



การศึกษาวิเคราะห์หลักการออกแบบระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟ
EXPERIMENTAL STUDY ON THE PRINCIPLE IN DESIGN A SMOKE CONTROL SYSTEM

วัน เดือน ปี ๒๙ ก.ย. ๒๕๔๑
เลขทะเบียน ๐๓๘๐๙๘
เลขเรียกหนังสือ T ๓๔๑๑๔/๑ ๓๔๑

โดย

นาย เจตตสิทธิ สัตยงกูร 36014083
นาย ชูเกียรติ เจียรนสงทอง 36014120
นาย รุ่งเกียรติ อ่อนตา 36014353

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา ๒๕๓๙

038098

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาวิเคราะห์หลักการออกแบบระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟ
EXPERIMENTAL STUDY ON THE PRINCIPLE IN DESIGN A SMOKE CONTROL SYSTEM



โดย

นาย เจตตสิทธิ์ สิตยางกูร 36014083

นาย ชูเกียรติ เจียรแสงทอง 36014120

นาย รุ่งเกียรติ อ่อนตา 36014353

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2539

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

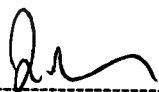
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่องการศึกษาวิเคราะห์หลักการออกแบบระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟ

จัดทำโดย

นาย เจตตสิทธิ์ สิตยางกูร

นาย ชูเกียรติ เจียรแสงทอง

นาย รุ่งเกียรติ อ่อนตา



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์)

การศึกษาวิเคราะห์หลักการออกแบบระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟ

จัดทำโดย

นาย เจตตสิทธิ์ สิตยางกูร

นาย ชูเกียรติ เจียรแสงทอง

นาย รุ่งเกียรติ อ่อนตา

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์

ปีการศึกษา 2539

บทคัดย่อ

ความปลอดภัยในการใช้งานอาคารสูงเป็นสิ่งที่ตระหนักกันมากในปัจจุบัน เพลิงไหม้ เป็นสิ่งที่คนส่วนใหญ่คำนึงถึงเป็นอย่างแรก สถิติที่ผ่านมาพบว่าผู้เสียชีวิตในเหตุการณ์เพลิงไหม้อาคารสูงมีสาเหตุมาจากควันไฟเป็นส่วนใหญ่ ระบบควบคุมควันจึงได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อปกป้องชีวิตของผู้ที่ใช้งานอาคารสูงและประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี

ระบบควบคุมควัน มีหน้าที่หลักในการป้องกันไม่ให้ควันแพร่กระจายไปในบริเวณอื่นนอกจากบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ หลักการที่ใช้ในการควบคุมจะใช้ผนัง พื้น และเพดานเป็นขอบเขตป้องกัน ควันร่วมกับการใช้การไหลของอากาศและความดันแตกต่างระหว่างขอบเขตป้องกันควัน ความดันแตกต่างที่ใช้จะต้องไม่สูงเกินไปจนทำให้ผู้ที่กำลังอพยพไม่สามารถเปิดประตูผ่านไปได้ และจะต้องไม่ต่ำเกินไปจนไม่สามารถป้องกันควันได้ ระบบควบคุมควันที่ใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ ระบบบันไดอัดความดันและระบบควบคุมควันแบบแบ่งเขต

ในโครงการนี้จะมีเนื้อหาเน้นในเรื่องการจำลองระบบบันไดอัดความดันเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศที่เข้าเข้ามาในท่อส่งลม กับจำนวนชั้นของอาคารสูงจากแบบจำลองแล้วเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจริง

EXPERIMENTAL STUDY ON THE PRINCIPLE IN DESIGN A SMOKE CONTROL SYSTEM

by

Mr. Jettasit Sittayangkoon

Mr. Chookiat Jiansaengthong

Mr. Rungkiat Onta

Advisor

Dr. Mongkol Mongkolvongroj

Academic Year 1996

Abstract

Safety for peoples's lives in high rise buildings has become a greatly concern nowadays. Fire is the most dangerous in risking people's safety. According to statistic show that most of sualties in the fire situation is caused by smoke. Therefore, smoke control system has been proved for the effectiveness.

The main purpose of smoke control system is to inhibit the flow of smoke from smoke zone into the adjacent zone. Smoke control uses barriers, such as wall , floors, door, etc. , inconjunction with airflows and pressure difference, so that the doors can be open while the smoke control system is operating. And also, it should not lower than the minimum value recommid to effectively prevent the smoke infilltration.

This project deal with simulation smoke control system in buildings to obtain the relationship between airflow rate with supply to duct and number of floors of building and compares with the experimental results.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทที่ 1. บทนำ	1.
บทที่ 2. หลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับระบบควบคุมควัน	3.
2.1 การเคลื่อนที่ของควันไฟ	4.
2.2 หลักการเบื้องต้นของระบบควบคุมควัน	6.
2.3 หลักการเบื้องต้นของระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟ	7.
บทที่ 3. การวิเคราะห์มิติและความคล้ายคลึง	36.
3.1 ความคล้ายคลึง	36.
3.2 การวิเคราะห์มิติ	37.
3.3 มิติของหน่วย	37.
3.4 ขั้นตอนการหากลุ่มตัวแปรไร้มิติ	37.
บทที่ 4. การสร้างแบบจำลองและอุปกรณ์การทดลอง	41.
บทที่ 5. การทดลองและผลการทดลอง	47.
5.1 การทดลองแบบจำลองระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟ	47.
5.2 ผลการทดลอง	47.
5.3 วิธีการคำนวณผลการทดลอง	51.
บทที่ 6. สรุปผลการทดลอง	69.
ภาคผนวก	
หนังสืออ้างอิง	
กิตติกรรมประกาศ	

บทที่ 1

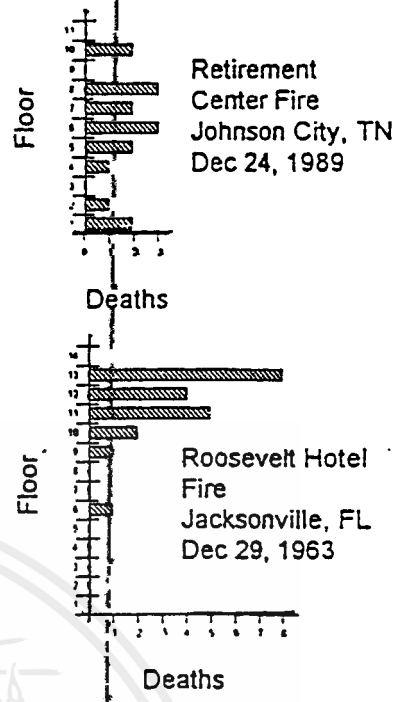
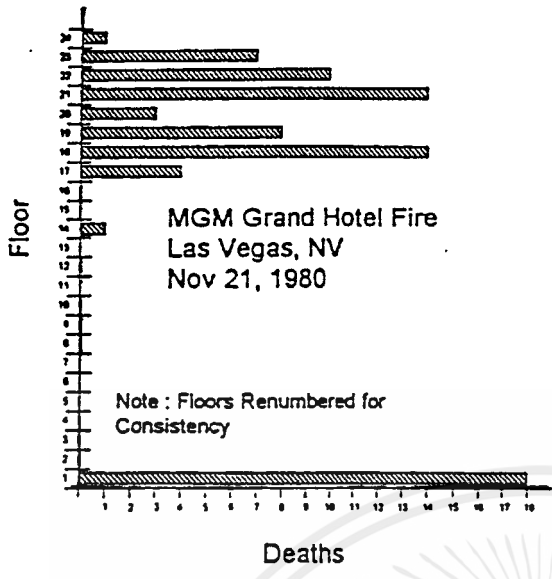
บทนำ

ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟ เป็นเพียงส่วนหนึ่งของระบบควบคุมควันไฟ ในอาคารสูงโดยเฉพาะในอาคารสูงที่มีผู้อยู่อาศัยหนาแน่น สถาปนิกและวิศวกรผู้ออกแบบอาคารต้องคำนึงถึงวิธีการที่จะสามารถลำเลียงคนจำนวนมาก ให้สามารถหนีออกจากอาคาร ได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัยในขณะเกิดเพลิงไหม้ นอกจากนั้นแล้วยังต้องคำนึงถึง วิธีการที่พนักงานดับเพลิงจะสามารถขึ้นไปดับเพลิงในชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และปลอดภัยอีกด้วย

การออกแบบระบบควบคุมควันไฟที่สมบูรณ์จะช่วยให้ผู้อยู่อาศัยในอาคารมีเวลามากขึ้นในการหนีไฟและปลอดภัยจากการสัมผัสควันไฟตลอดจนสามารถหนีออกมาจากอาคารได้ในที่สุดระบบควบคุมควันไฟที่ดียังจะทำให้ควันไฟไม่สามารถเล็ดลอดจากชั้นของอาคารที่กำลังเกิดเพลิงไหม้ไปยังชั้นอื่นๆหรือบริเวณอื่นๆของอาคารได้ ทำให้บริเวณอื่นๆปลอดภัยจากควันไฟ อย่างน้อยก็ชั่วขณะซึ่งอาจช่วยรักษาชีวิตและลดการบาดเจ็บของผู้อยู่อาศัยได้เป็นจำนวนมาก

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีได้กล่าวถึงระบบควบคุมควันไฟ ทั้งหมด แต่จะเน้นเฉพาะหลักการออกแบบระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟ และโถงหน้าบันไดหนีไฟ หรือโถงหน้าลิฟต์ดับเพลิงเท่านั้น อย่างไรก็ตามหลักการที่จะกล่าวถึงต่อไป สามารถนำไปใช้ประยุกต์ได้กับระบบควบคุมควันที่สมบูรณ์ต่อไปได้โดยไม่ยาก ก่อนที่เราจะพูดถึงวิธีการออกแบบโถงอัดอากาศบันไดหนีไฟที่ถูกต้อง เราคงต้องมาดูก่อนกันว่า ควันไฟนั้นสามารถแผ่กระจายได้รวดเร็วเพียงใด จากนั้นจึงจะไปดูว่า ข้อควรคำนึงในการออกแบบระบบมีอะไรบ้าง กลไกที่เป็นตัวกำหนดทิศทางและอัตราการแพร่กระจายของควันมีอะไรบ้าง และมีลักษณะอย่างไรจากนั้นจึงจะไปดูวิธีการควบคุมควัน และการออกแบบโถงอัดอากาศบันไดหนีไฟต่อไป

การออกแบบระบบควบคุมควันนั้น ไม่มีระบบควบคุมไฟใดที่ทำงานได้อย่างสมบูรณ์ และให้ความเชื่อมั่นได้เต็มร้อยเปอร์เซ็นต์ การมีระบบควบคุมควัน ดีกว่าการไม่มีระบบควบคุมควันอย่างแน่นอน แต่ระบบควบคุมควันที่ออกแบบนั้นคงจะไม่สามารถรักษาชีวิตไว้ได้ทั้งหมด ไม่มากก็น้อยจะต้องมีความสูญเสียเกิดขึ้นบ้าง ข้อมูลและวิธีการที่จะกล่าวถึงต่อไป เป็นเพียงหลักการและวิธีการที่คิดว่าดีที่สุดที่มี แต่คงไม่สามารถนำไปใช้กล่าวอ้างได้ว่า ถ้าออกแบบตามนี้แล้วจะไม่มีการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินเลย นอกจากนั้นแล้วเรื่องบางเรื่องยังต้องรอ ผลสรุปจากการวิจัยอีกเป็นจำนวนมาก ขอให้ผู้อ่านนำข้อมูลที่ได้รับนี้ไปใช้ด้วยความระมัดระวัง

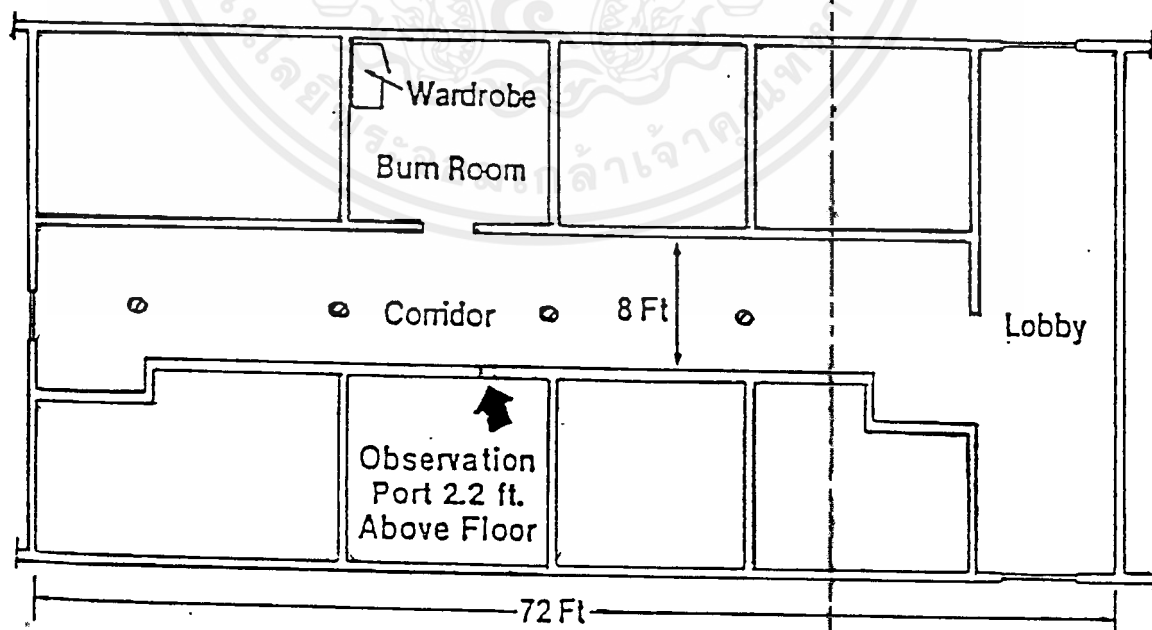


รูปที่ 1.1 แสดงจำนวนผู้เสียชีวิตที่ชั้นต่างๆของอาคารที่เกิดเพลิงไหม้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับระบบควบคุมควัน

ในขณะที่เกิดเพลิงไหม้ เพลิงจะลุกลามอย่างรวดเร็วและจะเกิดควันจำนวนมากแผ่กระจายจากบริเวณต้นเพลิงไปสู่บริเวณอื่นๆอย่างรวดเร็ว อย่างที่เราเองอาจคิดไม่ถึง ซึ่งได้มีการทดลองเพื่อดูว่าไฟและควันไฟสามารถลามได้เร็วเพียงใด จากรูปที่ 2.1 ซึ่งแสดงถึงแผนผังของสถานที่ใช้ในการทดสอบ การทดสอบเริ่มโดยการจุดไฟขึ้นให้ลุกไหม้เสื้อผ้าในตู้เสื้อผ้า (Wardrobe) ขึ้นที่ เวลา $t=0$ ผลการทดสอบพบว่า ภายในเวลาเพียง 2 นาที ไฟได้ลุกลามตัวทั้งหมด และเกิดควันไฟลามออกมาปกคลุมทางเดิน (Corridor) และห้องโถงพักคอย (Lobby) ทั้งหมด ควันที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเพียง 2 นาทีนี้ ปกคลุมบริเวณทั้งหมดและมีความหนาจากเพดาน ปกคลุมลงมาถึงระดับ ประมาณ 1.2 เมตร เนื้อพื้นห้องจะเห็นได้ว่า กว่าที่เราจะรู้ตัว เราก็จะพบควันไฟเป็นจำนวนมาก แผ่กระจายอยู่เต็มบริเวณแล้ว โอกาสที่จะหนีออกจากอาคาร แทบจะไม่มีเลย ในอาคารสูง ควันจำนวนมากมักจะไหลเข้าไปติดอยู่ในโถงบันไดและช่องลิฟท์ ถ้าไม่มีระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟก็จะไม่มีทางหนีออกจากอาคารได้เลย และคนเป็นจำนวนมาก อาจต้องเสียชีวิตจากการสำลักควัน วิธีแก้ไขคือต้องทำให้เกิดการระบายควันออกจากโถงทางเดินที่จะนำไปสู่บันไดหนีไฟและสร้างเกราะป้องกันควันไม่ให้วิ่งสวนเข้าไปในโถงบันไดหนีไฟได้



รูปที่ 2.1 แผนผังของสถานที่ที่ใช้ทดสอบ

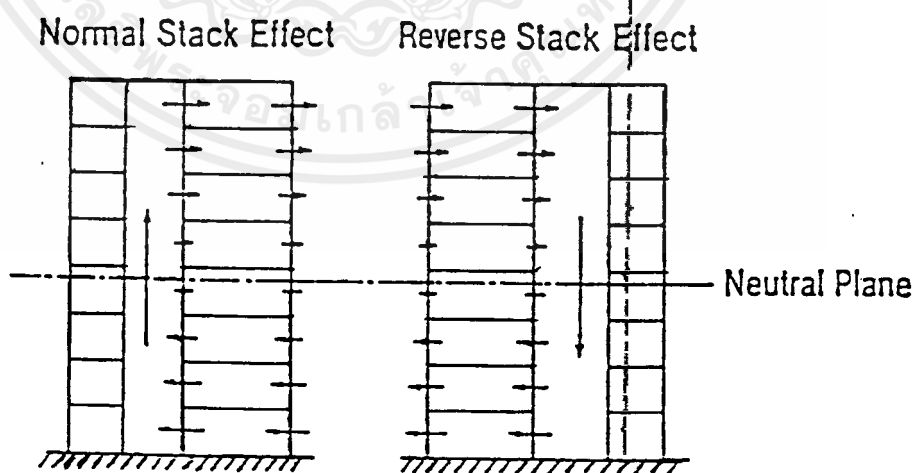
2.1 การเคลื่อนที่ของควันไฟ

ในขณะที่เกิดเพลิงไหม้ในอาคาร ควันไฟจะเคลื่อนตัวไปตามส่วนต่างๆ ของอาคารอย่างรวดเร็ว การเคลื่อนที่นี้เกิดจากกลไกธรรมชาติ 5 ประการ คือ

1. Stack Effect
2. Buoyancy
3. Expansion
4. ลม
5. ระบบปรับอากาศและระบายอากาศของอาคาร

ในการควบคุมควัน เราจะต้องออกแบบระบบให้สามารถเอาชนะแรงธรรมชาติทั้ง 5 ประการข้างต้นได้

Stack effect จะมีผลทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของควันขึ้นหรือลงในปล่องลิฟท์ โถงบันได และช่องท่อดังๆ ซึ่งในเมืองหนาวนั้น Stack effect จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศในอาคาร ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ด้านซ้ายมือ (Normal Stack Effect) ส่วนในเมืองร้อนนั้น Stack Effect จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในลักษณะตรงกันข้าม (Reverse Stack effect) โดยในเมืองหนาวนั้นเวลาที่เกิดเพลิงไหม้ในอาคารชั้นล่างๆ Stack effect จะพาควันขึ้นไปตามช่อง Shaft และกระจายเข้าสู่บริเวณชั้นบนของอาคารได้อย่างรวดเร็ว ส่วนในเมืองร้อน Stack effect จะสามารถพาควันจากชั้นบน ลงมาชั้นล่าง



Note: Arrows Indicate Direction of Air Movement

Buoyancy คือการที่ควันลอยตัวขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ความหนาแน่นลดลง ผลของ Buoyancy ทำให้เกิดแรงดันควันในทิศทางไหลขึ้นทำให้ควันวิ่งขึ้นไปสู่ชั้นที่เหนือขึ้นไปจากชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ อิทธิพลของ Buoyancy นี้จะลดลงเมื่อควันลอยตัวห่างออกไปจากจุดกำเนิดมากขึ้นเรื่อยๆ เพราะอุณหภูมิของควันไฟจะต่ำลง

Expansion คือการขยายตัวของอากาศ ในขณะที่เกิดเพลิงไหม้ อุณหภูมิของอากาศจะสูงมาก และเกิดการขยายตัวหลายเท่า ผลที่ตามมาคือ ในขณะที่เกิดเพลิงไหม้ อากาศเย็นจำนวนเพียงเล็กน้อยจะถูกเปลี่ยนเป็นควันจำนวนมาก โดยทั่วไปควันที่ไหลออกมาจากแหล่งกำเนิดจะมีปริมาตรเกินกว่า 3 เท่าของปริมาตรอากาศเย็นที่ไหลเข้าไปแทนที่โดยการขยายตัวของอากาศเป็นไปตามความสัมพันธ์ของสัดส่วนระหว่างอัตราการไหลกับสัดส่วนระหว่างอุณหภูมิ ดังนี้

$$\frac{Q_{out}}{Q_{in}} = \frac{T_{out}}{T_{in}}$$

Q_{out} = อัตราการไหลของควันไฟที่ออกจากห้อง , CFM

Q_{in} = อัตราการไหลของอากาศที่เข้าไปในห้องที่เกิดเพลิงไหม้ , CFM

T_{out} = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของควันไฟที่ออกจากห้อง , องศา R (K)

T_{in} = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศที่เข้าไปในห้องที่เกิดเพลิงไหม้ , องศา R (K)

ลม จะมีผลทำให้เกิด Infiltration ทางด้านที่ลมปะทะอาคาร และทำให้เกิด Exfiltration ทางด้านหลบลม Infiltration และ Exfiltration นี้จะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของควันไฟในอาคาร อาคารที่มีผนังแน่นอิทธิพลของลมจะมีไม่มากนัก แต่โดยทั่วไปเวลาเกิดเพลิงไหม้ กระแสของอากาศในชั้นนั้นๆ มักจะแตกออก ด้วยสาเหตุต่างๆ กัน ถ้าการแตกของกระแสเกิดทางด้านหลบลม จะทำให้มีผลดีต่อการระบายควันออกจากอาคาร ซึ่งลมจะมีผลกระทบต่อการเคลื่อนที่ของควันภายในอาคารตามความสัมพันธ์ ดังนี้

$$P_w = \frac{1}{2} C_w \rho_o V^2$$

P_w = ความดันของลมในหน่วยนิ้วน้ำ (Pa)

C_w = สัมประสิทธิ์ความดันไร้มิติ

ρ_o = ความหนาแน่นอากาศภายนอกในหน่วย lb/ft³ (Kg/m³)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร V ที่ 1 ความเร็วของลมในหน่วย mph (m/s) เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ Standard Air : ความหนาแน่นของอากาศเท่ากับ 1.23 Kg/m^3
 ดังนั้นจะได้

$$P_w = C_w K_w V^2$$

$$K_w = \text{สัมประสิทธิ์ค่าคงที่เท่ากับ } 0.0375 \text{ lb/ft}^3 \text{ (} 0.6 \text{ Kg/m}^3 \text{)}$$

ระบบปรับอากาศของอาคาร เป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่ทำให้ควันทะลุกระจาย โดยในขณะที่เริ่มเกิดเพลิงไหม้ นั้น ระบบปรับอากาศจะช่วยให้เราได้กลิ่นควันไฟเร็วขึ้น แต่หลังจาก นั้นแล้วเราควรที่จะปิดระบบปรับอากาศ โดยปกติในอาคารขนาดใหญ่ ระบบเตือนอัคคีภัย จะส่งสัญญาณมาปิดเครื่องปรับอากาศ แต่อย่างไรก็ตาม ในระบบควบคุมควันไฟบางระบบ มีการใช้เครื่องปรับอากาศให้เป็นประโยชน์ต่อการควบคุมควันก็มี

2.2 หลักการเบื้องต้นของระบบควบคุมควัน

การควบคุมควัน คือการ ใช้พัดลม สร้างความดันแตกต่าง หรือสร้างความเร็วลม เพื่อเอาชนะแรงธรรมชาติ ทั้ง 5 ประการ ที่กล่าวถึงในหัวข้อที่ผ่านมา แรงลมจากพัดลมดังกล่าว จะต้องแรงพอที่จะสร้างเกราะป้องกันควัน หรือพอที่จะบังคับการเคลื่อนที่ของควัน ให้ไหลไปในทิศทางที่ต้องการได้ การออกแบบระบบป้องกันควันที่ดีผู้ออกแบบต้องคำนึงถึง

- แรงธรรมชาติทั้ง 5 ประการที่กล่าวถึง
- พื้นที่ของรอยรั่วที่อากาศจะไหลไปตามส่วนต่างๆ ของอาคารได้
- ชนิดและลักษณะของการอยู่อาศัยในอาคาร
- แผนการหนีไฟ (ถ้ามี)
- บริเวณปลอดควันไฟสำหรับหลบภัย (ถ้ามี)
- ความหนาแน่น และลักษณะการกระจายของผู้อยู่อาศัย
- ความต้องการเครื่องช่วยชีวิตอื่น ๆ เป็นพิเศษ (เช่นในกรณีโรงพยาบาล)
- รูปแบบของระบบตรวจจับและเตือนอัคคีภัย
- ลักษณะการตอบสนองของพนักงานดับเพลิงในเวลาเกิดเพลิงไหม้
- ลักษณะการของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดับไฟของอาคาร ในแต่ละส่วน
- ชนิดของระบบปรับอากาศ และระบายอากาศของอาคาร
- ระบบควบคุมการใช้พลังงาน
- ระบบรักษาความปลอดภัย
- ระบบควบคุมอื่นๆ
- ลักษณะของการเปิดปิดประตูในบริเวณต่างๆ ของอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

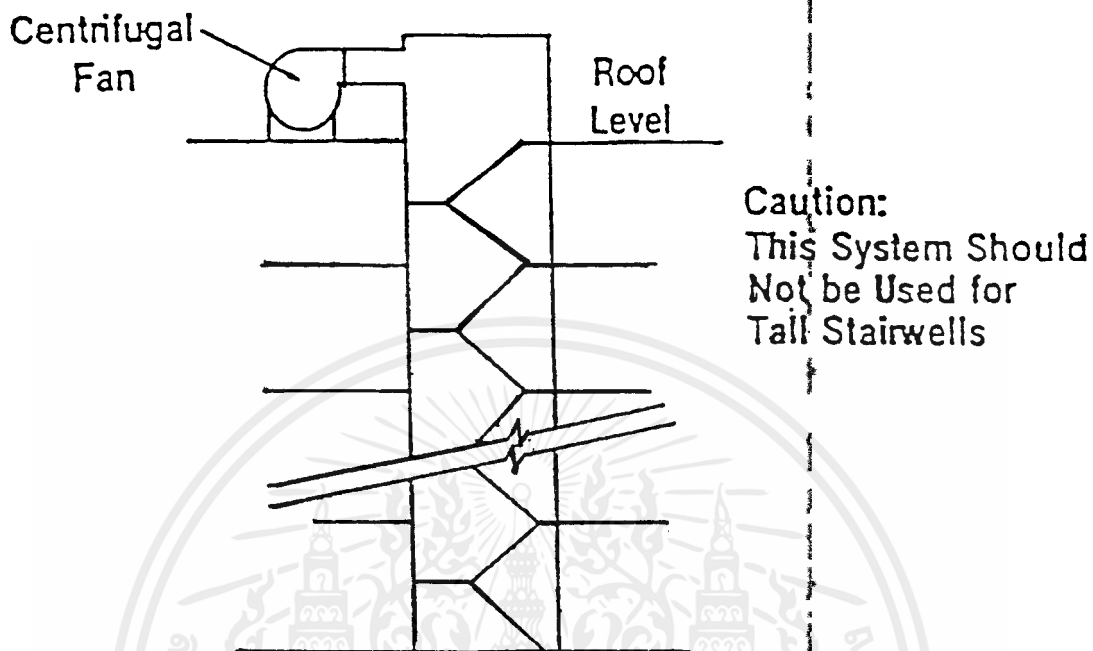
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความหวาดกลัวต่อกรณีเพลิงไหม้ของผู้อยู่อาศัย
- การจัดแบ่งบริเวณ และลักษณะทางสถาปัตยกรรม
- ลักษณะพิเศษต่างๆ ของอาคาร

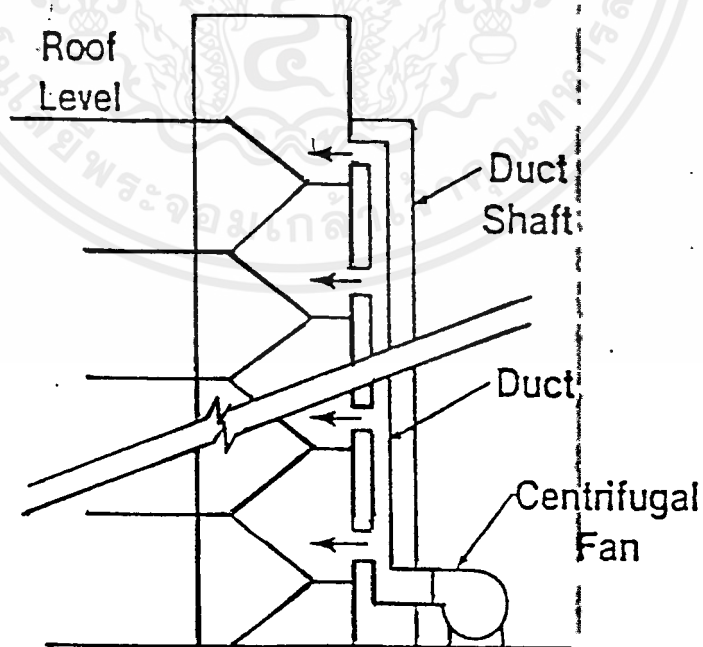
เมื่อพิจารณารายละเอียดต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น จึงจะทราบได้ว่า อะไรเป็นข้อจำกัด และเป็นอุปสรรคในการออกแบบ จากนั้นจึงนำเอาสิ่งต่างๆ เหล่านี้มาประมวลเกิดเป็นเกณฑ์ในการออกแบบขึ้น การออกแบบระบบควบคุมควันและโถงอัดอากาศบันไดหนีไฟ ควรมีการพิจารณาถึงข้อควรระวังต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นทุกครั้ง

2.3 หลักการเบื้องต้นของระบบอัดอากาศช่องบันไดหนีไฟ

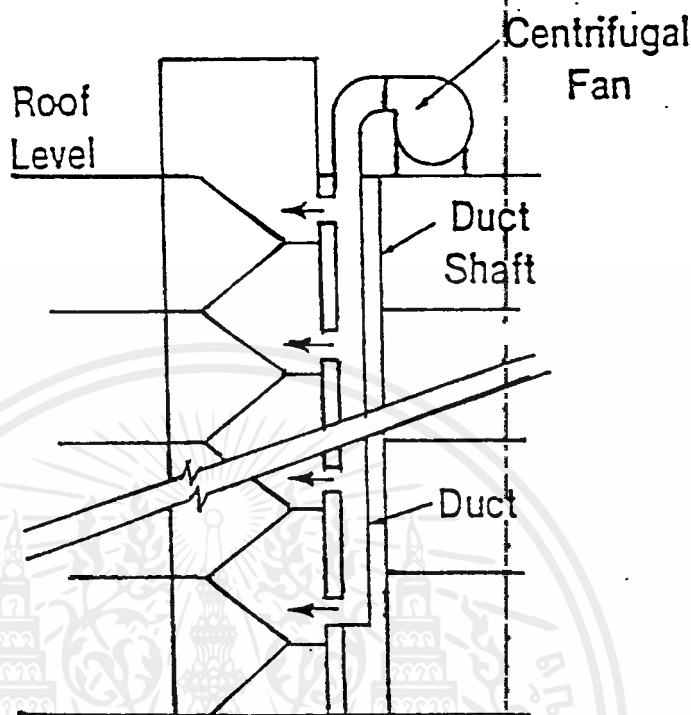
รูปที่ 2.3, 2.4 และ 2.5 แสดงหลักการทำงานของระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟ ระบบอัดอากาศประกอบด้วย โถงบันได พัดลมอัดอากาศ ช่องอัดอากาศ และประตูกันไฟ ประตูกันไฟนี้จะต่อเชื่อมโถงบันไดเข้ากับชั้นต่างๆ ของอาคารทุกชั้น โดยปกติประตูจะเปิดได้ด้านเดียว คือเปิดเข้าสู่โถงบันไดเท่านั้น ยกเว้นชั้นบนและชั้นล่างหรือชั้นที่กำหนด โดยปกติประตูชั้นล่าง ของโถงบันได ควรต่อเชื่อมกับทางเข้าออกจากอาคารที่สะดวก เพื่อให้คนหนีออกจากอาคารได้ง่าย หรือเพื่อให้พนักงานดับเพลิงเข้าถึงได้ง่าย ซึ่งมักพบว่าสถาปนิก มักไม่ค่อยให้ความสนใจในประเด็นนี้ ส่วนมาก มักมีแต่โถงบันได แต่ไม่มีทางเข้า-ออก การอัดอากาศจะอัดเข้ามาในโถงบันไดเลยโดยตรง หรืออัดผ่านช่องลม หรือท่อลมก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งเป็นระบบขนาดเล็ก เหมาะสำหรับอาคารที่มีความสูงไม่เกิน 8 ชั้น การจ่ายลมเป็นแบบจุดเดียว (Single Injection) อากาศถูกอัดเข้ามาภายในโถงบันไดเลยโดยตรง ไม่ผ่านท่อลม ระบบแบบนี้จะไม่สามารถทำงานได้ดี ถ้าประตูชั้นบน ๆ ใกล้กับจุดจ่ายลมเปิดออก ถ้าเป็นไปได้ อาคารสูงทุกหลังควรมีระบบการจ่ายลมแบบหลายจุด (Multiple Injection) การอัดลมโดยอัดผ่านช่องลม หรือท่อลมก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 และ 2.5 ส่วนพัดลมนั้นจะทำการติดตั้ง อยู่ที่ชั้นใดก็ได้ แต่ต้องระวังอย่าให้ช่องลมดูดของพัดลมอยู่ใกล้กับบริเวณที่อาจมีควันเวลาเกิดเพลิงไหม้ ถ้าเป็นไปได้พัดลมควรตั้งอยู่ที่ชั้นล่าง เพราะควันมีแนวโน้มที่จะลอยขึ้น แต่ถ้าจำเป็นต้องติดตั้งพัดลมที่ชั้นดาดฟ้า ต้องระวังอย่าให้ ช่องดูดลมอยู่ใกล้กับ ช่อง Exhaust, ช่องเปิดจาก Smoke Shaft, Roof Smoke และ Heat Vent ช่องเปิดของปล่องลิฟท์ หรือช่อง อื่นใดที่อาจมีควันไฟเล็ดลอดออกมาในขณะที่เกิดเพลิงไหม้



รูปที่ 2.3 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟของอาคารขนาดเล็ก

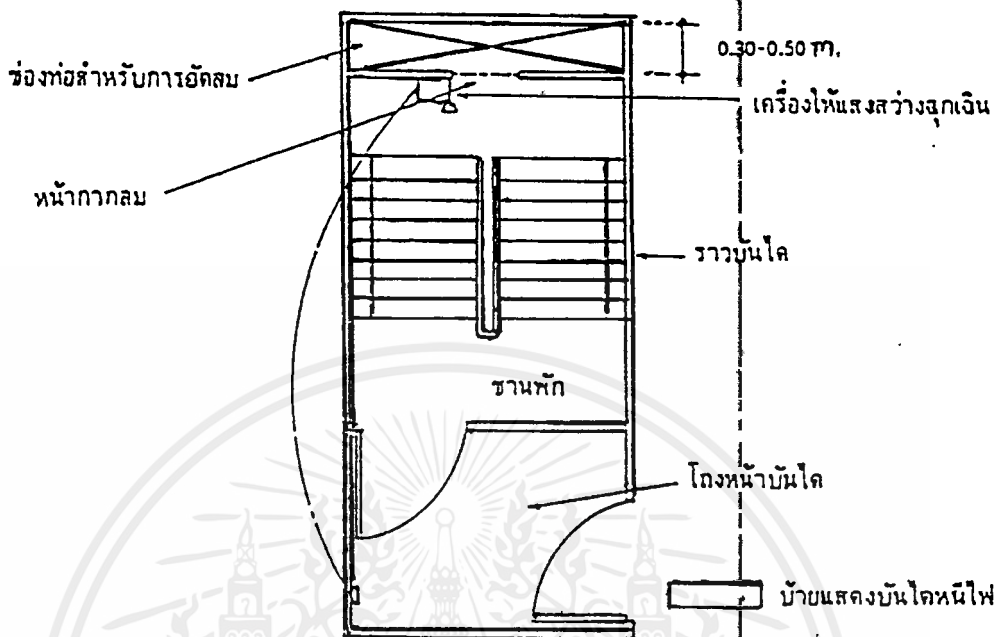


รูปที่ 2.4 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟแบบจ่ายลมหลายจุด พัดอยู่ด้านล่าง



รูปที่ 2.5 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟ แบบจ่ายลมหลายจุด พัดลมอยู่ด้านบน

ในระบบแบบ Multiple Injection นิยมออกแบบให้มีหัวจ่ายลม หนึ่งหัวที่ทุกชั้น แต่ในบางครั้งคิดว่าไม่จำเป็น และใช้หัวจ่ายหัวเดียว สำหรับ 3 ชั้น หรือมากกว่า ขนาดของช่องอัดลมนั้น ส่วนมากจะนิยมให้มีความกว้างเท่ากับกับความกว้างของโถงบันได และมีความหนาประมาณ 50 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ความจริงแล้วขนาดของช่องอัดลมนั้น จะเป็นเท่าใดก็ได้ มิได้มีมาตรฐานใด ๆ เป็นตัวกำหนด ช่องอัดลมนี้ก็เหมือนกันกับท่อลมธรรมดาอันหนึ่ง ที่ส่งลมมาจ่ายให้แก่หัวจ่ายตามชั้นต่าง ๆ ของโถงบันได ช่องท่อลมนี้นี้ โดยปกติ ไม่ควรออกแบบให้เล็กเกินไป ขนาดของท่อควรใกล้เคียงกับขนาดของท่อลมส่งของท่อลมความดันต่ำทั่วไป หรือใหญ่กว่า



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างบันไดหนีไฟภายในอาคารที่มีระบบอัดอากาศภายในบันได

ข้อควรระวังในการออกแบบท่อส่งลม คือ

- ความเสียดทานของท่อลมนี้มักจะสูงมากเนื่องจากผนังเป็นผิวคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือกำแพงอิฐมวลเบาที่ไม่ได้ฉาบผิวภายใน (ปัญหานี้อาจแก้ได้โดยการกรุผิวภายในช่องด้วยสังกะสี)
- ปริมาณลมที่ต้นทางจะสูงมาก ทำให้เกิดความดันตกสูงมากบริเวณต้นท่อ
- มักมีการหักมุมจากจากท่อลมจ่ายของพัดลม ตอนอัดเข้าช่องท่อ ทำให้เกิดความดันตกสูงมาก

- การเจาะท่อลมเข้าสู่ปล่องอัดลม บ่อยครั้งจะต้องมีการเจาะผ่านกำแพง คอนกรีตเสริมเหล็กของอาคาร บ่อยครั้งที่ผู้ติดตั้ง มิได้ทำให้ถูกต้อง ไม่มีการใส่ปลอกเหล็ก เว้นช่องให้ท่อลมผ่านเอาไว้ ทำให้ลมต้องไหลผ่านตะแกรงของเหล็กโครงสร้างจะทำให้ เกิดความดันตกสูงมาก

หลักการทำงานของระบบคือ เมื่อสัญญาณเตือนอัคคีภัยทำงาน พัดลมจะต้องอัดอากาศผ่านช่องท่อลม เข้ามาในโถงบันได ความดันภายในโถงบันได จะมีค่าสูงขึ้น และจะต้องสูงกว่าความดันของอากาศภายนอกโถงบันไดโดย

$$\Delta P = \text{ความดันในโถงบันได} - \text{ความดันนอกโถงบันได}$$

การอัดอากาศ จะทำให้เกิด ΔP ขึ้นโดย ΔP ที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นตัวป้องกันควันไฟ มิให้เล็ดลอดจากภายนอกเข้าสู่โถงบันไดได้ จุดที่ควันไฟจะเล็ดลอดเข้าไปในโถงบันไดนั้นก็คือตามรูรั่วเล็ก ๆ ตรงขอบประตูของโถงบันไดนั่นเอง ถ้าเราทำให้เกิด ΔP จำนวนหนึ่ง เราจะทำให้มีลมเล็ดลอดออกจากโถงบันได ผ่านรอยรั่วตรงขอบประตู และไล่ควันไม่ให้เล็ดลอดเข้ามาได้ โดยที่ ΔP ยิ่งสูงขึ้นเท่าใดก็ยิ่งกันควันได้ดีขึ้นเท่านั้น ปัญหาไม่ได้ ง่ายลงง่าย ๆ แต่เพียงเท่านี้ ถ้า ΔP มีค่าสูงเกินค่าหนึ่ง คนที่กำลังหนีไฟโดยเฉพาะผู้หญิง เด็กและคนชราจะไม่สามารถเปิดประตูเข้าไปสู่โถงบันไดได้ เพราะภายในมีแรงดันสูงเกินไป ถึงตรงนี้เรามีคำถามที่ต้องตอบสองข้อคือ

- ΔP ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าเท่าใด ควันจึงจะไม่เข้าโถงบันได (ในขณะที่ประตูปิด)
- ΔP มีค่าสูงสุดได้ไม่เกินเท่าใด คนจึงจะยังสามารถเปิดประตูได้

ตารางที่ 2.1 และ 2.2 จะตอบคำถามทั้งสองข้อ

ตารางที่ 2.1 แสดงค่า ΔP ต่ำสุดเพื่อป้องกันควัน ในขณะที่ประตูปิด ($\Delta P_{\min}$)

ชนิดของระบบดับเพลิงในบริเวณโถงหน้าบันไดหนีไฟ	ความสูงของเพดาน (m)	ΔP ต่ำสุด INWG (Pa)
มี Sprinkler	เท่าใดก็ได้	0.05 (12.4)
ไม่มี Sprinkler	2.7	0.10 (24.9)
ไม่มี Sprinkler	4.6	0.14 (34.8)
ไม่มี Sprinkler	6.6	0.18 (44.3)

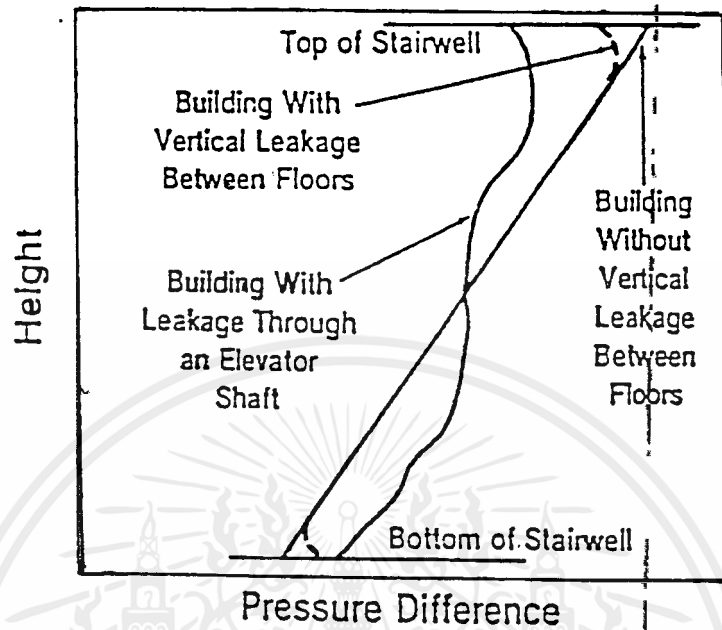
ตารางที่ 2.2 แสดงค่า ΔP สูงสุดเป็น INWG (Pa) เพื่อให้คนเปิดประตูได้โดยใช้แรงดันในการเปิดประตูไม่เกิน 30 lb (133 N) ตรงลูกบิด ($\Delta P_{\max}$)

แรงดันของ Door Closer (lbs) (N)	Door Width (Inch)				
	32	36	40	44	56
6 (26.7)	0.45	0.40	0.37	0.34	0.31
8 (35.6)	0.41	0.37	0.34	0.31	0.28
10 (44.5)	0.37	0.34	0.30	0.28	0.26
12 (53.4)	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23
14 (62.3)	0.30	0.27	0.24	0.22	0.21

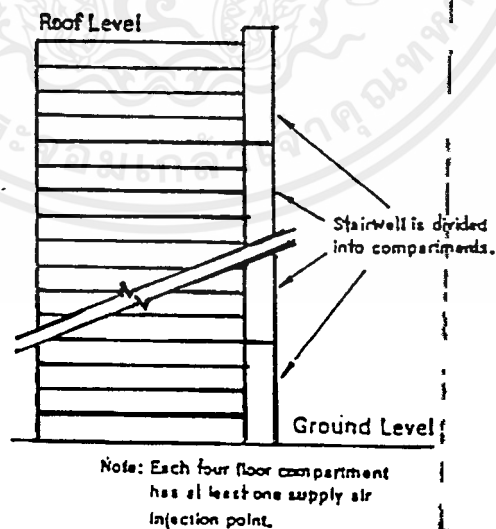
ตารางที่ 2.1 และ 2.2 บอกให้เราทราบว่า ในขณะที่ประตูปิดนั้น ΔP ในโถงบันไดทุกชั้น ควร มีค่าอยู่ในช่วงใด สาเหตุที่ต้องย่ำค้ำว่า ทุกชั้นนั้น ก็เพราะในขณะที่ระบบทำงาน ΔP ที่คล่อมประตูแต่ละบาน จะมีค่าไม่เท่ากัน ΔP จะแปรเปลี่ยนไปตามความสูงของอาคาร รูปที่ 2.7 แสดงให้เห็นถึง ΔP ที่แปรเปลี่ยนไปตามความสูงของอาคาร ในอาคารที่สูงมาก ๆ การออกแบบอาจพบปัญหาที่ว่า เมื่อเราพยายามทำให้ชั้นล่างมี ΔP สูงพอ เราจะพบว่า ΔP ที่ชั้นบนอาจมีค่ามากเกินไปจนเปิดประตูไม่ออก ในกรณีเช่นนี้เราต้องใช้วิธีแบ่งโถงบันได ตามความสูงออกเป็น ส่วน ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.8

การออกแบบโถงอัดอากาศบันไดหนีไฟ ในกรณีที่ประตูปิด จริงๆแล้ว ก็คือการเลือกพัดลมอัดอากาศตัวหนึ่ง ซึ่งเมื่อพัดลมทำงานแล้ว จะทำให้เกิดความดันตกคร่อมที่ชั้นต่าง ๆ มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดนั่นเอง คือ อยู่ระหว่างค่าของ $\Delta P_{\min}$ กับ $\Delta P_{\max}$

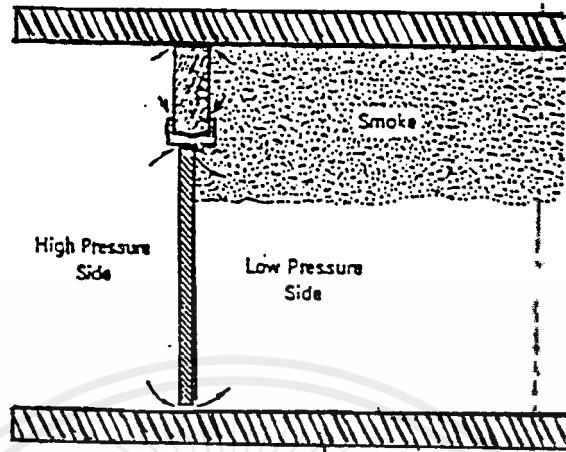
การกำหนด CFM ของพัดลม ต้องคำนวณปริมาณอากาศที่รั่วซึมผ่านประตูทุกบาน การกำหนด Static Pressure ของพัดลมที่ CFM ที่ต้องการ ทำได้โดยการ คำนวณความดันตกที่เกิดขึ้นในระบบท่อลมทั้งหมด แล้วนำไปรวมกับ Static Head ที่เกิดขึ้นในโถงบันได



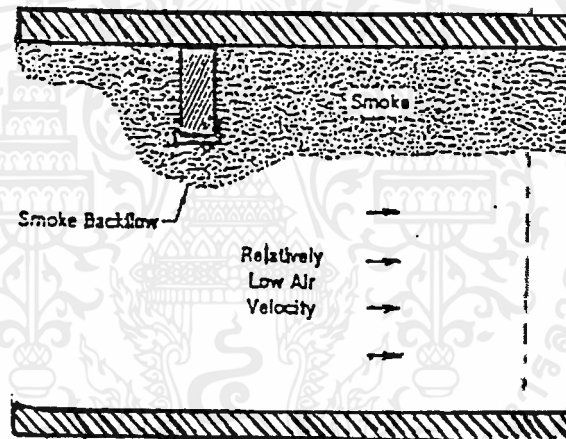
รูปที่ 2.7 ΔP ของโถงอัดอากาศบันไดหนีไฟของอาคาร 3 หลังที่มีลักษณะการรั่วซึมต่างกัน



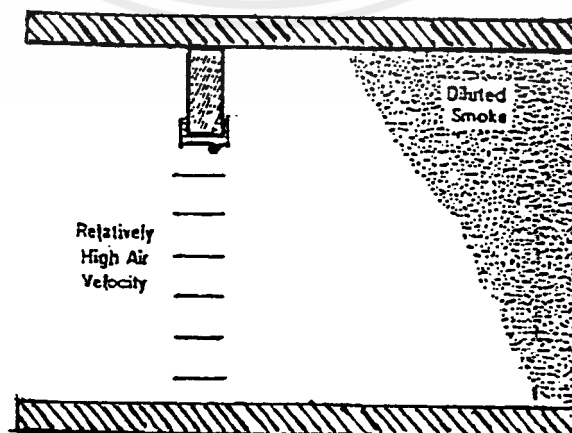
รูปที่ 2.8 การแบ่งโถงอัดอากาศออกเป็นส่วนย่อย ๆ (Compartmentation)



รูปที่ 2.9 ประตูปิดแต่มี P สูงพอ



รูปที่ 2.10 ประตูเปิดแต่ความเร็วลมต่ำกว่า V_k



รูปที่ 2.11 ประตูเปิดแต่ความเร็วลมสูงกว่า V_k

2.3.1 การอัดอากาศในขณะที่ประตูปิด

โรงอัดอากาศบันไดหนีไฟ ที่ได้รับการออกแบบมาให้มีความดัน ตามที่กำหนดในขณะที่ประตูปิดนั้นไม่สามารถป้องกันควันที่ไหลสวนลม เข้าไปในโถงบันไดในขณะที่ประตูเปิดได้ เพราะจะมีปริมาณลมไม่เพียงพอ

รูปที่ 2.9 , 2.10 และ 2.11 แสดงให้เห็นถึงการป้องกันควันไม่ให้เล็ดลอดเข้าสู่โถงบันได ด้วย ΔP และความเร็วลม ในรูปที่ 2.9 ในขณะที่ประตูปิด ถ้ามี ΔP เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 2.1 ควันจะไม่ลอดประตูเข้ามา ในรูปที่ 2.10 ในขณะที่ประตูเปิด ถ้าความเร็วลมมีค่าสูงไม่พอ ควันจะวิ่งสวนลม (Smoke Back Flow) ลอดประตูเข้ามาในโถงบันไดได้ ในรูปที่ 2.11 ในขณะที่ประตูเปิด และลมที่มีความเร็วสูงพอควันจะไม่สามารถวิ่งสวนลมเข้ามาได้ โดยความเร็วลมที่ต่ำสุดที่ควันจะไม่วิ่งสวนลมเข้ามาได้นี้เรียกว่า Critical Air Velocity (V_k) โดยแสดงอยู่ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 Critical Air Velocity เพื่อป้องกัน Smoke Back Flow (V_k)

กรณี	V_k (fpm)
มี Sprinkler บริเวณหน้าประตู	50 - 250
ไม่มี Sprinkler และมีความร้อนปล่อยออกมาในบริเวณหน้าประตูไม่มากนัก	300
ไม่มี Sprinkler และมีความร้อนปล่อยออกมาในบริเวณประตูมาก	800

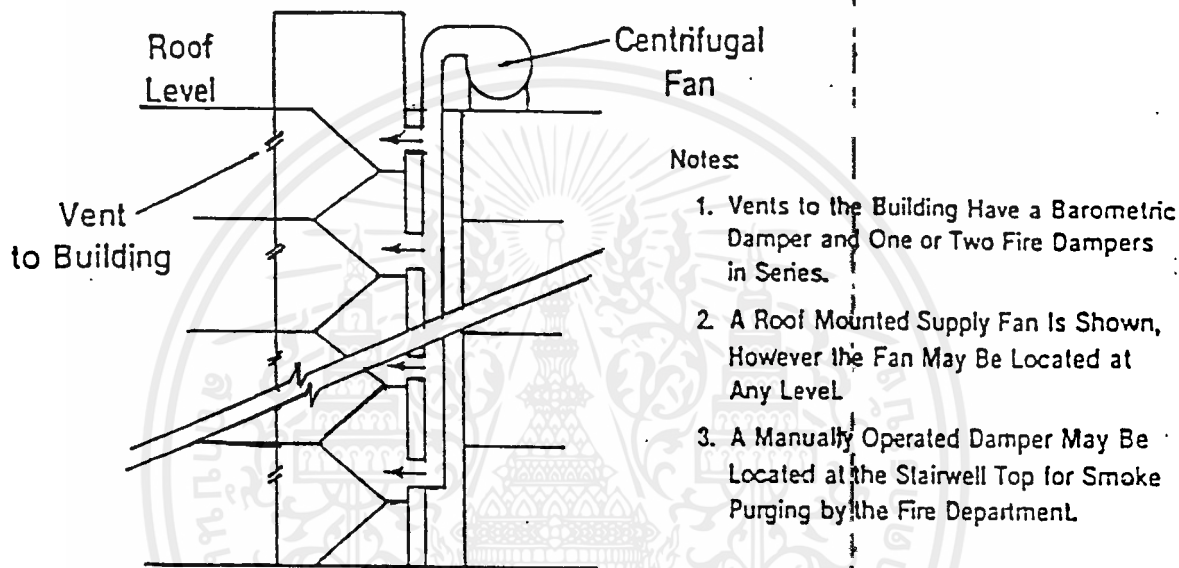
การออกแบบระบบอัดอากาศโถงบันไดหนีไฟ ในขณะ ที่ ประตูปิด กับในขณะ ที่ ประตูเปิดจะไม่เหมือนกัน โดยการออกแบบในขณะประตูเปิดนั้นจะต้องตรวจสอบดูว่า ความเร็วลม ที่ประตูทุกบานที่อาจจะเปิดพร้อมๆ กันได้ ต้องมีค่าเกิน V_k ทุกบาน และการวิเคราะห์ต้องอาศัยคอมพิวเตอร์โปรแกรม ที่สามารถทำการวิเคราะห์ดังกล่าวข้างต้นได้ ซึ่งจะได้กล่าวต่อไปในภายหลัง

การออกแบบระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟ ที่สามารถใช้ป้องกันควันในขณะที่ประตูเปิดนั้น จะต้องการพัดลมตัวใหญ่กว่าในกรณีประตูปิดมาก ถ้าเราใช้พัดลมตัวใหญ่ที่ออกแบบไว้สำหรับกรณีที่ประตูเปิดให้ทำงานในขณะที่ยังคงปิดอยู่ทั้งหมด สิ่งที่จะเกิดขึ้นก็คือ ΔP ที่เกิดขึ้นจะสูงเกิน

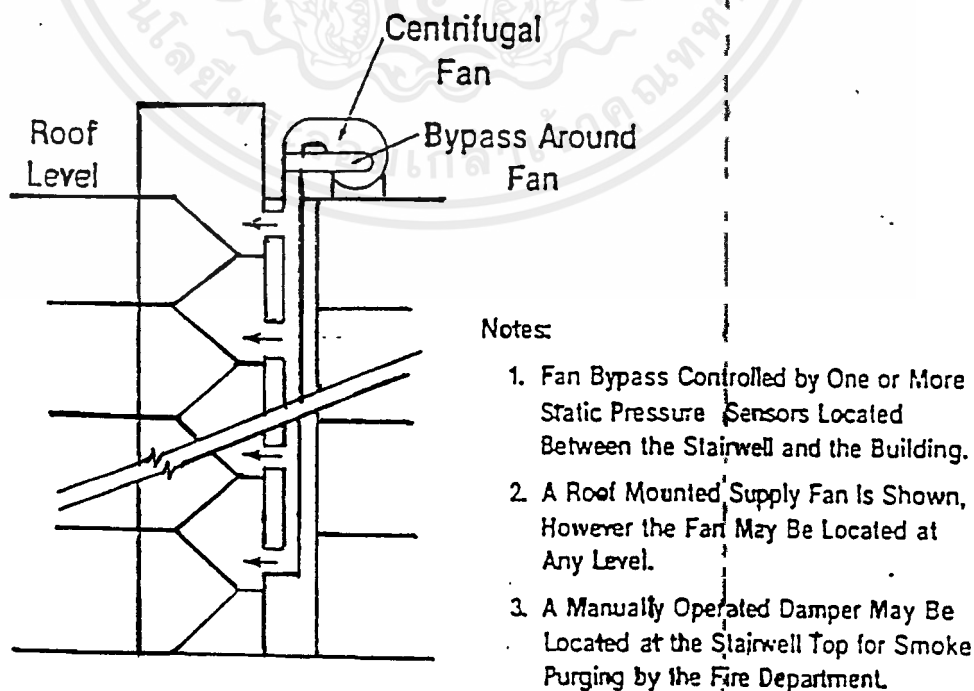
เอกสารนี้ $\Delta P_{\max}$ มากซึ่งความดันส่วนเกินนี้จะต้องถูกปลดปล่อยออกโดยการติดตั้ง Overpressure Relief

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Damper อากาศส่วนเกินนี้จะถูกนำออกทั้งในอาคารหรือนอกอาคารก็ได้ โดยที่ Damper นี้จะเป็นแบบกลไกหรือแบบไฟฟ้าก็ได้ รูปที่ 2.12 แสดงระบบอัดอากาศแบบมี Relief Damper เพื่อระบายอากาศส่วนเกินเข้าสู่อาคาร ซึ่งการติดตั้ง Relief Damper นี้ควรที่จะติดตั้งควบคู่ไปกับ Fire Damper เพื่อป้องกันในกรณีที่ไฟลามมาถึงหน้าประตู รูปที่ 2.13 แสดงระบบอัดอากาศ แบบ Fan Bypass ระบบนี้อากาศจะถูก Bypass จากทางลง กลับไปสู่ทางด้านดูดของ Fan ถัดความดันในโถงบันไดสูงเกินไป



รูปที่ 2.12 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟของอาคารสูง แบบมี Vents



รูปที่ 2.13 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟของอาคารสูงแบบ Fan Bypass

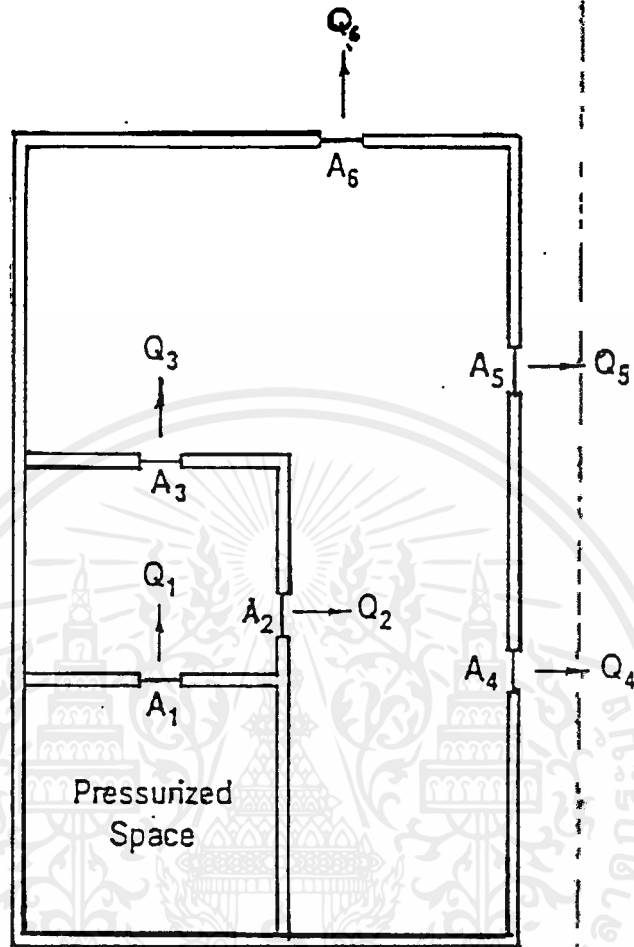
2.3.2 ระบบการระบายควัน

ระบบบันไดอัดความดันมีโอกาสที่จะดูดควันอัดเข้ามาภายในบันไดได้ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจจับควันเพื่อตัดการทำงานของระบบโดยอัตโนมัติเมื่อตรวจจับควันได้ ช่องทางลมเข้าของระบบอัดความดันควรอยู่ห่างจากช่องระบายอากาศบริเวณจุดปล่อยควัน ของระบบระบายควัน (SMOKE EXHAUST SYSTEM) ช่องระบายอากาศของลิฟท์ และช่องอื่นๆ ที่มีโอกาสจะเป็นช่องทางออกของควัน เนื่องจากควันร้อนจะลอยตัวสูงขึ้น ดังนั้นการพิจารณาให้ช่องนำอากาศเข้าอยู่ต่ำกว่าช่องเปิดอื่นๆ ของอาคารจึงน่าจะดีกว่าแต่อย่างไรก็ตามการเคลื่อนที่ของควันภายนอกอาคารอาจจะได้รับอิทธิพลจากลมและลักษณะของอาคาร จึงไม่สามารถประกันได้ว่า ควันจะไม่วกกลับไปในที่ต่ำกว่า ตามข้อมูลที่มีในปัจจุบันจึงไม่สามารถยืนยันได้ว่าการตั้งพัดลมที่ระดับพื้นดินดีกว่าการติดตั้งพัดลมที่ระดับหลังคา ซึ่งบางครั้งได้มีการออกแบบให้มีพัดลมตั้งที่ระดับพื้นดินและชั้นหลังคา เพื่อว่าเมื่อมีการตรวจจับควันได้ที่ใดที่หนึ่งระบบอัดความดันก็ยังคงทำงานอยู่ได้

ระบบอัดอากาศโถงบันไดหนีไฟที่ตึ้นนั้นควรมี การระบายควัน (Smoke Vent) จากชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ควบคู่กันไปกับการอัดอากาศบันไดหนีไฟ วิธีการระบายควันที่นิยมใช้ มีอยู่ 3 วิธีด้วยกัน คือ

- ระบายออกทางผนังด้านนอกของชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ (ไม่มีพัดลม)
- ระบายผ่าน Smoke Shaft
- ระบายออกทางผนังด้านนอกของชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ โดยใช้พัดลม (แบบทนความร้อนได้)

สาเหตุที่ควรมีระบบระบายควัน ควบคู่กันไปนั้น อธิบายได้ง่าย จากรูปที่ 2.14 คือ สมมติว่า Pressurized space ในรูปคือ Pressurized Stair ถ้า A_1 คือ รอยรั่วตามขอบประตูของโถงบันได A_2 และ A_3 คือรอยรั่วจากห้องหนึ่งไปยังอีกห้องหนึ่ง และ A_4 ถึง A_6 คือรอยรั่วจากห้องออกสู่ภายนอกของอาคาร ถ้าไม่มีระบบระบายควันและถ้า A_2 ถึง A_6 ไม่มีเลย หรือมีขนาดเล็กมาก ไม่ว่าเราพยายามที่จะอัดอากาศออกมาเท่าใดก็ตาม อากาศก็จะไม่ออก การมีการระบายควัน (Smoke Vent) ก็คือการทำให้มั่นใจว่าจะมีช่องให้อากาศไหล ถ้าไม่มีช่องอากาศไหล อากาศก็ไม่ไหล



รูปที่ 2.14 แสดง Leakage path ของอาคารหลังหนึ่ง

การวิเคราะห์ leakage Area

Parallel Paths

อัตราการไหลสุทธิ = Q_T

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_T = CA_e$$

$$Q_1 = CA_1, Q_2 = CA_2, Q_3 = CA_3$$

ดังนั้นจะได้

$$CA_e = C (A_1 + A_2 + A_3)$$

$$A_e = (A_1 + A_2 + A_3)$$

$$A_e = \sum A_i \text{ for Parallel Paths}$$

Series Paths

พื้นที่ Leakage เป็น Series:

ΔP = ผลต่างของความดันสุทธิ จาก Pressurized Space ซึ่งเท่ากับผลบวกของความดันที่แตกต่าง P_1 , P_2 และ P_3 ที่ตกคร่อมพื้นที่ของการไหล A_1 , A_2 และ A_3 ตามลำดับ
ดังนั้นจะได้

$$\Delta P_T = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3$$

จาก

$$Q = CA_e \sqrt{\frac{2\Delta P_T}{\rho}}$$

จาก

$$\Delta P_T = \frac{\rho}{2} \left[\frac{Q}{CA_e} \right]^2$$

$$\Delta P_1 = \frac{\rho}{2} \left[\frac{Q}{CA_1} \right]^2$$

$$\Delta P_2 = \frac{\rho}{2} \left[\frac{Q}{CA_2} \right]^2$$

$$\Delta P_3 = \frac{\rho}{2} \left[\frac{Q}{CA_3} \right]^2$$

ดังนั้นจะได้

$$\frac{1}{A_e^2} = \frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_2^2} + \frac{1}{A_3^2}$$

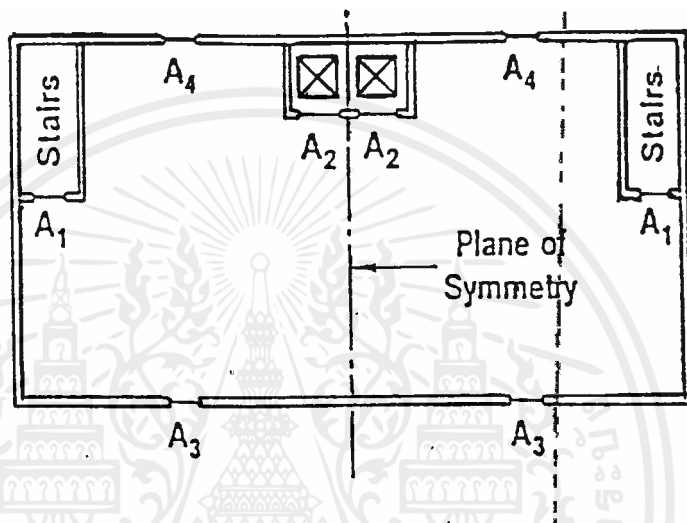
$$A_e = \left[\frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_2^2} + \frac{1}{A_3^2} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$A_e = \left[\sum_{i=1}^n \frac{1}{A_i^2} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

For Series Paths

2.3.3 การวิเคราะห์โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นที่จะต้องใช้คอมพิวเตอร์ ช่วยในการวิเคราะห์ และออกแบบระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟ ในขณะที่ ประตูเปิด เราจะลองทำการวิเคราะห์ระบบอัดอากาศในอาคารตัวอย่างหลังหนึ่งดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 อาคารตัวอย่าง

อาคารดังกล่าวมีลักษณะ Symmetry ดังนั้นการวิเคราะห์อาจทำได้โดยการพิจารณาเพียงด้านใดด้านหนึ่งก็เป็นการเพียงพอ จากรูปที่ 2.15 จะเห็นได้ว่า ในแต่ละด้านจะมีลิฟท์ 1 ตัว และมีช่องบันไดหนีไฟ 1 ช่อง สมมติว่าอาคารหลังนี้มี 15 ชั้น ปล่องลิฟท์และโถงบันไดสูงขึ้นไปชั้นที่ 16 ถ้าเรากำหนดให้

ความดันคล่อมโถงบันไดในชั้นที่ประตูปิดต้องไม่ต่ำกว่า 0.1 INWG (24.9 Pa) เพื่อป้องกันควัน

ความดันคล่อมโถงบันไดในชั้นที่ประตูต้องไม่เกิน 0.27 INWG (67.2 Pa) เพื่อให้คนสามารถเปิดประตูได้

ประตูของโถงบันไดเปิดออก 4 บาน เป็นประตูด้านในของชั้น 1, 2 และ 3 กับประตูด้านนอกของโถงบันไดในชั้น 1 อีก 1 บาน (โถงบันไดมีประตูทั้งหมด 15+ 2 บาน, ที่ชั้น 1 มีประตู 2 บาน เปิดออกสู่ด้านนอก 1 บาน เปิดเข้าด้านในอาคาร 1 บาน, ชั้น 16 มีประตูเปิดออกด้านนอก 1 บาน)

ให้ออกแบบระบบที่เมื่อเปิดประตูทั้ง 4 บาน ออกพร้อมๆ กันจะต้องมีลมที่ประตู ที่มีความเร็วเฉลี่ยอย่างน้อย 100 fpm ถ้า flow area ของประตูแต่ละบานในขณะที่ประตูเปิดคือ 10.5 ft^2 flow area ของประตูเวลาเปิดออกจะมีค่าประมาณครึ่งเดียวของขนาดจริงของประตู ดังนั้นประตูจึงมีขนาด 2×10.5

ให้หาขนาดของ Overpressure Relief Damper (Vent) ด้วยถ้าเราจะติดตั้ง Outside Vent ไว้ที่
ทุกชั้น

ข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นต้องทราบก่อนการวิเคราะห์ก็มี

- ขนาดของประตูโถงบันได คือ 0.914 x 2.13 เมตร
- อาคารมีลักษณะของพื้นที่ซึ่งเปิดโล่ง ไม่มี Interior Partition กีดขวางทางลม
- อุณหภูมิของอากาศภายนอก 35 องศา
- อุณหภูมิของอากาศภายในอาคาร 24 องศา
- ความสูงระหว่างชั้นของอาคาร 4 เมตร
- Flow area ระหว่างอาคารกับภายนอก 0.105 ตรม./ชั้น
- Flow area ระหว่างแต่ละชั้นของอาคาร 0.079 ตรม./ชั้น
- Flow area ระหว่างโถงบันไดกับอาคาร ในขณะที่ประตูปิด 0.030 ตรม. / ชั้น
- Flow area ระหว่างโถงบันไดกับอาคารในขณะที่ประตูเปิด 0.975 ตรม. / (ครึ่งหนึ่งของ

Geometric area ของประตู)

- Flow area ระหว่างอาคารกับปล่องลิฟต์แต่ละชั้น 0.0622 ตรม.
- Flow area ของ Vent ชั้นบนของปล่องลิฟต์ 0.139 ตรม.
- Flow area Coefficient 2100 สำหรับโถงบันได
- Flow area Coefficient 7200 สำหรับปล่องลิฟต์

ข้อมูลดังกล่าวถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาขนาดของปริมาณลมที่ต้องจ่ายเข้าไปยังโถง
บันได ในกรณีต่างๆ เพื่อให้ความดันภายในโถงบันได มีค่าอยู่ในช่วง

$$\Delta P_{min} < \Delta P < \Delta P_{max}$$

ตารางที่ 2.4 ถึง 2.11 เป็นผลจากการวิเคราะห์ความดันในโถงบันได ในกรณีต่างๆ ดังต่อไปนี้
คือ

ตารางที่	แสดง	Run NO
2.4	ΔP ในโถงบันไดชั้นต่างๆ เมื่อประตูทั้งหมด และจ่ายลมขึ้นละ 250 L/s (434.3 CFM)	1
2.5	ΔP และ Flow ในปล่องลิฟท์ เมื่อประตูปิดทั้งหมด และจ่ายลมขึ้นละ 250 L/S	1
2.6	ΔP และการไหลของอากาศ ในอาคาร ตอนประตูปิดทั้งหมด	1
2.7	ΔP ในโถงบันไดตอนประตูเปิด 4 บาน และจ่ายลมขึ้นละ 630 L/S (1334.7 CFM)	2
2.8	ΔP ในโถงบันได ถ้าประตูปิดหมด แต่ยังคงจ่ายลมขึ้นละ 630 L/S โดยไม่มี Vent	3
2.9	ΔP ในห้องโถงบันได ถ้าประตูปิดหมด แต่ติดตั้ง Vent ขึ้นละ 0.065 ตม.	4
2.10	ΔP ในโถงบันได ถ้าประตูเปิด 4 บาน แต่จ่ายลม ขึ้นละ 1800 L/S	5
2.11	ΔP ในโถงบันได ถ้าประตูปิดหมด แต่ติดตั้ง Vent ขึ้นละ 0.25 ตม. และยังคงจ่ายลมขึ้นละ 1800 L/S	6

ตารางที่ 2.4

RUN1-EXAMPLE-ALL DOORS CLOSED

STAIRWELL

TEMPERATURE PROFILE 2
SHAFT FLOW COEFFICIENT 2100.

FLOOR	PRESSURE	FIXED FLOW	CONNECTION TO	DIFFERENTIAL		ADJUSTED		FLOW
				PRESSURE	COEFFICIENT	PRESSURE	COEFFICIENT	
1	839.5	205.	FLOOR 1 COMPARTMENT 1	-53.5	24.6			-180.0
2	794.6	205.	FLOOR 2 COMPARTMENT 1	-54.9	24.6			-182.3
3	749.6	205.	FLOOR 3 COMPARTMENT 1	-56.0	24.6			-184.1
4	704.7	205.	FLOOR 4 COMPARTMENT 1	-56.9	24.6			-185.7
5	659.8	205.	FLOOR 5 COMPARTMENT 1	-57.8	24.6			-187.1
6	614.9	205.	FLOOR 6 COMPARTMENT 1	-58.7	24.6			-188.5
7	570.1	205.	FLOOR 7 COMPARTMENT 1	-59.6	24.6			-190.0
8	525.2	205.	FLOOR 8 COMPARTMENT 1	-60.6	24.6			-191.6
9	480.4	205.	FLOOR 9 COMPARTMENT 1	-61.8	24.6			-193.4
10	435.6	205.	FLOOR 10 COMPARTMENT 1	-63.0	24.6			-195.3
11	390.8	205.	FLOOR 11 COMPARTMENT 1	-64.0	24.6			-196.9
12	346.0	205.	FLOOR 12 COMPARTMENT 1	-64.8	24.6			-198.1
13	301.3	205.	FLOOR 13 COMPARTMENT 1	-65.5	24.6			-199.1
14	256.5	205.	FLOOR 14 COMPARTMENT 1	-66.1	24.6			-200.0
15	211.8	205.	FLOOR 15 COMPARTMENT 1	-67.0	24.6			-201.4
16	167.1	0.	OUTSIDE DIRECTION 1	-67.1	24.6			-201.6

THE FOLLOWING UNITS ARE USED FOR OUTPUT

FLOW IN LITERS PER SECOND AT 21 DEG C AND 1 ATM
PRESSURE IN PASCALS
AREA IN METERS SQUARED

RUN1-EXAMPLE-ALL DOORS CLOSED

ELEVATOR

TEMPERATURE PROFILE 1
SIAF1 FLOW COEFFICIENT 7200.

FLOOR	FIXED FLOW	CONNECTION	TO	DIFFERENTIAL PRESSURE	ADJUSTED FLOW COEFFICIENT	FLOW AREA	FLOW
1	791.0	0.	FLOOR 1 COMPARTMENT 1	-4.9	51.9	.0622	-115.2
2	744.4	0.	FLOOR 2 COMPARTMENT 1	-4.7	51.9	.0622	-112.3
3	697.8	0.	FLOOR 3 COMPARTMENT 1	-4.1	51.9	.0622	-105.6
4	651.2	0.	FLOOR 4 COMPARTMENT 1	-3.4	51.9	.0622	-96.2
5	604.7	0.	FLOOR 5 COMPARTMENT 1	-2.7	51.9	.0622	-84.9
6	558.2	0.	FLOOR 6 COMPARTMENT 1	-1.9	51.9	.0622	-72.0
7	511.7	0.	FLOOR 7 COMPARTMENT 1	-1.2	51.9	.0622	-57.5
8	465.2	0.	FLOOR 8 COMPARTMENT 1	-.6	51.9	.0622	-40.9
9	418.8	0.	FLOOR 9 COMPARTMENT 1	-.1	51.9	.0622	-19.0
10	372.3	0.	FLOOR 10 COMPARTMENT 1	.2	51.9	.0622	25.0
11	325.9	0.	FLOOR 11 COMPARTMENT 1	.8	51.9	.0622	47.4
12	279.6	0.	FLOOR 12 COMPARTMENT 1	1.7	51.9	.0622	66.7
13	233.2	0.	FLOOR 13 COMPARTMENT 1	2.6	51.9	.0622	84.0
14	186.8	0.	FLOOR 14 COMPARTMENT 1	3.6	51.9	.0622	98.6
15	140.5	0.	FLOOR 15 COMPARTMENT 1	4.3	51.9	.0622	108.0
16	94.2	0.	OUTSIDE DIRECTION 1	5.8	114.0	.1390	274.1

THE FOLLOWING UNITS ARE USED FOR OUTPUT

FLOW IN LITERS PER SECOND AT 21 DEG C AND 1 ATM

PRESSURE IN PASCALS

AREA IN METERS SQUARED

ตารางที่ 2.6

RUN1-EXAMPLE-ALL DOORS CLOSED

FLOOR	COMPARTMENT	TEMP	PROFILE	FIXED FLOW	CONNECTION TO	DIFFERENTIAL PRESSURE	ADJUSTED FLOW COEFFICIENT	FLOW AREA	FLOW
1	1	706.0	1	0.	FLOOR 2 COMPARTMENT 1	.2	66.0	.0790	32.5
					STAIRWELL	53.5	24.6	.0300	100.0
					ELEVATOR	4.9	51.9	.0622	115.2
					OUTSIDE DIRECTION 1	-14.0	87.7	.1050	-327.6
2	1	739.7	1	0.	FLOOR 3 COMPARTMENT 1	.5	66.0	.0790	48.5
					FLOOR 1 COMPARTMENT 1	-.2	66.0	.0790	-32.5
					STAIRWELL	54.9	24.6	.0300	102.3
					ELEVATOR	4.7	51.9	.0622	112.3
					OUTSIDE DIRECTION 1	-12.5	87.7	.1050	-310.5
3	1	693.6	1	0.	FLOOR 4 COMPARTMENT 1	.7	66.0	.0790	55.4
					FLOOR 2 COMPARTMENT 1	.5	66.0	.0790	-48.5
					STAIRWELL	56.0	24.6	.0300	184.1
					ELEVATOR	4.1	51.9	.0622	105.6
					OUTSIDE DIRECTION 1	-11.4	87.7	.1050	-296.5
4	1	647.8	1	0.	FLOOR 5 COMPARTMENT 1	.8	66.0	.0790	57.6
					FLOOR 3 COMPARTMENT 1	.7	66.0	.0790	-55.4
					STAIRWELL	-56.9	-24.6	-.0300	-185.7
					ELEVATOR	3.4	51.9	.0622	96.2
					OUTSIDE DIRECTION 1	-10.5	87.7	.1050	-203.9
5	1	602.0	1	0.	FLOOR 6 COMPARTMENT 1	.8	66.0	.0790	57.2
					FLOOR 4 COMPARTMENT 1	-.8	66.0	.0790	-57.6
					STAIRWELL	57.8	24.6	.0300	187.1
					ELEVATOR	2.7	51.9	.0622	84.9
					OUTSIDE DIRECTION 1	-9.6	87.7	.1050	-271.5

ตารางที่ 2.6(ต่อ)

RUN1-EXAMPLE-ALL DOORS CLOSED

FLOOR	COMPARTMENT	TEMP	PROFILE	FIXED FLOW	CONNECTION	TO	DIFFERENTIAL PRESSURE	ADJUSTED FLOW COEFFICIENT	FLOW AREA	FLOW
11	1	326.8	1	0.	FLOOR 12 COMPARTMENT	1	.8	66.0	.0790	60.0
					FLOOR 10 COMPARTMENT	1	-.6	66.0	.0790	-51.5
					STAIRWELL		64.0	24.6	.0300	196.9
					ELEVATOR		-.8	51.9	.0622	-47.4
					OUTSIDE DIRECTION	1	-3.2	87.7	.1050	-157.8
12	1	201.2	1	0.	FLOOR 13 COMPARTMENT	1	1.0	66.0	.0790	65.0
					FLOOR 11 COMPARTMENT	1	-.8	66.0	.0790	-60.0
					STAIRWELL		64.8	24.6	.0300	198.1
					ELEVATOR		-1.7	51.9	.0622	-66.7
					OUTSIDE DIRECTION	1	-2.4	87.7	.1050	-136.3
13	1	235.8	1	0.	FLOOR 14 COMPARTMENT	1	1.0	66.0	.0790	65.8
					FLOOR 12 COMPARTMENT	1	-1.0	66.0	.0790	-65.0
					STAIRWELL		65.5	24.6	.0300	199.1
					ELEVATOR		-2.6	51.9	.0622	-84.0
					OUTSIDE DIRECTION	1	-1.7	87.7	.1050	-115.7
14	1	190.4	1	0.	FLOOR 15 COMPARTMENT	1	.7	66.0	.0790	56.3
					FLOOR 13 COMPARTMENT	1	-1.0	66.0	.0790	-65.8
					STAIRWELL		66.1	24.6	.0300	200.0
					ELEVATOR		-3.6	51.9	.0622	-98.6
					OUTSIDE DIRECTION	1	-1.1	87.7	.1050	-91.9
15	1	144.8	1	0.	FLOOR 14 COMPARTMENT	1	-.7	66.0	.0790	-56.3
					STAIRWELL		67.0	24.6	.0300	201.4
					ELEVATOR		-4.3	51.9	.0622	-108.0
					OUTSIDE DIRECTION	1	-.2	87.7	.1050	-36.9

THE FOLLOWING UNITS ARE USED FOR OUTPUT: FLOW IN LITERS PER SECOND AT 21 DEG C AND 1 ATM, PRESSURE IN PASCALS, AREA IN METERS SQUARED

ตารางที่ 2.6(ต่อ)

RUN1-EXAMPLE-ALL DOORS CLOSED

FLOOR	COMPARTMENT	TEMP	FIXED FLOW	PROFILE	CONNECTION	TO	DIFFERENTIAL PRESSURE	ADJUSTED FLOW COEFFICIENT	FLOW AREA	FLOW
11	1	1	0.	326.8	1	FLOOR 12 COMPARTMENT	1	.8	.0790	60.0
						FLOOR 10 COMPARTMENT	1	-.6	.0790	-51.5
						STAIRWELL		64.0	.0300	196.9
						ELEVATOR		-.8	.0622	-47.4
						OUTSIDE DIRECTION	1	-3.2	.1050	-157.8
12	1	1	0.	281.2	1	FLOOR 13 COMPARTMENT	1	1.0	.0790	65.0
						FLOOR 11 COMPARTMENT	1	-.8	.0790	-60.0
						STAIRWELL		64.8	.0300	198.1
						ELEVATOR		-1.7	.0622	-66.7
						OUTSIDE DIRECTION	1	-2.4	.1050	-136.3
13	1	1	0.	235.8	1	FLOOR 14 COMPARTMENT	1	1.0	.0790	65.8
						FLOOR 12 COMPARTMENT	1	-1.0	.0790	-65.0
						STAIRWELL		65.5	.0300	199.1
						ELEVATOR		-2.6	.0622	-84.0
						OUTSIDE DIRECTION	1	-1.7	.1050	-115.7
14	1	1	0.	190.4	1	FLOOR 15 COMPARTMENT	1	.7	.0790	56.3
						FLOOR 13 COMPARTMENT	1	-1.0	.0790	-65.8
						STAIRWELL		66.1	.0300	200.0
						ELEVATOR		-3.6	.0622	-98.6
						OUTSIDE DIRECTION	1	-1.1	.1050	-91.9
15	1	1	0.	144.8	1	FLOOR 14 COMPARTMENT	1	-.7	.0790	-56.3
						STAIRWELL		67.0	.0300	201.4
						ELEVATOR		-4.3	.0622	-108.0
						OUTSIDE DIRECTION	1	-.2	.1050	-36.9

THE FOLLOWING UNITS ARE USED FOR OUTPUT: FLOW IN LITERS PER SECOND AT 21 DEG C AND 1 ATM, PRESSURE IN PASCALS, AREA IN METERS SQUARED

RUN2-EXAMPLE-OUTSIDE, 1ST, 2ND, 3RD FLOOR DOORS OPEN

STAIRWELL

TEMPERATURE PROFILE 2
SHAFT FLOW COEFFICIENT 2100.

FLOOR	FIXED FLOW	CONNECTION	TO	DIFFERENTIAL PRESSURE	ADJUSTED FLOW COEFFICIENT	FLOW AREA	FLOW
1	805.5	630.	FLOOR 1 COMPARTMENT 1	-4	799.6	.9750	-495.4
2	765.1	630.	OUTSIDE DIRECTION 1	-33.4	799.6	.9750	-4623.3
3	725.0	630.	FLOOR 2 COMPARTMENT 1	-9	799.6	.9750	-740.4
4	606.2	630.	FLOOR 3 COMPARTMENT 1	-2.4	799.6	.9750	-1226.6
5	646.3	630.	FLOOR 4 COMPARTMENT 1	-30.2	24.6	.0300	-135.2
6	605.5	630.	FLOOR 5 COMPARTMENT 1	-39.4	24.6	.0300	-154.4
7	563.8	630.	FLOOR 6 COMPARTMENT 1	-45.2	24.6	.0300	-165.4
8	521.5	630.	FLOOR 7 COMPARTMENT 1	-49.9	24.6	.0300	-173.8
9	478.5	630.	FLOOR 8 COMPARTMENT 1	-53.5	24.6	.0300	-180.0
10	435.0	630.	FLOOR 9 COMPARTMENT 1	-56.3	24.6	.0300	-184.6
11	391.1	630.	FLOOR 10 COMPARTMENT 1	-58.5	24.6	.0300	-188.2
12	346.9	630.	FLOOR 11 COMPARTMENT 1	-60.3	24.6	.0300	-191.1
13	302.4	630.	FLOOR 12 COMPARTMENT 1	-62.0	24.6	.0300	-193.7
14	257.0	630.	FLOOR 13 COMPARTMENT 1	-63.5	24.6	.0300	-196.0
15	213.1	630.	FLOOR 14 COMPARTMENT 1	-64.9	24.6	.0300	-198.2
16	168.4	0.	FLOOR 15 COMPARTMENT 1	-66.3	24.6	.0300	-200.3
			OUTSIDE DIRECTION 1	-68.4	24.6	.0300	-203.5

THE FOLLOWING UNITS ARE USED FOR OUTPUT

FLOW IN LITERS PER SECOND AT 21 DEG C AND 1 ATM
PRESSURE IN PASCALS
AREA IN METERS SQUARED

RUN3-EXAMPLE-ALL DOORS CLOSED-SUPPLY 630*15 L/S

STAIRVELL

TEMPERATURE PROFILE 2
SHAFT FLOW COEFFICIENT 2100.

FLOOR	FIXED FLOW	CONNECTION	TO	DIFFERENTIAL PRESSURE	ADJUSTED FLOW COEFFICIENT	FLOW AREA	FLOW
1	1307.6	FLOOR 1	COMPARTMENT 1	-565.5	24.6	.0300	-505.1
2	1342.4	FLOOR 2	COMPARTMENT 1	-566.8	24.6	.0300	-505.8
3	1297.2	FLOOR 3	COMPARTMENT 1	-568.2	24.6	.0300	-506.5
4	1252.0	FLOOR 4	COMPARTMENT 1	-569.5	24.6	.0300	-507.2
5	1206.9	FLOOR 5	COMPARTMENT 1	-570.8	24.6	.0300	-507.8
6	1161.7	FLOOR 6	COMPARTMENT 1	-572.1	24.6	.0300	-508.5
7	1116.6	FLOOR 7	COMPARTMENT 1	-573.3	24.6	.0300	-509.1
8	1071.5	FLOOR 8	COMPARTMENT 1	-574.4	24.6	.0300	-509.7
9	1026.4	FLOOR 9	COMPARTMENT 1	-575.4	24.6	.0300	-510.2
10	981.4	FLOOR 10	COMPARTMENT 1	-576.4	24.6	.0300	-510.7
11	936.3	FLOOR 11	COMPARTMENT 1	-577.4	24.6	.0300	-511.2
12	891.2	FLOOR 12	COMPARTMENT 1	-578.3	24.6	.0300	-511.7
13	846.2	FLOOR 13	COMPARTMENT 1	-579.3	24.6	.0300	-512.2
14	801.2	FLOOR 14	COMPARTMENT 1	-500.3	24.6	.0300	-512.7
15	756.4	FLOOR 15	COMPARTMENT 1	-501.5	24.6	.0300	-513.3
16	711.1	0.					
		OUTSIDE DIRECTION	1	-611.1	24.6	.0300	-608.2

THE FOLLOWING UNITS ARE USED FOR OUTPUT

FLOW IN LITERS PER SECOND AT 21 DEG C AND 1 ATM
PRESSURE IN PASCALS
AREA IN METERS SQUARED

ตารางที่ 2.9

RUN4-EXAMPLE-ALL DOORS CLOSED-SUPPLY 630*15 L/S-WITH OVERPRESSURE RELIEF

STAIRWELL

TEMPERATURE PROFILE 2

SHAFT FLOW COEFFICIENT 2100.

FLOOR	PRESSURE	FIXED FLOW	CONNECTION	TO	DIFFERENTIAL PRESSURE	ADJUSTED FLOW COEFFICIENT	FLOW AREA	FLOW
1	837.0	630.	FLOOR 1 COMPARTMENT	1	-51.2	24.6	.0300	-176.0
			OUTSIDE DIRECTION	1	-64.9	53.3	.0650	-429.5
2	792.0	630.	FLOOR 2 COMPARTMENT	1	-52.6	24.6	.0300	-178.4
			OUTSIDE DIRECTION	1	-64.9	53.3	.0650	-429.4
3	747.1	630.	FLOOR 3 COMPARTMENT	1	-53.7	24.6	.0300	-180.3
			OUTSIDE DIRECTION	1	-64.9	53.3	.0650	-429.4
4	702.2	630.	FLOOR 4 COMPARTMENT	1	-54.6	24.6	.0300	-181.8
			OUTSIDE DIRECTION	1	-64.9	53.3	.0650	-429.3
5	657.3	630.	FLOOR 5 COMPARTMENT	1	-55.5	24.6	.0300	-183.2
			OUTSIDE DIRECTION	1	-64.8	53.3	.0650	-429.3
6	612.4	630.	FLOOR 6 COMPARTMENT	1	-56.3	24.6	.0300	-184.7
			OUTSIDE DIRECTION	1	-64.8	53.3	.0650	-429.2
7	567.5	630.	FLOOR 7 COMPARTMENT	1	-57.3	24.6	.0300	-186.2
			OUTSIDE DIRECTION	1	-64.8	53.3	.0650	-429.1
8	522.7	630.	FLOOR 8 COMPARTMENT	1	-58.3	24.6	.0300	-187.8
			OUTSIDE DIRECTION	1	-64.8	53.3	.0650	-429.1
9	477.8	630.	FLOOR 9 COMPARTMENT	1	-59.4	24.6	.0300	-189.6
			OUTSIDE DIRECTION	1	-64.8	53.3	.0650	-429.0
10	433.0	630.	FLOOR 10 COMPARTMENT	1	-60.6	24.6	.0300	-191.6
			OUTSIDE DIRECTION	1	-64.7	53.3	.0650	-428.9
11	388.2	630.	FLOOR 11 COMPARTMENT	1	-61.6	24.6	.0300	-193.2
			OUTSIDE DIRECTION	1	-64.7	53.3	.0650	-428.9
12	343.5	630.	FLOOR 12 COMPARTMENT	1	-62.4	24.6	.0300	-194.4
			OUTSIDE DIRECTION	1	-64.7	53.3	.0650	-428.8
13	298.7	630.	FLOOR 13 COMPARTMENT	1	-63.0	24.6	.0300	-195.4
			OUTSIDE DIRECTION	1	-64.7	53.3	.0650	-428.7
14	254.0	630.	FLOOR 14 COMPARTMENT	1	-63.6	24.6	.0300	-196.3
			OUTSIDE DIRECTION	1	-64.7	53.3	.0650	-428.6
15	209.3	630.	FLOOR 15 COMPARTMENT	1	-64.5	24.6	.0300	-197.6
			OUTSIDE DIRECTION	1	-64.6	53.3	.0650	-428.5
16	164.6	0.						
			OUTSIDE DIRECTION	1	-64.6	24.6	.0300	-197.8

THE FOLLOWING UNITS ARE USED FOR OUTPUT

FLOW IN LITERS PER SECOND AT 21 DEG C AND 1 ATM

PRESSURE IN PASCALS

AREA IN METERS SQUARED

ตารางที่ 2.10

RUNS-EXAMPLE-OUTSIDE, 1ST, 2ND, 3RD FLOOR DOORS OPEN-SUPPLY 1000*15 L/S

STAIRWELL

TEMPERATURE PROFILE 2

SHAFT FLOW COEFFICIENT 2100.

FLOOR	PRESSURE	FIXED FLOW	CONNECTION	TO	DIFFERENTIAL PRESSURE	ADJUSTED FLOW		FLOW AREA	FLOW
						COEFFICIENT			
1	1026.4	1800.	FLOOR 1 COMPARTMENT	1	-4.4	799.6		.9750	-1669.2
2	1017.4	1800.	OUTSIDE DIRECTION	1	-254.3	799.6		.9750	-12751.1
3	1011.1	1800.	FLOOR 2 COMPARTMENT	1	-7.9	799.6		.9750	-2247.3
4	1016.4	1800.	FLOOR 3 COMPARTMENT	1	-20.6	799.6		.9750	-3629.4
5	1012.7	1800.	FLOOR 4 COMPARTMENT	1	-203.7	24.6		.0300	-414.4
6	1001.3	1800.	FLOOR 5 COMPARTMENT	1	-347.9	24.6		.0300	-458.9
7	902.9	1800.	FLOOR 6 COMPARTMENT	1	-386.8	24.6		.0300	-483.9
8	950.6	1800.	FLOOR 7 COMPARTMENT	1	-415.5	24.6		.0300	-501.5
9	929.1	1800.	FLOOR 8 COMPARTMENT	1	-437.7	24.6		.0300	-514.8
10	895.2	1800.	FLOOR 9 COMPARTMENT	1	-454.4	24.6		.0300	-524.5
11	857.6	1800.	FLOOR 10 COMPARTMENT	1	-466.5	24.6		.0300	-531.4
12	817.2	1800.	FLOOR 11 COMPARTMENT	1	-474.8	24.6		.0300	-536.1
13	774.6	1800.	FLOOR 12 COMPARTMENT	1	-480.3	24.6		.0300	-539.2
14	730.5	1800.	FLOOR 13 COMPARTMENT	1	-483.6	24.6		.0300	-541.1
15	685.7	1800.	FLOOR 14 COMPARTMENT	1	-485.6	24.6		.0300	-542.2
16	640.7	0.	FLOOR 15 COMPARTMENT	1	-487.0	24.6		.0300	-543.0
			OUTSIDE DIRECTION	1	-540.7	24.6		.0300	-572.1

THE FOLLOWING UNITS ARE USED FOR OUTPUT

FLOW IN LITERS PER SECOND AT 21 DEG C AND 1 ATM
PRESSURE IN PASCALS
AREA IN METERS SQUARED

ตารางที่ 2.11

RUN6-EXAMPLE-ALL DOORS CLOSED-SUPPLY 1800*15 L/S-WITH OVERPRESSURE RELIEF

STAIRWELL

TEMPERATURE PROFILE 2

SHAFT FLOW COEFFICIENT 2100.

FLOOR	PRESSURE	FIXED FLOW	CONNECTION	TO	DIFFERENTIAL PRESSURE	ADJUSTED FLOW COEFFICIENT	FLOW AREA	FLOW
1	833.5	1800.	FLOOR 1 COMPARTMENT	1	-48.0	24.6	.0300	-170.5
			OUTSIDE DIRECTION	1	-61.4	205.0	.2500	-1606.3
2	783.5	1800.	FLOOR 2 COMPARTMENT	1	-49.4	24.6	.0300	-172.9
			OUTSIDE DIRECTION	1	-61.4	205.0	.2500	-1606.1
3	743.6	1800.	FLOOR 3 COMPARTMENT	1	-50.5	24.6	.0300	-174.8
			OUTSIDE DIRECTION	1	-61.3	205.0	.2500	-1606.0
4	693.6	1800.	FLOOR 4 COMPARTMENT	1	-51.4	24.6	.0300	-176.4
			OUTSIDE DIRECTION	1	-61.3	205.0	.2500	-1605.8
5	653.7	1800.	FLOOR 5 COMPARTMENT	1	-52.2	24.6	.0300	-177.8
			OUTSIDE DIRECTION	1	-61.3	205.0	.2500	-1605.6
6	603.9	1800.	FLOOR 6 COMPARTMENT	1	-53.1	24.6	.0300	-179.3
			OUTSIDE DIRECTION	1	-61.3	205.0	.2500	-1605.3
7	564.0	1800.	FLOOR 7 COMPARTMENT	1	-54.0	24.6	.0300	-180.8
			OUTSIDE DIRECTION	1	-61.3	205.0	.2500	-1605.1
8	519.2	1800.	FLOOR 8 COMPARTMENT	1	-55.0	24.6	.0300	-182.5
			OUTSIDE DIRECTION	1	-61.3	205.0	.2500	-1604.8
9	474.3	1800.	FLOOR 9 COMPARTMENT	1	-56.1	24.6	.0300	-184.3
			OUTSIDE DIRECTION	1	-61.2	205.0	.2500	-1604.6
10	429.5	1800.	FLOOR 10 COMPARTMENT	1	-57.3	24.6	.0300	-185.3
			OUTSIDE DIRECTION	1	-61.2	205.0	.2500	-1604.4
11	354.7	1800.	FLOOR 11 COMPARTMENT	1	-58.3	24.6	.0300	-187.9
			OUTSIDE DIRECTION	1	-61.2	205.0	.2500	-1604.1
12	340.0	1800.	FLOOR 12 COMPARTMENT	1	-59.1	24.6	.0300	-189.2
			OUTSIDE DIRECTION	1	-61.2	205.0	.2500	-1603.8
13	295.2	1800.	FLOOR 13 COMPARTMENT	1	-59.7	24.6	.0300	-190.1
			OUTSIDE DIRECTION	1	-61.2	205.0	.2500	-1603.5
14	250.5	1800.	FLOOR 14 COMPARTMENT	1	-60.3	24.6	.0300	-191.0
			OUTSIDE DIRECTION	1	-61.1	205.0	.2500	-1603.3
15	205.3	1800.	FLOOR 15 COMPARTMENT	1	-61.1	24.6	.0300	-192.3
			OUTSIDE DIRECTION	1	-61.1	205.0	.2500	-1602.9
16	161.1	0.	OUTSIDE DIRECTION	1	-61.1	24.6	.0300	-192.3

THE FOLLOWING UNITS ARE USED FOR OUTPUT

FLOW IN LITERS PER SECOND AT 21 DEG C AND 1 ATM

PRESSURE IN PASCALS

AREA IN METERS SQUARED

สิ่งที่น่าสนใจจากตารางต่างๆ มีดังต่อไปนี้

ตารางที่	สิ่งที่น่าสนใจ
2.4	- จ่ายลมได้ไม่เกิน 205 L/S ในกรณีประตูปิด เพื่อป้องกันมิให้ความดันเกิน ΔP_{max} ที่กำหนด (โดยไม่ติดตั้ง Vent)
2.5	- มีการไหลเข้าออกผ่านประตูลิฟท์ ของชั้นต่างๆ ดังแสดงในตาราง
2.6	- มีอากาศไหลผ่านส่วนต่างๆ ของอาคารดังแสดงในตาราง มีการไหล ระหว่างห้อง มีการไหลผ่านประตูลิฟท์ มีการไหลผ่านประตูโถงบันได มีการไหลออกสู่ภายนอก
2.7	- ต้องเพิ่มลมเป็น 630 L/S เพื่อให้มีการไหลออก 495.4 L/S ผ่านประตูโถงบันไดชั้น 1 - มีอากาศไหลออกภายนอก ผ่านประตูชั้น 1 ด้านนอกเป็นจำนวนมาก
2.8	- ความดันในชั้นอื่นๆ ยังคงอยู่ภายในช่วงของ P_{min} ถึง P_{max} ที่กำหนด
2.9	- ถ้ายังคงจ่ายลม 630 S/L โดยไม่มี Vent จะเปิดประตูไม่ออกเลย เพราะ P สูงมาก
2.10	- ต้องมี Vent ชั้นละ 0.065 ตรม. จึงจะสามารถรักษาความดันในโถงบันไดไว้ได้ ถ้าช่อง Vent เล็กกว่านี้ จะทำให้ P สูงกว่า P_{max} และเปิดประตูไม่ออก - เป็นการลองเพิ่มความเร็วลมที่บานประตูชั้นล่างให้เป็น 336.8 fpm เพื่อดูว่าจะต้องจ่ายลมเท่าใด ความเร็วลมที่สูงขึ้นจะกันควันได้ดีกว่า แต่จะต้องเพิ่มลมเป็นชั้นละ 1800 L/S
2.11	- ΔP ที่ชั้นอื่นสูงกว่า P_{max} จะเปิดประตูไม่ได้ ถ้าไม่มี Vent - ติดตั้ง Vent ชั้นละ 0.25 ตรม. เพื่อให้เปิดประตูออก ในขณะที่จ่ายลม 1800 L/S ต่อชั้น

การวิเคราะห์ดังกล่าวข้างต้น ทำให้เราทราบได้ว่า ถ้าเราต้องการความเร็วลมที่ประตูให้มีค่าอย่างต่ำเท่าใดเพื่อไล่ควัน เราจะต้องจ่ายลมที่แต่ละชั้นเท่าใด และต้องจัดช่อง Vent เท่าใด ในการออกแบบจริง เราจะต้องทำการวิเคราะห์ ในลักษณะดังกล่าว เป็นจำนวนหลายสิบครั้ง บางทีอาจถึงร้อยครั้ง เพื่อให้มั่นใจว่าระบบที่ออกแบบจะสามารถทำงานได้ หรือไม่ก็ใกล้เคียง

ความยุ่งยากในการออกแบบอีกประการหนึ่งคือ เราจะไม่ว่างที่จะออกแบบด้วยจำนวน ประตูที่จะต้องเปิดพร้อมๆ กันที่บ้านและจะเปิดประตูบานใดบ้าง ข้อมูลเหล่านี้มีผลต่อการไหลของ อากาศมาก ในอาคารแต่ละหลังลักษณะการไหลของอากาศแตกต่างกันออกไป ดังนั้นในการออกแบบ ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟ จึงควรทำเป็นกรณีไป และก่อนการออกแบบ ควรพิจารณาข้อควรระวัง ต่างๆ ที่ได้กล่าวถึงไปแล้วในหัวข้อเรื่องหลักการเบื้องต้นของระบบควบคุมควัน ให้ละเอียดถี่ถ้วนเสีย ก่อน ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟนี้ ไม่ใช่ระบบที่จะออกแบบอย่างไรก็ได้ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอาจ นำมาซึ่งการสูญเสียชีวิตและบาดเจ็บของผู้อยู่อาศัยในอาคารได้เป็นจำนวนมาก

ข้อควรระวังในการออกแบบระบบ คือควรจะมีคามยืดหยุ่นในเรื่องของ CFM และ Static pressure ของพัดลม ในการออกแบบระบบส่วนมาก เราจะไม่สามารถหาคำนวนหาอัตราการไหลที่แน่นอนได้ ถึงแม้จะใช้ Program computer ช่วยก็ตาม สาเหตุนั้นเนื่องจากว่า การประมาณ Flow area ของอาคารในแต่ละบริเวณนี้ทำได้ยาก ระบบที่ดีควรต้องออกแบบเผื่อไว้ให้ปรับแต่งได้ในช่วงทดสอบ ส่วนค่าของ Static pressure ของพัดลมนั้นก็ควรเผื่อเอาไว้พอสมควร เพราะในการติดตั้งอาจมีปัญหา ในการเดินท่อลม ทำให้ เกิด Pressure drop มาก

ในระบบควบคุมควันแบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟ ค่า Static pressure ของพัดลมนั้นจะขึ้น กับ Pressure drop , Friction loss ตลอดจน Maintained Pressure ที่ต้องรักษาไว้ในโถงบันไดหนีไฟ ซึ่ง ค่าของ Pressure drop เองนั้นจะขึ้นกับปัจจัยหลายๆ ตัวด้วยกัน ซึ่งเราสามารถที่จะวิเคราะห์ว่าปัจจัย ใดบ้างที่มีผลต่อค่าของ Pressure drop โดยการ ศึกษาถึงแบบจำลอง ตลอดจนการวิเคราะห์มิติ และ ความคล้ายคลึง

บทที่ 3

การวิเคราะห์มิติและความคล้ายคลึง

ในการวิเคราะห์ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับการไหลนั้น การที่จะกำหนดว่าข้อสมมติสำหรับปัญหาหนึ่งๆนั้น จะมีอะไรได้บ้างจำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์และศึกษาจากการทดลอง ดังนั้นการวิเคราะห์ปัญหาจึงประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1: เป็นการจำลองลักษณะแท้จริงของปัญหา เป็นสามารถทางคณิตศาสตร์

ส่วนที่ 2: เป็นการทดลองเพื่อตรวจสอบผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยสมการทางคณิตศาสตร์นั้น การทดลองเพื่อตรวจสอบมักจะต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องให้ได้ข้อมูลต่างๆตามที่ต้องการจากผลการทดลองเพียงไม่กี่ครั้ง โดยเราสามารถลดจำนวนของการทดลองลงได้ โดยใช้การวิเคราะห์มิติหากกลุ่มตัวแปรไร้มิติ

ในการทดลองนั้นบางครั้งอาจไม่สามารถสร้างชิ้นงานทดลองให้มีขนาดเท่าแบบจริง (Prototype) หรือไม่สามารถทดลองในสภาวะเดียวกับแบบจริงได้ จึงจำเป็นต้องสร้างแบบจำลอง (Model) ซึ่งอาจมีขนาดเล็กกว่าหรือใหญ่กว่า แบบจริงก็ได้ เพื่อใช้ในการทดลอง การจำลองแบบนั้นจะต้องมีความคล้ายคลึงกับแบบจริงให้มากที่สุด เพื่อจะได้นำเอาผลการทดลองของแบบจำลองไปคาดคะเนกับแบบจริงได้ถูกต้อง

3.1 ความคล้ายคลึง

การสร้างแบบจำลองเพื่อการทดลองและนำผลที่ได้ไปใช้คาดคะเนกับแบบจริงนั้น เราต้องให้แบบจำลองมีความคล้ายคลึงกับแบบจริงมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ความคล้ายคลึงแบ่งออกได้เป็น 3 อย่างคือ

1. ความคล้ายคลึงเชิงเรขาคณิต (Geometric similarity) มิติเชิงเส้นของแบบจำลองและแบบจริงจะต้องเป็นอัตราส่วนคงที่ค่าหนึ่ง
2. ความคล้ายคลึงเชิงจลน์ (Kinematic similarity) อัตราส่วนของความเร็วที่จุดเดียวกันในแบบจำลองและแบบจริง ตลอดทั้งสนามการไหลจะมีค่าเท่ากัน ทำให้ มีความคล้ายคลึงกัน
3. ความคล้ายคลึงเชิงพลวัต (Dynamic similarity) อัตราส่วนของแรงที่จุดเดียวกันในแบบจำลองและแบบจริงตลอดทั้งสนามการไหลจะมีค่าเท่ากัน

ความคล้ายคลึงเชิงเรขาคณิตและเชิงจลน์ที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดความคล้ายคลึงเชิงพลวัตด้วย

3.2 การวิเคราะห์มิติ (Dimensional analysis)

ทฤษฎี π ของ Buckingham กล่าวว่า ในปัญหาทางกายภาพที่มีตัวแปร n ตัว จะสามารถรวมตัวแปรเข้าเป็นกลุ่มตัวแปรไร้มิติจำนวน $n-m$ กลุ่ม โดย m คือ จำนวนน้อยที่สุดของมิติพื้นฐานอิสระที่ใช้กำหนดมิติของตัวแปรทั้งหมดเขียนในรูปสมการเป็นดังนี้

$$q_1 = f(q_2, q_3, q_4, \dots, q_n)$$

โดย q_1 คือ “ตัวแปรหลัก” ของปัญหา ซึ่งมีค่าขึ้นกับ “ตัวแปรอิสระ” $q_2, q_3, \dots, q_n$ และเมื่อจัดเป็นกลุ่มตัวแปรไร้มิติ หรือเทอม π แล้วจะได้

$$G(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_{n-m}) = 0$$

หรือ;

$$\pi_1 = G_1(\pi_2, \pi_3, \dots, \pi_{n-m})$$

3.3 มิติของหน่วย (Units dimension)

ในการวิเคราะห์มิติเราจำเป็นต้องทราบถึงมิติของหน่วยของตัวแปรต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหา มิติของหน่วยสามารถจัดกลุ่มได้ตามระบบ แรง ความยาว และเวลา (FLT) หรือระบบ มวล ความยาว และเวลา (MLT) ซึ่งระบบทั้ง 2 นี้ สามารถเปลี่ยนกลับกันได้ตามความสัมพันธ์ $F = MLT^2$

3.4 ขั้นตอนการหากลุ่มตัวแปรไร้มิติ (เทอม π)

1. กำหนดตัวแปรต่างๆ ในปัญหา (สมมติให้มี n ตัว)
2. เลือกกลุ่มของ มิติพื้นฐานอิสระ คือ MLT หรือ FLT ที่จะใช้กำหนดมิติของตัวแปรต่างๆ
3. เขียนมิติของตัวแปรต่างๆ ในขั้น 1. ให้อยู่ในกลุ่มของมิติพื้นฐานอิสระที่เลือกใช้ในขั้น 2 (สมมติให้มีจำนวนมิติพื้นฐานอิสระที่ปรากฏเท่ากับ r)
4. เลือกตัวแปรอิสระมาจำนวน r ตัว เพื่อใช้เป็นตัวแปรซ้ำ โดยตัวแปรซ้ำจะต้องไม่มีมิติสุทธิที่เหมือนกัน
5. เขียนเทอม π จำนวน $n-m$ เทอม โดยแต่ละเทอม π จะประกอบด้วยตัวแปรซ้ำยกกำลังที่ไม่ทราบค่าคูณกับตัวแปรอื่นหนึ่งตัว เมื่อแก้สมการของเลขยกกำลังของแต่ละเทอม π ก็จะได้ เทอม π จำนวน $n-m$ เทอม

6. ตรวจสอบมิติของเทอม π ที่ได้โดยใช้กลุ่มของมิติพื้นฐานอิสระที่ไม่ได้เลือกใช้

Factor ที่มีผลต่อ Pressure Drop in Duct ในระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟ
โดยเราจะมีข้อกำหนดดังนี้: 1. Stead flow

2. Incompressible flow though straight Duct

3. Duct length ; l

4. average velocity ; V

5. fluid viscosity ; μ

6. The duct diameter ; D

7. The fluid density ; ρ

8. The average roughness height ; e

ดังนั้นจะได้ $\Delta P = f(\rho, V, D, l, \mu, e)$

ขั้นตอนการหากลุ่มตัวแปรไร้มิติ

1. $\Delta P, \rho, \mu, V, l, D, e$ $n = 7 \text{ parameters}$

2. เลือกกลุ่มของมิติพื้นฐานอิสระ M, L และ t

3. $\Delta P, \rho, \mu, V, l, D, e$
 $\frac{M}{Lt^2}, \frac{M}{L^3}, \frac{M}{Lt}, \frac{L}{t}, L, L, L$ $r = 3 \text{ primary dimension}$

4. เลือกตัวแปรอิสระมาจำนวน r (3) ตัว คือ ρ, V และ D เพื่อใช้เป็นตัวแปรซ้ำ

5. เขียนเทอม π จำนวน $n-m$ ($7-3 = 4$) เทอม

$$\pi_1 = \rho^a V^b D^c \Delta P$$

$$= \left[\left(\frac{M}{Lt^2} \right)^a \left(\frac{L}{t} \right)^b (L)^c \left(\frac{M}{Lt^2} \right) \right] = [M^0 L^0 t^0]$$

$$M : 0 = a + 1 \quad ; a = -1$$

$$L : 0 = -3a + b + c - 1 \quad ; b = -2$$

$$t : 0 = -b - 2 \quad ; c = 0$$

$$\text{Therefore, } \pi_1 = \rho^{-1} V^2 D^0 \Delta P$$

$$= \frac{\Delta P}{\rho V^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\pi_2 = \rho^d V^e D^f \mu$$

$$= \left[\left(\frac{M}{L^3} \right)^d \left(\frac{L}{t} \right)^e (L)^f \left(\frac{M}{Lt} \right) \right] = [M^0 L^0 t^0]$$

$$M : 0 = d + 1 \quad ; d = -1$$

$$L : 0 = -3d + e + f - 1 \quad ; e = -1$$

$$t : 0 = -e - 1 \quad ; f = -1$$

$$\text{Therefore , } \pi_2 = \frac{\mu}{\rho V D}$$

$$\pi_3 = \rho^g V^h D^i l$$

$$= \left[\left(\frac{M}{L^3} \right)^g \left(\frac{L}{t} \right)^h (L)^i (L) \right] = [M^0 L^0 t^0]$$

$$M : 0 = g \quad ; g = 0$$

$$L : 0 = -3g + h + i + 1 \quad ; h = 0$$

$$t : 0 = -h \quad ; i = -1$$

$$\text{Therefore , } \pi_3 = \frac{l}{D}$$

$$\pi_4 = \rho^j V^k D^l e$$

$$= \left[\left(\frac{M}{L^3} \right)^j \left(\frac{L}{T} \right)^k (L)^l (L) \right] = [M^0 L^0 t^0]$$

$$M : 0 = j \quad ; j = 0$$

$$L : 0 = -3j + k + l + 1 \quad ; k = 0$$

$$t : 0 = -k \quad ; l = -1$$

$$\text{Therefore , } \pi_4 = \frac{e}{D}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ตรวจสอบมิติของเทอม π ที่ได้ โดยใช้ F, L, t

$$\pi_1 = \Delta P = \left(\frac{F}{L^2} \right) \left(\frac{L^4}{Ft^2} \right) \left(\frac{t^2}{L^2} \right) = 1$$

$$\pi_2 = \mu = \left(\frac{Ft}{L^2} \right) \left(\frac{L^4}{Ft^2} \right) \left(\frac{t}{L} \right) \left(\frac{1}{L} \right) = 1$$

$$\pi_3 = \frac{l}{D} = \left(\frac{L}{L} \right) = 1$$

$$\pi_4 = \frac{e}{D} = \left(\frac{L}{L} \right) = 1$$

ดังนั้นจะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3, \pi_4)$$

หรือ

$$\frac{\Delta P}{\rho V^2} = f\left(\frac{\mu}{\rho V D}, \frac{l}{D}, \frac{e}{D}\right)$$

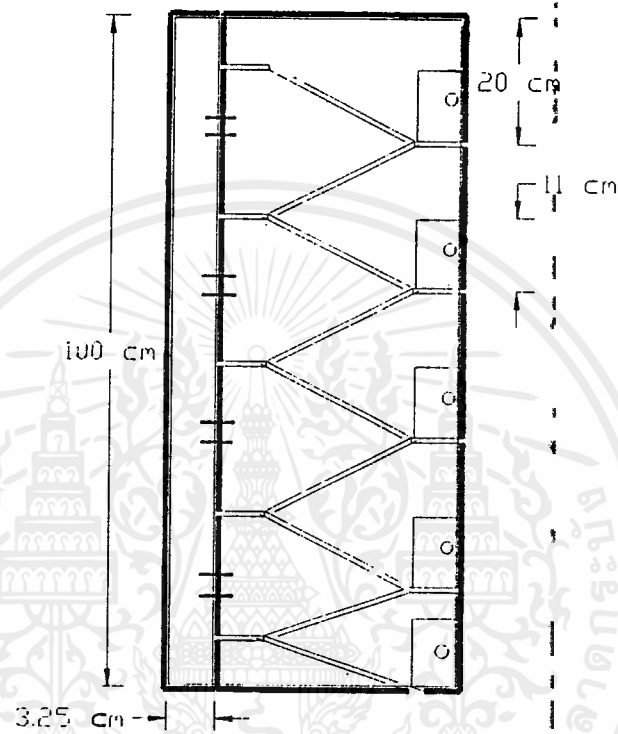
จากสมการความสัมพันธ์ข้างต้นนี้จะเห็นว่า Pressure drop นั้น เป็นผลมาจากค่า $\frac{\rho V D}{\mu}$

(Reynold number) l, e และ D ซึ่งเราสามารถนำความสัมพันธ์ตรงนี้มาทำการสร้างแบบจำลอง แล้วทำการทดลอง เพื่อตรวจสอบผลที่ได้จากแบบจำลอง (Model) ว่าเป็นไปตามความสัมพันธ์ข้างต้นเพียงไร

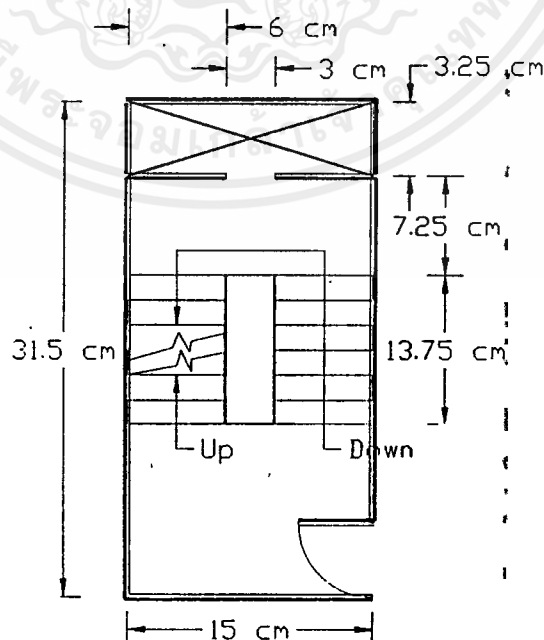
บทที่ 4

การสร้างแบบจำลองและอุปกรณ์การทดลอง

จากหลักการการวิเคราะห์มิติ และความคล้ายคลึงในบทที่ 3 จะสามารถนำมาสร้างแบบจำลองได้ดังนี้

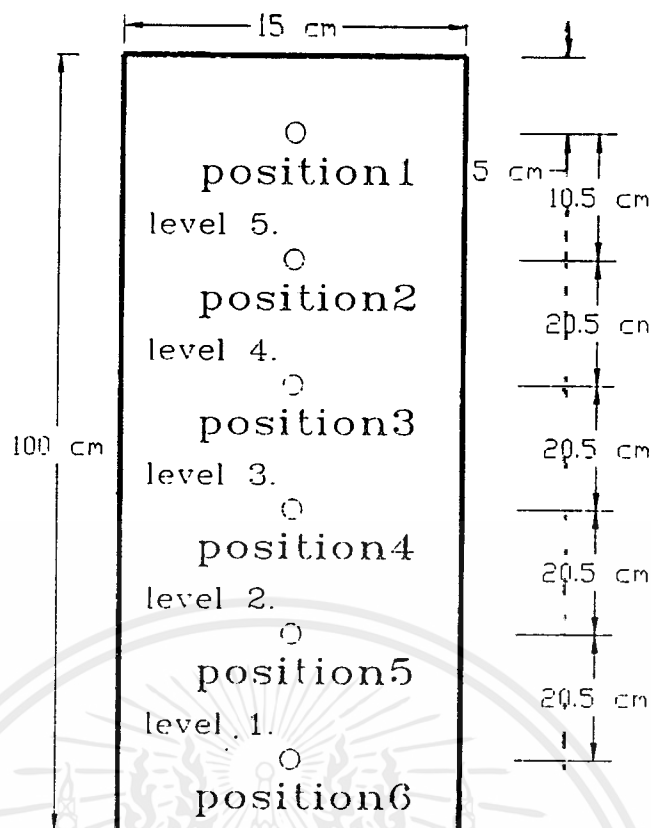


(ก) ภาพมองในลักษณะด้านข้าง

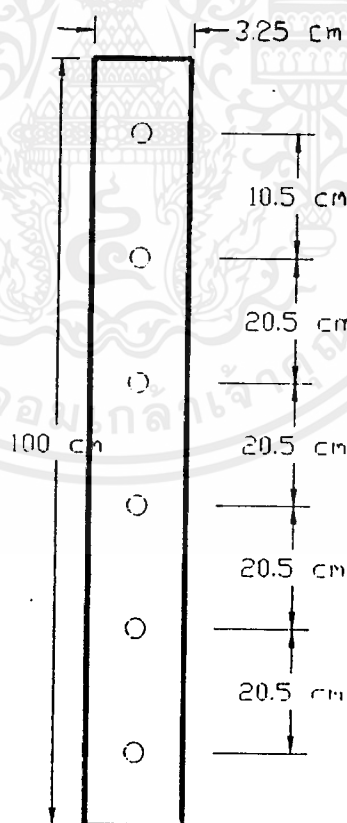


(ข) ภาพมองในลักษณะด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 4.1 แสดงแบบจำลองของช่องบันไดหนีไฟในอาคารสูงใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะเป็นกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



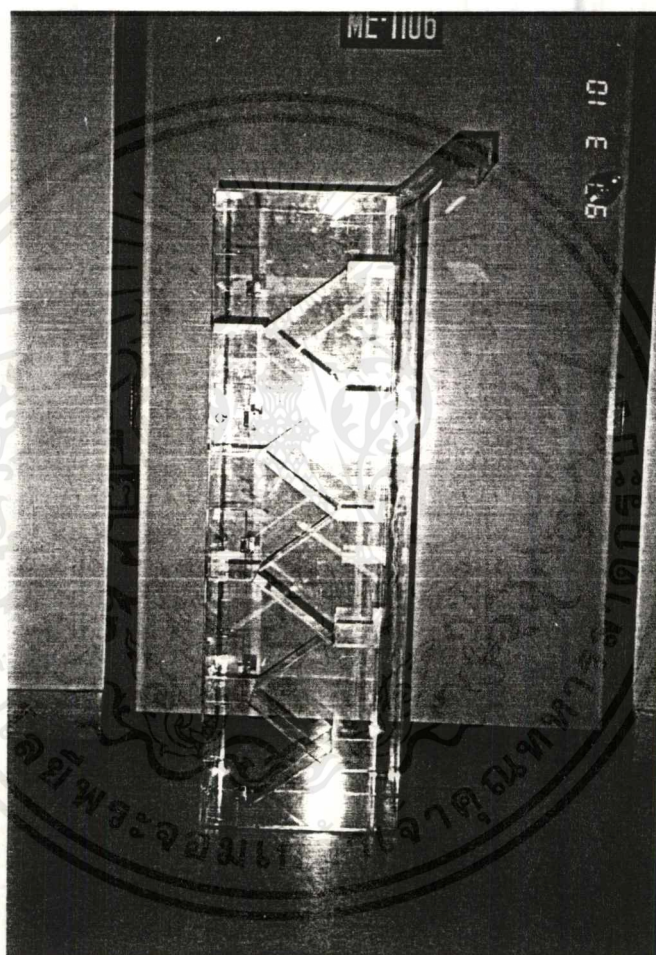
ก) ภาพมองในลักษณะด้านหน้า



ข) ภาพมองในลักษณะด้านข้าง

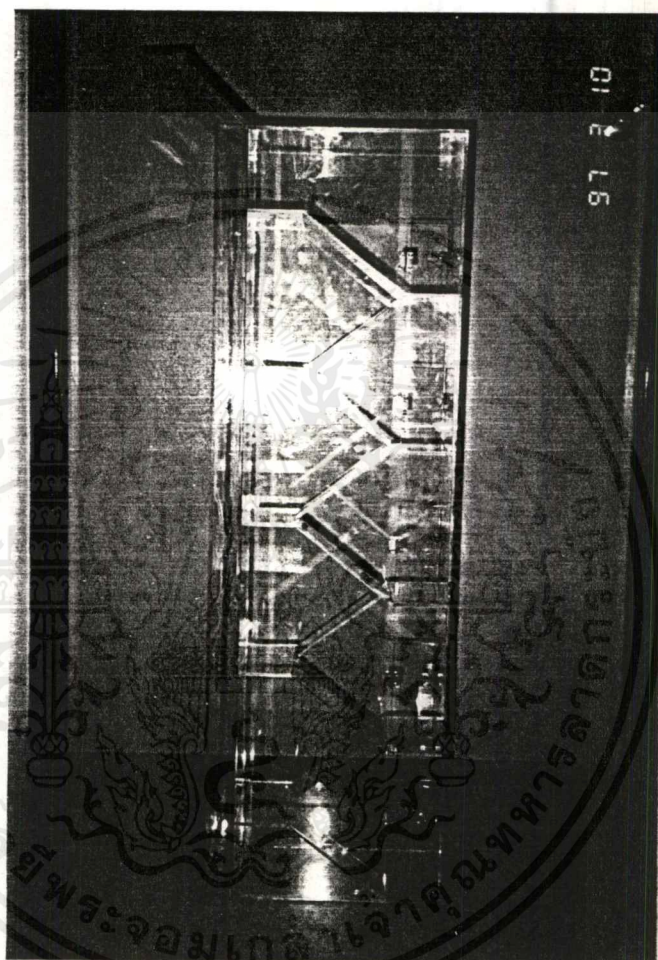
รูปที่ 4.2 แสดงส่วนของท่อน้ำดื่มที่ทำการเจาะรูเพื่อวัดความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

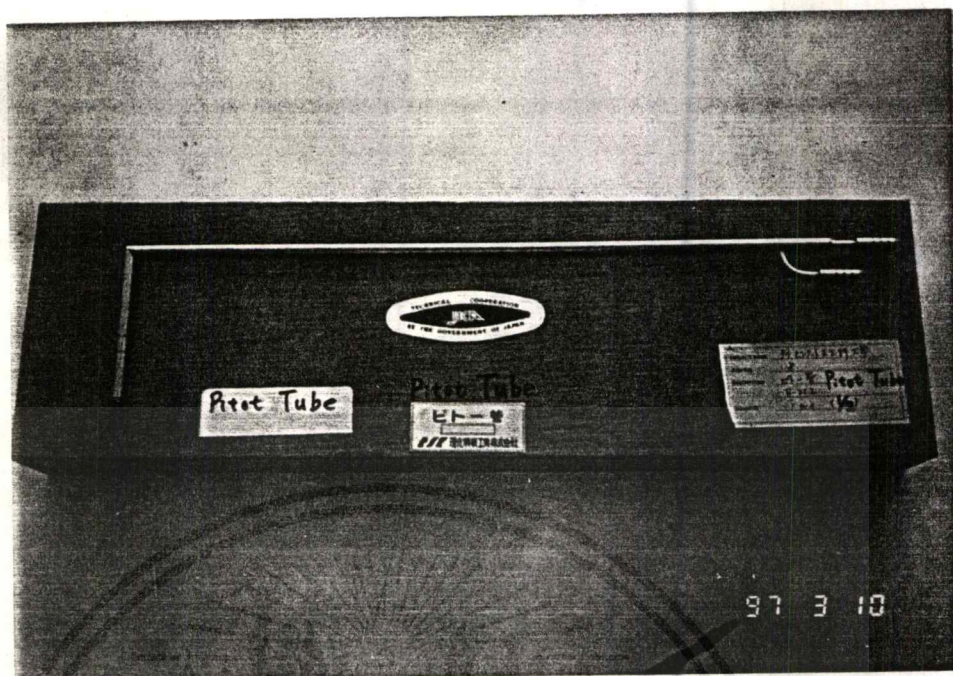
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



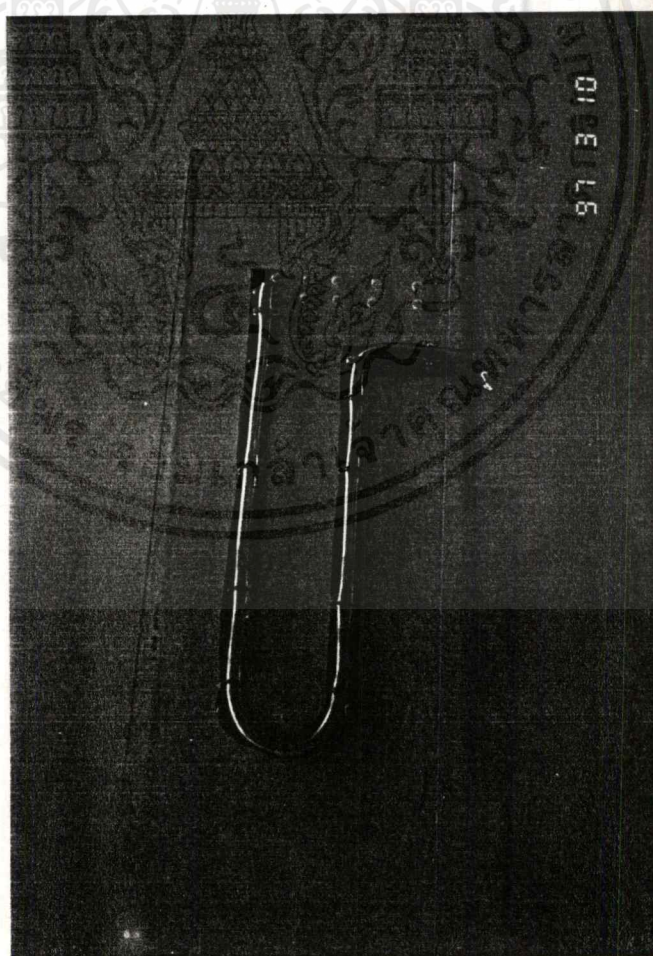
(ข)

รูปที่ 4.3 แสดงแบบจำลอง (Model)ของชองบันไดหนีไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

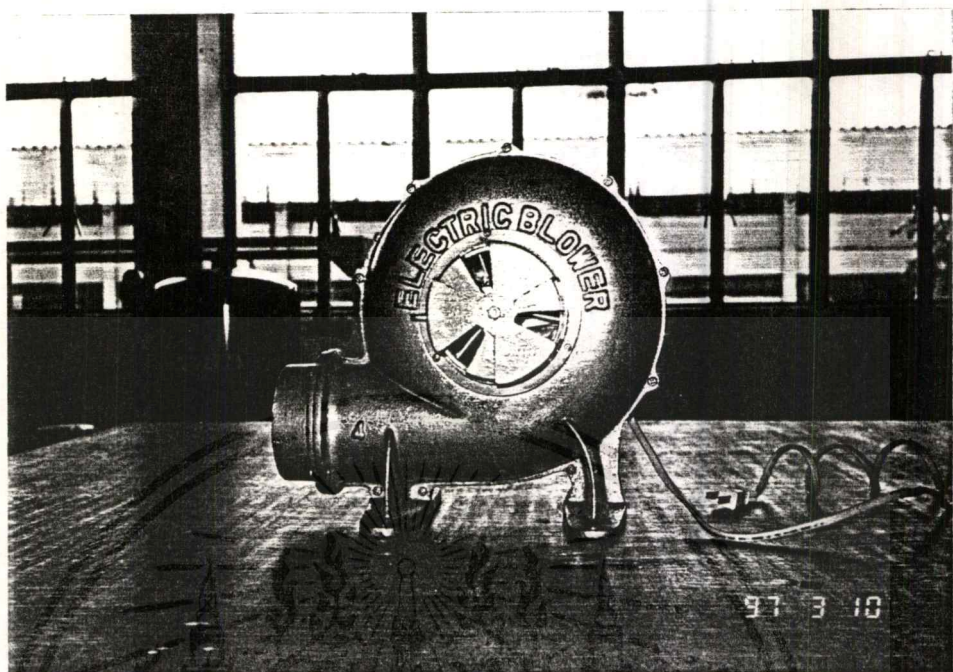


รูปที่ 4.4 Pitot Tube

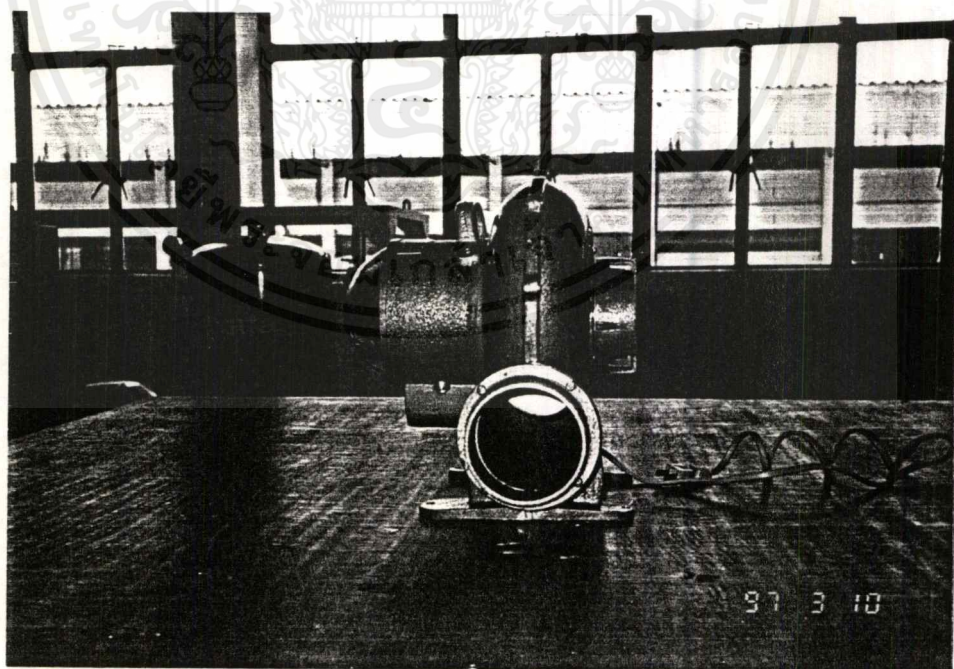


รูปที่ 4.5 มาโนมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) แสดงรูปด้านข้าง



(ข) แสดงรูปด้านหน้า

รูปที่ 4.6 พัดลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

5.1 การทดลองแบบจำลองของระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟ วัตถุประสงค์

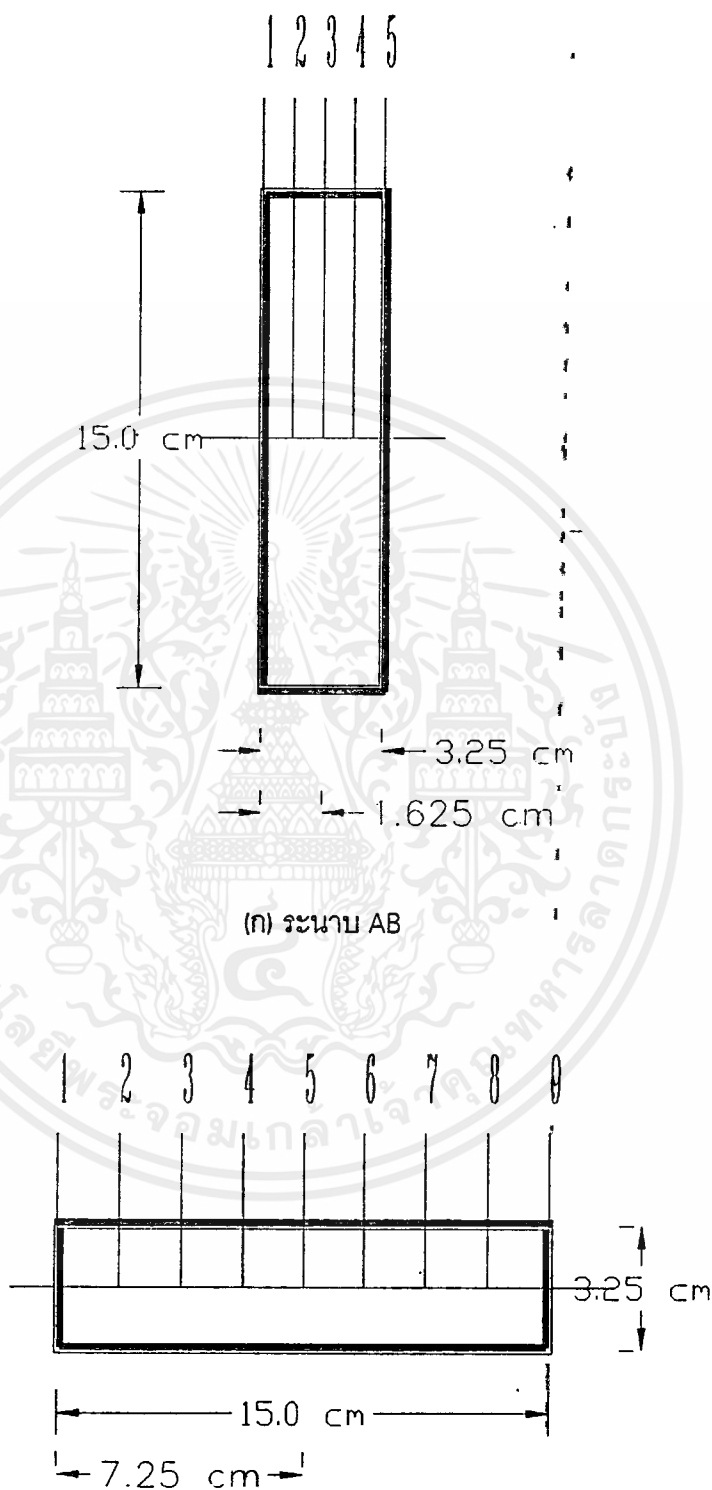
การทดลองนี้ก็เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลของอากาศที่พัดลมจ่ายเข้ามาในท่อส่งลม กับจำนวนชั้นของตึกในแบบจำลอง (Model) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับ ค่าอัตราการไหลของอากาศที่พัดลมจ่ายเข้ามาในท่อส่งลม กับจำนวนชั้นของตึกในแบบจริง (Prototype)

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1. แบบจำลองของระบบบันไดหนีไฟ
2. พัดลมอัดอากาศแบบ Centrifugal fan
3. มาโนมิเตอร์ สำหรับวัดความดัน
4. Pitot Tube

5.2 ผลการทดลอง

ทำการวัดค่าความดันในแต่ละตำแหน่ง แต่ละระนาบ และแต่ละจุดของท่อส่งลม ดังแสดงในรูปที่ 5.1 (ก) และ (ข) ซึ่งจะได้เป็นค่าความสูงของระดับน้ำ ดังตารางที่ 5.1



(ข) ระบาย CD

รูปที่ 5.1 แสดงตำแหน่งที่ทำการวัดความดันของท่อส่งลมในแต่ละระนาบ และแต่ละจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ 5.1 ความสูงของระดับที่อ่านได้จากมาโนมิเตอร์ (h : meter)

ตำแหน่งที่	ระนาบ AB					ระนาบ CD								
	จุดที่ 1	2	3	4	5	จุดที่ 1	2	3	4	5	6	7	8	9
*	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.065	0.065	0.065	0.065	0.066	0.065	0.065	0.065	0.065
**	0.076	0.077	0.077	0.077	0.077	0.076	0.076	0.076	0.077	0.078	0.077	0.077	0.077	0.076
*	0.065	0.065	0.066	0.066	0.065	0.064	0.064	0.064	0.065	0.065	0.065	0.065	0.064	0.064
**	0.075	0.076	0.076	0.076	0.076	0.075	0.075	0.076	0.077	0.076	0.076	0.075	0.075	0.075
*	0.064	0.064	0.065	0.065	0.065	0.063	0.064	0.063	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.063
**	0.074	0.075	0.076	0.075	0.075	0.074	0.075	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.075	0.075
*	0.063	0.064	0.064	0.064	0.064	0.063	0.063	0.063	0.063	0.064	0.064	0.064	0.063	0.062
**	0.074	0.074	0.075	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.074
*	0.063	0.063	0.064	0.064	0.063	0.062	0.062	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.062
**	0.073	0.074	0.074	0.074	0.073	0.073	0.073	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074	0.073
*	0.062	0.063	0.063	0.063	0.063	0.061	0.062	0.063	0.063	0.063	0.063	0.062	0.062	0.062
**	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073	0.072	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073	0.072	0.073

* : เมื่อมีการปรับไหลเข้าพัฒนาทางด้านน้อยที่สุด

** : เมื่อมีการปรับไหลเข้าพัฒนาทางด้านมากที่สุด

ตารางที่ 5.2 ความสูงของระดับน้ำเฉลี่ยในแต่ละตัวแห่ง

ตำแหน่งที่		ความสูงของระดับน้ำ เฉลี่ย (m)
1	*	0.0660
	**	0.0768
2	*	0.0654
	**	0.0758
3	*	0.0646
	**	0.0750
4	*	0.0639
	**	0.0742
5	*	0.0633
	**	0.0735
6	*	0.0628
	**	0.0730

* : เมื่อมีการปรับให้ลมเข้าพัดลมทางด้านดูดน้อยที่สุด

** : เมื่อมีการปรับให้ลมเข้าพัดลมทางด้านดูดมากที่สุด

5.3 วิธีการคำนวณผลการทดลอง

(เมื่อคิดให้ลมเข้าพัดลมทางด้านดูดน้อยที่สุด)

ในกรณีจำนวนชั้นของตึกเป็น 5 ชั้น

$$\Delta P = \rho * g * \Delta h$$

$$= 1000 * 9.81 * (0.066 - 0.0628)$$

$$= 31.392 \text{ kg / m.s}^2$$

$$D_h = \frac{2ab}{a+b} = D_{model}$$

$$= \frac{2 * 3.25 * 15}{(3.25 + 15) * 100}$$

$$= 0.05343 \text{ m.}$$

$$V_{model} = \frac{[\Delta P + (\rho * g * l)] D_h^2}{32 \mu * l}$$

$$= \frac{[31.392 + (1.23 * 9.81 * 0.925)] * (0.05343)^2}{32 * 1.7835 * 10^{-5} * 0.925}$$

$$= 230.112 \text{ m / s}$$

$$D = \frac{2ab}{a+b} = D_{prototype}$$

$$= \frac{2 * 0.65 * 3}{0.65 + 3}$$

$$= 1.0685 \text{ m.}$$

จากหลักการการวิเคราะห์มิติและความคล้ายคลึงจะได้

$$\left(\frac{\rho VD}{\mu}\right)_{model} = \left(\frac{\rho VD}{\mu}\right)_{prototype}$$

เนื่องจากใช้อากาศเป็นตัวทำงานเหมือนกัน ซึ่งจะได้

$$(VD)_{model} = (VD)_{prototype}$$

$$V = \frac{V_m D_m}{D}$$

$$= \frac{230.112 * 0.05343}{1.0685}$$

$$= 11.50668 \text{ m/s}$$

$$Q = VA$$

$$= \frac{\pi VD^2}{4}$$

$$= \frac{\pi * 11.50668 * (1.0685)^2}{4}$$

$$= 10.3178 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 10.3178 * 2118.88$$

$$= 21862.18 \approx 21900 \text{ CFM.}$$

ในกรณีจำนวนชั้นของตึกเป็น 4 ชั้น

การคำนวณจะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับการคำนวณในตึก 5 ชั้น

$$\Delta P = \rho * g * \Delta h$$

$$= 1000 * 9.81 * (0.0654 - 0.0628)$$

$$= 25.506 \text{ kg/m.s}^2$$

$$\begin{aligned}
 V_{model} &= \frac{[\Delta P + (\rho * g * l)] D h^2}{32 \mu * l} \\
 &= \frac{[25.506 + (1.23 * 9.81 * 0.82)] * (0.05343)^2}{32 * 1.7835 * 10^{-5} * 0.82} \\
 &= 215.944 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{V_m D_m}{D} \\
 &= \frac{215.944 * 0.05343}{1.0685} \\
 &= 10.7982 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= VA \\
 &= \frac{\pi V D^2}{4} \\
 &= \frac{\pi * 10.7982 * (1.0685)^2}{4} \\
 &= 9.6826 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 9.6826 * 2118.88 \\
 &= 20516.27 \approx 20500 \text{ CFM}
 \end{aligned}$$

ในกรณีจำนวนชั้นของตึกเป็น 3 ชั้น

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= \rho * g * \Delta h \\
 &= 1000 * 9.81 * (0.0646 - 0.0628) \\
 &= 17.658 \text{ kg/m.s}^2
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 V_{model} &= \frac{[\Delta P + (\rho * g * l)] D_h^2}{32 \mu * l} \\
 &= \frac{[17.658 + (1.23 * 9.81 * 0.615)] * (0.05343)^2}{32 * 1.7835 * 10^{-5} * 0.615} \\
 &= 203.976 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{V_m D_m}{D} \\
 &= \frac{203.976 * 0.05343}{1.0685} \\
 &= 10.19975 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= VA \\
 &= \frac{\pi V D^2}{4} \\
 &= \frac{\pi * 10.19975 * (1.0685)^2}{4} \\
 &= 9.1459 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 9.1459 * 2118.88 \\
 &= 19379.06 \approx 19400 \text{ CFM.}
 \end{aligned}$$

ในกรณีจำนวนชั้นของตึกเป็น 2 ชั้น

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= \rho * g * \Delta h \\
 &= 1000 * 9.81 * (0.0639 - 0.0628) \\
 &= 10.791 \text{ kg/ms}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{model}} &= \frac{[\Delta P + (\rho * g * l)] D_h^2}{32 \mu * l} \\
 &= \frac{[10.791 + (1.23 * 9.81 * 0.41)] * (0.05343)^2}{32 * 1.7835 * 10^{-5} * 0.41} \\
 &= 192.007 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{V_m D_m}{D} \\
 &= \frac{192.007 * 0.05343}{1.0685} \\
 &= 9.60125 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= VA \\
 &= \frac{\pi V D^2}{4} \\
 &= \frac{\pi * 9.60125 * (1.0685)^2}{4} \\
 &= 8.61 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 8.61 * 2118.88 \\
 &= 18243.56 \approx 18200 \text{ CFM.}
 \end{aligned}$$

ในกรณีจำนวนชั้นของตึกเป็น 1 ชั้น

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= \rho * g * \Delta h \\
 &= 1000 * 9.81 * (0.0633 - 0.0628) \\
 &= 4.905 \text{ kg/m.s}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{model} &= \frac{[\Delta P + (\rho * g * l)] D_h^2}{32 \mu * l} \\
 &= \frac{[4.905 + (1.23 * 9.81 * 0.205)] * (0.05343)^2}{32 * 1.7835 * 10^{-5} * 0.205} \\
 &= 180.04 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{V_m D_m}{D} \\
 &= \frac{180.04 * 0.05343}{1.0685} \\
 &= 9.0028 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= VA \\
 &= \frac{\pi V D^2}{4} \\
 &= \frac{\pi * 9.0028 * (1.0685)^2}{4} \\
 &= 8.0727 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 8.0727 * 2118.88 \\
 &= 17105.08 \approx 17100 \text{ CFM.}
 \end{aligned}$$

(เมื่อคิดให้ลมเข้าพัดลมทางด้านดูดมากที่สุด)

หลักการคำนวณก็จะเหมือนกับการคำนวณเมื่อคิดให้ลมเข้าพัดลมทางด้านดูดน้อยที่สุด
ในกรณีจำนวนชั้นของตึกเป็น 5 ชั้น

$$\Delta P = \rho * g * \Delta h$$

$$= 1000 * 9.81 * (0.0768 - 0.073)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$\begin{aligned}
 V_{model} &= \frac{[\Delta P + (\rho * g * l)] D_h^2}{32 \mu * l} \\
 &= \frac{[37.278 + (1.23 * 9.81 * 0.925)] * (0.05343)^2}{32 * 1.7835 * 10^{-5} * 0.925} \\
 &= 261.941 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{V_m D_m}{D} \\
 &= \frac{261.941 * 0.05343}{1.0685} \\
 &= 13.0983 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= VA \\
 &= \frac{\pi V D^2}{4} \\
 &= \frac{\pi * 13.0983 * (1.0685)^2}{4} \\
 &= 11.745 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 11.745 * 2118.88 \\
 &= 24886.25 \approx 24900 \text{ CFM.}
 \end{aligned}$$

ในกรณีจำนวนชั้นของตึกเป็น 4 ชั้น

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= \rho * g * \Delta h \\
 &= 1000 * 9.81 * (0.0758 - 0.073) \\
 &= 27.468 \text{ kg/m.s}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{model} &= \frac{[\Delta P + (\rho * g * l)] D h^2}{32 \mu * l} \\
 &= \frac{[27.468 + (1.23 * 9.81 * 0.82)] * (0.05343)^2}{32 * 1.7835 * 10^{-5} * 0.82} \\
 &= 227.912 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$V = \frac{V_m D_m}{D}$$

$$Q = VA$$

$$= \frac{\pi V D^2}{4}$$

$$= \frac{\pi * 11.397 * (1.0685)^2}{4}$$

$$= 10.2195 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 10.2195 * 2118.88$$

$$= 21653.89 \approx 21700 \text{ CFM.}$$

ในกรณีจำนวนชั้นของตึกเป็น 3 ชั้น

$$\Delta P = \rho * g * \Delta h$$

$$= 1000 * 9.81 * (0.075 - 0.073)$$

$$= 19.62 \text{ kg/m.s}^2$$

$$\begin{aligned}
 V_{model} &= \frac{[\Delta P + (\rho * g * l)] D h^2}{32 \mu * l} \\
 &= \frac{[19.62 + (1.23 * 9.81 * 0.615)] * (0.05343)^2}{32 * 1.7835 * 10^{-5} * 0.615} \\
 &= 219.933 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V = \frac{V_m D_m}{D}$$

$$Q = VA$$

$$= \frac{\pi V D^2}{4}$$

$$= \frac{\pi * 10.997 * (1.0685)^2}{4}$$

$$= 9.8608 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 9.8608 * 2118.88$$

$$= 20893.85 \approx 20900 \text{ CFM.}$$

ในกรณีจำนวนชั้นของตึกเป็น 2 ชั้น

$$\Delta P = \rho * g * \Delta h$$

$$= 1000 * 9.81 * (0.0742 - 0.073)$$

$$= 11.772 \text{ kg/m.s}^2$$

$$V_{\text{model}} = \frac{[\Delta P + (\rho * g * l)] D_h^2}{32 \mu * l}$$

$$= \frac{[11.772 + (1.23 * 9.81 * 0.41)] * (0.05343)^2}{32 * 1.7835 * 10^{-5} * 0.41}$$

$$= 203.975 \text{ m/s}$$

$$V = \frac{V_m D_m}{D}$$

$$= \frac{203.975 * 0.05343}{1.0685}$$

$$= 10.1997 \text{ m/s}$$

$$Q = VA$$

$$= \frac{\pi V D^2}{4}$$

$$= \frac{\pi * 10.1997 * (1.0685)^2}{4}$$

$$= 9.1459 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 9.1459 * 2118.88$$

$$= 19379.06 \approx 19400 \text{ CFM.}$$

ในกรณีจำนวนชั้นของตึกเป็น 1 ชั้น

$$\Delta P = \rho * g * \Delta h$$

$$= 1000 * 9.81 * (0.0735 - 0.073)$$

$$= 4.905 \text{ kg/m.s}^2$$

$$V_{\text{model}} = \frac{[\Delta P + (\rho * g * l)] D_h^2}{32 \mu * l}$$

$$= \frac{[4.905 + (1.23 * 9.81 * 0.205)] * (0.05343)^2}{32 * 1.7835 * 10^{-5} * 0.205}$$

$$= 180.039 \text{ m/s}$$

$$V = \frac{V_m D_m}{D}$$

$$Q = VA$$

$$= \frac{\pi V D^2}{4}$$

$$= \frac{\pi * 9.0028 * (1.0685)^2}{4}$$

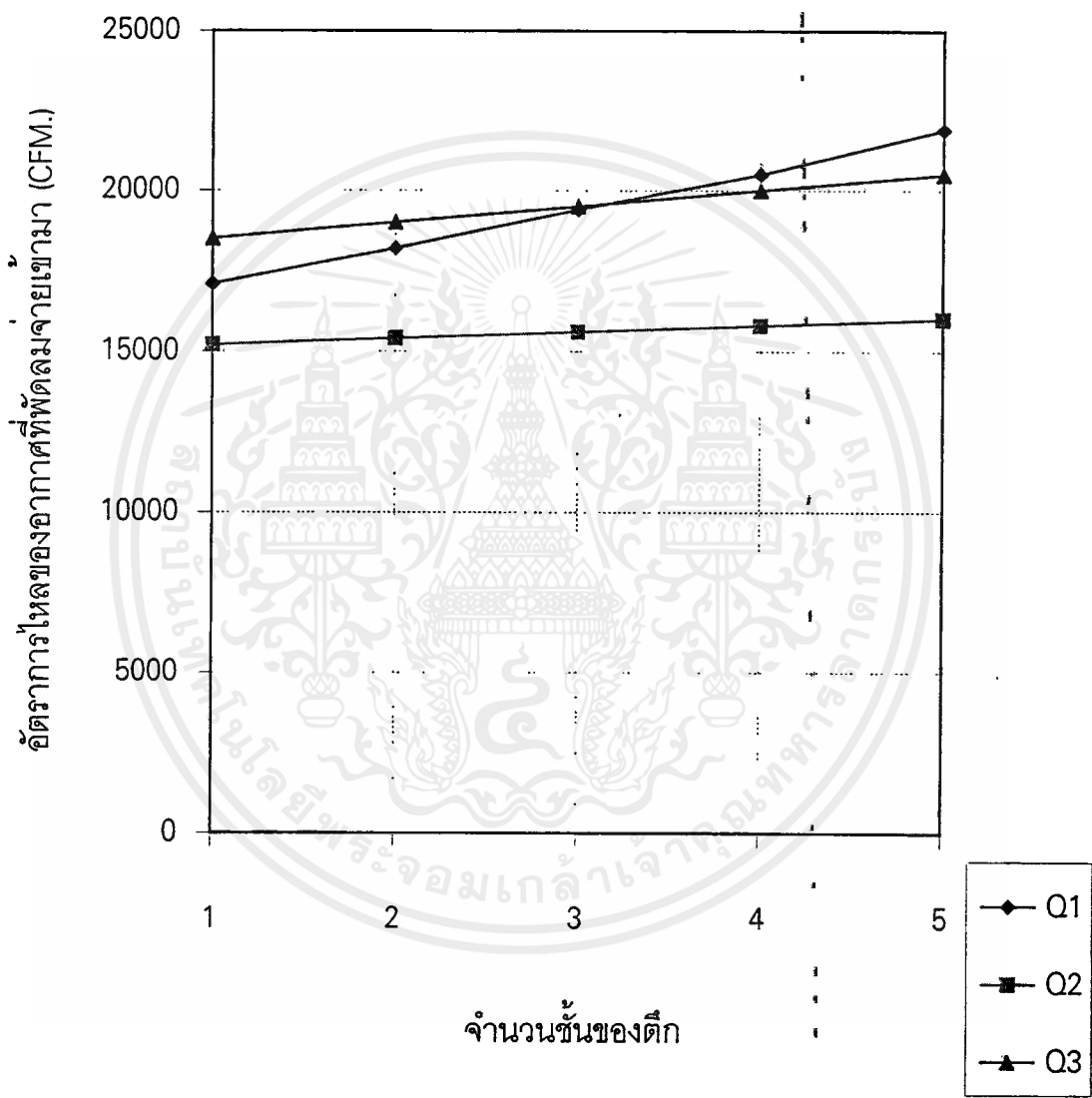
$$= 8.0727 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 8.0727 * 2118.88$$

$$= 17105.08 \approx 17100 \text{ CFM.}$$

จากผลการคำนวณข้างต้นสามารถนำมาเขียนเป็นกราฟได้ดังนี้

รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศที่พัดลมจ่ายเข้ามาในท่อส่งลม กับ จำนวนชั้นของตึก



Q1 : จากผลการทดลอง

Q2 : จากสูตรของ ดร. วรวิทย์

Q3 : จากสูตรของ ดร. ตุลย์

จากรูปที่ 5.2 สามารถใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดหาสมการได้ดังนี้

จาก

$$Q = a + bn$$

a, b เป็นค่าคงที่

$$a + bn_i - Q_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^m (a + bn_i - Q_i)^2 \dots \dots \dots \text{MINIMUM}$$

ดิฟเทียบกับค่าคงที่ a แล้วให้เท่ากับศูนย์จะได้

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^m (a + bn_i - Q_i)^2}{\partial a} = 0$$

$$am + b \sum_{i=1}^m n_i = \sum_{i=1}^m Q_i \dots \dots \dots (1)$$

ดิฟเทียบกับค่าคงที่ b แล้วให้เท่ากับศูนย์จะได้

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^m (a + bn_i - Q_i)^2}{\partial b} = 0$$

$$a \sum_{i=1}^m n_i + b \sum_{i=1}^m n_i^2 = \sum_{i=1}^m Q_i n_i \dots \dots \dots (2)$$

จากข้อมูลการคำนวณข้างต้นจะได้ตาราง

ตาราง

n_i	Q_i	n_i^2	$n_i Q_i$
1	17100	1	17100
2	18200	4	36400
3	19400	9	58200
4	20500	16	82000
5	21900	25	109500
$\sum n_i = 15$	$\sum Q_i = 97100$	$\sum n_i^2 = 55$	$\sum n_i Q_i = 303100$

เอาค่าจากตารางที่ 5.3 แทนลงในสมการ (1) และ (2) จะได้

$$5a + 15b = 97100 \dots\dots\dots (3)$$

$$15a + 55b = 303100 \dots\dots\dots (4)$$

แก้สมการ (3) และ (4) จะได้

$$a = 15880$$

$$b = 1180$$

ดังนั้นจะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าอัตราการไหลของอากาศที่พัดลมจ่ายเข้ามาในท่อส่งลม กับ จำนวนชั้นของตึก เป็นดังนี้

$$CFM = 15880 + 1180 * N$$

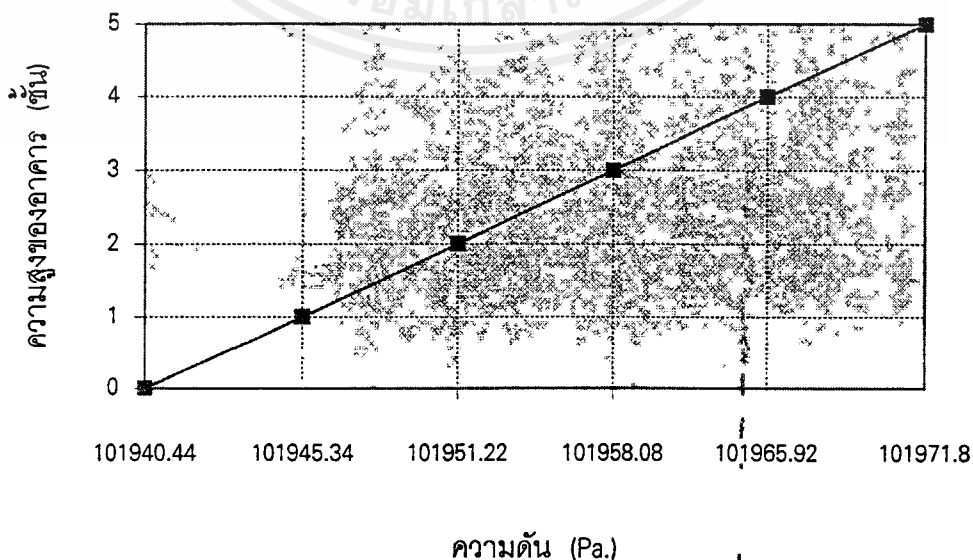
โดยที่ N คือจำนวนชั้นของตึก



ตารางที่ 5.3 แสดงค่าของความดันที่แปรเปลี่ยนไปตามความสูงของอาคาร

ความดัน (Pa.)	ความสูงของอาคาร (ชั้น)
101940.44	Ground Level
101945.34	1
101951.22	2
101958.08	3
101965.92	4
101971.8	Roof Level

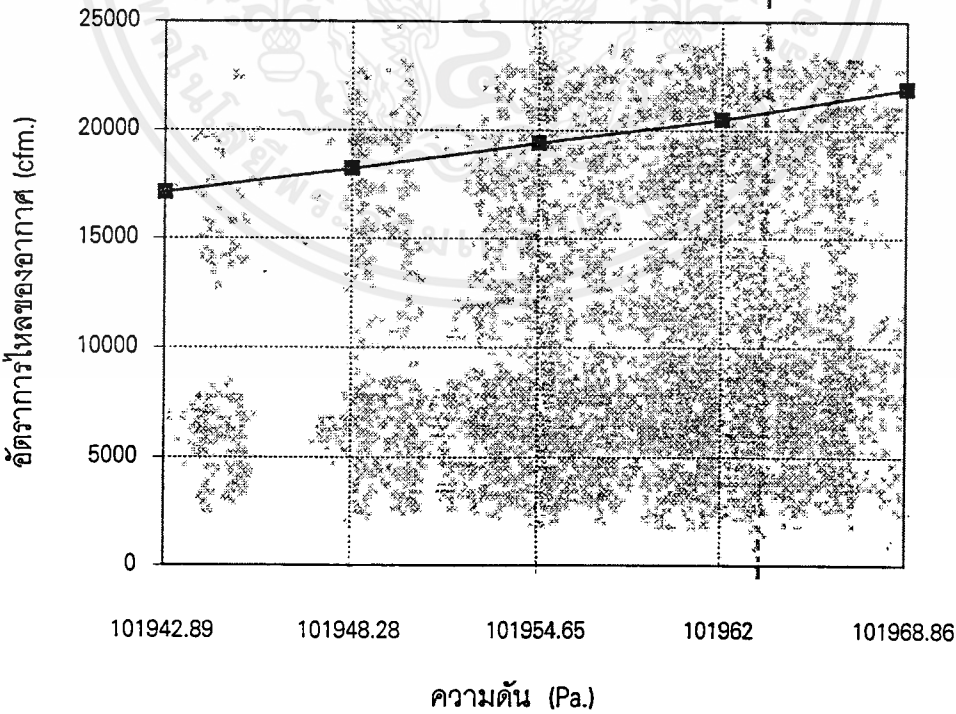
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงค่าของความดันที่แปรเปลี่ยนไปตามความสูงของอาคาร



ตารางที่ 5.4 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างความดัน กับ อัตราการไหลของอากาศที่จ่ายเข้ามา.

ความดัน (Pa.)	อัตราการไหลของอากาศ (cfm.)
101943	17100
101948	18200
101955	19400
101962	20500
101969	21900

รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน กับ อัตราการไหลของอากาศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.3 สามารถใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดหาสามารถได้ดังนี้

จาก

$$P = a + bn$$

a, b เป็นค่าคงที่

$$a + bn_i - P_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^m (a + bn_i - P_i)^2 \dots \dots \dots \text{MINIMUM}$$

ดิฟเทียบกับค่าคงที่ a แล้วให้เท่ากับศูนย์จะได้

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^m (a + bn_i - P_i)^2}{\partial a} = 0$$

$$am + b \sum_{i=1}^m n_i = \sum_{i=1}^m P_i \dots \dots \dots (1)$$

ดิฟเทียบกับค่าคงที่ b แล้วให้เท่ากับศูนย์จะได้

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^m (a + bn_i - P_i)^2}{\partial b} = 0$$

$$a \sum_{i=1}^m n_i + b \sum_{i=1}^m n_i^2 = \sum_{i=1}^m P_i n_i \dots \dots \dots (2)$$

จากข้อมูลการคำนวณข้างต้นจะได้ตารางดังนี้

n_i	P_i	n_i^2	$n_i P_i$
1	101.945	1	101.945
2	101.951	4	203.902
3	101.958	9	305.874
4	101.965	16	407.863
5	101.971	25	509.859
$\sum n_i = 15$	$\sum P_i = 509.792$	$\sum n_i^2 = 55$	$\sum n_i P_i = 1529.444$

เอาค่าในตารางข้างต้นแทนลงในสมการ (1) และ (2) จะได้

$$5a + 15b = 509.792 \dots\dots\dots(3)$$

$$15a + 55b = 1529.444 \dots\dots\dots(4)$$

แก้สมการ (3) และ (4) จะได้

$$a = 101938$$

$$b = 6.762$$

ดังนั้นจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันที่แปรเปลี่ยนไปตามความสูงของอาคารเป็นดังนี้

$$P = 101938 + 6.762N$$

โดยที่ N เป็นจำนวนชั้นของตึก

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำหลักการ และทฤษฎีเกี่ยวกับระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟ ตลอดจนหลักการการวิเคราะห์มิติและความคล้ายคลึง มาประยุกต์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศที่พัดลมจ่ายเข้ามา กับจำนวนชั้นของตึกในแบบจำลอง เพื่อให้สามารถนำไปวิเคราะห์และใช้ได้กับระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟในอาคารสูงในการใช้งานจริงๆ ได้โดยสะดวก ซึ่งจะอำนวยความสะดวกให้ผู้ที่ต้องการออกแบบระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟในอาคารสูงสามารถทำได้ง่ายขึ้น

วิจารณ์ผลการทดลอง

การเก็บข้อมูลจากการทดลองทำได้อย่างจำกัด เนื่องจากเครื่องมือวัดสำหรับชุดทดลองนั้น ไม่สามารถทำได้ละเอียดพอ จึงมีผลทำให้ผลการทดลองอาจผิดพลาดไม่ตรงตามทฤษฎีไปบ้าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อากาศมาตรฐานจะมี

$$v = 1.45 * 10^{-5} \quad m^2 / s$$

$$g = 9.81 \quad m / s$$

$$\rho = 1.23 \quad kg / m^3$$

$$\mu = \rho v = 1.7835 * 10^{-5} \quad kg / m.s$$

$$\rho_{water} = 1000 \quad kg / m^3$$

$$\left(1 \quad m^3 / s = 2118.88 \quad CFM. \right)$$

การกำหนด CFM ของพัดลม

- การกำหนด CFM ของพัดลมในหนังสือ ASHRAE HAND BOOK :

ในการกำหนด CFM ของพัดลมนั้นจะต้องคำนวณหาปริมาณอากาศที่รั่วซึมผ่านประตูทุกบาน ทั้งในขณะที่ประตูเปิดเต็มที่ และประตูปิด (ซึ่งขณะที่ประตูปิดก็จะมีปริมาณอากาศที่รั่วซึมผ่านทางขอบของประตู) ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q = Q_D + Q_L$$

Where : Q = staircase pressurized air volume (cfm)

Q_D = Air flow staircase to outdoor while door is fully opened

Q_L = Air leak from door edge

$$Q_D = V * A * N$$

Where : V = Air velocity thru the door (fpm)

A = Door area (ft²)

N = No. of door fully opened

$$Q_L = 2610 * A_1 * \sqrt{\Delta P} * N_1$$

Where : A_1 = Leak flow area (ft²)
 ΔP = Pressure difference across flow path
 N_1 = Total No. of doors

- การกำหนด *CFM* ของพัดลมในบทความของ ดร.วริทธิ์ :

$$Q = 15000 + 200 * (\text{จำนวนชั้น})$$

- การกำหนด *CFM* ของพัดลมในบทความของ ดร.ตุลย์ :

$$Q = 18000 + 500 * (\text{จำนวนชั้น})$$

หนังสืออ้างอิง :

1. รศ. สมาน เจริญกิจพูนผล , มนตรี พิรุณเกษตร , 'กลศาสตร์ของไหล' , บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.
2. วินัย เวชวิทยาลัง , 'เรื่อนำรู้ เทคนิคเครื่อง ชุดที่ 5' , บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.
3. Robert W. Fox , Alan T. McDonald , ' Introduction ' to Fluid Mechanics ' , The Permission Department , John Wiley & Sons , ISBN 0-471-59274-9.
4. ASHRAE Publication American of Heating Refrigerating and Air Condition Engineer , 1791 Tullic Circle , N.E. , Alanta C.A 30329.
5. W.F. Stoecker , ' Design of Thermal Systems ' , McGraw- Hill Book Company.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนช่วยให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์ ในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยเหลือในการทำโครงการ

ขอขอบคุณ อ. จำลอง ปราบแก้ว ในการอำนวยความสะดวกในการทำงาน

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ และประสบการณ์ให้ในการศึกษา

ขอขอบคุณ พี่ มณฑา เทียมเมือง ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาด้านงานฝีมือตลอดจนการให้ยืมเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงการ

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ทุกคน ที่คอยให้ความสนุกสนานและความบันเทิง

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และบุคคลผู้เป็นที่รัก ที่คอยให้กำลังใจ ในการทำโครงการ

ขอขอบคุณ น้องชา วิศวกรรมเกษตร ปี 3 ที่ช่วยให้ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จขึ้นมาได้