รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ออกแบบอตูสติกห้องบันทึกเสียงโฟลี่และอุปกรณ์ในการสร้างเสียงเสมือนสำหรับอุตสาหกรรมภาพยนตร์

Design Foley room and Equipment to create virtual sounds for the movie industry

นายภูมิทัศน์ ถาวรกิจ
นายสมประสงค์ เป้ามีพันธ์

ภาควิชาวิศวกรรมดนตรีและสื่อประสม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ออกแบบอตูสติกห้องบันทึกเสียงโฟลี่และอุปกรณ์ในการสร้างเสียงเสมือนสำหรับอุตสาหกรรมภาพยนตร์

Design Foley room and Equipment to create virtual sounds for the movie industry

นายภูมิทัศน์ ถาวรกิจ
นายสมประสงค์ เป้ามีพันธ์

ภาควิชาวิศวกรรมดนตรีและสื่อประสม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา ออกแบบอคูสติกห้องบันทึกเสียงโฟลี่ และอุปกรณ์ในการสร้างเสียงเสมือน สำหรับอุตสาหกรรมภาพยนตร์

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายภูมิทัศน์ ถาวรกิจ และ นายสมประสงค์ เป้ามีพันธ์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมดนตรีและสื่อประสม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ นายพลสิทธิ์ ทินกร ณ อยุธยา

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายไตรเทพ วงศ์ไพบูลย์

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท กันตนา ซาวด์ สตูดิโอ จำกัด

บทคัดย่อ

โครงงานสหกิจศึกษานี้เกิดขึ้นจากทาง บริษัท กันตนา ซาวด์ สตูดิโอ จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการทำโพสโปรดักชั่นที่เกี่ยวกับเสียงประกอบภาพยนตร์แบบครบวงจร ได้มีโครงการที่จะทำการสร้างเพื่อขยายห้องบันทึกเสียงสตูดิโอเพิ่มเติมให้ตอบรับกับภาระงานที่มากขึ้นของทางบริษัท ซึ่งในฝ่ายที่นักศึกษาปฏิบัติงานขณะทำสหกิจศึกษา คือ ฝ่ายผลิตเสียงโฟลี่ ซึ่งทางบริษัทเห็นว่าภาระงานภายในฝ่าย มีการขยายตัวจึงจำเป็นต้องทำการสร้างห้องบันทึกเสียงโฟลี่เพิ่มเติม และบวกกับทางภาควิชาวิศวกรรมดนตรีและสื่อประสม ได้มีรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและแก้ไขอคูสติกขอองพื้นที่ต่างๆ จึงนำมาซึ่งหัวข้อโครงงานสหกิจศึกษาขึ้นมาในหัวข้อ ออกแบบอคูสติกห้องบันทึกเสียงโฟลี่ และอุปกรณ์ในการสร้างเสียงเสมือนสำหรับอุตสาหกรรมภาพยนตร์ โดยรายละเอียดของโครงงานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนของการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอคูสติกของห้องบันทึกเสียงโฟลี่และการวัดเพื่อนำค่ามาประกอบการออกแบบ ในส่วนโครงสร้างของห้องบันทึกเสียงโฟลี่ และ ในส่วนของการรวบรวมข้อมูลลักษณะของห้องโฟลี่จากแหล่งต่างๆและสำรวจความต้องการจากทีมโฟลี่ของทางบริษัท เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้งานภายในห้องบันทึกเสียงโฟลี่รวมถึงคำนวณหาพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ทำการออกแบบมาให้ไม่มีผลกระทบกับอคูสติกของห้องบันทึกเสียงโฟลี่ ซึ่ง ผลงานของโคงงานสหกิจนี้ออกมาเป็น ผลที่ได้จากการสำรวจและรวบรวมข้อมูลนำมาคำนวณสรุปผลในส่วนโครงสร้างของห้องบันทึกเสียงโฟลี่ และ แปลนที่ออกแบบอุปกรณ์และตำแหน่งของการวางอุปกรณ์ต่างๆ ภายในห้องบันทึกเสียงโฟลี่

คำสำคัญ : เสียงประกอบภาพยนตร์ ออกแบบอคูสติก ห้องบันทึกเสียงโฟลี่ ส่วนโครงสร้าง การออกแบบอุปกรณ์ภายใน

Co-operative Title: Design Foley room and Equipment to create virtual sounds for the movie industry.

Student Intern Name: Mr. Pumitat Thavornkij and Mr. Somprasong Paomephan

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

Advisor Name: Mr. Phonlasit thinnakorn na ayuthaya

Mentor: Mr. Traithep Wongpaivboon

Company : Kantana Sound Studio Co., Ltd.

ABSTRACT

This co-educational project is based on the Kantana Sound Studio Co., Ltd., a company that is engaged in the production of post-production sound. There are projects to be built to expand the recording studio to accommodate the increased workload of the company. In the department that students work in cooperative education is the production Foley sound. As the company saw that the workload within the department was expanding, it was necessary to create a recording studio and positive with the Department of Music and Multimedia Engineering. There are courses related to the design and modification of acoustics the topic of co-operative education in the subject. Foley acoustical design and equipment to create virtual sound for the film industry. The details of the project are divided into 2 main parts. It is a collection of information related to the design of Foley room acoustics and measurements to design the structure of the Foley room and the collection of Foley room characteristics from various sources and surveys, and to explore the needs of the company's Foley team to provide information on the design of the equipment used in the Foley room, as well as to determine the appropriate positioning of equipment designed to have no impact. With the acoustics of the room Foley. The result of the survey and data collection is summarized in the structure of Foley room and flange, the design, equipment and position of the equipment in the room Foley.

Keywords : soundtrack, Acoustic design, Foley room structure, interior design

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานสหกิจ จะเสร็จสมบูรณ์ไม่ได้เลยถ้าไม่มีบุคคลผู้ซึ่งสนับสนุนและเป็นที่ปรึกษาตลอดโครงงานสหกิจ อันดับแรกต้องขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่มีโครงการสหกิจศึกษาทำให้นักศึกษาให้มีโอกาสได้ฝึกฝนและได้รับประสบการณ์ในการทำงานร่วมกับองค์กรทั้งรัฐ รัฐวิสหกิจ และเอกชนต่างๆ ซึ่งถือว่าเป็นการเรียนรู้นอกห้องเรียนอย่างแท้จริง และลำดับต่อมาต้องขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมดนตรีและสื่อประสมที่เขียนหลักสูตรออกมาให้สามารถเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษาได้ ลับดับต่อมาต้องขอขอบพระคุณ บริษัท กันตนา ซาวด์ สตูดิโอ จำกัด ที่รับเข้าในการปฏิบัติงานในนามโครงการสหกิจศึกษา โดยได้เข้าทำในฝ่ายโฟลี่ ขอขอบพระคุณทีมงานโฟลี่ทุกคนที่ช่วยฝึกฝนทำให้เพิ่มพูนความสามารถและได้เรียนรู้ความเป็นมาเทคนิคและกระบวนการในการทำงานที่นำมาประยุกต์ในการทำโครงงานสหกิจศึกษาให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ รวมถึงพนักงานฝ่ายบุคคลที่ทำหน้าที่ติดต่อประสานงานระหว่างทางบริษัทกับทางสถาบันฯ ตามขั้นตอนกระบวนการที่ทางโครงการสหกิจศึกษากำหนดไว้ให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ตามกฎเกณฑ์สถาบันฯ และขอขอบพระคุณ นายไตรเทพ วงศ์ไพบูลย์ กรรมการผู้จัดการบริษัท กันตนา ซาวด์ สตูดิโอ จำกัด เป็น ผู้นิเทศงานหรือที่ปรึกษาโครงงานสหกิจของฝั่งบริษัท ที่ให้คำปรึกษาในการดำเนินการทำโครงงานสหกิจครั้งนี้เป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณ นายพลสิทธิ์ ทินกร ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมดนตรีและสื่อประสม ซึ่งเป็น อาจารย์นิเทศหรือที่ปรึกษาโครงงานสหกิจศึกษาของฝั่งสถาบันฯ ที่ให้คำแนะนำในการทำโครงงานสหกิจครั้งนี้เป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ บิดามารดา ที่คอยสนับสนุนในด้านค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาบริษัทฯและค่าใช้จ่ายอื่นๆ ขอขอบพระคุณอย่างสูง

(นายภูมิทัศน์ ถาวรกิจ และ นายสมประสงค์ เป้ามีพันธ์)

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญ (ต่อ).....จ
สารบัญตาราง.....ฉ
สารบัญภาพ.....ช
สารบัญภาพ (ต่อ).....ซ
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....1
1.3 ขอบเขต.....2
1.4 วิธีดำเนินการ.....2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 Foley(โฟลี่) คืออะไร.....3
2.2 เสียง คืออะไร.....3
2.3 Room Mode คืออะไร.....9
2.4 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficient, SAC).....10
และค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC).....10
2.5 เวลาการสะท้อนกลับของเสียงสะท้อน (Reverberation time 60, RT 60).....10
2.6 ระดับความดันเสียง (Sound Pressure Level, LP, SPL).....12
2.7 ระดับเสียงเวจท์ (Weighted sound level).....13
2.8 ดัชนีการส่งผ่านเสียงพูด (Speech Transmission Index: STI).....14
2.9 เกณฑ์ของเสียงรบกวน หรือ ค่าระดับเสียงพื้นฐานภายในอาคาร (Noise Criteria ,NC).....14
2.10 ค่าการสูญเสียการส่งผ่านเสียง (Transmission loss, TL) และ.....16
ระดับการส่งผ่านของเสียง (Sound Transmission Class, STC).....16
2.11 กฎกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law).....17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....18
3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง.....18
3.2 ปัญหาที่พบในห้อง Foley.....21
3.3 การออกแบบภายใน.....22
3.4 การออกแบบโครงสร้าง.....28
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....39
4.1 การออกแบบภายใน.....39

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 การออกแบบโครงสร้าง....47
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ....53
5.1 สรุปผลการทดลอง....53
5.2 ข้อเสนอแนะ....54
บรรณานุกรม....55

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 มาตราฐานของ NC โดย A-Weighted....14
2.2 มาตราฐานของ NC ความดังที่เหมาะสม....15
2.3 ตารางกราฟของ STC....17
3.1 ความถี่ของสำคัญที่ควรวัด STC และค่า dB ของกราฟ STC....30
3.2 พื้นที่ผิวของด้านต่างๆ....38
4.1 ค่า Room mode ที่คำนวณได้....42
4.2 ตารางค่า การส่งผ่าน (TL)....49
4.3 ค่าการวัด dBA พื้นที่ต่างๆ....51

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 รูปแสดงการหาค่า RT60....11
2.2 แผนภูมิแสดงค่าระดับเสียงต่างๆ ที่ถูกเวจท์....13
2.3 ห้อง 2 ห้องใช้ในการทดลอง....16
3.1 Icon Sketch up....18
3.2 Interface ของ Sketch up....18
3.3 Icon EASE....19
3.4 Interface ของ EASE....19
3.5 Icon Matlab....20
3.6 Interface ของ Matlab....20
3.7 ห้อง Foley 1....21
3.8 ห้องโฟลี่ของ SKYWALKER SOUND....22
3.9 ห้องโฟลี่ของ FOX STUDIOS....22
3.10 ห้องโฟลี่ของ CINELAB....23
3.11 ห้องโฟลี่ของ HACIENDA POST....23
3.12 ห้องโฟลี่ของ HACKENBACKER AUDIO POST PRODUCTION....24
3.13 ห้องโฟลี่ของ MUSICROOM STUDIOS....24
3.14 ห้องโฟลี่ของ PARK ROAD POST PRODUCTION....24
3.15 ห้องโฟลี่ของ PINEWOOD....25
3.16 ห้องโฟลี่ของ SOUTH AUSTRALIAN FILM....25
3.17 ห้องโฟลี่ของ TOHO STUDIOS....26
3.18 ห้องโฟลี่ของ WARNER BROS. 26
3.19 โครงสร้างตึกใหม่ทั้งหมด....28
3.20 รูปภาพจำลองห้องและลำโพงในโปรแกรม....29
3.21 แบบจำลองห้องในโปรแกรม Sketchup....29
3.22 ทำการวัดเสียงจากภายนอกและภายใน ตามลำดับ....30
3.23 โครงสร้างกำแพงใหม่....31
3.24 ณ ตำแหน่งที่ 1 - 3....32
3.25 ณ ตำแหน่งที่ 4 – 7 และภาพประกอบสถานที่จริง....32
3.26 ภาพประกอบสถานที่จริงหน้าตึก Sound Studio Katana....33
3.27 รูปการวัดค่าในห้อง Mix room และ หน้าห้อง Mix room ตามลำดับ....34
3.28 แปลงโครงสร้าง....34
3.29 รูปการณ์วัดค่า Air compressor....35
3.30 รูปห้อง Foley ใหม่....36
3.31 ตำแหน่งการจัดวางวัสดุ....36
3.32 รูป Studiofoam Pyramis....37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.33 Bass Trap....37
4.1 ตำแหน่งที่ไม่เกิดปัญหาของแต่ละความถี่ของ Room mode....43
4.2 แปลนที่ 1....43
4.3 แปลนที่ 2 และ แปลนที่ 3 ตามลำดับ....44
4.4 แบบแปลนโดยรวม....44
4.5 แบบพื้นปูนมัน....45
4.6 แบบพื้นที่ส่วน Footstep....45
4.7 แบบพื้นปูนมัน....46
4.8 แบบบ่อน้ำ....46
4.9 กราฟแสดง SPL ความดังในแต่ละความถี่....47
4.10 ค่า SPL ในแต่ละพื้นที่ จากจุดกำเนิดด้านซ้ายบน....47
4.11 ผลของค่า STI ในห้อง Foley....48
4.12 ค่า STI ในแต่ละพื้นที่ ในห้อง Foley....48
4.13 กราฟ TL....50
4.14 กราฟ STC และ TL ได้ค่า STC 47....50

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันธุรกิจทางด้านความบันเทิงขยายตัวมากขึ้น ซึ่งหนึ่งในธุรกิจที่ขยายตัวอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วคือ ธุรกิจภาพยนตร์ ซึ้งจำนวนเงินลงทุนค่อนข้างสูงจึงส่งผลกับผลงานที่ออกมาให้มีประสิทธิภาพไปตามตัวแปรของจำนวนเงินที่ลงทุนตามไปด้วย ประกอบกับกระบวนการในการผลิตภาพยนตร์ในส่วนของเสียงประกอบภาพยนตร์ เป็นหนึ่งในกระบวนการที่สำคัญในการผลิตภาพยนตร์แต่ละเรื่อง ซึ่งหนึ่งในรายละเอียดย่อยของกระบวนการผลิตเสียงประกอบภาพยนตร์ คือ ฝ่ายผลิตเสียงโฟลี่ ถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในกระบวนการผลิตเสียงประกอบภาพยนตร์ และต้องการเสียงที่มีคุณภาพโดยสถานที่ในการประกอบเสียง คือ ห้องบันทึกเสียงโฟลี่ซึ่งเป็นห้องที่ต้องใช้คุณภาพของอคูสติกที่สูงหรือห้องที่มีความเงียบพอเหมาะสมในการทำงาน และพอดีกับทางบริษัทที่ได้ไปทำโครงการสหกิจศึกษาเป็นบริษัทที่ประกอบธุรกิจในการทำเสียงประกอบภาพยนตร์แบบครบวงจร และได้ฝึกในฝ่ายผลิตเสียงโฟลี่ โดยทางบริษัทมีโครงการที่จะขยายพื้นที่ในการทำงานให้เพียงพอกับภาระงานที่ทางบริษัทรับมาทำ มีแนวโน้มขยายตัวมากขึ้น จึงเกิดเป็นหัวข้อโครงงานสหกิจศึกษาในชื่อว่า ออกแบบอคูสติกห้องบันทึกเสียงโฟลี่ และอุปกรณ์ในการสร้างเสียงเสมือนสำหรับอุตสาหกรรมภาพยนตร์

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อบรรลุตามวัตถุประสงค์ของทาง บริษัทที่มีโครงการที่จะขยายพื้นในการปฏิบัติงานเพิ่มเติม ซึ่งนี้ก็ตรงกับจุดประสงค์ที่ทางโครงการสหกิจศึกษา ให้มีโครงงานที่เป็นประโยชน์กับทางบริษัทและเป็นโครงงานที่ทางนักศึกษาสามารถกระทำได้และมีความเหมาะสมกับช่วงระยะเวลาตลอดโครงการสหกิจ-ศึกษา และในการทำโครงงานไม่ว่าจะเป็นหัวข้อใดก็ตาม สิ่งที่ได้นั้นคือ ความรู้ในการศึกษาของหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน ซึ่งหัวข้อที่ทำเกี่ยวกับการวัดทดสอบและรวบรวมข้อมูลเพื่อประมวลผลออกมาเป็นค่าในเชิงวิศวกรรมด้านอคูสติกและนำค่านั้นไปเพื่อแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้นและการออกแบบอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นในการใช้งานภายในห้องแต่ก็ยังคงอิงกฎเกณฑ์ทางด้านวิศวกรรมในการออกแบบเพื่อให้ไม่กระทบกับด้านอคูสติกของห้องด้วย แต่อย่างไรก็ตาม ยังคงยึดหลักให้มีความสะดวกต่อผู้ใช้งานเช่นกัน

1.3 ขอบเขต

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของห้องบันทึกเสียงโฟลี่ทั้งของ บริษัทฯและจากห้องบันทึกเสียงโฟลี่จากที่ต่างๆ นำมาเป็นข้อมูลประกอบในการทำการออกแบบอคูสติกของห้องบันทึกเสียงโฟลี่ที่จะทำการสร้างขึ้นใหม่ หลังจากนั้นทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบด้านอคูสติกเพื่อแก้ไขและส่วนของการออกแบบอุปกรณ์ภายใน และจัดทำแบบสอบถามเกี่ยวกับการจัดสร้างห้องบันทึกเสียงโฟลี่ใหม่ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบทั้งในเชิงอคูสติกและการออกแบบ หลังจากนั้นทำการนำเอาทฤษฎีที่ได้ทำการศึกษาและแบบสอบถามมาทำการคำนวณและทดสอบในเชิงอคูสติกให้ได้ค่าออกมา เพื่อนำไปออกแบบในส่วนของโครงสร้าง รวมถึงและในส่วนของการออกแบบอุปกรณ์ภายในเช่นกัน และนำข้อมูลที่ได้ทั้งสองส่วนเสนอ ผู้นิเทศงานและอาจารย์นิเทศ เพื่อขอข้อเสนอแนะและนำไปแก้ไขเพิ่มเติม โดยระยะเวลาในการทำโครงงานสหกิจ จำนวน 6 เดือน

1.4 วิธีดำเนินการ

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ปัญหาที่พบในห้อง Foley

1.4.3 การออกแบบภายใน

1.4.4 การออกแบบโครงสร้าง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้รับความรู้จากการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีในด้านการออกแบบและทดสอบอคูสติก และ ด้านการออกแบบอุปกรณ์ภายในห้องบันทึกเสียงโฟลี่

1.5.2 ได้รับความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับศาสตร์ทางด้านการทำเสียงประกอบภาพยนตร์ ในส่วนของฝ่ายการผลิตเสียงโฟลี่

1.5.3 ได้ฝึกฝนกระบวนการในการทำงานร่วมกันในการประสานงานแต่ละฝ่ายภายในขั้นตอนในการทำโครงงานสหกิจศึกษา ทั้งในการสืบค้นข้อมูล ประสานงาน ขอข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและแก้ไข เป็นต้น

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Foley(โฟลี่) คืออะไร

เป็นหนึ่งในประเภทเสียงประกอบในอุตสาหกรรมการผลิตภาพยนตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญกระบวนการหนึ่งในขั้นตอนการผลิตเสียงประกอบภาพยนตร์ และทำไมถึงต้องมีเสียงประกอบโฟลี่ เพราะในกระบวนการในขั้นตอนการถ่ายที่ไม่สามารถเก็บเสียงได้ทุกเสียงที่เกิดขึ้นในแต่ละฉากถ้าเก็บได้เสียงนั้นก็คุณภาพไม่ดีพอจึงต้องมาทำการทำโฟลี่ใหม่ทั้งหมด ซึ่งเสียงเหล่านั้นประกอบด้วยเสียงเดิน เสียงอุปกรณ์ต่างๆในฉาก เสียงเสื้อผ้า เป็นต้น ซึ้งหลักการที่สำคัญในการทำเสียงประกอบโฟลี่นั้นต้องทำให้เป็นธรรมชาติไม่ให้ผู้รับชมจับได้ว่าเป็นการทำเสียงประกอบขึ้นมาใหม่เพราะเสียงที่ทำออกมานั้นไม่เป็นไปตามภาพที่ปรากฏออกมาในฉากนั้นๆ ประวัติของ Foley โดย Jack Donovan Foley เกิดและเป็นผู้ที่คิดริเริ่มทำงานเสียงประกอบภาพยนตร์ ซึ่งถือเป็น Foley Artist คนแรกของโลก ในปี ค.ศ. 1891 ต่อมา เริ่มทำงานใน ค่าย Universal เมื่อค่ายหนังคู่แข่ง อย่าง Warner Bros. ได้ผลิตหนังที่มีเสียงประกอบเป็นเรื่องแรก ชื่อเรื่องว่า The Jazz Singer ค่าย Universal ต้องคิดหาทางที่จะมีความก้าวหน้าในปี ค.ศ.1914 ต่อมา การพัฒนา ปรับปรุง วงการอุตสาหกรรมภาพยนตร์เรื่องแรกที่ Jack ได้ทำคือเรื่อง Show Boat ซึ่งถือเป็นหนังเรื่องแรกที่มีการทำโฟลี่เรื่องแรกของโลกในปี ค.ศ.1928 และเมื่อ ปี ค.ศ.1967 Jack Donovan Foley เสียชีวิตที่ Los Angeles, California.

2.2 เสียง คืออะไร

เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนหรือการสั่นสะเทือนเป็นอนุกรม แล้วเคลื่อน ที่ผ่านตัวกลางที่เป็นอากาศ ทุกอย่างสามารถเกิดการสั่นสะเทือนได้ คลื่นยังใช้อ้าง อิงถึงแหล่งกำเนิดเสียง แหล่งกำเนิดอาจจะเป็นวัตถุพวกสาย ระฆัง โลหะ เสียงคน สัตว์หรือทุกอย่างที่ก่อกำเนิดการสั่นสะเทือนในช่วงที่หูคนเราสามารถได้ยิน ลองนึกภาพการโยนก้อนหินลงในน้ำ ก้อนหินเปรียบเสมือนแหล่งกำเนิด มันจะสร้างให้น้ำเกิดการกระเพื่อมเป็นอนุกรม การกระเพื่อมก็คือตำแหน่งคลื่นที่มีความหนาแน่นของโมเลกุลที่ถูกดึงไว้ด้วยกัน ขณะเดียวกันก็มีส่วนที่โมเลกุลถูกขยาย ซึ่งบริเวณนี้จะมีลักษณะอ้วนหนา การเดินทางของเสียงจะมีลักษณะคล้ายกับการบีบอัดและผ่อนคลาย ในช่วงที่เกิดการบีบอัดหรือคอมเพรสชัน บริเวณนั้นจะมีความหนาแน่นของโมเลกุลสูง เพราะถูกดึงไว้ด้วยกัน และส่วนที่ผ่อนคลายระดับความหนาแน่นของโมเลกุลจะเบาบางเนื่องจากถูกผลักออกจากกัน หรือเรียกส่วนนี้ว่า**การขยาย** ในคลื่นนั้น บริเวณส่วนที่มีการคอมเพรสชันสูงจะมีความดันสูง และส่วนที่ผ่อนคลายจะมีความดันต่ำ คุณสมบัติสำคัญที่ทำให้เกิดคลื่นเสียงนั้นมี 7 อย่าง อาทิ แอมพลิจูด, ความถี่, เฟส, ความเร็ว, ความยาวคลื่น, ฮาร์มอนิก และเอ็นเวลอป การเข้าใจคุณสมบัติพื้นฐานของเสียงทั้ง 7 อย่าง จะช่วยให้เราเข้าใจระบบการบันทึกเสียง ระบบเสียง PA และก้าวมาเป็นซาวด์เอ็นจิเนียร์ ซึ่งทำหน้าที่มิกซ์เสียง และยังเป็นการเพิ่มพูนความรู้เกี่ยวกับเสียง สามารถอธิบายเรื่องของเสียงได้อย่างมีเหตุมีผล แม้ว่าเสียงโดยทั่วไปจะมีความซับ ซ้อนมากกว่าแค่คลื่นไซน์เวฟ แต่คลื่นเสียงจะประกอบด้วยคุณสมบัติสำคัญทั้ง 7 อย่างที่กล่าวมา อันที่จริงท่านรู้จักและคุ้นเคยกับแอมพลิจูดและความถี่เสียงจากชีวิตประจำวันอยู่แล้ว ถ้าท่านเคยปรับแต่งโทนเสียงของเครื่องเล่นสเตอริโอในบ้าน

เครื่องขยายเสียง ผลลัพธ์ของเสียงที่เปลี่ยนไปล้วนเกี่ยวข้องกับแอมพลิจูดและความถี่เสียงทั้งสิ้น เช่นการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความดังจะเกี่ยวกับเรื่องแอมพลิจูด การปรับทุ้มแหลมเป็นเรื่องความถี่ หรือช่วงของย่านความถี่ จะเห็นว่าสองสิ่งนี้เป็นคุณสมบัติพื้นฐานสำคัญของคลื่นเสียง และเป็นคุณสมบัติที่เหล่าบรรดาซาวด์เอ็นจิเนียร์จะอยู่กับมันไปตลอด มีคุณสมบัติอีกสองอย่างที่ช่วยให้คนเราสามารถแยกแยะแต่ละเสียงได้นั่นคือฮาร์มอนิกและเอ็นเวลอป และคุณสมบัติอีก 3 อย่างที่เป็นพื้นฐานคลื่นเสียงทุกเสียงนั่นคือ ความเร็ว, ความยาวคลื่นและเฟส คุณสมบัติเหล่านี้ใช้บอกเราว่า คลื่นเสียงเดินทางในอากาศอย่าง ไร ลักษณะทางกายภาพของคลื่นเคลื่อนตัวไประยะกี่เมตรต่อรอบ และเฟสของคลื่นเป็นอย่างไร

แอมพลิจูด เป็นความสูงของคลื่นเสียงมีความสัมพันธ์กับค่าโวลุ่ม เมื่อเครื่องเล่นสเตอริโอ เพาเวอร์แอมป์ หรือโทรทัศน์ ถูกปรับโวลุ่มขึ้นหรือลง แอมพลิจูดของเสียงจะมีการเพิ่มขึ้นและลดลง ส่งผลให้เสียงมีความดังขึ้นหากแอมพลิจูดสูงขึ้น ตรงกันข้ามถ้าเสียงเบาลงหรือเงียบแปลว่าแอมพลิจูดลดลง หากแอมพลิจูดมีค่าสูง นอกจากจะทำให้เสียงดังขึ้นแล้วยังทำให้ค่า SPL (Sound Pressure Level) เพิ่มขึ้นอีกด้วย สำหรับแอมพลิจูดมีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB) คนจำนวนมากอาจจะบอกว่าเสียงนี้ดังประมาณ 3dB ซึ่งนั่นคือการระบุถึงแอมพลิจูด หูของคนเราสามารถรับรู้การเปลี่ยน ระดับความดังที่มีค่าแอมพลิจูดน้อยๆ ได้ การเพิ่มขึ้นของแอมพลิจูดในทางปฏิบัติมักจะพูดกันว่า "บูสต์" (Boost) และการลดระดับแอมพลิจูดมักจะใช้คำว่า "คัต" (Cut) คำว่าโวลุ่มอันที่จริงเป็นส่วนย่อยๆ ของการอ้างอิงถึงแอมพลิจูด ภาษาซาวด์เอ็นจิเนียร์มักจะพูดว่า "บูสต์ 3dB" หรือ "คัต 3dB" การเขียนเพื่อระบุการเพิ่มขึ้นหรือลดลงแอมพลิจูดนั้น จะใช้เครื่องหมายกำกับไว้ด้านหน้า เช่นการใช้เครื่องหมายบวกคือ +3dB หรือใช้เครื่องหมายลบคือ -3dB "เฮ้! บูสต์ย่าน 1kHz +3dB" กิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันของคนเรา จะให้ค่าระดับความดังในหน่วยเดซิเบลที่แตกต่างกัน ระดับ 0dB จะเป็นระดับเสียงเงียบหรือใกล้เงียบ ระดับ 40-50dB เป็นระดับเสียงบรรยากาศในห้องปกติ ระดับ 50-60dB เสียงกระซิบ ระดับ 60-75dB เป็นเสียงสนทนาทั่วไป ระดับ 80-85 เป็นระดับเสียงที่เหมาะแก่การจูนลำโพงมอนิเตอร์ ซึ่งจะสอดคล้องกับกราฟอ้างอิงเสียงของ Fletcher-Munson curve ระดับ 90dB เป็นเสียงรบกวนในโรงงาน ปกติถ้ามีเสียงดังใกล้หูมากๆ และเกิดแบบพรวดพราดสามารถทำลายการได้ยินของหูได้ ระดับ 100dB เป็นเสียงทารกร้อง ไห้ ระดับ 110dBเป็นเสียงเครื่องเป่าลมทำความสะอาดสิ่งของและคาร์ฮอร์นไว้สลายม็อบ ระดับ 120dB เป็นระดับที่ทำลายการได้ยินของหู ระดับ 140dB เสียงของกลองสแนร์ในระยะห่าง 1 นิ้วจากระดับหน้ากลอง ระดับ 150-160dB เป็นเสียงเครื่องบินเจ็ท ท่านจะเห็นว่าในชีวิตประ จำวันของคนเรานั้น อยู่ใกล้ชิดกับระดับแอมพลิจูดระหว่างจาก 0-160dB สรุปว่าคนจำนวนมากสามารถได้ยินเสียงดนตรีตั้งแต่ระดับ 70dB (ฟังแบบเบาๆ) จนถึง 100dB (ฟังแบบดังๆ)

ความถี่ ใช้อ้างอิงการเกิดคลื่นเป็นจำนวนรอบต่อวินาที คลื่นเสียงที่เกิดขึ้นมักจะอ้างอิงกับความถี่ ถ้าท่านเป็นนักดนตรีการจูนโน้ต A ของเครื่องดนตรีให้เป็น 440 ซึ่งตัวเลข 440 คือความถี่ของคลื่นเสียง จะเห็นว่าต่างจากแอมพลิจูด ซึ่งมีหน่วยเป็นเดซิเบลสำหรับความถี่จะมีหน่วยเป็นเฮิร์ตซ์ (Hz) เรียกตามชื่อนักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน Heinrich Hertz ตามค่าเฉลี่ยของหูคนเราสามารถได้ยินช่วงความถี่จาก 20Hz ถึง 20,000Hz เมื่อคลื่นเสียงมีระดับค่า 1,000 รอบต่อวินาที จะอ้างอิงความถี่เป็นกิโลเฮิรตซ์ (kHz) เช่น

1,000Hz = 1kHz, 2,000Hz = 2kHz และ 3,000Hz = 3kHz ความถี่ยังมีความสัมพันธ์กับระดับความสูง/ต่ำของเสียง (Pitch) ถ้าท่านพิจารณาชาร์ตที่ใช้อ้างอิงความถี่ของอุปกรณ์เครื่องดนตรีต่างๆ โดยเริ่มจากเปียโน จะพบว่าแต่ละช่วงความถี่มีลักษณะแตกต่างกันไป เครื่องดนตรีแต่ละชิ้น ต่างมีช่วงความถี่ไม่เหมือนกัน และทับซ้อนกันก็มี มาดูว่าลิ่มคีย์ของเปียโนมีความสัมพันธ์กับความถี่อย่างไร... โน้ตตัวแรกในออคเตปต่ำสุดคือ A มีความถี่ประมาณ 27.5Hz หรืออีกนัยก็คือ 27.5 รอบต่อวินาที ท่านคงเคยปรับแต่งเสียงเบสหรือเสียงแหลม บนเครื่องเล่นสเตอริโอหรือเครื่องเสียงรถยนต์ ดังนั้นเมื่อท่านบูสต์หรือคัตแอมพลิจูด จะมีผลต่อย่านความถี่หรือช่วงความถี่นั้นๆ หรือเราเรียกว่าการอีคิว (EQ; Equalization) นั่นเอง ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญที่มีผลกับเสียง แต่ละช่วงความถี่จะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เพื่อให้ท่านมองเห็นภาพผู้เขียนจะแบ่งช่วงความถี่ที่มักจะพบได้บ่อยซึ่งมี 3 ช่วงหลักๆ คือ

1) ย่านความถี่ต่ำ (Low/Bass Frequency Range) โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 20Hz ถึง 200Hz คุณสมบัติย่านความถี่ช่วงนี้ จะเคลื่อนตัวไปแบบทุกทิศทาง (omnidirectional) มีกำลังสูง มีโทนเสียงขนาดใหญ่ และเวลาอยู่ใกล้แหล่งกำเนิด บางครั้งอาจฟังไม่รู้เรื่อง

2) ย่านความถี่กลาง (Mid/Midrange Frequency Range) โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 200Hz ถึง 5kHz เป็นช่วงที่เราสามารถได้ยินดีที่ สุด ช่วงความถี่นี้จะมีทิศทางมากกว่าย่านความถี่ต่ำ และสามารถทำให้เกิดเสียงเหมือนอยู่ตรงหน้าเราได้ง่ายกว่า หรือมีความพุ่งและรู้สึกได้ว่าเสียงมีขอบ เสียงที่มีย่าน midrange น้อยจะได้โทนเสียงแบบกลมกล่อม เสียงทึบหรือเหมือนอยู่ระยะไกล หากฟังนานๆ อาจจะทำให้ล้าหูได้

3) ย่านความถี่สูง (High/Treble Frequency Range) โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 5kHz ถึง 20kHz คุณสมบัติของมันจะมีทิศทางสูง การ บูสต์ความถี่ในย่านนี้ จะได้โทนเสียงที่สว่างๆ จัดจ้าน ได้ความโปร่ง มีสีสรรค์ แต่ข้อด้อยของย่านความถี่นี้จะมีพลังงานต่ำกว่าทุกย่านความถี่ ย่านความถี่สูงจุดเด่นคือทำให้ซาวด์โผล่มาอยู่ตรงหน้าเราได้ง่ายกว่า โดยที่ฟังแล้วไม่รำคาญหู เสียงที่มีย่านความถี่น้อยจะได้เนื้อซาวด์ออกทึบๆ และยังให้ความรู้สึกแบบเสียงอยู่ลึกๆ ราวกับว่ามาจากก้นเหว เสียงไม่จัดจ้าน

เฟส เป็นจุดที่บอกตำแหน่งบนคลื่นเสียงแต่ละรอบ และมีความสัมพันธ์กับความถี่ โดยมีหน่วยเป็นองศาและใช้เป็นหน่วยวัดค่าเวลาระหว่างคลื่นไซน์สองขบวนหรือมากกว่า ตัวอย่างของเฟสในทางทฤษฎี ถ้าคลื่นสองขบวนมีเฟสตรงกัน (in-phase) ผลที่ได้คือคลื่นนั้นจะมีแอมพลิจูดเพิ่มขึ้น เมื่อเฟสต่างกัน (out of phase) 180 องศา คลื่นสองขบวนจะเกิดการหักล้างกันเอง ผลที่ได้คือจะไม่มีเสียง คอนเซ็ปต์นี้ถูกนำมาประ ยุกต์ใช้กับอุปกรณ์สมัยใหม่ เช่นการใช้ลดเสียงรบกวนในหูฟัง หรือรถยนต์ราคาแพง ที่ลดหรือจำกัดเสียงรบกวนจากเครื่องยนต์หรือเสียงจากด้านนอก อย่างไรก็ดีในทางปฏิบัติเสียงไม่อาจหายไปทั้งหมด แม้ว่าเฟสจะต่างกัน 180 องศา เสียงสามารถเกิดเฟสต่างกันได้ทุกๆ องศา ตั้งแต่ช่วง 1 จนถึง 359 องศา เฟสยังเป็นตัวแปรหนึ่งที่ทำให้เสียงดังขึ้นและเบาลง ปกติอะคูสติกของห้องจะถูกสร้างขึ้นมาเพื่อให้เฟสหักล้างกันเอง นั่นคือพื้นที่ที่มีการบูสต์และคัตย่านสเปกตรัมความถี่ การหักล้างและการเพิ่มขึ้นของแอมพลิจูด ทำให้ได้ซาวด์ของห้อง

ความเร็วของเสียงในอากาศ เป็นความเร็วของเสียงที่เดินทางในอากาศ ซึ่งมีความ เร็วประมาณ 1,130 ฟุตต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 68 ฟาเรนไฮน์ (344m/s ที่ 20 องศาเซลเซียส) ความเร็วของเสียงจะแปรผันตามระดับอุณหภูมิ ตัวอย่างเช่น เสียงจะเดินทางเร็วขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเดินทางช้าลงเมื่ออุณหภูมิต่ำลง เราสามารถนำความเร็วของเสียงมาคำนวณหา Standing wave หรือคลื่นนิ่ง หรือการทำงานในภาค PA ความเร็วของเสียงจะอ่อนไหวต่ออุณหภูมิ ถ้ามีผู้คนไปอยู่รวมกันมากๆ เมื่อแผ่ความร้อนออกมารวมกัน จะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ความถี่ต่ำมีแนวโน้มจะม้วนขึ้นบนฟ้า หรือการเล่นคอนเสิร์ตในช่วงกลางวันอากาศร้อนแดดจัด ๆ ย่านความถี่ต่ำจะไม่ค่อยได้ยิน เมื่อเปิดระดับความดังเท่าเดิมหากเล่นคอนเสิร์ต ในตอนกลางคืน หรือช่วงที่อากาศเย็นลง ความถี่ต่ำจะม้วนลงพื้นทำให้เสียงย่านนี้ได้ยินชัดขึ้น ปริมาณของจำนวนคนยังเป็นตัวแปรหนึ่ง ที่สามารถดูดกลืนเสียงได้อย่างดี การซาวด์เช็คในขณะที่ยังไม่มีผู้คนนั้น เสียงจะหักเหและเดินทางได้เร็วกว่า แต่ถ้ามีคนเต็มหน้าเวทีและมีมากๆ คนจะดูดกลืนเสียงบางส่วนไป และการสะท้อนและหักเหในบางมิติของเสียงจะต่างกับช่วงที่มีการซาวด์เช็ค ในบางอีเวนต์ที่ซีเรียสก็อาจจะถึงขั้นมีการคำนวณด้วยการจำลองสภาพแวดล้อมขึ้นมา และทดสอบในซอฟต์แวร์เฉพาะทาง เพื่อจะได้เตรียมรับมือกับปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะทำงานจริงๆ

$$V = 331 + 0.6t \tag{2.1}$$

V = อัตราเร็วของเสียง
331 = อัตราเร็วของเสียงที่ 0 องศาเซลเซียส
t = อุณหภูมิ หน่วยเป็น องศาเซลเซียส

ความยาวคลื่น เป็นระยะที่วัดจากจุดพีคจุดหนึ่งของคลื่น ไปยังตำแหน่งพีคจุดถัดไป การพิจารณาความยาวคลื่น จะมีองค์ประกอบคือ เริ่มจากส่วนที่เป็นคอมเพรสชันและส่วนคลายการคอมเพรสชันของตัวคลื่น การหาระยะความยาวคลื่นจะได้จากสมการหนึ่ง กล่าวคือใช้ความเร็วเสียงหารด้วยความถี่ ตรงนี้จะได้ระยะความยาวระหว่างจุดพีคถึงพีค เช่น ความถี่ 30Hz มีความยาวคลื่นเท่าไหร่ จากสูตรให้นำความเร็วเสียงมาหารด้วยความถี่ก็จะได้ว่า 1130ft./30Hz = 37.66ft กรณีความถี่ 300Hz ก็จะได้ว่า 1130/300 = 3.76ft หรือกรณีความถี่ 3kHz ก็จะได้ว่า 1130ft/3000 = 0.376ft ความยาวคลื่นบอกอะไรกับเรา หากสังเกตจะพบว่าความถี่ต่ำๆ จะมีความยาวคลื่นมากกว่าความถี่สูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความถี่ต่ำจะมีกำลังและพลังงานมากกว่า ในขณะที่ความถี่สูงจะมีความยาวคลื่นสั้นกว่า มีกำลังและพลังงานน้อยกว่าความถี่ต่ำ ซึ่งจะมีผลต่อทิศทางในการเคลื่อนที่ของตัวคลื่น แต่สิ่งที่เหมือนกันคือ ทั้งความถี่สูงและต่ำต่างมีความเร็วเท่ากัน ความยาวคลื่นถือเป็นระยะความกว้างของคลื่นที่เกิดขึ้น โดยใช้อักษรกรีก (λ) (แลมบ์ด้า) เป็นสัญลักษณ์ โดยความยาวคลื่นมีหน่วยเป็นเมตรหรือฟุต กรณีที่มีการเกิดคลื่น เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิด และวนรอบกลับมาที่เดิม ระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ครบ 1 รอบนั้นเรียก ว่าความยาวคลื่น

โดยธรรมชาติแล้วคลื่นที่เกิดขึ้นนั้นจะมีหลายๆ คลื่นปนอยู่ โดยค่าของความยาวคลื่นจะเกิดจากตัวแปรสองตัว และมีความ สัมพันธ์กันอย่างแนบแน่น นั่นคือ ขนาดความยาวของคลื่นนั้นจะเกิดจาก ค่าอัตราเร็วของเสียงหารด้วยความถี่ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ก็จะเป็นค่าความยาวของคลื่นเสียงนั่นเอง ในอีกมุมหนึ่งความยาวคลื่นจะเป็นลักษณะของระยะทาง หรือระยะห่างจากยอดคลื่น ณ ตำแหน่งหนึ่งไปหายอดคลื่นในอีกตำแหน่งถัดไป (Peak/Peak) โดยระยะห่างยอดคลื่นดังกล่าว จะต้องวัดภายใต้การเคลื่อนที่หนึ่งรอบเท่านั้น ซึ่งค่านี้หาคำตอบได้จากสมการ *"อัตราเร็วของเสียงหารด้วยความถี่"* บทสรุปเรื่องความยาวของคลื่นเสียง จะพบว่าความยาวของคลื่นจะแปรผันตรงกันข้าม (inverse) กับความถี่ กล่าวคือ ถ้าความถี่สูงๆ ระยะความยาวของคลื่นจะมีระยะสั้น และถ้าเสียงมีความถี่ต่ำระยะความยาวคลื่นจะยาวกว่า โดยที่ระยะความยาวของคลื่นนั้นจะเป็นตัวบ่งชี้ระยะทางที่เสียงจะเดินทางไปได้ไกลแค่ไหน เช่น ความถี่เสียง 20Hz จะมีค่าความยาวคลื่นประมาณ 17 เมตร หรือความถี่ 20 kHz จะมีค่าความยาวเพียง 17 มิลลิเมตร หรือ 2 ใน 3 ของความยาวขนาด 1 นิ้ว ซึ่งจะเป็นไปตามแนวคิดที่ว่า *"ยิ่งสูงยิ่งสั้น ยิ่งต่ำยิ่งยาว"* ความรู้นี้มีความสำคัญต่อระบบเสียงคือ ใช้สำหรับออกแบบดอกลำโพง ตู้ลำโพง ฮอร์น และการติดตั้งระบบ ซึ่งถ้าหากเข้าใจเรื่องนี้จะทำให้นำไปต่อยอดเพื่อออกแบบอุปกรณ์ให้ตรงกับสภาพแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม

$$\lambda = V / f \tag{2.2}$$

λ = ความยาวคลื่น หน่วยเป็น Hz
V = อัตราเร็วของเสียง ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
f = ความถี่ หน่วยเป็น Hz

ฮาร์มอนิกส์ สีสันและคาแร็กเตอร์ของโน้ตดนตรีมักจะเกิดจากฮาร์มอนิกส์ สำหรับคำว่าฮาร์มอนิกส์โดยทั่วไปแล้วจะหมายถึง “ทิมบรี”(Timbre) ซึ่งเป็นลักษณะของโทนเสียง หรือคุณภาพโทนเสียงของโน้ตดนตรีที่มีความแตกต่างกัน เช่นเสียงประสาน และเครื่องดนตรี พวกเครื่องสาย เครื่องเป่า และเครื่องเคาะจังหวะ ซึ่งผู้ฟังจะรับรู้ความแตกต่างของเครื่องดนตรีแต่ละชิ้นได้ตามหมวดหมู่ของมัน ไม่ว่าจะเป็นไวโอลินและไวโอลาก็ตาม เครื่องดนตรีทุกๆ ชิ้น จะมีความถี่มูลฐาน (Fundamental) ซึ่งฮาร์มอนิกส์ก็เกิดจากความถี่ชนิดนี้ ในออสซิลโลสโคปความถี่มูลฐานจะแสดงเป็นคลื่นไซน์เวฟเดี่ยวๆ แต่ในความเป็นจริงเสียงดนตรีที่เราได้ยินนั้น ไม่ได้เกิดจากความถี่เพียงค่าเดียว แต่เกิดจากความถี่หลายๆ ค่าที่ซับซ้อนผสมกันอยู่ แต่เสียงทั้งหมดเหล่านั้น จะบรรจุข้อมูลของความถี่มูลฐานเอาไว้เสมอ ในทางดนตรีเครื่องดนตรีจะมีความถี่มูลฐานเฉพาะของตัวเอง และมีฮาร์มอนิกส์ที่ทำให้มีเสียงเป็นเอกลักษณะเฉพาะ ตรงนี้ท่านสามารถรับฟังเสียงและแยกเสียงของกีตาร์เบสได้ว่ามีความแตกต่างกับทูบา เฟร้นช์ฮอร์นต่างกับไวโอลิน หรือทุกๆ เสียงที่มากกว่า 2 เสียงที่เป็นโน้ตเดียวกันและมีความดังเท่ากัน เครื่องดนตรีชิ้นที่มีความสมูธอย่างฟรุทจะมีฮาร์มอนิกส์น้อย มีเพียงความถี่มูลฐานและฮาร์มอนิกส์ไม่กี่ลำดับ ทำให้สามารถได้ยินโทนของเครื่องดนตรีชัดเจนกว่า สำหรับเครื่องดนตรีที่ฟังแล้วทำให้รู้สึกหงุดหงิด เนื่องจากมีฮาร์มอนิกส์มากไป

เช่น ทรัมเป็ต ฮาร์มอนิกส์จำนวนมากนั้นไปลดทอนเสียงของความถี่มูลฐาน กรณีเราเล่นโน้ต E บนสายกีตาร์เบส สมมติเป็นโน้ต E1 ความถี่มูลฐานจะเท่ากับ 41Hz เราสามารถลำดับที่ 2, 3, 4 ของฮาร์มอนิกส์โน้ตตัวนี้ได้ด้วยวิธีคูณลำดับเข้าไป เมื่อความถี่มูลฐานเท่ากับ 41Hz ฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 2 คือ 82Hz (41x2) ฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 3 คือ 123Hz (41x3) ฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 4 คือ 164Hz (41x4) ถ้าเอ็นจิเนียร์ฝึกจำรูปแบบฮาร์มอนิกส์ได้ ก็จะสามารถนำไปปรับแต่งความถี่ของเครื่องดนตรีชิ้นนั้นๆ โดยเล่นกับฮาร์มอนิกส์ของมัน ไม่ว่าจะเป็นการบูสต์หรือคัตก็ตาม คือแทนที่จะบูสต์ความถี่มูลฐาน ก็ไปบูสต์ที่ฮาร์มอนิกส์ของมันแทน ตัวอย่างเช่น ถ้าเราอยากได้ยินเบสมากๆ ให้บูสต์ที่ 900Hz เป็นต้น แทนที่จะบูสต์เฉพาะที่ 41Hz ฮาร์มอนิกส์ยังเกิดได้ที่เฟร็ทตำแหน่งใกล้คอกีตาร์ ซึ่งเป็นฮาร์มอนิกส์ที่เกิดโดยมนุษย์ แล้วผสมเข้าไปกับความถี่ธรรมชาติ ซึ่งช่วยสร้างสีสันให้กับโทนเครื่องดนตรีนั้นๆได้ นอกจากนั้นฮาร์มอนิกส์ยังถูกแบ่งออกเป็นเลขคู่และเลขคี่ ฮาร์มอนิกส์ที่เป็นเลขคู่จะให้โทนเสียงที่สมูธ ทำให้ผู้ฟังรู้สึกผ่อนคลาย ส่วนฮาร์มอนิกส์ที่เป็นเลขคี่จะให้โทนเสียงที่ทำให้คนฟังหงุดหงิด กังวล เอ็นจิเนียร์และนักดนตรีจำนวนมากเลือกที่จะใช้ฮาร์มอนิกส์จากไมค์ปรีแอมป์ และเครื่องขยายรวมถึงเครื่องดนตรีที่เป็นหลอดสุญญากาศ ซึ่งหลอดสุญญากาศจะช่วยสร้างฮาร์มอนิกส์ดิสตอร์ชันได้ ตัวฮาร์มอนิกส์ดิสตอร์ชันเลขคู่จะสร้างเสียงที่ทำให้รู้สึกรำคาญและมีความดุดัน

เอนเวลอป จะคล้ายกับฮาร์มอนิกส์ ซึ่งตัวเอนเวลอปจะช่วยให้ผู้ฟังรู้จักเสียงของเครื่องดนตรีหนึ่งชิ้นหรือมีเสียงมาจากแหล่งอื่นๆ เอนเวลอปจะมีคาแร็กเตอร์อยู่ 4 อย่าง คือ Attack, Decay, Sustain และ Release บางครั้งเรียกรวมกันว่า ADSR “วงจรเสียง”

1) Attack เป็นจุดแรกเริ่มของเสียงตัวโน้ตหรือเสียงของเอนเวลอป มันเป็นส่วนที่เริ่มจากจุดที่เงียบที่สุดเคลื่อนตัวขึ้นไปหาจุดดังสูงสุด

2) Decayเป็นจุดที่อยู่ถัดจาก Attack โดยเป็นช่วงที่เกิดหลังตำแหน่งสูงสุดหรือจุดพีคแล้วค่อยๆ ผ่อนต่ำลงมาสู่จุดความดังระดับปานกลาง

3) Sustain เป็นจุดที่ใช้อ้างอิงส่วนของเอนเวลอปที่รักษาความดังเอาไว้ให้สม่ำเสมอในช่วงเวลาหนึ่ง

4) Release เป็นจุดสุดท้ายที่เอนเวลอปคลายตัวเบาลงจนกระทั่งถึงจุดเงียบสุด

หากเปรียบเทียบตามคำสอนของพระพุทธองค์จะคล้ายคลึงกับคำว่า "สรรพสิ่งล้วน เกิดขึ้น-ตั้งอยู่-ดับไป" เครื่องเคาะจังหวะจะมีค่า Attack ที่เร็วมากๆ เมื่อมันถูกเคาะหรือตี เสียงหัวของเสียงจะตอบสนองอย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบกับกลุ่มเครื่องเป่า ทองเหลือง และอุปกรณ์ที่ใช้ลิ้น หัวเสียงที่ได้จากเครื่องดนตรีเหล่านี้ ก็ยังไม่เร็วเท่ากับโน้ตที่เกิดจากการตีกลอง

รูปแบบเวฟฟอร์ม จะเป็นรูปร่างของคลื่นเสียง ซึ่งมีด้วยกันหลายลักษณะ ทั้งขนาดและรูปร่างของคลื่นเสียง สามารถทำความเข้าใจได้ไม่ยาก โดยแต่ละเวฟฟอร์มจะมีรูปร่างต่างกัน และให้โทนเสียงต่างกัน โดยพื้นฐานจะมาจากไซน์เวฟ ซึ่งมันสามารถถูกแปลงสภาพไปอยู่ในรูปแบบ เวฟฟอร์มอื่นๆ ได้ อย่างเช่น คลื่นสามเหลี่ยม (Triangle) คลื่นสี่เหลี่ยม (Square) คลื่นฟันปลา (Sawtooth) แต่ละเวฟฟอร์มจะให้เสียง

แตกต่างกันและนำไปใช้งานแตกต่างกันอีกด้วย สำหรับคลื่นสี่เหลี่ยมส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในงานดิจิตอลออดิโอ คลื่นสี่เหลี่ยมบ่อยครั้งจะเกิดจากความถี่มูลฐานของโน้ตที่มีการเพิ่มฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 2 เข้าไป ซึ่งฮาร์มอนิกส์ตัวนี้จะไปลดแอมพลิจูด ซึ่งสามารถพบได้ในย่านความถี่สูง สำหรับคลื่นสาม เหลี่ยมพบได้ในออสซิลโลสโคป และรูปร่างคลื่นแต่ละแบบก็จะเหมือนกับชื่อของมัน คลื่นสามเหลี่ยมจะคล้ายกับคลื่นสี่เหลี่ยม โดยมีเฉพาะความ ถี่มูลฐานและเพิ่มฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 2 เข้าไป ซึ่งรูปร่างมันจะตรงข้ามระหว่างคลื่นไซน์และคลื่นสี่เหลี่ยม สิ่งที่แตกต่างคือฮาร์มอนิกส์ในย่านความ ถี่สูงจะมีค่าแอมพลิจูดน้อยกว่าคลื่นสี่เหลี่ยม ผลจากตรงนี้ทำให้เสียงมีเอกลักษณ์ และมักจะถูกนำไปใช้ในอุปกรณ์สังเคราะห์เสียงทางดนตรี ส่วนคลื่นฟันปลาจะมีทั้งฮาร์มอนิกส์ลำดับเลขคู่และคี่ที่ถูกเพิ่มเข้าไปในความถี่มูลฐาน ให้เสียงมีความชัดเจน คลื่นฟันปลาถือเป็นคลื่นที่ดีมาก และมัก จะนำไปใช้ในอุปกรณ์ซินธิไซเซอร์ และบ่อยครั้งที่มันสามารถสังเคราะห์ให้เกิดเป็นเสียงพวกสตริงได้อย่างดีเยี่ยม

2.3 Room Mode คืออะไร

Room modes เป็น standing wave ชนิดหนึ่ง ที่ทำให้เกิดปัญหากับเสียงในย่านความถี่ต่ำ (เสียงเบส,เสียงทุ้ม คือความถี่ที่ต่ำกว่า 300 Hz) เกิดการสะท้อนไปมาในห้องสี่เหลี่ยมที่มีผนังขนานกัน(ซึ่งพบบ่อยกับโฮมสตูดิโอ) การสะท้อนไปมาระหว่างผนังของความถี่ต่ำนี้ส่งผลให้บางบริเวณในห้องเกิดการการเสริมกันของความถี่ และบางบริเวณในห้องเกิดการหักล้างกัน เราจึงรับรู้ได้จากการได้ยินเสียงย่านความถี่ต่ำที่เปลี่ยนไป ทำให้เราจะได้ยินเสียงทุ้มหรือเสียงเบสบางจุดดังเกินไป บางจุดเบาเกินไปในห้องนั้น และเรายังพบว่าเสียงเบสจะมีปริมาณมากในบริเวณที่ใกล้ๆกับผนังและที่บริเวณมุมห้อง
การคำนวณเพื่อหา room mode ในห้องใดๆนั้น สามารถคำนวณได้จากสูตร

Room mode = 1130 ฟุตต่อวินาที(ความเร็วเสียง)/(2xระยะห่างระหว่างผนังที่ขนานกัน) (2.3)

ตัวอย่างการหา room modes ในห้องขนาด 12 ฟุต กว้าง 10 ฟุต สูง 8 ฟุต (หรือประมาณ 3.60 x 3 x 2.40 เมตร) ที่ด้านยาว room mode(A)= 1130/(2x12) = 47 Hz ที่ด้านกว้าง room mode(B)= 1130/(2x10)= 57 Hz ที่ความสูง room mode(C) = 1130/(2x8)=71 Hz เราจะได้ความถี่ 3 ค่ามาจากการคำนวณในสูตร แต่ room modes ไม่ได้มีเพียง แค่ความถี่ 3 ค่านี้เท่านั้นแต่ยังรวมไปถึง แต่ยังรวมไปถึงการคูณ 2 และ 3 ด้วย ซึ่งจะได้เป็น second mode และ third mode ด้วย ดังนั้น ที่ด้านยาวจะมีความถี่ 1st mode เท่ากับ 47Hz 2nd mode เท่ากับ 94Hz และ 3rd mode เท่ากับ 141Hz ที่ด้านกว้างและด้านสูงของห้องก็จะมี 2nd mode และ 3rd mode อีกเช่นกัน ความถี่เหล่าจึงมีปัญหา acoustic ในห้องที่มีขนาด 12x10x8 ฟุต การคำนวณ room mode จะทำให้เราทราบว่าในห้องของเราความถี่ต่ำที่เท่าไรเป็นปัญหาสำหรับการทำงาน และเพื่อจะสามารถแก้ไขปัญหาเหล่านั้นได้อย่างถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2.4 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficient, SAC) และค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC)

2.4.1 Sound Absorption Coefficient (SAC) หมายถึงสัดส่วนของพลังงานเสียงที่ถูกดูดซับไปเมื่อชนกระทบ เทียบกับพลังเสียงจากแหล่งกำเนิด ยกตัวอย่าง เช่น มีวัสดุหนึ่งมีค่า SAC 0.85 นั่นก็หมายความว่าพลังเสียง 85% ได้ถูกดูดซับไว้เมื่อเคลื่อนที่ไปชนกับวัสดุนี้ และ 15% ของพลังงานที่เทียบกับแหล่งกำเนิดจะสะท้อนออกมา ค่าการดูดซับเสียงของทุกวัสดุจะแปรผันกับความถี่ของเสียงที่เข้าไปกระทบ ดังนั้นค่าการดูดซับเสียง (SAC) จะถูกวัดที่หลายความถี่คือ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000Hz ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ตรงกลางของเสียงที่วิ่งกระทบน้อยมากที่จะมีการใช้ค่า SAC ของเสียงที่ช่วงความถี่เดียวในการออกแบบทางสถาปัตยกรรม หรือระบุว่าวัสดุใด ๆ มีค่า SAC เป็นเท่าไร ในการออกแบบสถาปัตยกรรมค่า SAC จะเป็นค่าดูดซับเสียงที่ความถี่ที่เจาะจงเท่านั้น

2.4.2 Noise Reduction Coefficient (NRC)

NRC เป็นตัวเลขที่จะระบุได้ถึงความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุ โดยที่ NRC คือค่าเฉลี่ยของ SAC ที่ถูกวัดที่ 250, 500, 1,000, 2,000 Hz และปัดเศษให้อยู่ที่ 0.05

โดยทั่วไปค่า NRC จะต้องมีค่ามากกว่า 0.40 ถึงจะถือว่าเป็นวัสดุดูดซับเสียง (Acoustic) วัสดุที่มีรูพรุน ฉนวนจะยอมให้คลื่นเสียงทะลุผ่านไปได้ลึกมาก ซึ่งจะเป็นที่ที่พลังงานเสียงจะเปลี่ยนเป็นความร้อนเนื่องจาก ความเสียดทานระหว่างช่องอากาศกับเส้นใยวัสดุประเภทนี้สามารถมีค่า NRC ได้มากถึง 0.95 – 1.00 ขึ้นอยู่กับความหนาของฉนวน

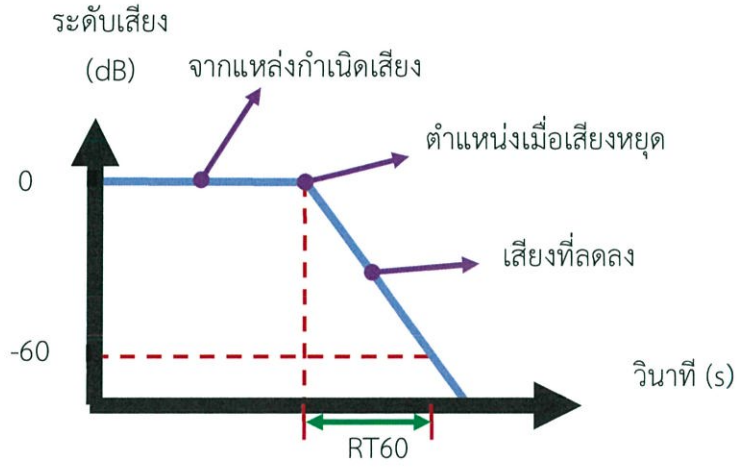
อย่างไรก็ตามหูของมนุษย์ไม่สามารถรับทราบ ได้ถึงความแตกต่าง ระหว่างวัสดุดูดซับเสียงที่มีค่าต่างกันเพียง 0.05 ยกตัวอย่างเช่น คนเราจะรู้สึกไม่แตกต่างกันระหว่างการใช้วัสดุที่มีค่า NRC 0.80 กับ 0.85

ส่วนใหญ่สถาปนิกหรือผู้ออกแบบจะเลือกวัสดุโดยดูที่ค่า NRC เป็นหลักส่วน Acoustician จะดูที่ค่า SAC เป็นหลัก

2.5 เวลาการสะท้อนกลับของเสียงสะท้อน (Reverberation time 60, RT 60)

เสียงที่ก้องสะท้อนกลับไปกลับมา เช่น ห้องประชุมที่มีผนังแบบฉาบปูน เมื่อสร้างเสร็จและยังไม่มีการตกแต่ง เสียงที่เกิดขึ้นจากต้นกำเนิดเสียงสะท้อนกลับมาหาเราในเวลาที่ยาวนาน เวลาที่ยาวนานคือเวลาที่ทำให้เกิดการรบกวน เพราะฉะนั้นนอกจากการจำกัดการสะท้อนแล้ว เรายังควรลดเวลาของการสะท้อนกลับให้น้อยลง จะช่วยให้การได้ยินดียิ่งขึ้น ตามหลักวิชาการเรียกว่า “Reverberation Time” หรือเขียนย่อว่า RT หรือ RT60 วิธีการลดเวลาของการสะท้อนกลับให้น้อยลงวิธีหนึ่งก็คือ การเลือกใช้วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนที่ดี เช่น พรมซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ที่ 0.63 ในความถี่ที่ 500 Hz แทนพื้นที่หินขัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ 0.02 (ค่าสัมประสิทธิ์ของ 0.63 คือ ความสามารถของวัสดุในการดูดซับเสียงได้ 63%และค่าของ 0.02 มีการดูดซับเสียงได้เพียง 2% เท่านั้น)

Reverberation Time (RT หรือ RT60) คือ เวลาการสะท้อนกลับของเสียงที่คงเหลืออยู่เมื่อต้นเสียงหยุดแล้ว เป็นการวัดค่าของเวลาทีเสียงสะท้อนกลับที่มีระดับเสียงลดลง 60dB เมื่อต้นเสียงหยุดแล้ว ถ้าเวลาน้อยไปจะทำให้รู้สึกว่าเสียงในห้องนั้นหายเร็วเกินไป ไม่มีชีวิตชีวา หรือเสียงแห้ง (Dead Sound) โดยเฉพาะห้องเล่นดนตรี แต่ถ้าค่าของเวลามากไป ก็จะได้ยินเสียงสะท้อนมาก (Live Sound) โดยจะสังเกตได้จากรูปที่ 2.1



รูปภาพที่ 2.1 รูปแสดงการหาค่า RT60

การออกแบบห้องต่างๆ การสะท้อนเสียงและการใช้วัสดุสะท้อนเสียง กระจายเสียง และดูดซับเสียงมีความสำคัญอย่างมากต่อผู้ที่ใช้ เพราะหากเสียงก้องเกินไปจะทำให้การสื่อสารข้อมูลผิดพลาดไป ขาดความชัดเจน ซึ่งมีผลต่อการทำงานของผู้ที่อยู่ในพื้นที่ เพราะฉะนั้นการออกแบบห้องจำเป็นต้องควบคุมความก้องกังวาน(RT60) ให้เหมาะสม
โดยสมการของ RT60 คือ สมการที่ (2.1) ในหน่วย ฟุต และสมการที่ (2.2) เป็นหน่วย เมตร

$$Rt_{60} = \frac{0.049 \times V}{\sum_{i=0}^{n} S_n a_n} \quad \text{.....ฟุต} \tag{2.4}$$

$$Rt_{60} = \frac{0.161 \times V}{\sum_{i=0}^{n} S_n a_n} \quad \text{.....เมตร} \tag{2.5}$$

เมื่อ Rt60 = Reverberation Time (RT), วินาที

V = ปริมาตรของห้อง, เมตร

Sn = พื้นที่ผิวของห้อง, เมตร

an = สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

2.6 ระดับความดันเสียง (Sound Pressure Level, LP, SPL)

2.6.1 ความดันเสียง

ความดันเสียง (Sound Pressure) คือ ค่าความดันของอากาศที่เป็นตัวกลางของคลื่นเสียงที่เปลี่ยนแปลงไปจากความดันบรรยากาศปกติขณะที่ไม่มีคลื่นเสียง หรืออาจกล่าวได้ว่า คือ ค่าความแตกต่างระหว่างความดันที่จุดใดๆ เมื่อมีเสียงและไม่มีเสียงนั่นเอง และค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงไปมากที่สุด ก็คือ ค่าแอมพลิจูด โดยทั่วไปค่าความดันเสียงจะวัดเป็นค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square: Prms) หน่วยที่นิยมใช้วัด คือ นิวตันต่อตารางเมตรหรือปาสคาล (Pascal; Pa) ซึ่ง Prms จะมีค่าประมาณ 0.707 ของ Pmax (ความดันสูงสุด)

2.6.2 ระดับและเดซิเบล

มาตรที่ใช้วัดและคำนวณเกี่ยวกับเสียงจำเป็นต้องกำหนดให้ใช้เป็นระดับ (Level) เนื่องจากการตอบสนองต่อเสียงของหูมนุษย์ตอบสนองในช่วงที่กว้างมาก รวมทั้งสเกลปกติ ไม่สะดวกที่จะใช้ จึงจำเป็นต้องใช้สเกลลอการิทึม (Logarithmic) ซึ่งค่อนข้างสอดคล้องกับการตอบสนองของหูมนุษย์ โดยหลักการของสเกลลอการิทึมและระดับ เป็นการเปรียบเทียบอัตราส่วน (Ratio) ของปริมาณที่กล่าวถึงกับปริมาณอ้างอิง (Reference Quantity) ทำให้อัตราส่วนของปริมาณดังกล่าวไม่มีหน่วย ดังนั้นจำเป็นต้องนิยามหน่วยที่ใช้วัดและคำนวณเกี่ยวกับเสียงขึ้นมาใหม่เรียกว่า “เบล (Bel)”การตั้งชื่อหน่วยนี้เพื่อเป็นเกียรติแก่อเล็กซานเดอร์ เกรแฮม เบลล์ ผู้ประดิษฐ์โทรศัพท์

2.6.3 ระดับความดันเสียง (Sound Pressure Level, LP or SPL)

มีสมการการคำนวณดังสมการที่ 2.6, 2.7 และ 2.8

$$L_P = 10\log\left(\frac{P}{P_{ref}}\right)^2 \tag{2.6}$$

$$L_P = 20\log\frac{P}{P_{ref}} \tag{2.7}$$

$$L_P = 20\log P + 94 \tag{2.8}$$

เมื่อ LP หรือ SPL คือระดับความดันเสียง (เดซิเบล, dB)
P คือ ความดันเสียง (ปาสคาล)
Pref คือ ความดันเสียงอ้างอิง ซึ่งเท่ากับ 2 x 10-5 Pa หรือ เท่ากับ 20 m Pa

2.7 ระดับเสียงเวจท์ (Weighted sound level)

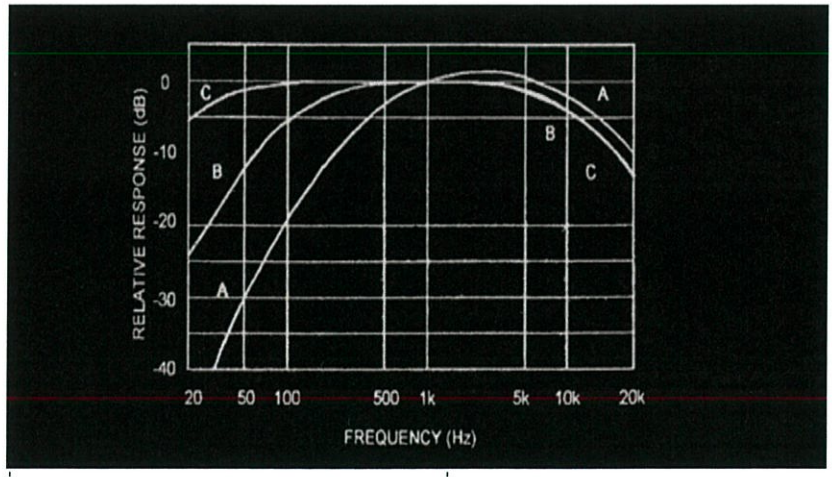
ระดับเสียงเวจท์ คือ ระดับเสียงที่ได้จากการวัดไมโครโฟนแล้วผ่านที่กรองเวจท์ (Weighting network) ซึ่งจะได้ระดับเสียงเวจท์ในหลายรูปแบบ เช่น A-weighted (dBA), B-weighted (dBB), C-weighted (dBC) และ D-weighted (dBD) การทีมีหลายเวจท์ก็เพราะว่าความรู้สึกบางอย่างของคน เช่น ภาวะบางอย่างไม่ได้แปรแบบ linear กับความดังเมื่อเทียบกับความถี่ต่างกัน A-weighted เป็นการกรองเสียงที่ให้ผลโดยตรงกับความรู้สึกของคน Scale A มีคุณลักษณะการตอบสนองในการวัดเสียงได้เร็วกว่า Scale B, C และ D และใกล้เคียงกับคุณลักษณะการตอบสนองในการได้ยินของหูมนุษย์มากกว่า Scale B, C และ D

A-weighted เป็นการกรองเสียงเพื่อให้ผลตรงกับความรู้สึกของคน Scale A จะมีคุณลักษณะการตอบสนองในการวัดเสียงได้เลงกว่า Scale B และ C แต่จะใกล้เคียงกับคุณลักษณะการตอบสนองในการได้ยินของหูมนุษย์มากกว่า Scale B และ C

B-weighted มีเหตุผลการกรองเช่นเดียวกันกับ A-weighted แต่ใช้กับเสียงความเข้มปานกลาง ปัจจุบันไม่ค่อยใช้ การวัดด้วย Scale B จะตอบสนองได้ดีในความถี่ 400 Hz – 3000 Hz

C-weighted ไม่มีการกรองมากนัก การวัดจะใกล้เคียงกับความเป็นจริง จะใช้วัดเสียงของกลุ่มความถี่ต่ำเนื่องจาก A-weighted จะถูกกรองมากเกินไป

D-weighted ใช้วัดเสียงจากอากาศยาน



รูปภาพที่ 2.2 แผนภูมิแสดงค่าระดับเสียงต่างๆ ที่ถูกเวจท์ [Cowan, James, Architectural Acoustics Design Guide (New York: McGraw-Hill, 2000), p. 20.]

2.8 ดัชนีการส่งผ่านเสียงพูด (Speech Transmission Index: STI)

ดัชนีการส่งผ่านเสียงพูด (Speech Transmission Index) หรือ STI และดัชนีการส่งผ่านของเสียงพูดแบบเร็ว คือค่าที่ใช้ในการวัดความชัดเจนของการได้ยินเสียงพูด (Speech Intelligibility) ซึ่งทำการคำนวณความชัดเจนของการได้ยินเสียง (Intelligibility) ทั้ง 7 แถบออกเทฟ (Octave Band) จาก 125 ถึง 8,000 Hz ดัชนีการส่งผ่านของเสียงพูด (Speech Transmission Index) หรือ STI จะเป็นค่าคุณภาพการส่งผ่านของเสียงพูดระหว่างตำแหน่งของแหล่งกำเนิดสัญญาณและตำแหน่งผู้รับฟังซึ่งมีค่าระหว่าง 1- 0, 1 คือ อุดมคติ (Idea) และ 0 คือ เลว (Bad) ทั้งนี้ค่า STI ที่วัดจะอยู่ในช่วง 0-1 เช่น วัดได้ 0.90 หมายถึง ต้นเสียงส่งข้อมูลมา 100 คำ ผู้ฟังเข้าใจ ได้ 90 คำพูด นั่นเอง ซึ่งนับว่าเป็นค่าที่ดีมาก

2.9 เกณฑ์ของเสียงรบกวน หรือ ค่าระดับเสียงพื้นฐานภายในอาคาร (Noise Criteria ,NC)

ค่า NC หรือ Noise Criteria คือ ค่าที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อวัดความเงียบภายในห้องหรือภายในอาคารผู้กำหนดโดย Leo Beranek โดยกำหนดตามที่ American National Standards Institute (ANSI) กำหนด (ANSI S12.2-2008 and 1995) ดังตารางที่ 2.1 และ 2.2

NC contour	Equivalent Wideband Level (A-weighted, dBA)
15	28
20	33
25	38
30	42
35	46
40	50
45	55
50	60
55	65
60	70
65	75

ตารางที่ 2.1 มาตราฐานของ NC โดย A-Weighted

ลักษณะพื้นที่	ความดังที่เหมาะสมสำหรับ NC
ที่พักอาศัยในตัวเมือง	25-35
ที่พักอาศัยนอกตัวเมือง	20-30
ห้องในโรงแรม	30-40
ห้องภายในโรงพยาบาล	25-35
ห้องล็อบบี้	35-45
ห้องทำงานของผู้บริหาร	30-40
ห้องทำงานสำนักงาน	35-45
ภัตตาคาร	35-45
โบสถ์ วัด	20-30
โรงละคร	15-25
สตูดิโอ ห้องบันทึกเสียง ห้องถ่ายทำรายการ	15-25

ตารางที่ 2.2 มาตราฐานของ NC ความดังที่เหมาะสม

โดยเป็นที่นิยมมากในงานตรวจสอบคุณภาพงานออกแบบและติดตั้งระบบปรับอากาศ ซึ่งข้อกำหนดในการออกแบบอคูสติกภายในอาคารแทบทุกงานจะมีการกำหนดค่า NC ภายในอาคารทุกครั้ง

วิธีการหาค่า NC จำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องวัดเสียงที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเสียงที่วัด แยกตามความถี่แบบ 1/1 ออกเตฟ ตั้งแต่ 63 - 8000 Hz โดยไม่ต้องคิดค่าความถ่วงน้ำหนักความถี่ โดยจากการตรวจวัดค่าระดับเสียงจะถูกนำมาเปรียบเทียบในกราฟ NC มาตรฐาน ตามรูปด้านล่า

วิธีดูค่า NC จะพิจารณาจาก ค่าระดับเสียงของความถี่ใดๆ ที่สูงที่สุดตัดกับกราฟความถี่มาตรฐานเส้นใด ก็ถือว่าความเงียบของพื้นที่ในอาคารที่วัด มีค่า NC เท่ากับค่าดังกล่าว

สาเหตุที่ NC ได้รับความนิยมในการตรวจวัดความเงียบในอาคาร แทนที่จะใช้ค่าระดับเสียงเฉลี่ยแบบ dBA เพราะโดยปกติความเงียบภายในห้อง เสียงที่มีอิทธิพลต่อความเงียบภายในห้อง คือเสียงจากงานระบบปรับอากาศเป็นหลัก ดังนั้นเสียงความถี่ต่ำจึงเป็นช่วงความถี่ที่มีความสำคัญ แต่ค่าเฉลี่ย dBA ไม่ให้ความสำคัญกับเสียงความถี่ต่ำ จึงทำให้ผิดธรรมชาติของพฤติกรรมของความเงียบภายในอาคาร

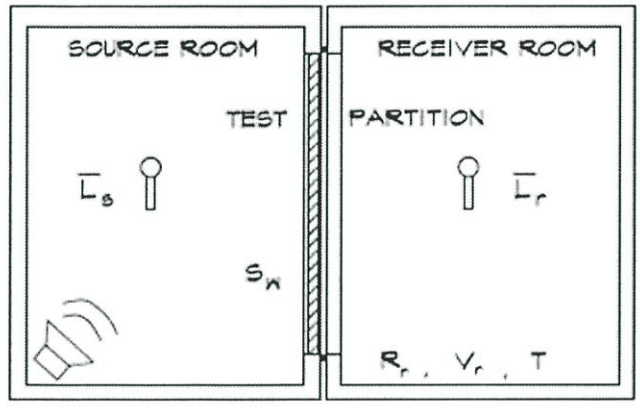
นอกจากนั้น หากมีเสียงที่ความถี่ต่ำมีระดับสูงผิดปกติ หากใช้ dBA วัดความเงียบของห้อง

ค่า dBA จะไม่สะท้อนพฤติกรรมของความเงียบภายในอาคารจริงๆ ซึ่งเมื่อใช้งานจริงอาจจะเกิดปัญหาที่ผู้ใช้งานได้ยินเสียงรบกวนจากความถี่ ทั้งๆที่มาตรฐานผ่าน

2.10 ค่าการสูญเสียการส่งผ่านเสียง (Transmission loss, TL) และ ระดับการส่งผ่านของเสียง (Sound Transmission Class, STC)

2.10.1 TL คือ ค่าความเป็นฉนวนกันเสียงของโครงสร้างที่วัดเป็นปริมาณ ซึ่งหมายถึง จำนวนเดซิเบล ของพลังงาเสียงที่สูญเสียไปเมื่อมีการส่งผ่านโครงสร้าง โดยมีสมการ (2.9) และรูปภาพที่ 2.3

$$\Delta L_{TL} = \overline{L}_S - \overline{L}_r + 10\log S_W - 10\log R_r \qquad (2.9)$$



รูปภาพที่ 2.3 ห้อง 2 ห้องใช้ในการทดลอง [Marshall Long, Architectural Acoustic, 2006, p.316.]

เมื่อ

Lr =sound pressure level ฝั่งรับ (dB)
Ls =sound pressure level ฝั่งส่ง (dB)
LTL = ค่า Transmission Lose (TL) (dB)
Sw = พื้นที่กำแพงด้านฝั่งส่ง (m^2 or ft^2)
Rr = ค่าคงตัวของห้องฝั่งรับ “reverb ในห้อง” (m^2 or ft^2 sabins)

2.10.2 STC คือเป็นตัวเลขค่าเดียว ที่แสดงสมรรถนะของการยอมให้เสียงจากอากาศผ่านไปได้มากน้อยแค่ไหนบนระบบกำแพง, พื้น หรือฝ้าเพดาน โดยหาจาก TL ที่ความถี่ต่างๆ ในช่วง 125-4,000 Hz ซึ่ง STC เป็นค่าเฉลี่ยของ TL ซึ่งสามารถบอกได้ว่าผนังใดๆมีค่า STC สูงก็จะสามารถกันเสียงได้ดีซึ่งได้จาก TL โดยนำความถี่ของ TL มาพล็อตกราฟและนำกราฟ STC ซึ่งได้กำหนดไว้ว่า

กราฟ STC กับ กราฟ TL ต้องแตกต่างกันไม่เกิน 8 dB

ผลร่วมความต่างที่ STC contour อยู่เหนือกราฟ TL ต้องรวมกันแล้วไม่เกิน 32 dB

นำมาวางตามกฎที่ได้ระบุไว้กราฟ STC มีค่าดังตารางที่ 2.3

ความถี่	125	160	200	250	315	400	500	630	800
ค่า dB	-16	-13	-10	-7	-4	-1	0	1	2
ความถี่	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000		
ค่า dB	3	4	4	4	4	4	4		

ตารางที่ 2.3 ตารางกราฟของ STC

เมื่อเลื่อนกราฟได้ตามกฎแล้ว ก็ให้ลากเส้นจาก 500 Hz ไปที่กราฟ STC แล้วดูค่า dB ณ ตำแหน่งที่ 500 Hz จะได้ค่า STC ออกมา (การหาทาง dBA ใช้วิธีนี้เช่นกัน)

2.11 กฎกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law)

คือ ระยะทางที่เพิ่มขึ้นเท่าตัว ระดับความเข้มของเสียงจะลดลง “6 dB” ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหน้าลำโพง 5 เมตรเราวัดความดังได้ 100dB หากเราถอยออกไปเป็น 10 เมตร ความดังจะลดลงเหลือ 100-6 = 94dB ถ้าไปอีกเท่าตัวก็คือ 20 เมตร ความดังก็จะลดเหลือ 94-6=88 dB เป็นต้น

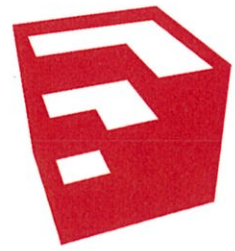
ถ้าจะคำนวณความดังที่เกิดขึ้นแบบที่มันเป็นเลขที่ไม่ลงตัวใช้สูตรสำหรับคำนวณdB สำหรับระดับความดังของเสียง คือ ใช้การหาค่าจาก สมการที่ (2.4) โดยคิดให้ Pref เป็นค่าของความดันเสียงจากแหล่งอ้างอิง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

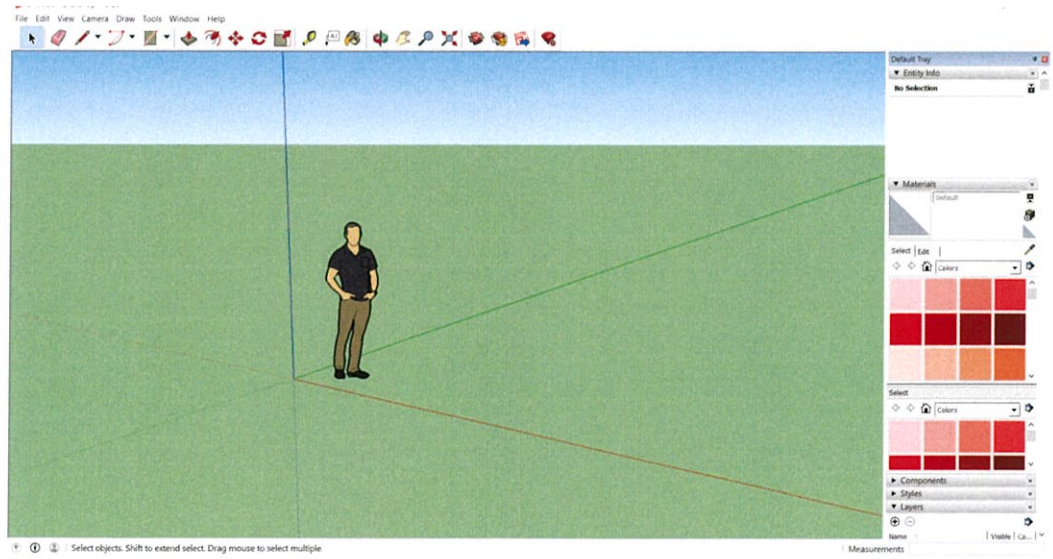
เราจะศึกษาทฤษฎีดังกล่าวมาข้างต้นและศึกษาทั้งหมด 3 โปรแกรมด้วยกัน

3.1.1 Sketch Up



รูปภาพที่ 3.1 Icon Sketch up

โดยโปรแกรมนี้ใช้ในการออกแบบอาคารหรืออุปกรณ์ต่างๆในรูป 3 เป็นโปรแกรมขนาดเล็ก จึงทำให้มีการประมวลผลออกมาอย่างรวดเร็ว ในที่นี้จะใช้ในการออกแบบเพื่อเข้าโปรแกรม EASE และออกแบบอาคารกับอุปกรณ์ที่อยู่ในห้อง Foley โดยรูปภาพที่ 3.2 คือหน้า interface ของ Sketch Up

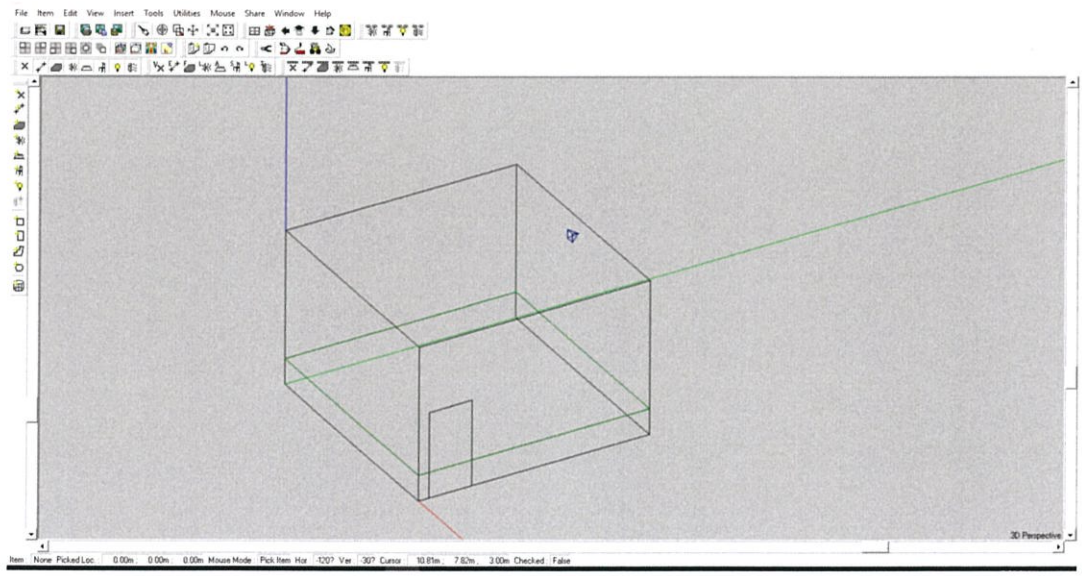


รูปภาพที่ 3.2 Interface ของ Sketch up

3.1.2 Enhanced Acoustic Simulator for Engineers (EASE)

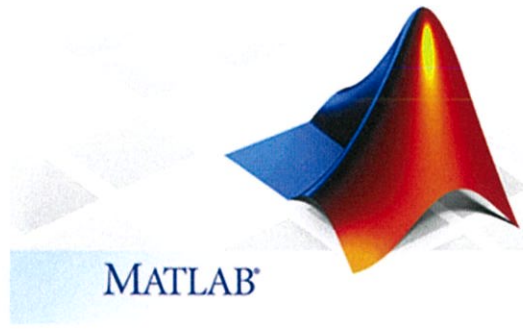
รูปภาพที่ 3.3 Icon EASE

เป็นโปรมแกรมใช้ในการคำนวณค่าเชิงอคูสติก เนื่องจากมีความแม่นยำและใส่ค่าต่าง ๆได้ ทั้งยังสามารถรับแบบจากโปรแกรมอื่น ๆเพื่อมาใช้ในการคำนวณค่าได้ สามารถคำนวณค่าเชิงอคูสติก เช่น RT60, STI, SPL เป็นต้น โดยรูปภาพที่ 3.4 คือหน้า Interface ของโปรแกรม EASE



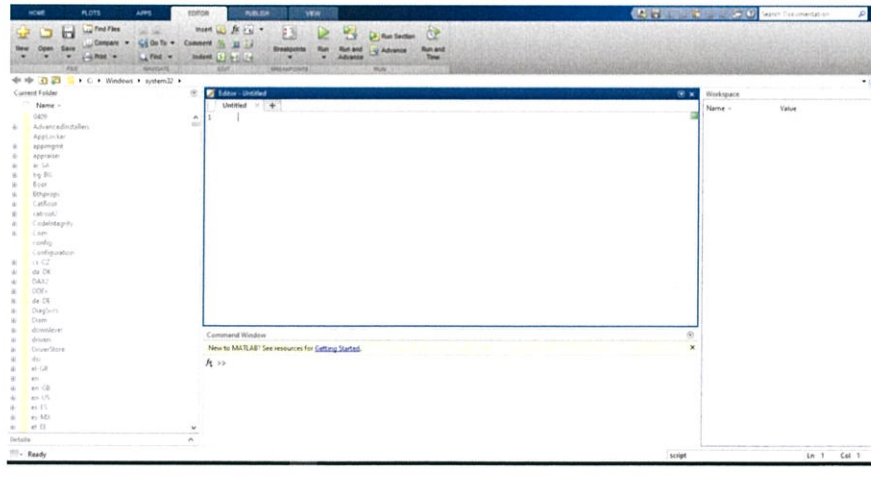
รูปภาพที่ 3.4 Interface ของ EASE

3.1.3 Matrix Laboratory (Matlab)



รูปภาพที่ 3.5 Icon Matlab

เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในแวดวงของนักวิทยาศาสตร์และ วิศวกรใน ปัจจุบันใช้ในการคำนวณและการเขียนโปรแกรม โปรแกรมหนึ่ง ที่มีความสามารถครอบคลุมตั้งแต่ การพัฒนาอัลกอริธึม การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น โดยรูปที่ 3.6 คือหน้า Interface ของโปรแกรม Matlab



รูปภาพที่ 3.6 Interface ของ Matlab

3.2 ปัญหาที่พบในห้อง Foley

รวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นในห้อง Foley 1 และ Foley 2 โดยห้อง Foleyที่มีอยู่ก่อนนั้นมีอยู่ 2 ห้องด้วยกันโดยสอบถามจากทีมงานโฟลี่และสังเกตุด้วยตนเองเพื่อใช้ในการพัฒนาห้องFoleyใหม่ให้ดีขึ้นโดยแต่ละห้องมีปัญหาดังนี้

3.2.1 ห้อง Foley 1

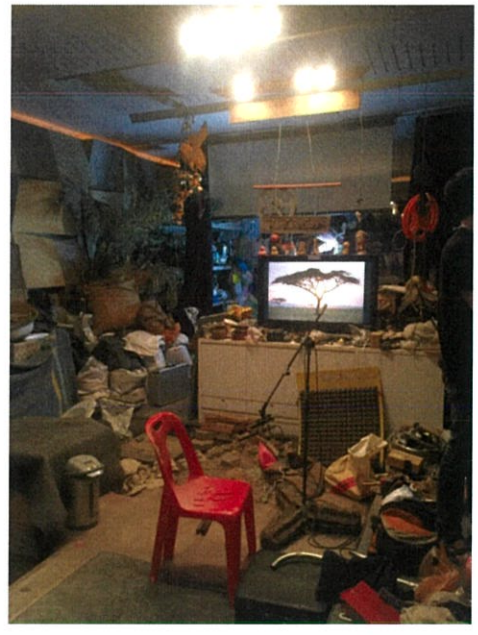
1) พื้นในการปฏิบัติงาน ไม่เพียงพอ

2) เมื่อมีฝนตก เสียงเข้ามารบกวนการปฏิบัติงาน

3) มีเสียงจากห้อง MIX เข้ามา

4) ประเภทของพื้นในการทำเสียง Footstep มีน้อย

5) เสียงจากอ่างล้างจานด้านหน้าห้องเมื่อมีการใช้งานเสียงจะเข้าไปรบกวนขณะปฏิบัติงาน



รูปภาพที่ 3.7 ห้อง Foley 1

3.2.2 ห้อง Foley 2

1) พื้นในการปฏิบัติงาน ไม่เพียงพอ

2) มีฝนตก เสียงเข้ามารบกวนการปฏิบัติงาน

3) ไม่เหมาะสมในการทำ Footstep

4) การสื่อสารระหว่าง Foley Recordist กับ Foley Artist

5) มีเสียงเมื่อมี ยานพาหนะ วิ่งผ่าน

6) พื้นที่ในการเก็บอุปกรณ์ต่าง ๆ

3.3 การออกแบบภายใน

จะทำการออกแบบอุปกรณ์ภายในห้องโฟลี่และการจัดวางตำแหน่งรวมถึงบ่อน้ำโดยการทำดังต่อไปนี้

3.3.1 ศึกษาห้องโฟลี่ต่างๆ

ทำการศึกษาห้องโฟลี่ทั่วโลกเพื่อนำแง่คิดมาทำการออกแบบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์การออกแบบห้องโฟลี่ออกมาดีที่สุด

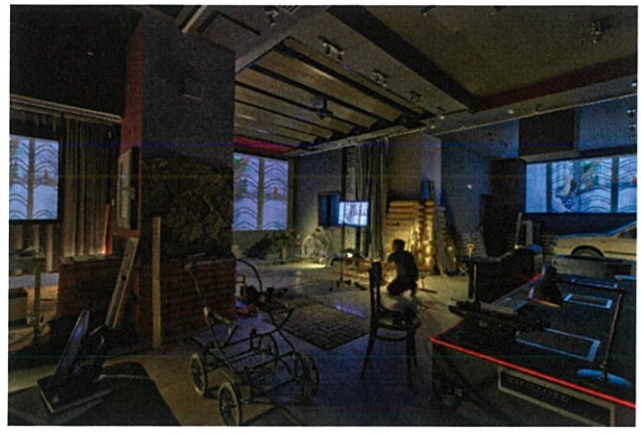
3.3.1.1 SKYWALKER SOUND

รูปภาพที่ 3.8 ห้องโฟลี่ของ SKYWALKER SOUND [ที่มา www.skysound.com]

3.3.1.2 FOX STUDIOS

รูปภาพที่ 3.9 ห้องโฟลี่ของ FOX STUDIOS [ที่มา www.foxstudios.com]

3.3.1.3 CINELAB



รูปภาพที่ 3.10 ห้องโฟลี่ของ CINELAB [ที่มา www.cinelab.co.uk]

3.3.1.4 HACIENDA POST

รูปภาพที่ 3.11 ห้องโฟลี่ของ HACIENDA POST [ที่มา www.haciendapost.com]

3.3.1.5 HACKENBACKER AUDIO POST PRODUCTION

รูปที่ 3.12 ห้องโฟลี่ของ HACKENBACKER AUDIO POST PRODUCTION [ที่มา www.hackenbacker.com]

3.3.1.6 MUSICROOM STUDIOS

รูปที่ 3.13 ห้องโฟลี่ของ MUSICROOM STUDIOS [ที่มา www.musicroomstudio.in]

3.3.1.7 PARK ROAD POST PRODUCTOIN

รูปที่ 3.14 ห้องโฟลี่ของ PARK ROAD POST PRODUCTION [ที่มา www.parkroad.co.nz]

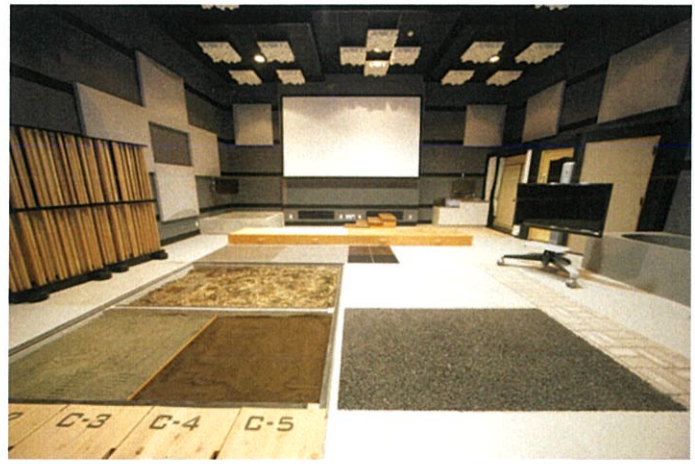
3.3.1.8 PINEWOOD

รูปที่ 3.15 ห้องโฟลี่ของ PINEWOOD [ที่มา www.pinewoodgroup.com]

3.3.1.9 SOUTH AUSTRALIAN FILM

รูปที่ 3.16 ห้องโฟลี่ของ SOUTH AUSTRALIAN FILM [ที่มา www.safilm.com.au]

3.3.1.10 TOHO STUDIOS



รูปที่ 3.17 ห้องโฟลี่ของ TOHO STUDIOS [ที่มา www.tohostudio.jp]

3.3.1.11 WARNER BROS.

รูปที่ 3.18 ห้องโฟลี่ของ WARNER BROS. [ที่มา www.wbsound.com]

3.3.2 ผลสำรวจและแบบสอบถามเบื้องต้น

จะทำการสอบถามเกี่ยวกับความต้องการของห้อง Foley ใหม่โดยการให้ Foley team ตอบแบบสอบถามดังนี้

3.3.2.1 อยากให้ภายในห้องมีอะไรบ้าง?

3.3.2.2 รูปแบบของห้อง?

3.3.2.3 รูปทรงของพื้นที่ใช้ในการทำ Footstep?

3.3.2.4 จำนวนของพื้นที่ใช้ในการทำ Footstep?

3.3.2.5 ชนิดของพื้นต้องการการทำ Footstep?

3.3.2.6 แนะนำพิทที่ต้องการเป็นพิเศษ(เสนอได้มากกว่า1ชนิด)?

3.3.2.7 อุปกรณ์อื่นที่ ต้องการเป็นพิเศษ (เสนอได้มากกว่า1ชนิด)?

3.3.2.8 ปัญหาที่ พบกับห้อง Foley 1 และ Foley 2?

3.3.2.9 ความคิดเห็นเพิ่มเติม

3.3.3 ทำการคำนวณ Room mode

เราคำนวณ Room mode เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาความถี่ทับซ้อนของห้อง โดยใช้โปรแกรม Matlab เข้าช่วยในการคิดสมการที่ () หลังจากได้ผลมานั้น นำผลมาดูค่าความถี่ที่เป็นผลกับห้อง โดยมีความกว้าง 8.18 เมตร หรือประมาณ 27.26 ฟุต ความยาว 8.12 เมตร หรือประมาณ 27.06 ฟุต ความสูง 6 เมตร หรือประมาณ 20 ฟุต

3.3.4 หาตำแหน่งที่เป็นปัญหาของห้อง

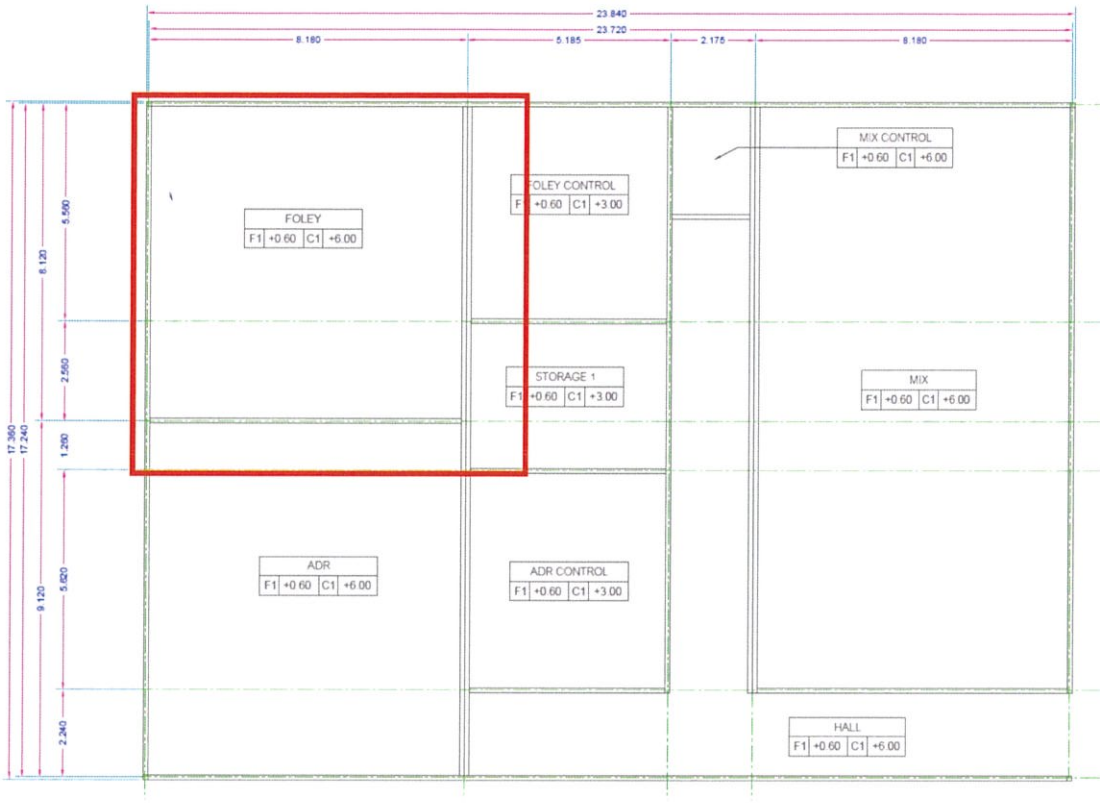
หลังจากทีได้ค่าความถี่มานั้นทำการคำนวณความยาวของคลื่น ด้วยสมการที่ () ทำการพล็อตออกมา เพื่อสังเกตตำแหน่งที่ปลอดภัยต่อปัญหาของห้องเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ

3.3.5 การออกแบบภายใน

โดยคำนึงถึงปัญหาของ Room mode ที่เกิดขึ้นแล้วจึงทำการออกแบบตามแบบสอบถามเพื่อให้ตรงตามความต้องการของ team foley และปรับปรุงแก้ไขตามความเหมาะสมโดยทางบริษัทช่วยแนะนำ

3.4 การออกแบบโครงสร้าง

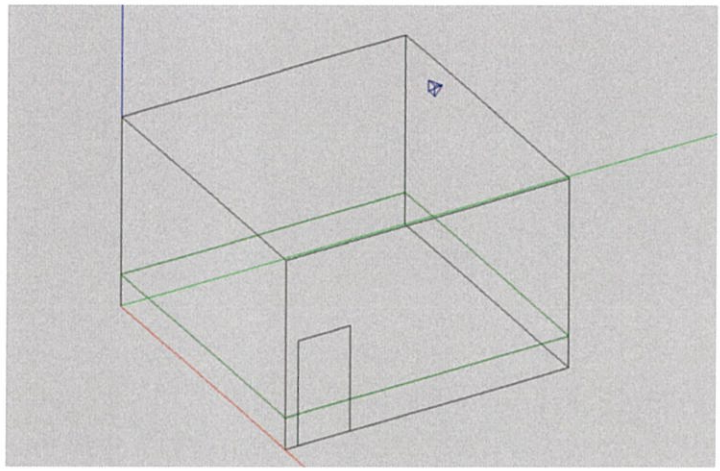
โครงสร้างพื้นที่ในการจัดสร้างห้อง Foley ถูกจัดสรรโดยทางบริษัทให้อยู่ในตำแหน่งกรอบสีส้มดังรูปภาพที่ 3.19 ซึ่งทางเข้าอยู่ทางด้านขวาของภาพ ซึ่งจะหันหน้าเข้ากับทางเข้าอาคารเก่า



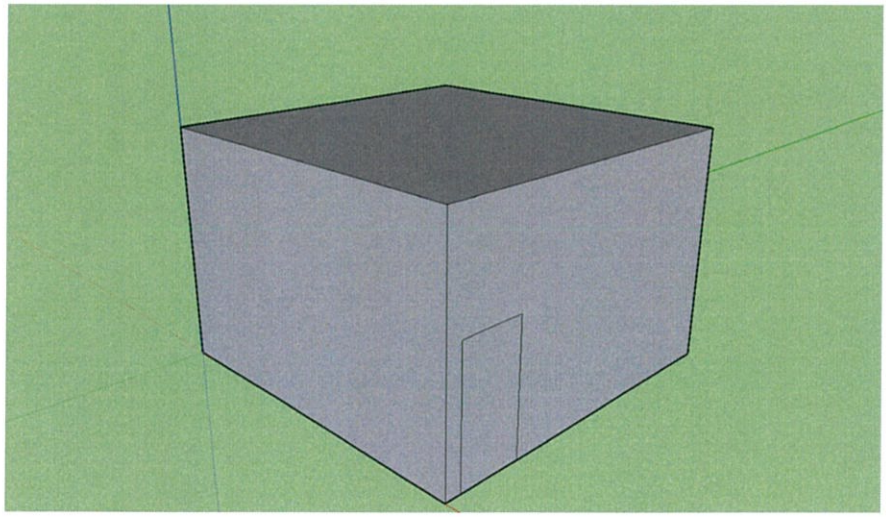
รูปภาพที่ 3.19 โครงสร้างตึกใหม่ทั้งหมด

3.4.1 การจำลองค่า Sound Pressure Level (SPL) และ Speech Transmission Index (STI)

โดยที่เราจะทำการจำลองค่า (Simulation) ค่า SPL และ STI ผ่านโปรแกรมที่ชื่อว่า EASE โดยการจำลองห้องและจำลองลำโพงดังรูปภาพที่ 3.20 โดยจะเช็คว่า ค่า SPL และ STI เหมาะสมและเพียงพอสำหรับห้อง Foley หรือไม่ โดยก่อนที่จะทำการจำลองค่าจะต้องวาดโครงสร้างตึกในโปรแกรมออกแบบ Sketch up แล้วจึงมาคิดในโปรแกรม EASE ดังรูปที่ 3.21



รูปภาพที่ 3.20 รูปภาพจำลองห้องและลำโพงในโปรแกรม



รูปภาพที่ 3.21 แบบจำลองห้องในโปรแกรม Sketchup

3.4.2 วิธีการคำนวณหาค่า STC ของกำแพง

เนื่องจากทางกันตนา ซาวด์ ออกแบบกำแพงขึ้นมาใหม่ ซึ่งอยากจะรู้ค่าการส่งผ่านของกำแพง (STC) โดยเราจะรู้ได้นั้นเราจะต้องได้ค่าการส่งผ่านของกำแพงของแต่ละความถี่(TL) เพราะแต่ละความถี่ค่าการส่งผ่านนั้นจะไม่เท่ากัน โดยการปล่อยสัญญาณจากนั้นทำการวัดเสียงจากภายนอก และวัดเทียบกับภายใน ดังรูปภาพที่ 3.22

รูปภาพที่ 3.22 ทำการวัดเสียงจากภายนอกและภายใน ตามลำดับ

จะวัดด้วยวิธีการ ปล่อย Sine wave ทีละความถี่ ตามมาตราฐานของ STC คือปล่อยความถี่ดังต่อไปนี้

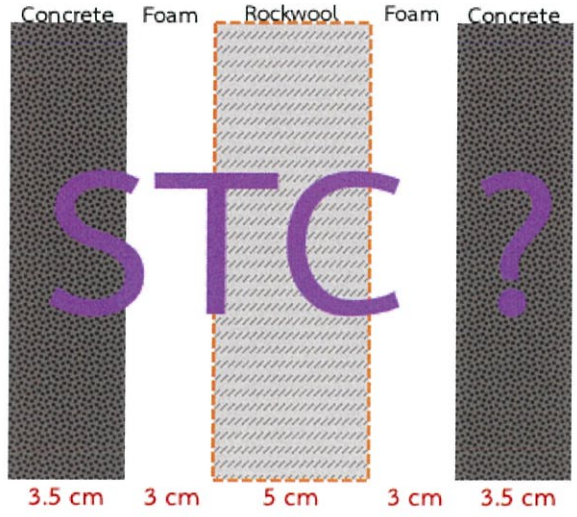
ความถี่(Hz)	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1600	200	2500	3150	4000

ตารางที่ 3.1 ความถี่ของสำคัญที่ควรวัด STC และค่า dB ของกราฟ STC

โดยจะวัดค่าความดังของเสียง เป็นหน่วย dBA จากภายนอก หลังจากนั้นวัดภายในแล้วนำมาเปรียบเทียบกันโดยจะคิดผลกระทบการสะท้อนของเสียงที่เกิดขึ้นภายใน ด้วยเพราะเนื่องจากห้องแคบมาจึงต้องคำนวณเพื่อชดเชยค่าที่จะทำให้ค่าผิดเพี้ยนไป

3.4.3 วิธีการหาค่า NOISE CRITERIA (NC)

โครงสร้างของกำแพงเป็นดังรูปที่ 3.23 เมื่อหาค่า STC ของกำแพงแล้ว จะเห็นได้ว่ายังมีวัสดุดูดซับเสียงอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันเสียงภายนอกเข้าโดยมี STC อยู่ที่ 17



รูปภาพที่ 3.23 โครงสร้างกำแพงใหม่

และหลังจากนั้นเราจะต้องวัดเสียงสภาพแวดล้อมภายนอกที่คาดว่าน่าจะก่อให้เกิดปัญหาทางด้านเสียงเข้ามารบกวนและภายในด้วย เพื่อตรวจสอบว่ามีผลกระทบถึง ข้างในห้องหรือไม่ จึงจะทำให้การคำนวณค่า NC ได้ โดยเสียงที่คาดว่าจะเข้ามารบกวนมีทั้งหมด 5 อย่างดังนี้

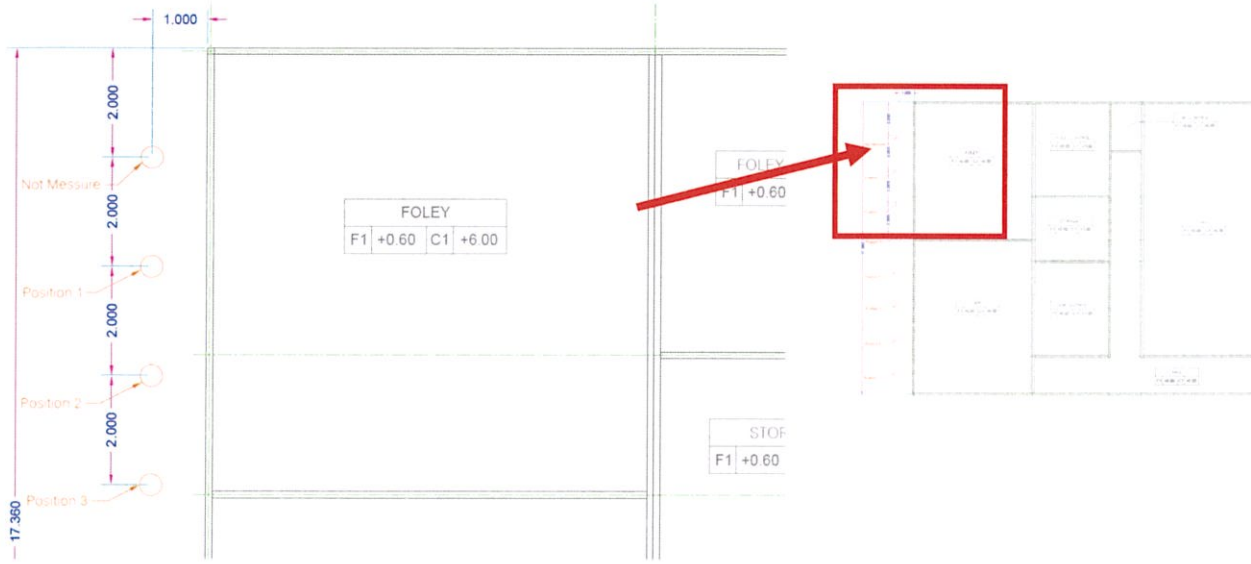
3.4.3.1 สภาพแวดล้อมข้างนอกห้อง Foley

เสียงสภาพแวดล้อมตอนเวลากลางวันในช่วงทำงาน นำ dBA มิเตอร์มาวัดค่า ทั้งหมด 7 ตำแหน่งดังรูปภาพที่ 3.24, 3.25 โดยทำการบันทึกดังนี้ โดยจะห่างจากตัวอาคารใหม่ 1 เมตร

วัดค่าตั้งแต่เวลา 9.00 น. – 11.00 น. และ 13.00 น. – 17.00 น. ซึ่งคือช่วงเวลาที่การทำงานของทีม Foley

(11.00 น. – 13.00 น. พักทานอาหารกลางวัน)

(หมายเหตุ มีช่วงเวลากลางคืนด้วยแต่ไม่นำมาคิดเพราะเสียงรบกวนน้อยมาก)

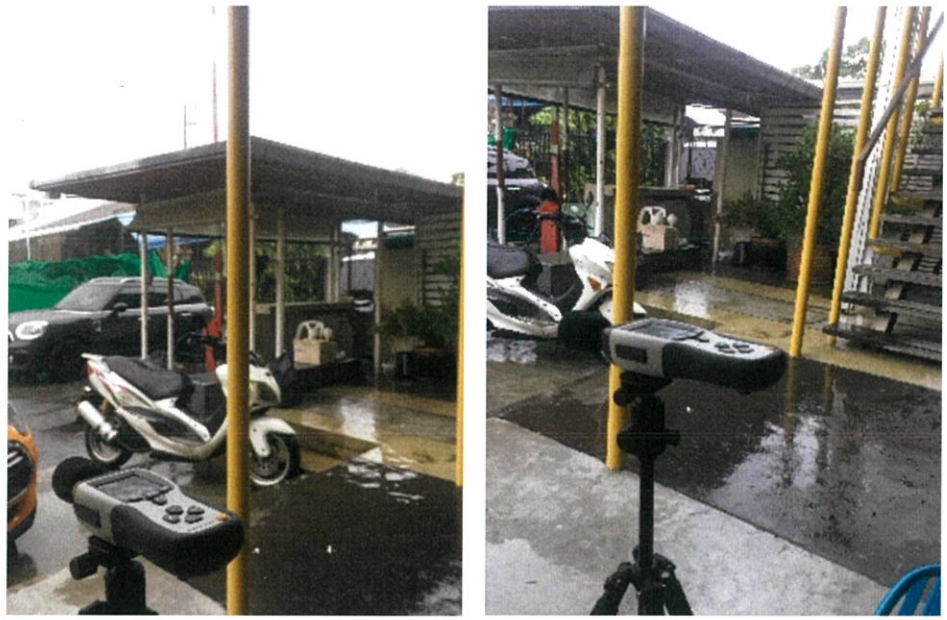


รูปภาพที่ 3.24 ณ ตำแหน่งที่ 1 - 3

รูปภาพที่ 3.25 ณ ตำแหน่งที่ 4 – 7 และภาพประกอบสถานที่จริง

3.4.3.2 ฝนตก

จะลดความดังที่ได้จากการบันทึกได้เล็กน้อยเนื่องจากบริเวณรอบข้างที่วัดนั้นมีเสียงจากเพดานซึ่งเป็นสังกะสีจึงทำให้ค่าที่วัดมานั้นได้มากกว่าปกติที่ควรจะเป็น ดังรูปที่ 3.26



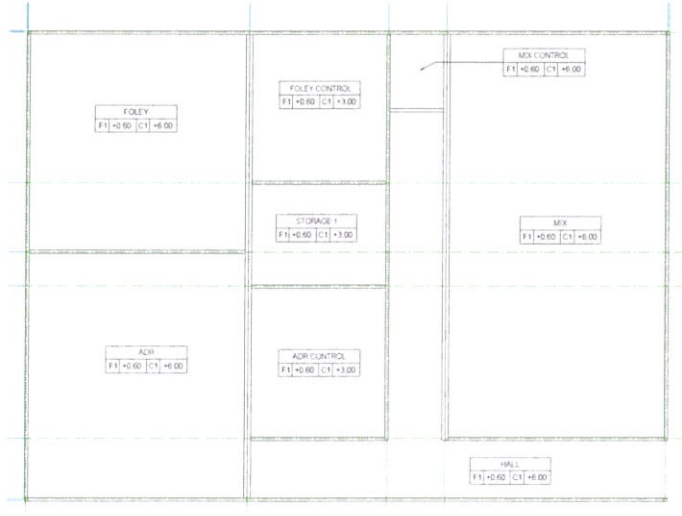
รูปภาพที่ 3.26 ภาพประกอบสถานที่จริงหน้าตึก Sound Studio Katana

3.4.3.3 ห้อง Mix room

จากปัญหาห้องก่อนๆที่พบว่าเสียงดังมากจากห้อง Mix Room ชั้นบนใน บางครั้งบ้างคราวที่มีฉากที่มีเสียงดัง จะทำให้ห้อง Foley ไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากมีเสียงรบกวน จึงทำการไปวัดค่าโดยวัดจากข้างนอกและวัดจากข้างใน (ทำการปิดประตูชั้นในแค่บานเดียวแล้ววัดและบันทึกผล) โดยการวัดของทั้งสองอย่างนี้จะห่างจากตัวประตู1เมตร ดังรูปภาพที่ 3.27

รูปภาพที่ 3.27 รูปการวัดค่าในห้อง Mix room และ หน้าห้อง Mix room ตามลำดับ

หลังจากวัดค่าได้แล้วตัวห้อง Mix จะผ่านกำแพง 2 ชั้น ก่อนจะถึงห้อง Foley ดังรูปภาพที่ 3.28



รูปภาพที่ 3.28 แปลงโครงสร้าง

3.4.3.4 Air compressor

ทางบริษัทให้มาวัดค่า ที่ Air compressor เนื่องจากอาจจะมีเสียงดังไปถึงห้องFoley ห้องใหม่ได้ และคาดการว่าจะวางตำแหน่ง Aircompressor ไว้ติดกับตัวที่มีอยู่แล้ว จึงวัด Air compressor ของอาคารบริษัทโดยห่างตัว Air compressor 2 เมตร ดังรูปภาพที่ 3.29

รูปภาพที่ 3.29 รูปการณ์วัดค่า Air compressor

หลังจากได้ค่าที่วัด จะคำนวณค่านั้นโดยการใช้ Inverse square law เนื่องจาก Air compressor อยู่ห่างจาก ห้อง Foley 20 เมตร

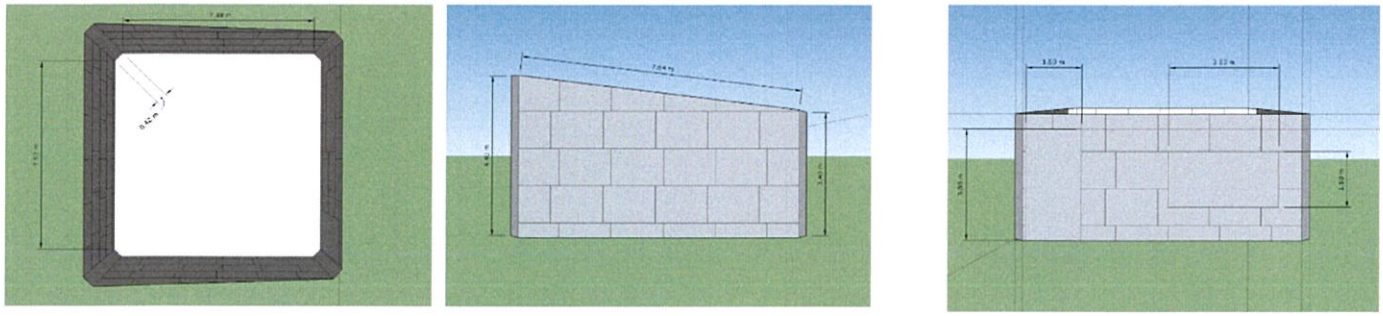
3.4.3.5 เสียงจากเครื่องปรับอากาศ ที่จะอยู่ข้างในห้อง Foley

กล่าวคือในห้องมีเสียงจาก อากาศอยู่แล้ว ทางบริษัทจึงให้บวกค่า NC ไป 5

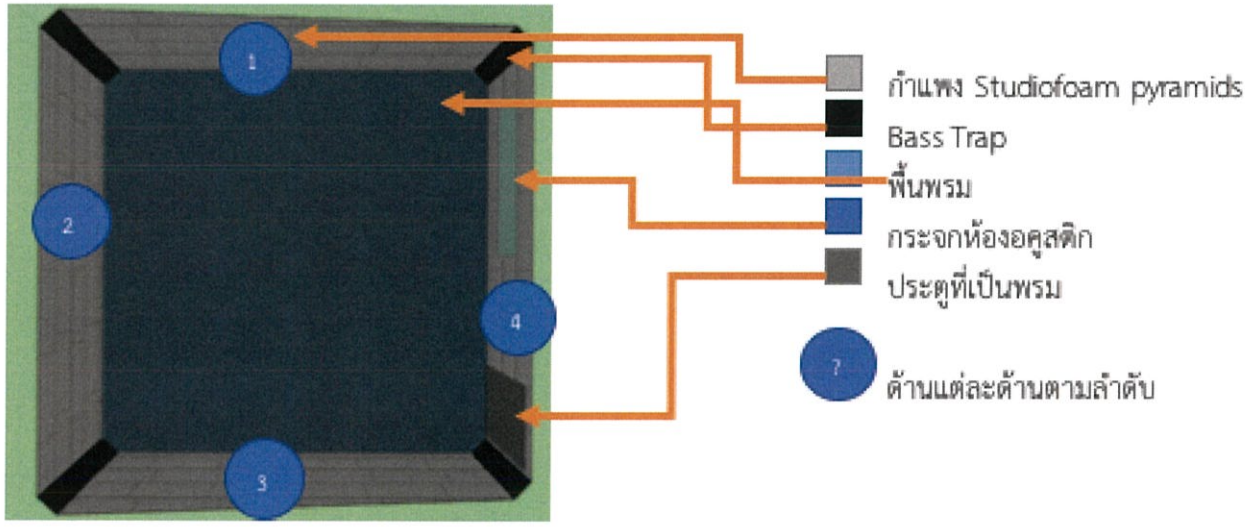
กล่าวคือเหมือนได้ ค่า NC มาแล้วให้ทำการ บวก ไปอีก 5 NC

3.4.4 วิธีการหาค่า Reverberation Time 60 (RT60)

โดยเราทำการออกแบบให้ห้องเหมาะสมกับการใช้งานโดยการหนีปัญหา Room mode ด้วย จึงทำให้เพดานเฉียงและนำมุมออกดังรูปภาพที่ 3.30 และแต่ละวัสดุจะอยู่ตำแหน่งตามรูปที่ 3.31โดยเราหาค่าของสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง(SAC)ของประตู,พื้น,เพดานและวัสดุซับเสียง (Studiofoam Pyramids,Bass trap) โดยเราจะคำนวณค่าจากสมการที่ () โดยจะทำให้เสียงสะท้อนน้อยที่สุดเนื่องเสียงสะท้อนจากสามารถแต่งได้



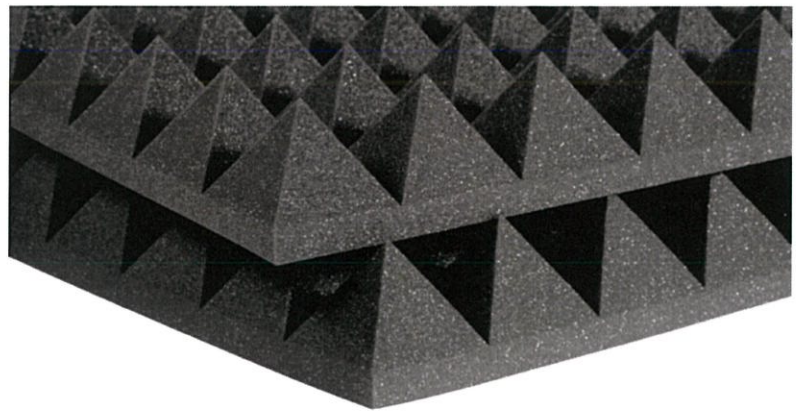
รูปภาพที่ 3.30 รูปห้อง Foley ใหม่



รูปภาพที่ 3.31 ตำแหน่งการจัดวางวัสดุ

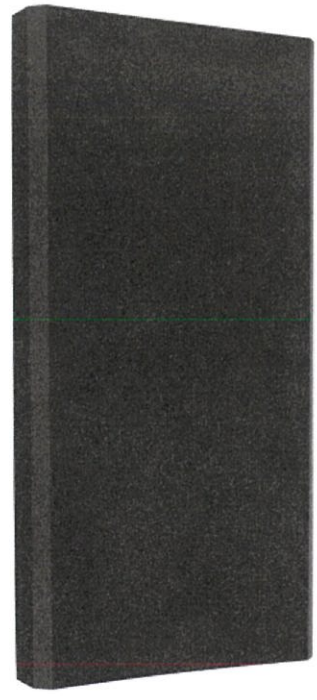
โดยค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง(SAC) ของแต่ละชนิดมีดังนี้

Studiofoam Pyramids 2 นิ้ว ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (NRC) อยู่ที่ 0.7



รูปภาพที่ 3.32 รูป Studiofoam Pyramis [ที่มา https://www.auralex.com/product/studio6/]

Bass Trap โดยค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (NRC) อยู่ที่ 1



รูปภาพที่ 3.33 Bass Trap [ที่มา https://www.auralex.com/product/studio6/]

พื้นเป็นพรม และ ประตูอคูสติกเป็นพรม โดยค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (NRC) อยู่ที่ 0.2

กระจกห้องเชื่อมห้องสตูดิโอ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (NRC) อยู่ที่ 0.04

ฝ้าเพดานดูดซับเสียง ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (NRC) อยู่ที่ 0.5 โดยพื้นที่มีดังนี้ (หน่วยเป็นตารางเมตร)

พื้นที่	พื้นที่ผิว
กำแพงด้านที่ 1 , 3	29.562
กำแพงด้านที่ 2	33.088
กำแพงด้านที่ 4	25.568
ประตู	4.5
กระจกห้อง	4.5
ฝ้าเพดาน	57.4528
พื้นพรม	57.0016
Bass trap ด้านที่ 2	18.48
Bass trap ด้านที่ 4	1.428

ตารางที่ 3.2 พื้นที่ผิวของด้านต่างๆ

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การออกแบบภายใน

4.1.1 ผลสำรวจและแบบสอบถามเบื้องต้น

ผลที่ได้จากการสำรวจทั้งหมด 11 คน โดยมี Foley Artist จำนวน 7 คน และทางทีม Foley Recordist จำนวน 4 คน ทั้งนี้ทางนั้นบางคำตอบอาจจะไม่ได้ตอบก็ได้

4.1.1.1 อยากให้ภายในห้องมีอะไรบ้าง?

1) พื้นที่ใช้ในการทำ Footstep คิดเป็น 30%
2) อุปกรณ์ในการทำ Prop ต่างๆ คิดเป็น 26%
3) บันได คิดเป็น 22%
4) บ่อน้ำ คิดเป็น 22%

4.1.1.2 รูปแบบของห้อง?

1) ห้องRecording และห้องFoley Room แยกกันคนละห้องคิดเป็น 89%
2) ห้องRecording และห้องFoley Room อยู่รวมกันคิดเป็น 11%

4.1.1.3 รูปทรงของพื้นที่ใช้ในการทำ Footstep?

1) ทรงสี่เหลี่ยม คิดเป็น 100%
2) ทรงครึ่งวงกลม คิดเป็น 0%

4.1.1.4 จำนวนของพื้นที่ใช้ในการทำ Footstep?

1) 5-12 หรือ มากที่สุดจะเป็นผลดี

4.1.1.5 ชนิดของพื้นต้องการการทำ Footstep?

1) พื้นไม้ คิดเป็น 88.9%
2) พื้นดิน คิดเป็น 100%
3) พื้นทราย คิดเป็น 88.9%
4) พื้นหญ้า คิดเป็น 77.8%
5) พื้นปูนมัน คิดเป็น 88.9%
6) พื้นปูนหยาบ คิดเป็น 100%
7) พื้นกระเบื้องเซรามิค คิดเป็น 77.8%%
8) พื้นกระเบื้องยาง คิดเป็น 77.8%
9) พื้นเหล็ก คิดเป็น 77.8%
10) พื้นหิมะ คิดเป็น 44.4%

4.1.1.6 แนะนำพิทที่ต้องการเป็นพิเศษ (เสนอได้มากกว่า1ชนิด)?

1) ลามิเนด สำหรับทำ เรือ บ้านไม้ดี ๆ เป็นต้น จะได้ไม่ต้องสร้างพื้นใหม่หลายครั้ง และ ไม่รบกวนพื้นที่การทำงานอื่น ๆ และประหยัดเวลาในการสร้าง
2) อาจจะไม่ต้องมีครบก็ได้แต่มีพิทว่างๆให้เซท เองก็ได้

3) พื้นปาร์เก้, พื้นหินอ่อน

4) ไม้ที่กว้างพอ

5) พื้นหิน พื้นหินก้อนเล็ก พื้นใบไม้ พื้นปูนหยาบ (สำรอง)

4.1.1.7 อุปกรณ์อื่นที่ ต้องการเป็นพิเศษ (เสนอได้มากกว่า1ชนิด)?

1) Talk back ที่ดังดีปกติ หรืออาจจะเปนลำโพงTalk back ด้านในที่ดีกว่านี้ artist จะได้ ได้ยินมากขึ้น สื่อสารง่ายขึ้น

2) การอัดสองไมค์

3) ชั้นวางของในห้องเก็บของแบ่งหมวดๆ กับ ตู้รองเท้า

4) ประตูไม้บานหนาเป็นไม้แท้, ประตูบานบาง, ประตูพลาสติก, ประตูกระจก ใช้เข็นออกมา

5) ประตู + ลูกบิดชนิดต่าง ๆ

6) โต๊ะที่สามารถเปลี่ยนพื้นผิวได้ เช่น พื้นกระเบื้อง หินอ่อน กระจก เหล็ก ไม้

7) โครงเหล็กและบันไดสำหรับทำเสียงเดิน โครงไม้และบันไดทำเสียงเดินบ้านเก่า ประตูไม้ ประตูเหล็ก โครงห้องน้ำ รถ 1 คัน อ่างน้ำล้างมือแบบกระเบื้องและเหล็ก อ่างอาบน้ำ

4.1.1.8 ปัญหาที่ พบกับห้อง Foley 1 และ Foley 2?

1) Foley 2 เล็ก พื้นที่จำกัด เสียงเข้าได้ง่าย

2) ลักษณะห้องต่างกัน มีผลให้โทนเสียงทางด้านของการเดินไม่ค่อยดีเท่าที่ควร ส่วนพรอพพอใช้ได้อยู่ และพื้นที่ในการทำ งานมีส่วนสำคัญมาก ๆ ทั้งด้านการเก็บพรอพ เรโซแนนซ์ของเสียงเอง ณ ปัจจุบันไม่มีที่ให้เดินแล้ว ห้องโฟลี่2

3) คับ/แคบ

4) โฟลี่ 1ยังโอเคอยู่ แหละ, โฟลี่ 2 ทอคแบคเสีย แคบ วิ่งแรงๆจะมีเสียงบึ่ง

5) ฝนตกเสียงเข้า เสียงเหล็กเข้า เสียงรถ มีห้องเก็บของ เปิดแอร์ตอนบันทึกเสียง แล้วมีปัญหา

6) Noise จากข้างนอก, จากตัวอาคาร

7) อุปกรณ์ชารุดบ่อย หาของยาก พื้นที่ ทำงานน้อย ทีวีจอเล็ก

8) พิทที่มีอยู่ตอนนี้มันมีlowตื้บๆๆๆเวลาเดินหนักๆอยู่

9) รวมไปถึงห้อง2 ที่ สะเทือน เสียงจากห้อง2มาห้อง1 จะหนักกว่าเสียงที่ได้ยินตอนอัดที่ ห้อง2

10) ประตูห้องเล็กทาให้เอาของเข้าออกยาก ต้องเปลี่ยนหลอดไฟบ่อย ไม่มีห้องเก็บของที่ ใหญ่พอ จอขนาดเล็กและมองจุดที่มืดมากๆไม่ค่อยเห็น ทำความสะอาดยาก Talkback เบา

4.1.1.9 ความคิดเห็นเพิ่มเติม

1) เพิ่มmicrophone 1-2 ตัว

2) อยากให้บริษัทออกทุนบังคับ โฟลี่ อาร์ตติสทุกคนเพื่อไปซื้อรองเท้าที่เป็นของตนเองมาใช้สำหรับเดิน จะได้ไม่คอยมาแย่งกันเวลางานซ้อน พอไม่บังคับให้เป็นชิ้นเป็นอัน ก็ไม่มีไปซื้อ และก็วนใช้ตามมีตามเกิดแบบนั้น เพื่อสุขภาพของ Artist ทุกคน ผมว่าข้อนี้สำคัญมาก... Mask ปิดปาก เวลาคลุกฝุ่นไม่รู้มีวิธีไหนได้บ้างที่จะทำให้มันปกป้องอาร์ตติสมากกว่านี้ (เท่าทีมีก็ปกป้องได้ละดับนึง) แค่อยากนำเสนอแนวคิดนี้คับ เพื่อร่วมกันหาทางแก้ไข จะด้วยการลงทุนหรืออะไรก็แล่วแต่.... เพราะถ้า Artist ที่มีอยู่จำกัดแบบนี้และไม่สบายกับสภาวะคลุกฝุ่นก็มีผลต่อการทำงานวันถัดๆไปได้ ซึ่งเสียเวลางานไปอีก... อยากให้มองเห็นปัญหาตรงนี้เพื่อเซฟคนของเราครับผม :)

3) เอาที่ทำงานให้สะดวก

4) อยากให้มีประตูลูกบิดหลายๆแบบ

5) ให้มีห้องเก็บของ ห้องควรมี พรม ทั้งพรมหนาและพรมบาง ขนาดของพิทต้องการรูปทรงเป็นแนวยาว

6) ควรสอบถามsound editor mixerที่นำเสียงไปใช้ด้วย

7) Pit สำหรับทำ footstep ควรมีฝาปิดเพื่อป้องกันฝุ่นกระจาย อยากให้ห้องโฟลี่ ทำความสะอาดง่ายทำห้องแบ่งเป็นโซนต่าง ๆ เช่น มุมห้องครัว มุมห้องนั่งเล่น สามารถทำงานได้หลายๆไมค์ มีรูต่อไมค์รอบห้อง ห้องเก็บของที่มีขนาดใหญ่และสามารถเก็บของเป็นหมวดหมู่ ได้ Talkback ฝังอยู่ บนเพดาน มีล๊อคเกอร์เก็บของให้ artist

8) ประตู ลูกบิด กอนปะตูหลายๆชนิด

4.1.2 ค่า Room mode

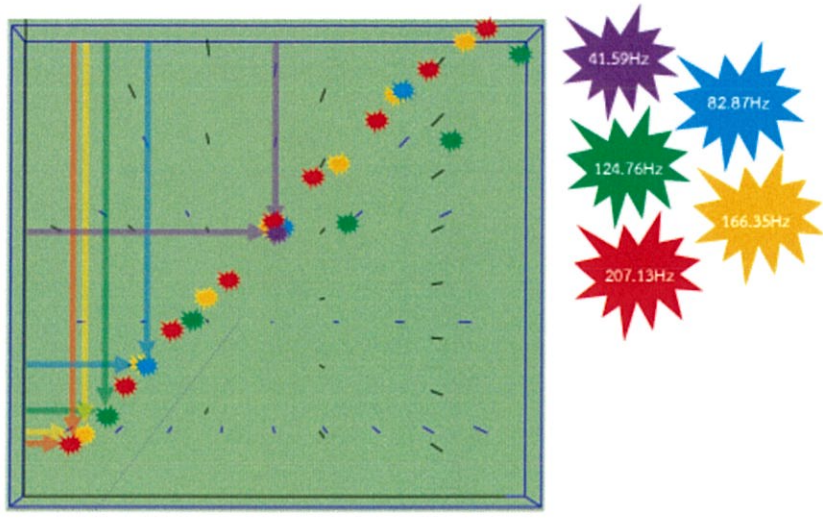
ค่า Room mode ที่คำนวณได้ โดยมีความกว้าง 8.18 เมตร หรือประมาณ 27.26 ฟุต ความยาว 8.12 เมตร หรือประมาณ 27.06 ฟุต ความสูง 6 เมตร หรือประมาณ 20 ฟุต และคำนวณจากสัดส่วนแปลนโครงสร้างที่ไม่รวมผนังอคูสติก เราจะดูที่ความถี่ 20 Hz ถึง 300 Hz

ฮาร์โมนิกครั้งที่	ความถี่ของความกว้าง	ความถี่ของความยาว	ความถี่ของความสูง
1	20.72633896	20.87952698	28.25
2	41.45267792	41.75905395	56.5
3	62.17901687	62.63858093	84.75
4	82.90535583	83.51810791	113
5	103.6316948	104.3976349	141.25
6	124.3580337	125.2771619	169.5
7	145.0843727	146.1566888	197.75
8	165.8107117	167.0362158	226
9	186.5370506	187.9157428	254.25
10	207.2633896	208.7952698	282.5
11	227.9897285	229.6747967	310.75
12	248.7160675	250.5543237	339
13	269.4424065	271.4338507	367.25
14	290.1687454	292.3133777	395.5
15	310.8950844	313.1929047	452

ตารางที่ 4.1 ค่า Room mode ที่คำนวณได้

4.1.3 หาตำแหน่งที่เป็นปัญหาของห้อง

หลังจากทีได้ค่าความถี่มานั้นทำการคำนวณความยาวของคลื่น ด้วยสมการที่ (2.3) ทำการพล็อตออกมา เพื่อสังเกตตำแหน่งที่ปลอดภัยต่อปัญหาของห้องเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ

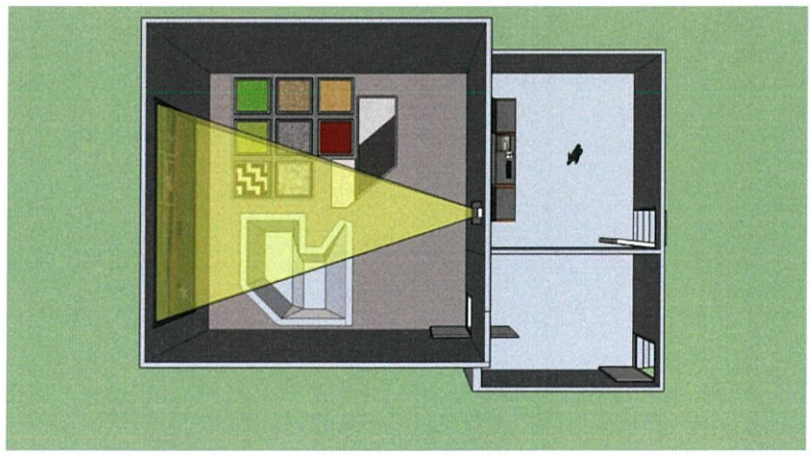


รูปภาพที่ 4.1 ตำแหน่งที่ไม่เกิดปัญหาของแต่ละความถี่ของ Room mode

4.1.4 การออกแบบภายใน

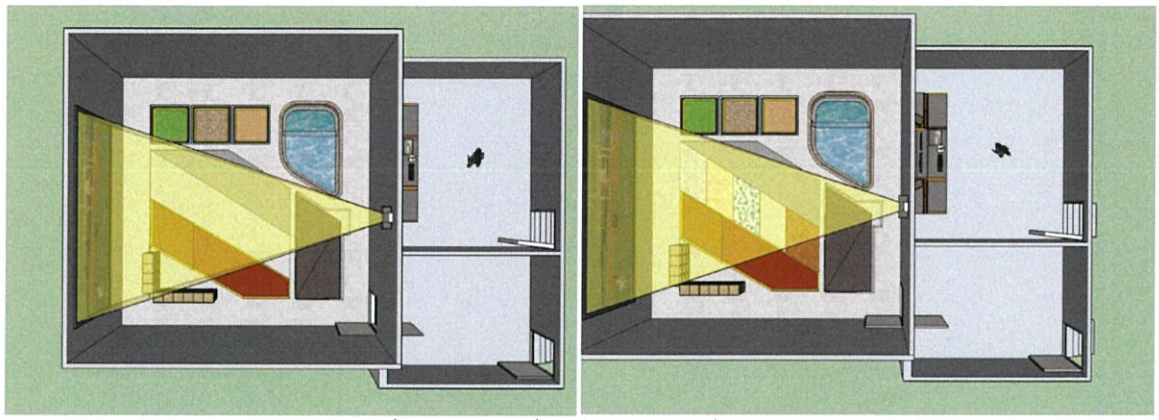
โดยคำนึงถึงปัญหาของ Room mode ที่เกิดขึ้นแล้วจึงทำการออกแบบโดยเราจะใช้ Sketch Up ในการออกแบบตามแบบสอบถามเพื่อให้ตรงตามความต้องการของ team Foley โดยจะมีแต่ละแปลนดังนี้

4.1.4.1 แปลนที่ 1 คือแปลนแรกที่ทำการออกแบบเพื่อเสนอแก้ไข



รูปภาพที่ 4.2 แปลนที่ 1

4.1.4.2 แปลนที่ 2 และ แปลนที่ 3คือแปลนที่ทำการออกแบบเพื่อเสนอแก้ไขเพิ่มเติม



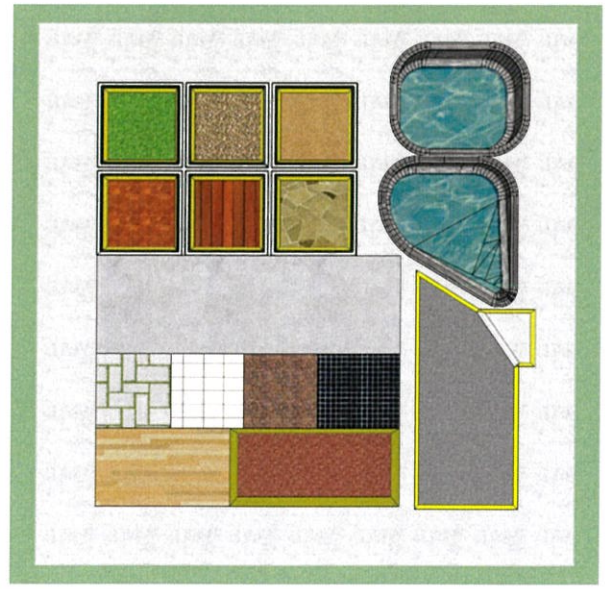
รูปภาพที่ 4.3 แปลนที่ 2 และ แปลนที่ 3 ตามลำดับ

4.1.5 แปลนสุดท้าย

หลังจากพัฒนาและปรับปรุงตามที่ทางบริษัทต้องการจึงได้แปลนสุดท้ายที่ดีเชิงในการคำนวณ และความปลอดภัยของผู้ใช้ทั้งยังตามปัญหาและแบบสอบถาม ของทีมโฟลี่

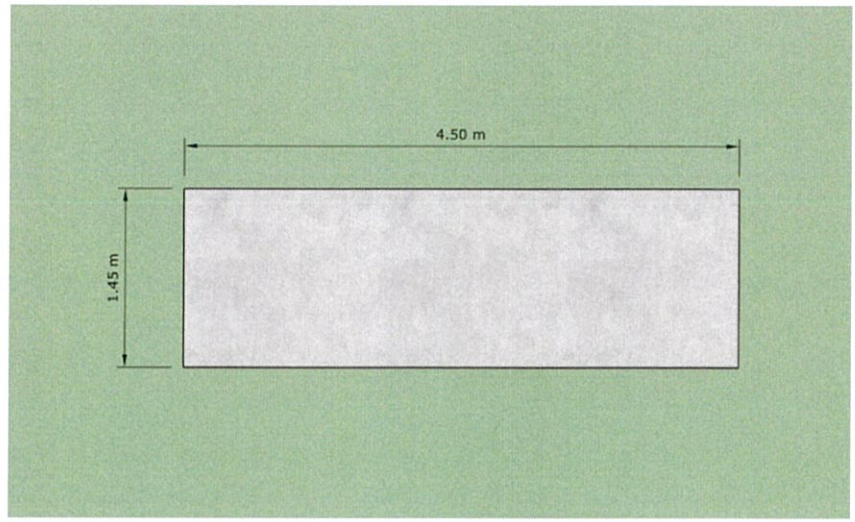
4.1.5.1 แปลนรวม

จะได้ดังภาพที่ 4.4 โดยจะเห็นสัดส่วนทุกอย่างของห้องโฟลี่



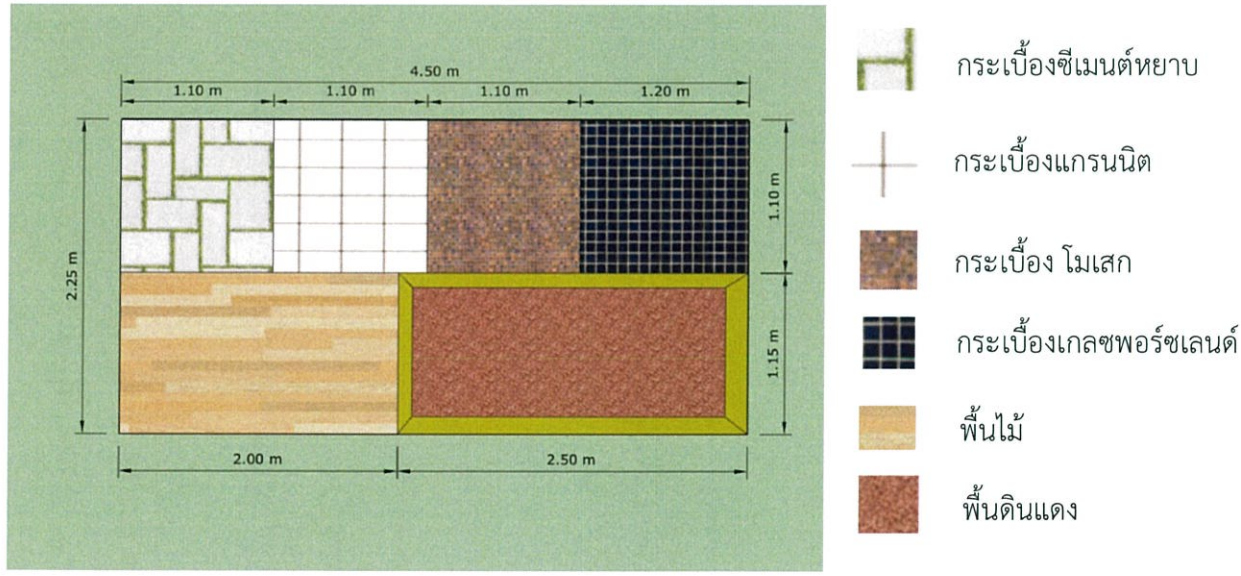
รูปภาพที่ 4.4 แบบแปลนโดยรวม

4.1.5.2 พื้นปูนมัน



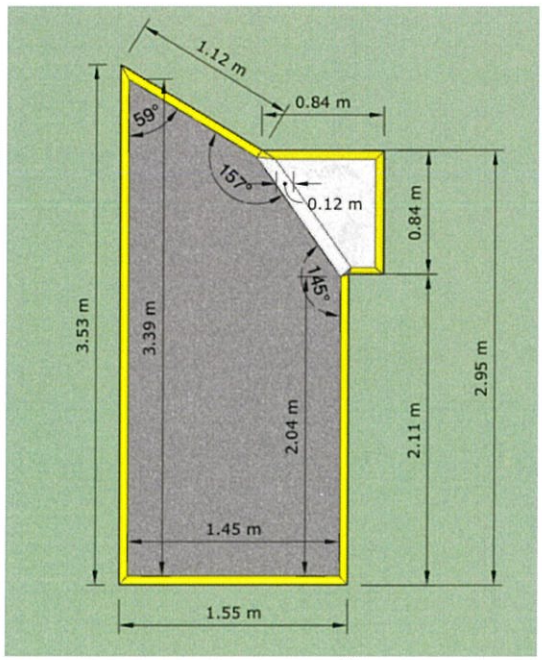
รูปภาพที่ 4.5 แบบพื้นปูนมัน

4.1.5.3 พื้นที่ส่วนของ Footstep



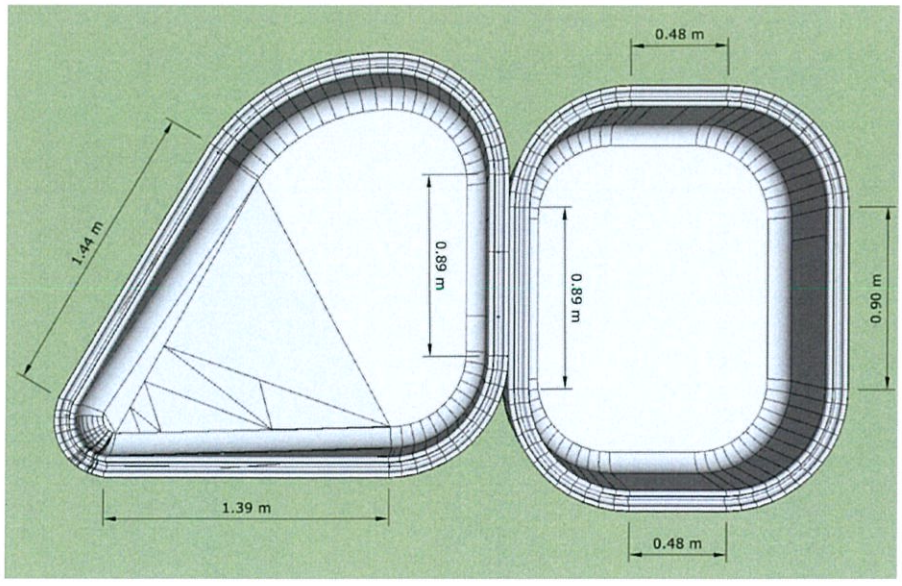
รูปภาพที่ 4.6 แบบพื้นที่ส่วน Footstep

4.1.5.4 พื้นปูนหยาบเลอะได้



รูปภาพที่ 4.7 แบบพื้นปูนมัน

4.1.5.5 บ่อน้ำ

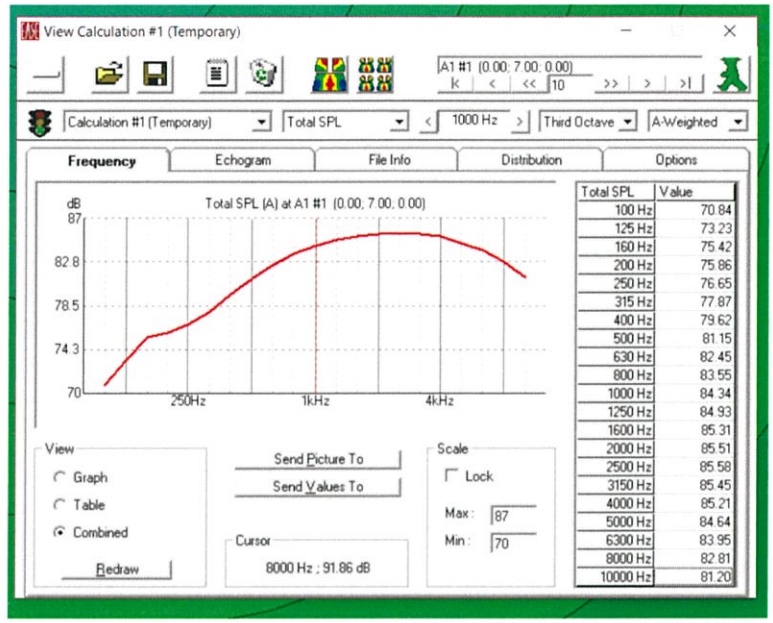


รูปภาพที่ 4.8 แบบบ่อน้ำ

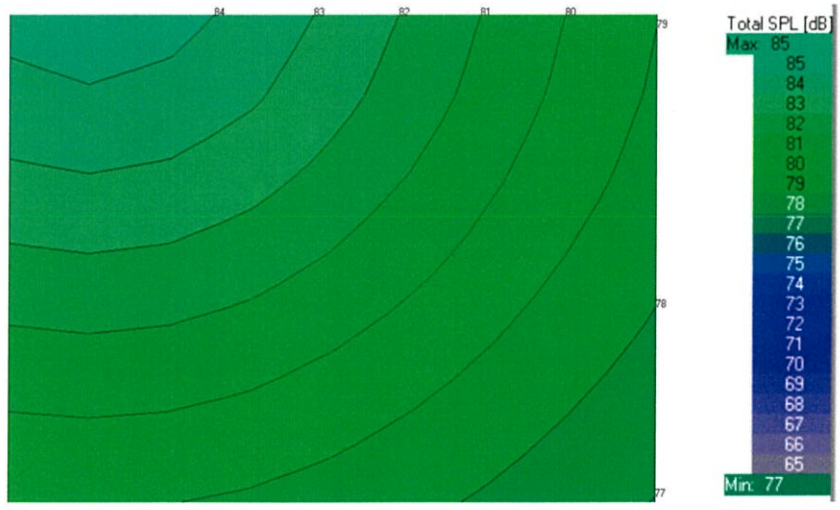
4.2 การออกแบบโครงสร้าง

4.2.1 ผลของค่า SPL

ผ่านโปรแกรม EASE เสียงคนพูด มีความถี่อยู่ที่ 300 – 3000 Hz ปล่อยความดังสูงสุดที่ 98 dB จะได้ผลตามรูปที่ 4.9 และ แสดงพื้นที่การได้ยินความดัง ตามรูปที่4.10 โดยมองจากมุมบน



รูปภาพที่ 4.9 กราฟแสดง SPL ความดังในแต่ละความถี่

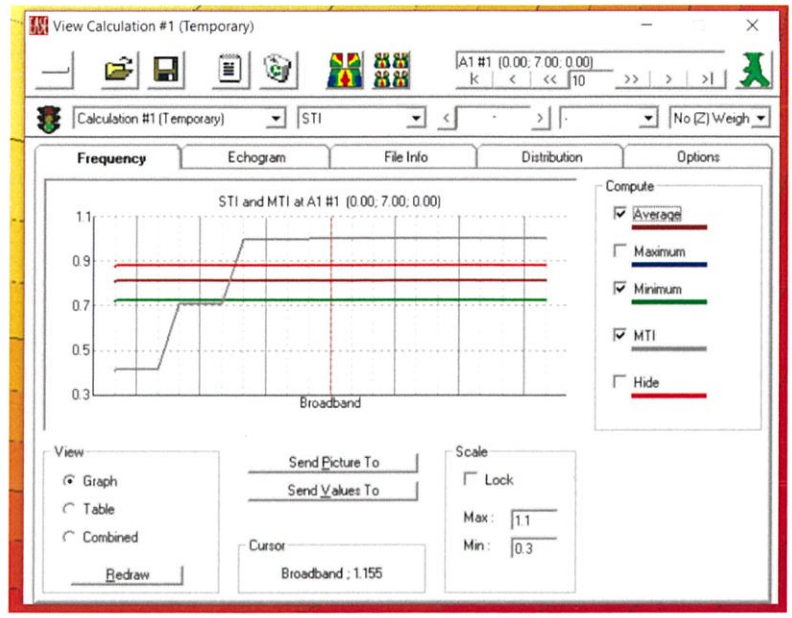


รูปภาพที่ 4.10 ค่า SPL ในแต่ละพื้นที่ จากจุดกำเนิดด้านซ้ายบน

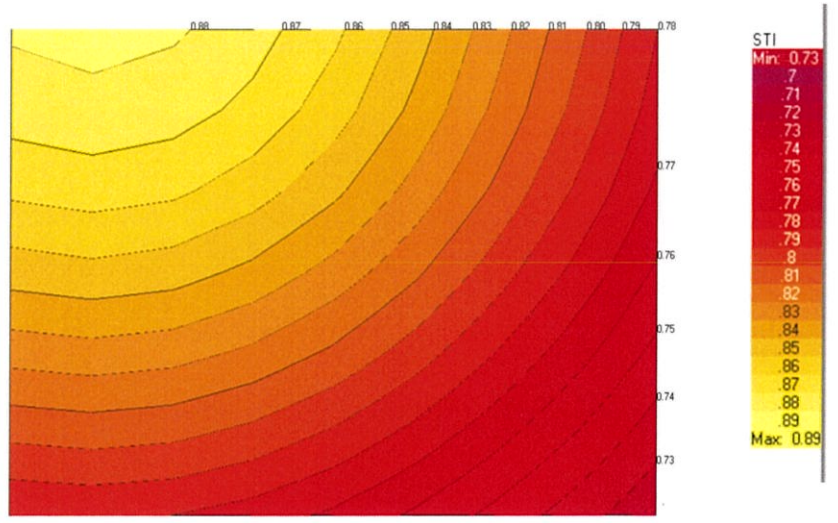
ซึ่งค่า SPL ของห้อง Foley ควรจะได้ยินทั่วทั้งห้องซึ่งตรงตามความต้องการของบริษัท

4.2.2 ผลของค่า STI

ผ่านโปรแกรม EASE จะได้ผลกราฟตามรูปภาพที่ 4.11 และพื้นที่ความชัดของความได้ยินจะเห็นได้ในรูปที่ภาพที่ 4.4



รูปภาพที่ 4.11 ผลของค่า STI ในห้อง Foley



รูปภาพที่ 4.12 ค่า STI ในแต่ละพื้นที่ ในห้อง Foley

ซึ่งค่า STI ของห้อง Foley ควรมากต่ำกว่า 0.6 ซึ่งถือว่าห้องนี้อยู่ในเกณฑ์ที่ทางบริษัทต้องการคือสามารถสื่อสารกันได้ระหว่าง Foley Artist กับ Foley Recordist

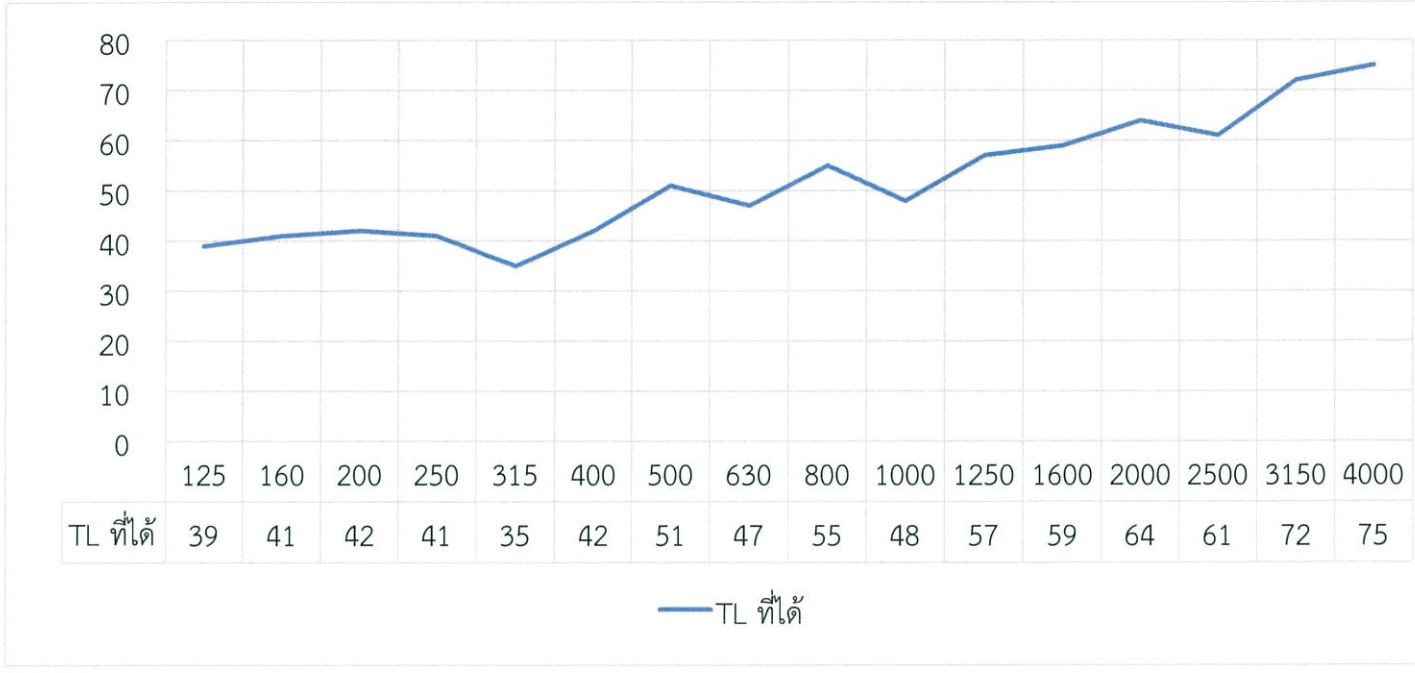
4.2.3 ค่า STC ของกำแพงใหม่

ค่าของ TL ที่ได้จากการวัดโดยการคิดกับค่าเสียงสะท้อนเสียง ดังรูปที่ 4.13

ความถี่	ภายนอก(dBA)	ภายใน(dBA)	TL(dBA)	TL+ชดเชยค่าเสียงสะท้อน(dBA)
125	87.3	57.3	30	38.9
160	93.6	61.3	32.3	41.2
200	94.3	61.6	32.7	41.6
250	97.2	65.2	32	40.9
315	95.9	69.8	26.1	34.9
400	95.8	63.1	32.7	41.6
500	98.8	56.9	41.9	50.8
630	103.1	65	38.1	46.9
800	103.6	58	45.6	54.5
1000	103.1	64.3	38.8	47.7
1250	99.9	52.2	47.7	56.6
1600	101.4	50.9	50.5	59.4
2000	95.8	40.8	55	63.7
2500	91.3	39.7	51.6	60.5
3150	101.7	38.9	62.8	71.7
4000	97.8	32	65.8	74.7

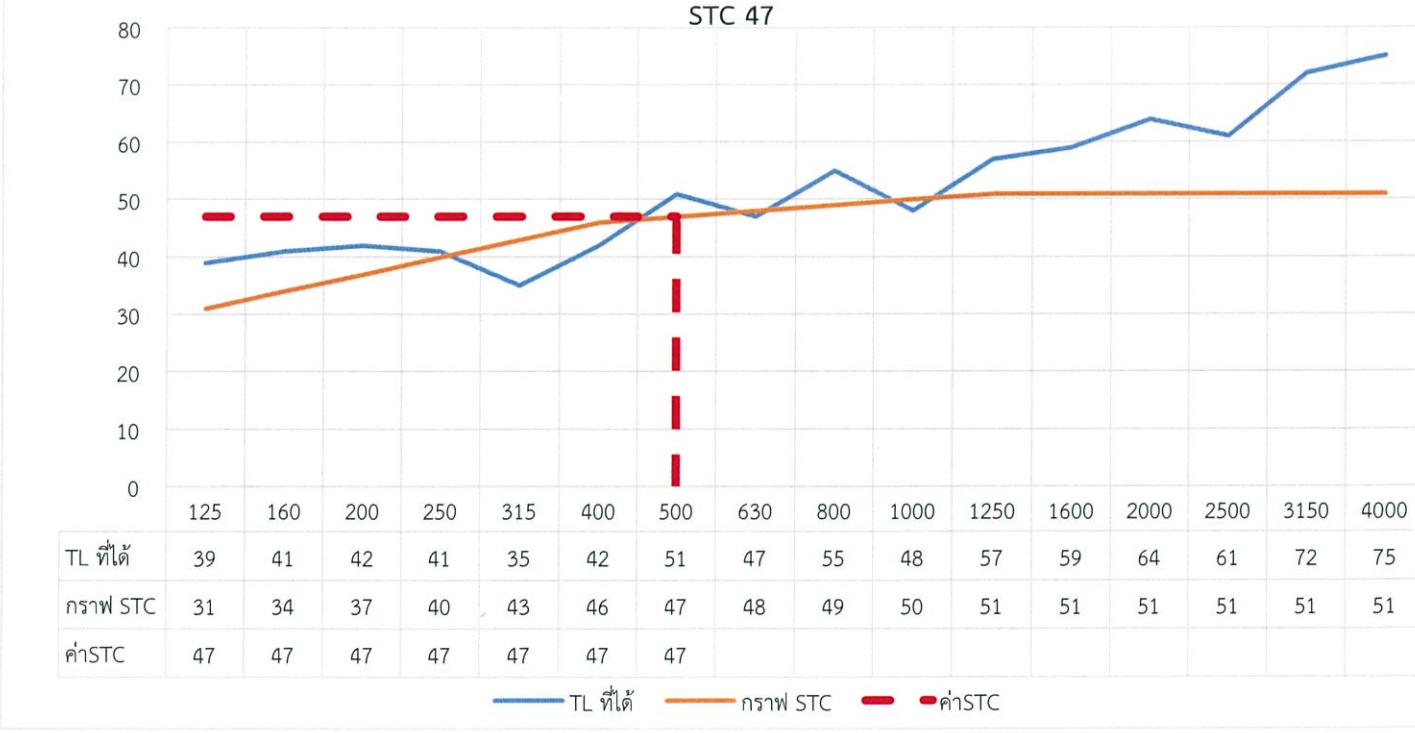
ตารางที่ 4.2 ตารางค่า การส่งผ่าน (TL)

และจากนั้นนำไปพล็อตกราฟ จะได้ผลตามรูปภาพที่ 4.13



รูปภาพที่ 4.13 กราฟ TL

นำกราฟ STC มาทำตามกฎของ STC แล้วจะได้ ค่า STC ดังรูปที่ 4.14



รูปภาพที่ 4.14 กราฟ STC และ TL ได้ค่า STC 47

4.2.4 ผลการวัดค่า NC

จากตารางที่ 4.3 เราจะนำ Air compressor, ฝนตก ห้องMix ด้านนอก และที่วัดค่าเฉพาะช่วงเช้าและบ่ายมาคิดเท่านั้น

ตำแหน่งการที่วัด	ระยะเวลาในการวัด	ค่าสูงสุด(dBA)	ค่าเฉลี่ย(dBA)
Air compressor	1ชั่วโมง	74	62.24
Rain	1 ชั่วโมง	86.7	70.99
Mix room (ด้านใน)	5 นาที(เปิดช่วงที่หนังดังสุด)	107	89.99
Mix room(ด้านนอก)	5 นาที(เปิดช่วงที่หนังดังสุด)	77.1	65.31
Position 1	ช่วงเช้า	63.6	45.82
	ช่วงบ่าย	79.9	45.31
Position 2	ช่วงเช้า	80.9	45.68
	ช่วงบ่าย	74.1	44.11
Position 3	ช่วงเช้า	67.6	46.19
	ช่วงบ่าย	60.1	44.65
Position 4	ช่วงเช้า	59.3	45.73
	ช่วงบ่าย	74.9	46.33
Position 5	ช่วงเช้า	72.6	46.91
	ช่วงบ่าย	64.8	44.24
Position 6	ช่วงเช้า	72.2	48.5
	ช่วงบ่าย	82	47.44
Position 7	ช่วงเช้า	68.7	46.6
	ช่วงบ่าย	67.5	46.87
กลางคืน	19.00น. - 00.00น.	68.7	48.2
เฉลี่ยตอนกลางวัน			46.02

ตารางที่ 4.3 ค่าการวัด dBA พื้นที่ต่างๆ

4.2.4.1 สภาพแวดล้อมภายนอก

คิดเฉพาะช่วงเช้าและบ่าย ตกอยู่ที่ประมาณ 46 dBA ซึ่งเสียงไม่สามารถผ่านกำแพงเข้าไปได้ เพราะกำแพงกันได้ประมาณ 47 dBA

4.2.4.2 ฝนตก

จากความดังสูงสุด 87(77*) dBA เนื่องจากมีเสียงรอบข้างเยอะเลยลบไป 10 dBA และฝนมีเสียง low สะส่วนใหญ่ ซึ่งกำแพงกันความถี่ต่ำได้ 40 dBA ลบจากกำแพง เหลือ 37 dBA คาดว่าผ่าน airgap และ absorber กันเสียงได้ 17 dBA จะคงเหลือประมาณ 20 dBA

4.2.4.3 Air Compressor

จากสูตรของ Inverse square law จาก 62 dBA จะเหลือเพียงแค่ 42 dBA ซึ่งจะไม่สามารถผ่านกำแพงไปได้

4.2.4.4 Mix room

เสียงที่ออกมากจาก Mix room อยู่ที่ 77.1 dBA แต่ต้องผ่านกำแพง 2ชั้น ก่อนมาถึงห้อง Foley เสียงจึงไม่สามารถเข้ามายังห้อง Foleyได้

4.2.4.5 สรุป ค่าของ NC

ดังนั้น ค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ของค่า NC ก็คือ กรณี มีฝนตก บวกกับค่าเครื่องปรับอากาศ โดย 20 dBA (ฝนตก) = NC 15 จากนั้นทำการบวกค่า เครื่องปรับอากาศ อีก 5 NC ดังนั้นค่าสุดท้ายของ นั้นก็คือNC = NC 20 ซึ่งจะตรงกับ มาตรฐานของ NC สำหรับห้องสตูดิโอ

4.2.5 ผลของค่า RT60

นำข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (NRC) มาคำนวณ ตามสมการ (2.5) ซึ่งเราได้หาพื้นที่และปริมาตรมาแล้วจะได้ค่าของ RT60 คือ 0.341682 ประมาณ 0.34 วินาที ซึ่งเป็นไปตามความต้องการของบริษัทที่ต้องการเสียงก้องสะท้อนน้อย ๆ

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ออกแบบภายใน

แปลนที่ออกแบบมาจะถูกนำไปใช้ในการสร้างจริงของทางบริษัท ซึ่งตอบโจทย์กับความต้องการของทางบริษัทและทีม Foley

5.1.2 ออกแบบโครงสร้าง

5.1.2.1 ค่า SPL STI RT60 NRC

จากค่าทั้งหมดที่กล่าวมา ค่าทุกค่าถูกออกแบบมาเพื่อให้อยู่ในมาตราฐานของห้อง Foley เพื่อเป็นไปตามความต้องการของทางบริษัท ทั้งยังนำข้อเสนอแนะจากทีม Foley มาใช้ในการออกแบบโครงสร้างด้วย

โดย SPL อยู่ที่มากกว่า 77 dBA ซึ่งทำให้เสียงที่ดังจากลำโพงดังทั่วถึงทั้งห้อง

STI อยู่ที่มากกว่า 0.73 ซึ่งทำให้ Foley Artist และ Recordist พูดคุยกันได้อย่างมีประสิทธิภาพและชัดเจน

RT60 อยู่ที่ 0.34 วินาที ซึ่งทำให้ห้องได้ยินเสียงก้องสะท้อนกลับมาน้อย สามารถนำไปใช้ในส่วนอื่น ๆ ของการผลิตภาพยนต์ต่อไปได้ตามความต้องการของทางบริษัท จะน้อยกว่ามาตราฐานห้อง Studio ดังรูปที่ 5. สามารถแก้ค่า RT60 ได้โดยลดปริมาณของ วัสดุกันเสียงขึ้นอยู่กับทางบริษัท

NRC อยู่ที่ 20 ซึ่งถือว่าอยู่ในมาตราฐานของห้อง Production Studio ดังรูปที่ 5. ซึ่งเพียงพอในการทำงาน Foley

5.1.2.2 กำแพงใหม่

กำแพงใหม่ของที่ทางบริษัทได้ออกแบบขึ้น เราได้ค่า STC จากการวัดคือ 47 ซึ่งสามารถกันเสียงได้ดีกว่ากำแพงอันเก่าที่ใช้แต่คอรกรีตหนา 20 ซม. โดยกันเสียงได้ประมาณนึง โดยค่าที่ได้ควรมีค่าที่สูงกว่านี้แต่เนื่องจากสถานที่วัดไม่เอื้ออำนวย จึงทำให้ค่าความถี่ ช่วง 320 Hz ผิดแปลกไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 สามารถแก้ RT60 ได้โดยนำวัสดุกันเสียงออกบางส่วนหรืออาจจะเปลี่ยนเป็นวัสดุสลับกันไป เพื่อให้กันเสียงได้อย่างครบถ้วนยิ่งขึ้นไป

5.2.2 ควรหาพื้นที่ในการทำการวัด STC ที่ดีกว่านี้ไม่มีเสียงรบกวนและคุณภาพสเปคของลำโพงที่เสถียรกว่านี้ และเครื่องวัดที่สามารถวัดค่าได้ทุกความถี่ในเวลาเดียวกัน

บรรณานุกรม

-Marshall Long. (2006). **Architectural Acoustic**. 84 Theobald's Road, London WC1X 8RR, UK

-M. David Egan. (2000). **Architectural Acoustics Workbook**. Fellow ASA, INCE Bd Cert, South Carolina

-Tetsuya Sakuma, Shinichi Sakamoto, & Toru Otsuru. (2014). **Computational Simulation in Architectural and Environmental Acoustics**. Springer Tokyo Heidelberg New York Dordrecht London

-Glen M. Ballou. (2008). **Handbook for Sound Engineers.** 4th ed. Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK

-Bobby Owsinski, & Dennis Moody. (2011). **The Studio Builder's Handbook.** Alfred Music Publishing Company

-http://www.avl.co.th/article.php?p=10&id=53

-http://mapleintegration.com/sound_transmission2.php

-http://www.zen-acoustic.com/what-is-stc.html

-http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Acoustic/invsqs.html

-http://cffet.net/noise/noise_ch2a.shtml

-http://www.microglassinsulation.com/knowledges-sound.html

-http://www.stou.ac.th/Schools/Shs/booklet/book55_3/sanitation.html

-http://s20200.wixsite.com/celling/1

-https://www.auralex.com/tools/testing-data/performance-data/

-http://www.soundstagemag.com/main/index.php/magazine-articles/pa-sound-light-on-stage/966-2017-04-24-07-25-18

-http://www.soundstagemag.com/main/index.php/magazine-articles/pa-sound-light-on-stage/990-2017-05-18-07-56-53