

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล

โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล CFD (Computation Fluid Dynamics) เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทำนายการเคลื่อนที่ของของไหลทั้งในและรอบ ๆ วัตถุ สำหรับในงานสถาปัตยกรรม ช่วยในการออกแบบอาคาร ทำนายการไหลของอากาศที่อยู่ภายในและรอบอาคาร รวมทั้งสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการทำงานวิจัยด้านสถาปัตยกรรมได้ ตั้งแต่สถาปัตยกรรมภายใน สถาปัตยกรรมภายนอก ตลอดจนในระดับผังเมือง โปรแกรม CFD ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ PHOENICS FLOVENT FLUENT ANSYS ซึ่งข้อจำกัดของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เหล่านี้ในการจำลองคือ ในการจำลองเพื่อทดสอบจำเป็นต้องมีการลดรายละเอียดของแบบจำลอง ต่าง ๆ ที่มีองค์ประกอบเป็นจำนวนมาก เช่นรูปร่างของคน ลักษณะของเฟอร์นิเจอร์ เพื่อลดความซับซ้อนในการจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำให้ตัวแปรเหล่านี้ ค่อนข้างแตกต่างจากสภาพจริง สำหรับในการทำวิจัยนี้ได้เลือกใช้ PHOENICS ซึ่งเป็นโปรแกรมที่นิยมใช้กับทางด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม สามารถแสดงภาพ การเคลื่อนที่ของอากาศได้อย่างชัดเจน มีความสะดวกในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของการจำลอง และห้วงเวลากลับในการทดลองได้ง่ายกว่าทดสอบจริงในห้องทดสอบ การจำลองในลักษณะห้องทดสอบในโปรแกรมจะเลือกใช้ค่า LEVEL ซึ่งใช้มากในการสร้างหุ่นจำลองระบบปิด (CHAM, 2002, p. 33) การปรับค่าของ Relaxation factors เริ่มต้นปรับค่าของ U1, V1 และ W1 ให้เท่ากับ 0.1 ในโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล Phonic Version 3.5.1 การเทียบความน่าเชื่อถือของโปรแกรมนี้อาศัยการพิจารณาควบคู่กัน 2 วิธีได้แก่การพิจารณากราฟ และการตรวจสอบค่าใน output file

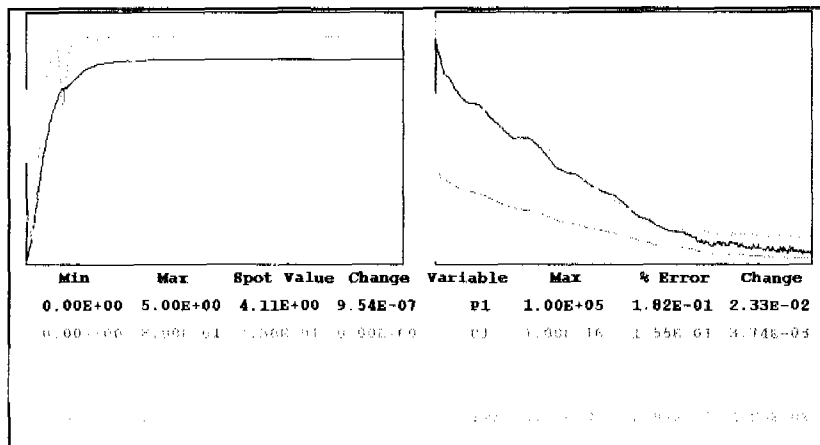
3.1.1. การพิจารณาจากกราฟ (CHAM, 2002, p. 13)

1. การพิจารณากราฟความน่าเชื่อถือของผลการทดลองโดยกราฟทางซ้ายแสดงค่าความเปลี่ยนแปลงถ้าหากมีค่าคงที่เป็นเส้นตรงนับว่ามีความคงที่สามารถนำมาพิจารณาต่อได้ แต่ถ้าหากไม่จำเป็นเส้นตรงนับว่ายังมีค่าไม่คงที่ยังไม่สามารถนำมาพิจารณาได้

2. การพิจารณากราฟความผิดพลาดทางขวาแสดงถึงความผิดพลาดจากการจำลอง หากกราฟลดลงเรื่อย ๆ แสดงว่าการทดลองมีค่าความผิดพลาดที่น้อยลง สามารถนำไปพิจารณาต่อได้ แต่ถ้าหากกราฟไม่เป็นไปตามนี้หมายความว่ายังไม่มีมีความน่าเชื่อถือยังไม่ควรนำไปพิจารณา

การพิจารณาควรปรับค่าของ Relaxation Factors เพื่อให้กราฟมีการแสดงผลที่มีความน่าเชื่อถือดังภาพที่ 3.1 จากกราฟค่า P1 แสดงถึงค่าของความดันอากาศในการจำลอง ค่า U1, V1 และ W1 แสดงค่าการเคลื่อนที่ของอากาศในแกน X, Y และ Z (CHAM, 2002, p. 79)

ภาพที่ 3.1
กราฟที่มีความน่าเชื่อถือ



3.1.2. การตรวจสอบค่าใน Output file (Chen, Qingyan and Srebric, Jelena, 2001)

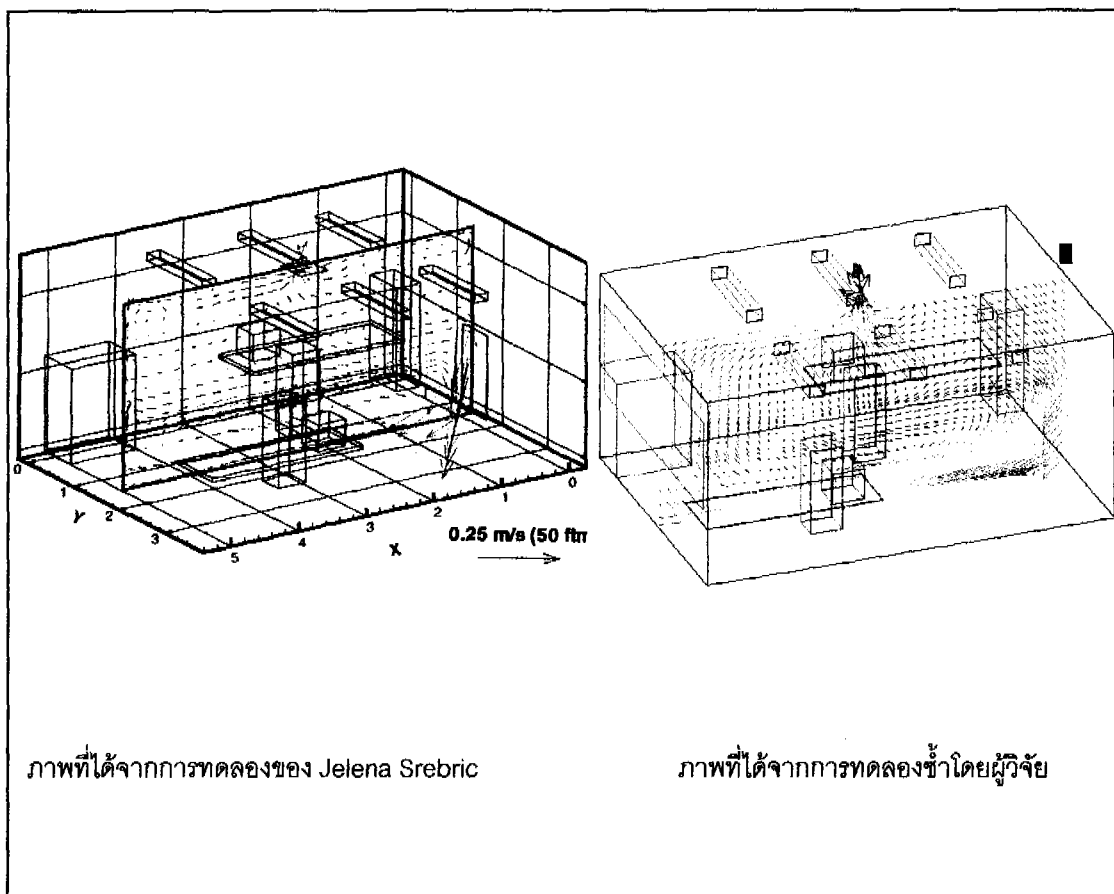
ทำได้โดยนำค่า P1 (res sum) ตั้งหารด้วยผลบวกค่าของอากาศเข้า (inlet) ที่เป็น U1 V1 และ W1 โดยผลที่ได้ต้องมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 1 หรือ 0.01 ผลการทดสอบจึงมีความน่าเชื่อถือ (ในกรณีที่มีความร้อนในการจำลองค่าที่ได้จากการคำนวณต้องน้อยกว่า 0.001 แต่ถ้าหากไม่มีความร้อนค่าที่ได้จากการคำนวณต้องน้อยกว่า 0.01)

$$\frac{|\text{Residual sum P1}|}{|\sum \text{Net source U1}_{\text{inlet}} + \sum \text{Net source V1}_{\text{inlet}} + \sum \text{Net source W1}_{\text{inlet}}|} < 0.01$$

การทำการทดสอบโปรแกรมเพื่อความน่าเชื่อถือโดยการจำลอง มีการทดสอบโปรแกรมโดยใช้การจำลองทำซ้ำการจำลองที่เคยมีการเทียบเคียงกับการวัด ณ สถานที่ทดลองหนึ่งได้ข้อมูลจาก ASHRAE RP -949 ซึ่งได้ผลการจำลองที่ใกล้เคียงกันโดยตรวจสอบผลจากการทดลองซ้ำเพื่อทดสอบโปรแกรมเพื่อดูความน่าเชื่อถือ ได้ค่าเท่ากับ 0.0004 ซึ่งน้อยกว่า 0.001 เพราะฉะนั้นมีความน่าเชื่อถือดังการแสดงลักษณะการเคลื่อนที่อากาศในภาพที่ 3.2 และกราฟเปรียบเทียบการวัดค่าความเร็วลมจากสถานที่ทดสอบจริงและค่าที่ได้จากการจำลองในโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลดังภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.2

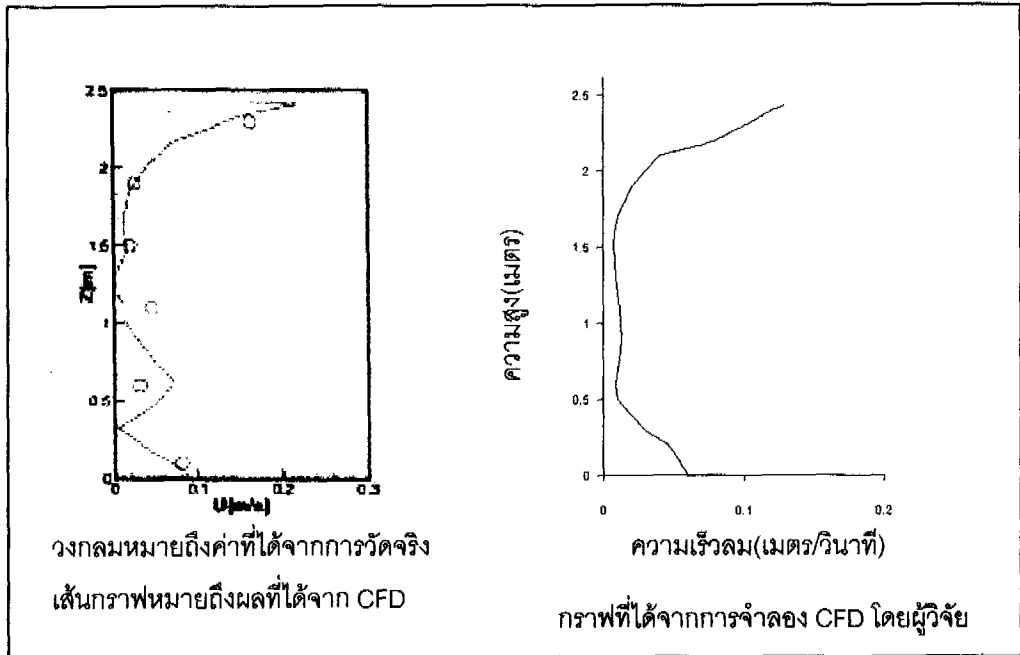
ภาพแสดงผลที่ได้จากการทดลองจากเนื้อหาที่นำมาทดสอบ



ที่มา: Srebric, 2004, p. 33. (ดัดแปลง)

ภาพที่ 3.3

กราฟแสดงค่าการวัดความเร็วลม ณ ความสูงต่าง ๆ ที่ตำแหน่งกลางห้อง



ที่มา: Chen and Srebric, 2001, p.36. (ดัดแปลง)

จากผลที่แสดงการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีลักษณะคล้ายกัน และกราฟค่าความเร็วลม ณ ระดับความสูงต่าง ๆ ที่ตำแหน่งกลางห้องของผลการทดสอบจริง เทียบผลจากค่าที่วัดจากผู้วิจัยมีค่าใกล้เคียงกัน

3.2 วิธีการวิเคราะห์ผล

จากการศึกษาของ Novoselac และ Srebric (2003) ในเรื่องการเปรียบเทียบตัวชี้วัดคุณภาพอากาศระหว่างค่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอากาศ (Air Exchange Efficiency) และค่าประสิทธิผลของการเคลื่อนย้ายสิ่งปนเปื้อน (Contaminant Removal Effectiveness) มีใจความว่าผลจากการจำลองมากกว่าห้าสิบสถานการณ์พบว่า ค่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอากาศ เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ไม่ทราบค่าข้อมูลที่แน่นอนของแหล่งของการปนเปื้อนค่าประสิทธิผลของการเคลื่อนย้ายสิ่งปนเปื้อน เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ทราบค่าและตำแหน่งของการปนเปื้อน

ในการศึกษานี้ไม่ทำการศึกษาค่าและตำแหน่งของการปนเปื้อนที่เกิดขึ้น เพราะจะทำให้การศึกษามีความซับซ้อนมากส่งผลให้ไม่สามารถวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ได้ชัดเจนดังนั้นในการศึกษานี้จะใช้การสังเกตลักษณะอากาศที่เกิดการหมุนวน ที่เป็นตำแหน่งที่มีความเสี่ยงในการติดโรคทางอากาศจากการศึกษาในบททฤษฎีและวรรณกรรม โดยสังเกตผลที่สำคัญคือ

1. พื้นที่เสี่ยงต่อการสะสมเชื้อโรคจากการเกิดอากาศวนในกรณีทดสอบที่มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอากาศมากที่สุด
2. ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอากาศในแต่ละกรณีทดลอง

3.3 วิธีการหาค่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอากาศ

การหาประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอากาศหาได้โดยใช้ค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ของอากาศในพื้นที่นั้นเพื่อใช้ในการหาค่าอัตราประสิทธิภาพของการเปลี่ยนอากาศหาได้จาก การคำนวณ (Etheridge and Sandberg, 1996.)

$$\epsilon_a = \frac{\tau_n}{\tau_{exe}}$$

ϵ_a หมายถึง ประสิทธิภาพของการเปลี่ยนอากาศ (air exchange efficiency)

τ_n หมายถึง ระยะเวลาที่น้อยที่สุดในการเปลี่ยนอากาศในห้อง 1 ครั้ง (shortest possible time needed for replacing the air in the room) มีหน่วยเป็นวินาที

τ_{exe} หมายถึง ระยะเวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ของอากาศ ภายในห้อง (The average time for air exchange) มีหน่วยเป็นวินาทีในการหาค่านี้จากโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลในบางโปรแกรมสามารถหาค่าได้จากเครื่องมือหลักของโปรแกรมแต่ในโปรแกรม Phonics หาค่าระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้จริงในการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องได้จากการนำค่ารวมของ Track Time จาก Stream Options ที่สามารถสร้าง Streamline 200 ค่ามาหาค่าเฉลี่ย โดยที่ค่าระยะเวลาที่มีเครื่องหมายลบของ Track time แสดงค่า Upstream (CHAM, 2002, p. 124)

ค่าประสิทธิภาพของการเปลี่ยนอากาศที่ได้สามารถอธิบายผลได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1

อธิบายค่าอัตราประสิทธิภาพของการเปลี่ยนอากาศ

Limits for Air Exchange Efficiency			
Air Exchange Efficiency	Upper limit	$\epsilon_a = 1$	Ideal piston Flow
	Perfect mixing	$\epsilon_a = 0.5$	Complete and instantaneous
	Lower limit	$\epsilon_a \rightarrow 0$	Bypass area and recirculation area are completely separated

ϵ_a Mean Air Exchange Efficiency

ที่มา: Etheridge and Sandberg, 1996.

Ideal piston flow หมายถึง ลักษณะอากาศเคลื่อนที่ไปในแนวทางเดียวกันอย่างสมบูรณ์ ทำให้ไม่มีอากาศที่เคลื่อนที่ไปในแนวเดียวกันสู่บริเวณที่ให้อากาศเคลื่อนที่ออก ดังนั้น การเจือปน และการแพร่กระจายจะมีค่าน้อยมากที่สุด แต่ในสถานการณ์จริงค่าที่เกิดขึ้นจะมีค่าเข้าใกล้ 1 เท่านั้นเพราะแม้ว่าทิศทางลมเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน ทำได้แค่ทำให้อากาศที่เคลื่อนที่อย่างไม่เป็นระเบียบลดลงเหลือน้อยมากแต่ไม่สามารถทำให้หมดไปได้

Complete and instantaneous mixing หมายถึงลักษณะอากาศที่เกิดผสมกันในทันทีอย่างสมบูรณ์ก่อนการเคลื่อนที่ไปในแนวทางเดียวกันสู่บริเวณที่ให้อากาศเคลื่อนที่ออก

Bypass area and recirculation area are completely หมายถึงเกิดการเคลื่อนที่ของอากาศไม่ไปในแนวเดียวกันสู่บริเวณที่ให้อากาศเคลื่อนที่ เกิดอากาศเคลื่อนที่อย่างไม่เป็นระเบียบทั่วทั้งห้อง ทำให้เกิดการแพร่กระจายทั่วบริเวณห้อง

จากค่าในตารางอธิบายผลอัตราประสิทธิภาพของการเปลี่ยนอากาศสรุปได้ว่า คุณภาพอากาศภายในที่ดีควรมีค่าเข้าใกล้ 1 สำหรับค่าที่น้อยเข้าใกล้ค่า 0 จะมีลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศที่เกิดขึ้นมีความเสี่ยงอย่างมากในการติดโรคทางอากาศ