

## การวิเคราะห์ด้านอากาศพลศาสตร์ของอุปกรณ์เสริมด้านหน้ารถบรรทุกด้วยวิธีจำลองเชิงตัวเลข

### Aerodynamics Analysis of Truck Front Accessories by Computational Fluid Dynamics

ปรัชญา มุขดา<sup>1\*</sup> และ พงศภัก สุขสนาน<sup>2</sup>

Prachya Mukda<sup>1\*</sup> and Phongsaphat Sooksanan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

<sup>2</sup>บริษัท พรอสเพอริตี คอนกรีต จำกัด

<sup>1</sup> Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Phetchaburi Rajabhat University

<sup>2</sup> Prosperity Concrete Co., Ltd.

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์แรงต้าน ( $C_D$ ) ที่เกิดขึ้นจากการติดอุปกรณ์เสริมบริเวณส่วนหน้าและส่วนหัวของรถบรรทุก โดยใช้วิธีจำลองเชิงตัวเลข (CFD) ใช้โปรแกรม Fluent แบบ 3 มิติ เงื่อนไขในการทดสอบ 4 กรณี คือ 1) ปิดกระบะบรรทุก ซึ่งเป็นกรณีที่ใช้เปรียบเทียบกับกรณีอื่น 2) ปิดช่องว่างบริเวณรอยต่อกระบะ 3) เสริมบังลมล้อหน้า และ 4) เสริมผิวโค้งบริเวณหลังคารถ ซึ่งนำมาวิเคราะห์สภาวะการไหลของอากาศที่มีผลกับการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านรวมของรถบรรทุก ได้แก่ การกระจายตัวของความดัน การกระจายตัวของความเร็วการหมุนวนของอากาศและสัมประสิทธิ์แรงต้าน ผลการทดสอบพบว่า กรณี 2 3 และ 4 สัมประสิทธิ์แรงต้านลดลงจากกรณี 1 เป็น 0.0585 0.0633 และ 0.1085 จากนั้น นำมาคำนวณเป็นอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ลดลง 5.58 6.14 และ 10.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า การติดอุปกรณ์เสริมทำให้การไหลของอากาศ ความเร็ว และความดันมีความสมดุลจากปกติ ทำให้สัมประสิทธิ์แรงต้าน หรืออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันลดลง

**คำสำคัญ** : รถบรรทุก สัมประสิทธิ์แรงต้าน จำลองเชิงตัวเลข

#### Abstract

This research is transition investigation of drag coefficient ( $C_D$ ). The accessories are installed with the front and head of the truck by using 3 dimensional computational fluid dynamics (CFD) techniques (FLUENT). Four test conditions, which are 1) the truck close box which is used to compare with another case, 2) the gap closed between box 3) the front wheel diaphragm, 4) the curved roof. All case are conducted to analyze the airflow field to have effect with transition of total drag, such as pressure distribution, velocity distribution, air recirculation and drag coefficient. The result found that, the drag coefficient of case 2, 3 and 4 decrease from case 1 by 0.0585, 0.0633 and 0.1085, respectively. After that, the drag coefficients are calculated the fuel consumption, which decrease by 5.58 6.14 and 10.4 percentage respectively. From experiment show that, the installation of accessories cause balance airflow field which cause the drag coefficient and fuel consumption decrease.

**Keywords** : Truck, Drag Coefficient, CFD.

\*Corresponding author. E-mail : mukdaen@hotmail.com



## บทนำ

ในการศึกษาด้านอากาศพลศาสตร์ อุโมงค์ลม เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการทดสอบแรงต้านของวัตถุรูปทรงต่าง ๆ และใช้วิเคราะห์สนามการไหลที่เกิดจากการแยกตัวของอากาศ ซึ่งจะเกิดการแยกตัวสูงเมื่อวัตถุเป็นรูปร่างไม่มีลักษณะเพียวลม เนื่องจากความแตกต่างของความดันที่จุดแยกตัวมีค่ามาก จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านมีค่าที่สูงตามไปด้วย จึงนำเอาหลักการนี้มาปรับปรุงรูปทรงของรถยนต์ ซึ่งเป็นการทดสอบในอุโมงค์ลมขนาดเล็ก ใช้รูปแบบจำลองในการทดสอบ [1] แต่มักจะเกิดความคลาดเคลื่อนของค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านที่วัดได้จากการทดสอบไม่ตรงกับค่าที่เกิดขึ้นกับรถยนต์จริง เนื่องจากรายละเอียดรูปลักษณะรถแบบจำลอง ไม่สามารถสร้างเหมือนจริงทุกรายละเอียด ซึ่งก็ได้ใช้อุโมงค์ลมขนาดใหญ่ที่สามารถทดสอบรถยนต์จริงได้ โดยสามารถทดสอบสัมประสิทธิ์แรงต้านได้ถูกต้อง และวิเคราะห์สนามการไหลที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน [2] แต่ไม่ใช่รูปทรงของรถยนต์เพียงอย่างเดียวที่มีผลกับค่าสัมประสิทธิ์แรงต้าน แม้แต่อุปกรณ์ตกแต่ง หรืออุปกรณ์เสริมเพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งาน ก็มีผลทำให้สัมประสิทธิ์แรงต้านเพิ่มขึ้น

โดยเฉพาะอุปกรณ์เสริม ที่ติดตั้งฉากกับทิศทางการไหลของอากาศ และยื่นออกจากตัวรถ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มแรงต้านอากาศ โดยอุปกรณ์เหล่านี้จะดูดซับพลังงานส่วนเสดความดัน และเสดความเร็ว ของอากาศเมื่อปะทะกับรถ เช่น กันชนรถยนต์ อุปกรณ์บังแสงแดดด้านข้างกระจก อุปกรณ์สำหรับวางของบนหลังคา เป็นต้น ซึ่งเพิ่มอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 4 ถึง 6 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็มีอุปกรณ์เสริมที่ช่วยลดสัมประสิทธิ์แรงต้าน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในลดการหมุนวนของอากาศ เช่น ที่บังล้อ เป็นต้น ซึ่งลดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 5 ถึง 7 เปอร์เซ็นต์ [3] ทำให้อัตราการสูญเสียโดยการลดการหมุนวนของอากาศ ที่เกิดขึ้นภายนอกตัวรถยนต์เท่านั้น แต่สาเหตุการเกิดแรงต้านที่เกิดขึ้นจากการไหลของอากาศผ่านรถยนต์นั้น ยังมีแรงต้านเนื่องจากการไหลของอากาศเข้าสู่ภายในรถยนต์ โดยอากาศสามารถไหลเข้าผ่านช่องว่างระหว่างส่วนประกอบของชิ้นส่วนรถยนต์ ทำให้เกิดการหมุนวนภายใน ซึ่งมักจะเกิดขึ้นกับช่องว่างระหว่างห้องผู้โดยสารกับส่วนท้ายกระบะของรถบรรทุก ตามสัดส่วนของแรงต้านใน Figure 1 [4]

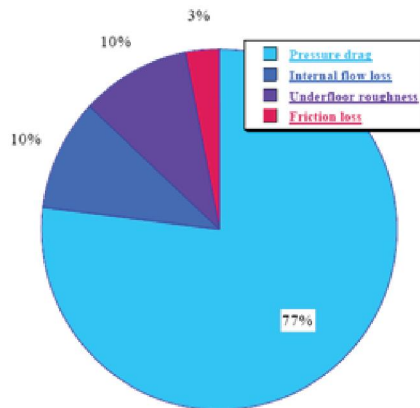


Figure 1. Proportion of drag on the car [4]

แรงต้านที่เกิดขึ้น สามารถลดได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อปิดหรือลดการไหลเข้าสู่ช่องว่าง แต่การทดสอบในอุโมงค์ลมก็ยังมีข้อจำกัดของการวัดค่าสัมประสิทธิ์แรงต้าน ในกรณีที่มีการปรับเปลี่ยนขนาด

หรือมุมหักเหของอุปกรณ์เสริมที่มีความละเอียด เช่น การวัดค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของการปรับมุมของสปอร์รี่เลอร์ของรถยนต์ ซึ่งค่าที่วัดได้จากการทดสอบในอุโมงค์ลมไม่สามารถวิเคราะห์ผลได้ เนื่องจากค่าไม่มี

ความละเอียดพอ และยังมีข้อจำกัดของสภาวะของการทดสอบ เช่น ความเร็ว ความดัน อุณหภูมิของอากาศ เป็นต้น โดยการทดสอบส่วนใหญ่จะจำกัดอยู่ในสภาวะบรรยากาศ แวดล้อม ซึ่งในปัจจุบันได้มีวิธีการทดสอบสัมประสิทธิ์แรงต้านที่สามารถกำหนดสภาวะ หรือแม้แต่การปรับเปลี่ยนรูปร่างของรถหรืออุปกรณ์เสริมโดยไม่สิ้นเปลืองเงินทุน และเวลาในการทดสอบ [5]

การคำนวณเชิงตัวเลขของไหลพลศาสตร์ (computational fluid dynamics: CFD) หรือที่เรียกว่าวิธีจำลองเชิงตัวเลข ซึ่งปัจจุบันเป็นเครื่องมือที่สำคัญในกระบวนการออกแบบรถยนต์ ซึ่งนิยมใช้ซอฟต์แวร์ FLUENT สำหรับการจำลองการไหลแบบราบเรียบอัดตัวไม่ได้ โดยวิธีปริมาตรจำกัด (finite volume) เริ่มต้นจากการทดสอบไหลผ่านแบบจำลองใน 2 มิติ ซึ่งผลที่ได้จากการจำลอง มีแนวโน้มเกิดการแยกตัวของอากาศบริเวณส่วนหลังของแบบจำลอง ใกล้เคียงกับผลการทดสอบในอุโมงค์ลมที่ค่าเรย์โนลด์ต่ำ แต่เมื่อค่าเรย์โนลด์ที่ใช้ในการจำลองมีค่ามากขึ้น ค่าที่ได้จากการคำนวณมีความคลาดเคลื่อนจากการทดสอบในอุโมงค์ลม เนื่องจากการทดสอบในอุโมงค์ลมมีลักษณะการไหลเป็น 3 มิติ จึงได้มีการพัฒนาการจำลองการไหล

แบบ 3 มิติ [6,7] นำมาจำลองเพื่อการทดสอบสัมประสิทธิ์แรงต้านของการติดตั้งอุปกรณ์เสริมของรถยนต์ โดยมีการใช้ศึกษาความลาดเอียงด้านข้างของรูปทรงท้ายรถยนต์ และชายหน้าที่ติดได้บังโคลน ใช้สมการนาเวียร์-สโตคส์สำหรับการไหลแบบราบเรียบ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการทดสอบในอุโมงค์ลม โดยค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านจะลดลงเมื่อค่าความลาดเอียงเพิ่มขึ้น เนื่องจากความดันที่ส่วนหลังของแบบจำลองมีค่าสูงขึ้น และค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านจะลดลงเช่นกันเมื่อมีการติดชายหน้า ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่นำไปสู่การไหลแบบราบเรียบ [8]

ในปัจจุบัน จึงได้นำวิธีคำนวณเชิงตัวเลข มาออกแบบรูปร่างของรถบรรทุก เนื่องจากสัมประสิทธิ์แรงต้านของรถบรรทุก ( $C_D$ ) มีค่าที่สูง เพราะรูปร่างที่มีค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านที่สูง ทำให้เกิดความต่างของความดัน ระหว่างด้านหน้าและท้ายกระบะบรรทุก ทำให้เกิดการแยกตัวของอากาศ และหมุนวน และอากาศที่หมุนวนที่เกิดขึ้นนี้จะปะทะกับท้ายกระบะจะทำให้เกิดแรงต้าน และเพิ่มภาระให้กับเครื่องยนต์ ทำให้เครื่องยนต์ใช้พลังงานสิ้นเปลืองมากขึ้น เป็นต้น [9] ดังตัวอย่าง Figure 2

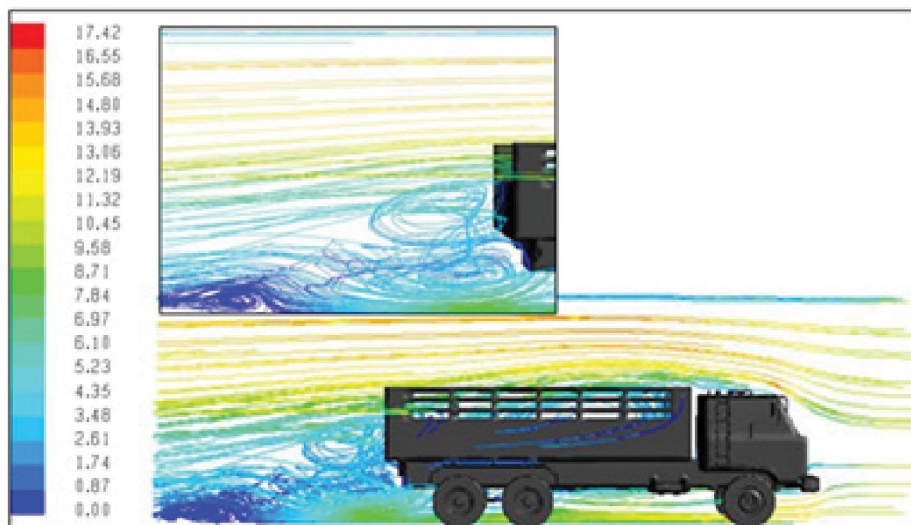


Figure 2. Pathline of airflow through the truck [9]



อย่างไรก็ตาม การพัฒนาองค์ความรู้ด้าน อากาศพลศาสตร์ (aerodynamics) ของรถบรรทุก ส่วนใหญ่จะเน้นส่วนของตัวถังและช่วงล่างของรถ ซึ่งก็สามารถลดแรงต้านได้ในระดับหนึ่ง และรถบรรทุกที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทยจะมีการออกแบบที่ดีอยู่แล้ว แต่ก็สามารถปรับปรุง หรือดัดแปลงส่วนอื่น ให้มีแรงต้านอากาศต่ำลงได้อีก ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงเป็นการปรับปรุงอุปกรณ์เสริมด้านอากาศพลศาสตร์ เพื่อติดตั้งส่วนหัวและส่วนหน้าของรถบรรทุก โดยใช้วิธีการคำนวณเชิงตัวเลข เป็นเครื่องมือในการทดสอบ พร้อมทั้งเสนอแนวทางแก้ไข หรือวิธีการใช้งานที่เหมาะสมที่สุด เพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงานให้มากที่สุด

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### การเปรียบเทียบเพื่อยืนยันผลระหว่าง การทดสอบในอุโมงค์ลมกับ CFD

การจำลองเชิงตัวเลขของไหลพลศาสตร์ (CFD) จำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบเพื่อยืนยันผลกับการทดลอง ก่อนนำมาใช้ทดสอบการจำลองรถบรรทุก (Validation) โดยใช้อุโมงค์ลมแบบเปิดดูดอากาศ ผ่านแบบจำลองรถกระบะ อัตราส่วน 1:20 ของรถขนาดจริง ทดสอบสัมประสิทธิ์แรงต้านเปรียบเทียบกับ CFD ตาม Figure 4 โดยอุโมงค์ลมมีข้อมูลจำเพาะดังนี้ ได้แก่ พัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.48 เมตร มอเตอร์ขนาด 3.7 กิโลวัตต์ แรงดันไฟฟ้า 380 โวลต์ 3 เฟส ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ และ ความเร็วส่วนทดสอบสูงสุด 25 เมตรต่อวินาที

จากระเบียบขั้นตอนการทำงานของ CFD มี 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือ การประมวลผล (Pre-processor) เป็นขั้นตอนที่เราต้องแบ่งปัญหาออกเป็นเซลล์ขนาดเล็ก

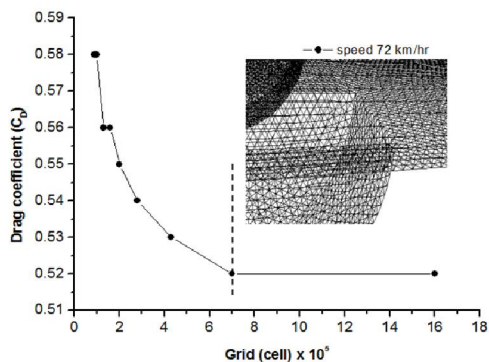


Figure 3. Comparison between grids with drag coefficient (C<sub>D</sub>) [11]

ซึ่งเราใช้ระเบียบวิธีแก้ปัญหาคาร์ไหลบริเวณใกล้ผนัง เป็นแบบ Near-wall model โดยเป็นเทอมของแบบจำลองความปั่นป่วนแบบ k-epsilon standard ดังนั้นจำเป็นต้องกำหนดจำนวนความละเอียดของกริด และกำหนดอิลิเมนต์บริเวณใกล้ผนังให้เหมาะสม โดยการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์แรงต้าน ทำได้โดยการเพิ่มจำนวนและความละเอียดของกริด เพื่อหาความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการคำนวณ เนื่องจากหากกำหนดกริดที่มีความละเอียดมากเกินไปก็จะทำให้สิ้นเปลืองเวลาในการคำนวณ โดยใช้โปรแกรม GAMBIT สร้างแบบจำลอง และกำหนดระยะระหว่างจุด (Spacing) ของรถบรรทุกเล็กที่ 2 – 10 หน่วย รวมทั้งบริเวณผนังที่ระยะ 80 หน่วย จาก Figure 3 เป็นการแสดงการกำหนดความละเอียดของกริด โดยการเพิ่มระยะห่างของจุดบนผิวรถบรรทุกเล็ก และผลจากการคำนวณนั้น แสดงถึงจำนวนกริดมากขึ้นทำให้สัมประสิทธิ์แรงต้านลดลง จนถึงค่าค่าหนึ่ง ที่ทำให้สัมประสิทธิ์แรงต้านคงที่ ซึ่งหากมีการเพิ่มขึ้นของกริดอีก ก็ไม่มีผลต่อสัมประสิทธิ์แรงต้าน นั่นคือ กำหนดระยะระหว่างจุดบนผิวรถที่ 3 หน่วย และ ที่บริเวณผนัง 80 หน่วย จำนวนกริดประมาณ 728,644 cell ซึ่งจะได้นำข้อกำหนดนี้ไปใช้ในการจำลองเพื่อเปรียบเทียบกับทดสอบในอุโมงค์ลม ดังภาพ Figure 4 กับกริดวิธีจำลองเชิงตัวเลขใน Figure 5 ซึ่งให้ผลแตกต่างกันไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำเงื่อนไขของวิธีจำลองเชิงตัวเลข มาทดสอบสัมประสิทธิ์แรงต้านของรถบรรทุก ซึ่งเงื่อนไขในการจำลองได้สรุปไว้ใน Table 1 โดยจะใช้แบบจำลอง และเงื่อนไขไปใช้ในการจำลองเพื่อตรวจสอบสัมประสิทธิ์แรงต้านของการติดตั้งอุปกรณ์เสริมด้วยกรณีต่างๆ ต่อไป

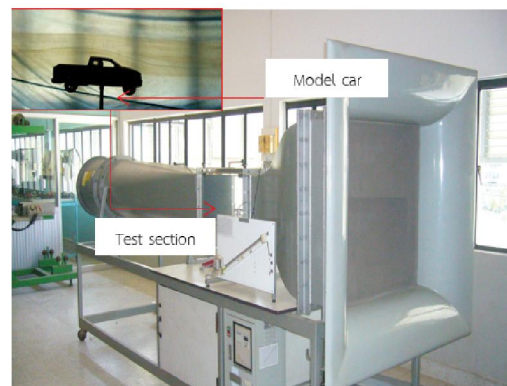


Figure 4. Wind tunnel and model [10]

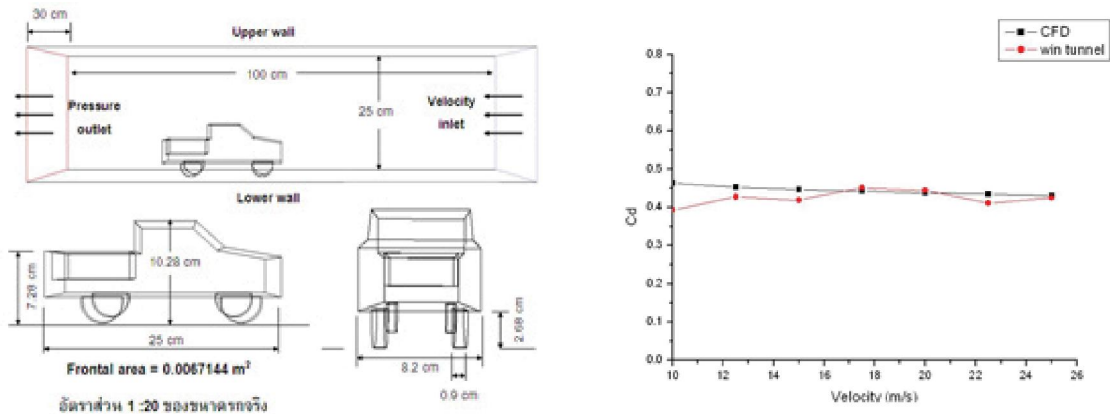


Figure 5. Model of truck used in simulation [11]

Table 1. Condition used in simulation [10]

GAMBIT 3D Software	
Inlet boundary condition	Velocity inlet
Outlet boundary condition	Pressure outlet
Grid	728,644 cell*
FLUENT 3D Software	
Solver	Segregated Solver
Linearization	Implicit method
Turbulent model	Standard k-epsilon
Near-wall treatment method	Standard wall function
Velocity Testing	10 – 25 m/s

### กรณีศึกษาของการจำลองรถบรรทุก

ต่อมา ได้นำเงื่อนไขที่ผ่านการยืนยันผลจากขั้นตอนที่ผ่านมา นำมาใช้จำลองรถบรรทุกขนาดจริง เพื่อวิเคราะห์ด้านอากาศพลศาสตร์ โดยใช้รถบรรทุก ยี่ห้อ HINO รุ่น EH700 ขนาด 10.8 ตัน ดัง Figure 6 เป็นกรณีศึกษา ซึ่งกรณีศึกษาแต่ละกรณี ได้มาจากหลักการของการลดแรงต้าน ว่าด้วยการลดการแยกตัวของอากาศเมื่ออากาศผ่านตัวรถบรรทุก เป็นการออกแบบอุปกรณ์เสริมส่วนหัวและส่วนด้านหน้าของรถ ซึ่งจะเน้นการลดแรงต้านที่เกิดจากอากาศไหลเข้าสู่ภายในตัวรถเป็นหลัก

(Internal flow loss) เพื่อลดการหมุนวนของอากาศภายในตัวรถ และทำให้มีรูปร่างโดยรวมมีลักษณะที่กลมมากที่สุด [5] เพื่อนำมาจำลองและวิเคราะห์สภาวะการไหลของอากาศที่มีผลกับการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านรวมของรถบรรทุก ได้แก่ การกระจายตัวของความดัน การกระจายตัวของความเร็ว การหมุนวนของอากาศ และการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์แรงต้าน เป็นต้น ซึ่งมีกรณีศึกษาทั้งหมด 4 กรณี โดยแต่ละกรณีจะเพิ่มจำนวนอุปกรณ์เสริมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนครบทั้ง 4 กรณี ดัง Figure 7





Figure 6. Truck used study

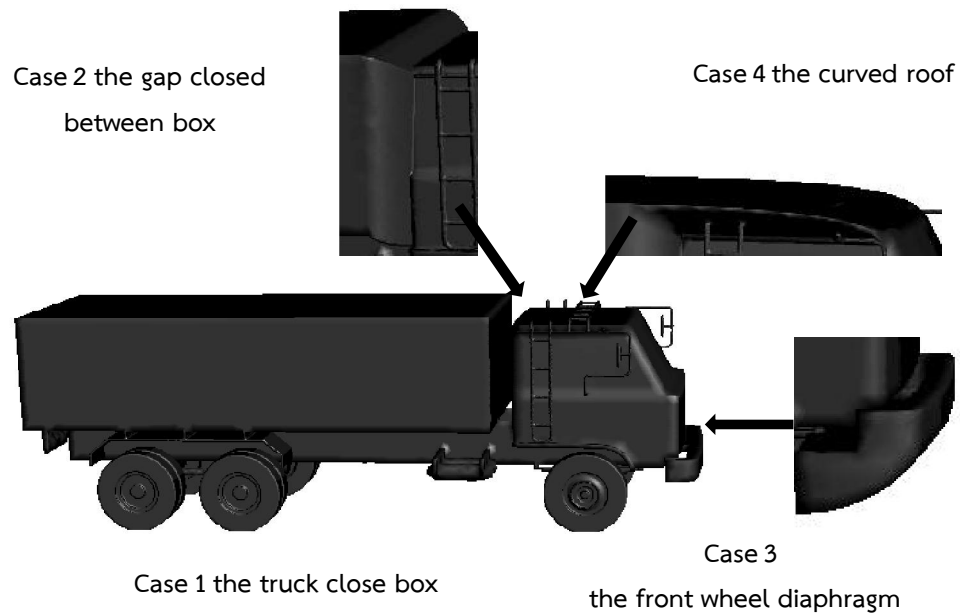


Figure 7. Case studies

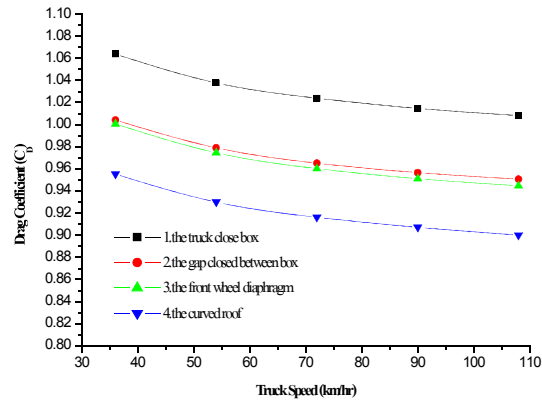


Figure 8. Drag Coefficient of each case

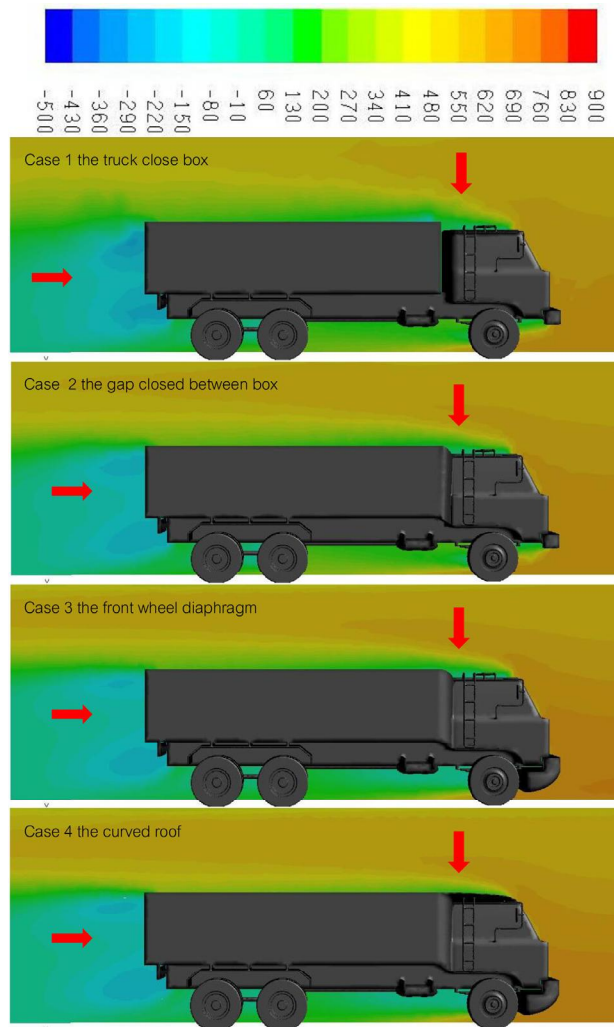


Figure 9. Pressure contour (pascal)



## วิเคราะห์ผล

จากผลของการจำลองทั้ง 4 กรณี สามารถวิเคราะห์ผลได้ 2 แบบคือ ผลเชิงตัวเลข คือค่าการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์แรงต้าน เมื่อความเร็วของรถบรรทุกเพิ่มขึ้น (แสดงใน Figure 8) และผลเชิงกราฟฟิก คือระดับกระแสความดันอากาศที่กระทำกับรถบรรทุก (ดังแสดงใน Figure 9)

จาก Figure 8 เป็นการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์แรงต้านจากการรวมของอุปกรณ์เสริมตั้งแต่กรณีที่ 1 ปิดกระบังรถบรรทุก ซึ่งเป็นกรณีเปรียบเทียบกับอื่น ต่อมากรณีที่ 2 ได้ติดตั้งอุปกรณ์ปิดช่องว่างระหว่างรอยต่อกระบังเข้าไปเพิ่มเติมกับกรณีแรก จึงทำให้สัมประสิทธิ์แรงต้านลดลงเล็กน้อยจากกรณีแรก เช่นเดียวกับกับกรณีที่ 3 ติดตั้งอุปกรณ์เสริมบังลมล้อหน้า และกรณีที่ 4 เสริมผิวโค้งบริเวณหลังคารถเพิ่มเติมเข้าไปอีก ทำให้สัมประสิทธิ์แรงต้านลดลงตามลำดับ ซึ่งแนวโน้มของสัมประสิทธิ์แรงต้านจะลดลงเมื่อความเร็วของรถบรรทุกนั้นสูงขึ้น เนื่องจากอิทธิพลของความหนืดระหว่างอากาศกับผิวของตัวรถบรรทุกจะลดลง เมื่อความเร็วหรือค่าเรย์โนลด์ของอากาศที่ไหลผ่านรถสูงขึ้น ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านกับความเร็วยของอากาศจะแปรผกผันกัน เมื่อ  $C_D$  คือสัมประสิทธิ์แรงต้านรวม  $F_D$  คือแรงต้านรวมที่กระทำต่อรถบรรทุก (N)  $\rho$  คือความหนาแน่นของอากาศ ( $\text{kg/m}^3$ )  $V$  คือความเร็วของอากาศ (m/s) และ  $A$  คือพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหล ( $\text{m}^2$ )

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho V^2 A} \quad (1)$$

ดังนั้น Figure 9 จึงเป็นการวิเคราะห์เชิงกราฟฟิก เพื่อวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์แรงต้าน โดยผลกระทบจากการติดอุปกรณ์เสริม จะมีผลกับการเปลี่ยนแปลงของกระแสแรงดันของอากาศ จึงทำให้เกิดกระแสแรงดันอากาศแตกต่างกัน โดยอากาศจะมีการไหลที่ราบเรียบขึ้น เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์เสริม ตั้งแต่กรณีที่ 1 ปิดกระบังรถบรรทุก ซึ่งจะสังเกตเห็นแรงดันของอากาศที่

แตกต่างกันระหว่างส่วนหน้า และส่วนท้ายของรถบรรทุก และเกิดการแยกตัวของอากาศที่มีขนาดใหญ่ (สังเกตจากตำแหน่งลูกศรสีแดง) ต่อมากรณีที่ 2 ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ปิดช่องว่างระหว่างรอยต่อกระบังเพื่อลดการไหลของอากาศเข้าไปในตัวรถ (Internal flow loss) จึงทำให้อากาศที่ไหลผ่านตัวรถบรรทุกโดยรวม มีความราบเรียบมากขึ้น (สังเกตจากตำแหน่งลูกศรสีแดง) ซึ่งเกิดจากค่าความแตกต่างระหว่างแรงดันด้านหน้า และด้านท้ายของรถบรรทุกมีค่าลดลง นั่นเท่ากับว่า ค่าการดูดซับหรือแรงต้านรวมของรถบรรทุก (สัมประสิทธิ์แรงต้าน) ลดลงนั่นเอง สามารถวิเคราะห์แรงดันที่เกิดขึ้นจากผลต่างของแรงดันระหว่างด้านหน้าและด้านหลังจากสมการที่ (2) เมื่อ  $F_D$  คือแรงต้านรวมของรถ (N)  $p$  คือค่าแรงดันอากาศ ( $\text{N/m}^2$ )  $A$  คือพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าและด้านหลังของรถ

$$F_D = \int_{front} p \cos\theta dA - \int_{back} p \cos\theta dA \quad (2)$$

ดังนั้น กรณีที่ 3 ติดตั้งอุปกรณ์เสริมบังลมล้อหน้าเพิ่มจากกรณีที่ 2 อากาศจึงมีความราบเรียบมากกว่าเดิม และกรณีที่ 4 เสริมผิวโค้งบริเวณหลังคารถ จะสังเกตเห็นอากาศบริเวณส่วนบน มีการแยกตัวของอากาศที่ลดลงได้อย่างชัดเจน เนื่องจากความแตกต่างของแรงดันอากาศลดลง (สังเกตจากตำแหน่งลูกศรสีแดง) จึงเป็นผลให้ สัมประสิทธิ์แรงต้านลดลงซึ่งสอดคล้องกับผลในเชิงตัวเลขที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ ใน Figure 8

## อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

มีนักวิจัยที่คิดค้นวิธีที่การคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของรถบรรทุกเล็ก โดย Leuschen and Cooper [3] ได้สร้างสูตรการคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน จากการปรับปรุงด้านอากาศพลศาสตร์ของการติดตั้งอุปกรณ์เสริมของรถบรรทุก ดังนี้



$$\Delta\mu(V_i) = \frac{\rho \times UCF \times SFC \times V_i^2 \overline{\Delta C_D}(V_i) A}{0.85} \quad (3)$$

- เมื่อ  $\Delta\mu(V_i)$  การเปลี่ยนแปลงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันที่ความเร็วกำหนด (liters/100 km)  
 $\rho$  ความหนาแน่นของอากาศ 1.225 kg/m<sup>3</sup>  
 $UCF$  ค่าแฟคเตอร์ของการเปลี่ยนแปลงหน่วย เท่ากับ 1.072  
 $A$  พื้นที่หน้าตัดของรถ 6.41153 m<sup>2</sup>  
 0.85 ค่าสัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่ของรถคิดที่ความเร็วเฉลี่ย  
 $SFC$  อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ (liters/kW-h)  
 $\overline{\Delta C_D}(V_i)$  ค่าการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์แรงต้านสัมบูรณ์ที่ความเร็วกำหนด

ดังนั้นจากหลักการดังกล่าว จึงนำค่าการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์แรงต้านที่ได้จากการจำลอง

Table 2. Average fuel consumption

Case of accessories	Decreasing of fuel consumption	
	(liters/100 km)	%
1. the truck close box	-	-
2. the gap closed between box	- 1.166	- 5.58
3. the front wheel diaphragm	- 1.288	- 6.14
4. the curved roof	- 2.086	- 10.4

### สรุปและข้อเสนอนแนะ

การเปรียบเทียบเพื่อยืนยันผลระหว่างการทดสอบแบบจำลองในอุโมงค์ลมกับวิธีจำลองเชิงตัวเลข นั้น ให้ผลที่มีค่าใกล้เคียงกัน (ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์) สามารถนำเงื่อนไขใช้จำลองรถบรรทุกติดตั้งอุปกรณ์เสริมทั้ง 4 กรณี จากการติดตั้งอุปกรณ์เสริม ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านลดลงจากกรณีที่ 1 ปิดกระบังบรรทุก ซึ่งใช้เป็นกรณีเปรียบเทียบกับกรณีอื่น และลดลงตามลำดับ ตามเงื่อนไขหรืออุปกรณ์เสริมที่ติดตั้งเพิ่มเติมกับตัวรถบรรทุกเข้าไปในกรณีที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ และจะสอดคล้องกับค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงซึ่งลดลงตามลำดับเช่นกัน ตาม Table 2 อันเนื่องมาจากอุปกรณ์เสริมช่วยให้กระแสของแรงดันอากาศที่ผ่านตัวรถบรรทุกมีความราบเรียบขึ้น ผลต่างของแรงดันระหว่างด้านหน้าและด้านหลังรถมีค่าลดลง ซึ่งสังเกตจากการลดลงของการหมุนวนและการแยกตัวของอากาศ ดังนั้น

จากงานวิจัยนี้เป็นเพียงการจำลองเชิงตัวเลขเท่านั้น จำเป็นจะต้องมีการสร้างติดตั้ง และทดสอบกับรถบรรทุกจริง เพื่อตรวจสอบการความถูกต้องของลดลงของสัมประสิทธิ์แรงต้าน และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงนำไปสู่การใช้งานจริงในอนาคต

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนวิจัยสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2558 ตามมติคณะรัฐมนตรี บริษัทพรอสเพอริตี้ คอนกรีต จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและรถบรรทุกเพื่อใช้ในการทดสอบจริง และมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่สนับสนุนด้านต่างๆ สำหรับโครงการวิจัยนี้ตลอดมา



## เอกสารอ้างอิง

1. Grosche, F.R., & Meier, G.E.A. 2001. Research at DLR Gottingen on bluff body aerodynamics drag reduction by wake ventilation and active flow control. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 89: 1201-1218.
2. Van Dam, C.P. 1999. Recent experience with different methods of drag prediction. *Progress in Aerospace Sciences*, 35: 751-798.
3. Leuschen, J., & Cooper, K.R. 2006. Full-Scale Wind Tunnel Tests of Production and Prototype, Second-Generation Aerodynamic Drag-Reducing Devices for Tractor-Trailers. 2006 SAE International, 06CV-222.
4. Hucho, W.H. 2006. Aerodynamics of road vehicles. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 94: 334-361.
5. Fukuda, H., Yanagimoto, K., China, H. & Nakagawa, K. 1995. Improvement of vehicle aerodynamics by wake control. *JSAE Review*, 16: 151-155.
6. Horinouchi, N. 1995. Numerical Investigation of Vehicle Aerodynamics with Overlaid Grid System. SAE 950628.
7. Muyl, F., Dumsa, L., & Herbert, V. 2004. Hybrid method for aerodynamic shape optimization in automotive industry. *Computers & Fluids*, 33, 849-858.
8. Prasad, A., & Williamson, C.H.K. 1997. A method for the reduction of bluff body drag. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 69-71: 155-167.
9. ปรัชญา มุขดา, พิเชฐ นิลดวงดี, ชวงชัย ชูปวา, อุทัย ผ่องศรี, วิระพันธ์ สีหานาม และกุลเชษฐ์ เพียรทอง. 2557. อุปกรณ์เสริมท้ายรถบรรทุกเพื่อประหยัดเชื้อเพลิง. ในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28. มหาวิทยาลัยขอนแก่น 15-17 ตุลาคม 2557.
10. ปรัชญา มุขดา และอนุชา สายสร้อย. 2554. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันกับลักษณะอากาศพลศาสตร์ของรถกระบะ ที่ติดตั้งอุปกรณ์เสริมแบบต่างๆ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 4: 40 -51.
11. ปรัชญา มุขดา, กุลเชษฐ์ เพียรทอง, และวิระพันธ์ สีหานาม. 2552. การลดลงของสัมประสิทธิ์แรงต้านของรถบรรทุกเล็กกรณีวิ่งตามกัน. *วารสาร ม. อบ.*, 1: 16 – 26.

