การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22
15-17 ตุลาคม 2551 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

การลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถกระบะ โดยการคลุมผ้าใบที่ช่วงท้ายกระบะ

Reduction of Fuel Consumption of a Pickup by Canvas Covering the Pick-Up Cargo

ยุทธชัย เกี้ยวสันเทียะ*[1] ประโยชน์ ชมภูบุตร[2]
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล
ถนนมิตรภาพ ตำบลบ้านเกาะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 *Email: KEAWSA2000@YAHOO.COM

Yuttachai Keawsuntia*[1] Prayod Chombhubutr[2]
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Vongchavalitkul University.
Muang, Nakhonratchasima, 30000, Thailand. *Email: KEAWSA2000@YAHOO.COM

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถกระบะโดยการคลุมผ้าใบที่ช่วงกระบะท้าย จากการจำลองสภาพการไหลของอากาศเมื่อไหลผ่านตัวรถกระบะที่ความเร็วต่าง ๆ กันโดยใช้โปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ พบว่า ที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การคลุมผ้าใบไม่มีผลต่อสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศส่งผลให้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อรถมีความเร็วมากขึ้น เช่น ความเร็ว 90 และ 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การคลุมผ้าใบที่ช่วงกระบะท้ายสามารถลดค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศลงได้ ส่งผลให้เครื่องยนต์มีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลดลงประมาณ 5.7 เปอร์เซนต์ ทั้งสองความเร็ว

Abstract

The fuel consumption reduction of a pickup truck resulted from canvas covering the pick-up cargo by was studied. The air flow simulation at different speed, using computational fluid dynamics program was undertaken. At 60 kilometer per hour speed, canvas covering has no impact on drag force coefficient therefore fuel consumption rate did no change. When the pickup speeds were at 90 and 120 kilometer per hour, canvas covering decreased the drag force coefficients and fuel consumption decreased by 5.5% for both cases.

1. บทนำ

รถยนต์เป็นยานพาหนะที่มนุษย์สร้างขึ้นตั้งแต่ ค.ศ. 1769 จนมาถึงปัจจุบัน [1] การสร้างรถยนต์ในยุคแรกสร้างมาเพื่อใช้ในการทหารโดยใช้ลากปืนใหญ่ แต่ปัจจุบันรถยนต์ได้ถูกสร้างเพื่อใช้อำนวยความสะดวก เช่น ใช้ในการโดยสาร การขนส่งสินค้า เป็นต้น รถยนต์ที่ใช้ในการขนส่งสินค้าส่วนใหญ่เป็นรถที่มีส่วนท้ายเป็นกระบะอยู่ด้านหลัง เรียกทั่วไปว่ารถปิคอัพหรือรถกระบะ ปัจจุบันรถกระบะได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในเมืองไทย เนื่องจากสามารถใช้งานได้หลายอย่างตามความต้องการของผู้ใช้ แต่เนื่องจากเวลาที่รถกระบะวิ่งไปตามถนนนั้นจะมีกระแสอากาศพุ่งผ่านรอบตัวรถรวมทั้งช่วงที่เป็นกระบะท้ายด้วย กระแสอากาศที่ไหลผ่านช่วงกระบะท้ายนี้ทำให้เกิดการหมุนวนของอากาศเป็นผลให้รถเคลื่อนที่ได้ช้าลงหรือรถนั้นเกิดแรงต้าน (Drag Force) ทำให้รถต้องเสียพลังงานส่วนหนึ่งไปกับการเอาชนะแรงต้านเหล่านี้ นั่นหมายความว่าเครื่องยนต์ต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น ในสภาวะการณ์ปัจจุบันราคาของน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาที่สูงขึ้นและไม่มีแนวโน้มที่จะลดลง ทำให้รัฐบาลได้ออกมาตรการด้านการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง ตัวอย่างเช่น การขับรถที่ความเร็วไม่เกิน 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไม่บรรทุกของที่ไม่จำเป็นหรือใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นๆที่ไม่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เป็นต้น ทางผู้ทำการศึกษาได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในด้านการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงของรถกระบะในอีกรูปแบบหนึ่ง คือการนำผ้าใบมาคลุมช่วงกระบะท้ายเพื่อให้การไหลเวียนของอากาศบริเวณนี้ดีขึ้น และเพื่อลดแรงต้านของอากาศที่กระทำกับตัวรถจึงได้คิดที่จะศึกษาอากาศพลศาสตร์ของรถกระบะเพื่อส่งผลให้เกิดการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาสภาพการไหลของอากาศที่ผ่านตัวรถรวมถึงช่วงกระบะท้ายในกรณีที่มีคลุมผ้าใบและไม่มีคลุมผ้าใบที่ความเร็วของอากาศต่างกันเพื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศโดยใช้โปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ รวมถึงศึกษาการประหยัดน้ำมันเมื่อมีการติดตั้งแผ่นผ้าใบที่ช่วงกระบะท้าย

2. ทฤษฎี

แรงต้านอากาศที่กระทำกับรถยนต์ [2] คือแรงฉุดที่เกิดขึ้นบนผิวของรถยนต์อันเนื่องมาจากแรงดันและแรงเสียดทานของอากาศที่ไหลผ่านรถยนต์ การออกแบบรูปทรงของรถยนต์จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงหลักการทางอากาศพลศาสตร์ของยานยนต์ เนื่องจากกำลังจากเครื่องยนต์ที่ถูกส่งไปยังล้อไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ไม่เต็มที่เพราะเกิดการสูญเสียในระบบถ่ายทอดกำลัง (Transmission loss) ในส่วนที่เหลือจะถูกนำไปใช้เพื่อเอาชนะแรงต้านการเคลื่อนที่ต่าง ๆ ได้แก่ แรงต้านอากาศ (Air resistance) แรงต้านการหมุนของล้อ (Rolling resistance) และแรงต้านทางชัน (Gradient resistance) ในขณะที่รถยนต์วิ่งอยู่บนถนน รถยนต์จะถูกกระทำด้วยแรงต้านอากาศและแรงยกของอากาศ โดยค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านและสัมประสิทธิ์แรงยกสามารถหาได้จากสมการที่ (1) และสมการที่ (2)

ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้าน

$$C_d = \frac{F_d}{\left(\frac{1}{2}\right)\rho A V^2} \qquad (1)$$

ค่าสัมประสิทธิ์แรงยก

$$C_l = \frac{F_l}{\left(\frac{1}{2}\right)\rho A V^2} \qquad (2)$$

เมื่อแรงต้านอากาศมากจะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองกำลังจากเครื่องยนต์ ส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นด้วย โดยแรงต้านอากาศเกิดจากส่วนประกอบของแรงสองส่วนคือแรงต้านอากาศเนื่องจากความหนืดของอากาศกับผิวสัมผัสของรถยนต์และแรงต้านอากาศเนื่องจากความแตกต่างของความดันที่กระจายบนผิวสัมผัสของรถยนต์ ค่าสัมประสิทธิ์ความดันของอากาศสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

ค่าสัมประสิทธิ์ความดันของอากาศ

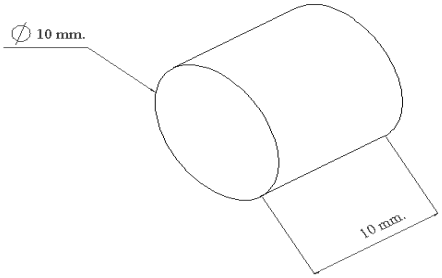
$$C_p = \frac{P - P_0}{\left(\frac{1}{2}\right)\rho V^2} \qquad (3)$$

เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์ไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยม โดยมีส่วนเว้าส่วนนูน ตามความสวยงามของการออกแบบ ดังนั้นการหาพื้นที่หน้าตัดของรถเพื่อใช้ในการคำนวณจึงต้องใช้วิธีประมาณค่าพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์ โดยเอกสารหมายเลข [3] ได้นำเสนอการหาพื้นที่หน้าตัดรถยนต์ ดังสมการที่ (4)

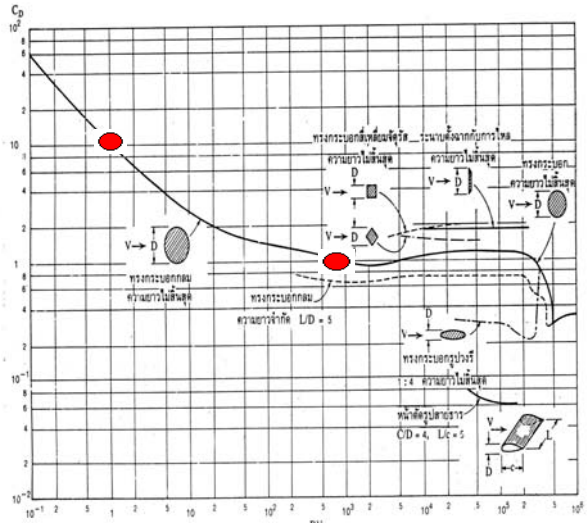
$$A = 0.8HW \qquad (4)$$

3. วิธีการ

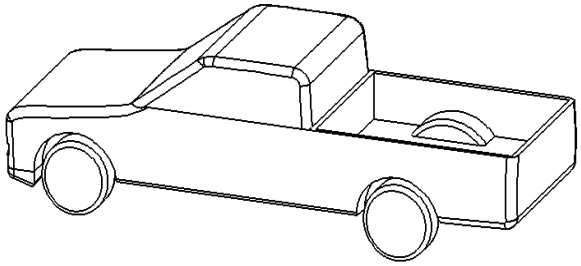
ก่อนการจำลองสภาพการไหลของอากาศเพื่อหาแรงต้านของอากาศที่เกิดขึ้นกับรถกระบะในโปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ผู้ทำการศึกษาได้ทำการทดสอบความถูกต้องของการใช้โปรแกรมโดยทำการจำลองสภาพการไหลของอากาศและหาค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศผ่านวัตถุทรงกระบอกที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 มิลลิเมตรและยาวเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 1 ที่ค่าเรโนลด์นัมเบอร์เท่ากับ 1 และ 1000 จากผลการทดสอบ พบว่า เมื่อค่าเรโนลด์นัมเบอร์เท่ากับ 1 ได้ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศเท่ากับ 10.680 และเมื่อค่าเรโนลด์นัมเบอร์เท่ากับ 1000 ได้ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศเท่ากับ 0.868 เมื่อนำมาเทียบกับกราฟ แสดงให้เห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 2 จากนั้นผู้ทำการศึกษาได้สร้างแบบจำลองของรถกระบะที่มีความยาว 4820 มิลลิเมตร ความกว้าง 1640 มิลลิเมตร สูง 1400 มิลลิเมตร โดยแยกเป็นสองแบบ คือ แบบที่มีกระบะท้ายเปิดและแบบที่มีการปิดกระบะท้าย ดังรูปที่ 3 ในโปรแกรม Solid Work จากนั้นได้ใช้โปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณประมวณผลเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศที่เกิดขึ้นกับตัวรถกระบะที่ความเร็ว 60, 90 และ 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับนำไปศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถกระบะในกรณีคลุมผ้าใบและไม่คลุมผ้าใบช่วงกระบะท้ายเมื่อมีการใช้งานจริงบนถนน



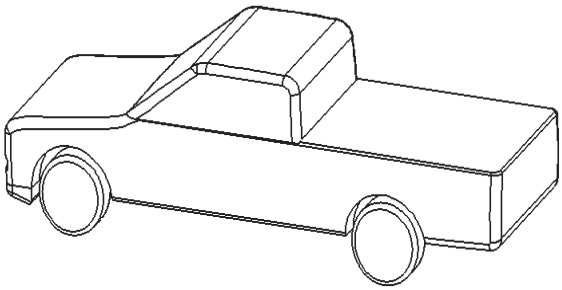
รูปที่ 1 ทรงกระบอกที่ใช้ในการทดสอบเทียบโปรแกรม



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์แรงต้านของกาศที่ไหลผ่านทรงกระบอก



รูปที่ 3a รถกระบะที่ไม่มีการปิดท้าย

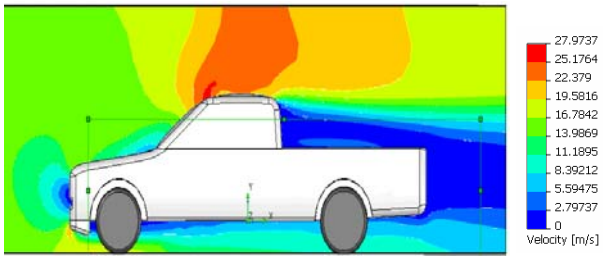


รูปที่ 3b รถกระบะที่มีการปิดกระบะท้าย

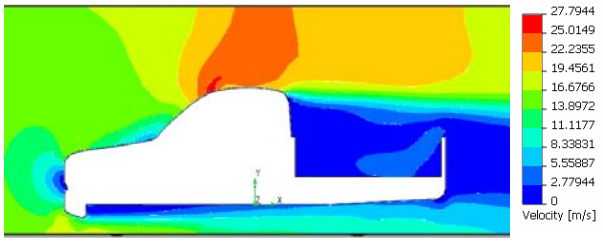
4. ผลการศึกษา

4.1 ผลทดสอบการหาค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของรถกระบะโดยใช้โปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

หลังจากสร้างแบบจำลองของรถกระบะในโปรแกรม Solid Work แล้ว ได้ใช้โปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณในการประมวลผลเพื่อหาสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศที่ความเร็วต่าง ๆ กัน สามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 4 ถึง รูปที่ 9 และตารางที่ 1

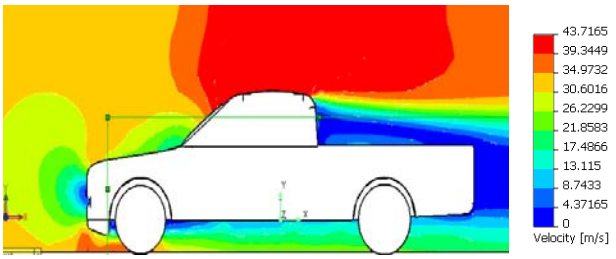


รูปที่ 4 การกระจายความเร็วของอากาศที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รอบรถกระบะที่มีการปิดกระบะท้าย

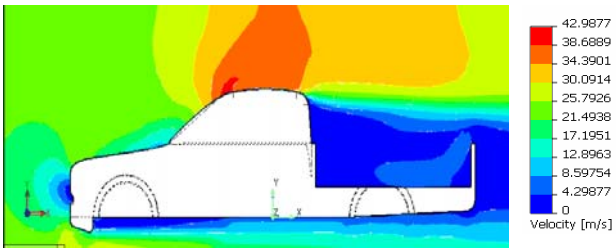


รูปที่ 5 การกระจายความเร็วของอากาศที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รอบรถกระบะที่ไม่มีการปิดกระบะท้าย

จากรูปที่ 4 และรูปที่ 5 พบว่า เมื่ออากาศมีความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การไหลของอากาศผ่านรถกระบะในกรณีคลุมผ้าใบที่ช่วงกระบะท้ายหรือการปิดกระบะท้ายนั้น อากาศจะไหลได้ดีกว่าการไม่คลุมผ้าใบหรือการเปิดช่วงกระบะท้าย และสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศของรถกระบะที่มีการคลุมผ้าใบและไม่ได้คลุมผ้าใบที่ช่วงกระบะท้ายได้เท่ากับ 0.475 และ 0.476 ตามลำดับ

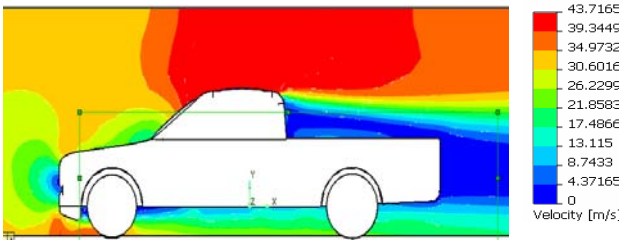


รูปที่ 6 การกระจายความเร็วของอากาศที่ความเร็ว 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รอบรถกระบะที่มีการปิดกระบะท้าย

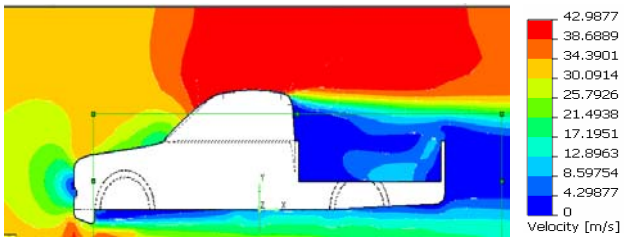


รูปที่ 7 การกระจายความเร็วของอากาศที่ความเร็ว 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รอบรถกระบะที่ไม่มีการปิดกระบะท้าย

จากรูปที่ 6 และ รูปที่ 7 พบว่า เมื่ออากาศมีความเร็ว 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การไหลของอากาศผ่านรถกระบะในกรณีคลุมผ้าใบที่ช่วงกระบะท้าย อากาศจะไหลได้ดีกว่าการไม่คลุมผ้าใบและสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศของรถกระบะที่มีการคลุมผ้าใบและไม่ได้คลุมผ้าใบที่ช่วงกระบะท้ายได้เท่ากับ 0.477 และ 0.569 ตามลำดับ



รูปที่ 8 การกระจายความเร็วของอากาศที่ความเร็ว 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รอบรถกระบะที่มีการปิดกระบะท้าย



รูปที่ 9 การกระจายความเร็วของอากาศที่ความเร็ว 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รอบรถกระบะที่ไม่มีการปิดกระบะท้าย

จากรูปที่ 8 และรูปที่ 9 พบว่า เมื่ออากาศมีความเร็ว 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การไหลของอากาศผ่านรถกระบะในกรณีคลุมผ้าใบที่ช่วงกระบะท้าย อากาศจะไหลได้ดีกว่าการไม่คลุมผ้าใบและสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศของรถกระบะที่มีการคลุมผ้าใบและไม่ได้คลุมผ้าใบที่ช่วงกระบะท้ายได้เท่ากับ 0.477 และ 0.563 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศที่เกิดขึ้นกับรถกระบะ

ความเร็วอากาศที่กระทำกับรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้าน (C_d)	
	ไม่ปิดกระบะท้าย	ปิดกระบะท้าย
60	0.476	0.475
90	0.569	0.477
120	0.563	0.477

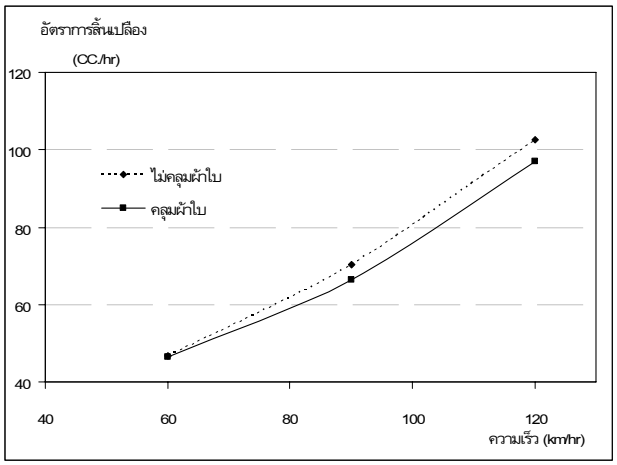
4.2 ผลการทดสอบความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของกระบะในการใช้งานจริง

จากการทดสอบความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถกระบะในการใช้งานจริง โดยการปิดและไม่ปิดช่วงกระบะท้ายดังแสดงในรูปที่ 10 พบว่าที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การคลุมผ้าใบและไม่คลุมผ้าใบช่วงกระบะท้ายมีการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 46.33 ซี.ซี. และ 46.66 ซี.ซี. ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร ตามลำดับ การทดสอบที่ความเร็ว 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การคลุมผ้าใบและไม่คลุมผ้าใบที่กระบะท้ายมีการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 66.33 ซี.ซี. และ 70.33 ซี.ซี. ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร ตามลำดับ และการทดสอบที่ความเร็ว 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การคลุมผ้าใบและไม่คลุมผ้าใบที่กระบะท้ายจะมีการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 97 ซี.ซี. และ 102.66 ซี.ซี. ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 11

รูปที่ 10 รถกระบะที่มีการปิดช่วงกระบะท้ายสำหรับใช้ทดสอบ

ตารางที่ 2 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นกับรถกระบะ

ความเร็วที่ใช้ทดสอบ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ซีซี.ต่อกิโลเมตร)	
	ไม่ปิดกระบะท้าย	ปิดกระบะท้าย
60	46.66	46.33
90	70.33	66.33
120	102.66	97.00



รูปที่ 11 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร

5.สรุป

5.1 จากผลการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศโดยใช้โปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ พบว่า เมื่อความเร็วของอากาศที่กระทำกับตัวรถมีค่าน้อยการปิดและไม่ปิดที่ช่วงกระบะท้ายนั้นจะไม่ส่งผลต่อการลดค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศ แต่เมื่อความเร็วของอากาศที่กระทำกับตัวรถมีค่ามาก การปิดช่วงกระบะท้ายสามารถลดค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศลงได้ โดยที่ความเร็วของอากาศ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถกระบะที่มีการปิดและไม่ปิดช่วงกระบะท้ายมีค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศใกล้เคียงกัน ที่ความเร็วของอากาศ 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการปิดและไม่ปิดกระบะท้าย พบว่า การปิดกระบะท้ายสามารถลดค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศลงได้ประมาณ 15 เปอร์เซนต์ โดยค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศในกรณีที่ปิดกระบะท้ายเท่ากับ 0.477 และไม่ปิดช่วงกระบะท้ายเท่ากับ 0.569 สำหรับความเร็วของอากาศ 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่า การปิดช่วงกระบะท้ายสามารถลดค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศได้ประมาณ 15 เปอร์เซนต์ เช่นเดียวกับความเร็วของอากาศที่ความเร็ว 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศในกรณีปิดช่วงกระบะท้ายเท่ากับ 0.477 และค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศในกรณีไม่ปิดช่วงกระบะท้ายเท่ากับ 0.563

5.2 จากผลการทดสอบความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถกระบะในการใช้งานจริง พบว่า เมื่อรถกระบะมีความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การปิดและไม่ปิดกระบะท้ายนั้นจะไม่ส่งผลต่อการลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อความเร็วที่ใช้ทดสอบเพิ่มเป็น 90

กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่า การปิดช่วงกระบะท้ายสามารถลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้ประมาณ 4 ซี.ซี. ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร หรือลดลงได้ประมาณ 5.7 เปอร์เซนต์ สำหรับที่ความเร็ว 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การปิดช่วงกระบะท้ายสามารถลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงได้ประมาณ 5.66 ซี.ซี. ต่อ 1 กิโลเมตร หรือลดลงประมาณ 5.6 เปอร์เซนต์

6. คำอธิบายสัญลักษณ์

A = พื้นที่หน้าตัดของรถยนต์
C_d = สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ
C_l = สัมประสิทธิ์แรงยก
C_p = ค่าสัมประสิทธิ์ความดันของอากาศ
F_d = แรงต้านอากาศที่กระทำกับตัวรถ
F_l = แรงยกที่กระทำกับตัวรถ
H = ความสูงของรถยนต์
P = ความดันของอากาศ
P_0 = ความดันบรรยากาศ
V = ความเร็วของอากาศ
W = ความกว้างของรถยนต์
ρ = ความหนาแน่นของอากาศ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Richard Stone and Jeffrey K. Ball “Automotive engineering fundamentals” Warrendale, Pa.: SAE International, 2004

[2] Wolf-Heinrich and Hucho “Aerodynamics of road vehicles from fluid mechanics to vehicle engineering” Warrendale, Pa.: SAE International, 1998

[3] ธีระยุทธ สุวรรณประทีป “วิศวกรรมยานยนต์” สำนักพิมพ์วิทยพัฒน์ กรุงเทพฯ, 2542