บทที่ 4
โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์อย่างง่าย (EasyFEM)

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทก่อนว่า EasyFEM เป็นโปรแกรมที่ประดิษฐ์ขึ้นมาเองโดยทั้งหมดโดย ศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ เดชะอำไพ และ อาจารย์ สุทธิศักดิ์ พงศ์ธนาพาณิช (2548) โดยเฉพาะ ศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ เดชะอำไพ นั้นในอดีตเคยทำงานกับองการนาซ่าของประเทศสหรัฐอาเมริกา ได้ร่วมกันสร้างโปรแกรมซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ทางด้านระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) ให้พื้นฐานเบื้องต้นอันจะนำไปสู่ความสามารถในการใช้ซอฟแวร์ระดับสูงต่อไปด้วยความมั่นใจ

4.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโปรแกรม EasyFEM

โปรแกรม EasyFEM ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยมีจุดประสงค์ที่ต้องการให้ผู้ใช้สามารถเริ่มต้นทำความเข้าใจกับวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ง่าย สามารถใช้แก้ปัญหาง่าย ๆ ในสองมิติได้ โดยแสดงผลเป็นภาพสีทำให้ง่ายต่อความเข้าใจ โปรแกรมนี้สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้หลายด้านคือการถ่ายเทความร้อน ความเค้นที่เกิดจากแรง ความเค้นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การไหลของของไหลแบบศักย์ การไหลชนิดที่มีความหนืดเข้ามาเกี่ยวข้องของของไหลที่อัดตัวได้และอัดตัวไม่ได้ซึ่งโปรแกรมนี้มีความเชื่อถือได้ในระดับสูง เนื่องจากผู้พัฒนาโปรแกรมเป็นศาสตราจารย์ที่เชี่ยวชาญในสาขาวิชากลศาสตร์เชิงคำนวณ (Computational Mechanics) มีประสบการณ์ในการวิจัยให้กับองค์การนาซ่าและการสอนในมหาวิทยาลัยในประเทศสหรัฐอเมริกานานกว่า 10 ปีนอกนั้นข้อดีของโปรแกรมนี้คือสามารถใช้ได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไป

4.2 สมการเชิงอนุพันธ์ที่ใช้ในโปรแกรม EasyFEM (ปราโมทย์ เดชะอำไพและ สุทธิศักดิ์ พงศ์ธนาพาณิช, 2548)

ระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยเพื่อใช้คำนวณหาปรากฏการลักษณะการไหลแบบหนืดที่ไม่อัดตัว (Incompressible Viscous Flow) ในสองมิติซึ่งรู้จักกันโดยทั่วไปว่าระบบสมการนาเวียร์-สโตกส์ (Navier-Stokes Equation) นั้น ประกอบด้วยสมการของการอนุรักษ์มวล (Conservation of Mass) และสมการอนุรักษ์โมเมนตัม (Conservation of Momentums) ในแกน x และ y ดังที่ได้ก่าวไว้ในข้อ 2.3.4 ในสมการของการอนุรักษ์มวล (2.9) แล้วสำหรับสมการการอนุรักษ์โมเมนตัม (2.10)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และ (2.11) นั้นในการคำนวณหาลักษณะการไหลของระเบียบวิธีไฟไนต์ในโปรแกรม Easy FEM นั้น จะเขียนใหม่เป็นดังนี้

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} + \rho\left(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} \tag{4.1}$$

$$\rho \frac{\partial v}{\partial t} + \rho\left(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial P}{\partial y} = \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial_{y}} \tag{4.2}$$

โดย ρ แทนความหนาแน่น (Density) ระบบสมการนาเวียร์-สโตกส์ประกอบด้วย 3 สมการได้แก่ สมการ (2.9), (4.1) และ (4.2) และมีตัวไม่รู้ค่า 3 ตัวอันประกอบด้วยความเร็ว u ในทิศแกน x ความเร็ว v ในทิศคำนวณหาลักษณะการไหลของระเบียบวิธีไฟไนต์แกน y และความดัน P ซึ่งล้วนแต่เป็นฟังก์ชันของโคออร์ดิเนต x และ y ส่วนทางด้านขวาของสมการอนุรักษ์โมเมนตัม (4.1) และ (4.2) นั้นประกอบด้วยพจน์ของความหนืดซึ่งเป็นฟังก์ชันของค่าความเค้นย่อยที่เขียนให้อยู่ในรูปแบบของความเร็ว ได้คือ

$$\tau_{xx} = 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} \tag{4.3}$$

$$\tau_{yy} = 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} \tag{4.4}$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \mu\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \tag{4.5}$$

โดย μ แทนค่าความหนืดพลศาสตร์ (Dynamic Viscosity)

ระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยนาเวียร์-สโตกส์นี้สามารถเขียนโดยใช้สัญลักษณ์เทนเซอร์ (Tensor Notations) เพื่อความสะดวกในการประดิษฐ์สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ต่อไปได้ คือ

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \tag{4.6}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} = -u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j}\right) \quad (4.7)$$

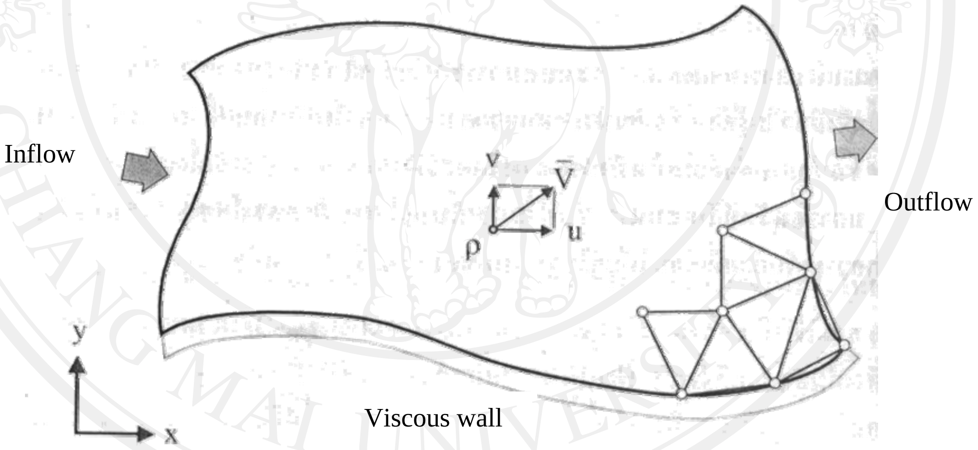
โดยที่ i = 1, 2 ซึ่งสอดคล้องกับโคออร์ดิเนต x และ y ตามลำดับ สมการ (4.6) เป็นสมการอนุรักษ์มวลมีความหมายเช่นเดียวกันกับกับสมการ (2.9) ส่วนสมการ (4.7) เป็นสมการอนุรักษ์โมเมนตัม ซึ่งมีความหมายเช่นดียวกันกับสมการ (4.1) และ (4.2) เมื่อ i = 1 และ 2 ตามลำดับ

ระบบสมการย่อยนาเวียร์-สโตกส์ (4.6) และ (4.7) นี้จำเป็นต้องแก้ควบคู่กันไปกับเงื่อนไขขอบเขตของปัญหาที่กำหนดให้ ดังแสดงในภาพที่ 4.1 ซึ่งอาจจะประกอบด้วย

(1) การกำหนดขอบเขตของการไหลเข้า (Inflow)

(2) การกำหนดขอบเขตของผนังแบบหนืด (Viscous Wall)

(3) การกำหนดขอบเขตของการไหลออก (Outflow)



ภาพที่ 4.1 โดเมน และ เงื่อนไขขอบเขตของการไหลแบบหนืด

4.3 การทดสอบการใช้งานโปรแกรม EasyFEM ในเบื้องต้น

ดังที่กล่าวผ่านมาแล้วนั้นว่า โปรแกรมการคำนวณและ ประมวลผลโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นั้น เป็นโปรแกรมที่ถูกออกแบบมาเบื้องต้นสำหรับการใช้งานในด้านวิศวกรรมเป็นหลัก และผู้ที่จะมาใช้งาน (User) โปรแกรมเหล่านี้ก็ต้องมีความรู้พื้นฐานระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์พอสมควร สำหรับโปรแกรม EasyFEM ที่จะนำมาศึกษาครั้งนี้ถือว่าเป็นหนึ่งโปรแกรมด้านไฟไนต์เอลิเมนต์ และมีจุดประสงค์สร้างมาให้ผู้ใช้ที่ความรู้เกี่ยวกับระเบียบวิธีนี้ไม่มากหนัก สามารถรับรู้ถึงวิธีนี้โดยพื้นฐาน และสามารถเข้าใจได้ง่าย นอกนั้นผู้สร้างโปรแกรมยังพยายามลดขั้นตอน และตัดทอนค่า Parameter ที่เป็นตัวแปรไม่สำคัญมากบางตัวออกไปด้วย เช่น ค่าความหนืดของผนังที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของไหลไหลผ่าน เป็นต้น และทำให้ Range ของค่า Parameter บางตัวมีความกว้างน้อยลง เพื่อง่ายในขั้นตอนที่โปรแกรมจะนำมาประมวลผล

จากที่กล่าวมานั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าโปรแกรม EasyFEM มีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านสถาปัยตกรรมในบางกลุ่มงานที่เกี่ยวเนื่องได้บ้าง เนื่องจากว่าโปรแกรมมีขั้นตอนการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน ขั้นตอนการทำก็ไม่ยุ่งยาก ทำให้ให้ง่ายต่อความเข้าใจและการใช้งาน โดยเฉพาะผู้ที่เรียนในสายสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่ไม่มีการเรียนการสอนในเรื่องระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์นี้เลย แต่ในการเรียนการสอนหรือแม้แต่การทำงานเราก็จะต้องเกี่ยวพันกับเรื่องเทคนิกอาคารเหล่านี้อยู่แล้ว ซึ่งโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นของงานเหล่านี้ได้ ช่วยลดขั้นตอนที่จะต้องพึ่งวิศวกร และยังจะทำให้การทำงานได้ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นกว่าเดิมอีกด้วย

สำหรับการใช้งานโปรแกรม EasyFEM นั้น สามารถทำการประมวลผลแก้ไขได้ในหลายๆ ปัญหา ได้แก่

- ปัญหาการถ่ายเทความร้อน Thermal Analysis
- ปัญหาของแข็ง Stress Analysis
- ปัญหาของแข็งเนื่องจากอุณหภูมิ Thermal Stress Analysis
- ปัญหาการไหลแบบศักย์ Potential Flow
- ปัญหาการไหลแบบหนืด Incompressible Viscous Flow
- ปัญหาความไหลความเร็วสูงแบบอัดตัวได้ Compressible Inviscid Flow

ขั้นตอนการทำการประมวลผลเพื่อวิเคราะห์ปัญหาการไหลแบบหนืดนั้น แบ่งเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้

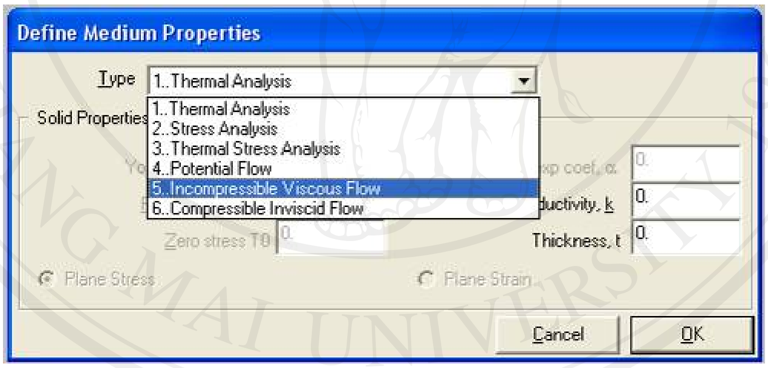
- ขั้นตอนการกำหนดค่าเบื้องต้น
- ขั้นตอนการขึ้นรูปร่างโมเดลที่ทำการทดสอบ
- ขั้นตอนการกำหนดขอบเขตโดเมน และการใส่เอลิเมนต์ให้กับโมเดล
- ขั้นตอนการกำหนดภาวะโหลดและ เงื่อนไขต่างๆ ให้กับ Node และ Element
- ขั้นตอนการประมวลผล และวิเคราะห์ปัญหา
- ขั้นตอนการนำเสนอผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.1 ขั้นตอนการกำหนดค่าเบื้องต้น

หลังจากติดตั้งโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถเข้าโปรแกรมได้ทันที่จากไอคอนดังภาพที่ 4.2 ที่หน้า Desktop จะพบหน้าต่างเปล่าสีดำ หลังจากนั้นเราเริ่มต้นการวิเคราะห์ปัญหาโดยเริ่มสร้างไฟล์ใหม่จะพบหน้าต่าง Define Medium Properties แล้วให้เลือกเอารูปแบบการวิเคราะห์ปัญหาการไหลแบบหนืด Incompressible Viscous Flow เนื่องจาก ลักษณะการไหลที่เกิดขึ้นรอบตัวและพบเห็นกันอยู่ทั่วไปนั้น ส่วนใหญ่แล้วถูกกำหนดให้เป็นรูปแบบของการไหลแบบหนืด นับตั้งแต่กระแสลมพัดผ่านบ้าน ผ่านต้นไม้ การไหลหมุนวนของอากาศเย็นในห้องแอร์หรือในอาคารสนามบินขนาดใหญ่ การไหลของกระแสน้ำในแม่น้ำลำคลอง เป็นต้น

ภาพที่ 4.2 ไอคอนของโปรแกรม EasyFEM



ภาพที่ 4.3 หน้าต่างให้เลือกเอารูปแบบการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ

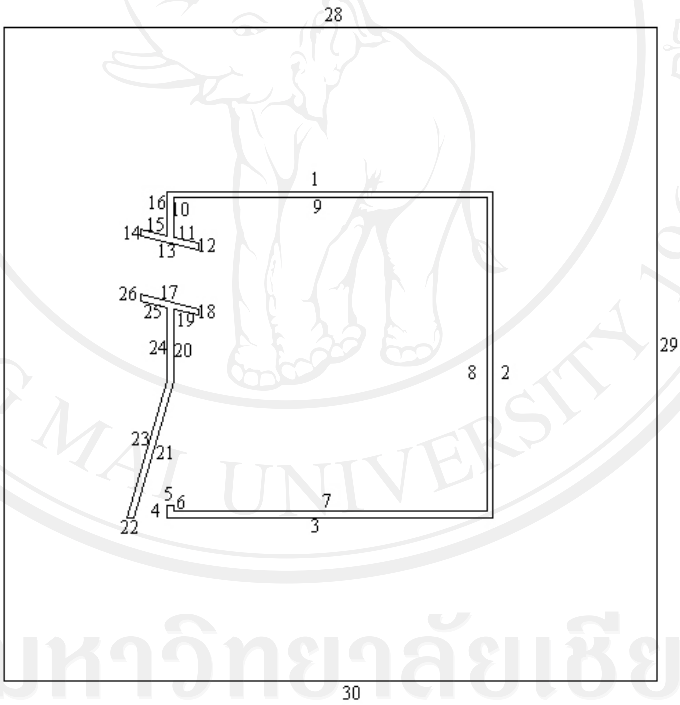
เมื่อเลือกปัญหาที่จะวิเคราะห์แล้วเราจะเข้าสู่ขั้นตอนการใส่ค่า Parameters ค่าความหนืดพลศาสตร์ และค่าความหนาแน่นของอากาศ โดยในที่นี้ขอนำเสนอตัวอย่างซึ่งเป็นการทดสอบการไหลของอากาศผ่านห้องหนึ่ง โดยกำหนดห้องมีขนาดพื้นที่ 4x4 เมตร มี 2 ช่องเปิด เป็นช่องเปิดที่ผนังเพียงด้านเดียว ภาพที่ 4.4 ซึ่งในที่นี้เราจะใช้โปแกรม EasyFEM คำนวณดูรูปแบบการไหลผ่านห้องดังกล่าว ในลักษณะการไหล 2 มิติผ่านแผนผังห้อง เพื่อดูเพื่อดูลักษณะการไหลของอากาศที่ไหลจากหน้าต่างผ่านเข้ามาในห้อง และลักษณะการไหลออก สำหรับเงื่อนไขต่างๆกำหนดให้ ของไหลเคลื่อนตัวด้วยความเร็ว $u = 1$ ค่าความหนืดพลศาสตร์ $\mu = 0.01$ ค่าความหนาแน่นของอากาศ $\rho = 1$ และ กำหนดอากาศอยู่ในสภาวะไร้ความดัน $P = 0$ โดยกำหนดลมมีทิศทางมาจากด้านซ้ายมือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ไหลผ่านโมเดลด้านผนังที่มีช่องเปิด และเมื่อกำหนดค่าความหนืดพลศาสตร์ $\mu = 0.01$ ค่าความหนาแน่นของอากาศ $\rho=1$ ในหน้าต่าง Define Medium Properties แล้วเราก็จะพบหน้าเปล่าของโปรแกรมอีกครั้ง ซึ่งในที่นี้เราก็เริ่มสร้างโมเดลที่จะทำการวิเคราะห์ปัญหาได้เลย

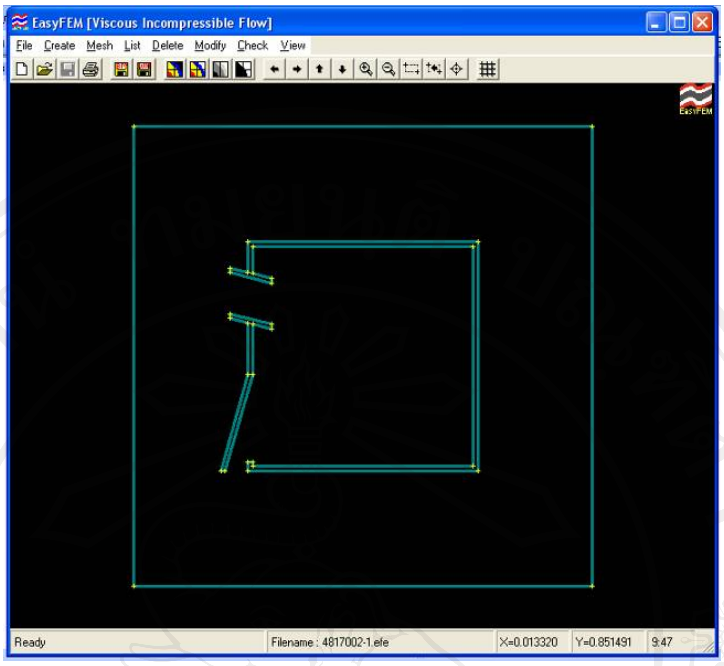
4.3.2 ขั้นตอนการขึ้นรูปร่างโมเดลที่ทำการทดสอบ

เมื่อเลือกปัญหาที่จะวิเคราะห์แล้วเราจะเข้าสู่หน้าเปล่าของโปรแกรม ซึ่งในที่นี้เราต้องสร้างโมเดลที่จะทำการวิเคราะห์ปัญหาขึ้นมาก่อน การสร้างเส้นในโปรแกรม EasyFEM นั้นมีหลายวิธี ซึ่งในนี้จะนำเสนอวิธีการสร้างเส้นต่าง ๆ ด้วยการให้ค่าพิกัด (Coordinate) (รายละเอียดพิกัดค่าได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก ก.)



ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างรูปแบบโมเดลที่เราจะนำไปสร้างในโปรแกรม EasyFEM

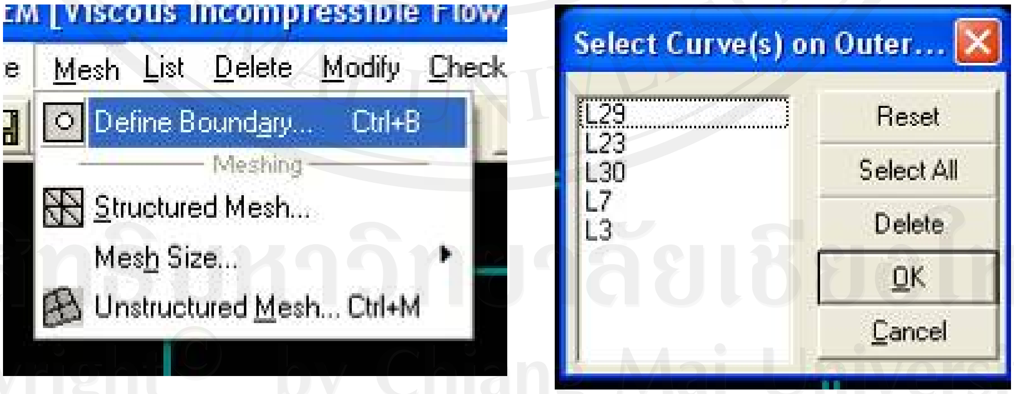
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.5 ผลลัพธ์ที่แสดงเป็นรูปร่างของโมเดลในโปรแกรม EasyFEM

4.3.3 ขั้นตอนการกำหนดขอบเขตโดเมน และการใส่เอลิเมนต์ให้กับโมเดล

เมื่อเราสร้างเส้นให้กับโมเดลเสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปเราต้องมากำหนดพื้นที่ขอบเขตโดเมนที่เราจะต้องสร้างเอลิเมนต์ขึ้นมา



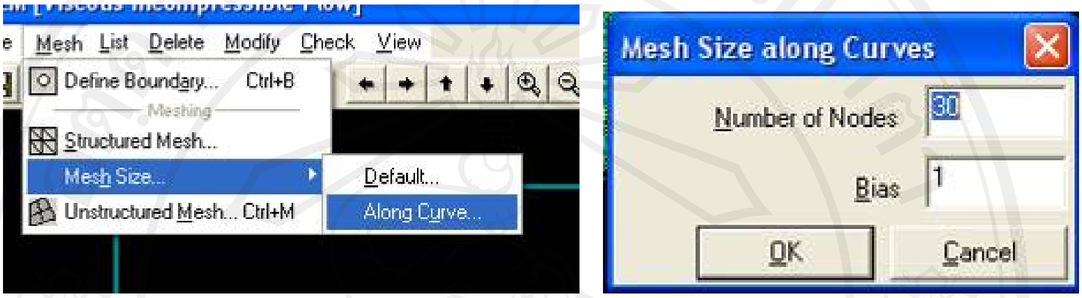
ภาพที่ 4.6 หน้าต่างกำหนดขอบเขตโดเมนให้กับโมเดล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อกำหนดขอบเขตโดเมนเสร็จแล้วจะเป็นการกำหนดเอลิเมนต์ย่อยๆ ลงในโดเมนที่เรากำหนดขึ้น ซึ่งในการสร้างเอลิเมนต์ (Elements) ก็มีอยู่ 2 รูปแบบ คือ เอลิเมนต์แบบมีระเบียบ (Structured Mesh) และ เอลิเมนต์แบบไร้ระเบียบ (Unstructured Mesh) ซึ่งถ้าเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

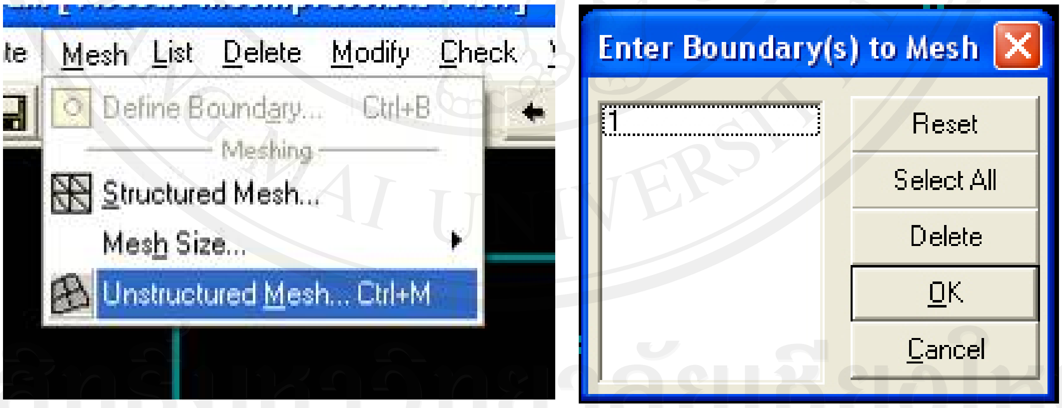
ทั่วไปแนะนำให้ใช้ เอลิเมนต์แบบมีระเบียบ แต่ถ้าเป็นรูปในลักษณะอื่นๆ (Free Form) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการไหลผ่านอาคาร ควรใช้เอลิเมนต์แบบไร้ระเบียบ

ในการสร้างเอลิเมนต์ในรูปแบบแต่ละอันนั้น ก่อนอื่นต้องมีการกำหนดขนาดของเอลิเมนต์ก่อน ซึ่งก็คือการกำหนดจำนวนของโนด (Nodes) ซึ่งแต่ละรูปแบบของการสร้างเอลิเมนต์นั้นจะมีการกำหนดจำนวนของโนดที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.7 ขั้นตอนการกำหนดจำนวนโนดให้แต่ละเส้น

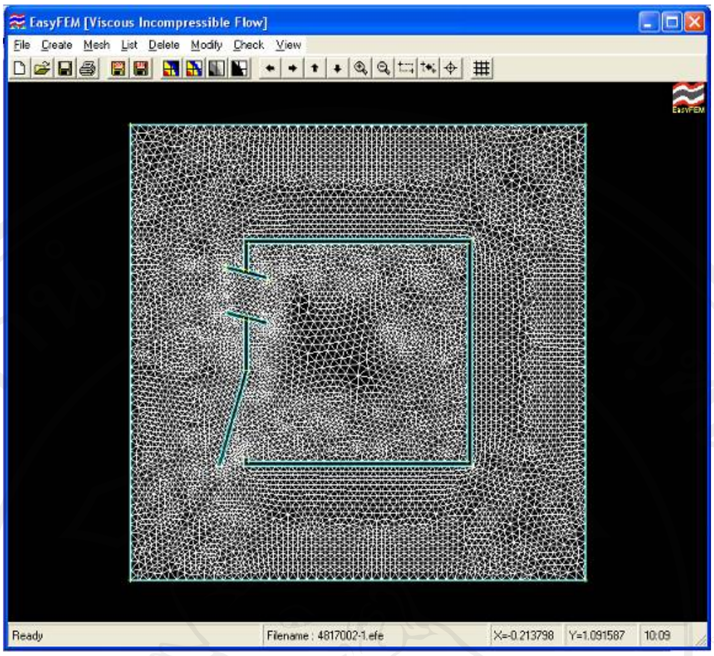
หลังจากที่กำหนดขนาดเอลิเมนต์ให้กับโดเมนต์แล้ว ก็เป็นขั้นตอนสร้างเอลิเมนต์ย่อยขึ้นมา



ภาพที่ 4.8 ขั้นตอนการสร้างเอลิเมนต์สามาเหลี่ยมแบบไม่เป็นระเบียบ

จะมีหน้าต่าง Enter Boundary(s) to Mesh คลิกเลือกขอบเขตโดเมนที่ต้องการ โปรแกรมก็จะสร้างเอลิเมนต์ขึ้นมาในโดเมนที่เรากำหนด ดังภาพที่ 4.9

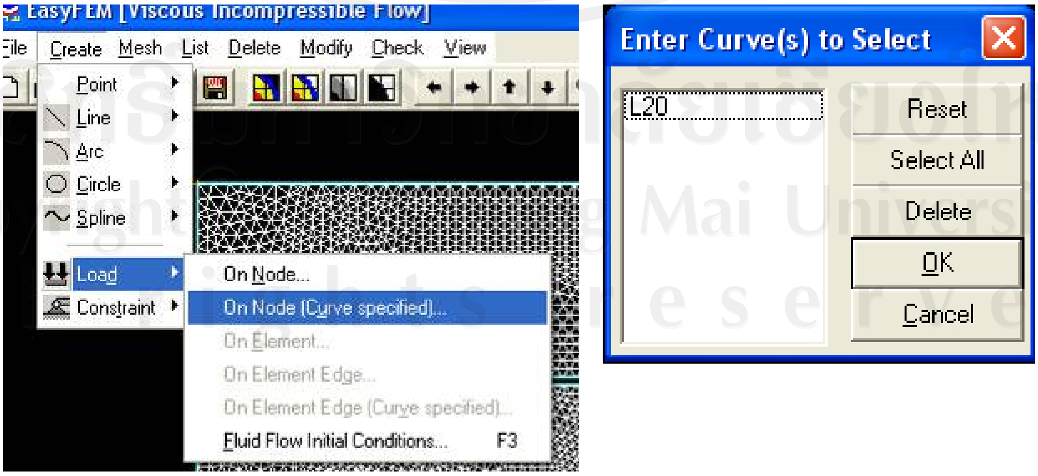
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.9 เอลิเมนต์สามเหลี่ยมที่ถูกสร้างในโดเมนที่เรากำหนด

4.3.4 ขั้นตอนการกำหนดภาวะโหลดต่างๆ ให้กับ Node และ Element

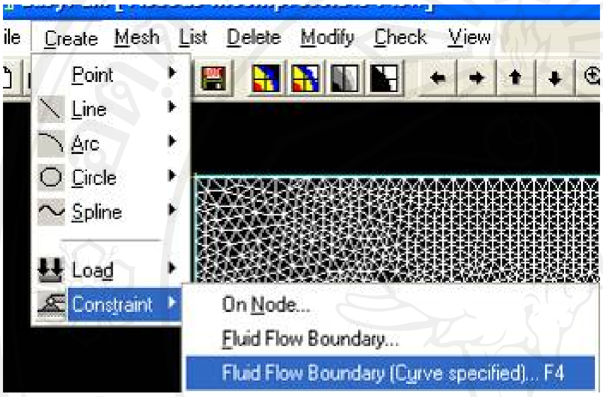
เป็นขั้นตอนการกำหนดภาวะโหลด สำหรับปัญหาการไหลแบบหนืดให้กับแต่ละโนดของแต่ละเอลิเมนต์ ซึ่งในการกำหนดภาวะโหลดสำหรับการไหลนั้น จะต้องกำหนดอยู่ 3 ค่า คือ ค่าความดัน (Pressure) ค่าความเร็วในแกน x (x-velocity) และ ค่าความเร็วในแกน y (y-velocity) โดยต้องกำหนดค่าต่างๆนี้ให้กับทุกๆ โนด และเอลิเมนต์ของโดเมน เพื่อให้เป็นค่าเริ่มต้นสำหรับการคำนวณ

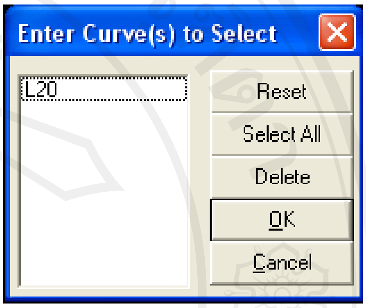


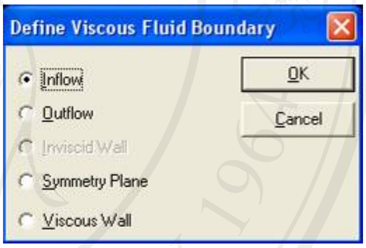
ภาพที่ 4.10 ขั้นตอนการกำหนดค่าต่างๆให้กับโนด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอนต่อไปเป็นการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตให้กับเอลิเมนต์ทั้งหมด ของโมเดลตามกายภาพของปัญหาที่กำหนดให้ดังในตัวอย่างนี้ กำหนดให้ขอบที่เป็นผนังด้านซ้ายเป็นส่วนที่อากาศต้องไหลเข้า กำหนดให้เป็นเงื่อนไขขอบเขตแบบไหลเข้า (Inflow) ขอบเขตของผนังด้านขวามือด้านบน และ ล่าง กำหนดให้เป็นเงื่อนไขขอบเขตการไหลออก (Outflow) และผนังอื่นๆส่วนที่เหลือจะเป็นเงื่อนไขของผนังแบบหนืด (Viscous wall) เมื่อกำหนดได้แล้วจะเข้าไปสู่ขั้นตอนการสั่งวิเคราะห์ และประมวลผล







ภาพที่ 4.11 ขั้นตอนการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตให้กับเอลิเมนต์

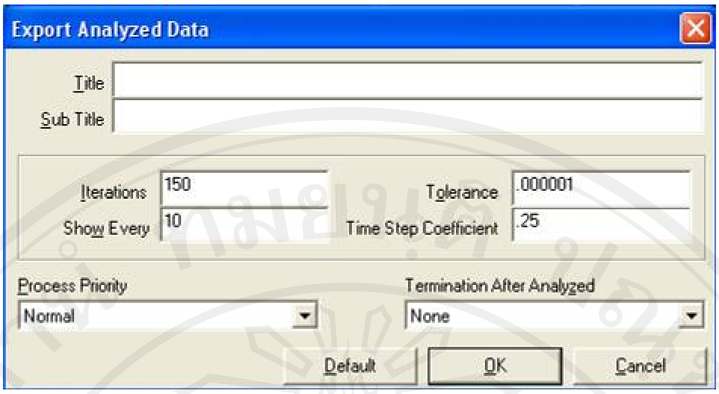
4.3.5 ขั้นตอนการประมวลผล และวิเคราะห์ปัญหา

ก่อนการใช้คำสั่งวิเคราะห์ปัญหาเราต้องบันทึก (Save) ไฟล์ที่เราทำมาก่อน หลังจากนั้นเราก็ทำการวิเคราะห์ปัญหาโดยจะมีหน้าต่างสำหรับกำหนดเงื่อนไขขึ้นมาให้เรากำหนดเงื่อนไขต่างได้แก่

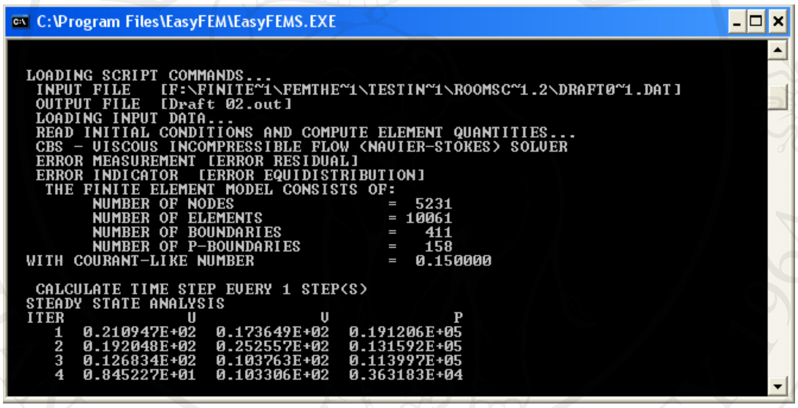
- ค่ากำหนดจำนวนครั้งของการวิเคราะห์ปัญหา Iterations
- ค่าเผื่อความผิดพลาด Error tolerance
- ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับคำนวณช่วงเวลา Time Step Coefficient

หลังจากใส่ค่าต่างๆลงไปแล้วก็สั่งวิเคราะห์ปัญหาแล้วรอผลการคำนวนได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

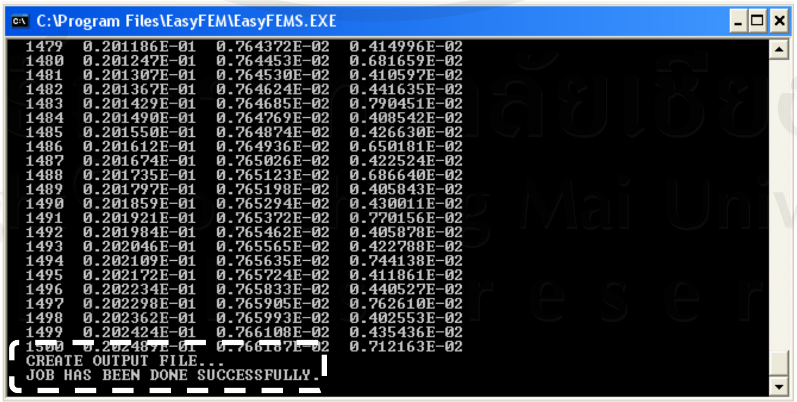


ภาพที่ 4.12 หน้าต่างกำหนดเงื่อนไขของการวิเคราะห์ปัญหา



ภาพที่ 4.13 หน้าต่างการประมวลผลของโปรแกรม Easy FEM

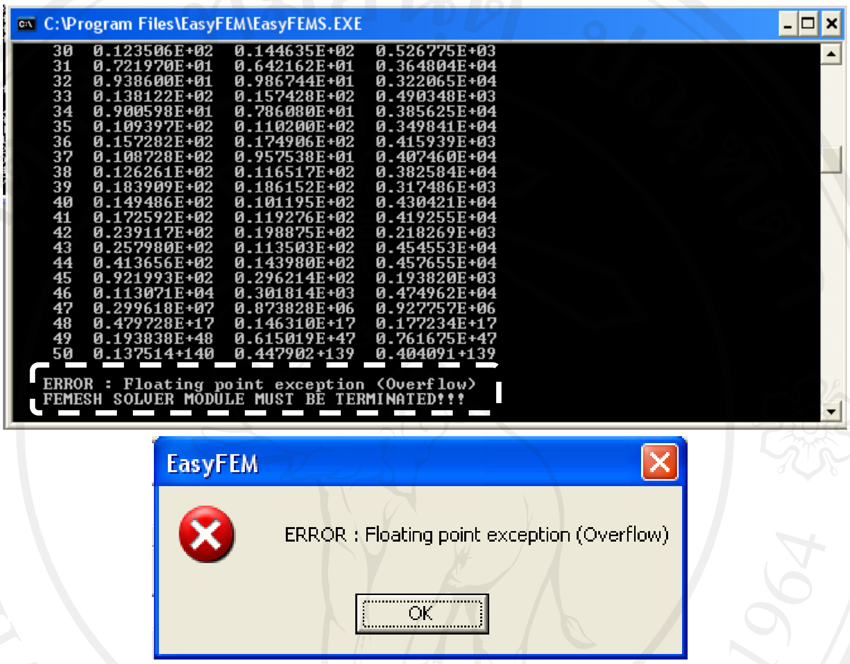
ในการวิเคราะห์ปัญหานั้นผลที่ได้จะมีโอกาสทั้งสำเร็จผล และ ไม่สำเร็จผล



ภาพที่ 4.14 หน้าต่างบอกถึงว่าขั้นตอนวิเคราะห์ปัญหาสำเร็จ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright by Chiang Mai University
All rights reserved

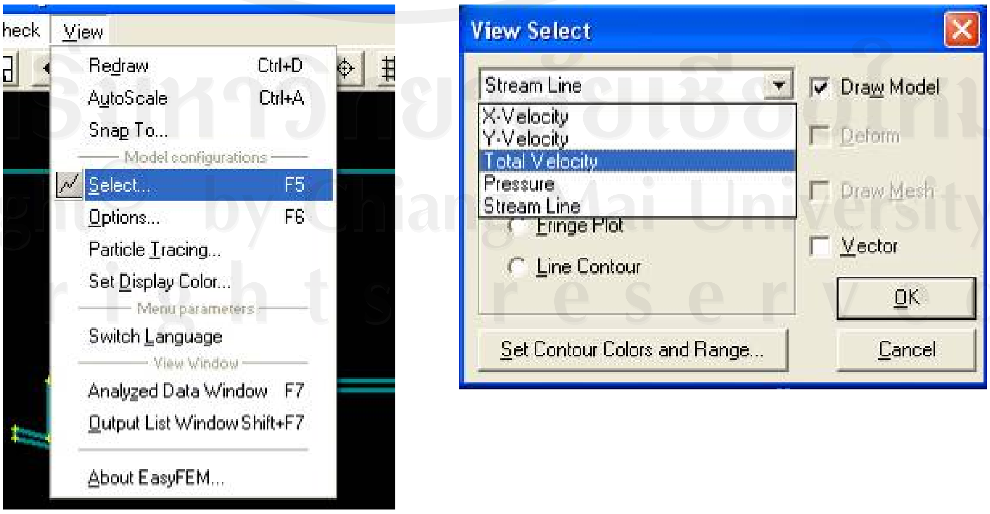
ในกรณีที่การวิเคราะห์ปัญหาสำเร็จผล เราก็ได้ผลลัพของรูปภาพที่จะแสดงผลออกมาเป็นลักษณะต่างๆ แต่ในกรณีที่การวิเคราะห์ผลไม่สำเร็จก็จะไม่มีผลลัพแสดงออกมาเลย ซึ่งกรณีนี้เราต้องได้กลับไปตรวจสอบข้อผิดพลาดในแต่ละขั้นตอนการทำคืนใหม่หมด เพื่อให้การวิเคราะห์สำเร็จผล และได้ผลลัพตามที่ต้องการ



ภาพที่ 4.15 หน้าต่างบอกถึงว่าขั้นตอนวิเคราะห์ปัญหาไม่สำเร็จสมบูณ

4.3.6 ขั้นตอนการนำเสนอผล

เป็นการแสดงผลการวิเคราะห์ปัญหาการไหลที่ได้ทำมาทั้งหมด

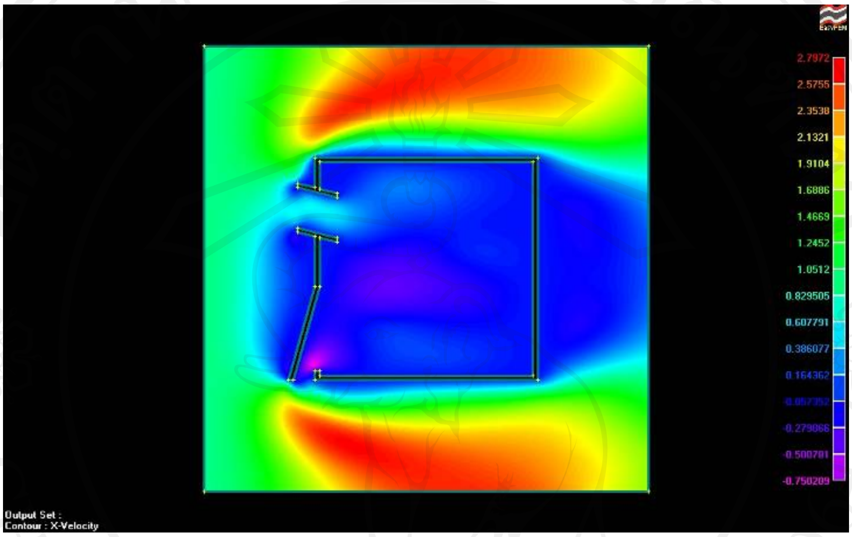


ภาพที่ 4.16 หน้าต่างสำหรับเลือกการแสดงผลของการวิเคราะห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright by Chiang Mai University
All rights reserved

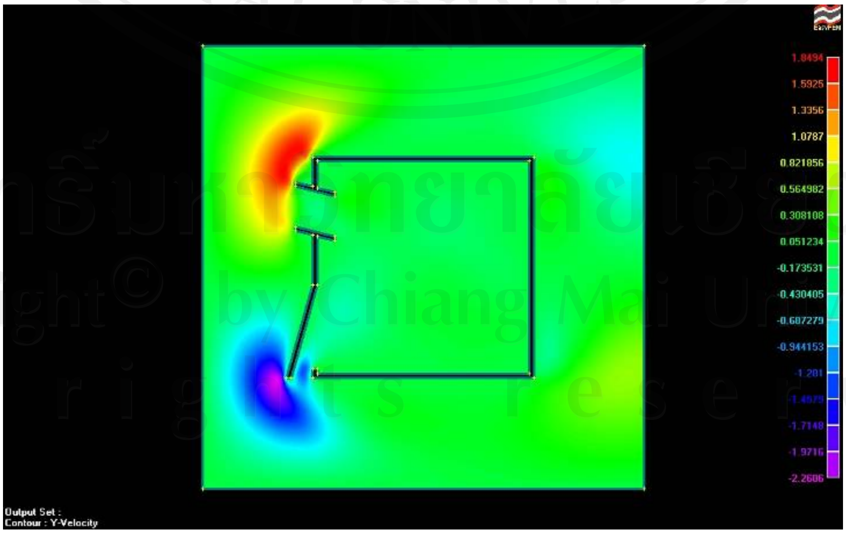
จะมีหน้าต่าง View Select (ภาพที่ 4.16) ขึ้นมา ให้เราเลือกรูปแบบของการแสดงผล ซึ่งผลที่ออกมาก็จะแสดงเป็น 5 รูปแบบหลักๆ ได้แก่

- **ความเร็วลมในแนวนอน (X-velocity)** จะแสดงในลักษณะรูปของพื้นที่ขอบเขต (Contour) ที่แสดงความเร็วของลมในทิศทางแนวนอน พร้อมบอกสีของค่าความเร็วลมที่เกิดขึ้นภายในห้องอีกด้วย



ภาพที่ 4.17 การแสดงผลความเร็วลมในแนวนอน (X-Velocity)

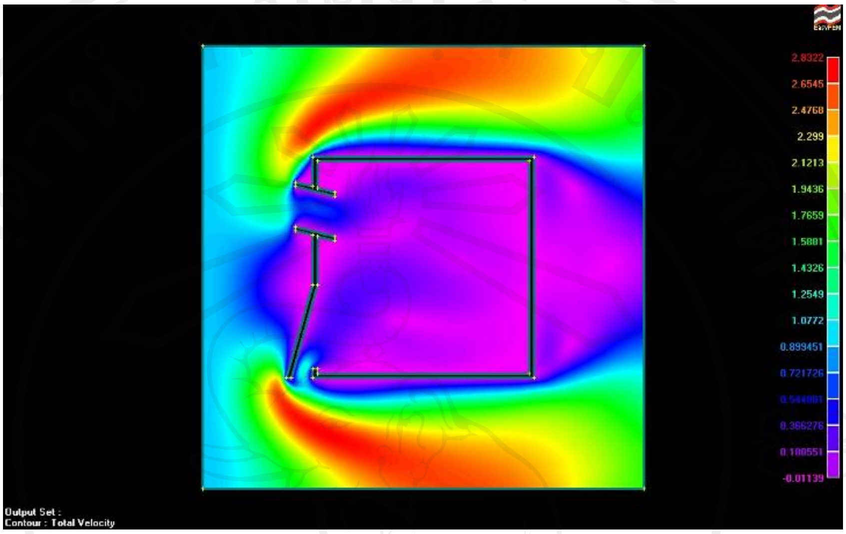
- **ความเร็วลมในแนวตั้ง (Y-velocity)** เหมือนกับการแสดงความเร็วลมในแนวนอน



ภาพที่ 4.18 การแสดงผลความเร็วลมในแนวตั้ง (Y-Velocity)

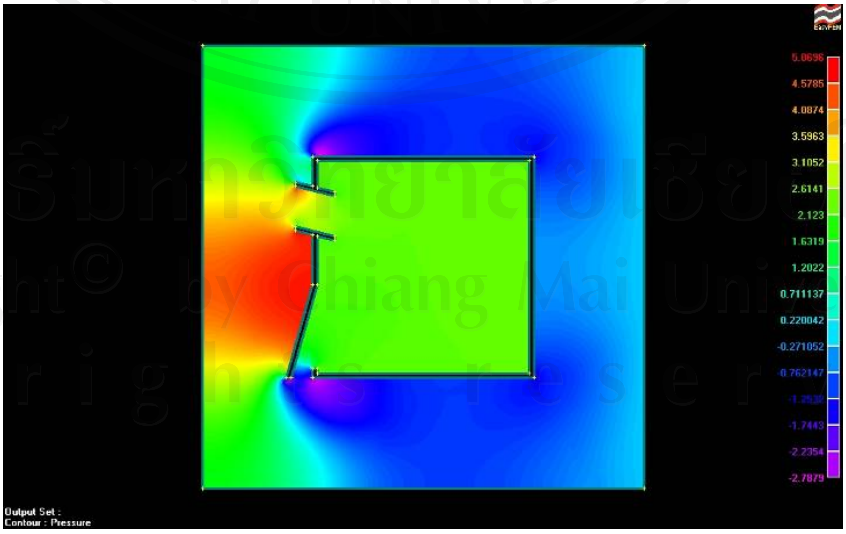
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **ความเร็วโดยรวม (Total Velocity)** เหมือนกับการแสดงความเร็วลมในแนวนอนและแนวตั้งโดยจะแสดงในลักษณะรูปของพื้นที่ขอบเขต (Contour) เหมือนกัน แต่จะเป็นการเฉลี่ยความเร็วทั้งสองทิศทางนั้นเข้าด้วยกัน แล้วแสดงออกมาเป็นกราฟิก



ภาพที่ 4.19 การแสดงผลความเร็วลมโดยรวม (Total-Velocity)

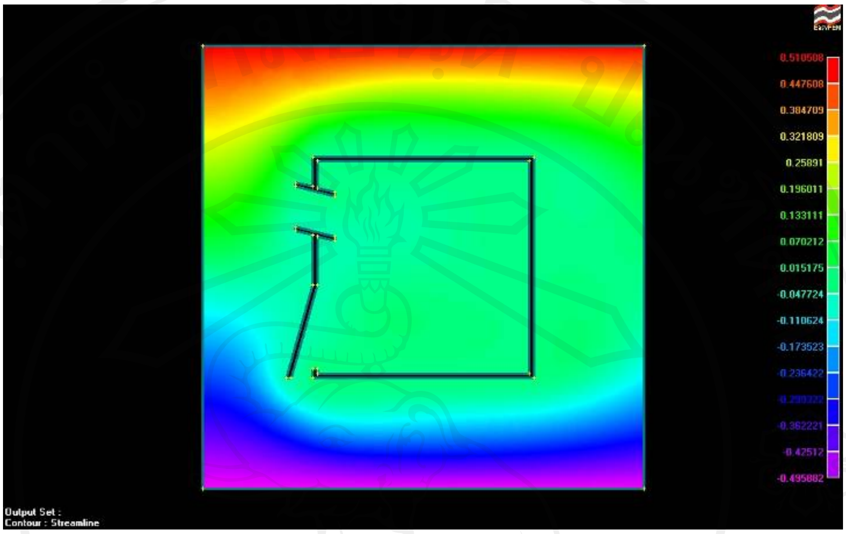
- **ความดัน (Pressure)** จะแสดงในลักษณะรูปของพื้นที่ขอบเขต (Contour) ที่แสดงความดันอันเนื่องมาจากการไหลของอากาศภายในห้อง พร้อมบอกสีของค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในห้องแต่ละพื้นที่อีกด้วยอีกด้วย



ภาพที่ 4.20 การแสดงผลความดันของการไหล (Pressure)

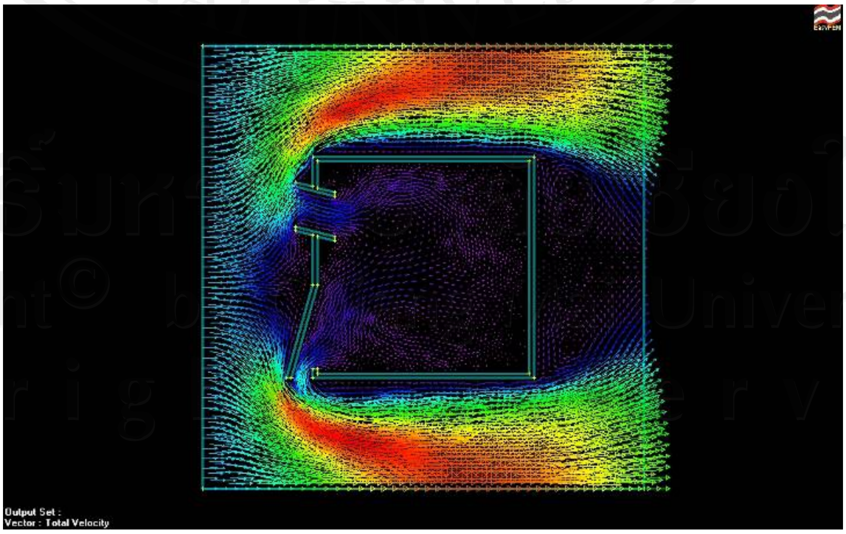
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **เส้นทิศทางกระแสการไหล (Stream line)** เป็นการแสดงชั้นของทิศทางการไหลที่จะแสดงในลักษณะรูปพื้นที่ขอบเขต (Contour) ที่แสดงการไหลของอากาศจากขอบเขตพื้นที่กำหนดลมเข้าไปสู่ส่วนด้านที่กำหนดให้ลมออก



<u>ภาพที่ 4.21</u> การแสดงผลทิศทางกระแสการไหล (Stream line)

นอกจากนี้แล้วยังมีลักษณะการไหลแบบ **แสดงทิศทางการไหลของอากาศ (Vector)** ซึ่งจะแสดงในรูปของเว็กเตอร์ หัวลูกศรกำหนดทิศทางการไหล แสดงส่วนพื้นที่กำหนดลมเข้าไปสู่ส่วนด้านที่กำหนดให้ลมออก



<u>ภาพที่ 4.22</u> การแสดงผลทิศทางกระแสการไหล (Vector)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 สรุปการทดลองใช้งานโปรแกรม EasyFEM

จากการทดลองทำการทดสอบการประมวลผลการทดสอบการไหลของอากาศโดยใช้โปรแกรม EasyFEM นั้น พบว่าการทดสอบในเรื่องการใช้งานทั่วไปนั้นไม่ยุ่งยาก และไม่ซับซ้อนเลย เนื่องจากผู้พัฒนาโปรแกรมต้องการให้ผู้ที่นำใช้งานโปรแกรมนี้สามารถทำความเข้าใจได้โดยง่าย และสามารถทำการทดลองได้ ถึงแม้จะมีความรู้พื้นฐานในเรื่องระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์อยู่ไม่มากก็ตาม ส่วนผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวณผลการไหลนั้น โปรแกรมแสดงผลได้ตรงตามวัตถุประสงค์ความต้องการรับรู้เกี่ยวกับการศึกษาปัญหาการไหลสำหรับนักศึกษาสาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์

แต่ปัญหาที่พบในการใช้งานโปรแกรมนี้ก็คือ ในการประมวลผลหาผลลัพธ์ในบางครั้งโปรแกรมไม่สามารถประมวลผลออกมาให้ได้ เพราะฉะนั้นเพื่อให้การประยุกต์ใช้โปรแกรมนี้ให้สามารถใช้งานให้ได้ผลลัพธ์ที่ออกมาตามที่ต้องการ และมีความถูกต้องกับความเป็นจริงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในเชิงลึกในปัญหาที่เป็นขอบเขตของข้อจำกัดโปรแกรมที่น่าจะเป็น ซึ่งจากการทดลองใช้งานโปรแกรมในการประมวลผลหลาย ๆ ครั้งแล้วเห็นว่าปัญหาที่ควรจะศึกษาต่อไปเพื่อประยุกต์ใช้โปรแกรมมีดังนี้

ก. ขีดความสามารถและข้อจำกัดในการวิเคราะห์ปัญหาการไหลของอากาศในอาคารของโปรแกรม ซึ่งจากการศึกษาโปรแกรมนี้ในเบื้องต้นที่ผ่านมา พบว่าขนาดและความซับซ้อนของปัญหาส่งผลให้โปรแกรมวิเคราะห์ได้หรือไม่ได้

ข. ความแม่นยำของโปรแกรมในการใช้วิเคราะห์ปัญหาการไหลของอากาศในอาคาร และการปรับเทียบพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับให้เป็นข้อมูลตั้ง

ค. ความเหมือน ความแตกต่าง ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบเมื่อเทียบการใช้โปรแกรม EasyFEM กับการใช้โต๊ะน้ำในการวิเคราะห์ปัญหาการไหลของอากาศในอาคาร

เมื่อได้ศึกษาจนทราบในเรื่องต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว ก็จะสามารถทราบว่าโปรแกรม EasyFEM นี้มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้เป็นเครื่องมือทดสอบการไหลของอากาศหรือไม่ และจะทำการศึกษาต่อไปว่า หากไม่เหมาะสมจะมีแนวทางในการนำไปปรับใช้อย่างไรเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการเรียนการสอนในเรื่องการระบายอากาศในสาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved