

การศึกษาประสิทธิภาพการระบายอากาศและการลดเสียง
ของอิฐระบายอากาศ

A STUDY ON VENTILATION AND NOISE REDUCTION
PERFORMANCE OF VENTILATION BRICKS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์อื่น

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-AR-M-002-895

การศึกษาประสิทธิภาพการระบายอากาศและการลดเสียง

ของอิฐระบายอากาศ

A STUDY ON VENTILATION AND NOISE REDUCTION

PERFORMANCE OF VENTILATION BRICKS



วันฉัตร เสมาทอง

WANCHAT SEMATONG

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 87077
วัน,เดือน,ปี..... 30 ส.ค. 2552



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่สถาบันเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้อัดแปลงเนื้อหาและตัดงัดอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารของครั้งที่มีการนำไปใช้
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2551

KMITL-2008-AR-M-002-395

**A STUDY ON VENTILATION AND NOISE REDUCTION
PERFORMANCE OF VENTILATION BRICKS**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ **SCHOOL OF GRADUATE STUDIES** ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ **KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG** ให้นำไปใช้

2008

KMITL-2008-AR-M-002-395



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
COPYRIGHT 2008 ห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาประสิทธิภาพการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศ
A Study on Ventilation and Noise Reduction Performance of Ventilation Bricks

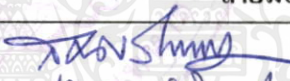


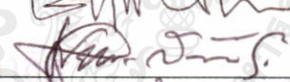
ชื่อนักศึกษา นายวันฉัตร เสมาทอง

รหัสประจำตัว 48062204

ปริญญา สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สถาปัตยกรรมเขตร้อน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ปรีชญา รังสิรักษ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์	
รศ.ดร.ปรีชญา รังสิรักษ์	
ผศ.ชัยยุทธ ศรีเผด็จ	
ดร.กฤษกรณก สุทัศน์ ณ อยุธยา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 27 พฤษภาคม 2551 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.รวีวรรณ ชินะตระกูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า โดยผู้ยืมเอกสารนี้จะต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาประสิทธิภาพการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศ
นักศึกษา	นายวันฉัตร เสมาทอง
รหัสนักศึกษา	48062204
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ปรีชญา รังสิรักษ์

บทคัดย่อ

กรุงเทพมหานครเป็นเมืองใหญ่ที่มีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและมลพิษทางเสียง ซึ่งเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการอยู่อาศัยที่มีการนำเครื่องปรับอากาศเข้ามาแก้ไขปัญห โดยในบางครั้งก็เป็นการใช้เพียงเพื่อป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอกเท่านั้น การแก้ไขด้วยวิธีนี้ ไม่ใช่ทางออกที่ดีที่สุด เพราะเครื่องปรับอากาศก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง และยังสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมากอีกด้วย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเป็นการศึกษาและนำเสนอข้อมูลการใช้วิถีธรรมชาติในการระบายอากาศและการลดมลภาวะทางเสียง โดยศึกษาประสิทธิภาพของอิฐระบายอากาศ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาด และมีหลากหลายรูปแบบ จากการสำรวจตลาดอุปกรณ์ก่อสร้างในกรุงเทพมหานคร มีอิฐระบายอากาศจำหน่ายอยู่ 10 รูปแบบ เมื่อนำมาทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในเรื่องการระบายอากาศ โดยนำอิฐระบายอากาศมาทดสอบในอุโมงค์ลมที่มีความเร็วลมแตกต่างกัน 4 ระดับ และในเรื่องประสิทธิภาพในการลดเสียง โดยนำอิฐระบายอากาศมาทดสอบด้วยรูปแบบการทดสอบมาตรฐาน ISO 140 part V พบว่าอิฐระบายอากาศที่มีลักษณะเป็นช่องเจาะเล็ก ๆ หลาย ๆ ช่องนั้นมีความสามารถในการระบายอากาศดีกว่าอิฐระบายอากาศที่มีช่องเจาะใหญ่ ๆ ช่องเดียว และอิฐระบายอากาศที่มีลักษณะของช่องเจาะเหลื่อมกัน มีความสามารถในการลดเสียงได้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A Study on Ventilation and Noise Reduction Performance of Ventilation Bricks
Student	Mr. Wanchat Sematong
Student ID.	48062204
Degree	Master of Architecture
Program	Tropical Architecture
Year	2008
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Preechaya Rangsiraksa

ABSTRACT

Bangkok is a big city with dense population, the increasing air and noise pollutions have become the factors that led to the use of air conditioner in buildings, which, at times, is merely used to block noises from the outside. Air conditioner, however, cannot be the best solution, because the air conditioner itself is the cause of air pollution noise pollution and consume energy.

By focusing on the performance of ventilation bricks, which can be found easily in the market and come with various types, this thesis thus provides a study and information on a natural ventilation system that helps reduce noises. The surveying has found that of all the ten types of ventilation bricks in Bangkok's construction equipment markets. By testing on the performance, ventilation performance test with wind tunnel in 4 level of wind speed, noise reduction performance test with ISO 140 part V method, bricks with several small openings perform better than the ones with a single large opening in terms of ventilation, whereas bricks with split level in and out openings have higher performance in terms of noise reduction.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก รศ.ดร.ปรีชญา รังสิรักษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์, รศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ และ ผศ.ชัยยุทธ ศรีเผด็จ ข้าพเจ้า รู้สึกทราบซึ่งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ทั้งสามท่าน และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณกระทรวงวิทยาศาสตร์ ที่ได้สนับสนุนเรื่องข้อมูล และหนังสือต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำศึกษาวิจัย

ขอขอบคุณภาควิชาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้สนับสนุนเรื่อง เครื่องมือ และสถานที่สำหรับการศึกษาวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในภาควิชาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษาและบัณฑิตวิทยาลัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

วันฉัตร เสมาทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	1
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	4
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	4
1.4 ขอบเขตการวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.6 ขั้นตอนการศึกษา	5
1.7 แผนงานการทำวิทยานิพนธ์	5
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย	7
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเสียง	7
2.1.1 คลื่นเสียง	7
2.1.2 กำลังและความเข้มของเสียง	7
2.1.3 ระดับและเดซิเบล	8
2.1.4 ออกเทปแบนด์	9
2.1.5 เสียงในที่โล่ง	9
2.2 เสียงกับมนุษย์	11
2.2.1 การได้ยินเสียงของมนุษย์	11
2.2.2 ผลกระทบของเสียงต่อมนุษย์	11
2.2.3 ความดังเสียง	13
2.2.4 ระดับเสียงเวกท์	14
2.2.5 เกณฑ์เสียง	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)


	หน้า
2.3 เสียงกับอาคาร	16
2.3.1 ขั้นตอนการส่งผ่านเสียง	16
2.3.2 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง	17
2.3.3 การสูญเสียพลังงานเนื่องจากการส่งผ่านเสียง	17
2.3.4 การสูญเสียพลังงานเนื่องจากการส่งเสียงผ่านผนัง	18
2.3.5 เสียงที่ผ่านรูหรือรอยแยก	18
2.3.6 การบวกรหรือลบเดซิเบล	20
2.3.7 การกรองและการเก็บเสียง	22
2.3.8 การควบคุมเสียงในการระบายอากาศ	23
2.4 วิธีการตรวจวัดเสียง	24
2.4.1 วิธีการตรวจวัดเสียงตามมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ	24
2.4.2 วิธีการตรวจวัดเสียงตามมาตรฐาน ISO 140	25
2.4.3 รูปแบบห้องทดลองมาตรฐาน	25
2.4.4 รูปแบบเสียงมาตรฐานที่ใช้ในการทดลอง	27
2.5 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับเสียงในประเทศไทย	29
2.5.1 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมเสียงในสิ่งแวดล้อม	30
2.6 การระบายอากาศ	31
2.6.1 การไหลเวียนอากาศภายในอาคาร	31
2.6.2 อัตราการไหล	31
2.6.3 อัตราการระบายอากาศใน 1 ชั่วโมง	32
2.7 ตัวอย่างช่องระบายอากาศที่มีจำหน่ายในต่างประเทศ	33
2.7.1 รูปแบบการระบายอากาศบริเวณผนัง	33
2.7.2 ตัวอย่างช่องระบายอากาศในต่างประเทศที่สามารถลดเสียงรบกวนได้	33
บทที่ 3 วิธีการหาประสิทธิภาพของอิฐระบายอากาศ	38
3.1 วิธีการรวบรวมข้อมูลของอิฐระบายอากาศ	38
3.1.1 ข้อมูลพื้นฐานของอิฐระบายอากาศ	38
3.1.1.1 รวบรวมอิฐระบายอากาศระบายอากาศ	38
3.1.1.2 ข้อมูลเบื้องต้นของอิฐระบายอากาศ	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.2 วิธีการทดลองเรื่องการระบายอากาศเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศ	40
3.1.2.1 เตรียมการทดลองเรื่องการระบายอากาศ	40
3.1.2.2 วิธีการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศ	42
3.1.2.3 บันทึกผลการทดลองเรื่องการระบายอากาศ	43
3.1.3 วิธีการทดลองเรื่องเสียงเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดเสียง	44
3.1.3.1 เตรียมการทดลองเรื่องเสียง	44
3.1.3.2 วิธีการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดเสียง	47
3.1.3.3 บันทึกผลการทดลองเรื่องเสียง	49
3.2 วิธีการวิเคราะห์ผลการทดลอง	49
3.2.1 การวิเคราะห์ผลเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศ	50
3.2.1.1 ความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศ	50
3.2.1.2 อัตราการไหลของการระบายอากาศ	50
3.2.2 การวิเคราะห์ผลเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดเสียง	50
3.2.2.1 ระดับความดันเสียงสุทธิ	50
3.2.2.2 ดัชนีการลดเสียง (Sound Reduction Index)	51
3.2.2.3 ประสิทธิภาพในการลดเสียง เมื่อเทียบกับช่องปิดทึบ และช่องเปิดโล่ง	51
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองของอิฐระบายอากาศ	52
4.1 การเก็บข้อมูลและผลการทดลองของอิฐระบายอากาศ	52
4.1.1 ข้อมูลพื้นฐานของอิฐระบายอากาศ	52
4.1.2 ผลการทดลองเรื่องการระบายอากาศเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศ	56
4.1.3 ผลการทดลองเรื่องเสียงเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดเสียง	60
4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียง	67
4.2.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศ	67
4.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดเสียง	70

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง ผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	82
5.1 สรุปผลการทดลองเรื่องประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียง ของอิฐระบายอากาศ	82
5.2 สรุปผลการศึกษา	96
5.3 ข้อเสนอแนะ	97
5.3.1 ข้อเสนอแนะด้านการทดลอง	97
5.3.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป	98
บรรณานุกรม	100
ภาคผนวก	101
ประวัติผู้เขียน	110



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนงานการทำวิทยานิพนธ์	6
2.1 แสดงประสิทธิภาพของ Rytons 125mm Acoustic Air Core (AAC5)	34
2.2 แสดงประสิทธิภาพของ Rytons 125mm Acoustic High Rise Air Core (AAH5)	35
2.3 แสดงประสิทธิภาพในการลดเสียงของ Silence air	36
2.4 แสดงประสิทธิภาพในการระบายอากาศของ Silence air	37
3.1 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองเรื่องการระบายอากาศ	43
3.2 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองเรื่องเสียง	49
3.3 ตัวอย่างตารางสำหรับใช้ในการวิเคราะห์เรื่องเสียง	49
4.1 ข้อมูลพื้นฐานของอิฐระบายอากาศ	53
4.2 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของคอนกรีตบล็อก	55
4.3 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของอิฐระบายอากาศ	55
4.4 ผลการทดลองเรื่องการระบายอากาศ เมื่อก่อช่องทดลองทำมุม 90° กับทิศทางลม	57
4.5 ผลการทดลองเรื่องการระบายอากาศ เมื่อก่อช่องทดลองทำมุม 45° กับทิศทางลม	59
4.6 ตรวจสอบระดับความดันเสียงภายนอก	61
4.7 ตรวจสอบระดับความดันเสียงภายใน ขณะปิดช่องทดสอบ เปิดช่องทดสอบ	62
4.8 ตรวจสอบระดับความดันเสียงภายใน เมื่อใส่อิฐระบายอากาศแบบต่าง ๆ	64
4.9 แสดงการวิเคราะห์เรื่องความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศและอัตราการใช้ เมื่อก่อช่องทดลองทำมุม 90° และ 45° กับทิศทางลม	68
4.10 ระดับความดันเสียงสุทธิภายนอก	71
4.11 ระดับเสียงสุทธิภายในขณะปิดช่องทดสอบและเปิดช่องทดสอบ	71
4.12 ระดับเสียงสุทธิภายใน	72
4.13 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุภายในห้อง	74
4.14 ผลรวมการดูดกลืนเสียงของห้องทดลอง	74
4.15 ค่าปรับแก้ในสมการดัชนีการลดเสียง	74
4.16 ดัชนีการลดเสียง (Sound Reduction Index) ของอิฐระบายอากาศก้อนที่ 1,4,5,6 และ 8	75
4.17 ดัชนีการลดเสียง (Sound Reduction Index) ของอิฐระบายอากาศก้อนที่ 2,3,7,9 และ 10	76
4.18 ประสิทธิภาพในการลดเสียง เมื่อเทียบกับช่องปิดทึบ และช่องเปิดโล่ง	77
4.19 ดัชนีการลดเสียงของอิฐระบายอากาศ	79

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.30 ความสามารถในการระบายอากาศของอิฐระบายอากาศแบบที่ 8	91
5.31 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 8	91
5.32 ดัชนีการดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 8	91
5.33 ข้อมูลพื้นฐานอิฐระบายอากาศแบบที่ 9	92
5.34 ความสามารถในการระบายอากาศของอิฐระบายอากาศแบบที่ 9	92
5.35 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 9	92
5.36 ดัชนีการดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 9	92
5.37 ข้อมูลพื้นฐานอิฐระบายอากาศแบบที่ 10	93
5.38 ความสามารถในการระบายอากาศของอิฐระบายอากาศแบบที่ 10	93
5.39 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 10	93
5.40 ดัชนีการดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 10	93
ผ.1 ผลการทดสอบเสียงแบคกราวด์ภายนอกห้องทดลองและภายในห้องทดลอง	102
ผ.2 ผลการทดสอบเสียงแบคกราวด์ภายในห้องทดลอง	103
ผ.3 ผลการทดสอบเสียงแบคกราวด์ภายในห้องทดลองของอิฐระบายอากาศ	104
ผ.4 ผลการทดสอบเมื่อเปิดเสียงลำโพง ภายนอกห้องทดลองและภายในห้องทดลอง	106
ผ.5 ผลการทดสอบเมื่อเปิดเสียงลำโพงภายในห้องทดลอง	107
ผ.6 ผลการทดสอบเมื่อเปิดเสียงลำโพงภายในห้องทดลองของอิฐระบายอากาศ	108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ระดับความดันเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของกรุงเทพมหานคร ปี 2543	2
1.2 ระดับความดันเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ปี 2546	2
1.3 ระดับความดันเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง บริเวณริมถนนของกรุงเทพมหานครและ ปริมณฑลในปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2546	3
2.1 ผลกระทบจากลมต่อสนามเสียง	10
2.2 ผลกระทบจากอุณหภูมิต่อสนามเสียงในเวลากลางวัน	10
2.3 ผลกระทบจากอุณหภูมิต่อสนามเสียงในเวลากลางคืน	11
2.4 ความสูญเสียประสิทธิภาพทางการได้ยินเนื่องมาจากอายุ	11
2.5 ขอบเขตความสามารถในการได้ยินของมนุษย์	12
2.6 Equal Loudness Contour	13
2.7 Weighted sound level	14
2.8 เกณฑ์เสียง Noise Criteria ; NC	15
2.9 เกณฑ์เสียงที่พึงพอใจ Preferred Noise Criteria ; PNC	15
2.10 Noise Rating Curves	16
2.11 ขั้นตอนการส่งผ่านเสียง	16
2.12 การสูญเสียพลังงานเนื่องจากการส่งผ่านเสียง	18
2.13 การสูญเสียการส่งผ่านของผนังที่มีรูขนาดต่างกัน	20
2.14 แผนภาพสำหรับการบวกเดซิเบล	22
2.15 แผนภาพสำหรับการลบเดซิเบล	22
2.16 ตัวอย่างการควบคุมเสียงในการระบายอากาศ	23
2.17 การวัดระดับเสียงภายนอกอาคาร	24
2.18 การวัดระดับเสียงภายในอาคาร	24
2.19 ห้องไร้เสียงสะท้อน (Anechoic Chamber)	26
2.20 ห้องสะท้อนเสียง (Reverberant Chamber)	26
2.21 ห้องกึ่งไร้เสียงสะท้อน (Semi – Anechoic Chamber)	27
2.22 รูปแบบความถี่เสียง White noise	27
2.23 รูปแบบความถี่เสียง Pink noise	28
2.24 รูปแบบความถี่เสียง Brown noise หรือ Red noise	28
2.25 รูปแบบความถี่เสียง Blue noise	28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.26 รูปแบบความถี่เสียง Purple noise	29
2.27 รูปแบบความถี่เสียง Grey noise	29
2.28 ตัวอย่างอิฐระบายอากาศ	33
2.29 Rytons 125mm Acoustic Air Core (AAC5)	34
2.30 Rytons 125mm Acoustic High Rise Air Core (AAH5)	35
2.31 Silence air	36
3.1 รูปแบบของกล่องทดลอง	40
3.2 พัฒนากล่องควบคุมความเร็วพัดลม และการตั้งค่าความเร็วของพัดลมเพื่อใช้ในการทดลอง	41
3.3 รูปภาพแสดงเครื่องมือตรวจวัดความเร็วลม	41
3.4 รูปแสดงการใช้งานเครื่องมือวัดความเร็วลม	42
3.5 แสดงการใช้เซนเซอร์วัดลม	42
3.6 รูปแบบการทดลองเรื่องประสิทธิภาพในการระบายอากาศโดยลมปะทะทำมุมตั้งฉากกับอิฐระบายอากาศ	42
3.7 รูปแบบการทดลองเรื่องประสิทธิภาพในการระบายอากาศโดยลมปะทะทำมุม 45° กับอิฐระบายอากาศ	43
3.8 รูปภาพแสดงตำแหน่งในการวัดความเร็วลม ทางด้านหลังของกล่อง	43
3.9 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ตรวจวัดเสียง	45
3.10 วิธีการต่ออุปกรณ์ตรวจวัดเสียงเพื่อนำไปใช้งาน	45
3.11 วิธีการเลือกใช้งาน Analyzer Mode ของ Svantek 912 AE	46
3.12 การตั้งค่า Input ของ Svantek 912 AE	46
3.13 การตั้งค่า Function ของ Svantek 912 AE	46
3.14 การตั้งเครื่องกำเนิดเสียง	47
3.15 การติดตั้งเครื่องมือสำหรับการทดสอบเพื่อหาระดับความดันเสียงของลำโพง	47
3.16 ผังแสดงการติดตั้งเครื่องมือในการทดลองเรื่องเสียง	48
3.17 รูปตัดแสดงการติดตั้งเครื่องมือในการทดลองเรื่องเสียง	48
4.1 กราฟรูปแบบของอิฐระบายอากาศที่มีจำหน่ายในกรุงเทพมหานคร ออกสารทศครั้งที่มีการนำไปใช้	52
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการระบายอากาศ	57

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 แผนภาพแสดงความเร็วลมเฉลี่ย เมื่อกล่องทดลองทำมุม 90 องศา กับทิศทางลมของอิฐระบายอากาศ 10 รูปแบบ	58
4.4 แผนภาพแสดงความเร็วลมเฉลี่ย เมื่อกล่องทดลองทำมุม 45 องศา กับทิศทางลมของอิฐระบายอากาศ 10 รูปแบบ	60
4.5 ตรวจสอบระดับความดันเสียงแบบคร่าวๆ และระดับความดันเสียงของลำโพง	60
4.6 ตรวจสอบระดับความดันเสียงภายนอก	61
4.7 ตรวจสอบระดับความดันเสียงแบบคร่าวๆ และระดับความดันเสียงของห้อง (ปิดช่อง,เปิดช่อง)	62
4.8 ตรวจสอบระดับความดันเสียงภายใน ขณะปิดช่องทดสอบและเปิดช่องทดสอบ	63
4.9 ตรวจสอบระดับความดันเสียงแบบคร่าวๆ และระดับความดันเสียงของห้องเมื่อใส่อิฐระบายอากาศแบบต่างๆ	64
4.10 ตรวจสอบระดับความดันเสียงภายใน เมื่อใส่อิฐระบายอากาศแบบต่างๆ	67
4.11 ความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศและอัตราการไหล ที่ความเร็วลมตั้งต้น 1.5 m/s	69
4.12 ความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศและอัตราการไหล ที่ความเร็วลมตั้งต้น 2.0 m/s	69
4.13 ความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศและอัตราการไหล ที่ความเร็วลมตั้งต้น 2.5 m/s	69
4.14 ความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศและอัตราการไหล ที่ความเร็วลมตั้งต้น 3.0 m/s	70
4.15 ดัชนีการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแบบที่ 1,4,5,6 และ 8 ที่ทดลองในช่วงเวลาคาบที่ 1	75
4.16 ดัชนีการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแบบที่ 2,3,7,9 และ 10 ที่ทดลองในช่วงเวลาคาบที่ 2	76
4.17 ดัชนีการลดเสียงของอิฐระบายอากาศทั้ง 10 แบบ	77
4.18 ประสิทธิภาพในการลดเสียงของอิฐระบายอากาศทั้ง 10 แบบ	78
4.19 ดัชนีการลดเสียงรวมของอิฐระบายอากาศทั้ง 10 แบบ	70
5.1 ลักษณะความดันของลมที่ปะทะอิฐระบายอากาศแบบช่องเดียว และช่องตรงหลายช่อง	82

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.2 อีฐระบายอากาศแบบที่ 1	84
5.3 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอีฐระบายอากาศแบบที่ 1	84
5.4 อีฐระบายอากาศแบบที่ 2	85
5.5 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอีฐระบายอากาศแบบที่ 2	85
5.6 อีฐระบายอากาศแบบที่ 3	86
5.7 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอีฐระบายอากาศแบบที่ 3	86
5.8 อีฐระบายอากาศแบบที่ 4	87
5.9 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอีฐระบายอากาศแบบที่ 4	87
5.10 อีฐระบายอากาศแบบที่ 5	88
5.11 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอีฐระบายอากาศแบบที่ 5	88
5.12 อีฐระบายอากาศแบบที่ 6	89
5.13 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอีฐระบายอากาศแบบที่ 6	89
5.14 อีฐระบายอากาศแบบที่ 7	90
5.15 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอีฐระบายอากาศแบบที่ 7	90
5.16 อีฐระบายอากาศแบบที่ 8	91
5.17 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอีฐระบายอากาศแบบที่ 8	91
5.18 อีฐระบายอากาศแบบที่ 9	92
5.19 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอีฐระบายอากาศแบบที่ 9	92
5.20 อีฐระบายอากาศแบบที่ 10	93
5.21 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอีฐระบายอากาศแบบที่ 10	93
5.22 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอีฐระบายอากาศ ทั้ง 10 แบบ	94
5.23 แผนภาพแสดงความสามารถในการลดเสียงของวัตถุที่ขวางทิศทางเสียงในแนวดิ่ง	95
5.24 แผนภาพแสดงเส้นทางของเสียงที่อ้อมผ่านรั้ว	96
5.25 แผนภาพแสดงแนวทางในการพัฒนารูปแบบอีฐระบายอากาศแบบที่ 9	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

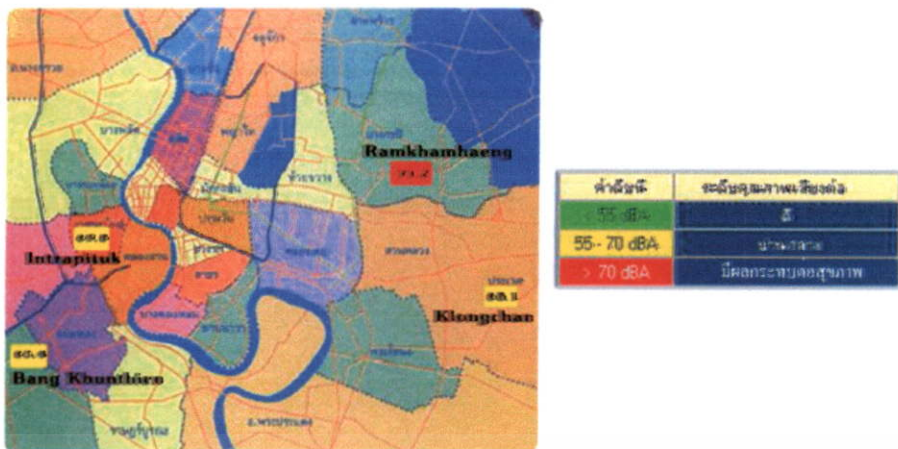
เนื่องจากกรุงเทพมหานครเป็นเมืองใหญ่และเป็นแหล่งงาน จึงมีความแออัดในด้านที่อยู่อาศัย จึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดมลพิษ เช่น มลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง เป็นผลให้รูปแบบของอาคารพักอาศัยเปลี่ยนไป โดยแก้ปัญหามลพิษทางอากาศ ฝุ่นละออง และเสียง ด้วยการใช้อุปกรณ์ปรับอากาศ ซึ่งเป็นวิธีการที่สะดวก ง่าย และได้ผลดีที่สุด สำหรับการใช้อุปกรณ์ปรับอากาศนั้น ห้องดังกล่าวจะต้องทำการปิดเพื่อไม่ให้อากาศภายนอกเข้ามาและอากาศภายในออกไป จึงเป็นการควบคุมเรื่องฝุ่นละอองไม่ให้เข้ามา ในส่วนเรื่องอากาศร้อนนั้น เครื่องปรับอากาศจะใช้สารเคมีมาเหนี่ยวนำเอาความร้อนภายในห้องออกไปภายนอกอาคาร และในเรื่องเสียงนั้น เนื่องจากเป็นห้องปิดจึงสามารถที่จะกันเสียงได้ดี เนื่องจากห้องปรับอากาศจะมีระดับความดันอากาศภายในห้องสูงกว่าภายนอก เสียงจึงส่งผ่านเข้ามาได้เพียงเล็กน้อย เมื่อสังเกตจากการนำเครื่องปรับอากาศเข้ามาแก้ไขนั้น จะเห็นได้ว่าปัญหาเรื่องเสียงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดเพราะถ้าอาคารอยู่ในพื้นที่เสียงไม่ดังซึ่งมักจะมาพร้อมกับมลพิษทางอากาศที่น้อยด้วยนั้น ก็จะสามารถใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติผสมกับการใช้พัดลม ก็สามารถแก้ปัญหามลพิษทางอากาศร้อนภายในอาคารได้ในระดับที่พอเพียง

มลพิษทางเสียงจึงเป็นปัญหาที่สำคัญอันหนึ่งที่ทำให้คนส่วนใหญ่เลือกที่จะใช้ระบบปรับอากาศ ซึ่งจะประสบปัญหาเรื่องเสียงรบกวนน้อยกว่าใช้การระบายอากาศโดยธรรมชาติ แต่การใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวนั้น ย่อมก่อให้เกิดผลเสียตามมาอีกหลายประการ ได้แก่

1. เป็นการเพิ่มความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมโดยรอบอาคารที่ปรับอากาศ ซึ่งส่งผลให้เพิ่มความต้องการในการใช้เครื่องปรับอากาศให้กับอาคารโดยรอบ
2. เพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ให้กับบรรยากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน
3. ก่อให้เกิดมลพิษทางเสียง เนื่องจากเครื่องปรับอากาศ
4. สิ้นเปลืองพลังงาน

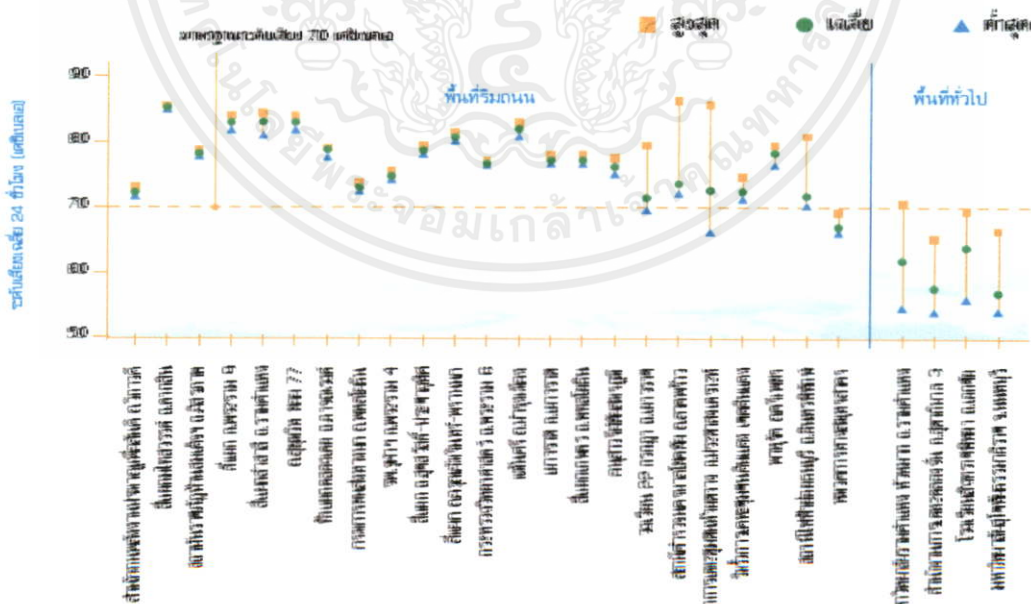
แต่ปัญหาเรื่องเสียงนี้ ถ้าอยู่ในเขตที่มีระดับความดันเสียงสูงเกินกว่า 70 dB จะมีผลกระทบต่อสุขภาพ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) เรื่อง กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



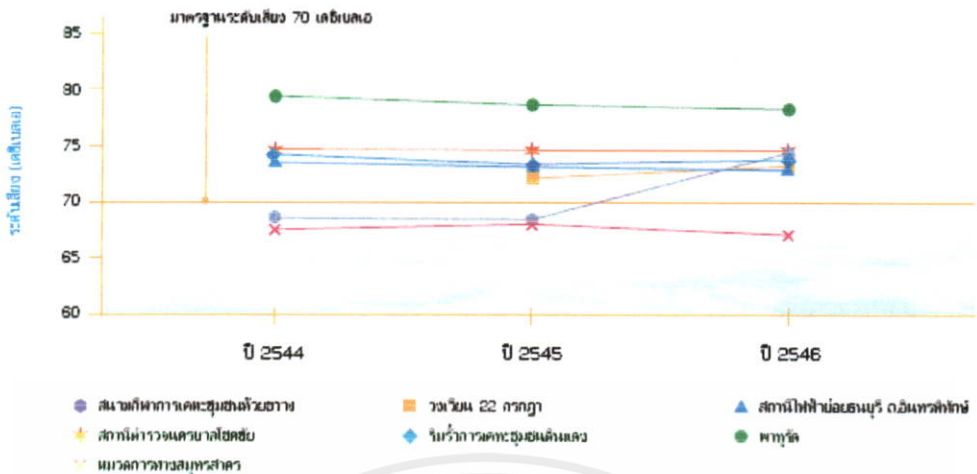
รูปที่ 1.1 ระดับความดันเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของกรุงเทพมหานคร ปี 2543 (ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ)

ระดับความดันเสียงริมถนนในกรุงเทพมหานครนั้นสูงกว่าระดับความดันเสียงมาตรฐานที่คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนดไว้ โดยเฉลี่ยแล้วมีค่า 73 dBA จากรูปที่ 1.1 จากรูปที่ 1.2 และ รูปที่ 1.3 จะสังเกตได้ว่าระดับเสียงริมถนนในกรุงเทพมหานครนั้นมีระดับเสียงเกินมาตรฐานอยู่ร้อยละ 87.8 ถ้าหากต้องการใช้การระบายอากาศในอาคารแบบธรรมชาติ อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพต่อผู้พักอาศัยได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.2 ระดับความดันเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ปี 2546 (ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ)



รูปที่ 1.3 ระดับความดันเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง บริเวณริมถนนของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2546 (ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ)

การใช้เครื่องปรับอากาศเพียงเพื่อแก้ปัญหาเพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่ง เช่น ปัญหาเรื่องเสียงรบกวน แต่ได้ก่อให้เกิดข้อเสียดังกล่าวข้างต้น จึงควรพิจารณาถึงวิธีการระบายอากาศโดยธรรมชาติที่มีการป้องกันเสียงทางช่องเปิดที่ใช้ระบายอากาศ โดยช่องเปิดนั้น ได้แก่ หน้าต่างและช่องระบายอากาศ ในส่วนของหน้าต่างนั้นสามารถเปิดปิดได้ ถ้ามีเสียงรบกวนมากอาจจะทำการปิดหน้าต่างเพื่อกันเสียง และเปิดออกในเวลาที่มีเสียงรบกวนน้อยเพื่อเป็นการระบายอากาศ แต่ในส่วนของช่องระบายอากาศนั้นไม่สามารถปิดช่องนั้นได้ จึงจำเป็นต้องเลือกใช้วัสดุทำช่องระบายอากาศให้มีความสามารถในการลดเสียง ก็จะทำให้ปัญหาเรื่องเสียงรบกวนลดลงไป หรืออาจจะไม่มีปัญหาอีกเลย

ในประเทศไทยมีช่องระบายอากาศมากมายหลายรูปแบบ แต่รูปแบบที่นิยมใช้กัน คือ ช่องระบายอากาศขนาด 20×40 เซนติเมตร ที่มีขนาดเท่ากับคอนกรีตบล็อก ช่องระบายอากาศลักษณะนี้มีลวดลายแตกต่างกันไปหลายรูปแบบ และสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด

โดยช่องระบายอากาศที่เป็นที่นิยมนำมาใช้คือ อีฐระบายอากาศหรืออีฐช่องลม ซึ่งอีฐระบายอากาศในทางต่างประเทศนั้นได้มีการทดสอบในเรื่องประสิทธิภาพในการลดเสียง แล้วนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบอีฐระบายอากาศ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการลดเสียงได้ มาเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว แต่อีฐระบายอากาศของต่างประเทศนั้นเป็นรูปแบบที่ไม่เหมือนกับที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดของประเทศไทย ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบข้อมูลเรื่องประสิทธิภาพในการลดเสียงของอีฐระบายอากาศที่มีจำหน่ายในประเทศไทยกับของต่างประเทศได้ จึงเป็นที่มาในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับช่วยในการตัดสินใจเลือกอีฐระบายอากาศไปใช้งาน หรือเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบอีฐระบายอากาศขึ้นมาใหม่

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพที่แท้จริงของอิฐระบายอากาศที่มีขายอยู่ในท้องตลาด ซึ่งเป็นตัวเลือกแรก ๆ ในการเลือกใช้ ว่าสามารถที่จะช่วยในการลดเสียงและการระบายอากาศได้มากน้อยเพียงใด โดยเก็บเป็นฐานข้อมูลเอาไว้เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการเลือกใช้ อีกทั้งยังสามารถนำเอาไปเป็นฐานข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาอิฐระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพในการลดเสียงและการระบายอากาศสูงขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

อิฐระบายอากาศมีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบออกแบบตามความสวยงามของผู้ผลิต โดยเน้นว่าสามารถระบายอากาศได้ บางแบบมีการออกแบบให้สามารถบังสายตาได้ ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ย่อมมีผลต่อเรื่องเสียง การทดสอบอิฐระบายอากาศครั้งนี้น่าจะได้รับผลที่เกิดความสัมพันธ์กัน ดังนี้

1. ขนาดของช่องระบายอากาศ กับการลดเสียง คือ ช่องที่มีขนาดใหญ่ย่อมส่งผลให้เสียงเข้ามาได้มาก
2. รูปแบบของช่อง กับการลดเสียง คือ ช่องที่มีการออกแบบให้มีแผ่นบังสายตาจะทำให้เสียงที่เข้ามาลดลง
3. ขนาดของช่องระบายอากาศ กับการความเร็วลม คือ ความเร็วของลมยิ่งมากถ้าขนาดของช่องเปิดมีขนาดใหญ่
4. รูปแบบของช่อง กับการความเร็วลม คือ ช่องที่เป็นช่องเดี่ยวขนาดใหญ่จะมีความเร็วลมที่ผ่านได้มากกว่าช่องเล็ก ๆ หลายช่อง แม้จะมีพื้นที่ช่องเปิดรวมแล้วเท่ากัน

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเสนอการทดลองเรื่องประสิทธิภาพในการระบายอากาศและประสิทธิภาพในการลดเสียงของอิฐระบายอากาศรูปแบบต่างๆ ที่มีจำหน่ายอยู่จริงในท้องตลาด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงความเป็นจริงของอิฐระบายอากาศมากที่สุด

ด้านการระบายอากาศจะศึกษาถึงลมที่ผ่านเข้ามาในอาคารได้กับความเร็วลมภายนอกหลาย ๆ ระดับ ตั้งแต่ 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 เมตรต่อวินาที กับมุมที่ลมมาปะทะ 45 และ 90 องศา ซึ่งด้านการคำนวณการลดเสียงจะศึกษาถึงประสิทธิภาพในการลดเสียงที่ผ่านเข้ามาได้ ตามมาตรฐานวิธีการทดลองของ ISO ซึ่งจะแยกการตรวจวัดออกมาเป็นช่วงความถี่ต่าง ๆ จากความถี่ต่ำไปหาความถี่สูงว่ามีประสิทธิภาพในการลดเสียงเป็นเช่นไร

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเสนอเรื่องประสิทธิภาพในการระบายอากาศและประสิทธิภาพในการลดเสียงของอิฐระบายอากาศที่มีจำหน่ายอยู่จริงในท้องตลาด จึงเป็นผลให้ผู้ออกแบบอาคารสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้อิฐระบายอากาศ เพื่อให้มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม เพราะในเรื่องของเสียงยังมีสิ่งที่จะต้องพิจารณาเพิ่มเติมว่าเป็นเสียงของอะไร เช่น ถ้าเป็นเสียงจากเครื่องบินจะมีความถี่สูง ก็สามารถดูจากข้อมูลที่แยกความถี่ได้ว่าในความถี่สูงอิฐระบายอากาศตัวใดเหมาะสมในการใช้งาน หรือถ้าเป็นพื้นที่ที่มีเสียงรบกวนค่อนข้างต่ำเน้นการระบายอากาศก็นำข้อมูลด้านการระบายอากาศมาพิจารณาควบคู่ไปด้วยได้ และยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน และลดมลพิษ อันเนื่องจากการปรับอากาศ

ส่วนผู้ที่ทำการศึกษาวิจัยสามารถที่จะนำข้อมูลนี้ไปเป็นข้อมูลพื้นฐานของอิฐระบายอากาศที่มีขายอยู่ในประเทศไทย ประกอบร่วมกับการออกแบบอิฐระบายอากาศรูปแบบใหม่ ๆ ให้มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงที่สูงขึ้นกว่าที่มีอยู่ในปัจจุบัน

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ขอบเขตของการวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนการศึกษา และแผนงานการทำวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานเรื่องเสียง เสียงกับสิ่งแวดล้อม ผลกระทบเรื่องเสียงรบกวน ทฤษฎีพื้นฐานด้านการระบายอากาศ และ ตัวอย่างอิฐระบายอากาศของต่างประเทศ

บทที่ 3 กล่าวถึงวิธีการทดลองอิฐระบายอากาศ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการระบายอากาศและประสิทธิภาพในการลดเสียง

บทที่ 4 กล่าวถึงผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

บทที่ 5 กล่าวถึงสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.7 แผนงานการทำวิทยานิพนธ์

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาหนึ่งภาคการศึกษาโดยจัดแบ่งระยะเวลาเป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลประมาณ 1 เดือน ทดลองประมาณ 3 เดือน ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง ประมาณ 2 เดือน ดังที่แสดงในตารางที่ 1.1

หัวข้อ วัน เดือน ปี	รวบรวมข้อมูล	สอบหัวข้อวิทยานิพนธ์	ทำการทดลอง	วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผล	สอบจบวิทยานิพนธ์	ส่งวิทยานิพนธ์
1-4 พ.ย. 2550						
5-11 พ.ย. 2550						
12-18 พ.ย. 2550						
19-25 พ.ย. 2550						
26 พ.ย.-2 ธ.ค. 2550						
3-9 ธ.ค. 2550						
10-16 ธ.ค. 2550						
17-23 ธ.ค. 2550						
24-30 ธ.ค. 2550						
31 ธ.ค.2550- 6 ม.ค. 2551						
7-13 ม.ค. 2551						
14-20 ม.ค. 2551						
21-27 ม.ค. 2551						
28 ม.ค.-3 ก.พ. 2551						
4-10 ก.พ. 2551						
11-17 ก.พ. 2551						
18-24 ก.พ. 2551						
25 ก.พ.-2 มี.ค. 2551						
3-9 มี.ค. 2551						
10-16 มี.ค. 2551						
17-23 มี.ค. 2551						
24-30 มี.ค.						
31 มี.ค.- 6 เม.ย. 2551						
7-13 เม.ย. 2551						
14-20 เม.ย. 2551						
21-27 เม.ย. 2551						
28 เม.ย.-4 พ.ค. 2551						
5-11 พ.ค. 2551						
12-18 พ.ค. 2551						
19-25 พ.ค. 2551						
26-31 พ.ค. 2551						

ตารางที่ 1.1 แผนงานการทำวิทยานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าจะโดยปริยายหรือโดยนัยโดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยฯ ถือเป็นผิดกฎหมาย และต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการวิจัย ซึ่งเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับเสียง รูปแบบวิธีการทดลองเรื่องเสียง และประสิทธิภาพของอิฐระบายอากาศที่มีจำหน่ายในต่างประเทศ ซึ่งเนื้อหาทั้งหมดนี้จำเป็นสำหรับการศึกษา และประเมินประสิทธิภาพของอิฐระบายอากาศ

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเสียง

2.1.1 คลื่นเสียง

เสียงคือ การสั่นของอนุภาควัตถุ พลังงานของอนุภาคจะถ่ายทอดต่อ ๆ กันไป ในอนุภาคที่กำลังสั่นสะท้อนเหล่านั้นจะทำให้พลังงานเสียง ซึ่งจะเดินทางผ่านตัวกลางนั้นในลักษณะคลื่น

ตำแหน่งที่มีการเคลื่อนที่ของอนุภาคจะเกิด ความดันอัด (Compression) และความดันคลาย (Rarefaction) ติดต่อกันไปเป็นลูกโซ่ กระจายไปตลอดตัวกลาง ดังนั้นเสียงก็คือ คลื่นอัดและคลายซึ่งเป็นคลื่นตามยาว (Longitudinal waves) ซึ่งคลื่นตามยาวหมายถึง คลื่นที่เกิดขึ้นในลักษณะที่การสั่นสะท้อนของอนุภาคมีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่น

ลักษณะของคลื่นเสียงสามารถอธิบายได้จากความสัมพันธ์ของ 3 ตัวแปร คือ

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (2.1)$$

เมื่อ	λ	=	ความยาวคลื่น (Wave length ; m)
	f	=	ความถี่ (Frequency ; Hz)
	v	=	ความเร็ว (Velocity ; m/s)

แต่ความเร็วของเสียง (v) ก็ยังขึ้นอยู่กับตัวกลางที่เสียงนั้นส่งผ่าน เพราะความหนาแน่นของตัวกลางยังมีค่ามากก็จะทำให้เสียงเดินทางได้เร็วขึ้น ในการศึกษาทางเสียงโดยทั่ว ๆ ไป จะใช้ตัวกลางเป็นอากาศ ซึ่งความเร็วของเสียงมีค่าประมาณ 340.6 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเพศสัมพันธ์ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 กำลังและความเข้มของเสียง

กำลังของเสียง (Sound power ; P) คือ ปริมาณพลังงานทั้งหมดที่แผ่กระจายออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียง ซึ่งสามารถวัดกำลังของเสียงออกมาได้โดยมีหน่วยเป็น Watt (W)

ความเข้มของเสียง (Intensity ; I) คือ กำลังเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (W/A) ความเข้มเสียงขึ้นอยู่กับกำลังของเสียงจากแหล่งกำเนิด , ทิศทาง , ระยะทาง , การดูดกลืนของเสียง และการสะท้อนของเสียง โดยมีหน่วยเป็น W/m^2

แต่การหาความเข้มของเสียงทำได้ยาก จึงใช้การหาความดันที่แตกต่างกันเมื่อตอนมีเสียงและไม่มีเสียง ณ จุดเดียวกัน แล้วนำแทนในความสัมพันธ์ที่พิจารณาจากพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ที่ถูกส่งผ่านไปโดยคลื่นเสียง ซึ่งเรียกความดันนั้นว่า ความดันเสียง (Sound pressure ; p)

$$p = 20\sqrt{I} \quad (2.2)$$

เมื่อ p = ความดันเสียง (Sound pressure ; Pa)
 I = ความเข้มของเสียง (Intensity ; W/m^2)

2.1.3 ระดับและเดซิเบล

เนื่องค่ากำลังและความเข้มของเสียงมีช่วงค่อนข้างกว้าง จึงมีการคิดที่จะปรับแก้ค่าต่าง ๆ เหล่านี้ โดยการนำค่าที่หาได้ไปเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงในรูปแบบสมการ Logarithmic โดยค่าที่ได้จากสมการนี้นั้นจะเรียกว่า ระดับ (Level) ซึ่งค่าระดับในเรื่องของเสียงนี้จะแบ่งตามค่าที่ใช้อ้างอิงได้เป็น 3 ค่า คือ

1. ระดับกำลังเสียง (Sound power level) จะเป็นการเปรียบเทียบกับกำลังเสียงต่ำที่สุดที่สามารถได้ยินได้คือ 10^{-12} Watt

$$L_w = 10 \log \left(\frac{W}{W_0} \right) \quad dB \text{ re } W_0 \quad (2.3)$$

$dB \text{ re } W_0$ = เดซิเบลที่มี W_0 เป็นปริมาณอ้างอิง

เมื่อ L_w = ระดับกำลังของเสียง (Sound power level ; dB)

W = กำลังของเสียงที่วัดได้ (W)

W_0 = กำลังของเสียงอ้างอิง คือ 10^{-12} Watt

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับศึกษาเท่านั้น $L_I = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad dB \text{ re } I_0$ นำไปใช้ประโยชน์ด้าน (2.4) ถ้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เมื่อ L_I = ระดับความเข้มเสียง (Intensity level ; dB)

$$I = \text{ความเข้มของเสียงที่วัดได้ (W/m}^2\text{)}$$

$$I_0 = \text{ความเข้มของเสียงอ้างอิง คือ } 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

3. ระดับความดันเสียง (Sound pressure level) จะเป็นการเปรียบเทียบกับความดันของเสียงคือ 20 μPa ซึ่งการนำมาเปรียบเทียบกับความดันเสียงได้ เพราะความเข้มเสียงมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับความดันเสียง

$$L_p = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad \text{dB re } p_0 \quad (2.5)$$

dB re p_0 = เดซิเบลที่มี I_0 เป็นปริมาณอ้างอิง

เมื่อ L_p = ระดับความดันเสียง (Sound pressure level ; dB)

p = ความดันเสียงที่วัดได้ (μPa)

p_0 = ความดันเสียงอ้างอิง คือ 20 μPa

2.1.4 ออกเทบแบนด์

เนื่องจากหูของมนุษย์สามารถที่จะรับความถี่ได้กว้าง คือ ตั้งแต่ 20 Hz ไปจนถึง 20,000 Hz ค่าความดันเสียงที่วัดได้จึงมีจำนวนมาก และทำได้ค่อนข้างยาก จึงมีการวัดในลักษณะเป็นช่วง ๆ เรียกว่า ออกเทบแบนด์ (Octave bands) โดยการแบ่งเป็นช่วง ๆ นี้ทำได้โดย อาศัยความสัมพันธ์

$$f_2 = 2^n f_1 \quad (2.6)$$

เมื่อ f_1 = ความถี่เสียงต่ำสุดในออกเทบนั้น ๆ (Hz)

f_2 = ความถี่เสียงสูงสุดในออกเทบนั้น ๆ (Hz)

n = เป็นระยะห่างของออกเทบแบนด์

ซึ่งช่วงห่างที่นิยมใช้คือ 1 ออกเทบ (One octave bands) , 1/2 ออกเทบ (One per second octave bands) และ 1/3 ออกเทบ (One per third octave bands)

2.1.5 เสียงในที่โล่ง

ที่โล่ง (Free field) คือ พื้นที่โล่ง ไม่มีสิ่งกีดขวาง หรือสิ่งที่สะท้อนเสียงเลย อุณหภูมิ ความดัน และมวลอากาศคงที่ ดังนั้นจึงเปรียบได้ว่าเสียงเดินทางผ่านอากาศเพียงอย่างเดียว ถ้าระยะทางเพิ่มขึ้น เสียงก็จะถูกลดความเข้มเสียงลงตามความสัมพันธ์

แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I = \frac{W}{4\pi d^2} \quad (2.7)$$

- เมื่อ I = ความเข้มของเสียง (W/m^2)
- W = กำลังของเสียงที่วัดได้ (W)
- d = เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของการเคลื่อนที่ของเสียง (m)

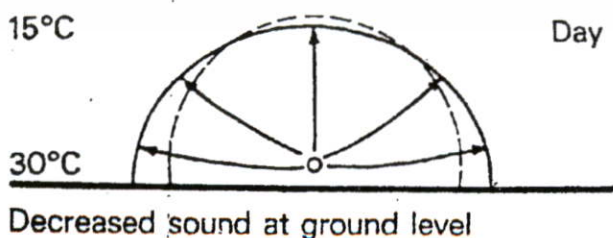
จากความสัมพันธ์นี้ ทุก ๆ ระยะ 2 เท่าที่ห่างจากจุดกำเนิดเสียง ความเข้มของเสียงจะลดลง 1/4 เท่า หรือลดลงไป 6 dB ในระดับความดันเสียงรวมทุกความถี่ แต่ถ้าแยกความถี่ เสียงที่มีความถี่สูงมาก ๆ จะถูกดูดกลืนไปมากกว่าความถี่ต่ำ เช่น ที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 300 เมตร เสียงจะลดลง 1 dB ที่ความถี่ 1000 Hz แต่จะลดลงถึง 40 dB ที่ความถี่ 9000 Hz

แต่ที่โล่ง (Free field) แบบนี้เปรียบเสมือนพื้นที่ในอุดมคติ เพราะจะต้องได้เงื่อนไขที่ครบถ้วน ซึ่งในความเป็นจริงตามธรรมชาติ อุณหภูมิ ความดัน และมวลอากาศมักจะไมคงที่ เช่น ถ้าบริเวณนั้นมีการเปลี่ยนแปลงทางความดัน หรือมีลมพัดผ่านจะทำให้สนามเสียงเปลี่ยนแปลงไป ดังรูป 2.1



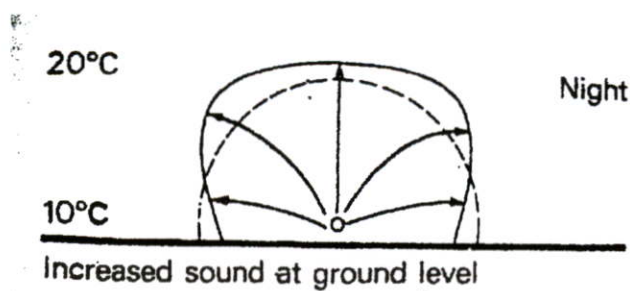
รูปที่ 2.1 ผลกระทบจากลมต่อสนามเสียง

แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิ เสียงจะมีความเร็วเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และความเร็ว $0t$ ลดลงเมื่ออุณหภูมิลดลง จะเห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิในเวลากลางวันและเวลากลางคืน ดังรูป 2.2 และรูป 2.3



รูปที่ 2.2 ผลกระทบจากอุณหภูมิต่อสนามเสียงในเวลากลางวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

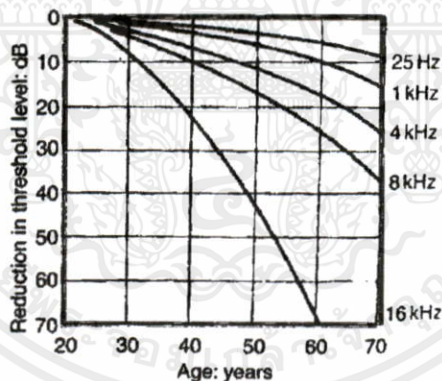


รูปที่ 2.3 ผลกระทบจากอุณหภูมิต่อสนามเสียงในเวลากลางคืน

2.2 เสียงกับมนุษย์

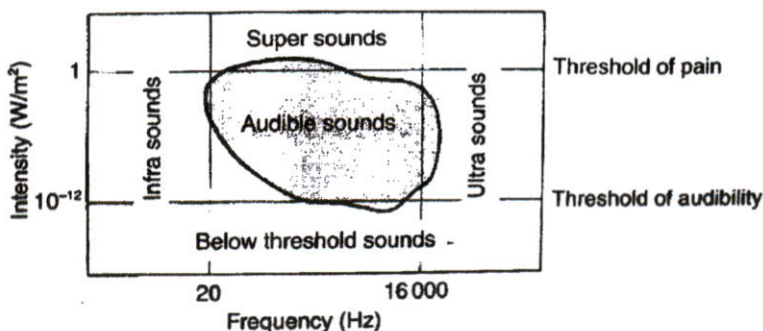
2.2.1 การได้ยินเสียงของมนุษย์

มนุษย์สามารถได้ยินเสียง เนื่องจากคลื่นเสียงเข้าไปมีปฏิกริยากับอวัยวะรับเสียงภายในหูของมนุษย์ แต่อวัยวะนี้จะมีปฏิกริยากับเสียงที่มีความถี่ตั้งแต่ 20 Hz ไปจนถึง 16,000 Hz หรืออาจจะถึง 20,000 Hz ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ อายุ เพศ และความสมบูรณ์ของอวัยวะรับเสียง โดยมนุษย์จะมีประสิทธิภาพในการรับเสียงความถี่ต่าง ๆ ลดลง ตามรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ความสูญเสียประสิทธิภาพทางการได้ยินเนื่องมาจากอายุ

แต่ความสามารถได้ยินเสียงนี้ยังมีข้อจำกัดในการรับเสียงอีก คือ ความของเข้มเสียง มนุษย์สามารถได้ยินเสียงที่มีความเข้มของเสียงต่ำสุดคือ 10^{12} W/m^2 และสามารถได้ยินเสียงที่มีความเข้มของเสียงสูงที่สุด คือ 1 W/m^2 ตามรูปที่ 2.5 และจากเหตุผลที่มนุษย์สามารถได้ยินเสียงต่ำที่สุด คือ 10^{12} W/m^2 ค่าดังกล่าวจึงเป็นค่าสำหรับความเข้มเสียงมาตรฐานสำหรับใช้อ้างอิงในการคำนวณไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ขอบเขตความสามารถในการได้ยินของมนุษย์

2.2.2 ผลกระทบของเสียงต่อมนุษย์

การทำงานของประสาทรับฟังของมนุษย์นั้น จะทำงานอยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าจะรู้ตำแหน่งกำเนิดเสียงหรือไม่ ดังนั้นเสียงที่ไคยินย่อมมีผลกระทบต่อมนุษย์ ซึ่งสามารถจำแนกผลกระทบได้ 3 ประเภท คือ

2.2.2.1. **ภาวะรำคาญ (Annoyance)** เป็นการประเมินจากการสอบถามความรู้สึกของผู้ที่ได้รับเสียง แล้วนำมาวิเคราะห์ว่าเสียงที่ทำให้เกิดภาวะรำคาญมีดังต่อไปนี้

1. **ความดัง (Loudness)** เสียงที่มีความดังมากจะยิ่งก่อให้เกิดภาวะรำคาญได้มากกว่า
2. **ความถี่ (Pitch)** ในระดับความดังที่เท่ากัน เสียงใดมีความถี่สูงกว่าย่อมก่อให้เกิดภาวะรำคาญได้มากกว่า
3. **ความแปรเปลี่ยน (Irregularity)** เสียงที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความถี่หรือระดับความเข้มของเสียง จะทำให้เกิดภาวะรำคาญ แต่เสียงที่เปลี่ยนแปลงระดับความเข้มของเสียงจะก่อให้เกิดภาวะรำคาญได้มากกว่า
4. **ตำแหน่งเสียง (Location)** การที่แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนย้ายตลอดเวลา ย่อมมีผลต่อการก่อให้เกิดภาวะรำคาญ และยังทำให้เกิดความระแวงอีกด้วย
5. **เสียงที่เกิดโดยไม่มีจำเป็น (Unnecessary noise)** เสียงที่เกิดขึ้นโดยไม่จำเป็นย่อมก่อให้เกิดภาวะรำคาญได้

2.2.2.2. **ประสิทธิภาพ (Efficiency)** เสียงมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของมนุษย์ เช่นในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีเสียงดัง จะให้พนักงานใส่อุปกรณ์ป้องกันเสียง ส่วนหนึ่งเพื่อการป้องกันอันตรายต่อประสาทรับฟัง และอีกส่วนเพื่อให้พนักงานมีสมาธิในการทำงาน เป็นต้น

2.2.2.3. **สุขภาพ (Health)** เสียงมีผลต่อสุขภาพมนุษย์ทั้งทางร่างกายและทางจิตใจ

1. **ร่างกาย** ระบบการรับฟังสามารถรับฟังเสียงได้ขอบเขตที่กว้าง แต่เสียงที่ดังเกินกว่า 135 dB และมีความถี่ 20 – 1,500 Hz จะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน เวียนศีรษะ กล้ามเนื้อสั่น และเดินไม่มั่นคง หรือถ้าอยู่ในที่อึกที่กานาน ๆ ก็อาจจะสูญเสียการได้ยินได้เช่นกัน

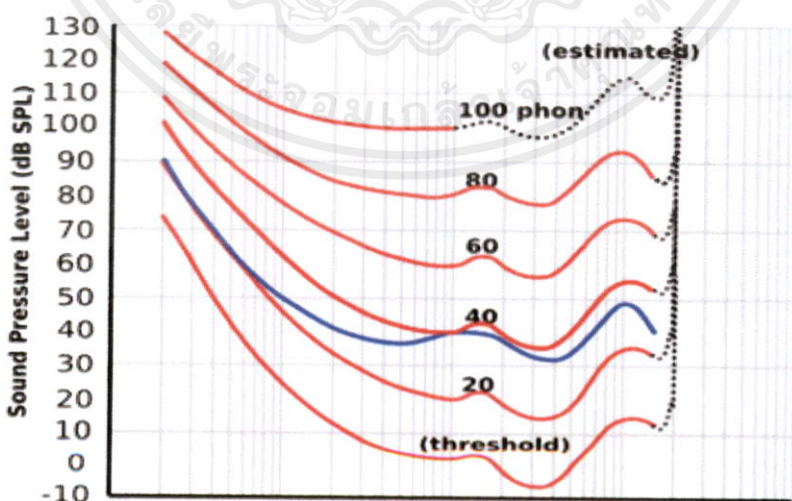
ดังนั้นเสียงในระดับที่ต่างกัน ย่อมมีผลต่อมนุษย์ดังนี้

- 65 dB (A) : เป็นเสียงรบกวน ทำให้ปวดศีรษะ ถ้าระดับเสียงสูงกว่านี้จะทำให้เกิดอาการอ่อนเพลียทั้งร่างกายและจิตใจ
- 90 dB (A) : ถ้าอยู่กับเสียงระดับนี้นาน ๆ หลายปี จะทำให้หูหนวก
- 100 dB (A) : เสียงระดับนี้ ถ้าได้รับฟังระยะสั้น จะทำให้สูญเสียการได้ยินชั่วคราว แต่ถ้ารับฟังเป็นระยะเวลานาน จะทำให้หูหนวก
- 120 dB (A) : ปวดแก้วหู
- 150 dB (A) : หูหนวกทันที

2. **จิตใจ** การได้รับฟังเสียงที่ไม่ชอบ หรือรบกวน จะทำให้เกิดความเครียด จนก่อให้เกิดความแปรผันของจิตใจ ซึ่งอาจจะแสดงออกมาในรูปแบบแตกต่างกัน เช่น หวาดกลัว ตื่นตระหนก เป็นต้น และจากการสำรวจพบว่า 1/5 ของผู้ป่วยทางจิตอันเนื่องมาจากความกังวล มีสาเหตุหลักมาจากการอยู่ในที่เสียงอึกทึก และผู้ที่อาศัยอยู่ในเขตเสียงดังมี โอกาสเสี่ยงที่จะป่วยทางจิต มากกว่าผู้ที่อยู่ในเขตเสียงปกติถึง 3 เท่า

2.2.3 ความดังเสียง

ปริมาณเสียงที่มนุษย์รับฟังแล้วมีความรู้สึกว่าดังเท่ากัน แม้จะมีความถี่ที่แตกต่างกัน จากความรู้สึก นี้ นักวิทยาศาสตร์จึงได้ทำการสำรวจ และสร้างตารางความสัมพันธ์ของความดังกับความถี่ขึ้น เรียกว่า Equal Loudness Contour ตามรูปที่ 2.6 โดยหน่วยในการวัดระดับความดังเสียงคือ โฟน (Phon)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่ง 10 ธันวาคม 1000 เพื่อการคิด 1000 นัน โมอ 10k ให้หน้า ไป 100k ขึ้นด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

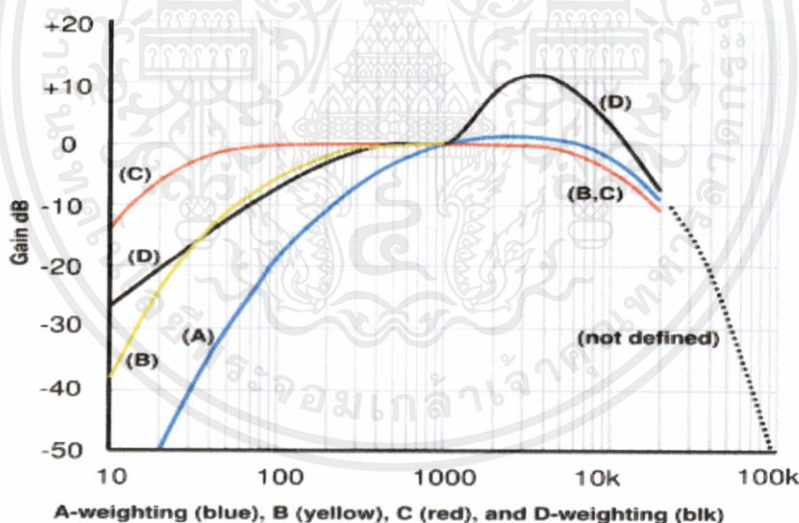
รูปที่ 2.6 Equal Loudness Contour

2.2.4 ระดับเสียงเวท

ระดับเสียงเวท (Weighted sound level) คือเสียงที่ได้จากการวัดได้ นำมาผ่านที่กรองเวท (Weight network) เนื่องจากการตรวจวัดแบบ Linear ไม่สามารถตอบสนองตามความรู้สึก หรือ วัตถุประสงค์ในการใช้งาน ทำให้เสียงเวทนั้นมีอยู่หลายรูปแบบ ตามรูปที่ 2.7

จุดประสงค์ของการใช้งานค่าระดับเสียงเวทระดับต่าง ๆ นั้น คือ

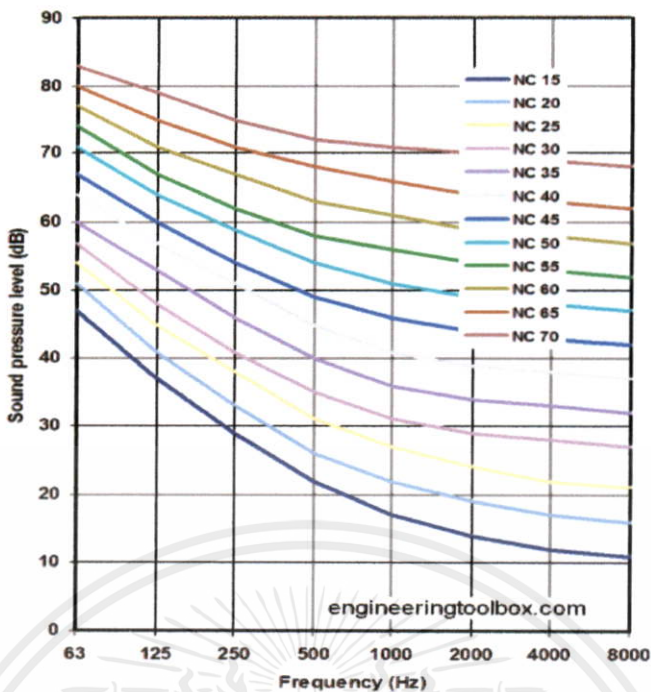
1. A-Weighted (dB(A)) เพื่อใช้ในการตรวจวัดกับงานที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ เพราะมีการตอบสนองใกล้เคียงกับเสียงในความรู้สึกมนุษย์ที่สุด
2. B-Weighted (dB(B)) เพื่อใช้ในการตรวจวัดกับงานที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ เหมือนกับ A-Weighted แต่จะตอบสนองความเข้มเสียงที่ความถี่ 400 Hz ถึง 3,000 Hz ได้ดีกว่า จึงมีค่าใกล้เคียงกับเสียงที่เกิดขึ้นจริง
3. C-Weighted (dB(C)) เพื่อใช้ในการตรวจวัดกับงานที่ต้องการวัดเสียงที่เกิดขึ้นจริง เพราะตั้งแต่ความถี่ 100 Hz ถึง 3,000 Hz จะไม่มีการปรับแก้ไข
4. D-Weighted (dB(D)) เพื่อใช้ในการตรวจวัดเสียงที่เกิดจากอากาศยาน เพราะมีการปรับแก้ตัวกรองเสียงที่มีความถี่สูงเอาไว้



รูปที่ 2.7 Weighted sound level

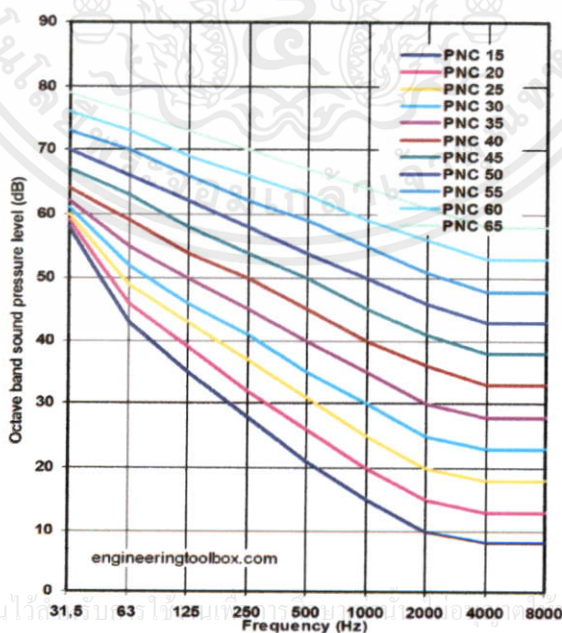
2.2.5 เกณฑ์เสียง

เกณฑ์เสียง (Noise Criteria ; NC) คือเกณฑ์ที่ใช้เพื่อ ประเมินปัญหาทางเสียงและใช้เป็นเป้าหมายในการออกแบบให้อยู่ในระดับที่พึงพอใจ โดยอาศัยวิธีการนำค่าที่วัดได้ในแต่ละความถี่ ไปเปรียบเทียบกับ NC Chart ตามรูปที่ 2.8 แล้วดูว่าความถี่ใดมีค่า NC สูงที่สุด ซึ่งค่าที่สูงที่สุดจะเป็นค่าที่เป็นตัวแทน ระดับ NC -ของเสียงนั้น



รูปที่ 2.8 เกณฑ์เสียง Noise Criteria ; NC

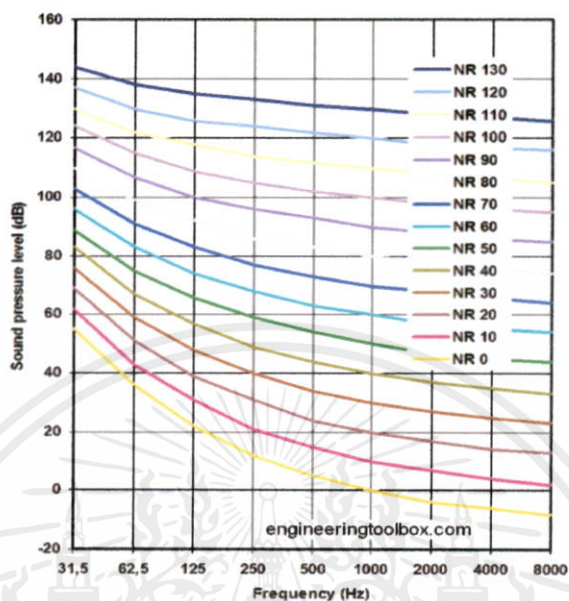
แต่ในบางครั้งเสียงที่ได้จาก NC Chart นี้ ยังไม่เป็นที่พึงพอใจ จึงมีการออกแบบขึ้นมาใหม่ คือ เกณฑ์เสียงที่พอใจ (Preferred Noise Criteria ; PNC) ตามรูปที่ 2.9 โดยวิธีการใช้นั้นใช้ เช่นเดียวกับ NC Chart



รูปที่ 2.9 เกณฑ์เสียงที่พึงพอใจ Preferred Noise Criteria ; PNC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ทั้ง NC และ PNC นั้นได้มีการออกแบบจากทางประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งในแถบยุโรป นั้นจะใช้เกณฑ์เสียงที่เรียกว่า Noise Rating Curves ตามรูปที่ 2.10 วิธีการใช้ก็เป็นแบบเดียวกันกับ NC และ PNC

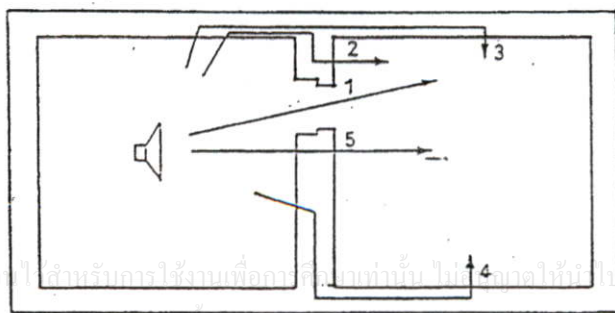


รูปที่ 2.10 Noise Rating Curves

2.3 เสียงกับอาคาร

2.3.1 ขั้นตอนการส่งผ่านเสียง

การส่งผ่านเสียงจากสถานที่กำเนิดเสียงไปยังอีกสถานที่ที่รับเสียงนั้น สามารถทำได้ 2 วิธีหลัก ๆ คือ ใช้อากาศเป็นตัวกลาง (Airborne sound) และใช้ตัวกลางที่เป็นของแข็ง (Structure borne sound) จากรูปที่ 2.11 แบบที่ 1, 5 เป็นแบบใช้อากาศเป็นตัวกลาง และแบบที่ 2, 3, 4 เป็นแบบใช้ตัวกลางที่เป็นของแข็ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานที่อาคารที่สถาบันเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแบบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11 ขั้นตอนการส่งผ่านเสียง

2.3.2 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง

สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงนั้น เป็นค่าที่บ่งบอกว่าวัสดุใด สะท้อนเสียง หรือดูดซับเสียง ซึ่งเป็นประโยชน์ในการออกแบบเพื่อให้ได้ตามจุดประสงค์ของการใช้งาน โดยค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงนั้นถ้ามีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าไม่มีการดูดกลืนเสียงเลย แต่ถ้ามีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าวัสดุชิ้นนั้นสามารถดูดกลืนเสียงไปได้ทั้งหมด ซึ่งการหาสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงนั้นได้กระทำในห้องทดลอง โดยการปล่อยเสียงให้ไปกระทบกับตัววัสดุ แล้ววัดค่าเสียงที่สะท้อนออกมาได้ เมื่อนำค่าทั้งสองมาหักลบกันจะได้ค่าการดูดกลืนเสียงของวัสดุ จากนั้นนำมาคำนวณหาสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงด้วยสมการผลรวมการดูดกลืนเสียง(สมการที่ 2.8)

$$A = \sum(a \times s) \tag{2.8}$$

- เมื่อ a = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุ
- s = พื้นที่ผิวที่ดูดกลืนเสียง (m^2)
- A = ผลรวมการดูดกลืนเสียงของวัสดุ (m^2)

2.3.3 การสูญเสียพลังงานเนื่องจากการส่งผ่านเสียง

เป็นการหาปริมาณการกั้นเสียงของวัสดุ ที่มีลักษณะการส่งผ่านเสียงแบบใช้ตัวกลางที่เป็นของแข็ง (Structure borne sound) ปริมาณดังกล่าวนี้เรียกว่า “การสูญเสียการส่งผ่าน (Sound-transmission Loss, TL)” ซึ่งจะหมายถึงจำนวนเดซิเบลของพลังงานเสียงที่สูญเสียไป เมื่อมีการส่งผ่านเสียง หาได้จาก

$$TL = 10 \log \left(\frac{w_i}{w_t} \right)$$

$$TL = 10 \log \left(\frac{1}{\tau} \right) \tag{2.9}$$

- เมื่อ TL = การสูญเสียการส่งผ่าน (Sound-transmission Loss : dB)
- w_i = กำลังเสียงตกกระทบ (W)
- w_t = กำลังเสียงส่งผ่าน (W)
- τ = สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง

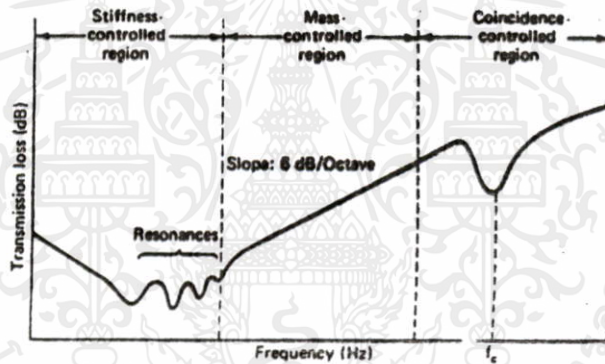
โดยค่าการสูญเสียการส่งผ่าน (TL) จะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ (Frequency) ของเสียงกับความแข็งของวัสดุ (Stiffness) คือ ในช่วงความถี่ต่ำค่าการสูญเสียการส่งผ่านจะแปรผันตามความแข็งของวัสดุ เมื่อความถี่เพิ่มขึ้นค่าการสูญเสียการส่งผ่านจะแปรผันตามกฎทรงมวล (Mass law) ตามสมการที่ 2.10

$$TL = 20 \log f + 20 \log W - 47.2 \quad (2.10)$$

เมื่อ TL = การสูญเสียการส่งผ่าน (Sound-transmission Loss : dB)
 f = ความถี่ (Hz)
 W = มวลต่อพื้นที่ (kg/m^2)

ซึ่งจะพบได้ว่าค่าการสูญเสียการส่งผ่านนั้นจะเพิ่มขึ้น 6 dB ถ้าความถี่ หรือมวลต่อพื้นที่ เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า และถ้าเสียงตกกระทบเป็นมุมตั้งฉากกับวัสดุจะทำให้ค่าการสูญเสียการส่งผ่าน สูงกว่าปกติประมาณ 5 dB

เมื่อความถี่เพิ่มสูงขึ้นค่าการสูญเสียการส่งผ่านจะแปรผันตามการสั่นพ้อง (Coincidence) เป็นกรณีที่ผนังสั่นเข้ากันกับความถี่เสียง แต่จะมีบางช่วงความถี่ที่การสั่นนั้นมีผลให้เสียงลดลง เรียกว่าความถี่วิกฤติ ตามรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การสูญเสียพลังงานเนื่องจากการส่งเสียง

2.3.4 การสูญเสียพลังงานเนื่องจากการส่งเสียงผ่านผนัง

การหาค่าการสูญเสียการส่งผ่านของผนังในช่วงความถี่ 100 – 3,150 Hz นั้นสามารถหาได้จากสมการที่ 2.11 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน ± 3 dB

$$TL = 14.5 \log W + 10 \quad (2.11)$$

เมื่อ TL = การสูญเสียการส่งผ่าน (Sound-transmission Loss : dB)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร W = มวลต่อพื้นที่ (kg/m^2) ปรึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าผนังเป็นผนังประกอบ 2 ชนิด จะใช้สมการที่ 2.12

$$TL_c = TL_1 - 10 \log \left\{ 1 - \frac{s_2}{s} + \left(\frac{s_2}{s} \times 10^{\left(\frac{TL_1 - TL_2}{10} \right)} \right) \right\} \quad (2.12)$$

เมื่อ	TL_c	=	การสูญเสียการส่งผ่านของผนัง (dB)
	TL_i	=	การสูญเสียการส่งผ่านของวัสดุ (dB) เมื่อ $i = 1, 2$
	s_2	=	พื้นที่ของวัสดุที่ 2 (m^2)
	s	=	พื้นที่รวมของผนัง (m^2)

จากสมการที่ 2.12 ถ้าเปลี่ยนวัสดุทำผนังชนิดที่ 2 มาเป็นประตูหรือหน้าต่าง จะถือว่าประตูหรือหน้าต่างนั้นเป็นช่องว่าง ซึ่งจะมีค่า $TL_2 = 0$ จะได้ตามสมการที่ 2.13

$$TL_c = TL_1 - 10 \log \left\{ 1 - \frac{s_2}{s} + \left(\frac{s_2}{s} \times 10^{\left(\frac{TL_1}{10} \right)} \right) \right\} \quad (2.13)$$

2.3.5 เสียงที่ผ่านรูหรือรอยแยก

ถ้าผนังมีรูหรือรอยแยก เสียงส่วนหนึ่งจะทะลุผ่านเข้ามาได้โดยสะดวก ทำให้ความสามารถในการกั้นเสียงของผนังลดลง โดยรูที่มีขนาดต่างกันย่อมมีการสูญเสียการส่งผ่านต่างกันดังรูปที่ 2.11 ดังนั้นการหาค่าการสูญเสียการส่งผ่านของผนังที่มีรูเป็นไปตามสมการที่ 2.14

$$TL = 10 \log \frac{1}{\tau_R} \quad (2.14)$$

เมื่อ	TL	=	การสูญเสียการส่งผ่านของผนัง (dB)
	τ_R	=	ผลรวมของสัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง

ผลรวมของสัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียงหาได้จากสมการที่ 2.15

$$\tau_R = \frac{s_w \tau_w + s_0 \tau_0}{s_w + s_0} \quad (2.15)$$

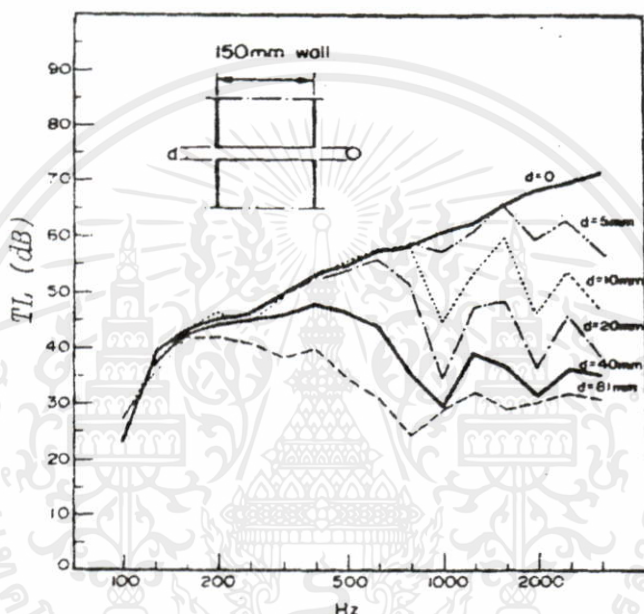
เมื่อ	s_w	=	พื้นที่ของผนัง (m^2)
	τ_w	=	สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียงของผนัง
	s_0	=	พื้นที่ของรู (m^2)
	τ_0	=	สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียงของรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะที่ห้องเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำไปลงบนสื่อออนไลน์ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรูหรือรอยแยก ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียงจะมีค่าเป็น 1 จะได้ค่าการสูญเสียการส่งผ่านของผนังตามสมการที่ 2.16

$$TL = 10 \log \frac{1}{\frac{s_w \tau_w + s_0 \tau_0}{s_w + s_0}}$$

$$TL = 10 \log \frac{s_w + s_0}{s_w \tau_w + s_0} \quad (2.16)$$



รูปที่ 2.13 การสูญเสียการส่งผ่านของผนังที่มีรูขนาดต่างกัน

2.3.6 การบวกหรือลบเดซิเบล

การบวกหรือลบเดซิเบลนั้นสามารถทำได้ 3 วิธี คือ

1. การบวกหรือลบเดซิเบลโดยใช้สมการลอการิทึม (Logarithm) ด้วยการแปลงค่าระดับความดันเสียงทั้งหมดให้อยู่ในรูปสมการลอการิทึม เพื่อหาค่ากำลังของเสียง จากนั้นจึงนำกำลังของเสียงมาบวกหรือลบกัน ตามสมการที่ 2.17 และสมการที่ 2.18

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

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

$$L = 10 \log \frac{I_1 + I_2}{I_0} \quad (2.17)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนักศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และทำซ้ำหรือส่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L = 10 \log \frac{I_1 - I_2}{I_0} \quad (2.18)$$

- เมื่อ $L_1, L_2 =$ ระดับความดันเสียง (dB)
 $L =$ ระดับความดันเสียงที่ต้องการหา (dB)
 $I_1, I_2 =$ ความเข้มของเสียง (W/m^2)
 $I_0 =$ ความเข้มของเสียงอ้างอิง คือ 10^{-12} W/m^2

2. การบวกหรือลบเดซิเบลโดยใช้สมการปรับแก้ โดยการนำเอาค่าระดับความดันเสียงมาแทนค่าในสมการปรับแก้ โดยสมการที่ 2.19 เป็นสมการสำหรับการบวกเดซิเบล ส่วนสมการที่ 2.20 เป็นสมการสำหรับลบเดซิเบล

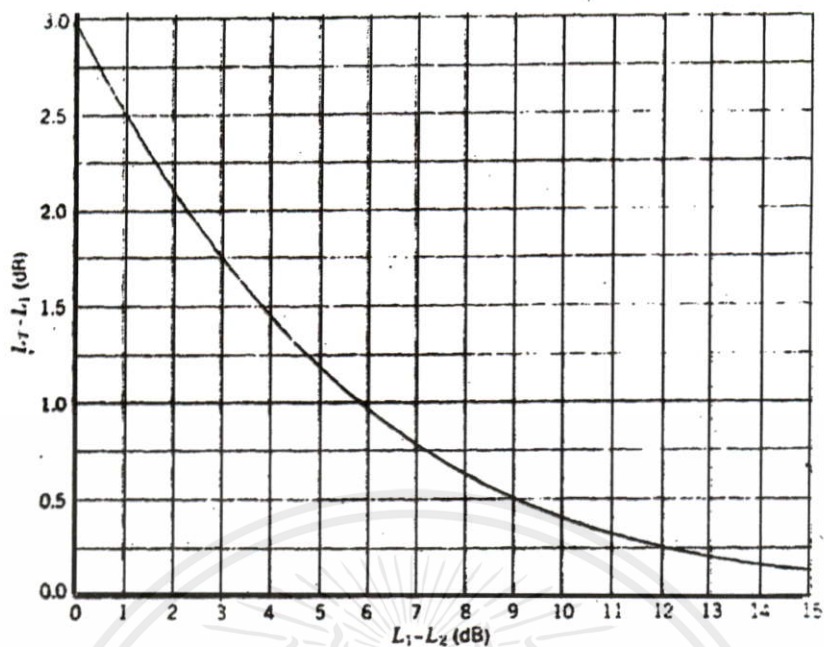
$$L_T = L_1 + 10 \log_{10} \left(1 + 10^{\left\{ \frac{(L_1 - L_2)}{10} \right\}} \right) \quad (2.19)$$

$$L_T = L_1 + 10 \log_{10} \left(1 - 10^{\left\{ \frac{(L_1 - L_2)}{10} \right\}} \right) \quad (2.20)$$

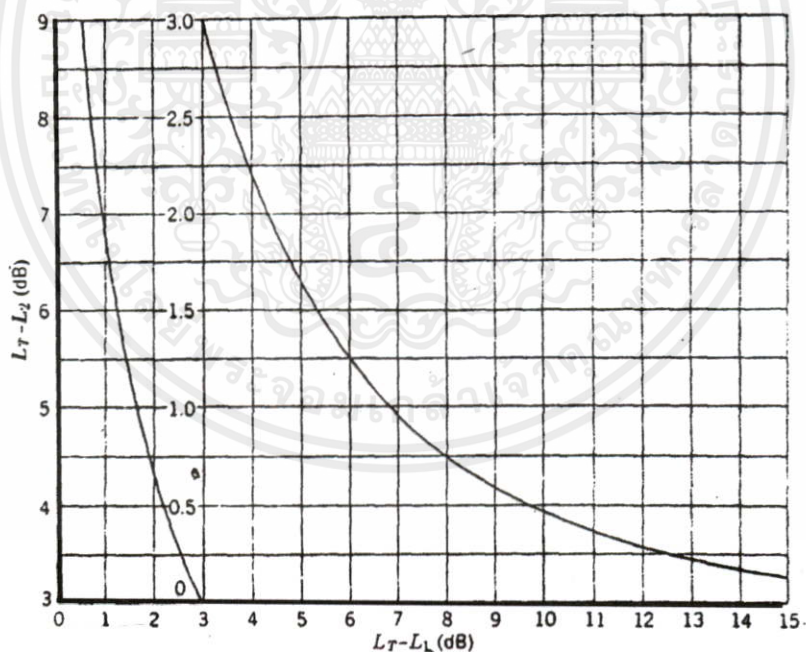
- เมื่อ แหล่งเสียงมีเพียง 2 แหล่ง และ $L_1 > L_2$
 $L_T =$ ระดับความดันเสียงรวม (dB)
 $L_1, L_2 =$ ระดับความดันเสียงที่ 1 และเสียงที่ 2 (dB)

3. การบวกหรือลบเดซิเบลโดยใช้แผนภาพปรับแก้ โดยนำค่าผลต่างของระดับความดันเสียงมาเปรียบเทียบกับแผนภาพ โดยรูปที่ 2.14 เป็นการหาค่าปรับแก้สำหรับการบวกเดซิเบล และรูปที่ 2.15 เป็นการหาค่าปรับแก้สำหรับการลบเดซิเบล เช่น มีแหล่งเสียง 2 แหล่งที่มีระดับความดันเสียง 75 และ 78 เดซิเบล สามารถหาระดับความดันเสียงรวมได้จาก หาส่วนต่างของ 2 แหล่งซึ่งมีเท่ากับ 3 เดซิเบล เมื่อนำส่วนต่างดังกล่าวไปเทียบในแผนภาพที่ 2.14 จะได้ค่าปรับแก้เท่ากับ 1.75 ดังนั้นความดันเสียงรวมจึงมีค่าเท่ากับ 79.75 เดซิเบล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แผนภาพสำหรับการบวกเดซิเบล



รูปที่ 2.15 แผนภาพสำหรับการลบเดซิเบล

2.3.7 การกรองเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ผู้อ่านจำเป็นต้องอ่านเงื่อนไขก่อน และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
การกรองเสียงทำได้ 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ

การกรองเสียงแบบปฏิกิริยา (Reactive) คือ การทำให้เสียงส่วนมากสะท้อนกลับออกไปยังแหล่งเสียง ซึ่งสามารถใช้ได้ดีกับคลื่นเสียงความถี่ต่ำ

การกรองเสียงแบบทำลาย (Dissipative) คือ การใช้วัสดุดูดกลืนเสียง ดูดทำลายเสียงไปให้หมด ซึ่งสามารถใช้ได้ดีกับคลื่นเสียงความถี่สูง และเสียงที่มีช่วงความถี่กว้าง

2.3.8 การควบคุมเสียงในการระบายอากาศ

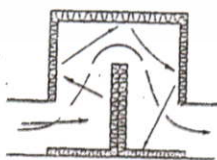
ในการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาตินั้นจะมีปัญหาเรื่องเสียงรบกวน การลดเสียงรบกวนนี้สามารถทำได้ตามหลักการต่อไปนี้

1. ช่องที่อากาศผ่านเข้าไปไม่ควรหยุดเพียงแค่ช่องเปิดเท่านั้น แต่ควรทำเป็นปล่องอากาศ โดยตัวปล่องจะต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า 1 เมตร

2. ปล่องลมเข้านี้ควรทำให้มีการหักงอ เพื่อให้เสียงไม่สามารถทะลุผ่านเข้ามาได้โดยตรง

3. เพิ่มพื้นที่การสะท้อนภายในปล่องอากาศ เพื่อเป็นการลดพลังงานของเสียงที่เข้ามา

4. เพิ่มความสามารถในการดูดซับเสียงของปล่อง โดยการใส่วัสดุดูดซับเสียงเอาไว้ภายใน เพื่อเป็นการดูดซับพลังงานของเสียงที่เข้ามา



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการควบคุมเสียงในการระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วิธีการตรวจวัดเสียง

2.4.1 วิธีการตรวจวัดเสียงตามมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ

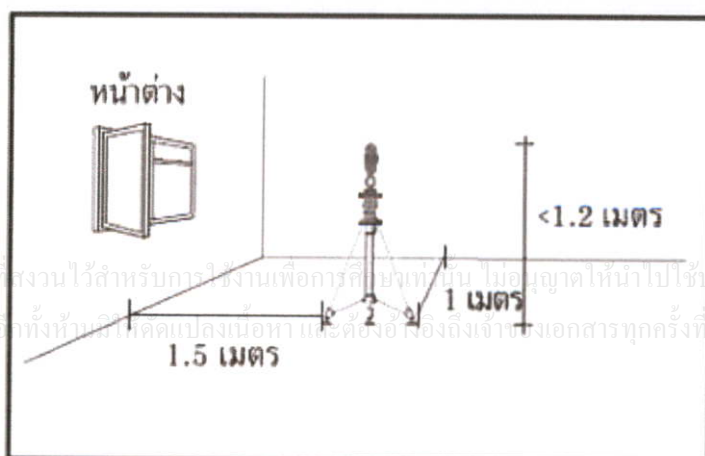
การตรวจวัดเสียงตามมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษนั้น เป็นการตรวจวัดเสียงที่เป็นมาตรฐานในการตรวจวัดเสียงของประเทศไทย ซึ่งจะใช้กับการตรวจวัดในภาคสนาม หรือวัดกับสถานที่จริงเป็นหลัก มีข้อพิจารณาดังนี้

การวัดระดับเสียงภายนอกอาคาร จะต้องตั้งไมโครโฟนของเครื่องวัดระดับเสียง โดยจะต้องตั้งสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 1.2 เมตร และในรัศมีโดยรอบไมโครโฟน 3.5 เมตร ตามแนวราบนั้น จะต้องมีกำแพงหรือสิ่งอื่นใดที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนเสียงกีดขวางอยู่ ตามรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 การวัดระดับเสียงภายนอกอาคาร

การวัดระดับเสียงภายในอาคาร จะต้องตั้งไมโครโฟนของเครื่องวัดระดับเสียง โดยจะต้องตั้งสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 1.2 เมตร และในรัศมีโดยรอบไมโครโฟน 1 เมตร ตามแนวราบนั้น จะต้องมีกำแพงหรือสิ่งอื่นใดที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนเสียงกีดขวางอยู่ และถ้ามีช่องเปิด จะต้องเว้นระยะห่างจากช่องเปิดอย่างน้อย 1.5 เมตร ตามรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 การวัดระดับเสียงภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามตีพิมพ์ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 วิธีการตรวจวัดเสียงตามมาตรฐาน ISO 140

การตรวจวัดเสียงตามมาตรฐาน ISO 140 นั้นเป็นมาตรฐานสำหรับการตรวจวัดเสียงที่ส่งผ่านเข้ามาในอาคารและที่มาจากส่วนประกอบของอาคาร ซึ่งมาตรฐานนี้จะครอบคลุมไปทั้งการวัดในห้องทดลองและแบบการวัดภาคสนาม โดยเน้นไปที่การวัดเสียงที่ส่งมากับอากาศ (Airborne) และเสียงที่ส่งผ่านวัตถุ (Sound transmission) มาเท่านั้น

มาตรฐาน ISO 140 นั้นแบ่งได้เป็น 8 หมวดย่อย คือ

Part I : Requirement for laboratories จะกล่าวถึงการเตรียมการทดสอบเสียงในห้องทดลอง

Part II : Statement of precision requirements จะกล่าวถึงการตรวจสอบอุปกรณ์รวมถึงวิธีการทดลอง

Part III : Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements จะกล่าวถึงวิธีการตรวจวัดเสียงที่ส่งผ่านวัสดุ โดยทำการตรวจวัดจากห้องทดลอง

Part IV : Field measurements of airborne sound insulation between rooms จะกล่าวถึงวิธีการตรวจวัดเสียงที่ส่งผ่านพื้น ผนัง เพดาน ที่กั้นระหว่างห้อง โดยทำการตรวจวัดจากสถานที่จริง

Part V : Field measurements of airborne sound insulation of facade elements and facades จะกล่าวถึงวิธีการตรวจวัดเสียงที่ส่งผ่านเข้ามาจากข้างนอกทางหน้ากอกอาคาร โดยทำการตรวจวัดจากสถานที่จริง

Part VI : Laboratory measurements of impact sound insulation of floors จะกล่าวถึงวิธีการตรวจวัดเสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมาทางพื้นของอาคาร โดยทำการตรวจวัดจากห้องทดลอง

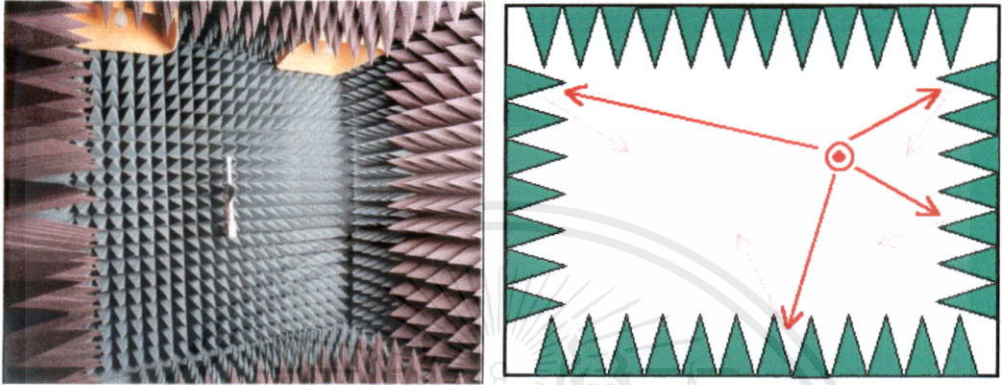
Part VII : Field measurements of impact sound insulation of floors จะกล่าวถึงวิธีการตรวจวัดเสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมาทางพื้นของอาคาร โดยทำการตรวจวัดจากสถานที่จริง

Part VIII: Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on standard floor จะกล่าวถึงวิธีการตรวจวัดค่าการลดเสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนบนวัสดุที่นำมาวางซ้อนบนพื้นปกติ โดยทำการตรวจวัดจากห้องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

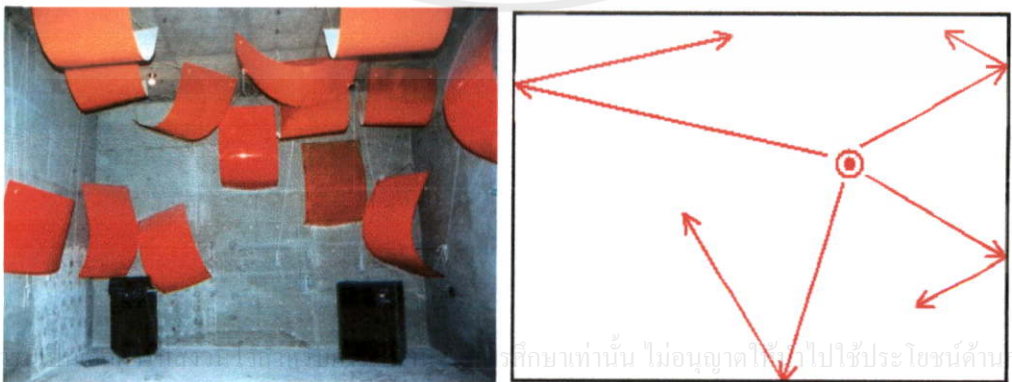
ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตามหากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูงไว้ก่อนแต่ก็ยังคงต้องการที่จะควบคุมพฤติกรรมของเสียงไว้ให้ได้ ดังนั้นเราจึงมีการออกแบบห้องทดลองทางเสียงขึ้นมา ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ ซึ่งจะนำไปใช้ในรูปแบบที่แตกต่างกันดังนี้

2.4.3.1 ห้องไร้เสียงสะท้อน (Anechoic Chamber) เป็นห้องที่บุผนังภายในไว้ด้วยวัสดุดูดกลืนเสียง ดังนั้นพลังงานทั้งหมดจะไม่มีการสะท้อนกลับเมื่อชนกับผนังห้อง เสียงที่วัดได้จะเป็นเสียงตรงเท่านั้น จึงเหมาะสำหรับใช้หาตัวประกอบทิศทางเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง มักจะใช้กับงานวิจัยเพื่อหาข้อมูลต่าง ๆ เช่น ทารูปแบบ (Pattern) ของการเปล่งเสียง , ข้อมูลของเสียงแถบคลื่นสั้น , ความสัมพันธ์ของเฟสกับพลังงานของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงตำแหน่งที่ต่างกัน



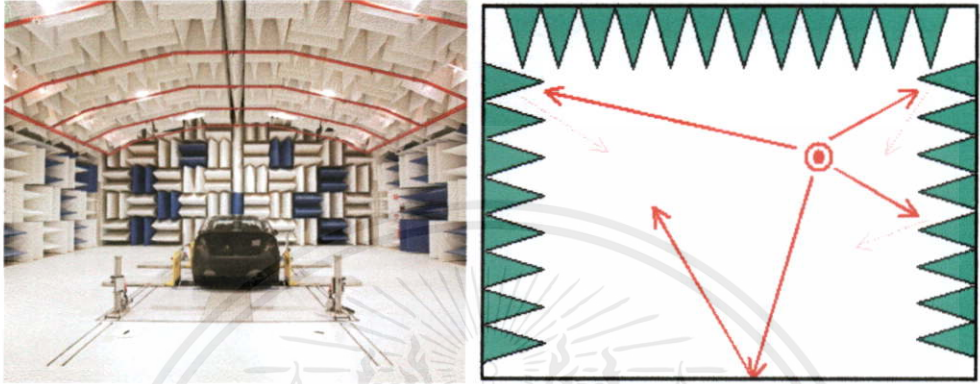
รูปที่ 2.19 ห้องไร้เสียงสะท้อน (Anechoic Chamber)

2.4.3.2 ห้องสะท้อนเสียง (Reverberant Chamber) เป็นห้องที่มีลักษณะตรงกันข้ามกับห้องไร้เสียงสะท้อน โดยเสียงที่มากระทบกับผนังจะถูกสะท้อนกลับออกมาทั้งหมด (โดยทฤษฎี) ดังนั้นผนังห้องจะเรียบ ทำจากวัสดุที่แข็งทั้งหมดบางทีอาจมีแผ่นสะท้อนเสียงที่สามารถปรับมุมได้ มาช่วยในการกระจายเสียงให้สม่ำเสมอทั้งห้อง ห้องสะท้อนเสียงนั้นจะใช้สำหรับหาค่าเฉลี่ยเชิงเวลา หาปริมาณของพลังงานเสียงที่เปล่งออกจากแหล่งกำเนิด ใช้สำหรับหาและเปรียบเทียบการลดเสียง (Noise Reduction) และใช้สำหรับหาค่ากำลังเสียงจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ดังนั้นตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียงในห้องจะมีผลต่อการวัดกำลังเสียง ซึ่งในทางปฏิบัติมักจะให้แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่มุมห้องแต่ต้องห่างจากผนังและพื้น ไม่น้อยกว่า $1/2$ ของความยาวคลื่น



รูปที่ 2.20 ห้องสะท้อนเสียง (Reverberant Chamber)

2.4.3.3 ห้องกึ่งไร้เสียงสะท้อน (Semi – Anechoic Chamber) ในบางโอกาสพื้นต้องรับน้ำหนักมาก ๆ จึงต้องเป็นพื้นแข็ง เช่น คอนกรีต แต่ในส่วนของผนังและเพดานจะบุด้วยวัสดุดูดกลืนเสียง ดังนั้นเสียงส่วนหนึ่งจะสะท้อนได้จากพื้น การจะนำห้องรูปแบบนี้ไปใช้จึงต้องคำนึงถึงเรื่องเสียงที่สะท้อนจากพื้น เพราะมีผลทั้งทิศทาง และกำลังของเสียงที่จะมาหักล้างหรือส่งเสริมกำลังของเสียงจากแหล่งกำเนิดอีกด้วย

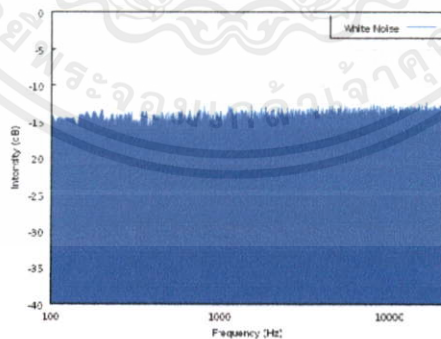


รูปที่ 2.21 ห้องกึ่งไร้เสียงสะท้อน (Semi – Anechoic Chamber)

2.4.4 รูปแบบเสียงมาตรฐานที่ใช้ในการทดลอง

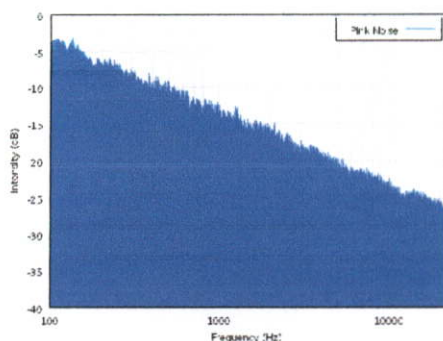
เสียงที่นำมาใช้ในการทดลองนั้น จะเป็นเสียงที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ในการทดลอง โดยเฉพาะ เพื่อให้ง่ายแก่การควบคุม สามารถแบ่งจำแนกเสียงได้หลายแบบ ดังนี้

1. **White noise** เป็นรูปแบบเสียงที่มีระดับความเข้มเสียงคงที่ทุก ๆ ความถี่ ทำให้เสียงมีระดับพลังงานที่เท่ากัน ตามรูปที่ 2.22



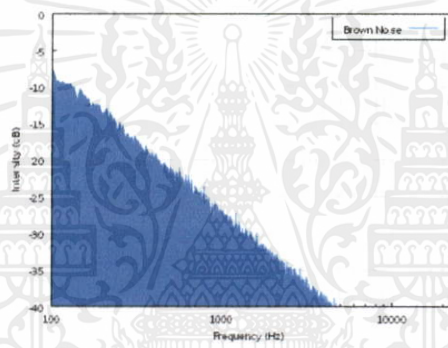
รูปที่ 2.22 รูปแบบความถี่เสียง White noise

2. **Pink noise** เป็นรูปแบบเสียงที่มีระดับความเข้มเสียงลดลง 3 dB ต่อออกเทบแบนด์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ตามรูป 2.23 ซึ่งเสียงลักษณะนี้นั้นมีลักษณะใกล้เคียงกับความถี่ที่มนุษย์สามารถรับฟังได้ จึงมีความนิยมนำมาใช้ในการทดลองเรื่องเสียงที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์



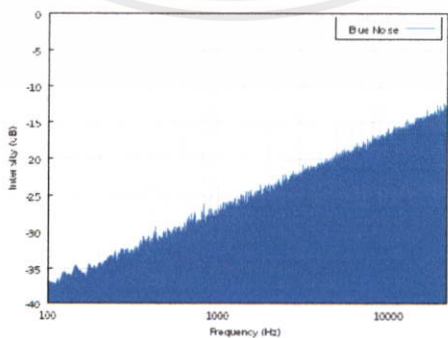
รูปที่ 2.23 รูปแบบความถี่เสียง Pink noise

3. **Brown (Red) noise** เป็นรูปแบบเสียงที่มีลักษณะคล้ายกับ Pink noise แต่จะระดับความเข้มเสียงลดลงเป็น 6 dB ต่อออกเทบแบนด์ ตามรูป 2.24



รูปที่ 2.24 รูปแบบความถี่เสียง Brown noise หรือ Red noise

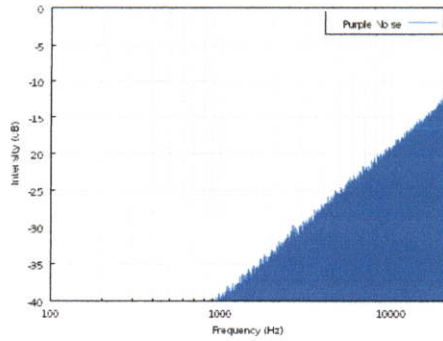
4. **Blue noise** เป็นรูปแบบเสียงที่ตรงกันข้ามกับ Pink noise แต่มีระดับความเข้มเสียงเพิ่มขึ้น 3 dB ต่อออกเทบแบนด์แทน ตามรูป 2.25



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่เสียงหรือข้อมูลใดๆของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

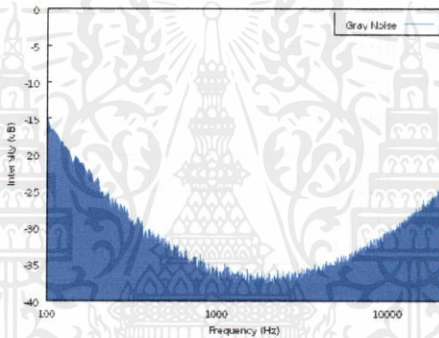
รูปที่ 2.25 รูปแบบความถี่เสียง Blue noise

5. **Purple noise** เป็นรูปแบบเสียงที่มีลักษณะคล้ายกับ Blue noise แต่จะระดับความเข้มเสียงเพิ่มขึ้นเป็น 6 dB ต่อออกเทบแบนด์ ตามรูป 2.26



รูปที่ 2.26 รูปแบบความถี่เสียง Purple noise

6. **Grey noise** เป็นรูปแบบเสียงที่ออกแบบให้มีลักษณะเหมือนกับ Equal loudness contours ก็จะมี ระดับความเข้มเสียงที่ความถี่ต่ำและความถี่สูง จะมีค่าสูง ทำให้เสียงมีระดับความดังที่เท่ากัน ตามรูป 2.27



รูปที่ 2.27 รูปแบบความถี่เสียง Grey noise

2.5 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับเสียงในประเทศไทย

กฎหมายที่เกี่ยวข้องนั้น ตามรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2540 นั้นจะมีอยู่ 3 มาตรา ซึ่งจะกล่าวครอบคลุมอย่างกว้าง ๆ เกี่ยวกับการดูแลสิ่งแวดล้อม ดังนี้

มาตรา 46 บุคคลซึ่งรวมกันเป็นชุมชนท้องถิ่นดั้งเดิมย่อมมีสิทธิอนุรักษ์หรือฟื้นฟูจารีตประเพณี ภูมิปัญญาท้องถิ่น ศิลปะ หรือวัฒนธรรมอันดีของท้องถิ่น และมีส่วนร่วมในการจัดการ การบำรุงรักษา และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม อย่างสมดุลและยั่งยืน ทั้งนี้ตามที่กฎหมายบัญญัติ

มาตรา 56 สิทธิของบุคคลที่จะร่วมกับรัฐและชุมชน ในการบำรุงรักษาและการให้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและ ความหลากหลายทางชีวภาพ และคุ้มครอง ส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ที่จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัย สวัสดิภาพ หรือคุณภาพชีวิตของตน ย่อมได้รับความคุ้มครอง ทั้งนี้ ตามที่กฎหมายบัญญัติ

มาตรา 59 บุคคลย่อมมีสิทธิได้รับข้อมูล คำชี้แจง และเหตุผลจากหน่วยราชการ หน่วยงานของรัฐ รัฐวิสาหกิจ หรือราชการส่วนท้องถิ่น ก่อนการอนุญาต หรือการดำเนินโครงการหรือกิจการใด ที่อาจมีผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม สุขอนามัย คุณภาพชีวิต หรือส่วนได้เสียสำคัญอื่นใด ที่เกี่ยวข้องกับตน หรือชุมชนท้องถิ่น และสิทธิแสดงความคิดเห็นของตนในเรื่องราวดังกล่าว ทั้งนี้ ตามกระบวนการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนที่กฎหมายบัญญัติ

2.5.1 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมเสียงในสิ่งแวดล้อม

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมเสียงในสิ่งแวดล้อมนั้นแบ่งเป็น 2 หมวดคือ

2.5.1.1 พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 จะมีบัญญัติที่เกี่ยวข้องอยู่ 3 ส่วน คือ

มาตรา 32 เพื่อประโยชน์ในการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติในคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ มีอำนาจประกาศในราชกิจจานุเบกษา กำหนดมาตรฐานสิ่งแวดล้อมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 15 (พ.ศ.2540) เรื่อง กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ออกโดยอาศัยอำนาจตามมาตรา 32 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 โดยประกาศนี้ได้กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไปไว้ดังนี้

1. ค่าระดับเสียงสูงสุดไม่เกิน 115 เดซิเบลเอ
2. ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 70 เดซิเบลเอ

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 17 (พ.ศ. 2543) เรื่อง ค่าระดับเสียงรบกวน ออกโดยอาศัยอำนาจตามมาตรา 32 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 โดยประกาศนี้

ข้อ 2 ให้กำหนดค่าระดับเสียงรบกวนไว้ที่ 10 เดซิเบลเอ หากระดับการรบกวนที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าระดับเสียงรบกวนตามวรรคแรก ให้ถือว่าเป็นเสียงรบกวน

ข้อ 3 วิธีการตรวจวัดระดับเสียงพื้นฐานและระดับเสียงขณะมีการรบกวน การคำนวณค่าระดับเสียงขณะมีการรบกวนและค่าระดับการรบกวน เป็นไปตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ

2.5.1.2 พระราชบัญญัติการสาธารณสุข แห่งชาติ พ.ศ. 2535 จะมีบัญญัติที่เกี่ยวข้องอยู่ 5 มาตรา คือ

มาตรา 25 ในกรณีที่มีเหตุอันก่อให้เกิดความเดือดร้อนแก่ผู้อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง หรือผู้ที่ต้องประสบกับเหตุนั้น ดังต่อไปนี้ ให้ถือว่าเป็นเหตุรำคาญ

ข้อ 4 การกระทำใด ๆ อันเป็นเหตุให้เกิดกลิ่น แสง รังสี เสียง ความร้อน สิ่งมีพิษ ความสั่นสะเทือน ฝุ่นละออง เขม่า เถ้า หรือกรณีอื่นใดจนเป็นเหตุให้เสื่อมหรืออาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

มาตรา 26 ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจห้ามผู้ใดผู้หนึ่งมิให้ก่อเหตุรำคาญในที่ หรือทางสาธารณะ หรือสถานที่เอกชน รวมทั้งการระงับเหตุรำคาญด้วย ตลอดจนการดูแลปรับปรุง บำรุงรักษา บรรดาถนน ทางบก ทางน้ำ คู คลอง และสถานที่ต่าง ๆ ในเขตของตนให้ปราศจากเหตุ รำคาญในการนี้ ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจ ออกคำสั่งเป็นหนังสือเพื่อระงับ กำจัด และควบคุม เหตุรำคาญต่าง ๆ ได้

มาตรา 27 ในกรณีที่มีเหตุรำคาญเกิดขึ้นหรืออาจเกิดขึ้นในที่ หรือทางสาธารณะ ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจ ออกคำสั่งเป็นหนังสือให้บุคคล ซึ่งเป็นเหตุ หรือเกี่ยวข้องกับการ ก่อ หรืออาจก่อให้เกิดเหตุรำคาญนั้น ระงับ หรือป้องกันเหตุรำคาญภายในเวลาอันสมควร ตามที่ ระบุไว้ในคำสั่ง และถ้าเห็นสมควรจะให้กระทำโดยวิธีใด เพื่อระงับหรือป้องกันเหตุรำคาญนั้น หรือสมควรกำหนดวิธีการเพื่อป้องกันมิให้เกิดขึ้นได้อีกในอนาคต ให้ระบุไว้ในคำสั่ง

มาตรา 28 ในกรณีที่มีเหตุรำคาญเกิดขึ้นหรืออาจเกิดขึ้นในสถานที่เอกชน ให้เจ้าพนักงาน ท้องถิ่นมีอำนาจ ออกคำสั่งเป็นหนังสือให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองสถานที่นั้น ระงับ เหตุรำคาญ ภายในเวลาอันสมควร ตามที่ระบุไว้ในคำสั่ง และถ้าเห็นสมควรจะให้กระทำโดยวิธีใด เพื่อระงับ หรือป้องกันเหตุรำคาญนั้น หรือสมควรกำหนดวิธีการเพื่อป้องกันมิให้เกิดขึ้นได้อีกในอนาคต ให้ระบุ ไว้ในคำสั่ง

มาตรา 74 ผู้ใดไม่ปฏิบัติตามคำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่น โดยไม่มีเหตุหรือข้อแก้ ตัวอันสมควร หรือการขัดขวางการปฏิบัติหน้าที่ของเจ้าพนักงานท้องถิ่น ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกิน 1 เดือน หรือปรับไม่เกิน 2,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

2.6 การระบายอากาศ

การระบายอากาศภายในห้องสู่นอกห้องนั้น มีจุดประสงค์ 3 ประการคือ

1. การแลกเปลี่ยนอากาศที่ดีภายนอกเพื่อเป็นการกำจัด กลิ่น คาร์บอนไดออกไซด์ และสิ่งไม่พึงประสงค์
2. เป็นการลดอุณหภูมิภายในห้อง (ในกรณีที่อุณหภูมิภายนอกต่ำกว่า)
3. เพื่อเป็นการลดอุณหภูมิของร่างกายเมื่ออาศัยอยู่ภายในห้องนั้น

โดยการระบายอากาศนั้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของช่องเปิด ความแตกต่างของ ความดันอากาศภายนอกและภายใน เช่น ถ้ามีความดันภายในห้องมีขนาดต่ำกว่าภายนอก ช่องเปิด ขนาดใหญ่จะมีการนำอากาศเข้ามาดีกว่า ช่องเปิดขนาดเล็ก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 การไหลเวียนอากาศภายในอาคาร

ระบบการระบายอากาศของอาคารมีสองแบบได้แก่ ระบบการระบายอากาศตามธรรมชาติ (passive system) และระบบการระบายอากาศโดยเครื่องกล (active system) มีสองเป้าหมายหลัก เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้เกิดภาวะน่าสบาย (thermal comfort) และควบคุม

คุณภาพอากาศภายในอาคาร (indoor air quality) โดยเฉพาะการลดมลพิษทางอากาศ การลดปริมาณความชื้น และการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิด้วยการไหลเวียนอากาศ (air movement) และการแลกเปลี่ยนอากาศ (air exchange) ในปริมาณที่เหมาะสม ระบบการระบายอากาศโดยเครื่องกลเหมาะที่จะใช้เมื่อต้องการควบคุมสภาพอากาศภายในอาคารให้ค่าคงที่ตลอดระยะเวลาใช้งาน หรือเมื่อสภาพอากาศภายนอกอาคารแปรปรวน หรือส่งผลเสียทางด้านสุขภาพต่อผู้ใช้สอยภายในอาคาร แม้ว่าในระบบการระบายอากาศโดยเครื่องกลจะมีการกรองสิ่งเจือปนออกจากอากาศแต่ทำได้เพียงสิ่งเจือปนที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ ดังนั้นคุณภาพอากาศภายนอกอาคารจึงยังคงมีความสำคัญกับคุณภาพอากาศภายในอาคารของการระบายทั้งสองระบบ สำหรับการเลือกใช้ระบบการระบายอากาศในปัจจุบันจึงพิจารณาทั้งการอนุรักษ์พลังงาน ผลคุณภาพของอากาศภายในอาคาร และสภาพอากาศบริเวณที่ตั้งอาคาร อีกทั้งพิจารณาประเภทกิจกรรม จำนวน และพฤติกรรมของผู้ใช้สอยอาคาร โดยทั่วไปมีปริมาณที่ 5 ถึง 25 ลิตรต่อวินาทีต่อคน หรือ 0.5 ถึง 3 หน่วยการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง (air change per hour)

2.6.2 อัตราการไหล

อัตราการไหล (Air flow rate) เป็นการหาปริมาณของการระบายอากาศใน 1 วินาที ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับขนาดของช่องเปิด ตามสมการที่ 2.21

$$vr = a \times v \quad (2.21)$$

เมื่อ vr = อัตราการไหล (m^3/s)
 v = ความเร็วลม (m/s)
 a = พื้นที่หน้าตัดของช่องลมออก (m^2)

2.6.3 อัตราการระบายอากาศใน 1 ชั่วโมง

อัตราการระบายอากาศใน 1 ชั่วโมง (Air change per hour) เป็นการหาอัตราการระบายอากาศ โดยคิดปริมาณอากาศที่ระบายออกเป็นจำนวนเท่าของปริมาตรห้องใน 1 ชั่วโมง ตามสมการที่ 2.22

$$N = \frac{vr \times 3600}{V} \quad (2.22)$$

เมื่อ N = อัตราการระบายอากาศใน 1 ชั่วโมง
 vr = อัตราการไหล (m^3/s)
 V = ปริมาตรห้อง (m^3)

2.7 ตัวอย่างช่องระบายอากาศที่มีจำหน่ายในต่างประเทศ

2.7.1 รูปแบบการระบายอากาศบริเวณผนัง

รูปแบบการระบายอากาศบริเวณผนังนั้น สามารถที่จะจำแนกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ ช่องเปิด และช่องระบายอากาศ

ช่องเปิด คือ ช่องเจาะที่สามารถเปิดให้ภายในและภายนอกเชื่อมถึงกันได้ โดยมีอุปกรณ์ที่สามารถเปิด – ปิดตัวช่องเปิดได้ เช่น หน้าต่างบานเปิดประเภทต่าง ๆ หน้าต่างบานเกล็ด หน้าต่างบานเลื่อน เป็นต้น วัสดุที่นำมาทำช่องเปิดนั้นมีหลากหลาย เช่น ไม้ กระจก เหล็ก อลูมิเนียม พลาสติก เป็นต้น

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 ตามรูปที่ 2.28



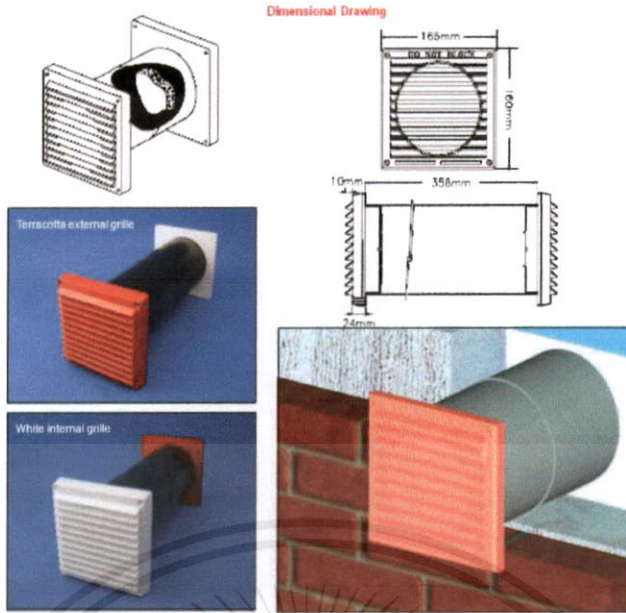
รูปที่ 2.28 ตัวอย่างอิฐระบายอากาศ

2.7.2 ตัวอย่างช่องระบายอากาศในต่างประเทศ ที่สามารถลดเสียงรบกวนได้

ในต่างประเทศนั้น ช่องระบายอากาศเป็นช่องสำหรับการถ่ายเทอากาศหลักของอาคาร เนื่องจากมีสภาพภูมิอากาศที่ไม่เอื้ออำนวยให้ใช้ช่องเปิดได้ตลอดเวลา ทำให้เกิดการออกแบบเพื่อให้ความสามารถในการระบายอากาศและการลดเสียงที่เข้าสู่อาคารได้ดีควบคู่กันไป โดยในต่างประเทศได้มีการตรวจสอบแล้วว่าสามารถลดปริมาณเสียงที่เข้าสู่อาคารได้จริง

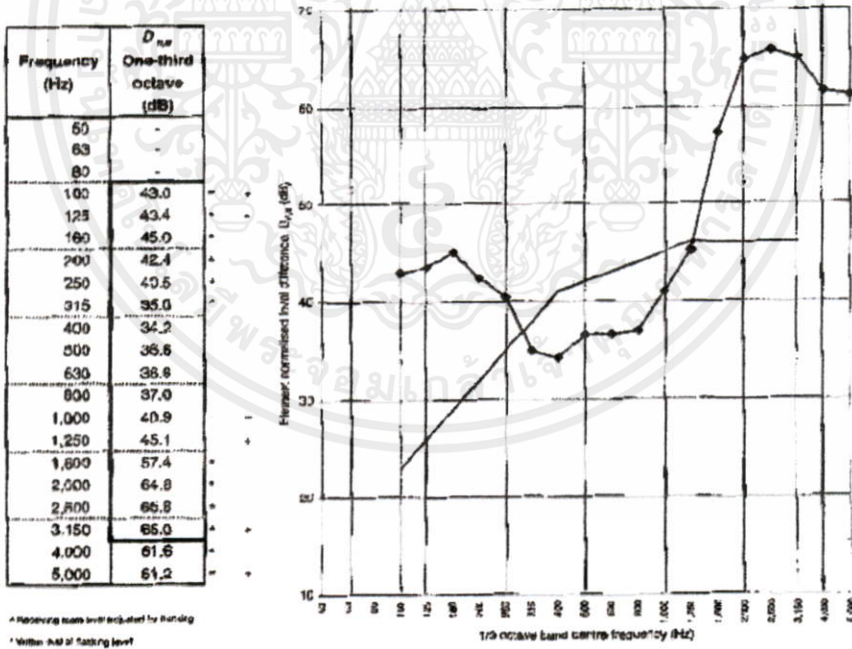
Rytons 125mm Acoustic Air Core (AAC5) เป็นช่องระบายอากาศที่มีจำหน่ายจริง ผลิตจากบริษัท Rytons Building Product มีลักษณะเป็นช่องเกล็ดสี่เหลี่ยมทั้งด้านในและด้านนอกอาคาร โดยมีท่อกลมซึ่งติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงไว้ เป็นส่วนเชื่อมต่อ และเป็นส่วนฝังไว้ในผนัง ดังรูปที่ 2.29 หลังจากทำการทดสอบจากห้องทดลองแล้วสามารถลดเสียงที่เข้าสู่อาคารได้ 41 dB

จากตารางที่ 2.1 จะสังเกตได้ว่า อุปกรณ์ตัวนี้สามารถลดเสียงได้ดี ในช่วงความถี่ต่ำ ตั้งแต่ 250 Hz ลงมา และในช่วงความถี่สูง ตั้งแต่ 1600 Hz เป็นต้นไป



รูปที่ 2.29 Rytons 125mm Acoustic Air Core (AAC5)

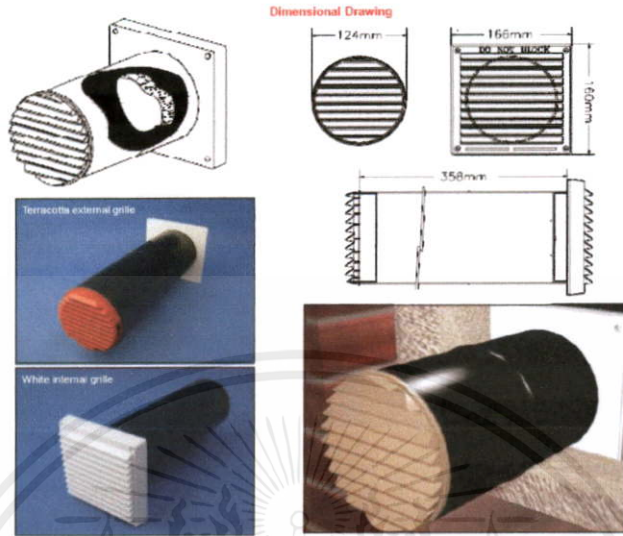
ตารางที่ 2.1 แสดงประสิทธิภาพของ Rytons 125mm Acoustic Air Core (AAC5)



* Receiving room interference by flanking
 * Within limit of flanking level

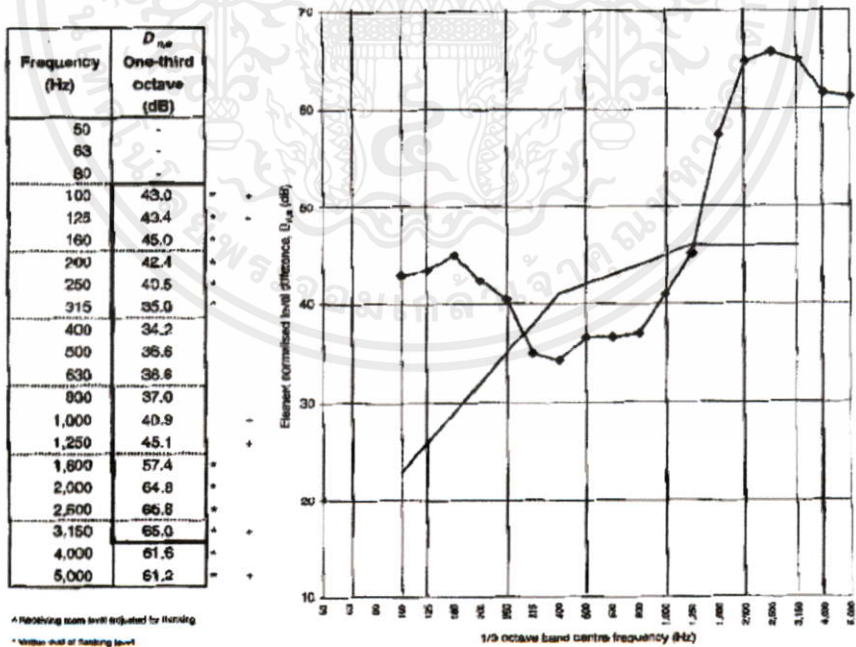
Rytons 125mm Acoustic High Rise Air Core (AAH5) เป็นช่องระบายอากาศที่มีจำหน่ายจริง ผลิตจากบริษัท Rytons Building Product เป็นช่องระบายอากาศที่มีลักษณะคล้ายกับไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม อื่นๆห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไข และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้แบบแรก คือ มีลักษณะเป็นช่องเกล็ดสี่เหลี่ยมด้านในและช่องเกล็ดกลมด้านนอกอาคารขนาดเท่ากับท่อ โดยมีท่อกลมซึ่งติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงไว้ เป็นส่วนเชื่อมต่อ และเป็นส่วนฝังไว้ในผนัง ดังรูป 2.30 หลังจากทำการทดสอบจากห้องทดลองแล้วสามารถลดเสียงที่เข้าสู่อาคารได้ 41 dB

จากตารางที่ 2.2 จะสังเกตได้ว่า อุปกรณ์ตัวนี้สามารถลดเสียงได้ดี ในช่วงความถี่ต่ำ ตั้งแต่ 250 Hz ลงมา และในช่วงความถี่สูง ตั้งแต่ 1600 Hz เป็นต้นไป คล้ายกับแบบแรก

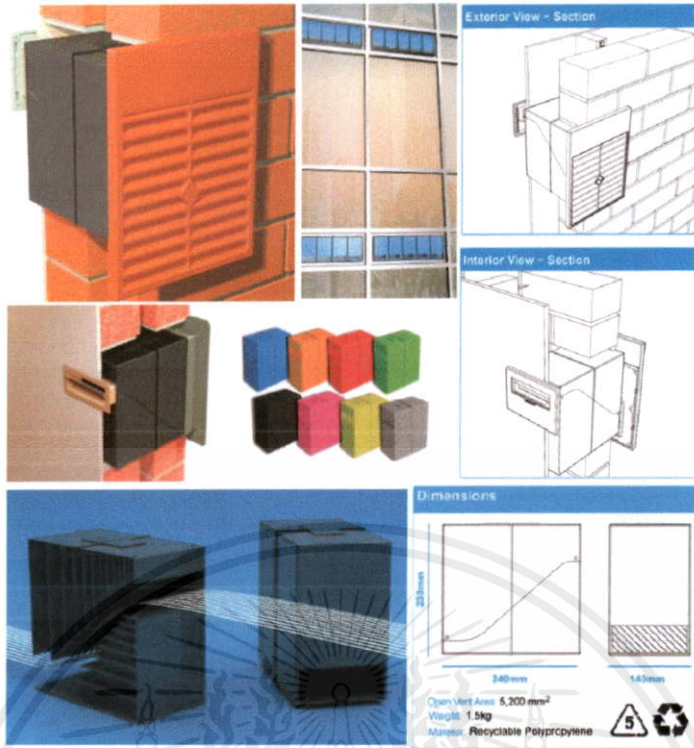


รูปที่ 2.30 Rytons 125mm Acoustic High Rise Air Core (AAH5)

ตารางที่ 2.2 แสดงประสิทธิภาพของ Rytons 125mm Acoustic High Rise Air Core (AAH5)

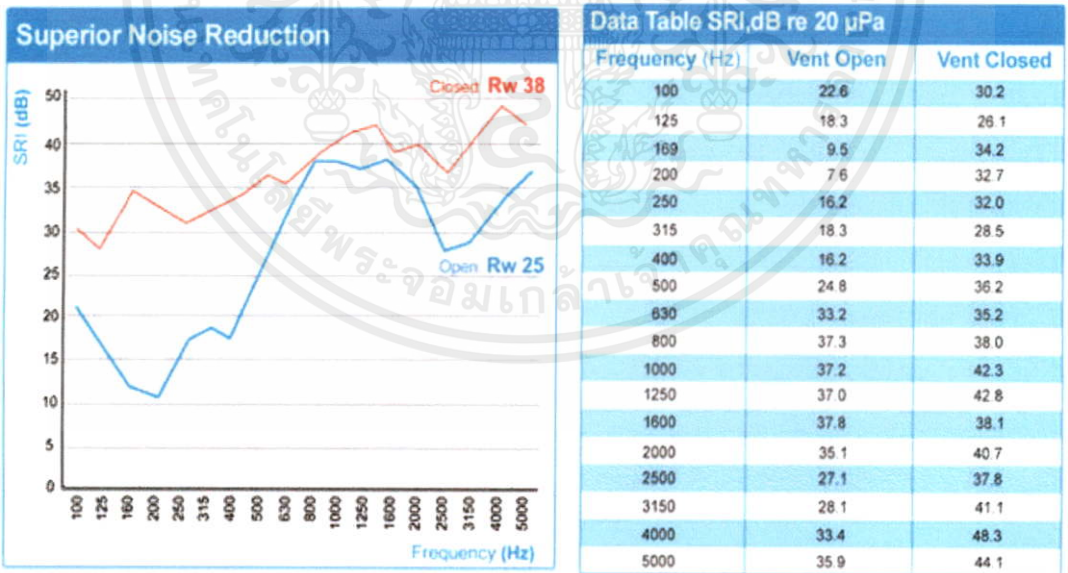


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
Silence air เป็นช่องระบายอากาศที่มีลักษณะเป็นกล่อง มีช่องเจาะด้านนอกและด้านใน
 ไม่ว่าจะฉาบให้ทางไหน ออกทั้งห้ามีฉาบแบบฉาบเนื้อห้า และช่องช่องสูงเจาะของฉาบที่ฉาบทุกชั้นที่ฉาบนั้นจะไม่
 ไม่ตรงกัน ภายในจะทำการกันเป็นช่องเล็ก ๆ เพื่อจะใช้ช่องเหล่านี้ในการลดเสียงโดยไม่อาศัยวัสดุ
 ดูดซับเสียง ดังรูปที่ 2.31 การออกแบบลักษณะนี้ทำให้ได้ประสิทธิภาพในการลดเสียงเข้าสู่อาคาร
 25 dB



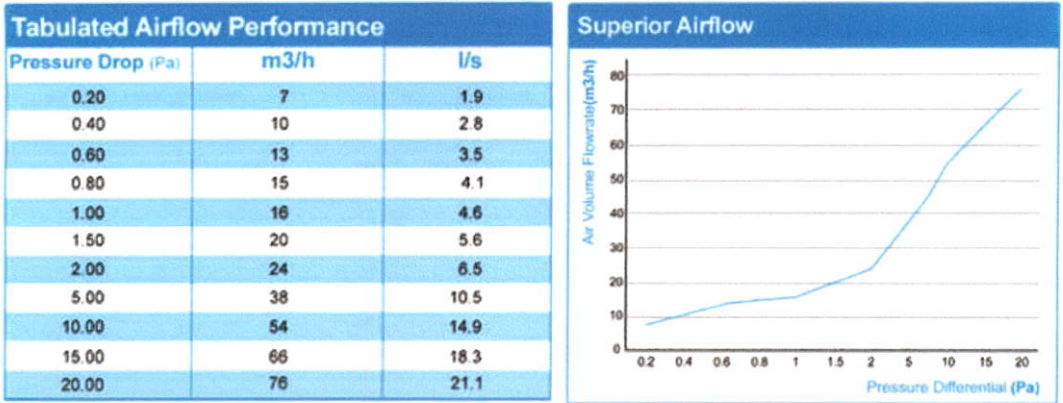
รูปที่ 2.31 Silence air

ตารางที่ 2.3 แสดงประสิทธิภาพในการลดเสียงของ Silence air



จากตารางที่ 2.3 จะสังเกตได้ว่า อุปกรณ์ตัวนี้สามารถลดเสียงได้ดี ในช่วงความถี่กลาง ๆ ตั้งแต่ 500 Hz ไปจนถึง 5000 Hz และในตารางที่ 2.4 เป็นค่าประสิทธิภาพในการระบายอากาศ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงประสิทธิภาพในการระบายอากาศของ Silence air



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของ อิฐระบายอากาศ

ในบทที่ 3 นี้กล่าวถึงวิธีการทดลองและวิธีการวิเคราะห์ผลของอิฐระบายอากาศ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. วิธีการรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน การทดลองเรื่องการระบายอากาศและเรื่องเสียงของอิฐระบายอากาศ
2. วิธีการวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศ และการลดเสียงของอิฐระบายอากาศ

3.1 วิธีการรวบรวมข้อมูลของอิฐระบายอากาศ

3.1.1 ข้อมูลพื้นฐานของอิฐระบายอากาศ

การรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของอิฐระบายอากาศนั้น จะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

3.1.1.1 รวบรวมอิฐระบายอากาศ ที่มีขายอยู่ตามร้านขายอุปกรณ์ก่อสร้างทั่วไป โดยมีข้อกำหนดพื้นฐาน คือ

1. ขนาด และสัดส่วนของตัวอิฐระบายอากาศ ต้องมีขนาดที่ใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อก คือ มีขนาดประมาณ 20×40 เซนติเมตร และมีความหนาประมาณ 7 เซนติเมตร
2. วัสดุของตัวอิฐระบายอากาศ จะต้องทำมาจากวัสดุชนิดเดียวกันกับคอนกรีตบล็อก คือ ทำมาจากคอนกรีตผสมกับหินเกล็ดขนาดเล็ก แล้วทำการอัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์
3. ตลาดขายของอิฐระบายอากาศ ในการทดลองครั้งนี้เป็นการหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศที่มีรูปแบบแตกต่างกัน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานของอิฐระบายอากาศแบบต่าง ๆ สำหรับการเลือกใช้ หรือสำหรับใช้ในการวิจัยเพื่อออกแบบอิฐระบายอากาศรูปแบบใหม่ ๆ ต่อไป

3.1.1.2 ข้อมูลเบื้องต้นของอิฐระบายอากาศ โดยนำอิฐระบายอากาศที่หาได้มาทำการศึกษาในด้านต่าง ๆ 2 เรื่อง คือ

1. ศึกษาในเรื่องขนาดและของสัดส่วนช่องเปิดของอิฐระบายอากาศ ว่าในแต่ละรูปแบบ มีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร
2. ศึกษาในเรื่องสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของอิฐระบายอากาศ ว่าในแต่ละรูปแบบมีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงแตกต่างกันอย่างไร โดยแบ่งความถี่แบบ 1 ออกเทบแบนด์ คือ 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz และ 4 kHz

ซึ่งการคำนวณหาสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของอิฐระบายอากาศนั้น สามารถทำได้โดยใช้สมการผลรวมการดูดกลืนเสียงของวัสดุ (สมการที่ 2.8 ในบทที่ 2) เมื่อนำมาแทนค่าด้วยอิฐระบายอากาศจะได้รูปแบบสมการ ดังสมการที่ 3.1

$$A_{vb} = (a_{vb} \times s_{vb}) \quad (3.1)$$

เมื่อ a_{vb} = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของอิฐระบายอากาศ
 s_{vb} = พื้นที่ผิวที่ดูดกลืนเสียงของอิฐระบายอากาศ (m^2)
 A_{vb} = ผลรวมการดูดกลืนเสียงของอิฐระบายอากาศ (m^2)

แต่เนื่องจากอิฐระบายอากาศนั้นมีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ ส่วนที่บิที่ทำจากคอนกรีตผสมกับหินเกล็ดขนาดเล็กซึ่งสามารถใช้สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของคอนกรีตบดลือกได้ เพราะวัสดุที่นำมาใช้ทำเป็นวัสดุชนิดเดียวกัน และส่วน โลง ซึ่งจะได้ตามสมการที่ 3.2 และเมื่อแทนค่า 1 ลงในส่วนของค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงส่วน โลงของอิฐระบายอากาศ เพราะสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของอากาศที่มีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้นจึงได้สมการผลรวมการดูดกลืนเสียงของอิฐระบายอากาศตามสมการที่ 3.3

$$A_{vb} = (a_s \times s_s) + (a_v \times s_v) \quad (3.2)$$

$$A_{vb} = (a_s \times s_s) + s_v \quad (3.3)$$

เมื่อ a_s = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงส่วนที่บิของอิฐระบายอากาศ
 s_s = พื้นที่ผิวที่ดูดกลืนเสียงส่วนที่บิของอิฐระบายอากาศ (m^2)
 a_v = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงส่วน โลงของอิฐระบายอากาศ
 s_v = พื้นที่ผิวที่ดูดกลืนเสียงส่วน โลงของอิฐระบายอากาศ (m^2)

ทั้งสมการที่ 3.1 และสมการที่ 3.3 ต่างก็เป็นสมการเพื่อหาผลรวมการดูดกลืนเสียงของอิฐระบายอากาศ จึงสามารถนำสมการทั้งสองมารวมกัน ซึ่งจะได้

$$A_{vb}(3.1) = A_{vb}(3.2)$$

$$(a_{vb} \times s_{vb}) = (a_s \times s_s) + s_v$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปล $a_{vb} = \frac{(a_s \times s_s) + s_v}{s_{vb}}$ หรือเผยแพร่เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไป (3.4)

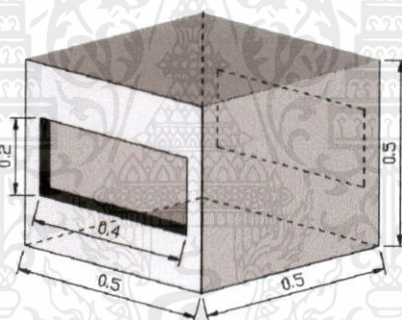
จากสมการที่ 3.4สามารถที่จะคำนวณหาสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของอิฐระบายอากาศในรูปแบบต่าง ๆ ได้

3.1.2 วิธีการทดลองเรื่องการระบายอากาศเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศ

มีจุดประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศของอิฐระบายอากาศแต่ละตัว โดยแบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

3.1.2.1 เตรียมการทดลองเรื่องการระบายอากาศ โดยการทดลองด้านการระบายของอากาศอิฐระบายอากาศนั้น อาศัยอุปกรณ์ในการทดลอง 3 อย่าง คือ

1. กล่องทดลอง มีขนาด $50 \times 50 \times 50$ เซนติเมตรเพื่อให้สามารถนำไปตั้งในอุโมงค์ลมได้ ด้านหน้าและด้านหลังเจาะช่องขนาด 20×40 เซนติเมตรให้ตรงกันเพราะเป็นรูปแบบของการระบายอากาศที่ดีที่สุด โดยช่องด้านหน้าเป็นที่สำหรับติดตั้งอิฐระบายอากาศ และช่องด้านหลังเป็นช่องทางออกของลม ซึ่งจะใช้เป็นช่องสำหรับตรวจวัดความเร็วลมที่สามารถผ่านอิฐระบายอากาศออกมาได้ โดยสัดส่วนของกล่องเป็นไปตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 รูปแบบของกล่องทดลอง

2. อุโมงค์ลม ต้องมีการตั้งความเร็วของพัดลมให้มีความเร็วลมที่ 1.5 , 2.0 , 2.5 และ 3.0 เมตรต่อวินาที เพื่อใช้ในการทดลอง โดยวิธีการปรับตั้ง คือ

- เปิดพัดลมของอุโมงค์ลม และใช้เครื่องมือตรวจวัดความเร็วลมทำการวัดความเร็วลม ณ ตำแหน่งที่จะนำกล่องทดลองไปตั้ง

- ปรับตั้งความเร็วลมของพัดลม โดยอ่านค่าจากเครื่องมือตรวจวัดความเร็วลมให้มีค่า 1.5 เมตรต่อวินาที

- เมื่อได้ความเร็วลมที่ต้องการแล้วให้ทำจุดสังเกตไว้บนเครื่องปรับตั้งความเร็วลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตให้ถือว่าผิดกฎหมาย

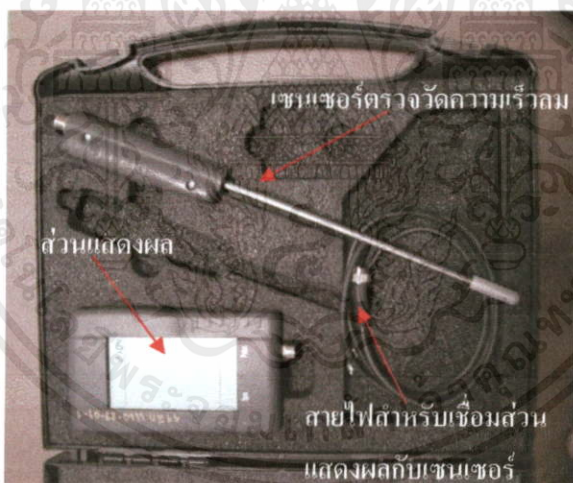
- ทำซ้ำขั้นตอนเดิมเพื่อหาปรับตั้งความเร็วลม 2.0 , 2.5 และ 3.0 เมตรต่อ

วินาที



รูปที่ 3.2 พัดลม ก่อตั้งควบคุมความเร็วพัดลม และการตั้งค่าความเร็วของพัดลมเพื่อใช้ในการทดลอง

3. เครื่องมือตรวจวัดความเร็วลม เครื่องมือตรวจวัดความเร็วลมที่ใช้ เป็นเครื่องตรวจวัดความเร็วลมแบบ HOT WIRE ซึ่งจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบใบพัด ซึ่งเครื่องที่ใช้เป็นของบริษัท Lufft รุ่น C 400 ซึ่งจะมีส่วนประกอบอยู่ 3 ส่วน คือ ส่วนแสดงผล เช่น เซนเซอร์ตรวจวัดความเร็วลม และสายไฟสำหรับเชื่อมต่อเซนเซอร์กับส่วนแสดงผลเข้าด้วยกัน ตามรูปที่ 3.3 โดยก่อนจะนำเครื่องมือตรวจวัดความเร็วลมมาใช้งาน ต้องนำเครื่องมือไปสอบเทียบที่กระทรวงวิทยาศาสตร์



รูปที่ 3.3 แสดงเครื่องมือตรวจวัดความเร็วลม

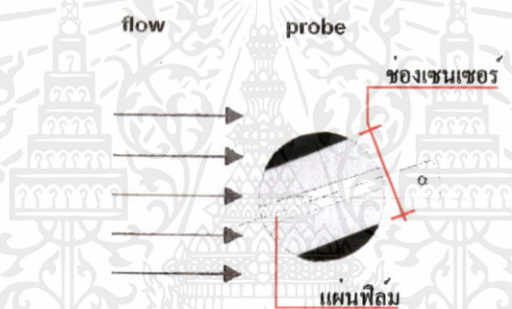
วิธีการใช้งานเครื่องวัดความเร็วลม คือ นำสายไฟสำหรับเชื่อมส่วนแสดงผลกับเซนเซอร์มาต่อเชื่อมทั้ง 2 ส่วนเข้าด้วยกัน จากนั้นทำการเปิดเครื่อง แล้วตั้งค่าเครื่องวัดความเร็วลมให้วัดความเร็วลมออกมาเป็นหน่วย m/s ซึ่งค่าที่ได้จะแสดงออกมาทางหน้าจอตามรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงการใช้งานเครื่องมือวัดความเร็วลม

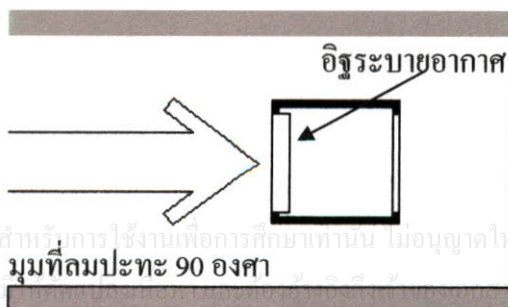
วิธีการนำเครื่องไปตรวจวัดความเร็วลม คือ การนำเอาเซนเซอร์ตรวจวัดความเร็วลม ไปวางไว้ยังตำแหน่งที่กำหนด โดยให้แผ่นฟิล์มในช่องของเซนเซอร์ทำมุม 0° กับทิศทางลมลม (สามารถบิดทำมุมได้ไม่เกิน $\pm 15^\circ$) ตามรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงการใช้เซนเซอร์วัดลม

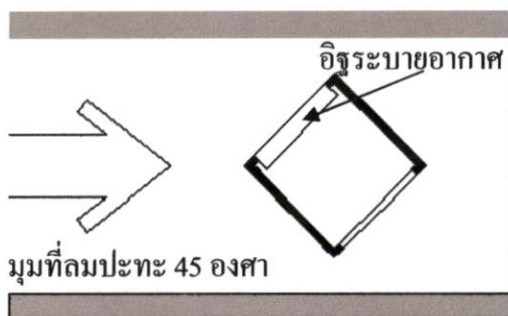
3.1.2.2 วิธีการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศ มีขั้นตอนดัง คือ

1. นำกล่องทดลองที่เตรียมไว้มาตั้ง แล้วนำอิฐระบายอากาศมาติดตั้งทางด้านหน้าของกล่องทดลอง โดยหันหน้ากล่องทดลองทำมุมกับลมที่มาปะทะตามที่ต้องการ คือ ทำมุม 45 และ 90 องศา ตามรูปที่ 3.6 และ 3.7



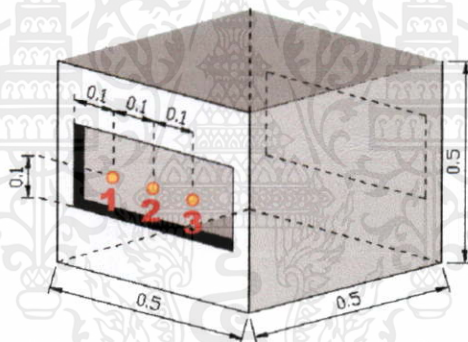
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาต ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 รูปแบบการทดลองเรื่อง ประสิทธิภาพในการระบายอากาศ โดยลมปะทะทำมุมตั้งฉาก กับอิฐระบายอากาศ



รูปที่ 3.7 รูปแบบการทดลองเรื่อง ประสิทธิภาพในการระบายอากาศโดยลมปะทะทำมุม 45° กับอิฐระบายอากาศ

2. เปิดพัดลมในอุโมงค์ลมตามความเร็วลมที่ได้ตั้งไว้ จากนั้นทำการตรวจวัดความเร็วลมภายนอกกล่องบริเวณช่องเจาะด้านหลังกล่องทดสอบ ซึ่งตำแหน่งในการตรวจวัดหาค่านั้นแสดงไว้ในรูปที่ 3.8




รูปที่ 3.8 แสดงตำแหน่งในการวัดความเร็วลม ทางด้านหลังของกล่อง

3. บันทึกความเร็วลมที่ตรวจวัดออกมาได้ เพื่อนำค่าไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการระบายอากาศของอิฐระบายอากาศ

3.1.2.3 บันทึกผลการทดลองเรื่องการระบายอากาศ จะบันทึกค่าที่ตรวจวัดมาได้ในตาราง ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองเรื่องการระบายอากาศ

แบบที่	รูปแบบ	ตั้งต้น	ความเร็วลม (m/s)			
			ที่ส่งผ่านมาได้			
			จุดตรวจวัดที่ 1	จุดตรวจวัดที่ 2	จุดตรวจวัดที่ 3	เฉลี่ย
1		1.5				
		2.0				
		2.5				
		3.0				

เมื่อบันทึกครบทั้ง 3 ค่า จากนั้นหาความเร็วลมเฉลี่ยโดยใช้สมการที่ 3.5

$$v_{average} = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{3} \quad (3.5)$$

เมื่อ $v_{average}$ = ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)
 v_1, v_2, v_3 = ความเร็วลมที่วัดได้ (m/s)

3.1.3 วิธีการทดลองเรื่องเสียงเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดเสียง

มีจุดประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพในการลดเสียงของอิฐระบายอากาศของอิฐระบายอากาศแต่ละตัว โดยแบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

3.1.3.1 เตรียมการทดลองเรื่องเสียง เป็นการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหาประสิทธิภาพในการลดเสียง ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลจากของจริง โดยจะใช้อุปกรณ์ในการทดลอง 3 อย่างคือ

1. **ห้องทดลอง** ใช้ห้องที่มีลักษณะเป็นห้องปิดทึบทุกด้าน ยกเว้นด้านที่ทำการทดสอบจะมีการเจาะช่องเอาไว้ เพื่อติดตั้งอิฐระบายอากาศที่จะนำมาทดสอบ ในส่วนขนาดของห้องนั้น สัดส่วนภายในที่เล็กที่สุด คือ เมื่อตั้งไมโครโฟนสำหรับการทดสอบโดยตั้งสูงจากพื้น 1.2 เมตรแล้ว รัศมีโดยรอบในแนวราบจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 1 เมตร ยกเว้นในส่วนที่ตรงกับช่องเจาะที่ใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบนั้น จะต้องห่างจากไมโครโฟนสำหรับการทดสอบ 1.5 เมตร ซึ่งค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการกำหนดสัดส่วนห้องนั้น นำมาจากกำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ซึ่งเป็นข้อกำหนดพื้นฐานในการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดเสียง (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15 ปีพ.ศ. 2540)

จากสัดส่วนข้างต้น จะได้ห้องที่มีขนาดเล็กที่สุดในการทดลองคือ 2×2.5 เมตร ซึ่งเป็นห้องที่มีขนาดเล็กมาก แต่ห้องพักอาศัยเล็กที่สุดที่ผู้ออกแบบนิยมออกแบบคือ ขนาด 4×3 เมตร ซึ่งมีขนาดที่ใหญ่กว่า สามารถนำมาใช้ในการทดลองได้

ดังนั้นห้องที่นำมาใช้ในการทดสอบจึงมีขนาดภายในเท่ากับ 4×3 เมตรผนังทำด้วยอิฐมวลเบา ผนังด้านหนึ่งจะทำการเจาะช่องสำหรับใส่อิฐระบายอากาศไว้กึ่งกลางผนังทั้งแนวตั้งและแนวนอนขนาด 20×40 เซนติเมตร มีประตูอยู่ฝั่งตรงกันข้ามกับผนังที่ใช้ในการทดสอบอิฐระบายอากาศ

2. **เครื่องมือตรวจวัดเสียง** ที่ใช้เป็นของ SVANTEK รุ่น SVAN 912 AE ซึ่งผลิตในประเทศโปแลนด์ โดยเครื่องตรวจวัดระดับเสียงนี้ได้มาตรฐาน IEC 651; 1979, DIN EN60651; 1994, IEC 804; 1985, DIN EN60804; 1994, IEC 1260; 1994 และ ISO 8041; 1990 ซึ่งเป็นมาตรฐานควบคุมเครื่องมือตรวจวัดระดับเสียง ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ยอมรับกันทั่วโลก รวมทั้ง

ในประเทศไทย โดยก่อนจะนำเครื่องมือตรวจวัดระดับเสียงมาใช้งาน ต้องนำเครื่องมือไปสอบเทียบกับกระทรวง วิทยาศาสตร์

เครื่องมือตรวจวัดระดับเสียงประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนประมวลผล ส่วนรับเสียงซึ่งแยกออกได้เป็น คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน กับส่วนภาคขยายเสียง และส่วนของสายไฟสำหรับเชื่อมต่อทั้ง 2 ส่วนแรกเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 3.9 เมื่อต่อเพื่อใช้งานจะได้ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.9 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ตรวจวัดเสียง



รูปที่ 3.10 วิธีการต่ออุปกรณ์ตรวจวัดเสียงเพื่อนำไปใช้งาน

ในการตั้งค่าเครื่องมือวัดระดับเสียงตามมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษนั้น เป็นการตั้งค่าเพื่อให้ได้ค่าระดับเสียงเฉลี่ย (L) ที่สามารถนำไปแทนในสมการ ISO 140 Part V เพื่อคำนวณหาค่าดัชนีการลดเสียงของวัสดุได้ ดังนี้

- เลือกใช้ช่วงจรถ่วงน้ำหนัก “ A ” (dB A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมควบคุมมลพิษ ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

- ตั้งเวลาการเก็บข้อมูล 1 วินาที และมีระยะเวลาเก็บข้อมูลไม่น้อยกว่า 5 นาที ซึ่งสามารถนำมาเป็นตัวแทนของระดับเสียง ณ จุดตรวจวัดได้

จากข้อกำหนดของกรมควบคุมมลพิษ จึงมีการตั้งค่าเครื่องมือตรวจวัดระดับเสียงที่ทำการทดลองในครั้งนี้นี้ดังนี้

- เลือกการทำงานเป็น Analyzer mode ตามรูปที่ 3.11



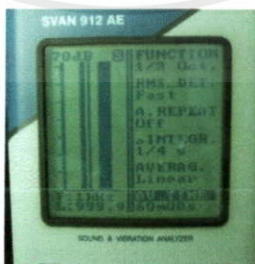
รูปที่ 3.11 วิธีการเลือกใช้งาน Analyzer Mode ของ Svantek 912 AE

- เลือกการตั้งค่า Input โดยเข้าไปตั้ง ค่า Filter เป็น A ตามรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การตั้งค่า Input ของ Svantek 912 AE

- เลือกการตั้งค่า Function โดยเข้าไปตั้ง ค่า Function ให้เป็น 1/3 Octave, ค่า RMS_DET. ให้เป็น Fast, ค่า Δ Intrgr. ให้เป็น 1/4 s, ค่า Averag. ให้เป็น Linear, ค่า AV. TIME ให้เป็น 60 m 00 s ตามรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การตั้งค่า Function ของ Svantek 912 AE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

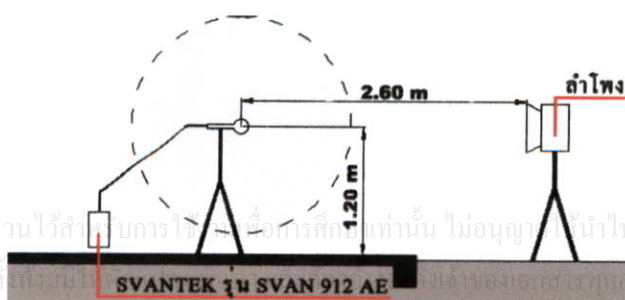
3. เครื่องกำเนิดเสียง นั้นมีด้วยกัน 2 ส่วน คือ ส่วนให้กำเนิดเสียง Pink noise โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์สร้างเสียง Pink noise และอีกส่วนคือลำโพง โดยใช้เครื่องขยายเสียงที่มีลำโพงแบบซับวูฟเฟอร์ (Sub-Woofers) ขนาด 10 นิ้วในตัว ซึ่งเป็นขนาดที่ยอมรับให้เป็นลำโพงสำหรับทดสอบเรื่องเสียงได้ ตามรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การตั้งเครื่องกำเนิดเสียง

3.1.3.2 วิธีการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดเสียง มีขั้นตอน คือ

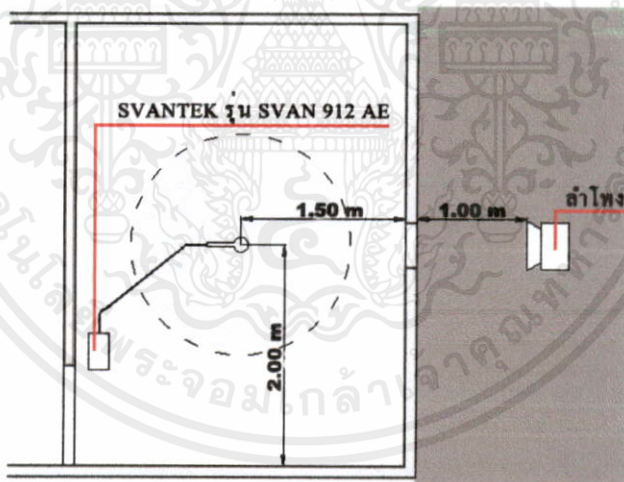
1. ตรวจวัดระดับเสียงภายนอก เป็นการตรวจวัดระดับเสียงแบคราวด์ และระดับความดันเสียงของลำโพง โดยทดลองตามมาตรฐาน ISO 140 ด้วยการติดตั้งลำโพงสำหรับปล่อยเสียงทดสอบให้ห่างจากไมโครโฟนของเครื่องมือตรวจวัดเสียงเท่ากับระยะที่ใช้ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบจริงในห้องทดสอบ คือ 2.6 เมตร และไมโครโฟนสำหรับการตรวจวัดระดับเสียงสูงจากพื้น 1.2 เมตร บริเวณโดยรอบไมโครโฟน รัศมี 1 เมตรจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางหรือกำแพง ตามรูปที่ 3.15 จากนั้นทำการตรวจวัดระดับเสียงแบคราวด์ เป็นช่วงเวลา ช่วงละ 1 ชั่วโมงจำนวน 6 ช่วง และทำการเปิดเสียง แล้วตรวจวัดระดับเสียงที่ปล่อยมาจากลำโพง โดยจะบันทึกค่าผลการทดลอง เช่นเดียวกับการตรวจวัดระดับเสียงแบคราวด์



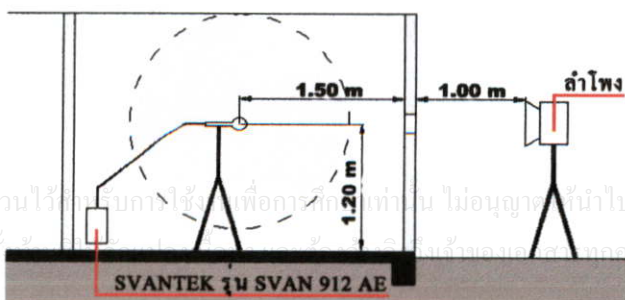
รูปที่ 3.15 การติดตั้งเครื่องมือสำหรับการทดสอบเพื่อหาระดับความดันเสียงของลำโพง

2. ตรวจวัดระดับความดันเสียงภายใน เป็นการตรวจวัดระดับเสียงแบคกราวด์ และระดับความดันเสียงของลำโพงที่ส่งผ่านเข้ามาได้ โดยทำการติดตั้งไมโครโฟนสำหรับการตรวจวัดระดับเสียงไว้กึ่งกลางห้องทดลอง ซึ่งตั้งสูงจากพื้น 1.2 เมตร และอยู่ห่างจากหน้าต่างเป็นระยะ 1.5 เมตร ส่วนลำโพงติดตั้งไว้ภายนอกห้องทดลอง ตามรูปที่ 3.16 และรูปที่ 3.17 จากนั้นทำการตรวจวัดระดับเสียงแบคกราวด์ เป็นช่วงเวลา ช่วงละ 1 ชั่วโมง และทำการวัดระดับเสียงที่ปล่อยมาจากลำโพง โดยจะบันทึกค่าผลการทดลองเช่นเดียวกับการตรวจวัดระดับเสียงแบคกราวด์ โดยจะทำการศึกษาเป็นกรณีดังนี้

- ตรวจวัดเป็นช่วงเวลา จำนวน 6 ช่วงเวลา ในระดับความดันเสียงแบคกราวด์ และระดับความดันเสียงของลำโพงที่ส่งผ่านของช่องปิดทึบ
- ตรวจวัดเป็นช่วงเวลา จำนวน 6 ช่วงเวลา ในระดับความดันเสียงแบคกราวด์ และระดับความดันเสียงของลำโพงที่ส่งผ่านของช่องเปิดโล่ง
- ตรวจวัดเป็นช่วงเวลา จำนวน 3 ช่วงเวลา ในระดับความดันเสียงแบคกราวด์ และระดับความดันเสียงของลำโพงที่ส่งผ่านของอิฐระบายอากาศแต่ละก้อน โดยทดลองกับอิฐระบายอากาศจำนวน 10 แบบ



รูปที่ 3.16 ผังแสดงการติดตั้งเครื่องมือในการทดลองเรื่องเสียง



รูปที่ 3.17 รูปตัดแสดงการติดตั้งเครื่องมือในการทดลองเรื่องเสียง

3.2.1 การวิเคราะห์ผลเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศ

การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศ เป็นการนำเอาค่าความเร็วลมที่ตรวจวัดได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์ โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ

3.2.1.1 ความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศ โดยการนำค่าความเร็วลมตั้งต้น และค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ได้มาหาความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศ

$$\text{ความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศ (\%)} = \frac{v_{\text{average}} \times 100}{v} \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } v_{\text{average}} &= \text{ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)} \\ v &= \text{ความเร็วลมตั้งต้น (m/s)} \end{aligned}$$

3.2.1.2 อัตราการไหลของการระบายอากาศ เป็นการคำนวณหาค่าของปริมาณอากาศที่ระบายออกไปได้ในระยะเวลา 1 วินาที (สมการที่ 2.21 บทที่ 2) โดยใช้ค่าความเร็วลมเฉลี่ยจากสมการที่ 3.6

จากสมการดังกล่าว สามารถที่จะนำไปวิเคราะห์ได้ว่า อีฐระบายอากาศที่นำมาทดลองนั้นก่อนใดมีความสามารถในการระบายอากาศได้ดีที่สุด โดยดูจากค่าอัตราการไหลของอีฐก่อนนั้น ถ้ามีค่าสูงย่อมแสดงว่าอีฐก่อนดังกล่าวมีความสามารถในการระบายอากาศได้ดีมาก คือมีการแลกเปลี่ยนอากาศได้ในปริมาณมาก ๆ ในระยะเวลา 1 วินาที

3.2.2 การวิเคราะห์ผลเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดเสียง

การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดเสียง จะทำการวิเคราะห์ 3 ส่วน สำคัญ คือ

3.2.2.1 ระดับความดันเสียงสุทธิ คือ การนำค่าระดับความดันเสียงรวม ซึ่งเป็นการตรวจวัดระดับความดันเสียงในขณะที่เปิดเสียงลำโพง กับระดับความดันเสียงแบบกราวด์ที่ตรวจวัดมาได้ มาหักลบกันเพื่อหาระดับความดันเสียงสุทธิ ซึ่งการหักลบดังกล่าวจะใช้สมการที่ 3.8 โดยนำมาจากสมการหักลบเดซิเบลด้วยการใช้สมการปรับแก้ (สมการที่ 2.20 ในบทที่ 2)

$$L = L_T + 10 \log_{10} \left(1 - 10^{-\frac{\{L_T - L_b\}}{10}} \right) \quad (3.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } L &= \text{ระดับความดันเสียงสุทธิ (dB)} \\ L_T &= \text{ระดับความดันเสียงรวม (dB)} \\ L_b &= \text{ระดับความดันเสียงแบบกราวด์ (dB)} \end{aligned}$$

3.2.2.2 ดัชนีการลดเสียง (Sound Reduction Index) จากสมการที่ 3.9 นั้นเป็นสมการ ดัชนีการลดเสียงของ ISO 140 part V โดยค่าดัชนีการลดเสียงของวัสดุสามารถนำไปหาระดับเสียง ที่ส่งผ่านเข้ามาได้มากหรือน้อยเท่าไรนั้น เพียงแค่วัดตรวจระดับความดันเสียงภายนอกอาคารมาแล้ว หักลบกับค่าดัชนีการลดเสียงของวัสดุนั้น ก็จะได้ระดับความดันเสียงที่ส่งผ่านเข้ามาในห้องได้ทันที

ดังนั้นค่าดัชนีการลดเสียงของวัสดุนั้น ยังมีค่ามากย่อมแสดงให้เห็นว่ามีความสามารถในการลดเสียงได้ดี

$$SRI = L_{out} - \left\{ L_{in} + 10 \log_{10} \left(\frac{4s \cos \theta}{A} \right) \right\} \quad (3.9)$$

- เมื่อ SRI = ดัชนีการลดเสียงของวัสดุ (dB)
 L_{out} = ระดับความดันเสียงสุทธิของลำโพง (dB) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ 3.8
 L_{in} = ระดับความดันเสียงสุทธิภายในห้องทดลอง (dB) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ 3.8
 s = พื้นที่ของอิฐระบายอากาศในส่วนที่รับเสียง (m^2)
 A = ผลรวมการดูดกลืนเสียงของห้องทดลอง (m^2)
 θ = มุมของลำโพงที่กระทำกับอิฐระบายอากาศ ($^{\circ}$)

3.2.2.3 การหาประสิทธิภาพในการลดเสียง เมื่อเทียบกับช่องปิดทึบ และช่องเปิดโล่ง ใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าดัชนีการลดเสียงของอิฐระบายอากาศกับของช่องเปิดโล่ง โดยสมมติให้ ดัชนีการลดเสียงของช่องปิดทึบ คือ ประสิทธิภาพในการลดเสียงสูงที่สุด หรือเท่ากับ 100 % และให้ค่า ดัชนีการลดเสียงของช่องเปิดโล่ง คือ ประสิทธิภาพในการลดเสียงต่ำที่สุด หรือเท่ากับ 0 % ตามสมการที่ 3.10

$$\text{ประสิทธิภาพในการลดเสียง (\%)} = \left(\frac{SRI_{vb} - SRI_v}{SRI_s - SRI_v} \right) \times 100 \quad (3.10)$$

- เมื่อ SRI_{vb} = ดัชนีการลดเสียงของอิฐระบายอากาศ (dB)
 SRI_s = ดัชนีการลดเสียงของช่องปิดทึบ (dB)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร SRI_v วน = คือ ดัชนีการลดเสียงของช่องโล่ง (dB) อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในบทที่ 4 นี้กล่าวถึงผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองของอิฐระบายอากาศ เพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียง ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การเก็บข้อมูลและผลการทดลองของอิฐระบายอากาศ
2. การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียง

4.1 การเก็บข้อมูลและผลการทดลองของอิฐระบายอากาศ

4.1.1 ข้อมูลพื้นฐานของอิฐระบายอากาศ อิฐระบายอากาศที่มีขายตามท้องตลาดนั้น มีกระบวนการผลิตคล้ายกับการผลิตคอนกรีตบล็อก คือ การนำคอนกรีตผสมกับหินเกล็ดขนาดเล็กให้เข้ากัน แล้วนำมาเทลงในแม่พิมพ์ จากนั้นก็ทำการอัดขึ้นรูป โดยรูปทรงที่ได้จะเป็นไปตามรูปแบบของแม่พิมพ์

อิฐระบายอากาศที่มีจำหน่ายในท้องตลาดนั้น มีอยู่หลากหลายรูปแบบ ซึ่งผู้ออกแบบหรือเจ้าของอาคารมักจะนำไปใช้ในจุดที่ไม่ต้องการมุมมองแต่ต้องการให้มีการถ่ายเทอากาศ โดยอาศัยความเชื่อว่า เมื่อมีช่องว่างที่เชื่อมต่อสู่ภายนอกแล้วจะสามารถถ่ายเทอากาศได้ แต่ไม่ทราบถึงประสิทธิภาพที่แท้จริงของอิฐระบายอากาศเลย


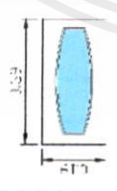
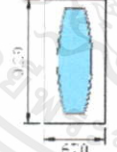


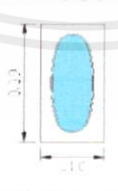
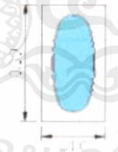


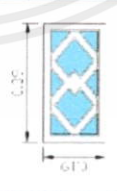







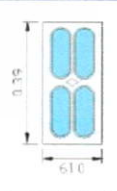
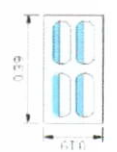

การทดลองครั้งนี้ ได้ทำการสำรวจหาอิฐระบายอากาศที่มีจำหน่ายตามร้านอุปกรณ์ก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่ารูปแบบของอิฐระบายอากาศที่มีขายมีอยู่ 10 รูปแบบ ตามรูปที่ 4.1




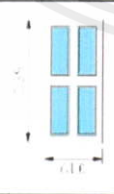
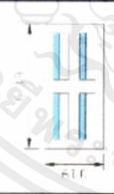


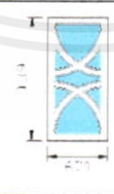

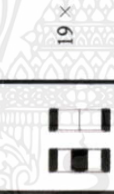

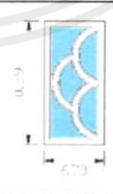
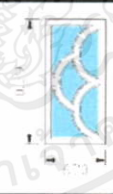


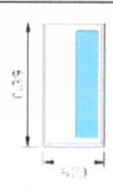
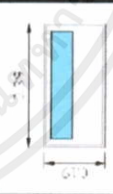


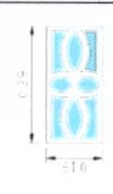
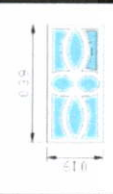

รูปที่ 4.1 รูปแบบของอิฐระบายอากาศที่มีจำหน่ายในกรุงเทพมหานคร

จากนั้นจึงทำการวัดขนาด ความหนา และสัดส่วนช่องเปิดของอิฐระบายอากาศทั้ง 10 รูปแบบ ซึ่งผลการตรวจวัดแสดงอยู่ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลพื้นฐานของอิฐระบายอากาศ

แบบที่	ลักษณะ				รายละเอียด		
	รูปแบบ	รูปด้าน		รูปตัด	ขนาด (เซนติเมตร)	สัดส่วนช่องเปิด	
		หน้า	หลัง			หน้า	หลัง
1					19 × 39	38.06%	38.06%
2					19 × 39	43.18%	43.18%
3					19 × 39	34.14%	34.14%
4					19 × 39	28.07%	28.07%
5					19 × 39	43.05%	15.25%

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

แบบที่	ลักษณะ						รายละเอียด	
	รูปแบบ	รูปด้าน		รูปตัด	ขนาด (เซนติเมตร)	สัดส่วนช่องเปิด		
		หน้า	หลัง			หน้า	หลัง	
6					19 × 39	39.14%	14.04%	มีช่องโล่งรูปสี่เหลี่ยมที่ด้านหน้าใหญ่กว่าด้านหลัง จำนวน 4 ช่องเท่า ๆ กัน
7					19 × 39	41.30%	41.30%	มีช่องโล่งหลาย ๆ ช่อง โดยมีช่องโล่งใหญ่ที่สุด 2 ช่อง ลวดลายเป็นลักษณะเส้นโค้ง
8					19 × 39	43.86%	43.86%	มีช่องโล่งหลาย ๆ ช่อง โดยมีช่องโล่งใหญ่ที่สุด 2 ช่อง ช่องที่เหลือมีขนาดใกล้เคียงกัน 3 ช่อง ลวดลายเป็นลักษณะเส้นโค้ง
9					19 × 39	30.36%	30.36%	มีช่องระบายอากาศขนาดเท่ากันทั้งด้านหน้าและด้านหลัง โดยช่องจะวางเรียงในลักษณะบังใบ
10					19 × 39	28.88%	28.88%	มีช่องโล่งหลาย ๆ ช่อง ลวดลายเป็นลักษณะเส้นโค้ง

เมื่อได้สัดส่วนช่องเปิดแล้ว นำค่าสัดส่วนที่ได้มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง (ตามสมการที่ 3.4 ในบทที่ 3) ซึ่งผลการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงแสดงอยู่ใน ตารางที่ 4.3

$$a_{vb} = \frac{(a_s \times s_s) + s_v}{s_{vb}}$$




- เมื่อ a_{vb} = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของอิฐระบายอากาศ
 s_{vb} = พื้นที่ผิวที่ดูดกลืนเสียงทั้งหมดของอิฐระบายอากาศ (m^2) ในที่นี้ คือ $0.0741 m^2$
 a_s = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงส่วนที่บของอิฐระบายอากาศ
 s_s = พื้นที่ผิวที่ดูดกลืนเสียงส่วนที่บของอิฐระบายอากาศ (m^2)
 s_v = พื้นที่ผิวที่ดูดกลืนเสียงส่วนโค้งของอิฐระบายอากาศ (m^2)

โดยค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของส่วนที่บนั้น สามารถใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของคอนกรีต บล็อกได้เพราะเป็นวัสดุชนิดเดียวกัน ซึ่งมีค่าตามตารางที่ 4.2








ตารางที่ 4.2 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของคอนกรีตบล็อก

	ความถี่ (Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25

ตารางที่ 4.3 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของอิฐระบายอากาศ

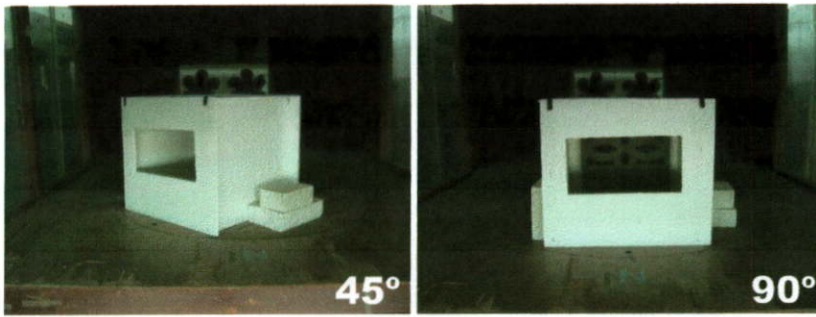
แบบ ที่	รูปแบบ	ขนาด (เซนติเมตร)	สัดส่วน		สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง					
			ด้านหน้า	ด้านหลัง	ความถี่ (Hz)					
					125	250	500	1k	2k	4k
1		19×39	38.06%	38.06%	0.60	0.65	0.57	0.56	0.62	0.54
2		19×39	43.18%	43.18%	0.64	0.68	0.61	0.60	0.65	0.57
3		19×39	34.14%	34.14%	0.58	0.63	0.55	0.53	0.60	0.51

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

แบบ ที่	รูปแบบ	ขนาด (เซนติเมตร)	สัดส่วน		สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง					
			ด้านหน้า	ด้านหลัง	ความถี่ (Hz)					
					125	250	500	1k	2k	4k
4		19×39	28.07%	28.07%	0.54	0.60	0.50	0.49	0.56	0.46
5		19×39	43.05%	15.25%	0.46	0.53	0.42	0.40	0.48	0.36
6		19×39	39.14%	14.04%	0.45	0.52	0.41	0.39	0.48	0.36
7		19×39	41.30%	41.30%	0.62	0.67	0.59	0.58	0.64	0.56
8		19×39	43.86%	43.86%	0.64	0.69	0.61	0.60	0.66	0.58
9		19×39	30.36%	30.36%	0.55	0.61	0.52	0.51	0.58	0.48
10		19×39	28.88~	28.88%	0.54	0.60	0.51	0.50	0.57	0.47

4.1.2 ผลการทดลองเรื่องการระบายอากาศเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศ การทดสอบประสิทธิภาพในการระบายอากาศนั้น จะทำการทดสอบอิฐระบายอากาศในอุโมงค์ลม โดยจะมีการปรับความเร็วลมตั้งต้นในการทดสอบ คือ 1.5 , 2.0 , 2.5 และ 3.0 พร้อมทั้งปรับมุมที่ลมมาปะทะกับอิฐระบายอากาศ 2 มุม คือ 45° และ 90° ตามรูปที่ 4.2

อิฐระบายอากาศที่นำมาทดสอบมาติดตั้งไว้กับกล่องทดลองขนาด $50 \times 50 \times 50$ เซนติเมตร แล้วทำการตรวจวัดความเร็วลมที่ปากทางออกของกล่องทดลอง จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่าความเร็วลมเฉลี่ย โดยค่าที่ตรวจวัดและคำนวณได้ แสดงอยู่ในตาราง 4.4 และ 4.5





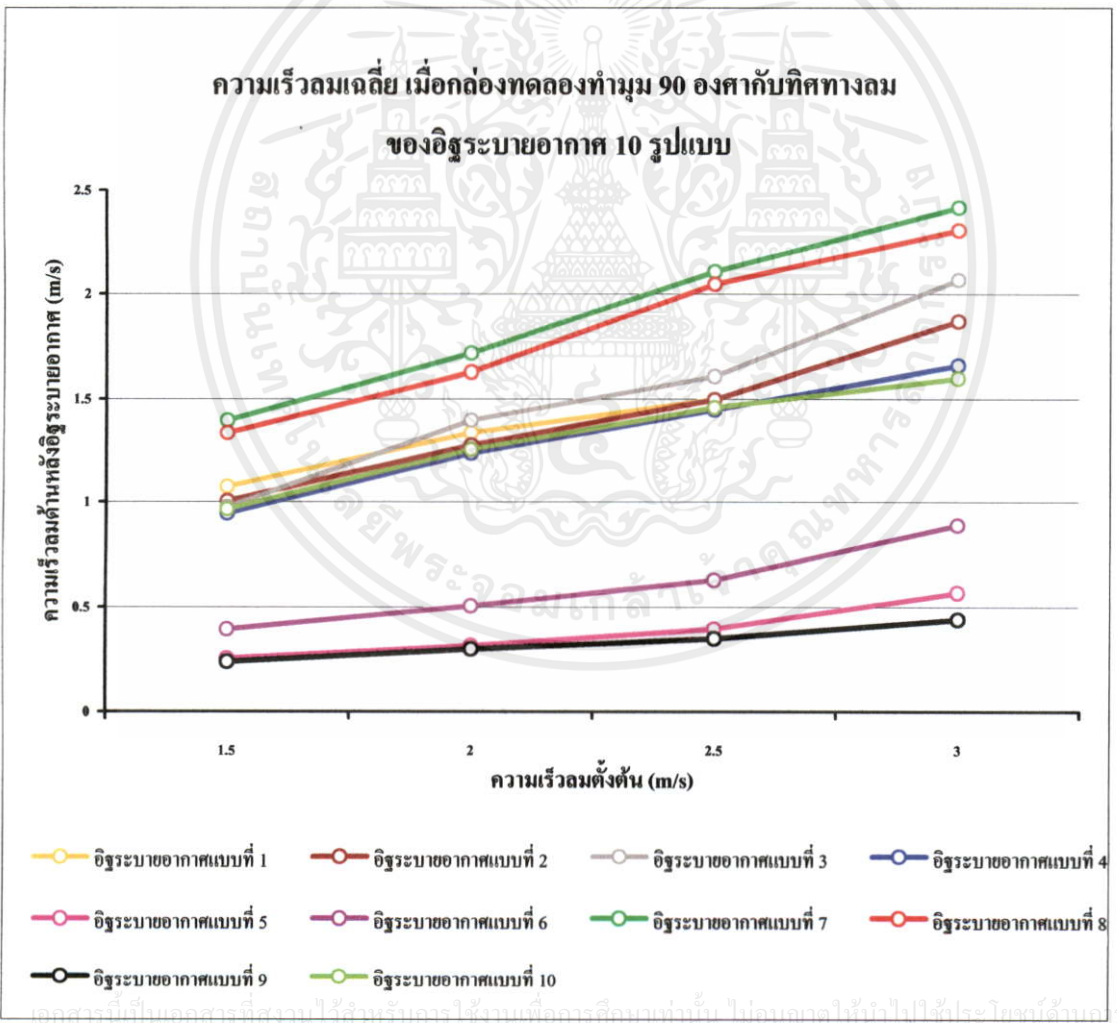
รูปที่ 4.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการระบายอากาศ

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองเรื่องการระบายอากาศ เมื่อกล่องทดลองทำมุม 90° กับทิศทางลม

แบบที่	รูปแบบ	ความเร็วลม (m/s)				
		ตั้งต้น	ที่ส่งผ่านมาได้			
			จุดตรวจวัดที่ 1	จุดตรวจวัดที่ 2	จุดตรวจวัดที่ 3	เฉลี่ย
1		1.5	1.03	1.12	1.10	1.08
		2.0	1.33	1.45	1.23	1.34
		2.5	1.75	1.67	1.42	1.61
		3.0	1.85	1.98	1.69	1.84
2		1.5	0.92	1.13	0.98	1.01
		2.0	1.32	1.46	1.07	1.28
		2.5	1.63	1.61	1.27	1.50
		3.0	2.02	1.98	1.61	1.87
3		1.5	1.23	0.62	1.09	0.98
		2.0	1.71	1.00	1.48	1.40
		2.5	2.01	1.16	1.67	1.61
		3.0	2.16	1.72	2.32	2.07
4		1.5	1.34	0.38	1.12	0.95
		2.0	1.54	0.67	1.51	1.24
		2.5	1.50	0.89	1.96	1.45
		3.0	1.97	0.96	2.04	1.66
5		1.5	0.36	0.23	0.18	0.26
		2.0	0.35	0.32	0.28	0.32
		2.5	0.47	0.43	0.31	0.40
		3.0	0.72	0.55	0.43	0.57
6		1.5	0.21	0.30	0.69	0.40
		2.0	0.21	0.41	0.91	0.51
		2.5	0.33	0.42	1.13	0.63
		3.0	0.60	0.69	1.37	0.89
7		1.5	1.60	1.15	1.45	1.40
		2.0	1.87	1.46	1.83	1.72
		2.5	2.37	1.66	2.30	2.11
		3.0	2.88	1.95	2.42	2.42
8		1.5	1.57	1.18	1.26	1.34
		2.0	1.97	1.38	1.53	1.63
		2.5	2.41	1.84	1.91	2.05
		3.0	2.80	2.07	2.06	2.31











ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

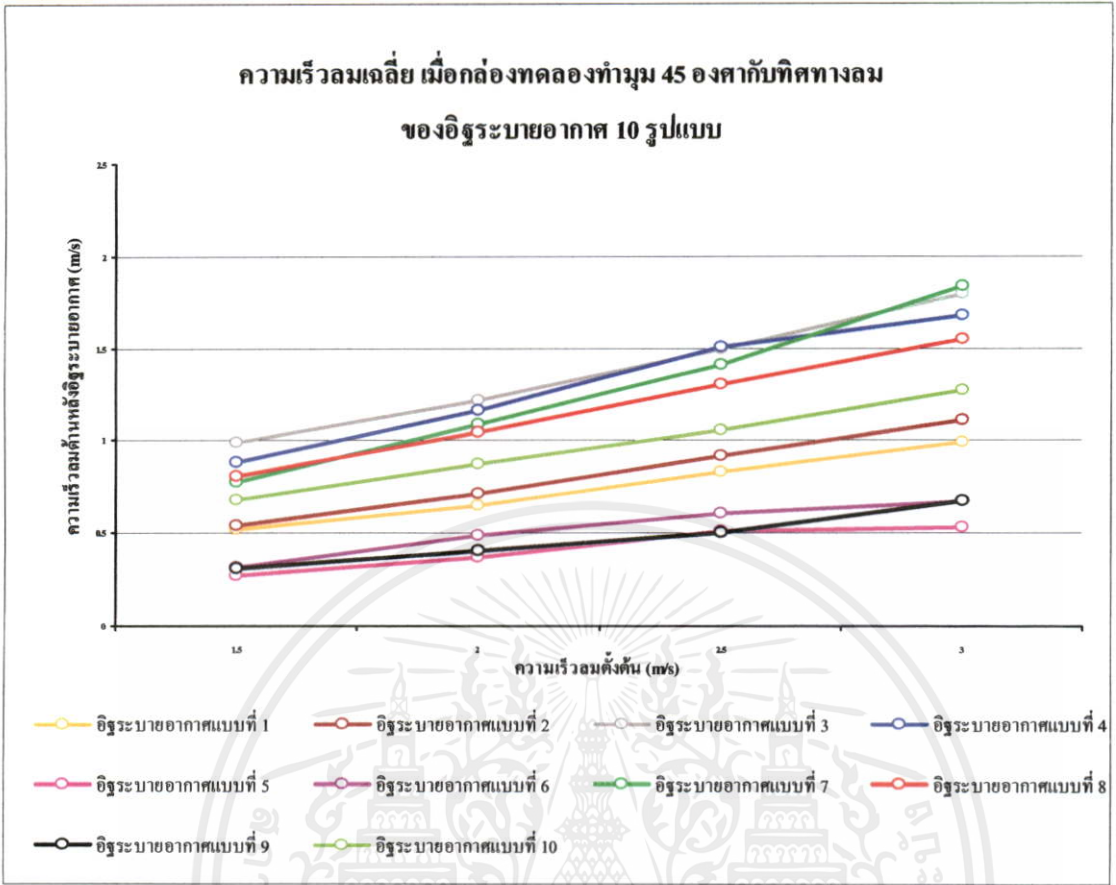
ประเภท	รูปแบบ	ความเร็วลม (m/s)				
		ตั้งต้น	ที่ส่งผ่านมาได้			
			จุดตรวจวัดที่ 1	จุดตรวจวัดที่ 2	จุดตรวจวัดที่ 3	เฉลี่ย
9		1.5	0.29	0.25	0.18	0.24
		2.0	0.39	0.27	0.23	0.30
		2.5	0.46	0.33	0.27	0.35
		3.0	0.62	0.36	0.34	0.44
10		1.5	1.07	0.64	1.20	0.97
		2.0	1.41	0.79	1.57	1.26
		2.5	1.63	0.95	1.80	1.46
		3.0	1.68	1.08	2.03	1.60



รูปที่ 4.3 แผนภาพแสดงความเร็วลมเฉลี่ย เมื่อกล่องทดลองทำมุม 90 องศา กับทิศทางลมของอิฐระบายอากาศ 10 รูปแบบ

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองเรื่องการระบายอากาศ เมื่อกล่องทดลองทำมุม 45° กับทิศทางลม

แบบ	รูปแบบ	ความเร็วลม (m/s)				
		ตั้งต้น	ที่ส่งผ่านมาได้			
			จุดตรวจวัดที่ 1	จุดตรวจวัดที่ 2	จุดตรวจวัดที่ 3	เฉลี่ย
1		1.5	0.40	0.35	0.80	0.52
		2.0	0.48	0.52	0.94	0.65
		2.5	0.57	0.53	1.38	0.83
		3.0	0.80	0.67	1.49	0.99
2		1.5	0.50	0.37	0.76	0.54
		2.0	0.63	0.47	1.07	0.72
		2.5	0.79	0.63	1.35	0.92
		3.0	0.92	0.77	1.65	1.11
3		1.5	0.66	1.33	0.99	0.99
		2.0	0.74	1.57	1.35	1.22
		2.5	1.01	1.89	1.60	1.50
		3.0	1.42	2.29	1.70	1.80
4		1.5	0.72	1.11	0.83	0.89
		2.0	1.25	1.23	1.00	1.16
		2.5	1.39	1.76	1.39	1.51
		3.0	1.69	1.87	1.48	1.68
5		1.5	0.33	0.34	0.16	0.28
		2.0	0.51	0.48	0.13	0.37
		2.5	0.63	0.56	0.33	0.51
		3.0	0.70	0.51	0.39	0.53
6		1.5	0.12	0.48	0.37	0.32
		2.0	0.28	0.59	0.59	0.49
		2.5	0.34	0.89	0.61	0.61
		3.0	0.37	0.91	0.74	0.67
7		1.5	0.62	1.25	0.48	0.78
		2.0	1.03	1.45	0.78	1.09
		2.5	1.35	1.95	0.92	1.41
		3.0	1.87	2.55	1.10	1.84
8		1.5	0.43	1.41	0.60	0.81
		2.0	0.63	1.62	0.89	1.05
		2.5	0.94	1.99	0.97	1.30
		3.0	1.04	2.39	1.22	1.55
9		1.5	0.49	0.30	0.14	0.31
		2.0	0.64	0.36	0.22	0.41
		2.5	0.75	0.43	0.31	0.50
		3.0	0.82	0.68	0.51	0.67
10		1.5	0.32	1.28	0.44	0.68
		2.0	0.45	1.60	0.58	0.88
		2.5	0.51	1.93	0.74	1.06
		3.0	0.64	2.25	0.93	1.27



รูปที่ 4.4 แผนภาพแสดงความเร็วลมเฉลี่ย เมื่อกล่องทดลองทำมุม 45 องศา กับทิศทางลมของอิฐระบายอากาศ 10 รูปแบบ

4.1.3 ผลการทดลองเรื่องเสียงเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดเสียง

การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดเสียงนั้น จะทำการทดสอบอิฐระบายอากาศในห้องทดลอง โดยอาศัยลำโพงเป็นเครื่องกำเนิดเสียงในการทดลอง ใช้เวลาในการทดลองเป็น 2 คาบ (คาบละ 3 ช่วง ช่วงละ 1 ชั่วโมง) ซึ่งการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ตรวจวัดระดับความดันเสียงภายนอก โดยจัดอุปกรณ์ตามรูปที่ 4.5 จากนั้นทำการตรวจวัดระดับความดันเสียงแบบคร่าวๆ และระดับความดันเสียงของลำโพงซึ่งเป็นตัวแทนเสียงภายนอกของการทดลองครั้งนี้ โดยได้รับผลการทดลองดังตารางที่ 4.6

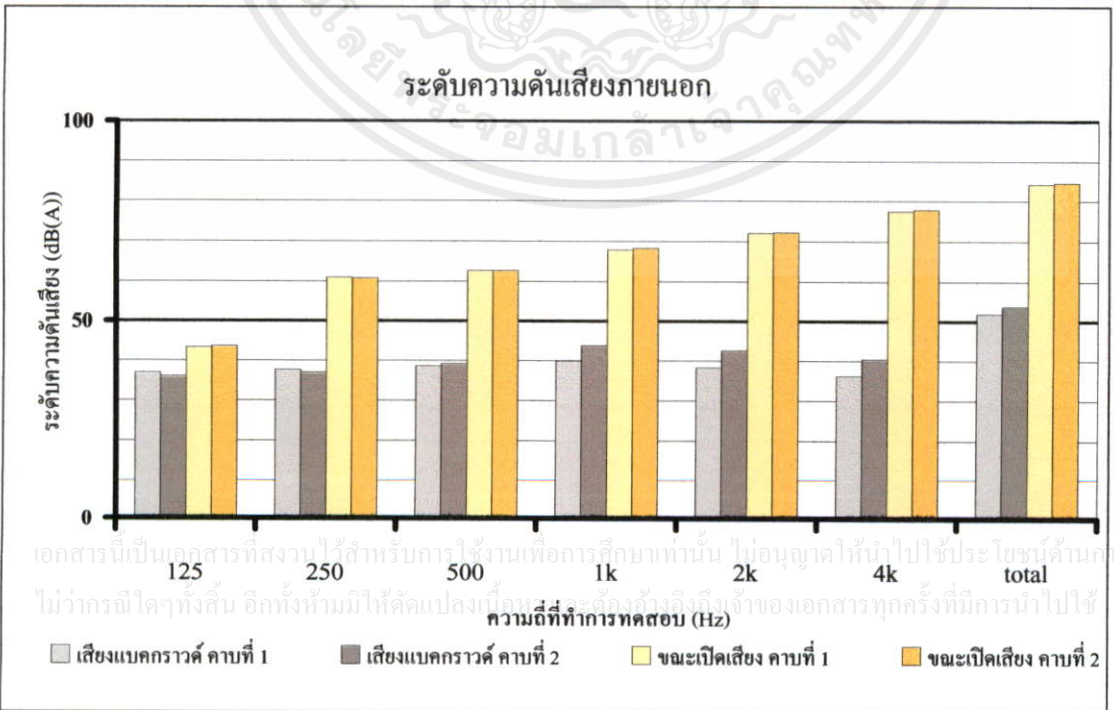


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้บริการ ใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ ไม่สามารถรับผิดชอบต่อการใช้งานที่ผิดพลาดได้ กรุณาแจ้งหากมีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 ตรวจวัดระดับความดันเสียงแบบคร่าวๆ และระดับความดันเสียงของลำโพง

ตารางที่ 4.6 ตรวจสอบระดับความดันเสียงภายนอก

รูปแบบการทดลอง	รูปแบบเสียง	ช่วงเวลา	ครั้งที่ทำการทดลอง	ระดับความดันเสียง (dB(A))						
				ความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Hz)						Total A
				125	250	500	1k	2k	4k	
ภายนอก	เสียงแบบกราวด์	คาบที่ 1	1	36.80	37.50	39.70	40.70	38.30	35.40	52.50
			2	37.90	39.10	42.80	47.00	42.90	39.40	56.40
			3	37.50	38.50	38.40	39.70	38.30	40.70	51.80
			L90	36.94	37.70	38.66	39.90	38.30	36.20	51.94
		คาบที่ 2	1	35.90	36.90	39.10	43.50	42.50	41.90	53.70
			2	39.00	46.20	47.30	46.70	44.20	42.60	57.80
			3	36.60	37.40	39.60	45.00	43.00	40.00	53.90
			L90	36.04	37.00	39.20	43.80	42.60	40.38	53.74
	ระดับความดันเสียง ขณะเปิดเสียงทดสอบ	คาบที่ 1	1	43.40	61.20	62.70	67.90	72.00	77.40	84.30
			2	43.30	61.20	62.70	68.00	72.00	77.70	84.50
			3	43.60	60.90	62.80	68.30	72.20	77.80	84.70
			L90	43.32	60.96	62.70	67.92	72.00	77.46	84.34
		คาบที่ 2	1	43.60	60.80	62.70	68.40	72.20	77.80	84.60
			2	44.00	60.80	62.80	68.30	72.30	78.10	84.70
			3	44.20	60.90	62.90	68.40	72.30	78.10	84.70
			L90	43.68	60.80	62.72	68.32	72.22	77.86	84.62



รูปที่ 4.6 ตรวจสอบระดับความดันเสียงภายนอก

2. ตรวจวัดระดับความดันเสียงภายใน ขณะปิดช่องทดสอบ เปิดช่องทดสอบ ตามรูปที่ 4.7 และเมื่อใส่อิฐระบายอากาศแบบต่าง ๆ ขณะเปิดเสียงทดสอบ ตามรูปที่ 4.9 จากนั้นทำการตรวจวัดระดับเสียงแบคราวด์และระดับเสียงของลำโพงที่ผ่านเข้ามาได้

2.1 ตรวจวัดระดับความดันเสียงภายใน ขณะปิดช่องทดสอบ เปิดช่องทดสอบ โดยผลการทดลองดังตารางที่ 4.7



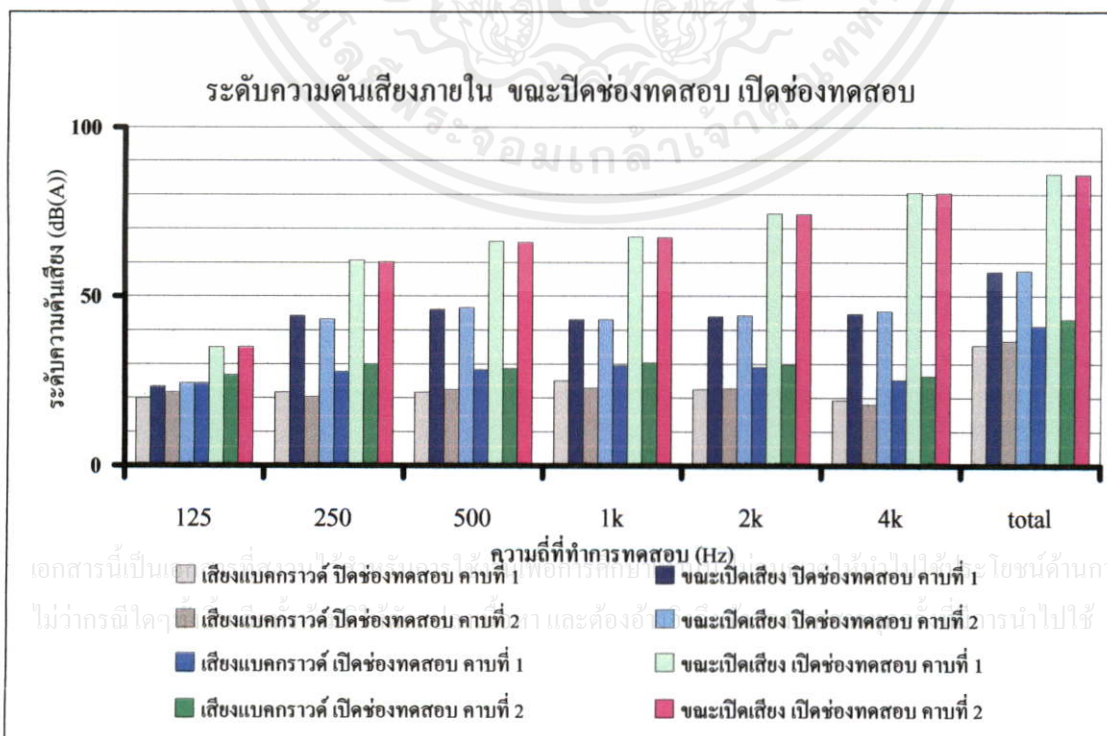
รูปที่ 4.7 ตรวจวัดระดับความดันเสียงแบคราวด์ และระดับความดันเสียงของห้อง(ปิดช่อง, เปิดช่อง)

ตารางที่ 4.7 ตรวจวัดระดับความดันเสียงภายใน ขณะปิดช่องทดสอบ เปิดช่องทดสอบ

รูปแบบการทดลอง	รูปแบบเสียง	ช่วงเวลา	ครั้งที่ทำการทดลอง	ระดับความดันเสียง (dB(A))						
				ความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Hz)						Total A
				125	250	500	1k	2k	4k	
ภายใน ขณะปิดช่อง ทดสอบ	เสียงแบคราวด์	คาบที่ 1	1	21.90	21.20	20.70	24.70	22.10	19.20	34.90
			2	19.40	23.40	25.50	28.30	27.70	25.80	37.90
			3	25.00	25.10	26.90	26.50	23.90	19.50	38.20
			L90	19.90	21.64	21.66	25.06	22.46	19.26	35.50
		คาบที่ 2	1	21.50	20.40	22.40	23.30	26.10	23.80	36.70
			2	21.90	22.50	22.40	31.30	23.60	20.20	36.90
			3	26.40	23.90	22.70	22.80	22.40	17.50	36.80
			L90	21.58	20.82	22.40	22.90	22.64	18.04	36.72
	ระดับความดันเสียง ขณะเปิดเสียง ทดสอบ	คาบที่ 1	1	22.90	44.00	46.00	43.10	43.90	44.70	57.10
			2	26.80	47.10	47.00	43.90	44.40	45.20	58.00
			3	25.00	45.30	46.60	43.20	44.20	45.30	57.80
			L90	23.32	44.26	46.12	43.12	43.96	44.80	57.24
		คาบที่ 2	1	24.30	43.00	46.60	43.10	44.30	45.50	57.60
			2	27.20	44.10	46.70	43.20	44.30	45.60	57.50
			3	25.00	45.10	46.60	43.30	44.50	45.60	57.50
			L90	24.40	43.22	46.60	43.12	44.30	45.52	57.50

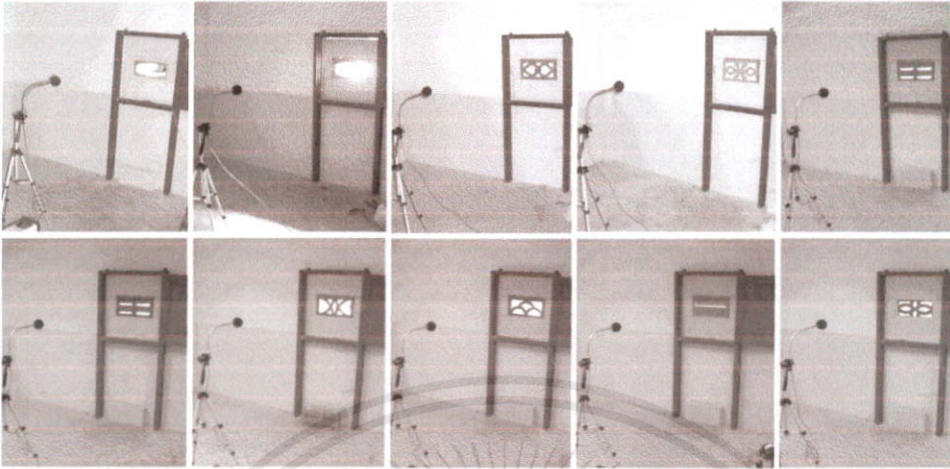
ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

รูปแบบการทดลอง	รูปแบบเสียง	ช่วงเวลา	ครั้งที่ทำการทดลอง	ระดับความดันเสียง (dB(A))						
				ความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Hz)						Total A
				125	250	500	1k	2k	4k	
ภายใน ขณะเปิดช่อง ทดสอบ	เสียงแบบกราวด์	คาบที่ 1	1	27.80	32.50	38.90	35.90	29.70	25.20	46.00
			2	24.40	29.00	29.00	30.00	29.30	26.10	41.60
			3	24.40	27.40	28.10	29.40	29.00	25.60	41.00
			L90	24.40	27.72	28.28	29.52	29.06	25.28	41.12
		คาบที่ 2	1	27.10	29.70	31.40	32.50	33.80	32.80	46.90
			2	29.70	34.00	36.20	37.80	41.10	39.80	53.50
			3	26.00	31.20	28.00	29.80	28.70	24.80	42.20
			L90	26.72	30.00	28.68	30.34	29.72	26.40	43.14
	ระดับความดันเสียง ขณะเปิดเสียงทดสอบ	คาบที่ 1	1	35.10	61.40	66.40	67.90	74.90	80.70	86.20
			2	35.00	60.80	66.30	67.50	74.60	80.60	86.10
			3	35.20	60.60	66.20	67.50	74.30	80.40	86.00
			L90	35.06	60.64	66.22	67.50	74.36	80.44	86.02
		คาบที่ 2	1	35.50	60.50	66.10	67.30	74.20	80.50	85.90
			2	35.50	60.20	65.90	67.40	74.20	80.40	85.80
			3	35.00	60.30	65.90	67.40	74.20	80.40	85.80
			L90	35.10	60.22	65.90	67.32	74.20	80.40	85.80





รูปที่ 4.8 ตรวจสอบระดับความดันเสียงภายใน ขณะปิดช่องทดสอบและเปิดช่องทดสอบ

2.2 ตรวจสอบวัดระดับความดันเสียงภายใน เมื่อใส่อิฐระบายอากาศแบบต่าง ๆ โดยทำการบันทึกค่าในการทดลอง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับระดับความดันเสียงภายนอกในช่วงคาบเดียวกัน







รูปที่ 4.9 ตรวจสอบวัดระดับความดันเสียงแบคราวด์ และระดับความดันเสียงของห้องเมื่อใส่อิฐระบายอากาศแบบต่าง ๆ





ตารางที่ 4.8 ตรวจสอบวัดระดับความดันเสียงภายใน เมื่อใส่อิฐระบายอากาศแบบต่าง ๆ

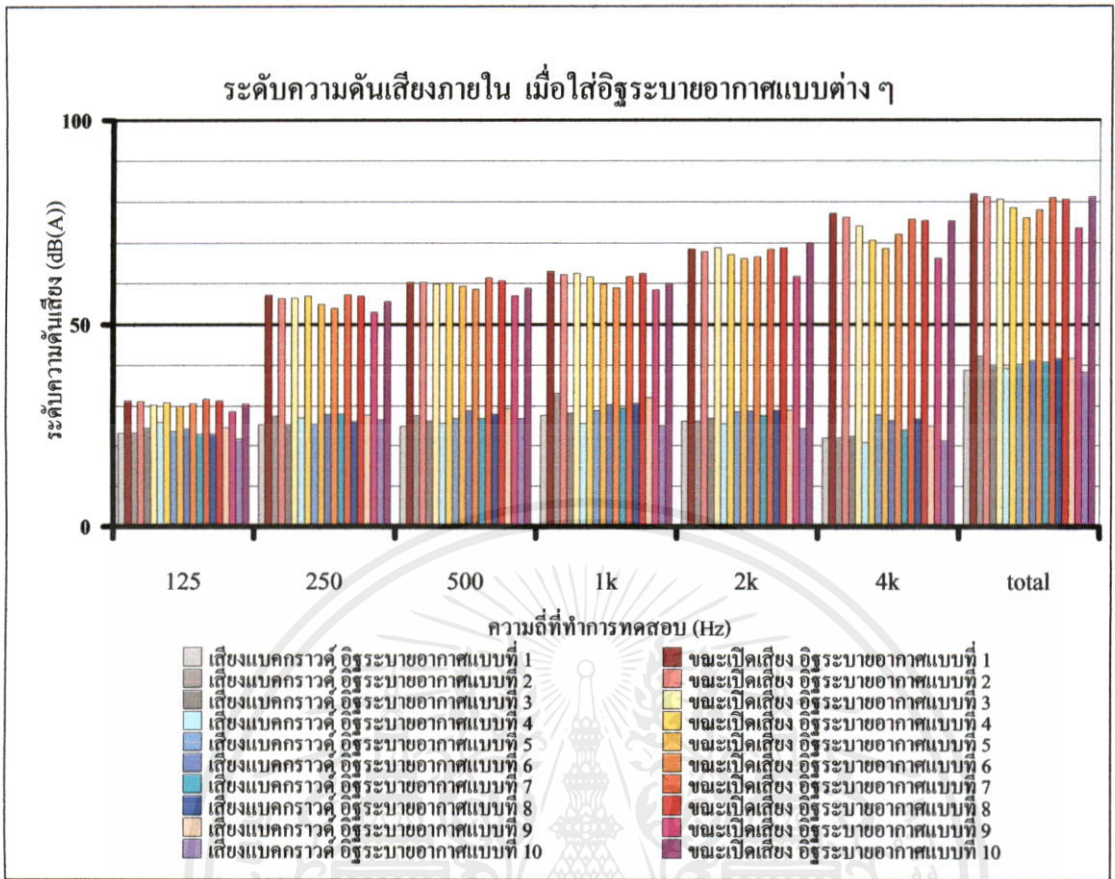
รูปแบบการทดลอง	รูปแบบเสียง	ช่วงเวลา	ครั้งที่ทำการทดลอง	ระดับความดันเสียง (dB(A))						Total A
				ความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Hz)						
				125	250	500	1k	2k	4k	
ภายในห้องอิฐระบายอากาศแบบที่ 1 	เสียงแบคราวด์	คาบที่ 1	1	23.50	25.40	24.90	29.00	29.00	25.70	39.90
			2	23.10	25.30	25.20	27.30	25.50	20.90	38.40
			3	24.40	28.30	28.90	34.10	30.90	26.80	42.70
			L90	23.18	25.32	24.96	27.64	26.20	21.86	38.70
	ระดับความดันเสียงขณะเปิดเสียงทดสอบ	คาบที่ 1	1	31.70	57.60	60.50	63.40	69.00	77.50	82.20
			2	31.50	57.40	60.50	63.10	68.80	77.30	82.00
			3	31.30	57.10	60.20	62.90	68.60	77.20	81.90
			L90	31.34	57.16	60.26	62.94	68.64	77.22	81.92
ภายในห้องอิฐระบายอากาศแบบที่ 2 	เสียงแบคราวด์	คาบที่ 2	1	25.00	31.90	32.50	35.60	29.00	25.70	45.60
			2	23.10	26.80	27.50	32.60	25.50	20.90	41.50
			3	24.10	28.00	28.00	35.30	30.90	26.80	44.70
			L90	23.30	27.40	27.60	33.14	26.20	21.86	42.14
	ระดับความดันเสียงขณะเปิดเสียงทดสอบ	คาบที่ 2	1	31.70	56.50	60.20	62.20	68.00	76.20	81.20
			2	32.00	56.30	60.30	62.20	69.00	76.30	81.20
			3	31.00	56.40	60.30	62.30	68.00	76.30	81.30
			L90	31.14	56.32	60.22	62.20	68.00	76.22	81.20

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

รูปแบบการทดลอง	รูปแบบเสียง	ช่วงเวลา	ครั้งที่ทำการทดลอง	ระดับความดันเสียง (dB(A))						
				ความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Hz)						Total A
				125	250	500	1k	2k	4k	
ภายในห้อง อิฐระบายอากาศ แบบที่ 3 	เสียงเบตกว้าง	คาบที่ 2	1	25.40	26.20	26.00	27.30	26.00	21.80	39.00
			2	24.40	25.30	26.50	32.20	31.70	26.80	41.80
			3	25.30	25.70	28.30	31.90	30.60	24.20	41.60
			L90	24.58	25.38	26.10	28.22	26.92	22.28	39.52
	ระดับความดันเสียง ขณะเปิดเสียง ทดสอบ	คาบที่ 2	1	30.50	56.60	59.80	61.50	68.90	74.20	80.70
			2	30.30	56.40	59.90	61.50	68.90	72.40	80.60
			3	30.30	56.50	59.90	61.60	69.00	74.30	80.70
			L90	30.30	56.42	59.82	61.50	68.90	74.20	80.62
ภายในห้อง อิฐระบายอากาศ แบบที่ 4 	เสียงเบตกว้าง	คาบที่ 1	1	26.20	31.40	32.00	27.00	29.00	23.60	41.70
			2	26.00	27.00	25.60	26.00	25.50	23.20	39.10
			3	26.00	27.00	26.10	26.10	25.90	20.10	39.60
			L90	26.00	27.00	25.70	25.70	25.58	20.72	39.20
	ระดับความดัน เสียง ขณะเปิดเสียง ทดสอบ	คาบที่ 1	1	31.10	57.10	60.20	62.00	67.40	72.30	78.60
			2	31.30	57.00	60.10	61.70	67.20	70.30	78.50
			3	30.80	56.90	60.10	61.60	67.10	72.40	78.50
			L90	30.86	56.92	60.10	61.62	67.12	70.70	78.50
ภายในห้อง อิฐระบายอากาศ แบบที่ 5 	เสียงเบตกว้าง	คาบที่ 1	1	25.80	32.10	31.90	31.30	30.10	28.60	43.40
			2	24.10	26.10	26.70	28.20	28.10	27.60	39.80
			3	23.60	25.30	27.70	32.70	31.50	30.80	42.10
			L90	23.70	25.46	26.90	28.82	28.50	27.80	40.26
	ระดับความดันเสียง ขณะเปิดเสียง ทดสอบ	คาบที่ 1	1	29.90	55.40	59.40	60.10	66.10	68.90	76.30
			2	30.30	55.10	59.40	60.00	66.10	68.80	76.20
			3	31.10	54.90	59.30	59.80	66.00	68.70	76.10
			L90	29.98	54.94	59.32	59.84	66.02	68.72	76.12
ภายในห้อง อิฐระบายอากาศ แบบที่ 6 	เสียงเบตกว้าง	คาบที่ 2	1	24.30	28.60	29.10	35.70	31.30	26.80	43.20
			2	24.20	29.70	32.60	33.70	32.40	28.30	44.80
			3	24.70	27.70	28.70	29.50	28.00	26.30	40.60
			L90	24.22	27.88	28.78	30.34	28.66	26.40	41.12
	ระดับความดันเสียง ขณะเปิดเสียง ทดสอบ	คาบที่ 2	1	30.70	53.90	58.70	58.90	66.50	72.10	78.00
			2	30.60	54.10	58.60	59.10	66.50	72.10	78.00
			3	30.70	54.30	58.60	59.10	66.50	72.30	78.00
			L90	30.62	53.94	58.62	58.94	66.50	72.10	78.00

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

รูปแบบการทดลอง	รูปแบบเสียง	ช่วงเวลา	ครั้งที่ทำการทดลอง	ระดับความดันเสียง (dB(A))						
				ความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Hz)						Total A
				125	250	500	1k	2k	4k	
ภายในห้อง อีฐระบายอากาศ แบบที่ 7 	เสียงแบบกราวด์	คาบที่ 1	1	23.30	29.30	28.90	30.40	28.70	26.80	41.60
			2	22.90	27.70	27.30	29.20	29.80	25.80	40.80
			3	23.50	29.70	26.80	32.70	27.30	23.60	40.70
			L90	22.98	28.02	26.90	29.44	27.58	24.04	40.72
	ระดับความดันเสียง ขณะเปิดเสียง ทดสอบ	คาบที่ 1	1	31.80	57.40	61.50	61.80	68.70	75.80	81.10
			2	31.70	57.30	61.40	61.70	68.60	75.80	81.10
			3	31.80	57.20	61.40	61.70	68.50	75.70	81.00
			L90	31.72	57.22	61.40	61.70	68.52	75.72	81.02
ภายในห้อง อีฐระบายอากาศ แบบที่ 8 	เสียงแบบกราวด์	คาบที่ 2	1	22.80	29.40	32.30	34.90	28.70	30.10	42.50
			2	25.20	25.90	27.60	33.00	32.80	27.40	41.80
			3	24.20	26.60	29.00	30.10	29.30	26.50	41.50
			L90	23.08	26.04	27.88	30.68	28.82	26.68	41.56
	ระดับความดันเสียง ขณะเปิดเสียง ทดสอบ	คาบที่ 2	1	31.30	56.90	60.60	62.50	68.80	75.40	80.60
			2	31.50	57.10	60.90	62.50	68.80	75.50	80.70
			3	31.50	57.10	60.70	62.50	68.80	75.50	80.70
			L90	31.34	56.94	60.62	62.50	68.80	75.42	80.62
ภายในห้อง อีฐระบายอากาศ แบบที่ 9 	เสียงแบบกราวด์	คาบที่ 2	1	24.40	27.00	28.60	31.90	29.00	25.10	41.30
			2	26.00	30.90	32.30	33.20	29.00	25.00	42.90
			3	25.70	31.70	32.90	33.00	30.40	28.40	43.60
			L90	24.66	27.78	29.34	32.12	29.00	25.06	41.62
	ระดับความดันเสียง ขณะเปิดเสียง ทดสอบ	คาบที่ 2	1	29.00	53.00	57.00	58.40	61.70	66.20	73.70
			2	29.10	53.20	57.10	58.40	67.80	66.40	73.70
			3	28.50	53.30	57.10	58.40	61.80	66.30	73.70
			L90	28.60	53.04	57.02	58.40	61.72	66.22	73.70
ภายในห้อง อีฐระบายอากาศ แบบที่ 10 	เสียงแบบกราวด์	คาบที่ 1	1	21.60	27.40	27.70	25.10	24.60	21.00	38.20
			2	21.90	29.40	29.80	27.10	25.70	22.80	39.70
			3	22.10	26.30	26.70	25.30	24.40	21.80	38.40
			L90	21.66	26.52	26.90	25.14	24.44	21.16	38.24
	ระดับความดันเสียง ขณะเปิดเสียง ทดสอบ	คาบที่ 1	1	31.70	55.80	59.00	60.40	70.20	75.70	81.40
			2	30.70	55.80	58.90	60.10	70.00	75.50	81.30
			3	30.50	55.60	58.80	59.90	69.90	75.40	81.20
			L90	30.54	55.64	58.82	59.94	69.92	75.42	81.22



รูปที่ 4.10 ตรวจสอบระดับความดันเสียงภายใน เมื่อใส่อิฐระบายอากาศแบบต่าง ๆ

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียง

4.2.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศ การวิเคราะห์ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

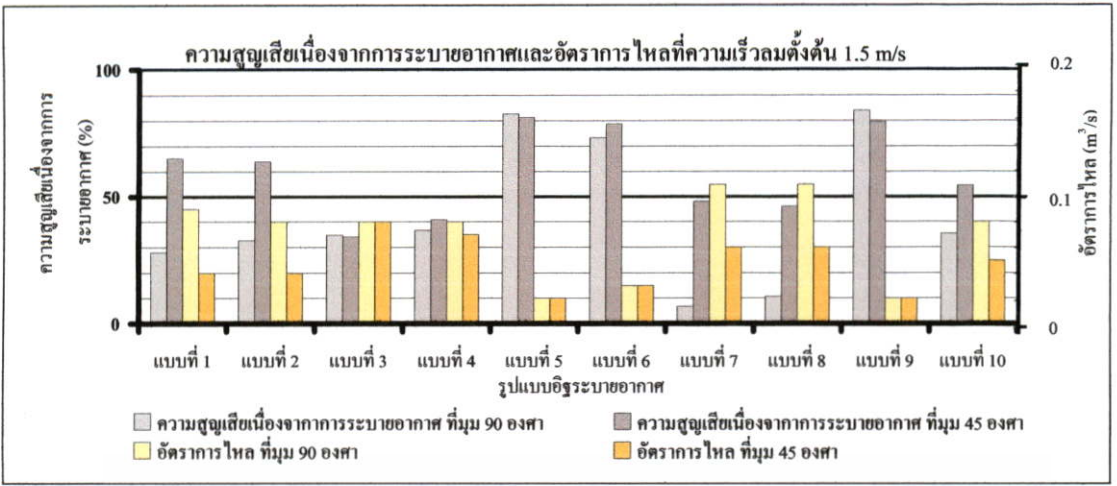
1. ความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศ ซึ่งสามารถหาได้จากการนำค่าความเร็วลมเฉลี่ย และความเร็วลมตั้งต้น มาหาความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศ (ตามสมการที่ 3.6 บทที่ 3)

2. อัตราการไหล ซึ่งเป็นการคำนวณหาปริมาณอากาศที่สามารถระบายออกได้ใน 1 วินาที (ตามสมการที่ 3.7 บทที่ 3)

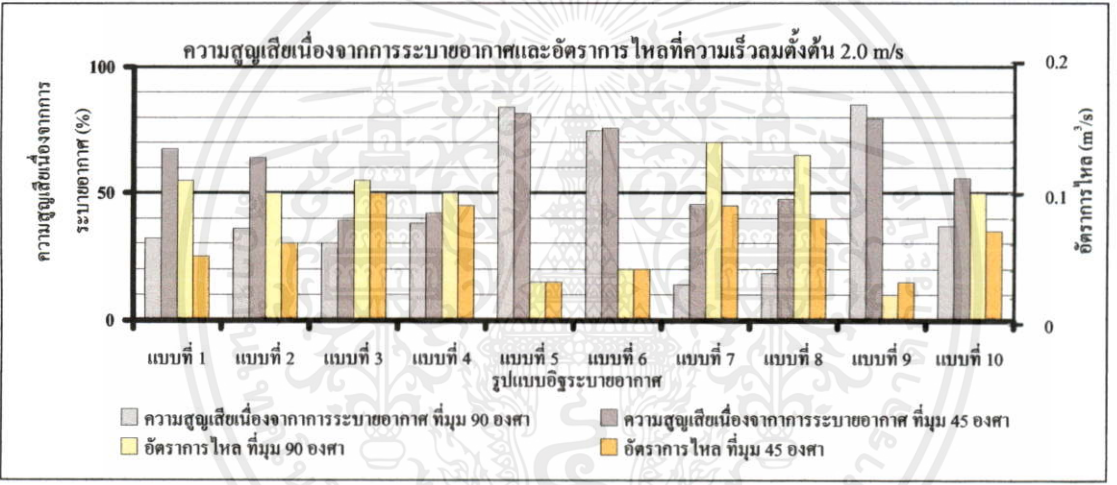
โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์เรื่องการสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศและอัตราการไหลนั้นแบ่งออกเป็นผลการวิเคราะห์เมื่อลมทำมุมกับกล่องทดลอง 90° และผลการวิเคราะห์เมื่อลมทำมุมกับกล่องทดลอง 45° (แสดงในตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 แสดงการวิเคราะห์เรื่องความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศและอัตราการไหล
เมื่อกล่องทดลองทำมุม 90° และ 45° กับทิศทางลม

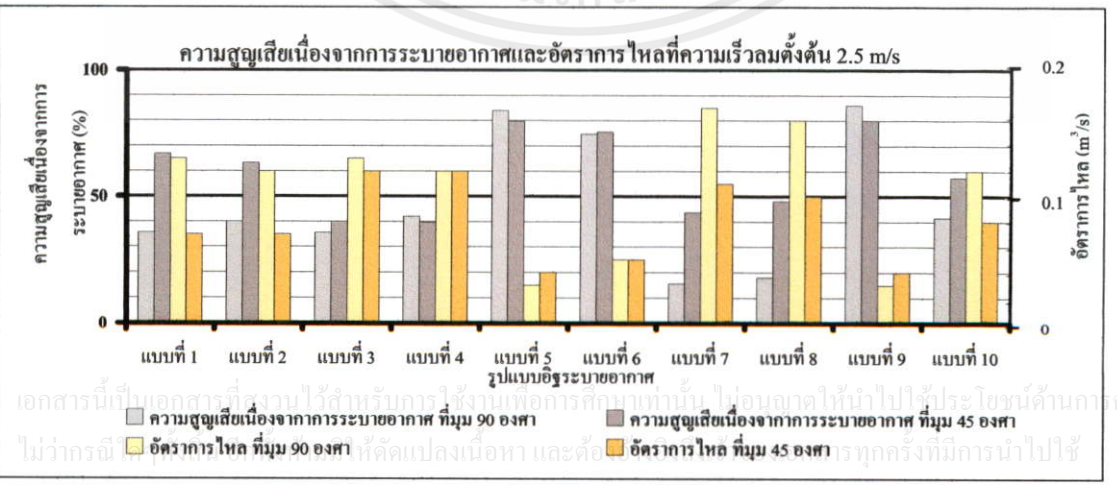
แบบที่	รูปแบบ	ความเร็วลม ตั้งต้น (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยที่วัดได้ (m/s)		ความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศ (%)		อัตราการไหล (m^3/s)	
			90°	45°	90°	45°	90°	45°
1		1.5	1.08	0.52	28.00	65.33	0.09	0.04
		2.0	1.34	0.65	32.00	67.50	0.11	0.05
		2.5	1.61	0.83	35.60	66.80	0.13	0.07
		3.0	1.84	0.99	38.67	67.00	0.15	0.08
2		1.5	1.01	0.54	32.67	64.00	0.08	0.04
		2.0	1.28	0.72	36.00	64.00	0.10	0.06
		2.5	1.50	0.92	40.00	63.20	0.12	0.07
		3.0	1.87	1.11	37.67	63.00	0.15	0.09
3		1.5	0.98	0.99	34.67	34.00	0.08	0.08
		2.0	1.40	1.22	30.00	39.00	0.11	0.10
		2.5	1.61	1.50	35.60	40.00	0.13	0.12
		3.0	2.07	1.80	31.00	40.00	0.17	0.14
4		1.5	0.95	0.89	36.67	40.67	0.08	0.07
		2.0	1.24	1.16	38.00	42.00	0.10	0.09
		2.5	1.45	1.51	42.00	39.60	0.12	0.12
		3.0	1.66	1.68	44.67	44.00	0.13	0.13
5		1.5	0.26	0.28	82.67	81.33	0.02	0.02
		2.0	0.32	0.37	84.00	81.50	0.03	0.03
		2.5	0.40	0.51	84.00	79.60	0.03	0.04
		3.0	0.57	0.53	70.33	82.33	0.05	0.04
6		1.5	0.40	0.32	73.33	78.67	0.03	0.03
		2.0	0.51	0.49	74.50	75.50	0.04	0.04
		2.5	0.63	0.61	74.80	75.60	0.05	0.05
		3.0	0.89	0.67	70.33	77.67	0.07	0.05
7		1.5	1.40	0.78	6.67	48.00	0.11	0.06
		2.0	1.72	1.09	14.00	45.50	0.14	0.09
		2.5	2.11	1.41	15.60	43.60	0.17	0.11
		3.0	2.42	1.84	19.33	38.67	0.19	0.15
8		1.5	1.34	0.81	10.67	46.00	0.11	0.06
		2.0	1.63	1.05	18.50	47.50	0.13	0.08
		2.5	2.05	1.30	18.00	48.00	0.16	0.10
		3.0	2.31	1.55	23.00	48.33	0.18	0.12
9		1.5	0.24	0.31	84.00	79.33	0.02	0.02
		2.0	0.30	0.41	85.00	79.50	0.02	0.03
		2.5	0.35	0.50	86.00	80.00	0.03	0.04
		3.0	0.44	0.67	85.33	77.67	0.04	0.05
10		1.5	0.97	0.68	35.33	54.67	0.08	0.05
		2.0	1.26	0.88	37.00	56.00	0.10	0.07
		2.5	1.46	1.06	41.60	57.60	0.12	0.08
		3.0	1.60	1.27	46.67	57.67	0.13	0.10



รูปที่ 4.11 ความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศและอัตราการไหล ที่ความเร็วลมตั้งต้น 1.5 m/s



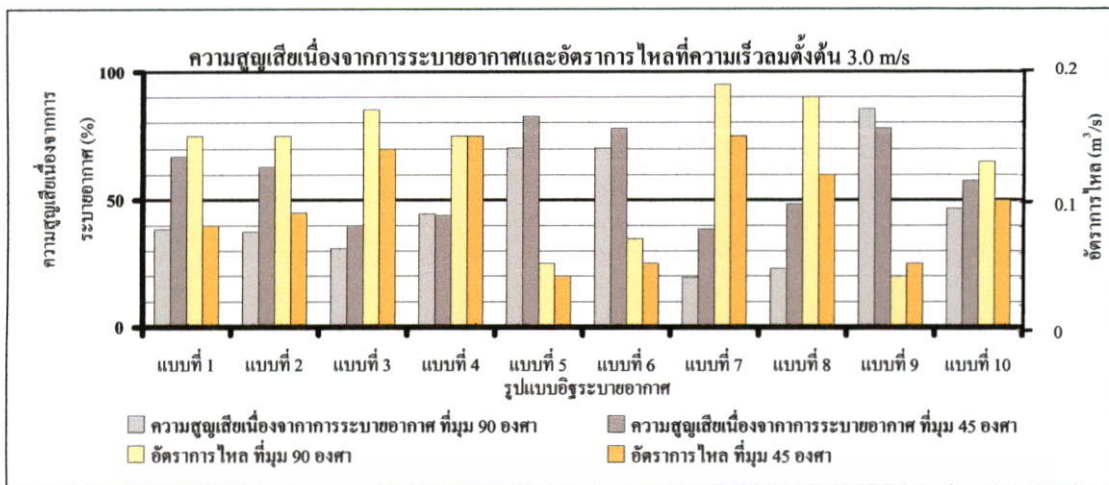
รูปที่ 4.12 ความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศและอัตราการไหล ที่ความเร็วลมตั้งต้น 2.0 m/s



รูปที่ 4.13 ความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศและอัตราการไหล ที่ความเร็วลมตั้งต้น 2.5 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่อาคารศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด

© คัดแปลงเนื้อหา และดัดแปลงรูปภาพประกอบจากเอกสารของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์



รูปที่ 4.14 ความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศและอัตราการใช้ไฟ ที่ความเร็วลมตั้งต้น 3.0 m/s

จากตารางที่ 4.9 จะเห็นได้ว่ามุมที่ลมปะทะ 90° นั้น อิฐระบายอากาศที่มีลักษณะเป็นช่องตรง¹ ไม่ว่าจะเป็นช่องใหญ่ 1 ช่อง(แบบที่ 1,2) หรือ ช่องเล็กหลาย ๆ ช่อง(แบบที่ 3,4,7,8,10) จะมีความสูญเสียเนื่องจากการระบายอากาศที่ค่อนข้างต่ำกว่าแบบอื่น เป็นผลให้อิฐระบายอากาศลักษณะนี้นั้น มีอัตราไหลสูงกว่าแบบอื่น และอิฐระบายอากาศลักษณะนี้ในมุมที่ลมปะทะ 45° ยังมีประสิทธิภาพในการระบายอากาศดีกว่าแบบอื่น แต่อิฐระบายอากาศที่มีช่องเล็กหลาย ๆ ช่อง จะมีความสามารถที่ดีกว่าช่องใหญ่ 1 ช่อง เพราะช่องเล็ก ๆ นี้ช่วยในการลดความดันลมที่มาปะทะ ทำให้สามารถที่จะผ่านเข้ามาในห้องได้

จากการทดลองครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าอิฐระบายอากาศที่มีลักษณะเป็นช่องลดขนาด² (แบบที่ 5,6) หรือช่องทางเข้าออกของลมเอียงกัน³ (แบบที่ 9) นั้น จะมีความสามารถในการระบายอากาศค่อนข้างต่ำ อันเนื่องมาจากลักษณะของช่องทำให้เกิดความดันอากาศขึ้นในบริเวณตัวช่อง จึงต้านลมที่เข้ามาปะทะ

4.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดเสียง การวิเคราะห์ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. การหาค่าเสียงจริง คือ การนำค่าระดับความดันเสียงรวม ซึ่งเป็นการตรวจวัดระดับความดันเสียงในขณะที่เปิดเสียงทดสอบ กับระดับความดันเสียงแบคราวด์ที่ตรวจวัดมาได้ มาหักลบกันเพื่อหาระดับความดันเสียงสุทธิ (สมการที่ 3.8 บทที่ 3)

¹ อิฐระบายอากาศที่มีช่องระบายอากาศเป็นช่องตรง คือ ช่องเปิดทางด้านหน้าอิฐระบายอากาศตรงกับช่องเปิดทางด้านหลังอิฐระบายอากาศ

² อิฐระบายอากาศที่มีช่องระบายอากาศเป็นช่องลดขนาด คือ ช่องเปิดทางด้านหน้าอิฐระบายอากาศมีขนาดใหญ่กว่าช่องเปิดทางด้านหลังอิฐระบายอากาศ

³ อิฐระบายอากาศที่มีช่องระบายอากาศเป็นช่องทางเข้าออกของลมเอียงกัน คือ ช่องเปิดทางด้านหน้าอิฐระบายอากาศไม่ตรงกับช่องเปิดทางด้านหลังอิฐระบายอากาศ มีการเอียงกันในลักษณะบังใบ

$$L = L_T + 10 \log_{10} \left(1 - 10^{-\frac{(L_T - L_b)}{10}} \right)$$

- เมื่อ L = ระดับความดันเสียงสุทธิ (dB)
 L_T = ระดับความดัน L_{90} ของเสียงรวม (dB)
 L_b = ระดับความดัน L_{90} ของเสียงเบคกราวด์ (dB)









ตารางที่ 4.10 ระดับความดันเสียงสุทธิภายนอก

รูปแบบการทดลอง	รูปแบบเสียง	ช่วงเวลา	ความดันเสียง	ระดับความดันเสียง (dB(A))						
				ความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Hz)						Total A
				125	250	500	1k	2k	4k	
ภายนอก	เสียงสุทธิ	คาบที่ 1	L_b	36.94	37.70	38.66	39.90	38.30	36.20	51.94
			L_T	43.32	90.96	62.70	67.92	72.00	77.46	84.34
			L	42.18	60.94	62.68	67.91	72.00	77.46	84.34
		คาบที่ 2	L_b	36.04	37.00	39.20	43.80	42.60	40.38	53.74
			L_T	43.68	60.80	62.72	68.32	72.22	77.86	84.62
			L	42.86	60.78	62.70	68.30	72.22	77.86	84.62



ตารางที่ 4.11 ระดับเสียงสุทธิภายในขณะปิดช่องทดสอบและเปิดช่องทดสอบ

รูปแบบการทดลอง	รูปแบบเสียง	ช่วงเวลา	ความดันเสียง	ระดับความดันเสียง (dB(A))						
				ความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Hz)						Total A
				125	250	500	1k	2k	4k	
ภายใน ขณะปิดช่อง ทดสอบ	เสียงสุทธิ	คาบที่ 1	L_b	19.90	21.64	21.66	25.06	22.46	19.26	35.50
			L_T	23.32	44.26	46.12	43.12	43.96	44.80	57.24
			L	20.68	44.24	46.10	43.05	43.93	44.79	57.21
		คาบที่ 2	L_b	21.58	20.82	22.40	22.90	22.64	18.04	36.72
			L_T	24.40	43.22	46.60	43.12	44.30	45.52	57.50
			L	21.27	43.19	46.58	43.08	44.27	45.51	57.46
ภายใน ขณะเปิดช่อง ทดสอบ	เสียงสุทธิ	คาบที่ 1	L_b	24.40	27.72	28.28	29.52	29.06	25.28	41.12
			L_T	35.06	60.64	66.22	67.50	74.36	80.44	86.02
			L	34.63	60.64	66.22	67.50	74.36	80.44	86.02
		คาบที่ 2	L_b	26.72	30.00	28.68	30.34	29.72	26.40	43.14
			L_T	35.10	60.22	65.90	67.32	74.20	80.40	85.80
			L	34.50	60.22	65.90	67.32	74.20	80.40	85.80

ตารางที่ 4.12 ระดับเสียงสุทธิภายใน

รูปแบบการทดลอง	รูปแบบเสียง	ช่วงเวลา	ความดันเสียง	ระดับความดันเสียง (dB(A))						
				ความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Hz)						Total A
				125	250	500	1k	2k	4k	
ภายในห้องอิฐระบบ อากาศแบบที่ 1 	เสียงสุทรี	คาบที่ 1	L_b	23.18	25.32	24.96	27.64	26.20	21.86	38.70
			L_T	31.34	57.16	60.26	62.94	68.64	77.22	81.92
			L	30.62	57.16	60.26	62.94	68.64	77.22	81.92
ภายในห้องอิฐระบบ อากาศแบบที่ 2 	เสียงสุทรี	คาบที่ 2	L_b	23.30	27.04	27.60	33.14	30.12	26.06	42.14
			L_T	31.14	56.32	60.22	62.20	68.00	76.22	81.20
			L	30.36	56.31	60.22	62.19	68.00	76.22	81.20
ภายในห้องอิฐระบบ อากาศแบบที่ 3 	เสียงสุทรี	คาบที่ 2	L_b	24.58	25.38	26.10	28.22	26.92	22.28	39.52
			L_T	30.30	56.42	59.82	61.50	68.90	74.20	80.62
			L	28.95	56.42	59.82	61.50	68.90	74.20	80.62
ภายในห้องอิฐระบบ อากาศแบบที่ 4 	เสียงสุทรี	คาบที่ 1	L_b	26.00	27.00	25.70	26.20	25.58	20.72	39.20
			L_T	30.86	56.92	60.10	61.62	67.12	70.70	78.50
			L	29.14	56.92	60.10	61.62	67.12	70.70	78.50
ภายในห้องอิฐระบบ อากาศแบบที่ 5 	เสียงสุทรี	คาบที่ 2	L_b	23.70	25.46	26.90	28.82	28.50	27.80	40.26
			L_T	29.98	54.94	59.32	59.84	66.02	68.72	76.12
			L	28.81	54.94	59.32	59.84	66.02	68.70	76.12
ภายในห้องอิฐระบบ อากาศแบบที่ 6 	เสียงสุทรี	คาบที่ 1	L_b	24.22	27.88	28.78	30.34	28.66	26.40	41.12
			L_T	30.62	53.94	58.62	58.94	66.50	72.10	78.00
			L	29.49	53.93	58.62	58.93	66.50	72.10	78.00
ภายในห้องอิฐระบบ อากาศแบบที่ 7 	เสียงสุทรี	คาบที่ 2	L_b	22.98	28.02	26.90	29.44	27.58	24.04	40.72
			L_T	31.72	57.22	61.40	61.70	68.52	75.72	81.02
			L	31.10	57.21	61.40	61.70	68.52	75.72	81.02
ภายในห้องอิฐระบบ อากาศแบบที่ 8 	เสียงสุทรี	คาบที่ 1	L_b	23.08	26.04	27.88	30.68	28.82	26.68	41.56
			L_T	31.34	56.94	60.62	62.50	68.80	75.42	80.62
			L	30.64	56.94	60.62	62.50	68.80	75.42	80.62

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

รูปแบบการทดลอง	รูปแบบเสียง	ช่วงเวลา	ความดันเสียง	ระดับความดันเสียง (dB(A))						Total A
				ความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Hz)						
				125	250	500	1k	2k	4k	
ภายในห้องอิฐระบาย อากาศแบบที่ 9 	เสียงสุทธิ	คาบที่ 2	L_b	24.66	27.78	29.34	32.12	29.00	25.06	41.62
			L_T	28.60	53.04	57.02	58.40	61.72	66.22	73.70
			L	26.36	53.03	57.01	58.36	61.72	66.22	73.70
ภายในห้องอิฐระบาย อากาศแบบที่ 10 	เสียงสุทธิ	คาบที่ 2	L_b	21.66	26.52	26.90	25.14	24.44	21.16	38.24
			L_T	30.54	55.64	58.82	59.94	69.92	75.42	81.22
			L	29.94	55.63	58.82	59.94	69.92	75.42	81.22

2. ดัชนีการลดเสียง (Sound Reduction Index) เมื่อได้ระดับความดันเสียงสุทธิแล้ว นำมาแทนในสมการดัชนีการลดเสียง (สมการที่ 3.9 บทที่ 3)

$$SRI = L_{out} - \left\{ L_{in} + 10 \log_{10} \left(\frac{4s \cos \theta}{A} \right) \right\}$$

- เมื่อ
- SRI = ดัชนีการลดเสียงของวัสดุ (dB)
 - L_{out} = ระดับความดันเสียงสุทธิภายนอกห้องทดลอง (dB)
 - L_{in} = ระดับความดันเสียงสุทธิภายในห้องทดลอง (dB)
 - s = พื้นที่ของอิฐระบายอากาศในส่วนที่รับเสียง (m^2)
มีค่าเท่ากับ $0.0741 m^2$
 - A = ผลรวมการดูดกลืนเสียงของห้องทดลอง (m^2)
หาได้จากตารางที่ 4.14
 - θ = มุมของลำโพงที่กระทำกับอิฐระบายอากาศ ($^\circ$)
ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0°

ค่าผลรวมการดูดกลืนเสียงของห้องทดลอง หาได้จากผลรวมการดูดกลืนเสียงของวัสดุภายในห้องทั้งหมด โดยค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุภายในห้อง มีค่าตามตารางที่ 4.13 จากนั้นใช้สมการการหาผลรวมการดูดกลืนเสียงของวัสดุ (สมการที่ 2.8 บทที่ 2)

ตารางที่ 4.13 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุภายในห้อง

วัสดุ	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง					
	ความถี่ (Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
1. ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 130 มม.	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
2. ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูนหนา 130 มม.	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
3. พื้นคอนกรีตขัดมัน	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
4. ฝ้าเพดานยิปซัมฉาบเรียบหนา 125 มม.	0.15	0.11	0.04	0.04	0.07	0.08
5. บานประตูไม้อัด	0.28	0.20	0.10	0.10	0.08	0.08

สมการการหาผลรวมการดูดกลืนเสียงของห้องทดลอง

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

เมื่อ a = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุ
 s = พื้นที่ผิวที่ดูดกลืนเสียง (m^2)
 A = ผลรวมการดูดกลืนเสียงของห้องทดลอง (m^2)

ตารางที่ 4.14 ผลรวมการดูดกลืนเสียงของห้องทดลอง






วัสดุ	พื้นที่ผิว (m^2)	ผลรวมการดูดกลืนเสียงของวัสดุ (m^2)					
		ความถี่ (Hz)					
		125	250	500	1k	2k	4k
1. ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 130 มม.	13.80	0.138	0.138	0.276	0.276	0.276	0.414
2. ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูนหนา 130 มม.	16.52	0.170	0.170	0.333	0.336	0.339	0.507
3. พื้นคอนกรีตขัดมัน	12.00	0.120	0.120	0.120	0.240	0.240	0.240
4. ฝ้าเพดานยิปซัมฉาบเรียบหนา 125 มม.	12.00	1.800	1.320	0.480	0.480	0.840	0.960
5. บานประตูไม้อัด	1.80	0.504	0.360	0.180	0.180	0.144	0.144
ผลรวมการดูดกลืนเสียงของห้องทดลอง		2.732	2.108	1.389	1.512	1.839	2.265

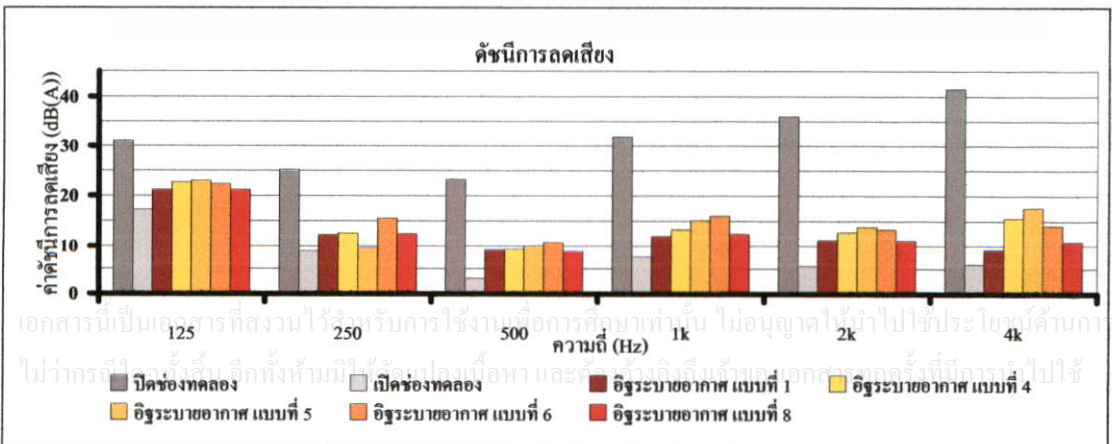
จากตารางที่ 4.14 สามารถหาค่าปรับแก้ในสมการดัชนีการลดเสียง () ได้ โดยมีค่าตามตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ค่าปรับแก้ในสมการดัชนีการลดเสียง

ค่าปรับแก้ (dB(A))	ความถี่ (Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
	0.138	0.138	0.276	0.276	0.276	0.414

ตารางที่ 4.16 คำนีการลดเสียง (Sound Reduction Index)ของอิฐระบายอากาศก้อนที่ 1,4,5,6และ 8

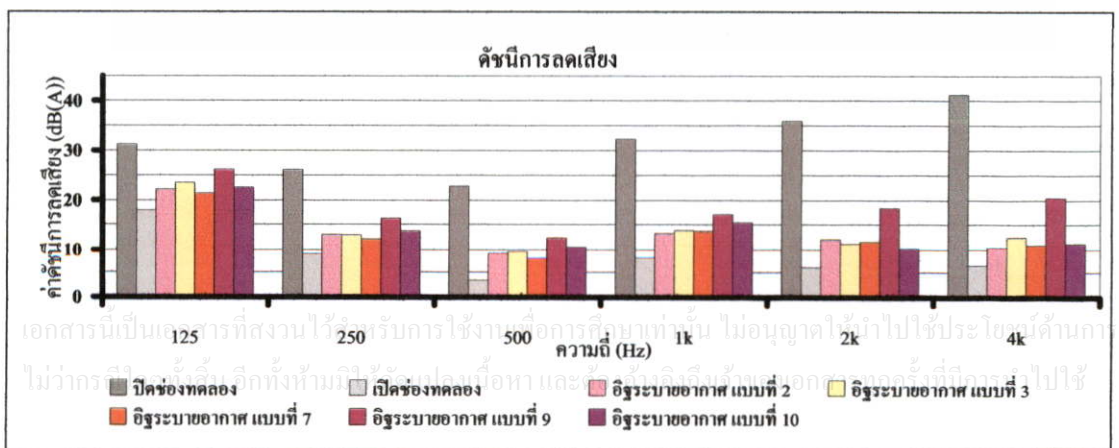
รูปแบบการทดลอง	ช่วงเวลา	ความดันเสียง	ระดับความดันเสียง (dB(A))					
			ความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Hz)					
			125	250	500	1k	2k	4k
ปิดช่องทดสอบ	คาบที่ 1	L _{out}	42.18	60.94	62.68	67.91	72.00	77.46
		L _{in}	20.68	44.24	46.10	43.05	43.93	44.79
		SRI	31.15	25.22	23.29	31.94	36.00	41.50
เปิดช่องทดสอบ	คาบที่ 1	L _{out}	42.18	60.94	62.68	67.91	72.00	77.46
		L _{in}	34.63	60.64	66.22	67.50	74.36	80.44
		SRI	17.20	8.82	3.17	7.49	5.57	5.85
อิฐระบายอากาศแบบที่ 1 	คาบที่ 1	L _{out}	42.18	60.94	62.68	67.91	72.00	77.46
		L _{in}	30.62	57.16	60.26	62.94	68.64	77.22
		SRI	21.21	12.30	9.13	12.05	11.29	9.07
อิฐระบายอากาศแบบที่ 4 	คาบที่ 1	L _{out}	42.18	60.94	62.68	67.91	72.00	77.46
		L _{in}	29.14	56.92	60.10	61.62	67.12	70.70
		SRI	22.69	12.54	9.29	13.37	12.81	15.59
อิฐระบายอากาศแบบที่ 5 	คาบที่ 1	L _{out}	42.18	60.94	62.68	67.91	72.00	77.46
		L _{in}	28.81	59.94	59.32	59.84	66.02	68.70
		SRI	23.02	9.52	10.07	15.15	13.91	17.59
อิฐระบายอากาศแบบที่ 6 	คาบที่ 1	L _{out}	42.18	60.94	62.68	67.91	72.00	77.46
		L _{in}	29.49	53.93	58.62	58.93	66.50	72.10
		SRI	22.34	15.53	10.77	16.06	13.43	14.19
อิฐระบายอากาศแบบที่ 8 	คาบที่ 1	L _{out}	42.18	60.94	62.68	67.91	72.00	77.46
		L _{in}	30.64	56.94	60.62	62.50	68.80	75.42
		SRI	21.19	12.52	8.77	12.49	11.13	10.87



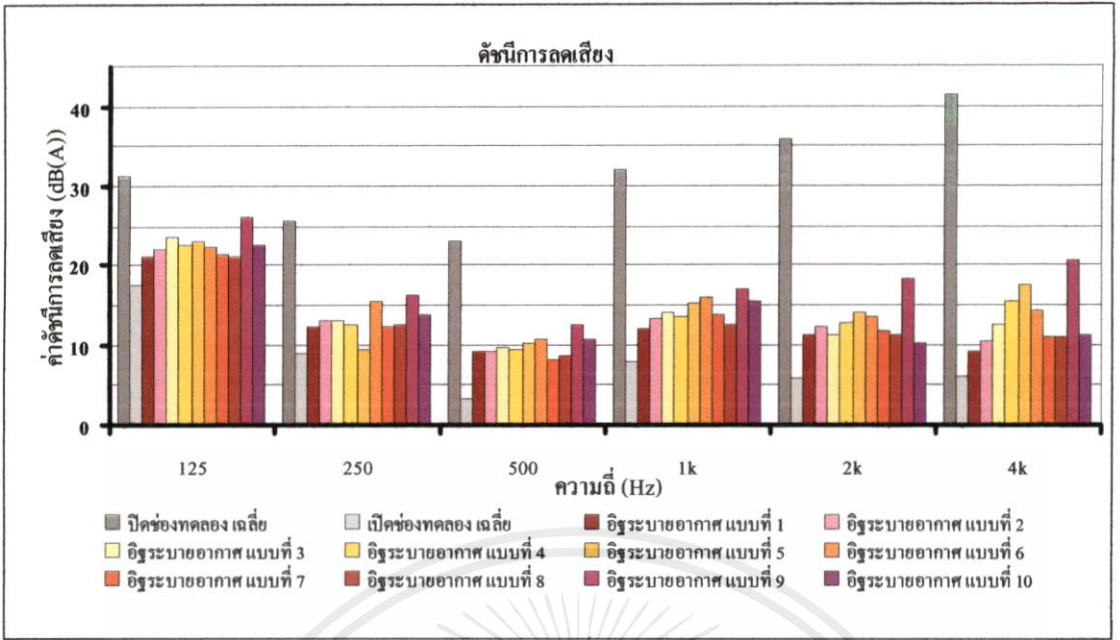
รูปที่ 4.15 คำนีการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแบบที่ 1,4,5,6 และ 8 ที่ทดลองในช่วงเวลาคาบที่ 1

ตารางที่ 4.17 คำนีการลดเสียง (Sound Reduction Index)ของอิฐระบายอากาศกอนที่ 2,3,7,9และ 10

รูปแบบการทดลอง	ช่วงเวลา	ความดันเสียง	ระดับความดันเสียง (dB(A))					
			ความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Hz)					
			125	250	500	1k	2k	4k
ปิดช่องทดสอบ	คาบที่ 2	L _{out}	42.86	60.78	62.70	68.30	72.22	77.86
		L _{in}	21.27	43.19	46.58	43.08	44.27	45.51
		SRI	31.24	26.11	22.83	32.30	35.88	41.18
เปิดช่องทดสอบ	คาบที่ 2	L _{out}	42.86	60.78	62.70	68.30	72.22	77.86
		L _{in}	34.50	60.22	65.90	67.32	74.20	80.40
		SRI	18.01	9.08	3.51	8.06	5.95	6.29
อิฐระบายอากาศแบบที่ 2	คาบที่ 2	L _{out}	42.86	60.78	62.70	68.30	72.22	77.86
		L _{in}	30.36	56.31	60.22	62.19	68.00	76.22
		SRI	22.15	12.99	9.19	13.19	12.15	10.47
อิฐระบายอากาศแบบที่ 3	คาบที่ 2	L _{out}	42.86	60.78	62.70	68.30	72.22	77.86
		L _{in}	28.95	56.42	59.82	61.50	68.90	74.20
		SRI	23.56	12.88	9.59	13.88	11.25	12.49
อิฐระบายอากาศแบบที่ 7	คาบที่ 2	L _{out}	42.86	60.78	62.70	68.30	72.22	77.86
		L _{in}	31.10	57.21	61.40	61.70	68.52	75.72
		SRI	21.41	12.09	8.01	13.68	11.63	10.97
อิฐระบายอากาศแบบที่ 9	คาบที่ 2	L _{out}	42.86	60.78	62.70	68.30	72.22	77.86
		L _{in}	26.36	53.03	57.01	58.36	61.72	66.22
		SRI	26.15	16.27	12.40	17.02	18.43	20.47
อิฐระบายอากาศแบบที่ 10	คาบที่ 2	L _{out}	42.86	60.78	62.70	68.30	72.22	77.86
		L _{in}	29.94	55.63	58.82	59.94	69.92	75.42
		SRI	22.57	13.67	10.59	15.44	10.23	11.27






รูปที่ 4.16 ค่านีการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแบบที่ 2,3,7,9 และ 10 ที่ทดลองในช่วงเวลาคาบที่ 2










รูปที่ 4.17 ดัชนีการลดเสียงของอิฐระบายอากาศทั้ง 10 แบบ

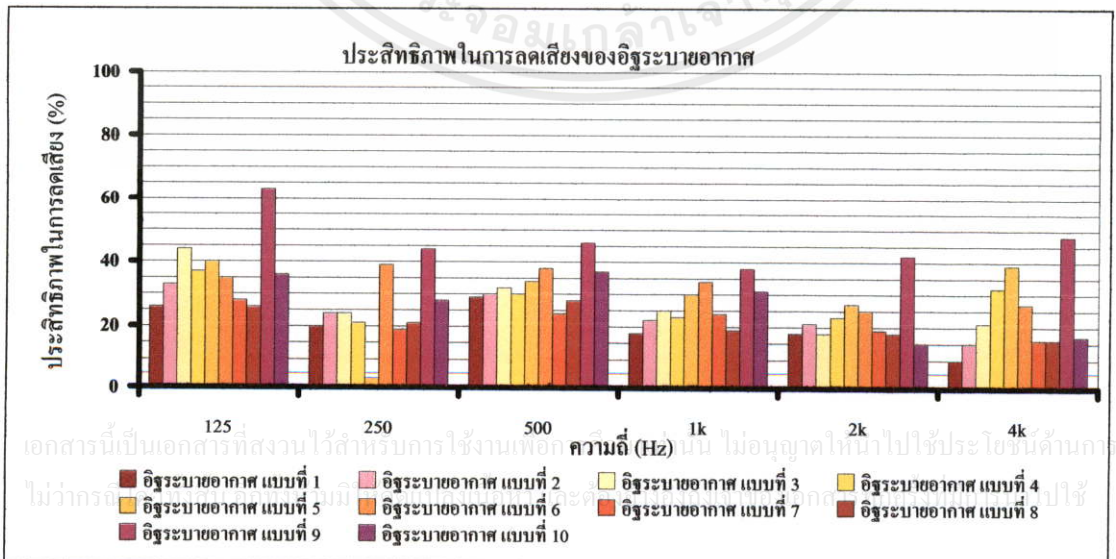
3. การหาประสิทธิภาพในการลดเสียง เมื่อเทียบกับช่องปิดทึบ และช่องเปิดโล่ง ใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าดัชนีการลดเสียงของอิฐระบายอากาศกับช่องเปิด โดยสมมติให้ดัชนีการลดเสียงของช่องปิดทึบ คือ ประสิทธิภาพในการลดเสียงสูงสุด หรือเท่ากับ 100 % และให้ค่า ดัชนีการลดเสียงของช่องเปิดโล่ง คือ ประสิทธิภาพในการลดเสียงต่ำที่สุด หรือเท่ากับ 0 % (สมการที่ 3.10 บทที่ 3) ซึ่งมีผลตามตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ประสิทธิภาพในการลดเสียง เมื่อเทียบกับช่องปิดทึบ และช่องเปิดโล่ง

อิฐระบายอากาศ		ระดับความดันเสียง (dB(A))					
		ความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Hz)					
		125	250	500	1k	2k	4k
 อิฐระบายอากาศแบบที่ 1	SRI	21.21	12.30	9.13	12.05	11.29	9.07
	ประสิทธิภาพ	26%	20%	29%	18%	18%	10%
 อิฐระบายอากาศแบบที่ 2	SRI	22.15	12.99	9.19	13.19	12.15	10.47
	ประสิทธิภาพ	33%	24%	30%	22%	21%	15%
 อิฐระบายอากาศแบบที่ 3	SRI	23.56	12.88	9.59	13.88	11.25	12.49
	ประสิทธิภาพ	44%	24%	32%	25%	18%	21%

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)






อิฐระบายอากาศ		ระดับความดันเสียง (dB(A))					
		ความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Hz)					
		125	250	500	1k	2k	4k
อิฐระบายอากาศแบบที่ 4 	SRI	22.69	12.54	9.29	13.37	12.81	15.59
	ประสิทธิภาพ	37%	21%	30%	23%	23%	32%
อิฐระบายอากาศแบบที่ 5 	SRI	23.02	9.52	10.07	15.15	13.91	17.59
	ประสิทธิภาพ	40%	3%	34%	30%	27%	39%
อิฐระบายอากาศแบบที่ 6 	SRI	22.34	15.53	10.77	16.06	13.43	14.19
	ประสิทธิภาพ	35%	39%	38%	34%	25%	27%
อิฐระบายอากาศแบบที่ 7 	SRI	21.41	12.09	8.01	13.68	11.63	10.97
	ประสิทธิภาพ	28%	19%	24%	24%	19%	16%
อิฐระบายอากาศแบบที่ 8 	SRI	21.19	12.52	8.77	12.49	11.13	10.87
	ประสิทธิภาพ	26%	21%	28%	19%	18%	16%
อิฐระบายอากาศแบบที่ 9 	SRI	26.15	16.27	12.40	17.02	18.43	20.47
	ประสิทธิภาพ	63%	44%	46%	38%	42%	48%
อิฐระบายอากาศแบบที่ 10 	SRI	22.57	13.67	10.59	15.44	10.23	11.27
	ประสิทธิภาพ	36%	28%	37%	31%	15%	17%



รูปที่ 4.18 ประสิทธิภาพในการลดเสียงของอิฐระบายอากาศทั้ง 10 แบบ

จากตารางที่ 4.16 และตารางที่ 4.17 ดัชนีการลดเสียง (Sound Reduction Index) ของอิฐระบายอากาศที่สามารถหาออกมาได้นั้นเป็นค่าดัชนีการลดเสียงที่แยกความถี่ ซึ่งในการนำไปใช้งานจริงนั้นไม่สะดวกเพราะค่าการวัดระดับความดันเสียงที่สามารถหาได้จากกรมควบคุมมลพิษ หรือเครื่องมือวัดระดับความดันเสียงที่นิยมนำมาใช้งานจะเป็นแบบที่ใช้วัดระดับความดันเสียงรวม จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงข้อมูลให้ง่ายแก่การเข้าใจ โดยการนำข้อมูลดัชนีการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแต่ละความถี่มารวมกันโดยใช้การบวกเดซิเบลโดยใช้สมการลอการิทึม (ซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.3.6 บทที่ 2) ซึ่งได้ผลตามตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ดัชนีการลดเสียงของอิฐระบายอากาศ

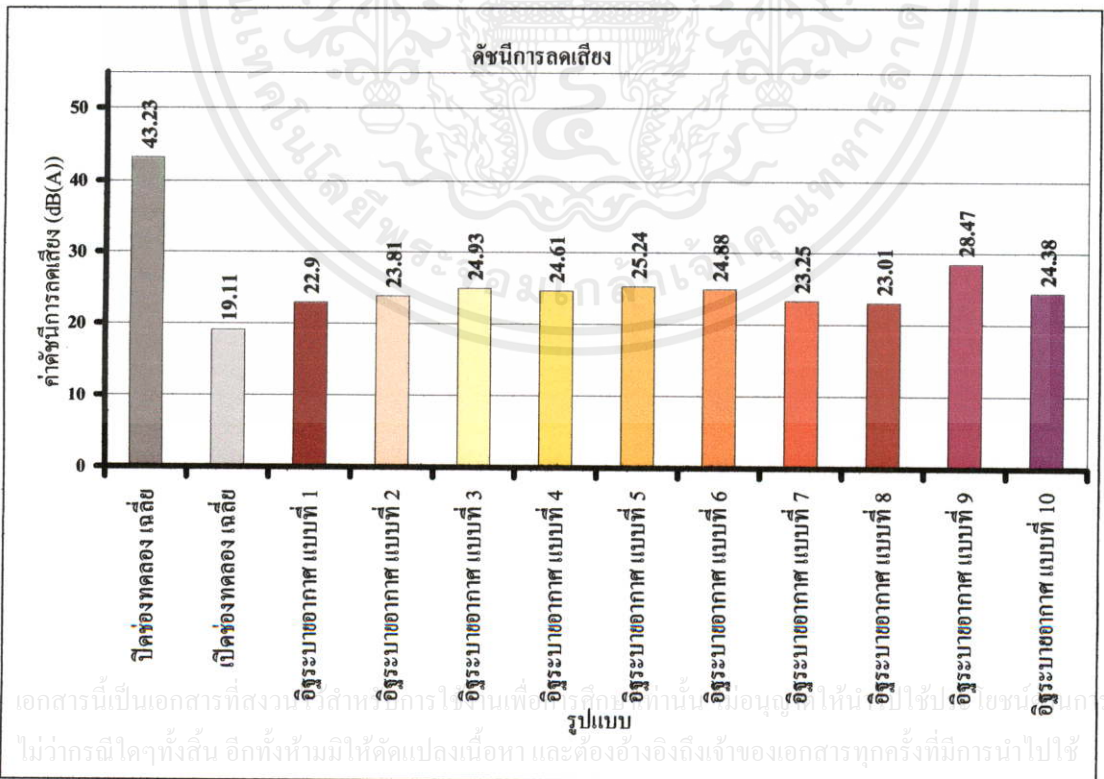
รูปแบบ		ระดับความดันเสียง (dB(A))						Total
		ความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Hz)						
		125	250	500	1k	2k	4k	
ปิดช่องทดสอบ	SRI ⁴	31.20	25.67	23.06	32.12	35.94	41.34	43.23
เปิดช่องทดสอบ	SRI ⁵	17.61	8.95	3.34	7.78	5.76	6.07	19.11
อิฐระบายอากาศแบบที่ 1 	SRI	21.21	12.30	9.13	12.05	11.29	9.07	22.90
อิฐระบายอากาศแบบที่ 2 	SRI	22.15	12.99	9.19	13.19	12.15	10.47	23.81
อิฐระบายอากาศแบบที่ 3 	SRI	23.56	12.88	9.59	13.88	11.25	12.49	24.93
อิฐระบายอากาศแบบที่ 4 	SRI	22.69	12.54	9.29	13.37	12.81	15.59	24.61
อิฐระบายอากาศแบบที่ 5 	SRI	23.02	9.52	10.07	15.15	13.91	17.59	24.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

^{4,5} เป็นค่าดัชนีการลดเสียงเฉลี่ยจากคาบที่ 1 และคาบที่ 2 ของการปิดและเปิดช่องทดสอบ

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

รูปแบบ		ระดับความดันเสียง (dB(A))						Total
		ความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Hz)						
		125	250	500	1k	2k	4k	
อิฐระบายอากาศแบบที่ 6	SRI	22.34	15.53	10.77	16.06	13.43	14.19	24.88
อิฐระบายอากาศแบบที่ 7	SRI	21.41	12.09	8.01	13.68	11.63	10.97	23.25
อิฐระบายอากาศแบบที่ 8	SRI	21.19	12.52	8.77	12.49	11.13	10.87	23.01
อิฐระบายอากาศแบบที่ 9	SRI	26.15	16.27	12.40	17.02	18.43	20.47	28.47
อิฐระบายอากาศแบบที่ 10	SRI	22.57	13.67	10.59	15.44	10.23	11.27	24.38



รูปที่ 4.19 ดัชนีการลดเสียงรวมของอิฐระบายอากาศทั้ง 10 แบบ

จากรูปที่ 4.16 รูปที่ 4.17 และรูปที่ 4.18 พบว่าอิฐระบายอากาศทุกตัวมีความสามารถในการลดเสียงประมาณ 22-25 dB(A) โดยในความถี่ต่ำ (125 – 2,000 Hz) มีความสามารถในการลดเสียงได้ดีแต่ในช่วงความถี่สูง(4,000 Hz) นั้นอิฐระบายอากาศแบบที่ 4,5 และ 6 สามารถทำการลดเสียงได้ดีกว่าแบบอื่น ๆ ยกเว้นอิฐระบายอากาศแบบที่ 9 เพราะสามารถลดเสียงได้ดีในทุก ๆ ความถี่ และสามารถลดเสียงที่ความดันเสียงรวมได้ 28.47 dB(A) แต่เมื่อเทียบกับการลดเสียงของช่องทศสอบที่ปิด (หรือจะเรียกได้ว่าเป็น “ผนัง” เพราะใช้วัสดุชนิดเดียวกันกับผนังในการปิดช่องทศสอบ) อิฐระบายอากาศทุกตัวมีความสามารถในการลดเสียงได้ดีในความถี่ต่ำ คือ 125 Hz และ 250 Hz จากนั้นจะมีประสิทธิภาพลดลงในความถี่ที่สูงขึ้น

ซึ่งจะสังเกตได้ว่า ความสามารถในการลดเสียงของอิฐระบายอากาศนั้น ขึ้นอยู่กับขนาด สัดส่วนของส่วนเปิดโล่ง และลักษณะของช่องเปิด คือ สัดส่วนของส่วนเปิดโล่งที่น้อยจะลดเสียงได้ดีกว่า แต่ถ้าส่วนของสัดส่วนของส่วนเปิดโล่งมีขนาดเท่ากัน ลักษณะของช่องเปิดก็จะมีผลต่อการลดเสียง คือ อิฐระบายอากาศที่เป็นช่องตรงเล็ก ๆ หลาย ๆ ช่อง ,ช่องลดขนาด หรือช่องเปิดที่มีช่องทางเข้าออกของลมเยื้องกันจะทำให้เสียงลดลงได้ เพราะเสียงได้สูญเสียพลังงานไปกับการถูกคูดกลืนเข้าไปในเนื้อวัสดุ หรือ สูญเสียพลังงานไปกับระยะทางที่เพิ่มขึ้น (ในกรณีช่องเปิดที่มีช่องทางเข้าออกของลมเยื้องกัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง ผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลองเรื่องประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐ ระบายอากาศ

ประสิทธิภาพในการระบายอากาศของอิฐระบายอากาศ คือ สามารถระบายอากาศในมุมที่ลมปะทะ 90° และ 45° กับตัวอิฐ คือ $0.02 - 0.19 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.02 - 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ ตามลำดับ ที่ความเร็วลมตั้งต้น $1.5 - 3.0 \text{ m/s}$ ¹ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของช่องเปิดในตัวอิฐระบายอากาศ โดยสามารถสรุปลักษณะของช่องเปิดต่อผลการระบายอากาศได้ดังนี้

1. อิฐระบายอากาศที่มีลักษณะเป็นช่องตรงจะสามารถระบายอากาศได้ดีที่สุด เพราะช่องเจาะลักษณะนี้นั้นทำให้เกิดความดันด้านหน้าก่อนอิฐน้อยกว่าลักษณะช่องเจาะแบบอื่น

2. อิฐระบายอากาศที่มีลักษณะเป็นช่องตรงขนาดเล็กหลาย ๆ ช่อง จะเพิ่มความสามารถในการระบายอากาศเมื่อลมเข้ามาปะทะในมุมที่ไม่เป็น 90° ได้ดีกว่า ช่องใหญ่ ช่องเดียว เพราะช่องเจาะแบบช่องตรงช่องเดียวนั้นเกิดความดันที่พยายามเข้าสู่ภายในสูงมาก เป็นผลให้ลมเคลื่อนตัวไปยังพื้นที่ ๆ มีความดันต่ำกว่า ดังนั้นการเพิ่มช่องเจาะทำให้เกิดการระบายแรงดันลมที่มาปะทะลมจึงสามารถผ่านเข้ามาภายใน ได้ดีขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 5.1 ลักษณะความดันของลมที่ปะทะอิฐระบายอากาศแบบช่องเดียว และช่องตรงหลายช่อง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

¹ เป็นการใช้กล่องทดลองในอุโมงค์ลม ที่ความเร็วลม $1.5 - 3.0 \text{ m/s}$ โดยมีปริมาตรอากาศ 0.125 m^3 และมีพื้นที่ช่องลมออกเท่ากับขนาดพื้นที่หน้าตัดอิฐระบายอากาศโดยประมาณ 0.08 m^2

ประสิทธิภาพในการลดเสียงของอิฐระบายอากาศ คือ สามารถลดเสียงที่ความดันเสียงรวม ประมาณ 22-28 dB(A) เมื่อเทียบกับความสามารถในการลดเสียงของผนังแล้วสามารถลดได้น้อยกว่าประมาณ 20-24 dB(A) โดยผนังนั้นเป็นผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบเรียบ สามารถลดเสียงได้ 43.23 dB(A) แต่สามารถลดเสียงได้ดีกว่าเปิดช่องโถงประมาณ 3-9 dB(A) โดยช่องโถงสามารถลดเสียงได้ 19.11 dB(A) ซึ่งความสามารถในการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแต่ละตัวนั้น ขึ้นอยู่กับรูปแบบอิฐระบายอากาศ โดยสามารถสรุปออกมาเป็นเงื่อนไขได้ดังนี้

1. อิฐระบายอากาศทุกรูปแบบสามารถลดเสียงได้ดีที่ความถี่ต่ำ (125 – 2,000 Hz) เพราะคลื่นเสียงความถี่ต่ำสามารถสูญเสียได้โดยการดูดซับของเนื้อวัสดุ ซึ่งอิฐระบายอากาศทั้ง 10 แบบเป็นวัสดุชนิดเดียวกันจึงมีความสามารถในการลดเสียงที่ความถี่ต่ำเหมือนกัน

2. อิฐระบายอากาศที่มีลักษณะเป็นช่องตรงขนาดใหญ่ ช่องเดียว จะมีความสามารถในการลดเสียงต่ำที่สุด เพราะคลื่นเสียงสามารถส่งผ่านเข้ามาได้มากโดยไม่มีอุปสรรคกีดขวาง จึงส่งผลกระทบต่อความสามารถในการลดเสียง

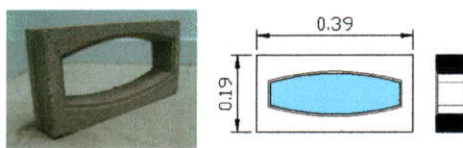
3. อิฐระบายอากาศที่มีลักษณะเป็นช่องตรงขนาดเล็กหลาย ๆ ช่อง และลักษณะที่เป็นช่องลดขนาด จะเพิ่มความสามารถในการลดเสียงได้ดีขึ้นจากอิฐระบายอากาศที่มีลักษณะเป็นช่องตรงขนาดใหญ่ ช่องเดียว เพราะช่องเล็ก ๆ เหล่านั้นเป็นการเพิ่มอุปสรรคกีดขวาง และพื้นที่ในการดูดซับเสียงมากขึ้น เสียงจึงสามารถส่งผ่านเข้ามาได้น้อยกว่าช่องตรงขนาดใหญ่ ช่องเดียว

4. อิฐระบายอากาศที่มีลักษณะเป็นช่องที่ทางเข้าออกของลมเยื้องกัน จะมีความสามารถในการลดเสียงได้ดีที่สุด เพราะมีอุปสรรคกีดขวางการเดินทางของเสียง ไม่ให้ผ่านเข้ามาได้โดยตรง อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับเสียง เสียงที่ส่งผ่านเข้ามาจึงมีระดับความดันเสียงต่ำที่สุด

โดยค่าประสิทธิภาพในเรื่องการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศทั้ง 10 แบบนั้น สามารถนำมาจัดทำเป็นลักษณะข้อมูลเพื่อใช้ในการตัดสินใจในการเลือกใช้งานได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิฐระบายอากาศแบบที่ 1



รูปที่ 5.2 อิฐระบายอากาศแบบที่ 1

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลพื้นฐานอิฐระบายอากาศแบบที่ 1

ขนาด	19×39×7 เซนติเมตร	
สัดส่วน	ด้านหน้า	38.06 %
	ด้านหลัง	38.06 %

ตารางที่ 5.2 ความสามารถในการระบายอากาศของอิฐระบายอากาศแบบที่ 1

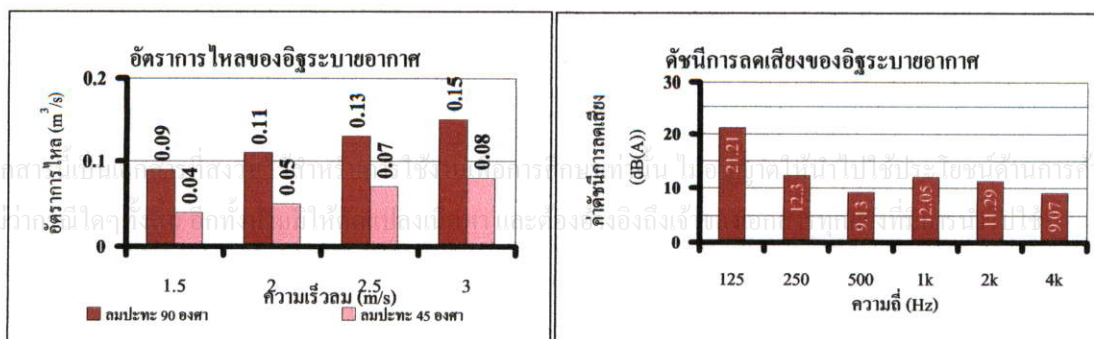
	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการไหล (m ³ /s)	
		90°	45°
ความสามารถในการระบายอากาศ	1.5	0.09	0.04
	2.0	0.11	0.05
	2.5	0.13	0.07
	3.0	0.15	0.08

ตารางที่ 5.3 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 1

	ความถี่ (Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง	0.60	0.65	0.57	0.56	0.62	0.54

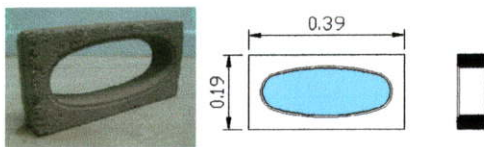
ตารางที่ 5.4 คำนีการดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 1

	ความถี่ (Hz)						Total
	125	250	500	1k	2k	4k	
คำนีการดูดกลืนเสียง	21.21	12.30	9.13	12.05	11.29	9.07	22.90



รูปที่ 5.3 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแบบที่ 1

อิฐระบายอากาศแบบที่ 2



รูปที่ 5.4 อิฐระบายอากาศแบบที่ 2

ตารางที่ 5.5 ข้อมูลพื้นฐานอิฐระบายอากาศแบบที่ 2

ขนาด	19×39×7 เซนติเมตร	
สัดส่วน	ด้านหน้า	43.18 %
	ด้านหลัง	43.18 %

ตารางที่ 5.6 ความสามารถในการระบายอากาศของอิฐระบายอากาศแบบที่ 2

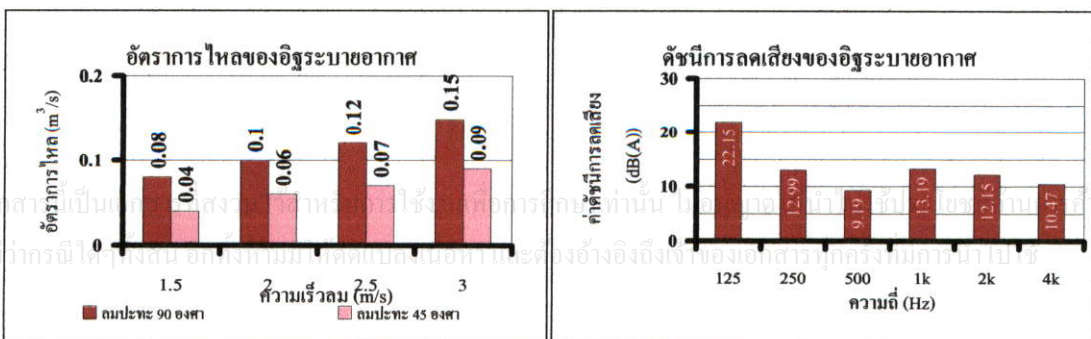
	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการไหล (m ³ /s)	
		90°	45°
ความสามารถในการระบายอากาศ	1.5	0.08	0.04
	2.0	0.10	0.06
	2.5	0.12	0.07
	3.0	0.15	0.09

ตารางที่ 5.7 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 2

	ความถี่ (Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง	0.64	0.68	0.61	0.60	0.65	0.57

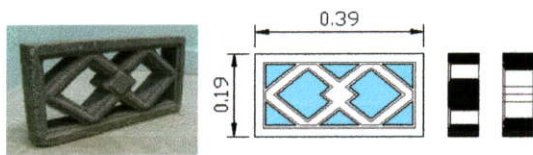
ตารางที่ 5.8 ดัชนีการดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 2

	ความถี่ (Hz)						Total
	125	250	500	1k	2k	4k	
ดัชนีการดูดกลืนเสียง	22.15	12.99	9.19	13.19	12.15	10.47	23.81



รูปที่ 5.5 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแบบที่ 2

อิฐระบายอากาศแบบที่ 3



รูปที่ 5.6 อิฐระบายอากาศแบบที่ 3

ตารางที่ 5.9 ข้อมูลพื้นฐานอิฐระบายอากาศแบบที่ 3

ขนาด	19×39×7 เซนติเมตร	
สัดส่วน	ด้านหน้า	34.14 %
	ด้านหลัง	34.14 %

ตารางที่ 5.10 ความสามารถในการระบายอากาศของอิฐระบายอากาศแบบที่ 3

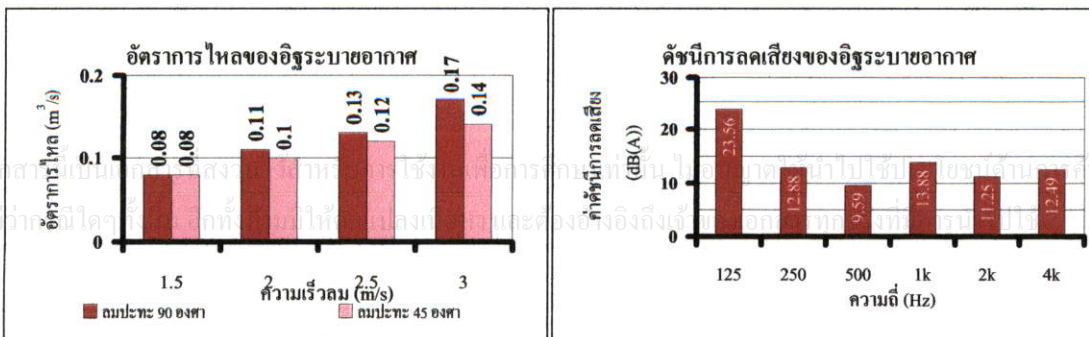
	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการไหล (m ³ /s)	
		90°	45°
ความสามารถในการระบายอากาศ	1.5	0.08	0.08
	2.0	0.11	0.10
	2.5	0.13	0.12
	3.0	0.17	0.14

ตารางที่ 5.11 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 3

	ความถี่ (Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง	0.58	0.63	0.55	0.53	0.60	0.51

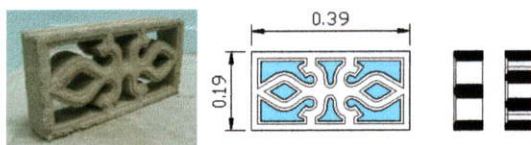
ตารางที่ 5.12 ดัชนีการดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 3

	ความถี่ (Hz)						Total
	125	250	500	1k	2k	4k	
ดัชนีการดูดกลืนเสียง	23.56	12.88	9.59	13.88	11.25	12.49	24.93



รูปที่ 5.7 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแบบที่ 3

อิฐระบายอากาศแบบที่ 4



รูปที่ 5.8 อิฐระบายอากาศแบบที่ 4

ตารางที่ 5.13 ข้อมูลพื้นฐานอิฐระบายอากาศแบบที่ 4

ขนาด	19×39×7 เซนติเมตร	
สัดส่วน	ด้านหน้า	28.07 %
	ด้านหลัง	28.07 %

ตารางที่ 5.14 ความสามารถในการระบายอากาศของอิฐระบายอากาศแบบที่ 4

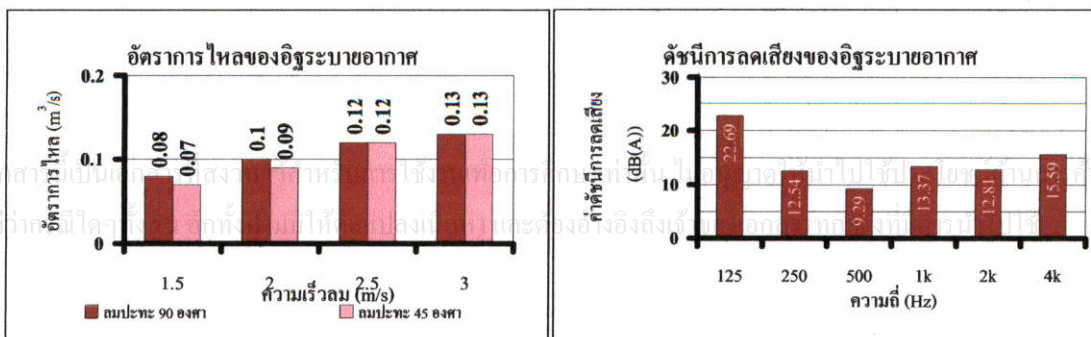
	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการไหล (m ³ /s)	
		90°	45°
ความสามารถในการระบายอากาศ	1.5	0.08	0.07
	2.0	0.10	0.09
	2.5	0.12	0.12
	3.0	0.13	0.13

ตารางที่ 5.15 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 4

	ความถี่ (Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง	0.54	0.60	0.50	0.49	0.56	0.46

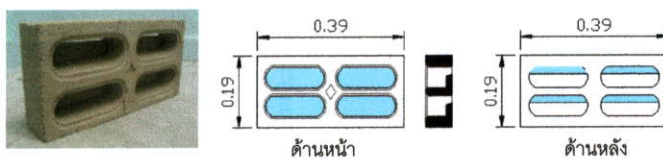
ตารางที่ 5.16 ดัชนีการดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 4

	ความถี่ (Hz)						Total
	125	250	500	1k	2k	4k	
ดัชนีการดูดกลืนเสียง	22.69	12.54	9.29	13.37	12.81	15.59	24.61



รูปที่ 5.9 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแบบที่ 4

อิฐระบายอากาศแบบที่ 5



รูปที่ 5.10 อิฐระบายอากาศแบบที่ 5

ตารางที่ 5.17 ข้อมูลพื้นฐานอิฐระบายอากาศแบบที่ 5

ขนาด	19×39×7 เซนติเมตร	
สัดส่วน	ด้านหน้า	43.05 %
	ด้านหลัง	15.25 %

ตารางที่ 5.18 ความสามารถในการระบายอากาศของอิฐระบายอากาศแบบที่ 5

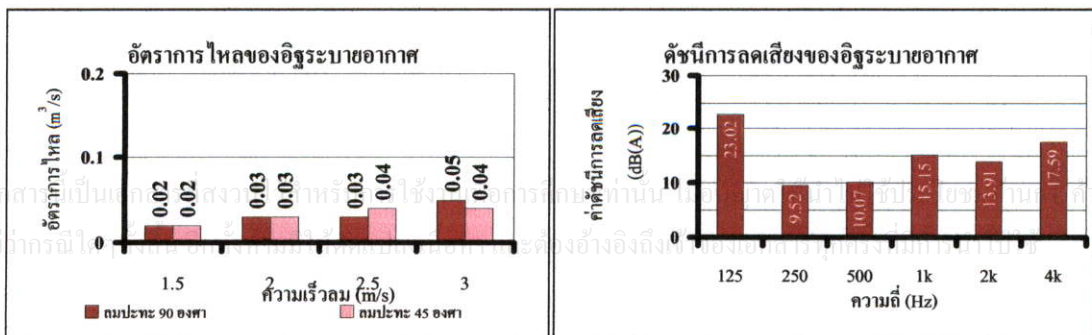
	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการไหล (m ³ /s)	
		90°	45°
ความสามารถในการระบายอากาศ	1.5	0.02	0.02
	2.0	0.03	0.03
	2.5	0.03	0.04
	3.0	0.05	0.04

ตารางที่ 5.19 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 5

	ความถี่ (Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง	0.46	0.53	0.42	0.40	0.48	0.36

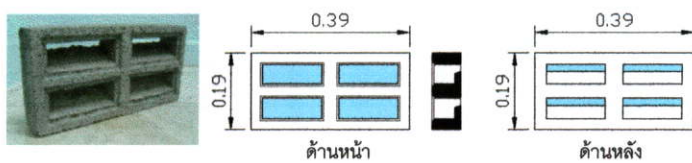
ตารางที่ 5.20 ดัชนีการดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 5

	ความถี่ (Hz)						Total
	125	250	500	1k	2k	4k	
ดัชนีการดูดกลืนเสียง	23.02	9.52	10.07	15.15	13.91	17.59	24.24



รูปที่ 5.11 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแบบที่ 5

อิฐระบายอากาศแบบที่ 6



รูปที่ 5.12 อิฐระบายอากาศแบบที่ 6

ตารางที่ 5.21 ข้อมูลพื้นฐานอิฐระบายอากาศแบบที่ 6

ขนาด	19×39×7 เซนติเมตร	
สัดส่วน	ด้านหน้า	39.14 %
	ด้านหลัง	14.04 %

ตารางที่ 5.22 ความสามารถในการระบายอากาศของอิฐระบายอากาศแบบที่ 6

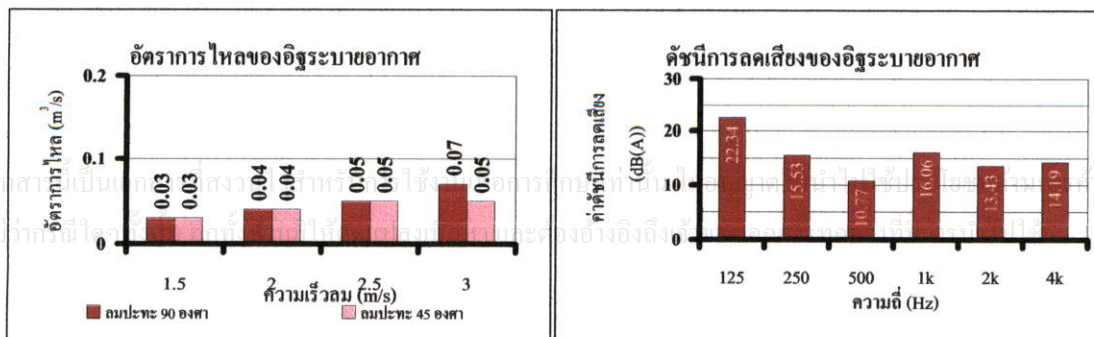
	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการไหล (m ³ /s)	
		90°	45°
ความสามารถในการระบายอากาศ	1.5	0.03	0.03
	2.0	0.04	0.04
	2.5	0.05	0.05
	3.0	0.07	0.05

ตารางที่ 5.23 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 6

	ความถี่ (Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง	0.45	0.52	0.41	0.39	0.48	0.36

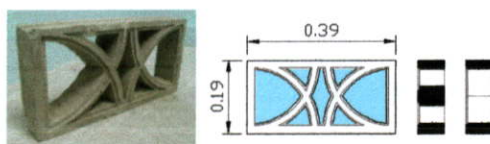
ตารางที่ 5.24 ดัชนีการดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 6

	ความถี่ (Hz)						Total
	125	250	500	1k	2k	4k	
ดัชนีการดูดกลืนเสียง	22.34	15.53	10.77	16.06	13.43	14.19	24.88



รูปที่ 5.13 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแบบที่ 6

อิฐระบายอากาศแบบที่ 7



รูปที่ 5.14 อิฐระบายอากาศแบบที่ 7

ตารางที่ 5.25 ข้อมูลพื้นฐานอิฐระบายอากาศแบบที่ 7

ขนาด	19×39×7 เซนติเมตร	
สัดส่วน	ด้านหน้า	41.30 %
	ด้านหลัง	41.30 %

ตารางที่ 5.26 ความสามารถในการระบายอากาศของอิฐระบายอากาศแบบที่ 7

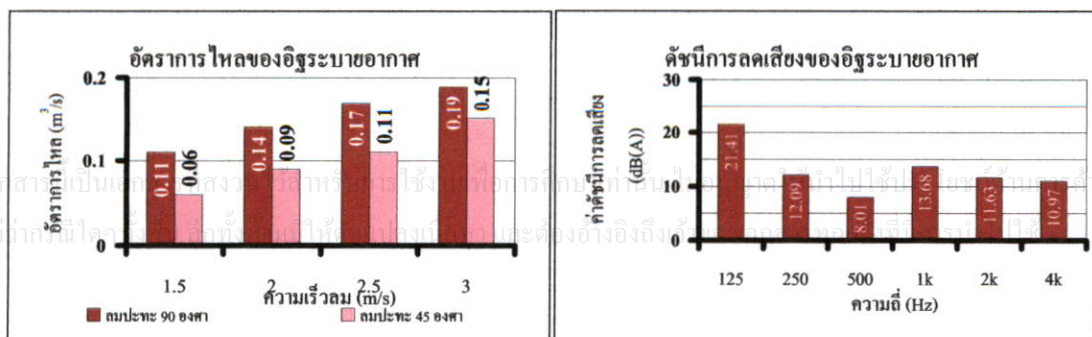
	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการไหล (m ³ /s)	
		90°	45°
ความสามารถในการระบายอากาศ	1.5	0.11	0.06
	2.0	0.14	0.09
	2.5	0.17	0.11
	3.0	0.19	0.15

ตารางที่ 5.27 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 7

	ความถี่ (Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง	0.62	0.67	0.59	0.58	0.64	0.56

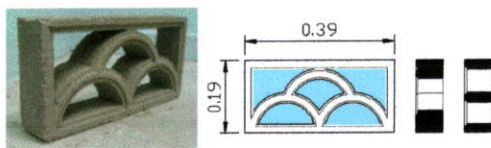
ตารางที่ 5.28 ค่าดัชนีการดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 7

	ความถี่ (Hz)						Total
	125	250	500	1k	2k	4k	
ดัชนีการดูดกลืนเสียง	21.41	12.09	8.01	13.68	11.63	10.97	23.25



รูปที่ 5.15 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแบบที่ 7

อิฐระบายอากาศแบบที่ 8



รูปที่ 5.16 อิฐระบายอากาศแบบที่ 8

ตารางที่ 5.29 ข้อมูลพื้นฐานอิฐระบายอากาศแบบที่ 8

ขนาด	19×39×7 เซนติเมตร	
สัดส่วน	ด้านหน้า	43.86 %
	ด้านหลัง	43.86 %

ตารางที่ 5.30 ความสามารถในการระบายอากาศของอิฐระบายอากาศแบบที่ 8

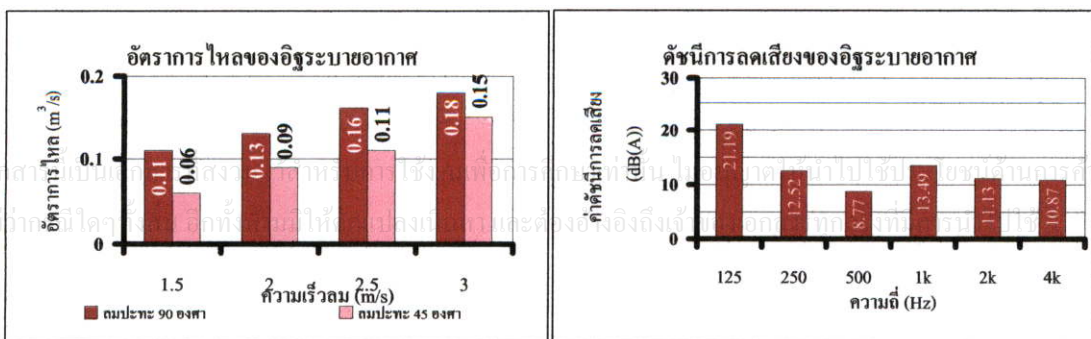
	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการไหล (m ³ /s)	
		90°	45°
ความสามารถในการระบายอากาศ	1.5	0.11	0.06
	2.0	0.13	0.08
	2.5	0.16	0.10
	3.0	0.18	0.12

ตารางที่ 5.31 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 8

	ความถี่ (Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง	0.64	0.69	0.61	0.60	0.66	0.58

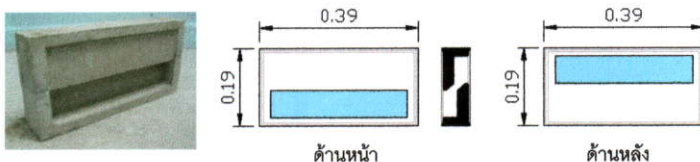
ตารางที่ 5.32 ดัชนีการดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 8

	ความถี่ (Hz)						Total
	125	250	500	1k	2k	4k	
ดัชนีการดูดกลืนเสียง	21.19	12.52	8.77	12.49	11.13	10.87	23.01



รูปที่ 5.17 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแบบที่ 8

อิฐระบายอากาศแบบที่ 9



รูปที่ 5.18 อิฐระบายอากาศแบบที่ 9

ตารางที่ 5.33 ข้อมูลพื้นฐานอิฐระบายอากาศแบบที่ 9

ขนาด	19×39×7 เซนติเมตร	
สัดส่วน	ด้านหน้า	30.36 %
	ด้านหลัง	30.36 %

ตารางที่ 5.34 ความสามารถในการระบายอากาศของอิฐระบายอากาศแบบที่ 9

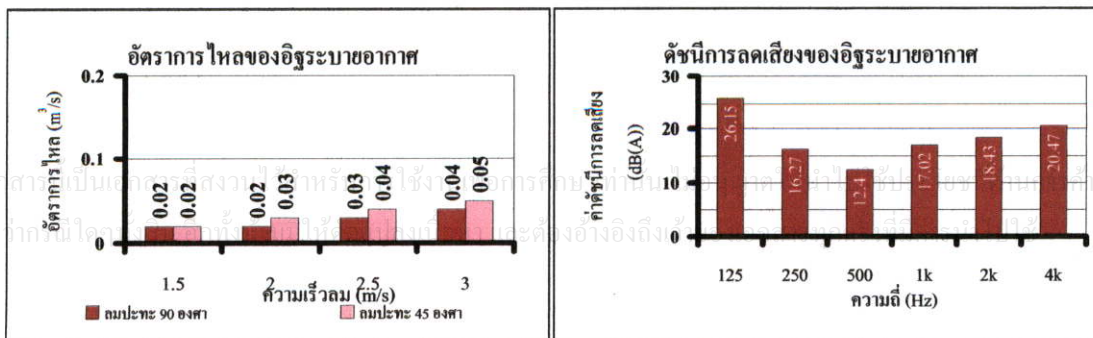
	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการไหล (m ³ /s)	
		90°	45°
ความสามารถในการระบายอากาศ	1.5	0.02	0.02
	2.0	0.02	0.03
	2.5	0.03	0.04
	3.0	0.04	0.05

ตารางที่ 5.35 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 9

	ความถี่ (Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง	0.55	0.61	0.52	0.51	0.58	0.48

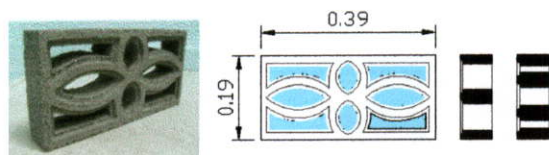
ตารางที่ 5.36 ดัชนีการดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 9

	ความถี่ (Hz)						Total
	125	250	500	1k	2k	4k	
ดัชนีการดูดกลืนเสียง	26.15	16.27	12.40	17.02	18.43	20.47	28.47



รูปที่ 5.19 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแบบที่ 9

อิฐระบายอากาศแบบที่ 10



รูปที่ 5.20 อิฐระบายอากาศแบบที่ 10

ตารางที่ 5.37 ข้อมูลพื้นฐานอิฐระบายอากาศแบบที่ 10

ขนาด	19×39×7 เซนติเมตร	
สัดส่วน	ด้านหน้า	28.88 %
	ด้านหลัง	28.88 %

ตารางที่ 5.38 ความสามารถในการระบายอากาศของอิฐระบายอากาศแบบที่ 10

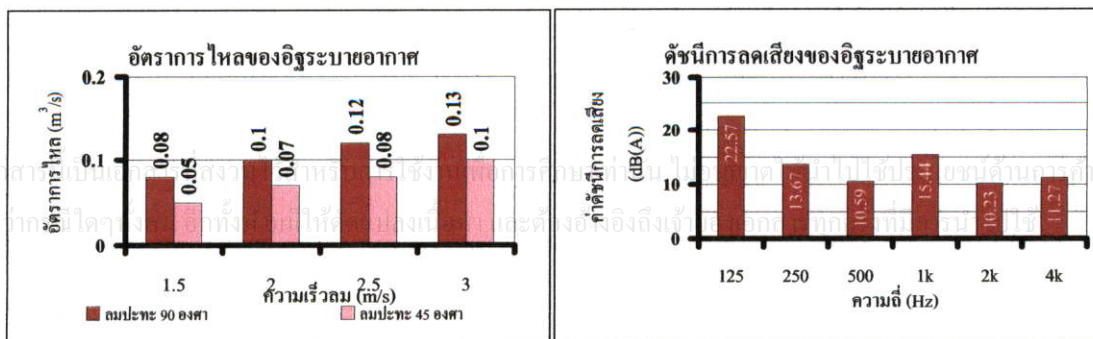
	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการไหล (m ³ /s)	
		90°	45°
ความสามารถในการระบายอากาศ	1.5	0.08	0.05
	2.0	0.10	0.07
	2.5	0.12	0.08
	3.0	0.13	0.10

ตารางที่ 5.39 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 10

	ความถี่ (Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง	0.54	0.60	0.51	0.50	0.57	0.47

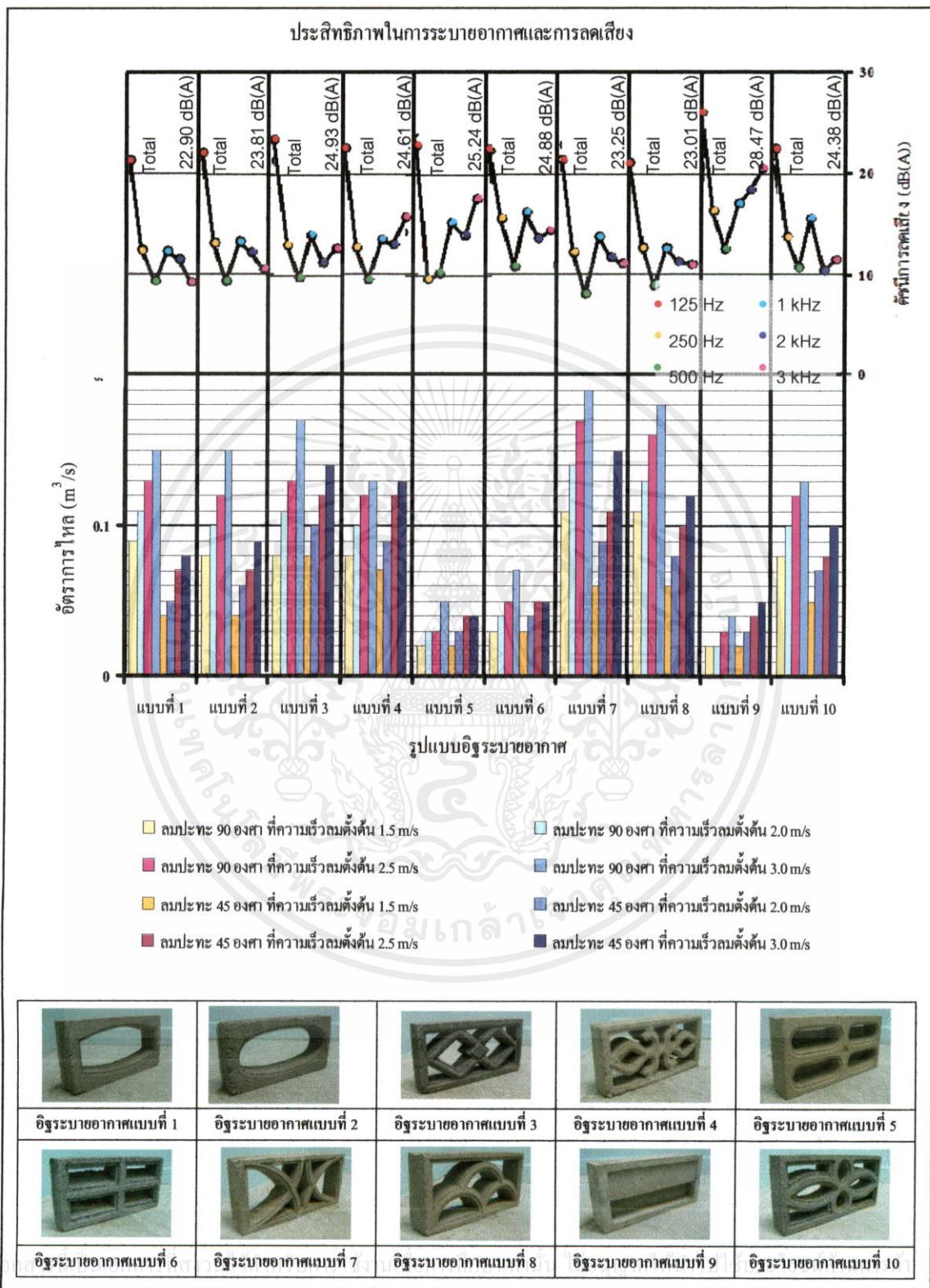
ตารางที่ 5.40 ดัชนีการดูดกลืนเสียงอิฐระบายอากาศแบบที่ 10

	ความถี่ (Hz)						Total
	125	250	500	1k	2k	4k	
ดัชนีการดูดกลืนเสียง	22.57	13.67	10.59	15.44	10.23	11.27	24.38



รูปที่ 5.21 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแบบที่ 10

จากข้อมูลข้างต้นสามารถทำเป็นแผนภาพเพื่อให้ง่ายแก่การนำไปใช้งานได้ตามรูปที่ 5.22 ซึ่งแสดงประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแต่ละตัว



รูปที่ 5.22 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศทั้ง 10 แบบ

จากรูปที่ 5.22 เป็นแผนภาพที่ช่วยประกอบการตัดสินใจในการเลือกโชิฐระบายอากาศ จะเห็นว่าอิฐระบายอากาศแบบที่ 9 มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศแย่ที่สุด แต่การลดเสียงดีที่่สุด เพราะส่วนของช่องเปิดที่่เชื่อมกันทำให้เกิดการกีดขวางทิศทางของเสียงและลม ส่วนอิฐระบายอากาศแบบที่ 3,7 และ 8 เป็นอิฐที่มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศได้ดี เพราะเป็นลักษณะช่องตรงหลายช่องจึงสามารถลดความดันของลมที่่มาปะทะจึงช่วยในการระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพที่่ดีที่่สุด

ซึ่งในการใช้งานจริงอิฐระบายอากาศมักถูกนำไปใช้ 2 ลักษณะ คือ การนำไปทำเป็นช่องระบายอากาศของผนัง และการนำไปทำเป็นรั้ว ซึ่งมีวิธีการนำผลที่่ได้รับจากการทดลองไปคำนวณหาค่าระดับความดันเสียงที่่ได้รับดังนี้

1. การนำไปทำเป็นช่องระบายอากาศของผนัง

การนำอิฐระบายอากาศไปใช้เป็นช่องระบายอากาศนั้น สามารถที่จะนำค่าดัชนีการลดเสียง (Sound Reduction Index) ของอิฐระบายอากาศตัวนั้น ไปหักลบกับค่าระดับความดันเสียงที่่วัดได้ทันที

เช่น ถ้าสร้างอาคารในย่านรามคำแหง โดยให้อาคารอยู่ริมถนน และให้ผนังฝั่งถนนนั้นติดตั้งอิฐระบายอากาศแบบที่ 9 สามารถหาระดับความดันเสียงที่่ผ่านเข้ามาได้ดังนี้

ย่านรามคำแหงมีค่าความดันเสียง 71.2 dB(A)²

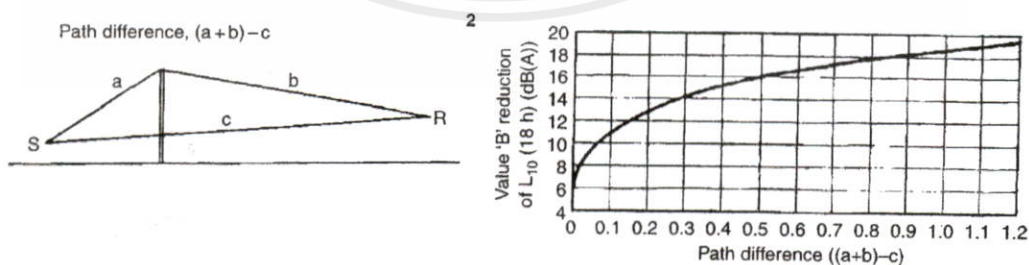
ดัชนีการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแบบที่ 9 โดยรวมคือ 23.47 dB(A)

ดังนั้นเสียงที่่ผ่านผนังเข้ามาได้คือ 47.73 dB(A)

2. การนำไปทำเป็นรั้ว

การนำอิฐระบายอากาศไปใช้ทำรั้วนั้น จะแบ่งออกได้ 2 ส่วนคือ

- การนำค่าดัชนีการลดเสียง(Sound Reduction Index) ของอิฐระบายอากาศตัวนั้นไปหักลบกับค่าระดับความดันเสียงที่่วัดได้ (path c)
- การหาค่าเสียงที่่อ้อมผ่านแนวรั้ว (path a-b) โดยหาจากรูปที่ 5.23



รูปที่ 5.23 แผนภาพแสดงความสามารถในการลดเสียงของวัตถุที่ขวางทิศทางเสียงในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ข้อมูลจาก Szokolay, S.V. Introduction to Architectural Science The Basic of Sustainable Design. Architectural Press: 2004.

² ข้อมูลการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ปี 2543 จากกรมควบคุมมลพิษ

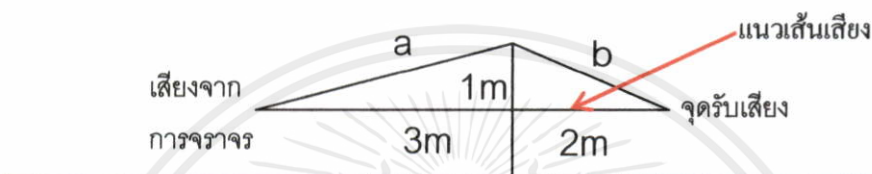
เช่น ถ้าสร้างอาคารในย่านรามคำแหง โดยให้รั้วอยู่ริมถนนโดยห่างจากขอบถนน 3 เมตร ผนังอาคารอยู่ห่างจากรั้ว 2 เมตร และขอบรั้วสูงขึ้นจากแนวเส้นเสียง 1 เมตร สามารถหาระดับความดันเสียงที่มาถึงผนังได้ดังนี้

ย่านรามคำแหงมีค่าความดันเสียง 71.2 dB(A)

ดัชนีการลดเสียงของอิฐระบายอากาศแบบที่ 9 โดยรวมคือ 23.47 dB(A)

เสียงที่ผ่านรั้วเข้ามาได้ (path c) คือ 47.73 dB(A)

ระยะทางที่เสียงเดินทางอ้อมผ่านรั้ว โดย ระยะ a คือ 3.16 เมตร ระยะ b คือ 2.24 เมตร ระยะ c คือ 5 เมตร ตามรูปที่ 5.24



รูปที่ 5.24 แผนภาพแสดงเส้นทางของเสียงที่อ้อมผ่านรั้ว

ค่า path difference = 0.4 เมตร

เมื่อเทียบกับแผนภาพแล้ว จะได้ค่าการลดเสียง 15 dB(A)

เสียงที่ผ่านรั้วเข้ามาได้ (path a-b) คือ 56.2 dB(A)

เมื่อนำมารวมกันโดยใช้การบวกเดซิเบลโดยใช้สมการลอการิทึม (ซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.3.6 บทที่ 2) แล้วจะได้ค่าระดับความดันเสียงที่ส่งมาถึงผนัง คือ 56.78 dB(A)

จากตัวอย่างข้างต้น สังเกตได้ว่าถ้าสร้างรั้วให้เป็นผนังทึบสามารถลดเสียงได้มากกว่าการสร้างผนังด้วยอิฐระบายอากาศแบบที่ 9 อยู่เพียง 0.58 dB(A) ซึ่งต่างกันน้อยมาก ซึ่งถ้าใช้อิฐระบายอากาศแล้ว สามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทอากาศผ่านเข้ามาทางรั้ว เพื่อเข้าสู่พื้นที่ตั้งอาคารได้อีกทางหนึ่งด้วย

5.2 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียง พบว่าอิฐระบายอากาศทั้ง 10 แบบนั้น ทำมาจากวัสดุชนิดเดียวกัน คือ ทำมาจากคอนกรีตผสมกับหินเกล็ดขนาดเล็ก แล้วนำมาอัดในแม่พิมพ์ที่มีขนาดกว้างประมาณ 20 เซนติเมตร ยาวประมาณ 40 เซนติเมตร และมีความหนาประมาณ 7 เซนติเมตร แต่มีรูปแบบของอิฐระบายอากาศนั้นแตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่างนี้มีผลต่อประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงที่แตกต่างกันด้วย

ด้านการระบายอากาศนั้นอิฐระบายอากาศที่มีลักษณะเป็นช่องตรง คือมีช่องเจาะโล่งใน ด้านหน้าตรงกันกับด้านหลัง และมีขนาดที่เท่ากัน ซึ่งช่องเจาะลักษณะนี้มีความสามารถในการ

ระบายอากาศได้ดีที่สุด แต่อิฐระบายอากาศที่มีลักษณะเป็นช่องตรงขนาดเล็กหลาย ๆ ช่อง จะเพิ่มความสามารถในการระบายอากาศเมื่อลมเข้ามาปะทะในมุมที่ไม่ตั้งฉากกับอิฐระบายอากาศได้ดีกว่า ช่องใหญ่ ช่องเดี่ยว แม้ขนาดพื้นที่ช่อง โลงรวมจะมีขนาดเล็กกว่าก็ตาม เพราะช่องตรงเล็กหลาย ๆ ช่องสามารถที่จะลดแรงดันที่ด้านความดันลมที่เข้ามาปะทะอิฐระบายอากาศได้ดีกว่าช่องตรงขนาดใหญ่ สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศมากที่สุด คือ รูปแบบของช่องระบายอากาศ เพราะมีผลต่อความดันอากาศที่มาปะทะด้านหน้าก่อนอิฐระบายอากาศ ตามมาด้วยขนาดของช่องระบายอากาศ

ด้านการลดเสียงนั้นอิฐระบายอากาศสามารถที่จะลดเสียงได้โดยประมาณ 22-28 dB(A) ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบอิฐระบายอากาศ อิฐระบายอากาศที่มีลักษณะเป็นช่องที่ทางเข้าออกของลมเยื้องกัน คือมีช่องเจาะในด้านหน้าและด้านหลังอยู่ไม่ตรงกัน ซึ่งช่องเจาะลักษณะนี้มีความสามารถในการลดเสียงได้ดีที่สุด สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อการลดเสียงมากที่สุด คือ รูปแบบของช่องระบายอากาศ เพราะมีผลต่อเสียงที่มาปะทะด้านหน้าก่อนอิฐระบายอากาศ ตามมาด้วยขนาดของช่องระบายอากาศ เพราะช่องระบายอากาศที่มีรูปแบบเหมือนกันแต่มีขนาดของช่องระบายอากาศที่เล็กกว่าจะมีประสิทธิภาพในการลดเสียงที่ดีกว่า

และจากการศึกษาครั้งนี้ อาจจะได้รับผลการทดลองที่คลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งในด้านการระบายอากาศนั้น อุโมงค์ลมเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหลัก มีความสามารถในการสร้างความเร็วลมที่ต่ำที่สุดได้เพียง 1.5 m/s ทำให้ไม่สามารถรู้ถึงประสิทธิภาพที่แท้จริงของวัสดุที่ทดสอบถ้ามีความเร็วลมที่มาปะทะต่ำกว่านี้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะด้านการทดลอง

ในการศึกษาและทดลองครั้งนี้ ได้ใช้อุปกรณ์สำหรับทดลอง ที่มีในภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ด้านการระบายอากาศ

1. อุโมงค์ลม มีความสามารถในการสร้างลมได้ที่ความเร็วลมต่ำสุดที่ 1.5 เมตรต่อวินาที
2. อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม เนื่องจากมีเครื่องมือตรวจวัดลักษณะมือถือทำ (ดูรูปที่ 3.3)

โดยเข้าไปตรวจวัดและจดบันทึกค่าภายในอุโมงค์ลม ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดการแปรปรวนของลมภายในอุโมงค์ลมได้บ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ตีพิมพ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ
 สำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาในเรื่องการระบายอากาศ สามารถใช้อุโมงค์ลมเดียวกันนี้แต่ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 จะต้องเพิ่มความยาวของอุโมงค์ลมออกไป ในกรณีที่ต้องการทดลองที่ความเร็วลมต่ำกว่า 1.5 เมตรต่อวินาที และควรจัดหาอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม ให้มีเท่ากับจำนวนจุดในการตรวจวัด โดยมี

ลักษณะเป็นอุปกรณ์ตอบรับสัญญาณ (Sensor) เพื่อที่จะได้จับบันทึกค่าอยู่ภายนอกอุโมงค์ลมได้ และสะดวกในการตรวจวัดค่าในแต่ละครั้งโดยไม่ต้องเข้าไปตรวจวัดภายในอุโมงค์ลม

ด้านการลดเสียง

เครื่องมือตรวจวัดเสียง เนื่องจากมีเครื่องมือตรวจวัดเสียงเพียง 1 ตัวที่สามารถแยกความถี่ได้ ทำให้ในการทดลองจำเป็นต้องตรวจวัดค่าออกมาทีละ 1 ค่า ทั้งนี้ในการศึกษาและทดลองจึงได้มีการออกแบบการทดลองให้การตรวจวัดอยู่ในเงื่อนไขที่สามารถควบคุมได้ เช่น การสร้างเสียงเพื่อใช้ในการทดลอง ช่วงเวลาที่ใช้ในการทดลอง ทำให้เสียงแบคราวด์เคล็ดเคลื่อนเล็กน้อย จึงอาจมีความคลาดเคลื่อน

ดังนั้นสำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาในเรื่องเดียวกันนี้ ควรศึกษาเพื่อหารูปแบบในการตรวจวัดที่สามารถทำได้พร้อมกันทั้งภายในและภายนอก เช่น การใช้เครื่องมือตรวจวัด 2 ตัว หรือ เครื่องมือตรวจวัดที่สามารถต่อภาครับเสียงได้ 2 ตัว เพื่อให้ค่าที่ได้รับมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการระบายอากาศและการลดเสียงของอิฐระบายอากาศที่มีขายอยู่ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งสามารถนำไปเป็นข้อมูลในการศึกษาต่อได้ดังต่อไปนี้

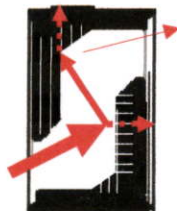
1. ศึกษาอัตราส่วนการระบายอากาศและการลดเสียง เมื่อใช้อิฐระบายอากาศหลายก้อน เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้อิฐระบายอากาศเพียง 1 ก้อน แล้วนำไปแทนสมการเพื่อหาค่าดัชนีการลดเสียง แต่ในการใช้งานจริงไม่สามารถที่จะใช้เพียง 1 ได้ จึงควรมีการทำการศึกษาว่าถ้าใช้อิฐระบายอากาศมากกว่า 1 ก้อน อิฐระบายอากาศในแบบต่าง ๆ จะสามารถลดเสียงได้น้อยลงหรือเท่ากับที่ใช้สมการหาค่าดัชนีการลดเสียงจากอิฐก้อนเดียวหรือไม่ และถ้าไม่เท่ากันสามารถที่จะหาสมการเพื่อใช้ในการคำนวณความสามารถในการลดเสียงของอิฐระบายอากาศ เมื่อมีจำนวนก้อนต่างกันได้หรือไม่และในจำนวนเดียวกันนี้มีรูปแบบในการระบายอากาศเป็นอย่างไร

2. ศึกษาถึงการพัฒนารูปแบบอิฐระบายอากาศ เนื่องจากการทดลองครั้งนี้พบว่าอิฐระบายอากาศแบบที่ 9 มีประสิทธิภาพในการลดเสียงได้ดีที่สุด ดังนั้นควรได้รับการออกแบบให้มีการระบายอากาศมากขึ้น โดยการทำให้ความหนาของอิฐหนาขึ้น เพื่อเพิ่มขนาดของช่องเจาะ และสามารถทำให้ส่วนของช่องเปิดเชื่อมกันได้มากขึ้น โดยพื้นที่ผิวภายในทำให้มีลักษณะเป็นซี่ ๆ เพื่อให้เสียงที่สามารถผ่านเข้ามาได้ มีการสะท้อนไปมาในช่องว่างระหว่างซี่นั้น ๆ เพื่อทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานของเสียง จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการลดเสียงได้อีกด้วย ตามรูปที่ 5.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เดิมหนา 7 ซม.



เพิ่มความหนาเป็น 15 ซม.

รูปที่ 5.25 แผนภาพแสดงแนวทางในการพัฒนารูปแบบอิฐระบายอากาศแบบที่ 9

จากรูปที่ 5.25 นั้นเป็นเพียงตัวอย่างของรูปแบบแนวทางในการพัฒนาอิฐระบายอากาศ แต่จากการศึกษาครั้งต่อไปนั้น อาจจะเปลี่ยนเป็นการพัฒนาอิฐที่มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศที่ดีอยู่แล้วให้สามารถกันเสียงได้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะต้องศึกษาเรื่องทฤษฎีอย่างละเอียดเพื่อใช้ในการคำนวณหาสัดส่วนที่ดีที่สุดในการกันเสียงและการระบายอากาศ

เพราะการศึกษาดังกล่าวข้างต้นมีผลต่อการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานด้วยการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ให้แพร่หลายมากยิ่งขึ้นในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- Atkins Research and Development. **The Control of Noise Ventilation Systems : a designer guide.** London: E. & F.N. Spoon, 1977
- Awbi, H.B. **Ventilation of Buildings.** New York: E. & F.N. Spoon, 1991
- Cyril, M.H. **Noise Control in Building.** New York: McGraw-Hill, 1994
- Brüel&Kjær . **Acoustic Measurements According to ISO Standards and Recommendations.** n.p. : n.d.
- Ghiaus, C. **Natural Ventilation in Urban Environment : assessment and design.** London: Earthscan, 2005
- Harris, D.A. **Noise Control manual for Residential Building.** New York: McGraw-Hill, 1997
- Rettinger, M. **Acoustic Design and Noise control.** New York: Phemical, 1997
- Smith, B.J. **Acoustic and Noise control.** England: Longman Scientific & Technical, 1982
- Szokolay, S.V. **Introduction to Architectural Science The Basic of Sustainable Design.** Architectural Press : 2004.
- ควบคุมมลพิษ,กรม. **สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง,** กรุงเทพฯ, 2546.
- ควบคุมมลพิษ, กรม. **คู่มือประชาชนเรื่องมลพิษทางเสียง โลกนี้เสียงดัง,** กรุงเทพฯ: วีรณาเพรส จำกัด, 2548.
- ควบคุมมลพิษ,กรม. **คู่มือวัดการตรวจวัดระดับเสียงโดยทั่วไป,** กรุงเทพฯ : วีรณาเพรส จำกัด, 2548.
- ควบคุมมลพิษ,กรม. **คู่มือวัดเสียงรบกวน,** กรุงเทพฯ : วีรณาเพรส จำกัด, 2548.
- ปรีชญา รังสิรักษ์. **การควบคุมเสียงภายในอาคาร,** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, 2541.
- มิ่งขวัญ วิชารังสฤษดิ์. 2547. “สถานการณ์คุณภาพอากาศและเสียงในประเทศไทย.” หน้า 38-43. **ในการสัมมนาระดมความคิดเห็น เรื่อง แผนแม่บทการจัดการคุณภาพอากาศและเสียง พ.ศ. 2548-2559.** กรุงเทพฯ : กรมควบคุมมลพิษ
- ส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน(ประเทศไทย),สมาคม . **รวมกฎหมายความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม 2546 เล่ม1 . พิมพ์ครั้งที่ 2 .** กรุงเทพฯ : บริษัทวิทยไพบูลย์พรินติ้ง จำกัด, 2548.
- สุธีระ ประเสริฐสรรพ. **เสียงและการควบคุมเสียงแวดล้อม.** สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2525.



ภาคผนวก
**ผลการทดลองด้านการส่งผ่านเสียงเพื่อหาประสิทธิภาพ
 ในการลดเสียง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.1 ผลการทดสอบเสียงเบรคความถี่ภายนอกห้องทดลองและภายในห้องทดลอง

แบบที่	ช่วงเวลาตรวจวัด	การทดลองครั้งที่	ความถี่เสียงในการทดลอง (Hz)																		Total A													
			20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k		1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	5k	6.3k	8k	10k	12.5k	16k	20k
3 ช่วงแรก	3 ช่วงแรก	1	4.50	13.50	18.50	22.30	26.90	31.50	34.80	36.00	36.80	38.20	38.00	37.50	38.20	39.20	39.70	40.40	40.70	40.70	46.40	43.70	38.30	36.50	35.00	35.40	36.90	32.50	24.60	20.00	17.00	10.30	4.50	52.50
		2	5.70	17.50	20.40	23.50	27.90	32.60	36.70	37.30	37.90	39.40	40.70	39.10	40.20	41.60	42.80	45.70	50.00	47.00	48.30	46.80	42.90	41.60	41.00	39.40	37.90	34.60	32.40	28.60	24.80	19.90	15.50	56.40
		3	5.40	15.30	20.80	23.30	27.60	31.70	35.20	36.30	37.50	38.60	38.60	38.50	38.20	38.30	38.40	38.50	39.20	39.70	41.80	39.30	38.30	38.00	39.30	40.70	40.50	37.00	31.10	27.20	25.70	16.70	10.10	51.80
		L ₉₀	4.68	13.86	18.88	22.50	27.04	31.54	34.88	36.06	36.04	38.28	38.12	37.70	38.20	38.48	38.66	38.88	39.50	39.90	42.72	40.18	38.30	36.80	35.86	36.20	37.10	32.92	25.90	21.44	18.56	11.58	5.62	51.94
3 ช่วงหลัง	3 ช่วงหลัง	1	5.60	15.30	20.40	22.80	27.10	31.50	24.70	35.00	35.90	37.30	37.50	36.90	37.50	38.40	39.10	40.80	41.50	43.50	43.90	42.80	42.50	43.70	43.90	41.90	41.30	37.20	34.30	29.10	22.10	13.90	6.60	53.70
		2	6.30	14.70	20.40	24.10	28.20	31.90	35.70	37.10	39.00	42.90	45.60	46.20	46.90	48.50	47.30	47.80	46.10	46.70	45.90	44.60	44.20	43.50	44.20	42.60	42.20	38.10	35.90	31.90	26.50	19.40	11.00	57.80
		3	4.40	13.30	18.50	22.50	27.90	22.20	34.90	36.00	36.60	39.20	37.80	37.40	38.20	38.50	39.60	41.20	42.70	45.00	45.50	44.00	43.00	41.60	41.20	40.00	39.10	37.00	34.90	32.60	30.00	26.20	20.70	53.90
		L ₉₀	4.64	13.58	18.88	22.56	27.26	24.06	26.74	35.20	36.04	37.68	37.56	37.00	37.64	38.42	39.20	40.88	41.74	43.80	44.22	43.04	42.60	41.98	41.74	40.38	39.54	37.04	34.42	29.66	22.98	15.00	7.48	53.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.2 ผลการทดสอบเสียงแบบกราวนภายในห้องทดลอง

แบบที่	ช่วงเวลา ตรวจวัด	การทดลองครั้งที่	ความถี่เสียงในการทดลอง (Hz)																				Total A																			
			ความถี่ที่เกินพิจารณา																																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																				
ปิดช่องสำหรับทดสอบ	3 ช่วงแรก	1	-0.80	4.50	6.40	6.60	6.40	10.90	21.60	23.90	21.90	25.10	22.60	21.20	22.40	20.80	20.70	21.40	21.60	24.70	23.10	22.10	22.10	21.00	19.20	18.30	13.30	10.60	7.80	5.00	1.70	-1.10	34.90									
			2	-2.90	2.10	7.40	5.80	6.30	11.50	20.20	22.20	19.40	24.00	23.70	23.40	25.70	24.80	24.80	25.50	24.60	24.80	28.30	26.10	27.30	27.70	26.60	24.50	25.80	21.40	16.80	13.00	9.00	5.20	1.80	-0.70	37.90						
				3	-0.80	5.20	7.60	7.70	7.50	13.20	22.00	25.00	25.00	30.00	25.70	25.10	28.20	26.10	26.90	27.40	25.60	26.50	25.30	24.70	23.90	22.20	21.10	19.50	17.20	13.50	10.70	8.00	5.00	1.80	-1.20	38.20						
					L ₉₀	-2.48	2.58	6.60	5.96	6.32	11.02	20.48	22.54	19.90	24.22	22.82	21.64	23.06	21.60	21.66	22.04	22.24	25.06	23.54	22.62	22.46	22.22	21.02	19.26	17.42	13.34	10.62	7.84	5.00	1.72	-1.18	35.50					
						1	-1.40	3.50	4.60	6.90	6.10	11.80	21.40	23.70	21.50	25.30	23.10	20.40	22.00	21.10	22.40	22.30	22.80	23.30	25.20	25.50	26.10	27.20	26.70	23.80	23.80	17.30	12.80	9.00	4.70	1.30	-1.40	36.70				
							2	0.00	6.60	5.60	8.00	7.20	12.30	21.30	24.20	21.90	25.90	24.20	22.50	23.50	22.40	22.40	22.90	23.20	31.30	24.00	24.90	23.60	23.50	22.60	20.20	17.10	13.00	10.40	8.50	5.60	2.40	-0.60	36.90			
								3	0.10	6.70	11.70	8.30	8.10	16.00	26.00	27.20	26.40	28.20	26.00	23.90	25.30	23.50	22.70	22.70	22.50	22.80	23.60	223.10	22.40	20.50	19.30	17.50	14.90	13.20	10.70	8.10	4.80	2.00	-0.80	36.80		
									L ₉₀	-1.12	4.12	4.80	7.12	6.32	11.90	21.32	23.80	21.38	25.42	23.32	20.82	22.30	21.36	22.40	22.38	22.56	22.90	23.68	23.46	22.64	21.10	19.96	18.04	15.34	13.04	10.46	8.18	4.72	1.44	-1.28	36.72	
										1	0.70	4.30	10.60	9.40	9.70	15.30	23.60	27.30	27.80	35.60	34.20	32.50	34.70	34.90	38.90	36.00	35.40	35.90	33.30	32.60	29.70	28.30	26.60	25.20	23.80	20.10	16.40	13.20	9.00	4.40	2.50	46.00
											2	-0.40	5.10	9.20	8.40	8.30	14.40	26.10	29.20	24.40	29.00	30.50	29.00	30.30	29.30	29.00	29.10	28.70	30.00	29.90	30.00	29.30	28.60	28.10	26.10	25.10	21.60	20.00	23.40	12.50	7.50	3.80
3	0.70	5.50										9.40	7.90	7.10	13.20	24.20	27.00	24.40	29.00	30.30	27.40	28.90	28.90	28.10	28.80	28.90	29.40	30.10	29.90	29.00	28.70	28.00	25.60	24.10	20.60	17.60	14.30	9.80	6.60	7.10	41.00	
	L ₉₀	-0.18	4.46									9.24	8.00	7.34	13.44	23.72	27.06	24.40	29.00	30.34	27.72	29.18	28.98	28.28	28.86	28.74	29.52	29.94	29.92	29.06	28.36	26.88	25.28	23.86	20.20	16.64	13.42	9.16	4.84	2.76	41.12	
		1	0.50	6.30								10.40	8.90	8.50	15.50	26.60	29.70	27.10	31.20	32.10	29.70	32.50	31.60	31.40	31.50	31.50	32.50	34.60	34.80	33.80	34.00	34.30	32.80	30.00	37.40	33.80	34.20	32.10	26.20	17.90	46.90	
			2	-1.20	6.60							11.00	8.20	7.40	15.80	28.30	31.70	29.70	31.90	37.50	34.00	36.00	37.70	36.20	36.30	37.20	37.80	39.90	40.30	41.10	40.60	41.00	39.80	47.50	44.90	41.30	41.60	39.70	33.10	23.80	53.50	
				3	1.00	6.50						8.70	8.70	8.60	16.70	24.80	26.90	26.00	30.20	29.90	31.20	29.70	28.80	28.00	29.80	29.60	29.80	33.90	31.50	28.70	32.00	29.50	24.80	22.50	18.80	15.50	12.30	8.70	4.40	0.30	42.20	
					L ₉₀	-0.86	6.34					9.04	8.30	7.62	15.56	25.16	27.46	26.22	30.40	30.34	30.00	30.26	29.30	28.68	30.14	29.98	30.34	34.04	32.16	29.72	32.40	30.46	26.40	25.80	22.52	19.16	16.68	13.38	8.76	3.82	43.14	

ความถี่เสียงในการทดลอง (Hz)

แบบที่	รูปแบบ	การทดลองครั้งที่	ความถี่ที่นำมาพิจารณา																				Total A													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20														
1		1	1.40	5.60	9.10	8.40	8.10	15.20	24.60	26.60	23.50	28.20	28.40	25.40	26.80	25.30	24.90	26.10	27.60	29.00	29.20	29.10	29.00	28.20	27.50	25.70	23.20	19.00	15.80	11.70	7.60	3.10	-0.50	39.90		
			2	0.50	5.70	9.30	8.00	8.20	15.20	25.00	27.20	23.10	27.40	27.10	25.30	26.40	25.50	25.20	25.90	27.30	27.30	27.40	26.90	25.50	24.00	22.90	20.90	18.90	16.40	13.60	10.00	6.10	2.10	-1.20	38.40	
			3	2.70	7.40	12.40	9.50	9.30	17.00	26.70	28.80	24.40	29.40	29.20	28.30	30.30	29.10	28.90	30.90	31.90	34.10	32.40	31.90	30.90	31.00	31.00	29.40	26.80	24.40	20.00	16.00	12.10	7.10	3.80	-0.40	42.70
			L ₉₀	0.68	5.62	9.14	8.08	8.12	15.20	24.68	26.72	23.18	27.56	27.36	25.32	26.48	25.34	24.96	25.64	27.36	27.64	27.76	27.34	26.20	24.84	23.82	21.86	19.76	16.92	14.04	10.34	6.30	2.30	-1.06	38.70	
			1	2.60	7.00	11.50	8.90	8.90	17.80	27.30	29.20	25.00	29.90	31.20	31.90	36.10	35.60	32.50	32.70	33.70	35.60	33.70	34.60	34.00	33.20	32.60	31.50	29.80	23.00	17.80	13.70	8.90	3.70	-0.60	45.60	
2		2	1.80	5.40	11.70	8.00	8.40	14.90	26.40	27.90	23.10	28.30	27.60	26.80	28.40	27.10	27.50	30.40	31.90	32.60	31.30	29.80	29.20	30.80	27.70	24.70	22.60	18.00	14.40	10.00	5.90	2.10	-1.10	41.50		
			3	0.90	6.40	12.30	8.30	9.00	15.70	25.90	28.00	24.10	28.50	28.30	28.00	29.50	27.50	28.00	30.30	32.70	35.30	35.00	34.90	33.80	34.40	34.40	33.00	31.40	29.30	25.70	20.50	12.80	5.80	-0.01	44.70	
			L ₉₀	1.08	5.60	11.54	8.06	8.50	15.06	26.00	27.92	23.30	28.34	27.74	27.04	28.62	27.18	27.60	30.32	32.06	33.14	31.78	30.76	30.12	31.28	28.68	26.06	24.04	19.00	15.08	10.74	6.50	2.42	-1.00	42.14	
			1	1.70	6.90	10.70	7.40	8.40	18.00	24.30	25.60	25.40	29.00	28.30	26.20	27.30	26.00	26.00	26.10	27.20	27.30	27.30	27.60	26.00	25.30	24.10	21.80	19.60	17.10	13.50	11.10	6.20	2.20	-1.10	39.00	
			2	-0.20	4.80	9.60	7.20	8.20	14.70	23.60	24.60	24.40	27.80	26.90	25.30	26.90	26.50	26.50	27.80	30.40	32.20	33.00	34.00	31.70	29.80	28.60	26.80	24.60	20.50	16.80	13.20	8.80	4.50	0.20	41.80	
3		3	0.80	7.30	10.70	8.50	9.70	16.20	24.10	25.80	25.30	28.60	27.70	25.70	28.20	28.20	28.30	28.90	30.90	31.90	32.80	32.90	30.60	27.90	26.20	24.20	22.50	19.60	15.80	12.60	8.70	4.40	0.10	41.60		
			L ₉₀	0.00	5.22	9.82	7.24	8.24	15.00	23.70	25.04	24.58	27.96	27.06	25.38	26.98	26.10	26.10	26.44	27.84	28.22	28.40	28.66	26.92	25.82	24.52	22.28	20.18	17.60	13.96	11.40	6.70	2.64	-0.86	39.52	
			1	1.00	6.30	10.40	8.40	10.10	17.60	28.60	28.90	26.20	30.70	32.60	31.40	30.80	29.70	32.00	28.60	27.50	27.00	28.30	28.30	29.00	26.90	24.50	23.60	18.80	14.80	12.60	9.40	5.70	1.70	-1.10	41.70	
			2	1.30	6.00	10.20	8.80	10.30	17.60	25.50	26.30	26.00	29.60	29.00	27.00	28.10	26.40	25.60	25.80	25.80	26.00	26.40	26.80	25.50	26.00	24.10	23.20	19.90	16.30	14.50	12.90	9.00	4.50	0.40	39.10	
			3	1.50	6.60	11.20	8.20	8.70	18.10	26.50	27.30	26.00	30.80	29.60	27.00	27.90	26.80	26.10	26.10	27.00	27.10	28.10	28.40	25.90	24.10	21.80	20.10	18.30	15.20	12.20	9.70	6.50	2.90	-0.20	39.60	
4		L ₉₀	1.06	6.06	10.24	8.24	8.98	17.60	23.70	26.50	26.00	29.82	29.12	27.00	27.94	26.48	25.70	25.86	26.04	26.20	26.74	27.10	25.58	24.48	22.26	20.72	18.40	14.88	12.28	9.46	5.86	1.94	-0.92	39.20		
			1	0.90	7.30	10.00	9.70	10.90	17.60	28.30	28.60	25.80	30.80	32.60	32.10	33.10	31.40	31.90	32.40	31.80	31.30	31.20	31.70	30.10	29.40	28.50	28.60	25.50	17.90	13.40	10.00	5.80	1.90	-1.20	43.40	
			2	0.10	4.90	8.00	8.60	8.00	16.10	23.740	24.20	24.10	28.20	27.90	26.10	27.30	25.60	26.70	26.00	26.70	28.20	30.40	29.10	28.10	27.40	25.80	27.60	24.70	16.60	10.70	7.70	4.50	1.60	-0.80	39.80	
			3	0.30	7.10	8.20	8.30	7.00	17.00	23.70	23.90	23.60	26.90	25.90	25.30	26.70	26.40	27.70	29.00	31.20	32.70	32.00	33.30	31.50	31.50	30.50	30.80	28.20	20.90	16.10	11.50	7.80	4.20	0.80	42.10	
			L ₉₀	0.14	5.34	8.04	8.36	7.20	16.28	23.46	23.96	23.70	27.16	26.30	25.46	26.82	25.76	26.90	26.60	27.60	28.82	30.56	29.62	28.50	27.80	26.34	27.80	24.86	16.86	11.24	8.16	4.76	1.66	-1.12	40.26	

การทดลองนี้เป็นเอกสารสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ความถี่เสียงในการทดลอง (Hz)

แบบที่	รูปแบบรูปแบบ	การทดลองครั้งที่	ความถี่ที่นำมาพิจารณา																Total A																
			20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630		800	1k	1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	5k	6.3k	8k	10k	12.5k	16k	20k	
6		1	-1.40	4.40	8.40	6.80	8.00	14.10	24.40	26.60	24.30	28.40	28.30	28.60	33.60	28.60	29.10	31.20	31.10	35.70	32.50	32.40	31.30	31.00	29.10	26.80	27.70	19.90	16.00	12.20	8.00	4.00	0.90	43.20	
		2	-2.10	4.20	8.60	6.90	8.20	13.90	23.60	26.30	24.20	28.40	28.70	29.70	31.60	30.50	32.60	34.70	35.40	33.70	33.10	33.40	32.40	31.00	29.80	28.30	25.90	22.30	19.40	16.90	14.00	11.00	6.80	44.80	
		3	-1.40	5.00	9.60	7.30	9.20	14.20	23.90	26.50	24.70	29.10	29.00	27.70	29.40	28.10	28.70	29.00	29.80	29.50	29.30	28.80	28.00	26.90	26.20	26.30	22.90	17.10	12.80	9.70	5.60	1.90	-0.90	40.60	
		L ₉₀	-1.96	4.24	8.44	6.82	8.04	13.94	23.66	26.34	24.22	28.40	28.38	27.88	29.84	28.20	28.78	29.44	30.06	30.34	29.94	29.52	28.66	27.72	26.78	26.40	23.50	17.66	13.44	10.20	6.08	2.32	-0.54	41.12	
7		1	-2.30	5.20	6.30	5.30	7.60	12.50	23.70	25.90	23.30	28.10	28.90	29.30	30.10	27.90	28.90	29.40	29.30	30.40	31.20	31.60	28.70	30.60	29.70	26.80	23.10	18.80	15.40	10.20	5.40	2.00	-0.50	41.60	
		2	-1.90	5.40	7.00	6.70	7.90	13.70	23.60	25.30	22.90	27.60	27.70	27.70	30.50	27.10	27.30	27.80	28.50	29.20	30.40	30.00	29.80	30.50	27.10	25.80	23.40	18.90	14.70	10.30	5.40	1.90	-0.60	40.80	
		3	-2.30	3.50	7.40	6.60	8.30	15.30	23.60	25.30	23.50	28.20	28.60	29.70	29.40	26.40	26.80	27.70	29.00	32.70	30.50	29.00	27.30	27.20	26.20	23.60	21.60	17.90	14.40	10.20	5.90	2.00	-1.00	40.70	
		L ₉₀	-2.30	3.84	6.44	5.56	7.66	12.74	23.60	25.30	22.98	27.70	27.88	28.02	29.54	26.54	26.90	27.72	28.60	29.44	30.42	29.20	27.58	27.86	26.38	24.04	21.90	18.08	14.46	10.20	5.40	1.92	-0.92	40.72	
8		1	-1.20	5.80	9.30	6.90	8.10	15.80	24.90	28.50	22.80	30.50	29.10	29.40	31.10	28.80	32.30	30.00	29.40	34.90	30.00	29.70	28.70	28.10	28.00	30.10	24.40	20.80	18.40	13.40	8.40	3.00	1.00	42.50	
		2	-0.70	5.50	9.60	6.70	7.10	13.20	23.10	26.50	25.20	28.40	29.10	25.90	27.70	27.10	27.60	28.60	28.90	33.00	32.70	31.60	32.80	29.60	27.00	27.40	23.30	18.20	15.30	11.20	6.60	2.00	-1.10	41.80	
		3	-0.10	5.60	9.80	7.20	6.90	13.40	24.20	27.70	24.20	28.00	29.40	26.60	28.90	28.70	29.00	28.60	29.30	30.10	33.20	30.70	29.30	29.20	29.00	26.50	22.80	18.40	15.80	12.70	7.40	3.20	-0.50	41.50	
		L ₉₀	-1.10	5.52	9.36	6.74	6.94	13.24	23.32	26.74	23.08	28.08	29.10	26.04	27.94	27.42	27.88	28.60	28.98	30.68	30.54	29.90	28.82	28.32	27.20	26.68	22.90	18.24	15.40	11.50	6.76	2.20	-0.98	41.56	
9		1	0.50	6.50	8.60	9.30	8.30	17.50	25.30	25.10	24.40	28.80	28.40	27.00	28.20	27.90	28.60	29.20	30.80	31.90	31.90	31.70	29.00	27.60	26.80	25.10	21.90	18.00	14.90	13.00	10.30	6.50	1.90	41.30	
		2	0.30	7.90	9.40	9.40	9.90	17.10	26.40	26.30	26.00	30.90	30.10	30.90	31.60	31.00	32.30	31.80	32.60	33.20	31.60	31.90	29.00	28.20	26.90	25.00	22.80	20.30	16.50	14.50	10.60	5.80	1.00	42.90	
		3	-0.20	6.00	8.50	8.80	7.90	18.70	25.50	25.80	25.70	30.80	31.50	31.70	32.50	31.50	32.90	32.30	32.80	33.00	32.50	32.60	30.40	29.90	28.80	28.40	25.90	18.60	14.90	11.30	7.40	3.00	-0.40	43.60	
		L ₉₀	-0.10	6.10	8.52	8.90	7.98	17.18	25.34	25.24	24.66	29.20	28.74	27.78	28.88	28.52	29.34	29.72	31.16	32.12	31.66	31.74	29.00	27.72	26.82	25.06	22.08	18.12	14.90	11.64	7.98	3.56	-0.12	41.62	
10		1	0.00	6.20	8.00	6.40	8.70	14.90	22.60	24.60	21.60	26.60	26.20	27.40	28.20	26.50	27.70	25.40	26.00	25.10	27.70	25.20	24.60	24.70	22.80	21.00	19.40	14.40	10.30	6.90	4.30	1.70	-0.40	38.20	
		2	-1.10	7.20	7.90	6.20	7.80	15.40	22.20	24.70	21.90	29.00	28.30	29.40	29.00	27.70	29.80	27.40	26.80	27.10	25.90	25.70	25.70	25.70	28.80	26.90	22.80	19.50	15.00	13.60	8.80	5.60	2.20	-0.40	39.70
		3	-0.20	6.60	9.40	7.50	7.30	13.90	24.10	28.00	22.10	27.00	27.60	26.30	27.90	27.50	26.70	26.60	26.50	26.30	25.30	25.00	24.40	23.20	21.90	21.80	19.80	16.20	12.70	9.10	5.30	3.00	-0.50	38.40	
		L ₉₀	-0.92	6.28	7.92	6.24	7.40	14.10	22.28	24.62	21.66	26.68	26.48	26.52	27.96	26.70	26.90	25.64	26.10	25.14	25.42	25.04	24.44	23.50	22.08	21.16	19.42	14.52	10.78	7.28	4.50	1.80	-0.48	38.24	

ตารางที่ ๗.4 ผลการทดสอบเมื่อเปิดเสียงลำโพง ภายนอกห้องทดลองและภายในห้องทดลอง

แบบที่	ช่วงเวลา ตรวจวัด	การทดลองครั้งที่	ความถี่เสียงในการทดลอง (Hz)																				Total A										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20											
3 ช่วงแรก	1	1	4.90	18.70	22.50	26.60	31.70	35.40	40.10	43.40	42.80	49.40	61.20	64.70	62.90	62.70	69.40	71.80	67.90	71.80	74.90	72.00	76.40	77.70	77.40	73.30	66.00	60.00	53.30	46.90	40.20	29.50	
	2	2	4.20	12.50	17.20	21.90	27.60	31.60	35.10	39.80	43.30	42.70	49.40	61.20	64.80	63.00	62.70	69.50	71.70	68.00	71.90	74.90	72.00	76.50	77.80	77.70	73.70	66.60	60.90	54.70	48.80	42.70	33.00
	3	3	4.40	12.30	17.40	21.50	26.90	35.00	36.40	40.20	43.60	42.90	49.60	60.90	64.60	63.20	62.80	69.90	71.30	68.30	72.30	75.10	72.20	76.60	78.10	77.80	73.90	67.00	61.10	54.90	49.10	42.90	33.50
	I_{90}	4.24	12.34	17.24	21.58	26.66	31.46	35.16	39.86	43.32	42.72	49.40	60.96	64.62	62.92	62.70	69.42	71.38	67.92	71.82	74.90	72.00	76.42	77.72	77.46	73.38	44.12	60.18	53.58	47.28	40.70	30.20	84.34
3 ช่วงหลัง	1	1	3.60	12.20	17.50	21.90	26.80	31.90	36.20	40.10	43.60	43.10	49.60	60.80	64.60	63.10	62.70	69.80	71.40	68.40	72.10	74.90	72.20	76.50	77.90	77.80	73.80	66.80	61.00	55.00	49.10	42.90	33.10
	2	2	5.10	18.30	22.00	23.30	26.70	32.60	38.00	40.70	44.00	44.10	49.50	60.80	64.50	63.20	62.80	69.40	72.00	68.30	72.20	74.90	72.30	76.60	77.90	78.10	74.00	66.90	61.10	55.10	49.30	43.40	32.90
	3	3	4.40	14.60	19.70	23.10	27.50	33.10	38.70	41.50	44.20	44.80	50.00	60.90	64.60	63.10	62.90	69.60	72.10	68.40	72.30	75.00	72.30	76.60	78.00	78.10	73.90	66.60	61.10	54.90	49.20	43.40	32.80
	I_{90}	3.76	12.68	17.94	22.14	26.72	32.04	36.56	40.22	43.68	43.30	49.52	60.80	64.52	63.10	62.72	69.44	71.52	68.32	72.12	74.90	72.22	76.52	77.90	77.86	73.82	44.12	60.18	53.58	47.28	40.70	30.20	84.60






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ทางวิศวกรรมฯ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทางวิศวกรรมฯ ขอสงวนสิทธิ์ในเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.5 ผลการทดสอบเมื่อเปิดเสียงลำโพงภายในห้องทดลอง

แบบที่.	ช่วงเวลา ตรงวัด	การทดลองครั้งที่.	ความถี่เสียงในการทดลอง (Hz)																			Total A													
			1			2			3			4			5			6																	
			20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	5k	6.3k	8k	10k	12.5k	16k	20k		
ปิดช่องสำหรับทดสอบ	3 ช่วงแรก	1	0.10	4.80	8.10	7.10	8.30	10.50	23.30	25.10	22.90	28.90	36.00	44.00	46.80	45.80	46.00	48.20	46.70	43.10	43.10	45.70	47.60	43.90	46.90	45.40	44.70	38.70	29.80	21.10	14.10	9.20	6.70	3.80	57.10
		2	0.40	6.70	8.80	10.10	11.90	13.00	24.00	26.80	26.80	26.80	31.60	36.20	47.10	48.30	46.20	47.00	49.20	47.70	43.90	46.50	48.40	44.40	47.10	46.00	45.20	38.80	29.90	20.20	13.50	9.30	7.10	4.50	58.00
		3	1.40	6.50	8.30	8.90	10.00	10.90	23.80	26.90	25.00	29.60	36.10	45.30	48.20	46.10	46.60	49.30	47.80	43.20	46.10	48.20	44.20	46.90	45.90	45.30	38.60	29.80	20.30	13.60	9.30	6.60	3.50	57.80	
		L ₉₀	0.16	5.14	8.14	7.46	8.64	10.58	23.40	25.44	23.32	29.04	36.02	44.26	47.08	45.86	46.12	48.40	46.90	43.12	45.78	47.72	43.96	46.90	45.50	44.80	38.62	29.80	20.22	13.52	9.22	6.62	3.56	57.24	
	3 ช่วงหลัง	1	-3.40	4.50	8.40	8.50	10.70	12.50	22.90	26.10	24.30	30.00	36.70	43.00	46.90	46.10	46.60	49.30	47.90	43.10	46.10	48.30	44.30	46.80	45.80	45.50	38.60	29.70	20.30	13.50	8.50	6.00	2.40	57.60	
		2	-2.20	5.30	9.20	10.60	12.60	12.40	24.60	27.90	27.20	31.80	36.90	44.10	46.70	45.40	46.70	48.90	47.70	43.20	46.40	48.40	44.30	46.80	45.70	45.60	38.60	29.80	20.40	13.50	8.60	6.10	2.40	57.50	
		3	1.40	5.30	9.00	9.30	10.40	9.80	23.70	27.00	25.00	31.00	36.90	45.10	46.60	44.90	46.60	48.50	47.50	43.30	46.70	48.50	44.50	46.90	45.80	45.60	38.80	30.00	20.50	13.80	9.40	9.80	3.50	57.50	
		L ₉₀	-3.16	4.66	8.52	8.66	10.46	10.32	23.06	26.28	24.44	30.20	36.74	43.22	46.62	45.00	46.60	48.58	47.54	43.12	46.16	48.32	44.30	46.80	45.72	45.52	38.60	29.72	20.32	13.50	8.52	6.02	2.40	57.50	
		1	1.80	5.30	8.60	8.10	10.50	10.60	29.20	33.60	35.10	44.70	59.10	61.40	63.30	62.10	66.40	68.60	69.00	67.90	70.20	75.00	74.90	79.20	79.40	80.70	75.70	67.70	60.40	53.30	47.90	38.80	27.50	86.20	
		2	0.50	5.40	8.90	8.30	10.40	11.30	28.00	33.10	35.00	44.50	59.00	60.80	63.20	61.90	66.30	68.40	68.50	68.50	67.50	70.00	74.80	74.60	78.90	79.20	80.60	75.80	67.70	60.50	53.70	47.60	38.80	28.20	86.10
เปิดช่องสำหรับทดสอบ	3 ช่วงแรก	3	2.20	7.40	11.40	9.20	11.40	11.80	28.70	33.60	35.20	44.30	58.80	60.60	63.30	61.80	66.20	68.30	68.20	67.50	69.90	74.70	74.30	78.90	79.10	80.40	75.80	67.80	60.50	53.90	47.60	38.70	28.40	86.00	
		L ₉₀	0.76	5.32	8.66	8.14	10.42	10.74	28.14	33.20	35.06	44.54	58.84	60.64	63.22	61.82	66.22	68.32	68.22	67.50	69.92	74.72	74.36	78.90	79.12	80.44	75.72	67.70	60.42	53.38	47.60	38.72	27.64	86.02	
		1	2.00	6.10	9.30	8.50	10.30	11.80	27.20	33.10	35.50	44.10	58.40	60.50	63.30	61.80	66.10	68.20	68.10	67.30	69.60	74.60	74.20	78.80	79.00	80.30	76.00	68.00	60.30	53.60	47.80	38.70	28.40	85.90	
		2	1.70	6.40	10.40	8.80	11.10	12.40	27.40	33.20	35.50	43.90	58.10	60.20	62.80	61.70	65.90	68.10	68.10	67.40	69.60	74.40	74.20	78.60	78.80	80.40	76.00	67.90	60.40	53.90	47.90	38.60	28.30	85.80	
	3 ช่วงหลัง	3	0.80	5.60	10.70	8.30	10.50	10.80	27.20	32.80	35.00	44.00	58.00	60.30	62.80	61.70	65.80	68.10	68.10	67.40	69.60	74.50	74.20	78.60	78.70	80.40	76.00	67.90	60.30	54.00	48.10	38.70	28.20	85.80	
		L ₉₀	0.98	5.70	9.52	8.34	10.34	11.00	27.20	32.86	35.10	43.92	58.02	60.22	62.80	61.70	65.90	68.10	68.10	67.32	69.60	74.42	74.20	78.60	78.72	80.40	76.00	67.90	60.30	53.66	47.82	38.62	28.22	85.80	

ความถี่เสียงในการทดลอง (Hz)

แบบที่	รูปแบบ	พลา	ความถี่เสียงในการทดลอง (Hz)																		Total A														
			1						2						3							4						5						6	
			20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	5k	6.3k	8k	10k	12.5k	16k	20k		
1		1	0.90	5.70	8.70	8.30	12.30	14.20	26.80	29.90	31.70	42.00	55.10	57.60	58.60	56.30	60.50	64.20	64.60	63.40	66.80	70.30	69.00	74.10	73.80	77.50	73.60	67.50	61.40	52.90	45.60	36.00	22.90	82.20	
			1.40	6.00	8.80	7.90	12.30	12.20	27.10	30.60	31.50	41.90	55.20	57.40	58.30	55.90	60.50	64.00	64.20	63.10	66.50	70.30	68.80	73.90	73.70	77.30	73.60	67.40	61.30	53.10	45.20	36.10	23.00	82.00	
			1.70	6.30	9.60	8.20	12.90	12.40	27.00	30.10	31.30	41.80	55.30	57.10	57.90	55.60	60.20	63.90	64.00	62.90	66.50	70.20	68.60	73.80	73.50	77.20	73.60	67.50	61.20	53.60	45.30	36.20	23.00	81.90	
			1.00	5.76	8.72	7.96	12.30	12.24	26.84	29.94	31.34	41.82	55.12	57.16	57.98	55.66	60.26	63.92	64.04	62.94	66.50	70.22	68.64	73.82	73.54	77.22	73.60	67.42	61.22	52.94	45.22	36.02	22.92	81.92	
2		1	2.80	7.60	12.50	9.40	13.70	13.50	27.90	31.50	31.70	42.00	54.50	56.50	58.30	56.10	60.20	64.10	64.20	62.20	65.80	69.30	68.00	72.10	72.90	76.20	73.00	66.90	61.00	53.50	45.60	36.30	23.10	81.20	
			1.90	7.60	11.90	9.40	13.90	12.00	28.20	31.90	32.00	42.10	54.40	56.30	58.30	56.10	60.30	64.00	64.20	62.20	65.70	69.20	69.00	73.10	72.90	76.30	73.00	66.90	61.00	53.50	45.70	36.40	22.80	81.20	
			0.50	6.20	12.00	8.90	12.50	14.40	26.90	30.90	31.00	41.90	54.30	56.40	58.40	56.00	60.30	63.90	64.10	62.30	65.70	69.20	68.00	73.00	72.90	76.30	73.10	67.00	61.10	53.60	45.80	36.50	22.80	81.30	
			0.78	6.48	11.92	9.00	12.74	12.30	27.10	31.02	31.14	41.92	54.32	56.32	58.30	56.02	60.22	63.92	64.12	62.20	65.70	69.20	68.00	72.28	72.90	76.22	73.00	66.90	61.00	53.50	45.62	36.32	22.80	81.20	
3		1	0.80	5.40	8.90	5.50	9.60	13.10	25.00	30.10	30.50	41.70	54.10	56.60	58.40	56.10	59.80	63.20	64.80	61.50	65.00	69.00	68.90	74.90	73.40	74.20	70.40	62.60	55.30	48.00	39.80	32.90	17.80	80.70	
			0.10	6.50	11.60	7.40	12.40	14.00	24.80	29.80	30.30	41.80	54.30	56.40	58.40	56.00	59.90	63.20	64.80	61.50	65.00	69.00	68.90	74.90	73.40	72.40	70.40	62.60	55.20	48.00	39.70	32.80	17.40	80.60	
			0.00	5.30	11.40	6.40	11.60	11.40	24.90	29.60	30.30	41.10	54.40	56.50	58.20	56.00	59.90	63.20	65.10	61.60	65.00	68.90	69.00	74.90	73.40	74.30	70.40	62.50	55.20	47.90	39.70	33.00	17.50	80.70	
			0.02	5.32	9.40	5.68	10.00	11.74	24.82	29.64	30.30	41.22	54.14	56.42	58.24	56.00	59.82	63.20	64.80	61.50	65.00	68.92	68.90	74.90	73.40	74.20	70.40	62.52	55.20	47.92	39.70	32.82	17.42	80.62	
4		1	-0.90	4.70	8.30	5.90	8.70	9.00	22.60	28.10	31.10	41.70	55.20	57.10	58.70	56.40	60.20	63.70	65.50	62.00	65.00	68.70	67.40	71.00	70.80	72.30	68.10	59.00	50.70	42.40	34.40	26.10	16.60	78.60	
			-1.30	5.60	10.50	7.60	9.90	14.20	24.70	29.90	31.30	42.20	54.90	57.00	58.60	56.40	60.10	63.60	65.00	61.70	64.90	68.60	67.20	70.90	70.70	70.30	68.10	58.90	50.70	42.40	34.20	26.00	16.70	78.50	
			-1.10	6.00	9.70	6.10	9.90	11.20	23.70	29.10	30.80	41.60	54.70	56.90	58.60	56.50	60.10	63.50	64.90	61.60	64.80	68.50	67.10	70.80	70.70	72.40	68.10	59.00	50.70	42.50	34.20	25.90	16.90	78.50	
			-1.26	4.88	8.58	5.94	8.94	9.44	22.82	28.30	30.86	41.62	54.74	56.92	58.60	56.40	60.10	63.52	64.92	61.62	64.82	68.52	67.12	70.82	70.70	70.30	68.10	58.92	50.70	42.40	34.20	25.92	16.52	78.50	
5		1	-0.40	4.70	9.50	6.00	10.30	10.80	24.30	28.60	29.90	39.70	53.20	55.40	56.40	54.10	59.40	61.80	61.70	60.10	63.20	67.50	66.10	69.50	68.80	68.90	62.00	53.40	47.70	40.10	33.30	24.80	13.50	76.30	
			0.50	4.70	11.10	7.00	10.80	14.30	24.10	28.50	30.30	39.40	52.90	55.10	56.60	54.00	59.40	61.80	61.70	60.00	63.10	67.40	66.10	69.30	68.80	68.80	61.90	53.40	47.60	40.00	33.20	24.80	13.60	76.20	
			2.00	5.70	11.80	8.40	12.30	16.00	26.20	30.00	31.10	39.50	52.50	54.90	56.80	53.80	59.30	61.70	61.40	59.80	63.00	67.30	66.00	69.20	68.80	68.70	62.00	53.30	47.60	40.00	33.20	24.40	13.60	76.10	
			-0.22	4.70	9.82	6.20	10.40	11.50	24.14	28.52	29.98	39.42	52.58	54.94	56.44	53.84	59.34	61.72	61.46	59.84	63.02	67.32	66.02	69.22	68.80	68.72	61.92	53.32	47.60	40.00	33.20	24.48	13.60	76.12	

แบบที่	รูปแบบ	การทดลองครั้งที่	ความถี่เสียงในการทดลอง (Hz)																		Total A													
			ความถี่ตามพจนานุกรม						1			2			3			4				5			6									
			20	25	31.5	40	50	63	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k		1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	5k	6.3k	8k	10k	12.5k	16k	20k	
6		1	1.20	6.70	11.60	8.00	12.20	14.40	27.10	30.30	30.70	39.30	51.80	53.90	56.50	53.60	58.70	61.50	61.40	58.90	62.00	66.30	66.50	71.20	71.30	72.10	67.60	58.50	49.70	42.20	34.60	24.00	16.30	78.00
		2	1.90	6.50	11.80	8.20	12.10	12.20	24.80	28.80	30.60	38.80	51.80	54.10	56.40	53.60	58.60	61.50	61.40	59.00	62.00	66.30	66.50	71.20	71.20	72.10	67.70	58.50	49.80	42.30	34.60	24.00	16.20	78.00
		3	2.30	5.90	11.60	8.30	11.50	13.30	25.30	29.30	30.70	39.00	51.90	54.30	56.30	53.70	58.60	61.50	61.60	59.10	62.00	66.30	66.50	71.20	71.10	72.30	67.80	58.50	49.90	42.40	34.70	24.00	16.10	78.00
		I_{90}	1.34	6.02	11.06	8.04	11.62	12.42	24.90	28.90	30.62	38.84	51.80	53.94	56.32	53.60	58.62	61.42	59.48	58.94	62.00	66.30	66.50	71.20	71.14	72.10	67.62	58.50	49.72	42.22	34.60	24.00	16.12	78.00
7		1	02.0	4.70	10.70	8.40	11.20	11.60	26.60	30.60	31.80	41.70	55.50	57.40	58.90	56.00	61.50	63.70	63.90	61.80	65.90	69.40	68.70	73.30	73.70	75.80	72.40	65.30	57.40	48.80	39.40	29.60	18.20	81.10
		2	1.40	4.50	9.90	7.90	10.10	14.50	26.40	30.60	31.70	41.50	55.60	57.30	58.70	55.90	61.40	63.70	63.80	61.70	65.70	69.40	68.60	73.20	73.60	75.80	72.40	65.20	57.30	48.90	39.40	29.30	18.20	81.10
		3	0.40	3.80	10.40	7.80	11.40	14.30	27.00	31.10	31.80	41.70	55.70	57.20	58.60	55.90	61.40	63.70	63.90	61.70	65.60	69.30	68.50	73.20	73.60	75.70	72.30	65.30	57.30	49.10	39.40	29.30	18.50	81.00
		I_{90}	0.24	3.94	10.00	7.82	10.32	12.14	26.44	30.60	31.72	41.54	55.52	57.22	58.62	55.90	61.40	63.70	63.82	61.70	65.62	69.32	68.52	73.20	73.60	75.72	72.32	66.22	57.30	48.82	39.40	29.30	18.20	81.02
8		1	2.10	5.90	10.80	8.60	13.90	15.60	27.60	31.50	31.30	43.30	54.80	56.90	58.80	56.40	60.60	63.60	64.20	62.50	65.70	69.60	68.80	72.90	72.60	75.40	71.00	65.30	54.90	47.50	37.40	25.40	80.60	
		2	1.30	5.30	13.20	8.40	12.60	14.00	26.60	30.50	31.50	42.10	55.00	57.10	59.00	56.50	60.90	63.70	64.30	62.50	65.90	69.80	68.80	73.00	72.80	75.50	71.10	63.70	75.00	47.50	43.30	37.30	25.30	80.70
		3	2.10	6.50	12.90	9.00	14.00	13.10	27.30	31.50	31.50	42.10	54.90	57.10	58.90	56.50	60.70	63.50	64.20	62.50	65.90	69.80	68.80	72.90	72.70	75.50	71.10	63.70	51.10	47.60	43.40	37.30	25.50	80.70
		I_{90}	1.46	5.42	11.22	8.44	12.86	13.28	26.74	30.70	31.34	42.10	54.82	56.94	58.82	56.94	60.62	63.52	64.20	62.50	65.74	69.64	68.80	72.90	72.62	75.42	71.02	63.70	52.86	47.50	43.22	37.30	25.32	80.62
9		1	2.50	5.60	11.50	7.90	12.60	10.40	25.60	29.00	29.00	37.50	50.40	53.00	54.60	52.20	57.00	61.90	61.30	58.40	65.60	67.20	61.70	63.20	61.80	66.20	58.00	56.10	51.60	43.40	31.50	24.10	10.70	73.70
		2	2.00	5.60	10.90	7.60	12.20	13.10	25.40	28.90	29.10	38.20	49.70	53.20	54.70	52.10	57.10	61.90	61.30	58.40	65.60	67.20	61.80	63.30	61.80	66.40	58.10	56.10	51.60	43.50	31.50	24.20	10.50	73.70
		3	2.00	4.60	10.50	8.00	12.50	14.10	25.40	29.10	28.50	38.10	49.50	53.30	54.70	52.10	57.10	61.90	61.30	58.40	65.60	67.30	61.80	63.30	61.80	66.30	58.10	56.10	51.60	43.50	31.50	24.30	10.80	73.70
		I_{90}	2.00	4.80	10.58	7.66	12.26	10.94	25.40	28.92	28.60	37.62	49.54	53.04	54.62	52.10	57.02	61.90	61.30	58.40	65.60	67.20	61.72	63.22	61.80	66.22	58.02	56.10	51.60	43.42	31.50	24.12	10.54	73.70
10		1	3.30	8.40	11.30	9.40	14.60	16.40	29.10	32.50	31.70	41.60	54.30	55.80	57.10	54.60	59.00	61.30	62.40	60.40	64.10	68.80	70.20	75.50	73.60	75.70	72.40	62.50	55.10	47.50	38.40	29.90	17.00	81.40
		2	03.0	5.80	9.90	8.30	13.30	12.00	26.00	29.80	30.70	41.00	54.10	55.80	57.50	54.60	58.90	61.30	62.20	60.10	63.80	68.60	70.00	75.40	73.60	75.50	72.40	62.40	55.10	47.50	38.20	29.60	16.90	81.30
		3	1.00	7.00	11.70	8.70	14.00	12.90	26.30	30.00	30.50	40.70	53.80	55.60	57.60	54.60	58.80	61.30	62.10	59.90	63.70	68.40	69.90	75.30	73.60	75.40	72.30	62.30	55.10	47.50	38.30	29.40	17.00	81.20
		I_{90}	0.44	6.04	10.18	8.38	13.44	12.18	26.06	29.84	30.54	40.78	53.86	55.64	57.18	54.60	58.82	61.30	62.12	59.94	63.72	66.44	69.92	75.32	73.60	75.42	72.32	62.32	55.10	47.50	38.22	29.44	16.92	81.22

ประวัติผู้เขียน

- ชื่อ-นามสกุล** นายวันฉัตร เสมาทอง
- วัน/เดือน/ปีเกิด** 5 พ.ค. 2524
- ที่อยู่** 17 ถ.ผดุงราษฎร์ ต.หล่มสัก อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ 67110
โทร. 0-81420-6883
- ประวัติการศึกษา** พ.ศ.2542 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษา จาก โรงเรียนหล่มสักวิทยาคม
พ.ศ.2547 สำเร็จการศึกษาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาสถาปัตยกรรมไทย
จาก มหาวิทยาลัยศิลปากร
- ประสบการณ์การทำงาน**
พ.ศ. 2547 ตำแหน่งสถาปนิก บริษัทนิโอสต้า
พ.ศ. 2547 ตำแหน่งสถาปนิก บริษัทไฉนนิ่ง
สถาปนิกอิสระ
- ปัจจุบัน**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้