



การศึกษาระดับความดันลมยางและปริมาตรกระบอกที่ส่งผลต่ออัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

A study of tire pressure and tray volume affected to fuel consumption

นายวัชระ สงสนธิ
นายประภาส เฟิงภู

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ปีการศึกษา 2555

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาระดับความดันลมยางและปริมาตรกระบอกที่ส่งผลต่ออัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
โดย นายวัชระ สงสนธิ และนายประภาส เพ็งภู
ปีการศึกษา 2555
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา ว่าที่เรือตรีทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

..... หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ฤทธิทอง)

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรวิทย์ วรรณาวิน)

..... กรรมการ
(อาจารย์พลรัชต์ บุญมี)

..... กรรมการ
(อาจารย์พิเชษฐ์ บุญญาลัย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ว่าที่เรือตรีทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี)

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาระดับความดันลมยางและปริมาตรกระเบที่ส่งผลต่ออัตรา สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
โดย	นายวัชร สงสนธิ และนายประภาส เพ็งภู
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	2555
อาจารย์ที่ปรึกษา	ว่าที่เรือตรีทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง จากการเปลี่ยนแปลงระดับความดันลมยาง และการเปิด และปิดกระเบ ในกรณีความดันลมยางแบ่งการทดสอบเป็น 2 แบบ คือ Road test และ Roller test Bench โดยทำการทดสอบ 3 กรณี คือ ระดับความดันลมยางมาตรฐาน ระดับความดันลมยางต่ำกว่ามาตรฐาน และ ระดับความดันลมยางสูงกว่ามาตรฐาน โดยระดับความดันลมยางต่ำกว่าและสูงกว่าถูกนำมาเปรียบเทียบกับระดับมาตรฐาน ส่วนกรณีการเปิด และปิดกระเบ แบ่งการทดสอบเป็น 2 แบบ คือ Road test และการทดสอบอุโมงค์น้ำด้วยแบบจำลอง

จากผลการทดสอบระดับความดันลมยางทั้ง 3 กรณี แสดงให้เห็นว่าระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 25/37 psi มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงสุด เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน 4.6 % ในขณะที่ระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ 33/45 psi มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุด เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน 1.29 % ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 แบบ ยังมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ด้านผลการทดสอบกรณีเปิด และปิดกระเบ แสดงให้เห็นว่า ในกรณีการปิดกระเบมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำกว่า เมื่อเทียบกับกรณีการเปิดกระเบ 1.63 % อีกทั้งผลการทดสอบอุโมงค์น้ำด้วยแบบจำลอง มีแนวโน้มของค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง เช่นเดียวกับการทดสอบแบบ Road test

Project Title A study of tire pressure and tray volume affected to fuel consumption

By Mr. Wachara Sogsonthi. and Mr. Papas Pangpu

Department Mechanical Engineering

Academic Year 2012

Project Advisor Acting2 Sub.L.T. Songwut Mongkonlerdmanee

Abstract

The aim of this project is to study the fuel consumption from the effect of tire pressure and tray volume. In order to tire pressure is consist of 2 conditions by: Road test and Roller test Bench. Their test is classified by 3 cases: standard tire pressure, lower standard tire pressure and upper standard tire pressure. Furthermore, the lower and upper standard tire pressure was compared with standard tire pressure. In case of seal and unseal of the tray volume was test with 2 postulates by Road test and water tunnel (model).

The results of experiment with 3 cases of tire pressure found that the lower standard tire pressure (25/37 psi) given to the maximum fuel consumption when compare with standard tire pressure 4.6%. While the minimum fuel consumption is upper standard tire pressure (33/45 psi) or 1.29%. Furthermore, the trend of those conditions was in the same direction. For the result of test in term of seal and unseal of the tray volume discovered to the fuel consumption in case of seal is lower than unseal of the tray volume 1.63%. And the result of test of the water tunnel has been the same direction with the Road test.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการแนะนำจาก ว่าที่เรือตรีทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์โดยให้คำแนะนำ และถ่ายทอดความรู้ ตลอดจนควบคุมการทำโครงการจนประสบความสำเร็จด้วยดี คณะผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สายประสิทธิ์ เกิดนิยม จากบัณฑิตวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ นานาชาติสิรินธร ไทย-เยอรมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ในการทดสอบ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนงบประมาณ จากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ที่กรุณาตรวจสอบความถูกต้องของโครงการ รวมทั้งบุคคลที่ปรากฏตามรายการอ้างอิงที่ผู้ทำโครงการใช้อ้างอิง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน รวมทั้งเจ้าหน้าที่ของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้ความสะดวกต่างๆ ตลอดระยะเวลาในการทำโครงการ

ประโยชน์และคุณค่าอันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ทำโครงการขอมอบเป็นกตัญญูตา บูชา แต่ บิดา มารดา ครูอาจารย์ ตลอดผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายวัชระ สงสนธิ

นายประภาส เพ็งภู

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	2
2. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 แรงต้าน	4
2.3 พื้นที่หน้าตัดของรถยนต์	11
2.4 การออกแบบรถยนต์	12
2.5 ยาง	13
2.6 ความดันลมยาง	15
2.7 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	15
2.8 การประเมินผลอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้โปรแกรม	18
3. แผนการดำเนินโครงการและการคำนวณ	19
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	19
3.2 การศึกษากระบวนการทดสอบ	20
3.3 เตรียมการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของความดันลมยาง	20

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.4 เตรียมการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของปริมาตรกระบะ	26
3.5 ระบบปรับอากาศ	27
3.6 การวัดค่าความหนาแน่นน้ำมันเชื้อเพลิง	28
3.7 ข้อมูลทางเทคนิคของรถยนต์	30
3.8 การคำนวณ	31
4. วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ	33
4.1 วิธีการทดสอบ	33
4.2 ผลการทดสอบ	41
5. สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ	56
5.1 สรุปผลการทดสอบ	56
5.2 ข้อเสนอแนะ	57
บรรณานุกรม	58
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดสอบ	60
ภาคผนวก ข แผนที่การทดสอบ	67
ภาคผนวก ค แบบฟอร์มจค่น้ำ	69
ประวัติผู้จัดทำโครงการ	77

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ	6
3.1 ตารางการปรับตำแหน่งพัดลมและระดับความเย็น	28
3.2 ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิง	29
3.3 ข้อมูลทางเทคนิคของรถยนต์	30
4.1 สภาวะการทดสอบระดับความดันลมยางและการเปิด-ปิดกระเบ แบบ Road test	34
4.2 สภาวะการทดสอบระดับความดันลมยางแบบ Roller test Bench	36
4.3 สภาวะการทดสอบแบบจำลอง (Model)	39
4.4 รายละเอียดการติดตั้งแบบจำลอง	40
4.5 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางค่ามาตรฐาน (29/41 psi)	41
4.6 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (25/37 psi)	41
4.7 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (27/39 psi)	42
4.8 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐาน (31/43 psi)	42
4.9 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐาน (35/45 psi)	42
4.10 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางค่ามาตรฐาน (29/41 psi)	45
4.11 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (25/37 psi)	45
4.12 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (27/39 psi)	46
4.13 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐาน (31/43 psi)	46
4.14 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐาน (35/45 psi)	46
4.15 ผลการทดสอบการปิดกระเบที่ระดับความดันลมยางค่ามาตรฐาน (29/41 psi)	49
4.16 สรุปผลการทดสอบแบบ Road test	51
4.17 สรุปผลการทดสอบแบบ Roller test Bench	52
4.18 การเปรียบเทียบพฤติกรรมคาร์ไพล์ของสีของการทดสอบด้วยอุโมงค์น้ำ	55

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แรงขับเคลื่อนเกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสระหว่างยางกับถนนในขณะที่รถยนต์กำลังเคลื่อนที่	4
2.2	แรงต้านการหมุนของล้อที่เกิดจากการยุบตัวของยางกลิ้งบนถนนแข็ง	5
2.3	รูปทรงต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์แรงดูดอากาศ	7
2.4	การเคลื่อนไหวของอากาศผ่านรถยนต์ซึ่งมีรูปทรงต่างๆ	8
2.5	อากาศที่ไหลผ่านไปยังท้ายรถทำให้อากาศหมุนวนที่ท้ายของรถยนต์ทำให้เกิดแรงดูด	8
2.6	ความแตกต่างของความดันทำให้เกิดแรงยก	10
2.7	แรงกดที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งสปอยเลอร์	10
2.8	แรงลมมาปะทะด้านข้างรถ	11
2.9	การวัดความกว้างและความสูงของรถยนต์	12
2.10	ลักษณะของโครงสร้างยาง	14
2.11	การเปรียบเทียบระดับความดันลมยาง	15
2.12	การทดสอบแบบ Road test	16
2.13	การทดสอบแบบ Roller test Bench	17
2.14	โปรแกรมสแกนทูล รุ่น OBD Link SX	18
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน	19
3.2	เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบแบบ Road test	21
3.3	การเตรียมรถทดสอบ	21
3.4	วัดระดับความดันลมยาง	22
3.5	เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบแบบ Roller test Bench	23
3.6	การเตรียมรถทดสอบบนแท่น Chassis Dynamometer	23
3.7	ตำแหน่งการยึดสายผ้าใบ	24
3.8	ติดตั้งท่อดูดไอเสีย	24
3.9	การติดตั้งชุดสร้างความเร็วลม	25
3.10	วัดระดับความดันลมยาง	25
3.11	ผ้าใบปิดกระบะ	26
3.12	การติดตั้งผ้าใบปิดกระบะ	26
3.13	อุโมงค์น้ำ	27
3.14	การปรับตำแหน่งพัดลมและระดับความเย็น	28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15 การวัดค่าความหนาแน่นน้ำมันเชื้อเพลิง	29
4.1 รูปแบบการทดสอบความดันลมยาง	33
4.2 วิธีการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของความดันลมยางแบบ Road test	35
4.3 วิธีการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของความดันลมยาง แบบ Roller test Bench	37
4.4 รูปแบบการทดสอบการเปิด-ปิดกระบะ	38
4.5 แบบจำลอง (Model) ที่ใช้การทดสอบอุโมงค์น้ำ	39
4.6 ตำแหน่งการติดตั้งแบบจำลองในอุโมงค์น้ำ	40
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและระยะทางของการทดสอบ แบบ Road test	43
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของ การทดสอบแบบ Road test	44
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและระยะทางของการทดสอบ แบบ Roller test Bench	47
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของ การทดสอบแบบ Roller test Bench	48
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและระยะทางในกรณีการเปิด-ปิดกระบะ ของการทดสอบแบบ Road test	49
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในกรณีการเปิด-ปิดกระบะของการทดสอบแบบ Road test	50
4.13 การทดสอบ Model ด้วยอุโมงค์น้ำในกรณีการเปิดกระบะ	53
4.14 การทดสอบ Model ด้วยอุโมงค์น้ำในกรณีการปิดกระบะ	54

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A	พื้นที่หน้าตัดของรถยนต์	m ²
H	ความสูงของตัวรถ	m
W	ความกว้างของตัวรถ	m
C _d	สัมประสิทธิ์แรงฉุดของอากาศ	-
H _{tray}	ความสูงของกระบะ	m
K _r	สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ	-
L _{Road}	ระยะทางที่วิ่งทดสอบ	km
L _{tray}	ความยาวของกระบะ	m
R _a	แรงฉุดหรือแรงต้านอากาศ	N
R _g	แรงต้านทางขึ้น	N
R _r	แรงต้านทานการหมุนของล้อ	N
R _t	แรงต้านรวม	N
V _a	ความเร็วของอากาศ	m/s
V _{fuel}	ปริมาตรเชื้อเพลิง	Liter
V _{tray}	ปริมาตรกระบะ	m ³
W _{tray}	ความกว้างของกระบะ	m
W _v	น้ำหนักของรถยนต์	N
ρ	ความหนาแน่นของอากาศมีค่าประมาณ 1.2	kg/m ³

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันคนไทยมีความต้องการใช้พลังงานภายในประเทศ เนื่องจากอัตราการขยายตัวอย่างต่อเนื่องตามสถานะเศรษฐกิจที่เติบโตขึ้น จึงจำเป็นต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันดีเซล ที่มีอัตราการใช้เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประมาณร้อยละ 3.4 ต่อปี ทำให้ภาครัฐและเอกชน ตื่นตัวในการหาพลังงานทดแทนชนิดอื่นๆ อาทิเช่น ก๊าซธรรมชาติ พลังงานนิวเคลียร์ น้ำมันไบโอดีเซล เป็นต้น อย่างไรก็ตามรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมให้ทุกภาคส่วนใช้พลังงานทางเลือกใหม่

หากกล่าวถึงอุตสาหกรรมยานยนต์ บริษัทผลิตรถยนต์นำเทคโนโลยีใหม่ๆมาใช้ เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง โดยส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การพัฒนาเครื่องยนต์ ให้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้น รวมไปถึงการนำพลังงานประเภทอื่นๆ เข้ามาทดแทนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เช่น พลังงานไฟฟ้า และก๊าซธรรมชาติ อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อการลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง เช่น ยางรถยนต์ และการออกแบบรูปร่างนอกตามหลักพลศาสตร์ เป็นต้น หากกล่าวถึงเรื่องยาง บริษัทผลิตรถยนต์ได้พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตยางที่สามารถลดแรงต้านการหมุนของยางลง อีกทั้งไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการยึดเกาะถนน นอกเหนือจากนี้ระดับความดันลมยางยังส่งผลต่อความสิ้นเปลืองพลังงานอีกด้วย ส่วนในกรณีการออกแบบรูปร่างนอกตามหลักพลศาสตร์นั้น บริษัทผลิตรถยนต์ส่วนใหญ่มีการออกแบบรูปร่างที่แตกต่างกันไปตามความต้องการใช้งาน เพื่อลดแรงต้านทานอากาศที่ไหลผ่านให้มีค่าต่ำที่สุด ยิ่งไปกว่านั้นในการใช้งานของรถยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งรถบรรทุก มีรูปแบบการบรรทุก 2 ประเภทคือ การบรรทุกแบบเปิดพื้นที่กระบะ และการปิดพื้นที่กระบะ อันเนื่องจากเหตุผล 2 ประการหลัก คือ สัมภาระที่บรรทุก และข้อบังคับตามกฎหมายว่าด้วยการบรรทุกบนทางหลวง

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาระดับความดันลมยาง และพื้นที่ของกระบะทั้งกรณีเปิดกระบะ และกรณีปิดกระบะ ที่ส่งผลต่ออัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง โดยการทดสอบการขับที่จริง ภายใต้กระบวนการทดสอบที่มาตรฐานเป็นที่ยอมรับ อีกทั้งผลที่ได้จากการศึกษานั้นยังสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดทางวิชาการได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาผลจากระดับความดันลมยางที่ส่งผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
- 1.2.2 เพื่อศึกษาผลจากการเปิด-ปิดกระเบที่ส่งผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ศึกษาความสิ้นเปลืองของระดับความดันลมยางที่สูงกว่า และต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ผู้ผลิตกำหนด
- 1.3.2 ศึกษาการเปิด-ปิดกระเบที่ส่งผลต่ออัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (พื้นที่กระเบหลัง)
- 1.3.3 ระดับความดันลมยางที่เปลี่ยนแปลงถูกเปรียบเทียบกับระดับความดันมาตรฐาน
- 1.3.4 ความเร็วเฉลี่ยของรถทดสอบไม่ต่ำกว่า 70 km/hr
- 1.3.5 รถทดสอบเป็นรถกระเบขนาดเล็ก (light truck)
- 1.3.6 เป็นการทดสอบจากการขับขี่จริงบนท้องถนน (Road test)
- 1.3.7 ความสิ้นเปลืองของการเปิด-ปิดกระเบถูกเปรียบเทียบกับรถทดสอบด้วยอุโมงค์น้ำ

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

- 1.4.1 ทราบถึงปัจจัยความดันลมยางที่ส่งผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
- 1.4.2 ทราบถึงปัจจัยการเปิด-ปิด กระเบที่ส่งผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
- 1.4.3 สามารถทราบถึงกระบวนการทดสอบรถยนต์แบบขับขี่จริงนอกเหนือจากการเรียนในทาง
ทฤษฎี

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาหาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาระดับความดันลมยางและปริมาตร กระบะที่ส่งผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง พบว่าผลจากการศึกษามีความสำคัญต่อการลดใช้พลังงานเชื้อเพลิง ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับการลดใช้พลังงานจากการควบคุมความดันลมยางเพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงาน แต่อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการศึกษา

ซึ่ง Joshua M. Pearce และคณะ (2007) [6] ได้กล่าวถึงการกำหนดพระราชบัญญัติปี 2000 ในประเทศสหรัฐอเมริกาเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานจากการควบคุมความดันลมยางทั้งนี้ในปัจจุบัน สหรัฐอเมริกามีรถยนต์ 220 ล้านคัน ทำให้สูญเสียพลังงานจากแรงต้านการเคลื่อนที่ของยางเป็นจำนวนมาก ได้มีการศึกษาระดับความดันลมยางจากผู้บริโภคในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีผลกระทบเกี่ยวกับ 1) ด้านความปลอดภัย 2) ลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3) ทางเศรษฐกิจในเรื่องลดการนำเข้าน้ำมันดิบ และ 4) ลดมลพิษและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 13.5 ล้านตัน/ปี

ในขณะที่ A.K. Elwaleed และคณะ (2006) [3] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการขยายตัวของแก๊มยางที่มีผลต่อแรงต้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและได้ทำการทดสอบในสภาพดินทราย ดินเหนียว และ ดินร่วน ทดลองโดยใช้ค่าความดันที่ 166,193 และ 221 KPa ทำการศึกษาและการวิเคราะห์ ด้วยวิธี (ANCOVA) พบว่าการขยายของแก๊มยางเนื่องจากความดัน มีผลต่อแรงต้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและขึ้นอยู่กับระดับความดันที่แตกต่างกัน

C. Halfmann และคณะ (1997) [4] ได้สังเกตเห็นความสำคัญด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับการดูแลรักษาสภาพยาง และความดันลมยาง ถือว่าเป็นขั้นพื้นฐานของความปลอดภัยของยานพาหนะ และยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ ดังนั้น C. Halfmann และคณะ ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบความดันลมยาง โดยการวิเคราะห์คลื่นความถี่ของฟังก์ชัน จากการเดินของยางทั้งล้อหน้า และล้อหลัง

J.E. Purkyne และคณะ (2010) [5] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบดอกยางที่ใช้ในการเกษตรในแบบต่างๆเพื่อลดแรงต้านการเคลื่อนที่ การแก้ปัญหาในเชิงลบสำหรับดอกยาง และความดันลมยาง การออกแบบดอกยางที่บริเวณหน้ายางมักอาศัยร่องลึก ในรูปแบบที่แตกต่างกัน ประกอบกับเพื่อออกแบบดอกยางให้มีคุณสมบัติเฉพาะตัว 1) เพื่อการยึดเกาะถนนขณะเลี้ยวโค้ง 2) เพื่อช่วยให้การ

ขับเคลื่อนและหยุดรถไม่ให้ลื่นไถล และ 3) เพื่อระบายน้ำให้ออกจากผิวหน้าของดอกยางอย่างรวดเร็ว ช่วยให้การขับขี่มีปลอดภัยมากขึ้น

2.2 แรงต้าน

รถยนต์จะเคลื่อนที่ได้ต้องอาศัยกำลังจากเครื่องยนต์ซึ่งส่งผ่านระบบถ่ายทดกำลังมาที่ล้อขับเคลื่อน และอาศัยความเสียดทานระหว่างยางและผิวถนน ทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนในขณะที่ถ่ายทดกำลังรถยนต์ถึงเคลื่อนที่ได้ ในขณะที่รถยนต์กำลังเคลื่อนที่อยู่นั้นจะมีแรงต้านการเคลื่อนที่และมีทิศทางสวนกับแรงขับเคลื่อน เช่น รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ 70 km/hr โดยอาศัยกฎข้อที่หนึ่งของนิวตันจะได้ว่า

$$\text{แรงขับเคลื่อน} = \text{แรงต้านทั้งหมด}$$

ถ้าแรงขับเคลื่อนมากกว่าแรงต้านทานทั้งหมดในขณะนั้น รถยนต์จะมีอัตราเร่งซึ่งทำให้อัตราเร็วเพิ่มขึ้น แต่ถ้าแรงขับเคลื่อนน้อยกว่าแรงต้านทั้งหมด รถยนต์จะมีอัตราหน่วงซึ่งทำให้อัตราเร็วลดลง ในขณะที่อัตราเร็วลดลงนั้นแรงต้านทั้งหมดก็จะลดลงด้วย จนในที่สุดแรงขับเคลื่อนจะเท่ากับแรงต้านทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 2.1



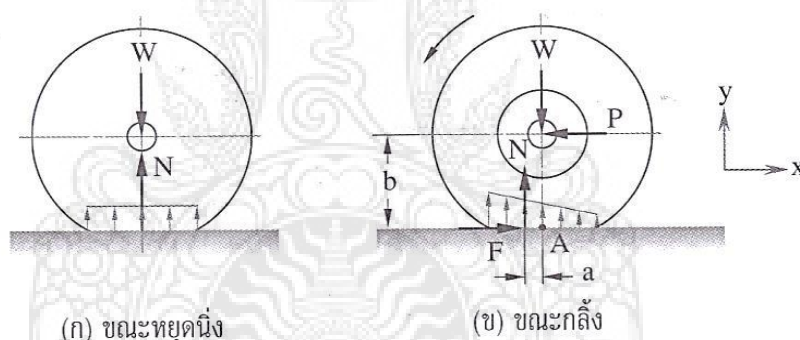
รูปที่ 2.1 แรงขับเคลื่อนเกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสระหว่างยางกับถนนในขณะที่รถยนต์กำลังเคลื่อนที่ [1]

แรงขับเคลื่อนจะใช้ไปเพื่อเอาชนะแรงต้านทั้งหมด เพื่อให้รถยนต์เคลื่อนที่ได้ จากแรงต้านการเคลื่อนที่เหล่านี้ ได้แก่ [1]

1. แรงต้านการหมุนของล้อ (Rolling resistance)
2. อากาศพลศาสตร์ของยานยนต์ (Vehicle Aerodynamics)

2.2.1 แรงต้านการหมุนของล้อ (Rolling resistance)

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



รูปที่ 2.2 แรงต้านการหมุนของล้อที่เกิดจากการยุบตัวของยางกลิ้งบนถนนแข็ง [1]

ถ้า P เป็นแรงดันที่ทำให้ล้อรถยนต์สามารถกลิ้งไปได้บนถนนแข็ง แสดงดังรูปที่ 2.2 (ข) ส่วนของยางที่สัมผัสกับถนนจะยุบตัวหน้าสัมผัสระหว่างยางกับถนนจะเป็นพื้นที่กว้าง น้ำหนักของรถยนต์จะกระจายบนผิวหน้าสัมผัสระหว่างยางกับถนน ในขณะที่ล้อกลิ้งไปบนถนนนั้น ยางจะยุบตัวและคืนตัวสลับกัน ทำให้เกิดความเสียดทานขึ้นในเนื้อยางและก่อให้เกิดความร้อนขึ้น แรงต้านทานการหมุนของล้อจะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ (Coefficient of rolling resistance) ใช้สัญลักษณ์ K_r แรงต้านการหมุนของล้อจะมีค่าสูงขึ้น ถ้าเส้นผ่าศูนย์กลางของล้อมีขนาดใหญ่ขึ้น ค่า K_r จะลดลง แรงต้านการหมุนของล้อหาได้จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้ [1]

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

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 (K_r) ตามชนิดและสภาพถนน [1]






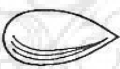
ชนิดและสภาพถนน	K_r (เฉลี่ย)
ถนนลาดยางและคอนกรีต	
สภาพดีเยี่ยม	0.014 - 0.018
สภาพดีพอใช้	0.018 - 0.020
ถนนหินปูพื้น	0.023 - 0.030
ถนนลูกรัง	0.020 - 0.025
ถนนดิน	
ดินแข็งอัดแน่น	0.025 - 0.035
ดินเปียกหลังฝนตก	0.050 - 0.150
ถนนทราย	0.10 - 0.30

2.2.2 อากาศพลศาสตร์ของยานยนต์

อากาศพลศาสตร์ของยานยนต์ (Vehicle aerodynamics) คือ การเคลื่อนที่ของอากาศผ่านรถยนต์ ที่ทำให้เกิดแรงดูดอากาศเปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ รูปทรงของรถยนต์ มุมก้มของรถยนต์ และช่องว่างระหว่างพื้นรถยนต์กับถนน เป็นต้น การลดแรงดูดของอากาศไม่ได้พิจารณาเรื่องอากาศพลศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่ยังคำนึงถึงอากาศที่ไหลผ่านมาปะทะที่รถยนต์ เนื่องจากอากาศที่ไหลผ่านหลังคาร์ถยนต์มีความเร็วสูงกว่าอากาศที่ไหลผ่านใต้ท้องรถยนต์ ดังนั้นอากาศเหนือหลังคาร์ถจึงมีความดันต่ำกว่าอากาศใต้ท้องรถ ความแตกต่างของความดันนี้ทำให้เกิด แรงยก (Lift Force) และการหมุนวนของอากาศขึ้น (Vortex) และอากาศที่หมุนวนนี้ทำให้เกิดแรงต้านการเคลื่อนที่ของรถยนต์ ที่

มีผลกระทบอย่างมากต่อการควบคุม และการทรงตัวของรถยนต์ ระยะห่างจากพื้นรถถึงพื้นถนนมีผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อแรงดูดของอากาศ แต่มีผลกระทบอย่างมากต่อแรงยกของอากาศ

จากวัตถุรูปทรงต่างๆ เพื่อหาแรงดูดหรือแรงต้านอากาศ พบว่ามีวัตถุที่มีรูปทรงต่างกัน จะมีแรงต้านอากาศไม่เท่ากัน เช่น ทรงสี่เหลี่ยม ทรงกลม ทรงหยดน้ำ แสดงดังรูปที่ 2.3 ทำให้วัตถุทรงหยดน้ำมีแรงต้านอากาศน้อยมาก และน้อยกว่าวัตถุรูปทรงอื่นๆ ที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน [1]

Shape	C_D
 Sphere	0.47
 Hemisphere	0.42
 60° cone	0.5
 Circular plate	1.17
 Cube	1.05
 Teardrop [t/c = 0.25]	0.05

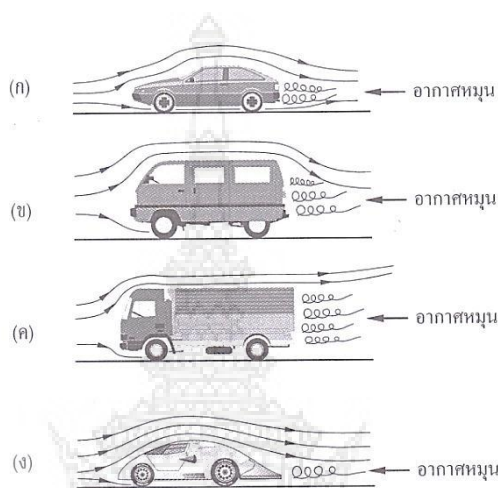
รูปที่ 2.3 รูปทรงต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์แรงดูดอากาศ [7]

1) แรงต้านจากรูปทรงรถ

แรงต้านจากรูปทรงรถ คือ อากาศที่ไหลผ่านรถยนต์จะมีความเร็วสัมพันธ์กับรถยนต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วของรถยนต์และความเร็วลมที่พัดสวนกับรถยนต์ เนื่องจากความเร็วรถยนต์และความเร็วลมอาจมีทิศทางไม่อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันลมอาจพัดเข้าหารถในแนวเฉียงได้ ดังนั้นจึงมีแรงต้านกระทำต่อรถยนต์ เช่น

- แรงดูด (Drag Force)
- แรงยก (Lift Force)
- แรงกด (Down Force)
- แรงกระทำด้านข้าง (Lateral Force)

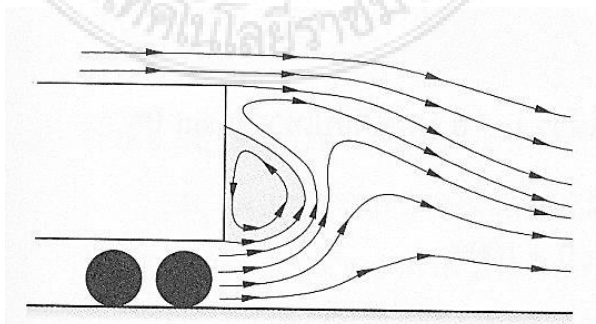
แรงต้านอากาศที่เกิดขึ้นในขณะที่รถยนต์กำลังเคลื่อนที่นั้นส่วนมากมาจากความแตกต่างระหว่างความดันอากาศด้านหน้ากับด้านหลังรถยนต์ และรูปทรงของรถยนต์ แสดงดังรูปที่ 2.4 ดังนั้นในการออกแบบรูปทรงของรถยนต์เพื่อลดแรงต้านอากาศจะต้องพยายามลดอากาศหมุนวนบริเวณท้ายรถยนต์ให้น้อยที่สุด



รูปที่ 2.4 การเคลื่อนไหวของอากาศผ่านรถยนต์ซึ่งมีรูปทรงต่างๆ [1]

- แรงฉุด (Drag Force)

แรงฉุด คือ อากาศที่ไหลผ่านไปยังท้ายของรถทำให้อากาศหมุนวนบริเวณส่วนท้ายของรถยนต์ทำให้เกิดแรงฉุดหรือแรงต้านการเคลื่อนที่ของรถยนต์ แสดงดังรูปที่ 2.5 ถ้าแรงฉุดมากทำให้สิ้นเปลืองกำลังจากเครื่องยนต์ หมายถึงการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง แรงฉุดของรถยนต์ เรียกว่า (Drag Coefficient) หมายถึง “สัมประสิทธิ์แรงฉุด” คือ ค่า C_d ลักษณะเฉพาะของแรงฉุดที่กระทำกับตัวรถยนต์สามารถอธิบายได้ด้วยสัมประสิทธิ์แรงฉุด C_d ดังสมการที่ (2.2)



รูปที่ 2.5 อากาศที่ไหลผ่านไปยังท้ายรถทำให้อากาศหมุนวนที่ท้ายของรถยนต์ทำให้เกิดแรงฉุด [1]

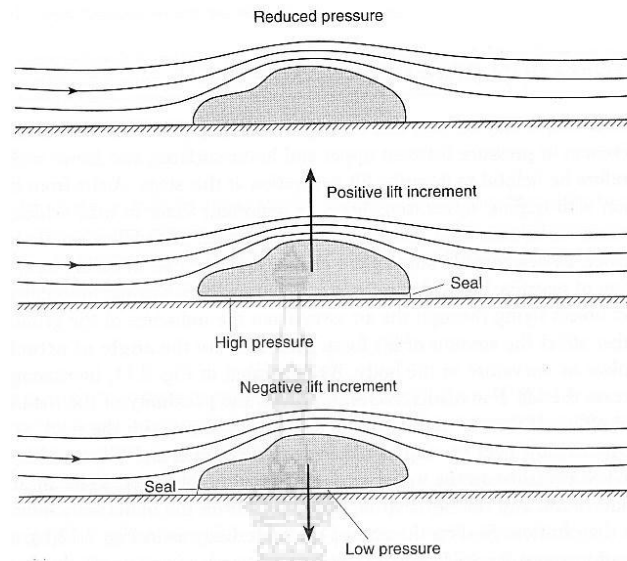
$$R_a = \frac{1}{2} \rho A V_a^2 C_d \quad (2.2)$$

- เมื่อ
- R_a คือ แรงฉุดหรือแรงต้านอากาศ (N)
 - ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศมีค่าประมาณ $1.2 \text{ (kg/m}^3\text{)}$
 - V_a คือ ความเร็วของอากาศ (m/s)
 - A คือ พื้นที่หน้าตัดของรถยนต์ (m^2)
 - C_d คือ สัมประสิทธิ์แรงฉุดของอากาศ

ความเร็วของอากาศ (V) คือความเร็วของอากาศที่สัมพันธ์กับรถยนต์ โดยพิจารณาถึงความเร็วรถยนต์และความเร็วลมที่พัดผ่าน ดังนั้นถ้ารถยนต์ที่วิ่งทวนลม ความเร็วอากาศจะเท่ากับผลรวมระหว่างความเร็วรถยนต์กับความเร็วม แต่ถ้าวิ่งตามลม ความเร็วอากาศจะเท่ากับผลต่างระหว่างความเร็วรถยนต์กับความเร็วม ถ้าในกรณีของลมสงบ ความเร็วอากาศจะเท่ากับความเร็วของรถยนต์

- แรงยก (Lift Force)

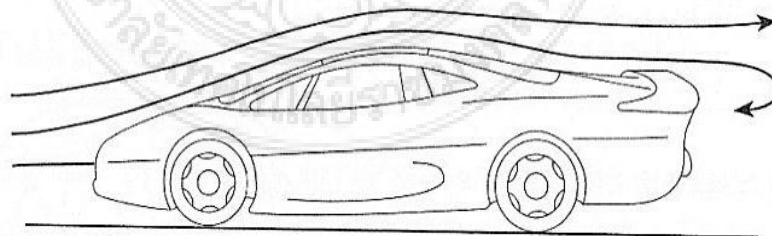
แรงยก คือ กระแสลมบางส่วนมาปะทะด้านหน้ารถยนต์แล้ว จะมีบางส่วนไหลลงสู่ด้านใต้ท้องรถยนต์ ซึ่งพิจารณาจากรูปที่ 2.6 จะเห็นว่า อากาศที่ไหลผ่านด้านบนหลังคา นานกว่าด้านใต้ท้องรถ เมื่ออากาศด้านบนเดินทางเร็วกว่าด้านล่างจะมีแรงกดดันน้อยกว่า อากาศที่เดินทางช้ากว่าด้านล่างจึงทำให้เกิด แรงยก (Lift Force) ได้ เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นจะมีแรงยกเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะแรงยกนั้น จะมีผลอย่างมากต่อด้านท้ายรถยนต์ เมื่อเกิดแรงยกด้านท้ายแล้ว ล้อหลังของรถยนต์จะมีแรงกระทำต่อพื้นถนนน้อยกว่า ทำให้เกิดการลื่นไถล (Slip) ง่าย ซึ่งค่าแรงยก คำนวณเหมือนค่า (Drag Force) โดยคิดสัดส่วนพื้นที่หน้าตัดรถยนต์ต่อความเร็ว เรียกค่านี้ว่า Lift Coefficient (C_L)



รูปที่ 2.6 ความแตกต่างของความดันทำให้เกิดแรงยก (Lift Force) [7]

- แรงกด (Down Force)

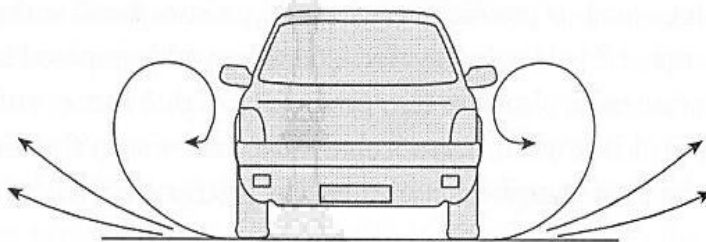
รถยนต์ที่วิ่งด้วยความเร็วสูง เช่น รถแข่ง จำเป็นต้องเพิ่มแรงกดให้แก่รถยนต์เพื่อให้สามารถทรงตัว และการเข้าโค้งที่ความเร็วสูง แรงกดที่เกิดขึ้นนั้นอาจมาจากการติดตั้งอุปกรณ์ภายนอก เช่น สปอยเลอร์ แสดงดังรูปที่ 2.7 แต่อย่างไรก็ตาม การเพิ่มแรงกดนั้นทำให้แรงฉุดเพิ่มสูงขึ้นด้วย และการปรับแต่งบริเวณใต้ท้องรถยนต์ (Under shield) ให้เกิดการไหลเวียนของอากาศใต้ท้องรถน้อยลง ซึ่งส่งผลทำให้ความดันและแรงยกตัวของอากาศใต้ท้องรถมีค่าลดลง แรงกดดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากความดันต่ำใต้ท้องรถยนต์และส่วนท้ายของรถยนต์ และก็ทำให้เกิดแรงฉุดด้วยเช่นกัน



รูปที่ 2.7 แรงกดที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งสปอยเลอร์ [7]

- แรงกระทำด้านข้าง (Lateral Force)

แรงที่ปะทะด้านข้างรถซึ่งรถยนต์ได้รับผลกระทบเมื่อความเร็วสูงหรือการเข้าโค้ง จะส่งผลกระทบต่อคนข้างมากต่อการทรงตัว แสดงดังรูปที่ 2.8 แรงลมที่มาปะทะด้านข้างของตัวรถ นั่นคือ เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นและมีแรงมากระทำด้านข้างมากขึ้น อาจส่งผลทำให้รถยนต์เสียการทรงตัว



รูปที่ 2.8 แรงลมมาปะทะด้านข้างรถ [7]

2.2.3 แรงต้านรวม

เมื่อรวมแรงต้านการหมุนของล้อ แรงต้านอากาศ และแรงต้านทานการขึ้นทางชัน จะมีแรงต้านทั้งหมดของรถยนต์ที่กำลังวิ่งขึ้นทางชัน (ถ้ารถยนต์วิ่งบนถนนระดับ แรงต้านทั้งหมดจะมีเพียงแรงต้านการหมุนของล้อ และแรงต้านอากาศ) ดังสมการที่ (2.3)

$$R_t = R_r + R_a + R_g \quad (2.3)$$

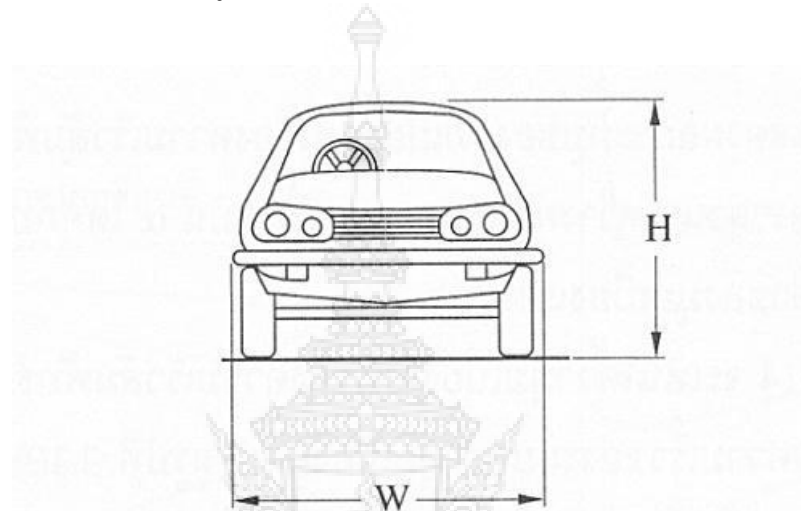
เมื่อ	R_t	คือ แรงต้านรวม (N)
	R_r	คือ แรงต้านทานการหมุนของล้อ (N)
	R_a	คือ แรงต้านอากาศ (N)
	R_g	คือ แรงต้านทานการขึ้นทางชัน (N)

2.3 พื้นที่หน้าตัดของรถยนต์

พื้นที่หน้าตัดรถเป็นพื้นที่ลมเข้ามาปะทะก่อนที่ลมจะไหลผ่านไปยังส่วนอื่นๆ ทำให้เกิดแรงต้านเนื่องจากพื้นที่หน้าตัดรถไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยม คือ มีส่วนเว้าส่วนนูนตามที่บริษัทผู้ผลิตรายละแบบ แต่สามารถหาพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์ได้จากความกว้างของรถยนต์ วัดจากขอบตัวถังด้านขวาไปยังขอบตัวถังด้านซ้าย ความสูงของรถยนต์วัดจากพื้นถนนถึงจุดสูงสุดของหลังคาของรถยนต์ [1] แสดงดังรูปที่ 2.9 จึงต้องใช้วิธีประมาณค่าพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์ตามสมการที่ (2.4)

$$A = 0.8WH \quad (2.4)$$

- เมื่อ
- A คือ พื้นที่หน้าตัดของรถยนต์ (m^2)
 - W คือ ความกว้างของตัวรถ (m)
 - H คือ ความสูงของตัวรถ (m)



รูปที่ 2.9 การวัดความกว้างและความสูงของรถยนต์ [1]

2.4 การออกแบบรถยนต์

กระบวนการออกแบบตัวถังของรถยนต์ (Body Design for Automotive) ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งของการออกแบบและการวิจัยพัฒนาในยุคปัจจุบัน โดยการออกแบบตัวถังของรถยนต์จะต้องพิจารณาในองค์ประกอบหลายๆอย่าง เช่น ความสะดวกสบายสำหรับการขับขี่ หรือระบบที่จำเป็นที่สามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ขับขี่ และต้องคำนึงถึงอากาศพลศาสตร์ยานยนต์ (Vehicle Aerodynamic) เพื่อลดแรงต้านการเคลื่อนที่ของอากาศ เป็นต้น การออกแบบทั้งหมดนั้นต้องศึกษาพฤติกรรมที่มีผลต่อรถยนต์ เช่น ผลกระทบด้านอากาศพลศาสตร์ ระบบโครงสร้างของรถยนต์ และระบบอื่นๆ ในปัจจุบันการออกแบบรถบรรทุก หรือรถกระบะมีมิติภายนอกที่แตกต่างกัน เช่น พื้นที่กระบะ ซึ่งการออกแบบพื้นที่กระบะมีความแตกต่างกัน ทำให้พื้นที่กระบะมีขนาดไม่เท่ากัน อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อแรงต้านการเคลื่อนที่ของอากาศ บริเวณกระบะ และบริเวณฝาท้ายของกระบะ สำหรับการคำนวณหาพื้นที่กระบะ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2.5)

$$V_{\text{tray}} = W_{\text{tray}} \times L_{\text{tray}} \times H_{\text{tray}} \quad (2.5)$$

เมื่อ	V_{tray}	คือ ปริมาตรกระบะ (m^3)
	W_{tray}	คือ ความกว้างของกระบะ (m)
	L_{tray}	คือ ความยาวของกระบะ (m)
	H_{tray}	คือ ความสูงของกระบะ (m)

2.5 ยาง

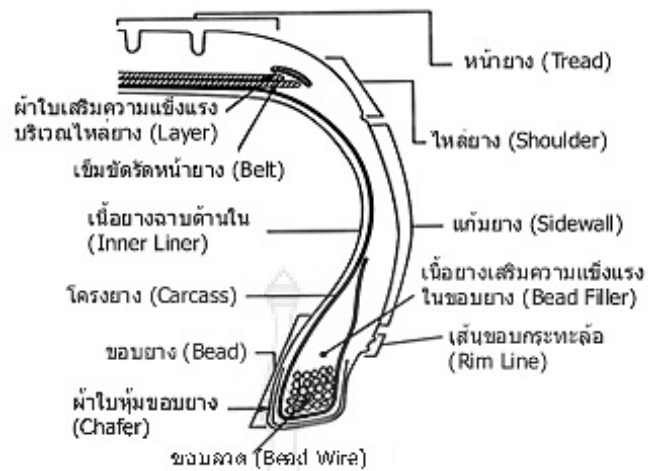
ยางเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในด้านของความปลอดภัยในการขับเคลื่อนรถยนต์ ยางเป็นส่วนหนึ่งของรถยนต์ที่ใช้สำหรับทำหน้าที่รองรับน้ำหนักรถ ความนุ่มนวลขณะขับขี่ การหยุดเบรก และประสิทธิภาพการยึดเกาะพื้นผิวถนน รวมไปถึงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งยางเป็นส่วนที่สัมผัสกับพื้นถนนอยู่ตลอดเวลา ซึ่งส่งผลต่ออายุการใช้งานของยาง และยังทำให้การยึดเกาะถนนลดลง

2.5.1 การออกแบบยาง

การออกแบบยางในปัจจุบันนี้ลักษณะของยางรถยนต์ที่จะแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบของโครงสร้างพื้นฐานของยางรถยนต์สามารถจำแนกส่วนประกอบออกได้เป็น 6 ส่วน ดังนี้

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

ส่วนประกอบแต่ละส่วนถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับหน้าที่และประสิทธิภาพในการใช้งาน แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ลักษณะของโครงสร้างยาง [2]

การออกแบบยางสำหรับรถยนต์บนท้องถนน ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น [6]

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

2.6 ความดันลมยาง

ความลมยางนับเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการทำหน้าที่ของยางรถยนต์ นอกจากลมยางยังช่วยให้หน้ายางสามารถคงรูปร่าง ยึดติดกับกระทะล้อ และรับแรงสั่นสะเทือนจากการกระแทกของหน้ายางกับผิวถนนที่มีความขรุขระ โดยในกรณีระดับความดันลมยางมาตรฐาน ดังรูปที่ 2.11 (ข) บริษัทผู้ผลิตได้มีการกำหนดระดับความดัน อันเป็นผลเนื่องจากการออกแบบ และการทดสอบ เพื่อให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน หากระดับความดันของลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ส่งผลให้ปริมาณหน้าสัมผัสของยางกับผิวถนนสูง ทำให้ต่อแรงต้านการหมุนของล้อเพิ่มขึ้น ดังแสดงตามรูปที่ 2.11 (ก) ยิ่งไปกว่านั้นทำให้การบังคับเลี้ยวรถทำได้ยากขึ้น ประสิทธิภาพในการรีดน้ำ การเกาะถนนลดลง และส่งผลต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในทางตรงกันข้ามระดับความดันยางสูงกว่าค่ามาตรฐาน ทำให้แก้มยางสูงและหน้ายางโค้งขึ้น จึงทำให้ปริมาณหน้าสัมผัสของยางกับผิวถนนต่ำลง ดังรูปที่ 2.11 (ค) นอกเหนือจากนี้ การสัมผัสระหว่างดอกยางกับผิวของถนนมีเพียงบริเวณตรงกลางของหน้ายางเท่านั้น ซึ่งจะส่งผลให้ยางมีการสึกหรอตรงกลางหน้ายาง ประสิทธิภาพในการยึดเกาะถนนลดลงอย่างมาก ทำให้เกิดการลื่นไถลได้ง่าย และเกิดการสั่นสะเทือนมากขึ้น



รูปที่ 2.11 การเปรียบเทียบระดับความดันลมยาง [2]

2.7 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง คือ ค่าการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ได้จากการวัดจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของการขับขี่ในขณะที่ทำการวัด อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น น้ำหนักตัวรถ การบรรทุก สภาพอากาศ สภาพเครื่องยนต์ สภาพพื้นผิวของถนน การวิ่งบนทางลาดชัน รวมการวิ่งด้วยความเร็วที่ไม่สม่ำเสมอ รวมทั้งการออกแบบรถยนต์ เป็นต้น

2.7.1 การคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

การคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับกระบวนการทดสอบ ซึ่งมี 2 แบบ คือ แบบทดสอบจากการขับขี่จริงบนท้องถนน (Road test) และแบบทดสอบบนแท่น (Roller

test Bench) สำหรับการคำนวณหาค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการทดสอบทั้งแบบ Road test จะพิจารณาจากปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ และระยะทางที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งจะไม่พิจารณาถึงอัตราการไหลของน้ำมัน ในขณะที่การทดสอบแบบ Roller test Bench นั้น มีความแตกต่างกับการทดสอบแบบ Road test คือ สามารถกำหนดความเร็วของรถยนต์ อุณหภูมิ และแรงของลมที่กระทำต่อรถทดสอบได้ด้วยการจำลองความเร็วลม อีกทั้งการทดสอบแบบ Roller test Bench นี้จะทำการทดสอบบนแท่นในห้องทดสอบ โดยค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการทดสอบตามกระบวนการทั้ง 2 แบบ นี้นิยมบอกเป็นหน่วย กิโลเมตรต่อลิตร (km/L) และหน่วย ลิตรต่อ 100 กิโลเมตร (L/100 km)

1) การทดสอบแบบ (Road Test)

การทดสอบหาอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นการทดสอบขับขี่จริงบนท้องถนน (Road test) แสดงดังรูปที่ 2.12 สำหรับผู้ที่ขับขี่ขณะทดสอบนั้นต้องทดสอบภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เช่น ระยะทางทดสอบ ความเร็ว ระดับความดันลมยาง การเปิดระบบปรับอากาศ และการเปิด-ปิด กระบะ และเงื่อนไขอื่นๆ สำหรับการคำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจะพิจารณาจากปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ และระยะทาง ตามสมการที่ (2.6) และ (2.7) ตามลำดับ

$$\text{อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงหน่วย (km/L)} = \frac{L_{\text{Road}}}{V_{\text{fuel}}} \quad (2.6)$$

$$\text{อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงหน่วย (L/100 km)} = \frac{V_{\text{fuel}}}{L_{\text{Road}}} \times 100 \quad (2.7)$$

เมื่อ L_{Road} คือ ระยะทางที่วิ่งทดสอบ (km)

V_{fuel} คือ ปริมาตรเชื้อเพลิง (L)



รถยนต์ทดสอบ

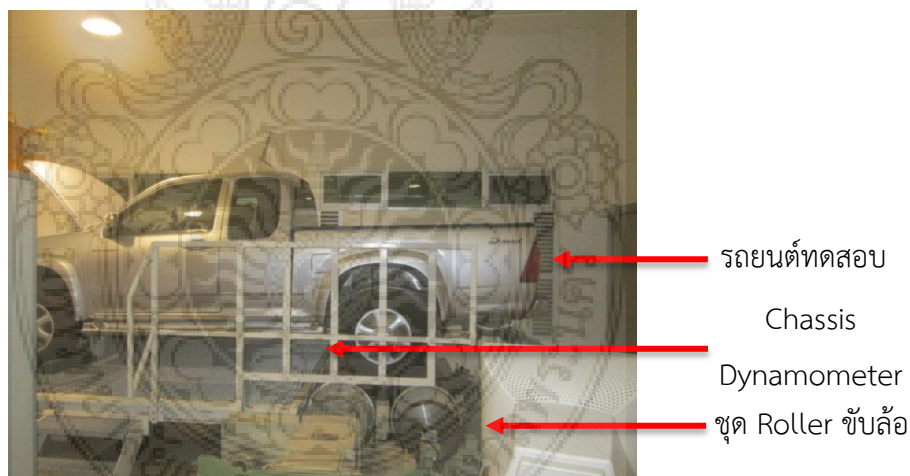
พื้นผิวถนนจริง

รูปที่ 2.12 การทดสอบแบบ Road test

2) การทดสอบแบบ (Roller test Bench)

การทดสอบแบบ Roller test Bench จะกระทำในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมอย่างเข้มงวดเพื่อหลีกเลี่ยงปัจจัยที่มีผลกระทบให้มากที่สุด โดยรถยนต์ทดสอบจะทำการทดสอบบนแท่น Chassis Dynamometer โดยรถทดสอบจะหยุดนิ่งอยู่กับที่ และใช้ลูกกลิ้ง (Roller) เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนการวิ่งจริงบนถนน แสดงดังรูปที่ 2.13 โดยก่อนการทดสอบจะต้องนำผลที่ได้จาก Road test มาตั้งเป็นสมมุติฐานการทดสอบบนแท่นทดสอบ เช่น ความเร็ว ระดับความดันลมยางสูงกว่า และต่ำกว่าค่ามาตรฐาน และอุณหภูมิภายในห้องโดยสาร

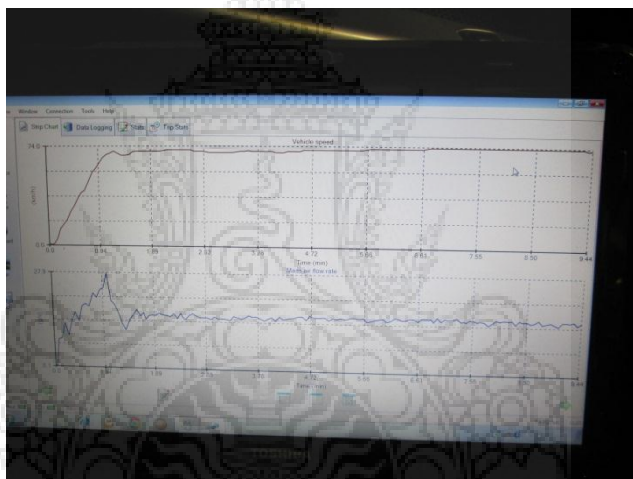
การคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากการทดสอบแบบ (Roller test Bench) มีหลายวิธี เช่น วัดจากอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อหน่วยกำลังที่ให้ออกมา และเป็นการวัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ในการใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตงานออกมา วัดจากไอเสียรถยนต์ เพื่อนำมาวัดจำนวนของคาร์บอนที่ออกมาจากระบบไอเสีย และนำมาคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และคำนวณจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจริงที่ถูกใช้ไปกับการทดสอบ แต่ในกรณีการศึกษาในระดับความดันลมยางและปริมาตรกระเบ นั้นจะพิจารณาจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกใช้กับการทดสอบจริง



รูปที่ 2.13 การทดสอบแบบ Roller test Bench

2.8 การประเมินผลอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้โปรแกรม

การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการทดสอบจริง ทั้ง 2 แบบ คือ Road test และ Roller test Bench นั้นยังนำโปรแกรมสแกนทูล (OBD Link SX) เข้ามาช่วยในการประเมินผลขณะขับที่จริง เพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการทดสอบจริง ซึ่งโปรแกรมสแกนทูลนั้นสามารถบันทึกผลข้อมูลต่างๆ เช่น ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ความเร็วของรถทดสอบ โหลดของเครื่องยนต์ อุณหภูมิเครื่องยนต์ อุณหภูมิอากาศที่ท่อร่วมไอดี อัตราการไหลของเชื้อเพลิง อัตราการไหลของอากาศ ตำแหน่งของลิ้นปีกผีเสื้อ แรงดันของน้ำมันเชื้อเพลิง และค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง liter/100 km หรือ km/liter ของการขับขี่ขณะนั้น (real time) โดยอ่านข้อมูลจาก ECU ของรถทดสอบ อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากโปรแกรมสแกนทูลมีความคลาดเคลื่อนสูงกว่า ผลที่ได้จากหน้าจอ Display



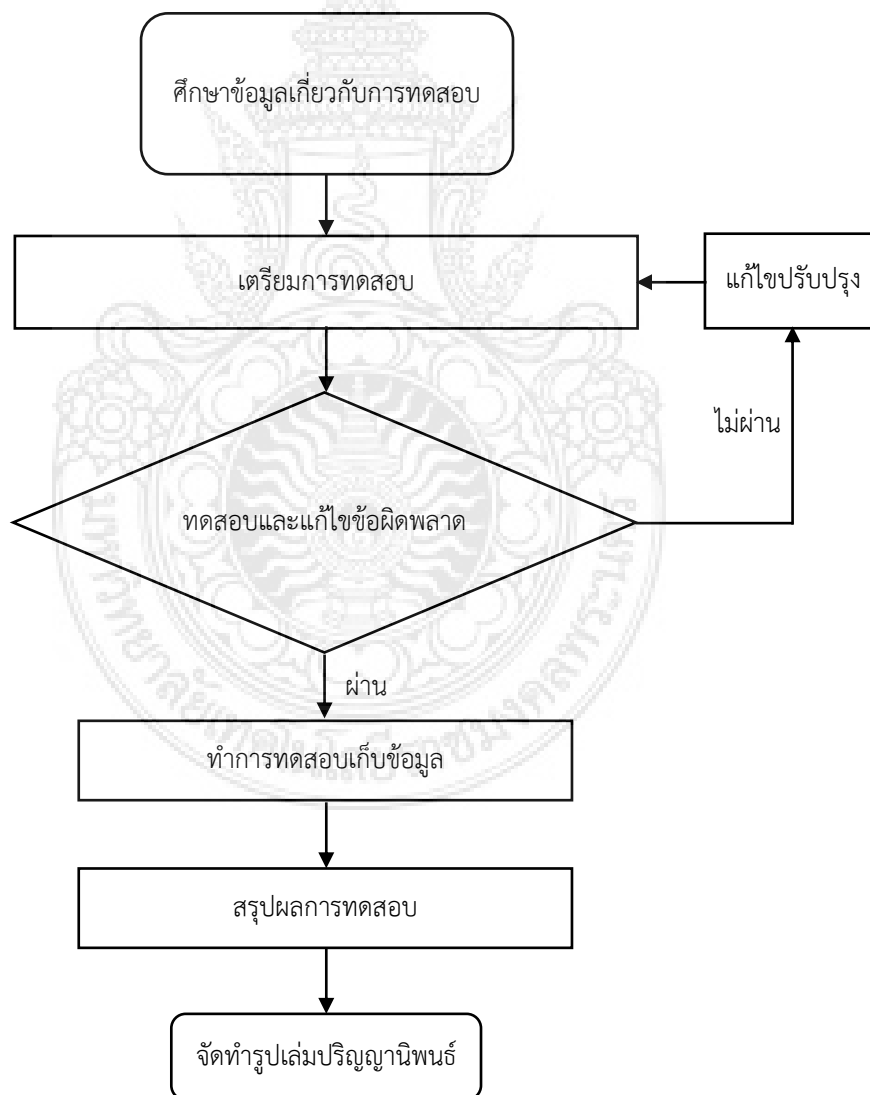
รูปที่ 2.14 โปรแกรมสแกนทูล รุ่น OBD Link SX

บทที่ 3

แผนการดำเนินโครงการและการคำนวณ

การจัดทำโครงการครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาระดับความलयงและปริมาตรกระษะที่ส่งผลต่ออัตราการสิ้นเปลือง ซึ่งในขั้นตอนการดำเนินโครงการ กระทำโดยการศึกษาข้อมูลและกระบวนการทดสอบต่างๆ เพื่อนำไปปรับใช้ในการทดสอบให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการดำเนินโครงการ

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 การศึกษากระบวนการทดสอบ

3.2.1 ศึกษาข้อมูล

กระบวนการทดสอบต่างๆ ต้องศึกษาข้อมูลอย่างละเอียด เพื่อนำข้อมูลที่จำเป็นต่อการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆ ซึ่งกลุ่มผู้จัดทำโครงการได้นำเอากระบวนการทดสอบต่างๆ มาปรับใช้ในกระบวนการทดสอบ เพื่อทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ให้มีความถูกต้องของข้อมูลภายหลังการทดสอบ

3.2.2 ศึกษาเส้นทางทดสอบ

การทดสอบจะต้องทดสอบบนถนนจริง เพื่อให้ได้สภาวะการขับซึ่งจริงจึงได้ศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมแก่การทดสอบ แสดงดังภาคผนวก (ข) การเลือกเส้นทางในการทดสอบจะต้องพิจารณาดังนี้

- 1) เส้นทางมีความลาดชันและมีความคดเคี้ยวของเส้นทางน้อย
- 2) สภาพการจราจรไม่หนาแน่น
- 3) สามารถใช้ความเร็วตามเงื่อนไขการทดสอบ
- 4) ผู้ทดสอบควรมีความชำนาญในการใช้เส้นทาง เพื่อความปลอดภัย

3.3 เตรียมการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของความดันลมยาง

ในกระบวนการทดสอบระดับความดันลมยางนั้นถูกแบ่งออกเป็นหัวข้อหลักดังต่อไปนี้

- 1) การทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแบบ Road test
- 2) การทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแบบ Roller test Bench

โดยการทดสอบทั้ง 2 วิธี ถูกใช้เปรียบเทียบพฤติกรรมและผลต่างของของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

3.3.1 เตรียมการทดสอบแบบ Road test

- 1) เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์



(ก) ถังบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิง



(ข) ปีกเกอร์และกระบอกตวงเชื้อเพลิง



(ค) เกจวัดความดันลมยาง

รูปที่ 3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบแบบ Road test

2) เตรียมรถทดสอบ

ทำการตรวจเช็คสภาพรถและทำการติดแถบขาว เพื่อควบคุมสภาวะภายในห้องโดยสารรถยนต์และเครื่องยนต์ ให้เป็นไปตามเงื่อนไขการทดสอบที่จะต้องเปิดระบบปรับอากาศ ปิดกระจกทุกบานขณะทำการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การเตรียมรถทดสอบ

3) วัดระดับความดันลมยาง

วัดระดับความดันลมยางให้ได้ตามเงื่อนไขการทดสอบ ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งคณะผู้จัดทำโครงการ ทำการตรวจสอบระดับความดันลมยางก่อนทำการทดสอบ และภายใต้อุณหภูมิจากนั้นทำการปิดแถบขาวที่วาล์วเติมลมยาง ดังแสดงดังรูปที่ 3.4 เพื่อให้แน่ใจว่าความดันลมยางในระหว่างทำการทดสอบถูกควบคุมให้เป็นไปตามเงื่อนไขการทดสอบ



(ก) วัดระดับความด้นลมยาง



(ข) ติดแถบขาว

รูปที่ 3.4 วัดระดับความด้นลมยาง

3.3.2 เตรียมการทดสอบแบบ Roller test Bench

1) เครื่องมือและอุปกรณ์



(ก) ชุดสร้างความเร็วลม



(ข) ป้ลม



(ค) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล
ยี่ห้อ TSCALE รุ่น VW-1



(ง) เครื่องมือวัดความเร็วลม



(จ) ชุดกำมะลอติดตั้งรถ

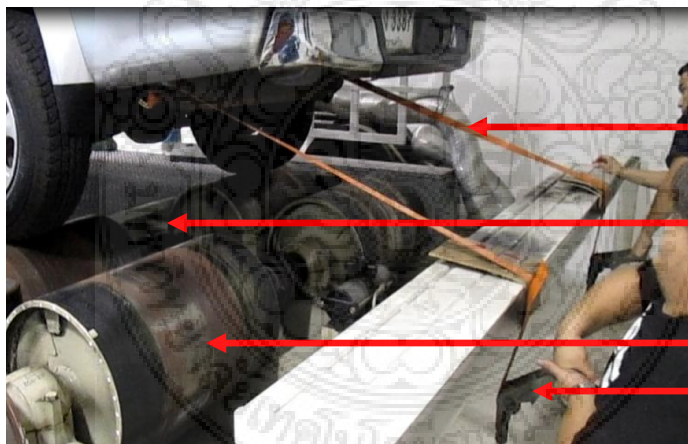


(ฉ) หัวเด็กลม

รูปที่ 3.5 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบแบบ Roller test Bench

2) เตรียมรถทดสอบบนแท่น Chassis Dynamometer

การนำรถขึ้นจอดบนแท่น Chassis Dynamometer โดยให้ล้อหลังทั้งสองข้างอยู่ตรงกลางระหว่าง Roller จากนั้นใช้เครื่องมือปรับตั้งความตึงของสายผ้าใบยึดรถทดสอบ (ชุดกำมะลอ) โดยการดึงพร้อมกันทั้ง 2 ตัว เพื่อป้องกันไม่ให้รถทดสอบเอียง และสิ้นไถล ขณะเข้าในช่องว่างรองรับล้อของ Roller ดังแสดงตามรูปที่ 3.6



สายผ้าใบ

ช่องว่างรองรับล้อ

Roller

ชุดกำมะลอ

รูปที่ 3.6 การเตรียมรถทดสอบบนแท่น Chassis Dynamometer

3) การยึดรถบนแท่น Chassis Dynamometer

ทำการยึดตัวรถด้วยสายผ้าใบทั้งด้านหน้าและด้านหลังให้ตั้งพอเหมาะ และนำหมอนไม้หนุนบริเวณล้อหน้าทั้ง 2 เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่ขณะทำการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 3.7



(ก) ด้านหน้ารถ



(ข) ด้านหลังรถ

รูปที่ 3.7 ตำแหน่งการยึดสายผ้าใบ

4) ท่อดูดไอเสีย

ติดตั้งท่อดูดไอเสียระหว่างปลายท่อไอเสียรถยนต์ เพื่อระบายไอเสียออกจากห้องทดสอบ แสดงดังรูปที่ 3.8



ท่อไอเสีย

ท่อดูดไอเสีย

รูปที่ 3.8 ติดตั้งท่อดูดไอเสีย

5) ชุดสร้างความเร็วลม

ในการทดสอบแบบ Roller test Bench นั้นมีความจำเป็นที่ต้องจำลองความเร็วของลมที่ปะทะกับรถยนต์ เพื่อให้เงื่อนไขการทดสอบใกล้เคียงกับการทดสอบบนถนนจริง Road test ซึ่งส่งผลโดยตรงกับค่าที่ได้จากการทดสอบ โดยในชุดทดสอบแบบ Roller test Bench นั้นชุดสร้างความเร็วลมถูกตั้งอยู่บริเวณด้านหน้าของรถยนต์ทดสอบที่สามารถปรับตั้งค่าความเร็วได้ 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (low) ระดับปานกลาง (medium) และระดับสูง (high) ซึ่งการติดตั้งชุดสร้างความเร็วลมแสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การติดตั้งชุดสร้างความเร็วลม

6) ระดับความดันลมยาง

การตรวจเช็คระดับความดันลมยางให้ได้ตามเงื่อนไขการทดสอบ ดังตารางที่ 4.2 ซึ่งคณะผู้จัดทำโครงการทำการตรวจเช็คระดับความดันลมยางก่อนการทดสอบ แสดงดังรูป 3.10



รูปที่ 3.10 วัดระดับความดันลมยาง

3.4 เตรียมการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของปริมาตรกระบะ

การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง กรณี การเปิด-ปิดกระบะ เพื่อเปรียบเทียบผลต่างของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง โดยการทดสอบนั้นจะแบ่งการทดสอบเป็น 2 การทดสอบ คือ การทดสอบแบบ Road test และการทดสอบ Model ด้วยอุโมงค์น้ำ

3.4.1 การเตรียมการทดสอบแบบ Road test

1) เครื่องมือและอุปกรณ์

ในการทดสอบการเปิด-ปิดปริมาตรกระบะนั้น ใช้ผ้าใบปิดพื้นที่กระบะ ซึ่งขนาดความกว้าง 1,450 mm และความยาว 1,900 mm ตามลำดับ เพื่อให้สอดคล้องกับพื้นที่กระบะหลัง ที่ใช้ในการทดสอบซึ่งมีขนาดความกว้าง ผ้าใบปิดกระบะแสดงดังรูป 3.11



รูปที่ 3.11 ผ้าใบปิดกระบะ

2) เตรียมรถทดสอบ

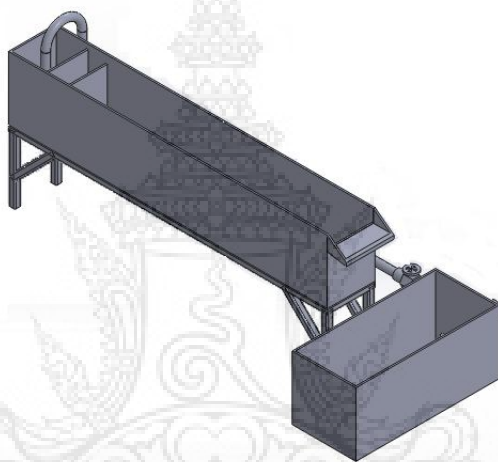
ทำการติดตั้งผ้าใบตรงบริเวณกระบะหลัง แสดงดังรูปที่ 3.12 เพื่อทดสอบในกรณีการเปิด-ปิดกระบะ ที่ค่าความดันลมยางมาตรฐานเท่านั้น ตามที่อ้างอิงตามกระบวนการทดสอบ ดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 3.12 การติดตั้งผ้าใบปิดกระบะ

3.4.2 การทดสอบอุโมงค์น้ำ

การทดสอบการเปิด-ปิดกระบัง แบบ Road test ซึ่งในระหว่างการทดสอบบนถนนยังมีปัจจัยที่เข้ามามีผลต่ออัตราการสิ้นเปลือง คือ อากาศที่เคลื่อนที่ผ่านรถยนต์ ทำให้เกิดแรงต้านการเคลื่อนที่ขึ้น แต่ไม่สามารถมองเห็นอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านตัวรถได้ ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงใช้การอธิบายพฤติกรรมการไหลของอากาศ ในกรณีกรณีการเปิด-ปิดปริมาตรกระบัง ด้วยการทดสอบโดยใช้แบบจำลอง (Model) ที่จำลองการไหลของอากาศด้วยอุโมงค์น้ำ เพื่อเปรียบเทียบกับ การทดสอบแบบ Road test ซึ่งอุโมงค์น้ำได้สร้างขึ้นจากอะคริลิกใส (Acrylic) เพื่อให้สามารถมองเห็นพฤติกรรมการไหลของสีที่ไหลผ่านแบบจำลอง (Model) ได้อย่างชัดเจน แสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 อุโมงค์น้ำ

3.5 ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์ ทำให้เครื่องยนต์มีภาระการทำงานเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ซึ่งการปรับตั้งระบบปรับอากาศเพื่อใช้ทดสอบในทั้งกรณีทดสอบแบบ Road test และแบบ Roller test Bench ทางคณะผู้จัดทำโครงการได้ทำการปรับตำแหน่งพัดลมและระดับความเย็นในระบบปรับอากาศ (A/C) โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 3.1 โดยระบบปรับอากาศของรถทดสอบ เป็นระบบปรับอากาศแบบธรรมดา มีตำแหน่งสวิทช์พัดลมทั้งหมดมี 4 ระดับ และ ตำแหน่งสวิทช์อุณหภูมิสูงสุดทั้งหมดมี 26 ระดับ แสดงดังรูปที่ 3.14



ตัวปรับตั้งระดับความเร็วลม

ตัวปรับตั้งระดับอุณหภูมิในห้องโดยสาร

รูปที่ 3.14 การปรับตำแหน่งพัดลมและระดับความเย็น

ตารางที่ 3.1 ตารางการปรับตำแหน่งพัดลมและระดับความเย็น

การทดสอบ	ตำแหน่งสวิตช์พัดลม	ตำแหน่งสวิตช์ควบคุมอุณหภูมิ	ความเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิภายในห้องโดยสารเฉลี่ย (°C)
Road test	ระดับ 2	ระดับ 13	3.2	20.5
Roller test Bench	ระดับ 2	ระดับ 13	3.2	19.3

3.6 การวัดค่าความหนาแน่นน้ำมันเชื้อเพลิง

การทดสอบในแต่ละครั้งซึ่งยังมีน้ำมันเชื้อเพลิงที่ยังเหลืออยู่ในระบบ จึงต้องนำน้ำมันเชื้อเพลิงที่ยังเหลืออยู่ในระบบออกมาเพื่อหาปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกใช้กับการทดสอบ โดยการหาค่าความหนาแน่นของน้ำมันเชื้อเพลิง ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก และการใช้ไฮโดรมิเตอร์วัดความหนาแน่น แสดงดังรูปที่ 3.15 เพื่อนำค่าความหนาแน่นที่ได้ มาคำนวณหาปริมาณน้ำเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไปการทดสอบ โดยผลการหาค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงแสดงดังตารางที่ 3.2



(ก) การชั่งน้ำหนัก



(ข) การใช้ไฮโดรมิเตอร์วัด

รูปที่ 3.15 การวัดค่าความหนาแน่นน้ำมันเชื้อเพลิง

ตารางที่ 3.2 ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิง

การทดสอบ	ประเภทของ เชื้อเพลิง	ค่าความหนาแน่นเชื้อเพลิง (kg/liter)	อุณหภูมิเฉลี่ย (c)
Road test	ดีเซล	0.824	26
Roller test Bench	ดีเซล	0.785	29.6

3.7 ข้อมูลทางเทคนิคของรถยนต์

ข้อมูลของรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลทางเทคนิคของรถยนต์ ISUZU D-MAX Hi-Lander Space cab [8]

รายละเอียด	ขนาด
เครื่องยนต์	
แบบ	ระบบดับเบิลโอเวอร์เฮดแคมชาฟท์ (DOHC) 4 สูบ
ความจุกระบอกสูบ (ซีซี)	2,499
ความโตกระบอกสูบ x ช่วงชัก (มม.)	95.4 x 87.4
กำลังสูงสุด -ECE Net (KW/RPM)	85/3600
แรมบิดสูงสุด -ECE Net (N.m/RPM)	280/1,800-2,200
มิติและความจุ	
มิติตัวรถ กว้าง x ยาว x สูง (มม.)	1,770 x 5,190 x 1,760
มิติกระบะ กว้าง x ยาว x สูง (มม.)	1,450 x 1,900 x 470
ฐานล้อ (มม.)	3,050
ความกว้างช่วงล้อหน้า/หลัง (มม.)	1,510/1,525
ความสูงใต้ท้องรถ (มม.)	225
น้ำหนักบรรทุกโดยประมาณ (กก.)	1,550
น้ำหนักบรรทุก/น้ำหนักลงเพลา (กก.)	1,100
น้ำหนักบรรทุกรวมน้ำหนักบรรทุก (กก.)	2,650
ความจุถังน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)	76
ล้อและยาง	
ล้อ	อะลูมิเนียมอัลลอยด์ 7.0JJ x 16
ยาง/ขนาดยาง	BRIDGESTONE 245/70/R16
รับน้ำหนัก/ขีดจำกัดความเร็วสูงสุด	111S
เส้นผ่าศูนย์กลางยาง (มม.)	750
ความกว้างยาง (มม.)	248
ความดันลมยาง (รุ่น 2 ประตู)	ล้อหน้า : 2.0 กก./ซม. ² (29.0 ปอนด์/นิ้ว ²) ล้อหลัง : 2.8 กก./ซม. ² (41.0 ปอนด์/นิ้ว ²)

3.8 การคำนวณ

3.8.1 การคำนวณหาปริมาตรกระบะ

จากตารางที่ 3.3 ข้อมูลทางเทคนิคของรถยนต์ ISUZU D-MAX Hi-Lander
จากสมการที่ (2.5)

$$\begin{aligned} V_{\text{Vol}} &= W_{\text{tray}} \times L_{\text{tray}} \times H_{\text{tray}} \\ \text{แทนค่าสมการ} &= 1.45 \times 1.90 \times 0.47 \\ &= 1.3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

3.8.2 การคำนวณหาแรงต้านทานการหมุนของล้อ

การทดสอบ (Road test) ได้ทดสอบบนถนนลาดยางที่สภาพดี จึงได้พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ จากตารางที่ 2.1 ($K_r = 0.014-0.018$)

จากตารางที่ 3.3 น้ำหนักรถ 1,550 kg.

จากสมการที่ (2.1)

$$\begin{aligned} R_r &= K_r W_v \\ \text{แทนค่าสมการ} &= 0.016 \times 1,550 \times 9.81 \\ &= 243.29 \text{ N} \end{aligned}$$

3.8.3 การคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์

จากสมการที่ (2.4)

$$\begin{aligned} A &= 0.8WH \\ \text{แทนค่าสมการ} &= 0.8 \times 1.77 \times 1.76 \\ &= 2.492 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3.8.4 การคำนวณหาแรงต้านอากาศ

จากรูปที่ 2.3 นำพื้นที่หน้าตัดของรถทดสอบไปเปรียบเทียบกับรูปทรงต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์แรงดูดอากาศ ($C_d = 0.42$) และความหนาแน่นของอากาศ (1.2 kg/m^3)

จากการทดสอบจริงพบว่าความเร็วเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ 70 km/h

จากสมการที่ (2.2)

$$\begin{aligned} R_a &= \frac{1}{2} \rho A V_a^2 C_d \\ \text{แทนค่าสมการ} &= \frac{1}{2} \times 1.2 \times \left(\frac{70 \times 1000}{3600} \right)^2 \times 2.492 \times 0.42 \\ &= 237.43 \text{ N} \end{aligned}$$

3.8.5 แรงต้านรวม

จากการทดสอบบนถนนจริง (Road test) ซึ่งผู้จัดทำโครงการได้พิจารณาเลือกเส้นทางที่ใช้ทดสอบที่มีความชัน และมีความคดเคี้ยวของเส้นทางน้อยมาก ดังนั้นกำหนดให้ค่า ($R_g = 0$)

จากสมการที่ (2.3)

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าสมการ} \quad R_t &= R_r + R_a + R_g \\ &= 243.29 + 237.43 + 0 \\ &= 480.72 \text{ N} \end{aligned}$$

จากคำนวณการหาแรงต้านรวมทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบ 480.72 N อย่างไรก็ตาม ความต้านรวมมีความสัมพันธ์เกี่ยวกับการออกแบบต้นกำลังของเครื่องยนต์ เพื่อเอาชนะแรงต้านทานการเคลื่อนที่ ทั้งในขณะเริ่มออกตัว และการขับขี่ในสภาวะต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่กล่าวมาในบทที่ 2 (แรงขับเคลื่อนจะเท่ากับแรงต้านทั้งหมด)

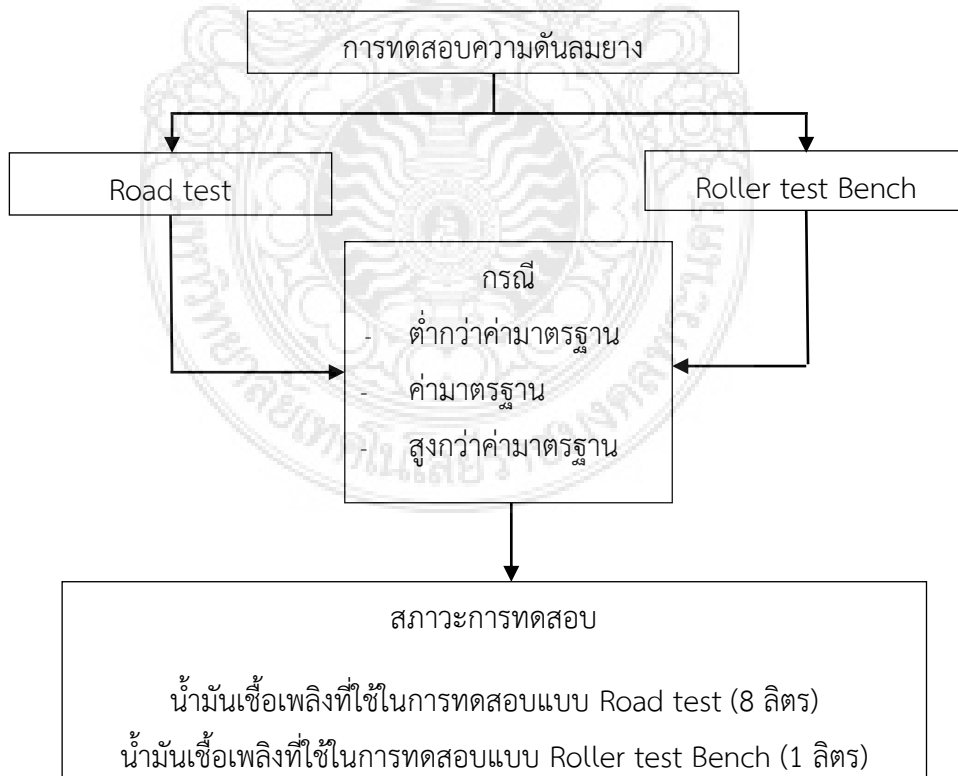


บทที่ 4

วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 วิธีการทดสอบ

สำหรับการทดสอบระดับความดันลมยาง และการเปิด-ปิดกระเบาะ เพื่อพิจารณาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงนั้น ทางคณะผู้จัดทำโครงการได้อ้างอิงกระบวนการทดสอบสมรรถนะ Ford Ranger และการทดสอบสมรรถนะ All New Ford Fiesta เฉพาะบางส่วนเท่านั้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทดสอบ กรณีการเปลี่ยนแปลงระดับความดันลมยางที่ใช้ทดสอบนั้น ได้พิจารณาจากการยุบตัวของแก้มยาง การยึดเกาะถนน การควบคุมรถในขณะขับขึ้น และความปลอดภัยขณะทดสอบ จึงได้กำหนดการเปลี่ยนแปลงระดับความดันลมยางที่เหมาะสม โดยการเพิ่มและลดลง ครั้งละ 2 psi เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างที่มีผลต่ออัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง โดยการทดสอบนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 การทดสอบหลักคือ การทดสอบแบบ Road test และการทดสอบแบบ Roller test Bench แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 รูปแบบการทดสอบความดันลมยาง

4.1.1 การทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของความดันลมยางแบบ Road test

การทดสอบความดันลมยางเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงนั้นจะใช้สภาวะการทดสอบตามตารางที่ 4.1 ซึ่งรูปแบบการทดสอบนี้เป็นการทดสอบการขับขึ้นถนน เพื่อให้ผลการทดสอบอยู่ในรูปแบบของขับที่จริงแบบต่างๆ อีกทั้งยังใช้เป็นสมมติฐานการทดสอบแบบ Roller test Bench

ตารางที่ 4.1 สภาวะการทดสอบระดับความดันลมยางและการเปิด-ปิดกระบอกแบบ Road test

การทดสอบ	จำนวนครั้งการทดสอบ	กรณีของระดับความดันลมยาง		ความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ (km/h)	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ (liter)	การทดสอบ	
						ความดันลมยาง	เปิด-ปิดปริมาตรกระบอก
Road test	3	ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	25/37 psi	≥ 70	8	ทดสอบ	ไม่ทดสอบ
			27/39 psi				
	3	ค่ามาตรฐาน	29/41 psi			ทดสอบ	ทดสอบ
			31/43 psi				
	3	สูงกว่าค่ามาตรฐาน	33/45 psi			ทดสอบ	ไม่ทดสอบ
			35/47 psi				

หมายเหตุ: สภาวะการทดสอบกรณีความเร็วที่ใช้ในการทดสอบนั้น เป็นผลจากการที่ผู้จัดทำโครงการทดลองขับที่รถทดสอบในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น (ในเมือง) และบริเวณที่มีการจราจรเบาบาง (นอกเมือง) โดยความเร็วเฉลี่ยหลังการทดลอง ถูกตั้งเป็นสมมติฐานในการทดสอบจริง (มากกว่าหรือเท่ากับ 70 km/h)

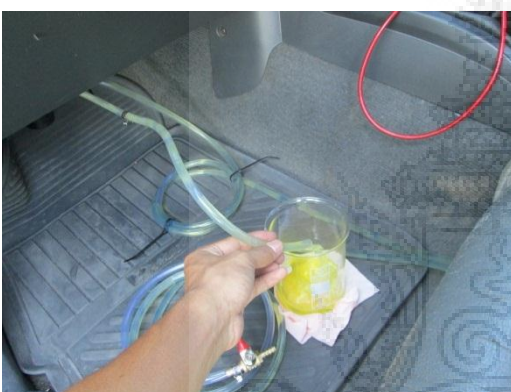
สำหรับวิธีการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของความดันลมยางแบบ Road test นั้น กระทำโดยการเตรียมรถยนต์สำหรับทดสอบ จากนั้นทำการตรวจวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิงให้ได้ปริมาตร 8 ลิตร ดังรูปที่ 4.2 (ก) ตามสภาวะการทดสอบในตารางที่ 4.1 แล้วทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง โดยการนำรถยนต์วิ่งทดสอบตามเส้นทางที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 4.2 (ข) จนกระทั่งเครื่องยนต์ของรถยนต์ทดสอบดับลง จึงนำน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหลืออยู่ในระบบจ่ายเชื้อเพลิง ดังรูปที่ 4.2 (ค) มาคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง จากนั้นทำการบันทึกผลการทดสอบ โดยบันทึกข้อมูลเรื่อง ระยะทาง เวลา และปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหลืออยู่ ดังรูปที่ 4.2 (ง)



(ก) การเติมน้ำมันเชื้อเพลิง



(ข) การทดสอบบนถนน



(ค) การเก็บเชื้อเพลิงที่เหลืออยู่ในระบบ



(ง) การบันทึกผลการทดสอบ

รูปที่ 4.2 วิธีการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของความดันลมยางแบบ Road test

4.1.2 การทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของความดันลมยางแบบ Roller test Bench

การทดสอบความดันลมยางเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงนั้นจะใช้สภาวะการทดสอบตามตารางที่ 4.2 สำหรับการทดสอบแบบ Roller test Bench นั้น ล้อของรถทดสอบถูกขับจากการถ่ายทอดกำลังมาจากเครื่องยนต์ โดยการเพิ่มความเร็วในการทดสอบ เป็นผลมาจากการที่ผู้ทดสอบทำการเหยียบคันเร่งและเปลี่ยนตำแหน่งของเกียร์ส่งกำลัง ส่วนชุด Roller ทำหน้าที่เสมือนถนนจำลองที่ถูกขับด้วยล้อก็จะหมุนในทิศทางตรงข้ามกับการหมุนของล้อ โดยรูปแบบการทดสอบอ้างอิงตามรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 สภาวะการทดสอบระดับความดันลมยางแบบ Roller test Bench

การทดสอบ	จำนวนครั้งการทดสอบ	กรณีของระดับความดันลมยาง		ความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ (km/h)	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ (liter)	การทดสอบ	
						ความดันลมยาง	เปิด-ปิดปริมาตรกระเบ
Roller test Bench	3	ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	25/37 psi	≥ 70	1	ทดสอบ	ไม่ทดสอบ
			27/39 psi				
	3	ค่ามาตรฐาน	29/41 psi				
	3	สูงกว่าค่ามาตรฐาน	31/43 psi				
			33/45 psi				

สำหรับวิธีการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของความดันลมยางแบบ Roller test Bench นั้นกระทำโดยการนำรถยนต์ทดสอบเข้าไปบนแท่น Chassis Dynamometer ซึ่งถูกยึดด้วยสายผ้าใบ เพื่อป้องกันไม่ให้อัตราการเคลื่อนที่ในระหว่างการทดสอบ อีกทั้งล้อหลังทั้ง 2 ข้างอยู่ตรงกลางระหว่าง Roller ดังรูปที่ 4.3 (ก) จากนั้นทำการติดตั้งท่อดูดไอเสียบริเวณปลายท่อไอเสียของรถยนต์ออกจากห้องทดสอบ ดังรูปที่ 4.3 (ข) แล้วทำการติดตั้งชุดสร้างความเร็วลม เพื่อจำลองความเร็วลมที่ปะทะด้านหน้ารถทดสอบที่มีระยะห่างจากด้านหน้ารถประมาณ 2.4 m ดังรูปที่ 4.3 (ค) และทำการวัดความเร็วลมที่ปะทะบริเวณด้านหน้ารถทดสอบ ให้มีค่าความเร็วลมที่ใกล้เคียงกับการทดสอบแบบ Road test ดังรูปที่ 4.3 (ง) เพื่อปรับตั้งที่ชุดสร้างความเร็วลมตามข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแบบ Road test จากนั้นทำการปรับตั้งความเร็วพัดลมและระดับอุณหภูมิไปที่ตำแหน่ง 2 และระดับ 13 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.3 (จ) จากนั้นทำการตรวจวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิงปริมาตร 1 ลิตรตามเงื่อนไขการทดสอบในตารางที่ 4.2 แล้วทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ และเร่งความเร็วของรถยนต์ให้มีความใกล้เคียงกับความเร็วรถที่ทดสอบแบบ Road test จนกระทั่งเครื่องยนต์ของรถยนต์ทดสอบดับลง จึงนำน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหลืออยู่ในระบบจ่ายเชื้อเพลิงมาชั่ง เพื่อใช้คำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงตามรูปที่ 4.3 (ฉ)



(ก) การเตรียมรถทดสอบ



(ข) การติดตั้งท่อดูดไอเสีย



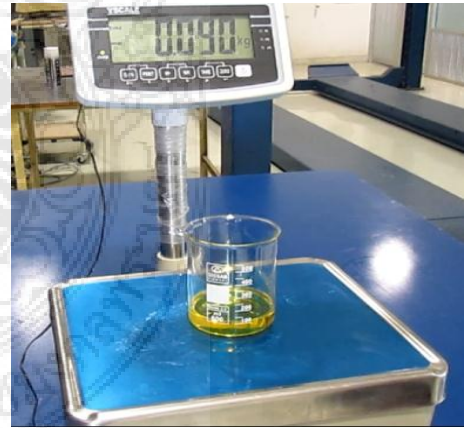
(ค) การติดตั้งชุดสร้างความเร็วลม



(ง) การวัดความเร็วลม



(จ) การปรับตั้งระบบปรับอากาศ

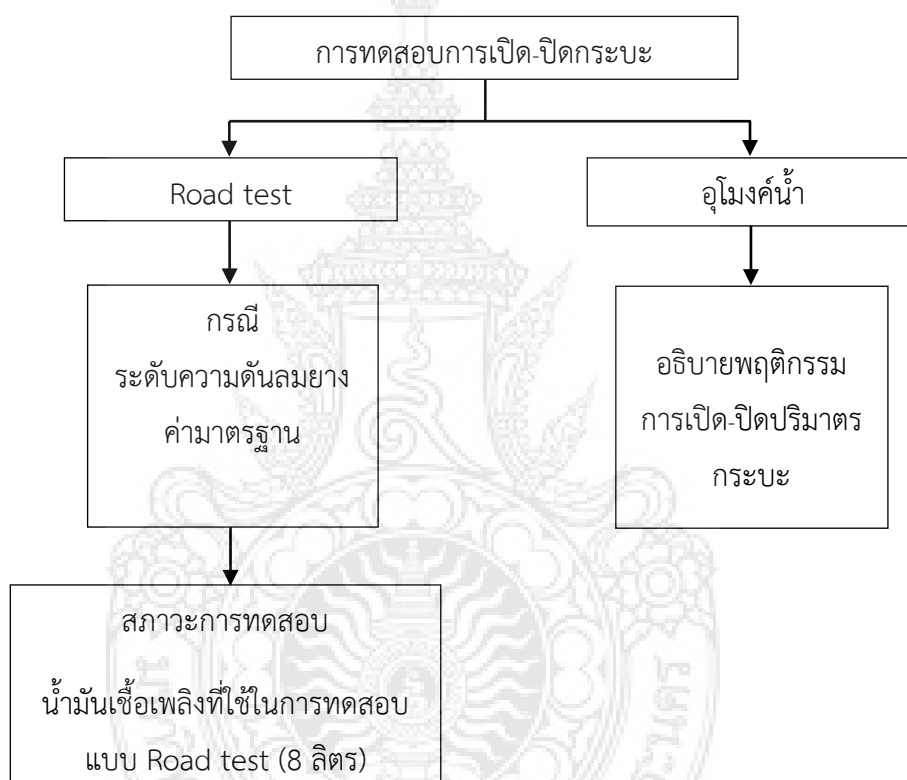


(ฉ) การคำนวณหาปริมาณเชื้อเพลิง

รูปที่ 4.3 วิธีการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของความดันลมยางแบบ Roller test Bench

4.1.3 การทดสอบการเปิด-ปิดกระบะ

สำหรับการทดสอบการปิด-เปิดกระบะนั้นจะทดสอบตามเงื่อนไข ตามตารางที่ 4.1 ซึ่งขั้นตอนการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบความดันลมยางตามหัวข้อที่ 4.1.1 หากแต่การทดสอบจะกระทำเฉพาะกรณีระดับความดันลมยางค่ามาตรฐานเท่านั้น ส่วนในกรณีการทดสอบอุโมงค์น้ำใช้เพื่ออธิบายพฤติกรรมการไหลของอากาศ ตามทฤษฎีอากาศพลศาสตร์ โดยใช้แบบจำลอง (Model) ที่จำลองการไหลของอากาศด้วย เพื่อเปรียบเทียบกับ การทดสอบแบบ Road test โดยรูปแบบการทดสอบการเปิด-ปิดกระบะ แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 รูปแบบการทดสอบการเปิด-ปิดกระบะ

1. การทดสอบด้วยอุโมงค์น้ำ โดยใช้แบบจำลอง (Model)

เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศตามหลักทฤษฎีทางอากาศพลศาสตร์ และถูกนำมาเปรียบเทียบกับ การทดสอบแบบ Road test จากการ ใช้แบบจำลอง Model ของรถยนต์ ISUZU D-MAX รุ่น Hi-Rider 4x4 LS 4 ประตู อัตราส่วน 1:43 ซึ่งมีมิติภายนอกเดียวกับรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบแบบ Road test เพื่อความแม่นยำของข้อมูล สำหรับการทดสอบแบบจำลอง (Model) แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีเปิด และกรณีปิดกระบะ แสดงดังรูปที่ 4.5 สำหรับสภาวะการทดสอบแบบจำลอง (Model) ด้วยอุโมงค์น้ำ ถูกแสดงดังตารางที่ 4.3 โดยใช้ชุดจำลองการไหลของอากาศ

(ท่อพ่นสี) ที่สามารถสร้างอัตราการไหลของสีผ่านรูทรงภายนอกของแบบจำลอง แทนการจำลองพฤติกรรมไหลของอากาศ ในการขับขีจริง



(ก) กรณีเปิดกระบะ

ปิดกระบะด้วยเทปกาว

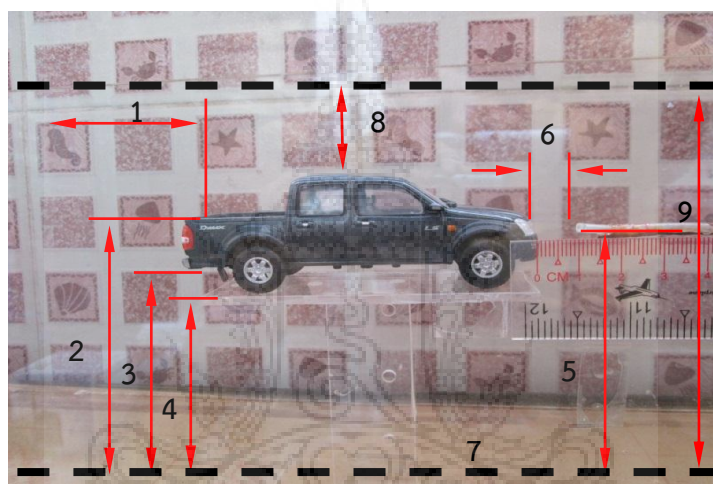
(ข) กรณีปิดกระบะ

รูปที่ 4.5 แบบจำลอง (Model) ที่ใช้การทดสอบอุโมงค์น้ำ

ตารางที่ 4.3 สภาวะการทดสอบแบบจำลอง (Model)

รายละเอียด	อัตราการไหล	ความเร็ว (m/s)	พื้นที่ตัด (m ²)
น้ำ (ในอุโมงค์น้ำ)	0.4 (liter/s)	0.169	0.237
ชุดจำลองการไหลของอากาศ (ท่อพ่นสี)	0.0027 (cc/s)	1.63×10^{-6}	0.0017

อย่างไรก็ตามก่อนการทดสอบแบบจำลอง (Model) มีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้ คือ การเตรียมอุโมงค์น้ำ โดยเริ่มจากการนำอุโมงค์น้ำมาวางไว้บนแท่นรองรับอุโมงค์น้ำแล้วจึงนำแบบจำลอง (model) มาติดตั้งในตำแหน่งที่กำหนดไว้ ตามรูปที่ 4.6 ซึ่งรายละเอียดการวางตำแหน่งแบบจำลองแสดงดังตารางที่ 4.4 หลังจากนั้นเปิดน้ำใส่อุโมงค์น้ำในจำนวนที่กำหนด แล้วจึงทำการติดตั้งอุปกรณ์ปล่อยสีและเปิดปั้มน้ำเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการทดสอบ ซึ่งการทดสอบได้กำหนดตำแหน่งต่างๆ ของแบบจำลองขึ้น โดยพิจารณาจากพฤติกรรมการไหลของสีที่ไหลผ่านแบบจำลอง (Model) เนื่องจากเป็นระยะที่สามารถอธิบายพฤติกรรมการไหลของสีเหมาะสมที่สุด ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.6 ตำแหน่งการติดตั้งแบบจำลองในอุโมงค์น้ำ

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดการติดตั้งแบบจำลอง

ตำแหน่งที่	ความหมาย	ระยะ (mm)
1	ระยะจากท้ายของกระบะถึงทางออกของอุโมงค์น้ำ	152
2	ระยะจากขอบกระบะถึงพื้นอุโมงค์น้ำ	134
3	ระยะจากใต้ท้อง Model ถึงพื้นผิวด้านล่างของอุโมงค์น้ำ	107
4	ระยะจากฐานรอง Model ถึงพื้นอุโมงค์น้ำ	97
5	ระยะจากท่อพ่นสีถึงพื้นอุโมงค์น้ำ	124
6	ระยะห่างจากท่อพ่นสีถึงด้านหน้า Model	10
7	พิกัดอ้างอิงของน้ำบริเวณพื้นล่างของอุโมงค์น้ำ	-
8	ระยะห่างจากผิวน้ำถึงหลังคาแบบจำลอง	38
9	ระยะห่างระหว่างพิกัดอ้างอิงของน้ำบริเวณพื้นล่างถึงผิวน้ำด้านบน	172

4.2 ผลการทดสอบ

4.2.1 ผลการทดสอบความดันลมยางแบบ Road test

ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความดันลมยางที่แตกต่างกันทั้ง 3 กรณี คือกรณีมาตรฐาน แสดงดังตารางที่ 4.5 กรณีความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.6 และ 4.7 ส่วนในกรณีผลการทดสอบค่าความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐาน แสดงดังตารางที่ 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางค่ามาตรฐาน (29/41 psi)

ครั้งที่	ความเร็วเฉลี่ย (km/hr)	ระยะทาง (km)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง		AVG (on board)
			(km/liter)	(Liter/100 km)	(Liter/100 km)
1	72.16	143.40	18.28	5.47	7.1
2	71.70	141	17.85	5.60	7.1
3	73.29	135.70	17.22	5.81	7
เฉลี่ย	72.38	140.03	17.78	5.63	7.07

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (25/37 psi)

ครั้งที่	ความเร็วเฉลี่ย (km/hr)	ระยะทาง (km)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง		AVG (on board)
			(km/liter)	(Liter/100 km)	(Liter/100 km)
1	72.43	131.30	16.76	5.97	7.5
2	70.41	131.30	16.78	5.96	7.45
3	72.21	135.10	17.27	5.79	7.3
เฉลี่ย	71.68	132.57	16.94	5.91	7.42

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (27/39 psi)

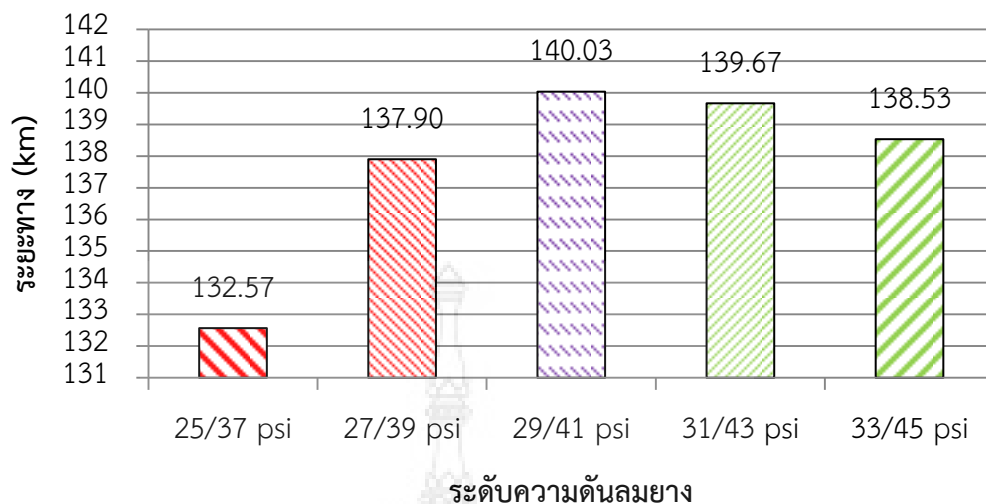
ครั้งที่	ความเร็วเฉลี่ย (km/hr)	ระยะทาง (km)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง		AVG (on board) (Liter/100 km)
			(km/liter)	(Liter/100 km)	
1	72.18	143	18.20	5.50	7.3
2	73.54	137.3	17.46	5.73	7.25
3	72.91	133.4	16.96	5.90	7.2
เฉลี่ย	72.88	137.90	17.54	5.71	7.25

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐาน (31/43 psi)

ครั้งที่	ความเร็วเฉลี่ย (km/hr)	ระยะทาง (km)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง		AVG (on board) (Liter/100 km)
			(km/liter)	(Liter/100 km)	
1	72.25	144.70	18.37	5.44	5.9
2	72.12	138.20	17.57	5.69	5.9
3	71.39	136.10	17.22	5.81	6
เฉลี่ย	71.92	139.67	17.72	5.65	5.93

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐาน (35/45 psi)

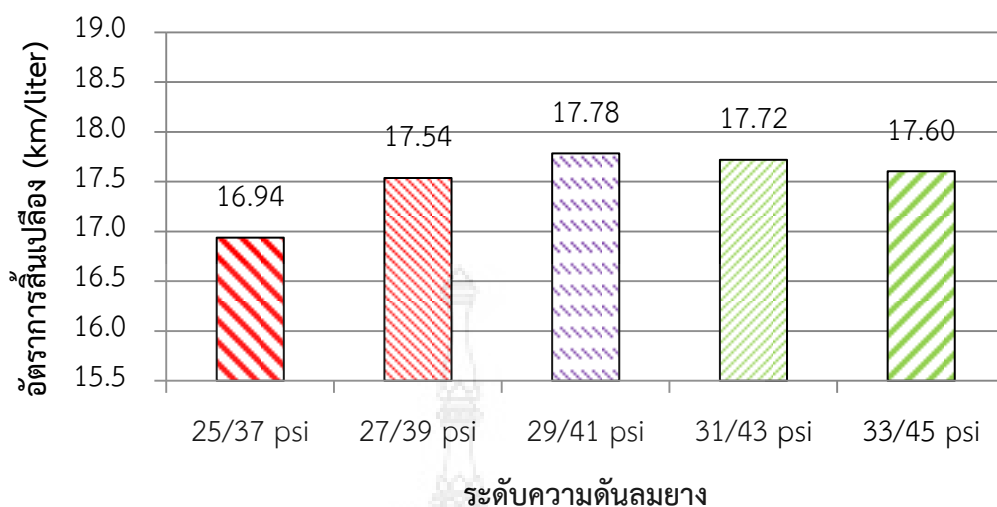
ครั้งที่	ความเร็วเฉลี่ย (km/hr)	ระยะทาง (km)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง		AVG (on board) (Liter/100 km)
			(km/liter)	(Liter/100 km)	
1	72.19	146	18.58	5.38	6.2
2	72.66	135.60	17.23	5.80	6.15
3	72.16	134	17	5.88	6.2
เฉลี่ย	72.34	138.53	17.60	5.69	6.18



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและระยะทางของการทดสอบแบบ Road test

จากรูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและระยะทางของการทดสอบแบบ Road test ในแต่ละกรณีภายใต้เงื่อนไขการทดสอบตามตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่ากรณีระดับความดันลมยางค่ามาตรฐานที่ 29/41 psi ทดสอบได้ระยะทาง 140.03 km ในขณะที่กรณีระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ 25/37 psi และ 27/39 psi ตามลำดับ ที่มีระยะทางการวิ่งทดสอบ 132.57 km และ 137.90 km ตามลำดับ โดยมีระยะทางน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกรณีค่ามาตรฐานที่ 7.46 km และ 2.13 km ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 5.33 และ 1.52 ตามลำดับ

ในขณะที่กรณีระดับความดันสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ 31/43 psi และ 33/45 psi ทดสอบได้ระยะทาง 139.67 km และ 138.53 km ตามลำดับ โดยมีระยะทางน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกรณีค่ามาตรฐานที่ 0.36 km และ 1.5 km ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.26 และ 1.07



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของการทดสอบแบบ Road test

จากรูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของการทดสอบแบบ Road test ในแต่ละกรณี ภายใต้เงื่อนไขการทดสอบตามตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่ากรณีระดับความดันลมยางค่ามาตรฐานที่มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 17.78 km/liter หรือ 5.63 Liter/100 km ในขณะที่กรณีระดับความดันลมยางที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ 25/37 psi และ 27/39 psi มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ 16.94 km/liter หรือ 5.91 Liter/100 km และ 17.54 km/liter หรือ 5.71 Liter/100 km ตามลำดับ ส่วนในกรณีระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ 31/43 psi และ 33/45 psi มีอัตราการสิ้นเปลืองที่ 17.72 km/liter หรือ 5.65 Liter/100 km และ 17.60 km/liter หรือ 5.69 Liter/100 km ตามลำดับ

ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในกรณีระดับความดันลมยางที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (25/37 psi) มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงสุด (16.94 km/liter) และในกรณีระดับความดันลมยางค่ามาตรฐาน (29/41 psi) มีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุด (17.78 km/liter) อย่างไรก็ตาม ผลการประเมิน AVG on board ตามตารางที่ 4.5 ถึง 4.9 ถูกใช้เพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มอัตราการสิ้นเปลืองกับการทดสอบจริง ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณและผลที่ได้จาก AVG on board ในแต่ละกรณี มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยไปในทิศทางตรงกันข้ามกับการทดสอบจริง เนื่องจาก AVG on board เป็นเพียงการแสดงผลการคำนวณที่ได้จากการประเมิน ตามอุปกรณ์ตรวจวัด (sensor) ของการขับขี่ขณะนั้นๆ (real time) จึงทำให้ค่าที่แสดง มีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงได้

4.2.2 ผลการทดสอบความดันลมยางแบบ Roller test Bench

ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความดันลมยางที่แตกต่างกันทั้ง 3 กรณี คือกรณีมาตรฐาน แสดงดังตารางที่ 4.10 กรณีความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.11 และ 4.12 ส่วนในกรณีผลการทดสอบค่าความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐาน แสดงดังตารางที่ 4.13 และ 4.14 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางค่ามาตรฐาน (29/41 psi)

ครั้งที่	ความเร็วเฉลี่ย (km/hr)	ระยะทาง (km)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง		AVG (on board)
			(km/liter)	(Liter/100 km)	(Liter/100 km)
1	72.75	19.4	22.39	4.47	4
2	72	26.4	27.37	3.65	4
3	70.50	28.2	29.11	3.43	3.9
เฉลี่ย	71.75	24.67	26.29	3.85	3.97

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (25/37 psi)

ครั้งที่	ความเร็วเฉลี่ย (km/hr)	ระยะทาง (km)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง		AVG (on board)
			(km/liter)	(Liter/100 km)	(Liter/100 km)
1	70.36	25.8	26.85	3.72	3.8
2	73.33	22	22.90	4.37	3.8
3	74.21	23.5	24.87	4.02	3.8
เฉลี่ย	72.64	23.767	24.87	4.04	3.80

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (27/39 psi)

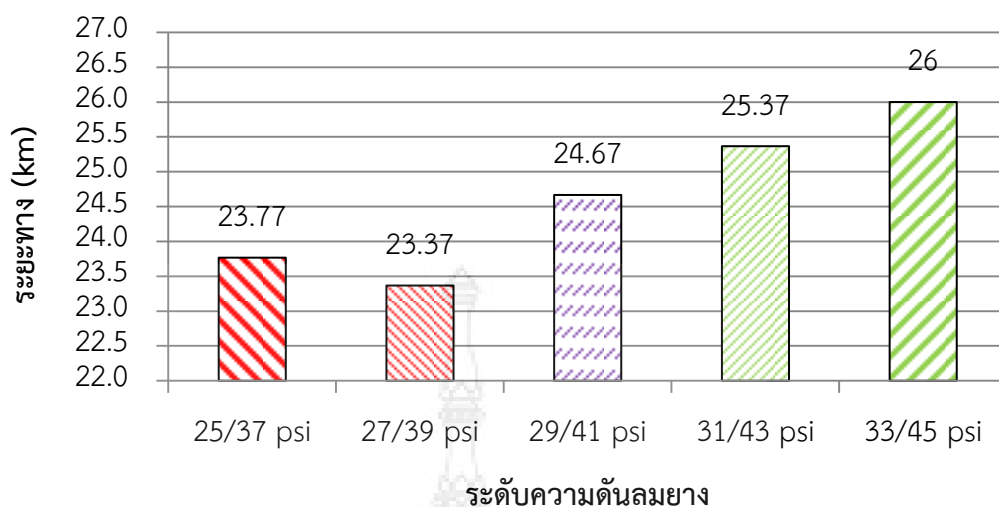
ครั้งที่	ความเร็วเฉลี่ย (km/hr)	ระยะทาง (km)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง		AVG (on board) (Liter/100 km)
			(km/liter)	(Liter/100 km)	
1	70.67	21.20	23.51	4.25	3.8
2	73.71	25.80	26.96	3.71	3.8
3	71.37	23.10	25.39	3.94	3.9
เฉลี่ย	71.92	23.37	25.29	3.97	3.83

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐาน (31/43 psi)

ครั้งที่	ความเร็วเฉลี่ย (km/hr)	ระยะทาง (km)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง		AVG (on board) (Liter/100 km)
			(km/liter)	(Liter/100 km)	
1	72.30	24.1	24.88	4.02	3.9
2	70.91	26	26.95	3.71	3.9
3	70.91	26	27.06	3.70	3.9
เฉลี่ย	71.37	25.37	26.30	3.81	3.90

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐาน (35/45 psi)

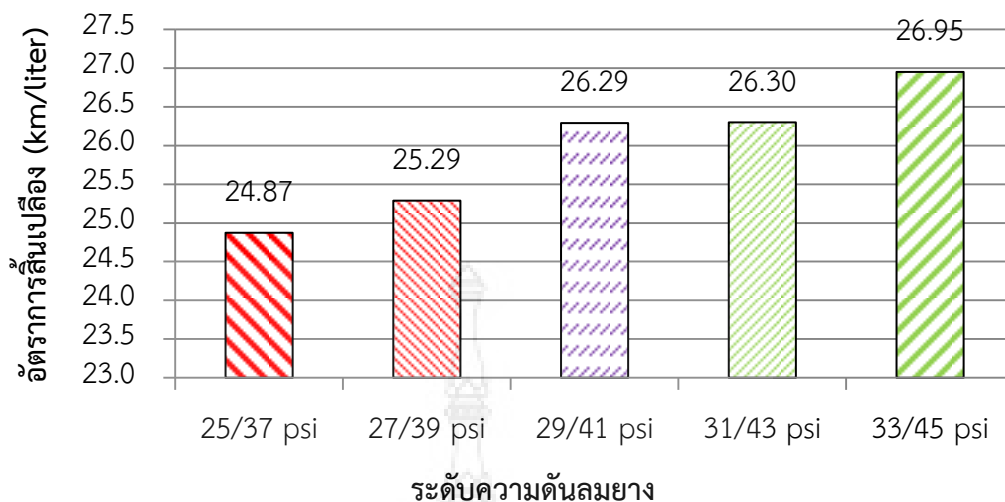
ครั้งที่	ความเร็วเฉลี่ย (km/hr)	ระยะทาง (km)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง		AVG (on board) (Liter/100 km)
			(km/liter)	(Liter/100 km)	
1	72	25.2	26.23	3.81	3.9
2	72.55	26.6	27.35	3.66	3.9
3	71.45	26.2	27.27	3.67	3.9
เฉลี่ย	72	26	26.95	3.71	3.90



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและระยะทางของการทดสอบแบบ Roller test Bench

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและระยะทางของการทดสอบแบบ Roller test Bench จากรูปที่ 4.9 ในแต่ละกรณีภายใต้เงื่อนไขการทดสอบตามตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่ากรณีระดับความดันลมยางค่ามาตรฐานที่ 29/41 psi ทดสอบได้ระยะทาง 24.67 km ในขณะที่กรณีระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ 25/37 psi และ 27/39 psi มีระยะทางการวิ่งทดสอบ 23.77 km และ 23.37 km ตามลำดับ โดยมีระยะทางน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกรณีค่ามาตรฐานที่ 0.9 km และ 1.3 km หรือคิดเป็นร้อยละ 3.65 และ 5.27

ในขณะที่กรณีระดับความดันสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ 31/43 psi และ 33/45 psi ทดสอบได้ระยะทาง 25.37 km และ 26 km โดยมีระยะทางมากกว่าเมื่อเทียบกับกรณีค่ามาตรฐานที่ 0.7 km และ 1.33 km หรือคิดเป็นร้อยละ 2.84 และ 5.4



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและอัตราการใช้เชื้อเพลิงของการทดสอบแบบ Roller test Bench

จากรูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและอัตราการใช้เชื้อเพลิงของการทดสอบแบบ Roller test Bench ในแต่ละกรณีภายใต้เงื่อนไขการทดสอบตามตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่ากรณีระดับความดันลมยางค่ามาตรฐานที่มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ 26.29 km/liter หรือ 3.85 Liter/100 km ในขณะที่กรณีระดับความดันลมยางที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ 25/37 psi และ 27/39 psi มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ 24.87 km/liter หรือ 4.04 Liter/100 km และ 25.29 km/liter หรือ 3.97 Liter/100 km ตามลำดับ ส่วนในกรณีระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ 31/43 psi และ 33/45 psi มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ 26.30 km/liter หรือ 3.81 Liter/100 km และ 26.95 km/liter หรือ 3.71 Liter/100 km

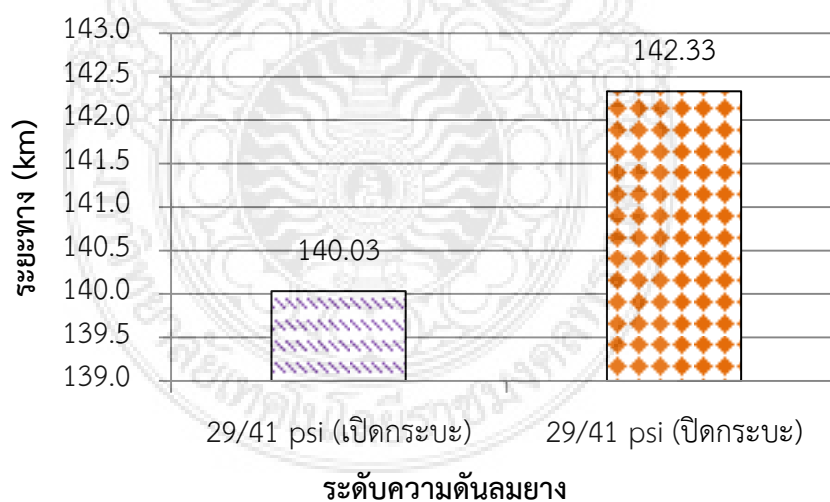
ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าอัตราการใช้เชื้อเพลิง ในกรณีระดับความดันลมยางที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ (25/37 psi) มีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงสุด (24.87 km/liter) แต่ในทางกลับกันในกรณีระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐาน (33/45 psi) มีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุด (29.65 km/liter) อย่างไรก็ตามผลการประเมิน AVG on board ตามตารางที่ 4.10 ถึง 4.14 มีลักษณะเดียวกับการทดสอบแบบ Road test จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว

4.2.3 ผลการทดสอบการเปิด-ปิดกระบะ

ผลการทดสอบการเปิด-ปิดกระบะ นั้นในกรณีการเปิดกระบะใช้ผลการทดสอบตามตารางที่ 4.5 เนื่องจากการทดสอบที่ระดับความดันลมยาง (มาตรฐาน) ส่วนผลการทดสอบในกรณีการปิดกระบะ แสดงดังตารางที่ 4.15

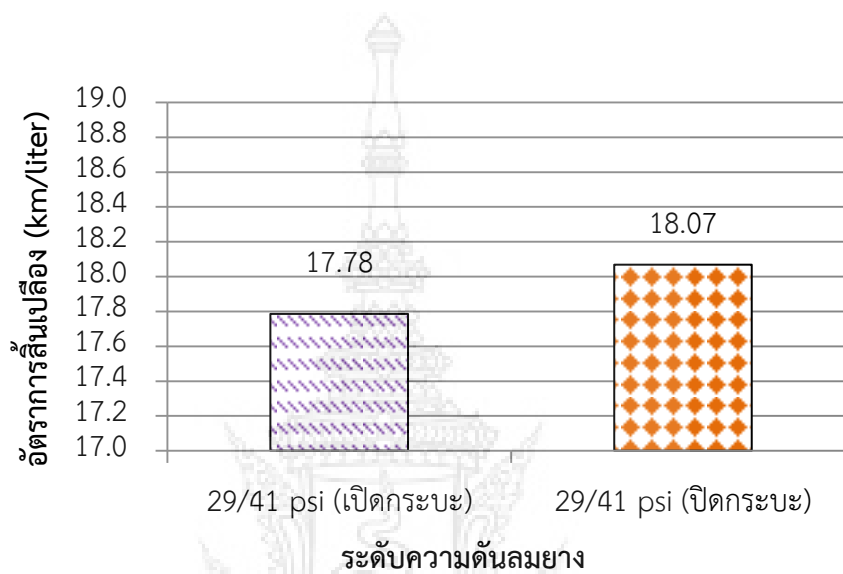
ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบการปิดกระบะที่ระดับความดันลมยางค่ามาตรฐาน (29/41 psi)

ครั้งที่	ความเร็วเฉลี่ย (km/hr)	ระยะทาง (km)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง		AVG (on board) (Liter/100 km)
			(km/liter)	(Liter/100 km)	
1	75.47	150	19.03	5.25	5.9
2	73.49	143.20	18.17	5.50	6.85
3	72.11	133.80	17.01	5.88	6.55
เฉลี่ย	73.69	142.33	18.07	5.55	6.43



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและระยะทางในกรณีการเปิด-ปิดกระบะของการทดสอบแบบ Road test

จากรูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและระยะทางในกรณีการเปิด-ปิด กระบะของการทดสอบแบบ Road test ในแต่ละกรณีภายใต้เงื่อนไขการทดสอบตามตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่ากรณีการเปิดกระบะ ทดสอบได้ระยะทาง 140.03 km ในขณะที่กรณีการปิดกระบะมี ระยะทางการวิ่งทดสอบ 142.33 km โดยมีระยะทางมากกว่าเมื่อเทียบกับกรณีการเปิดกระบะที่ 2.3 km หรือคิดเป็นร้อยละ 1.64



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในกรณีการ เปิด-ปิดกระบะของการทดสอบแบบ Road test

จากรูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันลมยางและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในกรณีการเปิด-ปิดกระบะของการทดสอบแบบ Road test ในแต่ละกรณีภายใต้เงื่อนไขการทดสอบ ตามตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่ากรณีการเปิดกระบะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 17.78 km/liter หรือ 5.63 liter/100 km ในขณะที่กรณีปิดกระบะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 18.07 km/liter หรือ 5.55 liter/100 km ดังนั้นแสดงให้เห็นว่ากรณีการเปิดกระบะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่า กรณีการปิดกระบะ (17.78 km/liter)

ตารางที่ 4.16 สรุปผลการทดสอบแบบ Road test

กรณี		ระยะทาง เฉลี่ย (km)	อัตราการ สิ้นเปลืองเฉลี่ย (km/liter)	ผลต่างเมื่อเปรียบเทียบกับความดัน ลมยางมาตรฐาน (%)
ความดัน ลมยาง	มาตรฐาน	140.03	17.78	0
	ต่ำ	135.24	17.24	+ 3.03
	สูง	139.1	17.66	+ 0.67
ปริมาตร กระบะ	เปิด	140.03	17.78	0
	ปิด	142.33	18.07	- 1.63

จากตารางที่ 4.16 พบว่าการเปลี่ยนแปลงระดับความดันลมยางค่ามาตรฐาน ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน และสูงกว่าค่ามาตรฐาน มีอัตราการสิ้นเปลือง 17.78 km/liter, 17.24 km/liter และ 17.66 km/liter ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐานมีอัตราการสิ้นเปลืองสูงสุด เมื่อเทียบกับกรณีค่ามาตรฐานซึ่งมีผลต่างเท่ากับ 3.03 % และระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐานมีอัตราการสิ้นเปลือง เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีค่ามาตรฐานซึ่งมีผลต่างเท่ากับ 0.67 %

ในกรณีของการทดสอบการเปิด-ปิดกระบะ พบว่าการทดสอบการเปิดกระบะมีอัตราการสิ้นเปลือง 17.78 km/liter ส่วนกรณีการทดสอบการปิดกระบะมีอัตราการสิ้นเปลือง 18.07 km/liter ซึ่งพบว่าการปิดกระบะมีอัตราการสิ้นเปลืองต่ำกว่ากรณีการเปิดกระบะซึ่งมีผลต่างเท่ากับ 1.63 %

ตารางที่ 4.17 สรุปผลการทดสอบแบบ Roller test Bench

กรณี		ระยะทาง เฉลี่ย (km)	อัตราการ สิ้นเปลืองเฉลี่ย (km/liter)	ผลต่างเมื่อเปรียบเทียบกับความดัน ลมยางมาตรฐาน (%)
ความดัน ลมยาง	มาตรฐาน	24.67	26.29	0
	ต่ำ	23.57	25.08	+ 4.60
	สูง	25.69	26.63	- 1.29

จากตารางที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงระดับความดันลมยางค่ามาตรฐาน ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน และสูงกว่าค่ามาตรฐาน มีอัตราการสิ้นเปลือง 26.29 km/liter, 25.08 km/liter และ 26.63 km/liter ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐานมีอัตราการสิ้นเปลืองสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีค่ามาตรฐานซึ่งมีผลต่างเท่ากับ 4.60 % และในทางตรงกันข้ามระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐานมีอัตราการสิ้นเปลืองต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 1.29 %

4.2.4 ผลการทดสอบด้วยอุโมงค์น้ำ

จากที่กล่าวมาข้างต้นของการทดสอบอุโมงค์น้ำ จะใช้แบบจำลอง (Model) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศผ่านรูปทรงภายนอกของแบบจำลอง ดังนั้นทางผู้จัดทำโครงการจึงใช้ภาพจากการทดสอบแบบจำลอง 3 ช่วง คือ ช่วงเริ่มต้นการไหลของสี ช่วงการไหลผ่านของสีภายนอกและบริเวณกระเบะ และช่วงหลังจากการไหลของสีผ่านกระเบะ สำหรับผลการทดสอบด้วยอุโมงค์น้ำกรณี การเปิดกระเบะ แสดงดังรูปที่ 4.13 ส่วนในกรณีการปิดกระเบะ แสดงดังรูปที่ 4.14 ตามลำดับ



(ก) ช่วงเริ่มต้นการไหลของสี



(ข) ช่วงการไหลผ่านของสีภายนอกและบริเวณกระบะ



(ค) ช่วงหลังจากการไหลของสีผ่านกระบะ

รูปที่ 4.13 การทดสอบ Model ด้วยอุโมงค์น้ำในกรณีการเปิดกระบะ



(ก) ช่วงเริ่มต้นการไหลของสี



(ข) ช่วงการไหลผ่านของสีภายนอกและบริเวณกระบะ



(ค) ช่วงหลังจากการไหลของสีผ่านกระบะ

รูปที่ 4.14 การทดสอบ Model ด้วยอุโมงค์น้ำในกรณีการปิดกระบะ

ตารางที่ 4.18 การเปรียบเทียบพฤติกรรมการไหลของสีของการทดสอบด้วยอุโมงค์น้ำ

ช่วงการไหลของสี	พฤติกรรมกรการไหลของสี	
	สภาวะการเปิดกระบะ	สภาวะการปิดกระบะ
1 (ก)	การไหลของสีเริ่มผ่านรูปทรงแบบจำลอง (Model)	การไหลของสีเริ่มผ่านรูปทรงแบบจำลอง (Model)
2 (ข)	การไหลของสีเริ่มหมุนวน (Vortex) บริเวณกระบะ	การไหลของสีเริ่มหมุนวน (Vortex) บริเวณกระบะน้อยมาก
3 (ค)	เมื่อสีไหลผ่านบริเวณกระบะ พบว่าเกิดการปั่นป่วนของสี ที่บริเวณกระบะและบริเวณท้ายฝาปิดกระบะของแบบจำลอง (Model)	การไหลของสีที่ไหลผ่านกระบะนั้น เกิดการปั่นป่วนของสีที่บริเวณท้ายฝาปิดกระบะของแบบจำลอง (Model) มีน้อยมากเมื่อเทียบกับการเปิดกระบะซึ่งก่อให้เกิดแรงเสริมการเคลื่อนที่ (แรงผลัก)

จากตารางที่ 4.18 แสดงให้เห็นว่าช่วงการไหลของสีเริ่มต้น (ก) ของทั้ง 2 สภาวะ พฤติกรรมกรการไหลของสีผ่านรูปทรงของแบบจำลอง (Model) มีลักษณะพฤติกรรมกรการไหลเหมือนกัน โดยในช่วงการไหลนี้ยังไม่สามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงได้

ในช่วงการไหลของสี (ข) เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 สภาวะ แสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมกรการไหลของสีในสภาวะการเปิดกระบะเกิดการหมุนวน (Vortex) ของสีเด่นชัดกว่า สภาวะการปิดกระบะ นอกเหนือจากนี้ความเข้มของสีในสภาวะการเปิดกระบะยังมีมากกว่าในสภาวะการปิดกระบะ

ส่วนในช่วงการไหลของสี (ค) ในสภาวะการเปิดกระบะ แสดงให้เห็นพฤติกรรมกรการไหลของสีมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในบริเวณพื้นที่กระบะและบริเวณท้ายกระบะ เนื่องจากมีพื้นที่กระบะทำให้อากาศไหลไม่ราบเรียบจึงเกิดการปั่นป่วนของสีนอกจากนี้ยังมีความเข้มของสีมากกว่าในทางตรงกันข้าม สภาวะการปิดกระบะสีที่ไหลผ่านรูปทรงของแบบจำลอง (Model) นั้น จะไหลได้ราบเรียบกว่าสภาวะการเปิดกระบะ อีกทั้งการหมุนวน (Vortex) ของสีที่บริเวณท้ายกระบะมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

จากทั้ง 3 ช่วงการไหลของสี แสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมกรการไหลของสีในสภาวะการปิดกระบะ จะเกิดแรงต้านการเคลื่อนที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะการเปิดกระบะ ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงน้อยกว่าสภาวะการเปิดกระบะ

จากผลการทดสอบ Model ด้วยอุโมงค์น้ำ ในทั้ง 2 กรณี ซึ่งผลที่ได้มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกันกับการทดสอบการเปิด-ปิดกระบะแบบ Road test

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

บทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการศึกษารวมถึงผลการทดสอบ และข้อเสนอแนะ ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงระดับผลความสำเร็จของการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลโครงการ

โครงการนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง จากการเปลี่ยนแปลงระดับความดันลมยาง ทั้ง 3 กรณี ค่าความดันลมยางมาตรฐาน ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน และสูงกว่าค่ามาตรฐาน และการทดสอบการเปิด-ปิดกระเบาะ ซึ่งสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้ในวัตถุประสงค์ อย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์แต่ละข้อสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 ระดับความดันลมยาง

จากการทดสอบการเปลี่ยนแปลงระดับความดันลมยางที่ส่งผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในการทดสอบระดับความดันลมยางแบบ Road test พบว่าในระดับความดันลมยางต่ำกว่ามาตรฐาน (25/37 psi) มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงสุด 16.94 km/liter โดยมีผลต่างอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเมื่อเทียบกับค่าความดันลมยางมาตรฐาน 4.72 % ส่วนการทดสอบระดับความดันลมยางแบบ Roller test Bench พบว่าในกรณีระดับความดันลมยางต่ำกว่ามาตรฐานที่ (25/37 psi) มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงสุด 24.87 km/liter โดยมีผลต่างอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเมื่อเทียบกับค่าความดันลมยางมาตรฐาน 5.4 %

ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 วิธี ภายใต้สภาวะการทดสอบที่ตั้งสมมุติฐานไว้ สามารถสะท้อนให้เห็นว่าระดับความดันลมยางที่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ส่งผลให้อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่ากรณีอื่นๆ

5.1.2 การเปิด และปิดกระเบาะ

จากการทดสอบการเปิด-ปิดกระเบาะ ภายใต้กระบวนการทดสอบที่ตั้งสมมุติฐานที่ตั้งไว้ สำหรับการชี้วัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในกรณีการเปิด และปิดกระเบาะ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในกรณีการเปิดกระเบาะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่ากรณีการปิดกระเบาะ 17.78 km/liter อีกทั้งการทดสอบด้วยอุโมงค์น้ำ แสดงให้เห็นว่าการทดสอบ และผลการทดสอบมีความถูกต้องตามทฤษฎี โดยมี

แนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับการทดสอบแบบ Road test ซึ่งกรณีการเปิดกระเบมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่ากรณีการปิดกระเบ

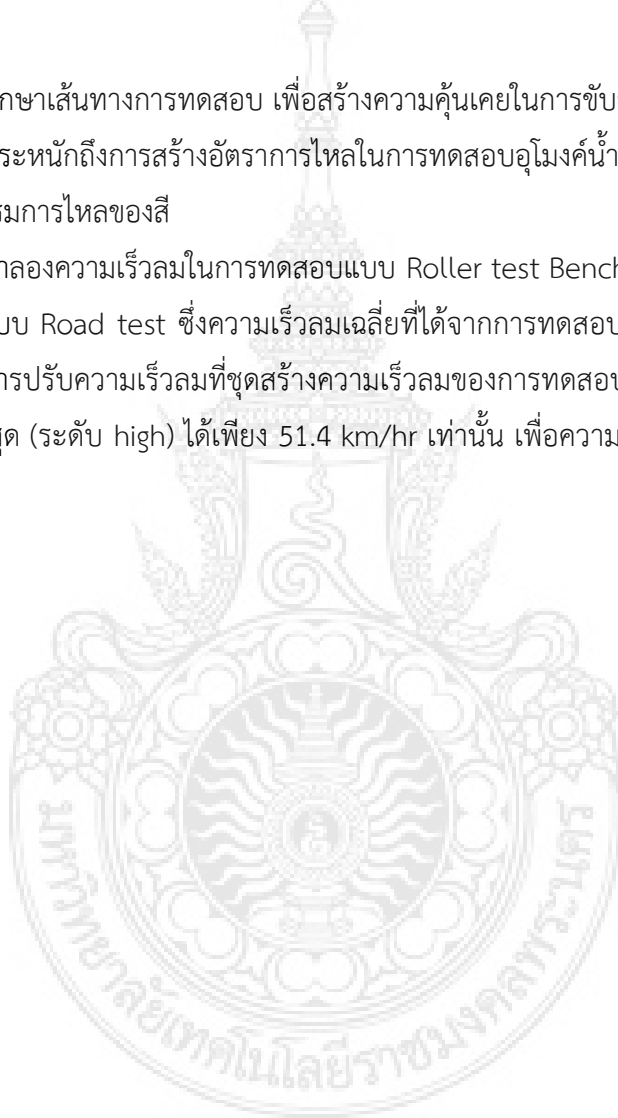
5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ความเร็วเฉลี่ยของรถที่ใช้ในการทดสอบ ควรมีค่าใกล้เคียงกัน เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล

5.2.2 ควรศึกษาเส้นทางการทดสอบ เพื่อสร้างความคุ้นเคยในการขับขี่

5.2.3 ควรตระหนักถึงการสร้างอัตราการไหลในการทดสอบอุโมงค์น้ำ เนื่องจากส่งผลต่อการพิจารณาพฤติกรรมการไหลของสี

5.2.4 การจำลองความเร็วลมในการทดสอบแบบ Roller test Bench ควรมีความเร็วใกล้เคียงกับการทดสอบแบบ Road test ซึ่งความเร็วลมเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบแบบ Road test มีค่า 57 km/hr หากแต่การปรับความเร็วลมที่ชุดสร้างความเร็วลมของการทดสอบแบบ Roller test Bench สามารถสร้างสูงสุด (ระดับ high) ได้เพียง 51.4 km/hr เท่านั้น เพื่อความถูกต้องต่อการเปรียบเทียบข้อมูลทดสอบ



บรรณานุกรม

- [1] อีระยุทธ สุวรรณประทีป. **วิศวกรรมยานยนต์**. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ. วิทยาพัฒนา. พฤศจิกายน, 2552
- [2] **ยางรถยนต์**: <http://www.bridgestone.co.th/th/home/index.aspx>. ค้นเมื่อ วันที่ 1 มีนาคม, 2554
- [3] 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
- [4] C. Halfmann, M. Ayoubi, 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
- [5] 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
- [6] Joshua M. Pearce and Jason T. Hanlon, **Energy conservation from systematic tire pressure regulation**, Clarion University of Pennsylvania, Vol. 35, pp. 2673-2677, 2007
- [7] R.H. Barnard, **Road Vehicle Aerodynamic Design**, Addison Wesley Longman Limited, 1996
- [8] ISUZU D-MAX Hi-Lander space cab, **User Manual**, 2007

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก.
ข้อมูลการทดสอบ



1. ข้อมูลรถ

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลรถก่อนการทดสอบ

ลำดับ	หมายเลขทะเบียน	หมายเลขตัวถัง	รุ่น	เลข ODO meter ก่อนการทดสอบ	เกียร์	ประตู
1	บง 3387	MP1TFR86H7T199219	Hi-Rider Space cab	162220	ธรรมดา	2

2. ข้อมูลการทดสอบแบบ Road Test

2.1 การทดสอบความดันลมยาง

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลการทดสอบระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (หน้า:25 psi, หลัง:37 psi)

ครั้งที่	อุณหภูมิอากาศภายนอก (C)			Start		จุดเช็คผลที่ 1			Run out	
	เริ่มต้น	จุดแวะ	Run out	Odometer (km)	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา
1	32.3	41.2	44	162220	10:35	162323	12:02	12:20	162351.3	12:43
2	42.3	39.5	35.7	162351.3	13:15	162429.5	14:22	15:13	162482.6	15:58
3	36	32.5	32	162482.6	16:37	162579.1	17:55	18:14	162617.7	18:47

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลการทดสอบระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (หน้า:27 psi, หลัง:39 psi)

ครั้งที่	อุณหภูมิอากาศภายนอก (C)			Start		จุดเช็คผลที่ 1			Run out	
	เริ่มต้น	จุดแวะ	Run out	Odometer (km)	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา
1	30.6	42	34.8	162703.5	10:12	162806.3	11:36	11:50	162846.5	12:24
2	42.5	38	34	162846.5	12:57	162917.2	13:54	14:23	162983.8	15:18
3	35.1	29.2	29.2	162983.8	16:00	163082.5	17:20	17:45	163117.2	18:14

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลการทดสอบระดับความดันลมยางค่ามาตรฐาน (หน้า:29 psi, หลัง:41 psi)

ครั้งที่	อุณหภูมิอากาศภายนอก (C)			Start		จุดเช็คผลที่ 1			Run out	
	เริ่มต้น	จุดแวะ	Run out	Odometer (km)	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา
1	31.5	42	34.7	163217.1	10:13	163319.8	11:38	11:58	163360.5	12:32
2	34.5	35.5	35.7	163360.5	13:00	163431.8	14:00	14:20	163501.5	15:18
3	35	32	31	163501.5	15:59	163600.2	17:18	17:39	163637.2	18:10

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลการทดสอบระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐาน (หน้า:31 psi, หลัง:43 psi)

ครั้ง	อุณหภูมิอากาศภายนอก (C)			Start		จุดเช็คผลที่ 1			Run out	
	เริ่มต้น	จุดแวะ	Run out	Odometer (km)	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา
1	31.5	42.7	32.5	163723.4	9:40	163826.1	11:05	11:27	163868.1	12:02
2	33.3	41	35.6	163868.1	12:30	163938.1	13:27	14:10	164006.3	15:08
3	37	32.5	33	164006.3	15:40	164106.3	17:05	17:20	164142.4	17:50

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลการทดสอบระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐาน (หน้า:33 psi, หลัง:45 psi)

ครั้ง	อุณหภูมิอากาศภายนอก (C)			Start		จุดเช็คผลที่ 1			Run out	
	เริ่มต้น	จุดแวะ	Run out	Odometer (km)	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา
1	34.2	34	48	164233.3	8:00	164335.1	9:24	9:54	164379.3	10:31
2	47.5	37	37	164379.3	11:04	164447	11:59	12:15	164514.9	13:12
3	37	35.2	36	164514.9	13:41	164614.3	15:03	15:28	164648.9	15:57

ตารางที่ ก.7 ตารางข้อมูลการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากการทดสอบแบบ Road Test

ลำดับ	กรณี		ลำดับครั้ง การทดสอบ	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ (Liter)	มวลของน้ำมันที่เหลือจากการทดสอบ (g)	ปริมาณเชื้อเพลิงคงเหลือ (Liter)	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ไปกับการทดสอบ (Liter)
1	ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	หน้า: 25 psi หลัง: 37 psi	1	8	136.76	0.166	7.834
			2	8	144.5	0.175	7.825
			3	8	147.15	0.179	7.821
2	ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	หน้า: 27 psi หลัง: 39 psi	1	8	117.13	0.142	7.858
			2	8	110.54	0.134	7.866
			3	8	109.93	0.133	7.867
3	ค่ามาตรฐาน	หน้า: 29 psi หลัง: 41 psi	1	8	128.97	0.157	7.843
			2	8	82.74	0.100	7.900
			3	8	99.01	0.120	7.880
5	สูงกว่าค่ามาตรฐาน	หน้า: 31 psi หลัง: 43 psi	1	8	103.14	0.125	7.875
			2	8	110.05	0.134	7.866
			3	8	77.86	0.094	7.906
6	สูงกว่าค่ามาตรฐาน	หน้า: 33 psi หลัง: 45 psi	1	8	118.29	0.144	7.856
			2	8	107.11	0.130	7.870
			3	8	97.34	0.118	7.882

3. ข้อมูลการทดสอบแบบ Roller test Bench

ตารางที่ ก.8 ข้อมูลการทดสอบระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (หน้า:25 psi, หลัง:37 psi)

วัน/เดือน/ปี	ครั้ง	Start		Run out	
		Odometer (km)	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา
12/12/2012	1	166562.2	9:33	166588	9:55
	2	166588	10:50	166610	11:08
	3	166610	11:45	166633.5	12:04

ตารางที่ ก.9 ข้อมูลการทดสอบระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (หน้า:27psi, หลัง:39 psi)

วัน/เดือน/ปี	ครั้ง	Start		Run out	
		Odometer (km)	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา
12/12/2012	1	166633.5	14:15	166654.7	14:33
	2	166654.7	15:20	166680.5	15:41
	3	166680.5	16:27	166703.6	16:46

ตารางที่ ก.10 ข้อมูลการทดสอบระดับความดันลมยางค่ามาตรฐาน (หน้า:29 psi, หลัง:41 psi)

วัน/เดือน/ปี	ครั้ง	Start		Run out	
		Odometer (km)	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา
18/12/2012	1	166706.9	14:47	166726.3	15:03
	2	166726.3	15:28	166752.7	15:50
	3	166752.7	17:10	166780.9	17:34

ตารางที่ ก.11 ข้อมูลการทดสอบระดับความดันลมยางสูงกว่าค่ามาตรฐาน (หน้า:31psi, หลัง:43psi)

วัน/เดือน/ปี	ครั้ง	Start		Run out	
		Odometer (km)	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา
19/12/2012	1	166780.9	9:26	166805	9:46
	2	166805	10:19	166831	10:41
	3	166831	11:12	166857	11:34

ตารางที่ ก.12 ข้อมูลการทดสอบระดับความดันลมยางต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (หน้า:33psi, หลัง:45psi)

วัน/เดือน/ปี	ครั้ง	Start		Run out	
		Odometer (km)	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา
19/12/2012	1	166857	13:14	166882.2	13:35
	2	166882.2	14:06	166908.8	14:28
	3	166908.8	15:03	166935	15:26

ตารางที่ ก.13 ตารางข้อมูลการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง Roller test Bench

ลำดับ	กรณี		ลำดับครั้ง การ ทดสอบ	ปริมาณ เชื้อเพลิงที่ ใช้ทดสอบ (Liter)	มวลของ น้ำมันที่ เหลือจาก การทดสอบ (g)	ปริมาณ เชื้อเพลิง คงเหลือ (Liter)	ปริมาณ เชื้อเพลิงที่ ใช้ไปกับการ ทดสอบ (Liter)
1	ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	หน้า: 25 psi หลัง: 37 psi	1	1	0.050	0.04	0.96
			2	1	0.050	0.04	0.96
			3	1	0.070	0.05	0.95
2	ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	หน้า: 27 psi หลัง: 39 psi	1	1	0.125	0.10	0.90
			2	1	0.055	0.04	0.96
			3	1	0.115	0.09	0.91
3	ค่ามาตรฐาน	หน้า: 29 psi หลัง: 41 psi	1	1	0.170	0.13	0.87
			2	1	0.045	0.04	0.96
			3	1	0.040	0.03	0.97
4	สูงกว่าค่ามาตรฐาน	หน้า: 31 psi หลัง: 43 psi	1	1	0.040	0.03	0.97
			2	1	0.045	0.04	0.96
			3	1	0.050	0.04	0.96
5	สูงกว่าค่ามาตรฐาน	หน้า: 33 psi หลัง: 45 psi	1	1	0.050	0.04	0.96
			2	1	0.035	0.03	0.97
			3	1	0.050	0.04	0.96

4. ข้อมูลการทดสอบการเปิด-ปิดกระบอก

ตารางที่ ก.14 ข้อมูลการทดสอบกรณีปิดกระบอก (หน้า:29, หลัง:41)

ครั้ง	อุณหภูมิอากาศภายนอก (C)			Start		จุดเช็คผลที่ 1			Run out	
	เริ่มต้น	จุดแวะ	Run out	Odometer (km)	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา	เริ่มต้น เวลา	Odometer (km)	จุดแวะ เวลา
1	33	43	45	164746.1	10:37	164848.8	12:00	12:30	164896.1	13:07
2	34.5	37	29.5	165769.2	9:08	165845.6	10:11	10:40	165912.4	11:34
3	28	31	31	165912.4	12:15	166002.2	13:31	13:50	166046.2	14:26

ตารางที่ ก.15 ตารางข้อมูลการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงกรณีการปิดกระบอก

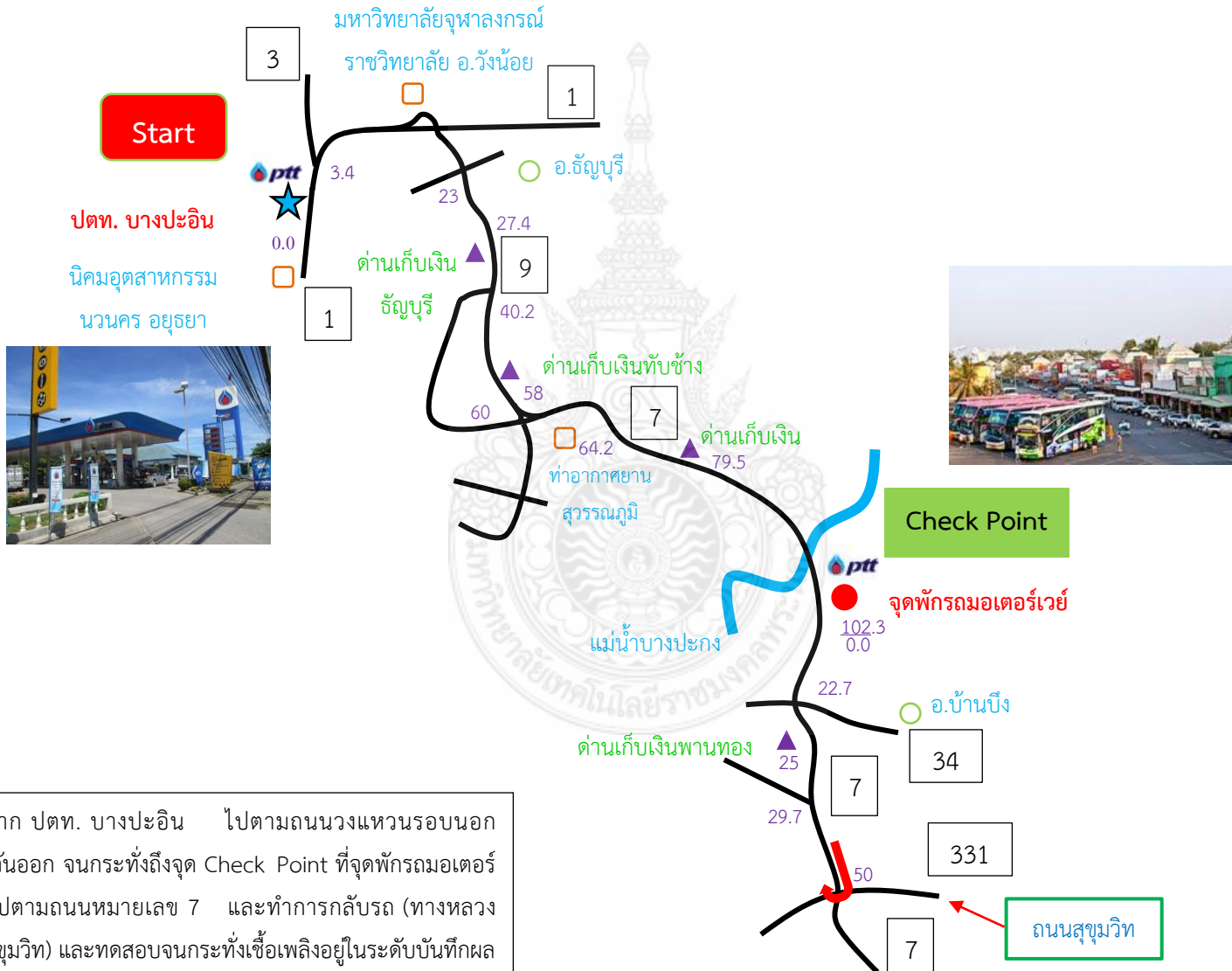
ลำดับ	กรณี		ลำดับครั้ง การทดสอบ	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ (Liter)	มวลของน้ำมันที่เหลือจากการทดสอบ (g)	ปริมาณเชื้อเพลิงคงเหลือ (Liter)	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ไปกับการทดสอบ (Liter)
1	ค่ามาตรฐาน (ปิดกระบอก)	หน้า: 29 psi หลัง: 41 psi	1	8	97.58	0.118	7.882
			2	8	96.3	0.117	7.883
			3	8	109.05	0.132	7.868

ภาคผนวก ข.
แผนที่การทดสอบ



Route: วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานครด้าน

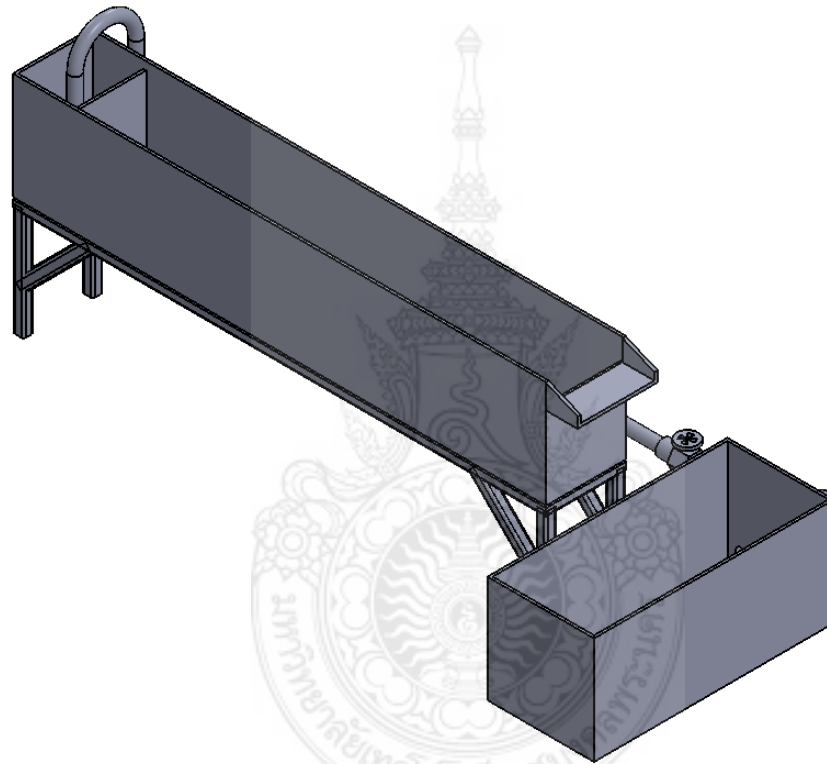
ตะวันออก - ระยอง



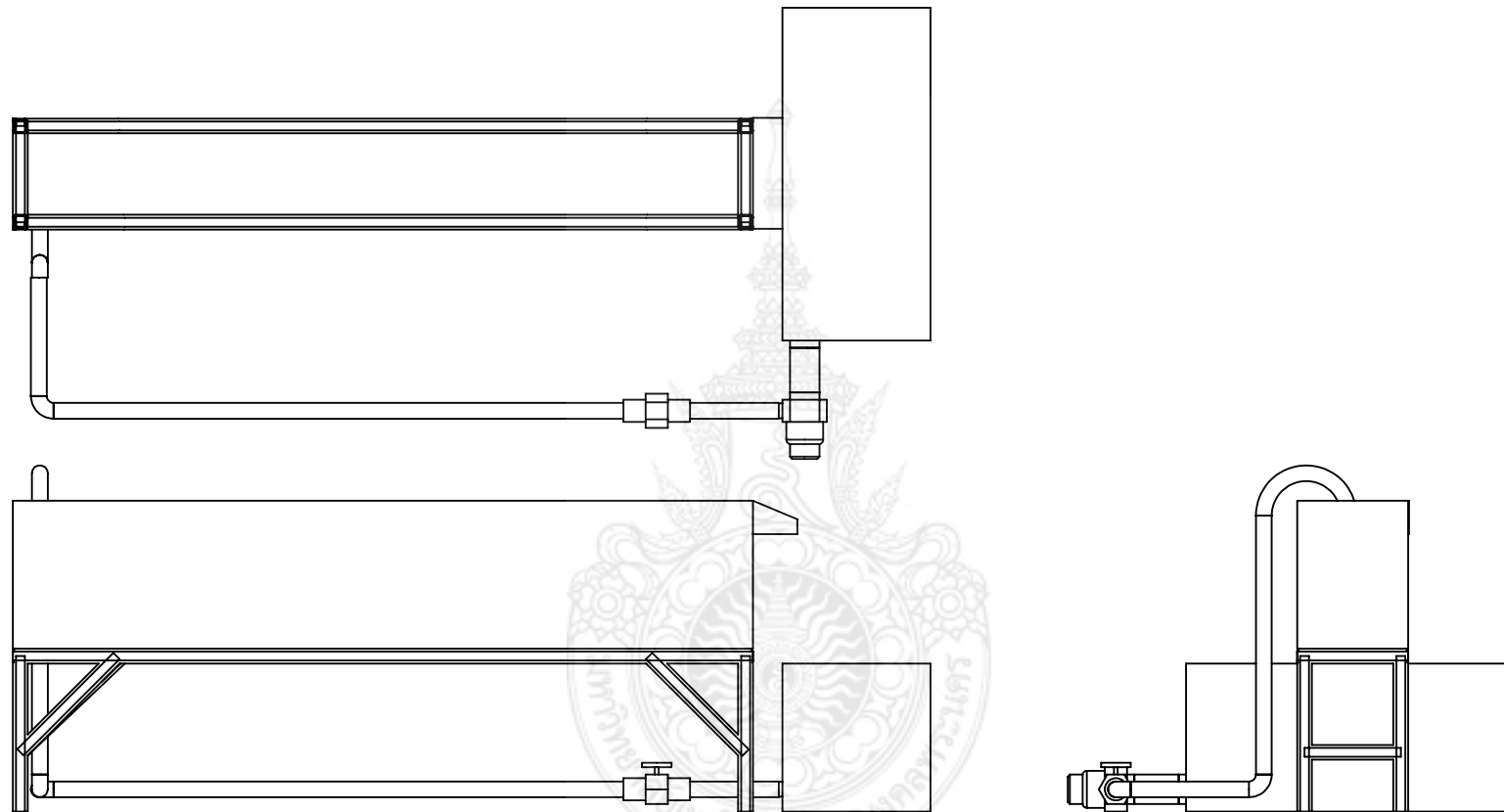
จุดเริ่มต้นการทดสอบจาก ปตท. บางปะอิน ไปตามถนนวงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานครด้านตะวันออก จนกระทั่งถึงจุด Check Point ที่จุดพักรถมอเตอร์เวย์ จากนั้นขับทดสอบไปตามถนนหมายเลข 7 และทำการกลับรถ (ทางหลวงหมายเลข 7 ตัดกับถนนสุขุมวิท) และทดสอบจนกระทั่งเชื้อเพลิงอยู่ในระดับบันทึกผล

ภาคผนวก ค
โครงสร้างอุโมงค์น้ำ

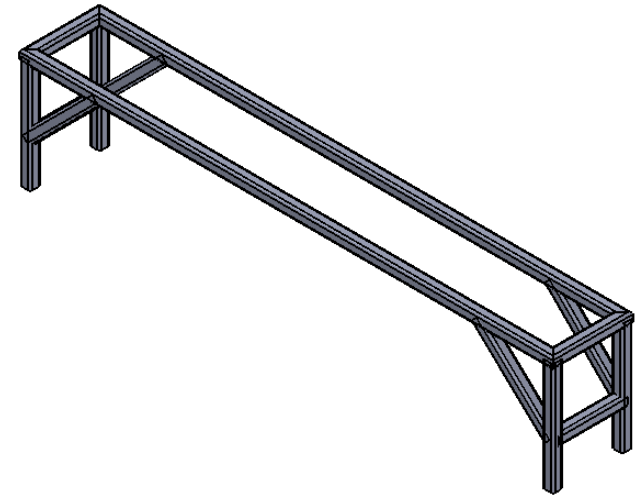
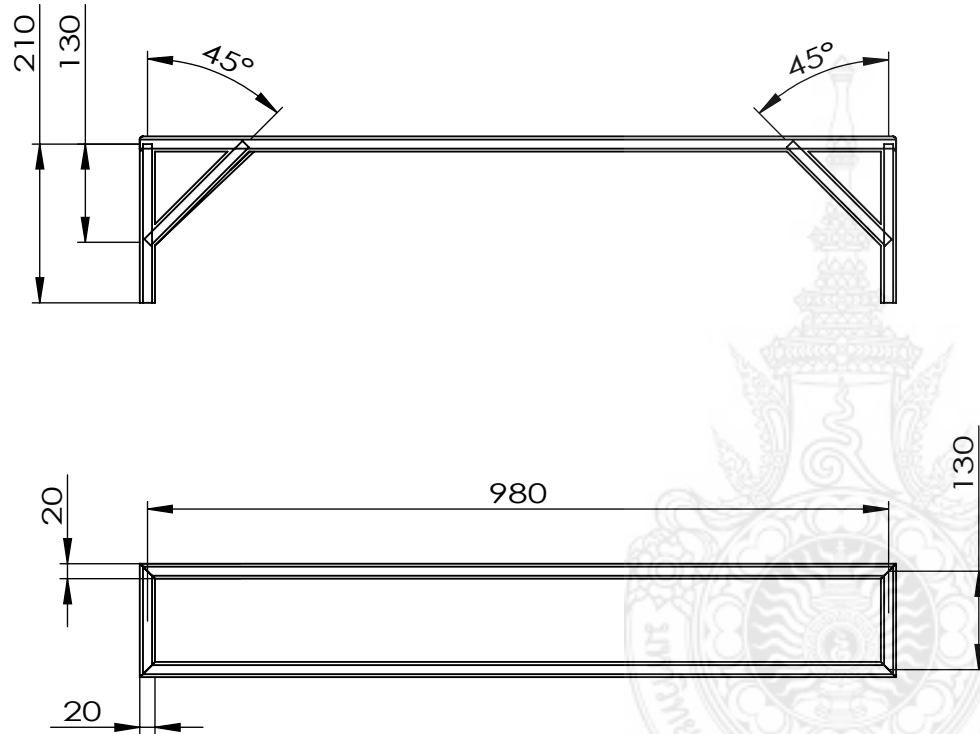




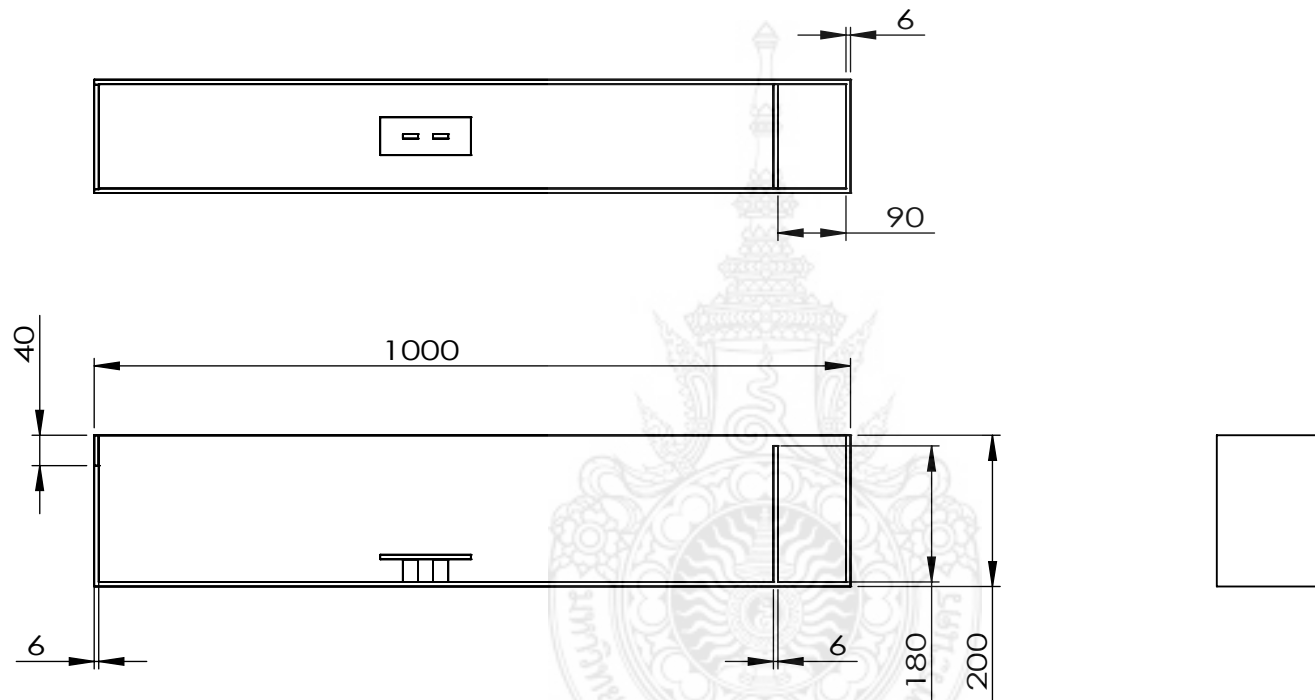
DRAW	WATCHARA SONGSONTHI	Jan 2012	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DESIGN	PAPAS PANGPU	Feb 2012				
APPROVED	-	Feb 2012	TITLE :	ASSEMBLY :	MATERIAL:	SCALE: 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE	A STUDY OF TIRE PRESSURE AND TRAY VOLUME EFFECTED TO FUEI CONSUMPTION	A STUDY OF TIRE PRESSURE AND TRAY VOLUME EFFECTED TO FUEI CONSUMPTION	-	SHEET: 1/7



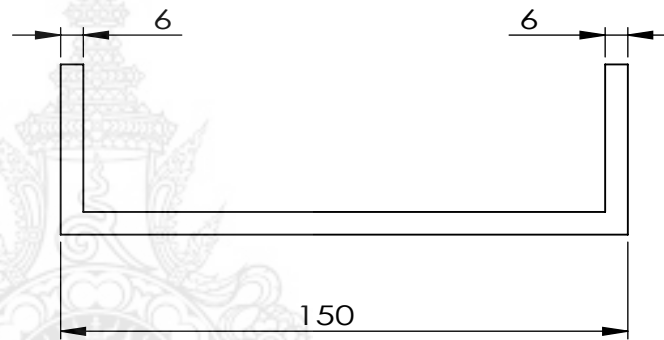
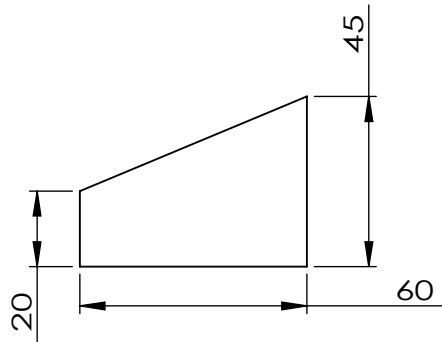
DRAW	WATCHARA SONGSONTHI	Jan 2012	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DESIGN	PAPAS PANGPU	Feb 2012				
APPROVED	PAPAS PANGPU	Feb 2012	TITLE :	ASSEMBLY :	MATERIAL:	SCALE: 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE	A STUDY OF TIRE PRESSURE AND TRAY VOLUME AFFECTED TO FUEL CONSUMPTION	WATER TUNNEL	-	SHEET: 2/7



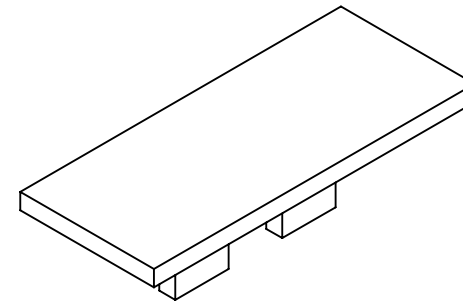
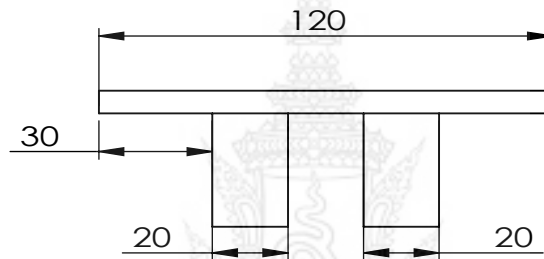
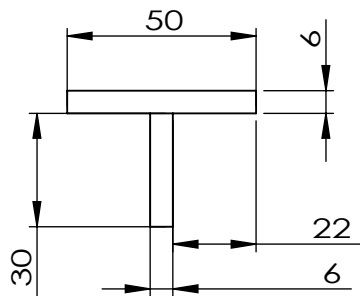
DRAW	WATCHARA SONGSONTHI	Jan 2012	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DESIGN	PAPAS PANGPU	Feb 2012				
APPROVED	PAPAS PANGPU	Feb 2012	TITLE :	ASSEMBLY :	MATERIAL:	SCALE: 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE	A STUDY OF TIRE PRESSURE AND TRAY VOLUME EFFECTED TO FUEL CONSUMPTION	STRUCTURE	Steel box size. 20x20	SHEET: 3/7



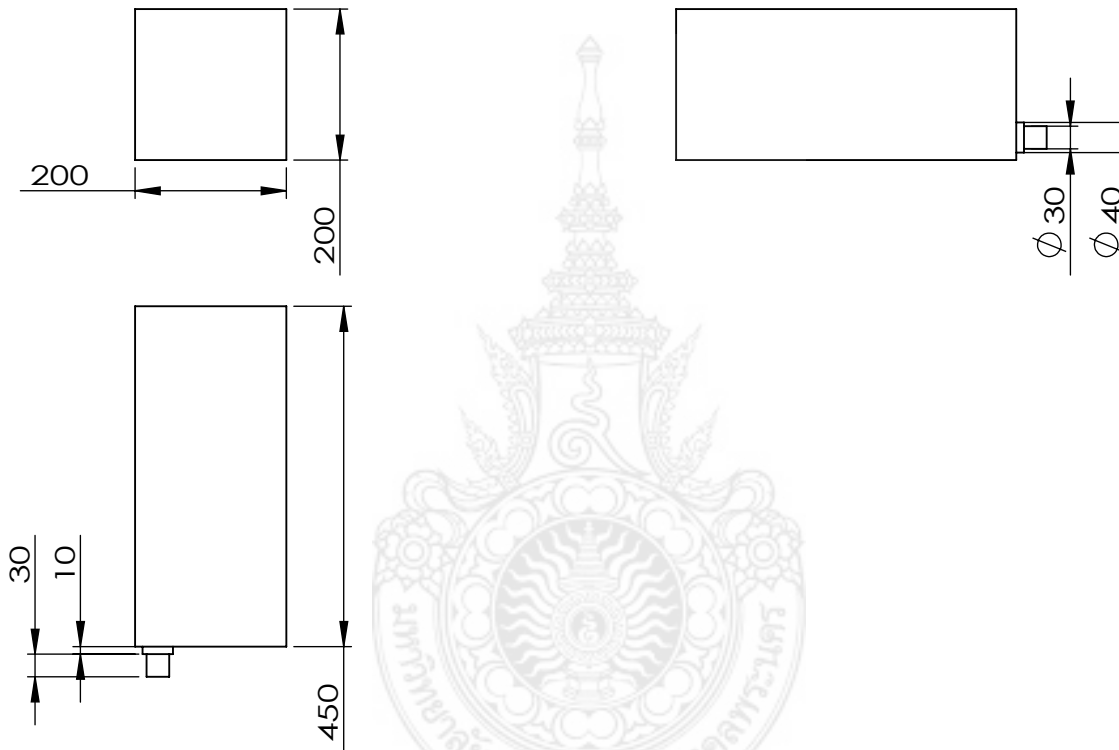
DRAW	WATCHARA SONGSONTHI	Jan 2012	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DESIGN	PAPAS PANGPU	Feb 2012				
APPROVED	PAPAS PANGPU	Feb 2012	TITLE :	ASSEMBLY :	MATERIAL:	SCALE: 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE	A STUDY OF TIRE PRESSURE AND TRAY VOLUME AFFECTED TO FUEL CONSUMPTION	TUNNEL	Acrylic	SHEET: 4/7



DRAW	WATCHARA SONGSONTHI	Jan 2012	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DESIGN	PAPAS PANGPU	Feb 2012				
APPROVED	PAPAS PANGPU	Feb 2012	TITLE :	ASSEMBLY :	MATERIAL:	SCALE: 1:2
DIMENSION : mm	NAME	DATE	A STUDY OF TIRE PRESSURE AND TRAY VOLUME AFFECTED TO FUEL CONSUMPTION	WATER EXIT	Acrylic	SHEET: 5/7



DRAW	WATCHARA SONGSONTHI	Jan 2012	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DESIGN	PAPAS PANGPU	Feb 2012				
APPROVED	PAPAS PANGPU	Feb 2012	TITLE :	ASSEMBLY :	MATERIAL:	SCALE: 1:2
DIMENSION : mm	NAME	DATE	A STUDY OF TIRE PRESSURE AND TRAY VOLUME AFFECTED TO FUEL CONSUMPTION	MODEL SUPPORTION	Acrylic	SHEET: 6/7




DRAW	WATCHARA SONGSONTHI	Jan 2012	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DESIGN	PAPAS PANGPU	Feb 2012				
APPROVED	PAPAS PANGPU	Feb 2012	TITLE :	ASSEMBLY :	MATERIAL:	SCALE: 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE	A STUDY OF TIRE PRESSURE AND TRAY VOLUME AFFECTED TO FUEL CONSUMPTION	WATER RESERVED	Acrylic	SHEET: 7/7

ประวัติผู้จัดทำโครงการ



ประวัติผู้จัดทำโครงการ

ชื่อ-สกุล	วัชระ สงสนธิ	
วัน-เดือน-ปีเกิด	29 มีนาคม 2532	
ที่อยู่	90 หมู่ 4 ต. นาฝื่อ อ.เมือง จ. อำนาจเจริญ 37000	
ประวัติการศึกษา		
ปวช.	สาขาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอำนาจเจริญ พ.ศ. 2549	
ปวส.	สาขาช่างยนต์ โรงเรียนเทคโนโลยียานยนต์ พ.ศ. 2551	
วศบ.	สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2555	
โทรศัพท์	08-2372-1949	
E-mail address	Songsonphi53@hotmail.com	



ประวัติผู้จัดทำโครงการ

ชื่อ-สกุล	ประภาส เพ็งภู
วัน-เดือน-ปีเกิด	13 สิงหาคม 2530
ที่อยู่	56 หมู่ 2 ต. ดงขวาง อ.หนองขาหย่าง จ. อุทัยธานี 61130
ประวัติการศึกษา	
ปวช.	สาขาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี พ.ศ. 2549
ปวส.	สาขาช่างยนต์ พระรามหกเทคโนโลยี พ.ศ. 2551
วศบ.	สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2555
โทรศัพท์	08-2445-7621
E-mail address	kang055360@hotmail.com

