำการทดสอบที่ 1 Hz เพื่อบันทึกผลการทดสอบที่ 1 ค่าต่อ 1 วินาที ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การเลือกใช้ความถี่สำหรับบันทึกค่าผลการทดสอบ

3.) แถบเครื่องมือสำหรับบันทึกผลการทดสอบ ดังรูปที่ 3.10 โดยมีปุ่มสำหรับการใช้งานดังนี้



รูปที่ 3.10 แถบเครื่องมือสำหรับการทดสอบ

หมายเหตุ :

1 คือ ปุ่มสำหรับแสดงข้อมูลเพื่อเตรียมการบันทึกข้อมูล
2 คือ ปุ่มสำหรับบันทึกหรือหยุดบันทึกข้อมูลชั่วคราว
3 คือ ปุ่มสำหรับหยุดและบันทึกข้อมูล
4 คือ ปุ่มสำหรับตั้งค่าเริ่มต้นสำหรับบันทึกข้อมูล

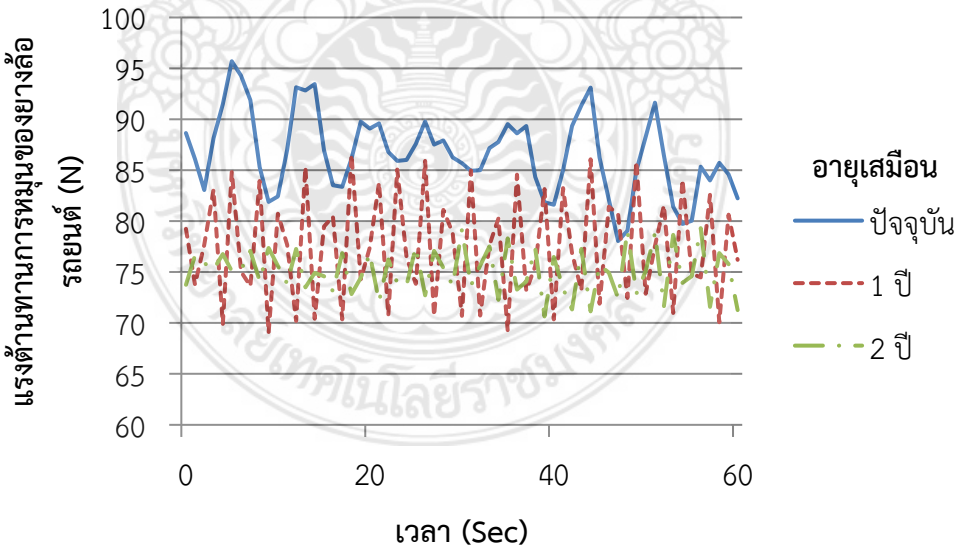
บทที่ 4

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบได้กำหนดตัวอย่างยางล้อรถยนต์ขนาด 215/70R15 ที่มีอายุแตกต่างกัน สำหรับการทดสอบ 3 ตัวอย่าง คือ ยางล้อรถยนต์อายุเสมือน ปัจจุบัน, 1 ปี และ 2 ปี (สัปดาห์ปีที่ผลิต 1216, 0615 และ 3514 ตามลำดับ) โดยมีผลการทดสอบดังต่อไปนี้

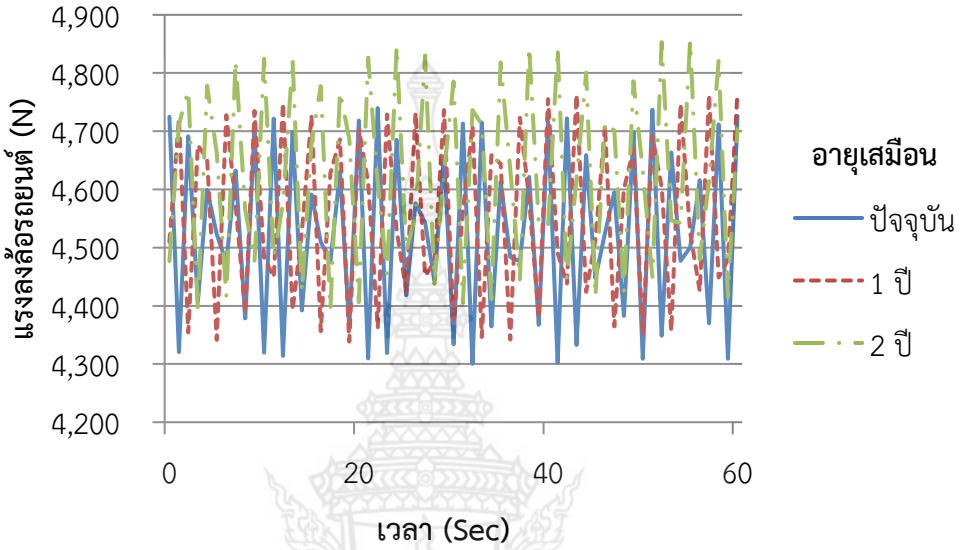
4.1 ผลการทดสอบ

การทดสอบหาแรงต้านทานการหมุนของตัวอย่างการทดสอบ โดยมีแรงลงล้อรถยนต์ซึ่งถูกกำหนดอยู่ที่ 4,660 N (ร้อยละ 50 ของความสามารถการรับภาระสูงสุดของยางล้อรถยนต์) ผลการทดสอบแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ที่มีอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน ยางล้อรถยนต์อายุเสมือนปัจจุบัน (ตัวอย่างที่ 1) มีแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์สูงสุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 86.66 N ในขณะที่ยางล้อรถยนต์อายุเสมือน 2 ปี (ตัวอย่างที่ 3) มีแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ต่ำสุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 75.04 N โดยทั้งสองตัวอย่างมีความแตกต่างกัน 13.40 % ดังรูปที่ 4.1



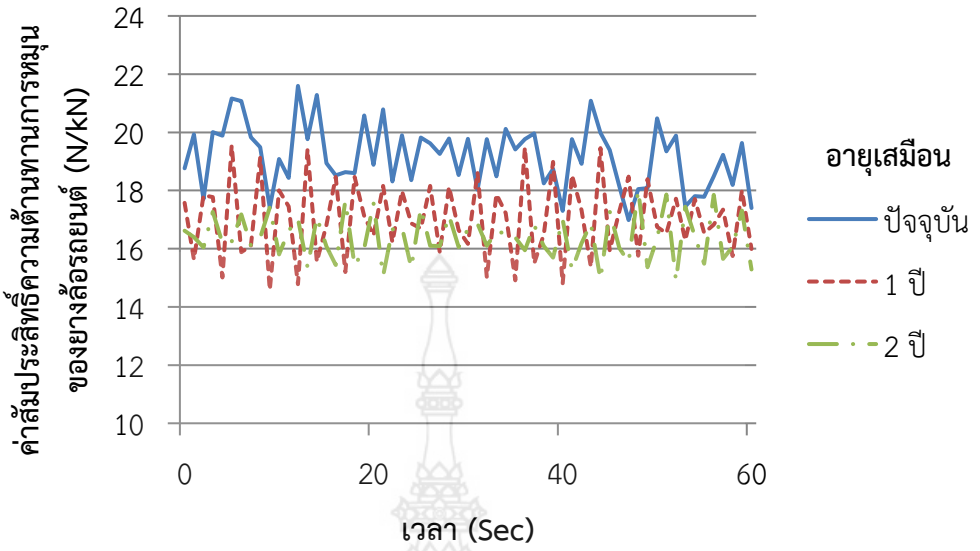
รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบค่าแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์และเวลา

นอกจากนี้ แรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ที่ได้จากการทดสอบมีแนวโน้มที่ลดลงและไม่คงที่ ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งเป็นผลมาจากข้อจำกัดในการควบคุมแรงลงล้อรถยนต์ และส่งผลต่อการลดลงของแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์



รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าแรงลงล้อรถยนต์และเวลา

การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ โดยมีแรงลงล้อรถยนต์ซึ่งถูกกำหนดอยู่ที่ 4,660 N (ร้อยละ 50 ของความสามารถการรับภาระสูงสุดของยางล้อรถยนต์) ผลการทดสอบแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของแรงต้านทานการหมุนของยางล้อที่มีอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน ยางล้อรถยนต์อายุเสมือนปัจจุบัน (ตัวอย่างที่ 1) มีค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์สูงสุดวัดค่าได้ 21.591 N/kN ในขณะที่ยางล้อรถยนต์อายุเสมือน 2 ปี (ตัวอย่างที่ 3) มีค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ต่ำที่สุดโดยวัดค่าได้ 18.013 N/kN แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์และเวลา

พฤติกรรมของค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ซึ่งมีอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน ผลการทดสอบพบว่ายางล้อรถยนต์อายุเสมือนปัจจุบัน ตัวอย่างที่) 1ยางล้อ (รถยนต์อายุเสมือน1 ปี ตัวอย่างที่) 2 และยางล้อรถยนต์อายุเสมือน (2 ปีตัวอย่างที่) 3(มีค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์เฉลี่ย 19.177 17.028 และ 16.389 N/kN ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างซึ่งยางล้อรถยนต์อายุเสมือนปัจจุบัน ตัวอย่างที่) 1(เทียบกับยางล้อรถยนต์อายุเสมือน 2 ปี ตัวอย่างที่) 2 เท่ากับ (14.55% และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงสุด 1.347 ดังตารางที่ 4.1

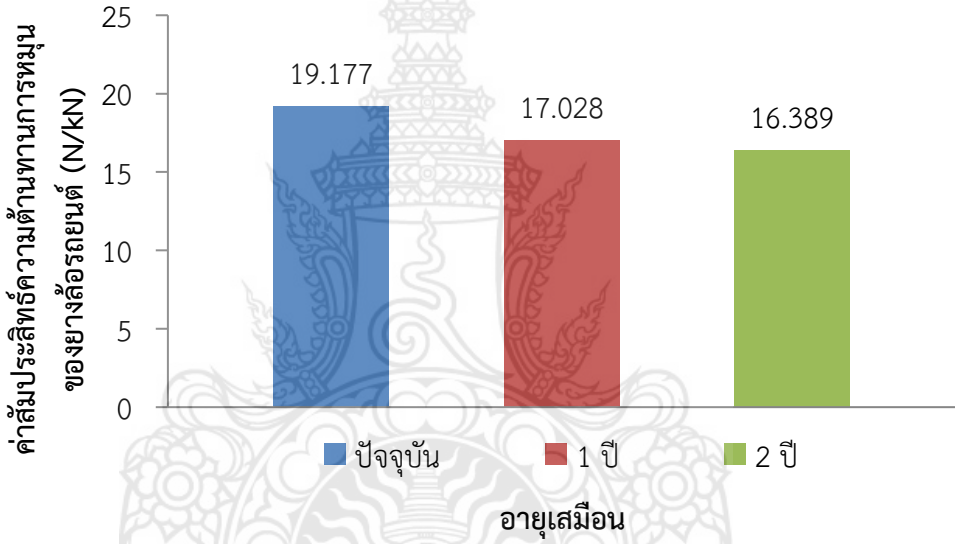
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์

รายละเอียดยางล้อรถยนต์	**อายุเสมือน**	**ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์, C_r) N/kN)**			
		ค่าสูงสุด, $C_{r\ max.}$	**ค่าต่ำสุด $C_{r\ min.}$**	**ค่าเฉลี่ย $C_{r\ ave.}$**	**ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน $C_{r\ SD.}$**
215/70R15	ปัจจุบัน	21.591	16.984	19.177	1.090
	1 ปี	19.542	14.575	17.028	1.347
	2 ปี	18.013	14.896	16.389	0.783

หมายเหตุ : ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเข้าใกล้ศูนย์แสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์มีการลดลงที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

4.2 วิจารณ์ผลการทดสอบ

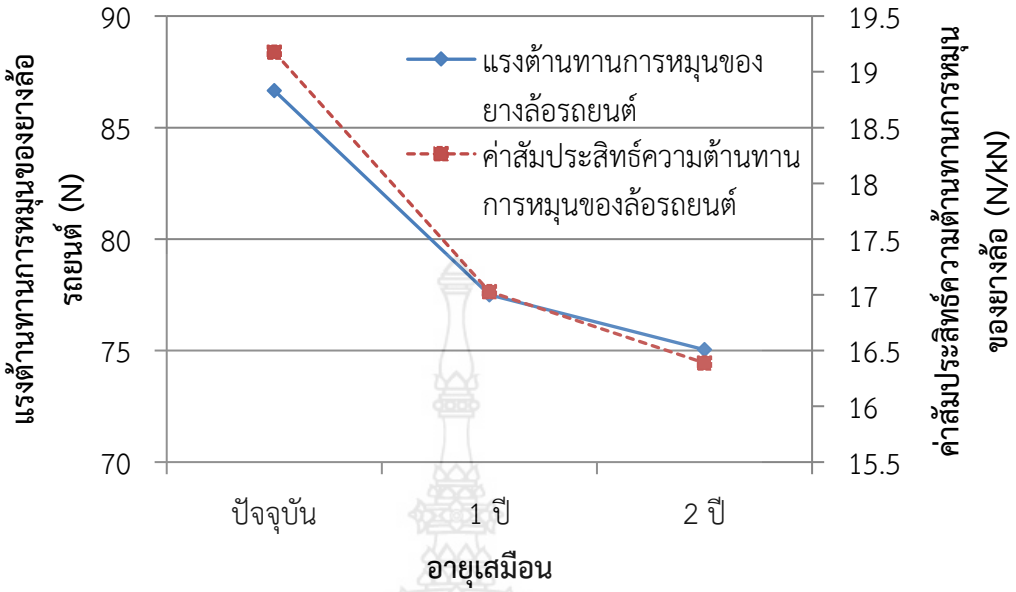
จากผลการทดสอบ ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์แปรผันผกผันกับอายุของยางรถยนต์ โดยตัวอย่างยางล้อรถยนต์อายุเสมือน 1 ปี (ตัวอย่างที่ 1) มีอัตราการสูญเสียสัมประสิทธิ์ความต้านทานเฉลี่ย 0.03689 N/kN ต่อ 1 สัปดาห์ ในขณะที่ตัวอย่างยางล้อรถยนต์อายุเสมือน 2 ปี (ตัวอย่างที่ 3) มีอัตราการสูญเสียค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์เฉลี่ย 0.03671 N/kN ต่อ 1 สัปดาห์ ผลการทดสอบดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่ายางรถยนต์ที่ผ่านการใช้งานมีโอกาสจะสูญเสียค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุน เมื่อเปรียบเทียบกับยางรถยนต์ที่ไม่ผ่านการใช้งาน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ลดลงแบบไม่เชิงเส้น ดังรูปที่ 4.4 และตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์

ตารางที่ 4.2 อัตราการสูญเสียสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์

รายละเอียดยางล้อรถยนต์	อายุเสมือน	ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนเฉลี่ย (N/kN)	อัตราการสูญเสียสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุน (N/kN)	อัตราการสูญเสียสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนเฉลี่ย(N/kN)
215/70R15	ปัจจุบัน	19.177	-	0.036504
	1 ปี	17.028	0.036897	
	2 ปี	16.389	0.036111	



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยานล้อรถยนต์ และอายุยางล้อรถยนต์

จากรูปที่4.5 แสดงให้เห็นว่ายางล้อรถยนต์อายุเสมือนปัจจุบัน มีค่าแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์เฉลี่ยสูงสุดที่ 86.66 N และสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์สูงสุดที่ 19.177 N/kN และยางล้อรถยนต์อายุเสมือน 2 ปี มีค่าแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์เฉลี่ยสูงสุดที่ 75.04 N และสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์เฉลี่ยสูงสุดที่ 16.389 N/kN จะพบว่าแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์และสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์จะมีแนวทางการลดลงที่สัมพันธ์กัน โดยแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์และค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อที่สูงมีผลทำให้รถยนต์มีการเกาะถนนเพิ่มมากขึ้นซึ่งมีผลต่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่ ดังนั้นการใช้ยางล้อรถยนต์อายุเสมือนปัจจุบันจึงเหมาะสมที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

บทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลศึกษา การทดสอบ จากการกำหนดปัญหาของงานวิจัย ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงระดับผลสำเร็จของการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลกระทบของอายุยางที่ส่งผลต่อแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ ผลการทดสอบพบว่าแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์แปรผันผกผันกับอายุยางรถยนต์ โดยในการทดสอบยางล้อรถยนต์ทั้ง 3 ตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่า ยางล้อรถยนต์อายุเสมือนปัจจุบัน มีแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์สูงสุด ในขณะที่ยางล้อรถยนต์อายุเสมือน 2 ปี มีแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ต่ำสุด

เมื่อทำการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความต้านทานของยางรถยนต์ใหม่และยางรถยนต์ที่ผ่านการใช้งาน จากผลการทดสอบพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์แปรผันผกผันกับอายุของยางรถยนต์ โดยยางล้อรถยนต์อายุเสมือน 1 ปี มีอัตราการสูญเสียสัมประสิทธิ์ความต้านทานเฉลี่ย 0.03689 N/kN ต่อ 1 สัปดาห์ ในขณะที่ยางล้อรถยนต์อายุเสมือน 2 ปี มีอัตราการสูญเสียค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์เฉลี่ย 0.03671 N/kN ต่อ 1 สัปดาห์ ผลการทดสอบดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่ายางที่ผ่านการใช้งานมีโอกาสจะสูญเสียค่าสัมประสิทธ์ความต้านทานการหมุน เมื่อเปรียบเทียบกับยางที่ไม่ผ่านการใช้งาน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ลดลงแบบไม่เชิงเส้นเพราะค่าสัมประสิทธิ์ไม่ได้มีการลดลงที่อยู่ในระดับเดียวกัน

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1.) ข้อจำกัดด้านการจัดหายางยากต่อการจัดเตรียมจึงใช้ตัวอย่างในการทดสอบ 1 ตัวอย่างต่อ 1 อายุยางรถยนต์
2.) ชุดทดสอบแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์เป็นชุดทดสอบที่ติดตั้งเพิ่มเติมและไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อทดสอบแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ ตั้งแต่ขั้นต้น
3.) ชุดทดสอบแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์จำเป็นต้องลดแรงลงล้อรถยนต์เหลือร้อยละ 50 ของขีดจำกัดยางล้อรถยนต์ที่ทำการทดสอบ ด้วยเหตุผลด้านความปลอดภัย
4.) ชุดทดสอบแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์เกิดการสั่นสะเทือนระหว่างทำการทดสอบ ทำให้ไม่สามารถรักษาแรงลงล้อรถยนต์ได้คงที่

5.3 ข้อเสนอแนะ

1.) การทดสอบควรตระหนักถึงความปลอดภัย และความถูกต้องเนื่องจากการทดสอบอาจส่งผลให้เกิดอันตรายและข้อผิดพลาดได้

2.) เนื่องจากชุดทดสอบแรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์ ไม่สามารถสร้างแรงลงล้อได้ตามมาตรฐานกำหนด ผู้ที่จะทำการศึกษาต่อควรปรับปรุงเครื่องทดสอบให้สามารถสร้างแรงลงล้อได้มากขึ้นให้สอดคล้องตามมาตรฐานการทดสอบ

3.) เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่แม่นยำ ผู้ทดสอบควรศึกษาวิธีการใช้งานและวิเคราะห์ผลการทดสอบของโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งจะส่งผลต่อการลดค่าความคลาดเคลื่อนให้น้อยลง

บรรณานุกรม

ธีระยุทธ สุวรรณประทีป. 2552. วิศวกรรมยานยนต์. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพวิทยาพัฒน์ .. พฤศจิกายน, 2552

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2532. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยางรถยนต์ 367-2532 เล่ม 1-2. ตุลาคม 2557.

M Triches Jr, S N Y Gerges, and R Jordan "Reduction of squeal noise from disc brake systems using constrained layer damping ", Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering,(2004), pp. 3-4.

Joshua M. Pearce and Jason T. Hanlon, Energy conservation from systematic tire pressure regulation, Clarion University of Pennsylvania, Vol. 35, pp. 2673 - 2677, 2007

A.K. Elwaleed, A. Yahya, M. Zohadie, D. Ahmad, and A.F. Kheiralla, Effect of inflation pressure on motion resistance ratio of a high-lug agricultural tyre, Department of Biological and Agricultural Engineering. Faculty of Engineering, University Putra Malaysia, Vol. 43, pp. 69-84, 2006

C. Halfmann, M. Ayoubl, and H. Hoizmann, SUPERVISION OF VEHICLES' TYRE PRESSURES BY MEASUREMENT OF BODY ACCELERATIONS, Institute of Automatic Control. Darmstadt University of Technology. Laboratory for Control Engineering and Process, Vol. 5, pp. 1151-1159, 1997

J.E. Purkyne, Thrust and slip of a low-pressure tire on compressible ground by the compression-sliding approach. Faculty of Production Technologies and Management University, Vol. 47, pp. 249-259, 2010

http://www.transport.michelin.co.th/Home/New-Retreaded-Tyres/Tyre Basics/Bias-Radial/. [Online]. พฤศจิกายน 2557.

SAE : J2521, Disc brake dynamometer squeal noise matrix.

Shin K., Brennan M.J., Oh J. E., and Harris C.J. (2002). Analysis of disk brake noise using a two-degree-of-freedom model. Journal of Sound and Vibration. 254. pp. 837–848

Triches M., Gerges Jr. S. N. Y. and Jordan R. (2004). Reduction of squeal noise from disc brake systems using constrained layer damping. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. 26. pp. 476-498.

Wallaschek J., Hach K. H. and Mody P. (1999). A survey of the present state of friction in the analytical and numerical investigation of brake noise generation. Proceedings of the ASME Vibration Conference. pp.12-15.

Zhen H., Cai C. and Tan. X. M. (2004). Optimization of partial constrained layer damping treatment for vibrational energy minimization of vibrating beams. Computers and Structures. 82. pp. 2493-2507.

ประวัติผู้วิจัย

<u>หัวหน้าโครงการ</u>

1. ชื่อ–นามสกุล (ภาษาไทย) นายศุภชัย หลักคำ
   (ภาษาอังกฤษ) Mr. Supachai Lakkam
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 1201 0178x xx x
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)
4. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์:02-9132424 ต่อ 138
โทรสาร:02-9132424 ต่อ 138
E-mail: bus_supachai@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาโท	M.Sc.	Automotive Engineering	The SirindhornInternational Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS) มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2552	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล (เกียรตินิยมอันดับสอง)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2549	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ ระบุสาขาวิชาการ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- เทคนิคการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computation and Simulation Techniques)
- เทคโนโลยีและการจัดการด้านพลังงาน (Energy Technology and Management)

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

   7.1 ผู้อำนวยแผนงานวิจัย : -

   7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : -

   - เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความเสียดทาน
   - การศึกษาปัจจัยการออกแบบท่อพักไอเสียเพื่อลดเสียงรบกวนและรักษาสมรรถนะของเครื่องยนต์

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1. ผลกระทบและประสิทธิภาพผ้าเบรกเชิงเสียงรบกวน และสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	พ.ศ.2552	Industry Subcontracting Exhibition of Thailand 2009	บริษัท คอมแพ็ค อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด (1994)	นักวิจัย
2.Investigation of Brake Noise Parameters Using Single Dynamometer	Apr.2009	The 5th International Conference on Automotive Engineering ICAE-5	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	นักวิจัย/ผู้นำเสนอ
3.Econo Power Car	Jun.2010	The 2nd RMUTP International Conference : Green Technology and Productivity	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย/ผู้นำเสนอ
4.Analysis of Clutch Materials behaviour : Comparison between Coefficient of Friction Testing and Full Size Testing	Jun.2012	World Academe of Science, Engineering and Technology 66, 2012	EXEDY Friction Material Co. LTD	ผู้ช่วยวิจัย
5.Study and Trend of Development for Electric Railway and Related Industries in Thailand) Phase 2)		รอเผยแพร่	Industrial Technology Assistance Program	ผู้ร่วมวิจัย
6.โครงการศึกษาเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ เพื่อจัดทำร่างกฎกระทรวงเฉพาะด้านประสิทธิภาพพลังงาน ตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2550	พ.ศ.2555	RMUTP Research Journal, Vol.6, No.2,	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน	ผู้ร่วมวิจัย
7.Design and Development of Bus structure for single and double deck		รอเผยแพร่	กรมขนส่งทางบก	ผู้ช่วยวิจัย
8.เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความเสียดทาน	พ.ศ.2555	วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ฉบับที่2 22	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ
9.การทดสอบการอัดตัวของวัสดุผสมภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่างๆ	พ.ศ.2556	KKU Research Journal Vol.18, No.2	มทร.พระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
10. การศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน	พ.ศ.2556	วารสารวิจัย มข.	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย

11. การศึกษาลักษณะทางกายภาพจานเบรกที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถการเบรก	พ.ศ.2556	วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
12. Study of heat transfer on front– and back-vented brake discs	2013	Songklanakarin J. Sci. Technol. 35(6)	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : -

ผู้ร่วมโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายกุลยศ สุวันทโรจน์
   (ภาษาอังกฤษ) Mr.Kullayot Suwantaroj
2. หมายเลขประจำตัวประชาชน 3 8101 0015x xx x
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 7
4. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ10800 พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ.
โทรศัพท์: 02-9132424 ต่อ 138
โทรสาร: 02-9132424 ต่อ 138
E– mail : ellipse_b@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาโท	วศม..	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2546	ไทย
ปริญญาตรี	วศบ..	วิศวกรรมเครื่องกล (เกียรตินิยมอันดับสอง)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2541	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   การเผาไหม้ขยะชุมชน
   การอนุรักษ์พลังงานในโรงานและอาคาร
   การผลิตไบโอดีเซลชุมชน
   สิ่งประดิษฐ์ทางการเกษตร
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย
   7.1 ผู้อำนวยแผนงานวิจัย : -
   7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :
   - การออกแบบจานเบรกเชิงการสะสมความร้อนเพื่อความปลอดภัย
   7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1. ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	2549	การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย

2.เครื่องสับต้นข้าวโพด	2551	การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยรังสิต	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
3. เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด		รอการเผยแพร่	สกว	ผู้ร่วมวิจัย
4เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความ. เสียดทาน	2555	วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 22 2 ฉบับที่	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
5. การศึกษาลักษณะทางกายภาพจานเบรกที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถการเบรก	2556	วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่23 ฉบับที่ 2	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ
6. Study of heat transfer on front– and back-vented brake discs	2013	Songklanakarin J. Sci. Technol. 35(6)	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : -