

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวน

PASSIVE ACOUSTIC VENTILATORS



พีระพงษ์ บุญรังษี

PHEERAPHONG BOONRANGSIE

อ.พ.
พ. ๗๙๘๘
๘๕๕๑

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 87079
วัน,เดือน,ปี..... 30 ส.ค. 2552

b. 12023243
i.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแต่งเอกสารนี้หรือเผยแพร่ข้อมูลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
พ.ศ. 2551
KMITL-2008-AR-M-002-403

PASSIVE ACOUSTIC VENTILATORS



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
2008



COPYRIGHT 2008

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวน
นักศึกษา	นายพีระพงษ์ บุญรัมย์
รหัสนักศึกษา	48062201
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ปรีชญา รังสิรักษ์

บทคัดย่อ

เสียงรบกวนเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพกาย และสุขภาพจิตของผู้พักอาศัยในเขตชุมชนเมืองที่หนาแน่น และพื้นที่พัฒนาที่มีการขยายตัวของอาคารคมนาคม การก่อสร้าง และอุตสาหกรรม โดยเฉพาะเมืองศูนย์กลางความเจริญอย่างเช่นกรุงเทพมหานครที่สิ่งแวดล้อมเต็มไปด้วยมลพิษ เสียง ความร้อน ฝุ่นละออง และอากาศเสีย วิธีการป้องกันเสียงรบกวนที่ใช้กันอยู่ทั่วไปและได้ผลดีเป็นอย่างยิ่งก็คือการปิดประตู หน้าต่าง และติดเครื่องปรับอากาศซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอกได้ดี ช่วยปรับอุณหภูมิภายในให้อยู่ในภาวะสบายและยังป้องกันฝุ่นละอองจากภายนอกได้ดีอีกด้วย เป็นที่ทราบกันดีว่าเครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ที่สร้างภาวะสบายให้กับมนุษย์อย่างสมบูรณ์ก็จริงแต่ก็เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในจำนวนอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนทั้งหมด และยังคงมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคารทั้งเสียงรบกวน ความร้อน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นเมื่อปริมาณการใช้เครื่องปรับอากาศยิ่งมากเท่าใด ปริมาณมลพิษในอากาศแวดล้อมก็ยิ่งมากเท่านั้น ข้อเท็จจริงอีกอย่างหนึ่งพบว่าการใช้เครื่องปรับอากาศในเขตเมืองหนาแน่นบางครั้งใช้เพียงเพื่อป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอกต่างๆ ที่อุณหภูมิอากาศภายนอกอยู่ในภาวะสบาย ซึ่งถ้าไม่มีเสียงรบกวนและฝุ่นละออง การระบายอากาศตามธรรมชาติก็จะสามารถสร้างภาวะสบายในอาคารได้ในบางช่วงเวลา ซึ่งจะเป็นการลดช่วงเวลาการใช้เครื่องปรับอากาศ สนองนโยบายประหยัดการใช้พลังงานของประเทศชาติ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อต้องการศึกษาทดลองหารูปแบบของช่องเปิดที่สามารถระบายอากาศตามธรรมชาติและสามารถลดเสียงรบกวนที่มากับอากาศ โดยเสนอรูปแบบของช่องเปิดดังกล่าวจากการศึกษาทางทฤษฎีจำนวน 2 แบบและทำการทดสอบด้วยการตรวจวัดผลการลดเสียงและปริมาณการระบายอากาศในภาคสนาม

จากการทดสอบพบว่าช่องเปิดที่มีช่องกับดักเสียงขนาดความกว้าง 5 มิลลิเมตร ขนาดความยาว 50 มิลลิเมตร ให้ผลในการลดเสียงรบกวนได้ดีที่สุด ขณะที่ช่องเปิดหน้าต่างที่มีตำแหน่งช่องลมเข้าทางด้านหน้าซึ่งมีการปะทะกับแนวกระแสลมโดยตรง และมีขนาดพื้นที่ช่องลมเข้าเพียง 0.012 ตารางเมตร ยังคงยอมให้อากาศผ่านได้เกินกว่าร้อยละ 50 แต่หลังจากทำการวิเคราะห์ผลจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวงนไวสาหรับการใชงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจวัดภาคสนามพบว่าสำหรับรูปแบบช่องเปิดที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีความสามารถในการลดเสียงรบกวนจากการจราจรได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ระดับเสียงรบกวนที่ลดได้โดยประมาณ 13 เดซิเบล เอ และให้ค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกประมาณร้อยละ 68 ของค่าความเร็วลมตั้งต้น

และถ้าต้องการเพิ่มความสามารถในการลดเสียงควบคู่กับการเพิ่มการระบายอากาศให้กับช่องเปิดที่ทำการศึกษา ผู้วิจัยจึงเสนอให้ขยายความกว้างของช่องลมและปรับลักษณะช่องลมให้มีความลาดเอียงเพื่อเพิ่มปริมาณลมที่ผ่านเข้าสู่อาคาร และนำแผ่นวัสดุที่มีสมบัติการดูดกลืนเสียงที่ดี เช่น แผ่นอะคูสติคชิปบอร์ด เป็นต้น มาใช้ประกอบที่ช่องกับดักเสียงในลักษณะแผ่นครีบบนๆ ซ้อนชั้นเว้นแนวช่องว่างระหว่างแผ่นเพื่อเพิ่มพื้นที่ดักกระทบของเสียง และกักเก็บเสียงทำให้สามารถลดปริมาณเสียงรบกวนที่ผ่านเข้าสู่อาคารได้มากขึ้น



Thesis Title	Passive Acoustic Ventilators
Student	Mr.Pheeraphong Boonrangsie
Student ID.	48062201
Degree	Master of Architecture
Program	Tropical Architecture
Year	2008
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Preechaya Rangsiraksa

ABSTRACT

We enjoy fresh air in our homes. Unfortunately, openings to provide air ventilation can invite noise. As our residences are brought closer to urbanized areas, the sound environment in our domestic domains is being further threatened by noise pollution from the busy streets, congested roads, construction sites, et cetera. As noise has both negative physical and psychological impact on people, it is vital to reduce unwanted noise while providing for air ventilation.

The purpose of this research is to investigate the optimal measurements of passive acoustic ventilators. In this investigation, the focus is on reducing noise without compromising air ventilation and scenic views. We seek to optimally combine and integrate all these functions into a single product that can be used in practical situations. Ideally, our research can provide fundamental concepts that might be further developed in this field of study.

In the experiment, we examined both the noise reduction and ventilation capability of the test models. Our measurements of noise and air ventilation were based on:

- (1) Noise – assessed by the Sound Reduction Index (SRI) and acceptable Noise Rating (NR) for community zone and traffic using the Sound Level Meter.
- (2) Air ventilation – assessed by the Ventilation Rate (VR), i.e. percentage of wind speed flow through the inlet using the Hot Wire Anemometer

Our findings show that both model wall type 1 and wall type 2 assist in noise reduction. However, the reduced noise does not meet the required Noise Rating for residential buildings. In terms of air ventilation, model wall type 2 provides better ventilation than model wall type 1.

The conclusions we draw from our experiment are that:

(1) To increase the efficiency of a noise trap, better absorptive material such as acoustics chipboard should be used. It should be made like a flat fin then inserted between inlets so as to increase incidences of noise reflections.

(2) To increase air ventilation, the width of inlets should be extended and the slope adjusted.



กิตติกรรมประกาศ

ขอมอบเอกสารฉบับนี้ให้กับทุกท่านที่มีส่วนร่วมให้โอกาส และเป็นแรงผลักดันให้การ
เรียนรู้ทางด้านวิชาการในครั้งนี้เป็นผลสำเร็จ

ขอขอบคุณ : ครอบครัวบุญรัมย์ ม.ร.ว.แชน แจ่มจรัส รัชนี อ.ศิริชัย ธนทิพย์ อ.กวิณ
ว่องวิทย์การ รศ.ธีรমন ไวโรจนกิจ รศ.สมศักดิ์ ธรรมเวชวิธิ รศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ รศ.สุภาวดี
รัตนมาศ ผศ.ชัยยุทธ ศรีเผด็จ ดร.พจมาน ทำจิ้น ดร. กฤษกนก สุทัศน์ ณ อยุธยา และ รศ.ดร.ปรีชญา
รังสิรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ทีระพงษ์ บุญรัมย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	X
สารบัญรูป.....	XII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 สมมุติฐาน.....	3
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.5 ขั้นตอนการศึกษา.....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.7 ระยะเวลาในการศึกษา.....	5
บทที่ 2 ทบทวนทฤษฎีและวรรณกรรม.....	6
2.1 ธรรมชาติของเสียง.....	6
2.1.1 กลิ่นเสียง.....	6
2.1.2 การกระจายตัวของเสียง.....	7
2.1.3 กำบังและความเข้มเสียง.....	8
2.1.4 เสียงโคด และแถบเสียง.....	8
2.1.5 ระดับเสียง.....	8
2.2 เสียงกับมนุษย์.....	9
2.2.1 การได้ยินเสียง.....	9
2.2.2 ขอบเขตการรับฟังเสียงของมนุษย์.....	10
2.2.3 ความดังเสียง.....	11
2.2.4 ระดับเสียงเวทท์.....	11
2.2.5 เกณฑ์เสียงและผลกระทบของเสียงกับมนุษย์.....	12
2.2.6 การลดเสียงรบกวนในสภาพแวดล้อม.....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตเดินทางไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VI อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 เสียงกับอาคาร.....	17
2.3.1 ขั้นตอนการส่งผ่านเสียง.....	17
2.3.2 เสียงภายในอาคาร	18
2.3.3 การคูดกลืนเสียง.....	19
2.3.4 การส่งผ่านเสียง.....	20
2.3.5 การควบคุมเสียงในการระบายอากาศ.....	20
2.4 วิธีการตรวจวัดเสียง.....	23
2.4.1 เครื่องตรวจวัดเสียง.....	23
2.4.2 การตรวจวัดเสียงภาคสนาม.....	26
2.4.2.1 การตรวจวัดเสียงตามมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ.....	26
2.4.2.2 การตรวจวัดเสียงภาคสนามตามมาตรฐาน ISO140.....	27
2.4.3 การตรวจวัดเสียงในห้องทดลอง.....	27
2.4.3.1 รูปแบบห้องทดลองมาตรฐาน.....	28
2.4.3.2 รูปแบบเสียงมาตรฐานที่ใช้ในการทดลอง.....	30
2.4.4 การบวกหรือลบเดซิเบล.....	31
2.4.5 ค่าระดับเสียงทางสถิติ.....	33
2.4.6 มาตรฐานระดับเสียงในชุมชน.....	33
2.5 การระบายอากาศ.....	35
2.5.1 การระบายอากาศตามธรรมชาติ.....	35
2.5.1.1 กระแสลมจากความดันอากาศ.....	35
2.5.1.2 กระแสลมจากความแตกต่างของอุณหภูมิ	36
2.5.2 เป้าหมายในการระบายอากาศ.....	36
2.5.2.1 ภาชนะนำสบายทางอุณหภูมิ.....	36
2.5.2.2 คุณภาพอากาศภายในอาคาร.....	37
2.5.3 การไหลเวียนของอากาศภายในเมือง	37
2.5.4 การไหลเวียนของอากาศภายในอาคาร.....	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.5 การระบายอากาศที่ผนังอาคาร.....	40
2.5.6 รูปแบบการระบายอากาศผ่านช่องเปิดหน้าต่าง.....	41
2.5.7 อัตราการไหลตามสมการเบอร์นูลี.....	43
2.5.8 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศในหนึ่งชั่วโมง.....	43
บทที่ 3 วิธีศึกษา.....	44
3.1 การคำนวณทางทฤษฎี.....	44
3.1.1 วัตถุประสงค์.....	44
3.1.2 การคำนวณค่าการลดเสียงจากการสะท้อนและดูดกลืนเสียง.....	45
3.1.3 การคำนวณค่าความเร็วลมที่ช่องลมออก.....	47
3.2 การเก็บข้อมูลภาคสนาม	48
3.2.1 วัตถุประสงค์	48
3.2.2 การเก็บข้อมูลผลการตรวจวัดเสียงรบกวน.....	48
3.2.3 การเก็บข้อมูลผลการตรวจวัดค่าความเร็วลมที่ช่องลมออก.....	50
บทที่ 4 การคำนวณทางทฤษฎี.....	52
4.1 การคำนวณการลดเสียงรบกวนของช่องเปิด.....	52
4.1.1 วิธีการคำนวณค่าการลดเสียงรบกวน.....	52
4.1.2 ผลการคำนวณค่าการลดเสียงรบกวน.....	53
4.2 การคำนวณการระบายอากาศของช่องเปิด.....	54
4.2.1 วิธีการคำนวณค่าความเร็วลม.....	54
4.2.2 ผลการคำนวณ	55
4.3 รูปแบบหน่วยทดลองช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวน.....	57
4.3.1 หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1.....	57
4.3.2 หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2.....	58
บทที่ 5 การเก็บข้อมูลภาคสนาม.....	60
5.1 การเก็บข้อมูลปริมาณเสียงรบกวนภาคสนาม.....	60
5.1.1 วิธีการเก็บข้อมูลเสียงรบกวนภาคสนาม.....	60
5.1.2 ผลการตรวจวัดเสียงภาคสนาม.....	63

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2 การเก็บข้อมูลปริมาณการระบายอากาศภาคสนาม.....	71
5.2.1 วิธีการเก็บข้อมูลความเร็วลมผ่านหน่วยทดลองภาคสนาม.....	71
5.2.2 ผลการตรวจวัดความเร็วลมผ่านหน่วยทดลองภาคสนาม.....	73
5.3 ผลการเก็บข้อมูลภาคสนาม.....	78
บทที่ 6 วิเคราะห์ผลการศึกษา.....	79
6.1 วิเคราะห์ผลการศึกษารลดเสียงรบกวนของช่องเปิด.....	79
6.2 วิเคราะห์ผลการศึกษาระบายอากาศของหน่วยทดลองช่องเปิด.....	82
6.3 ผลวิเคราะห์ผลการศึกษา.....	83
บทที่ 7 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	84
7.1 สรุปผลการศึกษา.....	84
7.2 ข้อเสนอแนะ.....	90
เอกสารอ้างอิง.....	94
ประวัติผู้เขียน.....	96

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงค่าระดับเสียงแบบคราวันท์ที่ยอมรับได้สำหรับพื้นที่ใช้งานแต่ละประเภท.....	2
1.2 แสดงค่าระดับเสียงรบกวนที่ยอมรับได้สำหรับพื้นที่พักอาศัยในเขตชุมชนเมือง.....	2
2.1 ผลกระทบจากเสียงรบกวนต่อมนุษย์.....	12
2.2 ค่าเกณฑ์เสียงรบกวน.....	13
2.3 แสดงค่าเกณฑ์เสียงรบกวนของแต่ละพื้นที่ใช้สอย.....	14
2.4 แสดงค่าการลดเสียงของช่องเปิด.....	18
2.5 แสดงค่าระดับเสียงรบกวนที่ยอมรับได้.....	34
2.6 อัตราการระบายอากาศที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการสูบบุหรี่.....	39
2.7 เกณฑ์การระบายอากาศของแต่ละพื้นที่ใช้สอยของอาคาร.....	40
3.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของไม้สักในช่วงความถี่เสียงต่างๆ หนึ่งออกเทบ.....	47
4.1 แสดงค่าการลดเสียงรบกวน.....	53
4.2 ขนาดพื้นที่ช่องลมข้างของหน่วยทดลอง.....	55
4.3 แสดงค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกจากการคำนวณทางทฤษฎี.....	53
5.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของห้องทดสอบเสียงที่สร้างขึ้น.....	63
5.2 แสดงค่าเสียงที่จูดรับเสียงและค่าเสียงแบบคราวันท์ของเสียงลำโพง.....	64
5.3 แสดงค่าเสียงที่ทำการหักค่าเสียงแบบคราวันท์ออกของเสียงลำโพง.....	64
5.4 แสดงค่าเสียงที่จูดรับเสียงและเสียงแบบคราวันท์ของเสียงผ่านผนังทึบ.....	64
5.5 แสดงค่าเสียงที่ทำการหักค่าเสียงแบบคราวันท์ออกของเสียงผ่านผนังทึบ.....	65
5.6 แสดงค่าเสียงที่จูดรับเสียงและค่าเสียงแบบคราวันท์ของเสียงผ่านผนังที่มีช่องเปิด โลง.....	65
5.7 แสดงค่าเสียงที่แท้จริงของเสียงผ่านผนังที่มีช่องเปิด โลง.....	66
5.8 แสดงค่าเสียงที่จูดรับเสียงและค่าเสียงแบบคราวันท์ของเสียงผ่านผนังที่ติดตั้งหน่วยทดลอง ช่องเปิดแบบที่ 1.....	66
5.9 แสดงค่าเสียงรวมของเสียงผ่านผนังที่มีการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1.....	66
5.10 แสดงค่าเสียงที่จูดรับเสียงและค่าเสียงแบบคราวันท์ของเสียงผ่านผนังที่มีการติดตั้งหน่วย ทดลองช่องเปิดแบบที่ 2.....	64
5.11 แสดงค่าเสียงรวมของเสียงผ่านผนังที่มีการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2.....	67
5.12 ค่าการลดเสียงรบกวนของแต่ละกรณีศึกษา.....	70
5.13 ค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกเฉลี่ยในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 ทำมุม 45 องศา กับแนวกระแสลม.....	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.14 ค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกเฉลี่ยในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 ทำมุม 90 องศา กับแนวกระแสลม.....	74
5.15 ค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกเฉลี่ยในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ทำมุม 45 องศา กับแนวกระแสลม.....	74
5.16 ค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกเฉลี่ยในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ทำมุม 90 องศา กับแนวกระแสลม.....	75
5.17 ค่าอัตราส่วนร้อยละของค่าความเร็วลมที่ผ่านหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1.....	76
5.18 ค่าอัตราส่วนร้อยละของค่าความเร็วลมที่ผ่านหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2.....	76
5.19 แสดงผลการทดสอบการลดเสียงและการระบายอากาศของหน่วยทดลองช่องเปิด ทั้งสองแบบ.	78
6.1 ค่าเกณฑ์เสียงของแต่ละกรณีศึกษา.....	79
6.2 ค่าเสียงที่ต้องการทำการลดกับค่าการลดเสียง.....	80
6.3 เปรียบเทียบพื้นที่ได้กราฟของแต่ละกรณีศึกษา.....	81
6.4 เปรียบเทียบอัตราส่วนความเร็วลมผ่านหน่วยทดลองช่องเปิด.....	82
7.1 ผลการศึกษาของหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2.....	86
7.2 ตัวอย่างวัสดุดูดคลื่นเสียงและค่าสัมประสิทธิ์การดูดคลื่นเสียงของวัสดุ.....	86
7.3 ตัวอย่างค่าเสียงที่ลดลงของช่องเปิดจากการคำนวณทางทฤษฎี.....	88

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมงรายปี ริมนถนนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 จนถึงปี พ.ศ.2549 เป็นระยะเวลา 10ปี (เอกสารรายงานมลพิษทางอากาศ และเสียงปี 2549 ของกรมควบคุมมลพิษ).....	1
1.2 แสดงระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมงรายปี พื้นที่ทั่วไปในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 จนถึงปี พ.ศ.2549 เป็นระยะเวลา 10ปี (เอกสารรายงานมลพิษทางอากาศ และเสียงปี 2549 ของกรมควบคุมมลพิษ)	2
2.1 รูปแบบของคลื่นเสียงในลักษณะคลื่นตามยาว.....	6
2.2 การกระจายพลังงานเสียง.....	7
2.3 ภาพตัดแสดงส่วนประกอบภายในหูของคน.....	9
2.4 การสูญเสียประสิทธิภาพทางการได้ยินเนื่องจากวัย.....	10
2.5 แสดงขอบเขตการได้ยินเสียงของมนุษย์.....	10
2.6 เส้นกราฟความดังเสียง (equal loudness contour).....	11
2.7 เส้นโค้งแสดงระดับเสียงเวกท์ (Weighted sound level)	12
2.8 แสดงการนำเส้นเสียงรบกวนมาวางทับบนแผนภาพเกณฑ์เสียง เพื่อประเมินระดับเสียงรบกวนนั้น.....	13
2.9 แสดงการลดเสียงรบกวนที่แหล่งกำเนิดเสียง.....	14
2.10 แสดงการหักเหของเสียงผ่านที่กั้นเสียง (ซ่าย) และแผนภาพแสดงค่าระดับเสียงที่ลดลงตามอัตราส่วนความสูงต่อความยาวคลื่น ที่มุมหักเหต่างๆ (ขวา).....	15
2.11 แสดงแนวเส้นแสดงระดับเสียง ในการพิจารณาระยะห่างของอาคารจากถนน.....	15
2.12 วัสดุดูดกลืนเสียงแบบมีรูพรุน มีการติดตั้งแบบติดกับผิววัสดุอื่น (a) หรือติดตั้งห่างจากผิววัสดุ (b).	16
2.13 วัสดุดูดกลืนเสียงแบบแผ่นบาง.....	16
2.14 วัสดุดูดกลืนเสียงแบบช่องกำทอน.....	17
2.15 วัสดุดูดกลืนเสียงแบบแผ่นเจาะรู.....	17
2.16 แสดงผลของกระแสลมที่มีต่อสนามเสียงภายนอกอาคาร.....	18
2.17 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อสนามเสียงภายนอกอาคารในช่วงวัน (บน) และช่วงคืน (ล่าง)....	18
2.18 เสียงภายในอาคาร.....	19
2.19 การส่งผ่านเสียง.....	20
2.20 การควบคุมเสียงในการระบายอากาศโดยการกรูวัสดุดูดกลืนภายในช่องท่อ.....	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.21 การควบคุมเสียงในการระบายอากาศโดยการที่ช่องลม.....	21
2.22 การควบคุมเสียงในการระบายอากาศโดยการกรู๊วสดูดคลื่นเสียงที่กันสาด และบานเกล็ด..	22
2.23 เสียงรบกวนสะท้อนกันสาดเข้าสู่ภายในห้อง.	22
2.24 เครื่องตรวจวัดระดับเสียง.....	23
2.25 เครื่องวิเคราะห์ความถี่เสียง.....	25
2.26 การติดตั้งเครื่องวัดระดับเสียงภายนอกอาคาร.....	26
2.27 การติดตั้งเครื่องวัดระดับเสียงภายในอาคาร.....	26
2.28 การติดตั้งเครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน ISO140 PART V.....	27
2.29 ห้องสะท้อนเสียง.....	28
2.30 ห้องตรวจวัดการส่งผ่านเสียง.	28
2.31 ห้องไร้เสียงสะท้อน.....	29
2.32 ห้องสะท้อนเสียง.....	30
2.33 ห้องกึ่งไร้เสียงสะท้อนเสียง.....	30
2.34 รูปแบบความถี่เสียง Pink noise.....	31
2.35 ค่าปรับแก้สำหรับการบวกเดซิเบล.....	32
2.36 ค่าปรับแก้สำหรับการลบเดซิเบล.....	33
2.37 แสดงกระแสลมเนื่องจากความแตกต่างของความดันอากาศ.....	35
2.38 แสดงกระแสลมเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ.....	36
2.39 แสดงกระแสลมเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ.....	37
2.40 แสดงระดับความเร็วลมที่ระดับความสูงที่ต่างกัน ในแต่ละภูมิภาค.....	38
2.41 ระดับความเร็วลมระหว่างกลุ่มอาคาร (สี่เทา) เทียบกับระดับความเร็วลมเหนือกลุ่มอาคาร (ดำ) ในช่วงเวลาเดียวกัน ของกรุงเอเธนส์ ประเทศกรีซ.....	38
2.42 รูปแบบช่องเปิดหน้าต่าง.....	40
2.43 รูปแบบช่องระบายอากาศ.....	41
2.44 การระบายอากาศแบบมีช่องเปิดด้านเดียว.....	41
2.45 การระบายอากาศแบบมีช่องเปิดสองด้าน.....	42
2.46 การระบายอากาศแบบข้ามฟาก.....	42
2.47 การระบายอากาศแบบปล่อง ในลักษณะ Stack ventilation และ Wind stack.....	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **XIII** อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.1 แสดงภาพตัดขวางของช่องว่างระหว่างบานหน้าต่างกับวงกบที่มีการกำหนดระยะสัดส่วนต่างกันเพื่อใช้ในการศึกษา.....	45
3.2 แสดงภาพตัดขวางของช่องว่างระหว่างบานหน้าต่างกับวงกบ ได้แก่ ช่องลม และช่องกับดักเสียง.....	46
3.3 แสดงภาพตัดขวางของช่องกับดักเสียงที่มีการตกกระทบของแนวเส้นเสียงสมมุติ.....	46
3.4 แสดงภาพตัดขวางของห้องทดลองที่ใช้เป็นต้นแบบสำหรับคำนวณการระบายอากาศ.....	47
4.1 แสดงการหาจำนวนครั้งที่แนวเส้นเสียงสมมุติทำมุมตกกระทบ 15 องศา กับพื้นผิวภายในของช่องกับดักเสียงที่มีความกว้าง 0.005 เมตร.....	53
4.2 เปรียบเทียบค่าการลดเสียงรบกวนของช่องกับดักเสียงที่มีความกว้างต่างกัน ในหน่วยเดซิเบลเอ.....	54
4.3 เปรียบเทียบความเร็วลมที่ช่องลมออกจากการคำนวณทางทฤษฎี.....	56
4.4 รูปแบบของหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1.....	58
4.5 รูปแบบของหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2.....	59
5.1 แสดงห้องทดสอบทางเสียงที่สร้างขึ้น โดยอ้างอิงขนาดและระยะจากมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ.....	60
5.2 แสดงการติดตั้งชุดเครื่องมือตรวจวัดเสียงตามมาตรฐาน ISO140partV.....	61
5.3 แสดงการติดตั้งชุดเครื่องมือตรวจวัดเสียงตามมาตรฐาน ISO140partV.....	62
5.4 เปรียบเทียบค่าเสียงที่จุดรับเสียงและค่าเสียงแบบกราวน์ของแต่ละกรณีศึกษา.....	68
5.5 เปรียบเทียบค่าเสียงรวมของแต่ละกรณีศึกษา.....	69
5.6 เปรียบเทียบค่าการลดเสียงรบกวนของแต่ละกรณีศึกษา.....	70
5.7 แสดงการติดตั้งชุดเครื่องมือตรวจวัดความเร็วลม.....	72
5.8 แสดงการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดภายในอุโมงค์ลม.....	72
5.9 แสดงตำแหน่งตรวจวัดค่าความเร็วลมทั้งแปดตำแหน่ง โดยรอบช่องเปิด.....	73
5.10 เปรียบเทียบความเร็วลมออกเฉลี่ยของแต่ละกรณีศึกษา.....	75
5.11 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนร้อยละค่าความเร็วลมผ่านหน่วยทดลอง.....	77
6.1 เปรียบเทียบค่าเสียงรบกวนที่ทำการหักค่าเสียงแบบกราวน์ออกแล้วบนแผนภาพเกณฑ์.....	80
6.2 เปรียบเทียบค่าเสียงที่ต้องการลดกับค่าการลดเสียง.....	81
6.3 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนร้อยละของความเร็วลม ของหน่วยทดลองช่องเปิด.....	83

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.1 รูปแบบหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2.....	85
7.2 ผลการศึกษาการลดเสียงและการระบายอากาศของหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2.....	87
7.3 รูปแบบของช่องลมจำนวน 5 แบบที่ทำการศึกษาเพิ่มเติมด้วยการคำนวณทางทฤษฎีเพื่อเพิ่ม ค่าการลดเสียงและเพิ่มค่าการระบายอากาศให้กับหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2.....	89
7.4 เปรียบเทียบค่าเสียงที่ลดลงของช่องลมรูปแบบที่ 1 ถึงช่องลมรูปแบบที่ 5.....	89
7.5 เปรียบเทียบค่าการระบายอากาศของช่องลมรูปแบบที่ 1 ถึงช่องลมรูปแบบที่ 5.....	90
7.6 รูปแบบกับดักระยะของผนังห้องทดลองทางเสียง.....	90
7.7 รูปแบบของช่องกับดักระยะที่ทำการเสนอแนะ.....	91
7.8 รูปแบบของช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวนที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้.....	92



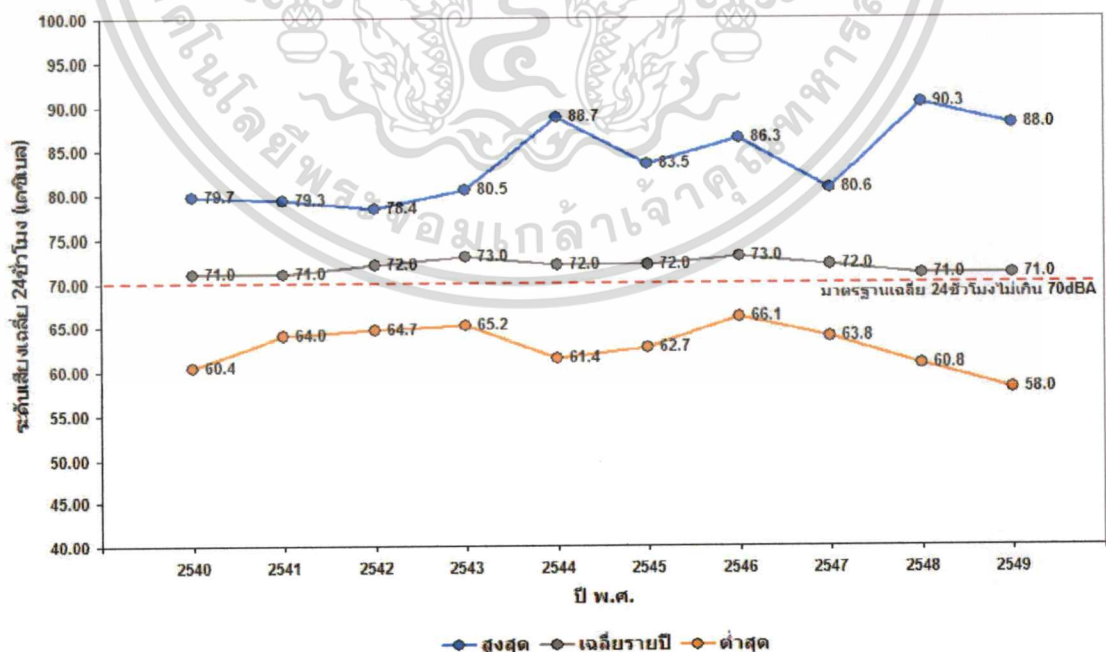
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

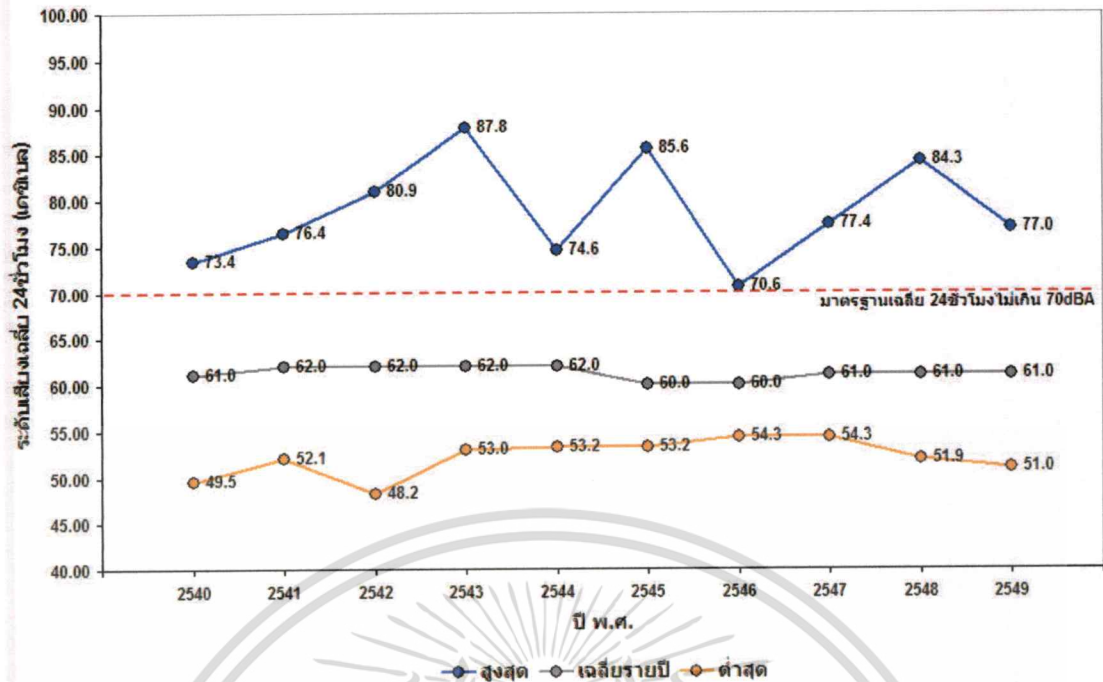
เสียงรบกวน (Noise) เป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ และก่อภาวะรำคาญแก่ผู้ที่พักอาศัยในเขตชุมชนเมือง และพื้นที่พัฒนาที่มีการขยายตัวของการคมนาคม และอุตสาหกรรม โดยเฉพาะเมืองศูนย์กลางความเจริญอย่างเช่นกรุงเทพมหานคร แหล่งกำเนิดเสียงที่สำคัญได้แก่ ยานพาหนะที่มีอยู่ทั่วไปตามท้องถนน การก่อสร้าง รวมไปถึงสถานประกอบการ และโรงงานอุตสาหกรรม

จากผลการตรวจวัดระดับเสียงอย่างต่อเนื่อง โดยสถานีตรวจวัดของสำนักงานจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 จนถึง พ.ศ.2549 เป็นระยะเวลา 10 ปีพบว่าบริเวณริมถนนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ส่วนใหญ่มีระดับเสียงเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15 (พ.ศ.2540) เรื่องกำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป โดยกำหนดไว้ไม่เกิน 70 เดซิเบล ซึ่งระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมงเฉลี่ย 10 ปีเท่ากับ 71.8 เดซิเบล (รูปที่ 1.1) สำหรับพื้นที่บริเวณทั่วไปที่ไม่ใช่ริมถนนพบว่า ระดับเสียงส่วนใหญ่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ระดับเสียงเฉลี่ย 10 ปีเท่ากับ 61.2 เดซิเบล (รูปที่ 1.2)



รูปที่ 1.1 แสดงระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมงรายปี ริมถนนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 จนถึงปี พ.ศ.2549 เป็นระยะเวลา 10 ปี (เอกสารรายงานมลพิษทางอากาศ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการวิจัยเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 แสดงระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมงรายปี พื้นที่ทั่วไปในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 จนถึงปี พ.ศ.2549 เป็นระยะเวลา 10 ปี (เอกสารรายงานมลพิษทางอากาศและเสียงปี 2549 ของกรมควบคุมมลพิษ)

แม้ว่าโดยภาพรวมแล้วระดับเสียงในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลภายในระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมาจะมีระดับเสียงสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานไม่มาก แต่เมื่อเทียบกับค่าระดับเสียงแบคกราวนด์ที่ยอมรับได้สำหรับที่พักอาศัยประมาณ 45 เดซิเบล (ตารางที่ 1.1) และเทียบกับค่าระดับเสียงรบกวนที่ยอมรับได้สำหรับที่พักอาศัยในเขตชุมชนเมืองหนาแน่นในช่วงวันประมาณ 50 เดซิเบล (ตารางที่ 1.2) แล้วพบว่ายังมีค่าระดับเสียงสูงกว่ามาก

ตารางที่ 1.1 แสดงค่าระดับเสียงแบคกราวนด์ที่ยอมรับได้สำหรับพื้นที่ใช้งานแต่ละประเภท

(Randall McMullan, Environmental Science in Building, 2545, p.199)

ย่านการใช้ที่ดิน	ระดับเสียงรบกวนที่ยอมรับได้ (dBA)
1. พื้นที่ย่านที่พักอาศัยในเขตชนบท โรงพยาบาล	35-45
2. พื้นที่ย่านที่พักอาศัยชานเมือง	40-50
3. พื้นที่ย่านที่พักอาศัยในเขตเมือง	45-55
4. พื้นที่ย่านที่พักอาศัยหนาแน่นในเขตเมือง	50-60
5. พื้นที่ย่านธุรกิจการค้า	55-65
6. พื้นที่ย่านอุตสาหกรรม	60-70

ตารางที่ 1.2 แสดงค่าระดับเสียงรบกวนที่ยอมรับได้สำหรับพื้นที่พักอาศัยในเขตชุมชนเมือง

(Steven V. Szokolay, Introduction to Architectural Science, 2548, p.161)

เขตพื้นที่	ระดับเสียง (dBA)	
	ช่วงวัน	ช่วงคืน
เขตชานเมือง	40	30
เขตชุมชนเมือง	45	35
เขตชุมชนเมืองหนาแน่น	50	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีที่สามารถลดเสียงรบกวนจากภายนอกอาคารที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทางเสียงภายในอาคารที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือการใช้เครื่องปรับอากาศ นอกจากสามารถลดเสียงรบกวนได้ดีแล้วยังสามารถปรับอุณหภูมิภายในให้อยู่ในสภาวะน่าสบายอย่างที่สุดอีกด้วย แต่เป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองพลังงานอย่างมากและยังก่อมลพิษทางเสียงและเพิ่มความร้อนให้แก่สภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร

สำหรับอาคารที่ตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้นอย่างเช่นกรุงเทพมหานครนั้น การระบายอากาศตามธรรมชาติทางช่องเปิด ซึ่งหมายถึงหน้าต่างและช่องลมมีส่วนสำคัญในการช่วยเพิ่มความรู้สึกสบายทางอุณหภูมิให้กับผู้ใช้สอยอาคาร และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเนื่องจากการใช้เครื่องปรับอากาศ แต่อย่างไรก็ตามในขณะที่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติผ่านทางช่องเปิดหน้าต่างหรือช่องลม ย่อมเป็นช่องทางผ่านของเสียงรบกวนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคารด้วยเช่นกัน ด้วยเหตุนี้ช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวนจึงถูกพิจารณาและนำมาทำการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อหารูปแบบและประสิทธิภาพเบื้องต้นของช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์ได้จริงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาที่อากาศภายนอกอยู่ในช่วงภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ

1.2 วัตถุประสงค์

ค้นหารูปแบบของช่องเปิดหน้าต่างที่สามารถลดเสียงรบกวนจากภายนอกอาคาร และยังคงระบายอากาศตามธรรมชาติอย่างปกติ เพื่อลดชั่วโมงการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศของอาคาร

1.3 สมมุติฐาน

1.3.1 ช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวนสามารถลดระดับเสียงรบกวนจากการจราจรภายนอกอาคารโดยให้ผลระดับเสียงภายในอาคารใกล้เคียงกับค่าระดับเสียงรบกวนที่ยอมรับได้สำหรับพื้นที่พักอาศัยภายในเขตชุมชนเมืองหนาแน่นในช่วงวันคือประมาณ 50 เดซิเบล

1.3.2 ช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวนยังคงมีการระบายอากาศตามธรรมชาติอย่างปกติ

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 ทำการศึกษาเพื่อหารูปแบบของช่องเปิดหน้าต่างที่มีความสามารถลดระดับเสียงรบกวนจากภายนอกอาคารและยังคงมีการระบายอากาศตามธรรมชาติอย่างปกติ

1.4.2 ทำการคำนวณค่าการลดเสียงของช่องเปิดและค่าความเร็วลมผ่านช่องเปิดด้วยสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อกำหนดรูปแบบช่องเปิดหน้าต่างที่จะนำไปทำหน่วยทดลองช่องเปิดเพื่อใช้ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3 ทำการเก็บข้อมูลผลการตรวจวัดค่าตัวแปรได้แก่ ระดับเสียงรบกวนและระดับความเร็วลมด้วยเครื่องมือตรวจวัดทางวิทยาศาสตร์ โดยทำการตรวจวัดระดับเสียงตามมาตรฐานการตรวจวัดระดับเสียงของกรมควบคุมมลพิษ ร่วมกับแนวทางตามมาตรฐานการตรวจวัดระดับเสียงภาคสนามของ ISO140 (ทบทวนวรรณกรรม) จากหน่วยทดลองช่องเปิดภายในห้องทดสอบทางเสียงที่สร้างขึ้น และตรวจวัดระดับความเร็วลมผ่านหน่วยทดลองภายในอุโมงค์ลม

1.4.4 ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการลดเสียงรบกวนและความสามารถในการระบายอากาศจากผลการตรวจวัดภาคสนามของหน่วยทดลองช่องเปิดที่ทำการศึกษา

1.4.5 ทำการเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมของช่องเปิดที่สามารถลดเสียงรบกวนและมีการระบายอากาศที่ดี

1.4.6 การศึกษาในครั้งนี้ทำการศึกษามลพิษทางเสียงเท่านั้น ไม่ได้นำมลพิษทางอากาศเข้ามาร่วมศึกษาด้วย

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1.5.1 ศึกษาข้อมูลทางทฤษฎีเพื่อใช้ในการออกแบบตัวอย่างช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงผ่านทางเอกสารทางวิชาการ เอกสารงานวิจัย ข้อมูลสินค้าในท้องตลาดที่มีในปัจจุบัน ร่วมกับการสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญ

1.5.2 ทำการนำเสนอรูปแบบของช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวน

1.5.3 จัดทำหน่วยทดลองช่องเปิดและทำการการตรวจวัดระดับเสียงรบกวนในห้องทดสอบทางเสียงและระดับความเร็วลมภายในอุโมงค์ลม

1.5.4 นำข้อมูลจากการตรวจวัดมาประมวลผล ทำการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบความสามารถในการลดระดับเสียงรบกวน และความสามารถในการระบายอากาศ ของหน่วยทดลองช่องเปิดที่ทำการศึกษา

1.5.5 นำเสนอข้อสรุปผลการวิจัยพร้อมกับข้อเสนอแนะ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้คาดหวังที่จะนำเสนอรูปแบบของช่องเปิดหน้าต่างที่มีความสามารถในการลดระดับเสียงรบกวนจากภายนอกอาคาร ในขณะที่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติอย่างปกติ ซึ่งจะส่งผลในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากการใช้เครื่องปรับอากาศในเขตกรุงเทพมหานครในช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิภายนอกอาคารอยู่ในภาวะนำสบายทางอุณหภูมิ

1.7 ระยะเวลาในการศึกษา

เริ่มปลายปีการศึกษา พ.ศ.2550 และสิ้นสุดต้นปีการศึกษา พ.ศ.2551

การดำเนินงาน	ระยะเวลาในการทำวิจัย(เดือนที่)														หมายเหตุ	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1. ทบทวนวรรณกรรม	1	1	1	1	1	1										มี.ย.- พ.ย.
2. เสนอหัวข้อวิจัย				2	2	2										ก.ย.- พ.ย.
3. ทำการทดลอง					3	3	3	3								ต.ค.- ม.ค.
4. วิเคราะห์ผลการทดลอง								4	4	4	4					ม.ค - เม.ย.
5. สรุปพร้อมข้อเสนอแนะ											5	5				เม.ย.- พ.ค.
6. สอบ และส่งเอกสารรูปเล่ม												6	6	6		พ.ค.- ก.ค.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

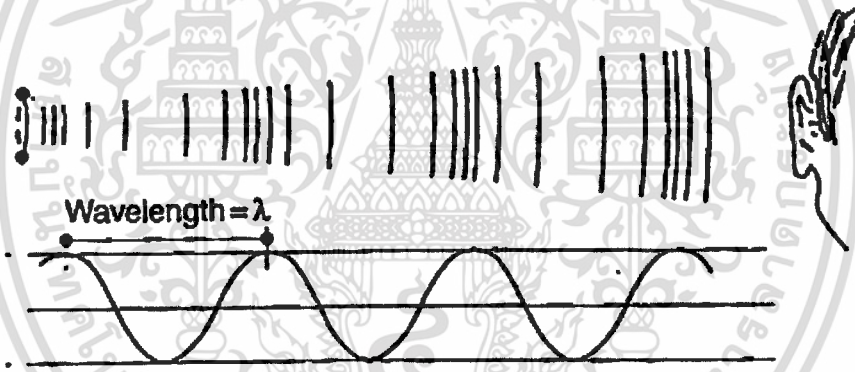
บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ธรรมชาติของเสียง

2.1.1 คลื่นเสียง

เสียง เกิดจากการสั่นสะเทือนของอนุภาคของตัวกลาง ระบบเสียงพื้นฐานประกอบด้วย แหล่งกำเนิดเสียง, ตัวกลาง และจุดรับเสียง แหล่งกำเนิดเสียงเป็นจุดเริ่มในการเปลี่ยนพลังงานที่สะสมไว้ในวัตถุให้เป็นแรงสั่นสะเทือน เช่นการตกกระทบของวัตถุบนพื้นแข็ง การสั่นสะเทือนของวัตถุส่งแรงกระทำต่ออนุภาคของตัวกลาง เช่นอากาศ ในรูปแบบของคลื่นตามยาว (longitudinal waves) รูปที่ 2.1 สำหรับงานอาคารมักเกี่ยวข้องกับเสียงที่ถูกส่งผ่านมาทางอากาศ (airborne sound) และเสียงที่เกิดจากโครงสร้างของอาคาร (structure borne sound)



รูปที่ 2.1 รูปแบบของคลื่นเสียงในลักษณะคลื่นตามยาว

ลักษณะของเสียงถูกกำหนดโดยความยาวคลื่น ความถี่ และความเร็วซึ่งขึ้นอยู่กับสมบัติของตัวกลาง (โดยปกติเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศด้วยความเร็วประมาณ 340 เมตรต่อวินาที) มีความสัมพันธ์ดังนี้

$$v = f \lambda \dots\dots\dots (2.1)$$

- เมื่อ v แทนความเร็วของคลื่นเสียงมีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที
- f แทนความถี่ช่วงคลื่นมีหน่วยเป็น เฮิรตซ์
- λ แทนความยาวช่วงคลื่นมีหน่วยเป็น เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ความเร็วของเสียงก็ยังขึ้นอยู่กับตัวกลางที่เสียงนั้นส่งผ่านเพราะความหนาแน่นของตัวกลางยังมีค่ามากก็จะทำให้เสียงเดินทางได้เร็วขึ้น

2.1.2 การกระจายตัวของเสียง

การกระจายตัวของคลื่นเสียงทำให้เกิดสนามเสียงจากการปลดปล่อยพลังงานจากแหล่งกำเนิดเสียงในลักษณะพื้นผิวครึ่งทรงกลมขยายตัวออกไปตามระยะและทิศทางเส้นรัศมีที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นความเข้มเสียงเป็นไปตามความสัมพันธ์ดังนี้

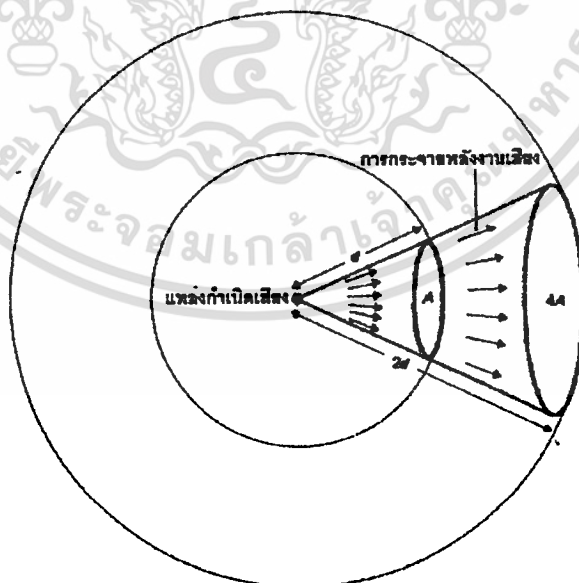
$$I = \frac{W}{4\pi d^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

เมื่อ I แทนความเข้มเสียงมีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร

W แทนกำลังของเสียงมีหน่วยเป็น วัตต์

d แทนความยาวระยะทางและทิศทางเส้นรัศมี

ดังนั้น ทุก ๆ ระยะ 2 เท่าที่ห่างจากจุดกำเนิดเสียง ความเข้มของเสียงจะลดลง $1/4$ เท่า และเนื่องจากความสัมพันธ์ทาง Logarithm ของความเข้มเสียง ดังนั้นระยะห่างทุกๆ 2 เท่าจากจุดกำเนิดเสียงระดับความเข้มเสียงจะลดลงไป 6 เดซิเบลและเสียงจะถูกดูดกลืนไปในอากาศที่เป็นตัวกลาง โดยเฉพาะเสียงที่มีความถี่สูง



รูปที่ 2.2 การกระจายพลังงานเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 กำลังและความเข้มเสียง

กำลังเสียง คือ ปริมาณพลังงานทั้งหมดที่แผ่กระจายออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียง มีหน่วยเป็นวัตต์

ความเข้มเสียง คือ กำลังเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ความเข้มเสียงขึ้นอยู่กับกำลังเสียงจากแหล่งกำเนิด มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

กำหนดค่ากำลัง Φ แหล่งกำเนิดเสียงมีหน่วยเป็นวัตต์ (W) ความถี่ได้แก่ยอดคลื่นมีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hz) และแรงกระทำของคลื่นเสียงกำหนดได้ทั้งความดันในหน่วยปาสกาล (Pa) หรือความเข้มในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) ในอากาศที่สภาวะปกติ (ความหนาแน่นอากาศเท่ากับ $1.18kg/m^3$ และความเร็วเสียงเท่ากับ $340m/s$) มีความสัมพันธ์ดังนี้

$$p = 20\sqrt{I} \dots\dots\dots (2.3)$$

เมื่อ p แทนความดันเสียงมีหน่วยเป็น ปาสกาล

I แทนความเข้มเสียงมีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร

2.1.4 เสียงโคค และแถบเสียง

เสียงที่ความถี่คลื่นเดียวเรียกว่า เสียง โคค (pure tone sound) โคคปกติเสียงในสภาพแวดล้อมจะประกอบด้วยความถี่หลายระดับมีลักษณะเป็นแถบความถี่ที่แบ่งเป็นช่วงๆ ประกอบด้วยความถี่ต่ำสุดและความถี่สูงสุดในแต่ละช่วงแถบคลื่น (octave) ในการตรวจวัดบางครั้งช่วงของออกเทบนั้นกว้างเกินไป ดังนั้นเราจึงใช้แถบคลื่นขนาด $1/3$ ออกเทบ (one third octave bands) แทน

2.1.5 ระดับเสียง

ระดับเสียง (Sound level; L) เป็นเกณฑ์เพื่อใช้แบ่งความเข้ม และความดันเสียง กำหนดจากการตรวจวัดความสามารถในการได้ยินเสียง ที่ความเข้มเสียงต่ำเราสามารถแยกแยะความแตกต่างของเสียงได้ แต่เมื่อความเข้มสูงขึ้นความสามารถในการแยกแยะความแตกต่างจากการได้ยินเสียงนั้นกลับค่อยๆ ลดลง ระดับเสียงมีหน่วยวัดเป็น เดซิเบล (decibel; dB) มีความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

1. ระดับความเข้มเสียง (Intensity level) เทียบกับความเข้มของเสียงต่ำที่สุดที่สามารถรับฟังได้คือ $10^{-12} W/m^2$

$$L_I = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad dB \text{ re } I_0 \dots\dots\dots (2.4)$$

$dB \text{ re } I_0$ = เดซิเบลที่มี I_0 เป็นปริมาณอ้างอิง

เมื่อ L_I แทนระดับความเข้มเสียง (Intensity level; dB)

I แทนความเข้มของเสียงที่วัดได้ (W/m^2)

I_0 แทนความเข้มของเสียงอ้างอิง คือ $10^{-12} W/m^2$

2. **ระดับความดันเสียง** (Sound pressure level) เทียบกับความดันเสียงคือ 20 μPa ซึ่งมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับความเข้มเสียง (หัวข้อ 2.1.3)

$$L_p = 10 \log \left(\frac{p}{p_0} \right) \quad \text{dB re } p_0 \dots\dots\dots (2.5)$$

dB re p_0 = เดซิเบลที่มี I_0 เป็นปริมาณอ้างอิง

เมื่อ L_p แทนระดับความดันเสียง (Sound pressure level ; dB)

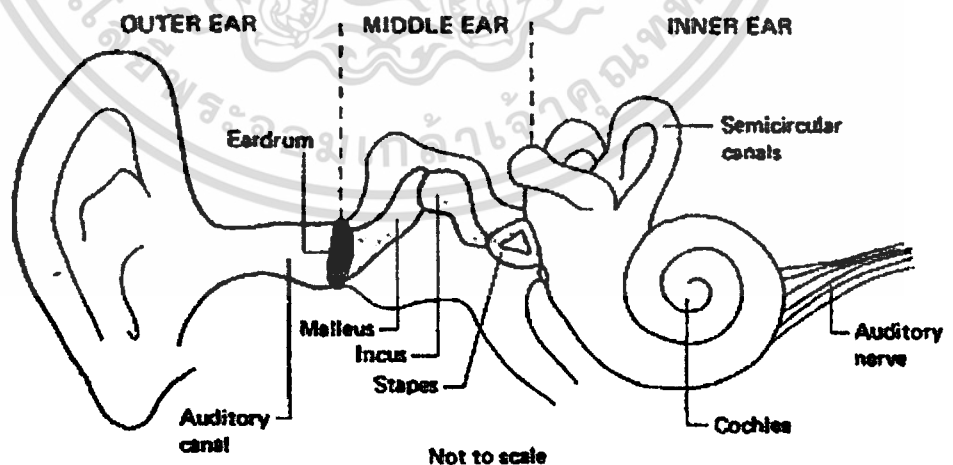
p แทนความดันเสียงที่วัดได้ (μPa)

p_0 แทนความดันเสียงอ้างอิง คือ 20 μPa

2.2 เสียงกับมนุษย์

2.2.1 การได้ยินเสียง

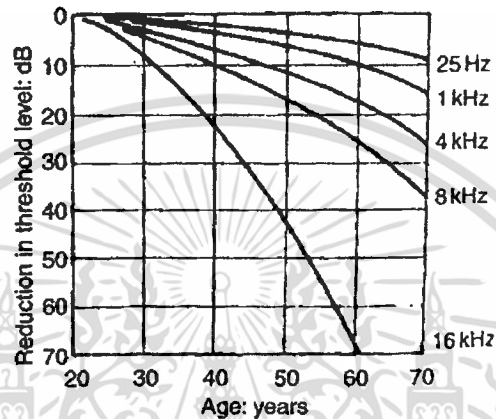
เรารับฟังเสียงผ่านหู เสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศผ่านท่อเสียงมากระทบกับเยื่อแก้วหูทำให้เกิดการสั่นสะเทือน เกิดแรงดันอากาศส่งไปยังเนื้อเยื่อเยื่อหูส่วนกลางมีลักษณะเป็นช่องวงรีประกอบด้วยข้อต่อกระดูกสามชิ้น แรงดันนี้ถูกส่งต่อไปที่หูชั้นในทำให้ของเหลวในท่อขดลวงเคลื่อนที่ ซึ่งเนื้อเยื่อประสาทรับเสียง จะแปลงเป็นสัญญาณแล้วส่งไปยังสมองให้ทำการตีความ (รูปที่ 2.3) ดังนั้นหน้าที่ของระบบประสาทรับเสียงจึงเกี่ยวข้องกับ การรับสัญญาณเสียง การจำแนก การคัดกรอง และการตีความ บนพื้นฐานประสบการณ์ของแต่ละบุคคล



รูปที่ 2.3 ภาพตัดแสดงส่วนประกอบภายในหูของคน

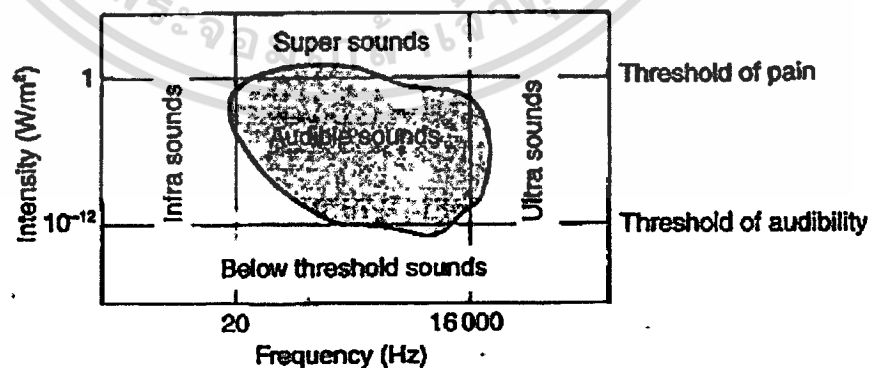
2.2.2 ขอบเขตการรับฟังเสียงของมนุษย์

ทุกคนเราตอบสนองการได้ยินเสียงในช่วงความถี่ระหว่าง 20 เฮิรตซ์ ถึง 16000 เฮิรตซ์หรือขึ้นถึง 20000 เฮิรตซ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกำลังของเสียง และความสามารถในการได้ยินเสียงของคนเราจะลดลงตามสภาพร่างกาย เช่น เมื่ออายุมากขึ้นเราจะตอบสนองการได้ยินเสียงในช่วงความถี่สูงลดลง โดยปกติคนเราจะตอบสนองการได้ยินเสียงได้ดีในช่วงความถี่ประมาณ 2000 เฮิรตซ์ ถึง 5000 เฮิรตซ์ และมีขอบเขตการได้ยินเป็นไปตามรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การสูญเสียประสิทธิภาพทางการได้ยินเนื่องจากวัย

เสียงนอกขอบเขตการได้ยิน ได้แก่ ระดับเสียงใต้ขอบเขต Threshold of audibility (Below threshold sounds) และระดับเสียงเหนือขอบเขต Threshold of pain (Super sounds) เมื่อพิจารณาตามความถี่ ระดับเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 เฮิรตซ์ ได้แก่ Infra sounds และระดับเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 16000 เฮิรตซ์ ได้แก่ Ultra sounds (รูปที่ 2.5)

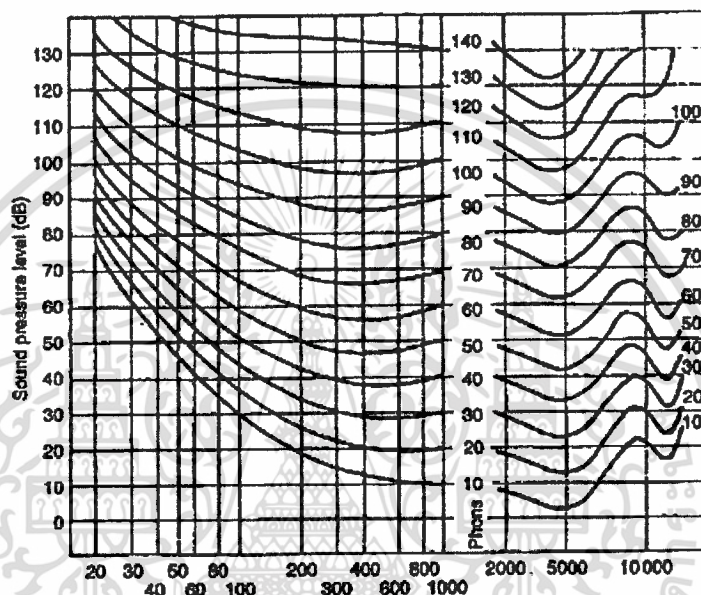


รูปที่ 2.5 แสดงขอบเขตการได้ยินเสียงของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ความดังเสียง

ขนาดปริมาณเสียงที่ประสาทรับฟังของเราได้รับได้ ความดังเป็นฟังก์ชันของความเข้ม ความถี่ ความกว้างของแถบคลื่น และระยะเวลาของการรับฟังเสียง ดังนั้นเสียงที่มีความดังเท่ากันอาจจะแตกต่างกันได้ เช่น เราอาจมีเสียงแหลม และเสียงทุ้มที่มีความดังเท่ากันทั้งๆ ที่มีระดับเสียงและความถี่ต่างกัน ความดังมีหน่วยเป็นโฟน (phon) โดยเส้นกราฟระดับความดัง 30 โฟน ที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์มีระดับเสียง 30 เดซิเบล



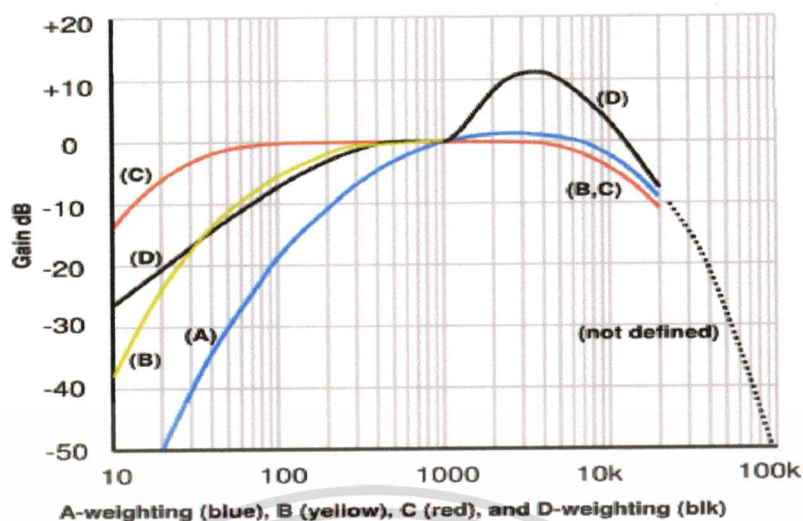
รูปที่ 2.6 เส้นกราฟความดังเสียง (equal loudness contour)

2.2.4 ระดับเสียงเวทท์

ระดับเสียงเวทท์ (Weighted sound level) เนื่องจากการตรวจวัดเสียงแบบ Linear ไม่สามารถตอบสนองความรู้สึกของคน และวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ทำให้ต้องการเวทท์เสียงนั้นซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบ (รูปที่ 2.7) ได้แก่

1. A-Weighted (dB(A)) ใช้ในการตรวจวัดผลการตอบสนองการรับฟังของคนใกล้เคียงกับเสียงในความรู้สึกของคนมากที่สุด
2. B-Weighted (dB(B)) เหมือนกับ A-Weighted แต่จะตอบสนองความเข้มเสียงที่ความถี่ 400 เฮิรตซ์ ถึง 3000 เฮิรตซ์ ได้ดีกว่า จึงมีค่าใกล้เคียงกับเสียงที่เกิดขึ้นจริง
3. C-Weighted (dB(C)) ใช้ในการตรวจวัดกับงานที่ต้องการวัดเสียงที่เกิดขึ้นจริง จะตอบสนองได้ดีตั้งแต่ความถี่ 100 เฮิรตซ์ ถึง 3000 เฮิรตซ์
4. D-Weighted (dB(D)) เพื่อใช้ในการตรวจวัดเสียงที่เกิดจากอากาศยาน เพราะมีการปรับแก้ตัวกรองเสียงที่มีความถี่สูงเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 เส้นโค้งแสดงระดับเสียงเวท (Weighted sound level)

2.2.5 เกณฑ์เสียงและผลกระทบของเสียงกับมนุษย์

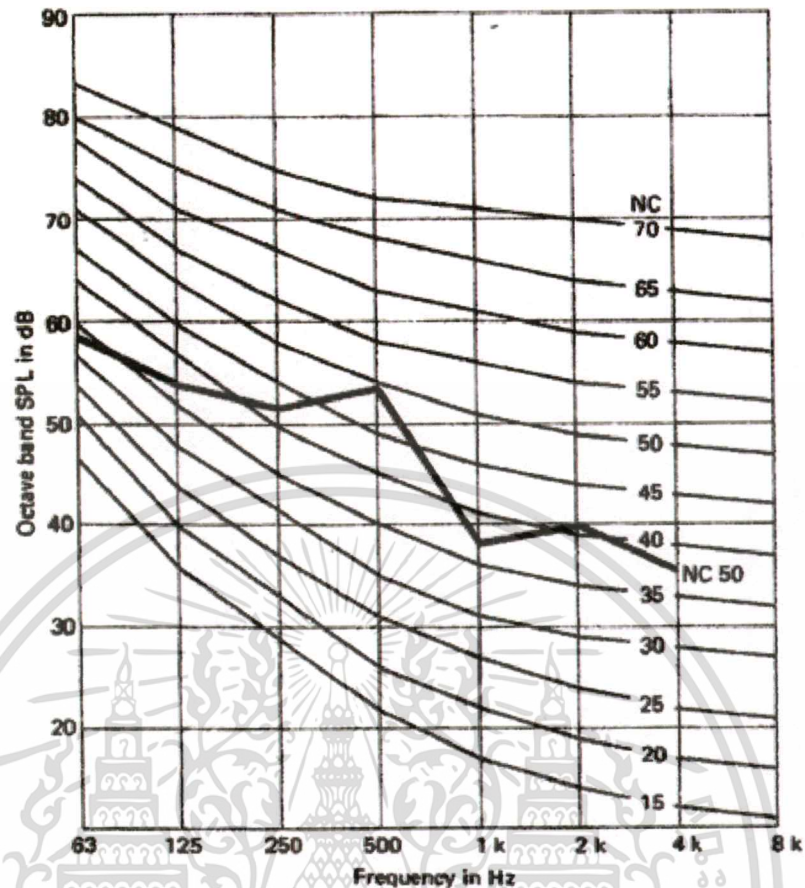
เสียงรบกวน คือเสียงที่คนเราไม่ต้องการ มักมีลักษณะของเสียงที่ผิดปกติ โดยปกติคนเราไม่สามารถหลีกเลี่ยงการได้ยิน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องยอมรับภาวะที่ไม่ต้องการนี้ เสียงรบกวนส่งผลกระทบต่อคนเราดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผลกระทบจากเสียงรบกวนต่อมนุษย์

ระดับเสียงรบกวน (dBA)	ผลกระทบ
65	ทำให้เกิดภาวะรำคาญ เกิดความเครียด ลดประสิทธิภาพในการทำงาน
90	ในกรณีที่ได้รับฟังเป็นระยะเวลานาน ต่อเนื่อง ทำให้สูญเสียการได้ยิน
100	ในกรณีที่ได้รับฟังในช่วงเวลาสั้นๆ ทำให้หูตึงชั่วคราว ในกรณีที่ได้รับฟังเป็นระยะเวลานาน ทำให้หูตึงถาวร
120	ทำให้อวัยวะส่วนรับฟังเสียงได้รับความเจ็บปวด
150	ทำให้สูญเสียการได้ยินฉับพลัน

นอกจากนี้ ระดับเสียงรบกวนที่ยอมรับได้ยังขึ้นอยู่กับทั้งปัจจัยทางกายภาพ และสภาวะทางอารมณ์ของผู้รับฟัง ผลของเสียงรบกวนจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเสียงนั้นเป็นการสื่อสารที่มีความหมาย สามารถทำความเข้าใจได้ ตัวอย่าง จากรูปที่ 2.8 แสดงการหาค่าเกณฑ์เสียงของเส้นกราฟเสียง (Noise Criteria (NC)) พบว่าเส้นเสียงนี้มีค่าเกณฑ์เสียงที่ 50 โดยค่าเกณฑ์เสียง (NC) เป็นมาตรฐานที่ใช้กันในประเทศแถบอเมริกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงการนำเส้นเสียงรบกวนมาวางทาบบนแผนภาพเกณฑ์เสียง เพื่อประเมินระดับเสียงรบกวนนั้น

เราสามารถหาค่าเกณฑ์เสียงรบกวนของเสียงในสภาพแวดล้อมได้ โดยการนำเส้นเสียงรบกวนมาวางทาบลงบนแผนภาพเกณฑ์เสียงรบกวน จุดสูงสุดของเส้นเสียงรบกวนที่สัมผัสกับเส้นเกณฑ์เสียง คือค่าเกณฑ์เสียงรบกวนของเส้นเสียงนั้น

ในการประเมินความรู้สึกรบกวนจากเสียงรบกวนนั้นสามารถระบุได้ตามเกณฑ์เสียงรบกวน (Noise Rating (NR)) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้กันในประเทศแถบยุโรป ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ค่าเกณฑ์เสียงรบกวน

ค่าเกณฑ์เสียงรบกวน	ระดับการรบกวน
NR 20-25	มีการรบกวนน้อยมาก
NR 30-35	มีการรบกวนน้อย
NR 40-45	มีการรบกวนปานกลาง
NR 50-55	มีการรบกวน
> NR 60	มีการรบกวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งค่าเกณฑ์เสียง NC และค่าเกณฑ์เสียง NR เป็นค่าเกณฑ์เสียงเดียวกัน ซึ่งเกณฑ์เสียงรบกวนดังกล่าวสามารถนำไปใช้กำหนดแนวทางในการออกแบบสภาพแวดล้อมทางเสียงของแต่ละพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารได้ ตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าเกณฑ์เสียงรบกวนของแต่ละพื้นที่ใช้สอย

พื้นที่ใช้งาน	ค่าเกณฑ์เสียงรบกวน
สำนักงาน	NR 40
ห้องสมุด	NR 35
ที่พักอาศัย โรงพยาบาล	NR 30
โรงพยาบาลนตรี โรงละคร	NR 25
โรงแสดงดนตรี	NR 20

2.2.6 การลดเสียงรบกวนในสภาพแวดล้อม

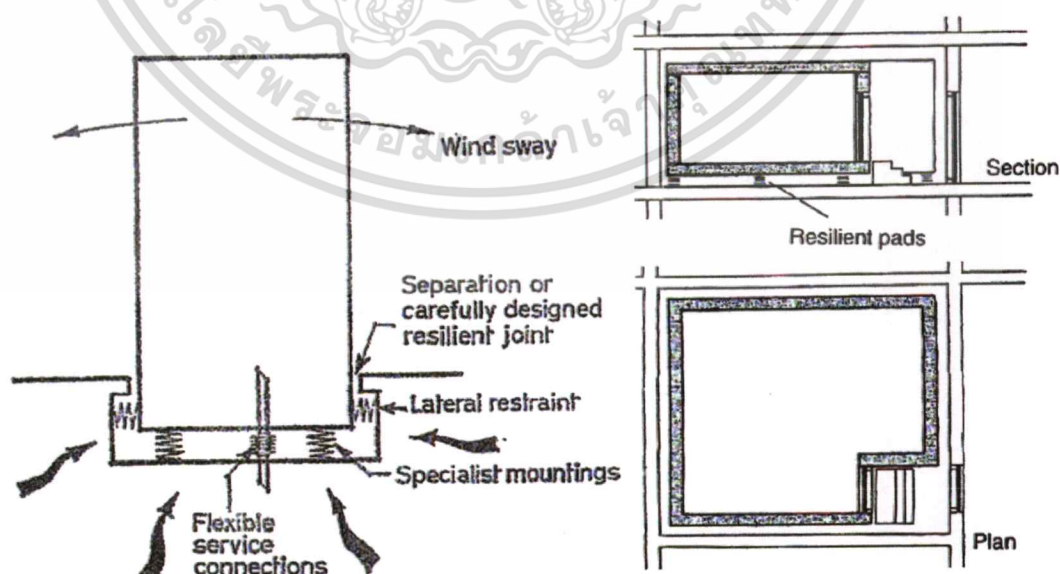
แหล่งกำเนิดเสียงรบกวนหลักจากสภาพแวดล้อมได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม และภาคการสัญจร

การลดเสียงรบกวนในสภาพแวดล้อมทำได้โดย

1. การลดเสียงรบกวนที่แหล่งกำเนิดเสียง
2. การลดเสียงรบกวนจากการส่งผ่านเสียง
3. การลดเสียงรบกวนที่จุดรับเสียง

1. การลดเสียงรบกวนที่แหล่งกำเนิดเสียง

เราสามารถลดเสียงรบกวนที่แหล่งกำเนิดเสียง ได้โดยการแยกแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงให้เป็นอิสระจากโครงสร้างอาคารด้วยจุดเชื่อมต่อที่มีความยืดหยุ่น โดยวิธีการต่างๆ เช่น พื้นยกกระดาน โครงสร้างผนังเบา และโครงแขวนฝ้าเพดาน เป็นต้น (Steven V. Szokolay, 2004) (รูปที่ 2.9)

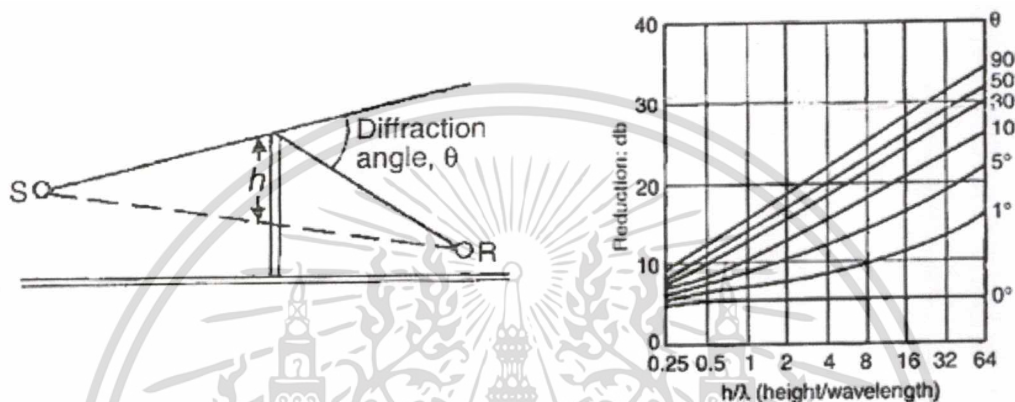


รูปที่ 2.9 แสดงการลดเสียงรบกวนที่แหล่งกำเนิดเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

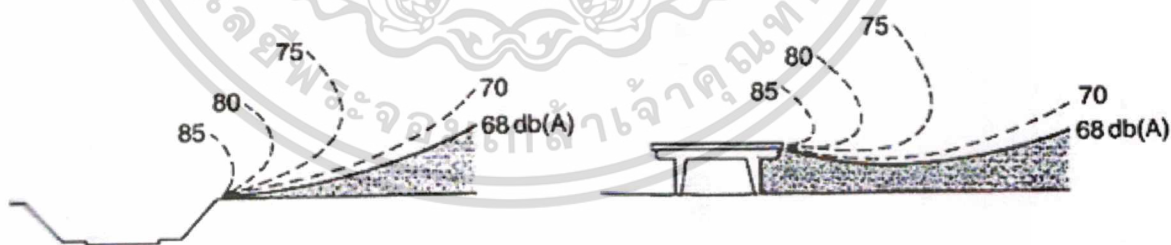
2. การลดเสียงรบกวนจากการส่งผ่านเสียง

เราสามารถลดเสียงรบกวนจากการส่งผ่านเสียงด้วยที่กั้นเช่น ผนัง ทำให้เกิดพื้นที่ส่วนเงาเสียง ระดับเสียงที่ลดลงขึ้นกับความถี่ของเสียง ทดระดับเสียงที่ความถี่สูงได้มาก ขณะที่ระดับเสียงที่ความถี่ต่ำได้น้อย ค่าการลดระดับเสียงของผนังกั้นเสียง ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างความสูงของผนังต่อความยาวคลื่นเสียง (h/λ) และมุมหักเหของเสียง ไปยังจุดรับเสียง (θ) ดังรูปที่ 2.10 (Steven V. Szokolay, 2004)



รูปที่ 2.10 แสดงการหักเหของเสียงผ่านที่กั้นเสียง (ซ้าย) และแผนภาพแสดงค่าระดับเสียงที่ลดลงตามอัตราส่วนความสูงต่อความยาวคลื่น ที่มุมหักเหต่างๆ (ขวา)

ที่กั้นเสียงที่ดีควรมีความหนาแน่นที่พื้นผิวไม่ต่ำกว่า 20 kg/m^2 เช่น แผ่นคอนกรีตความหนา 10 มิลลิเมตร แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ความหนา 15 มิลลิเมตร และแผ่นไม้อัดความหนา 30 มิลลิเมตร



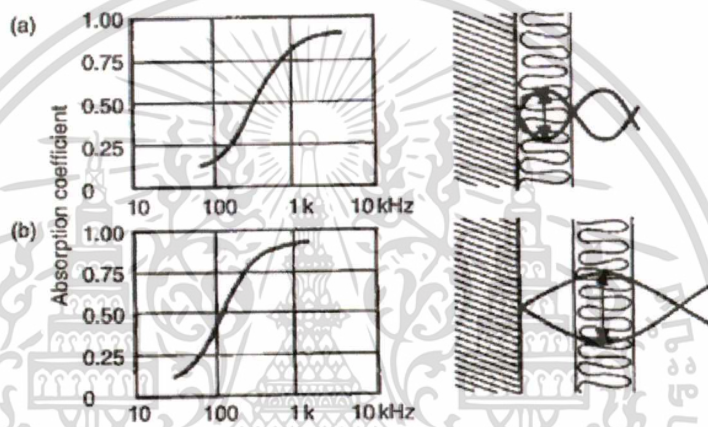
รูปที่ 2.11 แสดงแนวเส้นแสดงระดับเสียง ในการพิจารณาระยะห่างของอาคารจากถนน

สำหรับเสียงรบกวนจากทางสัญจร ใช้การกดหรือการยกระดับทางสัญจรจากพื้นดินปกติ และควรตั้งอาคารให้ห่างจากทางสัญจรนอกแนวเส้นแสดงระดับเสียงที่ 68 เดซิเบล ระยะห่างระหว่างถนนกับอาคารควรปลูกแนวต้นไม้หรือปรับสภาพให้เป็นเนินดินในลักษณะของที่กั้นเสียง ในกรณีที่อาคารตั้งใกล้กับถนนที่มีการจราจรคับคั่งผนังของอาคารด้านที่ใกล้ถนนควรได้รับการออกแบบในลักษณะของที่กั้นเสียงที่มีค่าการลดเสียงรบกวนอย่างน้อย 20 เดซิเบล (Steven V. Szokolay, 2004)

3. การลดเสียงรบกวนที่จุดรับเสียง

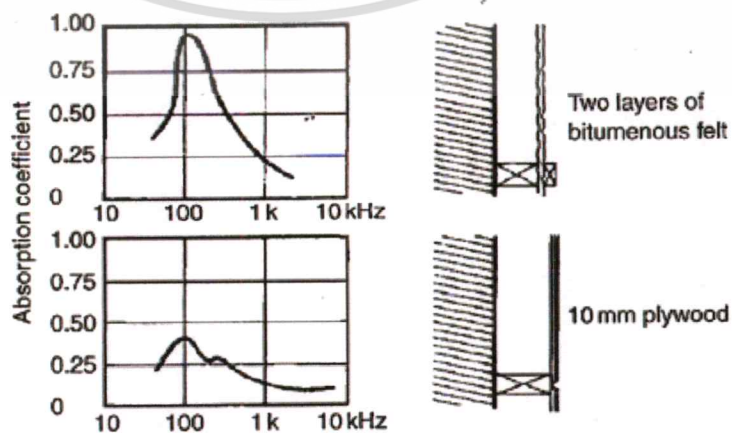
เราสามารถลดเสียงรบกวนที่จุดรับเสียงได้ด้วยการใช้วัสดุดูดกลืนเสียง โดยปกติแล้ววัสดุทุกชนิดจะมีสมบัติการดูดกลืนเสียงที่แตกต่างกัน สำหรับพื้นผิววัสดุที่ไม่มีการดูดกลืนเสียงจะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงเท่ากับ 1 วัสดุดูดกลืนเสียงแบ่งได้ 4 ลักษณะได้แก่

1. วัสดุดูดกลืนเสียงแบบมีรูพรุน (Porous absorbers) มีลักษณะเป็นแผ่นหนา มีช่องว่างเล็กๆแทรกอยู่โดยทั่วในเนื้อวัสดุ เปลี่ยนแรงสั่นสะเทือนของอนุภาคอากาศภายในช่องว่างของเนื้อวัสดุเป็นความร้อนโดยการเสียดสี ดูดกลืนระดับเสียงที่ความถี่สูง ถ้าวัสดุมีความหนาน้อยกว่าความยาวคลื่น ความสามารถในการดูดกลืนเสียงจะลดลง (รูปที่ 2.12)



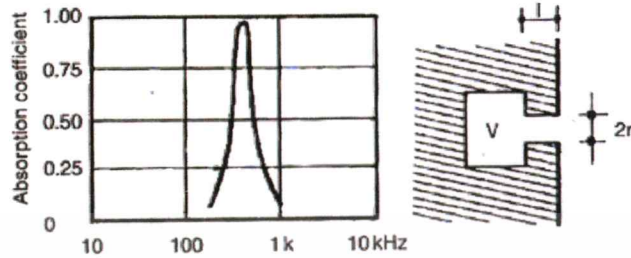
รูปที่ 2.12 วัสดุดูดกลืนเสียงแบบมีรูพรุน มีการติดตั้งแบบติดกับผิววัสดุอื่น (a) หรือติดตั้งห่างจากผิววัสดุ (b)

2. วัสดุดูดกลืนเสียงแบบแผ่นบาง (Membrane absorbers) มีลักษณะเป็นแผ่นบางมีความยืดหยุ่นสูง เปลี่ยนแรงสั่นสะเทือนของอนุภาคอากาศที่มากระทบพื้นผิวเป็นความร้อนโดยการบิดโค้งของพื้นผิวอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ดูดกลืนระดับเสียงกำทอนที่ความถี่ต่ำ (รูปที่ 2.13)



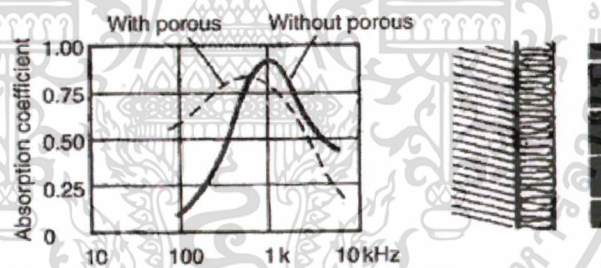
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วัสดุดูดกลืนเสียงแบบช่องกำทอน (Cavity resonators) มีลักษณะเป็นช่องอากาศที่มีช่องรับเสียงแคบๆ โดยจะกักเก็บเสียงให้เคลื่อนที่สะท้อนกลับไปมาคล้ายกับสปริงไว้ภายใน ดูดกลืนระดับเสียงกำทอนในช่วงความถี่แคบๆ (รูปที่ 2.14)



รูปที่ 2.14 วัสดุดูดกลืนเสียงแบบช่องกำทอน

4. วัสดุดูดกลืนเสียงแบบแผ่นเจาะรู (Perforated panel absorbers) มีลักษณะเป็นแผ่นเจาะรูช่องว่างโดยทั่วทั้งแผ่น เปลี่ยนแรงสั่นสะเทือนของอนุภาคอากาศเป็นความร้อนโดยการเสียดสี และกักเก็บอนุภาคอากาศให้เคลื่อนที่สะท้อนกลับไปมาคล้ายกับสปริงภายในช่องว่าง ดูดกลืนทั้งระดับเสียงที่ความถี่สูง และระดับเสียงกำทอนในช่วงความถี่แคบๆ (รูปที่ 2.15)

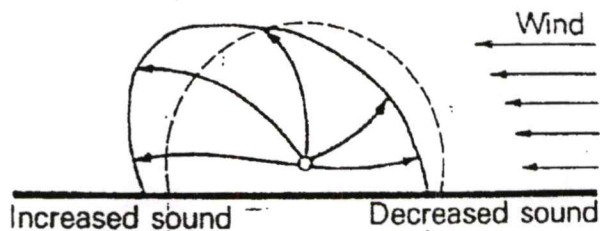


รูปที่ 2.15 วัสดุดูดกลืนเสียงแบบแผ่นเจาะรู

2.3 เสียงกับอาคาร

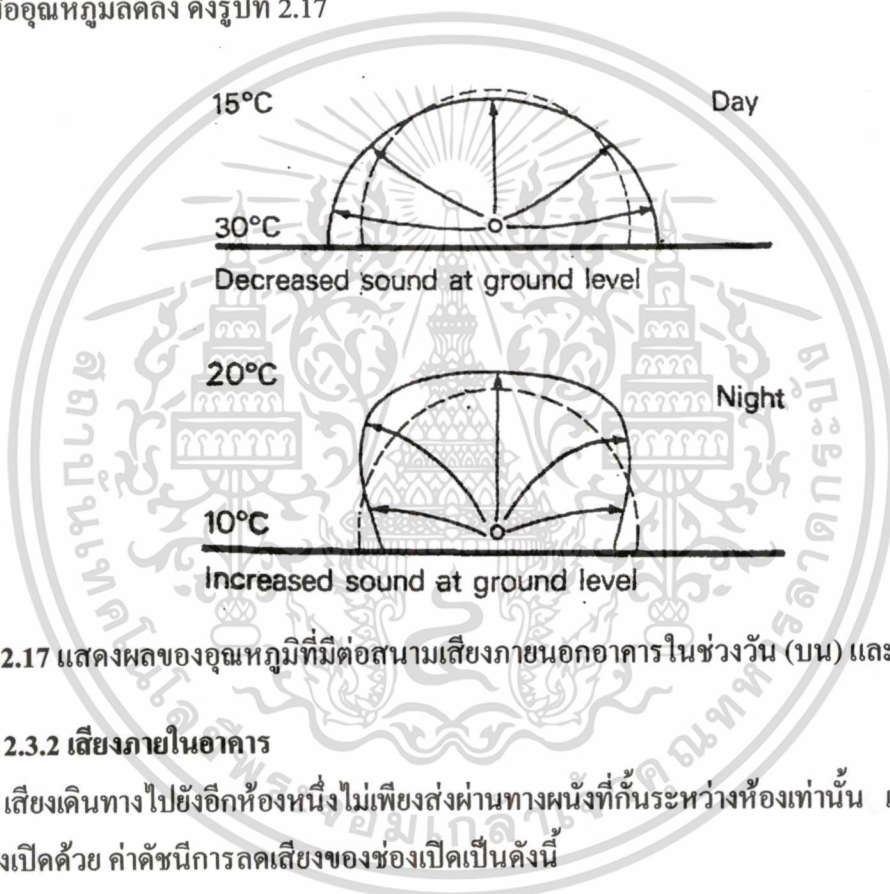
2.3.1 เสียงภายนอกอาคาร

ภายนอกอาคารซึ่งมีลักษณะเป็น พื้นที่โล่ง (Free field) ไม่มีสิ่งกีดขวาง หรือสิ่งที่สะท้อนเสียงเลย อุณหภูมิ ความดัน และมวลอากาศคงที่ ดังนั้นจึงเปรียบได้ว่าเสียงเดินทางผ่านอากาศเพียงอย่างเดียว ถ้าระยะทางเพิ่มขึ้นเสียงก็จะถูกลดความเข้มเสียงลง ซึ่งในความเป็นจริงตามธรรมชาติ อุณหภูมิ ความดัน และมวลอากาศมักจะไม่คงที่ เช่นถ้าบริเวณนั้นมีการเปลี่ยนแปลงทางความดัน หรือมีลมพัดผ่านจะทำให้สนามเสียงเปลี่ยนแปลงไป ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงผลของกระแสลมที่มีต่อสนามเสียงภายนอกอาคาร

แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิ เสียงจะมีความเร็วเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และจะลดลงเมื่ออุณหภูมิลดลง ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อสนามเสียงภายนอกอาคารในช่วงวัน (บน) และช่วงคืน (ล่าง)

2.3.2 เสียงภายในอาคาร

เสียงเดินทางไปยังอีกห้องหนึ่งไม่เพียงส่งผ่านทางผนังที่กั้นระหว่างห้องเท่านั้น แต่ยังส่งผ่านทางช่องเปิดด้วย ค่าดัชนีการลดเสียงของช่องเปิดเป็นดังนี้

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าการลดเสียงของช่องเปิด

(P.H. Parkin, H.R. Humphreys, J.R. Cowell, 1979)

ลักษณะหน้าต่าง	ระดับเสียง (dBA)
1. หน้าต่างบานเปิด	5-10
2. บานกระจกหนา 4 มม.	15-20
3. บานกระจกหนา 4 มม. กั้นซิม	23
4. บานกระจกหนา 6 มม. กั้นซิม	27
5. บานกระจกหนา 12 มม. กั้นซิม	31
6. บานกระจกหนา 4 มม. ซ้อนสองชั้น เว้นช่องว่างอากาศ 20 มม.	36
7. บานกระจกหนา 6 มม. ซ้อนสองชั้น เว้นช่องว่างอากาศ 12 มม. กั้นซิม	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในอาคารเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อคลื่นเสียงกระทบบนวัตถุ เช่น ผนัง จะเกิดการกระจายตัวในสามลักษณะได้แก่

- 1. ส่วนหนึ่งของพลังงานจะสะท้อนกลับออกมา (reflectance (Y))
- 2. ส่วนหนึ่งของพลังงานจะถูกผนังดูดกลืนเอาไว้ (absorbance (A))
- 3. ส่วนหนึ่งของพลังงานจะถูกส่งผ่านไปยังอีกฟากหนึ่งของผนัง (transmittance (T))

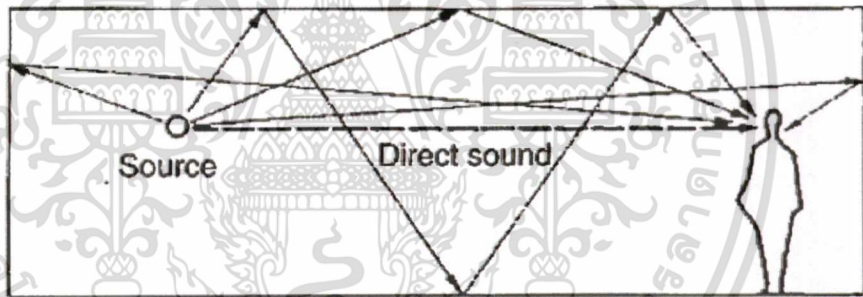
เมื่อคลื่นเสียงมีพลังงานหนึ่งหน่วย จะได้ผลรวมของพลังงานเสียงดังนี้

$$\gamma + \alpha + \tau = 1 \dots\dots\dots (2.6)$$

เสียงภายในอาคารประกอบด้วย

- 1. เสียงตรง (Direct Sound)
- 2. เสียงสะท้อน (Reverberant Sound)

เสียงตรงเป็นเสียงที่ถูกส่งออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงโดยตรงผ่านตัวกลาง จึงลดได้ด้วยการเพิ่มระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง สำหรับเสียงสะท้อนนั้นเกิดจากการตกกระทบของคลื่นเสียงบนพื้นผิวห้อง จึงลดได้ด้วยการดูดกลืนเสียงของวัสดุ



รูปที่ 2.18 เสียงภายในอาคาร

2.3.3 การดูดกลืนเสียง

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของผนังมีค่า ตั้งแต่ 0 ถึง 1 ถ้าผนังที่ไม่ดูดกลืนเสียงเลยจะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงเท่ากับ 0 ถ้าผนังนั้นดูดกลืนเสียงได้ทั้งหมดจะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงเท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของผนังแปรผันตามความถี่เสียง ค่าการดูดกลืนเสียงของผนังสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.7

$$A = \sum(a \times s) \dots\dots\dots (2.7)$$

เมื่อ a แทนค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุ (Absorption Coefficient)

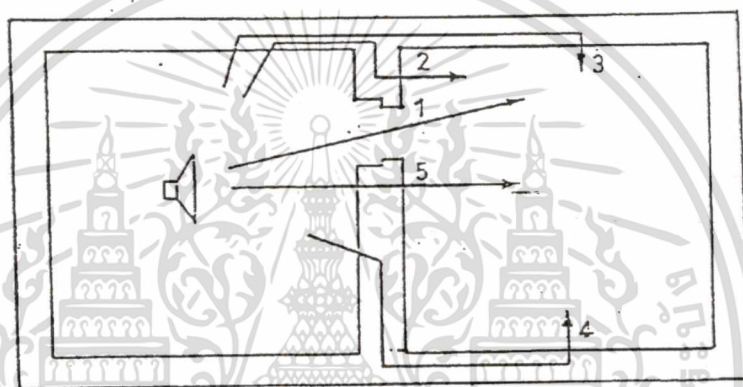
s แทนขนาดพื้นที่ผิวของวัสดุ (ตารางเมตร)

A แทนผลรวมการดูดกลืนเสียงของวัสดุ (ตารางเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 การส่งผ่านเสียง

เสียงส่งผ่านเข้าไปในห้องได้หลายทาง ได้แก่ ผนัง หรือพื้นที่สัมผัสสะท้อน เมื่อเสียงมากระทบกับผนังพลังงานบางส่วนที่เกิดจากการสั่นของอากาศจะแทรกผ่านผนังนั้น การสั่นจะลดลงและกระจายไปภายในผนังทะลุไปยังอากาศอีกด้านหนึ่งของผนัง เรียกว่า Structure borne sound นอกจากนี้เสียงที่ผ่านทางหน้าต่างประตูที่เปิดทิ้งไว้หรือผ่านท่อระบายอากาศ เรียกว่า Air borne sound รูปที่ 2.16 แนวทางเดินของคลื่นเสียงจากจุดกำเนิดเสียงในห้องฝั่งหนึ่งไปยังอีกห้องหนึ่ง เสียงผ่านตัวกลางประกอบด้วย 5 แบบคือ แบบที่ 1 เป็น Air borne sound แบบที่ 2, 3, 4 เป็น Structure borne sound แต่ในทางปฏิบัติเราถือว่าแนวเสียงที่ตั้งฉากกับตัวกลางของแข็งจัดเป็น Air borne sound ได้แก่ แบบที่ 5



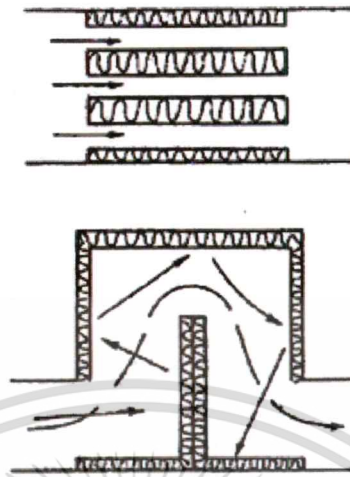
รูปที่ 2.19 การส่งผ่านเสียง

2.3.5 การควบคุมเสียงในการระบายอากาศ

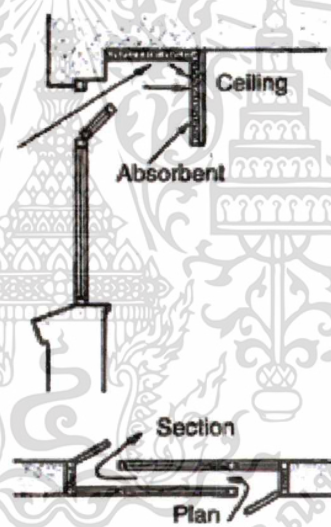
ในหลายๆ กรณีช่องเปิดจำเป็นต้องมีเหตุผลบางอย่างเช่นเพื่อรับลมปัญหาที่ยากที่จะแก้ไขในทางตรง แต่สามารถจะแก้ไขได้โดยทางอ้อม โดยใช้วัสดุกันเสียงโดยมีหลักการดังต่อไปนี้

1. อากาศที่ผ่านเข้าไปไม่หยุดเพียงแค่ช่องเปิดเท่านั้น แต่จะผ่านเข้าไปเป็นเสมือนปล่องอากาศด้วยความยาวอย่างน้อย 1 เมตร
2. ปล่องลมนี้เราสามารถจะทำให้โค้ง หรือทำให้รูปร่างเปลี่ยนแปลงไปเพื่อไม่ให้เสียงที่มากับอากาศนั้นเข้าถึงผู้ฟังได้โดยตรง
3. เนื่องจากรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงไปของปล่องอากาศนี้จะช่วยเพิ่มการสะท้อนไปมาของเสียงภายในปล่องนั้น ช่วยลดความเข้มของเสียงก่อนที่จะถึงผู้ฟัง โดยการใส่วัสดุดูดคลื่นเสียงกรุภายในช่องนั้น
4. เพื่อที่จะเพิ่มการสะท้อนของเสียงภายในปล่องนั้นผิวของการดูดคลื่นเสียงภายในปล่องนั้นควรจะใส่วัสดุกันเสียงภายในปล่องนั้น

รูปที่ 2.20, รูปที่ 2.21 และรูปที่ 2.22 แสดงรายละเอียดของวิธีการดังกล่าว

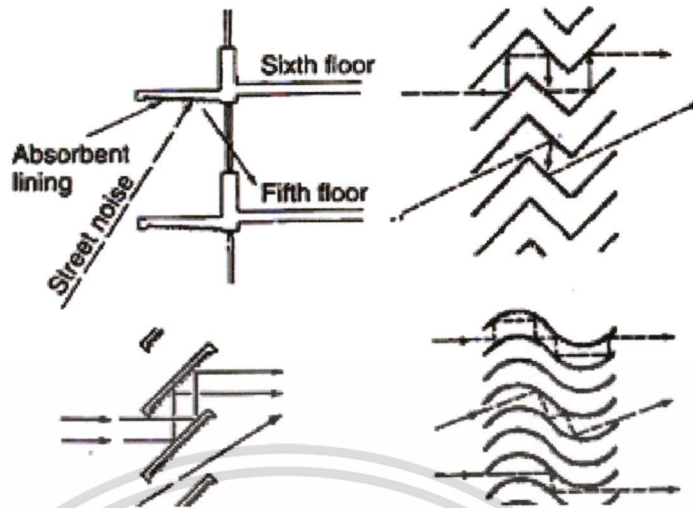


รูปที่ 2.20 การควบคุมเสียงในการระบายอากาศโดยการกรวดดูดคลื่นภายในช่องท่อ



รูปที่ 2.21 การควบคุมเสียงในการระบายอากาศโดยการที่ช่องลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

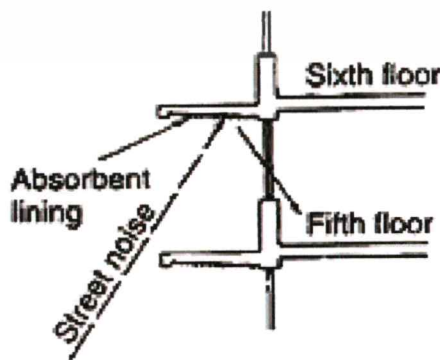


รูปที่ 2.22 การควบคุมเสียงในการระบายอากาศโดยการกรว้วัสดุดูดกลืนเสียงที่กันสาด และบานเกล็ด

ตัวอย่างเช่น ในกรณีรูปที่ 2.23 เสียงรบกวนจากถนนสะท้อนกันสาดที่กรว้วัสดุดูดกลืนเสียง ก่อนที่เสียงจะเข้าสู่ภายในห้อง ถ้าเสียงรบกวนจากถนนมีค่าเสียง 70 เดซิเบลเอ และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุดูดกลืนเสียงเท่ากับ 0.75 สามารถคำนวณหาค่าเสียงรบกวนที่เข้าสู่ภายในห้องได้จากสมการที่ 2.8

$$NL = 10 \log I (1-\alpha)^n / I_0 \dots \dots \dots (2.8)$$

- เมื่อ NL แทนค่าเสียงรบกวนที่เข้าสู่ภายในห้อง (เดซิเบลเอ)
- I แทนค่าความเข้มเสียงของเสียงรบกวน (วัตต์ต่อตารางเมตร)
- I₀ แทนค่าความเข้มเสียงเท่ากับ 10⁻¹² (วัตต์ต่อตารางเมตร)
- n แทนจำนวนครั้งของการสะท้อนของเสียง
- α แทนค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุดูดกลืนเสียง



รูปที่ 2.23 เสียงรบกวนสะท้อนกันสาดเข้าสู่ภายในห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าตัวแปรในสมการที่ 2.8 ดังนั้นเสียงจะสะท้อนเข้าสู่ภายในห้องเท่ากับ

$$\begin{aligned} NL &= 10 \log 10^{-5} (1-0.75)^1 / 10^{-12} \\ &= 10 \log 10^7 (0.25) \end{aligned}$$

ค่าเสียงสะท้อนเข้าสู่ภายในห้อง = 63.9 เดซิเบลเอ

ลดเสียงรบกวน เท่ากับ $70 - 64 = 6$ เดซิเบลเอ

2.4 วิธีการตรวจวัดเสียง

2.4.1 เครื่องตรวจวัดเสียง

การวัดเสียงเพื่อประเมินผลการควบคุมเสียงหรือเพื่อให้แน่ใจว่าเสียงนั้นอยู่ในระดับที่ปลอดภัย การวัดเสียงเป็นงานที่ต้องการความแม่นยำสูงเพราะเสียงเป็นปริมาณที่แปรเปลี่ยนได้ง่าย เกิดแล้วหายไปไม่คงสภาพ จึงจำเป็นต้องทำความเข้าใจกับเครื่องมือตรวจวัดเสียงและวิธีการตรวจวัดเสียง

1. เครื่องวัดระดับเสียง (sound level meter ; SLM)

เป็นเครื่องมือมาตรฐานสำหรับการประเมินการสัมผัสเสียง หลักการทำงานของเครื่องวัดเสียงคือ ความดันที่เปลี่ยนไปเนื่องจากเสียง ซึ่งวัดเป็นระดับความดันเสียงในหน่วยเดซิเบล (dB) ไมโครโฟนจะเป็นอุปกรณ์เปลี่ยนความดันของคลื่นเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณนี้มีขนาดเล็กมากจึงต้องผ่านเครื่องขยายกำลัง ก่อนที่จะถูกส่งไปวิเคราะห์ ซึ่งสามารถได้ข้อมูลตรงๆ หรือข้อมูลเวกซ์ หรือข้อมูลที่ความถี่ใดความถี่หนึ่งโดยผ่านที่กรองเสียง หลังจากนั้นจึงผ่านเครื่องขยายกำลังเพื่อให้ได้ข้อมูลอยู่ในระดับที่แสดงออกมาได้ อาจเป็นเข็มมิเตอร์ ตัวเลขดิจิทัล หรือเป็นสัญญาณแสดงออกที่เทปบันทึกหรือหูฟังก็ได้ (สุธีระ ประเสริฐสรรพ, 2525) (รูปที่ 2.24)



รูปที่ 2.24 เครื่องตรวจวัดระดับเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือวัดระดับความดันเสียงมี 4 ประเภทด้วยกันคือ

ประเภทที่ 1 Precision SLM ใช้ในงานวิจัยซึ่งต้องการความแม่นยำถึง ± 1 dBA

ประเภทที่ 2 General Purpose SLM ใช้ในงานสำรวจภาคสนาม มีความแม่นยำ ± 2 dBA

ประเภทที่ 3 Survey SLM ใช้ในงานสำรวจขั้นต้น ไม่ควรนำมาใช้ในงานวิจัย

ประเภทที่ 4 Special Purpose SLM ใช้ในงานสำรวจเฉพาะทาง เช่นการวัดเสียงในของเหลว

เป็นต้น

ในการวัดเสียงในชุมชนควรใช้เครื่องวัดระดับเสียง ประเภทที่ 1 หรือประเภทที่ 2 ส่วนประกอบของเครื่องวัดระดับเสียงมีดังนี้

1.1 ไมโครโฟน (Microphone) มีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภทคือ คอนเดนเซอร์

ไมโครโฟน (condenser microphone) และเซรามิกไมโครโฟน (ceramic microphone)

1.1.1 คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน มีความคงตัวนานไม่ไวต่อการสั่นสะเทือน สนามแม่เหล็กไฟฟ้า ช่วงอุณหภูมิหรือช่วงความดันที่เปลี่ยนแปลงไป แต่จะไวต่อสภาพความชื้นสูง ซึ่งเป็นสาเหตุของการรั่วไหลของไฟฟ้า ส่งผลให้มีค่าระดับเสียงเบากว่าจากไมโครโฟนดังกล่าว

1.1.2 เซรามิกไมโครโฟน จะมีความทนทานสูง แต่มีความไวต่อแรงสั่นสะเทือน และอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะถ้าต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส

ถึงแม้ว่าการตอบสนองความถี่ของเซรามิกไมโครโฟนจะดีกว่าแต่ก็ถูกพิจารณาว่าในด้านการใช้งานนั้นยังดีกว่าคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

1.2 ที่กรองเวท เป็นอุปกรณ์ควบคุมการตอบสนองของเครื่องวัดระดับเสียงที่ความถี่ต่างๆ ระดับเสียงเวท (weight sound level) เป็นระดับเสียงที่ได้จากการวัดผ่านไมโครโฟนแล้วผ่านที่กรองเวท ซึ่งจะให้ระดับเวทที่หลากหลายรูปแบบได้แก่ เอ บี ซี และดี ทั้งนี้เนื่องจากทุกคนมีความไวต่อเสียงต่างกันถ้าความถี่แตกต่างกัน

1.2.1 เอเวท เป็นการกรองเสียงเพื่อให้ผลตรงกับการตอบสนองของคนสำหรับระดับเสียงต่ำ

1.2.2 บีเวท เป็นการกรองเสียงเพื่อให้ผลตรงกับการตอบสนองของคนสำหรับระดับเสียงปานกลาง (ความถี่ประมาณ 400-3000 Hz)

1.2.3 ซีเวท เป็นการกรองเสียงเพื่อให้ผลตรงกับการตอบสนองของคนสำหรับระดับเสียงสูง

1.2.4 ดีเวท เป็นการตอบสนองของคนจากเสียงเครื่องบิน จึงใช้กับการวัดเสียงจากท่าอากาศยาน

เสียงเวทที่ใช้กันมากที่สุดคือ เอเวท ใช้ประเมินอันตรายจากเสียงทั้งภายในและภายนอกอาคาร รวมทั้งเสียงรบกวนการสนทนาและเสียงรบกวนในเขตชุมชน ทั้งนี้ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อตอบสนองต่อระดับเสียงในช่วงความถี่ใกล้เคียงกับการได้ยินของคนมากที่สุด การใช้เอเวทควรใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ภาคขยายสัญญาณ สำหรับเครื่องวัดเสียง ภาคขยายสัญญาณอย่างน้อยต้องมีความสามารถในการขยายสัญญาณในช่วงความถี่ระหว่าง 20 ถึง 20000 Hz นอกจากนี้จะต้องมีเสียงรบกวนที่เกิดจากตัวขยายสัญญาณเองในระดับที่ต่ำ

1.4 ตัววัดสัญญาณเสียง มีสองแบบได้แก่

1.4.1 แบบที่มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนระดับเสียงอย่างรวดเร็วใช้วัดระดับเสียงที่ไม่สม่ำเสมอและใช้วัดระดับเสียงสูงสุด (fast mode)

1.4.2 แบบที่มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนระดับเสียงอย่างช้าๆ ใช้วัดระดับเสียงที่สม่ำเสมอ (slow mode)

1.5 หน้าจอแสดงผล แสดงผลในหน่วยเดซิเบล มีสองแบบได้แก่

1.5.1 แบบตัวเลขดิจิทัล เหมาะกับการแสดงผลข้อมูลคงที่

1.5.2 แบบแผนภาพ เหมาะกับการแสดงผลข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องตลอดเวลา

2. เครื่องวิเคราะห์ความถี่เสียง (sound frequency analysis)

เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงการกระจายของพลังงานเสียงที่ความถี่ต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการหาแหล่งกำเนิดเสียงและในการควบคุมระดับความดันเสียง ในเครื่องวิเคราะห์นี้ สัญญาณไฟฟ้าจากไมโครโฟนจะถูกกรองด้วยวงจรไฟฟ้าของเครื่องวิเคราะห์เสียง ซึ่งจะส่งต่อพลังงานเสียงที่มีความถี่ในช่วงจำกัด ไปยังหน้าปัดแสดงผล เครื่องวิเคราะห์ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางคือ เครื่องวิเคราะห์แถบเสียง ซึ่งจะวัดความดันเสียงในช่วงความถี่ที่คนได้ยิน เพื่อการวิเคราะห์ให้ละเอียดมากยิ่งขึ้น ช่วงความถี่เสียงจะถูกกำหนดให้แคบลงจาก 1/1 เป็น 1/3 ของช่วงความถี่เสียง (รูปที่ 2.25)



รูปที่ 2.25 เครื่องวิเคราะห์ความถี่เสียง

3. เครื่องตรวจปรับความถูกต้อง (calibrator)

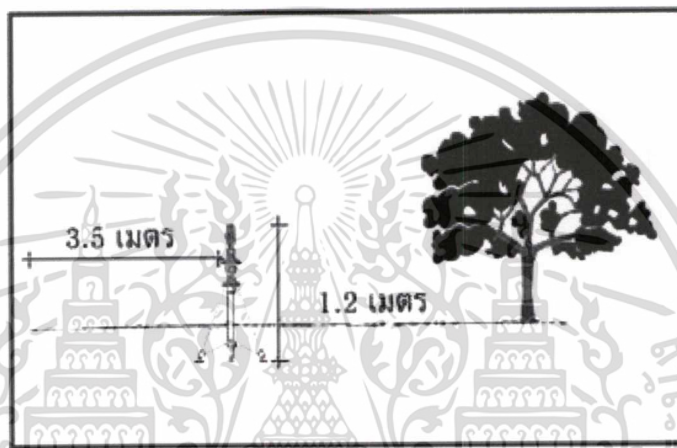
การตรวจปรับความถูกต้องต้องทำทันทีก่อนและหลังการตรวจวัดเสียง โดยสวมเครื่องตรวจปรับความถูกต้องเข้ากับไมโครโฟนของเครื่องวัดเสียง โดยทั่วไปเครื่องตรวจปรับความถูกต้องจะสามารถตรวจปรับที่ความถี่สองระดับ ได้แก่ 500 และ 1000 Hz

2.4.2 การตรวจวัดเสียงภาคสนาม

2.4.2.1 การตรวจวัดเสียงตามมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ

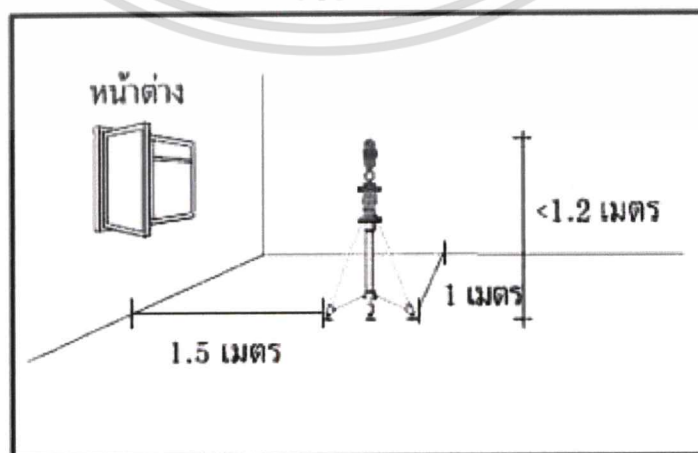
การตรวจวัดเสียงตามมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษนั้น เป็นการตรวจวัดเสียงที่เป็นมาตรฐานในการตรวจวัดเสียงของประเทศไทย ซึ่งจะใช้กับการตรวจวัดในภาคสนาม หรือวัดกับสถานที่จริงเป็นหลัก มีข้อพิจารณาดังนี้

1. การวัดระดับเสียงภายนอกอาคาร จะต้องตั้งไมโครโฟนของเครื่องวัดระดับเสียง โดยจะต้องตั้งสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 1.2 เมตร และในรัศมีโดยรอบไมโครโฟน 3.5 เมตร ตามแนวราบนั้น จะต้องไม่มีกำแพงหรือสิ่งอื่นใดที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนเสียงกีดขวางอยู่ (รูปที่ 2.26)



รูปที่ 2.26 การติดตั้งเครื่องวัดระดับเสียงภายนอกอาคาร

2. การวัดระดับเสียงภายในอาคาร จะต้องตั้งไมโครโฟนของเครื่องวัดระดับเสียงสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 1.2 เมตร และในรัศมีโดยรอบไมโครโฟน 1 เมตร ตามแนวราบนั้น จะต้องไม่มีกำแพงหรือสิ่งอื่นใดที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนเสียงกีดขวางอยู่ และถ้ามีช่องเปิด จะต้องเว้นระยะห่างจากช่องเปิดอย่างน้อย 1.5 เมตร (รูปที่ 2.27)

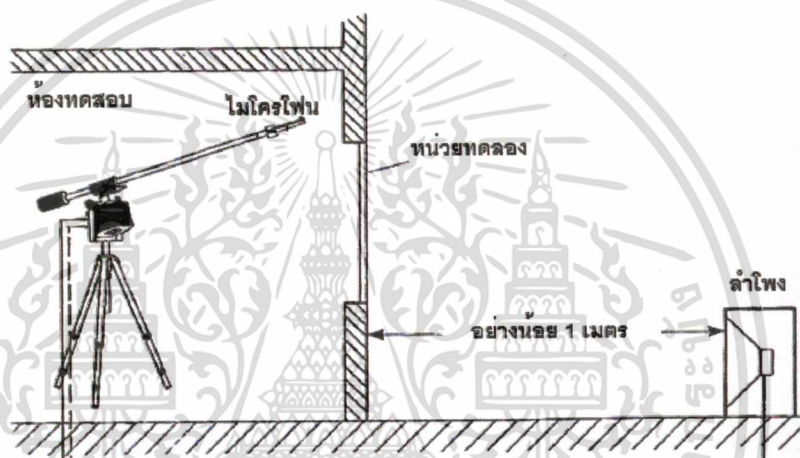


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 2.27 การติดตั้งเครื่องวัดระดับเสียงภายในอาคารไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.2 การตรวจวัดเสียงภาคสนามตามมาตรฐาน ISO140

การตรวจวัดเสียงตามมาตรฐาน ISO 140 นั้นเป็นมาตรฐานสำหรับการตรวจวัดเสียงที่ส่งผ่านเข้ามาในอาคารและที่มาจากส่วนประกอบของอาคาร ซึ่งมาตรฐานนี้นั้นจะครอบคลุมไปทั้งการวัดในห้องทดลองและแบบการวัดภาคสนาม โดยเน้นไปที่การวัดเสียงที่ส่งมาจากอากาศ และเสียงที่ส่งผ่านวัตถุ มาตรฐาน ISO 140 นั้นแบ่งออกเป็น 8 หมวดย่อยด้วยกัน ในที่นี้จะนำเสนอวิธีการตรวจวัดเฉพาะหมวดที่ 5 ซึ่งเกี่ยวข้องกับการศึกษา เท่านั้น

ISO140 Part V : Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and facades จะกล่าวถึงวิธีการตรวจวัดเสียงที่ส่งผ่านเข้ามาจากภายนอกทางกรอบอาคาร โดยทำการตรวจวัดจากสถานที่จริง (รูปที่ 2.28)

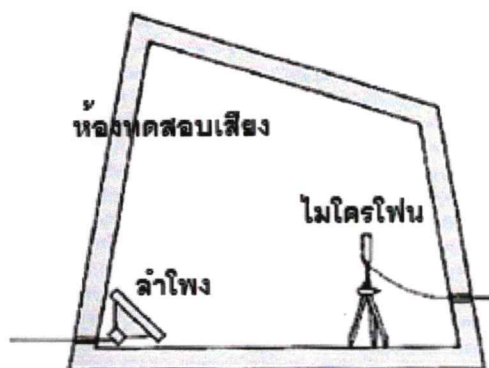


รูปที่ 2.28 การติดตั้งเครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน ISO140 PART V

2.4.3 การตรวจวัดเสียงในห้องทดลอง

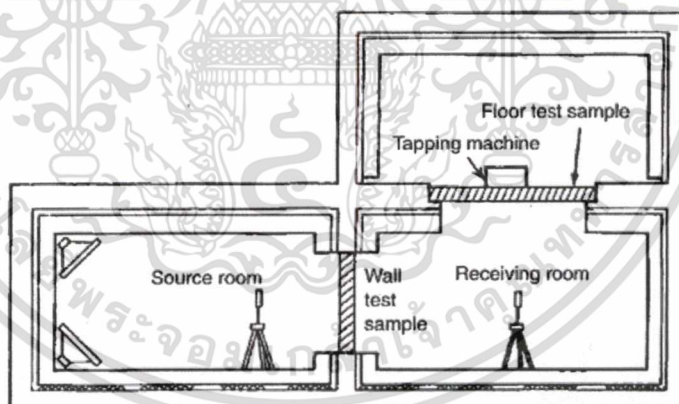
ห้องทดสอบเสียงที่ใช้สำหรับการทดสอบสมบัติทางเสียงของวัสดุอยู่ด้วยกันสองลักษณะ ได้แก่ ห้องสะท้อนเสียง (reverberation room) และ ห้องส่งผ่านเสียง (transmission room)

1. ห้องสะท้อนเสียง ใช้ทดสอบสมบัติการดูดกลืนเสียงของตัวอย่างวัสดุ โดยการกระทบของคลื่นเสียงแบบสุ่ม รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของแต่ละความถี่ ห้องควรมีขนาดพอๆ กับความของยาวคลื่นเสียงที่ระดับความถี่ต่ำสุด มีพื้นผิวภายในห้องที่แข็งสะท้อนเสียงได้ดี ทำการตรวจวัดค่าระยะเวลาสะท้อนเสียงของทั้งห้องเปล่า และห้องที่ติดตั้งตัวอย่างวัสดุที่ต้องการทดสอบ และนำผลไปคำนวณจะได้ค่าการดูดกลืนเสียงของวัสดุนั้น (รูปที่ 2.29)



รูปที่ 2.29 ห้องสะท้อนเสียง

2. ห้องส่งผ่านเสียง ใช้ทดสอบสมบัติการส่งผ่านเสียงของตัวอย่างวัตถุ โดยจะประกอบด้วยห้องกำเนิดเสียง และห้องรับเสียง ระหว่างห้องทั้งสองจะมีช่องว่างเชื่อมถึงกันเพื่อนำเอาตัวอย่างวัตถุที่ต้องการทดสอบมาติดตั้ง แต่ละห้องมีโครงสร้างที่แยกจากกันเพื่อลดการส่งแรงสั่นสะเทือนผ่านทางโครงสร้างอาคาร เสียงจากลำโพง หรือเครื่องกำเนิดเสียงอื่นในห้องกำเนิดเสียงจะถูกตรวจวัดที่จุดรับเสียงในห้องรับเสียง และนำผลการตรวจวัดไปคำนวณจะได้ค่าการส่งผ่านเสียงของวัตถุนั้น (รูปที่ 2.30)



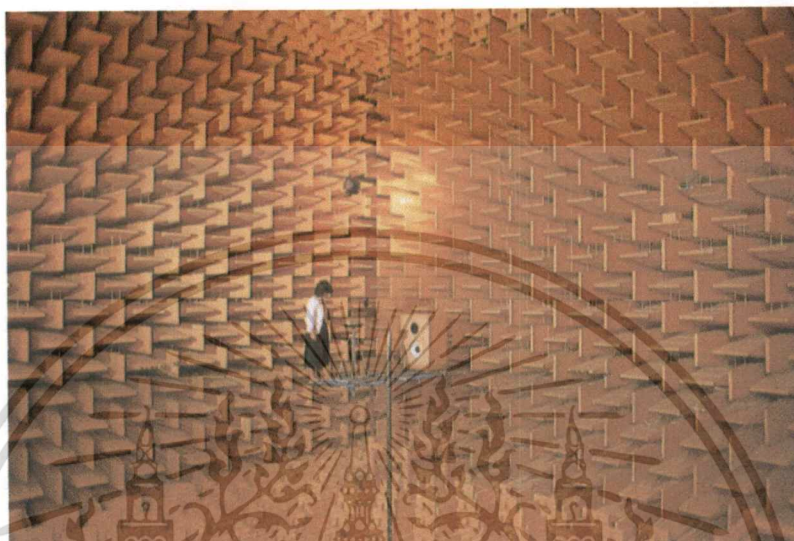
รูปที่ 2.30 ห้องตรวจวัดการส่งผ่านเสียง

2.4.3.1 รูปแบบห้องทดลองมาตรฐาน

ในบางโอกาสเราต้องการวัดเสียงในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน แต่ก็ยังต้องการที่จะควบคุมพฤติกรรมของเสียงไว้ให้ได้ ดังนั้นเราจึงมีการออกแบบห้องทดสอบเสียงขึ้นมา ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ ซึ่งจะนำไปใช้ในรูปแบบที่แตกต่างกันดังนี้

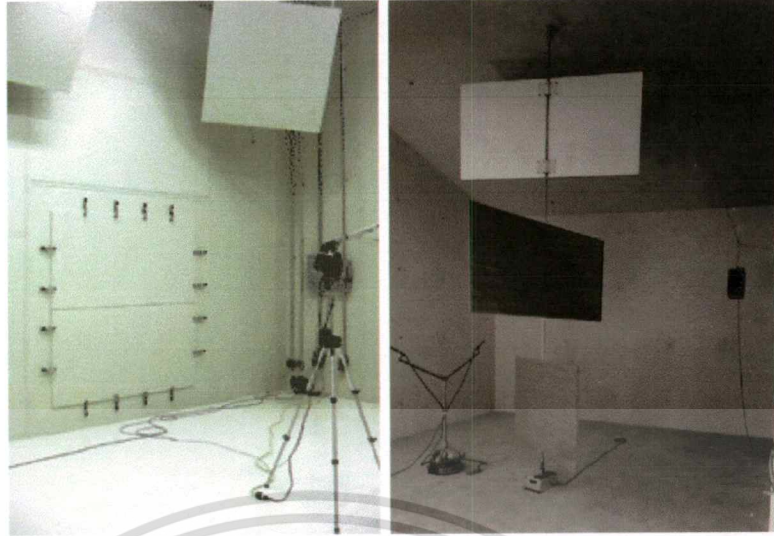
1. ห้องไร้เสียงสะท้อน (Anechoic Chamber) เป็นห้องที่บุผนังภายในไว้ด้วยวัสดุดูดกลืนเสียง ดังนั้นพลังงานทั้งหมดจะไม่มีการสะท้อนกลับเหมือนกับผนังห้อง เสียงที่วัดได้ไม่ผ่านการตีงกั้งลั้ง อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเป็นเสียงตรงเท่านั้น จึงเหมาะสำหรับใช้หาตัวประกอบทิศทางเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง มักจะใช้กับงานวิจัยเพื่อหาข้อมูลต่าง ๆ เช่น ทารูปแบบ (Pattern) ของการเปล่งเสียง, ข้อมูลของเสียงแถบคลื่นสั้น, ความสัมพันธ์ของเฟสกับพลังงานของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงตำแหน่งที่ต่างกัน (รูปที่ 2.31)



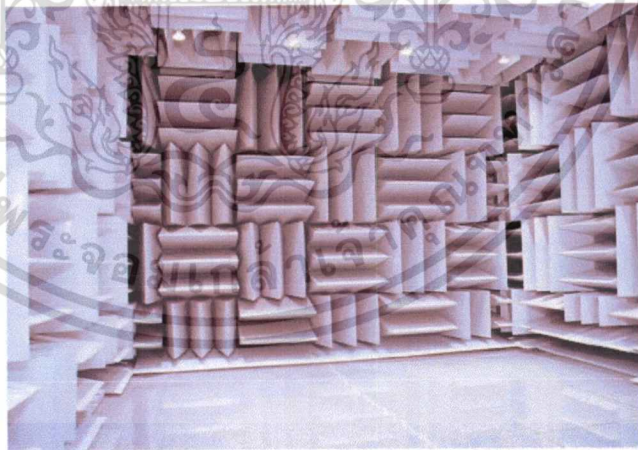
รูปที่ 2.31 ห้องไร้เสียงสะท้อน

2. ห้องสะท้อนเสียง (Reverberant Chamber) เป็นห้องที่มีลักษณะตรงกันข้ามกับห้องไร้เสียงสะท้อน โดยเสียงที่มากระทบกับผนังจะถูกสะท้อนกลับออกมาทั้งหมด (โดยทฤษฎี) ดังนั้นผนังห้องจะเรียบ ทำจากวัสดุที่แข็งทั้งหมดบางที่อาจมีแผ่นสะท้อนเสียงที่สามารถปรับมุมได้ มาช่วยในการกระจายเสียงให้สม่ำเสมอทั้งห้อง ห้องสะท้อนเสียงนั้นจะใช้สำหรับหาค่าเฉลี่ยเชิงเวลา หาปริมาณของพลังงานเสียงที่เปล่งออกจากแหล่งกำเนิด ใช้สำหรับหาและเปรียบเทียบการลดเสียง (Noise Reduction) และใช้สำหรับหาค่าก้องเสียงจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ดังนั้นตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียงในห้องจะมีผลต่อการวัดค่าก้องเสียง ซึ่งในทางปฏิบัติมักจะให้แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่มุมห้องแต่ต้องห่างจากผนังและพื้นไม่น้อยกว่า $1/2$ ของความยาวคลื่น (รูปที่ 2.32)



รูปที่ 2.32 ห้องสะท้อนเสียง

3. ห้องกึ่งไร้เสียงสะท้อน (Semi - Anechoic Chamber) ในบางโอกาสพื้นต้องรับน้ำหนักมาก ๆ จึงต้องเป็นพื้นแข็ง เช่น คอนกรีต แต่ในส่วนของผนังและเพดานจะบุด้วยวัสดุดูดคลื่นเสียง ดังนั้นเสียงส่วนหนึ่งจะสะท้อนได้จากพื้น การจะนำห้องรูปแบบนี้ไปใช้จึงต้องคำนึงถึงเรื่องเสียงที่สะท้อนจากพื้น เพราะมีผลทั้งทิศทาง และกำลังของเสียงที่จะมาหักล้างหรือส่งเสริมกำลังของเสียงที่จากแหล่งกำเนิดอีกด้วย (รูปที่ 2.33)

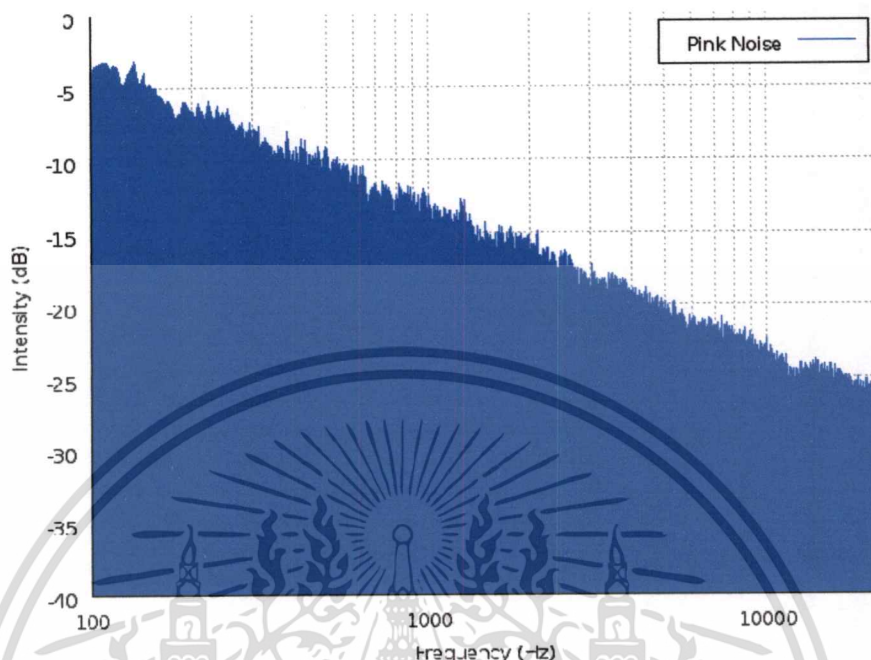


รูปที่ 2.33 ห้องกึ่งไร้เสียงสะท้อนเสียง

2.4.3.2 รูปแบบเสียงมาตรฐานที่ใช้ในการทดลอง

เสียงที่นำมาใช้ในการทดลองนั้น จะเป็นเสียงที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ในการทดลอง โดยเฉพาะ เพื่อให้ง่ายแก่การควบคุม สำหรับในการทดลองครั้งนี้เลือกใช้เสียง Pink noise เป็นรูปแบบเสียงที่มีระดับความเข้มเสียงลดลง 3 dB ต่อออกเทบแบนด์ ซึ่งเสียงลักษณะนี้นั้นมีลักษณะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใกล้เคียงกับความถี่ที่มนุษย์สามารถรับฟังได้ จึงมีความนิยมนำมาใช้ในการทดลองเรื่องเสียงที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ (รูปที่ 2.34)



รูปที่ 2.34 รูปแบบความถี่เสียง Pink noise

2.4.4 การบวกหรือลบเดซิเบล

การบวกหรือลบเดซิเบลนั้นสามารถทำได้ 3 วิธี คือ

1. การบวกหรือลบเดซิเบลโดยใช้สมการลอการิทึม (Logarithm) ด้วยการแปลงค่าระดับความดันเสียงทั้งหมดให้อยู่ในรูปสมการลอการิทึม เพื่อหาค่าความเข้มของเสียง จากนั้นจึงนำกำลังของเสียงมาบวกหรือลบกัน ตามสมการที่ 2.9 และสมการที่ 2.10

$$L_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$L_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0}$$

$$L = 10 \log I_1 + I_2 \dots\dots\dots (2.9)$$

$$L = 10 \log I_1 - I_2 \dots\dots\dots (2.10)$$

- เมื่อ L_1, L_2 = ระดับความดันเสียง (เดซิเบล)
- L = ระดับความดันเสียงที่ต้องการหา (เดซิเบล)
- I_1, I_2 = ความเข้มของเสียง (วัตต์ต่อตารางเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับความเข้มของเสียงอ้างอิง คือ 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

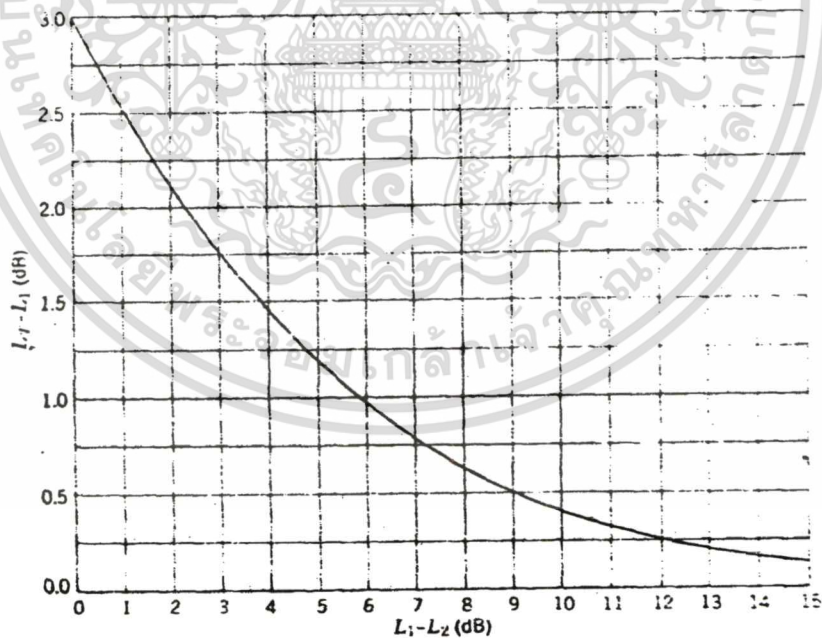
2. การบวกหรือลบเดซิเบลโดยใช้สมการปรับแก้ โดยการนำเอาค่าระดับความดันเสียงมาแทนค่าในสมการปรับแก้ โดยสมการที่ 2.11 เป็นสมการสำหรับการบวกเดซิเบล ส่วนสมการที่ 2.12 เป็นสมการสำหรับลบเดซิเบล

$$L_T = L_1 + 10 \log_{10} \left(1 + 10^{\frac{-(L_1 - L_2)}{10}} \right) \dots\dots\dots (2.11)$$

$$L_T = L_1 + 10 \log_{10} \left(1 - 10^{\frac{-(L_1 - L_2)}{10}} \right) \dots\dots\dots (2.12)$$

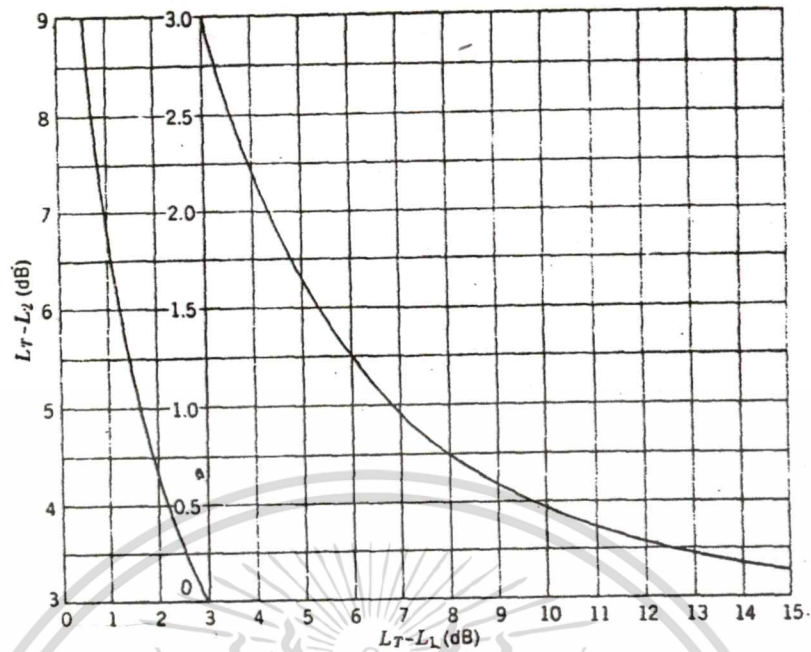
เมื่อ แหล่งเสียงมีเพียง 2 แหล่ง และ $L_1 > L_2$
 L_T = ระดับความดันเสียงรวม (dB)
 L_1, L_2 = ระดับความดันเสียงที่ 1 และเสียงที่ 2 (dB)

3. การบวกหรือลบเดซิเบลโดยใช้แผนภาพปรับแก้ โดยนำค่าผลต่างของระดับความดันเสียงมาเปรียบเทียบกับแผนภาพ โดยรูปที่ 2.35 เป็นการหาค่าปรับแก้สำหรับการบวกเดซิเบล และรูปที่ 2.33 เป็นการหาค่าปรับแก้สำหรับการลบเดซิเบล



รูปที่ 2.35 ค่าปรับแก้สำหรับการบวกเดซิเบล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 ค่าปรับแก้สำหรับการลบเดซิเบล

2.4.5 ค่าระดับเสียงทางสถิติ

เครื่องมือในการวัดเสียงจะต้องมีระบบการวัดในทางสถิติได้ เช่น Leq, Ldn เป็นต้น ระบบเหล่านี้จะใช้ไมโครโฟนติดตั้งภายนอกอาคาร มีการบันทึกระดับเสียงบนเทป จากเอกสารของ US EPA ได้อธิบายว่าการแสดงผลกระทบของเสียงรบกวนในสิ่งแวดล้อมที่ดีที่สุดคือ แสดงเป็น long-term equivalent A-weight sound level (Leq) และ day-night sound level (Ldn) (US EPA, 1974) ในการประเมินเสียงรบกวนจะมีการคำนวณเปอร์เซ็นต์ของเวลาที่เกินระหว่างช่วงระยะเวลาที่สำรวจเพื่อนำมาเป็นข้อมูลเพื่อคำนวณค่าทางสถิติและดัชนีบางตัว เช่น L10, L50, L90 ซึ่งเป็นค่าระดับเปอร์เซ็นต์ไทด์ ค่าตัวเลขจะตรงกับค่าเปอร์เซ็นต์ไทด์ของช่วงเวลาการตรวจวัด ซึ่งมีความหมายว่าค่าระดับเสียงที่มีระดับเสียงในเกิน 10, 50, 90 เปอร์เซ็นต์ของเวลาในการตรวจวัด ตามลำดับ โดยในช่วงเวลาตรวจวัดค่า L10 ถือเป็นค่าระดับเสียงสูงสุดของระยะเวลาที่ตรวจวัดและเป็นข้อบ่งชี้ของระดับเสียงรบกวน ค่า L50 ถือเป็นค่ากลางของระดับเสียง และ L90 ถือเป็นค่าระดับเสียงแบคกราวนด์ที่ปราศจากแหล่งกำเนิดเสียง (กรมควบคุมมลพิษ, 2543)

2.4.6 มาตรฐานระดับเสียงในชุมชน

มาตรฐานระดับเสียงในชุมชนเพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเสียงแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ มาตรฐานเสียงรบกวน และมาตรฐานเสียงที่อาจเป็นอันตรายต่อการใช้

1. มาตรฐานเสียงรบกวน ISO (International Organization for Standardization) และ

US EPA (US Environmental Protection Agency) ได้เสนอแนะว่าการตรวจวัดเสียงรบกวนโดยทั่วไป เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรตรวจวัดแบบ Leq และ Ldn ซึ่งเป็นค่าตัวแทนระดับเสียงโดยทั่วไปดีกว่าการตรวจวัดระดับเสียงแบบอื่น

1.1 มาตรฐานระดับเสียงของ WHO (World Health Organization) ได้เสนอแนะระดับเสียงสูงสุดที่จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคนในชุมชนทั่วไปและชุมชนในเขตเมือง (outdoor) โดยเสนอค่า Leq ในเวลากลางวัน (7.00-22.00) ไม่มากกว่า 55 เดซิเบลเอ และในเวลากลางคืน (22.00-7.00) ไม่มากกว่า 45 เดซิเบลเอ

1.2 มาตรฐานระดับเสียงของ World Bank Environmental Guideline ได้เสนอระดับเสียงสูงสุดจะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคนในชุมชน โดยเสนอค่า Ldn ไว้ว่าระดับเสียงรบกวนภายในอาคาร (indoor) ต้องไม่เกิน 45 เดซิเบลเอ และระดับเสียงรบกวนภายนอกอาคาร (outdoor) ต้องไม่เกิน 55 เดซิเบลเอ (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2533)

1.3 มาตรฐานระดับเสียงของ US EPA ได้เสนอค่าระดับเสียง Leq24 และ Ldn ไว้ว่าระดับเสียงรบกวนภายนอกอาคาร (outdoor) ไม่มากกว่า 55 เดซิเบลเอ และระดับเสียงรบกวนภายในอาคาร (indoor) ไม่มากกว่า 45 เดซิเบลเอ (US EPA, 1974)

1.4 มาตรฐานระดับเสียงของ ISO ได้เสนอค่าระดับเสียงรบกวนที่ยอมรับได้ โดยกำหนดค่าต่ำสุดคือ 35-45 เดซิเบลเอ สำหรับระดับเสียงในชุมชนทั่วไป ดังแสดงในตาราง (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2533)

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าระดับเสียงรบกวนที่ยอมรับได้

ย่านการใช้ที่ดิน	ระดับเสียงรบกวนที่ยอมรับได้ (dBA)
1. พื้นที่ย่านที่พักอาศัยในเขตชนบท โรงพยาบาล	35-45
2. พื้นที่ย่านที่พักอาศัยชานเมือง	40-50
3. พื้นที่ย่านที่พักอาศัยในเขตเมือง	45-55
4. พื้นที่ย่านที่พักอาศัยหนาแน่นในเขตเมือง	50-60
5. พื้นที่ย่านธุรกิจการค้า	55-65
6. พื้นที่ย่านอุตสาหกรรม	60-70

1.5 มาตรฐานระดับเสียงของไทย คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไปเป็นค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ต้องไม่เกิน 70 เดซิเบล (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15, 2540)

2. มาตรฐานเสียงที่อาจเป็นอันตรายต่อการได้ยิน

สามารถแบ่งเป็นระดับเสียงสองลักษณะคือ (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2533)

2.1 ระดับเสียงที่อาจเป็นอันตรายต่อการได้ยินสำหรับบุคคลทั่วไป

WHO ได้เสนอระดับเสียงสูงสุดที่คนทั่วไปสามารถรับฟังได้ดังนี้

Leq 8 ชั่วโมง มีค่า 75 เดซิเบลเอ ทุกพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Leq 24 ชั่วโมง มีค่า 70 เดซิเบลเอ ทุกพื้นที่

2.2 ระดับเสียงที่อาจเป็นอันตรายต่อการได้ยินสำหรับบุคคลที่สัมผัสกับเสียงเป็นประจำตามประกาศของกระทรวงมหาดไทยได้กำหนดไว้ว่า

2.2.1 ระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับไม่เกิน 91 เดซิเบลเอ ต่อเนื่องกันไม่เกินวันละ 7 ชั่วโมง

2.2.2 ระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับต่อเนื่องกันไม่เกิน 90 เดซิเบลเอ เกินวันละ 7 ชั่วโมงแต่ไม่ถึง 8 ชั่วโมง

2.2.3 ระดับเสียงที่ลูกจ้างรับต่อเนื่องกันไม่เกิน 80 เดซิเบลเอ เกินวันละ 8 ชั่วโมง

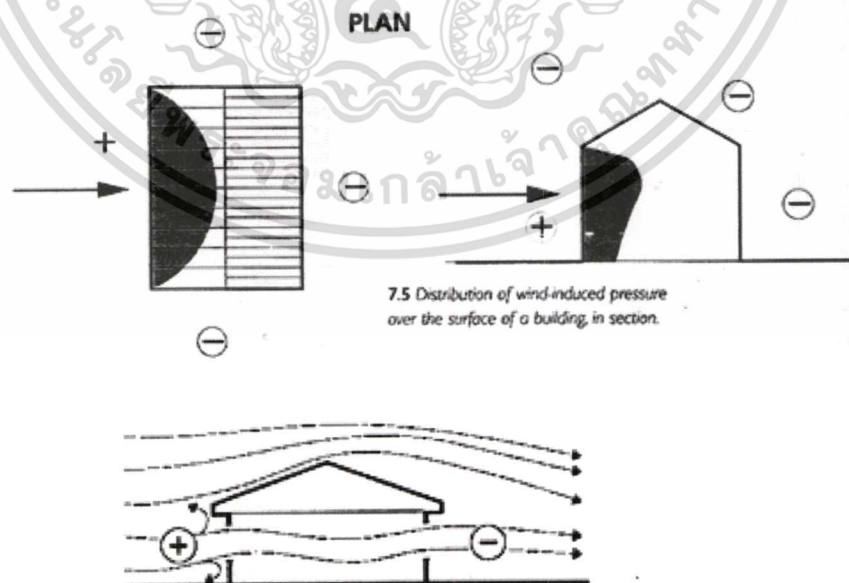
2.5 การระบายอากาศ

2.5.1 การระบายอากาศตามธรรมชาติ

การระบายอากาศตามธรรมชาติของอาคารเกิดจากกระแสลม (wind pressure) และหรือความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกอาคารกับอุณหภูมิภายในอาคาร (thermal buoyancy) ทั้งนี้รวมถึงปริมาณของการระบายอากาศที่จะเกิดขึ้นอีกด้วย

2.5.1.1 กระแสลมจากความดันอากาศ

เกิดจากกระแสลมพัดผ่านอาคาร แรงปะทะด้านรับลมทำให้เกิดความดันสูง ขณะที่ด้านอับลมฝั่งตรงข้ามไม่มีแรงปะทะจึงมีความดันต่ำ ทำให้กระแสลมไหลผ่านช่องเปิดเข้าไป (รูปที่ 2.37)

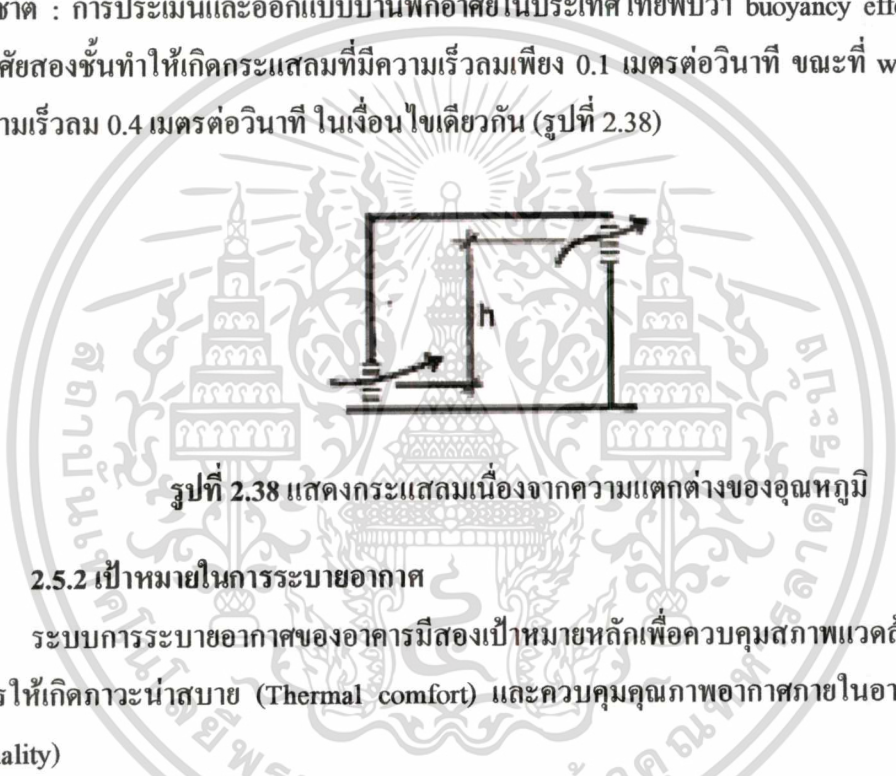


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ **รูปที่ 2.37 แสดงกระแสลมเนื่องจากความแตกต่างของความดันอากาศ** โยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในอาคารด้วยความดันที่แตกต่างกัน ซึ่งตรงกับข้อเสนอแนะของ สมสิทธิ์ นิตยะ (2541) ว่าการระบายความร้อนจากการระเหยของเหงื่อที่ผิวหนังของคนด้วยกระแสลมเป็นกระบวนการที่ง่ายและเหมาะสมในการทำให้เกิดภาวะนำสบายแก่ผู้อาศัยในเขตอากาศร้อนชื้น

2.5.1.2 กระแสลมจากความแตกต่างของอุณหภูมิ

ความแตกต่างของอุณหภูมิทำให้สองบริเวณมีความดันอากาศที่แตกต่างกันเป็นผลให้เกิดการไหลเวียนของอากาศ แม้ว่าจะสามารถทำให้เกิดกระแสลมได้แต่ก็ต้องอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิก่อนข้างมาก จากการศึกษาของเฉลิมวัฒน์ (2550) ในเรื่องการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ : การประเมินและออกแบบบ้านพักอาศัยในประเทศไทยพบว่า buoyancy effect ในอาคารพักอาศัยสองชั้นทำให้เกิดกระแสลมที่มีความเร็วลมเพียง 0.1 เมตรต่อวินาที ขณะที่ wind pressure ให้ความเร็วลม 0.4 เมตรต่อวินาที ในเงื่อนไขเดียวกัน (รูปที่ 2.38)



รูปที่ 2.38 แสดงกระแสลมเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ

2.5.2 เป้าหมายในการระบายอากาศ

ระบบการระบายอากาศของอาคารมีสองเป้าหมายหลักเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้เกิดภาวะนำสบาย (Thermal comfort) และควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor air quality)

2.5.2.1 ภาวะนำสบายทางอุณหภูมิ

The American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers (ASHRAE) กำหนดค่าขอบเขตบนของภาวะนำสบายทางอุณหภูมิของคนไว้ที่ 26 องศาเซลเซียส ภายในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างร้อยละ 30 ถึง 70 อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาเกี่ยวกับภาวะนำสบายทางอุณหภูมิอื่นๆ ได้แสดงขอบเขตภาวะนำสบายทางอุณหภูมิของคนที่อาศัยอยู่ในเขตอากาศร้อนชื้นซึ่งมีการปรับตัวต่อสภาพอากาศ เช่น ผลการศึกษาภาคสนามของ ปรีชญารังสิริรักษ์ (2006) ขอบเขตภาวะนำสบายทางอุณหภูมิภายในที่พักอาศัยที่มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติเท่ากับ 28 ± 2.5 องศาเซลเซียส และการไหลเวียนของอากาศสามารถเพิ่มขอบเขตภาวะนำสบายทางอุณหภูมิได้ ความเร็วลมที่เคลื่อนที่ผ่านผิวกาย 1.5 เมตรต่อวินาที สามารถเพิ่มขอบเขตภาวะนำสบายได้ถึง 6 องศาเซลเซียส จากสมการที่ 2.13 (Steven V. Szokolay, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$dT = 6(V - 0.2) - (V - 0.2)^2 \dots\dots\dots (2.13)$$

สำหรับความเร็วมวลที่ไม่เกิน 2 เมตรต่อวินาที

เมื่อ dT แทน ผลต่างของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

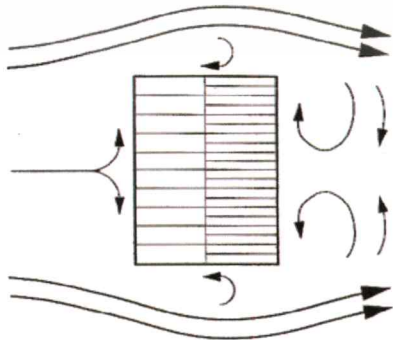
V แทน ความเร็วมวล (เมตรต่อวินาที)

2.5.2.2 คุณภาพอากาศภายในอาคาร

การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอเป็นสาเหตุของปัญหาอากาศภายในอาคารคือคุณภาพ จากผลการติดตามเก็บข้อมูลภายในอาคารสาธารณะของรัฐแอตแลนตา ประเทศสหรัฐอเมริกาจำนวน 356 อาคารอย่างต่อเนื่องพบว่ากว่าร้อยละ 50 ของอาคารที่มีการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอเป็น สาเหตุของอาการเจ็บป่วยของผู้พักอาศัย และปัญหาอากาศภายในอาคารคือคุณภาพ ปัญหาจากการ ระบายอากาศที่ไม่เพียงพอมีแนวโน้มรุนแรงขึ้นในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เนื่องจากมาตรการอนุรักษ์ พลังงาน ไม่ว่าจะเป็นการลดการรั่วซึมของอากาศทางช่องเปิด การลดช่วงเวลาในการใช้ระบบปรับ อากาศ และการลดการใช้ระบบควบคุมความชื้นภายในอาคาร เป้าหมายหลักของการระบายอากาศ เพื่อทำให้อากาศภายในอาคารมีคุณภาพที่ดี และเหมาะสมกับผู้ใช้สอยอาคาร นอกจากนี้ยังทำให้ ผู้ใช้สอยอาคารมีสุขภาพที่ดี เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และเจือจางสารพิษจากอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ และวัสดุตกแต่งผิวภายในอาคาร ดังนั้นการระบายอากาศที่ดีควรช่วยทั้งประหยัดพลังงาน และเพิ่มคุณภาพอากาศภายในอาคาร

2.5.3 การไหลเวียนของอากาศภายในเมือง

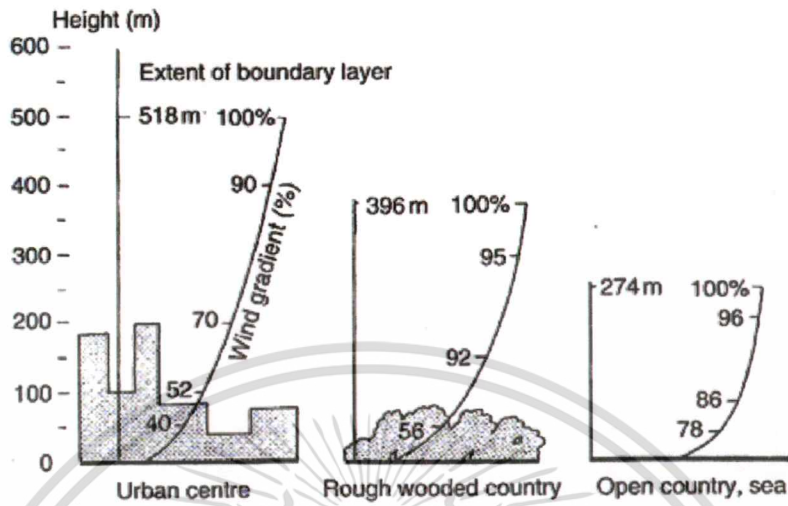
การไหลเวียนของอากาศบริเวณโดยรอบอาคารมีลักษณะเป็นลมหมุน (bolster eddy vortex) เนื่องมาจากกระแสลมที่พัดมากระทบผนังกรอบอาคารด้านรับลม ถูกแยกออกด้วยขอบของอาคาร ทั้งด้านข้าง และด้านบน ขณะที่หลังอาคารเป็นด้านอับลมซึ่งมีความดันอากาศต่ำ กระแสลมจะพัด บีบโค้งเข้าและบรรจบกันห่างออกไป ความเร็วลมลดลง และเพิ่มความแปรปรวนกว่ากระแสลม ด้านหน้าอาคาร (รูปที่ 2.39)



รูปที่ 2.39 แสดงกระแสลมเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ

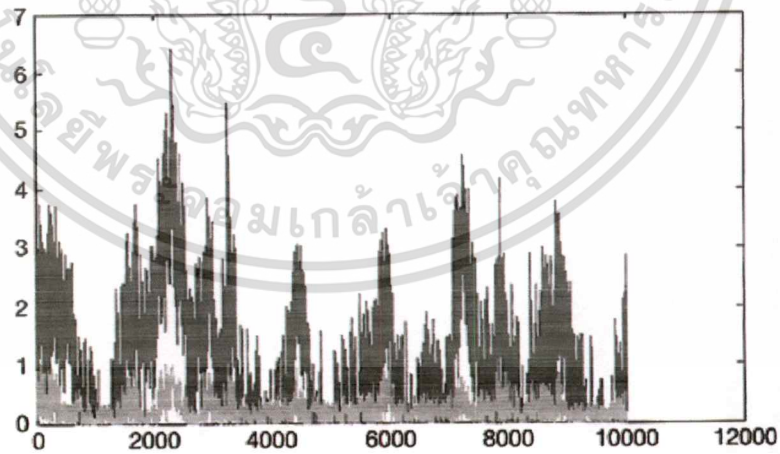
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการไหลเวียนของอากาศบริเวณกลุ่มอาคารในเขตชุมชนเมืองนั้น มีน้อยเนื่องจากการขวางกั้นกระแสลมของกลุ่มอาคารทำให้ความเร็วลมระหว่างอาคารลดลง (รูปที่ 2.40)



รูปที่ 2.40 แสดงระดับความเร็วลมที่ระดับความสูงที่ต่างกัน ในแต่ละภูมิประเทศ

จากรูปที่ 2.40 เปรียบเทียบระดับความเร็วลมบริเวณช่องว่างระหว่างอาคารและความเร็วลมเหนือกลุ่มอาคารของกรุงเอเธนส์ ประเทศกรีซ พบว่าความเร็วลมบริเวณช่องว่างระหว่างอาคารมีอัตราส่วนเพียงร้อยละ 10 ถึง 30 ของความเร็วลมเหนือกลุ่มอาคาร ดังนั้นเมื่อความเร็วลมเหนือกลุ่มอาคารเป็น 4 เมตรต่อวินาที ความเร็วลมบริเวณช่องว่างระหว่างอาคารจะเป็น 1 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 2.41 ระดับความเร็วลมระหว่างกลุ่มอาคาร (สีเทา) เทียบกับระดับความเร็วลมเหนือกลุ่มอาคาร (ดำ) ในช่วงเวลาเดียวกัน ของกรุงเอเธนส์ ประเทศกรีซ

2.5.4 การไหลเวียนอากาศภายในอาคาร

ระบบการระบายอากาศของอาคารมีสองแบบได้แก่ ระบบการระบายอากาศตามธรรมชาติ (Passive system) และระบบการระบายอากาศโดยเครื่องกล (Active system) มีสองเป้าหมายหลัก เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้เกิดภาวะน่าสบาย (thermal comfort) และควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality) โดยเฉพาะการลดมลพิษทางอากาศ การลดปริมาณความชื้น และการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิด้วยการไหลเวียนอากาศ (air movement) และการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Change) ในปริมาณที่เหมาะสม ระบบการระบายอากาศโดยเครื่องกลเหมาะที่จะใช้เมื่อต้องการควบคุมสภาพอากาศภายในอาคารให้ค่าคงที่ตลอดระยะเวลาใช้งาน หรือเมื่อสภาพอากาศภายนอกอาคารแปรปรวน หรือส่งผลเสียทางด้านสุขภาพต่อผู้ใช้สอยภายในอาคาร ดังนั้นคุณภาพอากาศภายนอกอาคาร จึงยังคงมีความสำคัญกับคุณภาพอากาศภายในอาคารของการระบายทั้งสองระบบ สำหรับการเลือกใช้ระบบการระบายอากาศในปัจจุบันจึงพิจารณาทั้งการอนุรักษ์พลังงาน ผลคุณภาพของอากาศภายในอาคาร และสภาพอากาศบริเวณที่ตั้งอาคาร อีกทั้งพิจารณาประเภทกิจกรรม จำนวน และพฤติกรรมของผู้ใช้สอยอาคาร โดยทั่วไปมีปริมาณที่ 5 ถึง 25 ลิตรต่อวินาทีต่อคน หรือ 0.5 ถึง 3 หน่วยการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง (air change per hour) เมื่อมีการสูบบุหรี่ความต้องการปริมาณการระบายอากาศจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก (ตารางที่ 2.6)

ตารางที่ 2.6 อัตราการระบายอากาศที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการสูบบุหรี่

Category	Required ventilation rate (l/s per occupant)			
	No smoking	20%	40%	100%
A	10	20	30	30
B	7	14	21	21
C	4	8	12	12

เมื่ออุณหภูมิภายนอกและภายในอาคารแตกต่างกันไม่มาก อากาศภายนอกอาคารมีปริมาณมลพิษที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และสภาพอากาศปกติควรเลือกใช้ระบบการระบายอากาศตามธรรมชาติ ขณะที่เมื่ออุณหภูมิภายนอกและภายในอาคารแตกต่างกันมาก อากาศภายนอกอาคารมีปริมาณมลพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และสภาพอากาศแปรปรวนควรเลือกใช้ระบบการระบายอากาศด้วยเครื่องปรับอากาศ

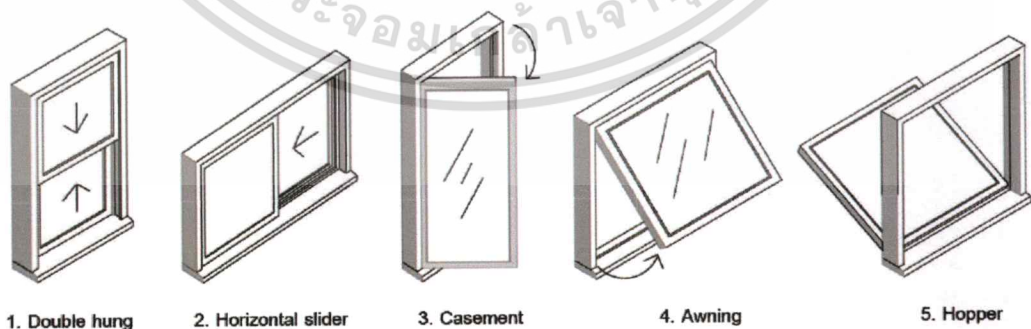
ตารางที่ 2.7 เกณฑ์การระบายอากาศของแต่ละพื้นที่ใช้สอยของอาคาร

Air inhaled	at sedentary activity	0.5m ³ /h
	at heavy work, up to	5m ³ /h
Limitation	CO ₂ content, absolute limit	0.5%
	markedly 'used air' effect	0.15%
If room volume per person (m ³)	Then fresh air supply rate per person	
	Minimum	Recommended
3	12	17
6	7	11
9	5	8
12	4	6
Kitchen, other than domestic	20 air changes per hour	
Kitchen, domestic	10	
Laundry, boiler room, operating theatre	15	
Canteen, restaurant, dance hall	10-15	
Cinema, theatre, lavatory	6-10	
Bathroom, bank hall, parking station	6	
Office, laboratory	4-6	
Library	3-4	
Staircase, corridor (non-domestic)	2	
All other domestic rooms	1	

2.5.5 การระบายอากาศที่ผนังอาคาร

รูปแบบการระบายอากาศบริเวณผนังนั้น สามารถที่จะจำแนกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ ช่องเปิดหน้าต่าง และช่องระบายอากาศ

1. ช่องเปิดหน้าต่าง คือ ช่องเจาะที่สามารถเปิดให้ภายในและภายนอกเชื่อมถึงกันได้ โดยมีอุปกรณ์ที่สามารถเปิด - ปิดตัวช่องเปิดได้ เช่น หน้าต่างบานเปิดประเภทต่าง ๆ หน้าต่างบานเกล็ด หน้าต่างบานเลื่อน เป็นต้น วัสดุที่นำมาทำช่องเปิดนั้นมีหลากหลาย เช่น ไม้ กระจก เหล็ก อลูมิเนียมพลาสติก เป็นต้น (รูปที่ 2.42)



1. Double hung

2. Horizontal slider

3. Casement

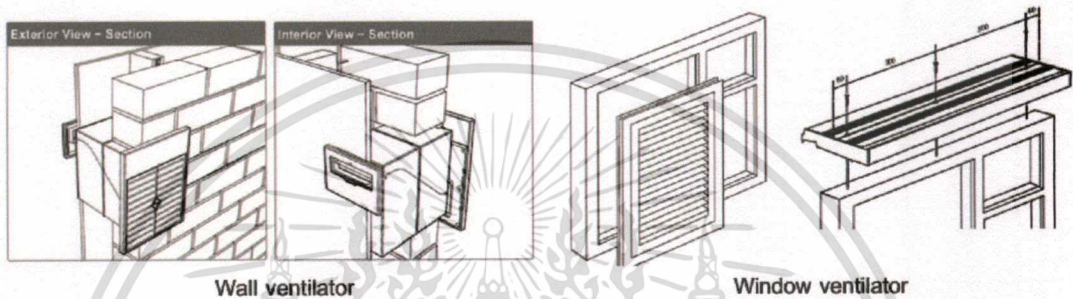
4. Awning

5. Hopper

รูปที่ 2.42 รูปแบบช่องเปิดหน้าต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **ช่องระบายอากาศ** คือ ช่องเจาะที่สามารถเชื่อมต่อกับภายนอกได้ ใช้สำหรับระบายอากาศอย่างเดียว จึงเป็นช่องที่มีขนาดเล็กหลาย ๆ ช่องต่อชุด โดยช่องเหล่านี้จะไม่สามารถปรับลดหรือขยายขนาด และไม่สามารถเปิด-ปิดได้เช่นเดียวกับช่องเปิด ช่องระบายอากาศนั้นมีหลากหลายรูปแบบ เช่น เป็นแผ่นวางให้เกิดรูขนาดเล็ก เป็นแผ่นซ้อนเกล็ด เป็นแผ่นวางเหลื่อมกันในลักษณะบังใบ เป็นต้น วัสดุที่นำมาทำช่องระบายอากาศนั้นมีหลากหลาย เช่น ไม้ กระจก เหล็ก อลูมิเนียม พลาสติก ดินเผา ปูนซีเมนต์ เป็นต้น ช่องระบายอากาศที่ทำมาจากดินเผา หรือปูนซีเมนต์ มักจะเรียกรวมกันว่า อิฐระบายอากาศ หรืออิฐช่องลม (รูปที่ 2.43)



รูปที่ 2.43 รูปแบบช่องระบายอากาศ

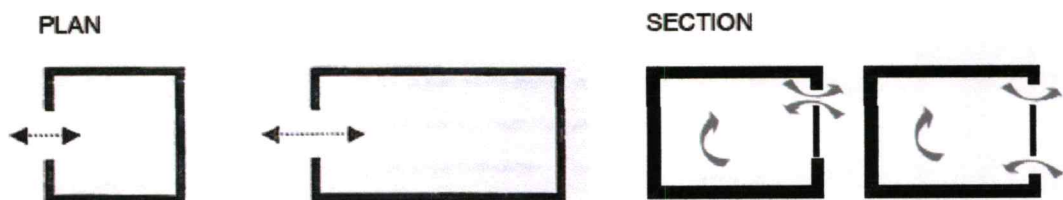
2.5.6 รูปแบบการระบายอากาศผ่านช่องเปิดหน้าต่าง

การระบายอากาศตามธรรมชาติมีรูปแบบดังนี้

1. การระบายอากาศแบบมีช่องเปิดด้านเดียว มีสองแบบได้แก่ (รูปที่ 2.44)

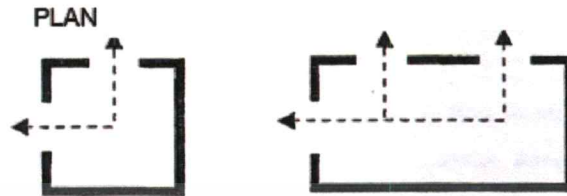
1.1 การระบายอากาศแบบช่องเปิดเดี่ยวให้การระบายอากาศที่เหมาะสมกับห้องที่มีความลึกไม่เกินสองเท่าของความสูงจากพื้นถึงเพดาน ปริมาณการระบายอากาศขึ้นกับแรงลมภายนอกอาคาร และความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกับภายนอกอาคาร

1.2 การระบายอากาศแบบช่องเปิดคู่ให้การระบายอากาศที่เหมาะสมกับห้องที่มีความลึกไม่เกินสามเท่าของความสูงจากพื้นถึงเพดาน เนื่องจากตำแหน่งช่องเปิดที่ห่างกันในแนวตั้งทำให้ความสามารถในการระบายอากาศดีขึ้น



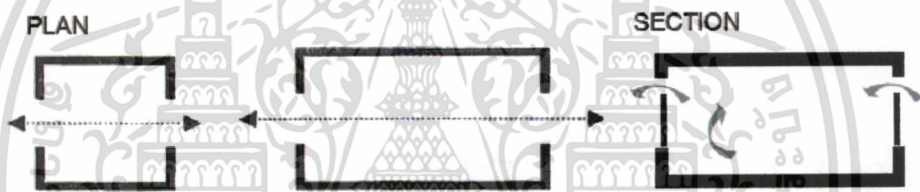
รูปที่ 2.44 การระบายอากาศแบบมีช่องเปิดด้านเดียว

2. การระบายอากาศแบบมีช่องเปิดสองด้าน โดยที่ตำแหน่งช่องเปิดไม่ได้อยู่ตรงข้ามกัน ให้การระบายอากาศที่ดีกว่าการระบายอากาศแบบมีช่องเปิดด้านเดียว เนื่องจากความแตกต่างของความดันอากาศของช่องเข้าและช่องลมออก (รูปที่ 2.45)



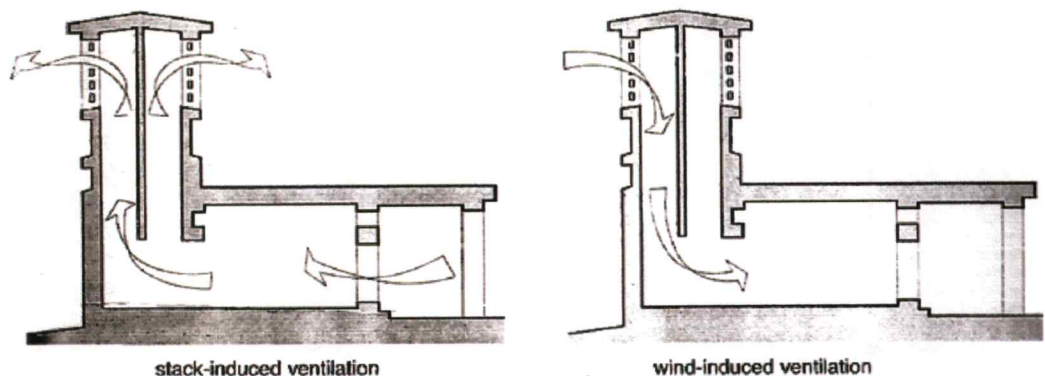
รูปที่ 2.45 การระบายอากาศแบบมีช่องเปิดสองด้าน

3. การระบายอากาศแบบข้ามฝาก ประกอบด้วยช่องลมเข้า (inlet) และช่องลมออก (outlet) ซึ่งมีตำแหน่งที่ตรงข้ามกัน ให้การระบายอากาศที่เหมาะสมกับห้องที่มีความลึกมากกว่าสามเท่าของความสูงจากพื้นถึงเพดาน จะให้ผลการระบายอากาศที่ดีเมื่อเกิดจากแรงลม (รูปที่ 2.46)



รูปที่ 2.46 การระบายอากาศแบบข้ามฝาก

4. การระบายอากาศแบบปล่อง ใช้ทั้งความแตกต่างของอุณหภูมิ และความแตกต่างของความดันอากาศ โดยควรหันช่องลมเข้าด้านล่างรับลม และช่องลมออกที่ปลายปล่องควรมีความดันอากาศต่ำ ในทางกลับกันเมื่อช่องลมเข้าที่ปลายปล่องหันรับลม และช่องลมออกด้านล่างที่ความดันอากาศต่ำกระแสลมจะไหลย้อนจากบนลงล่างเรียกการระบายอากาศนี้ว่า Wind stack ซึ่งใช้แก้ไขการระบายอากาศของอาคารที่มีพื้นที่จำกัดในเขตชุมชนเมืองที่หนาแน่น เช่น ห้องแถว (รูปที่ 2.47)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบการระบายอากาศตามธรรมชาติ ควรพิจารณาทิศทางลมเพื่อให้ได้การไหลเวียนอากาศอย่างเต็มที่ และหลีกเลี่ยงการรับอากาศที่ถูกระบายออกมาจากอาคารข้างเคียง สำหรับทางสัญจรภายในอาคารรวมทั้งโถงบันไดสามารถใช้เป็นช่องทางในการไหลเวียนอากาศไปยังพื้นที่อับลมภายในอาคารได้ อย่างไรก็ตามเส้นทางการไหลเวียนอากาศจะต้องไม่สั้นจนเกินไปจึงควรพิจารณาตำแหน่งของช่องเปิดไปพร้อมกับการพิจารณาเส้นทางการไหลเวียนอากาศ

2.5.7 อัตราการไหลตามสมการเบอร์นูลีย์

อัตราการไหล (Air flow rate) เป็นการหาปริมาณของการระบายอากาศใน 1 วินาที ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับขนาดของช่องเปิด ตามสมการที่ 2.14

$$vr = a \times v \dots\dots\dots (2.14)$$

- เมื่อ vr แทนอัตราการไหล (m^3/s)
 v แทนความเร็วลม (m/s)
 a แทนพื้นที่หน้าตัดของช่องลมออก (m^2)

2.5.8 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศในหนึ่งชั่วโมง

อัตราการระบายอากาศใน 1 ชั่วโมง (Air change per hour) เป็นการหาอัตราการระบายอากาศโดยคิดปริมาณอากาศที่ระบายออกเป็นจำนวนเท่าของปริมาตรห้องใน 1 ชั่วโมง ตามสมการที่ 2.15

$$N = \frac{vr \times 3600}{V} \dots\dots\dots (2.15)$$

- เมื่อ N แทนอัตราการระบายอากาศใน 1 ชั่วโมง
 vr แทนอัตราการไหล (m^3/s)
 V แทนปริมาตรห้อง (m^3)

บทที่ 3

วิธีศึกษา

ในการศึกษาวิจัยเรื่องช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวน มีเป้าหมายในการศึกษาการลดระดับเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารควบคู่กับความสามารถในการระบายอากาศของช่องเปิด โดยความสามารถในการลดเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารจะประเมินจากค่าการลดเสียง (Sound Reduction Index) ของตัวอย่างช่องเปิดหน้าต่างที่ได้จากการศึกษาเทียบกับค่าเกณฑ์เสียงรบกวน (Noise Rating (NR)) ที่ยอมรับได้สำหรับที่พักอาศัยในเขตชุมชนเมือง สำหรับความสามารถในการระบายอากาศจะประเมินจากค่าอัตราส่วนร้อยละของความเร็วลมที่ไหลผ่านช่องเปิดหน้าต่างกับค่าความเร็วลมตั้งต้น (Ventilation Rate (VR)) ดังนั้นจึงแบ่งการศึกษาออกเป็นสองขั้นตอนได้แก่

1. การคำนวณทางทฤษฎี เป็นการศึกษาข้อมูลทางวิชาการจากบทบทวนวรรณกรรม โดยแบ่งการคำนวณออกเป็นสองหัวข้อ ได้แก่ การคำนวณการลดเสียงรบกวนและการคำนวณการระบายอากาศ

จากนั้นทำการกำหนดรูปแบบของช่องเปิดจากผลสรุปจากการคำนวณ แล้วจัดทำหน่วยทดลองช่องเปิดตามรูปแบบที่ทำการกำหนดเอาไว้ เตรียมหน่วยทดลองดังกล่าวไว้เพื่อทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป

2. การเก็บข้อมูลภาคสนาม เป็นการศึกษาข้อมูลจากผลการตรวจวัดค่าตัวแปรจากหน่วยทดลองภายในห้องทดสอบ โดยแบ่งการเก็บข้อมูลภาคสนามออกเป็นสองหัวข้อ ได้แก่ การเก็บข้อมูลเสียงรบกวนภายในห้องทดสอบเสียงและการเก็บข้อมูลความเร็วลมผ่านช่องเปิดภายในอุโมงค์ลม

จากนั้นนำข้อมูลภาคสนามที่รวบรวมได้มาทำการ วิเคราะห์เปรียบเทียบ สรุปและเสนอแนะ

3.1 การคำนวณทางทฤษฎี

3.1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษารูปแบบของช่องเปิดระบายอากาศที่สามารถลดเสียงรบกวนจากภายนอกอาคาร
2. เพื่อกำหนดรูปแบบของหน่วยทดลองช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวนที่จะใช้ในการทดลองต่อไป

3.1.2 การคำนวณค่าการลดเสียงจากการสะท้อนและดูดกลืนเสียง

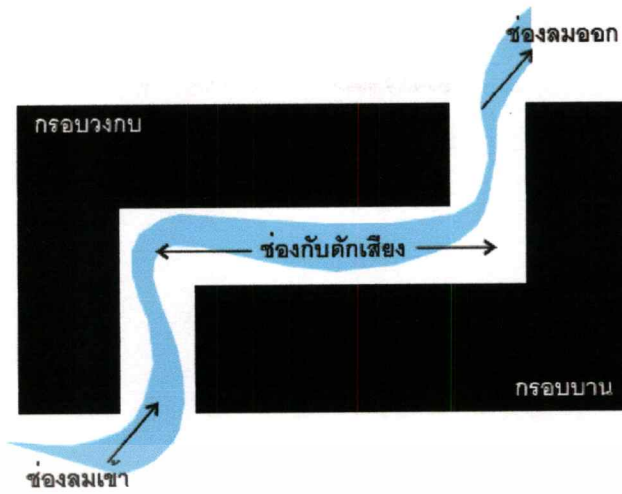
จากการทบทวนวรรณกรรมและการสังเกตช่องเปิดหน้าต่างบานเปิดที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบันทางผู้วิจัยจึงได้มุ่งให้ความสนใจไปที่ช่องว่างแคบๆซึ่งเกิดขึ้นระหว่างกรอบบานกับกรอบวงกบ เมื่อมีการเปิดและปิดหน้าต่าง ช่องว่างนี้จะป็นช่องทางผ่านของทั้งเสียงและลมเข้าสู่ภายในอาคารนอกเหนือจากการส่งเสียงผ่านกรอบอาคารตามปกติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำช่องว่างดังกล่าวมาทำการศึกษาคือ โดยกำหนดรูปแบบและระยะสัดส่วน ตามรูปที่ 3.1

ช่องกับดักเสียง กว้าง 0.005 เมตร					
ช่องกับดักเสียง กว้าง 0.010 เมตร					
ช่องกับดักเสียง กว้าง 0.015 เมตร					
ช่องกับดักเสียง กว้าง 0.020 เมตร					
ช่องกับดักเสียง กว้าง 0.025 เมตร					
ช่องลม กว้าง 0.005 เมตร	ช่องลม กว้าง 0.010 เมตร	ช่องลม กว้าง 0.015 เมตร	ช่องลม กว้าง 0.020 เมตร	ช่องลม กว้าง 0.025 เมตร	

รูปที่ 3.1 แสดงภาพตัดขวางของช่องว่างระหว่างบานหน้าต่างกับวงกบที่มีการกำหนดระยะสัดส่วนต่างกันเพื่อใช้ในการศึกษา

จากภาพตัดขวางของช่องว่างจะเห็นว่าสามารถแบ่งช่องว่างนี้ออกเป็นสองส่วน (รูปที่ 3.2) ได้แก่

1. ส่วนช่องทางเข้าและช่องทางออกซึ่งต่อไปจะเรียกว่า ช่องลมเข้าและช่องลมออกตามลำดับ
2. ส่วนช่องว่างตรงกลางที่เชื่อมระหว่างช่องทางเข้ากับช่องทางออกซึ่งต่อไปจะเรียกว่า ช่องกับดักเสียง

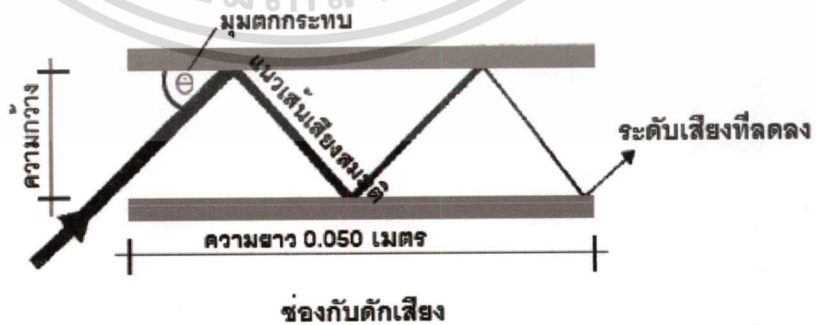


รูปที่ 3.2 แสดงภาพตัดขวางของช่องว่างระหว่างบานหน้าต่างกับวงกบ ได้แก่ ช่องลม และช่องกับดักเสียง

สำหรับระยะสัดส่วนของช่องลมเข้า ช่องลมออก และช่องกับดักเสียงทางผู้วิจัยได้กำหนดตามขนาดช่องว่างระหว่างบานหน้าต่างกับวงกบขณะที่บานหน้าต่างปิดไม่มีการเปิดใช้งานที่ทำการสำรวจจากหน้าต่างบานเปิดไม้ที่ใช้กัน โดยทั่วไป ซึ่งเริ่มจากระยะ 0.005 เมตรเป็นต้นไป ดังนั้นสำหรับการคำนวณการลดเสียง ซึ่งทำการคำนวณค่าการลดเสียงของกับดักเสียงจากสมการที่ 3.1 (ปรีชญา รังสิรักษ์, พ.ศ.2541)

$$NL = 10 \log (1 - \alpha)^n \dots\dots\dots (3.1)$$

- เมื่อ NL แทน ค่าระดับเสียงรบกวน (Noise Level (dB))
- α แทน ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุ (Absorption Coefficient)
- n แทน จำนวนครั้งที่แนวเส้นเสียงสมมุติตกกระทบบนพื้นผิววัสดุ



รูปที่ 3.3 แสดงภาพตัดขวางของช่องกับดักเสียงที่มีการตกกระทบบของแนวเส้นเสียงสมมุติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยจึงกำหนดระยะตัดส่วนของช่องกับดักเสียงและมุมตกกระทบของแนวเส้นเสียง สมมุติ (รูปที่ 3.3) ดังนี้

1. กำหนดให้ขนาดช่องกับดักเสียงกว้าง 0.005, 0.010, 0.015, 0.020 และ 0.025 เมตร
2. กำหนดให้ขนาดช่องกับดักเสียงยาว 0.050 เมตร
3. กำหนดให้มุมตกกระทบของแนวเส้นเสียงสมมุติที่มีค่าตั้งแต่ 15, 30, 45, 60 และ 75 องศา และ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของไม้สัก (ปรีชญา รังสิริภักย์, พ.ศ.2541) ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของไม้สักในช่วงความถี่เสียงทุกๆ หนึ่งออกเทป

วัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง					
	125Hz	250 Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
ไม้สัก	0.04	0.04	0.06	0.10	0.18	0.28

3.1.3 การคำนวณค่าความเร็วลมที่ช่องลมออก

สำหรับการคำนวณการระบายอากาศ ซึ่งทำการคำนวณค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกจาก สมการอัตราการไหลของเบอร์นูลลี (ฉัตรชัย นิยมมล, พ.ศ.2550) เมื่ออัตราการไหลที่ผ่านช่องลมเข้ากับช่องลมออกมีปริมาณคงที่

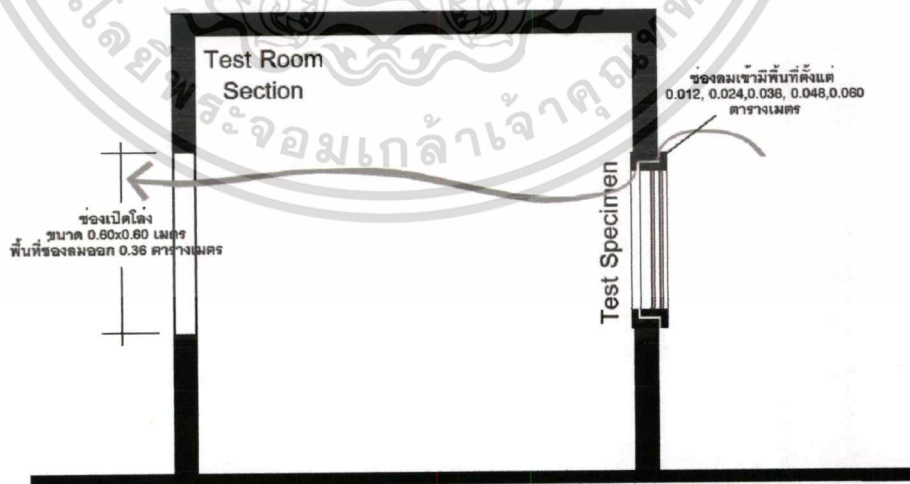
$$a_1 v_1 = a_2 v_2 \dots \dots \dots (3.2)$$

เมื่อ v_1 แทนความเร็วลมที่ช่องลมเข้า (m/s)

v_2 แทนความเร็วลมที่ช่องลมออก (m/s)

a_1 แทนพื้นที่หน้าตัดของช่องลมเข้า (m²)

a_2 แทนพื้นที่หน้าตัดของช่องลมออก (m²)



รูปที่ 3.4 แสดงภาพตัดขวางของห้องทดลองที่ใช้เป็นต้นแบบสำหรับคำนวณการระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยจึงกำหนดระยะสัดส่วนและขนาดพื้นที่ของช่องลมเข้าและช่องลมออกดังนี้

1. กำหนดให้ขนาดพื้นที่ของช่องลมเข้าโดยรอบหน้าต่างเป็น 0.012 ตารางเมตร เมื่อช่องลมทางเข้าและออกกว้าง 0.005 เมตร
2. กำหนดให้ขนาดพื้นที่ของช่องลมเข้าโดยรอบหน้าต่างเป็น 0.024 ตารางเมตร เมื่อช่องลมทางเข้าและออกกว้าง 0.010 เมตร
3. กำหนดให้ขนาดพื้นที่ของช่องลมเข้าโดยรอบหน้าต่างเป็น 0.036 ตารางเมตร เมื่อช่องลมทางเข้าและออกกว้าง 0.015 เมตร
4. กำหนดให้ขนาดพื้นที่ของช่องลมเข้าโดยรอบหน้าต่างเป็น 0.048 ตารางเมตร เมื่อช่องลมทางเข้าและออกกว้าง 0.020 เมตร
5. กำหนดให้ขนาดพื้นที่ของช่องลมเข้าโดยรอบหน้าต่างเป็น 0.060 ตารางเมตร เมื่อช่องลมทางเข้าและออกกว้าง 0.025 เมตร
6. กำหนดให้ขนาดพื้นที่ของช่องเปิดโล่งให้ลมออกที่อยู่ทางด้านตรงข้ามมีขนาด 0.360 ตารางเมตร
7. กำหนดค่าความเร็วลมที่ช่องลมเข้าเป็น 1, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 เมตรต่อวินาที ดังนั้นในขั้นตอนการศึกษาจากการคำนวณทางทฤษฎี จะทำให้ค่าการลดเสียงและค่าความเร็วลมที่ช่องลมออก จากนั้นศึกษาผลการคำนวณเพื่อนำไปกำหนดรูปแบบของหน่วยทดลองช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวนที่จะใช้ทำการทดลองในขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาคสนามต่อไป

3.2 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

3.2.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการลดเสียงรบกวนและการระบายอากาศของหน่วยทดลองช่องเปิด ซึ่งได้รูปแบบจากการศึกษาในขั้นตอนการคำนวณจากสมการทางคณิตศาสตร์

2. เพื่อสรุปและเสนอแนะรูปแบบของช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวนที่มีประสิทธิภาพในการลดเสียงรบกวนควบคู่กับการระบายอากาศ

จากการคำนวณจากสมการทางคณิตศาสตร์ ทำให้สามารถกำหนดรูปแบบของหน่วยทดลองช่องเปิดหน้าต่างบานผลึกที่มีประสิทธิภาพในการลดเสียงรบกวนควบคู่กับการระบายอากาศ

3.2.2 การเก็บข้อมูลผลการตรวจวัดเสียงรบกวน

นำหน่วยทดลองช่องเปิดหน้าต่างนี้ไปทำการตรวจวัดค่าการลดเสียงภายในห้องทดสอบทางเสียงที่ได้ก่อสร้างขึ้น โดย

1. ติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดหน้าต่างแทนที่ช่องเปิดโล่งขนาด 0.60x0.60 เมตรที่ผนังห้องทดสอบทางเสียงด้านที่ติดกับภายนอกอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จัดวางเครื่องมือในการตรวจวัดตามมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ, พ.ศ.2546) โดยมีลำโพงเป็นแหล่งกำเนิดเสียงติดตั้งไว้ภายนอกอาคาร และติดตั้งไมโครโฟนพร้อมกับเครื่องตรวจวัดระดับเสียงไว้ภายในห้องเป็นจุดรับเสียง

3. ทำการเซตระบบเครื่องตรวจวัดระดับเสียงตามมาตรฐานการตรวจวัดเสียงทั่วไปของกรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ, พ.ศ.2546)

4. เปิดเสียงจากลำโพงพร้อมกับเริ่มทำการบันทึกผลการตรวจวัดเสียงรบกวนที่จุดรับเสียง ทำการเก็บข้อมูลผลการตรวจวัดเสียงจำนวนสี่ครั้งระยะเวลาห่างกันครึ่งละหนึ่งชั่วโมง นำข้อมูลเสียงที่ได้ทั้งสี่ครั้งมาเฉลี่ยหาค่าเปอร์เซ็นต์ไทด์ที่ 90 จะได้หนึ่งชุดข้อมูลเสียงซึ่งจะถูกนำไปประมวลผลด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ต่อไป

5. ทำการตรวจวัดค่าเสียงแบคราวน์และค่าเสียงรบกวนในแต่ละกรณีได้แก่

1. เสียงรบกวนจากลำโพง
2. เสียงรบกวนที่ผ่านผนังก่ออิฐฉาบปูนสองด้านทาสี
3. เสียงรบกวนที่ผ่านผนังก่ออิฐฉาบปูนสองด้านทาสี เจาะช่องเปิดโล่งขนาด 0.60x0.60 เมตร
4. เสียงรบกวนที่ผ่านผนังก่ออิฐฉาบปูนสองด้านทาสี ติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดหน้าต่างแทนที่ช่องเปิดโล่ง
5. นำผลการตรวจวัดค่าเสียงรบกวนและค่าเสียงแบคราวน์ที่ทำหาค่า L90 จากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไทด์ที่ 10 มาลบกันแบบบวกลบเดซิเบล จะทำให้ได้ค่าเสียงรบกวนที่ทำการหักค่าเสียงแบคราวน์ออกแล้ว
6. นำค่าเสียงรบกวนที่แท้จริงของแต่ละกรณีแทนลงในสมการหาค่าการลดเสียงตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน ISO140 (Bruel & Kjaer, Acoustic Measurements According to ISO Standards and Recommendations, ISO 140, 1978) จะสามารถหาค่าการลดเสียงของหน่วยทดลองช่องเปิดหน้าต่าง ได้ดังนี้

$$SRI = L1 - [L2 + 10 \log (4S \cos \Theta / A)] \dots \dots \dots (3.3)$$

- เมื่อ
- SRI แทนค่าการลดเสียง (เดซิเบลเอ)
 - L1 แทนค่าระดับความดันเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง (เดซิเบลเอ)
 - L2 แทนค่าระดับความดันเสียงของจุดรับเสียง (เดซิเบลเอ)
 - S แทนขนาดพื้นที่ของหน่วยทดลอง (ตารางเมตร)
 - Θ แทนด้วยค่ามุม 0 องศา
 - A แทนค่าการดูดกลืนเสียงทั้งหมดของห้องทดสอบ (พื้น, ผนัง, ฝ้าเพดาน)

คำนวณได้จาก

$$A = A_1\alpha_1 + A_2\alpha_2 + A_3\alpha_3 + \dots + A_n\alpha_n \dots \dots \dots (3.4)$$

เมื่อ A_n แทนขนาดพื้นที่ผิวของวัสดุแต่ละประเภทภายในห้อง (ตารางเมตร)
 α_n แทนค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของแต่ละวัสดุในแต่ละช่วงความถี่

โดยค่าการลดเสียงที่คำนวณได้จะแยกตามช่วงความถี่เสียงต่างๆช่วงความถี่หนึ่งออกเทบ และค่าการลดเสียงนี้จะถูกนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าเกณฑ์เสียงรบกวนที่ยอมรับได้สำหรับที่พักอาศัยในเขตชุมชนเมืองหนาแน่นร่วมกับเสียงจากการจราจรเพื่อหาความสามารถในการลดเสียงของหน่วยทดลองช่องเปิดหน้าต่างในขั้นตอนต่อไป

3.2.3 การเก็บข้อมูลผลการตรวจวัดค่าความเร็วลมที่ช่องลมออก

สำหรับการตรวจวัดค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกของหน่วยทดลองช่องเปิดหน้าต่างภายในอุโมงค์ลมทำได้

1. ตั้งค่าความเร็วลมตั้งต้นภายในอุโมงค์ลมให้มีค่า 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 เมตรต่อวินาที ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือตรวจวัดความเร็วลมแบบลวดความร้อน
2. ทำการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดหน้าต่างที่ปลายอุโมงค์ลม หันหน่วยทดลอง
 1. ทำมุมตั้งฉากกับแนวทิศทางลม
 2. ทำมุมเอียง 45 องศา กับแนวทิศทางลม
3. เปิดพัดลมภายในอุโมงค์ลมตามค่าความเร็วลมตั้งต้นที่ได้ตั้งค่าเอาไว้โดยเริ่มต้นที่ 1.5 เมตรต่อวินาที ทำการตรวจวัดค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกด้านหลังหน่วยทดลองระยะห่างอย่างน้อยทุกๆ 0.15 เมตร ด้วยเครื่องมือตรวจวัดความเร็วลมแบบลวดความร้อน
4. ทำการบันทึกค่าความเร็วลมที่ตรวจวัดได้ในแต่ละตำแหน่ง นำผลการตรวจวัดทั้งหมดมาคำนวณหาค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ช่องลมออกของหน่วยทดลอง
5. นำค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ช่องลมออก มาแทนลงในสมการที่ 3.5 เพื่อคำนวณหาอัตราส่วนร้อยละของค่าความเร็วลมที่ผ่านหน่วยทดลองช่องเปิดหน้าต่างนี้

$$V_o/V_i * 100 = VR \dots \dots \dots (3.5)$$

เมื่อ V_o แทนค่าระดับความเร็วลมเฉลี่ยที่ช่องลมออก (เมตรต่อวินาที)
 V_i แทนค่าระดับความเร็วลมตั้งต้นภายในอุโมงค์ลม (เมตรต่อวินาที)
 VR แทนค่าอัตราส่วนร้อยละของค่าความเร็วลมที่ผ่านหน่วยทดลองช่องเปิด (ร้อยละ)

6. ทำการตรวจวัดและบันทึกผลการตรวจวัดค่าความเร็วลมซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่สาม โดยเปลี่ยนค่าความเร็วลมตั้งต้นภายในอุโมงค์ลมเป็น 2.0, 2.5 และ 3.0 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ

โดยอัตราส่วนร้อยละของค่าความเร็วลมที่ผ่านหน่วยทดลองช่องเปิดที่คำนวณได้จะแสดงถึงปริมาณลมที่ผ่านหน่วยทดลอง ผลจากการตรวจวัดค่าการลดเสียงและค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกจากหน่วยทดลองช่องเปิดทำให้ทราบถึงความสามารถในการลดเสียงและความสามารถในการระบายอากาศของหน่วยทดลองนั้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพของช่องเปิดหน้าต่างบานพลิกเพื่อการควบคุมเสียงรบกวนในครั้งต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การคำนวณทางทฤษฎี

4.1 การคำนวณค่าการลดเสียงรบกวนของช่องเปิด

4.1.1 วิธีการคำนวณค่าการลดเสียงรบกวน

ทำการคำนวณหาค่าการลดเสียงรบกวนเนื่องจากการสะท้อนของแนวเส้นเสียงสมมุติและการดูดกลืนเสียงภายในช่องกับดักเสียงซึ่งสมมุติว่าทำจากไม้สัก โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.1

$$NL = 10 \log (1 - \alpha)^n \dots\dots\dots (3.1)$$

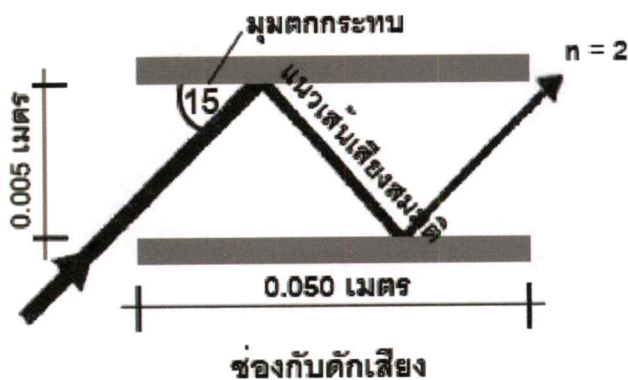
เมื่อ NL แทน ค่าระดับเสียงรบกวน (Noise Level (dB))

α แทน ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุ (Absorption Coefficient)

n แทน จำนวนครั้งที่แนวเส้นเสียงสมมุติตกกระทบพื้นผิววัสดุ

ทำการหาจำนวนครั้งที่แนวเส้นเสียงสมมุติตกกระทบพื้นผิวภายในช่องกับดักเสียงโดยการลากแนวเส้นเสียงสมมุติลงบนแผนภาพตัดขวางของช่องกับดักเสียงที่มีขนาดความกว้างตั้งแต่ 0.005, 0.010, 0.015, 0.020 และ 0.025 เมตร และขนาดความยาว 0.050 เมตรเท่ากัน โดยลากแนวเส้นเสียงสมมุติทำมุมตกกระทบกับภายในช่องกับดักเสียงทำมุมตั้งแต่ 15, 30, 45, 60 จนถึง 75 องศาตามลำดับ สำหรับที่มุม 0 องศาและมุม 90 องศาแนวเส้นเสียงสมมุติจะลากผ่านช่องกับดักเสียงโดยไม่เกิดการตกกระทบ

จากนั้นนำจำนวนครั้งที่ได้แทนลงในสมการพร้อมกับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของไม้สักในแต่ละช่วงความถี่ ตามตารางที่ 3.1 จะได้ค่าการลดเสียงรบกวนของช่องกับดักเสียงนั้น เช่น ที่ความกว้างของช่องกับดักเสียงเป็น 0.005 เมตร แนวเส้นเสียงสมมุติทำมุมตกกระทบ 15 องศาคำนวณจำนวนครั้งที่แนวเส้นเสียงสมมุติตกกระทบภายในช่องกับดักเสียงได้ 2 ครั้ง ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของไม้สักในช่วงความถี่ 125 เฮิรตซ์มีค่า 0.04 จะเห็นว่าในหนึ่งช่วงความถี่จะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงเพียงค่าเดียว ดังนั้นเมื่อแทนค่าตัวแปรในสมการแล้วจะได้ค่าการลดเสียงรบกวนหนึ่งค่าสำหรับหนึ่งช่วงความถี่เสียง แต่เนื่องจากหนึ่งเส้นเสียงประกอบด้วยหลายช่วงความถี่ ดังนั้นหนึ่งเส้นเสียงจึงประกอบด้วยค่าการลดเสียงหลายค่าเช่นกัน ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงการทำจำนวนครั้งที่แนวเส้นเสียงสมมุติทำมุมตกกระทบ 15 องศากับพื้นผิวภายในของช่องกั้นดักเสียงที่มีความกว้าง 0.005 เมตร

4.1.2 ผลการคำนวณค่าการลดเสียงรบกวน

จากการคำนวณหาการลดเสียงรบกวนจากสมการที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วย

1. ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของไม้สักในแต่ละช่วงความถี่ ตามตารางที่ 3.1

หน้า 47

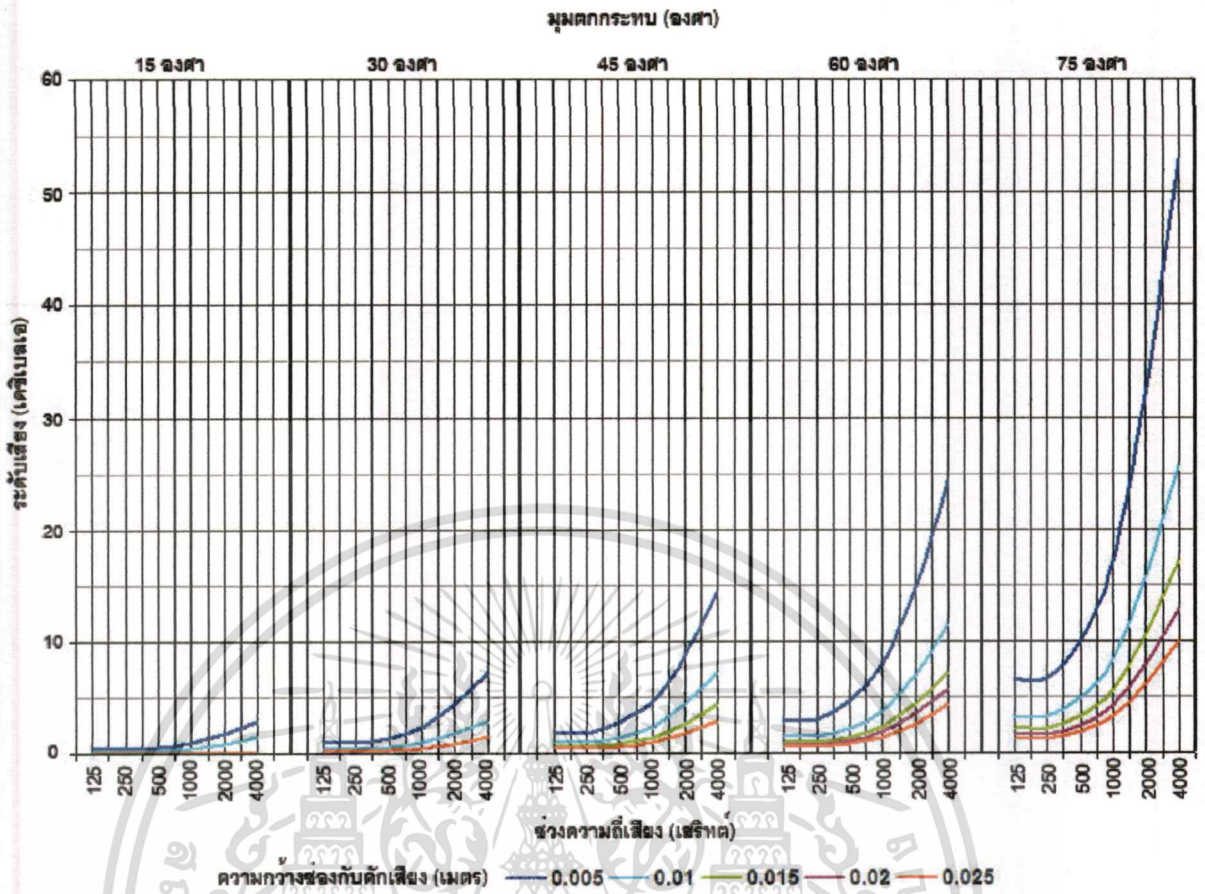
2. จำนวนครั้งที่แนวเส้นเสียงสมมุติตกกระทบภายในช่องกั้นดักเสียง

ได้ผลการคำนวณตามตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการลดเสียงรบกวน

ความกว้างช่องกั้นดักเสียง (เมตร)	มุมตกกระทบของแนวเส้นเสียงสมมุติ (องศา)	จำนวนครั้ง (n)	ระดับเสียงที่ลดลง (เดซิเบล)					
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0.005	15	2	0.35	0.35	0.54	0.92	1.72	2.85
	30	5	0.89	0.89	1.34	2.29	4.31	7.13
	45	10	1.77	1.77	2.69	4.58	8.62	14.27
	60	17	3.01	3.01	4.57	7.78	14.65	24.25
	75	37	6.56	6.56	9.94	16.93	31.89	52.79
0.010	15	1	0.18	0.18	0.27	0.46	0.86	1.43
	30	2	0.35	0.35	0.54	0.92	1.72	2.85
	45	5	0.89	0.89	1.34	2.29	4.31	7.13
	60	8	1.42	1.42	2.15	3.66	6.89	11.41
	75	18	3.19	3.19	4.84	8.24	15.51	25.68
0.015	15	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	30	1	0.18	0.18	0.27	0.46	0.86	1.43
	45	3	0.53	0.53	0.81	1.37	2.59	4.28
	60	5	0.89	0.89	1.34	2.29	4.31	7.13
	75	12	2.13	2.13	3.22	5.49	10.34	17.12
0.020	15	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	30	1	0.18	0.18	0.27	0.46	0.86	1.43
	45	2	0.35	0.35	0.54	0.92	1.72	2.85
	60	4	0.71	0.71	1.07	1.83	3.45	5.71
	75	9	1.60	1.60	2.42	4.12	7.76	12.84
0.025	15	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	30	1	0.18	0.18	0.27	0.46	0.86	1.43
	45	2	0.35	0.35	0.54	0.92	1.72	2.85
	60	3	0.53	0.53	0.81	1.37	2.59	4.28
	75	7	1.24	1.24	1.88	3.20	6.03	9.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าการลดเสียงรบกวนของช่องกั้นดักเสียงที่มีความกว้างต่างกันในหน่วยเดซิเบลเอ

พบว่าช่องกั้นดักเสียงที่มีความกว้าง 0.005 เมตร มีความสามารถในการลดเสียงรบกวนได้มากกว่าช่องกั้นดักเสียงที่มีความกว้างมากกว่าในหลายๆ ความถี่และทุกๆ องศาที่แนวเส้นเสียงสมมุติตกกระทบพื้นผิวของช่องกั้นดักเสียง (เส้นกราฟบนสุดจากรูปที่ 4.2)

4.2 การคำนวณค่าความเร็วลมผ่านช่องเปิด

4.2.1 วิธีการคำนวณค่าความเร็วลม

ทำการคำนวณหาค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกของหน่วยทดลองที่มีขนาดพื้นที่ของช่องลมเข้าและขนาดพื้นที่ของช่องลมออกที่แตกต่างกันตามขนาดความกว้างของช่องลมและความยาวเส้นรอบรูปตลอดแนวรอบบาน โดยกำหนดค่าความเร็วลมตั้งต้นที่ช่องลมเข้าไว้ที่ 1, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 m/s สามารถคำนวณค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกได้จากสมการที่ 4.2

$$a_1 v_1 = a_2 v_2 \dots \dots \dots (3.2)$$

เมื่อ v_1 แทนความเร็วลมที่ช่องลมเข้า (m/s)

v_2 แทนความเร็วลมที่ช่องลมออก (m/s)

a_1 แทนพื้นที่หน้าตัดของช่องลมเข้า (m^2)

a_2 แทนพื้นที่หน้าตัดของช่องลมออก (m^2)

สำหรับหน่วยทดลอง ประกอบด้วย

1. ความยาวเส้นรอบรูปของช่องลมเข้ามีขนาด 2.40 เมตร
2. ระยะห่างระหว่างกรอบบานกับกรอบวงกบมีขนาด 0.005, 0.010, 0.015, 0.020 และ 0.025 เมตร ดังนั้นจึงมีขนาดพื้นที่ช่องลมเข้าโดยรอบหน้าต่างตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ขนาดพื้นที่ช่องลมเข้าของหน่วยทดลอง

ขนาดความกว้างช่องลมเข้า(เมตร)	ขนาดพื้นที่ช่องลมเข้าโดยรอบหน้าต่าง (ตารางเมตร)
0.005	0.012
0.010	0.024
0.015	0.036
0.020	0.048
0.025	0.060

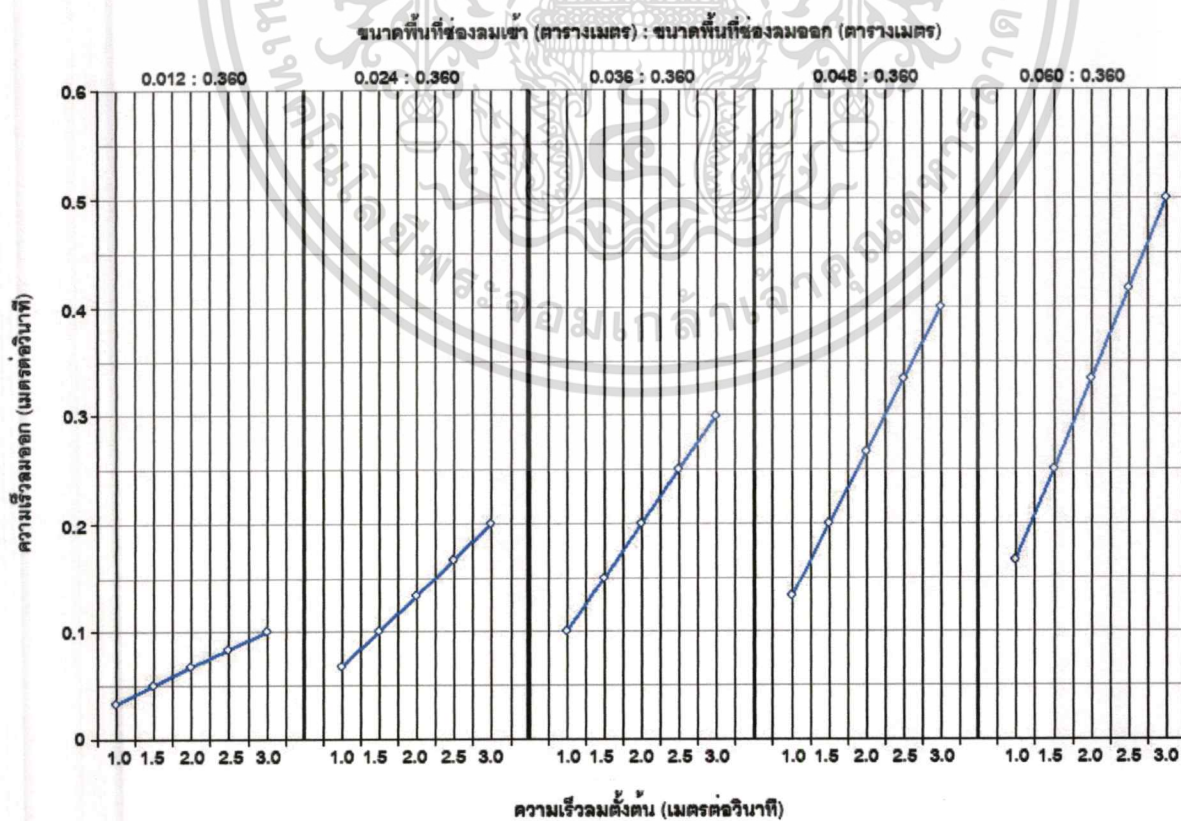
จากนั้นสามารถคำนวณหาความเร็วลมที่ช่องลมออก โดยแทนค่าขนาดพื้นที่ช่องลมเข้า ขนาดพื้นที่ช่องลมออก และความเร็วลมตั้งต้น ลงในสมการที่ 3.2 หน้า 53

4.2.2 ผลการคำนวณ

ผลการคำนวณหาความเร็วลมที่ช่องลมออก จากสมการที่ 3.2 ดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่า ความเร็วลมที่ช่องลมออกจะเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่ไม่คงที่ตามความเร็วลมตั้งต้น (รูปที่ 4.3) และขนาดพื้นที่ของช่องลมเข้าที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นสำหรับหน่วยทดลองช่องเปิดที่มีการระบายอากาศที่ดีนั้น ควรจะมีขนาดพื้นที่ของช่องลมเข้ามากเท่าที่จะมากได้และไม่มีรูปทรงที่กีดขวางทางลม เพื่อให้กระแสลมเคลื่อนที่ผ่านได้อย่างสะดวก

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกจากการคำนวณทางทฤษฎี

ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ขนาดพื้นที่ช่องลมเข้า (ตารางเมตร)	ขนาดพื้นที่ช่องลมออก (ตารางเมตร)	ความเร็วลมออก (เมตรต่อวินาที)
1	0.012	0.360	0.033
	0.024		0.067
	0.036		0.100
	0.048		0.133
	0.060		0.167
1.5	0.012	0.360	0.050
	0.024		0.100
	0.036		0.150
	0.048		0.200
	0.060		0.250
2	0.012	0.360	0.067
	0.024		0.133
	0.036		0.200
	0.048		0.267
	0.060		0.333
2.5	0.012	0.360	0.083
	0.024		0.167
	0.036		0.250
	0.048		0.333
	0.060		0.417
3	0.012	0.360	0.100
	0.024		0.200
	0.036		0.300
	0.048		0.400
	0.060		0.500



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ ห้ามทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบความเร็วลมที่ช่องลมออกจากการคำนวณทางทฤษฎี
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 รูปแบบหน่วยทดลองช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวน

จากผลการคำนวณการลดเสียงและการระบายอากาศของช่องเปิด ทำให้ได้รูปแบบหน่วยทดลองช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวนโดยมีส่วนประกอบหลักได้แก่

1. กรอบวงกบไม้สักขนาด ความกว้าง 0.60 เมตร ความยาว 0.60 เมตร มีขนาดหน้าตัดไม้ ความกว้าง 0.05 เมตร ความยาว 0.075 เมตร

2. กรอบบานไม้สักขนาด ความกว้าง 0.60 เมตร ความยาว 0.60 เมตร มีขนาดหน้าตัดไม้ ความกว้าง 0.05 เมตร ความยาว 0.075 เมตร

3. บานกระจกใสหนา 0.004 เมตร ซ้อนกันสองชั้นเว้นช่องอากาศตรงกลางระยะ 0.020 เมตร ติดตั้งที่ช่องว่างกลางกรอบบานไม้สัก ขาแนวด้วยซิลิโคนทั้งด้านหน้าและด้านหลังเพื่อกันเสียงผ่านรอยแยกซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การยาแนวรอยแยกรอยต่อให้สนิท ทำให้ช่องเปิดนั้นสามารถลดเสียงได้ถึง 30 - 35 เดซิเบลเอ ใกล้เคียงกับผนังก่ออิฐฉาบปูนทาสีซึ่งลดเสียงได้ 42 เดซิเบลเอ (P.H. Parkin, H.R. Humphreys, J.R. Cowell, 1979)

4. บริเวณแนวเชื่อมต่อ วงกบไม้สัก กับกรอบบานไม้สักเว้นเป็นช่องลมเข้า ช่องลมออก และช่องกักเสียงจากด้านหน้าช่องเปิดทะลุไปจนถึงด้านหลังช่องเปิด และมีความยาวตลอดแนวกรอบบาน

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้เสนอรูปแบบหน่วยทดลองช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวนจำนวน 2 แบบ ได้แก่

4.3.1 หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1

มีลักษณะดังรูปที่ 4.4

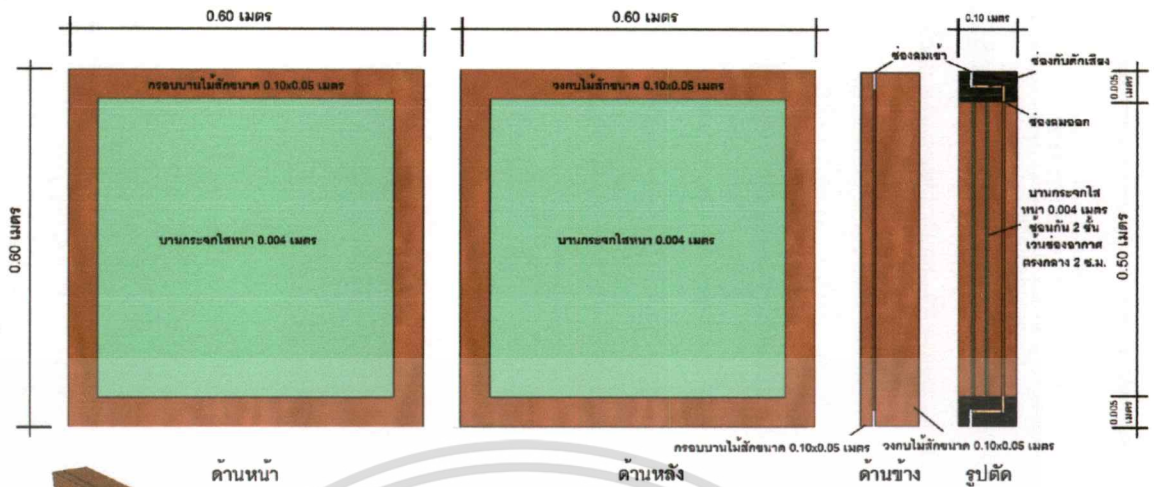
1. มีขนาดโดยรวมของหน่วยทดลองช่องเปิด ความกว้าง 0.60 เมตร ความยาว 0.60 เมตร ความหนา 0.10 เมตร

2. มีขนาดความกว้างของระยะห่างระหว่างกรอบบานกับกรอบวงกบโดยรอบ 0.005 เมตร (ช่องลม)

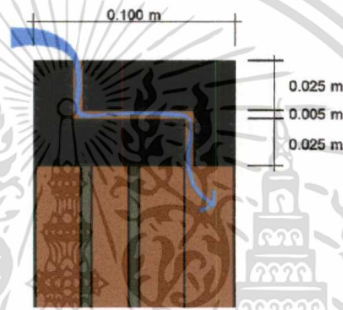
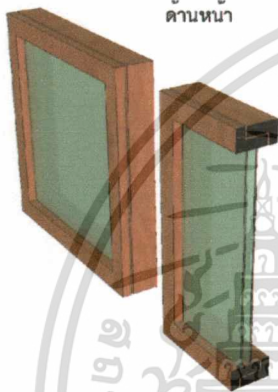
3. มีขนาดความกว้างของช่องกักเสียง 0.005 เมตร และความยาว 0.050 เมตร

4. ช่องกักเสียงวางตัวในแนวราบ ในขณะที่ช่องลมเข้าและช่องลมออกวางตัวในแนวตั้ง

5. บานกระจกใสมีขนาด ความกว้าง 0.50 เมตร ความยาว 0.50 เมตร



หน่วยทดลองแบบที่ 1



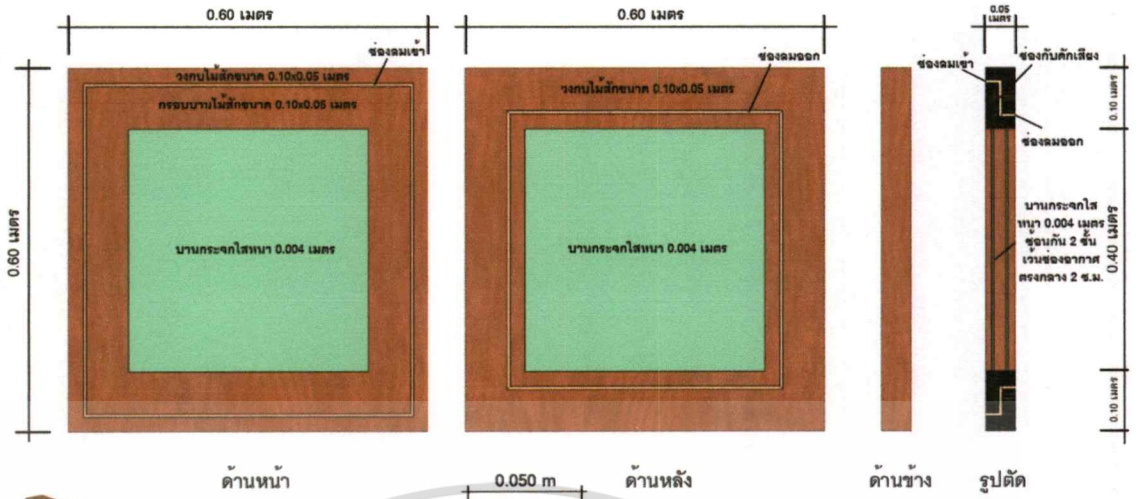
รูปที่ 4.4 รูปแบบของหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1

4.3.2 หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2

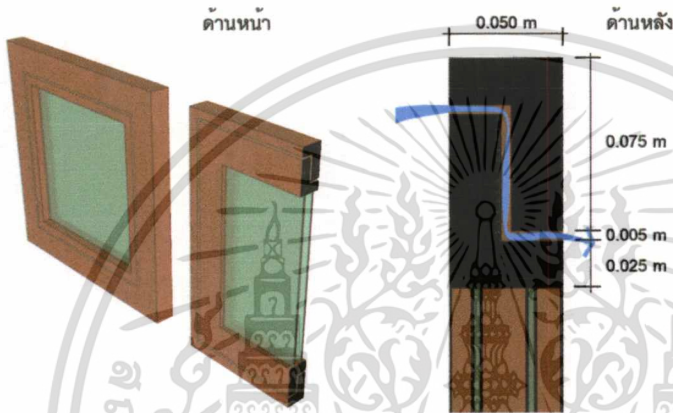
มีลักษณะดังรูป 4.5

1. มีขนาดโดยรวมของหน่วยทดลองช่องเปิด ความกว้าง 0.60 เมตร ความยาว 0.60 เมตร ความหนา 0.05 เมตร
2. มีขนาดความกว้างของระยะห่างระหว่างกรอบบานกับกรอบวงกบโดยรอบ 0.005 เมตร (ช่องลม)
3. มีขนาดความกว้างของช่องกับดักเสียง 0.005 เมตร และความยาว 0.050 เมตร
4. ช่องกับดักเสียงวางตัวในดิ่ง ในขณะที่ช่องลมเข้าและช่องลมออกวางตัวในแนวราบ
5. บานกระจกใสมีขนาด ความกว้าง 0.40 เมตร ความยาว 0.40 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หน่วยทดลองแบบที่ 2



รูปที่ 4.5 รูปแบบของหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

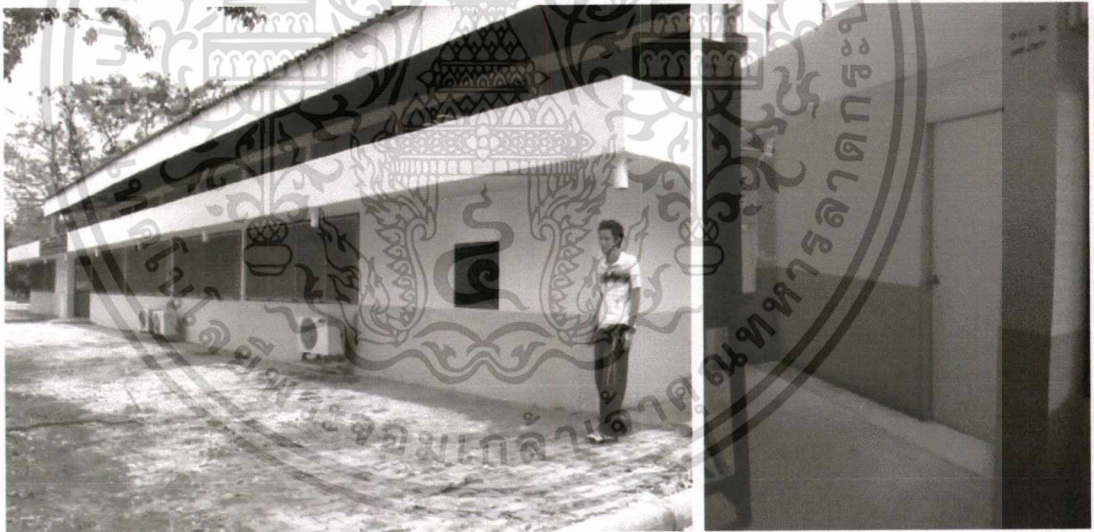
การเก็บข้อมูลภาคสนาม

5.1 การเก็บข้อมูลเสียงรบกวนภาคสนาม

5.1.1 วิธีการเก็บข้อมูลเสียงรบกวนภาคสนาม

ทำการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดเข้ากับผนังด้านหนึ่งของห้องทดสอบทางเสียงที่เว้นช่องเปิดโล่งขนาดกว้าง 0.60 เมตร ยาว 0.60 เมตรเอาไว้ โดยห้องทดสอบทางเสียงที่สร้างขึ้นนี้มีขนาดความกว้าง 3.00 เมตร ความยาว 4.00 เมตร และความสูง 2.30 เมตร ซึ่งอ้างอิงระยะดังกล่าวมาจากระยะการจัดวางชุดเครื่องมือตรวจวัดเสียงตามมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ

ห้องทดสอบทางเสียงประกอบด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูนสองด้านมีความหนา 0.13 เมตร ทาสี มีผนังล้อมทั้งสี่ด้าน ผนังด้านหนึ่งเว้นช่องเปิดโล่งขนาดความกว้าง 0.60 เมตร ความสูง 0.60 เมตร สำหรับติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิด มีช่องเปิดประตูไม้ัดขนาดความกว้าง 0.90 เมตร ความสูง 2.00 เมตร ที่ผนังด้านหลัง ฝ้าเพดานยิปซัมหนา 0.0125 เมตร ฉาบเรียบทาสี พื้นคอนกรีตขัดมัน ขนาดความกว้าง 3.00 เมตร ความยาว 4.00 เมตร (รูปที่ 5.1 และรูปที่ 5.2)



รูปที่ 5.1 แสดงห้องทดสอบทางเสียงที่สร้างขึ้น โดยอ้างอิงขนาดและระยะจากมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ

หลังจากทำการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแล้วก็ทำการติดตั้งชุดเครื่องมือตรวจวัดเสียงตามแนวทางของมาตรฐาน ISO 140 part V (รูปที่ 5.2 และรูปที่ 5.3) ซึ่งประกอบด้วย

1. แหล่งกำเนิดเสียง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้สร้างเสียงรบกวนจากไฟล์เสียง pink noise จากคอมพิวเตอร์ผ่านลำโพงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 เมตร ทำการติดตั้งลำโพงห่างจากช่องเปิดเป็นระยะ 1.00 เมตร ที่ระดับความสูงเดียวกับช่องเปิด

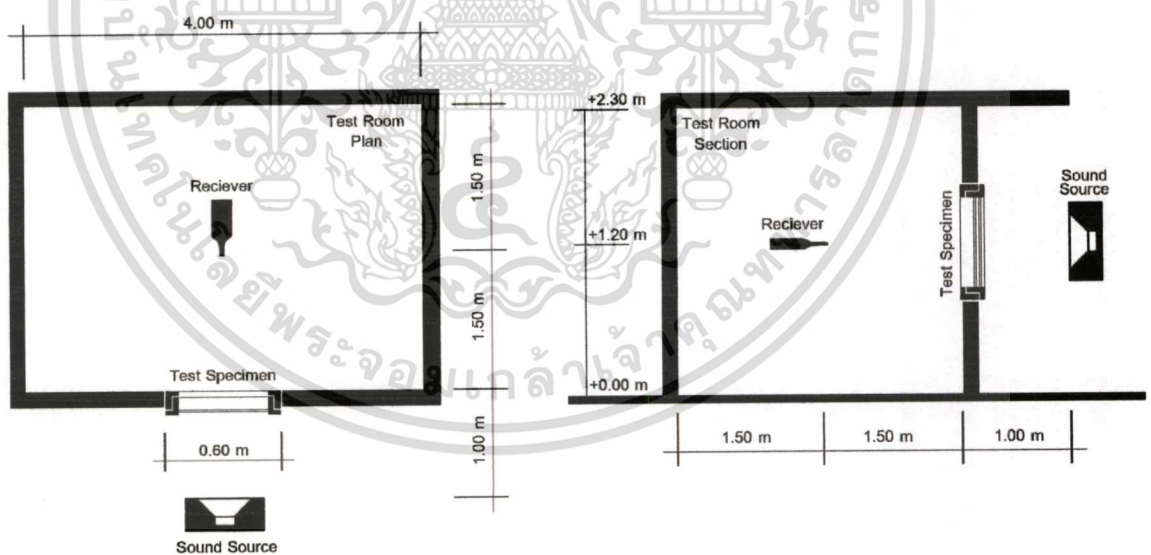
2. จูบริบเสียง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ใช้เครื่องตรวจวัดเสียงของ SVANTEK รุ่น SVAN912M ตามมาตรฐาน IEC61672:2002 ทำการติดตั้งไมโครโฟนไว้บนขาตั้งที่ระดับความสูง 1.20 เมตรจากพื้นห้องซึ่งเป็นระดับเดียวกับระดับความสูงของหูคน จัดวางไมโครโฟนห่างจากหน่วยทดลองช่องเปิดเป็นระยะอย่างน้อย 1.50 เมตร และห่างจากผนังที่บเป็นระยะอย่างน้อย 1.00 เมตร เชื่อมต่อสายส่งสัญญาณเข้ากับเครื่องตรวจวัดเสียง ตั้งค่าเครื่องตรวจวัดเสียงดังนี้

2.1 ปรับค่าเครื่องตรวจวัดเสียงโดยใช้เครื่องปรับเทียบระดับเสียง

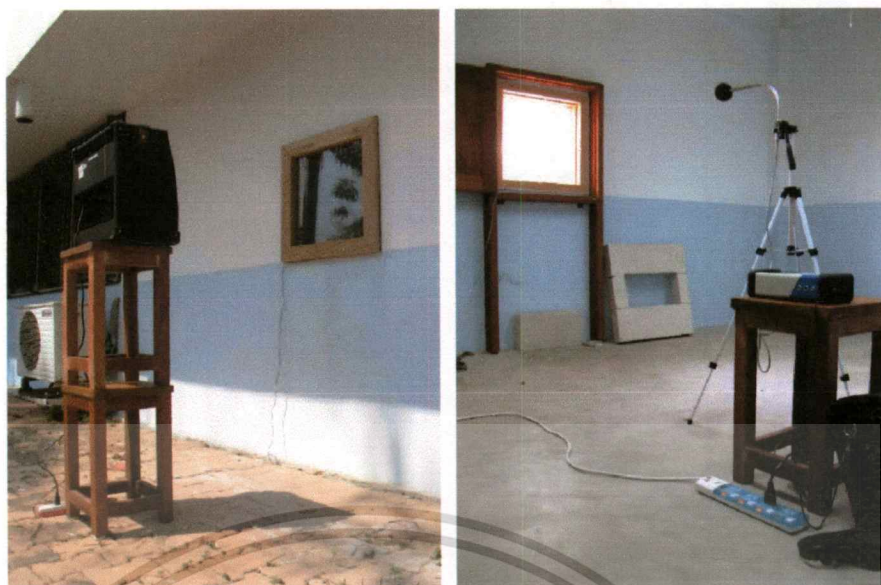
2.2 เลือกค่าการวัดระดับเสียงโดยใช้วงจรถ่วงน้ำหนักเอ

2.3 เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้ทำการตรวจวัดเสียงที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอนให้ใช้ความไวในการตอบสนองของเครื่องวัดระดับเสียงแบบ Fast เพราะจะได้ทันบันทึกค่าระดับเสียงที่เปลี่ยนแปลงขึ้นลงอย่างรวดเร็ว

2.4 ตั้งค่าการตรวจวัดโดยให้เครื่องวัดระดับเสียงบันทึกข้อมูลค่าระดับเสียงแบบแยกความถี่ 1/3 ของช่วงความถี่ ทุกๆ 15 วินาทีเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ทำการบันทึกข้อมูลเสียงจำนวน 4 ชุด ข้อมูลแล้วนำมาคำนวณหาค่า L90 จากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไทด์ที่ 10



รูปที่ 5.2 แสดงการติดตั้งชุดเครื่องมือตรวจวัดเสียงตามมาตรฐาน ISO140partV



รูปที่ 5.3 แสดงการติดตั้งชุดเครื่องมือตรวจวัดเสียงตามมาตรฐาน ISO 140 part V

จากนั้นเปิดเสียงจากลำโพงและเปิดเครื่องตรวจวัดเสียงให้เริ่มทำการบันทึกข้อมูลเสียงโดยทำการเก็บค่าเสียงแบบคร่าวๆ และค่าเสียงที่จุดรับเสียงตามแต่ละกรณีศึกษาดังนี้

ทำการเก็บค่าเสียงแบบคร่าวๆ ได้แก่

1. ระดับเสียงภายนอกอาคารบริเวณห้องทดสอบ
2. ระดับเสียงภายในห้องทดสอบที่มีผนังปิดทึบ
3. ระดับเสียงภายในห้องทดสอบที่มีช่องเปิดโล่ง
4. ระดับเสียงภายในห้องทดสอบที่ติดตั้งหน่วยทดลองแบบที่ 1
5. ระดับเสียงภายในห้องทดสอบที่ติดตั้งหน่วยทดลองแบบที่ 2

ทำการเก็บค่าเสียงที่จุดรับเสียง ได้แก่

1. ระดับเสียงภายนอกอาคารขณะที่เปิดเสียงจากลำโพง
2. ระดับเสียงภายในห้องทดสอบที่มีผนังปิดทึบ
3. ระดับเสียงภายในห้องทดสอบที่มีช่องเปิดโล่ง
4. ระดับเสียงภายในห้องทดสอบที่ติดตั้งหน่วยทดลองแบบที่ 1
5. ระดับเสียงภายในห้องทดสอบที่ติดตั้งหน่วยทดลองแบบที่ 2

จากนั้นนำเอาค่าเสียงที่จุดรับเสียงที่ได้หาค่าเสียงแบบคร่าวๆ ออกแล้วด้วยวิธีการบวกลบเดซิเบลมาแทนลงในสมการที่ 3.3 เพื่อคำนวณหาค่าการลดเสียงของหน่วยทดลองช่องเปิดที่กำลังทำการศึกษาอยู่

$$SRI = L1 - [L2 + 10 \log (4S\cos\Theta / A)] \dots\dots\dots (3.3)$$

เมื่อ SRI แทนค่าการลดเสียง (เดซิเบลเอ)

L1 แทนค่าระดับความดันเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง (เดซิเบลเอ)

L2 แทนค่าระดับความดันเสียงของจุดรับเสียง (เดซิเบลเอ)

S แทนขนาดพื้นที่ของหน่วยทดลอง (ตารางเมตร)

Θ แทนด้วยค่ามุม 0 องศา

A แทนค่าการดูดกลืนเสียงของห้องทดสอบ ซึ่งคำนวณได้จาก

$$A = A_1\alpha_1 + A_2\alpha_2 + A_3\alpha_3 + \dots\dots\dots + A_n\alpha_n \dots\dots\dots (3.4)$$

เมื่อ A_n แทนขนาดพื้นที่ผิวของวัสดุแต่ละประเภทภายในห้อง (ตารางเมตร)

α_n แทนค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุในแต่ละช่วงความถี่

ซึ่งค่าการลดเสียงนี้จะแสดงให้เห็นว่ารูปแบบช่องเปิดดังกล่าวจะเหมาะสมกับการนำไปใช้ลดเสียงรบกวนให้กับผู้ใช้สอยอาคาร ในสถานการณ์ใดได้บ้าง

5.1.2 ผลการตรวจวัดเสียงภาคสนาม

จากสมการที่ 3.3 จะคำนวณหาค่าการลดเสียงได้จำเป็นต้องทราบค่าระดับเสียงที่ทำการหาค่าเสียงแบคกราวด์น้ออกของแหล่งกำเนิดเสียง ค่าระดับเสียงที่ทำการหาค่าเสียงแบคกราวด์น้ออกของเสียงที่จุดรับเสียง และค่าการดูดกลืนเสียงของห้องทดสอบ ซึ่งสามารถหาได้จากการเก็บข้อมูลผลภาคสนาม และการคำนวณทางทฤษฎีดังนี้

ค่าการดูดกลืนเสียงของห้องทดสอบเสียงทำการคำนวณจากสมการที่ 3.4 จากผลรวมของขนาดพื้นที่ผิววัสดุแต่ละประเภทคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุนั้น (ตารางที่ 5.1)

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของห้องทดสอบเสียงที่สร้างขึ้น

รายการวัสดุประกอบห้องทดสอบ	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุแยกความถี่					
		125 (เฮิรตซ์)	250 (เฮิรตซ์)	500 (เฮิรตซ์)	1000 (เฮิรตซ์)	2000 (เฮิรตซ์)	4000 (เฮิรตซ์)
ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 130 มม. ทาสี	30.04	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
พื้นคอนกรีตขัดมัน	12.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
ฝ้าเพดานยิปซัมหนา 125 มม. ฉาบเรียบ	12.00	0.15	0.11	0.04	0.04	0.07	0.08
บานประตูไม้ฉลุนหนา	1.80	0.28	0.20	0.10	0.10	0.08	0.08
ช่องเปิดโล่ง	0.36	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ค่าการดูดกลืนเสียงของห้อง		2.72	2.10	1.38	1.50	1.82	2.25

ค่าระดับเสียงที่จุดรับเสียงและค่าเสียงแบคราวนจากการตรวจวัดทั้งหมด 4 ชุดข้อมูลและค่า L90 จากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไทด์ที่ 10* ดังแสดงในตารางที่ 5.2, 5.4, 5.6, 5.8 และ 5.10

(* ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไทด์ที่ 10 หมายถึง ร้อยละ 90 ของค่าเสียงที่ตรวจวัดมีค่ามากกว่าค่าเสียงนี้)

ค่าระดับเสียงที่ทำการหักค่าเสียงแบคราวนออกของแหล่งกำเนิดเสียงและค่าระดับเสียงที่ทำการหักค่าเสียงแบคราวนออกของจุดรับเสียง ดังแสดงในตารางที่ 5.3, 5.5, 5.7, 5.9 และ 5.11

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าเสียงที่จุดรับเสียงและค่าเสียงแบคราวนของเสียงลำโพง

ค่าเสียงแบคราวน (เดซิเบลเอ)						ค่าเสียงที่จุดรับเสียง (เดซิเบลเอ)					
ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	บันทึกครั้งที่ 1	บันทึกครั้งที่ 2	บันทึกครั้งที่ 3	บันทึกครั้งที่ 4	ค่าเสียงเฉลี่ย (เดซิเบลเอ)	ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	บันทึกครั้งที่ 1	บันทึกครั้งที่ 2	บันทึกครั้งที่ 3	บันทึกครั้งที่ 4	ค่าเสียงเฉลี่ย (เดซิเบลเอ)
125	36.80	37.90	37.50	35.90	36.17	125	43.40	43.30	43.60	43.60	43.33
160	38.20	39.40	38.60	37.30	37.57	160	42.80	42.70	42.90	43.10	42.73
200	38.00	40.70	38.60	37.50	37.65	200	49.40	49.40	49.60	49.60	49.40
250	37.50	39.10	38.50	36.90	37.08	250	61.20	61.20	60.90	60.80	60.83
315	38.20	40.20	38.20	37.50	37.71	315	64.70	64.80	64.60	64.60	64.60
400	39.20	41.60	38.30	38.40	38.39	400	62.90	63.00	63.20	63.10	62.93
500	39.70	42.80	38.40	39.10	38.61	500	62.70	62.70	62.80	62.70	62.70
630	40.40	45.70	38.50	40.80	39.07	630	69.40	69.50	69.90	69.80	69.43
800	40.70	50.00	39.20	41.50	39.65	800	71.80	71.70	71.30	71.40	71.33
1000	40.70	47.00	39.70	43.50	40.00	1000	67.90	68.00	68.30	68.40	67.93
1250	46.40	48.30	41.80	43.90	42.43	1250	71.80	71.90	72.30	72.10	71.83
1600	43.70	46.80	39.30	42.80	40.35	1600	74.90	74.90	75.10	74.90	74.90
2000	38.30	42.90	38.30	42.50	38.30	2000	72.00	72.00	72.20	72.20	72.00
2500	36.50	41.60	38.00	43.70	36.95	2500	76.40	76.50	76.60	76.50	76.43
3150	35.00	41.00	39.30	43.90	36.29	3150	77.70	77.80	78.10	77.90	77.73
4000	35.40	39.40	40.70	41.90	36.60	4000	77.40	77.70	77.80	77.80	77.49

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าเสียงที่ทำการหักค่าเสียงแบคราวนออกของเสียงลำโพง

ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	ค่าเสียงที่จุดรับเสียง (เดซิเบลเอ)	ค่าเสียงแบคราวน (เดซิเบลเอ)	ค่าเสียงที่แท้จริง (เดซิเบลเอ)
125	43.33	36.17	42.40
160	42.73	37.57	41.15
200	49.40	37.65	49.10
250	60.83	37.08	60.81
315	64.60	37.71	64.59
400	62.93	38.33	62.91
500	62.70	38.61	62.68
630	69.43	39.07	69.43
800	71.33	39.65	71.33
1000	67.93	40.00	67.92
1250	71.83	42.43	71.83
1600	74.90	40.35	74.90
2000	72.00	38.30	72.00
2500	76.43	36.95	76.43
3150	77.73	36.29	77.73
4000	77.49	36.60	77.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 แสดงค่าเสียงที่จู่ได้รับเสียงและเสียงแบคราวนัของเสียงผ่านผนังที่บี

ค่าเสียงแบคราวนั (เดซิเบลเอ)						ค่าเสียงที่จู่ได้รับเสียง (เดซิเบลเอ)					
ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	บันทึก ครั้งที่1	บันทึก ครั้งที่2	บันทึก ครั้งที่3	บันทึก ครั้งที่4	ค่าเสียงเฉลี่ย (เดซิเบลเอ)	ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	บันทึก ครั้งที่1	บันทึก ครั้งที่2	บันทึก ครั้งที่3	บันทึก ครั้งที่4	ค่าเสียงเฉลี่ย (เดซิเบลเอ)
125	19.90	21.00	22.00	20.50	20.08	125	22.90	26.80	25.00	24.30	23.32
160	25.10	27.40	30.00	25.30	25.16	160	28.90	31.60	29.60	30.00	29.11
200	22.60	29.90	25.70	23.10	22.75	200	36.00	36.20	36.10	36.70	36.03
250	21.20	26.80	25.10	20.40	20.64	250	44.00	47.10	45.30	43.00	43.30
315	22.40	29.20	28.20	22.00	22.12	315	46.80	48.30	48.20	46.90	46.83
400	20.80	29.60	26.10	21.10	20.89	400	45.80	46.20	46.10	46.10	45.89
500	20.70	34.50	26.90	22.40	21.21	500	46.00	47.00	46.60	46.60	46.18
630	21.40	40.90	27.40	22.30	21.67	630	48.20	49.20	49.30	49.30	48.50
800	21.60	43.50	25.60	22.80	21.96	800	46.70	47.70	47.80	47.90	47.00
1000	22.70	36.60	24.50	21.30	21.72	1000	43.10	43.90	43.20	43.10	43.10
1250	22.60	35.50	24.80	24.70	23.23	1250	45.70	46.50	46.10	46.00	45.79
1600	22.10	35.90	24.70	25.50	22.88	1600	47.60	48.40	48.20	48.30	47.78
2000	21.60	34.70	23.40	25.60	22.14	2000	43.90	44.40	44.20	44.30	43.99
2500	21.30	23.00	21.20	26.20	21.23	2500	46.90	47.10	46.90	46.80	46.83
3150	20.00	29.40	20.10	25.70	20.03	3150	45.40	46.00	45.90	45.80	45.52
4000	18.70	33.80	19.00	23.30	18.79	4000	44.70	45.20	45.30	45.50	44.85

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าเสียงที่ทำการหักค่าเสียงแบคราวนัออกของเสียงผ่านผนังที่บี

ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	ค่าเสียงที่จู่ได้รับเสียง (เดซิเบลเอ)	ค่าเสียงแบคราวนั (เดซิเบลเอ)	ค่าเสียงที่แท้จริง (เดซิเบลเอ)
125	23.32	20.08	20.53
160	29.11	25.16	26.87
200	36.03	22.75	35.82
250	43.30	20.64	43.28
315	46.83	22.12	46.82
400	45.89	20.89	45.88
500	46.18	21.21	46.17
630	48.50	21.67	48.49
800	47.00	21.96	46.99
1000	43.10	21.72	43.07
1250	45.79	23.23	45.77
1600	47.78	22.88	47.77
2000	43.99	22.14	43.96
2500	46.83	21.23	46.82
3150	45.52	20.03	45.51
4000	44.85	18.79	44.84

ตารางที่ 5.6 แสดงค่าเสียงที่จู่ได้รับเสียงและค่าเสียงแบคราวนัของเสียงผ่านผนังที่มีช่องเปิดโล่ง

ค่าเสียงแบคราวนั (เดซิเบลเอ)						ค่าเสียงที่จู่ได้รับเสียง (เดซิเบลเอ)					
ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	บันทึก ครั้งที่1	บันทึก ครั้งที่2	บันทึก ครั้งที่3	บันทึก ครั้งที่4	ค่าเสียงเฉลี่ย (เดซิเบลเอ)	ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	บันทึก ครั้งที่1	บันทึก ครั้งที่2	บันทึก ครั้งที่3	บันทึก ครั้งที่4	ค่าเสียงเฉลี่ย (เดซิเบลเอ)
125	25.70	27.00	26.50	29.20	25.94	125	40.30	40.20	40.30	39.90	39.99
160	29.20	30.20	30.10	33.10	29.47	160	48.20	48.00	47.70	39.90	42.24
200	32.10	32.60	33.00	33.80	32.25	200	63.60	63.40	62.90	62.90	62.90
250	29.30	29.70	29.00	30.70	29.09	250	66.70	66.50	65.90	65.80	65.83
315	30.70	29.50	30.20	31.60	29.71	315	67.40	67.40	67.10	67.00	67.03
400	30.30	31.30	30.20	31.50	30.23	400	65.50	65.50	65.30	65.30	65.30
500	30.10	29.20	29.00	31.50	29.06	500	70.20	70.00	69.20	69.20	69.20
630	31.90	31.40	30.20	33.30	30.56	630	75.20	75.20	74.90	74.80	74.83
800	34.00	33.70	32.20	34.70	32.65	800	75.70	75.30	74.60	74.60	74.60
1000	33.30	31.60	30.90	34.80	31.11	1000	73.50	73.40	72.90	72.90	72.90
1250	34.00	31.90	31.20	35.10	31.41	1250	76.90	76.80	76.30	76.20	76.23
1600	35.20	32.20	31.60	35.40	31.78	1600	79.80	79.80	79.90	79.80	79.80
2000	34.40	30.60	30.60	37.10	30.60	2000	78.00	77.80	77.60	77.60	77.60
2500	35.30	29.30	29.60	40.50	29.39	2500	81.30	81.20	80.70	80.70	80.70
3150	32.30	28.00	28.50	41.10	28.15	3150	81.70	81.70	81.30	81.20	81.23
4000	35.60	29.20	28.70	42.10	28.85	4000	82.80	82.60	82.00	81.90	81.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 แสดงค่าเสียงที่แท้จริงของเสียงผ่านผนังที่มีช่องเปิดโล่ง

ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	ค่าเสียงที่จุดรับเสียง (เดซิเบลเอ)	ค่าเสียงแบบคราวน์ (เดซิเบลเอ)	ค่าเสียงที่แท้จริง (เดซิเบลเอ)
125	39.99	25.94	39.82
160	42.24	29.47	42.00
200	62.90	32.25	62.90
250	65.83	29.09	65.83
315	67.03	29.71	67.03
400	65.30	30.23	65.30
500	69.20	29.06	69.20
630	74.83	30.56	74.83
800	74.60	32.65	74.60
1000	72.90	31.11	72.90
1250	76.23	31.41	76.23
1600	79.80	31.78	79.80
2000	77.60	30.60	77.60
2500	80.70	29.39	80.70
3150	81.23	28.15	81.23
4000	81.93	28.85	81.93

ตารางที่ 5.8 แสดงค่าเสียงที่จุดรับเสียงและค่าเสียงแบบคราวน์ของเสียงผ่านผนังที่ติดตั้งหน่วย
ทคสองช่องเปิดแบบที่ 1

ค่าเสียงแบบคราวน์ (เดซิเบลเอ)						ค่าเสียงที่จุดรับเสียง (เดซิเบลเอ)					
ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	บันทึก ครั้งที่1	บันทึก ครั้งที่2	บันทึก ครั้งที่3	บันทึก ครั้งที่4	ค่าเสียงเฉลี่ย (เดซิเบลเอ)	ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	บันทึก ครั้งที่1	บันทึก ครั้งที่2	บันทึก ครั้งที่3	บันทึก ครั้งที่4	ค่าเสียงเฉลี่ย (เดซิเบลเอ)
125	21.90	21.90	23.10	24.50	21.90	125	29.50	30.10	29.80	29.70	29.56
160	27.70	29.00	28.80	28.60	27.97	160	40.70	40.70	40.50	40.40	40.43
200	26.30	26.20	26.50	27.50	26.23	200	50.10	49.90	49.80	49.50	49.59
250	27.00	25.00	24.20	27.20	24.44	250	51.10	51.00	51.00	51.10	51.00
315	28.80	28.00	25.70	28.00	26.39	315	52.6	52.6	52.4	52.3	52.33
400	27.30	26.80	26.30	26.20	26.23	400	50.10	50.00	50.30	50.50	50.03
500	26.60	26.20	24.70	26.70	25.15	500	51.60	51.30	51.20	51.10	51.13
630	25.60	24.50	23.40	25.40	23.73	630	56.10	56.00	56.00	56.00	56.00
800	27.90	25.00	24.40	26.20	24.58	800	58.00	58.00	58.00	58.00	58.00
1000	27.10	28.20	24.60	26.90	25.29	1000	56.50	56.40	56.40	56.40	56.40
1250	27.80	25.20	25.70	27.10	25.35	1250	60.30	60.10	60.00	59.90	59.93
1600	30.20	26.20	25.80	27.70	25.92	1600	67.80	67.50	67.40	67.40	67.40
2000	29.20	25.80	24.50	25.50	24.80	2000	62.70	62.70	62.70	62.70	62.70
2500	29.70	25.80	24.10	25.20	24.43	2500	66.10	66.10	66.00	66.10	66.03
3150	27.90	24.20	22.00	23.10	22.33	3150	64.40	64.60	64.50	64.60	64.43
4000	28.40	21.30	20.70	21.70	20.88	4000	62.50	62.50	62.40	62.50	62.43

ตารางที่ 5.9 แสดงค่าเสียงรวมของเสียงผ่านผนังที่มีการติดตั้งหน่วยทคสองช่องเปิดแบบที่ 1

ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	ค่าเสียงที่จุดรับเสียง (เดซิเบลเอ)	ค่าเสียงแบบคราวน์ (เดซิเบลเอ)	ค่าเสียงที่แท้จริง (เดซิเบลเอ)
125	29.56	21.90	28.74
160	40.43	27.97	40.18
200	49.59	26.23	49.57
250	51.00	24.44	50.99
315	52.33	26.39	52.31
400	50.03	26.23	50.01
500	51.13	25.15	51.12
630	56.00	23.73	56.00
800	58.00	24.58	58.00
1000	56.40	25.29	56.39
1250	59.93	25.35	59.93
1600	67.40	25.92	67.40
2000	62.70	24.80	62.70
2500	66.03	24.43	66.03
3150	64.43	22.33	64.43
4000	62.43	20.88	62.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

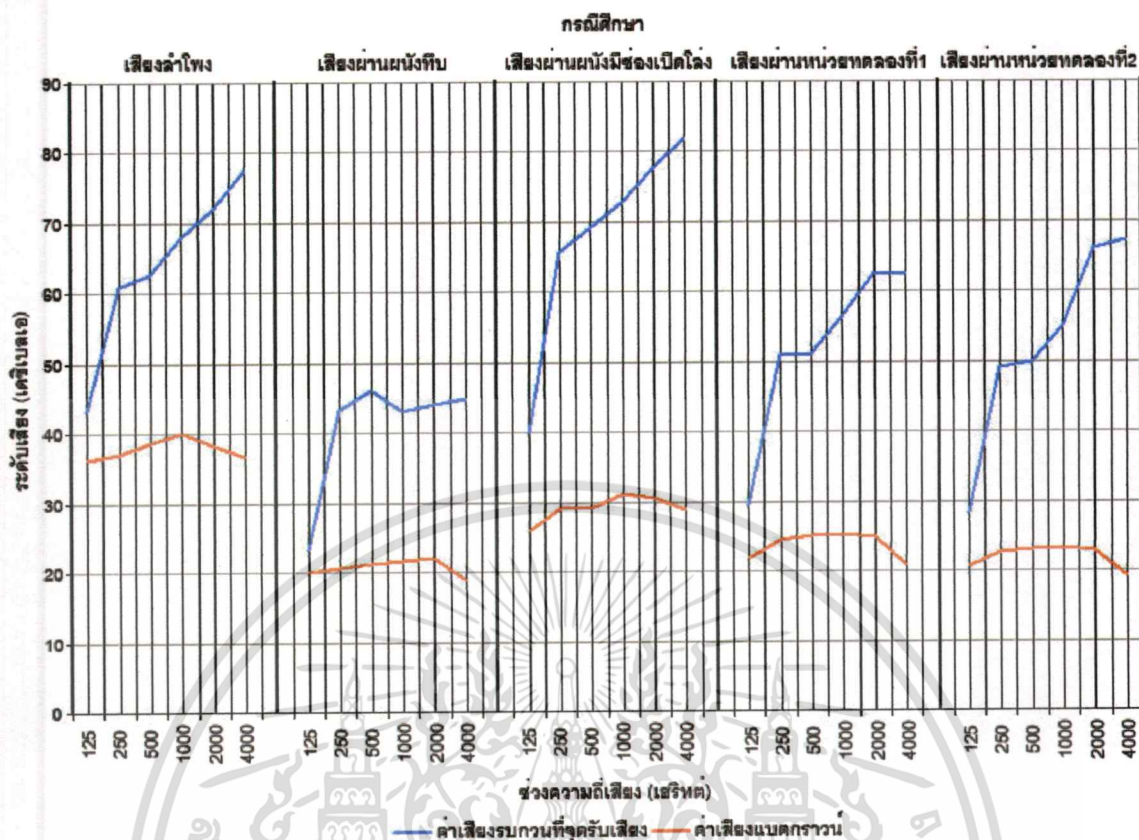
ตารางที่ 5.10 แสดงค่าเสียงที่จูดรับเสียงและค่าเสียงแบคกราวน์ของเสียงผ่านผนังที่มีการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2

ค่าเสียงแบคกราวน์ (เดซิเบลเอ)						ค่าเสียงที่จูดรับเสียง (เดซิเบลเอ)					
ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	บันทึกครั้งที่1	บันทึกครั้งที่2	บันทึกครั้งที่3	บันทึกครั้งที่4	ค่าเสียงเฉลี่ย (เดซิเบลเอ)	ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	บันทึกครั้งที่1	บันทึกครั้งที่2	บันทึกครั้งที่3	บันทึกครั้งที่4	ค่าเสียงเฉลี่ย (เดซิเบลเอ)
125	20.30	21.40	21.90	21.40	20.63	125	28.40	28.40	29.60	29.30	28.40
160	26.80	26.90	29.30	28.60	26.83	160	38.70	38.40	39.40	39.10	38.49
200	25.90	25.30	27.00	27.10	25.48	200	50.70	50.90	50.80	50.80	50.73
250	23.20	22.30	26.20	24.30	22.57	250	49.70	49.50	49.10	49.20	49.13
315	24.10	23.50	27.00	26.30	23.68	315	53.00	52.20	51.30	51.70	51.42
400	24.60	24.10	27.10	26.00	24.25	400	49.80	49.90	49.60	49.70	49.63
500	23.20	23.00	26.40	24.90	23.06	500	50.10	50.00	50.00	50.10	50.00
630	22.80	24.20	24.00	24.40	23.16	630	56.30	55.90	56.00	56.10	55.93
800	23.20	23.40	24.60	23.70	23.26	800	56.10	56.00	55.90	56.00	55.93
1000	22.80	26.70	24.30	24.00	23.16	1000	55.50	55.40	55.00	55.10	55.03
1250	24.20	28.30	25.20	25.80	24.50	1250	63.30	63.10	63.00	62.60	62.72
1600	25.10	28.60	26.00	26.70	25.37	1600	72.00	71.90	71.80	71.80	71.80
2000	22.50	28.10	23.90	25.10	22.92	2000	66.30	66.30	66.10	66.10	66.10
2500	21.30	26.20	24.20	24.80	22.17	2500	68.20	67.90	67.80	67.80	67.80
3150	19.50	23.70	22.70	25.10	20.46	3150	65.70	65.60	65.50	65.40	65.43
4000	18.80	22.70	20.40	22.90	19.28	4000	67.30	67.30	67.30	67.30	67.30

ตารางที่ 5.11 แสดงค่าเสียงรวมของเสียงผ่านผนังที่มีการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2

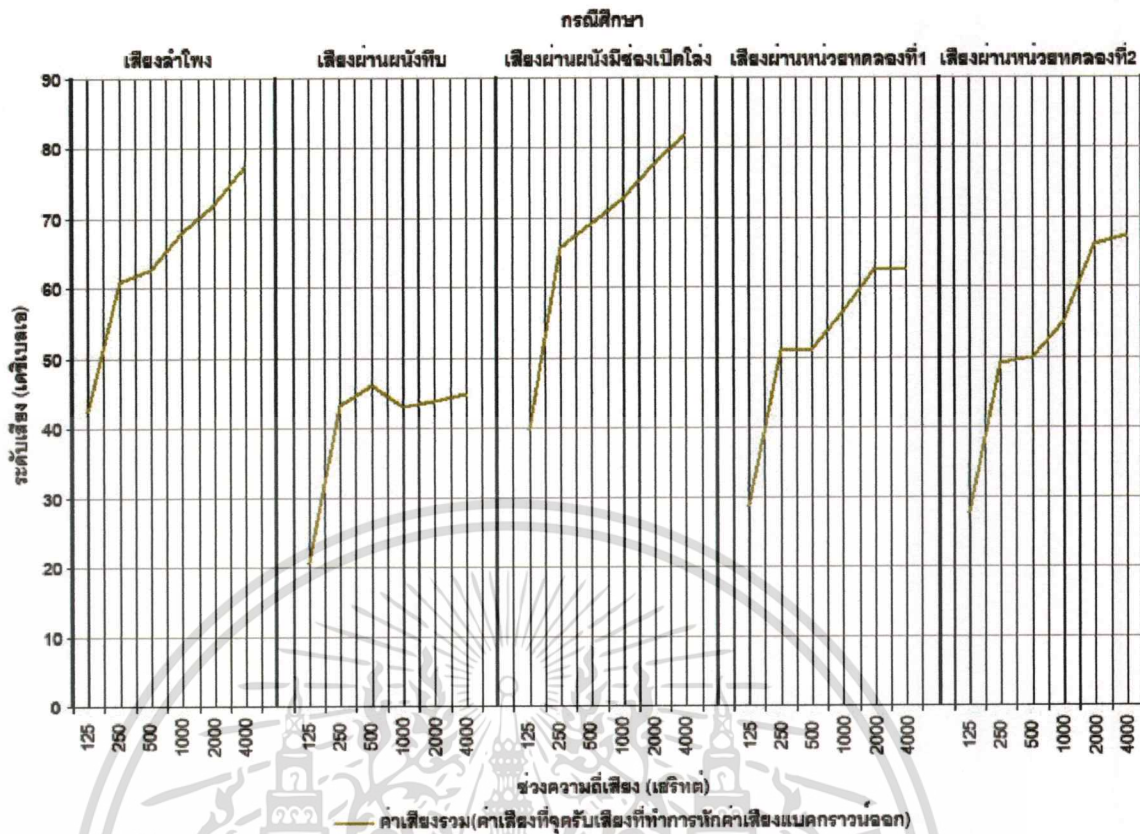
ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	ค่าเสียงที่จูดรับเสียง (เดซิเบลเอ)	ค่าเสียงแบคกราวน์ (เดซิเบลเอ)	ค่าเสียงที่แท้จริง (เดซิเบลเอ)
125	28.40	20.63	27.61
160	38.49	26.83	38.18
200	50.73	25.48	50.72
250	49.13	22.57	49.12
315	51.42	23.68	51.41
400	49.63	24.25	49.62
500	50.00	23.06	49.99
630	55.93	23.16	55.93
800	55.93	23.26	55.93
1000	55.03	23.16	55.03
1250	62.72	24.50	62.72
1600	71.80	25.37	71.80
2000	66.10	22.92	66.10
2500	67.80	22.17	67.80
3150	65.43	20.46	65.43
4000	67.30	19.28	67.30

เมื่อนำค่าเสียงจากตารางที่ 5.2, 5.4, 5.6, 5.8 และ 5.10 มาเขียนเป็นเส้นกราฟได้ดังแสดงในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 เปรียบเทียบค่าเสียงที่จุดรับเสียงและค่าเสียงแบคกราวด์ของแต่ละกรณีศึกษา

พบว่าค่าเสียงแบคกราวด์มีค่าต่ำกว่าค่าเสียงที่จุดรับเสียงมาก ดังนั้นค่าเสียงแบคกราวด์จึงมีผลต่อค่าเสียงรวม (ค่าเสียงที่จุดรับเสียงที่ทำการหักค่าเสียงแบคกราวด์ออก) น้อยมากและเส้นกราฟค่าเสียงรวมมีค่าเพิ่มขึ้นตามช่วงความถี่เสี่ยง แสดงว่าความสามารถในการลดเสียงลดลงเมื่อความถี่เสี่ยงเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 เปรียบเทียบค่าเสียงรวมของแต่ละกรณีศึกษา

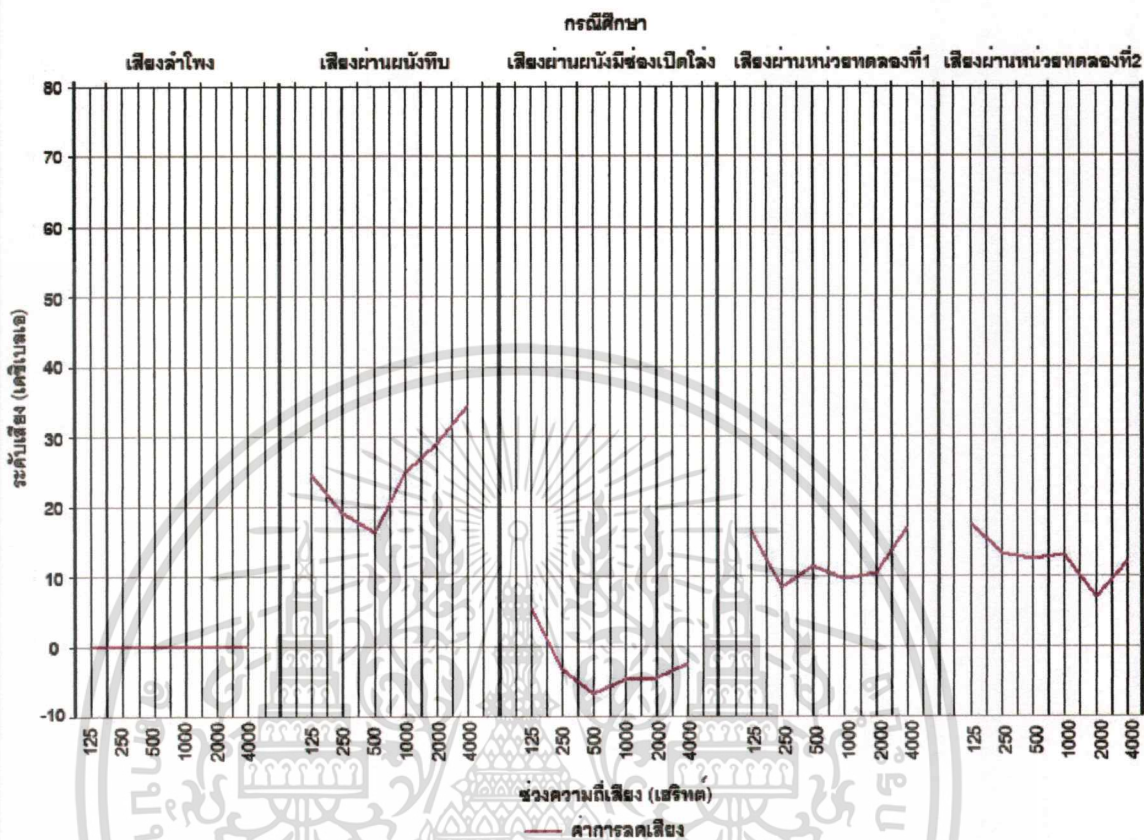
สำหรับเสียงผ่านผนังที่มีช่องเปิด โล่งมีเส้นกราฟลักษณะเดียวกับเส้นกราฟของเสียงจากลำโพง แสดงว่าเสียงจากลำโพงสามารถผ่านผนังที่มีช่องเปิด โล่งได้ทั้งหมด ดังนั้นผนังที่มีช่องเปิด โล่ง จึงไม่สามารถลดเสียงรบกวนจากภายนอกอาคารได้

สำหรับเสียงผ่านผนังทึบมีลักษณะเส้นกราฟต่างจากเสียงจากลำโพง โดยมีค่าเสียงที่ต่ำที่สุด โดยเฉพาะในช่วงความถี่ 2000-4000 เฮิรตซ์ แสดงว่าผนังทึบสามารถลดเสียงได้ดีที่สุด

สำหรับเสียงผ่านผนังที่มีการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 มีลักษณะเส้นกราฟแบบเดียวกับเส้นกราฟของเสียงจากลำโพงแต่มีค่าเสียงที่ต่ำกว่าในทุกช่วงความถี่เสียง แสดงว่าผนังที่ติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 สามารถลดเสียงรบกวนจากลำโพงได้บางส่วน

สำหรับเสียงผ่านผนังที่มีการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 มีลักษณะเส้นกราฟแบบเดียวกับเส้นกราฟของเสียงผ่านผนังที่มีการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 แต่ต่างกันที่ช่วงความถี่ 2000-4000 เฮิรตซ์จะมีค่าเสียงที่สูงกว่า ขณะที่ช่วงความถี่ 500-1000 เฮิรตซ์จะมีค่าเสียงที่ต่ำกว่าเล็กน้อย แสดงว่าผนังที่มีการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 สามารถลดเสียงรบกวนในช่วงความถี่ 250-1000 เฮิรตซ์ได้ดีกว่าผนังที่มีการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 เล็กน้อย

ขณะที่ในช่วงความถี่ 2000-4000 เฮิร์ตซ์ ผนังที่มีการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 สามารถลดเสียงรบกวนได้ดีกว่าผนังที่มีการติดตั้งหน่วยทดลองแบบที่ 2



รูปที่ 5.6 เปรียบเทียบค่าการลดเสียงรบกวนของแต่ละกรณีศึกษา

ตารางที่ 5.12 ค่าการลดเสียงรบกวนของแต่ละกรณีศึกษา

ความถี่ (เฮิร์ตซ์)	ค่าการลดเสียง (เดซิเบลเอ)			
	เสียงผ่านผนังทึบ (เดซิเบลเอ)	เสียงผ่านผนังที่มีช่องเปิดโล่ง (เดซิเบลเอ)	เสียงผ่านหน่วยทดลองแบบที่ 1 (เดซิเบลเอ)	เสียงผ่านหน่วยทดลองแบบที่ 2 (เดซิเบลเอ)
125	24.64	5.36	16.43	17.57
250	19.17	-3.38	8.46	13.33
500	16.33	-6.70	11.38	12.51
1000	25.03	-4.80	9.70	13.08
2000	29.07	-4.57	10.33	6.93
4000	34.58	-2.51	16.99	12.12

หมายเหตุ ค่าเสียงผ่านผนังที่มีช่องเปิดโล่งมีค่าติดลบเนื่องจากเสียงสะท้อนภายในห้องทดสอบ

นำค่าเสียงรวมของแหล่งกำเนิดเสียงจากตารางที่ 5.3 นำค่าเสียงที่แท้จริงที่จุดรับเสียงจากตารางที่ 5.5, 5.7, 5.9, 5.11 และนำค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของห้องทดสอบจากตารางที่ 5.1 แต่ละช่วงความถี่มาแทนลงในสมการที่ 5.1 เพื่อคำนวณหาค่าการลดเสียง จะได้ค่าการลดเสียงตาม

ตารางที่ 5.12 ซึ่งแสดงเป็นเส้นกราฟเปรียบเทียบได้ตามรูปที่ 5.6 โดยถือว่าเสียงจากลำโพงมีค่าการลดเสียงเท่ากับศูนย์เดซิเบลเอ

สำหรับเสียงที่ผ่านผนังที่มีช่องเปิด โถงมีค่าการลดเสียงเป็นลบแสดงว่าเสียงรบกวนที่จุดรับเสียงที่ตรวจวัด ได้ดังกว่าเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงเนื่องจากเสียงสะท้อนภายในห้องทดสอบ

สำหรับเสียงที่ผ่านผนังทึบมีค่าการลดเสียงสูงสุดแสดงว่าผนังทึบสามารถลดเสียงรบกวนได้เป็นอย่างดี โดยมีค่าการลดเสียงที่ความถี่ 125 เฮิรตซ์ 24.64 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 250 เฮิรตซ์ 19.17 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ 16.33 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ 25.03 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 2000 เฮิรตซ์ 29.07 เดซิเบลเอ และที่ความถี่ 4000 เฮิรตซ์ 34.58 เดซิเบลเอ

สำหรับเสียงผ่านหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 มีค่าการลดเสียงที่ต่ำกว่าในกรณีเสียงผ่านผนังทึบ แสดงว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 สามารถลดเสียงรบกวนได้เพียงบางส่วนและไม่ดีเท่ากับผนังทึบ โดยมีค่าการลดเสียงที่ความถี่ 125 เฮิรตซ์ 16.43 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 250 เฮิรตซ์ 8.46 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ 11.38 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ 9.70 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 2000 เฮิรตซ์ 10.33 เดซิเบลเอ และที่ความถี่ 4000 เฮิรตซ์ 16.99 เดซิเบลเอ

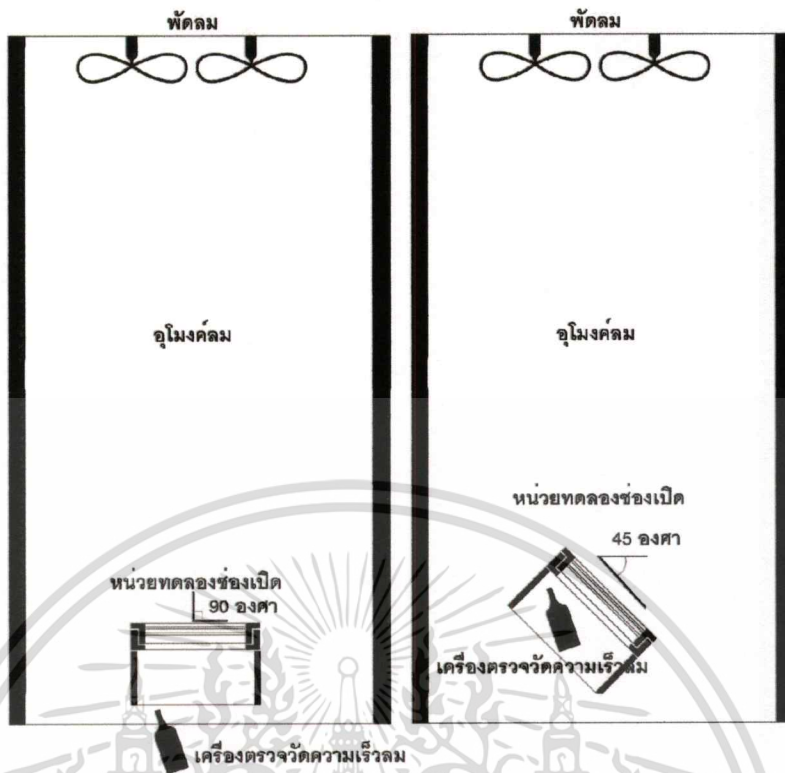
สำหรับเสียงผ่านหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 มีค่าการลดเสียงที่สูงกว่าค่าการลดเสียงในกรณีเสียงผ่านหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 ที่ความถี่ 125 เฮิรตซ์ 1.14 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 250 เฮิรตซ์ 4.87 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ 1.13 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ 3.38 เดซิเบลเอ เป็นเพราะหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 มีช่องกับดักเสียงในแนวตั้งซึ่งทำหน้าที่เป็นฉนวนเสียงคั่นระหว่างกรอบบานกับกรอบวงกบ ขณะที่ความถี่ 2000 เฮิรตซ์หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 ลดเสียงรบกวนได้ดีกว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 3.40 เดซิเบลเอ และที่ความถี่ 4000 เฮิรตซ์ 4.87 เดซิเบลเอ เป็นเพราะหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 มีความหนาของหน่วยทดลองมากกว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2

ดังนั้น ผนังที่มีช่องเปิด โถงไม่สามารถลดเสียงรบกวนได้เลย ขณะที่ผนังทึบสามารถลดเสียงได้เป็นอย่างดี สำหรับผนังที่มีการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 นั้นสามารถลดเสียงรบกวนได้ดีในช่วงความถี่ 2000 เฮิรตซ์ถึง 4000 เฮิรตซ์ ขณะที่ผนังที่มีการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 นั้นสามารถลดเสียงรบกวนได้ดีในช่วงความถี่ 125 เฮิรตซ์ถึง 1000 เฮิรตซ์

5.2 การเก็บข้อมูลความเร็วลมผ่านหน่วยทดลองภาคสนาม

5.2.1 วิธีการเก็บข้อมูลความเร็วลมผ่านหน่วยทดลองภาคสนาม

ทำการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดที่ปลายอุโมงค์ลมในสองลักษณะตามรูปที่ 5.7 และรูปที่ 5.8 ได้แก่ หันหน่วยทดลองปะทะแนวกระแสลมทำมุม 90 องศา และหันหน่วยทดลองช่องเปิดปะทะแนวกระแสลมทำมุม 45 องศา กำหนดความเร็วลมตั้งต้นภายในอุโมงค์ลมไว้ที่ 1.5 เมตรต่อวินาที 2.0 เมตรต่อวินาที 2.5 เมตรต่อวินาที และ 3.0 เมตรต่อวินาที (รูปที่ 5.7 และรูปที่ 5.8)

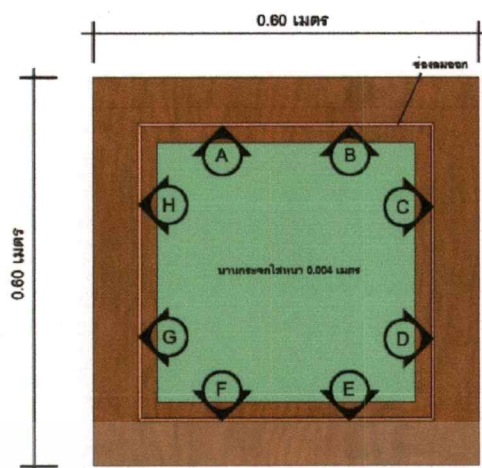


รูปที่ 5.7 แสดงการติดตั้งชุดเครื่องมือตรวจวัดความเร็วลม



รูปที่ 5.8 แสดงการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดภายในอุโมงค์คัลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ด้านหลัง

รูปที่ 5.9 แสดงตำแหน่งตรวจวัดค่าความเร็วลมทั้งแปดตำแหน่งโดยรอบช่องเปิด

ทำการตรวจวัดค่าระดับความเร็วลมที่ช่องลมออกทั้งหมดจำนวนแปดตำแหน่งโดยรอบช่องเปิดตามรูปที่ 5.9 ด้วยเครื่องมือตรวจวัดความเร็วลมแบบลวดความร้อน (Hot wire Anemometer) แล้วนำค่าความเร็วลมแปดตำแหน่งมาทำการหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ช่องลมออกมาแทนลงในสมการที่ 5.3 เพื่อคำนวณหาอัตราส่วนร้อยละของความเร็วลมที่ผ่านหน่วยทดลองช่องเปิด

$$V_o/V_i * 100 = VR \dots\dots\dots (3.5)$$

เมื่อ V_o แทนค่าระดับความเร็วลมเฉลี่ยที่ช่องลมออก (เมตรต่อวินาที)

V_i แทนค่าระดับความเร็วลมตั้งต้นภายในอุโมงค์ลม (เมตรต่อวินาที)

VR แทนค่าอัตราส่วนร้อยละของความเร็วลมที่ผ่านหน่วยทดลองช่องเปิด (ร้อยละ)

ซึ่งค่าอัตราส่วนร้อยละของค่าความเร็วลมนี้แสดงให้เห็นถึงปริมาณกระแสลมที่เคลื่อนที่ผ่านหน่วยทดลองช่องเปิดดังกล่าว ถ้าค่าอัตราส่วนร้อยละสูงแสดงว่าช่องเปิดนั้นมีความสามารถในการระบายอากาศที่ดี

5.2.2 ผลการตรวจวัดความเร็วลมผ่านหน่วยทดลองภาคสนาม

ผลการเก็บข้อมูลการตรวจวัดระดับความเร็วลมที่ช่องลมออกจำนวนแปดตำแหน่งจากหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 ภายในอุโมงค์ลม โดยทำการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดทำมุม 90 องศา กับแนวกระแสลม และทำการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดทำมุม 45 องศา กับแนวกระแสลม ได้ผลการตรวจวัดและค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกเฉลี่ย ในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 ทำมุม 45 องศา กับแนวกระแสลม ได้ผลตามตารางที่ 5.13 และผลการตรวจวัดและค่าความเร็วลมออกเฉลี่ย ในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 ทำมุม 90 องศา กับแนวกระแสลม ได้ผลตามตารางที่ 5.14

ตารางที่ 5.13 ค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกเฉลี่ยในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1
ทำมุม 45 องศา กับแนวกระแสลม

ความเร็วลมตั้งต้น (เมตรต่อวินาที)	ตำแหน่ง								ความเร็วลมออก (เมตรต่อวินาที)
	a	b	c	d	e	f	g	h	
1.50	0.54	0.75	0.00	0.00	0.35	0.38	0.63	0.68	0.42
2.00	0.60	0.80	0.05	0.05	0.44	0.47	0.75	0.82	0.50
2.50	0.65	0.84	0.08	0.08	0.53	0.56	0.86	0.95	0.57
3.00	0.70	0.90	0.12	0.12	0.62	0.67	0.96	1.05	0.64

ตารางที่ 5.14 ค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกเฉลี่ยในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1
ทำมุม 90 องศา กับแนวกระแสลม

ความเร็วลมตั้งต้น (เมตรต่อวินาที)	ตำแหน่ง								ความเร็วลมออก (เมตรต่อวินาที)
	a	b	c	d	e	f	g	h	
1.50	0.85	0.80	0.75	0.54	0.60	0.55	0.35	0.42	0.61
2.00	0.97	0.90	0.86	0.68	0.70	0.68	0.39	0.45	0.70
2.50	1.22	1.12	0.98	0.75	0.83	0.78	0.42	0.48	0.82
3.00	1.45	1.30	1.12	0.85	0.94	0.90	0.45	0.53	0.94

จากผลการตรวจวัดดังกล่าวพบว่า ในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดทำมุม 90 องศา กับแนวลมจะได้ค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกเฉลี่ยที่สูงกว่าในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดทำมุม 45 องศา กับแนวลม ที่ทุกๆ ค่าความเร็วลมตั้งต้น และค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าความเร็วลมตั้งต้นภายในอุโมงค์ลมในสัดส่วนที่ต่างกัน

สำหรับผลการเก็บข้อมูลการตรวจวัดระดับความเร็วลมที่ช่องลมออกจำนวนแปดตำแหน่งจากหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ภายในอุโมงค์ลม โดยทำการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดทำมุม 90 องศา กับแนวลม และทำการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดทำมุม 45 องศา กับแนวลม ได้ผลการตรวจวัดและค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกเฉลี่ยในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ทำมุม 45 องศา กับแนวลมตามตารางที่ 5.15 และผลการตรวจวัดและค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกเฉลี่ยในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ทำมุม 90 องศา กับแนวลมตามตารางที่ 5.16

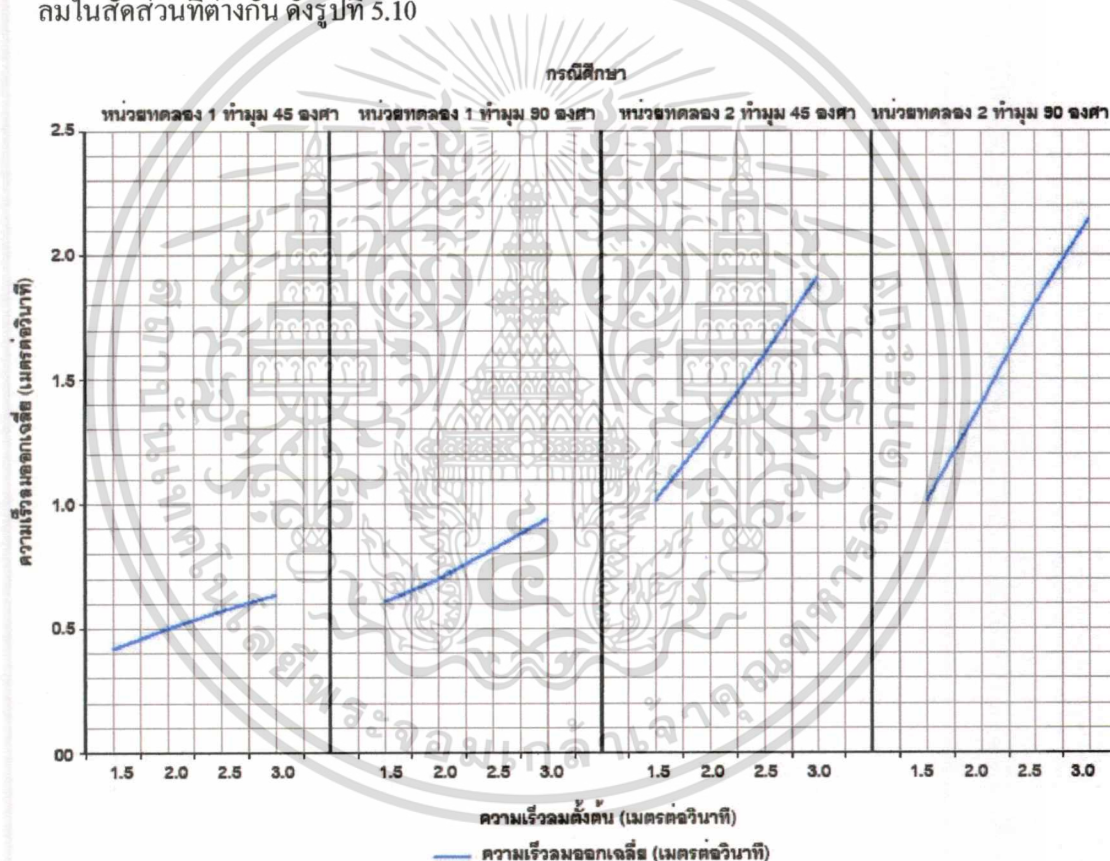
ตารางที่ 5.15 ค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกเฉลี่ยในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2
ทำมุม 45 องศา กับแนวกระแสลม

ความเร็วลมตั้งต้น (เมตรต่อวินาที)	ตำแหน่ง								ความเร็วลมออก (เมตรต่อวินาที)
	a	b	c	d	e	f	g	h	
1.50	1.26	1.26	0.70	0.45	0.82	0.99	1.25	1.35	1.01
2.00	1.60	1.45	1.10	0.70	1.06	1.12	1.56	1.73	1.29
2.50	1.93	1.80	1.13	0.85	1.56	1.63	1.86	2.03	1.60
3.00	2.47	2.25	1.36	1.03	1.73	1.88	2.20	2.35	1.91

ตารางที่ 5.16 ค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกเฉลี่ยในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2
ทำมุม 90 องศา กับแนวกระแสลม

ความเร็วลมตั้งต้น (เมตรต่อวินาที)	ตำแหน่ง								ความเร็วลมออก (เมตรต่อวินาที)
	a	b	c	d	e	f	g	h	
1.50	0.91	1.00	0.85	0.87	1.16	1.23	1.03	1.00	1.01
2.00	1.45	1.55	1.23	1.40	1.36	1.53	1.35	1.35	1.40
2.50	1.86	1.92	1.65	1.70	1.65	1.87	1.89	1.83	1.80
3.00	2.25	2.29	2.07	1.99	1.96	2.16	2.27	2.23	2.15

จากผลการตรวจวัดดังกล่าวพบว่า ในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดทำมุม 90 องศา กับแนวลมให้ค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกเฉลี่ยที่สูงกว่าในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดทำมุม 45 องศา กับแนวลม แลค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกจะเพิ่มขึ้นตามค่าความเร็วลมตั้งต้นภายในอุโมงค์ลมในสัดส่วนที่ต่างกัน ดังรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 เปรียบเทียบความเร็วลมออกเฉลี่ยของแต่ละกรณีศึกษา

นำค่าความเร็วลมที่ช่องลมออกเฉลี่ยและค่าความเร็วลมตั้งต้นแทนลงในสมการที่ 3.5 เพื่อหาค่าอัตราส่วนร้อยละของความเร็วลมที่ผ่านหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 ตามตารางที่ 5.17 และค่าอัตราส่วนร้อยละของความเร็วลมที่ผ่านหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ตามตารางที่ 5.18

ตารางที่ 5.17 ค่าอัตราส่วนร้อยละของค่าความเร็วลมที่ผ่านหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1

ความเร็วลมตั้งต้น (เมตรต่อวินาที)	หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1			
	ท่ามม 45 องศา		ท่ามม 90 องศา	
	ความเร็วลมออก (เมตรต่อวินาที)	อัตราส่วนความเร็วลม (ร้อยละ)	ความเร็วลมออก (เมตรต่อวินาที)	อัตราส่วนความเร็วลม (ร้อยละ)
1.50	0.42	27.75	0.61	40.50
2.00	0.50	24.88	0.70	35.19
2.50	0.57	22.75	0.82	32.90
3.00	0.64	21.42	0.94	31.42

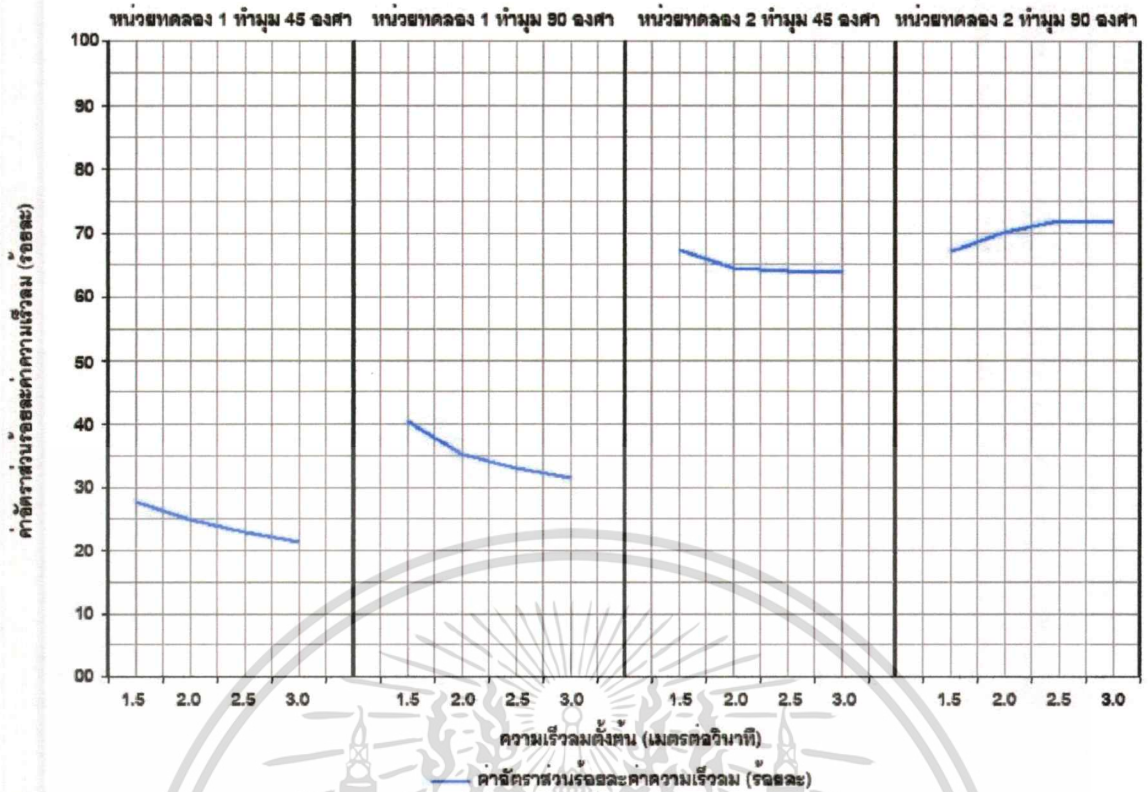
ตารางที่ 5.18 ค่าอัตราส่วนร้อยละของค่าความเร็วลมที่ผ่านหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2

ความเร็วลมตั้งต้น (เมตรต่อวินาที)	หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2			
	ท่ามม 45 องศา		ท่ามม 90 องศา	
	ความเร็วลมออก (เมตรต่อวินาที)	อัตราส่วนความเร็วลม (ร้อยละ)	ความเร็วลมออก (เมตรต่อวินาที)	อัตราส่วนความเร็วลม (ร้อยละ)
1.50	1.01	67.33	1.01	67.08
2.00	1.29	64.50	1.40	70.13
2.50	1.60	63.95	1.80	71.85
3.00	1.91	63.63	2.15	71.75

จากค่าอัตราส่วนร้อยละของความเร็วลมที่ผ่านหน่วยทดลองแบบที่ 1 พบว่าอัตราส่วนร้อยละของค่าความเร็วลมมีค่าลดลงเมื่อค่าความเร็วลมตั้งต้นภายในอุโมงค์ลมเพิ่มขึ้น รูปที่ 5.11

จากค่าอัตราส่วนร้อยละของความเร็วลมที่ผ่านหน่วยทดลองแบบที่ 2 ในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองท่ามม 45 องศาพบว่าอัตราส่วนร้อยละของความเร็วลมลดลงและเริ่มคงที่เมื่อความเร็วลมตั้งต้นภายในอุโมงค์ลมเพิ่มขึ้น ขณะที่ในกรณีติดตั้งหน่วยทดลองท่ามม 90 องศาพบว่าอัตราส่วนร้อยละของความเร็วลมเพิ่มขึ้นและเริ่มคงที่เมื่อความเร็วลมตั้งต้นภายในอุโมงค์ลมเพิ่มขึ้น รูปที่ 5.11

กรณีศึกษา



รูปที่ 5.11 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนร้อยละค่าความเร็วลมผ่านหน่วยทดลอง

จะเห็นได้ว่าความเร็วลมที่ช่องลมออกเพิ่มขึ้นตามความเร็วลมตั้งต้นภายในอุโมงค์ลมในสัดส่วนที่ต่างกัน โดยความเร็วลมที่ช่องลมออกจะน้อยกว่าความเร็วลมตั้งต้นเสมอ เนื่องจากแรงเสียดทานที่พื้นผิววัสดุ และความปั่นป่วนของกระแสลมขณะเคลื่อนที่ผ่านช่องลมที่หักงอ

จากรูปที่ 5.11 เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนร้อยละค่าความเร็วลมผ่านหน่วยทดลองช่องเปิดในแต่ละกรณีศึกษาแล้ว พบว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 ติดตั้งทำมุม 45 องศา มีการระบายอากาศที่ไม่ค่อยดีนัก เมื่อทำการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 ทำมุม 90 องศาปะทะแนวลม พบว่ามีการระบายอากาศที่ดีขึ้นเล็กน้อยแต่ความเร็วลมยังลดลงเมื่อความเร็วลมตั้งต้นเพิ่มขึ้น ขณะที่หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ติดตั้งทำมุม 45 องศาปะทะแนวลม มีการระบายอากาศที่ดีแต่มีลมผ่านหน่วยทดลองช่องเปิดลดลงเมื่อความเร็วลมตั้งต้นเพิ่มขึ้น เมื่อทำการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ทำมุม 90 องศาปะทะแนวลมพบว่าการระบายอากาศที่ดีขึ้นและมีลมผ่านหน่วยทดลองช่องเปิดเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วลมตั้งต้นเพิ่มขึ้น

ดังนั้นหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ระบายอากาศได้ดีกว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1

5.3 ผลการเก็บข้อมูลภาคสนาม

จากผลการตรวจวัดเสียงผ่านผนังห้องทดสอบเสียงที่มีการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิด และจากผลการตรวจวัดความเร็วลมผ่านหน่วยทดลองภายในอุโมงค์ลม สามารถสรุปผลการทดลองภาคสนามของหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 และหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ตามตารางที่ 5.19

ตารางที่ 5.19 แสดงผลการทดสอบการลดเสียงและการระบายอากาศของหน่วยทดลองช่องเปิดทั้งสองแบบ

ประเภทหน่วยทดลอง	หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1						หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2					
	125	250	500	1000	2000	4000	125	250	500	1000	2000	4000
ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	125	250	500	1000	2000	4000	125	250	500	1000	2000	4000
ค่าเสียงรบกวนที่แท้จริง (เดซิเบลเอ)	28.74	50.99	51.11	56.39	62.69	62.42	27.6	49.12	49.99	55.02	66.09	67.29
ค่าการลดเสียง (เดซิเบลเอ)	16.43	8.46	11.38	9.7	10.33	16.99	17.57	13.33	12.51	13.08	6.93	12.12
ประเภทหน่วยทดลอง	หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1						หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2					
ความเร็วลมตั้งต้น (เมตรต่อวินาที)	1.5	2	2.5	3	1.5	2	2.5	3	1.5	2	2.5	3
ความเร็วลมออกติดตั้งทำมุม 45 องศา	0.42	0.5	0.57	0.64	1.01	1.29	1.6	1.91	0.42	0.5	0.57	0.64
ค่าอัตราส่วนค่าความเร็วลม (ร้อยละ)	27.75	24.88	22.75	21.42	67.33	64.5	63.95	63.63	27.75	24.88	22.75	21.42
ความเร็วลมออกติดตั้งทำมุม 90 องศา	0.61	0.7	0.82	0.94	1.01	1.4	1.8	2.15	0.61	0.7	0.82	0.94
ค่าอัตราส่วนค่าความเร็วลม (ร้อยละ)	40.5	35.19	32.9	31.42	67.08	70.13	71.85	71.75	40.5	35.19	32.9	31.42

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าการลดเสียงของหน่วยทดลองช่องเปิดทั้งสองพบว่า หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 สามารถลดเสียงรบกวนได้ดีในช่วงความถี่ 2000 เฮิรตซ์ถึง 4000 เฮิรตซ์ ขณะที่หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 สามารถลดเสียงรบกวนได้ดีในช่วงความถี่ 125 เฮิรตซ์ถึง 1000 เฮิรตซ์ และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนร้อยละของความเร็วลมพบว่า หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 มีการระบายอากาศที่ดีกว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1

บทที่ 6

วิเคราะห์ผลการศึกษา

6.1 วิเคราะห์ผลการศึกษาค่าการลดเสียงของหน่วยทดลองช่องเปิด

เปรียบเทียบผลการตรวจวัดเสียงกับเกณฑ์เสียงโดยการนำเส้นเสียงของค่าเสียงรบกวนที่ทำการหักค่าเสียงแบบคร่าว์ออกมาทาบบนแผนภาพเกณฑ์เสียงแล้วอ่านค่าเกณฑ์เสียงสูงสุดที่เส้นเสียงสัมผัส พบว่า เสียงจากลำโพงมีค่าเกณฑ์เสียงที่ 82 เดซิเบลเอ ขณะที่ค่าเกณฑ์เสียงที่ยอมรับได้สำหรับที่พักอาศัยในเขตชุมชนเมืองในช่วงวันอยู่ที่ไม่เกิน 50 เดซิเบลเอ สำหรับเสียงผ่านผนังที่บีมีค่าเกณฑ์เสียงที่ 50 เดซิเบลเอ เสียงผ่านผนังที่มีช่องเปิดโล่งมีค่าเกณฑ์เสียงที่ 86 เดซิเบลเอ เสียงผ่านผนังที่ทำการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 มีค่าเกณฑ์เสียงที่ 67 เดซิเบลเอ และเสียงผ่านผนังที่ทำการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 มีค่าเกณฑ์เสียงที่ 71 เดซิเบลเอ ตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ค่าเกณฑ์เสียงของแต่ละกรณีศึกษา

กรณีศึกษา	ค่าเกณฑ์เสียง (เดซิเบลเอ)
เสียงลำโพง	82
ผนังทึบ	50
ผนังที่มีช่องเปิดโล่ง	86
ผนังติดตั้งหน่วยทดลองแบบที่ 1	67
ผนังติดตั้งหน่วยทดลองแบบที่ 2	71

จากการเปรียบเทียบค่าเสียงรบกวนที่ทำการหักค่าเสียงแบบคร่าว์ออกกับเกณฑ์เสียงที่ยอมรับได้สำหรับการพักอาศัยในเขตชุมชนเมืองในช่วงวัน พบว่ามีเพียงกรณีเสียงผ่านผนังที่บีเท่านั้นที่มีค่าเกณฑ์เสียงตามเกณฑ์ สำหรับกรณีเสียงผ่านผนังที่ติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 และกรณีเสียงผ่านผนังที่ติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 พบว่ามีค่าเกณฑ์เสียงที่ยังคงสูงกว่าเกณฑ์ โดยเฉพาะในช่วงความถี่ 1000 เฮิร์ตซ์ ถึง 4000 เฮิร์ตซ์ ดังรูปที่ 6.1

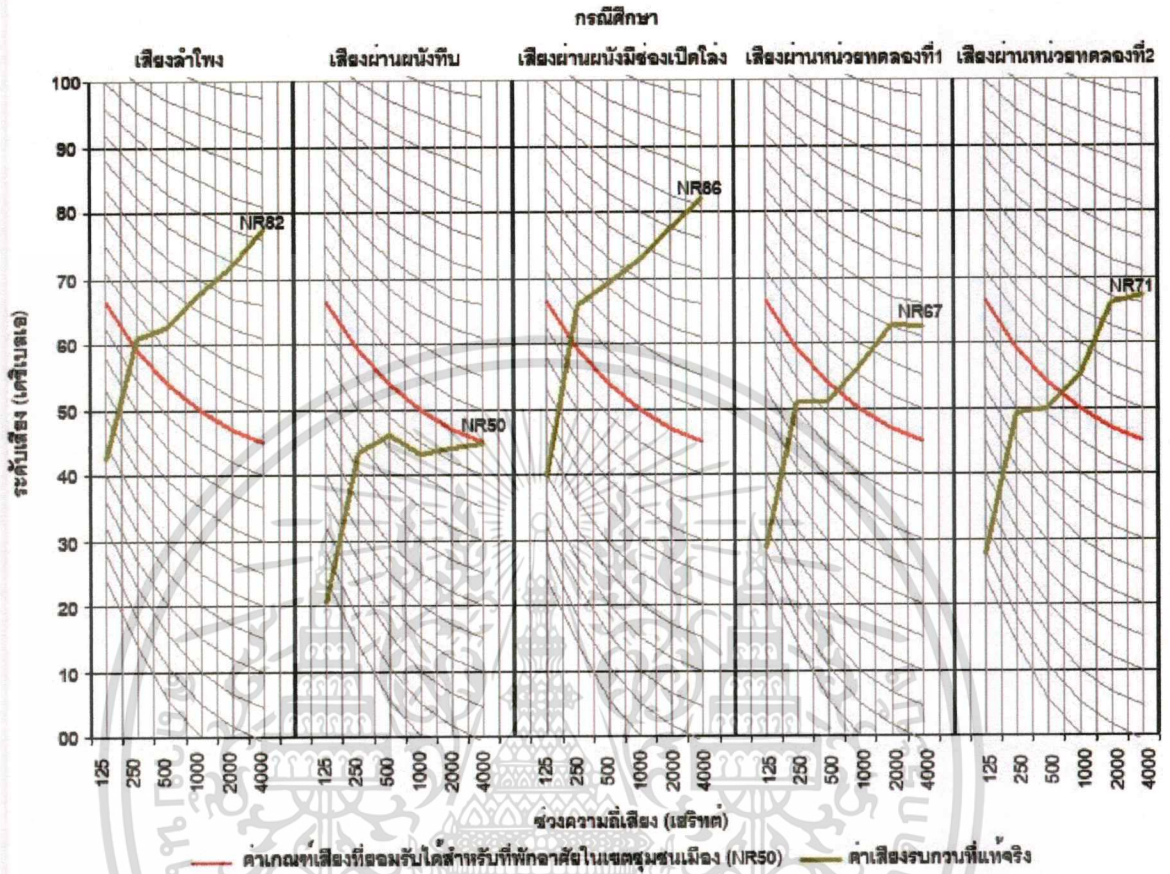
เมื่อที่พักอาศัยติดกับทางสัญจรที่มีการจราจรคับคั่ง จึงนำเอาเสียงรบกวนจากการจราจรมาเปรียบเทียบกับค่าการลดเสียง โดยอาศัยการพิจารณาพื้นที่ได้กราฟระหว่างค่าเสียงรบกวนที่ต้องการลดซึ่งได้จากพื้นที่ได้กราฟของเสียงรบกวนจากการจราจร กับเกณฑ์เสียงที่ยอมรับได้สำหรับการพักอาศัยในเขตชุมชนเมืองในช่วงวัน กับค่าการลดเสียง ถ้าพื้นที่ได้กราฟกว้างแสดงว่ามีค่าเสียงรบกวนที่ต้องทำการลดมาก

จากรูปที่ 6.2 พบว่า กรณีเสียงผ่านผนังที่บีมีพื้นที่ได้กราฟแคบที่สุดจึงสามารถลดเสียงรบกวนจากการจราจรได้ดีกว่ากรณีศึกษาอื่นๆ สำหรับกรณีเสียงผ่านผนังที่ติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 มีพื้นที่ได้กราฟมากกว่ากรณีเสียงผ่านผนังที่ติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับงานวิจัยของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นผนังที่ติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 จึงสามารถลดเสียงรบกวนจากการจราจรได้น้อยกว่าผนังที่ติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ตามตารางที่ 6.3

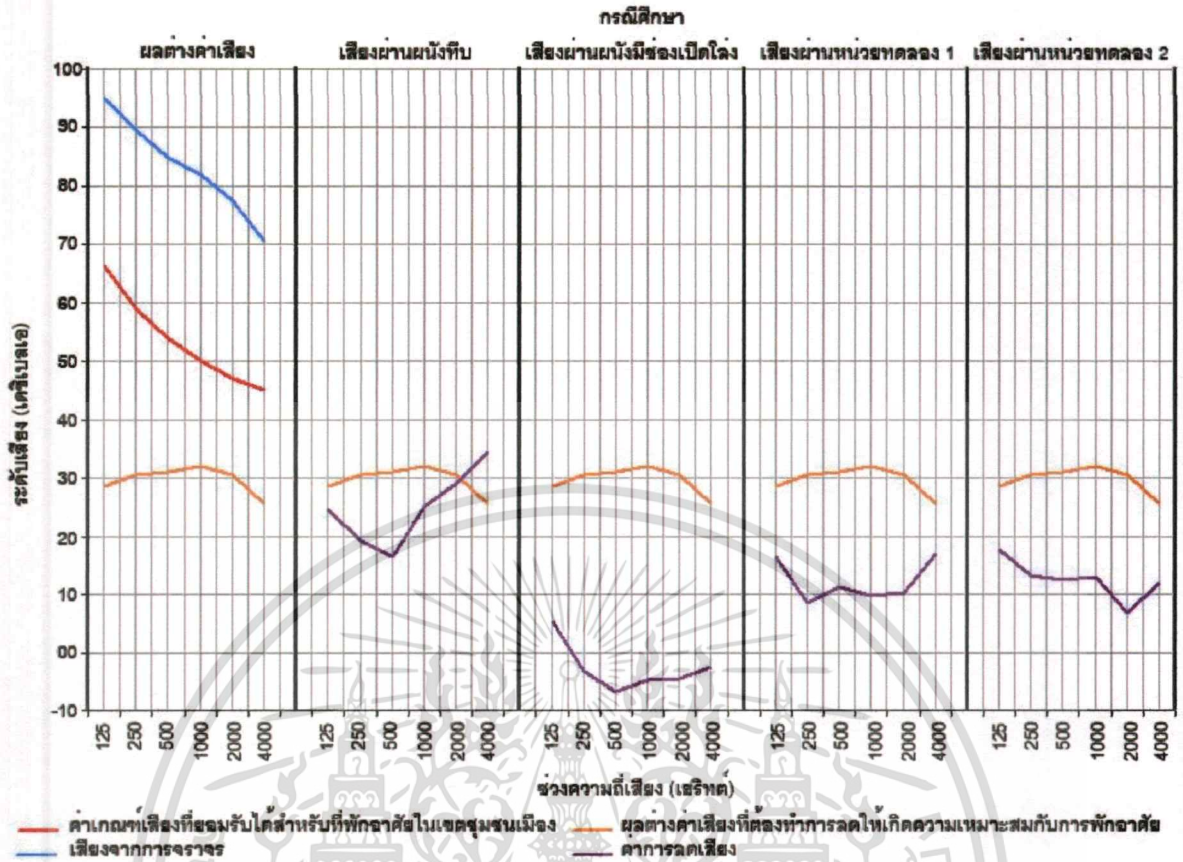


รูปที่ 6.1 เปรียบเทียบค่าเสียงรบกวนที่ทำการหักค่าเสียงแบบคร่าวๆออกแล้วบนแผนภาพเกณฑ์

ตารางที่ 6.2 ค่าเสียงที่ต้องการทำการลดกับค่าการลดเสียง

ช่วงความถี่ (เฮิรตซ์)	เสียงการจราจร (เดซิเบลเอ)	เกณฑ์เสียงสำหรับพักอาศัย (เดซิเบลเอ)	ค่าเสียงที่ต้องการทำการลด (เดซิเบลเอ)	ค่าการลดเสียง (เดซิเบลเอ)			
				ผนังทึบ (เดซิเบลเอ)	ผนังมีช่องเปิดโล่ง (เดซิเบลเอ)	หน่วยทดลองที่ 1 (เดซิเบลเอ)	หน่วยทดลองที่ 2 (เดซิเบลเอ)
125	95.00	66.50	28.50	24.64	5.36	16.43	17.57
250	89.50	59.00	30.50	19.17	-3.38	8.46	13.33
500	85.00	54.00	31.00	16.33	-6.70	11.38	12.51
1000	82.00	50.00	32.00	25.03	-4.80	9.70	13.08
2000	77.50	47.00	30.50	29.07	-4.57	10.33	6.93
4000	70.50	45.00	25.50	34.58	-2.51	16.99	12.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 เปรียบเทียบค่าเสียงที่ต้องการลดกับค่าการลดเสียง

ตารางที่ 6.3 เปรียบเทียบพื้นที่ได้กราฟของแต่ละกรณีศึกษา

กรณีศึกษา	พื้นที่ได้กราฟ
ค่าเสียงที่ต้องการลดกับผนังทึบ	29.17
ค่าเสียงที่ต้องการลดกับผนังมีช่องเปิดโล่ง	194.60
ค่าเสียงที่ต้องการลดกับผนังมีหน่วยทดลองแบบที่ 1	104.71
ค่าเสียงที่ต้องการลดกับผนังมีหน่วยทดลองแบบที่ 2	102.47

ถ้าต้องการปรับปรุงหน่วยทดลองให้สามารถลดเสียงรบกวนจากการจราจรให้มีค่าเสียงรบกวนอยู่ในเกณฑ์เสียงที่เหมาะสมกับการพักอาศัยในเขตชุมชนเมือง จำเป็นต้องทราบค่าเสียงรบกวนที่เกินค่าการลดเสียงของหน่วยทดลองช่องเปิดนั้น พบว่า

ในกรณีเสียงผ่านผนังที่ติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 ที่ความถี่ 125 เฮิรตซ์ต้องลดเสียง 12.07 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 250 เฮิรตซ์ต้องลดเสียง 22.04 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ต้องลดเสียง 19.62 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ต้องลดเสียง 22.30 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 2000 เฮิรตซ์ต้องลดเสียง 20.17 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 4000 เฮิรตซ์ต้องการลดเสียง 8.51 เดซิเบลเอ

ในกรณีเสียงผ่านผนังที่ติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ที่ความถี่ 125 เฮิรตซ์ต้องลดเสียง 12.07 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 250 เฮิรตซ์ต้องลดเสียง 22.04 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ต้องลดเสียง 19.62 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ต้องลดเสียง 22.30 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 2000 เฮิรตซ์ต้องลดเสียง 20.17 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 4000 เฮิรตซ์ต้องการลดเสียง 8.51 เดซิเบลเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องลดเสียงอีก 18.49 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ต้องลดเสียงอีก 18.92 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 2000 เฮิรตซ์ต้องลดเสียงอีก 23.57 เดซิเบลเอ, ที่ความถี่ 4000 เฮิรตซ์ต้องการลดเสียงอีก 13.38 เดซิเบลเอ
จากนั้นจึงนำค่าเสียงรบกวนดังกล่าวไปใช้เป็นเกณฑ์ในขั้นตอนการออกแบบปรับปรุง
หน่วยทดลองช่องเปิดต่อไป

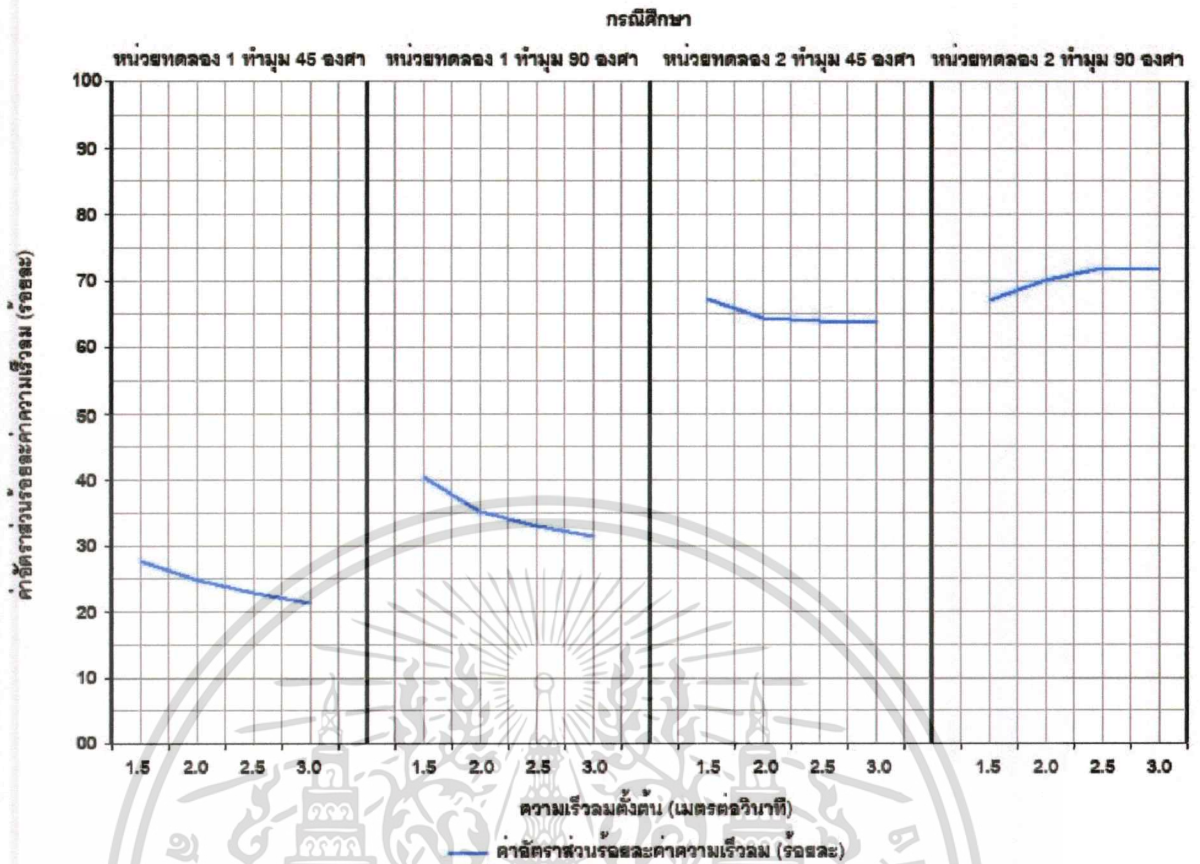
6.2 วิเคราะห์ผลการศึกษาระบายอากาศของหน่วยทดลองช่องเปิด

เปรียบเทียบผลการตรวจวัดความเร็วลมที่ช่องลมออกของหน่วยทดลองช่องเปิดด้วยการคำนวณ
หาค่าอัตราส่วนร้อยละของความเร็วลมผ่านช่องเปิดจากสมการที่ 3.5 พบว่าหน่วยทดลองช่องเปิด
แบบที่ 1 มีอัตราส่วนร้อยละของความเร็วลมผ่านช่องเปิดสูงสุดที่ร้อยละ 40.50 ขณะที่หน่วยทดลอง
ช่องเปิดแบบที่ 2 มีอัตราส่วนร้อยละของความเร็วลมผ่านช่องเปิดสูงสุดที่ร้อยละ 71.85 ตามตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.4 เปรียบเทียบอัตราส่วนความเร็วลมผ่านหน่วยทดลองช่องเปิด

ความเร็วลม ตั้งต้น (เมตรต่อวินาที)	หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1				หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2			
	ท่ามุม 45 องศา		ท่ามุม 90 องศา		ท่ามุม 45 องศา		ท่ามุม 90 องศา	
	ความเร็วลม ที่ช่องลมออก (เมตรต่อวินาที)	อัตราส่วน ความเร็วลม (ร้อยละ)	ความเร็วลม ที่ช่องลมออก (เมตรต่อวินาที)	อัตราส่วน ความเร็วลม (ร้อยละ)	ความเร็วลม ที่ช่องลมออก (เมตรต่อวินาที)	อัตราส่วน ความเร็วลม (ร้อยละ)	ความเร็วลม ที่ช่องลมออก (เมตรต่อวินาที)	อัตราส่วน ความเร็วลม (ร้อยละ)
1.50	0.42	27.75	0.61	40.50	1.01	67.33	1.01	67.08
2.00	0.50	24.88	0.70	35.19	1.29	64.50	1.40	70.13
2.50	0.57	22.75	0.82	32.90	1.60	63.95	1.80	71.85
3.00	0.64	21.42	0.94	31.42	1.91	63.63	2.15	71.75

จากรูปที่ 6.2 พบว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ซึ่งมีช่องลมเข้าอยู่ทางด้านหน้าของ
หน่วยทดลองมีการระบายอากาศที่ดีกว่าหน่วยทดลองแบบที่ 1 ที่มีตำแหน่งช่องลมเข้าอยู่ทางด้านข้าง
ของหน่วยทดลองทั้งในกรณีที่กระแสลมเคลื่อนที่เข้าปะทะหน่วยทดลองช่องเปิดทางด้านหน้าและ
ในกรณีที่กระแสลมเคลื่อนที่พาดมเฉียงเข้าหาหน่วยทดลองช่องเปิดทางด้านข้าง รูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนร้อยละของความเร็วลม ของหน่วยทดลองช่องเปิด

6.3 ผลวิเคราะห์ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ผลการลดเสียงและผลการระบายอากาศของหน่วยทดลองช่องเปิด พบว่า หน่วยทดลองช่องเปิดทั้งสองแบบสามารถลดเสียงรบกวนจากการจราจรได้บางส่วน แต่ยังไม่สามารถลดเสียงรบกวนจากการจราจรลงให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการพักอาศัยในเขตชุมชนเมือง ในช่วงวันได้ตามมาตรฐานเกณฑ์เสียง โดยหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 สามารถลดเสียงรบกวนได้ดีกว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1

สำหรับการระบายอากาศหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 มีการระบายอากาศที่ดีกว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 โดยกระแสลมสามารถเคลื่อนที่ผ่านหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ได้ในอัตราส่วนร้อยละของความเร็วลมที่สูงกว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1

ดังนั้นหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 จึงให้ผลการศึกษาที่ดีกว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 6.2 และรูปที่ 6.3

บทที่ 7

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างเสียงรบกวนจากภายนอกอาคาร กับการระบายอากาศที่ผ่านทางช่องเปิดหน้าต่างที่ผนังอาคาร โดยถ้าเปิดบานหน้าต่างกว้างจะมีการระบายอากาศที่ดีแต่ในขณะเดียวกันเสียงรบกวนจากภายนอกอาคารก็เข้ามาภายในอาคารได้มากด้วยเช่นกัน ดังนั้นในการลดเสียงรบกวนจากภายนอกอาคารส่วนหนึ่งจึงขึ้นอยู่กับรูปแบบของช่องเปิดหน้าต่างที่ผนังอาคาร

การศึกษาในครั้งนี้จึงได้ทำการออกแบบหน่วยทดลองช่องเปิดให้มีลักษณะเป็นหน้าต่างบานปลัก โดยเว้นระยะห่างระหว่างกรอบบานกับกรอบวงกบเป็นช่องให้ลมเคลื่อนที่ผ่านสำหรับระบายอากาศ และเป็นช่องทางสำหรับกักเก็บเสียงรบกวนจากภายนอกอาคาร

จากผลการศึกษาการลดเสียงรบกวนของหน่วยทดลองช่องเปิด พบว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 สามารถลดเสียงรบกวนได้ดีในช่วงความถี่ 2000 เฮิรตซ์ถึง 4000 เฮิรตซ์ สำหรับหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 สามารถลดเสียงรบกวนได้ดีในช่วงความถี่ 250 เฮิรตซ์ถึง 1000 เฮิรตซ์

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบพื้นที่ได้กราฟของค่าการลดเสียงของหน่วยทดลองช่องเปิดทั้งสองแบบกับค่าเสียงรบกวนจากการจราจรพบว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 สามารถลดเสียงรบกวนจากการจราจรได้ดีกว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1

จากผลการศึกษาการระบายอากาศของหน่วยทดลองช่องเปิด พบว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1 มีค่าอัตราส่วนร้อยละความเร็วลมสูงสุดที่ร้อยละ 40.50 ที่ความเร็วลมตั้งต้น 1.5 เมตรต่อวินาที สำหรับหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ที่ความเร็วลมตั้งต้น 1.5 เมตรต่อวินาทีเช่นกัน มีค่าอัตราส่วนร้อยละความเร็วลมที่ร้อยละ 67.08 ขณะที่ความเร็วลมตั้งต้น 2.5 เมตรต่อวินาที มีค่าอัตราส่วนร้อยละความเร็วลมสูงสุดที่ร้อยละ 71.85 แสดงว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 มีการระบายอากาศที่ดีกว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1

ดังนั้นผลจากการวิเคราะห์ พบว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ให้ทั้งผลการลดเสียงรบกวนและผลการระบายอากาศที่ดีกว่าหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 1

หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 มีรูปแบบดังรูปที่ 7.1

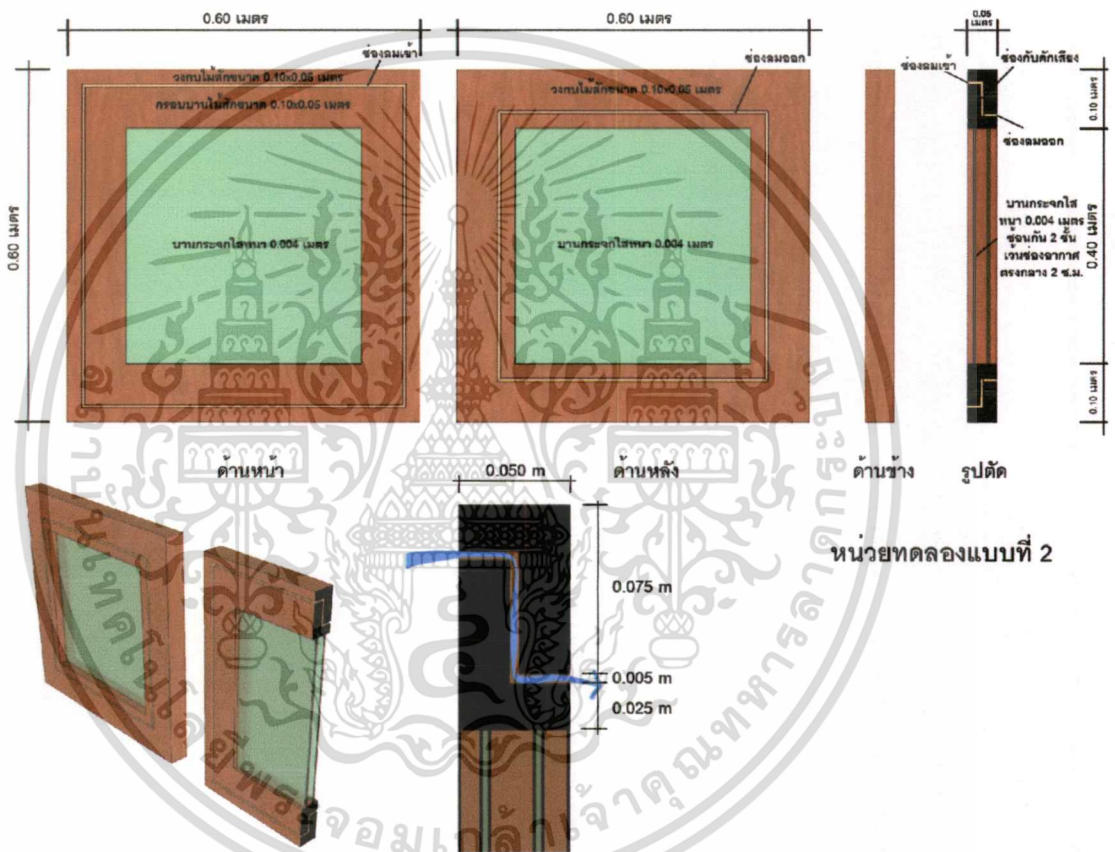
1. มีขนาดหน่วยทดลองช่องเปิดความกว้าง 0.60 เมตร ยาว 0.60 เมตร และหนา 0.05 เมตร
2. มีขนาดหน้าต่างไม้ของกรอบบานและกรอบวงกบ ความกว้าง 0.050 เมตร ความยาว 0.075 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บานกระจกใสหนา 0.004 เมตร ซ้อนกันสองชั้นเว้นช่องอากาศตรงกลางระยะ 0.020 เมตร ติดตั้งที่ช่องว่างกลางกรอบบานไม้สัก ขาแนวด้วยซิลิโคนทั้งด้านหน้าและด้านหลังตามแนวรอยต่อไม้กับแผ่นกระจก

4. ช่องลมเข้า มีขนาดความกว้าง 0.005 เมตร คิดเป็นขนาดพื้นที่ช่องลมเข้าโดยรอบหน้าต่าง 0.011 ตารางเมตร และมีตำแหน่งรับลมอยู่ที่ด้านหน้าช่องเปิด

5. ช่องกั้นค้ำเสียง มีขนาดความกว้าง 0.005 เมตร มีความยาว 0.050 เมตร เป็นช่องว่างระหว่างกรอบบานกับกรอบวงกบของหน่วยทดลองช่องเปิด



รูปที่ 7.1 รูปแบบหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2

ผลการศึกษารวดค้ำเสียงและการระบายอากาศของหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 เป็นไปตามตารางที่ 7.1 และรูปที่ 7.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.1 ผลการศึกษาของหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2

ประเภทหน่วยทดลอง	หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2					
ช่วงความถี่เสียง (เฮิรตซ์)	125	250	500	1000	2000	4000
ค่าเสียงรบกวนที่แท้จริง (เดซิเบลเอ)	27.6	49.12	49.99	55.02	66.09	67.29
ค่าการลดเสียง (เดซิเบลเอ)	17.57	13.33	12.51	13.08	6.93	12.12
ค่าเกณฑ์เสียง	NR71					
ประเภทหน่วยทดลอง	หน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2					
ความเร็วลมดัดกัน (เมตรต่อวินาที)	1.5	2	2.5	3		
ความเร็วลมออกคิดตั้งท่ามุม 45 องศา	1.01	1.29	1.6	1.91		
ค่าอัตราส่วนค่าความเร็วลม (ร้อยละ)	67.33	64.5	63.95	63.63		
ความเร็วลมออกคิดตั้งท่ามุม 90 องศา	1.01	1.4	1.8	2.15		
ค่าอัตราส่วนค่าความเร็วลม (ร้อยละ)	67.08	70.13	71.85	71.75		

วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการเพิ่มความสามารถในการลดเสียงรบกวนของหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ทำได้โดยการนำเอาวัสดุที่มีสมบัติในการดูดกลืนเสียงที่ดีมาใช้ดูดกลืนเสียงที่ผ่านเข้ามาทางช่องลม ตัวอย่างเช่น การนำเอาพรมสักหลาดซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงสูงกว่าไม้ตามตารางที่ 7.2 มาติดตั้งไว้ภายในช่องกับดักเสียงซึ่งเดิมมีขนาดความกว้างของช่องกับดักเสียง 0.005 เมตร ขนาดความยาว 0.050 เมตร กำหนดให้แนวเส้นเสียงสมมุติท่ามุมตกกระทบ 45 องศา จะได้ผลการลดเสียงโดยทำการคำนวณจากสมการที่ 3.1 พบว่าหน่วยทดลองช่องเปิดที่ติดตั้งพรมสักหลาด ตามตารางที่ 7.2 (ช่องลมรูปแบบที่ 2) สามารถลดเสียงรบกวนได้มากกว่าหน่วยทดลองช่องเปิดเดิมที่ทำจากไม้ (ช่องลมรูปแบบที่ 1) ตามตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.2 ตัวอย่างวัสดุดูดกลืนเสียงและค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุ (ปริษญา รังสิริรักษ์, การควบคุมเสียงภายในอาคาร, พ.ศ.2541, ภาคผนวกที่ 4)

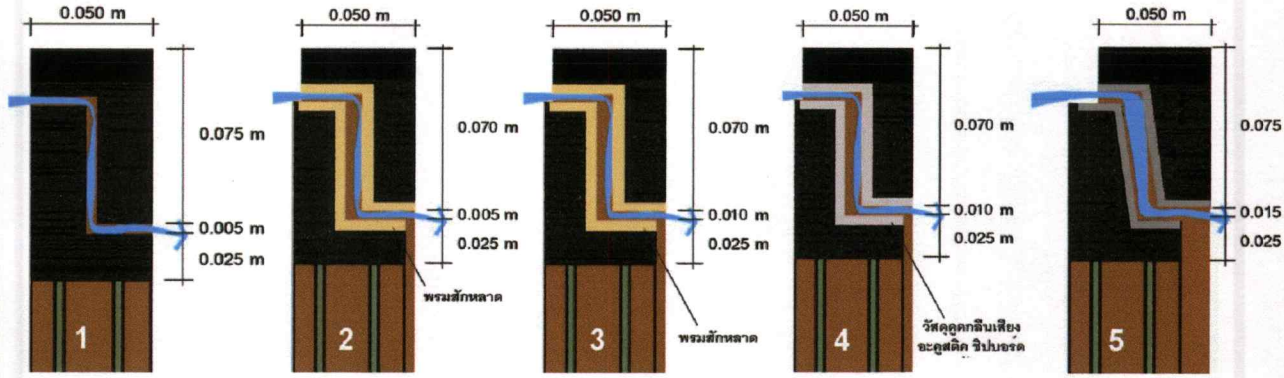
ช่วงความถี่ (เฮิรตซ์)	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุ		
	ไม้สักแผ่นเรียบ	พรมสักหลาด	อะคูสติคชิปบอร์ด
125	0.04	0.05	0.04
250	0.04	0.05	0.05
500	0.06	0.04	0.14
1000	0.10	0.13	0.30
2000	0.18	0.24	0.93
4000	0.28	0.32	0.47

สำหรับการเพิ่มความสามารถในการระบายอากาศของหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ทำได้ โดยการเพิ่มระยะห่างระหว่างกรอบบานกับกรอบวงกบ ซึ่งเป็นผลให้เสียงรบกวนเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกใช้วัสดุดูดกลืนเสียงที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงที่ดีนำมาติดตั้งภายใน ช่องกับดักเสียง ตัวอย่างเช่น การนำเอาแผ่นอะคูสติกชิปบอร์ดซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง สูงกว่าพรมสักหลาดตามตารางที่ 7.2 มาติดตั้งไว้ภายในช่องกับดักเสียงซึ่งมีขนาดความกว้าง 0.010 เมตรซึ่งกว้างกว่าช่องเดิม และมีขนาดความยาว 0.050 เมตร กำหนดให้แนวเส้นเสียงสมมุติทำมุม ตกกระทบ 45 องศา จะได้ผลการลดเสียงโดยทำการคำนวณจากสมการที่ 3.1 พบว่าหน่วยทดลอง ช่องเปิดที่ติดตั้งแผ่นอะคูสติกชิปบอร์ดไว้ภายในช่องลมและช่องกับดักเสียงที่มีขนาดความกว้าง 0.010 เมตร ตามตารางที่ 7.2 (ช่องลมรูปแบบที่ 4) สามารถลดเสียงรบกวนที่ความถี่ 2000 เฮิร์ตซ์ได้ มากกว่า ช่องลมรูปแบบที่ 1, ช่องลมรูปแบบที่ 2, ช่องลมรูปแบบที่ 3, และมีการระบายอากาศที่ดีกว่า ช่องลมรูปแบบที่ 1, ช่องลมรูปแบบที่ 2

ถ้าต้องการการระบายอากาศที่เพิ่มมากขึ้นอีกก็สามารถทำได้โดยการเพิ่มขนาดความกว้าง ของช่องว่างระหว่างกรอบบานกับกรอบวงกบของหน่วยทดลองช่องเปิดเป็น 0.015 เมตร และทำการปรับลักษณะของช่องลมให้ลาดเอียงรับกับแนวการเคลื่อนที่ของลม เพื่อให้ลมเคลื่อนที่ผ่านช่อง ลมได้สะดวกขึ้น เลือกใช้แผ่นอะคูสติกชิปบอร์ดติดตั้งไว้ภายในช่องกับดักเสียง กำหนดให้แนว เส้นเสียงสมมุติทำมุมตกกระทบ 45 องศา จะได้ผลการลดเสียงโดยทำการคำนวณจากสมการที่ 3.1 พบว่าหน่วยทดลองช่องเปิดที่ติดตั้งแผ่นอะคูสติกชิปบอร์ดไว้ภายในช่องกับดักเสียงที่มีขนาดความ กว้าง 0.015 เมตร ตามตารางที่ 7.3 (ช่องเปิดรูปแบบที่ 5) สามารถลดเสียงรบกวนที่ความถี่ 2000 เฮิร์ตซ์ได้มากกว่า ช่องลมรูปแบบที่ 1, ช่องลมรูปแบบที่ 2, ช่องลมรูปแบบที่ 3 และมีการระบาย อากาศที่ดีกว่า ช่องลมรูปแบบที่ 1, ช่องลมรูปแบบที่ 2, ช่องลมรูปแบบที่ 3, ช่องลมรูปแบบที่ 4

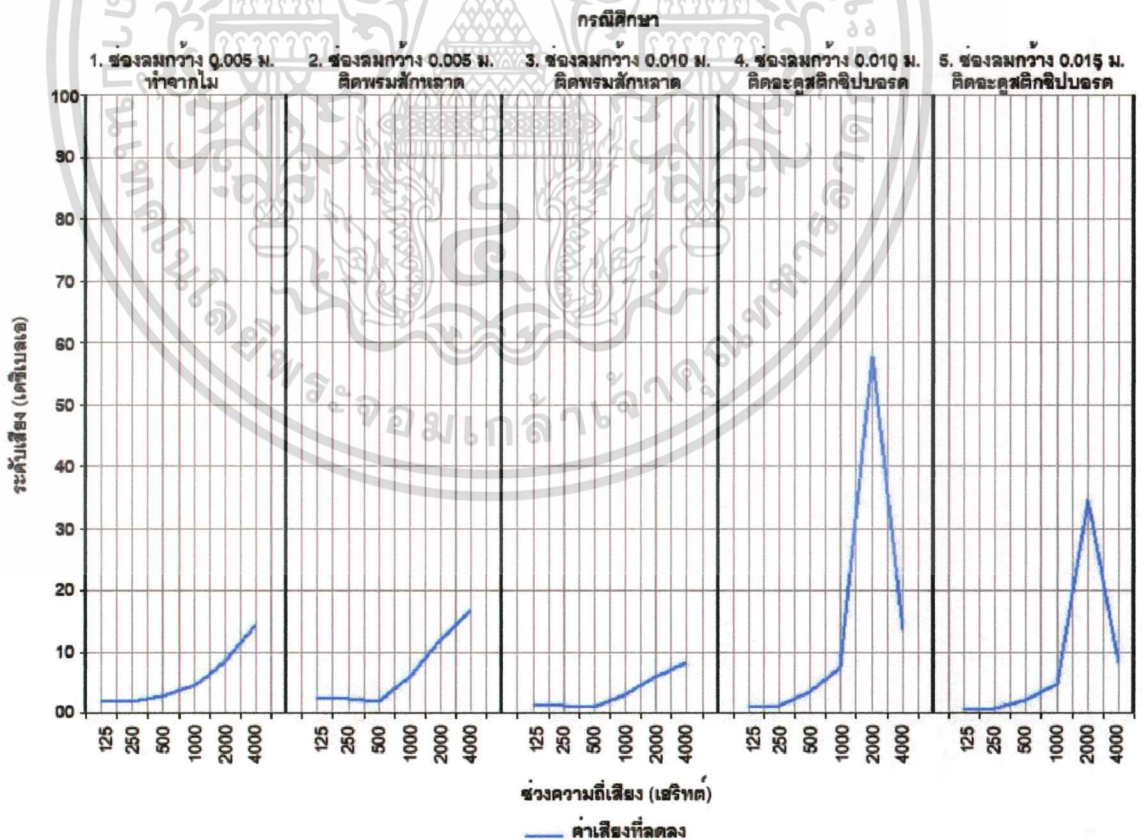
ตารางที่ 7.3 ตัวอย่างค่าเสียงที่ลดลงของช่องเปิดจากการคำนวณทางทฤษฎี

ช่วงความถี่ (เฮิร์ตซ์)	ค่าเสียงที่ลดลง (เดซิเบลเอ)				
	รูปแบบที่ 1 ช่องลม ขนาดกว้าง 0.005 ม. ทำจากไม้	รูปแบบที่ 2 ช่องลม ขนาดกว้าง 0.005 ม. ติดพรมสักหลาด	รูปแบบที่ 3 ช่องลม ขนาดกว้าง 0.010 ม. ติดพรมสักหลาด	รูปแบบที่ 4 ช่องลม ขนาดกว้าง 0.010 ม. ติดอะคูสติกชิปบอร์ด	รูปแบบที่ 5 ช่องลม ขนาดกว้าง 0.015 ม. ติดอะคูสติกชิปบอร์ด
125	1.77	2.23	1.11	0.89	0.53
250	1.77	2.23	1.11	1.11	0.67
500	2.69	1.77	0.89	3.28	1.97
1000	4.58	6.05	3.02	7.75	4.65
2000	8.62	11.92	5.96	57.75	34.65
4000	14.27	16.75	8.37	13.79	8.27



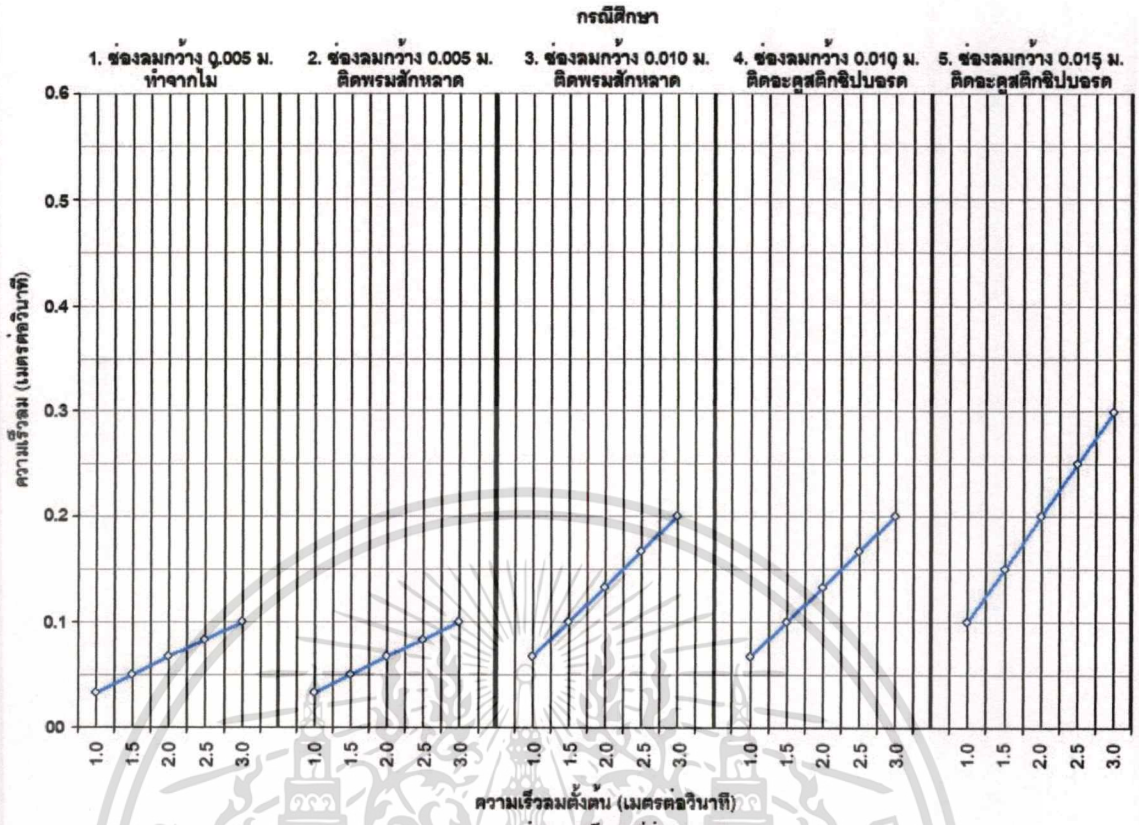
รูปที่ 7.3 รูปแบบของช่องลมจำนวน 5 แบบที่ทำการศึกษาเพิ่มเติมด้วยการคำนวณทางทฤษฎีเพื่อเพิ่มค่าการลดเสียงและเพิ่มค่าการระบายอากาศให้กับหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2

จากรูปที่ 7.4 และรูปที่ 7.5 เมื่อเปรียบเทียบการลดเสียงและการระบายอากาศของช่องลมทั้งห้ารูปแบบแล้ว พบว่าช่องลมรูปแบบที่ 5 ให้ผลการระบายอากาศดีที่สุด ขณะที่ช่องลมแบบที่ 4 ลดเสียงได้ดีที่สุดที่ความถี่ 2000 เฮิร์ตซ์ อย่างไรก็ตามช่องลมทั้งห้ารูปแบบก็ยังไม่สามารถลดเสียงรบกวนจากการจราจรให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับการพักอาศัยได้



รูปที่ 7.4 เปรียบเทียบค่าเสียงที่ลดลงของช่องลมรูปแบบที่ 1 ถึงช่องลมรูปแบบที่ 5

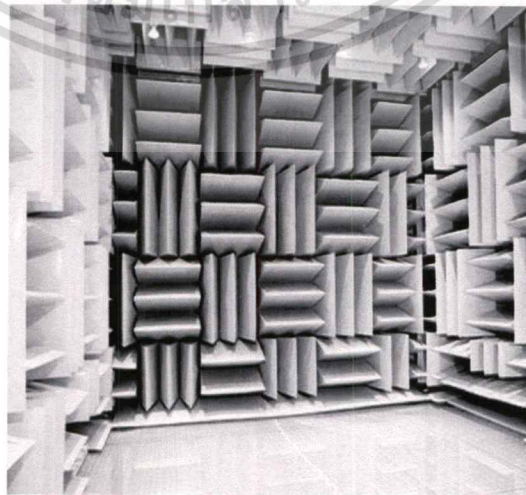
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



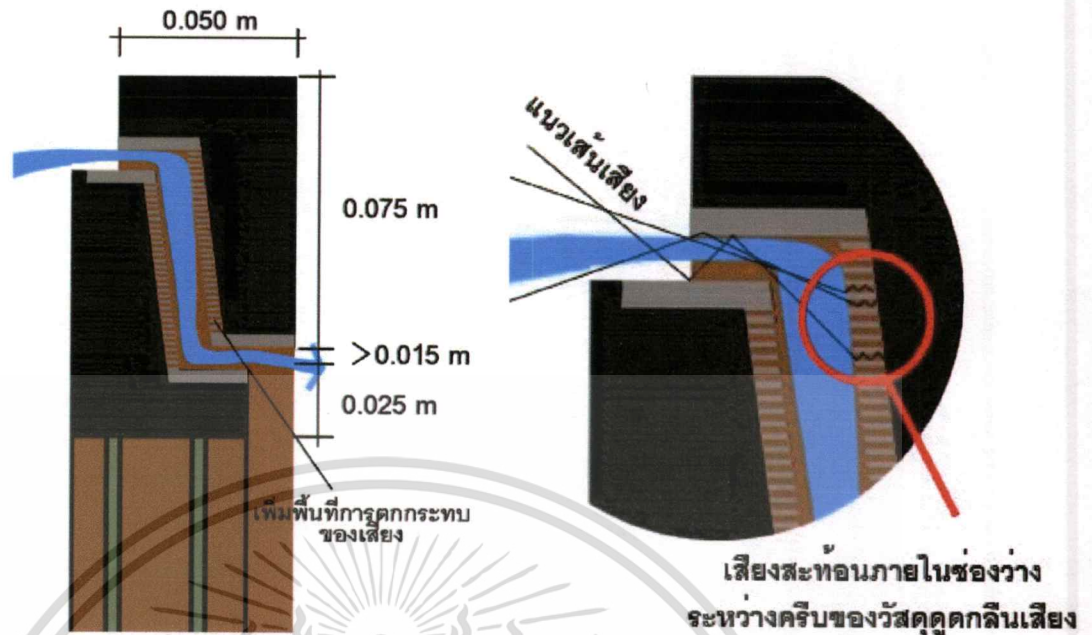
รูปที่ 7.5 เปรียบเทียบค่าการระบายอากาศของช่องลมรูปแบบที่ 1 ถึงช่องลมรูปแบบที่ 5

7.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อเพิ่มความสามารถในการลดเสียงรบกวนในทุกๆ ช่วงความถี่เสียง ผู้วิจัยจึงนำเอารูปแบบของกับดักเสียงที่ใช้กับผนังห้องทดลองทางเสียงตามรูปที่ 7.6 มาประยุกต์ใช้กับช่องกับดักเสียงของหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ตามรูปที่ 7.7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 7.6 รูปแบบกับดักเสียงของผนังห้องทดลองทางเสียง ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



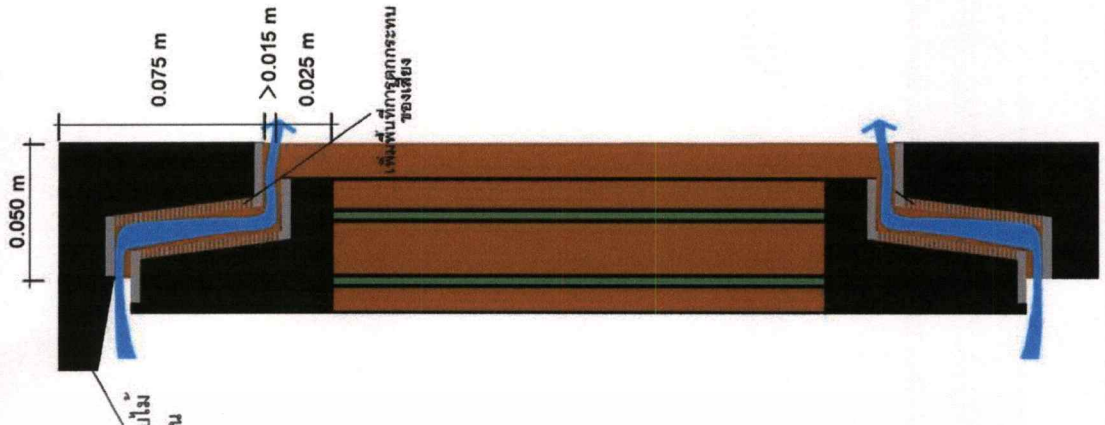
รูปที่ 7.7 รูปแบบของช่องกับดักเสียงที่ทำการเสนอแนะ

ดังนั้นช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวนจึงควรมีรูปแบบดังรูปที่ 7.8 ข้อ 1 ถึงข้อ 3 ตามรูปแบบเดิม ข้อ 4 ถึงข้อ 5 เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในส่วนช่องกับดักเสียงดังรูปที่ 7.7

1. มีขนาดหน่วยทดลองช่องเปิดความกว้าง 0.60 เมตร ยาว 0.60 เมตร และหนา 0.05 เมตร
2. มีขนาดหน้าตัดไม้ของตัวบานและวงกบ กว้าง 0.050 เมตร ยาว 0.075 เมตร
3. บานกระจกใสหนา 0.004 เมตร ซ้อนกันสองชั้นเว้นช่องอากาศตรงกลางระยะ 0.020 เมตร ติดตั้งที่ช่องว่างกลางกรอบบานไม้สัก ขาแนวด้วยซิลิโคนทั้งด้านหน้าและด้านหลังตามแนวรอยต่อไม้กับแผ่นกระจก

4. ช่องลม มีขนาดความกว้าง 0.015 เมตร คิดเป็นขนาดพื้นที่ช่องลมเข้าโดยรอบช่องเปิด 0.036 ตารางเมตร และมีตำแหน่งรับลมอยู่ที่ด้านหน้าช่องเปิด มีความลาดเอียงรับกับแนวการเคลื่อนที่ของลม

5. ช่องกับดักเสียง มีขนาดความกว้าง 0.015 เมตร มีความยาว 0.050 เมตร มีตำแหน่งอยู่ระหว่างกรอบบานกับกรอบวงกบของช่องเปิด ภายในช่องกับดักเสียงที่ ทำการติดตั้งวัสดุดูดกลืนเสียงที่มีลักษณะเดียวกับกับดักเสียงที่ผนังห้องทดลองทางเสียง



ส่วนหนึ่งของวงกบไม้ยื่นออกมาทั้งสี่ด้าน



๒๗๓ 09'0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้ง **รูปที่ 7.8** รูปแบบช่องช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวนที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ใช้

ทางผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ในครั้งต่อไป ดังนี้

1. การศึกษาเรื่องช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวนในครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเชิงปริมาณของค่าการลดเสียงรบกวนและค่าความเร็วลมผ่านช่องเปิดเท่านั้น สำหรับคุณลักษณะในด้านอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับช่องเปิดนี้ ตัวอย่างเช่น วิธีการติดตั้งในเชิงช่างทางสถาปัตยกรรม ปริมาณแสงสว่าง ควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมในครั้งต่อไป

2. ส่วนประกอบสำคัญของช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงรบกวนได้แก่ ช่องลมและช่องกับดีกเสียงซึ่งเป็นทางผ่านของลมและเสียงรบกวนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร ดังนั้นช่องเปิดเพื่อการควบคุมเสียงจะมีประสิทธิภาพที่ดีหรือไม่ดี จึงขึ้นอยู่กับการออกแบบช่องลมให้มีการเคลื่อนที่ของลมได้อย่างสะดวก และช่องกับดีกเสียงให้สามารถดูดกลืนและเก็บกักเสียงได้ดี

3. การนำวัสดุดูดกลืนเสียงมาประกอบภายในช่องกับดีกเสียงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มค่าการลดเสียงให้กับช่องเปิด

4. การเพิ่มขนาดของช่องลมและการปรับรูปแบบของช่องลมให้มีความลาดเอียงรับกับแนวกระแสลมเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มการระบายอากาศให้กับช่องเปิด

5. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนรูปแบบการนำไปใช้งานจริงและวิธีการติดตั้งหน่วยทดลองช่องเปิดแบบที่ 2 ในการศึกษาครั้งต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ปรัชญา รังสิริรักษ์. 2541. การควบคุมเสียงภายในอาคาร. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุธีระ ประเสริฐสรรพ. 2525. เสียงและการควบคุมเสียงแวดล้อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2546. คู่มือการตรวจวัดระดับเสียงโดยทั่วไป. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กฤติกา เลิศสวัสดิ์. 2549. เอกสารประกอบการบรรยาย วิชามลพิษทางเสียงและความสั่นสะเทือน. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ฉัตรชัย นิมมล. 2548. ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ. สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- เฉลิมวัฒน์ ดันตสวัสดิ์, คารณิ จาริมิตร, เอนก สุวรรณชัยสกุล และ ฐิติพร นาคลดดา, การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ : การประเมินและออกแบบบ้านพักอาศัยในประเทศไทย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3, 23-25 พฤษภาคม 2550
- สมสิทธิ์ นิตยะ. 2541. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Steven V. Szokolay. 2004. *Introduction to Architectural Science The Basis of Sustainable design*. Burlington : Elsevier.
- Bruel & Kjaer. 1978. *Acoustic Measurements According to ISO Standard and Recommendations*. ISO140 Part V : Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and Facades.
- Givoni Baruch. 1994. *Passive and Low Energy Cooling of Buildings*. New York : John Wiley & Sons Inc.
- Givoni Baruch. 1998. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York : Van Nostrand Reinhold,
- Nick Baker and Koen Steemers. 2000. *Energy and Environment in Architecture*. London : the Taylor & Francis Group.
- A K Athienitis and M Santamouris. 2002 *Thermal Analysis and Design of Passive Solar Buildings*. London : James & James.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- P.H. Parkin, H.R. Humphreys and J.R. Cowell. 1979. **Acoustics Noise and Buildings**. London :
Faber and Faber.
- Peter Rich and Yvonne Dean. 1999. **Principles of Element Design**. London: A division of Reed
Education and Professional Publishing Ltd.
- H E Beckett and J A Godfrey. 1974. **Windows Performance Design and Installation**.
New York : Van Nostrand Reinhold.
- Randall McMullan. 2000. **Environmental Science in Building**. Wales : Creative Print &
Design.
- Matthias Haase and Alex Amato, Ventilated façade design in hot humid climate, Dept of
Architecture, The University of Hong Kong, PLEA2006- The 23rd Conference on Passive
and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006.
- Che-Ming Chiang, Nien-Tsu Chen, Po-Cheng Chou, Yen-Yi Li and I-Ching Lien. 2003.
A Study on the Influence of Horizontal Louvers on Natural Ventilation in a Dwelling
Unit, Dept of Architecture, National Cheng Kung University, Taiwan. ROC.
- Rangsiraksa.P. 2006. **Thermal comfort in Bangkok residential buildings**. Thailand, 23rd
International conference on Passive and Low Energy Architecture,

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายพีระพงษ์ นุญรัมย์
วัน/เดือน/ปีเกิด	9 พฤศจิกายน พ.ศ.2520 ที่จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2539 จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสาริตแห่งมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ.2544 จบระดับปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ.2551 จบระดับปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	พ.ศ.2543 สถาปนิกฝึกงาน บริษัท AP'STRACT จำกัด พ.ศ.2545 ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ บริษัท PHOENIX KING จำกัด พ.ศ.2545 ที่ปรึกษาด้านออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากหญ้าแฝก มูลนิธิโครงการหลวง พ.ศ.2548 ที่ปรึกษาด้านออกแบบสถาปัตยกรรม บริษัท COMPLETE DESIGN AND CONSTRUCTION จำกัด พ.ศ.2551 ที่ปรึกษาด้านออกแบบสถาปัตยกรรม บริษัท TYRO PRODUCTION จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้