

การคำนวณผลทางพลศาสตร์ของไหล

Computational Fluid Dynamics

วีระยุทธ หล้าอมรชัยกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

เทคนิคทางพลศาสตร์ของไหลได้ถูกใช้งานอย่างแพร่หลายสำหรับงานด้านวิศวกรรมรวมไปถึงงานที่เกี่ยวข้องกับการจำลองผลทางกายภาพที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย บทความวิชาการนี้ เราสามารถกล่าวถึงการวิเคราะห์ผลของของไหลภายในแบบจำลองของระบบการวิเคราะห์ด้วยหลักการทางพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics) ซึ่งในการจำลองผลเราใช้เงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition) เช่น ความเร็วและความดัน ที่ได้จากการวัดจริงจากต้นแบบ โดยการจำลองเชิงตัวเลขนั้น กระทำโดยใช้กรรมวิธีการจำกัดปริมาตรในแนว 3 มิติ โดยอาศัยการสร้างปริมาตรควบคุม (Control Volume) ให้กับแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์เพื่อให้ง่ายต่อการกำหนดรูปแบบของการคำนวณ ในการหาผลเฉลยของการทำงานโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งอยู่ในกรอบของสมการอนุกรมวงกลม และ สมการโมเมนตัม ตลอดจนสมการพลังงาน ความรู้จากบทความนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบงานทางวิศวกรรมขั้นสูงต่อไป

คำสำคัญ : การวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์ของไหล, โดเมนสำหรับการวิเคราะห์

Abstract

Computational Fluid Dynamics techniques are widely employed in various engineering fields including those related to physical models described by partial differential equations. In this academic article, we introduce a result analysis and inside simulation of analysis system by using the computational fluid dynamics, in the simulation, we used a boundary condition such as velocity and pressure measured from a prototype. The duplication of the numerical is 3D modeled by the control volume methodology. Additionally, it is easier for solving of the conservations equations using mass, momentum and energy theory. The knowledge in this article can be applied as fundamental information for design maximum efficiency.

Keywords : Computational Fluid Dynamics, Domain for Analysis

1. บทนำ

เทคนิคการวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์ของไหลมีการนำมาใช้งานทางด้านวิศวกรรมหลากหลายสาขา เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและไม่สามารถคำนวณหาด้วยมือได้ ซึ่งใช้งานกันแพร่หลายในงานวิชาการและภาคอุตสาหกรรมในต่างประเทศ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ถูกพัฒนามาเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปให้สามารถใช้งานได้ง่ายในปัจจุบัน อาทิเช่น CFDDesign, Ansys CFX, ESI ADVANCE CFD, Solidworks Flow Simulation เป็นต้น อย่างไรก็ตามก็ตีความหมายของคำว่า “การวิเคราะห์ผลทางด้านพลศาสตร์ของ

ไหล” อาจจะไม่แพร่หลายกันมากนักในภาคอุตสาหกรรมใน

ประเทศไทย เพราะมีผู้คนใช้น้อยและส่วนใหญ่จะอยู่ในวงการด้านงานวิจัย ภายในสถานศึกษาเป็นหลัก เนื่องจากต้องอาศัยความเข้าใจเพื่อใช้ในการตีความของคำตอบ กล่าวคือ การวิเคราะห์ผลทางด้านพลศาสตร์ของไหล หรือ Computational Fluid Dynamics, (CFD) นั้น เป็นศาสตร์ทางวิชาการที่ค่อนข้างใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรมและงานด้านเทคโนโลยีในประเทศไทย แต่ในต่างประเทศ ศาสตร์วิชาการทางด้านนี้ได้ถูกพัฒนาและถูกใช้งานกันอย่างกว้างขวาง ทั้งในหมู่วงการวิศวกรในภาคอุตสาหกรรมและนักวิจัยในสถานศึกษาต่างๆ [1] การใช้งาน CFD เป็นการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์เพื่อนำมาทำการแก้ไขปัญหาเชิงตัวเลขด้านของไหลชนิดต่างๆ โดยมีหลักและวิธีการ คือ จะทำการแบ่งช่วงโดเมนของวัตถุภายใต้สนามการไหลต่างๆด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อทำให้เกิดรูปแบบและรูปร่างของโครงตาข่ายเชิงปริมาตร (Volume Mesh) หรืออาจจะเรียกว่า กริด (Grid) [2] ซึ่งโดยทั่วไปแล้วงานวิจัยเรื่องอื่นๆจะเรียกลักษณะของชุดโครงตาข่ายหรือกริดนี้ว่า “เมชเอลิเมนต์” หลังจากนั้นจะใช้อัลกอริทึม (Algorithm) ที่เหมาะสมต่อรูปแบบปัญหานั้นๆ มาทำการแก้สมการการเคลื่อนที่ของของไหล ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้สมการออยเลอร์ (Euler Equation) ในการแก้ปัญหการไหลแบบไม่มีความหนืด และจะใช้สมการนาเวียร์-สโตกส์ (Navier-Stokes Equation) สำหรับการแก้ปัญหของไหลแบบมีค่าความหนืด [4] ความยากและความแม่นยำในการแก้ปัญหในด้านการไหล จะขึ้นอยู่กับเมชเอลิเมนต์เชิงปริมาตรและจำนวนกริด เนื่องจากรูปร่างเมชเอลิเมนต์จะมีรูปร่างอยู่ 2 รูปแบบ คือ รูปร่างเมชเอลิเมนต์ที่ไม่แน่นอน (Unstructured Mesh) และรูปร่างเมชเอลิเมนต์ที่มีรูปร่างแน่นอน (Structure Mesh) [3] ซึ่งโดยรูปแบบของเมชเอลิเมนต์ที่มีรูปร่างไม่แน่นอนชนิดนี้จะมีอยู่ 2 รูปแบบด้วยกันคือ แบบชนิดที่มีลักษณะเป็น 3 เหลี่ยมใน 2 มิติ และแบบที่มีลักษณะเป็น 3 เหลี่ยมปริมาตรในระบบ 3 มิติ ส่วนเมชเอลิเมนต์ที่มีรูปร่างแน่นอน ถ้าขึ้นอยู่กับรูปแบบของปัญหาในการวิเคราะห์ผล ซึ่งถ้ารูปแบบปัญหาอยู่ในพลวัตที่สูงตัวเมชเอลิเมนต์จะถูกตัดแปลงให้มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับเวลา ในการวิเคราะห์ทางด้านพลศาสตร์ของไหล โดยทั่วไปเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลของรูปแบบสนามการไหลในลักษณะต่างๆ โดยไม่อาศัยฐานความรู้ของระเบียบเมชเอลิเมนต์ (Mesh-Based Method) อาจจะใช้หลักการตามระเบียบวิธีการดังนี้

1. ระเบียบวิธีลากรางจ์ (Lagrangian Method)
2. ระเบียบวิธีสเปกตรัม (Spectral Method)
3. ระเบียบวิธีแลตติซ-โบลท์ซมานน์ (Lattice-Boltzmann Method)

สำหรับการวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์ของไหล สิ่งที่สำคัญและต้องคำนึงถึงนอกจากการเลือกใช้เมชเอลิเมนต์ คือการเลือกใช้แบบจำลองความปั่นป่วน (Turbulent Model) ให้เหมาะสมเพื่อทำการแก้ปัญหาที่จะทำการศึกษาในแต่ละขอบเขตได้อย่างถูกต้อง [4] ในการศึกษาและการวิเคราะห์ผลจะอาศัยแบบจำลองความปั่นป่วนเข้ามาช่วยในการจำลองและอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ซึ่งแบบจำลองความปั่นป่วนที่ใช้กันทั่วไปจะมีอยู่หลากหลายรูปแบบ การเลือกใช้จำเป็นต้องเลือกให้เหมาะสมกับปัญหาเพื่อผลการเข้าสู่ของคำตอบที่ใกล้เคียง ซึ่งตัวอย่างแบบจำลองความปั่นป่วนที่ใช้กันทั่วไป คือ

1. $k - \varepsilon$ Model
2. $k - \omega$ Model
3. Large Eddy Simulation (LES)
4. Reynolds-Averaged Navier Stokes Equation (RANS)
5. Standard Epsilon Model
6. Shear Stress Transport, $k - \omega$ (SST)
7. Reynolds stress model (RSM)

ในหลากหลายสถานการณ์ที่มีรูปแบบการไหลที่ไม่แน่นอนที่ขาดต่อการวิเคราะห์และคำนวณผลด้วยมือ ทั้งการไหลภายใน (Internal Flow) และการไหลภายนอก (External Flow) หรือรูปแบบการไหลทั่วไป (General Flow) การใช้เทคนิคทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณเข้ามาใช้ก็เนื่องจากการไหลที่ยู่ยากต่อการคำนวณ และการคำนวณหาค่าตัวแปรบางตัวของชนิดแบบจำลองอาจไม่สอดคล้องกับรูปแบบการไหลที่ต้องการวิเคราะห์ อาจจำเป็นต้องทำการพัฒนาแบบจำลองให้มีความเหมาะสมกับรูปแบบการไหลชนิดต่างๆ [5] ซึ่งขีดความสามารถของคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันที่มีหน่วยประมวลผลและการแสดงผลที่สูงสามารถทำการวิเคราะห์ผลของรูปแบบสนามการไหลที่ซับซ้อนแบบหลายเฟส (Multi - Phase Flow) หรือของไหลที่มีพฤติกรรมไม่เป็นไปตามกฎของนิวตัน (Non-Newtonian Fluids) เป็นต้น

2. ระเบียบวิธี (Methodology)

ระเบียบวิธีทางพลศาสตร์ของไหลในอดีต เป็นวิธีการทางภาคทฤษฎีที่นำพวสมการที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาทางด้านของไหลในแต่ละเงื่อนไขต่างๆ มาทำการประดิษฐ์เป็นสมการไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อแก้ปัญหสนามการไหล แต่ระเบียบวิธีทางพลศาสตร์ของไหลในปัจจุบันได้พัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป [6] ซึ่งระบบการใช้งานจะเป็นวิธีการเตรียมขั้นตอนของทุกกระบวนการในการวิเคราะห์ผล ทั้งในการเตรียมชิ้นงาน การกำหนดปัญหาและเงื่อนไข

ขอบเขต ตลอดจนการตีความผลของคำตอบที่ได้จากการวิเคราะห์ผล ทั้งในรูปแบบของตัวเลข และรูปแบบของภาพแสดงผลต่างๆ กระบวนการวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์ของไหล [7] จะมีขั้นตอนการคำนวณ โดยแยกตามส่วนและความสำคัญ ซึ่งมี 3 ขั้นตอนดังนี้

Preprocessing ถือว่าเป็นขั้นตอนในการเตรียมข้อมูลเพื่อการคำนวณ เช่น การกำหนดขอบเขตของปัญหาทางพลศาสตร์ของไหล (Boundary Condition) การกำหนดวัสดุในการวิเคราะห์ผล (Material Properties) และการกำหนดแรงกระทำต่างๆ ขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์ (Load) เป็นต้น

Solution การคำนวณหาผลเฉลยเชิงตัวเลข หรือหาคำตอบ

Post processing การแสดงผลลัพธ์จากการคำนวณในรูปแบบชิ้นงานที่แสดงโดยภาพกราฟิกหรือกราฟแผนภูมิการทำงานของระบบการวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์ของไหล



รูปที่ 1 แผนภูมิของระบบการคำนวณผลทางพลศาสตร์ของไหล

ขั้นตอนการคำนวณผลจะแยกตามวิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (CFD) ได้ดังนี้

Building the Mathematical Model คือ วิธีการสร้างรูปแบบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ปัญหา

Building the Computational Fluid Dynamics Model คือ วิธีการสร้างรูปแบบของงานชิ้นส่วนย่อย หรือการสร้างเมชเอลิเมนต์

Equation of the Computational Fluid Dynamics System คือ รูปแบบสมการในการวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์ของไหล

Solving the Computational Fluid Dynamics Model คือ วิธีการสร้างรูปแบบการแก้ปัญหาสมการเชิงอนุพันธ์

Analysis the Results คือ วิธีการวิเคราะห์หาผลเฉลยเชิงตัวเลข

2.1 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

(Building the Mathematical Model)

สำหรับการวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์ของไหล จะต้องทำการนำชิ้นส่วนงานที่ได้ทำการออกแบบรูปทรงของปัญหาขอบเขตด้วยโปรแกรม CAD 3D ทั้งชิ้นส่วนที่เป็นชิ้นงานเดี่ยว และชิ้นงานประกอบ ชิ้นงานต้นแบบที่ต้องการทำการวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลขจะ

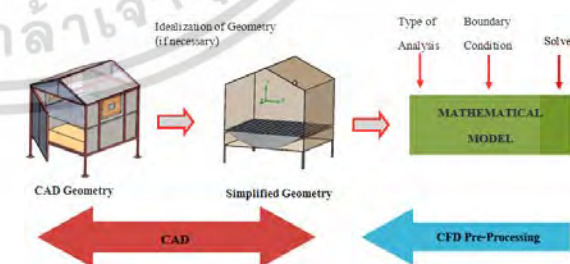
ถูกนำมาทำการแบ่งออกเป็นเมชเอลิเมนต์เล็กๆ โดยมีจำนวนหลายๆ เอลิเมนต์ แต่มีจำนวนจำกัดที่สามารถนับได้ (Finite element mesh) ขนาดของเอลิเมนต์จะถูกกำหนดโดยอัตโนมัติ หรือการกำหนดพื้นที่เมชเอลิเมนต์เองเมื่อบริเวณนั้นมีรูปร่างชิ้นส่วนที่ซับซ้อนและยากต่อการสร้างเมชเอลิเมนต์ให้ต่อเชื่อมกันอย่างสมบูรณ์ [8] ผู้ออกแบบควรจะแน่ใจและมั่นใจในการสร้างชิ้นงานหรือขอบเขตของปัญหานั้นๆ เพราะอาจจะมีผลต่อความถูกต้องในการคำนวณ

1) **Disfeatureing** เป็นการพิจารณาขั้นตอนการสร้างชิ้นส่วน โดยอาจจะต้องปรับรูปทรงของชิ้นงานเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์และการประมาณผล

2) **Idealization** เป็นการพิจารณาขั้นตอนการสร้างชิ้นส่วน โดยทำการประมวลผลเพื่อลดความยุ่งยากในการออกแบบชิ้นส่วนจาก CAD ลง

3) **Clean up** เป็นการกำหนดบริเวณในการสร้างเอลิเมนต์ บริเวณที่ไม่มีผลกระทบจากการกระทำของแรงกระทำจะมีขนาดของเอลิเมนต์ที่ใหญ่ ส่วนที่มีผลกระทบของแรงบริเวณนี้จะมีขนาดหนาแน่นของเอลิเมนต์มากกว่าบริเวณที่รับผลกระทบน้อย

การปรับปรุงชิ้นงานให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์ผล ในเบื้องต้นอาจจะทำการปรับด้วย CAD ให้เป็นชิ้นงานที่เรียบง่ายเพื่อทำการปรับเปลี่ยนเอลิเมนต์ จะช่วยลดเวลาในการคำนวณ การกำหนดสร้างเอลิเมนต์ที่สมบูรณ์จะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดรูปร่างเอลิเมนต์ และชนิดของเอลิเมนต์ ซึ่งการเตรียมชิ้นงานเพื่อวิเคราะห์ผลควรเริ่มจากการกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ รูปร่างชิ้นส่วน การกำหนดความหนาแน่นของวัสดุ ความหนาแน่นของเมชเอลิเมนต์ ขนาดของเมชเอลิเมนต์ และทิศทางของแรงกระทำต่างๆตามเงื่อนไขขอบเขต กระบวนการนี้จะสมบูรณ์ในขั้นตอนการสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ซึ่งอธิบายได้ด้วยรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์

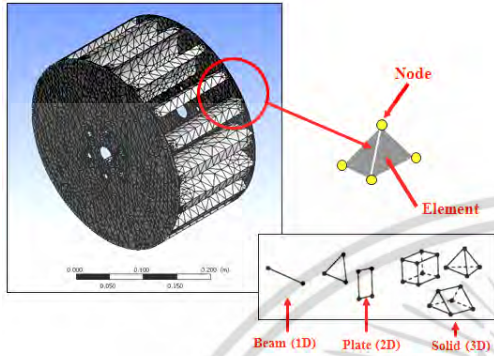
2.2 วิธีการสร้างชิ้นส่วนเมชเอลิเมนต์

(Building the Computational Fluid Dynamics Model)

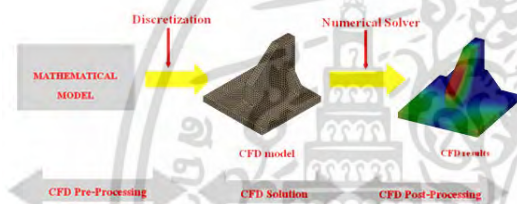
การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) โดยอาศัยโปรแกรม CAD ในการสร้างชิ้นงานปัญหา ทั้ง

เยื่อสาร เป็นเนื้อหาที่ส่งผ่านให้เด็กที่เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปแบบ 2 มิติและ 3 มิติ เป็นการเตรียมชิ้นงานเพื่อเลือกชนิดพร้อมทำการแบ่งเมชเอลิเมนต์ (Meshing) โดยเวกเตอร์ของแรงกระทำ และการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตต่างๆของปัญหาที่กำหนดจะกระทำลงบน โหนด (Nodes) ของชิ้นส่วนแบบแบ่งเมชเอลิเมนต์ (Finite Element Mesh)



รูปที่ 3 ลักษณะการแบ่งเมชเอลิเมนต์



รูปที่ 4 โครงสร้างเอลิเมนต์และการคำนวณผล

2.3 รูปแบบสมการในระบบการวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์ของไหล (Equation of the Computational Fluid Dynamics System)

เป็นขั้นตอนการที่ต้องทำการกำหนดคุณลักษณะทางแบบจำลองทางกายภาพของการคำนวณผลทางพลศาสตร์ของไหล เช่น การกำหนดรูปแบบสมการของการเคลื่อนที่ของของไหล + สมการเอนทาลปี + สมการอนุรักษ์มวล ซึ่งโดยทั่วไปการพิจารณาสนามการไหลของของไหล ในการวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลขทางด้านพลศาสตร์ของไหลจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึง สมการควบคุมหลักๆดังต่อไปนี้ เช่นสมการความต่อเนื่อง สมการพลังงาน และสมการโมเมนตัม เป็นต้น [7]

สมการความต่อเนื่อง

$$\nabla \cdot \vec{V} = 0 \tag{1}$$

สมการโมเมนตัม

$$\rho(\vec{V} \cdot \nabla \vec{V}) = -\nabla \vec{P} + \mu(\nabla^2 \vec{V}) - \rho g_i, i = x, y, z \tag{2}$$

สมการพลังงาน

$$\rho c_p (\vec{V} \cdot \nabla T) = k(\nabla^2 T) \tag{3}$$

โดยที่ \vec{V} คือ ค่าเวกเตอร์ความเร็ว

\vec{P} คือ ค่าเวกเตอร์ความดัน

μ คือ ค่าความหนืดของของไหล

k คือ ค่าการนำความร้อน

ρ คือ ค่าความหนาแน่นของของไหล

c_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ

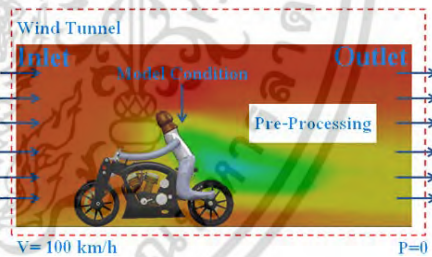
g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

โลก

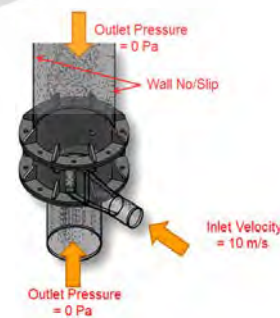
T คือ ค่าอุณหภูมิในหน่วยเคลวิน

2.4 วิธีการสร้างรูปแบบการวิเคราะห์และแก้ปัญหาสมการเชิงอนุพันธ์ solving of the Computational Fluid Dynamics Model

ขั้นตอนในกระบวนการนี้จะเป็นขั้นตอนการกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์ของไหล (Boundary Condition) ก่อนทำการแก้ปัญหาสมการเชิงอนุพันธ์ โดยจะใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์และประมวลผล ซึ่งตัวอย่างขั้นตอนการสร้างปัญหาขอบเขตแสดงได้ดังรูปที่ 5



ก) การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตการวิเคราะห์สำหรับวิเคราะห์การไหลอากาศผ่านรถมอเตอร์ไซค์



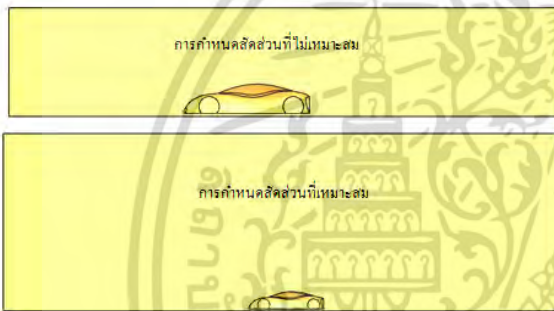
ข) การกำหนดปัญหาขอบเขตการวิเคราะห์สำหรับการหมุนวนของอากาศในไซโคลน

รูปที่ 5 การกำหนดปัญหาขอบเขต (Boundary Condition)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเอกสารได้แจ้งลิขสิทธิ์แล้ว ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยเป็นอย่างสูงและต้องอภัยถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ลักษณะการสร้างแบบจำลองที่เหมาะสม

การสร้างแบบจำลองทางพลศาสตร์ของไหลจะอาศัยโปรแกรม ออกแบบ 3 มิติเข้ามาช่วยในการออกแบบและขึ้นรูปทรง 3 มิติ การสร้างแบบจำลองสำหรับการจำลองและวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์ของไหลมีความสำคัญมากต่อการวิเคราะห์ ถ้าสร้างแบบจำลองที่ไม่ถูกและไม่เป็นไปตามหลักทฤษฎีผลที่ได้ย่อมผิดไปจากความจริง กล่าวคือ ขึ้นงาน 3 มิติ หรือ 2 มิติ การกำหนดสัดส่วนการสร้างแบบจำลอง ควรจะมีระยะของอุโมงค์ลมและการเคลื่อนที่ของของไหลให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์การวิ่งชนวัตถุที่จะทำการวิเคราะห์ ดังรูปที่ 5 เพราะการกำหนดระยะและสัดส่วนที่เหมาะสมจะมีผลที่ดีต่อการสร้างเมชเอลิเมนต์ เพราะเมชเอลิเมนต์ในแต่ละช่วงโดเมนที่ได้จากแบบจำลองที่เหมาะสมจะส่งผลให้ความเร็วของไหลเคลื่อนที่ผ่านได้สมดุลใกล้เคียงความจริงมากกว่าแบบจำลองอุโมงค์ลมที่แคบและมีระยะห่างจากการประทะอากาศของวัตถุที่น้อยเกินไป



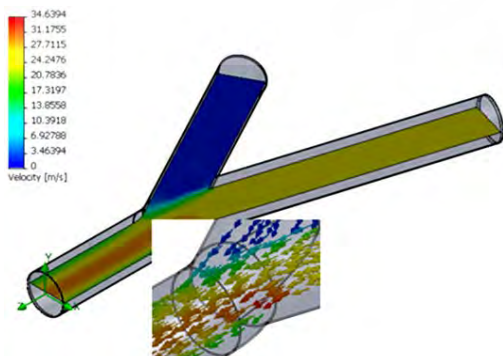
รูปที่ 5 การกำหนดสัดส่วนแบบจำลองอุโมงค์ลมที่จะวิเคราะห์อากาศไหลผ่านตัวถังรถยนต์

4. ตัวอย่างการแสดงผล

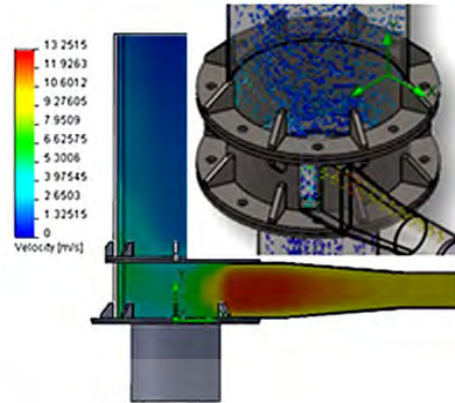
4.1 การแสดงผลของการวิเคราะห์แบบ Graphic 3D

Analysis

รูปแบบการแสดงผลเชิงตัวเลขทางพลศาสตร์ของไหลสามารถแสดงผลได้ทั้งในรูปแบบค่าความเร็ว ค่าความดัน ตลอดจนค่าอัตราการไหลของของไหล ในสนามการไหลต่างๆ ซึ่งตัวอย่างการแสดงผลเชิงตัวเลขทางพลศาสตร์ของไหลแสดงได้ดังรูปที่ 6



ก) การไหลภายในท่อ



ข) การไหลวนของอากาศในไซโคลน

รูปที่ 6 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์ของไหล

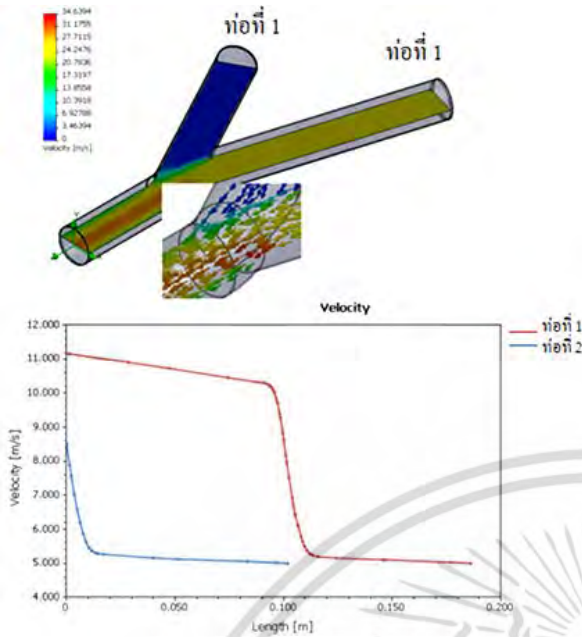
จากรูปที่ 6 (ก) เป็นการแสดงรูปแบบการไหลภายในท่อ (Internal Flow) จากรูปจะแสดงให้เห็นถึงปัญหาของโจทย์ คือ จะมีช่องทางการไหลของลำน้ำเข้าท่อหลัก (Main Pipe) อยู่ 2 ช่องทาง ซึ่งใน 2 ช่องทางนี้จะมีมุมมองของการวางท่อที่แตกต่างกันและแต่ละท่อมีความยาวไม่เท่ากัน ผลจากการวิเคราะห์คือ การไหลในช่องทางที่ห้ามุมองศาการวางท่อที่น้อยและถูกเชื่อมต่อกับแนวการวางท่อหลักจะสร้างรูปแบบการไหลที่มีทิศทางที่แน่นอนกว่าการวางท่อที่มีมุมมองมาก เนื่องจากการวางท่อที่มีมุมมองการวางท่อที่น้อยจะมีอัตราการสูญเสียที่น้อยกว่าการวางท่อที่มีมุมมองที่เยอะ

จากรูปที่ 6 (ข) เป็นการแสดงผลของการไหลวนของอากาศภายในหอคอยการอบแห้งวัสดุเกษตร จากผลการวิเคราะห์นั้นวัสดุประสงค์เพื่อจะทำการออกแบบรูปทรงของหัวเจ็ทของการปล่อยอากาศก่อนเข้าหอคอย เพื่อให้สามารถสร้างความเร็วที่เหมาะสม เพื่อทำการแก้ปัญหาความเร็วลมไม่เพียงพอที่จะชนะชั้นของวัสดุเกษตรไปจนถึงชั้นบนสุดของหอคอยได้

4.2 การแสดงผลของการวิเคราะห์แบบ Graph XY

การแสดงผลทางพลศาสตร์ของไหล นอกจากการแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบของ Graphic 3D Analysis แล้ว ยังสามารถแสดงผลให้อยู่ในรูปแบบของ Graph XY ซึ่งการแสดงผลในรูปแบบนี้ทำให้ผู้ศึกษาและวิจัยสามารถอ่านค่าตัวแปรการวิเคราะห์เพื่อตีความของผลที่เกิดขึ้นได้ง่ายขึ้น ดังรูปที่ 7 ซึ่งจะนำผลของการวิเคราะห์การไหลภายในท่อดังรูปที่ 6 (ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เขียนได้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 ผลของการวิเคราะห์แบบ Graph XY

5. สรุป

บทความนี้ได้กล่าวถึงหลักการและองค์ประกอบด้านเทคนิคการวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์ของไหลโดยอาศัยการสร้างเมชเอลิเมนต์ของรูปทรงสำหรับการศึกษาและอาศัยรูปแบบของวิธีการแบ่งช่วง เช่น ระเบียบวิธีปริมาตรสี่เหลี่ยม และระเบียบวิธีเอลิเมนต์สี่เหลี่ยม เป็นต้น ซึ่งรูปแบบวิธีการดังกล่าวจะเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาสมการควบคุมภายใต้เงื่อนไขเริ่มต้นและเงื่อนไขขอบเขต แต่ก็เป็นการยากที่จะคำนวณผลด้วยมือ ปัจจุบันได้อาศัยความสามารถทางเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์พฤติกรรมทางด้านการไหลในปัญหาทางวิศวกรรม โดยทำการสร้างรูปแบบปัญหาด้วยโปรแกรมออกแบบ 3 มิติ หลังจากนั้นก็นำแบบจำลองจากการออกแบบมาทำการกำหนดปัญหาและเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition) และก็ให้คอมพิวเตอร์ช่วยในการประมวลผลหาคำตอบ กล่าวโดยรวม การใช้เทคนิคทางพลศาสตร์ของไหลสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับงานวิจัย ออกแบบ และทำการศึกษาให้เกิดความรวดเร็วและลดต้นทุนของการวิจัยและพัฒนาได้เป็นอย่างดี

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิชาการนี้ได้รับการสนับสนุนด้านเงินทุนจาก “โครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานสร้าง และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] L. Werayoot and R. Wirachai, “The Performance Analysis of the Micro Water Turbine Generator Using Computational Fluid Dynamics (CFD),” Proceeding of Thailand Renewable Energy for Community Conference, pp.112-128, October, 2008.
- [2] W. Jompop, “Computational Fluid Dynamics Technique”, Thaksin University Journal, Vol 3, No. 1, pp.112-128, Sept., 2006.
- [3] P. Hood and C. Talor, “Navier Stokes Equations Using Mixed Interpolation., Finite Element Method in Flow Problems,” Edited by Oden, T.J., Zienkiewicz, O. C., Gallagher, R. H. and Taylor, C., University of Alabama Press, Huntsville, Vol.28, No.1, pp.121-132, June, 1974.
- [4] John Croockewit. “Hydro Engineering Handbook for Developing MICRO HYDRO in British Columbia,” Vol 45, No. 8, pp.212-228, Sept., 2004.
- [5] H. Nilsson and L. Davidson “A Numerical Comparison of Four Operating Condition in a Kaplan Water Turbine Focusing on Tip Clearance Flow,” Proceeding of the 20th IAHR Symposium, Vol.15, No.1, pp. 1-9, June, 2000.
- [6] P. Tucker “Computation of Unsteady Internal Flow,” Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, Vol.30, No.3, pp.110-116, Sept., 2001.
- [7] CFX-5 Solver Theory, Version 5.7, Ansys Canada Ltd., Waterloo, Ontario, Canada N2L574, 2001.
- [8] R.S. Medlock and R.A. Farness “Mass flow measurement-a state of the art review,” Measurement & Control, Vol.23, No.1, pp.100-113, March, 1983.