



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

โครงการการออกแบบอะคูสติกและทัศนูปกรณ์ของหอประชุมอเนกประสงค์
Acoustics and Audio-Visual Systems Design for Multipurpose
Auditorium

นายโกเมน ศรีธเนศชัย

นายณัฐวรท ศรีแสง

ภาควิชาวิศวกรรมดนตรีและสื่อประสม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา โครงการการออกแบบอะคูสติกและทัศนูปกรณ์ของหอประชุมอเนกประสงค์

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายโกเมน ศรีธเนศชัย และ นายณัฐวรท ศรีแสง

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมดนตรีและสื่อประสม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ นายพลสิทธิ์ ทินกร ณ อยุธยา

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายดิเรก ตั้งจิตยีนยง

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท เอวีแอล ดีไซน์ จำกัด

บทคัดย่อ

โครงการสหกิจศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบระบบอะคูสติกภายในพร้อมติดตั้งระบบโสตทัศนูปกรณ์เพื่อสร้างคุณภาพเสียงที่ดีของห้องประชุมอเนกประสงค์ อาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์(บางเขน) ในปัจจุบันอาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ มีการใช้งานเป็นงานที่เกี่ยวข้องกับการพูดหรือบรรยายเป็นหลัก แต่ด้วยโครงสร้างของตัวอาคารที่เป็นโรงยิม วัสดุต่างๆ เช่น ผนังคอนกรีต พื้นไม้ปาเก้ และชั้นลอยที่เพิ่มขึ้นมา ส่งผลให้การดูดซับเสียงเป็นไปได้ยาก เสียงเกิดการสะท้อนภายในอาคารทำให้ผู้ฟังไม่สามารถรับข้อมูลจากผู้บรรยายได้อย่างครบถ้วน ทางบริษัท เอวีแอล ดีไซน์ จึงได้มีแนวคิดที่จะปรับปรุงตัวอาคาร ในด้านระบบเสียงและระบบโสตทัศนูปกรณ์เพื่อรองรับการทำงานให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Acoustics and Audio-Visual Systems Design for Multipurpose Auditorium

Student intern name: Mr.Komen Srithaneschai and Mr.Nutwarot Sriseang

Faculty: Engineering **Department:** Music Engineering and Multimedia

Advisor name: Mr.Phonlasit Thinnakorn Na Ayuthaya

Mentor name: Mr.Dhireak Tangjityuenyong

Company: AVL Design Co.,Ltd

ABSTRACT

The purpose of this cooperative education project is to design the internal acoustic and audio-visual system for the best acoustics quality of the multi-purpose auditorium in Chakraphan Phensiri Building, Kasetsart University Bangkok Campus. At present, Chakraphan Phensiri Building is used for work related to speaking and lecturing. But with the structure of the building as the gym, various materials such as concrete walls, parquet floors, and additional mezzanine floors, which make the sound more reflected and difficult to absorb, which caused the listener to be unable to fully receive information from the speaker. AVL Design Co., Ltd has the idea to improve the acoustic and audio-visual systems to support work with more efficiency.

กิตติกรรมประกาศ

การที่ข้าพเจ้าได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท เอวีแอล ดีไซน์ จำกัด ตั้งแต่ วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ.2562 ถึง วันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆที่มีค่ามากมาย สำหรับรายงานวิชาสหกิจศึกษาฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

1. คุณติเรก ตั้งจิตยืนยง ซึ่งเป็น Audio Visual Division Chief

2. คุณกุลพัชร หมวดสง ซึ่งเป็น ผู้จัดการฝ่ายออกแบบ

รวมถึงบุคลากรท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวชื่อนามทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตของการทำงานจริง ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

โกเมน ศรีธเนศชัย และ ณัฐวรท ศรีแสง

ผู้จัดทำรายงาน

10 พฤศจิกายน 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญ(ต่อ).....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
สารบัญภาพ(ต่อ)	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	1
1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1.1 เสียงคืออะไร.....	3
2.1.2 การเกิดเสียง.....	5
2.1.3 ความถี่.....	5
2.1.4 ความเร็วของเสียง.....	5
2.1.5 คุณสมบัติของเสียง.....	7
2.1.6 ทิศทางของต้นกำเนิดเสียง.....	8
2.1.7 ปรากฏการณ์ของเสียง.....	9
2.1.8 ค่ามาตรฐานทางระบบอะคูสติก.....	14
2.1.9 ช่วงความถี่ที่หูมนุษย์สามารถได้ยิน.....	20
2.1.10 ความถี่ของเสียงที่มีผลต่อการรับฟัง.....	21
2.1.11 การเกิด Audio feedback.....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.1.12 กฎกำลังสองผกผัน.....	22
2.1.13 วัสดุกันเสียง.....	23
2.1.14 การสั่นพ้องของเสียง.....	23
2.1.15 การพิจารณาในการออกแบบให้มีการรับฟังเสียงที่ดี.....	25
2.1.16 การออกแบบห้องประชุม.....	30
2.1.17 ประเภทของสัญญาณภาพ.....	36
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	37
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	39
3.1 กำหนดแนวคิดการออกแบบระบบอะคูสติก.....	39
3.2 กำหนดแนวคิดการออกแบบระบบโสตทัศนูปกรณ์.....	39
3.3 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบอะคูสติก.....	39
3.4 ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบ.....	40
3.4.1 โปรแกรม AUTOCAD	40
3.4.2 โปรแกรม SKETCH UP	40
3.4.3 โปรแกรม EASE	41
3.5 ศึกษาเครื่องวัดเสียง.....	41
3.6 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ที่ต้องออกแบบ.....	43
3.7 วัดค่าทางอะคูสติกที่สถานที่จริง	43
3.8 ทำการออกแบบระบบอะคูสติก.....	45
3.8.1 การออกแบบผนังกันเสียง.....	45
3.8.2 การออกแบบผนังควบคุมเสียงภายใน.....	46
3.8.3 การปรับเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์.....	46
3.8.4 เขียนแบบโครงสร้างผ่านโปรแกรม SKETCH UP	47
3.8.5 จำลองค่าทางอะคูสติกผ่านโปรแกรม EASE	47
3.9 การออกแบบระบบโสตทัศนูปกรณ์ของห้อง.....	48
3.9.1 การออกแบบระบบเสียง.....	48
3.9.2 การออกแบบระบบภาพ.....	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	54
4.1 ผลการออกแบบระบบอะคูสติก.....	54
4.1.1 ค่า RT60 ก่อนออกแบบ.....	54
4.1.2 ค่า RT60 หลังออกแบบ.....	54
4.2 ผลการออกแบบระบบโสตทัศนอุปกรณ์.....	55
4.2.1 ค่า STI ของอาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริหลังจากการจำลองระบบเสียง.....	55
4.2.2 ค่า SPL ของอาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริหลังจากการจำลองระบบเสียง.....	56
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	57
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	57
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	58
เอกสารอ้างอิง.....	59
ภาคผนวก.....	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงตัวอย่างค่า RT60 ของห้องแต่ละรูปแบบ.....	14
2.2 ตารางแสดงค่าการแบ่งเกรดของวัสดุที่มีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง.....	17
2.3 ตารางแสดงปริมาณของห้องแต่ละประเภท.....	35



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงว่าเสียงไม่สามารถเดินทางในสุญญากาศได้.....	3
2.2 คลื่นของน้ำอันเกิดจากการขวางกั้นหินของน้ำ.....	4
2.3 ส่วนสำคัญของคลื่นเสียง แสดงการส่งคลื่น เกิดการอัดและการขยายตัว.....	4
2.4 ความเร็วของคลื่นเสียงที่วิ่งไปสู่ผู้รับฟังในลักษณะคือ ทางตรง และการสะท้อนไปกลับ.....	6
2.5 รูปร่างของคลื่นเสียง (Wave forms) ของอุปกรณ์เครื่องมือและเครื่องดนตรี 3 ชิ้น.....	7
2.6 การสะท้อนของคลื่นเสียง.....	10
2.7 การหักเหของเสียง.....	11
2.8 การเลี้ยวเบนของเสียง.....	12
2.9 มาตรฐานค่า NC ของห้องแต่ละรูปแบบ.....	15
2.10 มาตรฐานค่า STC ของผนัง.....	16
2.11 ค่ามาตรฐาน Reverberation Time ที่เหมาะสมกับประเภทของห้อง.....	18
2.12 ช่วงความถี่ของเสียงแต่ละเครื่องดนตรี.....	21
2.13 รูปการณ์สะท้อนกลับไปที่กลับมา 3 ทิศทางของห้อง.....	24
2.14 เสียงออกจากต้นกำเนิดเสียงแล้วสะท้อนกลับสู่ต้นเสียงใน เวลา 6 วินาที.....	25
2.15 เสียงสะท้อนและเสียงจากต้นกำเนิดเสียงโดยตรง.....	26
2.16 เสียงสะท้อนรวมกันอันเกิดจากพื้นผิวเว้าเข้า.....	26
2.17 การแก้ไขผิวเว้าเข้าด้วยพื้นผิวเว้าออก.....	27
2.18 สัดส่วนรูปห้องที่เหมาะสม.....	28
2.19 รูปทรงห้องที่เป็นสี่เหลี่ยม.....	28
2.20 จุดตั้งแผงสะท้อนเสียง.....	32
2.21 ตัวแผงสะท้อนเป็นร่อง.....	33
2.22 แผงสะท้อนติดวัสดุดูดซับเสียง.....	33
2.23 การบังคับทิศทางของเสียงไปทางทิศทางที่ต้องการ.....	33
2.24 การหามุมมององศาของ reflector	34
2.25 การหา Image ของอาคาร.....	34
3.1 โปรแกรม AutoCAD	40
3.2 โปรแกรม SketchUp	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.3 โปรแกรม EASE	41
3.4 เครื่องวัดเสียง NTi Audio model XL2	42
3.5 ค่า NC (Noise Criteria, NC) เกณฑ์ของเสียงรบกวนที่วัดได้.....	43
3.6 จุดที่ใช้ในการวัดค่า RT60	44
3.7 ค่าระยะเวลาความก้องสะท้อน (Reverberation Time, RT60) ที่วัดได้ในแต่ละจุด.....	44
3.8 กราฟแสดงค่าระยะเวลาความก้องสะท้อน.....	45
3.9 การออกแบบผนังกันเสียง.....	46
3.10 การออกแบบผนังควบคุมเสียงภายใน.....	46
3.11 แพลนภายในตัวอาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ.....	47
3.12 โครงสร้างของอาคารจากโปรแกรม SketchUp	47
3.13 การจำลองค่าทางอะคูสติกของตัวอาคารผ่านโปรแกรม EASE	58
3.14 ความละเอียดของภาพ.....	51
3.15 ขนาดและสัดส่วนของภาพ.....	52
3.16 แผนผังการติดตั้งระบบเสียงและโสตทัศนอุปกรณ์.....	53
4.1 กราฟค่า RT60 ของตัวอาคารก่อนออกแบบ.....	54
4.2 กราฟค่า RT60 ของตัวอาคารหลังจากออกแบบ.....	55
4.3 ค่า STI ภายในอาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ.....	55
4.4 กราฟแสดงข้อมูลค่า STI ภายในตัวอาคาร.....	56
4.5 ค่า SPL ภายในอาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในการออกแบบห้องให้มีประสิทธิภาพจะต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความสวยงาม ความสะดวกสบายในการใช้งาน รวมถึงสภาพแวดล้อมภายในห้อง โดยการออกแบบห้องจะต้องคำนึงถึงเสียงที่เกิดภายในห้อง ดังนั้นการออกแบบระบบอะคูสติกและระบบโสตทัศนูปกรณ์ จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้การออกแบบห้องมีประสิทธิภาพและมีคุณภาพเสียงที่ดี

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันการทำงานอยู่ในห้องเป็นเวลานานๆเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยาก ดังนั้นห้องที่ทำงานควรจะเป็นห้องที่ดี เหมาะสมกับการทำงาน ซึ่งทางมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์(บางเขน) ได้มีแนวคิดที่จะปรับปรุงอาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ เนื่องจากสภาพตัวอาคารในปัจจุบันมีปัญหาในด้านอะคูสติก เช่น เสียงรบกวนที่เข้ามาภายในอาคาร การรับฟังที่ไม่ชัดเจน และระบบโสตทัศนูปกรณ์ที่มีความล้าสมัย ดังนั้นเพื่อรองรับการใช้งานในอนาคตให้ที่มีประสิทธิภาพ จึงได้เลือกบริษัท เอวีแอล ดีไซน์ จำกัด ในการออกแบบห้อง รวมทั้งออกแบบระบบอะคูสติกและระบบโสตทัศนูปกรณ์ทั้งหมด ซึ่งลักษณะของห้องที่ดีนั้น จะต้องเกิดจากกระบวนการคิดและการออกแบบในด้านความสวยงาม ด้านระบบอะคูสติกและระบบโสตทัศนูปกรณ์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อลดปัญหาเสียงรบกวนจากภายนอก และภายในให้มีคุณภาพเสียงที่ดี
- 1.2.2 เพื่อรองรับระบบภาพ และเสียงให้ง่ายแก่การใช้งาน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาความแตกต่างของค่าทางอะคูสติกระหว่างซอฟต์แวร์และเครื่องมือวัด
- 1.3.2 วิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างว่ามีผลต่อคุณภาพเสียงภายในห้อง

- 1.3.3 ศึกษาการวางตำแหน่งของระบบโสตทัศนูปกรณ์
- 1.3.4 วิเคราะห์หาสาเหตุของห้องที่ทำให้เกิดเสียงรบกวน

1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

- 1.4.1 กำหนดแนวคิดการออกแบบระบบอะคูสติก
- 1.4.2 กำหนดแนวคิดการออกแบบระบบโสตทัศนูปกรณ์
- 1.4.3 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบอะคูสติก
- 1.4.4 ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบ

- 1.4.4.1 โปรแกรม AUTOCAD
- 1.4.4.2 โปรแกรม SKETCH UP
- 1.4.4.3 โปรแกรม EASE (Enhanced Acoustic Simulator for Engineers)
- 1.4.5 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ที่ต้องออกแบบ
- 1.4.6 ทำการจัดรูปแบบของห้องที่ต้องการออกแบบ
- 1.4.7 ทำการออกแบบระบบอะคูสติกของห้อง
 - 1.4.7.1 การออกแบบผนังกันเสียง
 - 1.4.7.2 การออกแบบผนังควบคุมเสียงภายใน
- 1.4.8 ทำการออกแบบระบบโสตทัศนอุปกรณ์ของห้อง
 - 1.4.8.1 ออกแบบระบบเสียง
 - 1.4.8.2 ออกแบบระบบภาพ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการทำ สหกิจศึกษาในครั้งนี้ทางเราหวังว่าจะสามารถนำความรู้ทางทฤษฎีที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ สามารถนำไปปฏิบัติงานได้จริง และได้เรียนรู้การออกแบบระบบภาพและเสียงแบบสมบูรณ์ เพื่อที่จะสามารถปรับปรุงห้องธรรมดาที่มีเสียงรบกวน ให้กลายเป็นห้องที่มีคุณภาพของเสียงที่ดีเหมาะสมกับการใช้งาน

บทที่ 2

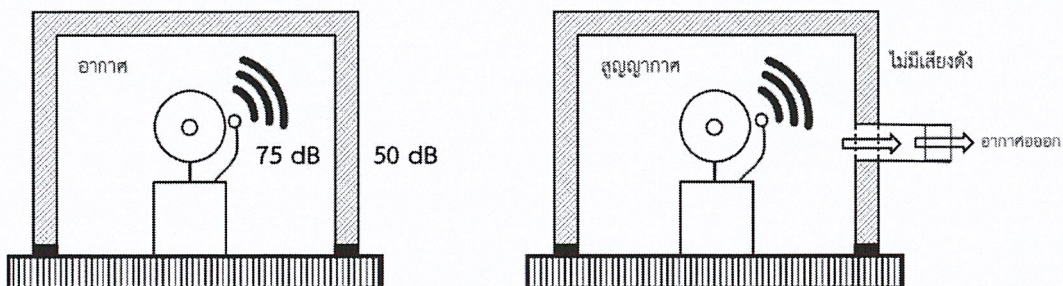
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 เสียงคืออะไร

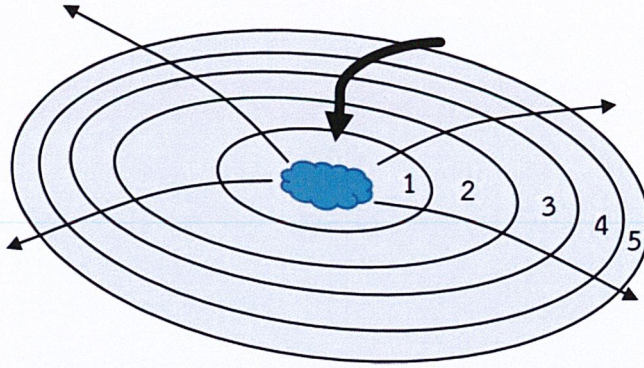
ตามหลักการของวิชาฟิสิกส์ เสียงเป็นคลื่น (wave) ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับแสงสามารถทำให้เกิดโสตสัมผัส คือหูที่อยู่ในสภาพปกติได้ยินได้ ส่วนแสงนั้นจะสัมผัสด้วยตา คลื่นเสียงเป็นคลื่นที่เกิดจากการสั่นสะเทือนในอากาศและวัตถุอย่างอื่น กระสั่นสะเทือนนี้ทำให้โมเลกุลของตัวกลางเกิดการสั่นไปด้วย อันเป็นผลทำให้เสียงแผ่ไปได้ในตัวกลางนั้น ทิศทางการสั่นของโมเลกุลของตัวกลางจะขนานกับทิศทางการแผ่ของเสียง อันเป็นสมบัติของคลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการแผ่ เมื่อมีการถ่ายทอดคลื่นตัวกลางนี้จะต้องมีการยืดหยุ่น(Elasticity)ของโมเลกุลวัตถุ ซึ่งตัวกลาง (Medium) ที่กล่าวถึงนี้จะเป็ของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซได้ แต่ในสุญญากาศเสียงจะผ่านไม่ได้เลย คลื่น เสียงจัดว่าเป็นเชิงคลื่นกล (Mechanical Wave) ชนิดหนึ่งต่างจากแสง ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็ก (Magnetic Wave) จึงไม่จำเป็นต้องมีตัวกลาง แสงสามารถส่องผ่านสุญญากาศได้

การเกิดคลื่นเสียงในอากาศ อันเกิดจากการสั่นของต้นกำเนิดเสียงนั้น ทำให้โมเลกุลในอากาศเกิดการเคลื่อนที่ เรียกว่า Wave Motion หรือการเคลื่อนไหวของคลื่นใน 2 ลักษณะ คือ ในลักษณะที่เป็นช่วงอัด หรืออากาศทั้งสองนี้เกิดเป็นคลื่นขึ้นแผ่ออกไปรอบๆ คล้ายกับการโยนหินลงไปในบ่อน้ำ จะเห็นคลื่นของน้ำแผ่ออกไปรอบด้าน ถ้าก้อนหินก้อนเล็กคลื่นของน้ำก็จะเล็ก และหายไปโดยเร็ว หากเป็นหินก้อนใหญ่เมื่อโยนลงไป คลื่นที่เกิดขึ้นในน้ำก็จะใหญ่มากและค่อยๆหมดไปอย่างช้าๆ เช่นเดียวกับการเกิดคลื่นของเสียง ถ้าเป็นเสียงค่อยคลื่นเสียงจะเล็กและเจ็บบหายไปอย่างรวดเร็ว ถ้าเป็นเสียงดังคลื่นเสียงจะใหญ่และค่อยๆหายไปอย่างช้าๆลักษณะที่กล่าวนี้เป็นปรากฏการณ์ของคลื่นที่เราเรียกว่า แอมพลิจูด (Amplitude)



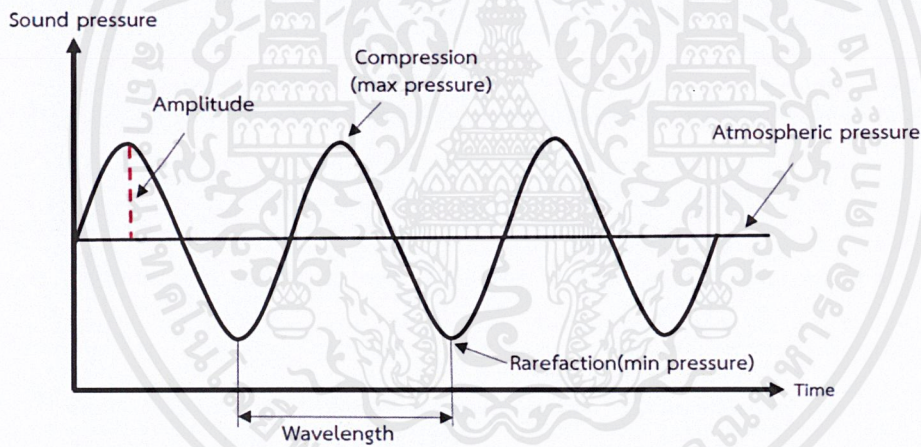
ภาพที่ 2.1 แสดงว่าเสียงไม่สามารถเดินทางในสุญญากาศได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 คลื่นของน้ำอันเกิดจากการขั้วก้อนหินของน้ำ

นักวิทยาศาสตร์ทำการทดลองโดยเอาขวดแก้วครอบกระดิ่งไฟฟ้า แล้วสูบอากาศในขวด แก้วออกให้หมดจนเป็นสุญญากาศ เมื่อสูบอากาศออกเสียงจะเบาลง จนเมื่อไม่มีอากาศในขวดแก้วแล้ว เราจะได้ยินเสียงกระดิ่งดังอีกเลย แสดงว่าการเคลื่อนที่ของเสียงต้องอาศัยตัวกลาง



ภาพที่ 2.3 ส่วนสำคัญของคลื่นเสียง แสดงการส่งคลื่น เกิดการอัดและการขยายตัว

ในรูปที่ 3 แสดงการส่งคลื่นนั้นเกิดติดต่อกันไปเหมือนดังเช่น คลื่นของน้ำ เมื่อโยนก้อนหินขนาดใหญ่ลงไป ทำให้เกิดการอัด (Compressions) และการขยาย (Rarefaction) ช่วงของคลื่นขึ้นเราเรียกว่าแอมพลิจูด (Amplitude) แอมพลิจูดหมายถึงระยะการกระจัด (Displacement) ที่มีค่ามากที่สุด จากแนวสมดุลไปยังสันคลื่นหรือท้องคลื่น อธิบายง่ายๆ คือ แอมพลิจูดเป็นตัวแสดงกับพลังงานของคลื่น นั้นเอง ถ้าแอมพลิจูดพุ่งขึ้นสูง แสดงว่าพลังงานของคลื่นมีค่ามาก แต่ถ้าแอมพลิจูดต่ำพลังงานของคลื่นจะมี ค่าน้อย เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า แอมพลิจูดของคลื่นเสียงแสดงถึงความดังค่อยของเสียง ส่วนความยาวของ คลื่น (Wavelength) นั้นคือระยะทางที่เสียงเดินทางไปได้ในช่วงเวลาที่ตัวกลางครบ 1 รอบโดยใช้สัญลักษณ์ λ (Lambda) แทนความยาวคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การเกิดเสียง

เสียงมีลักษณะเป็นคลื่น ที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุหรือแหล่งกำเนิด ในการ แยกแยะเสียงสูงและเสียงต่ำนั้น ขึ้นอยู่กับความเร็วในการสั่นสะเทือนของวัตถุ วัตถุที่สั่นเร็วเสียงจะสูงกว่า วัตถุที่สั่นช้ากว่า โดยจะมีหน่วยวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนต่อวินาทีเป็น เฮิรตซ์ (Hz) เช่น ความถี่ 20 Hz คือการสั่นสะเทือน 20 ครั้งต่อวินาทีนั่นเอง ความถี่ของเสียงจะมีค่าเท่ากับความถี่ของแหล่งกำเนิด ซึ่ง ในขณะที่มีการสั่นของวัตถุ โมเลกุลของตัวกลาง ซึ่งในที่นั้นหมายถึงอากาศ การสั่นของวัตถุ จะทำให้เกิดการ ถ่ายทอดพลังงาน ทำให้เกิดความดันอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่ง ทำให้เกิดเป็นช่วงอัด และ ช่วง ขยายโดยที่ช่วงบีบอัดคือบริเวณที่อากาศบีบอัดเข้าหากัน บริเวณนี้จะมีมีความดันอากาศสูงสุด ส่วนช่วง ขยายตัวคือบริเวณที่อนุภาคตัวกลางแยกห่างจากกัน บริเวณนี้จะมีมีความดันอากาศต่ำสุด เปรียบเทียบได้กับ การโยนก้อนหินลงในน้ำ ก้อนหินเปรียบเสมือนแหล่งกำเนิด มันจะสร้างให้น้ำเกิดการกระเพื่อมเป็นอนุกรม การกระเพื่อมก็คือตำแหน่งคลื่นที่มีความหนาแน่นของโมเลกุลที่ถูกดึงไว้ด้วยกัน ขณะเดียวกันก็มีส่วนที่ โมเลกุลถูกขยาย ซึ่งบริเวณนี้จะมีลักษณะอ้วนหนา การเดินทางของเสียงจะมีลักษณะคล้ายกับการบีบอัด และผ่อนคลาย ในช่วงที่เกิดการบีบอัดหรือคอมเพรสชัน บริเวณนั้นจะมีความหนาแน่นของโมเลกุลสูง เพราะถูกดึงไว้ด้วยกัน และส่วนที่ผ่อนคลายระดับความหนาแน่นของโมเลกุลจะเบาบางเนื่องจากถูกผลัก ออกจากกัน หรือเรียกส่วนนี้ว่าการขยาย ในคลื่นนั้น บริเวณส่วนที่มีการคอมเพรสชันสูงจะมีความดันสูง และส่วนที่ผ่อนคลายจะมีความดันต่ำ

2.1.3 ความถี่ (Frequency)

ความถี่คือการสะท้อนกลับไปกลับมาของคลื่นจากต้นกำเนิดของเสียง ผ่านตัวกลาง 1 วินาที การสั่นสะเทือนของคลื่น (Frequency of Vibration) เป็นปรากฏการณ์ ทางกายภาพ (Physical Phenomenon) สามารถใช้เครื่องมือวัดได้ และมีความเกี่ยวข้องกับความดัง (Pitch) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ ทางจิตวิทยา (Psychological Phenomenon) ความถี่จะวัดเป็นหน่วยของไซเคิลต่อวินาที (Cps) หรือ เรียกสั้นๆ ว่าไซเคิล (Cycles) ซึ่งเรากำหนดเครื่องดนตรีที่เป็นสายให้มีความถี่โดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 256 ไซเคิล (เสียงเปียโน มิเตอร์ซี) อันเป็นตัวเลขที่ได้จากการทดลองในห้องทดลองเสียง เราจะใช้ตัวเลขนี้เป็น มาตรฐานในกา คำนวณต่อไป

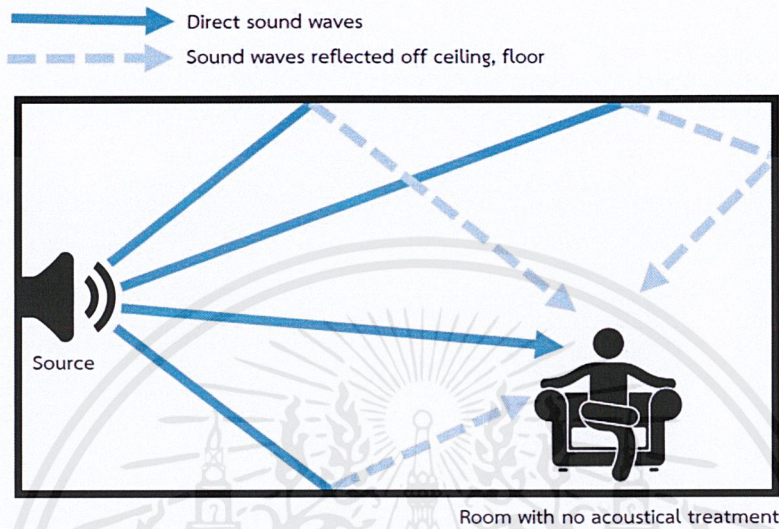
ความถี่ของเสียงคิดเป็นจำนวนรอบหรือไซเคิลต่อวินาที สำหรับหูของคนนั้นมีความไวมากที่สุด ต่อเสียงที่มีความถี่ระหว่าง 2,000 ถึง 4,000 ไซเคิลต่อวินาที (ปัจจุบันใช้เรียก Hertz แทน)

2.1.4 ความเร็วของเสียง (Speed Of Sound)

ถ้าเสียงเดินทางได้เร็วเท่ากับเสียงซึ่งเดินทางไปถึง 186,000ไมล์ต่อวินาทีปัญหาเรื่อง การรับฟังเสียงที่ตีในหอประชุมใหญ่ หรือโรงละครก็จะไม่เกิดขึ้น แต่การเดินทางของคลื่นเสียงแต่ละตัวช้า มากทำให้เกิดปัญหาตามมาในเรื่องของการได้ยิน ในอุณหภูมิปกติของห้องทั่วไป เสียงจะเดินทางได้เร็ว เพียง 1130 ฟุตต่อวินาทีเท่านั้น และสิ่งที่เกิดขึ้นก็คือการเกิดการสะท้อนของเสียง Echoes นั้นเอง ตัวอย่างเช่น เมื่อเสียงวิ่งออกจากต้นกำเนิดของเสียง คลื่นเสียงจะเกิดเป็น 2 ลักษณะคือ คลื่นเสียงที่วิ่งตรงเข้าสู่ผู้ฟัง กับคลื่นเสียงที่วิ่งกระจายจากต้นกำเนิดเสียงไปสัมผัสกับวัตถุอื่นๆของห้อง เช่น ผนัง เพดาน พื้น หรือเครื่องเรือน แล้วจึงสะท้อนกลับเข้าสู่ผู้ฟังอีกทีหนึ่ง คลื่นเสียงลักษณะที่ 2 นี้ คือตัวปัญหา ถ้าคลื่น วิ่งเข้าสู่หูเราช้ากว่าคลื่นเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทแรกเพียง 0.058 วินาที ก็จะทำให้เกิดเสียงก้องหรือเสียงสะท้อนให้รำคาญหูขึ้น การรับฟังเสียงจึงไม่สู้ดีนัก อาจจะเกิด อาจจะทำให้เกิดความสับสนในเสียงที่ได้ยินเพราะฉะนั้นความเร็วเสียงจึงมีความสำคัญมากต่อการรับฟังที่ดี



ภาพที่ 2.4 ความเร็วของคลื่นเสียงที่วิ่งไปสู่ผู้รับฟังในลักษณะคือ ทางตรง และการสะท้อนไปกลับ

อย่างไรก็ตาม ความเร็วของเสียงไม่ได้ขึ้นอยู่กับความถี่หรือความเข้มเสียง(Intensity) หรือความดันของอากาศแต่ประการใด หากแต่ขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศต่างหาก ที่อุณหภูมิห้องเราคิดความเร็วของอากาศ 1130ฟุต/วินาที(331เมตร/วินาที)ถ้าอุณหภูมิในอากาศสูงขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์ ความเร็วของเสียงจะเพิ่มขึ้น 1.1 ฟุต ต่อวินาที หรืออุณหภูมิในอากาศสูงขึ้น 1 องศา เซนติเกรด ความเร็วของเสียงจะเพิ่มขึ้น 61 เซนติเมตร

ในวัตถุอย่างอื่นนอกจากในอากาศแห้ง ความเร็วของเสียงผ่านตัวกลางจะไม่เท่ากัน ดังเช่น

ความเร็วของเสียงในก๊าซไนโตรเจน	ประมาณ 420	ฟุต/วินาที
ความเร็วของเสียงในน้ำ	ประมาณ 4,800	ฟุต/วินาที
ความเร็วของเสียงในหิน	ประมาณ 12,000	ฟุต/วินาที
ความเร็วของเสียงในไม้	ประมาณ 13,000	ฟุต/วินาที
ความเร็วของเสียงในแก้ว	ประมาณ 16,400	ฟุต/วินาที
ความเร็วของเสียงในเหล็ก	ประมาณ 16,900	ฟุต/วินาที

นอกจากนี้อุณหภูมิของอากาศยังมีส่วนทำให้เกิดการหักเหของคลื่นเสียงอีกด้วย ผลจาก การนี้ ทำให้การออกแบบโรงละครกลางแจ้ง (Open-air theater) ต้องคำนึงถึงทิศทางของเสียงในอุณหภูมิแตกต่างกันไป รวมทั้งทิศทางกระแสลมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อความยาวคลื่น(Wavelength) ความถี่(frequency)และความเร็วของเสียง (Speed หรือ Velocity of Sound)แล้ว สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$v=f \lambda$$

(Velocity คือ ความเร็วของเสียงที่มีทิศทางแน่นอน)

คลื่นที่วิ่งครบ 1 รอบ ไซเคิลใน 1 วินาที เรียกว่า ความยาวคลื่น Wavelength ถ้าความถี่ เป็น 256ไซเคิล (เสียงมาตรฐานเปียโนมิเตอร์ซี)ความเร็วของอากาศ 1130ฟุต/วินาที จะได้ความยาวคลื่น 4.4 ฟุต

2.1.5 คุณสมบัติของเสียง

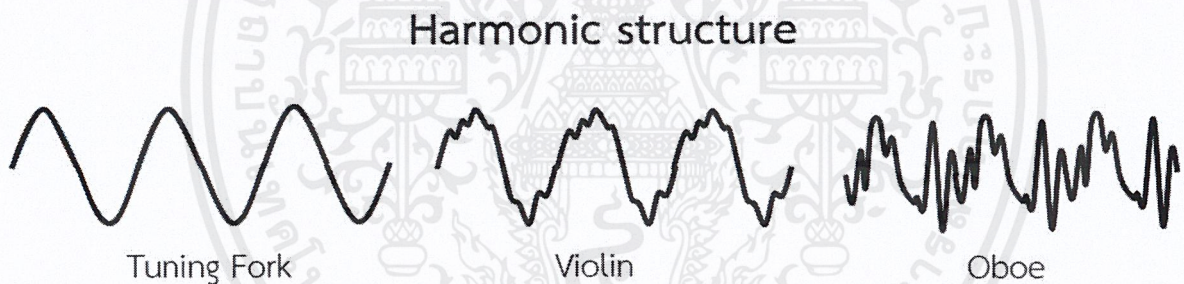
เสียงมีคุณสมบัติหรือลักษณะ (Characteristics) ที่สำคัญอยู่ 3 ประการคือ

2.1.12.1 ความเข้มเสียง (Intensity)

2.1.12.2 เสียงสูงต่ำ (Pitch)

2.1.12.3 คุณภาพของเสียง (Tone Quality)

รูปร่างของคลื่นเสียงเกิดจากเครื่องมือและเครื่องดนตรีชนิดต่างๆ ดังตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง อันเกิดจาก ช่อมเสียง (Tuning fork) ไวโอลิน (Violin) และโอโบร์ (Oboe) ในความถี่ที่เท่ากัน มีลักษณะดังนี้



ภาพที่ 2.5 รูปร่างของคลื่นเสียง (Wave forms) ของอุปกรณ์เครื่องมือและเครื่องดนตรี 3 ชิ้น ในความถี่ และความดันอากาศที่เท่ากัน

ดังนั้นได้เห็นแล้วว่าคลื่นเสียงอันเกิดจากเครื่องดนตรีจะมีพลังทงของเสียงมาก และ มากกว่าเสียงมนุษย์ เสียงที่มีความดังมาก เป็นเสียงที่มีพลังงานมาก เรียกว่าเสียงมีความถี่เข้มมาก สังเกตได้ จากความถี่ของเสียงตามหลักกระทรวงวิทยาศาสตร์ การวัดความดังโดยอาศัยการวัดพลังงานต่อปริมาตร ของอากาศ ที่เสียงนั้นผ่านไป หรืออีกนัยหนึ่งคลื่นเสียงเป็นพลังงานที่ผ่านเข้าไปในสสาร พลังงานมีหน่วย เป็นวัตต์ (Watt) เหมือนเช่นไฟฟ้า แต่วัตต์ในวิชาเสียงจะมากเกินไป จึงมักจะใช้เศษหนึ่งส่วนล้านของวัตต์ $1/100,000 \times 1 \times 10^{-6}$ หรือไมโครวัตต์ (Micro-Watt) เป็นเกณฑ์ 1 ไมโครวัตต์ จึงมีค่าเป็น 10^{-6} จุนต่อ 1 วินาที หรือ 10 เอิร์ตต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มของเสียงตามหลักวิชาฟิสิกส์จากกล่าวได้ว่าเป็นพลังงานต่อวินาทีหรือกำลัง (คิดเป็นไมโครวัตต์) ที่ผ่านเข้ามาในเนื้อที่ตั้งฉาก 1 ตารางเซนติเมตร โดยทั่วไปจะมีหน่วยวัดเป็นวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (Watt/Cm^2) สามารถเขียนสมการของความเข้มของเสียงได้ว่า

$$I = P/A$$

โดย I เป็นความเข้มของเสียง (Intensity)

P เป็นกำลังของเสียง (Power)

A เป็นพื้นที่ที่เสียงนั้นผ่านไป (Area)

แหล่งกำเนิดเสียงโดยทั่วไปแผ่เสียงออกมาเป็นรูปทรงกลม เพราะฉะนั้น Area มีค่าเป็น $4\pi r^2$ ส่วน P เมื่อมีค่าของพลังงานต่อเวลาเป็น E (Energy) เวลาคือ t จะได้สูตรเป็น $I = E/4\pi r^2 t$

หากต้องการเปรียบเทียบกำลังของเสียง สามารถยกตัวอย่างให้เห็นว่าโดยเฉลี่ยแล้ว กำลังของเสียงของผู้พูดในห้องประชุมใหญ่จะมีความแรงหรือพลังงานประมาณ 25 ถึง 50 ไมโครวัตต์ ถ้าต้องการให้มีกำลังเท่ากับ 1 แรมม่า จะต้องใช้ผู้พูดถึง 15 ล้านคนทีเดียว เพราะฉะนั้นในทางกลับกันหากใส่ เครื่องขยายเสียงและมีลำโพงที่มีกำลัง 50 ไมโครวัตต์ จะได้ยินเสียงทั้งห้อง

การวัดระดับความเข้มของเสียง จะมีค่าเป็นเบล (Bel) แต่เพื่อความสะดวกในการใช้วัด จึงได้มีการเปลี่ยนจากเบลเป็นเดซิเบล (Decibel) ซึ่งมีค่า 1 เบลเท่ากับ 10 เดซิเบล เขียนตัวย่อเป็น dB ขอให้สังเกตตัวอักษร บี เป็นตัวใหญ่เพื่อให้เกียรติแก่ อเล็กซานเดอร์ กราแฮมเบล (Alexander Graham Bell) ผู้ประดิษฐ์โทรศัพท์ขึ้นเป็นคนแรกของโลก

ระดับความเข้มของเสียงที่น้อยที่สุดที่ประสาทหูของคนเราจะรับรู้ได้จะมีค่าเป็น 0 เดซิเบล และระดับความเข้มมากที่สุดที่หูของคนจะรับฟังได้โดยไม่เป็นอันตรายมีค่าเป็น 120 เดซิเบล เดซิเบล นี้เป็นหน่วยวัดปริมาตรของอัตราส่วนของพลังงานสองชนิด คือความเข้มของเสียง (Intensity) กับความดัน ของเสียง (Sound Pressure) อุปกรณ์ที่ใช้วัดเรียกว่า เครื่องวัดระดับความเข้มเสียง (Sound-Level Meter) มีหน่วยเป็นเบลหรือเดซิเบลหรือวัตต์ต่อวินาที อุปกรณ์นี้ประกอบด้วยไมโครโฟน และอุปกรณ์อื่นที่อาจวัด ความเข้มของเสียงได้โดยตรง โดยทำหน้าที่ไปเปลี่ยนพลังงานเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้า ถ้าค่าของความเข้ม เสียงเท่ากับ I_0 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร และมีความดันของเสียง 0.0002 ไดน์(Dyne)ต่อตารางเซนติเมตร $I_0 = 10^{-16}$

2.1.6 ทิศทางของต้นกำเนิดของเสียง (Directionality)

ทิศทางของต้นกำเนิดของเสียง เป็นลักษณะของเสียงที่มีความสำคัญมากต่อการได้ยินที่ดี รวมทั้งการเพิ่มพลังการได้ยินของเสียงด้วยลำโพงและเครื่องขยายเสียง (Sound-Amplification Systems) ต้นกำเนิดของเสียงจะมีคุณสมบัติดังนี้ คือ

2.1.13.1 เมื่อคลื่นเสียง (Wavelength) มีขนาดใหญ่ พลังงานที่เกิดขึ้นจะกระจายออกมาอย่างสม่ำเสมอทุกทิศ

2.1.13.2 เมื่อคลื่นเสียงเล็กการกระจายจะไม่เกิดขึ้นทั่วทิศทาง หากจะเกิดเป็นลำเสียง แคบๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Narrow Bean) หากความถี่สูงเพียงใด ลำเสียงก็จะยิ่งแคบและแหลมขึ้น

ด้วยเหตุนี้ ผู้ฟังในหอประชุมใหญ่จะได้ยินเสียงที่ออกมาจากลำโพงของเครื่องขยายเสียงที่มีความถี่ต่ำได้ทั่วถึงกันหมด ส่วนผู้ที่ไม่ได้อยู่ในบริเวณด้านหน้าของลำโพงจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงลด น้อยลง ไป

2.1.7 ปรากฏการณ์ของเสียง

เนื่องจากเสียงเป็นคลื่น เช่นเดียวกับคลื่นแสง และคลื่นน้ำ เสียงจึงมีคุณสมบัติของคลื่นครบทุกประการ นั่นคือ การสะท้อนของเสียง การแทรกสอดของเสียง การหักเหหรือการเลี้ยวหักมุมของเสียง การเลี้ยวเบนของเสียง และการดูดคลื่นเสียง

2.1.7.1 การสะท้อนของเสียง (Reflection of Sound)

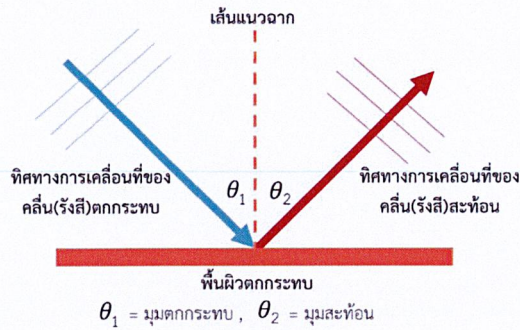
คือ การที่คลื่นเคลื่อนที่ไปตกระบบกับสิ่งกีดขวางหรือรอยต่อระหว่างตัวกลาง แล้วเปลี่ยนทิศสะท้อนกลับ มาในตัวกลางเดิม ปรากฏการณ์ที่เราัมักเห็นได้บ่อยในเรื่องการสะท้อนคือ การ ได้ยินเสียงก้อง ซึ่งเกิดจากการที่คลื่นเสียงวิ่งไปกระทบกับสิ่งกีดขวาง เช่น กำแพง แล้วสะท้อนกลับมา โดยที่ระยะเวลาในการเดินทางไปและกลับมีค่ามากพอที่หูเราจะแยกได้ เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ไป จะทำให้ โมเลกุลของน้ำเกิดการสั่นขึ้นสั่นลง และเมื่อคลื่นผิวน้ำกระทบสิ่งกีดขวางหรือผิวสะท้อน จะเปลี่ยน ทิศทางกลับสู่ตัวกลางเดิม ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การสะท้อน(reflection) คลื่นที่เคลื่อนที่ไปกระทบสิ่งกีด ขวาง เรียกว่า คลื่นตกกระทบ (incident wave) ส่วนคลื่นที่สะท้อนออกมา เรียกว่า คลื่น สะท้อน (reflected wave) จาก การทดลองการสะท้อนของคลื่นผิวน้ำเส้นตรง พบว่าในการสะท้อนแต่ละ ครั้ง มุมที่หน้าคลื่นตกกระทบทำกับ ผิวสะท้อน จะเท่ากับมุมที่หน้าคลื่นสะท้อนทำกับผิวสะท้อนเสมอ สามารถเขียนทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นตก กระทบและคลื่นสะท้อนได้โดยมีทิศตั้งฉากกับหน้าคลื่นตกกระทบ และหน้าคลื่นสะท้อนตามลำดับ และที่ ตำแหน่งคลื่นตกกระทบและคลื่นสะท้อน ลากเส้นตั้งฉากกับผิว สะท้อน ซึ่งเรียกว่า เส้นแนวฉาก (normal line) ทำให้ได้มุมตกกระทบและมุมสะท้อน

เมื่อเรายืนอยู่ในระหว่างหุบเขาและเปล่งเสียงตะโกนออกมา ในเวลาอีกไม่นานก็ จะได้ยินเสียงEcho ซึ่งเป็นเสียงของเราเองที่สะท้อนกลับมาหาตัวเรา ถ้าในหุบเขามีภูเขาตั้งอยู่หลายๆ ลูก เสียง Echo จะเกิดขึ้นหลายๆครั้ง นี่คือการปรากฏการณ์ในลักษณะของการสะท้อนของเสียง ตามปกติเมื่อเสียง กระทบ กำแพงที่มีผิวแข็งๆ ส่วนหนึ่งของเสียงจะสะท้อนกลับแต่เสียงอีกส่วนหนึ่งจะแทรกซึมเข้าไปใน กำแพง ส่วนที่ แทรกเข้าไป (transmit) นี้ อาจเปลี่ยนสภาพกลายเป็นความร้อน และยังมีอีกส่วนหนึ่งที่จะ ทะลุออกอีกด้าน หนึ่งของกำแพงไปได้ ลักษณะของการแทรกซึมผ่านไบนีเรียกว่า Transmittance ถ้าหาก ว่ากำแพงเหล่านั้น ประกอบขึ้นด้วยไม้อัดบางๆ หรือเป็นหน้าต่างบานกระจกเมื่อถูกเสียงมากระทบเข้า กำแพงก็จะสั่นสะเทือน ซึ่ง จะส่งพลังงานเสียงออกไปอีกต่อหนึ่ง ฉะนั้นกำแพงที่แข็งและไม่สั่นสะเทือนจะ เป็นตัวกั้นเสียง (barrier) ที่ดีที่ จะไม่ให้เสียงผ่านไปได้อย่างการสั่น ในขณะที่กำแพงไม้อัดบางๆ หรือหน้าต่าง บานกระจกเสียงจะผ่านไปได้ อย่างสะดวกอันเกิดจากการสั่นสะเทือน อนึ่งวัสดุที่มีรูพรุน (porous materials) ทั้งหลาย สามารถดูดคลื่น เสียงได้มาก ถ้านำวัสดุที่มีรูพรุนนี้มาประกบเข้ากับกำแพงแข็ง ก็จะเป็น ฉนวนกั้นเสียง (insulation) ได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างดี อีกทั้งเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีด้วย



ภาพที่ 2.6 การสะท้อนของคลื่นเสียง

เสียงมีคุณสมบัติคล้ายแสงที่สามารถสะท้อนได้เช่นเดียวกัน การสะท้อนของเสียงขึ้นอยู่กับความถี่ของเสียง (frequency) และมุมที่เสียงตกกระทบ ความยาวคลื่นของเสียงมีค่ามากกว่าของแสงมาก (แสงที่เราสามารถเห็นได้ มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.000015 ถึง 0.000030 นิ้ว แต่เสียงที่ได้ยินมีความยาวคลื่นประมาณ 0.06 ฟุตถึง 60 ฟุต) ฉะนั้นวัตถุที่เสียงกระทบจะต้องมีขนาดใหญ่พอสมควร โดยมีกฎการสะท้อนคลื่น ดังนี้

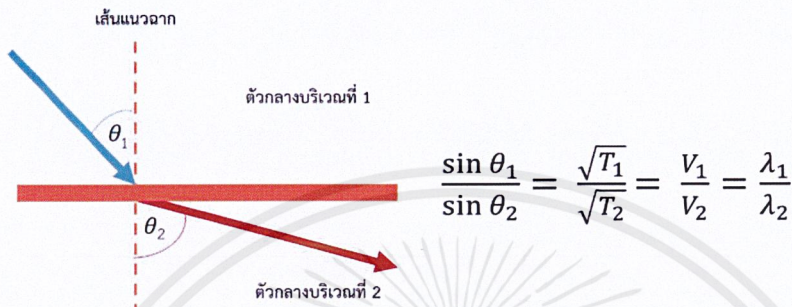
- 1) มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ
- 2) รังสีตกกระทบ เส้นปกติ รังสีสะท้อน อยู่ในระนาบเดียวกัน

2.1.7.2 การหักเหของเสียง

หมายถึง เสียงที่เดินทางจากตัวกลางหนึ่ง ผ่านรอยต่อของตัวกลางเพื่อเข้าไปยังตัวกลางที่สองแล้วเกิดเปลี่ยนทิศของการเดินทาง ทำให้อัตราเร็วและความยาวคลื่นเสียงเปลี่ยนไป แต่ความถี่ยังคงที่เหมือนเดิม ถ้ามุมหักเหโตกว่า 90 องศา ทิศทางการเคลื่อนที่จะกลับเข้าสู่ตัวกลางเดิม คือ เกิดการสะท้อนกลับหมด เนื่องจากเสียงเป็นคลื่นชนิดหนึ่ง ดังนั้นจึงมีการหักเหเมื่อผ่านตัวกลางต่างชนิด เช่น เสียงตะโกนในอากาศเคลื่อนที่ในอัตราเร็วอันหนึ่ง เมื่อเสียงนี้ผ่านลงในบ่อน้ำจะเปลี่ยนอัตราเร็วเป็น เร็วขึ้น ดังนั้นเมื่อเสียงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีความเร็วช้า คือ อากาศเข้าสู่ตัวกลางที่มีความเร็วมากกว่า คือ ในน้ำ เสียงจะหักเหออกจากเส้นตั้งฉากและถ้าเสียงเคลื่อนที่ออกจากตัวกลางที่มีความเร็วมากกว่า ไปสู่ ตัวกลางที่มีความเร็วช้ากว่า เสียงจะหักเหเข้าหาเส้นตั้งฉาก และอัตราเร็วของเสียงขึ้นกับความหนาแน่น ของตัวกลางด้วย คือ ตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อย อัตราเร็วของเสียงจะช้ากว่าตัวกลางที่มีความหนาแน่น มาก หลักการนี้ใช้อธิบายเกี่ยวกับการเห็นฟ้าแลบ แต่ไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้องได้ เพราะเมื่อเกิดฟ้าแลบเกิดเสียง แต่อากาศใกล้พื้นดินอุณหภูมิมสูงกว่าอากาศเบื้องบน การเคลื่อนที่ของเสียงเคลื่อนที่ได้ในอัตราที่ต่างกัน คือ เคลื่อนที่ในอากาศที่มีอุณหภูมิมสูงได้เร็วกว่าในอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ ดังนั้น การเคลื่อนที่ของเสียงจึงเบนขึ้น ทีละน้อย ๆ จนข้ามหัวเราไป จึงทำให้ไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้องการหักเหของเสียงจะเกิดขึ้นเมื่อเสียงเคลื่อนที่ ผ่านตัวกลางต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดกันซึ่งทำให้อัตราเร็วของเสียงเปลี่ยนแปลง และอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปก็ทำให้อัตราเร็วของเสียงเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งเป็นสมบัติการหักเหของคลื่น ในการหักเหของคลื่นเสียงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงเปลี่ยนไปด้วย ยกเว้นเมื่อคลื่นเสียงตกตั้งฉากกับผิวรอยต่อของตัวกลางทิศทางการจะไม่เปลี่ยน นอกจากนี้ลมยังมีผลต่ออัตราเร็วของเสียงในอากาศแสดงว่าลมทำให้เสียงเกิดการหักเหได้ การหักเหของคลื่นเสียงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน หรืออุณหภูมิต่างกัน จะเป็นไปตามกฎการหักเหของ สเนลล์ (Snells law) คือ



ภาพที่ 2.7 การหักเหของเสียง

เมื่อ θ_1 คือ มุมตกกระทบ

เมื่อ θ_2 คือ มุมหักเห

เมื่อ λ_1, λ_2 คือ ความยาวคลื่นเสียงในบริเวณที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

เมื่อ v_1, v_2 คือ อัตราเร็วคลื่นเสียงในบริเวณที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

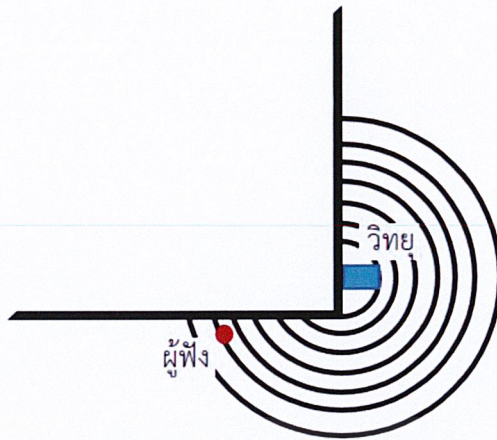
เมื่อ T_1, T_2 คือ อุณหภูมิของอากาศในบริเวณที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

การหักเหของเสียงเมื่อคลื่นเสียงเดินทางในอากาศจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิสูง คลื่นเสียงจะเบนออกจากเส้นปกติ ($\theta_1 < \theta_2$) และเมื่อเสียงเดินทางจากในอากาศจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ คลื่นเสียงจะเบนเข้าหาเส้นปกติ ($\theta_1 > \theta_2$)

2.1.7.3 การเลี้ยวเบน

การเลี้ยวเบนของเสียงคือปรากฏการณ์ที่เสียงอ้อมสิ่งกีดขวาง หรือลอดผ่านช่องเปิดเดี่ยว เลี้ยวเบนผ่านแยกบนท้องถนน หรือผ่านช่องหน้าต่าง ช่องประตู เสียงจะเลี้ยวเบนได้ดีเมื่อความกว้าง ของช่องเปิดเท่ากับความยาวคลื่นเสียง นั้น ดังนั้นในชีวิตประจำวันพบว่าเสียงที่มีความถี่ต่ำ(ความยาวคลื่นมาก) จะเลี้ยวเบนผ่านช่องเปิดต่างๆ ได้ดีกว่าเสียงความถี่สูง(ความยาวคลื่นน้อย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 การเลี้ยวเบนของเสียง

2.1.7.4 การแทรกสอดของคลื่นเสียง (Interference of Sound)

การแทรกสอดของเสียงเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากคลื่นเสียงที่มาจากแหล่งกำเนิด เสียงตั้งแต่ 2 แหล่งขึ้นไปรวมกัน จึงเกิด การแทรกสอดแบบเสริมกัน และหักล้างกัน ทำให้เกิดเสียงดัง และ เสียงค่อยในกรณีที่เป็นเสียงเสริมกัน ตำแหน่งที่มีการเสริมกันจะมีเสียงดัง ส่วนตำแหน่งที่แทรกสอดแล้ว หักล้างกัน จะมีเสียงค่อย แต่การเกิดปรากฏการณ์แทรกสอดเกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงที่มีความถี่ต่างกัน ทำให้เกิดเสียงดัง เสียงค่อยเป็นจังหวะๆ เรียกว่า บีตส์ (Beats) ประโยชน์จากการแทรกสอดและบีตส์นี้ นำมาใช้เทียบเครื่องดนตรี โดยมีเครื่องเทียบเสียงมาตรฐาน ใช้หลักว่าเมื่อความถี่เสียงเท่ากันจะไม่เกิดบีตส์ ถ้ายังมีบีตส์อยู่แสดงว่าความถี่เสียงยังไม่เท่ากัน ต้องปรับจนเสียงทั้งสองมีความถี่เท่ากันจึงไม่ทำให้เกิดบีตส์

1) ในกรณีที่ S1 และ S2 เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์

ทุกจุดบนเส้นปฏิบัพ เสียงจะแทรกสอดแบบเสริม เสียงจะดัง และผลต่างระหว่างระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองไปยังจุดใดๆ บนเส้นปฏิบัพจะเท่ากับจำนวนเต็มของความยาวคลื่น

2) ในกรณีที่ S1 และ S2 เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์

ทุกจุดบนเส้นบัพ เสียงจะแทรกสอดแบบหักล้าง เสียงจะค่อย และผลต่างระหว่างระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองไปยังจุดใดๆ บนเส้นบัพจะเท่ากับจำนวนเต็มคลื่นลบกับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นเสมอ

2.1.7.5 การดูดกลืนของเสียง (Absorption of Sound)

อัตราที่เสียงถูกดูดกลืนในห้อง เช่น ห้องประชุม หรือมีโรงภาพยนตร์หรือโรงละคร เป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้มีเสียงหนวกหู (Noise) หรือเสียงที่ไม่พึงปรารถนาลดน้อยลง ทั้งจะสามารถควบคุม การสะท้อนกลับไปกลับมา (Reverberation) ของเสียงได้ดีด้วย วัสดุที่ผลิตขึ้นเพื่อประโยชน์ในการนี้ เรียกว่า วัสดุทางอะคูสติก(Acoustical Materials) ซึ่งอาจจะเป็นจำพวกไม้อัด หรือวัสดุอย่างอื่น โดยเฉพาะที่มีผิวนุ่มหรือรูพรุน ถ้าใช้วัสดุเหล่านี้และเลือกวางในตำแหน่งที่ถูกต้องแล้ว เสียงที่ทุกคนในโรง ภาพยนตร์หรือโรงละคร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่อมจะได้ยินเสียงที่ชัดเจนและไพเราะทั่วถึงกันหมด ไม่ว่าจะนั่งอยู่ที่จุดใดของห้อง ตัวอย่างเช่น มุมขอบที่เป็นมุมอับของเสียง เพียงติดตั้งวัสดุผนังหรือเพดานที่มีการสะท้อนเสียงจากมุมอื่น มาช่วยเสริมเสียงตรงมุมอับได้ หรือในส่วนที่มีเสียงสะท้อนมากๆ จนฟังไม่รู้เรื่อง อาจแก้ไขโดยการบุวัสดุ ชับเสียงหรือวัสดุอะคูสติกในบริเวณนั้นๆ เพราะฉะนั้นการออกแบบห้องและวัสดุในแต่ละส่วนของ ห้อง ไม่จำเป็นจะต้องบุวัสดุที่กันเสียงทั่วห้อง อย่างไรก็ตามการตกแต่งห้องให้สวยงาม ฟังเสียงได้ชัดเจน ย่อมต้องคำนึงถึงวัสดุที่ใช้ว่าปลอดภัย คงทน และทนไฟ มิฉะนั้นก็ก่อให้เกิดปัญหาอย่างอื่นตามมากับวัสดุที่ ใชได้ เช่น ไฟไหม้ มดปลวกกิน หรือดูดนํ้า ดูดความชื้น ทำให้ขึ้นรา เป็นต้น

ตามปกติแล้วเสียงถูกดูดกลืนโดยถูกกระทำให้กลายเป็นพลังงานอย่างอื่น แล้วสุดท้ายกลายเป็นพลังงานความร้อน แต่พลังงานความร้อนเกิดขึ้นน้อยมากจนแทบจะไม่กระทบกระเทือน กับประสิทธิภาพของการดูดซับเสียงของวัสดุกันเสียง เช่น วัสดุที่มีรูพรุน

วัสดุต่างๆที่ดูดกลืนเสียงถ้ามีความหนาที่ถูกต้องก็อาจดูดกลืนเสียงได้ถึง 95% หรือเรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดเสียง (Absorption Coefficient) 0.95 ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ 100% มี ค่าการดูดกลืนเสียง เท่ากับ 1 ถ้า 70% มีค่าเท่ากับ 0.7 วัสดุที่จะเป็นวัสดุกันเสียงจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ มากกว่า 0.3 หรือ 30% ขึ้นไป ถ้าน้อยกว่านั้นไม่สามารถนำมาเป็นวัสดุกันเสียงได้ สัมประสิทธิ์ของการ ดูดกลืนเสียงนั้น สัญลักษณ์กรีกเรียกแอลฟา α คือความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุนั้นๆ ในความถี่ ที่กำหนดให้ เช่น คลื่นเสียงกระทบวัสดุประเภทหนึ่ง เกิดการสะท้อนกลับ 45% และถูกดูดกลืนเข้าไปในวัสดุนั้นถึง 55% ค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดกลืนเข้าไปในวัสดุนั้นถึง 55% ค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดกลืน เสียงจะเท่ากับ 0.55 (ไม่มีหน่วยวัด) ถ้าเราตะโกนในอากาศ อากาศดูดกลืนเสียงไป 1 หมายความว่า อากาศดูดเสียงเราไป 100% เพราะไม่มีเสียงสะท้อนกลับ แต่ถ้าเราตะโกนใส่ผนังที่บุด้วยกระดาษชานอ้อย เมื่อวัดการดูดซับเสียงเป็น สัมประสิทธิ์ เท่ากับ 0.7 หมายความว่าผนังกระดาษชานอ้อยดูดกลืนเสียงเราไป 70% วัสดุที่ดูดซับเสียงได้คั้น นั้นต้องมีความหนาแน่นน้อย (Low Density) ถ้ามีความหนาแน่นมาก เช่น ผนัง ก่ออิฐการดูดซับเสียงจะน้อย อีกประการหนึ่งเป็นเรื่องของความถี่ ถ้าความถี่สูง วัสดุจะดูดซับเสียงได้ มากกว่าความถี่ต่ำ โดยเฉพาะวัสดุ ประเภทที่มีรูพรุน (Porous material) แต่ในทางกลับกันถ้าเป็นผนัง จำพวกไม้อัดหรือผนังกันห้อง (Panel vibration) การดูดซับเสียงของวัสดุสองประเภทนี้ นำไปใช้ประโยชน์ ในการออกแบบห้องได้ วัสดุต่างๆ สามารถจำแนกออกเป็นเกรดต่างๆ ตามความสามารถของการดูดกลืนได้ ตั้งแต่ 30%ขึ้นไปถึง 90%โดย แบ่งแยกตามมาตรฐานอเมริกัน (The Revised U.S. Federal Specification SS-A-118-a) ออกเป็น 12 เกรด ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าการแบ่งเกรดของวัสดุที่มีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง

Noise-Reduction	
Grade	Co-Efficient
1	0.90 หรือมากกว่า
2	0.85
3	0.80
4	0.75
5	0.70
6	0.65
7	0.60
8	0.55
9	0.50
10	0.45
11	0.40
12	0.35

ตัวอย่างวัสดุดูดซับเสียงที่มีเกรดเป็น 8 ค่าของสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงมีค่าเป็น 0.55 หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าวัสดุนั้นมีความสามารถในการดูดกลืนเสียงได้ 5% อนึ่ง ค่าเหล่านี้จะอยู่ในความถี่ของ 512 ไชเคิลเป็นเกณฑ์

2.1.8 ค่ามาตรฐานทางระบบอะคูสติค

การออกแบบระบบอะคูสติคมีจุดประสงค์เพื่อลดเสียงรบกวนจากภายนอกหรือจากสิ่งแวดล้อมภายนอกจากนั้นยังป้องกันไม่ให้ภายในห้องมีระดับความก้องสะท้อนมากเกินไป รวมถึงการส่งผ่านสัญญาณเสียงเป็นไปอย่างมีคุณภาพ เมื่อมีแหล่งกำเนิดเสียงอยู่ในห้องปิดที่มีกำแพง พื้นผนังและเพดาน บางส่วนของพื้นผิวจะสะท้อนเสียง แต่บางส่วนของพื้นผิวจะดูดซับเสียง ทั้งหมดนี้ล้วนมีผลกระทบ ต่อการฟังเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับข้อกำหนดค่าต่างๆที่มีความสำคัญกับการออกแบบห้องมีดังนี้

2.1.8.1 ค่า NC (Noise Criteria for Rooms) เกณฑ์ของเสียงรบกวน

คือ มาตรฐานระดับการป้องกันเสียงรบกวนภายในห้องที่เกิดจากปัจจัยภายนอก เช่น เสียงจากเครื่องบิน ,เสียงรถจักรยานยนต์ ,ฝนตก เป็นต้น และเกิดจากปัจจัยภายใน เช่น เครื่องปรับอากาศ คนเดิน เสียงพูดคุย ในแต่ละ Function โดยที่ผู้ออกแบบควรควบคุมค่า NC ให้อยู่ใน ระดับมาตรฐานของ Function นั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Type of Space (and Listening Requirements)	Preferred Range of Noise Criteria	Equivalent dBA Level*
Concert halls, opera houses, broadcasting and recording studios, large auditoriums, large churches, recital halls (for excellent listening conditions)	< NC-20	< 30
Small auditoriums, theaters, music practice rooms, large meeting rooms, teleconference rooms, audiovisual facilities, large conference rooms, executive offices, small churches, courtrooms, chapels (for very good listening conditions)	NC-20 to NC-30	30 to 38
Bedrooms, sleeping quarters, hospitals, residences, apartments, hotels, motels (for sleeping, resting, relaxing)	NC-25 to NC-35	34 to 42
Private or semiprivate offices, small conference rooms, classrooms, libraries (for good listening conditions)	NC-30 to NC-35	38 to 42
Large offices, reception areas, retail shops and stores, cafeterias, restaurants, gymnasiums (for moderately good listening conditions)	NC-35 to NC-40	42 to 47
Lobbies, laboratory work spaces, drafting and engineering rooms, general secretarial areas, maintenance shops such as for electrical equipment (for fair listening conditions)	NC-40 to NC-45	47 to 52
Kitchens, laundries, school and industrial shops, computer equipment rooms (for moderately fair listening conditions)	NC-45 to NC-55	52 to 61

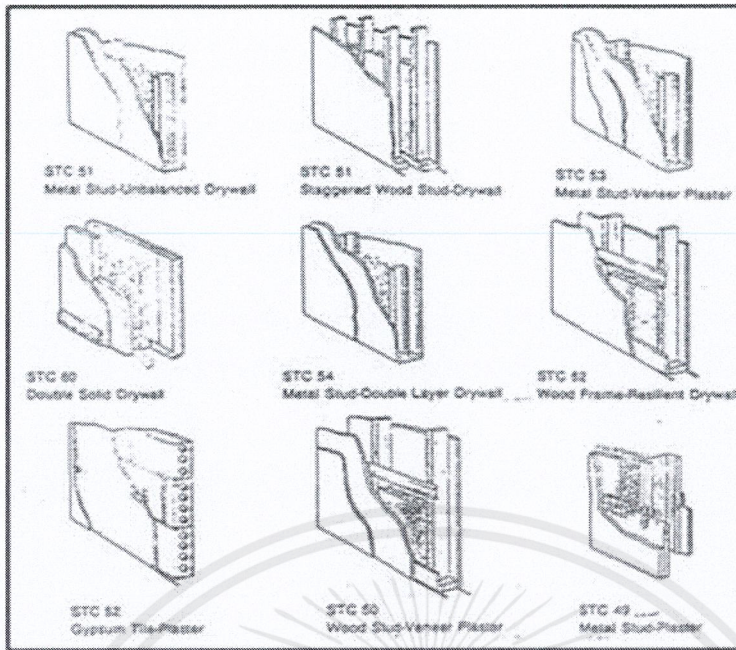
* Do not use A-weighted sound levels (dBA) for specification purposes. Spectrum shapes and noise characteristics can vary widely for background noises with identical A-weighted sound levels (see Chap. 1).

ภาพที่ 2.9 มาตรฐานค่า NC ของห้องแต่ละรูปแบบ
ที่มา : <http://www.avlco.th/artide.php?p=10&id=23>

2.1.8.2 ค่า STC (Sound Transmission Class) การสูญเสียในการส่งผ่านของเสียง

คือ มาตรฐานเพื่อใช้ในการวัดระดับการสูญเสียของเสียงที่ส่งผ่านวัสดุต่าง ๆ โดยหลักการพื้นฐานนี้ใช้ในการคำนวณหาความแตกต่างระหว่างระดับเสียงรบกวนจากนอกห้อง กับสัญญาณที่เล็ดรอดกวนจากภายใน อย่างเช่น หากสัญญาณรบกวนจากภายนอกมีความแรง 100 dB และภายในสตูดิโอมีสัญญาณรบกวนไม่น้อยกว่า 20 dB ใน สตูดิโอดังกล่าวต้องการมาตรฐาน STC = 80 dB หากสัญญาณรบกวนภายนอก = 70 dB และสัญญาณรบกวนในสตูดิโอ = 30 dB ภายใน สตูดิโอดังกล่าวต้องใช้มาตรฐาน STC = 40 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 มาตรฐานค่า STC ของผนัง

ที่มา : <http://www.avl.co.th/artide.php?p=10&id=23>

2.1.8.3 ค่า RT60 (Reverberation Time) ค่าระยะเวลาความก้องสะท้อน

คือ เวลาการลดลงของเสียงเมื่อต้นเสียงหยุดแล้ว เป็นการวัดค่าเวลาที่เสียงลดลง 60 dB เมื่อต้นเสียงหยุดแล้ว ถ้า RT60 น้อยเกินไปจะทำให้รู้สึกวุ่นวายเสียงในท้องนั้นจืดชืดจนเกินไป ไม่มีชีวิตชีวา โดยเฉพาะสำหรับห้องเล่นดนตรีที่ต้องการ RT60 ที่พอเหมาะ แต่ถ้าค่า RT60 มากไป ก็จะได้ยิน เสียงสะท้อนมากจนอาจจะฟังดนตรีหรือการบรรยายไม่รู้เรื่อง อย่างไรก็ตามก็ผู้ออกแบบระบบอะคูสติกควร คำนึงถึงค่า acoustics ของห้องที่ออกแบบอยู่เสมอ ระยะเวลาความก้องสะท้อน (Reverberation Time) ภายในห้องควร จะเหมือนกันทุกพื้นที่ของผู้ฟังทั่วทั้งห้อง ไม่ว่าจะแหล่งกำเนิดเสียงจะอยู่ส่วนใดของห้องและ ต้องมีค่าที่พอเหมาะ ระดับความชัดเจนของการได้ยินภาษา (Speech Intelligibility) ภายในห้อง ส่วนหนึ่ง จะเกิดจากระยะเวลา ความก้องสะท้อน (Reverberation Time) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปริมาตรของห้องและการ ดูดซับของเสียงของวัสดุ ผนัง กำแพง พื้น เพดาน เฟอร์นิเจอร์ รวมทั้งผู้คนที่อยู่ในห้องนั้น

การออกแบบห้องต่างๆ การสะท้อนและการใช้วัสดุกักเสียงมีความสำคัญอย่างมาก ต่อผู้ใช้ เพราะหากเป็นเสียงก้องจะสร้างความไม่สบายและรำคาญให้แก่ผู้ที่อยู่ในห้องเป็นอย่างยิ่ง ซึ่ง มีผล ต่อการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน เพราะฉะนั้นการออกแบบห้องจำเป็นต้องกำจัดเสียงที่ไม่ปรารถนาออกไป ให้ได้ โดยทั่วไปแล้ว ห้องแต่ละห้องควรมีระดับเสียงไม่เกิน 40 เดซิเบล หากห้องที่มีระดับเสียงสูงเกินนั้น เวลาพูด หรือบรรยายในห้องบรรยายก็ต้องเพิ่มระดับเสียงของเราให้สูงขึ้น หากสูงขึ้นมากเกินไป ทำให้รู้สึกเหนื่อย มากขึ้นเรื่อยๆ ในที่สุดก็อาจจำเป็นต้องใช้เครื่องขยายเสียงช่วย มิฉะนั้นผู้ฟังก็จะได้ยินเสียง ไม่ได้ดี ถ้าห้อง ดังกล่าวมีการใช้วัสดุกักเสียงแล้ว ระดับเสียงไม่พึงปรารถนาในห้องก็จะลดต่ำลงได้อย่างมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ วัสดุที่เราเลือกใช้และการวางบนตำแหน่งที่ถูก

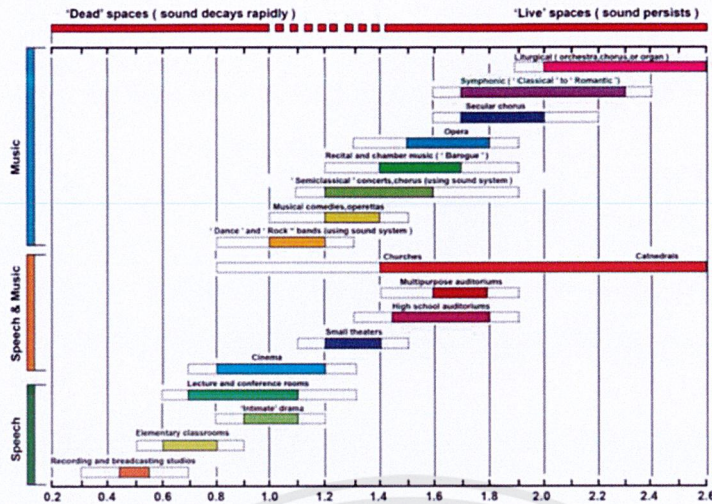
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียงที่ก้องสะท้อนกลับไปกลับมา เช่น ในอาคารตึกแถวที่สร้างเสร็จใหม่ๆยังไม่มี การตกแต่ง เสียงที่เกิดขึ้นจากต้นกำเนิดของเสียงสะท้อนกลับมาหาเราในเวลาที่ยาวนาน เวลาที่ยาวนี้คือ เวลาที่ทำให้เกิดการรบกวน ถ้ายิ่งใช้เวลามากก็จะมีปัญหามาก เพราะฉะนั้นนอกจากการจำกัดการ สะท้อน (โดยการดูดกลืน) แล้วเรายังควรลดเวลาของการสะท้อนกลับให้น้อยลงอีกด้วย จะช่วยในการได้ยิน ในห้องต่างๆให้ ดีขึ้น มีวิธีลดเวลาของการสะท้อนกลับให้น้อยลงคือ การเลือกใช้วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การ ดูดกลืนที่ดี เช่น พรมซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ที่ 0.63 ในความถี่ที่ 500 Hz แทนพื้นที่หินขัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ 0.02 (ค่าสัมประสิทธิ์ ของ 0.63 คือ ความสามารถของวัสดุในการดูดซับเสียงได้ 63% และค่าของ 0.02 มี การดูดซับเสียงได้เพียง 2% เท่านั้น) ตามปกติห้องใหญ่เวลา RT ควรีค่าประมาณ 1 วินาที แต่ถ้าเป็นห้อง ประชุมใหญ่มาก ค่าของ เวลาควรประมาณ 2 วินาที

ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างค่า RT60 ของห้องแต่ละรูปแบบ

ตัวอย่างค่าRT60 ของห้องต่างๆที่มีการใช้สอยต่างกัน			
ห้องบันทึกเสียง	RT ประมาณ	0.4-0.6	วินาที
ห้องเรียน	RT ประมาณ	0.6-0.8	วินาที
ห้องบรรยาย/ห้องประชุม	RT ประมาณ	0.9-1.1	วินาที
โรงภาพยนตร์	RT ประมาณ	0.8-1.2	วินาที
โรงละครขนาดเล็ก	RT ประมาณ	1.2-1.4	วินาที
ห้องประชุมโรงเรียน	RT ประมาณ	1.5-1.8	วินาที
โบสถ์	RT ประมาณ	1.4-3.4	วินาที
ห้องดนตรี	RT ประมาณ	1.7-2.1	วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 ค่ามาตรฐาน Reverberation Time ที่เหมาะสมกับประเภทของห้อง

ที่มา : <http://www.avlco.th/artide.php?p=10&id=23>

อย่างไรก็ตามต้องจำค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดกลืนในแต่ละความถี่จะไม่เหมือนกัน เป็นต้นว่า ห้องที่มีฉาบด้วยปูนพลาสเตอร์อะคูสติกหนา 0.5 นิ้ว จะมีค่าสัมประสิทธิ์ 0.06 ที่ 128 ไซเคิล, 0.36 ที่ 512 ไซเคิล และ 0.72 ที่ 2048 ไซเคิล จะเห็นได้ว่าในที่นี้เพื่อใช้สำหรับการคำนวณทั่วไป เราเลือกใช้ 500 ไซเคิล (Hz) เป็นหลัก และมีสูตรการคำนวณหาค่า RT60 ดังนี้

$$RT = 0.049 \frac{V}{a} \text{ สำหรับหน่วยที่เป็นนิ้ว, ฟุต (อังกฤษ)}$$

$$RT = 0.165 \frac{V}{a} \text{ สำหรับหน่วยที่เป็นชม., เมตร (เมตริก), } a = A \times \alpha$$

V = Volume คือปริมาตรของห้อง (ความกว้างXความยาวXความสูง)

a = ค่าการดูดกลืนเสียงของพื้นที่ผิว

A = พื้นที่ของพื้นผิวนั้นๆ (ความกว้างXความยาวXความสูง)

α = สัมประสิทธิ์ของการดูดกลืนของวัสดุต่างๆที่ใช้เป็นพื้นผิว(หน่วยเป็น

Sabins)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8.4 ค่า STI (Speech Transmission Index) ดัชนีการส่งผ่านเสียงพูด และ ค่า RASTI (Rapid Speech Transmission Index) ดัชนีการส่งผ่านของเสียงพูดแบบเร็ว

คือค่าที่ใช้ในการวัดความชัดเจนของการได้ยินเสียงพูด (Speech Intelligibility) ซึ่งทำการคำนวณความชัดเจนของการได้ยินเสียง (Intelligibility) ทั้ง 7 แถบออกเทพ (Octave Band) จาก 125 ถึง 8,000 Hz ดัชนีการส่งผ่านของเสียงพูด (Speech Transmission Index) หรือ STI จะเป็นค่า คุณภาพการส่งผ่านของเสียงพูดระหว่างตำแหน่งของแหล่งกำเนิดสัญญาณและตำแหน่งผู้รับฟังซึ่งมีค่า ระหว่าง 1- 0, 1 คือ อุดมคติ (Idea) และ 0 คือ เลว (Bad) ทั้งนี้ค่า STI ที่วัดจะอยู่ในช่วง 0-1 เช่น วัดได้ 0.90 หมายถึง ดัชนีเสียงส่งข้อมูลมา 100 คำ ผู้ฟังเข้าใจได้ 90 คำพูด นั่นเอง ซึ่งนับว่าเป็นค่าที่ดีมาก

2.1.8.5 ค่า SPL (Sound Pressure Level) ระดับความดังเสียง

คือ การวัดความดังเสียงในห้อง โดยกำหนด $L_p = 20 \log P_i/P_o$ มีหน่วยเป็น dB ค่า SPL เป็นค่าสำคัญที่ใช้วัดระดับความดังของเสียงในห้อง การวัดค่า SPL จะทำการวัดหลาย ๆ จุด ในห้อง โดยมีแหล่งกำเนิดเสียงหนึ่งจุด ค่าที่วัดได้จะลดลงตามระยะทาง จากจุดวัดถึงแหล่งกำเนิดเสียง

2.1.8.6 ค่า SAC (Sound Absorption Coefficient)

คือ ค่าที่ทำให้สามารถประเมินได้ว่าวัสดุนั้นมีคุณสมบัติในการดูดซับพลังงานเสียง ได้ดี ยังมีค่า SAC มาก หรือเข้าใกล้ 1 จะแสดงให้เห็นว่าวัสดุที่มีความสามารถในการดูดกลืนเสียงได้ดี เพราะค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดกลืนเสียงจะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้าค่าเข้าใกล้ 0 มากจะแสดงได้ว่าวัสดุไม่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียง หรือดูดกลืนเสียงได้น้อย มีการสะท้อนเสียงออกไปได้มาก เช่น วัสดุมีค่า SAC = 0.80 ที่ 500 Hz หมายความว่าเมื่อพลังงานเสียงเดินทางมากระทบวัสดุ ตัววัสดุสามารถดูดกลืนเสียง ได้ร้อยละ 80 มีเพียงร้อยละ 20 เท่านั้นที่เกิดการสะท้อนออก ค่าที่ได้จากการดูดซับเสียงของแต่ละวัสดุจะแปรผันกับความถี่ของเสียงที่เดินทางไปตกกระทบ ดังนั้นค่าของการดูดซับเสียงนี้ก็จะได้รับการวัดที่ หลากหลายความถี่ เช่น 50, 100, 250, 500, 1,000 Hz เป็นต้น ซึ่งความถี่นั้นจะอยู่ในช่วงตรงกลางของเสียง เสียงที่วิ่งกระทบน้อยมากที่จะมีการใช้ค่า SAC ของเสียงที่ช่วงความถี่เดียว ในการออกแบบทาง สถาปัตยกรรม ค่า SAC จะเป็นค่าดูดซับเสียงที่ความถี่ที่เจาะจงเท่านั้น

2.1.8.7 ค่า NRC (Sound Absorption Coefficient)

คือ ตัวเลขที่จะระบุได้ถึงความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุ โดยที่ NRC คือ ค่าเฉลี่ยของ SAC ที่ถูกวัดที่ 250, 500, 1,000, 2,000 Hz และพิเศษให้อยู่ที่ 0.05 โดยทั่วไปค่า NRC จะต้อง มีค่ามากกว่า 0.40 ถึงจะถือว่าเป็นวัสดุดูดซับเสียง (Acoustic) วัสดุที่มีรูพรุน ผนังจะยอมให้คลื่น เสียงทะลุผ่านไปได้น้อยมาก ซึ่งจะเป็นที่ที่พลังงานเสียงจะเปลี่ยนเป็นความร้อนเนื่องจาก ความเสียดทาน ระหว่างช่องอากาศกับเส้นใยวัสดุประเภทนี้สามารถมีค่า NRC ได้มากถึง 0.95 - 1.00 ขึ้นอยู่กับความหนา ของฉนวน อย่างไรก็ตามหูของมนุษย์ไม่สามารถรับทราบ ได้ถึงความแตกต่าง ระหว่างวัสดุดูดซับเสียงที่มีค่า ต่างกันเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.05 ยกตัวอย่างเช่น คนเราจะรู้สึกไม่แตกต่างกันระหว่างการใช้วัสดุที่มีค่า NRC 0.80 กับ 0.85 ส่วนใหญ่สถาปนิกหรือผู้ออกแบบจะเลือกวัสดุโดยดูที่ค่า NRC เป็นหลัก ส่วน Acoustician จะดูที่ค่า SAC เป็นหลัก

2.1.8.8 ค่า STL (Sound transmission loss) ค่าการสูญเสียการส่งผ่านเสียง

เป็นค่าความเป็นฉนวนกันเสียงของโครงสร้างที่วัดเป็นปริมาณ เรียกว่า ค่าการสูญเสียการส่งผ่านเสียง (Sound transmission loss, TL) ซึ่งหมายถึง จำนวนเดซิเบล ของพลังงานเสียงที่สูญเสียไปเมื่อมีการส่งผ่านโครงสร้าง จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่น ถ้าความหนาแน่นสูง ค่า TL จะมาก การคำนวณค่าการสูญเสียการส่งผ่านเสียงที่เป็นมาตรฐานของ The American Society for Testing and Material (ASTM) E90-70T จาก “Laboratory Measurement of Airborne Sound Transmission Loss of Building Partitions” และ ISO Recommendation R140, “Field and Laboratory Measurement of Airborne and Impact Sound Transmission” 1960 มีดังนี้ (Egan, M. David, Concepts in Architectural Acoustics (New York: McGraw-Hill, 1972), p.68)

$$TL = 10 \log (W1/W2) = 10 \log 1/\lambda$$

เมื่อ TL = ค่าการสูญเสียการส่งผ่านเสียงของโครงสร้าง (ผนัง, พื้น, ฝ้าเพดาน) dB

W1 = กำลังเสียงที่ตกกระทบผนัง, watt

W2 = กำลังเสียงที่ส่งผ่านผนัง, watt

λ = สัมประสิทธิ์ค่าความเป็นฉนวนเฉลี่ยของวัสดุที่ได้จากห้องทดลอง

$$\lambda = 1/\text{antilog}_{10} (TL/10)$$

2.1.9 ช่วงความถี่ที่มนุษย์สามารถได้ยิน

โดยปกติหูคนสามารถได้ยินเสียงในช่วงความถี่ 20 Hz ถึง 20,000 Hz คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20,000 Hz นั้น เรียกว่า Super-sonic ส่วนเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 Hz เรียกว่า Sub-sonic หากความถี่มากขึ้นเท่าตัว ก็จะมีระดับเสียงสูงขึ้นเท่ากับ 1 octave เช่น จาก 20 Hz เป็น 40 Hz เป็นต้น ซึ่งสำหรับในการเครื่องเสียงแล้วสามารถแบ่งย่านความถี่ของเสียงได้ดังนี้

2.1.9.1 ย่าน Deep bass มีความถี่ประมาณ 20-40 Hz ช่วงความถี่เบสนี้ส่วนใหญ่จะสามารถรับรู้จากความรู้สึก มากกว่าจากการได้ยิน มักเป็นเสียงของการสั่นสะเทือนของโครงสร้างขนาดใหญ่ เสียงระเบิด หรือกลองขนาดใหญ่

2.1.9.2 ย่าน Mid bass มีความถี่ประมาณ 40-100 Hz ช่วงนี้จะเป็นย่านเสียงเบสที่มีความรู้สึกกระแทกกระทั้น เช่น เสียงกลองกระเดื่อง ช่วงความถี่นี้มักเป็นช่วงเบสที่ให้จังหวะ ให้ความสนุก ในการรับฟัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.9.3 ย่าน Upper Bass มีความถี่ประมาณ 100-250 Hz ช่วงนี้จะเป็นย่านเสียงเบสที่ให้ความรู้สึกว่าเป็นเสียงหนาหรือบาง เช่น เครื่องสายพวกกีตาร์เบสหรือ Cello ถ้าเบสในย่านความถี่นี้มีมาก เกินไปก็อาจทำให้รู้สึกอึดอัด อื้ออึง ในขณะที่เดียวกันหากมีน้อยเกินไปจะทำให้รู้สึกว่าเป็นเสียงบางไม่น่าฟัง

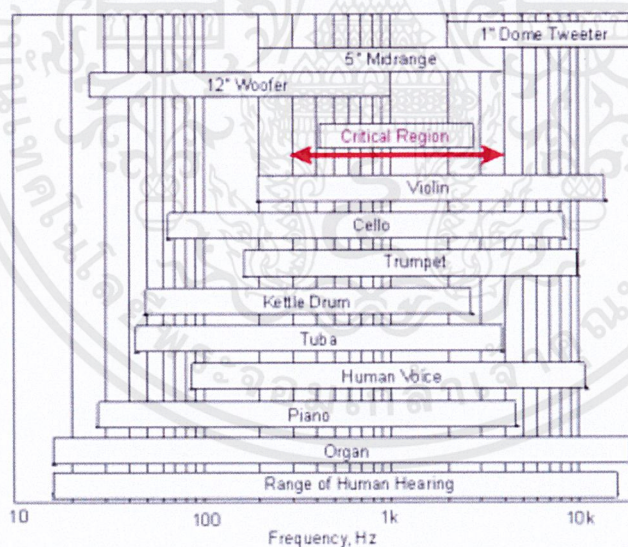
2.1.9.4 ย่าน Lower Midrange มีความถี่ประมาณ 250-800 Hz ย่านนี้จะครอบคลุมเสียงกีตาร์ รวมทั้งเสียงนักร้องผู้ชาย เป็นเสียงที่เปล่งจากหน้าอก เป็นย่านความถี่ที่ให้ความรู้สึกไปในทาง Warmth ถ้าน้อยเกินไป เสียงโดยรวมจะรู้สึกว่าเป็นเสียงแห้งและบาง ไม่มีเนื้อเสียง

2.1.9.5 ย่าน Midrange มีความถี่ประมาณ 800-2,000 Hz ในย่านนี้ครอบคลุมเสียงร้องทั้งชายและหญิง รวมทั้งเครื่องดนตรีหลายชนิด เป็นย่านความถี่ที่สำคัญมากต่อการรับฟัง

2.1.9.6 ย่าน Upper Midrange หรือ Lower Treble มีความถี่ประมาณ 2,000-5,000 Hz ย่านนี้จะมีเสียงเครื่องเป่า กีตาร์ รวมทั้งเสียงลวดโรฟัน ถ้าย่านความถี่นี้มากเกินไป จะเกิดอาการล้าหูได้ง่าย

2.1.9.7 ย่าน Treble ประมาณ 5,000-10,000 Hz ได้แก่เครื่องดนตรีประเภทเครื่องเคาะ percussion เสียงร้องตัวเอส Sibilance เป็นย่านความถี่ซึ่งให้ลักษณะความกังวานของเสียง

2.1.9.8 ย่าน Upper Treble ประมาณ 10,000-20,000 Hz เป็นย่านความถี่ปลายเสียงแหลมซึ่งให้ลักษณะของบรรยากาศในการรับฟัง หากมีน้อยเกินไปจะทำให้รู้สึกว่าเป็นเสียงทึบ



ภาพที่ 2.12 ช่วงความถี่ของเสียงแต่ละเครื่องดนตรี

2.1.10 ความถี่ของเสียงที่มีผลต่อการรับฟัง

หูของมนุษย์ เป็นอวัยวะที่มีความสามารถในการตรวจจับคลื่นเสียง โดยส่วนของแก้วหู (Ear Drum) ซึ่งเป็นแผ่นเนื้อเยื่อที่เบาและอ่อนบางมากๆ จะสั่นไหวเล็กน้อย หรือ ขยับตามความผันแปรของความดันอากาศที่เดินทางเข้ามาในช่องหู (Ear Cannel) ซึ่งความถี่ที่มีผลต่อการได้ยินของหู ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.10.1 ความถี่สูง

ความถี่สูง จะมีความยาวคลื่น สั้นกว่า ความถี่ ต่ำ เมื่อเสียงเดินทางผ่านอากาศ มาที่หูข้างใด ข้างหนึ่งของเราแล้วผ่านไปยังอีกข้างหนึ่งสมองจะสามารถรับรู้ได้ว่า ได้ยินจากหูข้างไหนก่อน ทำให้เราจับทิศทางของเสียงได้ว่ามาจากทิศทางใด

2.1.10.2 ความถี่ต่ำ

ความถี่ต่ำ จะมีความยาวคลื่นมากกว่า ความถี่ สูง เมื่อเสียงเดินทางผ่านอากาศ มาที่หูข้างใดข้างหนึ่งของเราแล้วผ่านไปยังอีกข้างหนึ่ง เกือบจะพร้อมกัน สมองจะไม่สามารถรับรู้ได้ว่า ได้ยินจากหูข้างไหนก่อน ทำให้เราไม่สามารถจับทิศทางของเสียงได้ว่ามาจากทิศทางใด

เมื่ออยู่ในที่ไม่มีเสียง (ห้องที่เงียบ) หูของมนุษย์จะมีความไวในการรับเสียงที่สูง สามารถรับรายละเอียดต่างๆได้ดี แต่เมื่ออยู่ในที่มีเสียงดัง (บนถนน) มีความไวในการรับเสียงที่ต่ำ ไม่สามารถรับรายละเอียดต่างๆได้ดี หูของมนุษย์สามารถรับฟังความถี่ของเสียงได้ในช่วง 80 Hz ถึง 16 KHz 6 ระดับ ความดังของเสียงที่ใช้ในการสนทนา ซึ่งสามารถรับฟังได้คือ ประมาณ 50 ถึง 65 dB หูของมนุษย์ไม่สามารถรับรู้ความแตกต่างของเสียง ที่มาต่างกันในช่วงเวลาที่น้อยกว่า 25 millisecond หรือ ประมาณไม่เกิน 10 เมตร การเปลี่ยนอัตราการขยาย 3 dB จะไม่รู้ว่าเป็นเสียงที่ได้ยินมีการเปลี่ยน (ต้องเพิ่ม Power 2 เท่า จากเดิม) การเปลี่ยนอัตราการขยาย 6 dB และจะรู้ว่าเสียงที่ได้ยินมีการเปลี่ยน (ต้องเพิ่ม Power 4 เท่า จากเดิม) การเปลี่ยนอัตราการขยาย 9 dB จะรู้ว่าเสียงที่ได้ยินมีการเปลี่ยนเป็น 2 เท่า (ต้องเพิ่ม Power 8 เท่าจากเดิม)

2.1.11 การเกิด Audio feedback

คือ สัญญาณ รว้ย้อนกลับเข้ามาในไมโครโฟนมันก็จะวิ่งไปเป็นวงจรครบรอบระบบ ซึ่งจะทำให้เกิดเสียงที่ดังยิ่งขึ้นเรื่อยๆตลอดเวลาโดยจะกลายเป็นเสียง“หอน” ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องขึ้นมาอย่างรวดเร็ว โดยเสียงที่เกิดขึ้นนี้มักเรียกว่า“feedback” โดยทั่วไปแล้วจะมีคลื่นเสียงที่ความถี่หนึ่งจะทำให้เกิดอาการ feedbackมากกว่าคลื่นความถี่ระดับอื่นๆซึ่งอาจจะมาจากความแตกต่างของการตั้งค่า EQ , คุณสมบัติของลำโพง, คุณสมบัติของไมโครโฟน หรือจากความก้องของห้องหรือบนเวที ที่ทำให้เกิดอาการ feedbackในคลื่นความถี่ที่เฉพาะเจาะจง ถ้าระบบนั้นสามารถตอบสนองต่อคลื่นความถี่ได้กว้างเกินความจำเป็น ก็เป็นไปได้ว่าในคลื่นความถี่เหล่านั้นก็มีความไวต่อการที่จะเกิดอาการ feedback ได้

2.1.12 Inverse Square Law (กฎกำลังสองผกผัน)

เป็นกฎทางฟิสิกส์ที่ใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงความเข้มของรังสีในลำรังสีหนึ่ง เมื่อ ระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีถึงตำแหน่งตัววัดรังสี (detector) เปลี่ยนไป ความเข้มของรังสีแปรผกผัน กับกำลังสองของระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีกับตัวรับภาพหรือตัววัดรังสี จากกฎ Inverse Square Law กล่าวได้ว่าทุก 2 เท่าของระยะทาง ความดังเสียงจะลดลง 6 dB มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$I1 / I2(D2)^2/(D1)^2$$

โดยที่ I1 = ความเข้มที่ตำแหน่งตั้งต้น

I2 = ความเข้มที่ตำแหน่งใหม่

D1 = ระยะทางที่ตำแหน่งตั้งต้น

D2 = ระยะทางที่ตำแหน่งใหม่

2.1.13 วัสดุกันเสียง (Acoustical Materials)

วัสดุกันเสียง ที่ผลิตจำหน่ายในท้องตลาดแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

2.1.13.1 Prefabricated Units อันได้แก่พวก acoustical tile , celoten วัสดุที่ทำเป็นรู และมีวัสดุเก็บเสียงอยู่ด้านหลัง

2.1.13.2 Acoustical Plaster and Sprayed-on-Materials

เป็นจำพวกพลาสติก และ วัสดุที่มีรูพรุน เช่น พวกไฟเบอร์ต่างๆ ที่ฉาบหรือพ่นใส่ผนังหรือฝ้า เพดาน เช่น ฟันสักราดใส่ผนัง ฟันสี ระเบิด หรือพวกศิลาแลงมาบดแล้วผสมกาวฉาบผนัง เป็นต้น

2.1.13.3 Acoustical Blanket วัสดุจำพวกขนสัตว์ เช่น mineral wool, wood wool, glass fiber, kapok batts, hair felt เป็นต้น รวมไปถึงฝืนของผ้าฆ่ามัน ไยกากมะพร้าว และอื่นๆ

2.1.14 การสั่นพ้องของเสียง (Resonance)

เสียงที่เกิดขึ้นนั้น เกิดจากปรากฏการณ์การสั่นพ้องของเสียง หรือที่ภาษาอังกฤษใช้คำว่า Sound Resonance เนื่องจากเสียงเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิด และการเคลื่อนที่ของเสียงเป็นการ เคลื่อนที่แบบคลื่น ขณะที่เสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง อนุภาคของตัวกลางจะสั่นด้วยความถี่เดียวกับความถี่ ของแหล่งกำเนิด เช่น ถ้าเราส่งคลื่นเสียงจากลำโพงเข้าไปทางปากหลอดเรโซแนนซ์ อนุภาคของอากาศใน หลอดเรโซแนนซ์จะ ถูกบังคับให้สั่นด้วยความถี่ของเสียงจากลำโพง ถ้าปรับความถี่ของคลื่นเสียงให้มีค่า เท่ากับความถี่ธรรมชาติ ของอนุภาคของอากาศภายในหลอดเรโซแนนซ์

อนุภาคของอากาศจะสั่นแรงที่สุด ทำให้เกิดเสียงออกจากปากหลอดเรโซแนนซ์ดังที่สุด ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น นี้ เรียกว่า "การสั่นพ้องของ เสียง"

2.1.14.1 ลักษณะการเกิดResonance

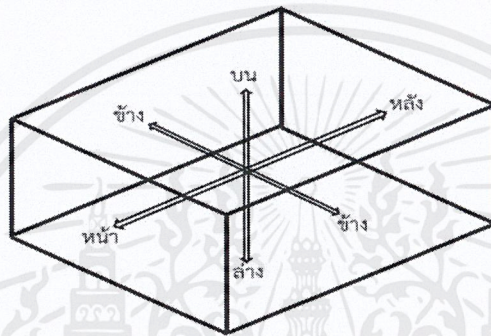
เมื่อเกิดการResonanceที่ดีจะเป็นการเสริมเสียงได้ดี ทำให้เสียงที่เกิดขึ้นมี พลังงาน และฟังเสียงได้ดี การสั่น พ้องมี 2 ลักษณะ คือ

1) Structural Borne การสั่นพ้องของเสียงที่เสริมขึ้นมาจากโครงสร้าง เช่น สายกีต้าไปแนบกับโครง ทำให้เกิดการสั่นไปหมดทั้งโครง หรือการโยกชิงชำให้ได้จังหวะที่ถูกต้อง ทำให้ ชิงชำ แกว่งสูงขึ้น เป็นการเสริมพลังงานของเสียง

2) Air Borne การใช้อากาศเป็นตัวสั่นสะเทือน เช่น เมื่อเอาส้อมเสียงสั้นอยู่ใกล้ๆ กับท่อเรโซแนนซ์ ความสั่นสะเทือนจะผ่านอากาศไปกระทำให้ท่อเรโซแนนซ์สั่นตามไปด้วย ตัวอย่างเช่น เมื่อวงดนตรีRock เล่นเพลงในโรงเอนกประสงค์ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ผนังกระจกหรือหน้าต่างกระจก บางๆของห้องโถงนั้นอาจสั่นสะเทือน หรือแตกร้าวได้

2.1.14.2 การคำนวณความถี่Resonance

การสะท้อนกลับไปกลับมาภายในห้อง ทำให้เกิดจังหวะของการสะท้อนขึ้น 3 ทิศทาง (Plain) เรียกว่า modes of vibration คือการสะท้อนกลับไปกลับมาจากด้านยาวของห้อง (p) จาก ด้านกว้างของห้อง (q) และจากบนลงล่างและขึ้นบน (r) ทำให้เกิดมี Reverberation time (RT) เกิดขึ้น



ภาพที่ 2.13 รูปการณ์สะท้อนกลับไปกลับมา 3 ทิศทางของห้อง

ห้องนี้มีผนังทึบ มีความยาวเท่ากับ L ความกว้างเท่ากับ w และความสูงเท่ากับ H อาจคำนวณหาความถี่กำทอนของห้องด้วยสูตรดังนี้

$$f = \frac{c}{2} \left\{ \frac{(p)^2}{L} + \frac{(q)^2}{W} + \frac{(r)^2}{H} \right\}^{1/2} \text{ หน่วยเป็น ไฮเคิล}$$

f = ความถี่ของเสียงResonance

C= ความเร็วของเสียง (เท่ากับ 1100 ฟุต/วินาที)

L= ความยาวของห้อง

W= ความกว้างห้อง

H= ความสูงของห้อง

ส่วนค่าของ p, q, r เรียกว่า modes of vibration นี้ ซึ่งอาจมีค่า เป็น 0,1,2,3,4,5... แล้วแต่กรณี ยกตัวอย่างเช่น ถ้า modes of vibration ของ p, q, r เป็น 1, 0, 0 หมายความว่า การ สั่นสะเทือนของเสียงเกิดเฉพาะตามความยาวของห้องเท่านั้น กล่าวคือ p =1 และ q=0 และ r=0 หมายความว่า ไม่มีการสั่นตามความกว้างของห้อง (q) และตามความสูงของห้อง (r) เพราะฉะนั้น ถ้า modes of vibration เกิดขึ้นเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งเดียวทั้งความยาว ความกว้าง และความสูงของห้อง $p, q,$ และ r จะมีค่าดังนี้ $p=l, q=l, r=l$ เขียนว่าเป็น mode (1,1,1)

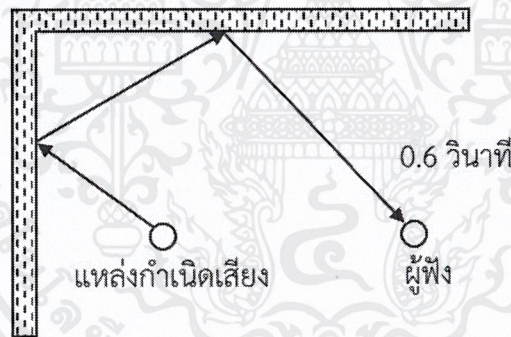
2.1.15 การพิจารณาในการออกแบบให้มีการรับฟังเสียงที่ดี

การออกแบบห้องให้เหมาะสมกับการใช้งานโดยมีคุณภาพของเสียงที่ดี มีรายละเอียดข้อ คำนึงในการออกแบบ ดังนี้ คือ

2.1.15.1 การขจัดปัญหาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ของเสียงที่ไม่ต้องการ
ก่อนอื่นเราควรทราบก่อนว่าเสียงในห้องที่ไม่ต้องการมีอะไรบ้าง ในที่นี้ได้แก่

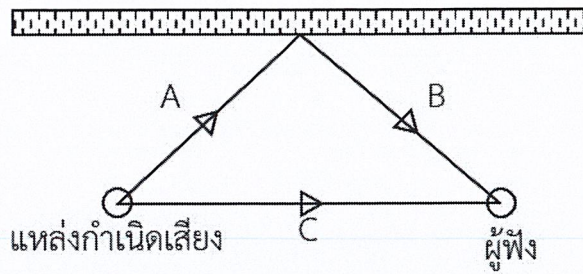
1) เสียงก้องสะท้อน (echo)

เป็นปรากฏการณ์เกิดขึ้นเมื่อผิวที่สะท้อน มีทิศทางตั้งฉากกับทิศทางคลื่นเสียง ที่ตกกระทบ ทำให้คลื่นเสียงสะท้อนกลับไปยังแหล่งกำเนิดเสียงหรือต้นเสียง (source of sound) พบว่าหู ของเราสามารถแยกเสียงสะท้อนออกจากต้นกำเนิดเสียงได้ในเวลาที่ห่างกัน 0.06 วินาที แสดงว่าเราได้ยินเสียงสะท้อนกลับมาได้ชัดเจนก็ต่อเมื่อระยะห่างจากตัวเราถึงผิวสะท้อนต้องมีระยะห่างพอสมควร



ภาพที่ 2.14 เสียงออกจากต้นกำเนิดเสียงแล้วสะท้อนกลับสู่ต้นเสียงใน เวลา 6 วินาที

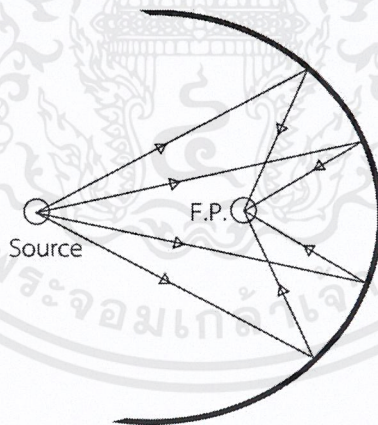
นอกจากช่วงเวลาดังกล่าวแล้ว การที่เสียงก้องสะท้อนเกิดขึ้นได้อีกประการหนึ่ง คือ ระยะทางจากต้นเสียงถึงระยะทางการสะท้อนกลับ หลักการโดยทั่วไปก็คือ ถ้าระยะทางจากต้นเสียง A บวกกับระยะทางของเสียงสะท้อน B แล้วหักด้วยระยะทางเสียงจากต้นกำเนิดเสียงโดยตรง C จะต้องอยู่ในช่วงของ 50-65 ฟุต หรือ 15-20 เมตรเท่านั้น จึงจะเกิดเสียงก้องสะท้อนได้



ภาพที่ 2.15 เสียงสะท้อนและเสียงจากต้นกำเนิดเสียงโดยตรง = $A+B-C$ ถ้าอยู่ในช่วง 50-60 ฟุต จึงจะเกิดเสียงสะท้อนขึ้น

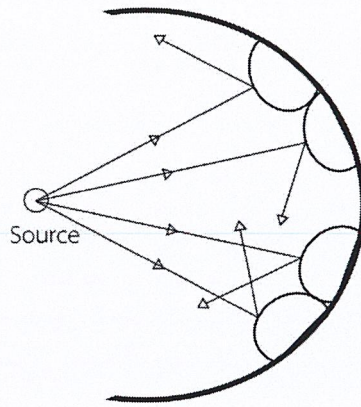
สรุปได้ในอีกด้านหนึ่งว่า เมื่อมีเสียงที่หนึ่งเข้ามากระทบประสาทรู แล้วมีเสียงที่สองตามเข้ามาภายในเวลาไม่ถึง 0.06 วินาที ประสาทหูของเราจะไม่สามารถแยกเสียงทั้งสองออกจากกันได้ และเราก็จะรู้สึกว่ามีเสียงอันแรกเพียงเสียงเดียวเท่านั้น แต่ถ้าช่วงเวลาที่ผ่านมาช่วงเวลาเสียงที่หนึ่ง และเสียงที่สองมากกว่า 0.06 วินาที ประสาทหูของเราจะสามารถแยกแยะเสียงทั้งสองนั้น ทำให้เราสามารถรับรู้เสียงทั้งสองได้

2) เสียงสะท้อนรวมกัน เกิดจากพื้นที่ผิวเว้าเข้า (Concave) เป็นเสียงที่ดังเกือบเท่าเสียงเดิม จุดที่มารวมจึงได้รับเสียงในเวลาเดียวกัน ณ. ที่จุดเดียวกัน จุดอื่นๆโดยรอบเกือบไม่มีเสียงเลย จึงเกิด เสียงดับ (dead spot) พร้อมๆกันด้วย



ภาพที่ 2.16 เสียงสะท้อนรวมกันอันเกิดจากพื้นผิวเว้าเข้า (concave)

วิธีแก้ไขคือ การออกแบบผนังห้องไม่ควรใช้ผนังที่มีผิวโค้งเข้า หากจำเป็นจริงๆต้องออกแบบผนังโค้งเข้า ก็ให้นำวัสดุที่สามารถทำให้เสียงกระจัดกระจายได้บุผนังอีกชั้นหนึ่ง



ภาพที่ 2.17 ครัวแก้วผิวเว้าเข้าด้วยพื้นผิวเว้าออก (convex)

3) จุดเสียงดับ

เกิดจากการใช้วัสดุผนังและเพดาน รวมทั้งในบางกรณีพื้นห้องที่เป็นวัสดุดูดซับเสียง (absorbing material) มากเกินไป ทำให้เสียงส่วนใหญ่หายเข้าไปในผนังและเพดาน โดยมีการสะท้อนเสียงออกมาน้อยมากหรือการสะท้อนที่เกิดขึ้นกระจายได้ไม่ทั่วทั้งห้องทำให้เกิดจุดอับเสียงขึ้น เรียกว่าเสียงดับ ผู้ฟังที่นั่งอยู่บริเวณนั้นๆ จะไม่ได้ยินเสียงเลย หรือ ได้ยินแต่ไม่ชัดเจนนัก

วิธีแก้คือ ต้องเปลี่ยนวัสดุผนังและเพดานให้เกิดการสะท้อนเสียงได้บ้าง จุดซับเสียงได้บ้าง อย่างไรก็ตาม ส่วนใดของห้องครัวใช้วัสดุประเภทใดนั้น ต้องติดตามในขั้นตอนของการออกแบบต่อไป

4) เสียงวิ่งไปมาในห้อง

มักเกิดจากห้องที่มีผนัง 2 ด้าน ขนานกัน ตัวอย่างเช่น ในห้องสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีกำแพง 2 ด้านขนานกัน แต่พื้นและเพดานบุด้วยวัสดุที่ดูดกลืนเสียง ทำให้เสียงวิ่งไปมาอยู่แต่ในผนังทั้งสองข้าง ส่วนเสียงที่วิ่งสะท้อนขึ้นเพดานหรือลงพื้นจะถูกดูดซับไปหมด

วิธีการแก้ไข คือ เสียงที่วิ่งไปวิ่งมาบนผนังทั้งสองด้านมีวิธีหนึ่งที่แก้ไขได้ง่ายที่สุด คือ พยายามออกแบบให้ผนังด้านใดด้านหนึ่งเอียงออกเสียเลยหากไม่ใช่วัสดุดูดซับเสียง

2.1.15.2 การเพิ่มและลดระดับเสียงในห้อง

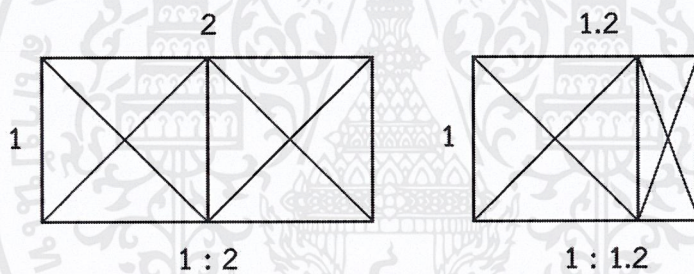
1) การเพิ่มเสียงในห้อง มี 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 เพิ่มเสียงโดยการใช้อุปกรณ์สะท้อนเสียง มากๆ และติดตั้งแผงสะท้อนเสียง (sound reflector) มาช่วยในการกระจายเสียง แต่การติดตั้งแผงสะท้อนเสียงต้องอาศัยการคำนวณที่ตั้งและมุมที่จะติดตั้ง วิธีที่ 2 คือการใช้เครื่องขยายเสียง ซึ่งเหมาะสมสำหรับ ห้องที่มีขนาดใหญ่ หรือเป็นห้องที่มีความยาวมากๆ ที่ไม่สามารถใช้วิธีแก้ไขแบบห้องได้เลย หรือแผงสะท้อนเสียงไม่สามารถช่วยเพิ่มเสียงให้ได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

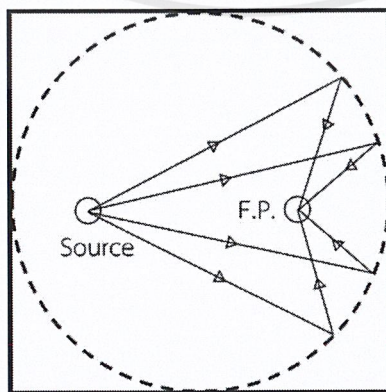
2) การลดเสียงในห้อง โดยปกติหากจะได้ยินเสียงได้ดี ห้องนั้นๆควรมีเสียงดังอยู่ในระดับเสียงไม่เกิน 40 dB หากห้องดังกล่าวมีระดับเสียงสูงกว่านี้ประสิทธิภาพในการรับฟังเสียงจะลด น้อยลง วิธีลดระดับเสียงภายในห้องคือ การบุด้วยวัสดุดูดซับเสียง เพดานและพื้นห้อง ส่วนเสียงที่รบกวน จากภายนอก (Sound Isolation) เช่น เสียงรถยนต์แล่น รถไฟ หรือเครื่องบิน เป็นต้น เราจำเป็นต้องหาวิธีออกแบบมาช่วย วิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันคือการปลูกต้นไม้ การทำเนินดิน หรือการติดตั้งแผงกันเสียงระหว่างจุด กำเนิดเสียงกับตัวบ้าน ซึ่งเรียกว่า sound barrier ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสถานที่และความสวยงามทางภูมิสถาปัตยกรรม (Landscape design) อีกทั้งยังต้องป้องกันเสียงที่เกิดขึ้นภายในอาคารเอง อันเนื่องมาจาก อุปกรณ์อาคาร เช่น เครื่องปรับอากาศ บั๊มน้ำ หรือมอเตอร์อื่นๆ เป็นต้น

2.1.15.3 การเลือกใช้รูปแบบและรูปทรงห้องที่เหมาะสม

1) ผนังห้อง (Plan) โดยห้องที่เหมาะสมที่สุดในการรับฟังเสียงที่ดีต้องมีสัดส่วนของ ผนังห้อง 1:1.2 แต่ต้องไม่เกิน 2 เท่าของความกว้าง หรือ 1:2 (ขั้นต่ำ) สัดส่วนของห้องแบบที่ 1:1 ทำให้การ รับฟังเสียงได้ไม่ดี อาจเกิดเสียงสะท้อนที่รวมกัน(Sound foci) ขึ้นได้หรือห้องที่มีสัดส่วนมากกว่า 1:2 จะ ทำให้การรับฟังเสียงในส่วนท้ายห้องไม่ดีพอ



ภาพที่ 2.18 สัดส่วนรูปห้องที่เหมาะสม



ภาพที่ 2.19 รูปทรงห้องที่เป็นสี่เหลี่ยมไม่ต่างจากรูปทรงกลมเท่าใดนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) รูปตัด (Section) หากต้องการทราบระยะห่างระหว่างที่นั่งแถวแรกกับขอบ เวที มีสูตรใช้ในการคำนวณดังนี้

$$d = r (2.5h - 1)$$

d = ระยะที่สามารถอยู่ในระนาบได้

r = ระยะทางระหว่างแถวที่นั่ง

h = ความสูงของตำแหน่งความสูงของต้นเสียง

3) เพดาน (ceiling) เรื่องของเสียงมีส่วนทำให้รูปแบบของเพดานมีความสำคัญ มากต่อการเสริมหรือลดระดับเสียงก้อง อีกทั้งสามารถก่อให้เกิดเสียงสะท้อนรวมกันได้ เพราะฉะนั้นวิธีช่วย แก้ไขปัญหาเหล่านี้ เราสามารถใช้แผงสะท้อนเสียง (sound reflector) มาช่วย ซึ่งจะได้กล่าวใน รายละเอียดต่อไป

4) ผนัง (wall) ผนังห้องควรหลีกเลี่ยงการวางผนังขนานกันในที่แคบๆ เพื่อไม่ให้ เกิดการกระจายกลับไปกลับมาของเสียง (room flutter) วิธีแก้คือการบุผนังด้วยวัสดุกลืนเสียง เช่น ฝ้าม่าน หรือแผ่นกันเสียงชนิดต่างๆ (acoustical board)

5) ปริมาตรของห้อง (room volume) ปริมาตรของห้องมีส่วนเกี่ยวข้องกับการ ออกแบบห้องที่รับฟังเสียงที่ดีได้ ก่อนที่จะออกแบบห้องประชุม (meeting room) หรือ หอประชุม (auditorium) เราต้องทราบเสียก่อนว่าห้องเหล่านั้นมีขนาดเท่าใด โดยใช้จำนวนผู้เข้าประชุมเป็นหลัก เช่น ห้องประชุมขนาดจุคนได้ 200 คน หอประชุมขนาด 2,000 คน เป็นต้น เมื่อทราบจำนวนแล้ว เราจะทราบ ปริมาตรของห้องได้โดยอาศัยมาตรฐานการคำนวณแบบสากล คือ

$$\text{ปริมาตรต่อคน} = 125 \text{ ลบ.ฟุต} \quad \text{หรือ}$$

$$= 4 \text{ ลบ.เมตร/คน}$$

จำนวนคนตั้งแต่ 2,000 คนขึ้นไป

$$\text{ปริมาตรต่อคน} = 175 \text{ ลบ.ฟุต} \quad \text{หรือ}$$

$$= 4.95 \text{ ลบ.เมตร/คน}$$

6) ความสูงของห้อง (room height) เมื่อทราบปริมาตรของห้องแล้ว เราสามารถ ทราบความสูงของห้อง (ที่ต่ำที่สุด) เพื่อการออกแบบแผงสะท้อนเสียงต่อไป เพราะหากเพดานสูงเกินไป การสะท้อนเสียง (เพื่อช่วยเสริมเสียง) จะไม่ดี แต่หากความสูงของห้องต่ำเกินไปเสียงจะวังเร็วเกินไป เพราะฉะนั้นความสูงที่เหมาะสม จึงมีสูตรให้ใช้ในการคำนวณดังนี้

$$V = (W \times L) \times H$$

$$H = V / (W \times L)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.16 การออกแบบห้องประชุม (Auditorium Design)

จากการที่ได้ทราบถึงหลักเกณฑ์ในการออกแบบห้องให้มีการรับฟังเสียงที่ดี อันได้แก่การ ขจัดปัญหาเกี่ยวกับเสียงที่ไม่ต้องการออกไป การเพิ่มหรือลดระดับเสียงในห้อง การเลือกใช้รูปแบบและทรง ของห้องที่เหมาะสม ซึ่งจะนำไปสู่การออกแบบห้องประชุมที่มีการรับฟังเสียงที่ดี ดังจะกล่าวต่อไปนี้

2.1.16.1 ขนาดของห้องประชุม (Capacities)

สิ่งที่ควรทราบในเบื้องต้นคือขนาดความจุ (Capacity) ของผู้เข้าชมในห้องประชุม โดยทั่วไปจะเรียกความจุเป็นจำนวนคนหรือจำนวนที่นั่ง เช่น ห้องประชุมขนาดจุคนได้ 450 คน หรือห้องประชุมขนาด 3,000 ที่นั่ง เป็นต้น ขนาดของห้องประชุมแบ่งออกเป็น 3 ขนาด โดยขึ้นอยู่กับจำนวนคนเป็น หลัก ส่วนประโยชน์ใช้สอยอาจแตกต่างกันบ้าง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1) ห้องประชุมขนาดเล็ก

จำนวนคน

ประโยชน์ใช้สอย

35-75

ห้องเรียน

75-150

ห้องบรรยาย, โรงละครขนาดเล็ก

150-300

ห้องบรรยายขนาดใหญ่

300-750

ห้องประชุมโรงเรียน

2) ห้องประชุมขนาดกลาง

จำนวนคน

ประโยชน์ใช้สอย

750-1,500

โรงภาพยนตร์ขนาดเล็ก

1,500-2,000

โรงภาพยนตร์ขนาดใหญ่, โรงละครที่แสดง

ดนตรี

3) ห้องประชุมขนาดใหญ่

จำนวนคน

ประโยชน์ใช้สอย

2,000-3,000

โรงภาพยนตร์ขนาดใหญ่, Concert Hall

3,000-6,000

ห้องประชุมขนาดใหญ่, ศูนย์แสดงงานสินค้าต่างๆ

ศาลาประชามคม

เกินกว่า 6,000

ห้องประชุมขนาดใหญ่พิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.14.2 รูปแบบเวทีของห้อง (stage types)

ตำแหน่งและรูปแบบเวทีมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการออกแบบห้องประชุมต่างๆไป รูปแบบเวทีสามารถแบ่งได้ ดังนี้ คือ

1) End Stage (หรือเวทีปลายห้อง)

เป็นรูปแบบของเวทีในห้องประชุมต่างๆไป คืออยู่ทางปลายด้านหนึ่งของรูปทรงห้องประชุม เป็นรูปทรงที่เหมาะสมที่สุด สามารถควบคุมการดูแลและการรับฟังของผู้ชมได้ง่าย ควบคุมเสียงได้ดีเหมาะสำหรับการชมการแสดงดนตรี การแสดง

2) Open Stage (หรือเวทีเปิด)

เป็นเวทีชนิดที่ยื่นเข้ามาในส่วนผู้นั่งชม จะเน้นการรับชมการแสดงมากกว่าการฟัง เช่น ใช้เดินแฟชั่นโชว์ เป็นต้น การควบคุมเสียงกระทำได้ยาก แต่การแสดงนั้นผู้ชมและผู้แสดงมี โอกาสได้สัมผัสใกล้ชิดมากขึ้น

3) Arena stage หรือ Central stage หรือ Island stage

เหมาะสำหรับการแสดงต่างๆที่มองดูรอบตัวการแสดง รวมทั้งรายการขกมวย แต่ไม่เหมาะสำหรับการให้เสียงที่ดี พื้นที่ทุกด้านของเวทีนั้นเปิดสู่ผู้ชมทั้งหมดทุกด้าน การกระจายเสียงจะคำนึงถึงการกระจายเสียงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงโดยตรงเป็นหลักมากกว่าการสะท้อน เพราะมีพื้นที่ของการสะท้อนเสียงน้อย

4) Adaptable stage (หรือเวทีปรับได้)

เป็นเวทีที่สามารถปรับและดัดแปลงรูปทรงได้ตามความจำเป็นของงาน และ จุดประสงค์ของประโยชน์ใช้สอยที่ต่างกัน การควบคุมเพื่อให้ได้รับฟังเสียงได้ดีกระทำได้ยาก เวทีประเภทนี้ โดยมากเป็นเวทีเอนกประสงค์ เช่น เวทีห้องประชุมประจำโรงเรียน ซึ่งใช้สำหรับเล่นกีฬา ประชุม แสดงละคร และการแสดงดนตรี เป็นต้น

2.1.16.3 ส่วนประกอบและรายละเอียดต่างๆ (Details)

รายละเอียดเกี่ยวกับการออกแบบห้องประชุมที่สำคัญๆ มีดังนี้ คือ

1) โถงทางเข้า (Lobby & Foyer)

บริเวณส่วนนี้มักถูกสถาปนิกละเลยมิได้นำเข้ามาพิจารณาร่วมกันกับการออกแบบห้องประชุม ทั้งๆที่เป็นส่วนหนึ่งของการรับและกระจายผู้ชมเข้าออกและควบคุมมิให้เสียงจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้องประชุม โถงทางเข้า (Lobby) เป็นการเปลี่ยนบรรยากาศจากภายนอกห้องประชุมเข้าสู่ภายใน ซึ่งโถงควบคุมหรือ foyer เป็นตัวเชื่อม Auditorium กับ Lobby ห้องประชุมทุกแห่งต้องมี foyer เป็นเสมือนตัวกันหรือควบคุม (control) แสงเสียงผู้คนจากด้านนอก และ Auditorium ไม่ให้เกิด การรบกวนกับผู้ที่นั่งชมนั่งฟังที่อยู่ในห้องประชุมนั้นอยู่แล้ว เนื้อที่ของ lobby และ foyer ควรีขนาด ประมาณ 20% - 30% ของห้องประชุมทั้งหมด

2) การออกแบบฝ้าเพดานและแผงสะท้อนเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อการรับฟังเสียงที่ดี โดยปกติเรามักใช้แผงสะท้อนเสียงไว้ตรงบริเวณส่วนหน้าๆของเวที เพื่อรวบรวมเสียงที่กระจัดกระจาย แล้วผลักเสียงให้ไปข้างหน้า

3) การหาขนาดของตัว reflector = $X > 4\lambda$

λ = Lamda หรือ ความยาวคลื่น (คลื่นของแหล่งกำเนิดเสียง)

4λ = 4เท่าของคลื่นเสียง

ตัวอย่างการหาขนาดของตัว reflector

$$v = \lambda f$$

$$\lambda = v/f$$

λ = ความยาวคลื่น

f = ความถี่ของเสียง (สมมุติที่ 500 Hz)

$$\therefore \lambda = v/f = 1130/500$$

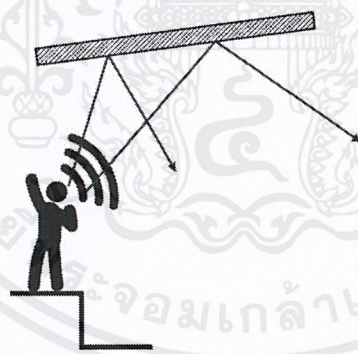
$$\lambda = 2.26 \text{ ฟุต}$$

ขนาดของตัวแผ่น reflector = $X > 4\lambda$

$$= 4 \times 2.26$$

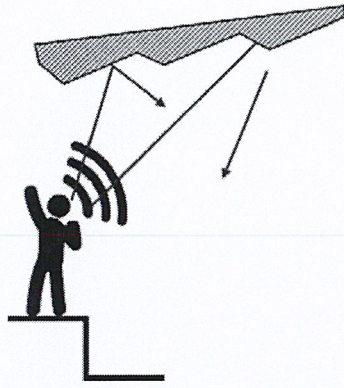
$$= 9.04 \text{ ฟุต}$$

ดังนั้น แผง reflector ต้องยาวกว่า 9 ฟุตขึ้นไป ณ ความถี่ 500 Hz

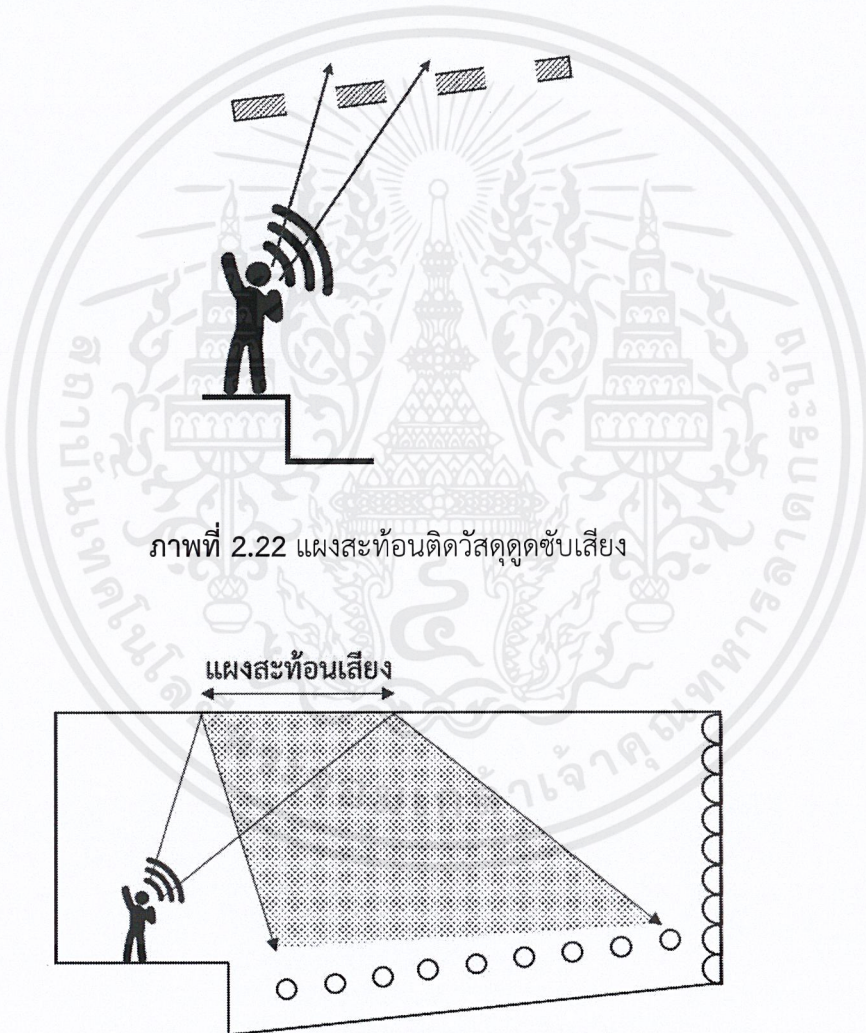


ภาพที่ 2.20 จุดตั้งแผงสะท้อนเสียง

อนึ่งหากไม่ต้องการให้เกิดการสะท้อนมากเกินไปเราสามารถออกแบบแผงสะท้อนเสียงโดยการลดการสะท้อนลงได้ด้วยวิธีติดตั้งดูดซับเสียงเป็นระยะๆหรือติดตั้งบนแผงสะท้อน



ภาพที่ 2.21 ตัวแฉงสะท้อนเป็นร่อง



ภาพที่ 2.22 แฉงสะท้อนติดวัสดุดูดซับเสียง

ภาพที่ 2.23 การบังคับทิศทางของเสียงไปทางทิศทางที่ต้องการ โดยการใส่แฉงสะท้อนเสียง(ด้านหน้า)และวัสดุดูดซับเสียง(ด้านหลัง)

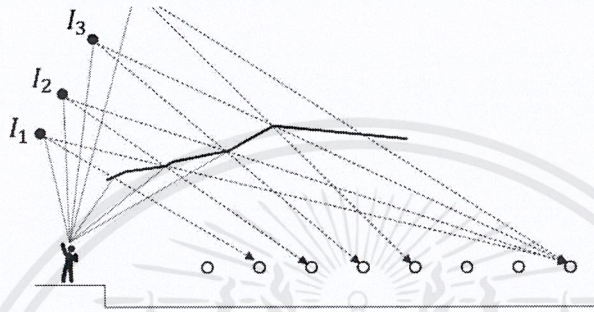
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การหามุมองศาของตัว reflector

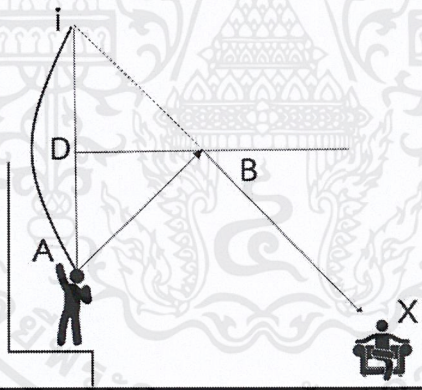
การหามุมองศาของตัว reflector ต้องสมมุติหรือสร้างตัวอิมเมจ (Image-I) ขึ้นมา เสมือนหนึ่งว่าผู้พูดอยู่บนเพดาน (I_0, I_1, I_2, \dots) แล้วพูด ตรงไปยังผู้ฟังที่จุดต่าง ๆ นั้น มีหลักการหา ดังนี้

1. กำหนดความสูงของฝ้าเพดานโดยประมาณ

2. กำหนดจุดผู้พูด (A) ตำแหน่งผู้ฟัง (X) โดยมีจุดสะท้อนเสียงที่ฝ้าเพดาน



ภาพที่ 2.24 การหามุมองศาของ reflector



ภาพที่ 2.25 การหา Image ของอาคาร

3. ลากเส้น XB ยาวทะลุฝ้าเพดานขึ้นไป

4. หาจุด C (หรือจุด I - Image) บนเส้น XB ได้โดยการลากเส้นวงกลมจากจุด A (ผู้พูด) ไปตัดเส้นตรงจาก XB ที่ลากต่อจากเส้น XB ขึ้นไปทะลุแนวเส้นฝ้าเพดาน (สมมุติ) โดยใช้จุด B เป็นรัศมีของวงกลม

5. เมื่อได้จุด C แล้วให้ลากเส้นตรงจาก C ถึง A ได้เส้น AC

6. แบ่งครึ่งเส้น AC ที่จุด o จะได้มุมของแผงสะท้อนเสียง reflector DB

7. ความยาวของแผง reflector DB ให้ใช้สูตร $X > 4 \lambda$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้พิจารณามุมต่างๆ ดังนี้

อนึ่งเพื่อแสดงให้เห็นว่า การสะท้อนของเสียงของตัว reflector นั้นถูกต้อง

$$\text{มุม } \alpha = x \text{ หรือ } \angle ABD = \angle XBE$$

มุม $\angle ABD = \angle DBC$ เพราะว่าเกิดจากการแบ่งครึ่ง $\angle ABC$

เมื่อ $\angle DBC = \angle XBE$ ตรงกันข้ามกัน

$$\therefore \angle ABD = \angle XBE \text{ ด้วย}$$

$$\alpha = x$$

5) การหาความสูงของห้อง

สูตรการหาความสูงของห้อง คือ

$$V = (W \times L)h$$

$V = \text{Volume}$ ปริมาตร

$W = \text{ความกว้าง}$

$L = \text{ความยาว}$

$h = \text{ความสูง}$

ตารางที่ 2.3 ปริมาตรของห้องแต่ละประเภท

Type of auditorium	Min	Opt	Max
Rooms for speech	2.3(80)	3.1(110)	4.3(150)
Concert halls	6.2(220)	7.8(275)	10.8(380)
Opera houses	4.5(160)	5.7(200)	7.4(260)
Roman Catholic Churches	5.7(200)	8.5(300)	12(425)
Protestant Churches and synagogues	5.1(180)	7.2(255)	9.1(320)
Multipurpose auditorium	5.1(180)	7.1(250)	8.5(300)
Motion-picture theaters	2.8(100)	3.5(125)	5.1(180)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.17 ประเภทของสัญญาณภาพ

การเชื่อมต่อระบบภาพมีพอร์ตการเชื่อมต่อสัญญาณภาพที่หลากหลาย ดังนั้นในการเลือกใช้สายสัญญาณเราจึงควรต้องคำนึงถึงพอร์ตการเชื่อมต่อและการใช้งานเพราะสัญญาณประเภทต่างๆจะมีความละเอียดและความคมชัดแตกต่างกันออกไป ดังนี้

2.1.17.1 Composite Video

เป็นรูปแบบของสัญญาณภาพวิดีโอแบบสัญญาณเดี่ยว โดยข้อมูลภาพขาวดำ (Y) ข้อมูลสีของภาพ (C) และข้อมูล Sync ทั้งหมดนี้ถูกรวมเข้าไว้ด้วยกันในช่องสัญญาณเพียงช่องเดียว Composite video เป็นรูปแบบของสัญญาณแบบอนาล็อก

2.1.17.2 Separate Video (S-Video)

S-Video บางที่เรียกว่าสัญญาณ Y/C คือสัญญาณภาพแบบอนาล็อก สัญญาณ S-video เป็นการรวมสัญญาณสามชนิดคือ Y, U และ V เข้าด้วยกันและแบ่งออกเป็นสองช่องสัญญาณโดยสัญญาณหนึ่งเป็นสัญญาณสี (Chrominance) หรือ (UV) และอีกสัญญาณเป็นสัญญาณความสว่าง (Luminance) หรือ (Y) ข้อดีของการแยกสัญญาณออกเป็นสองสัญญาณคือทำให้การรับส่งข้อมูล Luminance (Y) ดีขึ้นและการถอดรหัส Decode สัญญาณสี Chrominance (C) ได้ง่ายขึ้น สนับสนุนภาพที่มีความละเอียด 480i หรือ 576i สัญญาณ S-Video ให้ความคมชัดมากกว่าสัญญาณ Composite แต่ก็ยังไม่ดีเท่าสัญญาณ Component

2.1.17.3 Component Component Video

เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการส่งสัญญาณภาพแบบอนาล็อกที่แบ่งสัญญาณออกเป็นสามช่องสัญญาณ โดยแบ่งเป็นช่องสัญญาณแรกคือช่องสัญญาณสีเขียวซึ่งบรรจุด้วยข้อมูลของสัญญาณ ความสว่างหรือ Luminance (Y) และข้อมูลสัญญาณ Sync Pulse สัญญาณที่สองและสามเรียกว่าสัญญาณ ความต่างสี (Color Difference) โดยช่องสัญญาณที่สองคือช่องสัญญาณสีแดงซึ่งบรรจุข้อมูล R-Y (Red minus Y) หรือ (Pr) และช่องสัญญาณที่สามคือช่องสัญญาณสีน้ำเงินซึ่งบรรจุข้อมูล B-Y (Blue minus Y) หรือ (Pb) โดยสนับสนุนภาพที่มีความละเอียด 1080i

2.1.17.4 RGB

เป็นรูปแบบของสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกข้อมูลสีออกเป็นสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน สามช่องทาง แต่ละช่องทางของสัญญาณ R, G และ B บรรจุด้วยข้อมูลของสี (Chrominance) และ ข้อมูลความสว่าง (Luminance) แต่ละช่องสัญญาณสามารถให้ภาพสีตามสัญญาณสีนั้นๆโดยไม่มีสัญญาณ ภาพขาวดำให้ เห็นอีก เนื่องจากข้อมูลความสว่าง Y (Luminance) ได้ถูกรวมไว้กับสัญญาณทั้งสามช่องทาง เรียบร้อยแล้ว แต่ก็ เป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองช่วงกว้างของข้อมูล (Bandwidth) เป็นอย่างมากเนื่องจากต้องมี การส่งสัญญาณถึงสามครั้งโดยแต่ละครั้งเป็น สัญญาณชนิดเดี่ยวๆกัน

2.1.17.5 DVI Digital Visual Interface (DVI)

เป็นการส่งสัญญาณแบบดิจิทัลทำให้ได้ภาพที่มีความคมชัดและลดสัญญาณรบกวน DVI เป็น interface แบบผสม คือมีทั้ง analog และ digitalในตัว ซึ่งถ้าแบ่งง่ายๆ ก็ได้ออกเป็น 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มคือ DVI-D จะส่งข้อมูล digital อย่างเดียว, DVI-A ส่งข้อมูล analog อย่างเดียว และ DVI-I ส่งข้อมูลทั้งสองอย่าง

2.1.17.6 HDMI

คือระบบการเชื่อมต่อในการรับส่งข้อมูลดิจิทัลเช่นเดียวกับกับระบบ DVI แต่จะเพิ่มความสามารถในส่วนของการรับส่งข้อมูลสัญญาณเสียงระบบดิจิทัล (Digital Audio) เข้ามา HDMI ยังรองรับ Bandwidth ได้มากกว่า DVI อีกด้วยตัวอย่างเช่น HDMI เวอร์ชันแรกๆสามารถรองรับ Bandwidth ได้ที่ 165 MHz ซึ่งใช้ได้กับสัญญาณความละเอียด 1080p และ WUXGA (1920 X 1200) สำหรับ HDMI 1.3 ได้เพิ่มความสามารถนี้มากขึ้นเป็น 340 MHz ทำให้รองรับสัญญาณความละเอียดได้ถึง (2560 X 1600) HDMI ยังมีระบบ Single Link และ Dual Link อีกด้วยนั่นหมายความว่าระบบ HDMI Single Link (Type A/C) จะสามารถรองรับ Bandwidth ได้ 340 MHz และ HDMI Dual Link (Type B) จะสามารถรองรับ Bandwidth ได้ถึง 680 MHz

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมรรถ บุนยรัตพันธุ์ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความรู้เรื่องเสียงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างมาก ที่จะนำมาใช้ร่วมกับการออกแบบตั้งแต่เบื้องต้นของการเริ่มทำงาน เหมือนดังเช่นการออกแบบอาคารโดยคำนึงถึงระบบโครงสร้างอาคาร และอุปกรณ์อาคาร ในช่วงแรกเริ่มของแบบร่าง โดยเฉพาะอาคารสมัยใหม่ ที่เป็นหอประชุม โรงละคร ห้องฟังดนตรี หากวางตำแหน่งของห้องต่างๆ หรืออุปกรณ์อาคารไว้ในตำแหน่ง ที่ไม่ถูกต้องแล้ว อาจก่อให้เกิดเสียงรบกวนอย่างถาวรขึ้น ก็ยากที่จะแก้ไข อันเป็นการกระทบกระเทือนต่อ สภาพจิตใจของผู้ใช้เป็นอย่างยิ่ง เพราะฉะนั้นถึงเวลาแล้วที่ควรให้ความสนใจกับความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ เสียง และการออกแบบเพื่อให้อาคารสามารถรับฟังเสียงที่ดีได้ อีกทั้งจัดเสียงที่ไม่พึงปรารถนาออก จากตัวอาคารหรือปิดกั้นมิให้เข้าสู่ตัวอาคารได้

สรารุณี โสณะมิตร, (2551) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยสำคัญในการออกแบบห้องประชุม เพื่อ สร้างคุณภาพเสียงที่ดี มักไม่ได้รับความสำคัญในขั้นตอนการออกแบบ เนื่องจากเป็นสิ่งที่จับต้องไม่ได้ และไม่สามารถมองเห็นได้ในขั้นตอนการออกแบบ จึงทำให้งานออกแบบที่ต้องการคุณภาพเสียงที่ดีมักมีปัญหาตลอดมา การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อหาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อคุณภาพเสียงของหอประชุม ลำดับอิทธิพลของตัวแปรหลักที่ทำให้คุณภาพเสียงของห้องเปลี่ยนแปลงไป นำผลการวิจัยมาประยุกต์ใช้ เพื่อกำหนดเป็นแนวทางการออกแบบห้องประชุมให้มีคุณภาพเสียงที่ดีกระบวนการศึกษาอาศัยทฤษฎีและ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดในการออกแบบห้องประชุมเพื่อควบคุมการเดินทางของเสียง การป้องกันเสียงจากสภาพแวดล้อมภายนอก การควบคุมเสียงรบกวนภายในห้องประชุมและการควบคุมคุณภาพ อะคูสติก และการเดินทางของเสียงภายในห้องประชุม ตัวแปรหลักที่ใช้ในการประเมินแบ่งเป็น3ส่วนได้แก่รูปร่าง ลักษณะของห้องประชุม ค่าความก้องของเสียง และเกณฑ์ระดับเสียงรบกวน ขั้นตอนต่อมาเป็นการให้ คะแนนกลุ่มตัวแปรต่างๆ เพื่อสร้างดัชนีโดยวิเคราะห์ คุณสมบัติและเทคนิคในการควบคุมการสะท้อน การ ดูดซับและการกระจายเสียง วิเคราะห์คุณสมบัติในการป้องกันเสียงรบกวนของตัวแปร ตามเกณฑ์มาตรฐาน การออกแบบเพื่อควบคุมคุณภาพของเสียง ควบคุมเสียงรบกวนจากภายในและภายนอกห้องประชุม จาก การวิเคราะห์ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดค่าอะคูสติกจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 แห่ง พบว่า อิทธิพลในการควบคุมคุณภาพเสียงมี สัดส่วนของตัวแปร เรียงลำดับตามความสำคัญ ได้แก่ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบห้องประชุม ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับค่าความ ก้องของเสียง (RT60) และตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์เสียง (NC) จากนั้นจึงหาเกณฑ์ ที่เหมาะสมในการ ประเมินค่าตัวแปรต่างๆ และสร้างระดับที่เป็นตัวชี้วัดถึงคุณภาพเสียงที่ดี โดยแบ่งเป็น เกณฑ์ ที่ดีที่สุด (0.0- 3.0) ผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพเสียง ข้อมูลอะคูสติกจาก ต่างประเทศ และข้อมูลที่ได้ จากการศึกษาวิจัยวัดค่าอะคูสติกในครั้งนี้ ซึ่งในประเทศไทยยังไม่เคยปรากฏว่า มีงานวิจัยใดได้ทำการศึกษามา ก่อน เมื่อนำไปประยุกต์อย่างถูกต้องจะพบว่าการปรับปรุงเพื่อให้มีทิศทาง กระจายเสียงที่ถูกต้อง ให้ได้ค่าการ สะท้อนเสียงเหมาะสม และลดเสียงรบกวนลง สามารถเพิ่มศักยภาพใน การได้ยินที่ดีขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 กำหนดแนวคิดการออกแบบระบบอะคูสติก

การออกแบบระบบอะคูสติก จำเป็นต้องเข้าใจถึงการดูดซับเสียง (Sound Absorption) และ การควบคุมเสียงสะท้อน มีความจำเป็นในการออกแบบห้องที่ต้องการควบคุมเสียงสะท้อน เช่น ห้องประชุม , ห้องอเนกประสงค์, ห้องบรรยาย ภายในห้องเหล่านี้หากมีเสียงสะท้อน หรือเสียงก้องเกิดขึ้น ในลักษณะที่รบกวนผู้ฟัง จะทำให้ประสิทธิภาพในการได้ยินของผู้ฟังลดลง ดังนั้นเสียงรบกวนที่อาจเกิดจาก ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกจำเป็นต้องได้รับการควบคุม ทั้งนี้โดยการเลือกใช้ วัสดุดูดซับเสียงที่ เหมาะสม เพื่อควบคุมเสียงที่มากกระทบฝ่าเพดาน พื้น และผนัง ให้เป็นไปในปริมาณที่พอเหมาะ เพื่อ ส่งเสริมให้ “เสียงของห้อง” หรือ “สภาพทางอะคูสติก” ของห้องนั้นเหมาะสมกับ การแสดง บรรยาย หรือกิจกรรมภายในห้องนั้น “เสียง” มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำกิจกรรมต่างๆ ดังนั้นการออกแบบพื้นที่ที่ต้องการสภาพแวดล้อมทางเสียงที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากนี้จะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำกิจกรรมต่างๆแล้ว ยังส่งผลให้ผู้ใช้งานในสถานที่นั้นๆ รู้สึกสงบและสบาย ซึ่งในโครงการที่ได้จัดทำขึ้นนั้นได้ทำการปรับปรุงระบบอะคูสติกของห้องอเนกประสงค์ขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้งานได้หลากหลายประเภทของงาน ซึ่งการออกแบบภายในห้องจึงต้องคำนึงถึงการใช้งานของสถานที่อีกด้วย

3.2 กำหนดแนวคิดการออกแบบระบบโสตทัศนูปกรณ์

การออกแบบระบบโสตทัศนูปกรณ์ควรคำนึงถึงการใช้งานและพื้นที่ในการใช้งานของสถานที่นั้น ซึ่งการใช้งานในแต่ละห้องนั้น เนื่องจากมีการใช้งานที่หลากหลาย ทำให้การออกแบบระบบโสตทัศนูปกรณ์ต้องคำนึงถึงเรื่องของอุปกรณ์และรูปแบบการใช้งานในห้องเป็นหลัก เพื่อให้ระบบมีการใช้งานที่ง่าย อำนวยความสะดวกได้อย่างครบถ้วนและมีประสิทธิภาพสูงสุด

3.3 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบอะคูสติก

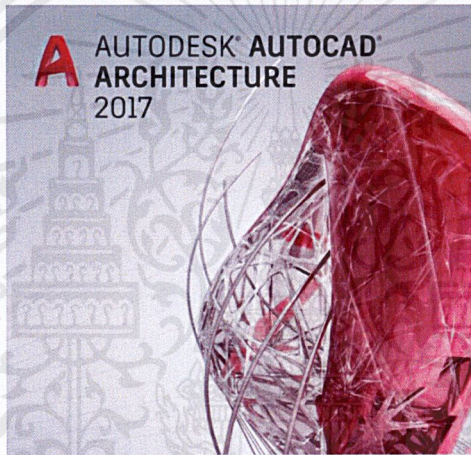
ในการออกแบบระบบอะคูสติก ต้องคำนึงถึงคุณภาพของเสียงที่ได้ยิน โดยต้องอาศัยค่ามาตรฐานทางอะคูสติกในการออกแบบให้มีค่าที่เหมาะสมตรงตามการใช้งานของห้อง ซึ่งค่ามาตรฐานที่สำคัญที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพของค่าเสียง ได้แก่ RT60 (Noise Criteria for Rooms), ค่า NC (Noise Criteria for Rooms), ค่า TC (Sound Transmission Class) และต้องทำความเข้าใจทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับเสียง, ความสามารถในการได้ยินของมนุษย์

3.4 ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบ

3.4.1 โปรแกรม AUTOCAD

คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนแบบ และผลิตงานออกแบบได้เกือบทุกประเภท เช่น งานออกแบบผังแบบขึ้นเล็ก จนกระทั่งงานออกแบบโครงสร้างขนาดใหญ่ ด้วยโปรแกรม AUTOCAD

เป็นโปรแกรมที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง จะเห็นได้ชัดในการนำไปใช้งานออกแบบทางสถาปัตยกรรม, วิศวกรรม, งานสำรวจ, ตกแต่งภายใน, แผนที่ ตลอดจนงานออกแบบผลิตภัณฑ์และเครื่องกล ฯลฯ โปรแกรม AUTOCAD เป็นที่ยอมรับในเรื่องของมาตรฐานการออกแบบอย่างกว้างขวาง ซึ่งความสามารถของโปรแกรม AUTOCAD ทำได้ตั้งแต่งานในระบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ตลอดจนเป็นพื้นฐานของการนำไปสู่ การสร้างงาน ANIMATION (ภาพเคลื่อนไหว) และการนำเสนองาน (PRESENTATION) ในรูปแบบต่าง ๆ และใช้ร่วมกับโปรแกรมอื่น ๆ หลากหลาย



ภาพที่ 3.1 โปรแกรม AutoCAD

3.4.2 โปรแกรม SKETCH UP

คือ โปรแกรมออกแบบที่มีความสามารถในการเปลี่ยนภาพวาดโครงสร้างให้กลายเป็นภาพจำลอง 3 มิติ เป็นโปรแกรมที่มีขนาดเล็ก จึงทำให้มีการประมวลผลออกมาอย่างรวดเร็ว มีเครื่องมือหลายตัวที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการออกแบบให้ง่ายขึ้น มีการออกแบบเมนูเครื่องมือที่ในการวาดแบบ ให้คล้ายกับของโปรแกรม Photoshop หรือ Paint ใน Windows เพื่อย่นระยะในการทำความเข้าใจ และง่ายในการเรียนรู้ สามารถหมุนดูวัตถุ 3 มิติ หรือแบบ 2 มิติได้ 360 องศา และยังสามารถใส่เงาของวัตถุที่ออกแบบได้อย่างอัตโนมัติ



SketchUp

ภาพที่ 3.2 โปรแกรม SketchUp

3.4.3 โปรแกรม EASE (Enhanced Acoustic Simulator for Engineers)

คือ โปรแกรมจำลองการออกแบบให้ใกล้เคียงกับสถานที่จริง โดยสามารถตรวจวัดค่าได้ หลากหลาย และยังสามารถจำลองรายละเอียดของเสียง ความดังเบาของเสียง ที่ได้จากการออกแบบระบบอะคูสติกของห้อง เริ่มจากการออกแบบห้องตามขนาดของสถานที่จริง และเลือกวัสดุของผนังแต่ละชนิดที่มีค่าของการดูดซับเสียงแตกต่างกัน โดยค่าการดูดซับเสียงของวัสดุแต่ละชนิดจะมีการตรวจวัดในแต่ละความถี่ เพื่อความแม่นยำในการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับปัญหาของห้อง



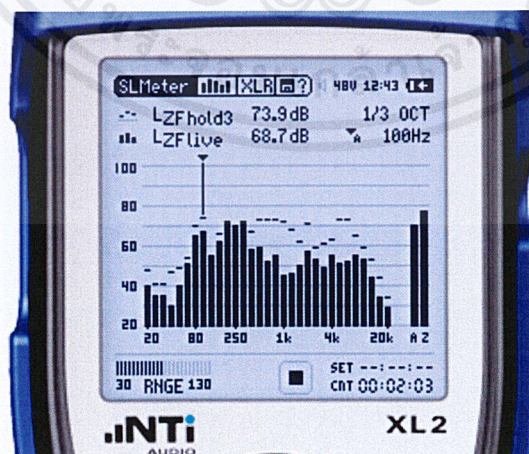
ภาพที่ 3.3 โปรแกรม EASE

3.5 ศึกษาเครื่องวัดเสียง NTi Audio model XL2

เครื่องวัดเสียง คือ เครื่องมือที่ใช้วัดระดับเสียง ลักษณะทั่วไปของเครื่องวัดเสียงจะเป็นเครื่องมือวัดแบบถือ (Hand-held) และมีไมโครโฟนสำหรับติดกับเครื่องเพื่อใช้วัดระดับเสียง โดยใช้เพื่อตรวจสอบว่าเสียงที่เกิดขึ้นในสถานที่ที่ต้องการจะตรวจสอบนั้น มีความดังเกินกว่าที่กฎหมายกำหนดหรือไม่ หรือ ตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าความดังของเสียงที่เกิดขึ้นนั้น ดังมาเพียงพอที่จะทำอันตราย หรือส่งผลกระทบต่อการใช้ของเรหรือไม่ ยกตัวอย่างเช่น การวัดมลภาวะทางเสียงในโรงงานที่เกิดจากการทำงานของเครื่องจักรขนาดใหญ่ (มลภาวะทางเสียงในโรงงาน: Industrial noise), สถานที่ที่ใกล้สนามบิน/มีการจราจรหนาแน่น หรือ บริเวณที่ใกล้รถไฟ (มลภาวะทางเสียงในชุมชน หรือ ในที่พักอาศัย: Residential noise/ Domestic noise) หรือแม้แต่ใช้ตรวจสอบเสียงในงานเทศกาลทางดนตรี เป็นต้น (อย่างไรก็ตาม ดนตรีจะเพราะหรือไม่ก็นั้น ก็ขึ้นอยู่กับ รสนิยมทางดนตรี และ ช่วงอายุ ของผู้ฟังด้วย) เครื่องวัดเสียงเป็นเครื่องมือที่จะใช้วัดระดับเสียง ที่อยู่ในช่วงความถี่ที่มนุษย์สามารถได้ยิน/รับรู้ได้ (20 Hz ถึง 20 kHz.) โดยตามมาตรฐาน,ที่ IEC61672 และ ANSI S1.4 ได้กำหนดประเภทของเครื่องวัดเสียงไว้ 2 แบบ คือ Class 1 และ Class 2 ซึ่งทั้ง 2 แบบนั้น แตกต่างกันที่ค่าความแม่นยำในการวัดตลอดย่านความถี่ของเครื่อง และ ช่วงอุณหภูมิในการทำงาน โดยที่เครื่องวัดเสียง Class 1 นั้นจะมีช่วงของค่าความคลาดเคลื่อนที่แคบกว่าของเครื่องวัดเสียง Class 2 ที่มีราคาถูกกว่า โดยหากต้องการวัดระดับเสียงที่แม่นยำ หรือ ใช้วัดเพื่ออ้างอิงตามกฎหมายนั้น เราแนะนำให้ ใช้เครื่องวัดเสียง Class 1 จะดีที่สุด สำหรับเครื่องวัดเสียงของ Nti Audio มีอยู่ทั้ง Class 1 และ 2 โดย Sound Level Meter รุ่น XL2 นั้น สามารถเลือก Class 1 และ 2 ได้ในเครื่องเดียวโดยการเปลี่ยน ไมโครโฟน เครื่องวัดเสียง XL2 จาก Nti Audio นั้น เป็นเครื่องวัดเสียงที่มีความแม่นยำ เหมาะสำหรับการ ตรวจวัดระดับเสียงในสิ่งแวดล้อม หรือ ในงานเทศกาล อีเวนต์ต่างๆ โดยสามารถเรียกดูค่าการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่ใช้ทางเสียงหลายๆค่าได้ในเครื่องเดียวพร้อมกัน ระดับเสียงที่ได้สดๆ (Live), ระดับเสียงต่ำสุด/ สูงสุด/Peak (Lmin, Lmax, Lpeak) จะถูกวัดในรูปแบบของค่าระดับความถี่ A, C, Z และค่าความเร็วของ ระดับเสียง และ การกระตุ้นอื่นๆ ซึ่งนอกจากค่าที่วัดได้ทั้งหมดจะแสดงผลได้พร้อมกันแล้ว ค่าที่วัดได้ก็จะถูกบันทึกไว้โดยอัตโนมัติ เพื่อการทำเอกสารรายงาน เครื่องวัดเสียงรุ่น XL2 มีฟังก์ชันการวิเคราะห์แบบ Real Time (Real Time Analyzer: RTA) ฟังก์ชัน RTA นั้นเป็นฟังก์ชันที่เหมาะสมมากสำหรับงานเช่น การ เพิ่มประสิทธิภาพของระบบเสียง หรือ ระบบห้อง ซึ่งเครื่อง XL2 นั้นสามารถวัดและ บันทึก ค่า Wideband, ค่า Octave ที่ความละเอียด 1/1 หรือ 1/3 ตามมาตรฐานที่ IEC 61260 class 0 โดยทั้งค่า Wideband และ RTA นั้น สามารถที่จะแสดงผลได้พร้อมๆกันด้วย



ภาพที่ 3.4 เครื่องวัดเสียง Nti Audio model XL2

ที่มา : ชัชวาล กิมเห, 2559 : <http://legatool.com/wp/3228/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ที่ต้องออกแบบ

สถานที่ที่ต้องออกแบบคือ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์(บางเขน) เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวง ลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร โดยทำการออกแบบที่ อาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ ซึ่งเดิมที่เป็นอาคารมีการใช้งานเป็นโรงยิมไว้สำหรับเล่นกีฬา หรือจัดกิจกรรมต่างๆ โดยช่วงหลังมานี้ ตัวอาคารมีการใช้งานเกี่ยวกับการบรรยาย งานรับปริญญา ทางมหาวิทยาลัยมีความประสงค์จะปรับปรุงให้เหมาะสมกับงาน ซึ่งตัวอาคารเดิม มีส่วนผนังและชั้นลอยที่เป็นคอนกรีต พื้นห้องปูด้วยไม้ปาร์เก้ ตัวอาคารยังมีชั้นลอยและช่องต่างๆ ภายในอาคารอยู่มากพอสมควร จึงต้องทำการวัดค่าระยะเวลาความก้องสะท้อน(Reverberation Time, RT60) และ เกณฑ์ของเสียงรบกวน (NOISE CRITERIA, NC) ก่อนทำการออกแบบ เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงในการออกแบบ

3.7 เดินทางไปวัดค่าทางอะคูสติกที่สถานที่จริง

เดินทางไปทีมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์(บางเขน) อาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ เพื่อวัดค่าทางอะคูสติกของสถานที่จริงเพื่อที่จะได้เรียนรู้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เสียง NTI รุ่น XL2 ค่าที่วัดคือ RT60 และ NC

XL2 Noise Curves Reporting: MyProject\KI000_NOISE_000_Report.txt

```
# Hardware Configuration
Device Info: XL2, SNo. A2A-09219-E0, FW3.33
Mic Type: HTJ Audio M2211, SNo. 5168, User calibrated 2017-03-07 11:04
Mic Sensitivity: 18,8 mV/Pa
Time Zone: UTC+07:00 (Asia/Bangkok)

# Measurement Setup
Profile: Full mode
Append mode: OFF
Timer mode: single
Timer set: 00:00:15
Standard: Noise Criteria (ANSI/ASA 12.2-2008)

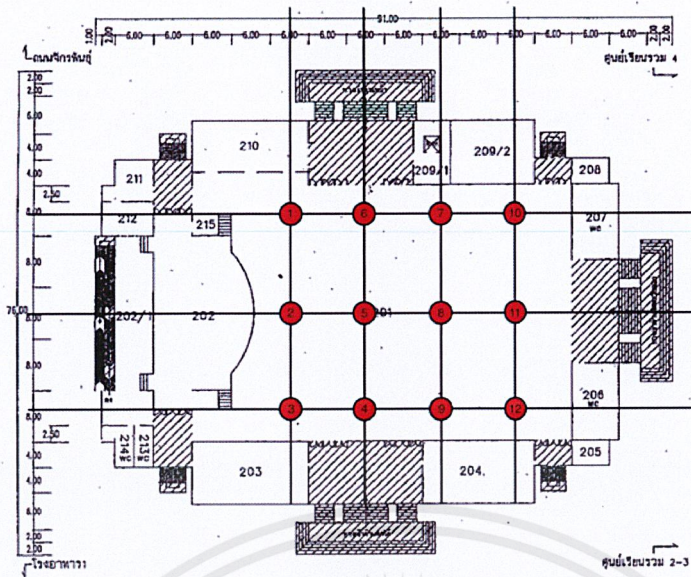
# Noise Curves Results
Start 250,0 500,0 1000,0 Stop 2000,0 4000,0 8000,0 Band [Hz] 16,0 31,5 63,0 125,0
Date LZeq LZeq LZeq LZeq LZeq LZeq LZeq LZeq LZeq LZeq LZeq LZeq
[YYYY-MM-DD] [hh:mm:ss] [YYYY-MM-DD] [hh:mm:ss] [YYYY-MM-DD] [hh:mm:ss] [YYYY-MM-DD] [hh:mm:ss] [YYYY-MM-DD] [hh:mm:ss] [YYYY-MM-DD] [hh:mm:ss]
[db] [db] [db] [db] [db] [db] [db] [db] [db] [db] [db] [db]
2019-06-18 14:13:48 2019-06-18 14:14:03 250,0 27,0 51,6 56,4 54,3 48,0 43,8
33,3 28,4 22,6 21,4 18,0
```

#CheckSum: 49C24920B15C0C91B3177C98240681CF

ภาพที่ 3.5 ค่า NC (Noise Criteria, NC) เกณฑ์ของเสียงรบกวนที่วัดได้

การวัดค่าระยะเวลาความก้องสะท้อน (Reverberation Time, RT60) จะแบ่งจุดการวัดภายในตัวอาคารเป็น 12 จุด ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.6 จุดที่ใช้ในการวัดค่า RT60



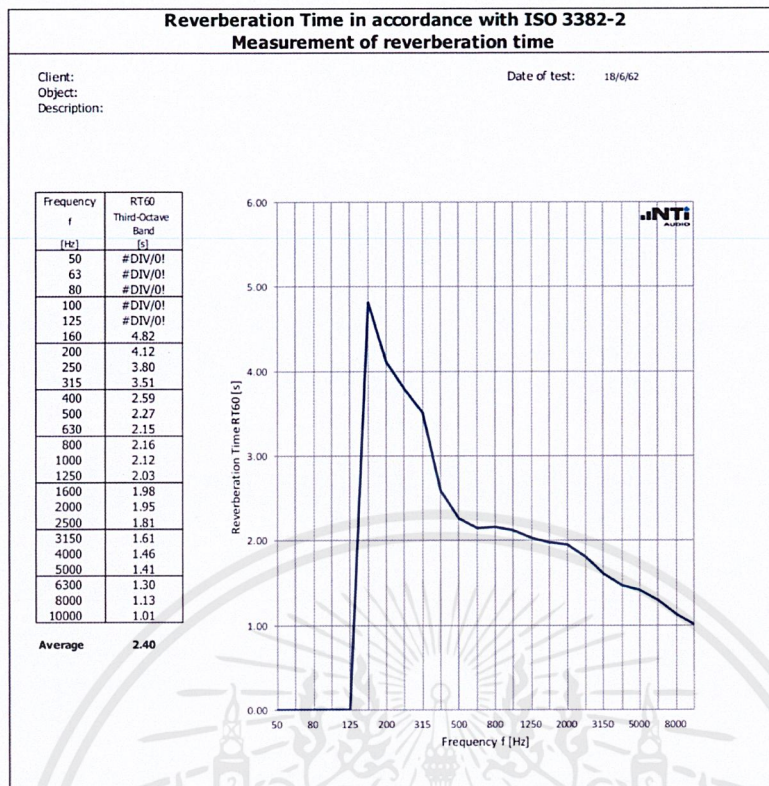
Third-Octave Band RT60-Files

FileCount: 6

File name	RT60 Measurement Result																							
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Average	####	####	####	####	####	4.82	4.12	3.80	3.51	2.59	2.27	2.15	2.16	2.12	2.03	1.98	1.95	1.81	1.61	1.46	1.41	1.30	1.13	1.01
Measuring position 1									3.05	2.62	2.26	2.01	2.03	1.96	1.93	1.92	2.06	1.89	1.67	1.54	1.27	1.12	1.05	0.96
Measuring position 2								4.15	3.92	2.78	2.28	2.04	2.14	2.02	1.95	1.93	2.01	1.92	1.59	1.59	1.48	1.31	1.05	0.97
Measuring position 3					5.05	3.81	3.46	3.01	2.35	2.50	2.07	1.91	1.96	1.85	1.79	1.86	1.70	1.59	1.37	1.36	1.08	0.99	1.02	
Measuring position 4						3.70	3.30	3.06	2.21	2.25	2.15	1.94	1.95	1.93	1.94	1.77	1.61	1.44	1.42	1.24	1.08	1.02		
Measuring position 5						4.00	4.20	3.52	2.94	2.57	2.34	2.32	2.15	2.19	2.08	1.94	1.78	1.64	1.27	1.42	1.39	1.16	1.05	
Measuring position 6						4.79	4.04	3.27	3.07	2.28	2.18	2.17	2.12	2.10	1.90	1.87	2.00	1.85	1.65	1.50	1.33	1.28	1.05	0.90
Measuring position 7						4.61	3.66	3.93	2.82	2.37	1.91	2.09	2.19	2.32	2.17	1.94	1.94	1.85	1.58	1.46	1.44	1.35	1.21	0.95
Measuring position 8						4.49	3.89	4.45	2.62	2.56	2.51	2.18	2.19	2.04	2.06	1.92	1.76	1.62	1.45	1.50	1.45	1.25	1.07	
Measuring position 9							3.82	3.23	2.57	2.26	2.19	2.24	2.11	2.01	1.96	1.99	1.71	1.47	1.44	1.42	1.24	1.13	1.06	
Measuring position 10							3.44	4.86	2.38	2.19	2.15	2.38	2.28	2.23	2.12	1.97	1.8	1.62	1.5	1.43	1.38	1.23	1.12	
Measuring position 11						4.7	3.67	2.97	2.53	2.08	1.89	2.18	2.09	2.01	2.13	1.91	1.93	1.69	1.46	1.43	1.36	1.19	1.05	
Measuring position 12							4.27	3.86	2.61	2.2	2.06	2.11	2.33	2.12	2.02	1.9	1.77	1.61	1.5	1.47	1.38	1.18	0.93	

ภาพที่ 3.7 ค่าระยะเวลาความก้องสะท้อน (Reverberation Time, RT60) ที่วัดได้ในแต่ละจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



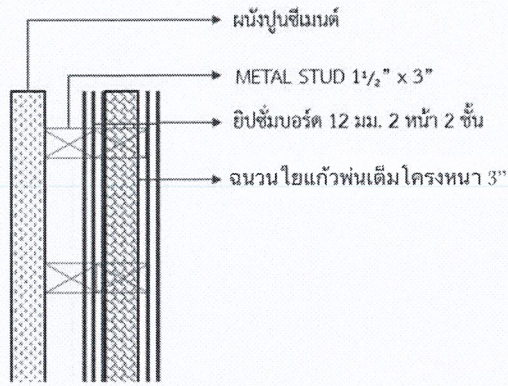
ภาพที่ 3.8 กราฟแสดงค่าระยะเวลาความก้องสะท้อน (Reverberation Time, RT60)

3.8 ทำการออกแบบระบบอะคูสติก

ในการออกแบบระบบอะคูสติกของห้องจะแบ่งการออกเป็น 5 ส่วนหลักๆ ดังนี้

3.8.1 การออกแบบผนังกันเสียง

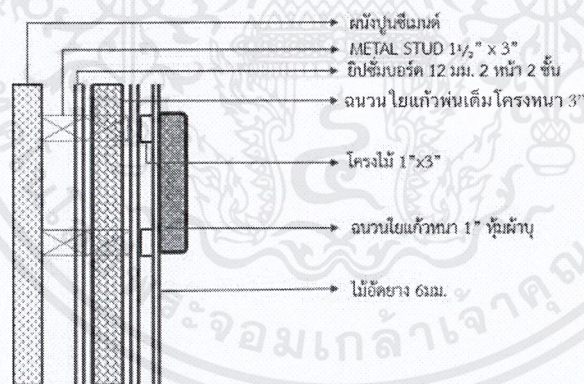
ผนังกันเสียงเป็นผนังที่สร้างขึ้นใหม่ เป็นการลดพลังงานเสียงภายนอกที่เข้ามาภายในห้อง โดยทำการออกแบบผนังเพื่อป้องกันการส่งผ่านของเสียง การออกแบบผนัง จะมีค่า STC ที่แสดง ความสามารถของการยอมให้เสียงผ่านไปได้นาน้อยแค่ไหน การสร้างผนังกันเสียงจะต้องเว้นช่องว่างห่างจากผนังเดิมประมาณ 10 ซม. เพื่อลดการเดินทางของเสียงจากภายนอก หรือลดการสั่นสะเทือนจากโครงสร้างอาคาร โดยผนังที่สร้างขึ้นใหม่เป็นผนังโครงเหล็กเคลือบสังกะสี และการติดตั้งจะต้องติดตั้งผนังโครงเหล็กให้สูงถึงใต้ท้องพื้นผนังด้านบน โดยใช้ METAL STUD 11/2" X 3" เป็นตัวยึดผนังใหม่กับผนังเก่าเข้าด้วยกัน ติดยิปซัมบอร์ด 12 มม. 2 หน้า 2 ชั้น เข้ากับ METAL STUD โดยรอยต่อจะต้องไม่ตรงกัน เพื่อป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอก แล้วใช้ฉนวนใยแก้วพ่นเต็มโครงหนา 3" ซึ่งเป็นวัสดุซับเสียงมากัน เสียงจากภายนอก



ภาพที่ 3.9 การออกแบบผนังกันเสียง

3.8.2 การออกแบบผนังควบคุมเสียงภายใน

ผนังควบคุมเสียงภายใน เป็นขั้นตอนการออกแบบที่ต้องการลดเสียงสะท้อน เพราะหากมี เสียงสะท้อนหรือเสียงก้องมากไปจะทำให้ประสิทธิภาพในการฟังลดลง ดังนั้นเราจึงต้องออกแบบให้ห้องมี วัสดุที่สามารถดูดซับเสียงได้ดี โดยสามารถอ้างอิงดูจากค่าการดูดซับเสียงของวัสดุ(NRC) ผนังควบคุมเสียง จะติดกับผนังป้องกันเสียง โดยมีโครงไม้ 1"x3" ยึดผนังไว้ กรุด้วยไม้อัดยาง 6 มม. และใช้วัสดุดูดซับเสียงที่เป็นฉนวนใยแก้วหนา 1" หุ้มผ้าบุ



ภาพที่ 3.10 การออกแบบผนังควบคุมเสียงภายใน

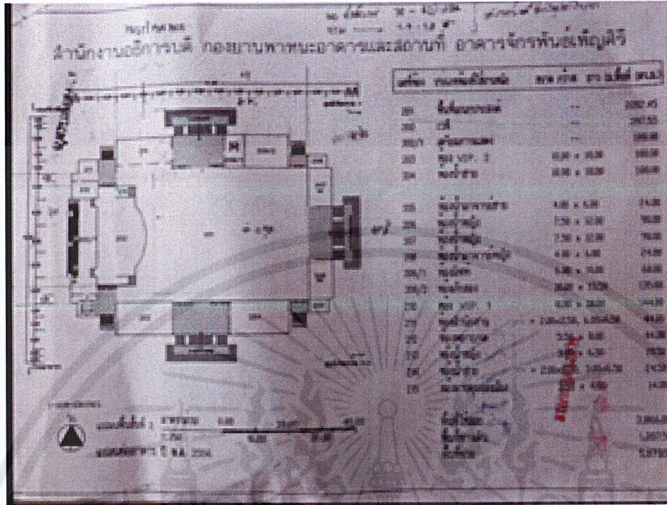
3.8.3 การปรับเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์

เนื่องจากภายในหอประชุมมีวัสดุอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดเสียงรบกวน และเพิ่มการกระจายของเสียง เช่น แอร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเมื่อใช้งานจะเกิดเสียงรบกวน ประตุต่างๆจะเป็นกระจกทั้งหมด ทำให้เสียงจากภายนอกสามารถเข้ามาได้ และยังเพิ่มการสะท้อนของเสียงอีกด้วย วิธีการแก้ไขคือ ติดตั้งแอร์แบบฝังฝ้าเพดาน เปลี่ยนประตูจากกระจกเป็นประตูไม้เนื้อแข็งทั้งหมด และทำการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงเพิ่มเติมที่ประตู

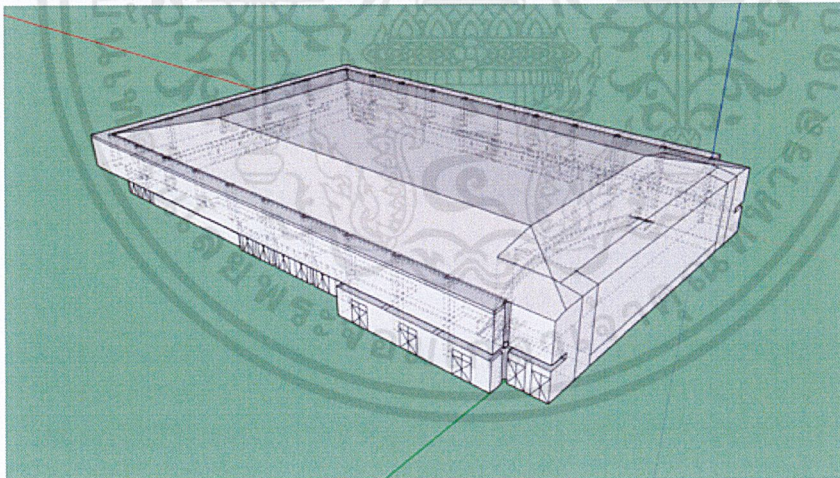
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.4 เขียนแบบโครงสร้างผ่านโปรแกรม SKETCH UP

เขียนโครงสร้างจากแปลนและข้อมูลที่ได้ทำการวัดมาออกแบบและปรับปรุงแก้ไขอคูสติกภายในตัวอาคาร เพื่อที่จะนำโครงสร้างที่ได้ไปจำลองค่าทางอะคูสติกหลังจากการออกแบบ ดังรูป



ภาพที่ 3.11 แปลนภายในตัวอาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ

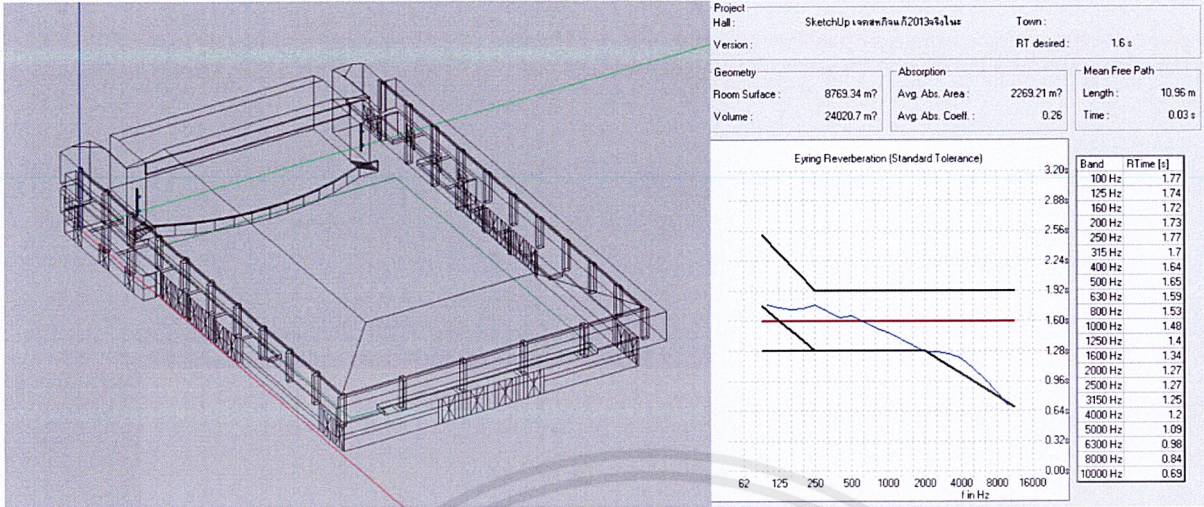


ภาพที่ 3.12 โครงสร้างของอาคารจากโปรแกรม SketchUp

3.8.5 จำลองค่าทางอะคูสติกผ่านโปรแกรม EASE

นำแบบที่วาดโครงสร้างไว้ในโปรแกรม SketchUp มาจำลองค่าทางอะคูสติกผ่านโปรแกรม EASE เพื่อเปรียบเทียบค่าทางอะคูสติกของห้องทั้งก่อนและหลังที่จะทำการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงวัสดุและรูปทรงของห้อง ว่ามีผลต่อคุณภาพเสียงมากน้อยแค่ไหน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.13 การจำลองค่าทางอะคูสติกของตัวอาคารผ่านโปรแกรม EASE

3.9 การออกแบบระบบโสตทัศนูปกรณ์ของห้อง

ระบบโสตทัศนูปกรณ์ เป็นการรวบรวมระบบภาพและระบบเสียงเพื่อการใช้งาน โดยการนำ อุปกรณ์ที่มีลักษณะใหญ่ ประกอบด้วย เครื่องยนต์ กลไกไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่เป็นตัวผ่านขยายเนื้อหาสาระจากแหล่งกำเนิดให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในการทำงานได้ง่ายขึ้น ก่อให้เกิดความชัดเจนในการทำงานและช่วยส่งเสริมการเรียนรู้มากขึ้น

3.9.1 การออกแบบระบบเสียง

ระบบเสียง คือการนำอุปกรณ์เครื่องเสียงต่างๆมาต่อเชื่อมกันให้ทำงานอย่างเป็นระบบ จึงเป็นการรวบรวมอุปกรณ์เกี่ยวกับเสียงที่มีความสัมพันธ์กันมาจัดให้เกิดความสมดุลในการเชื่อมต่อเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และในระบบเสียงเพื่อการประชุมและการอบรมสัมมนา จะมีการบรรยายและแสดงข้อมูลต่างๆ และซักถามโต้ตอบในการประชุมอภิปรายต่างๆ หรือมีการเรียนการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ จึงต้องมีการออกแบบเรื่องการสื่อสารสองทางหรือ Two-way communication และกำหนดลักษณะการประชุมเพื่อจัดตำแหน่งและคุณสมบัติของอุปกรณ์ในระบบเสียงให้ถูกต้อง ถ้าหากเป็นงานขนาดใหญ่อาจต้องใช้สถานที่เฉพาะ เพื่อความสะดวกในการออกแบบติดตั้งระบบเสียง มีวิธีการดำเนินการออกแบบดังนี้

3.9.1.1 การจัดวางลำโพงเครื่องเสียง

เรื่องการจัดวางตำแหน่งลำโพงในห้องอเนกประสงค์นั้นถือว่ามี ความสำคัญไม่แพ้เรื่องอื่นๆ ต้องแนวความคิดในการจัดวางลำโพงอย่างไรให้เหมาะสม เพื่อให้การประชุมได้ยินเสียงชัดเจนทั่วถึง ทุกพื้นที่ แอมพลิตูดการเกิด Feedback(เสียงหวีด,เสียงหอน) ซึ่งโดยมากแล้วมักจะมีปัญหาเรื่องเสียงดังไม่ทั่วถึง นั่นก็เป็นเพราะว่าระบบที่เราออกแบบและตำแหน่งการติดตั้งลำโพงของเราไม่อยู่ในตำแหน่งที่ดีพอ ทำให้มีปัญหาตามมา อย่างแรกที่ต้องคำนึงถึงคือ ขนาดของห้องที่เราใช้งานว่ามีขนาดพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่าไร บางครั้งการเลือกลำโพงขนาดเล็กไปไม่เหมาะกับห้อง ทำให้ความดังที่ได้กระจายไม่ทั่วถึง ถ้าเจอห้องที่มีขนาดใหญ่ แล้วจะต้องใช้ลำโพงใบเล็กก็อาจจะต้องเพิ่มจำนวนลำโพงให้มากยิ่งขึ้นเพื่อให้ความดังของเสียงเพียงพอกับขนาดพื้นที่ห้องที่ต้องการ หรือถ้าใช้ลำโพงขนาดใหญ่แน่นอนว่าความดังของลำโพงก็จะเพิ่มขึ้นทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้ลำโพงเยอะเท่าขนาดใบเล็กๆในพื้นที่เดียวกัน ไม่ได้หมายความว่าลำโพงขนาดเล็กแล้วเสียงจะเบาเสมอไป บางทีใบเล็กเสียงอาจจะดังกว่าใบใหญ่ก็ได้ โดยดูจาก Sensitivity ของลำโพงเป็นหลัก ลำโพงที่ใช้งานในห้อง ควรเลือกใช้ลำโพงที่สามารถตอบสนองความถี่เสียงกลางได้ดี และครอบคลุมได้ทั่วพื้นที่เพื่อความชัดเจนของเสียง การ Simulate เสียงก่อนจึงเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่ง เพื่อจะได้มองเห็น ค่าของเสียงที่เกิดขึ้นจริงว่าสามารถตอบสนองได้ตามมาตรฐานหรือไม่

3.9.1.2 ตำแหน่งการวางลำโพง

ในการวางลำโพงนั้นมีความคิดในการวางคือ วางในตำแหน่งที่ไม่มีสิ่งกีดขวางการเดินทางของเสียง เช่น ไม่ควรวางลำโพงที่มีเสาอยู่ด้านหน้า และไม่ควรวางลำโพงในตำแหน่งที่ผู้ฟังได้ยินได้ไม่ชัดเจน แต่จะต้องวางในตำแหน่งพื้นที่ ๆ ลำโพงสามารถเปล่งเสียงออกมาได้ทั่วถึงมากที่สุด ซึ่งถ้าวางไว้ด้านหน้าของห้องควรวางลำโพงไว้ด้านหน้าหรือตำแหน่งขอบของเวทีเพื่อป้องกันเสียงจากลำโพงวนกลับเข้ามาที่ไมโครโฟนซึ่งจะทำให้เกิดเสียง Feedback (เสียงหวีดเสียงหอน) ตามมา เนื่องจากตำแหน่งติดตั้งที่อยู่ด้านบน และไม่โครโฟนก็มีความไวในการรับเสียงมากทำให้ต้องมีอุปกรณ์เสริม คือ Anti Feedback เพิ่มเข้ามาในระบบ หรืออาจใช้ Equalizer ในการกำจัดความถี่ที่ไม่ต้องการให้ลดลงไป นอกจากนี้การวางตำแหน่งลำโพงก็มีส่วนสำคัญ และเป็นการป้องกันที่ดีที่จะไม่ให้เกิดการ Feedback ขึ้น แต่ถ้าห้องลึกมาก ก็จำเป็นต้องมีลำโพง Delay เพื่อเพิ่มความดังของเสียงให้มันสามารถกระจายได้ทั่วถึงมากยิ่งขึ้น เพราะระยะทางมีผลกับความดังเสียง(Inverse Square Law) และสามารถเลือกลำโพงที่เป็นชนิดคอลัม (ลำโพง Cullum) ก็จะได้ความสวยงามไม่มองเห็นลำโพงให้ดูเกะกะสายตา

3.9.1.3 การเลือกลำโพงให้เหมาะสมกับห้อง

การออกแบบระบบเสียงห้องประชุม นั้น สิ่งสำคัญที่จะต้องรู้คือขนาดของพื้นที่ว่ามีความใหญ่มากน้อยเพียงใด เพราะถ้าไม่รู้ขนาดพื้นที่จริงๆ ก็เป็นเรื่องยากที่จะออกแบบระบบให้เหมาะสมกับขนาดพื้นที่ของห้อง บางครั้งห้องใหญ่แต่ใช้ลำโพงที่มีการตอบสนองความดังที่น้อยก็จะได้ยินเสียงที่เบาในระยะที่ยืนห่างจากลำโพง ยิ่งยืนห่างมากขึ้นเท่าไรเสียงก็จะยิ่งเบาลงมากขึ้นเท่านั้น บางครั้งลำโพงมันก็ไม่ได้จบลงที่แค่คู่หน้า 2 ใบหรือ Main Speaker อาจจะต้องมีลำโพงด้านหลังเพิ่มขึ้นมา เรียกลำโพงชุดนี้ว่า Delay Speaker จะก็ใบก็ขึ้นอยู่กับขนาดของห้อง โดยตำแหน่งการวางนั้นเราจะต้องคำนวณหาระดับความดังของลำโพงคู่หน้าก่อนว่ามีปริมาณความดังของเสียงกี่ dB เช่น ลำโพงคู่หน้ามีความดังของเสียง 106 dB วัดตรงที่นั่งแถวแรกถ้าคำนวณตามกฎ Inverse Square Law ทุก 2 เท่าของระยะทางความดังเสียงจะลดลง 6 dB ดังนั้นตรงที่ระยะ 8 เมตรเราจะได้ยินความดังของเสียง 88 dB ซึ่งก็ใกล้เคียงกับความดังของแอร์แล้ว ก็เสียงพูดของคน ดังนั้นถ้าห้องนี้ยาว 16 เมตร มันก็มีความเสี่ยงที่แถวหลังจะได้ยินเสียงไม่ชัดเจนถ้าแรงเสียงลำโพงคู่หน้าขึ้นมาเพื่อให้คนที่อยู่แถวหลังได้ยิน คนที่นั่งอยู่ด้านหน้าก็หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องได้ยินเสียงที่ดังเกินความจำเป็น เลยเป็นเหตุผลที่ต้องมีลำโพงด้านหลังเพื่อเสริมความดังให้คนที่อยู่ด้านท้ายของห้องได้ยินเสียงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชัดเจนขึ้น การวางลำโพงด้านหลังนั้นสมควรที่จะวางลำโพงให้อยู่ในแนวเดียวหรือหันหน้าไปทางเดียวกันกับลำโพงหลักเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิด Phase ของลำโพงทั้ง 2 ชุดนั้นจะยิ่งทำให้เสียงของลำโพงยิ่งเบาลงไปอีก อย่างไรก็ตามลำโพงไปไว้คนละด้านแล้วหันลำโพงหันหน้าเข้าหากันจะทำให้คนที่ฟังเสียงในห้องจะได้ยินเสียงเป็น 2 เสียงซึ่งก็คือ Echo นั้นเอง

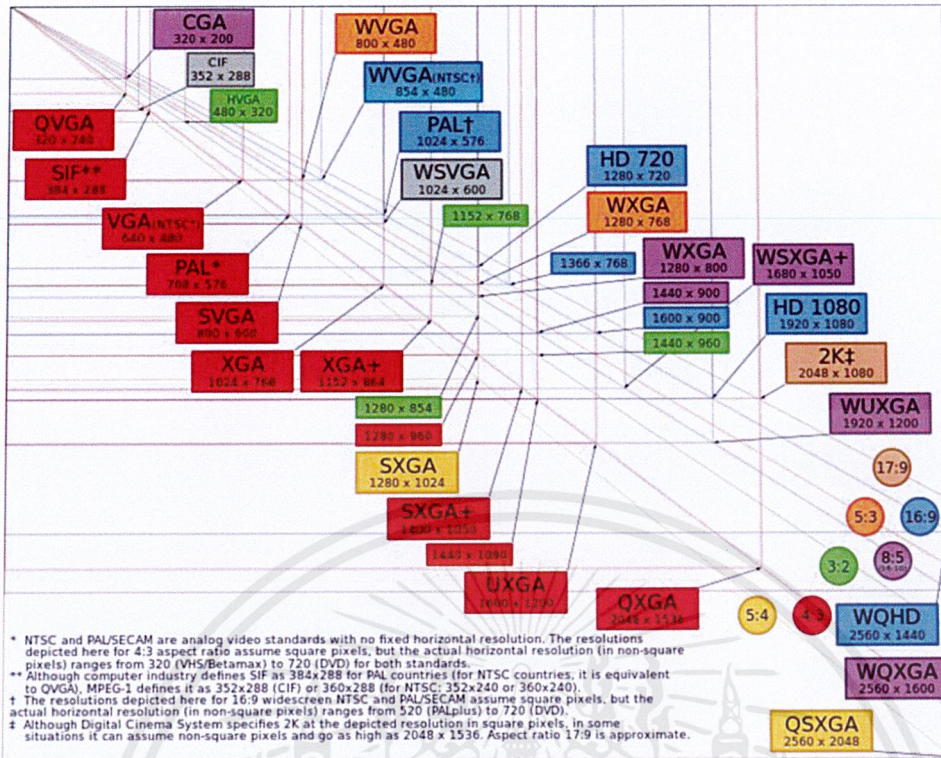
3.9.2 การออกแบบระบบภาพ

ระบบภาพในห้องอเนกประสงค์ขนาดใหญ่ นับว่ามีความสำคัญมากสำหรับการใช้งานในทุกๆ ครั้ง ดังนั้นในการจะออกแบบระบบภาพ ทางผู้ออกแบบจะต้องทราบถึงรายละเอียดพื้นฐานต่างๆ ของระบบ

ภาพว่าเป็นอย่างไร มีระบบการทำงาน ความละเอียดของภาพ หรือ Resolution ขนาดและสัดส่วนของจอภาพ หรือประเภทของสัญญาณภาพก่อน เพื่อที่จะทำให้การออกแบบระบบภาพในห้องให้เกิดความสมบูรณ์แบบและมีประสิทธิภาพสูงสุด ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

3.9.2.1 ความละเอียดของภาพ (Resolution)

ความละเอียดของภาพ หรือ Resolution คือจำนวนของจุดภาพ หรือ พิกเซล (Pixel) ที่ใช้แสดงความหมายของภาพเป็นการแสดงจำนวนพิกเซลในแนวนอนและแนวตั้ง จุดภาพ หรือ พิกเซล เป็นหน่วยพื้นฐานของภาพ คือจุดภาพที่แสดงบนจอแสดงผล หรือ จุดภาพในรูปภาพที่รวมกันเป็นภาพขึ้น โดยในภาพหนึ่งๆ จะประกอบไปด้วยจุดภาพหรือพิกเซลมากมายโดยในแต่ละภาพที่สร้างขึ้นมาจะมีความหนาแน่นของจุดภาพ หรือบางครั้งแทนว่าความละเอียด (ความคมชัด) ที่แตกต่างกันไป จึงใช้ในการบอกคุณสมบัติของภาพ จอภาพ หรือ อุปกรณ์แสดงผลของภาพ ภาพที่มีจำนวนพิกเซลมากจะมีความละเอียดของภาพมากโดยจะแสดงจำนวนพิกเซลในแนวนอนและแนวตั้ง เช่น 1024X 768 อธิบายได้คือ ใช้พิกเซลในแนวนอนจำนวน 1024 พิกเซล และพิกเซลในแนวตั้งจำนวน 768 พิกเซลในการสร้างภาพ ภาพที่เห็นจะมีทั้งหมด 786,000 พิกเซล



ภาพที่ 3.14 ความละเอียดของภาพ

ที่มา : <http://www.avl.co.th/article.php?p=10&id=36>

ในปัจจุบันมีความละเอียดขึ้นมาใหม่คือ 4K หรือ Ultra High Definition เป็นมาตรฐานใหม่ของความละเอียดของ “จอภาพ” โดยมีความละเอียดหน้าจอสำหรับทีวี 4K แบบ Widescreen มีความละเอียดที่ 3840 X 2160 พิกเซล ภาพที่ได้ออกมาประมาณ 8.29 ล้านพิกเซล ซึ่งถ้าดูถึงความแตกต่างจะมีความละเอียดมากกว่าความละเอียดของ 1920 X 1080 (Full HD) โดยความละเอียด 4K เป็นมาตรฐานใหม่ในอุตสาหกรรมภาพยนตร์ทั้งการถ่ายทำด้วยกล้องความละเอียด 4K และจอฉายแบบ 4K และตลอดจนสินค้า ทีวีและโฮมเอ็นเตอร์เทนเมนท์

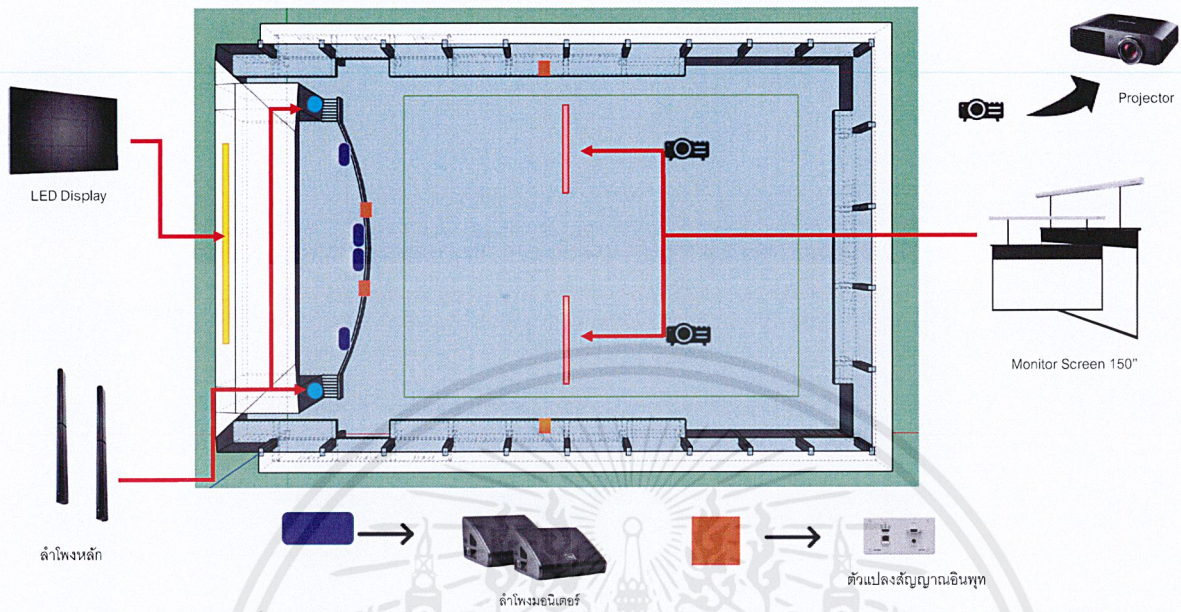
3.9.2.2 ขนาดและสัดส่วนของจอภาพ (Aspect Ratio)

อัตราส่วนภาพ หรือ อัตราส่วนจอภาพ คืออัตราส่วนของความกว้างและความสูง ของภาพซึ่งจะมีอยู่หลายขนาด เช่น อัตราส่วน 1:1 ภาพจะมีความกว้าง 1 ส่วนและยาว 1 ส่วน ภาพที่ได้จะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส อัตราส่วน 4:3 ภาพจะมีความกว้าง 3 ส่วนและยาว 4 ส่วน ภาพจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า อัตราส่วน 16:9 ภาพจะมีความกว้าง 9 ส่วน และยาว 16 ส่วน ขนาดภาพลักษณะนี้เราจะพบได้จากการชมภาพยนตร์หรือที่เรียกว่าจอภาพแบบ Widescreen โดยถ้าดูในส่วนของขนาดจอฉายจะมีอยู่ 3 แบบ ดังนี้

1) Square Format (1:1) หมายถึง ความสูงและความกว้างของเนื้อจอมีขนาดเท่ากัน เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เราจะเรียกจอแบบนี้ว่า จอขนาด 70”x70” หรือ 50”x50”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในทั้งนี้อัตราส่วนของภาพนี้ไม่สามารถบอกได้ว่าภาพมีความคมชัดเท่าใด แต่ความละเอียด (Resolution) ต่างหากจะเป็นตัววัดความคมชัดของการแสดงภาพ



ภาพที่ 3.16 แผนผังการติดตั้งระบบเสียงและโสตทัศนูปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

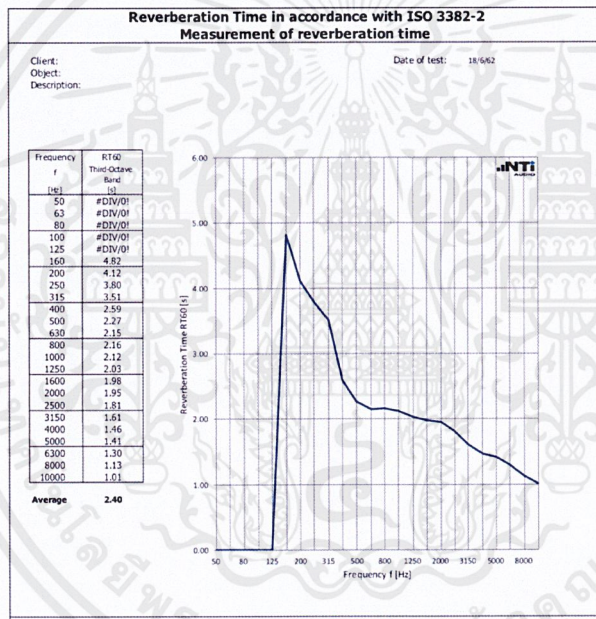
บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลการออกแบบระบบอะคูสติก

4.1.1 ค่า RT60 ก่อนออกแบบ

สำหรับตัวอาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ มีค่า RT60เฉลี่ยที่ 16 ความถี่อยู่ที่ 2.40 วินาที และที่ช่วง 125 Hz ถึง 4000 Hz ดังรูปที่ 3.8 ค่า RT60 ซึ่งสูงเกินกว่าค่าอ้างอิง ทำให้มีผลกระทบให้มีการสูญเสียความชัดเจนของเสียงพูดภายในห้อง ดังนั้นจึงควรเพิ่มการจัดการเกี่ยวกับระบบอะคูสติกภายในห้อง ที่จะมาช่วยลดค่า RT60 ของห้อง ให้มีค่าที่เหมาะสมตรงตามเกณฑ์มาตรฐานที่สามารถรองรับได้โดยเฉพาะย่านเสียงพูด



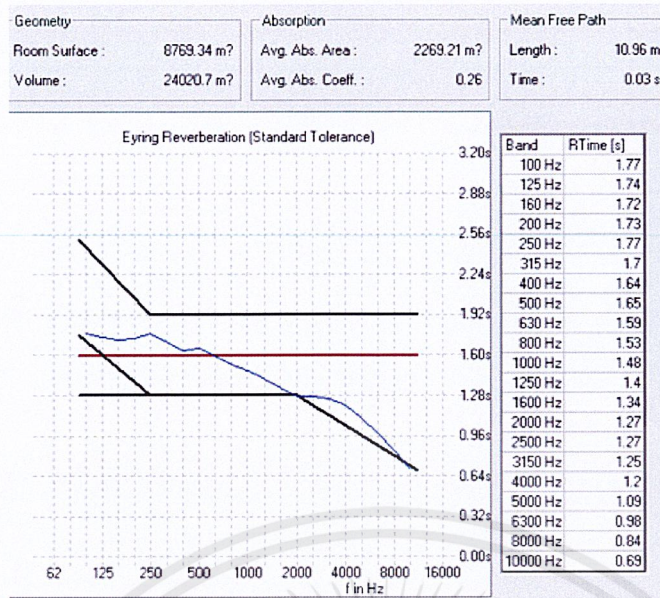
ภาพที่ 4.1 กราฟค่า RT60 ของตัวอาคารก่อนออกแบบ

เกณฑ์ที่นำมาใช้อ้างอิงจะใช้เกณฑ์ของห้อง Multipurpose Auditoriums ซึ่งค่า RT60 ที่ควรจะเป็นจะต้องอยู่ที่ 1.4 ถึง 1.9 วินาที

4.1.2 ค่า RT60 หลังออกแบบ

ผลที่ได้จากการออกแบบตัวอาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ ในครั้งนี้ มีค่า RT60 เฉลี่ยที่ 16 ความถี่อยู่ที่ 1.565 วินาที ที่ช่วง 125 Hz ถึง 4000 Hz ซึ่งมีค่าตรงตามมาตรฐานที่สามารถรองรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

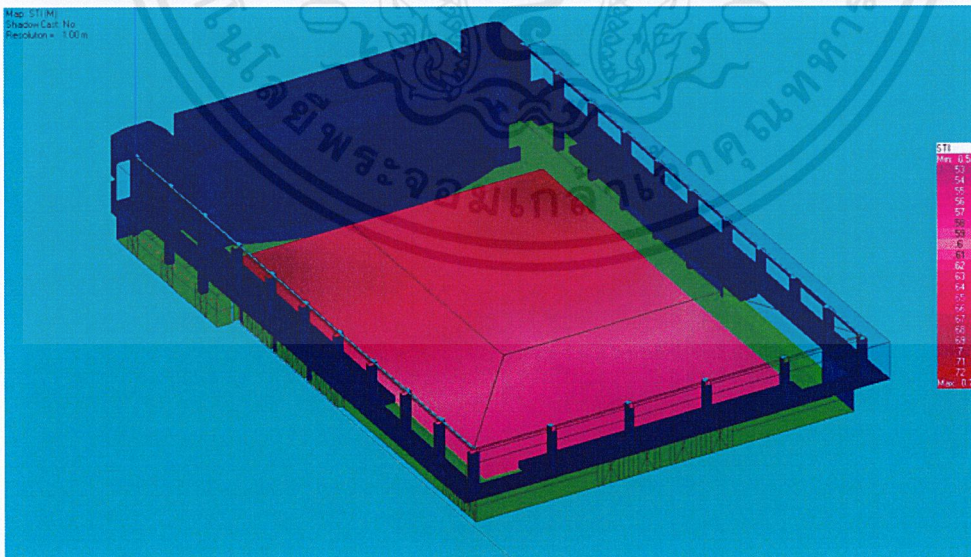


ภาพที่ 4.2 กราฟค่า RT60 ของตัวอาคารหลังจากออกแบบ

4.2 ผลการออกแบบระบบโสตทัศนูปกรณ์

4.2.1 ค่า STI ของอาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริหลังการจำลองระบบเสียง

จากการจำลองการติดตั้งลำโพงภายในห้อง มีค่า STI ต่ำสุดอยู่ที่ 0.57 และมีค่า STI สูงสุดอยู่ที่ 0.71 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.622 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ดี เสียงที่ได้สามารถกระจายได้ทั่วห้อง ผู้ฟังสามารถรับฟังได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 4.3 ค่า STI ภายในอาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ

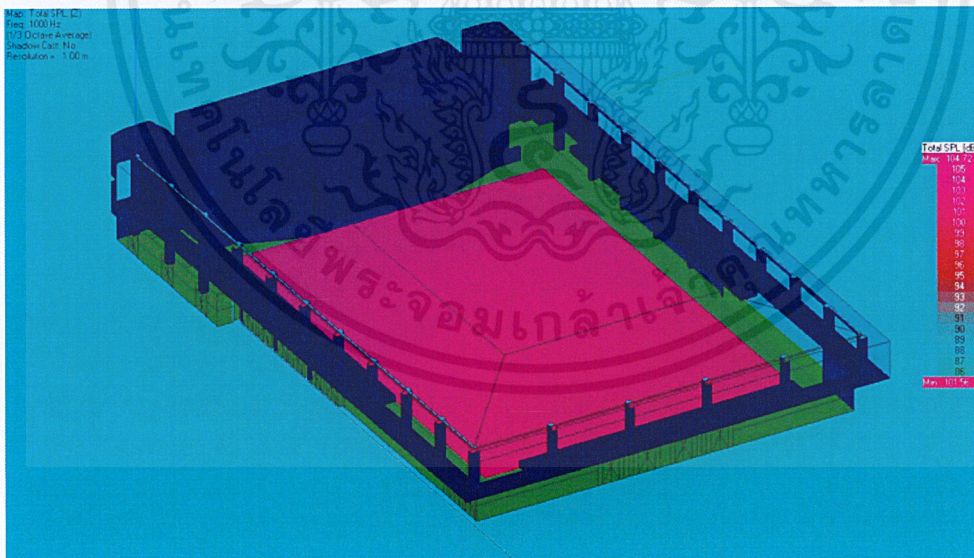
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงข้อมูลค่า STI ภายในตัวอาคาร

4.2.2 ค่า SPL ของอาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริหลังจากการจำลองระบบเสียง

จากการจำลองการติดตั้งลำโพงภายในห้อง ค่า SPL ต่ำสุดจะอยู่ที่ 101.56 dB และสูงสุดอยู่ที่ 104.72 dB ค่าที่ได้นั้นมีความใกล้เคียงกัน จึงสามารถระบุได้ว่า ห้องหลังจากการออกแบบลำโพงสามารถกระจายได้ทั่วทุกจุดอย่างสม่ำเสมอ



ภาพที่ 4.5 ค่า SPL ภายในอาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การออกแบบระบบอะคูสติกภายในและติดตั้งระบบโสตทัศนูปกรณ์ในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างคุณภาพเสียงที่ดีของอาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยทำการวัดค่า RT60 ,NC และ STI ในการออกแบบระบบอะคูสติกมีการเปรียบเทียบค่า RT60 ก่อนนออกแบบและหลังออกแบบ ค่าที่ได้ก่อนออกแบบมีค่าสูงเกินกว่าค่าอ้างอิงหรือค่ามาตรฐานที่รองรับ ส่งผลกระทบให้เกิดการสูญเสียความชัดเจนของเสียงพูดภายในห้อง โดยแบ่งการออกแบบระบบอะคูสติกออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) ออกแบบผนังกันเสียงรบกวนจากภายนอก เพื่อควบคุมไม่ให้เสียงรบกวนจากภายนอกเข้ามาภายในห้อง 2) ออกแบบผนังภายในเพื่อควบคุมเสียงภายในห้องให้มีค่าเหมาะสมกับการทำงาน ดังนั้นการออกแบบระบบอะคูสติกเพื่อช่วยปรับค่า RT60 ภายในห้องให้เหมาะสม ลดเสียงรบกวนทั้งภายนอกและภายในห้อง ลดปัญหาความก้องสะท้อนของเสียงภายในห้องและสามารถเพิ่มบรรยากาศในการทำงานและพัฒนาคุณภาพการทำงานให้ดีขึ้น ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานของห้องอเนกประสงค์มีค่าที่ดีที่สุดอยู่ในช่วง 1.4 – 1.9 วินาที และค่าความชัดเจนของเสียงในการทำงานลักษณะการบรรยาย ควรอยู่ที่ 0.6 ขึ้นไปซึ่งจะอยู่ในเกณฑ์ดี

เมื่อเราสามารถลดปัญหาเสียงรบกวนและเสียงก้องสะท้อนภายในห้องได้แล้ว เราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรับฟังเสียงได้มากขึ้นโดยการติดตั้งระบบโสตทัศนูปกรณ์หรือติดตั้งระบบเสียงให้กับห้อง เพื่อเพิ่มความชัดเจนในการรับฟังข่าวสาร ซึ่งห้องที่มีขนาดกว้างอย่างห้องของอาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริจำเป็นต้องติดตั้งลำโพงที่มีกำลังขับย่านเสียง ครบคลุมทุกพื้นที่ เพื่อช่วยให้การรับฟังข่าวสารในการบรรยายหรืออภิปรายสามารถได้รับข่าวสารอย่างครบถ้วนและถูกต้องและมีการติดตั้งระบบภาพเพื่อการนำเสนองานได้อย่างครบถ้วน มีความสมบูรณ์ทั้งระบบภาพและเสียงส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานและการนำเสนองานสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วขึ้นด้วยเทคโนโลยีการนำเสนอภาพที่ทันสมัยควบคู่กับการติดตั้งระบบเสียงที่สมบูรณ์ ดังนั้นการออกแบบระบบอะคูสติกภายในและติดตั้งระบบโสตทัศนูปกรณ์ในครั้งนี้ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด ทั้งด้านการปรับปรุงห้องให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีค่ามาตรฐานทางอะคูสติกที่เหมาะสมกับห้อง รวมถึงการติดตั้งระบบภาพและเสียงที่ดี ส่งผลให้การทำงานภายในห้องมีความสมบูรณ์แบบเพิ่มมากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

ผลจากการทำโครงการสหกิจศึกษาในหัวข้อโครงการการออกแบบคูสติคและทัศนูปกรณ์ของหอประชุมอเนกประสงค์ ณ อาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์(บางเขน) ในครั้งนี้ ผู้จัดทำโครงการมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ควรเพิ่มจำนวนครั้งในการวัดเสียง ณ สถานที่จริงให้มากขึ้น และวัดค่าเสียงในเวลาทำการปกติ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการออกแบบห้อง
2. ตรวจสอบค่าดูดซับเสียงของวัสดุที่ใช้จริงกับค่าที่ระบุไว้ในโปรแกรมให้สอดคล้องกัน เพื่อให้ได้ผลการออกแบบตรงตามที่ต้องการ ไม่ผิดพลาด
3. ควรมีแปลนแต่ละส่วนของห้องอย่างชัดเจน เนื่องจากการวัดด้วยตัวเองค่าที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อน ทำให้การออกแบบมีค่าที่ผิดพลาดจากความเป็นจริงได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- AVL Design Community. (2562). คำวิจารณ์ของเสียงที่มีผลต่อการใช้งานของห้องประชุม. ค้นเมื่อ 19 พฤศจิกายน 2562, จาก <http://www.avl.co.th/article.php?p=10&id=23>
- AVL Design Community. (2562). พื้นฐานของระบบและสัญญาณภาพ. ค้นเมื่อ 21 พฤศจิกายน 2562, จาก <http://www.avl.co.th/article.php?p=10&id=36>
- สมรรถ บุนยรัตพันธุ์. อุโฆษวิทยา สถาปัตยกรรม. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 263 113 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ชัชวาล กิมเท, Product Specialist, LEGA Corporation. (2562). เครื่องวัดเสียง (Sound Level Meter). ค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2562, จาก <https://legatool.com/wp/3228/>
- Maple Integration. (2562). ค่าการสูญเสียการส่งผ่านเสียง (Sound transmission loss, TL). ค้นเมื่อ 27 พฤศจิกายน 2562, จาก http://mapleintegration.com/sound_transmission2.php
- SciMath. (2562). ฟิสิกส์รอบตัว ตอน ฉนวนกันเสียง ค้นเมื่อ 29 พฤศจิกายน 2562, จาก <https://www.scimath.org/lesson-physics/item/7309-2017-06-14-15-27->

55

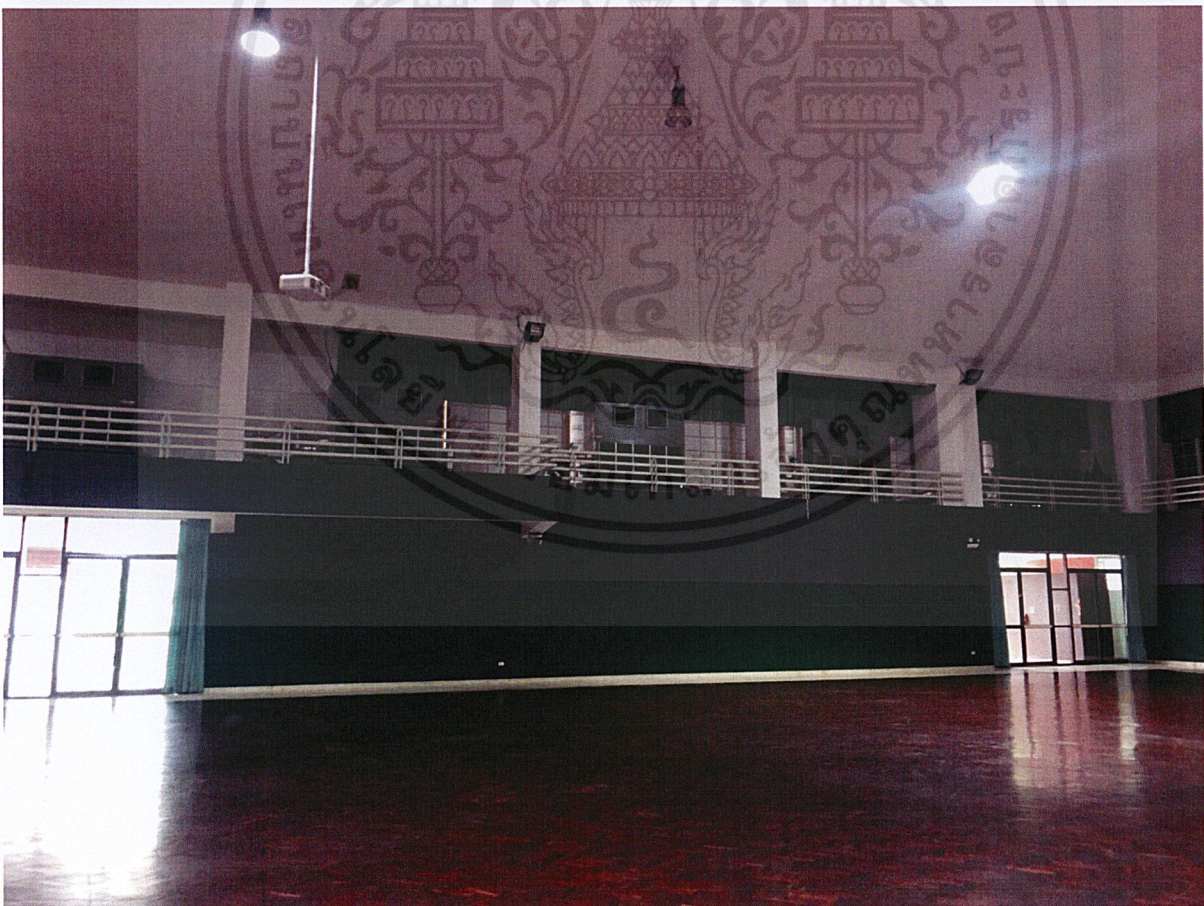
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาพสถานที่จัดทำโครงการและการวัดค่าเสียง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้