

การวิเคราะห์การอัดความดันภายในช่องบันไดหนีไฟของอาคารสูงด้วยคอมพิวเตอร์



นายเอก โทณานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-17-0078-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๒ ๖ ก.พ. 2546

I 203884 1x

COMPUTER ANALYSIS OF STAIRWELL PRESSURIZATION
FOR FIRE ESCAPE IN HIGH - RISE BUILDINGS

Mr. Ake Tonanont

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 2001

ISBN 974-17-0078-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การวิเคราะห์การอัดความดันภายในช่องบันไดหนีไฟของอาคารสูงด้วย
คอมพิวเตอร์

โดย

นายเอก โทณานนท์

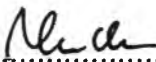
สาขาวิชา

วิศวกรรมเครื่องกล

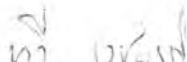
อาจารย์ที่ปรึกษา


ศาสตราจารย์ ดร. วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์

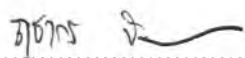
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

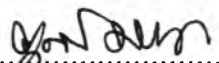

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร. วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสถาน)



..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ตุลย์ มณีวิวัฒนา)

นายเอก โทณานนท์ : การวิเคราะห์การอัดความดันภายในช่องบันไดหนีไฟของอาคารสูงด้วยคอมพิวเตอร์. (COMPUTER ANALYSIS OF STAIRWELL PRESSURIZATION FOR FIRE ESCAPE IN HIGH – RISE BUILDINGS) อ. ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร. วรวิทย์ อึ้งภากรณ์, 139 หน้า. ISBN 974-17-0078-4.

ในปัจจุบันได้มีการก่อสร้างอาคารสูงมากขึ้นในประเทศไทย อาคารสูงเหล่านี้จำเป็นต้องมีระบบดับเพลิงที่ได้มาตรฐานและต้องมีช่องบันไดหนีไฟเพื่อใช้หลบหนีออกจากอาคารได้อย่างปลอดภัยด้วย ในขณะที่เกิดเพลิงไหม้ สาเหตุหลักที่คร่าชีวิตมนุษย์ก็คือ ควัน ดังนั้นภายในอาคารสูงจึงจำเป็นต้องมีระบบควบคุมควันไม่ให้กระจายจากบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ไปยังบริเวณอื่นๆ ภายในอาคาร โดยเฉพาะช่องบันไดหนีไฟจำเป็นต้องอย่างยิงที่จะต้องปลอดควัน วิธีหนึ่งที่เป็นที่นิยมและเหมาะสมในการป้องกันควันไม่ให้แทรกซึมเข้ามายังช่องบันไดหนีไฟ คือ การใช้ระบบควบคุมความดันภายในช่องบันไดหนีไฟ

วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมความดันภายในช่องบันไดหนีไฟ โดยแสดงผลต่างความดันระหว่างประตูหนีไฟแต่ละชั้นแรงที่จำเป็นต้องใช้ในการเปิดประตูหนีไฟ และปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าไปยังช่องบันไดหนีไฟ เพื่อให้ได้ผลต่างความดันระหว่างประตูหนีไฟที่เพียงพอจะป้องกันควันไม่ให้แทรกซึมเข้ามายังช่องบันไดหนีไฟ ในขณะที่เกิดเพลิงไหม้และไม่ทำให้เกิดความยากลำบากในการเปิดประตูหนีไฟ ได้ทำการทดสอบโปรแกรมกับอาคารสูง 21 ชั้น โดยกำหนดให้เกิดเพลิงไหม้และมีการเปิดประตูหนีไฟในหลายลักษณะ ทำการวิเคราะห์ผลโดยแบ่งเป็นสองกรณีหลัก คือ กรณีที่อุณหภูมิอากาศภายในช่องบันไดหนีไฟสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและกรณีที่อุณหภูมิอากาศภายในช่องบันไดต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ในกรณีแรกนั้นพบว่าผลต่างความดันระหว่างประตูหนีไฟจะเพิ่มขึ้นตามความสูงของอาคาร และเพราะฉะนั้นประตูหนีไฟชั้นสูงๆจะต้องออกแรงในการเปิดมากกว่าประตูหนีไฟที่อยู่ชั้นต่ำกว่า ขณะที่กรณีหลังนั้นผลต่างความดันจะลดลงไปตามความสูงของอาคาร และประตูหนีไฟชั้นสูงๆจะต้องออกแรงในการเปิดน้อยกว่าประตูหนีไฟที่อยู่ชั้นต่ำกว่า ปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าไปยังช่องบันไดจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนประตูหนีไฟที่เปิด การออกแบบระบบควบคุมความดันที่เหมาะสมจะช่วยป้องกันควันไม่ให้แทรกซึมเข้ามายังช่องบันไดหนีไฟในขณะที่เกิดเพลิงไหม้ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้อาคารสามารถหลบหนีออกนอกอาคารได้อย่างปลอดภัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อนิสิต เอก โทณานนท์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

ID. 4270673121 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: STAIRWELL PRESSURIZATION

AKE TONANONT : COMPUTER ANALYSIS OF STAIRWELL PRESSURIZATION FOR FIRE ESCAPE IN HIGH - RISE BUILDINGS. THESIS ADVISOR : Professor DR. Variddhi Ungbhakorn, 139 pp. ISBN 974-17-0078-4.

Presently , more high-rise buildings have been constructed in Thailand. These high-rise buildings need standard fire protection systems and must contain fire escape stairwell in order to exit from the buildings safely. When the buildings catch fire, the main cause that causes human life is smoke. Therefore, within high-rise buildings there must be smoke control systems to control fire smoke spreading from the fire area to the others in the building, particularly , the escape stairwell must be free from smoke. One preferable and suitable method in preventing smoke from penetrating into the fire escape stairwell is the use of pressurization within fire escape stairwell.

This thesis has developed a computer program to assist the analysis and design of stairwell pressurization by expressing the pressure difference across the stairwell door in individual storey, door-opening forces and the amount of air flow rate into the fire escape stairwell to obtain the sufficient pressure difference across the stairwell door to prevent smoke penetration into the fire escape stairwell during fire and not to cause difficulty in opening stairwell door. A 21-storey building has been selected as examples in the study. The results were analysed by classifying them into two main cases, the first case, the air temperature within the fire escape stairwell is higher than the outside air temperature of the building and the second case, the air temperature within the fire escape stairwell is lower than the outside air temperature . In the first case, the pressure difference across the stairwell door increases along the height of the building therefore the higher storey stairwell door must exert more force in opening the door than the lower storey stairwell door. Whereas in the latter case, the pressure difference decreases along the height of the building and the higher storey stairwell door needs less force in opening than the lower storey stairwell door. Furthermore, the amount of air flow rate into the stairwell increases as the number of opened stairwell doors. Design of the appropriate pressurization system will prevent the smoke from penetration into the fire escape stairwell which will facilitate the tenants to exit the buildings safely.

Department/Program Mechanical Engineering
Field of study Mechanical Engineering
Academic year 2001

Student's signature.....*ton tonanont*
Advisor's signature.....*[Signature]*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายด้วยกัน ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าช่วยเหลือให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางการทำวิจัย แนวทางแก้ไข ปัญหา และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่นำมาซึ่งความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อีกทั้งตรวจทานแก้ไข วิทยานิพนธ์จนสำเร็จเป็นรูปเล่มที่สมบูรณ์ รวมถึง รศ. ทวี เวชพฤติ ประธานกรรมการ ผศ. ฤชชากร จิรกาลวสาน และ ดร. ตุลย์ มณีวัฒนา กรรมการ

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ครอบครัวโทณานนท์ ที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือข้าพเจ้าตลอดมา และขอขอบคุณเพื่อนๆ น้องๆทุกคนที่คอยช่วยเหลือและสนับสนุนการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอพระคุณบิดา-มารดา ซึ่งอบรมสั่งสอนและให้กำลังใจตลอดเวลาจนสำเร็จการศึกษา

ผู้จัดทำงานวิจัย

เอก โทณานนท์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
2 เอกสารและผลงานวิจัยในอดีต.....	4
3 ทฤษฎี.....	10
3.1 ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของควัน.....	10
3.2 ลักษณะการไหลของอากาศผ่านช่องเปิดภายในอาคาร.....	13
3.3 การวิเคราะห์ผลต่างความดันภายในช่องบันไดหนีไฟ.....	18
3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าไปยังช่องบันไดหนีไฟ.....	26
3.5 ความสามารถในการเปิดประตูหนีไฟ.....	29
4 รูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูล.....	34
4.1 รายละเอียดการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	34
5 การทดสอบโปรแกรม.....	43
5.1 กรณีที่อุณหภูมิของอากาศภายในช่องบันไดหนีไฟสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอกอาคาร.....	43
5.2 กรณีที่อุณหภูมิของอากาศภายในช่องบันไดหนีไฟต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอกอาคาร.....	80

สารบัญ (ต่อ)

๗

หน้า

6 อภิปรายและสรุป.....	117
รายการอ้างอิง.....	121
ภาคผนวก.....	123
ก. แผนภาพการไหลของโปรแกรม.....	124
ข. คู่มือการใช้โปรแกรม.....	126
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	139

สารบัญตาราง

ณ

ตาราง	หน้า
3.1 แสดงแรงที่ใช้ในการเปิดประตูหนีไฟของกลุ่มบุคคลอายุระหว่าง 5-6 ปี.....	29
3.2 แสดงแรงที่ใช้ในการเปิดประตูหนีไฟของกลุ่มบุคคลอายุระหว่าง 60-75 ปี.....	30
3.3 แสดงผลต่างความดันสูงสุดในกรณีที่ใช้แรงในการเปิดประตูหนีไฟเท่ากับ 133 นิวตัน (30ปอนด์).....	31
3.4 แนะนำค่าผลต่างความดันต่ำสุดระหว่างประตูหนีไฟ.....	32
3.5 แสดงข้อกำหนดในการออกแบบระบบควบคุมควันในช่องบันไดหนีไฟของหน่วยงาน ต่าง ๆ.....	33

ภาพประกอบ	หน้า
3.1 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในอาคารเนื่องจากปรากฏการณ์ลมลอยตัว.....	11
3.2 แสดงเส้นทางการไหลของอากาศแบบขนาน.....	13
3.3 แสดงเส้นทางการไหลของอากาศแบบอนุกรม.....	15
3.4 แสดงตัวอย่างเส้นทางการไหลของอากาศแบบผสม.....	17
3.5 จำลองการไหลของอากาศจากช่องบันไดหนีไฟไปยังภายนอกอาคาร.....	22
3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างความดันกับความสูงของอาคารในกรณีที่มีประตู หนีไฟทุกบานปิด.....	23
3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างความดันกับความสูงของอาคารในกรณีที่มีการ เปิดประตูหนีไฟบางบาน.....	24
3.8 แสดงผลต่างความดันระหว่างประตูหนีไฟ.....	25
4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างความดันของประตูหนีไฟกับความสูงของช่องบันได..	35
4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างความดันของประตูหนีไฟกับความสูงของช่องบันได..	36
4.3 แสดงไดอะแกรมของแรงที่กระทำต่อประตูหนีไฟ.....	41
5.1.1 แสดงผลต่างความดันในกรณีที่ไม่เกิดเพลิงไหม้และไม่มีการเปิดประตูหนีไฟ.....	44
5.1.2 แสดงแรงที่ต้องใช้ในการเปิดประตูหนีไฟแต่ละชั้นในกรณีที่ไม่เกิดเพลิงไหม้	45
5.1.3 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟ ที่ชั้น 1 และประตูทางออกจาก อาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	46
5.1.4 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟ ที่ชั้น 1, 2 และประตูทางออก จากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	47
5.1.5 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟ ที่ชั้น 1, 8 และประตู ทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	48
5.1.6 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟ ที่ชั้น 1, 15 และประตู ทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	49
5.1.7 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟ ที่ชั้น 1, 21 และประตู ทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	50
5.1.8 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าไปยังช่องบันไดหนีไฟในกรณีที่เกิด มีการเปิดประตูหนีไฟ 2 ชั้น และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	51
5.1.9 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟ ที่ชั้น 1, 2, 3 และประตู ทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	52

ภาพประกอบ	หน้า
5.1.10 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟ ที่ชั้น 1,7,8 และประตูทางออก จากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	53
5.1.11 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1,15,16 และประตูทางออก จากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	54
5.1.12 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 20, 21 และประตูทางออก จากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	55
5.1.13 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าไปยังช่องบันไดหนีไฟในกรณีที่เกิดมี การเปิดประตูหนีไฟ 3 ชั้น และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	56
5.1.14 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 2, 3, 4 และประตูทาง ออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	57
5.1.15 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 2, 7, 8 และประตูทาง ออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	58
5.1.16 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 2,15,16 และประตูทาง ออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	59
5.1.17 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 2, 20, 21 และประตูทาง ออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	60
5.1.18 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าไปยังช่องบันไดหนีไฟในกรณีที่เกิดมี การเปิดประตูหนีไฟ 4 ชั้น และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	61
5.1.19 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 2, 3, 4, 5 และประตู ทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	62
5.1.20 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 3, 5, 7, 9 และประตู ทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	63
5.1.21 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 9, 10, 11, 12 และ ประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	64
5.1.22 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1,10,12,14,16 และ ประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	65
5.1.23 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 15, 17, 19, 21 และ ประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	66

ภาพประกอบ	หน้า
5.1.24 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 18, 19, 20, 21 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	67
5.1.25 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าไปยังช่องบันไดหนีไฟในกรณีที่เกิดมีการเปิดประตูหนีไฟ 4 ชั้น และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	68
5.1.26 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1 ถึง 10 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	70
5.1.27 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	71
5.1.28 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 2, 3, 4, 5, 17, 18, 19, 20, 21 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	72
5.1.29 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 2, 3, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	73
5.1.30 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 9, 10, 11, 12, 13, 18, 19, 20, 21 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	74
5.1.31 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	75
5.1.32 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าไปยังช่องบันไดหนีไฟในกรณีที่เกิดมีการเปิดประตูหนีไฟ 10 ชั้น และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	76
5.1.33 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าไปยังช่องบันไดหนีไฟในหลาย ๆ กรณี.....	78
5.2.1 แสดงผลต่างความดันในกรณีที่ไม่เกิดเพลิงไหม้และไม่มีการเปิดประตูหนีไฟ.....	81
5.2.2 แสดงแรงที่ต้องใช้ในการเปิดประตูหนีไฟแต่ละชั้นในกรณีที่ไม่เกิดเพลิงไหม้.....	82
5.2.3 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟ ที่ชั้น 1 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	83
5.2.4 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟ ที่ชั้น 1, 2 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	84
5.2.5 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟ ที่ชั้น 1, 8 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	85

สารบัญภาพ (ต่อ)

๕๙

ภาพประกอบ	หน้า
5.2.6 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟ ที่ชั้น 1, 15 และประตูทางออก จากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	86
5.2.7 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟ ที่ชั้น 1, 21 และประตูทางออก จากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	87
5.2.8 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าไปยังห้องบันไดหนีไฟในกรณีที่เกิด มีการเปิดประตูหนีไฟ 2 ชั้น และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	88
5.2.9 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟ ที่ชั้น 1, 2, 3 และประตูทางออก จากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	89
5.2.10 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟ ที่ชั้น 1, 7, 8 และประตูทางออก จากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	90
5.2.11 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 15, 16 และประตู ทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	91
5.2.12 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 20, 21 และประตู ทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	92
5.2.13 สดงการเปรียบเทียบปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าไปยังห้องบันไดหนีไฟในกรณีที่เกิด มีการเปิดประตูหนีไฟ 3 ชั้น และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	93
5.2.14 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 2, 3, 4 และประตู ทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	94
5.2.15 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 2, 7, 8 และประตู ทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	95
5.2.16 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 2, 15, 16 และประตู ทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	96
5.2.17 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 2, 20, 21 และประตู ทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	97
5.2.18 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าไปยังห้องบันไดหนีไฟในกรณีที่เกิด มีการเปิดประตูหนีไฟ 4 ชั้น และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	98
5.2.19 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 2, 3, 4, 5 และประตู ทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	99

ภาพประกอบ	หน้า
5.2.20 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 3, 5, 7, 9 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	100
5.2.21 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 9, 10, 11, 12 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	101
5.2.22 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 10, 12, 14, 16 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	102
5.2.23 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 15, 17, 19, 21 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	103
5.2.24 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 18, 19, 20, 21 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	104
5.2.25 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าไปยังช่องบันไดหนีไฟในกรณีที่เกิดมีการเปิดประตูหนีไฟ 4 ชั้น และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	105
5.2.26 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1 ถึง 10 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	107
5.2.27 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	108
5.2.28 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 2, 3, 4, 5, 17, 18, 19, 20, 21 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	109
5.2.29 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 2, 3, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	110
5.2.30 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 9, 10, 11, 12, 13, 18, 19, 20, 21 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	111
5.2.31 แสดงผลต่างความดันในขณะที่มีการเปิดประตูหนีไฟที่ชั้น 1, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	112
5.2.32 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าไปยังช่องบันไดหนีไฟในกรณีที่เกิดมีการเปิดประตูหนีไฟ 10 ชั้น และประตูทางออกจากอาคารชั้นล่างสุดเปิด.....	113
5.2.33 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าไปยังช่องบันไดหนีไฟในหลาย ๆ กรณี.....	115