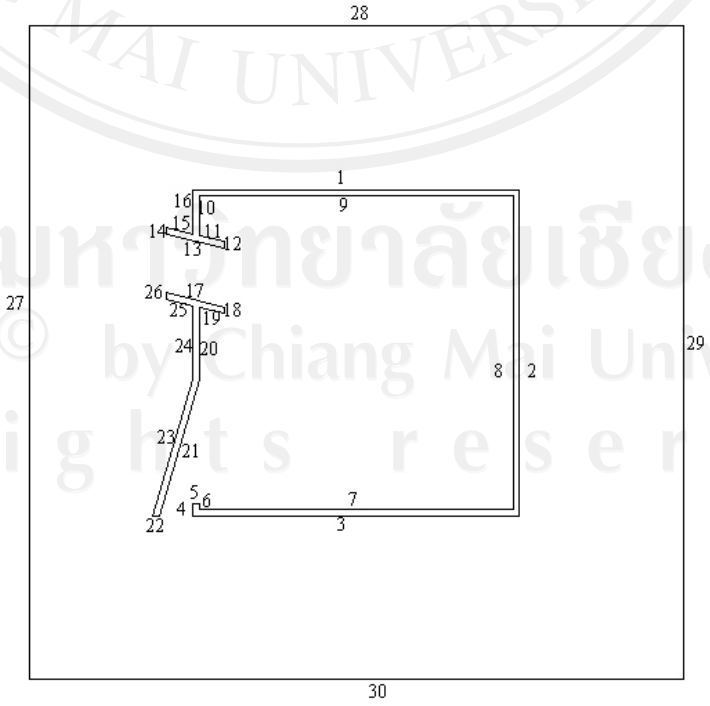
ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ภาคผนวก ก</u> รูปตัวอย่างปัญหาโมเดลทดสอบพร้อมด้วยค่าพิกัดคอร์ดิเนทต์ที่ใช้ในโปรแกรม EasyFEM

1 [(0.25, 0.75) ;(0.75; 0.75)]
2 [(0.75, 0.75) ;(0.75; 0.25)]
3 [(0.25, 0.25) ;(0.75; 0.25)]
4 [(0.25, 0.25) ;(0.25; 0.27)]
5 [(0.25, 0.27) ;(0.26; 0.27)]
6 [(0.26, 0.27) ;(0.26; 0.26)]
7 [(0.26, 0.26) ;(0.74; 0.26)]
8 [(0.74, 0.26) ;(0.74; 0.74)]
9 [(0.74, 0.74) ;(0.26; 0.74)]
10 [(0.26, 0.74) ;(0.26; 0.68)]
11 [(0.26, 0.68) ;(0.30; 0.67)]
12 [(0.30, 0.67) ;(0.30; 0.66)]
13 [(0.30, 0.66) ;(0.21; 0.6825)]
14 [(0.21, 0.6825) ;(0.21; 0.6925)]
15 [(0.21, 0.6925) ;(0.25; 0.6825)]
16 [(0.25, 0.6825) ;(0.25; 0.75)]
17 [(0.21, 0.5925) ;(0.30; 0.57)]
18 [(0.30, 0.57) ;(0.30; 0.56)]
19 [(0.30, 0.56) ;(0.26; 0.57)]
20 [(0.26, 0.57) ;(0.26; 0.46)]
21 [(0.26, 0.46) ;(0.20; 0.25)]
22 [(0.20, 0.25) ;(0.19; 0.25)]
23 [(0.19, 0.25) ;(0.25; 0.46)]
24 [(0.25, 0.46) ;(0.25; 0.5725)]
25 [(0.25, 0.5725) ;(0.21; 0.5825)]
26 [(0.21, 0.5825) ;(0.21; 0.5925)]
27 [(0.00, 0.00) ;(0.00; 1.00)]
28 [(0.00, 1.00) ;(1.00; 1.00)]
29 [(1.00, 1.00) ;(1.00; 0.00)]
30 [(1.00, 0.00) ;(0.00; 0.00)]



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ภาคผนวก ข</u> กลุ่มข้อมูลปัญหาที่ทดสอบในเรื่องการไหลของอากาศด้วยโปรแกรม EasyFEM โดยมีค่าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ปัญหาทดสอบ และพื้นที่โมเดล K≥5.60

ขนาดปัญหา *A=(a x b)* (ม x ม)	ขนาดโมเดล *M=(m x m)* (ม x ม)	จำนวนเอลิเมนต์	จำนวนโนด	A_D ม^2	*K*	A_E ม^{2}ต่อ1เอลิเมนต์	ผลลัพธ์
0.10 x 0.15	0.04 x 0.04	33162	16857	0.0134	9.375	4.04 E^{-7}	ได้
1.50 x 2.25	0.60 x 0.60	33158	16855	3.01	9.375	9.09 E^{-5}	ได้
1.70 x 2.55	0.68 x 0.68	33142	16847	3.87	9.375	1.16 E^{-4}	ได้
1.80 x 2.70	0.72 x 0.72	33156	16854	4.34	9.375	1.31 E^{-4}	ได้
2.00 x 3.00	0.80 x 0.80	33124	16836	5.36	9.375	1.62 E^{-4}	ได้(เพี้ยน)
2.20 x 3.30	0.88 x 0.88	33086	16819	6.48	9.375	1.96 E^{-4}	ได้(เพี้ยน)
2.50 x 3.75	1.00 x 1.00	33156	16854	8.38	9.375	2.52 E^{-4}	ได้(เพี้ยน)
2.80 x 4.20	1.12 x 1.12	33162	16854	10.50	9.375	3.16 E^{-4}	ได้(เพี้ยน)
2.90 x 4.30	1.16 x 1.16	33178	16865	11.12	9.375	3.35 E^{-4}	ได้(เพี้ยน)
3.00 x 4.50	1.20 x 1.20	33178	16865	12.06	9.375	3.63 E^{-4}	ไม่ได้
1.50 x 2.25	0.60 x 0.60	15168	7755	3.01	9.375	1.98 E^{-4}	ไม่ได้
1.50 x 2.25	0.60 x 0.60	16102	8229	3.01	9.375	1.87 E^{-4}	ได้(เพี้ยน)
1.50 x 2.25	0.60 x 0.60	16928	8649	3.01	9.375	1.78 E^{-4}	ได้(เพี้ยน)
1.50 x 2.25	0.60 x 0.60	23900	12174	3.01	9.375	1.26 E^{-4}	ได้
1.50 x 2.25	0.60 x 0.60	33158	16855	3.01	9.375	9.09 E^{-5}	ได้
1.50 x 2.25	0.60 x 0.60	39750	20186	3.01	9.375	7.58 E^{-5}	ได้
1.50 x 2.25	0.60 x 0.60	42044	21340	3.01	9.375	7.17 E^{-4}	ไม่ได้
1.90 x 2.75	1.00 x 1.00	21508	10990	4.225	5.225	1.96 E^{-4}	ไม่ได้
1.90 x 2.95	1.00 x 1.00	22350	11421	4.605	5.605	2.06 E^{-4}	ไม่ได้
1.90 x 2.95	1.00 x 1.00	39826	20259	4.605	5.605	1.15 E^{-4}	ได้
1.70 x 2.75	0.90 x 0.90	20122	10565	3.865	5.77	1.92 E^{-4}	ไม่ได้
1.70 x 2.75	0.90 x 0.90	36816	18730	3.865	5.77	1.04 E^{-4}	ได้
0.10 x 0.15	0.04 x 0.04	132	86	0.0134	9.375	1.20 E^{-4}	ได้
0.10 x 0.15	0.05 x 0.05	126	78	0.0125	6.00	1.20 E^{-4}	ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

0.50 x 0.80	0.25 x 0.25	3168	1456	0.3375	6.40	1.10 E^{-4}	ได้
0.50 x 0.80	0.22 x 0.22	2956	1376	0.3516	8.26	1.20 E^{-4}	ได้
0.50 x 0.80	0.20 x 0.20	2012	974	0.20	10.00	1.00 E^{-4}	ได้
0.80 x 1.20	0.40 x 0.40	7256	3252	0.80	6.00	1.10 E^{-4}	ได้
0.80 x 1.20	0.35 x 0.35	6985	3018	0.8375	7.83	1.20 E^{-4}	ได้
0.80 x 1.20	0.30 x 0.30	8750	4225	0.87	10.60	1.00 E^{-4}	ได้
1.00 x 1.50	0.50 x 0.50	11256	6538	1.25	6.00	1.10 E^{-4}	ได้
1.00 x 1.50	0.42 x 0.42	11028	6452	1.3236	8.50	1.20 E^{-4}	ได้
1.00 x 1.50	0.38 x 0.38	13652	7516	1.3556	10.30	1.00 E^{-4}	ได้
1.20 x 1.80	0.60 x 0.60	163366	8122	1.80	6.00	1.10 E^{-4}	ได้
1.20 x 1.80	0.50 x 0.50	15946	7765	1.91	8.64	1.20 E^{-4}	ได้
1.20 x 1.80	0.45 x 0.45	19566	9824	1.9575	10.60	1.00 E^{-4}	ได้

A_D คือ พื้นที่โดเมน

K คือ สัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปัญหาทดสอบทั้งหมด และ พื้นที่โมเดลทั้งหมด

A_E คือ ขนาดพื้นที่ต่อ 1 เอลิเมนต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ภาคผนวก ค</u> แบบอย่างเอกสารรายงานในเรื่องการทดสอบการไหลของอากาศด้วยโต๊ะน้ำในกระบวนวิชา 801325 Basic Building and Energy System ของนักศึกษาปี 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

<u>แบบอย่างงานนักศึกษา 1</u>

การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองการไหลของอากาศจาก การออกแบบการเปิดช่องระบายอากาศ และการออกแบบแผงกันแดด

หัวข้อ

จากโจทย์ที่ให้ออกแบบช่องเปิดระบายอากาศเพื่อให้สามารถรับลมที่จะเข้าไปไหลภายในห้องขนาด 4.00 × 4.00 เมตร ให้ได้มากที่สุด โดยกำหนดให้

1. ให้ห้องขนาด 4.00 × 4.00 เมตร
2. สามารถเปิดช่องเปิดได้เพียง 1 ด้านเท่านั้น
3. สามารถเปิดช่องเปิดได้ เพียง 2 ช่องเปิดเท่านั้น
4. ช่องเปิดทั้งหมดมีพื้นที่ไม่เกิน 30% ของด้านที่เปิด
5. สามารถทำแผงยื่นได้เพียง 50 เซนติเมตรเท่านั้น

โดยทำเป็นโมเดลห้องขนาด มาตราส่วน 1 : 20 แล้วนำไปทดลองบนโต๊ะน้ำเพื่อทดลองการไหลของน้ำสี

จุดประสงค์

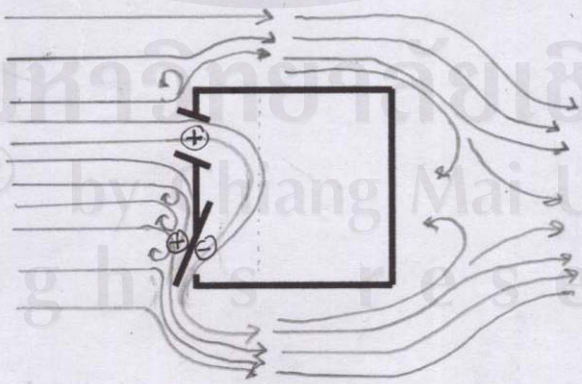
1. ทดสอบทิศทางลมจากช่องเปิด
2. วิเคราะห์ทิศทางการไหล
3. ประเมินการออกแบบช่องเปิด

ผลการทดสอบ

❖ **ผลการทดสอบทิศทางลมจากช่องเปิด** จากการเปิดช่องเปิดจะพบว่ากระแสของน้ำสีจะมีการไหลที่แตกต่างกันแล้วแต่ลักษณะช่องเปิดและมุมของการเปิดช่องเปิดที่ทำมุมกับการไหลของน้ำ โดยจะมีผลการทดลองดังนี้

กรณีที่ 1 วางตัวผนังที่มีช่องเปิดตั้งฉากกับกระแสน้ำ

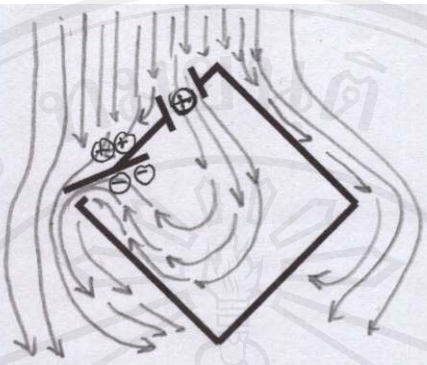
กระแสน้ำสีสามารถเข้ามาได้น้อยแม้จะมีการเปิดช่องเปิดขนาดใหญ่ก็ตาม แต่พบว่ามีการไหลเวียนของอากาศอยู่ประมาณ 30% ของพื้นที่ห้อง การไหลของกระแสน้ำสีค่อนข้างเอื่อย แต่ก็อยู่ในเกณฑ์ที่พอใช้ แต่ยังพบข้อเสียอยู่ภายในห้องที่ไม่มีการไหลของน้ำสีผ่านนั้นแสดงว่าตรงนั้นจะอับลม ดังภาพ



กรณีที่ 2 วางตัวผนังที่มีช่องเปิดเอียง 45 อาศา กับกระแสน้ำทางด้านซ้าย

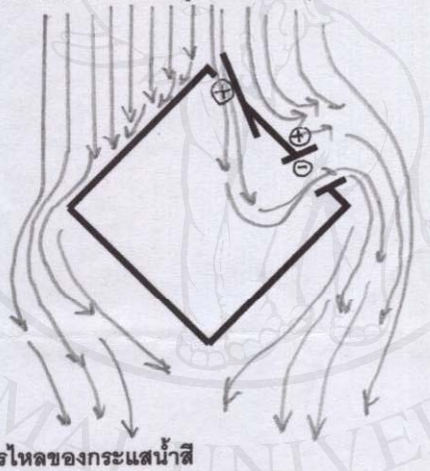
กระแสน้ำสีสามารถเข้ามาได้มากและพบว่ามีการไหลเวียนของอากาศอยู่ประมาณ 70 % ของพื้นที่ห้อง โดยพบว่ามีเฉพาะช่วงมุมๆ ของห้องเท่านั้นที่ไม่ค่อยมีอากาศไหลเวียนซักเท่าไหร่นัก แต่ก็ถือว่าประสบผลสำเร็จพอสมควร เพราะมีจุดอับลมน้อย และกระแสน้ำไหลเร็วข้อนข้างดี ดังภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



กรณีที่ 3 วางตัวผนังที่มีช่องเปิดเอียง 45 อาศา กับกระแสน้ำด้านขวา

กระแสน้ำสีสามารถเข้ามาได้ปานกลาง เนื่องจากพบว่ามีการไหลเวียนของอากาศอยู่ประมาณ 50% ของพื้นที่ห้อง แต่ก็อยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่าแบบแรก แต่ยังพบข้อเสียอยู่ภายในห้องที่มีจุดอับลมเยอะบ้าง การไหลของกระแสน้ำสีค่อนข้างเร็ว ดังภาพ



❖ **วิเคราะห์ทิศทางการไหลของกระแสน้ำสี**

กรณีที่ 1 วางตัวผนังที่มีช่องเปิดตั้งฉากกับกระแสน้ำ	กระแสน้ำสีสามารถเข้ามาได้น้อย การไหลของกระแสน้ำสีค่อนข้างเอื่อย เนื่องจากภายในห้องเป็นห้องที่มีช่องเปิดทางเดียวทำให้ความดันของของเหลวภายนอกและภายในมีค่าเท่ากัน และเมื่อเกิดแรงดันจากของเหลวภายนอกทำให้ของเหลวภายในถูกบีบเข้าไปได้เนื่องจากแรงกระทำภายนอก แต่เมื่อของเหลวภายในถูกอัดมากขึ้นจนมีแรงดันเท่ากันแรงที่ไปกระทำ จะทำให้น้ำสีไม่สามารถเข้าไปได้อีกจึงทำให้เกิดการดันกัน น้ำสีไม่สามารถเข้าไปได้ เกิดจุดอับลม
กรณีที่ 2 วางตัวผนังที่มีช่องเปิดเอียง 45 อาศา กับกระแสน้ำทางด้านซ้าย	กระแสน้ำสีสามารถเข้ามาได้มาก การไหลของกระแสน้ำสีค่อนข้างเร็ว เนื่องมาจากการเอียงมุมไม่ให้ตั้งฉากกับตัวช่องเปิดจึงมีการระบายแรงดันภายในและภายนอก อีกสาเหตุเนื่องมาจากแผงกันทำให้เกิดแรงดันที่แตกต่างกันมากขึ้นโดยหลังแผ่นกั้นเป็นลบและหน้าแผ่นเป็นบวกจึงเกิดการดูดอากาศออก ทำให้น้ำสีไหลเร็ว แสดงว่าลมก็จะไหลเร็วเช่นกันจึงเกิดการระบายอากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรณีที่ 3 วางตัวผนังที่มีช่องเปิดเอียง 45 อาศา กับกระแสน้ำด้านขวา	กระแสน้ำสีสามารถเข้ามาได้ปานกลาง การไหลของกระแสน้ำสีค่อนข้างเร็วแต่เนื่องจากการออกแบบได้คำนึงถึงการระบายอากาศที่มาทางเดียวจึงทำให้มันเกิดความแตกต่างของความดันน้อย และอีกสาเหตุเกิดจากการที่อากาศสามารถไหลถ่ายเทความกันได้เร็วจึงทำให้การดูอากาศออกเกิดเฉพาะใกล้ๆช่องเปิดทำให้อากาศไม่หมุนเวียนมายังภายใน

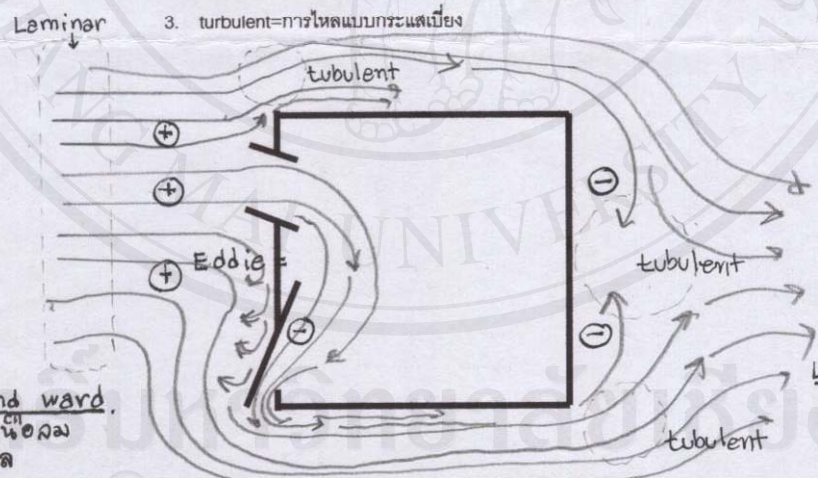
❖ **ประเมินการออกแบบช่องเปิด**

การออกแบบเป็นไปได้ด้วยดีใน กรณีที่ 2 วางตัวผนังที่มีช่องเปิดเอียง 45 อาศา กับกระแสน้ำทางด้านซ้ายทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างทางเข้าและทางออกของลม ดังนั้นจึงทำให้เกิดการไหลเวียนของลมมากขึ้นเพราะมีความแตกต่างของความดันมาก จึงทำให้การวางตัวห้องและการออกแบบใช้ได้ดี

จากการออกแบบช่องเปิดเราสามารถพบได้ว่าการออกแบบช่องเปิดที่มีความแตกต่างของความดันที่แตกต่างกันมากยิ่งทำให้การไหลของน้ำสีไหลเร็วและทั่วถึงส่งผลดีต่อการใช้งานทำให้ห้องไม่ร้อนอยู่สบาย

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของการไหล

1. ของไหลย่อมไหลจากที่สูงไปยังที่ต่ำกว่า จากความดันบวก (positive) ไปยังความดันลบ (negative)เสมอ ถ้ายิ่งมีความแตกต่างมากยิ่งทำให้เกิดการไหลที่เร็วเพิ่มขึ้นเท่านั้น
2. laminar= การไหลแบบกระแสตรง
3. turbulent=การไหลแบบกระแสเปี่ยง



สรุปผล

จากการทดลองข้างต้นจะพบข้อสรุปคร่าวๆว่าของไหลย่อมไหลจากที่สูงไปยังที่ต่ำกว่า จากความดันบวก (positive) ไปยังความดันลบ (negative) เสมอ ถ้าเรายิ่งเพิ่มช่องเปิดหรือทำการสร้างแผงกั้นเพื่อทำให้เกิดความดันที่แตกต่างกันมากเท่าใดยิ่งทำให้เกิดการดูดอากาศมากขึ้นเท่านั้น

จากผลการทดลองถ้ายิ่งมีความแตกต่างมากยิ่งทำให้เกิดการไหลที่เร็วเพิ่มขึ้นเท่านั้น นั่นทำให้เราสามารถนำไปใช้ในงานออกแบบเพื่อที่จะออกแบบให้เกิดความสบายและประหยัดพลังงานในการทำความเย็นมากขึ้นซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญมากในยุคปัจจุบัน

นายกอบชัย รักพันธุ์ 4817002

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบอย่างงานนักศึกษา 2

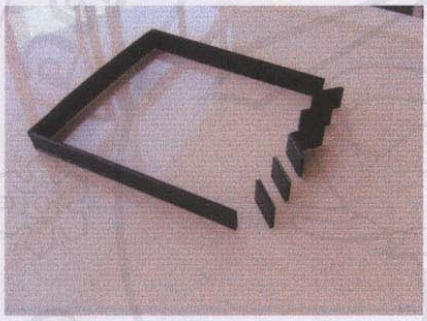
การทดสอบทิศทางลมที่เกิดขึ้นจากช่องเปิดแต่ละแบบ

จุดประสงค์การทดลอง

1.เพื่อวิเคราะห์การไหลเวียนของทิศทางลมด้วยช่องเปิด

2.ประเมินรูปแบบของช่องเปิดที่เหมาะสมที่สุด

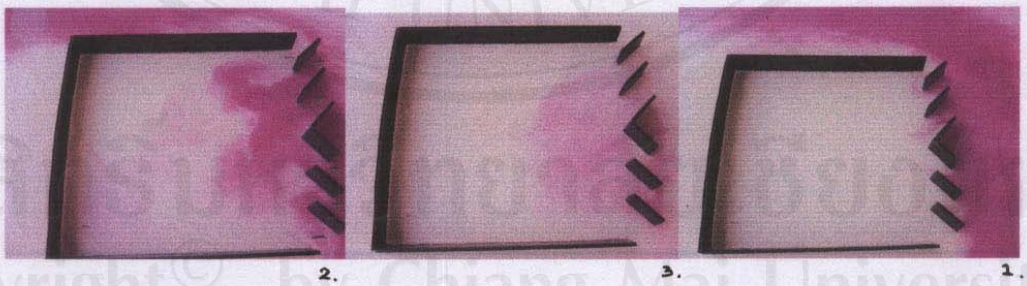
3.วิเคราะห์มุมที่เหมาะสมในการรับลม



ผลการทดลอง

1.มุม90 องศา ลมปะทะเข้าตรงๆ กับช่องเปิด

เมื่อลมเริ่มไหลเข้ามาในช่องเปิดที่ออกแบบไว้ ลมจะถูกกักด้วยช่องตรงกลางไปจนถึงกลางห้อง เป็นรูปดอกเห็ด โดยมีช่องด้านข้างเป็นตัวระบายลมออกอย่างรวดเร็วด้วยฟันด้านข้าง การกระจายของกระแสลมไปถึงกลางห้อง ไม่ถึงหลังห้อง แต่กระแสลมมีความแรงมากบริเวณมุมห้องด้านช่องเปิดที่ออกแบบไว้



2.มุม45องศากับทิศทาลม

ลมไหลเข้าช่องเปิดอย่างรวดเร็ว และไหลออกมาจากช่องเปิดอีกด้านอย่างรวดเร็ว กระแสลมแรงมาก แต่ไหลไปไม่ถึงกลางห้อง ก็ระบายออก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. 2.

วิเคราะห์ผลการทดลอง

อิทธิพลของการไหลเวียนของกระแสลมเกิดจาก 2 ปัจจัย คือ ช่องเปิดและทิศทางลม โดย

1.ช่องเปิด

ช่องเปิดที่มีความเท่ากัน 2 ด้าน ตามทฤษฎี ลมจะไม่สามารถเข้ามาภายในห้องได้ แต่สามารถแก้ไขได้โดยเพิ่มฟินแนวตั้งในแต่ละด้าน หรือใช้บานพับ เพื่อให้เกิดแรงดันบริเวณหลังบานพับ) ทำให้ลมสามารถไหลเข้าได้ และไหลออกได้ โดยลมที่เกิดจะแรงหรือไม่ขึ้นอยู่กับ Negative pressure ว่ามีมากเท่าไร แต่ลมที่ไหลแรงมาก อาจไม่ถูกกักให้หมุนเวียนอยู่ในห้องได้เท่าที่ควร เนื่องจากถูกระบายออกเร็วเกินไป

2.ทิศทางลม

ทิศทางลมมีผลในการดึงลมเข้าไปในห้องด้วยมุมที่เหมาะสม ซึ่งมีผลต่อความแรงของกระแสลม ทิศทางลมและช่องเปิดมีความสัมพันธ์กัน ทิศทางลมตกกระทบ ทำให้เกิด Negative pressure บริเวณหลังบานพับได้ ซึ่งจะทำให้ลมเกิดการไหลเวียน สามารถเข้าและออกได้อย่างเป็นระบบ ยิ่งการสร้าง Negative pressure ให้เกิดขึ้นมากทางช่องออกของลม การะแสลมจะยิ่งมีความรุนแรงสูง แต่ก็จะทำให้ไม่เกิดการกักลม ซึ่งอาจทำให้กระแสลมไปไม่ถึงหลังห้องได้

สรุปผลการทดลอง

ช่องเปิดที่เหมาะสมควรทำมุมกับทิศทางลม ให้สามารถไหลเวียนอากาศเข้าไปได้ โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการผู้ใช้ ว่าต้องการได้กระแสลมแรงมากเพียงไร หรือต้องการกักลมให้ได้ลึกเท่าไร โดยสามารถทำได้หลายวิธี เช่นการเพิ่มบานพับ เพิ่มฟิน เพื่อให้เกิด Negative pressure จึงเกิดการไหลเวียนของอากาศที่สมบูรณ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

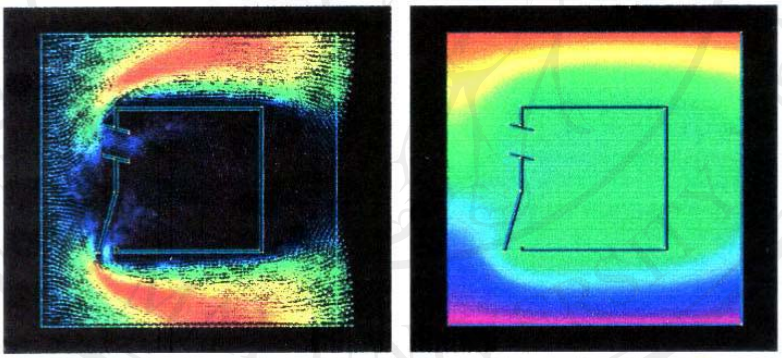
<u>ภาคผนวก ง</u> แบบอย่างเอกสารรายงานในเรื่องการฝึกอบรมการใช้งานโปรแกรม EasyFEM ในการทดสอบการไหลของอากาศ

<u>แบบอย่างงานนักศึกษา 1</u>

ความคิดเห็นจากการทดลองใช้ "โปรแกรม Easy FEM"

+ + + หลังจากการได้ ทดลองใช้โปรแกรมตัวนี้ในการ คิดและ กำหนดทิศทางการรับลมของตัวอาคารเป็นที่น่าตื่นเต้นกับผลที่ตัวโปรแกรมนี้แสดงออกมา ตัวโปรแกรม สามารถที่จะแสดงค่าเป็นกราฟิกที่ทำความเข้าใจได้ง่าย และเห็นผลล่วงหน้าที่จะเป็นรูปธรรมมากกว่าการคำนวณผ่าน โปรแกรมอื่นๆที่เคยมีมา และสามารถแสดงผลออกมาได้ ในหลายรูปแบบตามความต้องการของผู้ใช้โปรแกรมเอง

- สะดวกกว่าการใช้โต๊ะน้ำ
- ลดการใช้เวลาในการทดลองหากเทียบกับโต๊ะน้ำ
- ค่าการทดลองที่ได้มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าโต๊ะน้ำ
- สามารถปรับและกำหนดผลกระทบกับการทดลองได้



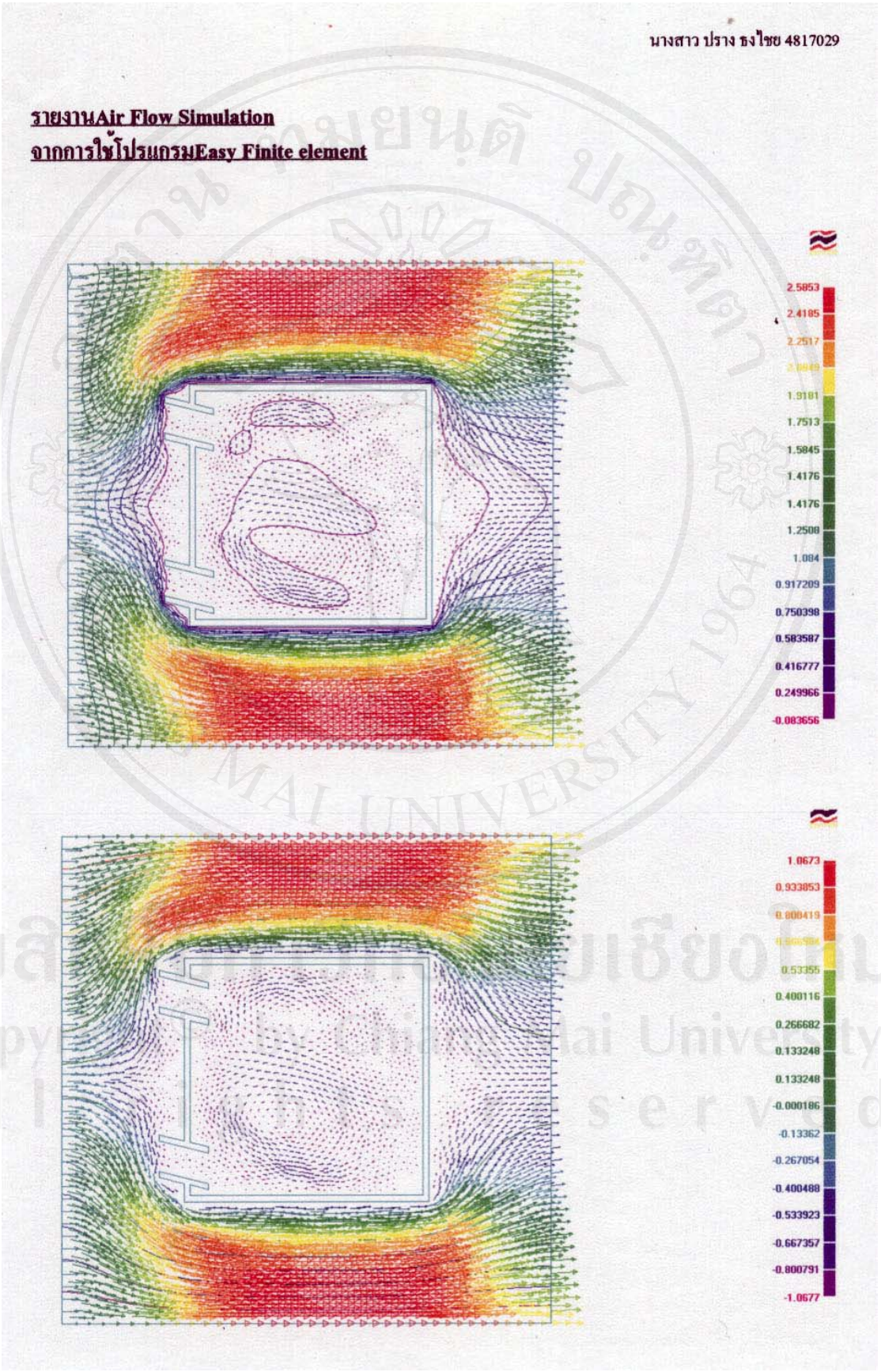
สามารถแสดงผลออกมาเป็นรูปธรรมเชคเจนเข้าใจง่าย มีหลายกราฟิกเลือกได้

แต่ตัวโปรแกรมยังมีข้อจำกัดอยู่อีกหลายจุด

- การกรอกค่าที่เยอะมากับการได้มาซึ่ง ยูนิตที่เล็ก หากเป็นโปรเจคเล็กอาจ คุ้มค่าแก่การใช้ แต่เป็นโปรเจคที่ใหญ่และมีความซับซ้อนที่มากกว่าที่ทำการทดลองกันมันอาจจะยากในการใช้ตัวโปรแกรมตัวนี้ก็เป็นได้
- จากการกรอกค่าที่เยอะมาก อาจทำให้ เกิดความผิดผลาดในการประมวลผลได้หากนำไปใช้ในโปรเจคที่มีความซับซ้อนสูง ผลที่ได้มาอาจคลาดเคลื่อนและการทดลองได้ค่าที่ไม่แน่นอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>แบบอย่างงานนักศึกษา 1</u>



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นางสาว ปราง ธงไชย 4817029

ตอบคำถาม

1.โปรแกรมนี้ยากเกินไปที่จะทำความเข้าใจในการใช้งานหรือไม่

ไม่ยากเกินความเข้าใจ หากแต่ยังมีบางจุดที่ซับซ้อนอยู่บ้าง ต้องทำความเข้าใจโดยละเอียด อย่างเช่นการสร้าง Boundary แต่ส่วนที่ยากที่สุดของโปรแกรมคือการทำโมเดลขึ้นมามากกว่า เนื่องจากต้องหาจุดพิกัดต่างๆ นำมาสร้างเป็นโมเดลในโปรแกรม

2.ท่านเสียเวลาในการเตรียมโมเดลสำหรับโปรแกรมนี้มากไปกว่าการตัดโมเดลที่ใช้กับโต๊ะน้ำหรือไม่

เนื่องจากเป็นครั้งแรกจึงเสียเวลามากกว่า เนื่องจากการหาจุดพิกัดต่างๆ เอามาทำโมเดล ซึ่งเมื่อเทียบกับการตัดแปะแล้วจะตัดแปะได้เร็วกว่า

3.สิ่งที่ท่านเห็นว่าเป็นข้อดีของโปรแกรมนี้เมื่อเทียบกับโต๊ะน้ำ

เห็นผลได้ชัดเจนและรวดเร็วกว่า และไม่เปลืองทรัพยากร(น้ำกับกระดาษทำโมเดล)ด้วย และยังสามารถปรับเปลี่ยนได้หลายแบบมากกว่าโต๊ะน้ำ

4.สิ่งที่ท่านเห็นว่าเป็นข้อด้อยของโปรแกรมนี้เมื่อเทียบกับโต๊ะน้ำ

เห็นผลเป็นภาพนิ่ง ซึ่งถ้าเป็นโต๊ะน้ำจะได้เห็นภาพการเคลื่อนไหวจริงๆที่สามารถสมมติเป็นทิศทางการไหลของลมได้ เนื่องจากลมไม่ได้หมุนเวียนในรูปแบบซ้ำเดิมตลอด

5.ถ้าท่านต้องการทดสอบการไหลของอากาศในอาคารที่ท่านออกแบบในอนาคตท่านคิดว่าจะเลือกใช้โต๊ะน้ำหรือโปรแกรมนี้ เพราะเหตุใด

เลือกใช้โปรแกรมนี้ เนื่องจากสะดวกรวดเร็วกว่า เพราะสามารถใช้ในอาคารขนาดใหญ่ได้ และเห็นผลชัดกว่า

6.ข้อแนะนำในการปรับปรุงการสอนวิธีใช้โปรแกรมนี้

น่าจะมีการเริ่มสอนการหาจุดพิกัดโมเดลโดยการใช้โปรแกรมต่างๆก่อน เนื่องจากเป็นส่วนสำคัญในการเริ่มต้นใช้โปรแกรมนี้ และอาจจะต้องใช้เวลาในการสอนมากกว่า เนื่องจากการเรียนแบบไม่ปะติดปะต่อจะทำให้เกิดความไม่เข้าใจได้

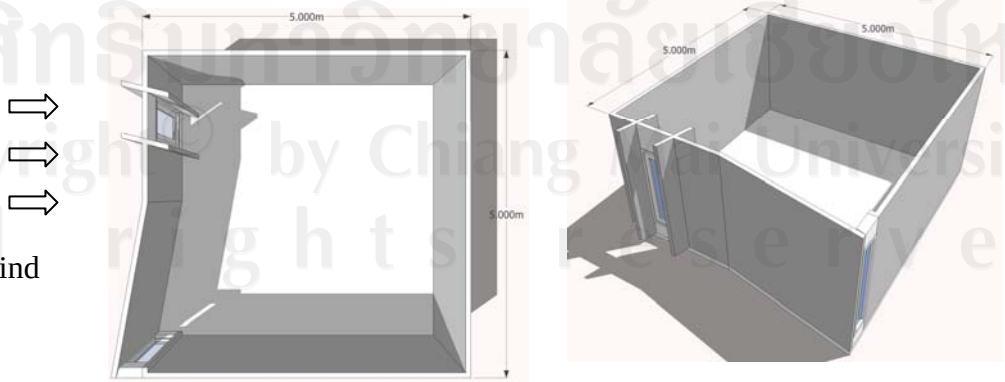
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ภาคผนวก จ</u> เอกสารตัวอย่างวิธีใช้โปรแกรม EasyFEM ในการวิเคราะห์ปัญหาการไหลของอากาศ

ลักษณะการไหลที่เกิดขึ้นรอบตัว และพบเห็นกันอยู่ทั่วไปนั้น ส่วนใหญ่แล้วถูกกำหนดให้เป็นรูปแบบของการไหลแบบหนืด นับตั้งแต่กระแสลมพัดผ่านบ้าน ผ่านต้นไม้ การไหลหมุนวนของอากาศเย็นในห้องแอร์หรือในอาคารสนามบินขนาดใหญ่ การไหลของกระแสน้ำในแม่น้ำลำคลอง รวมไปถึงในตู้เลี้ยงปลา ซึ่งหากผู้ออกแบบสามารถวิเคราะห์ และทราบถึงสภาวะของการไหลได้ล่วงหน้า ก็สามารถปรับปรุงลักษณะของการออกแบบเพื่อให้การไหลเกิดประสิทธิภาพสูงสุด เช่น ควรจะออกแบบรูปทรงของบ้านทั้งภายใน และภายนอกเช่นไร เพื่อให้อากาศเกิดการถ่ายเทได้สะดวกโดยไม่มีมุมอับ จะออกแบบวางเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่งใดเพื่อทำให้อากาศในห้องนั้นเย็นโดยสม่ำเสมอ เป็นต้น เพราะฉะนั้นในการยกตัวอย่างเพื่อมาเป็นโจทย์ของการแก้ปัญหาการไหลโดยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ นั้นมักใช้เพื่อแก้ไขปัญหาการไหลแบบหนืดที่ถูกออกแบบ ให้พัดผ่านผ่านช่องหว่าง ผ่านห้องต่างๆ เป็นหลัก

<u>ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม EasyFEM กับการไหลของอากาศ</u>

ในตัวอย่างนี้ จะเป็นการทดสอบการไหลของอากาศผ่านห้องหนึ่ง (งาน Assignment ของนักศึกษา รหัส 4817002) โดยกำหนดห้องมีขนาดพื้นที่ 4x4 เมตร มี 2 ช่องเปิด เป็นช่องเปิดที่ผนังเพียงด้านเดียว (รูป 1) ในที่นี้เราจะใช้โปแกรม Easy FEM คำนวณดูรูปแบบการไหลผ่านห้องดังกล่าว ในลักษณะการไหล 2 มิติผ่านแผนผังห้อง เพื่อดูเพื่อดูลักษณะการไหลของอากาศที่ไหลจากหน้าต่างผ่านเข้ามาในห้อง และลักษณะการไหลออก สำหรับเงื่อนไขต่างๆกำหนดให้ ของไหลเคลื่อนตัวด้วยความเร็ว u = 1 ค่าความหนืดพลศาสตร์ $\mu = 0.01$ และ กำหนดอากาศอยู่ในสภาวะไร้ความดัน P= 0 โดยกำหนดลมมีทิดทางมาจากด้านซ้ายมือไหลผ่านโมเดลด้านผนังที่มีช่องเปิด



<u>ภาพที่ 1</u> ตัวอย่างลักษณะของห้องที่ใช้ทดสอบการไหลของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. การเข้าโปรแกรม Easy FEM

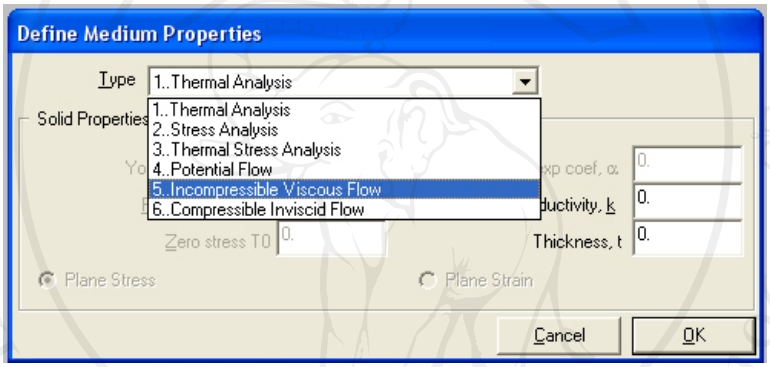
หลังจากติดตั้งโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถเข้าโปรแกรมได้ทันทีจาก ไอคอนที่หน้า Desktop

2. การสร้างโมเดลในโปรแกรม Easy FEM

หลังจากเข้าโปรแกรมมาแล้วให้คลิกเลือกที่เมนู

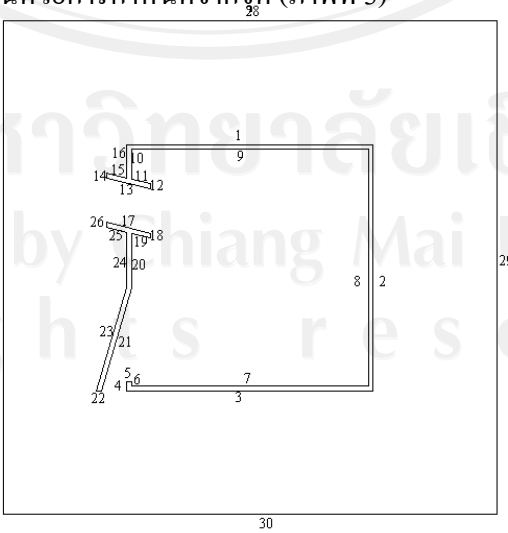
File ⇨ **New**

จะพบหน้าต่าง Define Medium Properties แล้วให้เลือกเอารูปแบบการวิเคราะห์ปัญหาการไหลแบบหนืด (ปัญหาที่5) (ภาพที่ 2)



ภาพที่2 หน้าต่างของการเลือกรูปแบบการวิเคราะห์ปัญหา

เมื่อเลือกปัญหาที่จะวิเคราะห์แล้วเราจะเข้าสู่หน้าเปล่าของโปรแกรม ซึ่งในที่นี้เราต้องสร้างโมเดลที่จะทำการวิเคราะห์ปัญหาขึ้นมาก่อน การสร้างเส้นในโปรแกรม EasyFEM นั้นมีหลายวิธีแต่ในนี้ขอเสนอวิธีการสร้างเส้นด้วยการกำหนดจากจุด (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 . ตัวอย่างรูปแบบโมเดลที่เราจะนำไปสร้างในโปรแกรม EasyFEM

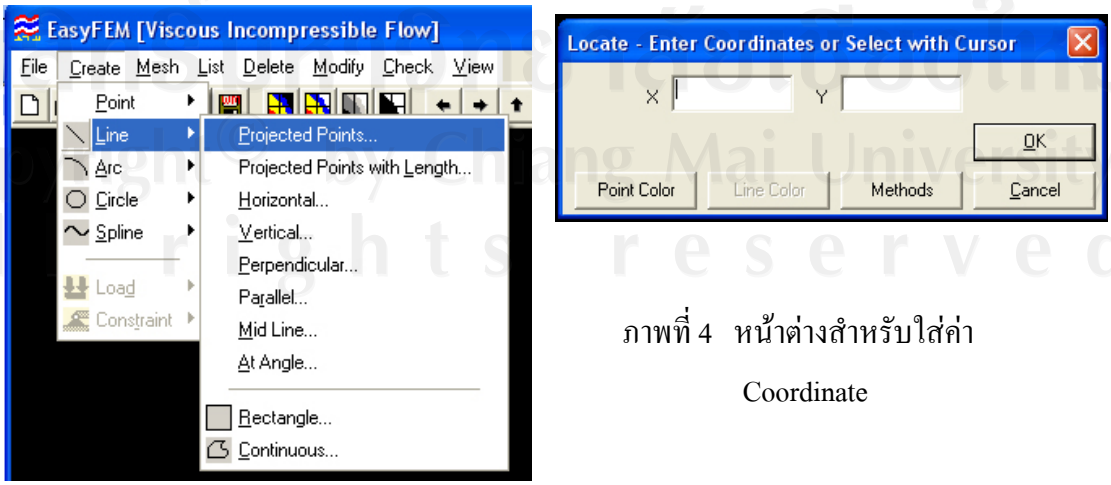
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการสร้างเส้น (Curve) โดยกำหนดจากจุด (Point) ให้เข้าไปที่เมนู

Create ⇨ Line ⇨ Projected Points

จะพบหน้าต่าง Locate – Enter Coordinates or Select with Cursor แล้วใส่ค่า Coordinates ให้กับจุดแต่ละจุดในเส้นดังนี้ (รูป 4.)

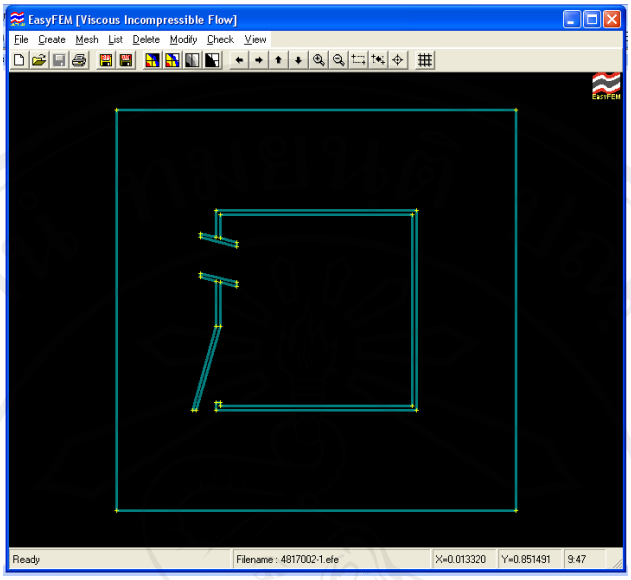
1 [(0.25, 0.75) ;(0.75; 0.75)]
2 [(0.75, 0.75) ;(0.75; 0.25)]
3 [(0.25, 0.25) ;(0.75; 0.25)]
4 [(0.25, 0.25) ;(0.25; 0.27)]
5 [(0.25, 0.27) ;(0.26; 0.27)]
6 [(0.26, 0.27) ;(0.26; 0.26)]
7 [(0.26, 0.26) ;(0.74; 0.26)]
8 [(0.74, 0.26) ;(0.74; 0.74)]
9 [(0.74, 0.74) ;(0.26; 0.74)]
10 [(0.26, 0.74) ;(0.26; 0.68)]
11 [(0.26, 0.68) ;(0.30; 0.67)]
12 [(0.30, 0.67) ;(0.30; 0.66)]
13 [(0.30, 0.66) ;(0.21; 0.6825)]
14 [(0.21, 0.6825) ;(0.21; 0.6925)]
15 [(0.21, 0.6925) ;(0.25; 0.6825)]
16 [(0.25, 0.6825) ;(0.25; 0.75)]
17 [(0.21, 0.5925) ;(0.30; 0.57)]
18 [(0.30, 0.57) ;(0.30; 0.56)]
19 [(0.30, 0.56) ;(0.26; 0.57)]
20 [(0.26, 0.57) ;(0.26; 0.46)]
21 [(0.26, 0.46) ;(0.20; 0.25)]
22 [(0.20, 0.25) ;(0.19; 0.25)]
23 [(0.19, 0.25) ;(0.25; 0.46)]
24 [(0.25, 0.46) ;(0.25; 0.5725)]
25 [(0.25, 0.5725) ;(0.21; 0.5825)]
26 [(0.21, 0.5825) ;(0.21; 0.5925)]
27 [(0.00, 0.00) ;(0.00; 1.00)]
28 [(0.00, 1.00) ;(1.00; 1.00)]
29 [(1.00, 1.00) ;(1.00; 0.00)]
30 [(1.00, 0.00) ;(0.00; 0.00)]



ภาพที่ 4 หน้าต่างสำหรับใส่ค่า Coordinate

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลลัพธ์ที่ได้ ก็จะเป็นรูปร่างของโมเดลที่เราต้องการให้อากาศไหลผ่าน(ภาพที่ 5)

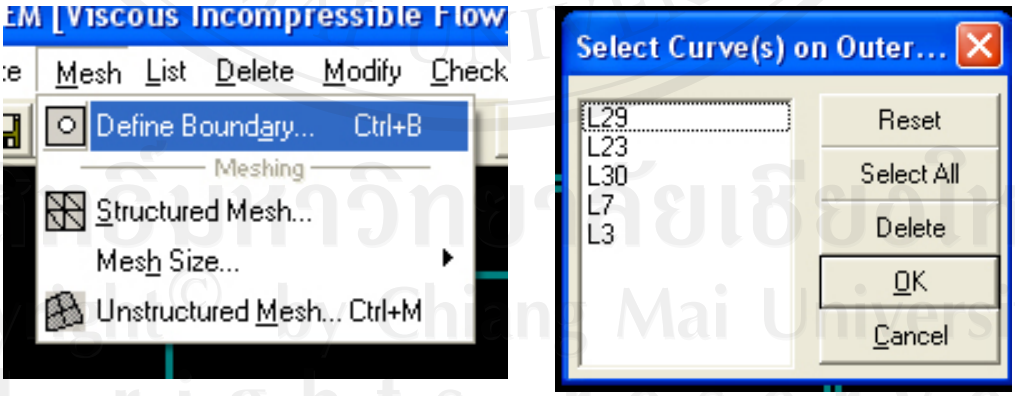


ภาพที่ 5 รูปร่างโมเดลที่สร้างขึ้นในโปรแกรม EasyFEM

3. การกำหนดขอบเขตโดเมนของโมเดล

เมื่อเราสร้างเส้นให้กับโมเดลเสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปเราต้องมากำหนดพื้นที่ขอบเขตโดเมนที่เราจะต้องสร้างเอลิเมนต์ขึ้นมา ให้เข้าไปที่เมนู

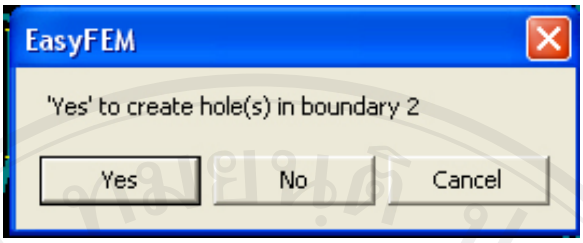
Mesh ⇨ **Define Boundary**



ภาพที่6 หน้าต่างสำหรับกำหนดขอบเขตโมเดล

จะพบหน้าต่าง Select Curve(s) on Outer (ภาพที่.6) ให้เราเลือกเส้นที่ 27, 28, 29 และ 30 เพื่อกำหนดให้เป็นขอบเขตของโดเมน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 7 หน้าต่างถามว่าจะสร้างรูให้กับปัญหาหรือ

พอเลือกเสร็จแล้ว ก็จะพบหน้าต่าง EasyFEM (ภาพที่ 7) เพื่อจะให้เรากำหนดว่าจะสร้างช่องหว่างในโดเมนที่เรากำหนดด้วยหรือไม่ ซึ่งในตัวอย่างนี้เรามีช่องหว่างอยู่ ดังนั้นเราก็กด Yes แล้วก็เลือกเส้น 1-16 กด OK แล้วกด Yes อีกทีเพื่อสร้างช่องหว่างที่สอง คือ เส้นที่ 17-26 เพื่อกำหนดให้เป็นช่องหว่างในโดเมน แต่ถ้าในกรณีที่ไม่มีช่องหว่างเราก็กด No

4. การกำหนดโนด และการสร้างเอลิเมนต์ย่อยลงในโมเดล

เมื่อกำหนดขอบเขตโดเมนเสร็จแล้วจะเป็นการกำหนดเอลิเมนต์ย่อยๆ ลงในโดเมนที่เรากำหนดขึ้น ซึ่งในการสร้างเอลิเมนต์ (Elements) ก็มีอยู่ 2 รูปแบบ คือ เอลิเมนต์แบบมีระเบียบ (Structured mesh) และ เอลิเมนต์แบบไร้ระเบียบ (Unstructured mesh) ซึ่งถ้าเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าทั่วไปแนะนำให้ใช้ เอลิเมนต์แบบมีระเบียบ แต่ถ้าเป็นรูปในลักษณะอื่นๆควรใช้เอลิเมนต์แบบไร้ระเบียบ

ในการสร้างเอลิเมนต์ในรูปแบบแต่ละอันนั้น ก่อนอื่นต้องมีการกำหนดขนาดของเอลิเมนต์ก่อน ซึ่งก็คือการกำหนดจำนวนของโนด (Nodes) ซึ่งแต่ละรูปแบบของการสร้างเอลิเมนต์นั้นจะมีการกำหนดจำนวนของโนดที่แตกต่างกัน

ในนี้ขออนุญาตเสนอการกำหนดจำนวนโนดในรูปแบบของการสร้างเอลิเมนต์แบบไร้ระเบียบ (Unstructured mesh) เนื่องจากรูปแบบช่องเปิดของห้องเป็นรูปแบบ Free Form โดยเข้าไปที่เมนู

Mesh ⇨ Mesh Size

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

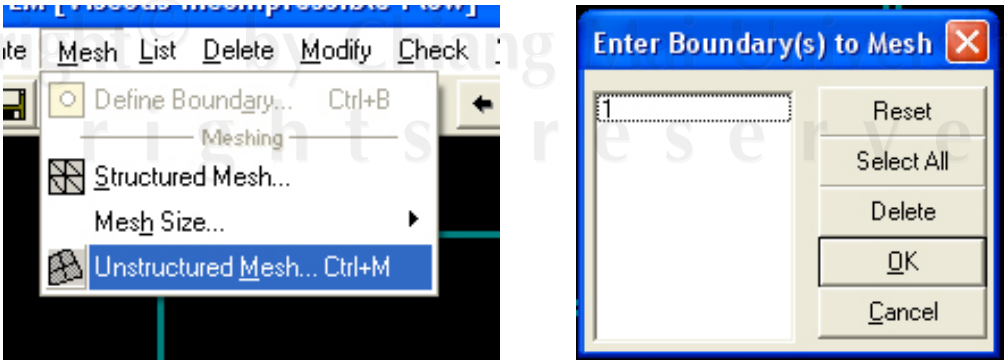
ภาพที่ 8 หน้าต่างสำหรับการกำหนดจำนวนโนด

แล้วจะพบหน้าต่าง Mesh Size along Curve (ภาพที่.8) เพื่อให้เราใส่ค่าของจำนวนโนดที่ต้องการลงไปในแต่ละเส้นที่เลือก ดังนี้

1 [20]	11 [3]	21 [10]
2 [20]	12 [2]	22 [2]
3 [20]	13 [4]	23 [10]
4 [2]	14 [2]	24 [5]
5 [2]	15 [3]	25 [3]
6 [2]	16 [4]	26 [2]
7 [20]	17 [4]	27 [30]
8 [20]	18 [2]	28 [30]
9 [20]	19 [3]	29 [30]
10 [4]	20 [5]	30 [30]

หลังจากที่กำหนดขนาดเอลิเมนต์ให้กับโดเมนต์แล้ว เราก็ใส่คำสั่งเพื่อสร้างเอลิเมนต์ย่อยขึ้นมา โดยเข้าไปที่เมนู

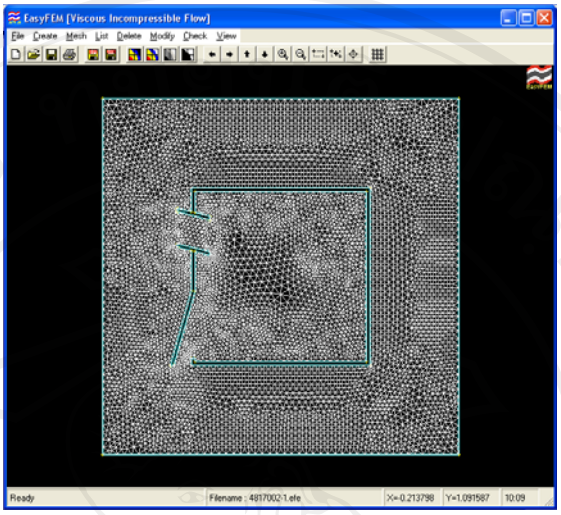
Mesh ⇨ **Unstructured Mesh**



ภาพที่ 9 หน้าต่างสำหรับสร้างเอลิเมนต์ให้กับโมเดล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จะพบหน้าต่าง Enter Boundary(s) to Mesh (ภาพที่.9) คลิ๊กเลือกขอบเขตโดเมนที่ต้องการ กด OK โปรแกรมก็จะสร้างเอลิเมนต์ขึ้นมาในโดเมนที่เรากำหนด (ภาพที่ 10)

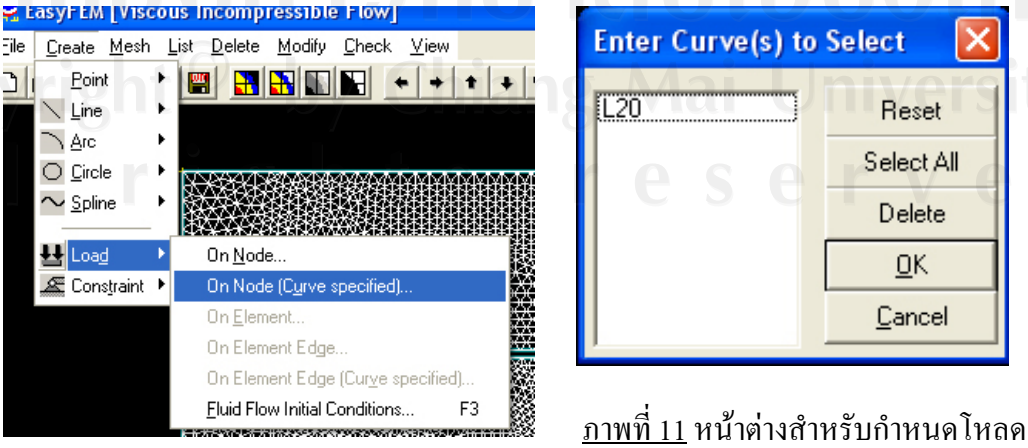


ภาพที่ 10 เอลิเมนต์ที่ถูกสร้างขึ้นในโปรแกรม

5. การกำหนดภาวะโหลดให้กับโมเดล

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

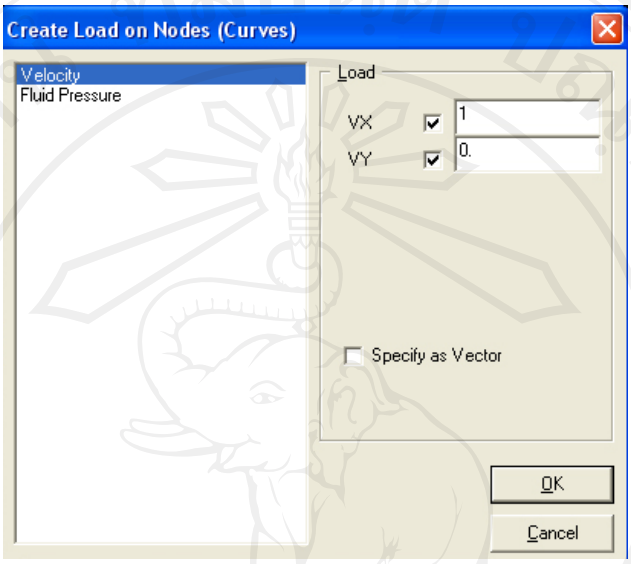
Create ⇨ Load ⇨ On Node (Curve Specified)



ภาพที่ 11 หน้าต่างสำหรับกำหนดโหลด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

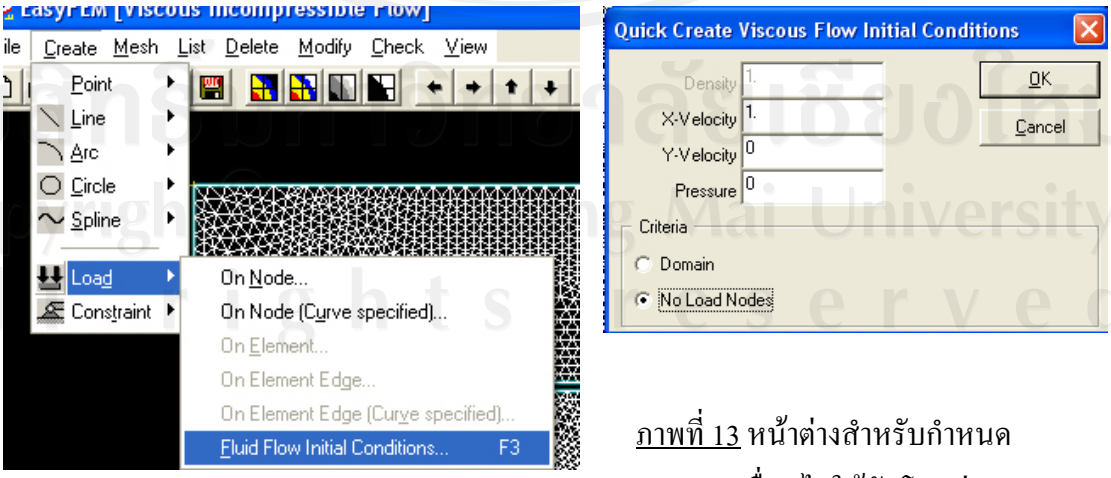
จะปรากฏหน้าต่าง Enter Curve(s) to Select (ภาพที่ 11) ให้เราเลือกเส้นที่ 27 เพื่อกำหนดให้เป็นด้านลมเข้า กด OK ก็จะมีหน้าต่าง Create Load on Nodes (Curves) (ภาพที่ 12) ให้เราใส่ค่าความเร็วตามแกน X เท่ากับ 1 ที่ช่อง VX และ ความเร็วตามแกนY เท่า 0 และ ใส่ค่า 0 ในช่อง Fluid Pressure แล้วกด OK



ภาพที่12 หน้าต่างสำหรับกำหนดค่าโหลดให้กับเส้นต่างๆ

จากนั้นเป็นการสร้างเงื่อนไขเริ่มต้นสำหรับจุดต่อที่เหลือทั้งหมด ซึ่งจะช่วยให้สามารถสร้างเงื่อนไขเริ่มต้นทั้ง 3 ชนิดพร้อมๆกัน โดยเข้าไปที่เมนู

Create ⇨ Load ⇨ Fluid Flow Initial Conditions



ภาพที่ 13 หน้าต่างสำหรับกำหนดเงื่อนไขให้กับโนดต่าง ๆ

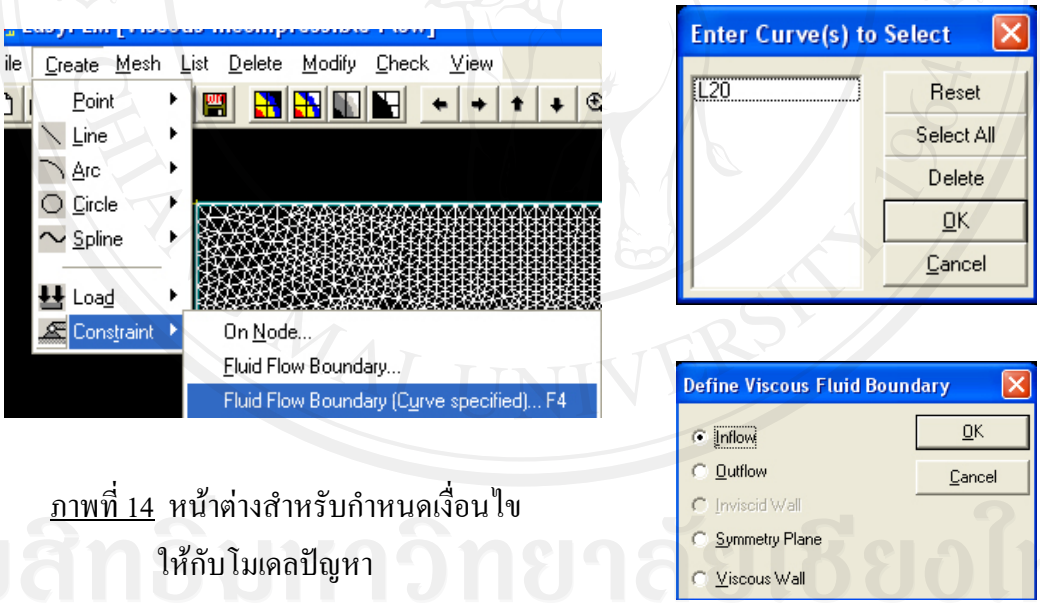
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จะพบหน้าต่าง Quick Create Viscous Flow Conditions (ภาพที่ 13) ให้เราคลิ๊กเลือกที่ No Load Nodes แล้วกด OK

6. การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตให้กับโดเมนของโมเดล

เป็นการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตให้กับเอลิเมนต์ทั้งหมด ของโมเดลตามกายภาพของปัญหาที่กำหนดให้ดังในตัวอย่างนี้ กำหนดให้ขอบที่เป็นผนังด้านซ้ายเป็นส่วนที่อากาศต้องไหลเข้า กำหนดให้เป็นเงื่อนไขขอบเขตแบบไหลเข้า (Inflow) ขอบเขตของผนังด้านขวามือ ด้านบน และล่าง กำหนดให้เป็นเงื่อนไขขอบเขตการไหลออก (Outflow) และผนังอื่นๆส่วนที่เหลือจะเป็นเงื่อนไขของผนังแบบหนืด (Viscous wall) วิธีทำให้เข้าไปที่เมนู

Create ⇨ **Constraint** ⇨ **Fluid Flow Boundary (Curve Specified)**



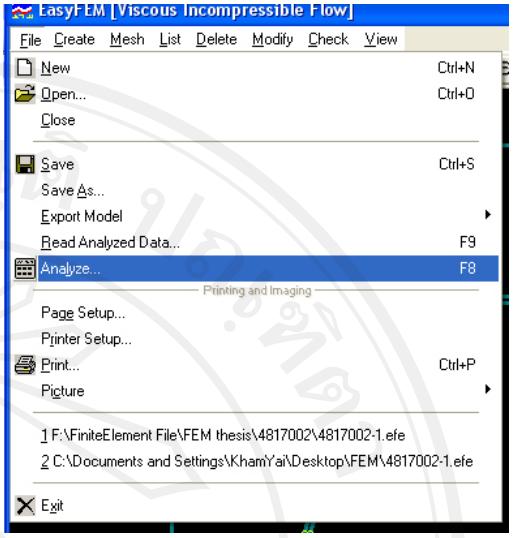
ภาพที่ 14 หน้าต่างสำหรับกำหนดเงื่อนไขให้กับโมเดลปัญหา

จะมีหน้าต่าง Enter Curve(s) to Select (ภาพที่ 14) ขึ้นมา ให้เราเลือกเส้นที่จะกำหนดเงื่อนไขลงไป แล้ว คลิ๊ก OK จะมีหน้าต่าง Define Viscous Fluid Boundary ขึ้นมาอีกเพื่อให้เรากำหนดเงื่อนไข โดยเงื่อนไขขอบเขตกำหนดให้เลือก เส้นที่ 27 กำหนดเป็น Inflow, เส้นที่ 28 และ 30 กำหนดเป็น Symmetry Plane, เส้นที่ 29 เป็น Outflow, สำหรับเส้นที่เหลือก็กำหนดให้เป็น Viscous Wall

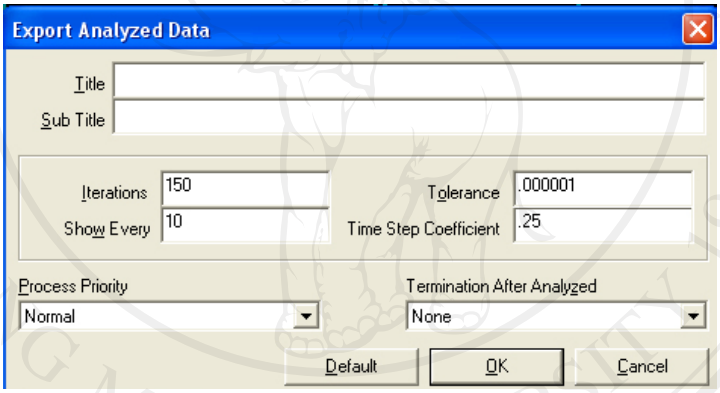
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7. <u>การกำหนดเงื่อนไข และการวิเคราะห์ปัญหาการไหล</u>

ก่อนการใช้คำสั่งวิเคราะห์ปัญหาเราต้องเซฟไฟล์ที่เราทำมาก่อน หลังจากนั้นเราก็ทำการวิเคราะห์ปัญหาโดยเข้าไปที่เมนู



File ⇨ **Analyze**



<u>ภาพที่ 15</u> หน้าต่างคำสั่งวิเคราะห์ปัญหา

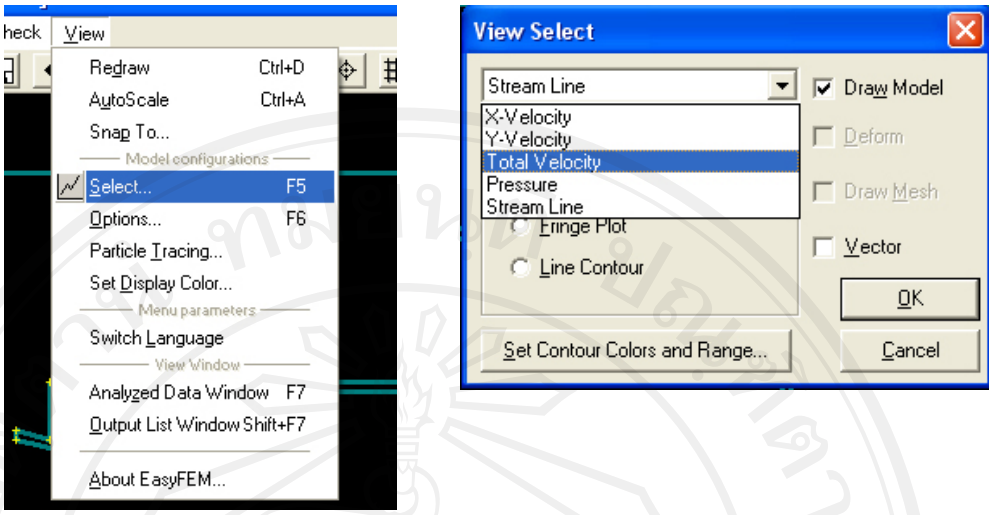
จะมีหน้าต่าง Export Analyzed Data (ภาพที่ 15) ขึ้นมา ให้เรากดที่ Default แล้วกด OK

8. รูปแบบการแสดงผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ปัญหาการไหล

เป็นการแสดงผลการวิเคราะห์ปัญหาการไหลที่ได้ทำมาทั้งหมด โดยเข้าไปที่ เมนู

View ⇨ **Select**

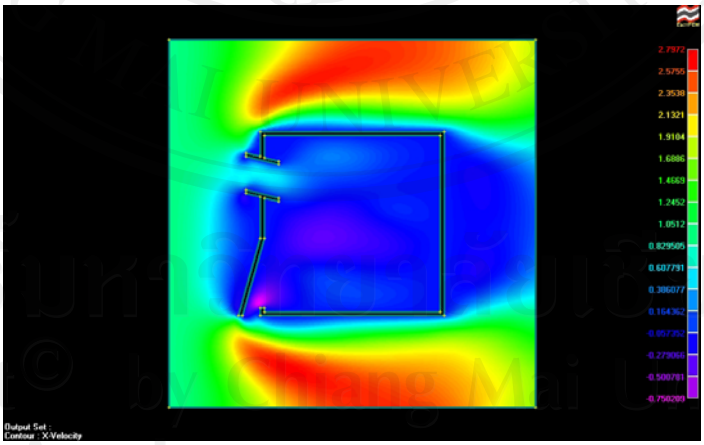
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 16 หน้าต่างสำหรับเลือกการแสดงผลต่าง ๆ

จะมีหน้าต่าง View Select (ภาพที่ 16) ขึ้นมา ให้เราเลือกรูปแบบของการแสดงผล ซึ่งผลที่ออกมาก็จะแสดงเป็น 5 รูปแบบหลักๆ ได้แก่

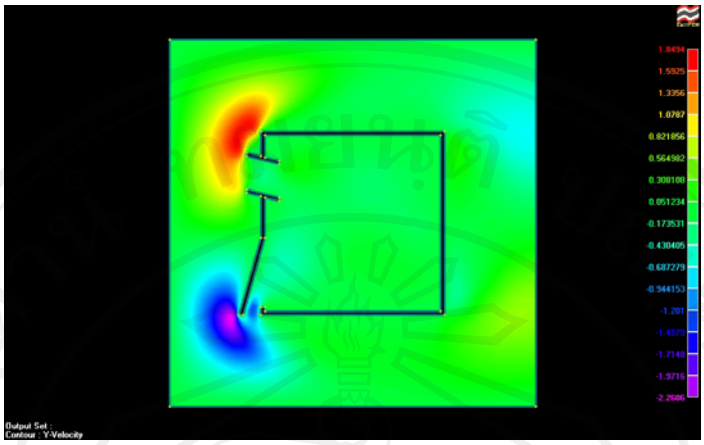
- **ความเร็วลมในแนวนอน (X-velocity)** จะแสดงในลักษณะรูปของพื้นที่ขอบเขต (Contour) ที่แสดงความเร็วของลมในทิศทางแนวนอน พร้อมบอกสีของค่าความเร็วลมที่เกิดขึ้นภายในห้องอีกด้วย



ภาพที่ 17 รูปแสดงความเร็วลมในแนวนอน (X-velocity)

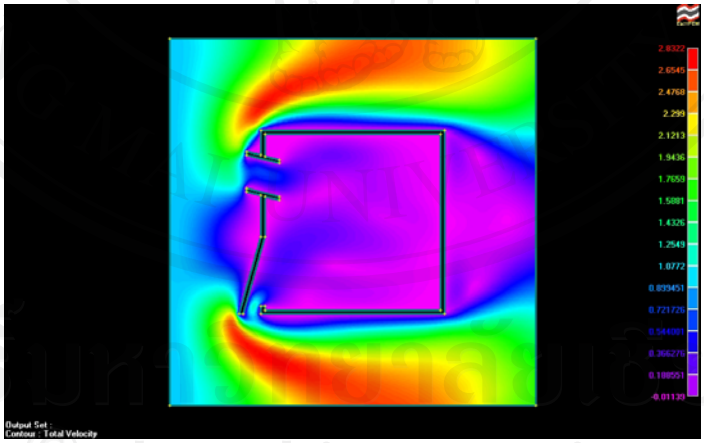
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

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



ภาพที่ 18 รูปแสดงความเร็วลมในแนวตั้ง (Y-velocity)

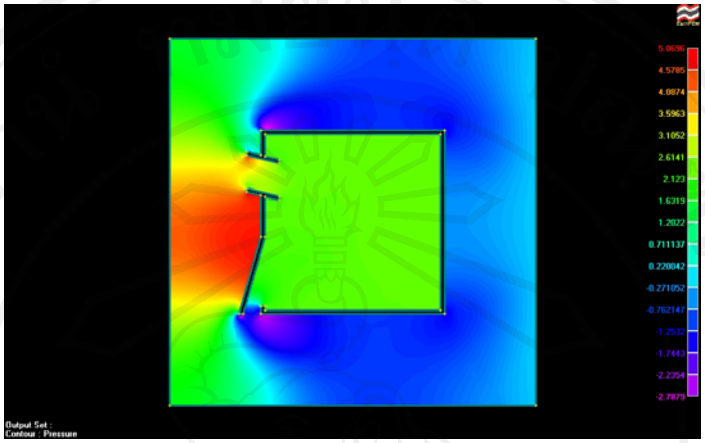
- **ความเร็วโดยรวม (Total velocity)** เหมือนกับการแสดงความเร็วลมในแนวนอนและแนวตั้งโดยจะแสดงในลักษณะรูปของพื้นที่ขอบเขต (Contour) เหมือนกัน แต่จะเป็นการเฉลี่ยความเร็วทั้งสองทิศทางนั้นเข้าด้วยกัน แล้วแสดงออกมาเป็นกราฟิกส์



ภาพที่ 19 รูปแสดงความเร็วลมโดยรวม (T-velocity)

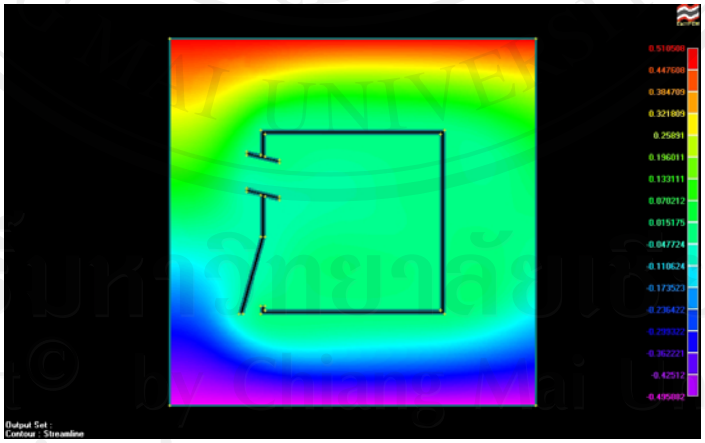
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

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



ภาพที่ 20 รูปแสดงความดันของการไหล (Pressure)

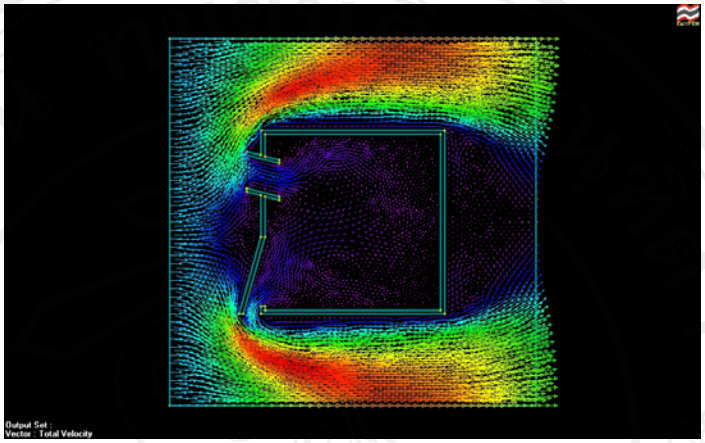
- **เส้นทิศทางกระแสการไหล (Stream line)** เป็นการแสดงชั้นของทิศทางการไหลที่จะแสดงในลักษณะรูปพื้นที่ขอบเขต (Contour) ที่แสดงการไหลของอากาศจากขอบเขตพื้นที่กำหนดลมเข้าไปสู่ส่วนด้านที่กำหนดให้ลมออก



ภาพที่ 21 รูปแสดงเส้นทิศทางกระแสการไหล (Stream line)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

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

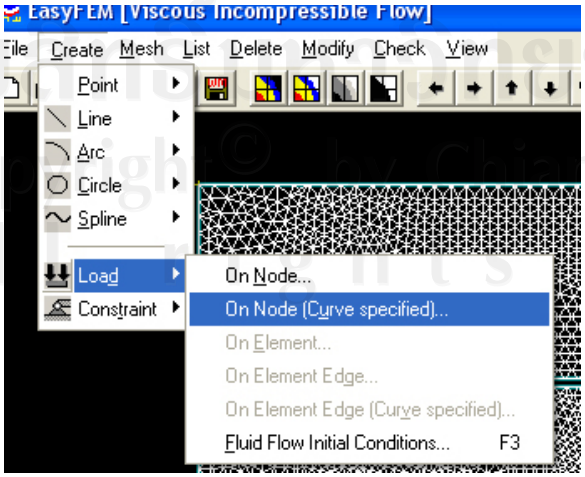


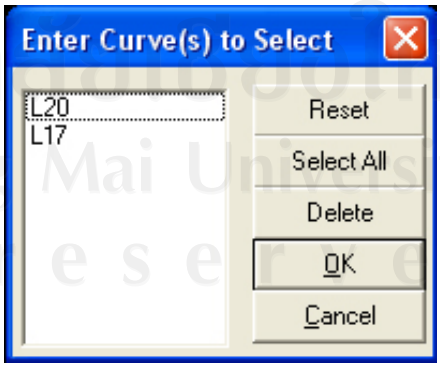
ภาพที่ 22 รูปแสดงเส้นทิศทางกระแสการไหล (Stream line)

9. การปรับเปลี่ยนความเร็ว และ ทิดทางการไหล

ในโปรแกรม สามารถกำหนดความเร็วของการไหล และทิดทางการไหลได้ด้วย โดยให้กับไปที่ ขั้นตอนการกำหนดภาวะโหลดให้กับโมเดล (ภายหลังกำหนดเอลิเมนต์ย่อยให้กับโมเดลเสร็จแล้ว) โดยเข้าไปที่ เมนู

Create ⇨ Load ⇨ On Node (Curve Specified)

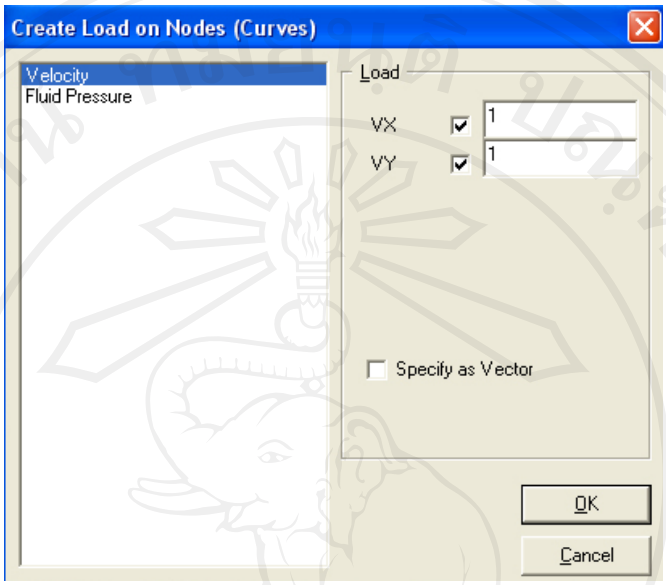




ภาพที่ 23 หน้าต่างปรับเปลี่ยนค่าโหลดให้กับโนดต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จะปรากฏหน้าต่าง Enter Curve(s) to Select (ภาพที่ 23)ให้เราเลือกเส้นที่ 27 และ 30 กด OK ก็จะมีหน้าต่าง Create Load on Nodes (Curves) (ภาพที่ 24)ให้เราใส่ค่าความเร็วตามแกน X เท่ากับ 1 ที่ช่อง VX และ ความเร็วตามแกนY เท่า 1 และ แล้วกด OK

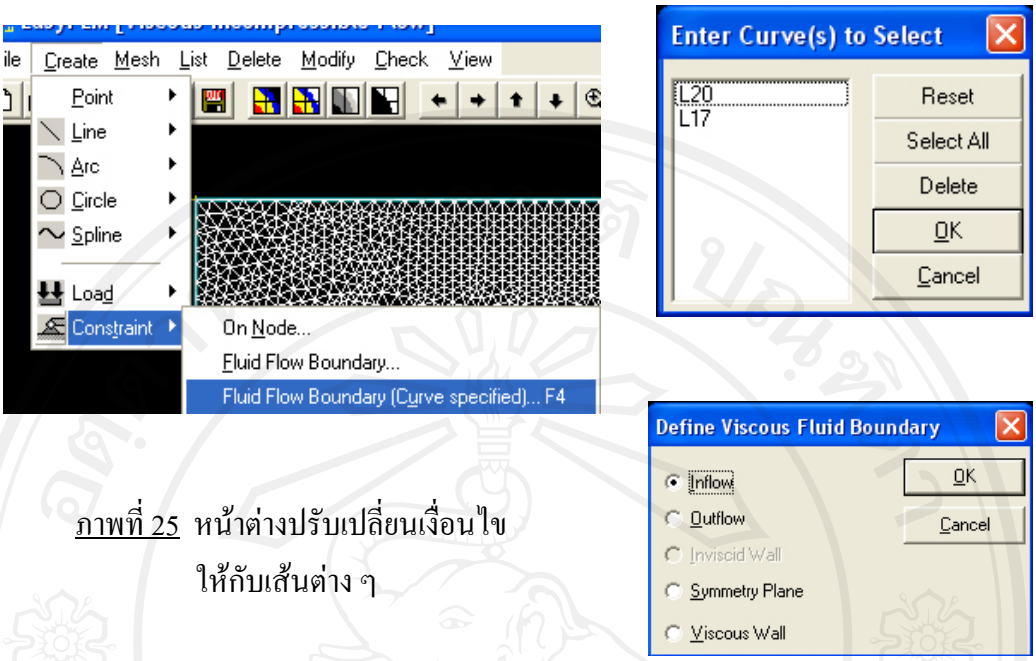


ภาพที่ 24 หน้าต่างปรับเปลี่ยนค่าโหลดให้กับเส้นต่าง ๆ

หลังจากนี้เราก็มากำหนดเงื่อนไขใหม่ให้กับขอบเขตเอลิเมนต์กายภาพของปัญหาที่เปลี่ยนไปให้คือ กำหนดให้ขอบที่เป็นผนังด้านซ้ายเ และล่างปืนส่วนที่อากาศต้องไหลเข้ากำหนดให้เป็นเงื่อนไขขอบเขตแบบไหลเข้า (Inflow) ขอบเขตของผนังด้านขวามือ และด้านบนกำหนดให้เป็นเงื่อนไขขอบเขตการไหลออก (Outflow) และผนังอื่นๆส่วนที่เหลือจะเป็นเงื่อนไขของผนังแบบหนืด (Viscous wall) วิธีทำให้เข้าไปที่เมนู

Create ⇨ **Constraint** ⇨ **Fluid Flow Boundary (Curve Specified)**

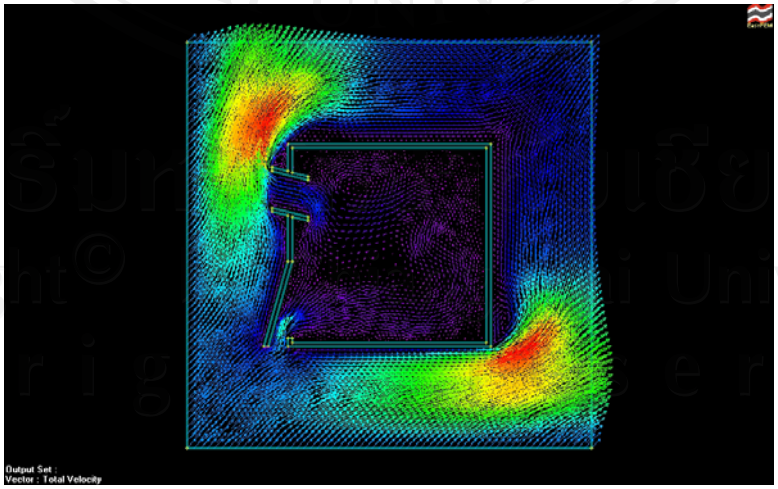
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 25 หน้าต่างปรับเปลี่ยนเงื่อนไขให้กับเส้นต่าง ๆ

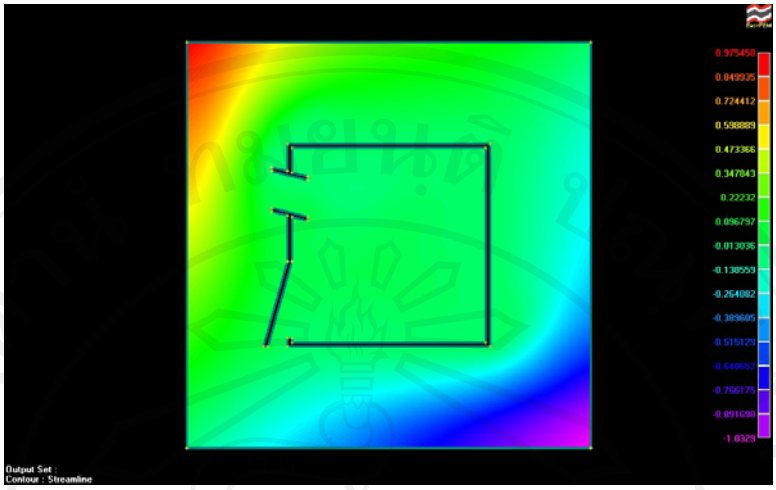
เมื่อมีหน้าต่าง Enter Curve(s) to Select (ภาพที่ 25) ขึ้นมา ให้เรากำหนดเงื่อนไขขอบเขตโดยให้เลือก เส้นที่ 27 และ 30 กำหนดเป็น Inflow, เส้นที่ 28 และ 29 กำหนดเป็น Outflow, สำหรับเส้นที่เหลือก็กำหนดให้เป็น Viscous Wall

ทำต่อไปในขั้นตอนต่อไปเลื่อยๆ ดังที่กล่าวไว้ข้างบนจนจบก็จะได้ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์การไหลที่มีทิทางการไหลเป็น มุม 45 องศา (ภาพที่ 26 และ ภาพที่ 27)



ภาพที่ 26 รูปแสดงเส้นทิศทางกระแสการไหล (Stream line)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 27 รูปแสดงเส้นทิศทางกระแสการไหล (Stream line)

และเมื่อมีความต้องการเพิ่มอีกก็ใช้วิธีเดิมนี้เปลี่ยนไปที่ส่วน แล้วสั่งวิเคราะห์ประมวลผลใหม่ก็จะได้รูปแสดงผลที่เปลี่ยนไปตามเงื่อนไขที่ปรับเปลี่ยนไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล	นาย ปะกาศิต พรแก้ว
วัน เดือน ปีเกิด	23 พฤษภาคม 2522
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต คณะ วิศวกรรมศาสตร์ และ สถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแห่งชาติลาว ปีการศึกษา 2543
ประวัติการทำงาน	อาจารย์ประจำ คณะ สถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแห่งชาติลาว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved