

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในอาคาร

นาย กำแหง จิตต์โสภักดิ์



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-006-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 19265505

**DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM FOR ANALYSIS OF AIR FLOW
IN BUILDINGS**

Mr. Kamhang Chitsobhaktra

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering**

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering


Chulalongkorn University

Academic Year 1999

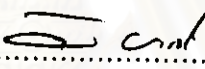
ISBN 974-334-006-8

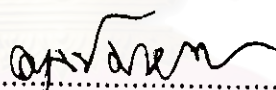
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการวิเคราะห์การไหลของอากาศ
 ภายในอาคาร
โดย นาย กำแพง จิตต์โสภักดิ์
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ตุลย์ มณีวัฒนา

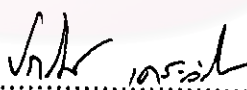
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

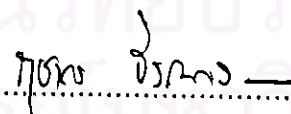

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา บุงเจริญ)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. ตุลย์ มณีวัฒนา)


.....กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ เฑชะอำไพ)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาวตสาน)

กำแพง จิตต์โสภักดิ์ : การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์การไหลของ
อากาศภายในอาคาร (DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM FOR
ANALYSIS OF AIR FLOW IN BUILDINGS) อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร. ตูย์ มณีวัฒนา
144 หน้า. ISBN 974-334-006-8.

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์การไหลของอากาศผ่านรอยรั่ว
ซึมต่างๆภายในอาคาร โดยการแทนอาคารด้วยเครือข่ายของบริเวณ หรือจุดต่อ เพื่อคำนวณหาค่าผล
ต่างความดันระหว่างจุดต่อ จากสมการการไหลของอากาศและกฎการอนุรักษ์มวล แล้วจึงนำผลที่ได้
แปลงเป็นปริมาณการไหลของอากาศ โดยคำนึงถึงอิทธิพลของลมที่พัดปะทะอาคาร, ความแตกต่าง
ของความหนาแน่นของอากาศอันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศที่ภายในและภายใน
นอกตัวอาคาร และผลจากระบบระบายอากาศเชิงกลภายในอาคาร นอกจากนี้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น
ยังมีความสามารถในการแปรเปลี่ยนค่าความดันรอบกรอบอาคารตามสภาพอากาศที่แปรเปลี่ยนไป
ตลอดทั้งวัน ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถทำการวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในอาคารได้อย่างสะดวก
ยิ่งขึ้น

ค่าอัตราการรั่วซึมของอากาศที่ถูกทำนายด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ถูกนำไปเปรียบเทียบกับ
กับค่าที่ได้จากการวัดจริงที่บริเวณหนึ่ง บนชั้นที่ 20 ของอาคารสูง 20 ชั้นโดยเทคนิคการติดตาม
ระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งใช้เป็นเทอร์เซอร์ก๊าซ จากการเปรียบเทียบพบว่าค่า
อัตราการรั่วซึมของอากาศที่เปลี่ยนไปในแต่ละชั่วโมงซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ
มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิติ จิตรพร จิตต์โสภักดิ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อ.ดร. ตูย์ มณีวัฒนา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

3970097021 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD : COMPUTER PROGRAM / AIR FLOW / VENTILATION

KAMHANG CHITSOBHAKTRA : DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM
FOR ANALYSIS OF AIR FLOW IN BUILDINGS. THESIS ADVISOR : TUL
MANEEWATTANA, Ph.D. 144 pp. ISBN 974-334-006-8.

This research is a development of a computer program to analyse air flow through the leakage paths in buildings. In this case, a building is represented by a network of spaces or nodes. The pressures throughout the building and steady flow rates through the flow paths are obtained by solving the airflow network, including the driving force such as wind, inside-to-outside temperature difference (stack effect) and the pressurization system. In addition, the developed program has a capability of changing wind pressures over building surfaces which vary due to the all-day-long weather conditions. Therefore it would provide convenience for users to analyse air flow in buildings.

The infiltration rates predicted by the developed computer program were compared to the actual measurements made in a selected compartment on the 20th floor of a 20-storied building by using carbon dioxide as a tracer gas. Comparisons show that the infiltration rates changing in each hour due to the variation in weather conditions from both methods give reasonable agreement.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา _____ วิศวกรรมเครื่องกล _____

สาขาวิชา _____ วิศวกรรมเครื่องกล _____

ปีการศึกษา _____ 2542 _____

ลายมือชื่อผู้ผลิต คณพ ชิตโสภักดิ์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา กมลรัตน์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม _____ - _____



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ ดร. ตฤย์ มณีวัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและถ่ายทอดความรู้ในด้านต่างๆด้วยดี มาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์, ศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ เศษะอำไพ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสาน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างมากต่อการวิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ-คุณแม่ ซึ่งสนับสนุนในด้านการศึกษาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ASCOS.....	3
2.2 คำสัมประสิทธิ์ความดันเฉลี่ยบนผนังด้านนอกสำหรับอาคารที่มีพื้นที่หน้าตัด ในแนวระนาบเป็นรูปสี่เหลี่ยม.....	5
3. ทฤษฎี.....	9
3.1 ประเภทของการถ่ายเทอากาศเข้าและออกจากตัวอาคาร.....	9
3.2 กลไกที่ทำให้เกิดการถ่ายเทอากาศเข้าและออกจากตัวอาคาร.....	10
3.3 การไหลของอากาศผ่านรอยรั่วซึมและช่องเปิดในอาคาร.....	21
3.4 การประยุกต์กฎการอนุรักษ์มวลเข้ากับการถ่ายเทอากาศเข้าและออกจากตัวอาคาร.....	24
3.5 การไหลภายในปล่อง.....	25
3.6 การวัดค่าอัตราการระบายอากาศ.....	31
4. ลักษณะของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น.....	34
4.1 สมมติฐานที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม.....	34
4.2 ลักษณะของโปรแกรม.....	34
4.3 รายละเอียดของโปรแกรมย่อยต่างๆ.....	36
4.4 การกำหนดทิศและลำดับของผนังด้านนอกของอาคาร สำหรับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น...	37

5. การทดลอง.....	38
5.1 การทดลองวัดค่าอัตราการระเหยอากาศ.....	38
5.2 การทำนายค่าอัตราการระเหยอากาศด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น.....	40
6. ผลลัพธ์และการวิเคราะห์.....	44
6.1 ผลการเปรียบเทียบค่าอัตราการระเหยอากาศที่ได้จากการทำนายโดยโปรแกรม ที่พัฒนาขึ้นกับการวัดจริง.....	44
6.2 ผลการเปรียบเทียบค่าอัตราการระเหยอากาศที่ได้จากการทำนายโดยโปรแกรม ที่พัฒนาขึ้นกับ โปรแกรม ASCOS.....	51
6.3 ผลการวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในปล่องต่างๆในอาคาร.....	54
6.4 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศตามฤดูกาลที่มีผลต่อ ค่าอัตราการระเหยอากาศ.....	75
7. สรุปการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	77
6.1 สรุปการวิจัย.....	77
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	77
รายการอ้างอิง.....	78
ภาคผนวก.....	79
ภาคผนวก ก ผลการทดลองวัดค่าอัตราการระเหยอากาศ.....	80
ภาคผนวก ข รูปแบบการไหลของอากาศที่ได้จากการทำนายด้วยโปรแกรม AFB ที่ชั้น 20 ของอาคารที่ใช้เป็นแบบจำลอง.....	97
ภาคผนวก ค ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเพื่อวิเคราะห์แบบจำลองการไหลของอากาศ แบบเครือข่าย.....	106
ภาคผนวก ง ข้อมูลของ Input File และ Weather Data File สำหรับ โปรแกรม AFB.....	111
ภาคผนวก จ ตัวอย่าง Input File และ Weather Data File สำหรับ โปรแกรม AFB.....	120
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่าง Output File ของ โปรแกรม AFB.....	125
ภาคผนวก ช รายละเอียดของโปรแกรม AFB.....	136
ประวัติผู้เขียน.....	144

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความดันเฉลี่ยบนผนังและหลังคาเมื่อ side ratio = 1.....	6
2.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความดันเฉลี่ยบนผนังและหลังคาเมื่อ side ratio = 0.5.....	7
2.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความดันเฉลี่ยบนผนังและหลังคาเมื่อ side ratio = 0.25.....	8
3.1 แสดงค่า A_0 สำหรับภูมิประเทศลักษณะต่างๆ	11
3.2 แสดงค่าตัวประกอบกำลังลม, n สำหรับภูมิประเทศลักษณะต่างๆ	12
3.3 แสดงค่าคงที่ของก๊าซและค่าความดันบรรยากาศมาตรฐาน.....	19
3.4 แสดงพื้นที่การไหลของรอยรั่วซึมที่ส่วนประกอบต่างๆของอาคาร.....	23
3.5 แสดงพื้นที่การไหลผ่านช่องว่างขนาดต่างๆกันของบานประตู.....	24
3.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความหยาบละเอียดของผิวท่อ.....	26
3.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การไหลในปล่อง, C_p (หน่วย SI).....	28
3.8 แสดงค่า K_{sw} (หน่วย SI).....	31
3.9 แสดงประเภทของเทอร์เซอร์ก๊าซและการตรวจวัด.....	31
5.1 แสดงข้อมูลสภาพอากาศ วันที่ 15 ธันวาคม 2543 เวลา 10.00-17.00 น.	43
5.2 แสดงข้อมูลสภาพอากาศ วันที่ 22 ธันวาคม 2543 เวลา 10.00-17.00 น.	43
6.1 แสดงค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการทดลองและทำนายด้วยโปรแกรม ที่พัฒนาขึ้น (15/12/42).....	47
6.2 แสดงค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการทดลองและทำนายด้วยโปรแกรม ที่พัฒนาขึ้น (22/12/42).....	48
6.3 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการทำนายด้วย โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เมื่อเทียบกับการวัดจริง (15/12/42).....	50
6.4 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการทำนายด้วย โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เมื่อเทียบกับการวัดจริง (22/12/42).....	50
6.5 แสดงค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการทำนายด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น กับโปรแกรม ASCOS (15/12/42).....	52
6.6 แสดงค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการทำนายด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น กับโปรแกรม ASCOS (22/12/42).....	53
6.7 แสดงค่าความดันและอัตราการไหลเชิงมวลภายในปล่องขณะเกิด normal stack effect..	56
6.8 แสดงค่าความดันและอัตราการไหลเชิงมวลภายในปล่องขณะเกิด reverse stack effect..	56

ตารางที่	หน้า
6.9 แสดงค่าความดันและอัตราการไหลเชิงมวลภายในปล่องลิฟท์ที่ 1 (elevator#1) ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect แต่เพียงอย่างเดียว.....	60
6.10 แสดงค่าความดันและอัตราการไหลเชิงมวลภายในปล่องลิฟท์ที่ 2 (elevator#2) ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect แต่เพียงอย่างเดียว.....	61
6.11 แสดงค่าความดันและอัตราการไหลเชิงมวลภายในปล่องบันไดที่ 1 (stairwell#1) ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect แต่เพียงอย่างเดียว.....	62
6.12 แสดงค่าความดันและอัตราการไหลเชิงมวลภายในปล่องบันไดที่ 2 (stairwell#2) ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect แต่เพียงอย่างเดียว.....	63
6.13 แสดงค่าความดันและอัตราการไหลเชิงมวลภายในปล่องบันไดที่ 3 (stairwell#3) ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect แต่เพียงอย่างเดียว.....	64
6.14 แสดงค่าความดันและอัตราการไหลเชิงมวลภายในปล่องลิฟท์ที่ 1 (elevator#1) ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect และลมที่พัดปะทะอาคาร.....	68
6.15 แสดงค่าความดันและอัตราการไหลเชิงมวลภายในปล่องลิฟท์ที่ 2 (elevator#2) ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect และลมที่พัดปะทะอาคาร.....	69
6.16 แสดงค่าความดันและอัตราการไหลเชิงมวลภายในปล่องบันไดที่ 1 (stairwell#1) ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect และลมที่พัดปะทะอาคาร.....	70
6.17 แสดงค่าความดันและอัตราการไหลเชิงมวลภายในปล่องบันไดที่ 2 (stairwell#2) ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect และลมที่พัดปะทะอาคาร.....	71
6.18 แสดงค่าความดันและอัตราการไหลเชิงมวลภายในปล่องบันไดที่ 3 (stairwell#3) ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect และลมที่พัดปะทะอาคาร.....	72
6.19 แสดงข้อมูลสภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือนของกรุงเทพมหานคร (ปี พ.ศ. 2534).....	76
ก-1 แสดงบันทึกผลการวัดค่าอัตราการระบายอากาศ (15/12/42, 9.30-10.30 น.).....	81
ก-2 แสดงบันทึกผลการวัดค่าอัตราการระบายอากาศ (15/12/42, 10.30-11.30 น.).....	82
ก-3 แสดงบันทึกผลการวัดค่าอัตราการระบายอากาศ (15/12/42, 11.30-12.30 น.).....	83
ก-4 แสดงบันทึกผลการวัดค่าอัตราการระบายอากาศ (15/12/42, 12.30-13.30 น.).....	84
ก-5 แสดงบันทึกผลการวัดค่าอัตราการระบายอากาศ (15/12/42, 13.30-14.30 น.).....	85
ก-6 แสดงบันทึกผลการวัดค่าอัตราการระบายอากาศ (15/12/42, 14.30-15.30 น.).....	86
ก-7 แสดงบันทึกผลการวัดค่าอัตราการระบายอากาศ (15/12/42, 15.30-16.30 น.).....	87
ก-8 แสดงบันทึกผลการวัดค่าอัตราการระบายอากาศ (15/12/42, 16.30-17.30 น.).....	88
ก-9 แสดงบันทึกผลการวัดค่าอัตราการระบายอากาศ (22/12/42, 9.30-10.30 น.).....	89
ก-10 แสดงบันทึกผลการวัดค่าอัตราการระบายอากาศ (22/12/42, 10.30-11.30 น.).....	90

ตารางที่		หน้า
ก-11	แสดงบันทึกผลการวัดค่าอัตราการระบายน้ำอากาศ (22/12/42, 11.30-12.30 น.).....	91
ก-12	แสดงบันทึกผลการวัดค่าอัตราการระบายน้ำอากาศ (22/12/42, 12.30-13.30 น.).....	92
ก-13	แสดงบันทึกผลการวัดค่าอัตราการระบายน้ำอากาศ (22/12/42, 13.30-14.30 น.).....	93
ก-14	แสดงบันทึกผลการวัดค่าอัตราการระบายน้ำอากาศ (22/12/42, 14.30-15.30 น.).....	94
ก-15	แสดงบันทึกผลการวัดค่าอัตราการระบายน้ำอากาศ (22/12/42, 15.30-16.30 น.).....	95
ก-16	แสดงบันทึกผลการวัดค่าอัตราการระบายน้ำอากาศ (22/12/42, 16.30-17.30 น.).....	96



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงการกำหนดทิศทางลมที่พัดปะทะอาคารและทิศของผนังอาคารสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์ความดันเฉลี่ยบนผนังของ Akins และคณะ (1979).....	5
2.2	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความดันเฉลี่ยบนผนังและหลังคาเมื่อ side ratio = 1.....	6
2.3	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความดันเฉลี่ยบนผนังและหลังคาเมื่อ side ratio = 0.5.....	7
2.4	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความดันเฉลี่ยบนผนังและหลังคาเมื่อ side ratio = 0.25.....	8
3.1	แสดงการกระจายความเร็วของลมสำหรับภูมิภาคลักษณะต่างๆ.....	12
3.2	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความดัน (Cwx100) ที่ผนังของอาคารสูง เมื่อทิศทางของลมที่กระทำกับอาคารเปลี่ยนไป (Davenport and Hui 1982).....	13
3.3	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความดันเฉลี่ยบนผนัง สำหรับอาคารสูง, Akins และคณะ (1979).	13
3.4	ค่าสัมประสิทธิ์ความดันเฉลี่ยบนหลังคา สำหรับอาคารสูง (หลังคาแบนเรียบ), Akins และคณะ (1979).....	14
3.5	แสดงทิศทางการไหลของอากาศเนื่องจาก normal stack effect และ reverse stack effect..	16
3.6	แสดงค่าความดันและผลต่างความดันขณะเกิด normal stack effect.....	17
3.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln c$ กับ เวลา.....	33
4.1	แสดงลักษณะการทำงานของโปรแกรม AFB.....	35
4.2	แสดงการกำหนดทิศและลำดับของผนังด้านนอกของอาคารสำหรับโปรแกรม AFB....	37
5.1	แสดงอุปกรณ์วัดระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ TELAIRE-150.....	38
5.2	แสดงบริเวณที่ใช้ทำการทดลอง ห้อง 20-06 ชั้น 20 อาคาร 4 คณะวิศวกรรมศาสตร์.....	39
5.3	แสดงรายละเอียดการเชื่อมต่อของบริเวณต่างๆสำหรับแบบจำลองอาคารชั้นที่ 1.....	40
5.4	แสดงรายละเอียดการเชื่อมต่อของบริเวณต่างๆสำหรับแบบจำลองอาคารชั้นที่ 2-16.....	41
5.5	แสดงรายละเอียดการเชื่อมต่อของบริเวณต่างๆสำหรับแบบจำลองอาคารชั้นลอย.....	41
5.6	แสดงรายละเอียดการเชื่อมต่อของบริเวณต่างๆสำหรับแบบจำลองอาคารชั้น 17-19.....	42
5.7	แสดงรายละเอียดการเชื่อมต่อของบริเวณต่างๆสำหรับแบบจำลองอาคารชั้น 20.....	42
6.1	แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการทดลองและทำนายด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น (15/12/42).....	47
6.2	แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการทดลองและทำนายด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น (22/12/42).....	48

รูปที่	หน้า
6.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการทดลองและทำนายด้วยโปรแกรม ที่พัฒนาขึ้น ภายใต้ความคลาดเคลื่อน $\pm 25\%$ (15/12/42).....	49
6.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการทดลองและทำนายด้วยโปรแกรม ที่พัฒนาขึ้น ภายใต้ความคลาดเคลื่อน $\pm 25\%$ (22/12/42).....	49
6.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการทำนายด้วยโปรแกรม ที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรม ASCOS (15/12/42).....	52
6.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการทำนายด้วยโปรแกรม ที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรม ASCOS (22/12/42).....	53
6.7 แสดงแบบจำลองของอาคารที่สมมติขึ้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การไหลของอากาศ ในปล่องของอาคารขนาดเล็ก (ชั้น 1-9).....	54
6.8 แสดงค่าผลต่างระหว่างความดันภายในปล่องและอาคาร (Ps-Pb) ขณะเกิด normal stack effect.....	57
6.9 แสดงค่าความดันภายในปล่องขณะเกิด normal stack effect.....	57
6.10 แสดงค่าผลต่างระหว่างความดันภายในปล่องและอาคาร (Ps-Pb)ขณะเกิด reverse stack effect.....	58
6.11 แสดงค่าความดันภายในปล่องขณะเกิด reverse stack effect.....	58
6.12 แสดงค่าผลต่างระหว่างความดันภายในปล่องและอาคาร (Ps-Pb) ของปล่องลิฟท์ที่ 1 ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect แต่เพียงอย่างเดียว.....	65
6.13 แสดงค่าผลต่างระหว่างความดันภายในปล่องและอาคาร (Ps-Pb) ของปล่องลิฟท์ที่ 2 ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect แต่เพียงอย่างเดียว.....	65
6.14 แสดงค่าผลต่างระหว่างความดันภายในปล่องและอาคาร (Ps-Pb) ของปล่องบันไดที่ 1 ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect แต่เพียงอย่างเดียว.....	66
6.15 แสดงค่าผลต่างระหว่างความดันภายในปล่องและอาคาร (Ps-Pb) ของปล่องบันไดที่ 2 ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect แต่เพียงอย่างเดียว.....	66
6.16 แสดงค่าผลต่างระหว่างความดันภายในปล่องและอาคาร (Ps-Pb) ของปล่องบันไดที่ 3 ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect แต่เพียงอย่างเดียว.....	67
6.17 แสดงค่าผลต่างระหว่างความดันภายในปล่องและอาคาร (Ps-Pb) ของปล่องลิฟท์ที่ 1 ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect และลมที่พัดปะทะอาคาร.....	72
6.18 แสดงค่าผลต่างระหว่างความดันภายในปล่องและอาคาร (Ps-Pb) ของปล่องลิฟท์ที่ 2 ขณะที่อาคารอยู่ภายใต้อิทธิพลของ stack effect และลมที่พัดปะทะอาคาร.....	72

รูปที่	หน้า
6.19	73
6.20	73
6.21	74
6.22	76
ก-1	81
ก-2	82
ก-3	83
ก-4	84
ก-5	85
ก-6	86
ก-7	87
ก-8	88
ก-9	89
ก-10	90
ก-11	91

รูปที่	หน้า
ข-11 แสดงรูปแบบการไหลของอากาศที่ได้จากการทำนายด้วยโปรแกรม AFB ที่ชั้น 20 ของอาคารที่ใช้เป็นแบบจำลอง (ข้อมูลสภาพอากาศ วันที่ 22 ธ.ค. 2542 เวลา 12.00 น.).....	103
ข-12 แสดงรูปแบบการไหลของอากาศที่ได้จากการทำนายด้วยโปรแกรม AFB ที่ชั้น 20 ของอาคารที่ใช้เป็นแบบจำลอง (ข้อมูลสภาพอากาศ วันที่ 22 ธ.ค. 2542 เวลา 13.00 น.).....	103
ข-13 แสดงรูปแบบการไหลของอากาศที่ได้จากการทำนายด้วยโปรแกรม AFB ที่ชั้น 20 ของอาคารที่ใช้เป็นแบบจำลอง (ข้อมูลสภาพอากาศ วันที่ 22 ธ.ค. 2542 เวลา 14.00 น.).....	104
ข-14 แสดงรูปแบบการไหลของอากาศที่ได้จากการทำนายด้วยโปรแกรม AFB ที่ชั้น 20 ของอาคารที่ใช้เป็นแบบจำลอง (ข้อมูลสภาพอากาศ วันที่ 22 ธ.ค. 2542 เวลา 15.00 น.).....	104
ข-15 แสดงรูปแบบการไหลของอากาศที่ได้จากการทำนายด้วยโปรแกรม AFB ที่ชั้น 20 ของอาคารที่ใช้เป็นแบบจำลอง (ข้อมูลสภาพอากาศ วันที่ 22 ธ.ค. 2542 เวลา 16.00 น.).....	105
ข-16 แสดงรูปแบบการไหลของอากาศที่ได้จากการทำนายด้วยโปรแกรม AFB ที่ชั้น 20 ของอาคารที่ใช้เป็นแบบจำลอง (ข้อมูลสภาพอากาศ วันที่ 22 ธ.ค. 2542 เวลา 17.00 น.).....	105
ค-1 แสดงแบบจำลองการไหลของอากาศแบบเครือข่ายภายในอาคาร.....	107
ค-2 แสดงขั้นตอนที่ 4 การตรวจสอบว่าตำแหน่งของ P_7^k และ P_7^{k+1} ครอบคลุมราก \bar{P} ที่ต้องการหรือไม่.....	109
ค-3 แสดงขั้นตอนที่ 5 การคำนวณค่าความดัน, P ใหม่ เพื่อให้ค่าตอบอยู่เข้าสู่เกณฑ์ที่กำหนด	109