

การวัดค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านและสัมประสิทธิ์แรงยกของรถสามล้อเครื่องโดยใช้อุโมงค์ลม

Measurements of Drag and Lift Coefficients of Three-Wheeler Vehicles in a Wind Tunnel

เทอดศักดิ์ ชัยสุริยะพันธ์¹ ชลภพ แผนสมบุญ¹ และพีระพงศ์ ทีฆสกุล²

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121

โทรศัพท์ (02) 564-3001-9 โทรสาร (02) 564-3010

²ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

โทรศัพท์/โทรสาร (074) 212-893 Email: Tekasakul@me.psu.ac.th

Therdsak Chaisuriyaphun,¹ Chonlaphop Pansomboon,¹ and Perapong Tekasakul²

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University, Klong Luang, Pathum Thani 12121

Tel: (02) 564-3001-9 Fax: (02) 564-3010

²Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkla 90112

Tel/Fax: (074) 212-893 Email: Tekasakul@me.psu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาถึงสมรรถนะทางอากาศพลศาสตร์ของรถสามล้อเครื่องหรือรถตุ๊กตุ๊กได้กระทำโดยใช้แบบจำลองซึ่งมีอัตราส่วนเท่ากับ 1:19 ของรถต้นแบบหรือรถของจริง ตัวแปรที่วัด คือค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศซึ่งมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ และสัมประสิทธิ์แรงยก โดยทำการทดลองในอุโมงค์ลมแบบเปิดความเร็วต่ำชนิดใช้พัดลมพลังซึ่งมีขนาดของพื้นที่หน้าตัดใช้งานเท่ากับ 320 x 320 มม ผลการทดลองที่ค่าเรย์โนลด์เท่ากับ 5.32E+04 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของรถสามล้อเครื่องมีค่าสูงถึง 1.47 การปรับปรุงลักษณะภายนอกเพียงเล็กน้อยคือเพิ่มฝาครอบด้านหน้าและผนังข้างทั้ง 2 ด้านของผู้โดยสารทำให้ค่า สัมประสิทธิ์แรงต้านลดลงเหลือเพียง 0.59 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์แรงยกมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

Abstract

Aerodynamic behavior of three-wheeler vehicles was studied in an open-circuit, low-speed, subsonic wind tunnel of which the test section area is 320 x 320 mm. Test results show that drag coefficients on a model (1:19 ratio of prototype) can be as high as 1.47 at the Reynolds number of 5.32E+04. Slight modification of exterior of the vehicle by addition of a front cover and two flaps on the sides of the passenger seats reduces the drag coefficient to 0.59. The lift coefficient, on the other hand, is slightly increased by the modification.

1. บทนำ

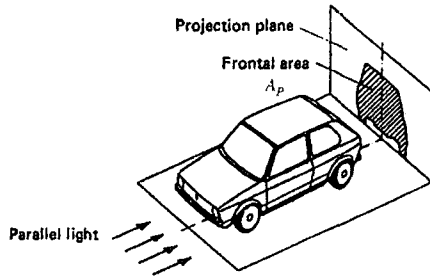
เนื่องจากรถสามล้อเครื่องเป็นยานพาหนะที่มีการใช้กันเป็นอย่างมากในเมืองไทย ดังนั้นจึงควรมีการวิเคราะห์สมรรถนะทางอากาศพลศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อที่เป็นข้อมูลในการปรับปรุงสมรรถนะของรถสามล้อเครื่อง ความปลอดภัยและความสะดวกสบายต่อผู้ใช้ การออกแบบและการปรับปรุงรูปทรงของรถสามล้อเครื่องให้มีสมรรถนะทางอากาศพลศาสตร์ที่มีความเหมาะสมยังจะมีผลทำให้ประหยัดเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังมีผลต่อการทรงตัวของรถสามล้อเครื่องอีกด้วย สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการหาค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านและสัมประสิทธิ์แรงยกที่กระทำกับแบบจำลองของรถสามล้อเครื่องจากการวัดแรงต้านและแรงยก โดยใช้ชุดการทดลองที่สร้างขึ้นเอง

2. แรงต้าน แรงยก และความคล้ายคลึงกันทางอากาศพลศาสตร์

แรงที่เกิดขึ้นกับแบบจำลองที่นำมาทดสอบในอุโมงค์ลมจะประกอบไปด้วยแรงต้าน (drag force) แรงยก (lift force) แรงด้านข้าง (side force) และโมเมนต์อีก 3 องค์ประกอบ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดแรงและโมเมนต์ต่างๆ ในอุโมงค์ลมคืออุปกรณ์วัดแรงและโมเมนต์ (balance) ซึ่งมีอยู่มากมายหลายชนิดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแรงหรือโมเมนต์ที่ต้องการวัด

ในงานวิจัยนี้เราจะศึกษาเฉพาะแรงต้านและแรงยก แรงต้านของอากาศนิยามจาก

$$F_D = C_D \frac{1}{2} \rho U^2 A_p \quad (1)$$



รูปที่ 1 พื้นที่ฉายของรถยนต์ซึ่งตั้งฉากกับสนามการไหล

โดยที่ C_D คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้าน (drag coefficient) U คือ ความเร็วของอากาศ ρ คือความหนาแน่นของอากาศ และ A_p คือพื้นที่ฉายซึ่งตั้งฉากกับสนามการไหลดังแสดงในรูปที่ 1 ในทำนองเดียวกันแรงยก (F_L) ของอากาศนิยามจาก

$$F_L = C_L \frac{1}{2} \rho U^2 A_L \quad (2)$$

โดยที่ C_L คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงยก (lift coefficient) และ A_L คือพื้นที่ซึ่งขนานกับสนามการไหล ในที่นี้แรงยกรวมซึ่งมีค่าเป็นบวกในทิศทางขึ้นข้างบนและเป็นลบในทิศทางขี้น

ในการทดลองทางอากาศพลศาสตร์ สิ่งที่สำคัญที่จะต้องคำนึงถึงคือความคล้ายคลึงกัน (similarity) ระหว่างตัวต้นแบบ (prototype) และแบบจำลอง (model) ความคล้ายคลึงกันแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทด้วยกันคือ ความคล้ายคลึงทางเรขาคณิต (geometric similarity) ความคล้ายคลึงทางด้านจลศาสตร์ (kinematic similarity) และความคล้ายคลึงทางด้านพลศาสตร์ (dynamic similarity)

ความคล้ายคลึงทางเรขาคณิต หมายถึงความคล้ายคลึงทางด้านรูปร่าง แบบจำลองจะมีความคล้ายคลึงทางด้านเรขาคณิตกับตัวต้นแบบได้ก็ต่อเมื่อ แบบจำลองเป็นแบบจำลองที่สมบูร์นแบบของตัวต้นแบบ นั่นก็หมายความว่า มิติเชิงเส้น (linear dimension) ของแบบจำลองและของตัวต้นแบบที่อยู่ในลักษณะเดียวกันจะต้องมีอัตราส่วนที่เท่ากัน หรือเรียกว่ามีอัตราส่วนคงที่ในทุกมิติ ความคล้ายคลึงทางด้านจลศาสตร์ หมายถึงความคล้ายคลึงกันทางด้านการเคลื่อนที่ แบบจำลองกับตัวต้นแบบจะมีความคล้ายคลึงทางด้านการเคลื่อนที่ได้ก็ต่อเมื่อแบบจำลองกับตัวต้นแบบมีความคล้ายคลึงกันทางด้านเรขาคณิตอยู่ก่อนแล้วนอกจากนี้อัตราส่วนของความเร็วที่จุดต่าง ๆ ของแบบจำลองกับตัวต้นแบบที่อยู่ในลักษณะเดียวกันจะต้องเท่ากันอีกด้วย ส่วนความคล้ายคลึงทางด้านพลศาสตร์ หมายถึงความคล้ายคลึงกันทางด้านของแรงที่กระทำกับวัตถุแบบจำลองจะมีความคล้ายคลึงกันทางด้านพลศาสตร์กับตัวต้นแบบได้ก็ต่อเมื่อ อัตราส่วนของแรงที่กระทำกับแบบจำลองและตัวต้นแบบที่กระทำในลักษณะเดียวกันมีขนาดเท่ากัน

ความคล้ายคลึงกันทั้ง 3 ชนิดที่กล่าวมาเป็นส่วนที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งเพราะจะทำให้เราสามารถที่จะทำการทดลองรวมทั้งวิเคราะห์เปรียบเทียบกันระหว่างตัวแบบจำลองของรถสามล้อเครื่องกับ

รถสามล้อเครื่องจริงได้โดยที่จะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการทดสอบ

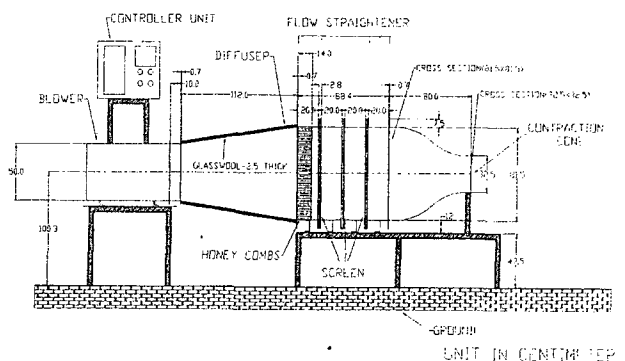
3. การทดลอง

3.1 อุโมงค์ลมความเร็วต่ำ

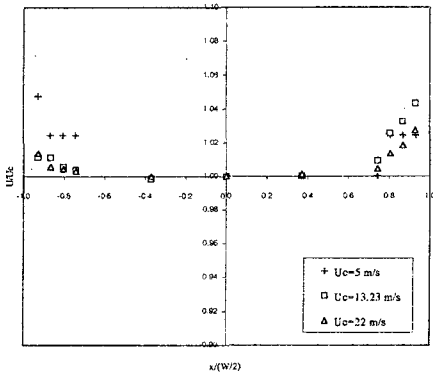
สำหรับในงานวิจัยนี้ได้ใช้อุโมงค์ลมความเร็วต่ำ ซึ่งมีความเร็วสูงสุดประมาณ 22 m/s โดยอุโมงค์ลมชนิดนี้เป็นแบบวงจรเปิด (open-circuit) ลมที่ได้จากอุโมงค์ลมไม่สามารถนำมาหมุนเวียนใช้อีก อุโมงค์ลมชนิดนี้มีข้อดีคือ ไม่สลับซับซ้อน และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างไม่สูงนัก ส่วนประกอบต่างๆ ของอุโมงค์ที่ใช้ลม (รูปที่ 2) ประกอบไปด้วยชุดพัดลม (blower) ดิฟฟิวเซอร์ (diffuser) โพล์สเตรทเทนเนอร์ (flow straightener) และคอนแทรกชันโคน (contraction cone)

ลักษณะการไหลของอากาศที่ออกจากอุโมงค์ลมเมื่อเสร็จสมบูรณ์จะต้องมีคุณสมบัติคือ เป็นการไหลแบบราบเรียบ (laminar) มีความเร็วเท่ากันตลอดหน้าตัดการไหล (uniform) และเป็นการไหลคงที่ (steady) สำหรับอุโมงค์ลมในโครงการนี้ มอเตอร์ที่ใช้ขับชุดพัดลมมีกำลังขนาด 2.2 kW ควบคุมรอบการหมุนด้วยอุปกรณ์ควบคุมความเร็ว (inverter)

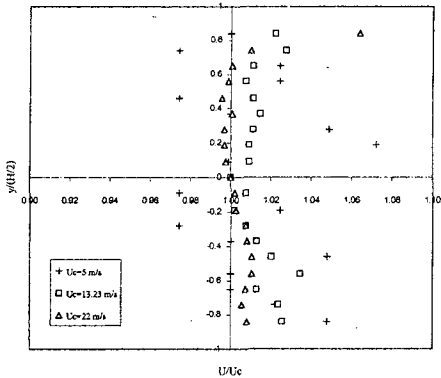
ดิฟฟิวเซอร์มีหน้าที่ลดความเร็วของอากาศที่มาจากชุดพัดลม โดยการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดการไหล ด้านหน้าของดิฟฟิวเซอร์มีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 mm และเปลี่ยนหน้าตัดเป็นแบบสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 815 mm x 815 mm ทางด้านปลาย มีความยาว 1120 mm มุมที่ทางออกจากแนวระดับมีค่า 8.9 องศา โพล์สเตรทเทนเนอร์ คือส่วนที่มีหน้าที่ปรับการไหลของอากาศ ขนาดหน้าตัด 815 mm x 815 mm ความยาว 800 mm ประกอบไปด้วยส่วนแรกคือ รังผึ้ง (honeycombs) ซึ่งจะทำหน้าที่ลดส่วนที่ไหลวน (swirl) ของอากาศสร้างจากการนำท่อที่มีหน้าตัดรูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm ยาว 140 mm มาเรียงซ้อนเหลื่อมกันแบบรังผึ้ง ส่วนที่สองคือตาข่าย (screens) มีหน้าที่ปรับการไหลให้สม่ำเสมอตลอดหน้าตัด เราใช้ตาข่าย 3 ตัววางเรียงจากความเร็ว 30 เส้นนิ้ว 50 เส้นนิ้ว และ 80 เส้นนิ้ว ส่วนคอนแทรกชันโคนนั้น ทำหน้าที่เร่งความเร็วของอากาศ ลดความแปรผันของความเร็วเฉลี่ย และลด turbulent intensity ก่อนเข้าสู่ส่วนที่ใช้ทดสอบ [3] ซึ่งสามารถทำได้โดยการลดพื้นที่หน้าตัด ซึ่งอุโมงค์ลมที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดของคอนแทรกชันโคน ตามฟังก์ชัน sine เนื่องจากมีค่าความชันที่เปลี่ยนแปลงที่เล็กน้อย ๆ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะทำให้อากาศบริเวณทางออกมีลักษณะตามวัตถุประสงค์



รูปที่ 2 อุโมงค์ลมที่ใช้ในงานวิจัยนี้



รูปที่ 3ก การกระจายของความเร็วที่ทางออกของอุโมงค์ลมในแนวนอน



รูปที่ 3ข การกระจายของความเร็วที่ทางออกของอุโมงค์ลมในแนวดิ่ง

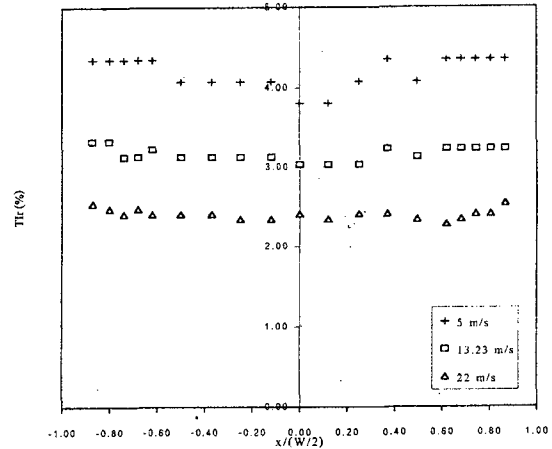
จากการทดสอบอุโมงค์ลมที่ได้โดยใช้ท่อพิโทสถิต (Pitot static tube) เพื่อหาความเร็ว ณ จุดต่าง ๆ ตรงจุดที่ออกจากคอนแทรคชั่น โคนพบว่า บริเวณส่วนใหญ่ของอุโมงค์ลม ($-0.8 < x/(W/2) < 0.8$ และ $-0.8 < y/(H/2) < 0.8$) จะมีความแปรผันของความเร็วไม่เกิน 2% ดังแสดงในรูปที่ 3 ยกเว้นในกรณีความเร็วต่ำซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดจากการอ่านระดับน้ำในมานอมิเตอร์ซึ่งมีความแตกต่างกันค่อนข้างต่ำ ในที่นี้ W คือความกว้าง และ H คือความสูงของพื้นที่หน้าตัดส่วนที่ใช้ทดสอบของอุโมงค์ลม ส่วน turbulent intensity วัดโดยใช้ hot-wire anemometer มีค่าประมาณ 2% สำหรับที่ความเร็วสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 4

3.2 การวัดความเร็ว

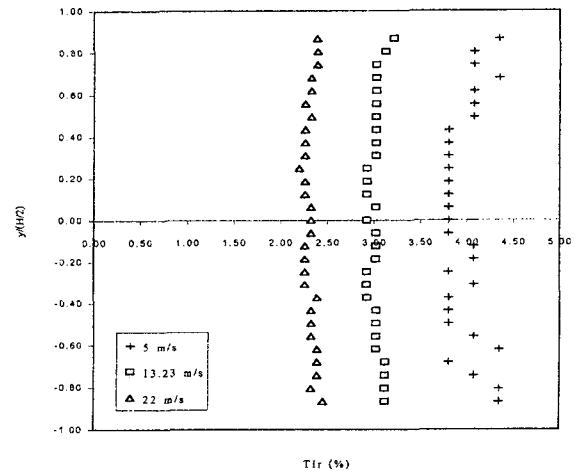
การวัดความเร็วของของไหลสามารถทำได้หลายวิธีแต่ในงานนี้จะใช้ท่อพิโทสถิต (Pitot static tube) ต่อกับมานอมิเตอร์ ความเร็วสามารถคำนวณได้จาก

$$U = \left(2g \frac{\rho_m}{\rho_a} \Delta z \right)^{1/2} \quad (3)$$

โดยที่ ρ_a คือความหนาแน่นของอากาศ ρ_m คือความหนาแน่นของเหลวในมานอมิเตอร์ และ (Δz) คือความแตกต่างของระดับของเหลวในมานอมิเตอร์



รูปที่ 4ก Turbulence intensity ของความเร็วที่วัดออกมาได้ที่บริเวณกึ่งกลางของทางออกของอุโมงค์ลมในแนวนอน



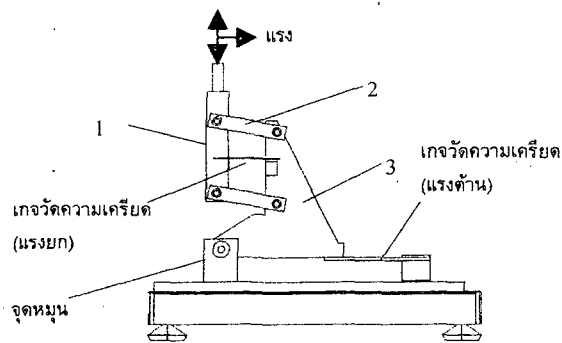
รูปที่ 4ข Turbulence intensity ของความเร็วที่วัดออกมาได้ที่บริเวณกึ่งกลางของทางออกของอุโมงค์ลมในแนวดิ่ง

โดยมานอมิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบนี้เป็นมานอมิเตอร์แบบ Getingen ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบหลอดแก้วขนาดไม่เท่ากัน (reservoir manometer) มานอมิเตอร์ชนิดนี้สามารถอ่านความแตกต่างได้ละเอียดกว่ามานอมิเตอร์ถ้วยปกติและสามารถอ่านค่าได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากสามารถอ่านค่าความสูงของระดับน้ำที่สูงขึ้นได้จากเวอร์เนียที่ติดอยู่กับมานอมิเตอร์ โดยเวอร์เนียนี้มีความละเอียดในการอ่านถึง 0.05 มิลลิเมตร การอ่านค่าจะอาศัยกระจกเงาที่ติดอยู่ภายในเพื่อสะท้อนส่วนโค้งของระดับน้ำ ทำให้สามารถมองเห็นระดับน้ำได้ชัดเจนยิ่งขึ้น (ตำแหน่งที่สามารถอ่านค่าได้แม่นยำก็คือตำแหน่งที่ส่วนโค้งสัมผัสกับพอดี) ในการทดลองเราสามารถอ่านค่า h ได้ส่วนค่าความแตกต่างของระดับของเหลวที่แท้จริงมีค่าเท่ากับ $\Delta z = 0.10036 h$

3.3 ชุดวัดแรงต้านและแรงยก

หลักการที่ใช้ในการสร้างชุดวัดแรงต้านและแรงยกที่สำคัญ คือจะต้องแยกแรงต้านและแรงยกให้แบ่งเป็น 2 ส่วนให้มีความอิสระจากกันมากที่สุดซึ่งแสดงให้เห็นในรูปที่ 5 โดยเมื่อให้ลมมาปะทะแบบจำลอง

และมีแรงยกมากกระทำ แรงจะส่งผ่านแกน 1 ไปยังคานที่มีเกจวัดความเครียดที่ใช้วัดแรงยกติดอยู่ ทำให้สามารถอ่านค่าแรงยกที่กระทำจาก data logger ได้ จากรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าแนวของแรงยกจะผ่านจุดหมุนของส่วนที่ 3 ซึ่งอยู่ด้านล่าง โดยจะไม่ทำให้เกิดโมเมนต์ส่งไปยังคานที่มีเกจวัดความเครียดใช้วัดแรงต้านติดอยู่ ในกรณีที่มีแรงต้านมากระทำ แรงจะส่งจากแกน 1 ผ่านกลไก 2 ไปยังส่วนที่ 3 และส่วนที่ 3 นี้ก็จะไปกดคานที่มีเกจวัดความเครียดใช้วัดแรงต้านติดอยู่และอ่านค่าจาก data logger ได้ โดยจะไม่ส่งถ่ายแรงให้คานที่ใช้วัดแรงยก เพราะฉะนั้นการวัดแรงยกและแรงต้านจึงอิสระจากกันและสามารถวัดแรงยกและแรงต้านในเวลาเดียวกันได้จากรูปจะเห็นได้ว่าชุดกลไก 2 จะเอียงทำมุมเล็กน้อย เพื่อชดเชยน้ำหนักของแบบจำลองที่จะต้องกดลงมาอีกเพื่อให้แกน 1 อยู่แนวเดียวกันกับจุดหมุน เพื่อให้มีความแม่นยำในการวัดแรงมากที่สุด



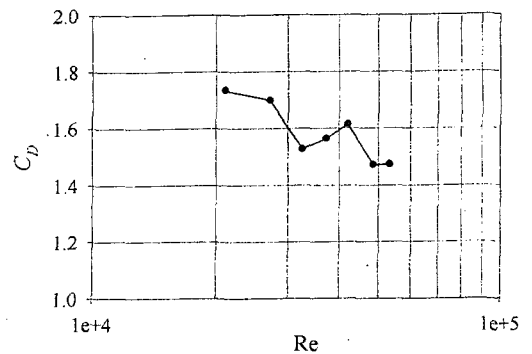
รูปที่ 5 อุปกรณ์วัดแรงต้านและแรงยกที่ใช้ในงานวิจัยนี้

สำหรับการวัดความเครียดที่เกิดขึ้นนั้น เราใช้เกจวัดความเครียดยี่ห้อ KYOWA รุ่น (KFRP-5-120-C1-1) สำหรับวัดแรงยกด้านขวาและยี่ห้อ TML รุ่น (PFL-10-11) สำหรับวัดแรงยกด้านซ้ายและแรงต้านชนิดเกจวัดความเครียดที่เลือกใช้ในที่นี้เข้าไปติดตั้งกับวัสดุที่นำไฟฟ้าได้ ดังนั้นจึงเลือกชนิดที่เป็น Polyester แบบ Foil ซึ่งมีคุณสมบัติที่ไม่นำไฟฟ้า และง่ายต่อการติดตั้งนอกจากนี้ยังมีช่วงการใช้งานที่เหมาะสมสำหรับงานทั่วไป ราคาไม่แพงมากนัก โดยมีความยาวประมาณ 5 ซม. เนื่องจากข้อจำกัดทางพื้นที่ที่จะติดตั้ง ความต้านทานที่ใช้มีค่า 120 โอห์ม ส่วน data logger ที่ใช้คือยี่ห้อ TML รุ่น TDS-302

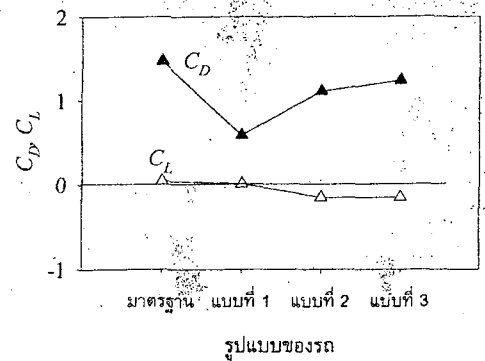
3.4 วิธีการทดลอง

อุปกรณ์วัดแรงต้านและแรงยกที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถวัดแรงต้านและแรงยกที่เกิดขึ้นกับแบบจำลองได้อย่างอิสระจากกัน ในส่วนของการวัดแรงที่เกิดขึ้นได้ใช้ เกจวัดความเครียด (Strain gauge) มาประยุกต์ใช้ โดยต้องทำการเปรียบเทียบกับมวลมาตรฐานก่อนเพื่อนำไปสร้างสมการเปรียบเทียบ เพื่อเปลี่ยนค่าที่อ่านได้จาก data logger ให้เป็นแรงที่กระทำกับแบบจำลอง ในส่วนของการทดสอบนั้น เราต้องหาอัตราส่วนของแบบจำลองโดยจะต้องมีความคล้ายคลึงทางเรขาคณิต (Geometric Similarity) เทียบกับรถสามล้อเครื่องจริง แล้วนำไปติดตั้งบนอุปกรณ์วัดแรงต้านและแรงยก ซึ่งอุปกรณ์นี้จะถูกติดตั้งในส่วนทดลองในอุโมงค์ลม แล้วทำการวัดและบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ที่ทดลองเช่น ความเร็วลม แรง

ต่าง ๆ ที่กระทำ แล้วนำค่าที่ได้ไปหาความสัมพันธ์ เพื่อคำนวณหาสัมประสิทธิ์แรงต้านและสัมประสิทธิ์แรงยกของแบบจำลองได้จากสมการ (1) และ (2) ตามลำดับ



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์แรงต้าน กับค่าเรย์โนลด์ของรถสามล้อเครื่องที่ไม่ได้มีการปรับปรุงโครงสร้างภายนอก ที่ได้จากการทดลอง

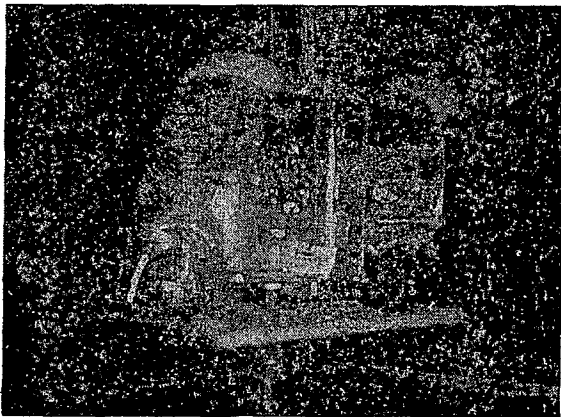


รูปที่ 7 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการปรับปรุงโครงสร้างภายนอกแบบต่าง ๆ ที่ค่าเรย์โนลด์เท่ากับ $5.32E+04$ โดยแบบที่ 1 คือใส่แผ่นปิดด้านหน้าและด้านข้าง แบบที่ 2 คือติดสปอยเลอร์ด้านหน้าและด้านหลังของหลังคาและใส่แผ่นปิดด้านหน้าและด้านข้าง แบบที่ 3 คือ ติดสปอยเลอร์ด้านหลังของหลังคาพร้อมทั้งใส่แผ่นปิดด้านหน้าและด้านข้าง

4. ผลการทดลอง

จากการทดลองกับแบบจำลองรถสามล้อเครื่องที่ไม่ได้มีการปรับปรุงโครงสร้างภายนอกซึ่งมีอัตราส่วนเท่ากับ 1:19 ของรถต้นแบบ ที่ความเร็วลมต่าง ๆ พบว่ากราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์แรงต้าน กับค่าเรย์โนลด์ (Reynolds number) มีลักษณะดังรูปที่ 6 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.47 ณ ค่าเรย์โนลด์เท่ากับ $5.32E+04$ (ความเร็วลมเท่ากับ 21.5 m/s) และมีค่าสูงถึง 1.74 ณ ค่าเรย์โนลด์เท่ากับ $2.10E+04$ (ความเร็วลมเท่ากับ 8.5 m/s) ส่วนสัมประสิทธิ์แรงยกมีค่าเป็นบวกเพียงเล็กน้อย (0.048)

ในกรณีที่ทำการทดสอบเพื่อที่จะทำการปรับปรุงโครงสร้างภายนอกของรถสามล้อเครื่องจะเปรียบเทียบกับค่าเรย์โนลด์เท่ากับ $5.32E+04$ ซึ่งเป็นความเร็วสูงสุดของอุโมงค์ลมที่ใช้ พบว่าค่าที่ได้จากการปรับปรุงโครงสร้างภายนอกแบบต่าง ๆ มีผลทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านและแรงยกเปลี่ยนไปดังแสดงในรูปที่ 7 นั่นคือแบบจำลองที่เพิ่มแผ่นปิดด้านหน้าและด้านข้าง (แบบที่ 1) สัมประสิทธิ์แรงต้านมีค่าเท่ากับ 0.59 หากติดสปอยเลอร์ด้านหน้าและด้านหลังของหลังคาและใส่แผ่นปิดด้านหน้าและด้านข้าง (แบบที่ 2) สัมประสิทธิ์แรงต้านมีค่าเท่ากับ 1.11 แต่ถ้าติดเฉพาะ สปอยเลอร์ด้านหลังของ หลังคาพร้อมทั้งใส่แผ่นปิดด้านหน้าและด้านข้าง (แบบที่ 3) สัมประสิทธิ์แรงต้านมีค่าเท่ากับ 1.24 ส่วนสัมประสิทธิ์แรงยกมีค่าเท่ากับ 0.012 (แบบที่ 1) -0.152 (แบบที่ 2) และ -0.150 (แบบที่ 3) รูปที่ 8 แสดงให้เห็นถึงแบบจำลองของรถสามล้อเครื่องที่มีการปรับปรุงโครงสร้างภายนอก โดยการติดสปอยเลอร์ด้านหน้าและด้านหลังของหลังคาและใส่แผ่นปิดด้านหน้าและด้านข้าง



รูปที่ 8 แบบจำลองที่มีการปรับปรุงโครงสร้างภายนอก โดยการติดสปอยเลอร์ด้านหน้าและด้านหลังของหลังคา และใส่แผ่นปิดด้านหน้าและด้านข้าง

5. สรุป

ผลที่ได้จากโครงการนี้ ทำให้สามารถวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านและแรงยกของรถสามล้อเครื่องที่ไม่ได้ปรับปรุงโครงสร้างภายนอกและมีการปรับปรุงโครงสร้างภายนอกแบบต่าง ๆ ได้ ซึ่งค่าเหล่านี้จะมีส่วนช่วยในการนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบและปรับปรุงโครงสร้างภายนอก เพื่อให้ได้ลักษณะทางอากาศพลศาสตร์ที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการปรับปรุงโครงสร้างแบบที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านน้อยที่สุด แต่ถ้ายึดต้องการแรงกดที่เพิ่มขึ้น (แบบที่ 2 และแบบที่ 3) เพื่อให้รถมีความสามารถในการควบคุมการขับได้ดีขึ้นเนื่องจากกรณีการเกาะถนน แต่ก็ทำให้มีผลของแรงต้านที่เกิดขึ้นมีค่ามากตามไปด้วย ในการทดลองนี้เราคิดว่าการปรับปรุงโครงสร้างภายนอกแบบที่ 1 เป็นแบบที่ดีที่สุดเนื่องจากทำให้สัมประสิทธิ์แรงต้านลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับ การปรับปรุงโครงสร้างแบบอื่น ๆ ผลที่ได้จากการทดลองนี้สามารถนำไปประยุกต์กับการใช้งานจริงได้ถ้ามีการออกแบบรูปทรงด้านหน้าของ

แผ่นปิดให้สามารถผลิตได้ง่ายและมีราคาถูก การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะมีความชัดเจนมากขึ้นถ้าได้มีการทดลองที่ทำให้เห็นลักษณะการไหลของกระแสลมที่ไหลผ่านแบบจำลอง (flow visualization) ก็จะทำให้สามารถวิเคราะห์ ออกแบบ ปรับปรุงโครงสร้างภายนอกของ รถสามล้อเครื่องได้ดีขึ้นกว่านี้ โดยวิธี Flow visualization จะเป็นหัวข้อศึกษาต่อไปในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณโครงการ JICA (Japan International Cooperation Agency) ที่ให้การสนับสนุนด้านการเงินแก่โครงการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุนันท์ ศรีเนนิตย์, *กลศาสตร์ของไหล, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, 2542.*
- [2] ชีระยุทธ สุวรรณประทีป, *วิศวกรรมยานยนต์, วิทยพัฒน์, กรุงเทพฯ, 2543.*
- [3] A. Pimpin and A. Bunyajitradulya, "The Design and Development of the FMRL 60x18 cm2 Wide-Angle Screened Diffuser Blower Tunnel--Part I: General Design Considerations," *Proceeding of the 13th National Mechanical Engineering Conference*, Vol. 2, 1999, pp. 13-26.
- [4] W. H. Hucho, *Aerodynamics of Road Vehicle*, 4th ed., SAE international, N.Y., 1997.
- [5] J. B. Franzini and E.J. Finnemore, *Fluid Mechanics with Engineering Applications*, 9th ed., McGraw-Hill, N.Y., 1977.
- [6] F. M. White, *Fluid Mechanics*, 4th ed., McGraw-Hill, N.Y., 1999.
- [7] Kyowa Electronic instruments CO., LTD, *Operation Manual of Stain Gauge.*
- [8] Tokyo Sokki Kenkyujo Co., Ltd., *Operation Manual TML Portable Data Logger Model TDS-302.*