PERFORMANCE EVALUATION OF SOUND-ABSORBING INSULATION INSTALLATION IN MEDIUM-SIZED MEETING ROOMS FOR OPTIMAL ACOUSTIC QUALITY

Phapawin THUNRATCHADAKUL[1]

1 Faculty of Architecture, Bangkok University, Thailand; phapawin.thun@bumail.net

ABSTRACT

Medium-sized meeting rooms with a capacity of 100-150 seats serve as vital spaces where acoustic quality directly impacts communication efficiency. A common issue is excessive sound-reflective surfaces, which cause echo and an over-reverberant decay time, leading to reduced speech intelligibility and listener fatigue. According to international acoustic engineering standards, such conference spaces should maintain a reverberation time (RT60) between 0.80 and 1.00 seconds to achieve an optimal balance between spatial liveliness and maximum speech clarity. This research aims to evaluate acoustic performance enhancements achieved through the simulated installation of fabric-wrapped sound-absorbing panels in a 18.00x18.00x4.50 meters meeting room, utilizing EASE 5 as the primary design and simulation tool. The simulation environment allowed precise control over room volume and surface material areas to strictly evaluate sound absorption efficiency. The results indicate that prior to treatment, the room exhibited an excessive reverberation time of 1.50 seconds, resulting in poor speech intelligibility. However, upon simulating the optimal configuration of fabric-wrapped insulation panels, the reverberation time was successfully reduced to 0.94 seconds—falling precisely within the recommended target range. The expected outcome demonstrates that this acoustic treatment significantly improves overall sound quality, providing a clear, quantitative guideline for selecting and installing acoustic insulation in medium-sized meeting rooms.

Keywords: Reverberation Time, Fabric-Wrapped Sound-Absorbing Panels, Speech Intelligibility, Acoustic Simulation

CITATION INFORMATION: Thunratchadakul, P. (2026). Performance Evaluation of Sound-Absorbing Insulation Installation in Medium-Sized Meeting Rooms for Optimal Acoustic Quality. *Procedia of Multidisciplinary Research, 4*(11), 48.

การประเมินประสิทธิภาพของการติดตั้งฉนวนซับเสียงในห้องประชุมขนาดกลางเพื่อคุณภาพเสียงที่ดี

ปภาวิน ธัญรัชฎากุล[1]

1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ; phapawin.thun@bumail.net

บทคัดย่อ

ห้องประชุมขนาดกลางที่มีความจุ 100-150 ที่นั่ง เป็นพื้นที่สำคัญที่มีคุณภาพอะคูสติกส์ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการสื่อสาร ปัญหาที่พบบ่อยคือพื้นผิวสะท้อนเสียงมากเกินไปก่อให้เกิดเสียงก้องและเวลาการก้องที่ยาวนานเกินมาตรฐาน ส่งผลให้ความชัดเจนของคำพูดลดลงและเกิดความเหนื่อยล้าในการฟัง ตามหลักวิศวกรรมอะคูสติกส์สากลห้องประชุมลักษณะนี้ควรมีค่าเวลาการก้องอยู่ระหว่าง 0.80 ถึง 1.00 วินาที เพื่อสร้างสมดุลระหว่างความมีชีวิตชีวาของเสียงและความชัดเจนสูงสุด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปรับปรุงคุณภาพเสียงผ่านการจำลองการติดตั้งฉนวนซับเสียงหุ้มผ้าในห้องประชุมขนาด 18.00x18.00x4.50 เมตร โดยใช้โปรแกรม EASE 5 เป็นเครื่องมือหลักในการออกแบบและประเมินผล การจำลองช่วยให้สามารถควบคุมตัวแปรด้านปริมาตรห้องและพื้นที่วัสดุให้คงที่เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการซับเสียงอย่างแม่นยำ ผลการวิจัยพบว่าก่อนการปรับปรุงห้องประชุมมีค่าเวลาการก้องสูงถึง 1.50 วินาทีซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ต่ำแต่เมื่อทำการจำลองการติดตั้งฉนวนซับเสียงหุ้มผ้าในรูปแบบที่เหมาะสมที่สุด สามารถลดค่าเวลาการก้องลงมาอยู่ที่ 0.94 วินาที ซึ่งอยู่ในช่วงมาตรฐานที่กำหนด ผลลัพธ์ที่คาดหวังคือการวิจัยนี้ส่งผลในการเพิ่มประสิทธิภาพของคุณภาพเสียงที่ดีอย่างมีนัยสำคัญ และสามารถใช้เป็นแนวทางเชิงปริมาณที่ชัดเจนในการเลือกรูปแบบการติดตั้งฉนวนซับเสียงสำหรับห้องประชุมขนาดกลางต่อไป

คำสำคัญ: เวลาการก้อง, ฉนวนซับเสียงหุ้มผ้า, ความชัดเจนของการสื่อสาร, การจำลองอะคูสติกส์

ข้อมูลการอ้างอิง: ปภาวิน ธัญรัชฎากุล. (2569). การประเมินประสิทธิภาพของการติดตั้งฉนวนซับเสียงในห้องประชุมขนาดกลางเพื่อคุณภาพเสียงที่ดี. *Procedia of Multidisciplinary Research, 4*(11), 48.

บทนำ

ห้องประชุมขนาดกลางความจุ 100 ถึง 150 ที่นั่ง เป็นพื้นที่ปฏิบัติการหลักขององค์กรและสถาบันการศึกษาในการถ่ายทอดความรู้และการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ ทว่าปัญหาทางอะคูสติกส์ภายในห้องมักถูกมองข้ามจากการใช้พื้นผิวสะท้อนเสียงแข็ง เช่น คอนกรีตและกระจก ส่งผลให้เกิดปัญหาเสียงก้อง (Reverberation) ซ้อนทับวิถีเสียงโดยตรง (Direct Sound) ปรากฏการณ์นี้อธิบายได้ด้วยเวลาการก้อง (RT60 หรือ Reverberation Time) ซึ่งระบุระยะเวลาที่พลังงานเสียงลดลง 60 เดซิเบล ค่า RT60 ที่ยาวนานเกินไปไม่เพียงแต่ทำให้ความชัดเจนของคำพูดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังก่อให้เกิดสภาวะเหนื่อยล้าทางสมองในการรับฟัง (Listening Fatigue) อีกด้วย หลักการวิศวกรรมอะคูสติกส์สากล (Seung-Min Lee et al., 2022; Marshall and Bradley) จึงกำหนดให้ห้องประชุมลักษณะนี้มีค่า RT60 เป้าหมายอยู่ในช่วง 0.8 ถึง 1.0 วินาที เพื่อสร้างความสมดุลระหว่างความมีชีวิตชีวาของเสียงและความชัดเจนสูงสุด แนวทางการแก้ไขปัญหานี้คือการติดตั้งแผ่นดูดซับเสียงหุ้มผ้า (Fabric-wrapped acoustic panels) ซึ่งให้ประสิทธิภาพการซับเสียงควบคู่กับความสวยงามทางสถาปัตยกรรม ทว่าประสิทธิภาพที่แท้จริงมิได้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติวัสดุเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับตำแหน่ง (Position) ของการจัดวางวัสดุที่มีผลต่อการลดพลังงานเสียงสะท้อนเพื่อควบคุมค่า RT60 ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเนื่องจากการทดลองปรับเปลี่ยนการติดตั้งในสถานที่จริงมีข้อจำกัดด้านงบประมาณและเวลา งานวิจัยนี้จึงใช้โปรแกรมจำลองเสียงอะคูสติกส์คอมพิวเตอร์ (Acoustic Simulation Software) EASE 5 เป็นเครื่องมือหลักในการควบคุมตัวแปรแวดล้อม และทำการทดสอบเปรียบเทียบการจัดวางวัสดุซับเสียง เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและหาข้อสรุปเชิงประจักษ์ (Empirical Knowledge) ว่าการจัดวางในลักษณะใดสามารถควบคุมค่า RT60 ให้อยู่ในช่วง 0.8 ถึง 1.0 วินาทีได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์โดยตรงต่อสถาปนิกและวิศวกรอะคูสติกส์ในการออกแบบปรับปรุงห้องประชุมให้เกิดความคุ้มค่าเชิงการลงทุนและเอื้อต่อประสิทธิผลในการสื่อสารสูงสุดขององค์กร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Research objectives)

1) เพื่อศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดการสะท้อนของเสียง

2) เพื่อศึกษารูปแบบการติดตั้งวัสดุซับเสียงที่มีผลต่อค่าการก้อง (RT60)

3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของการติดตั้งฉนวนซับเสียง

4) เพื่อเสนอแนะรูปแบบการติดตั้งวัสดุซับเสียงภายในห้องประชุมขนาดกลาง

กรอบแนวคิดงานวิจัย (Research concept framework)

การวิจัยนี้มุ่งศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการติดตั้งฉนวนซับเสียงหุ้มผ้า (Fabric-wrapped Acoustic Panels) ภายในห้องประชุมขนาดกลางผ่านกระบวนการจำลองสถานการณ์ทางอะคูสติกส์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เฉพาะทาง โดยแบ่งตัวแปรออกเป็น 3 ส่วนหลัก

1) ตัวแปรต้น (Independent Variables) คือ รูปแบบการติดตั้งวัสดุซับเสียงของห้องประชุม ภายใต้พื้นที่และปริมาตรการควบคุมเดียวกัน

2) ตัวแปรควบคุม (Control Variables) คือ ขนาดของห้องประชุม (กว้าง 18.00 ม. x ยาว 18.00 ม. X สูง 4.50 ม.), ปริมาตรห้อง 1,458 ลูกบาศก์เมตร, คุณสมบัติทางกายภาพ

3) ตัวแปรตาม (Dependent Variables) คือ เกณฑ์ดัชนีชี้วัดคุณภาพทางอะคูสติกส์ภายในห้องประชุม ซึ่งประกอบด้วยเวลาการก้อง (RT60) ค่าเป้าหมายตามมาตรฐานสากลคือ 0.8 ถึง 1.0 วินาที

การทบทวนวรรณกรรม

แนวคิดพื้นฐานด้านอะคูสติกส์ของห้อง (Fundamentals of Room Acoustics)

อะคูสติกส์ของห้อง (Room Acoustics) คือสาขาวิชาที่ศึกษาพฤติกรรมของเสียงภายในพื้นที่ปิดซึ่งมีผลกระทบ

โดยตรงต่อคุณภาพของการรับฟังและการสื่อสารภายในห้องนั้นๆ สำหรับห้องประชุมขนาดกลางที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการสื่อสารด้วยคำพูด (Speech-focused room) คุณภาพทางอะคูสติกส์ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิผลและผลลัพธ์ของการประชุมอย่างไม่อาจปฏิเสธได้ ปัญหาด้านอะคูสติกส์ที่พบบ่อยและเป็นหัวข้อหลักในงานวิจัยนี้คือปรากฏการณ์ของเสียงก้อง (Reverberation) ซึ่งเป็นผลมาจากการสะท้อนเสียงที่มากเกินไป เวลาการก้อง หรือ Reverberation Time (นิยมเรียกย่อว่า RT60) เป็นตัวชี้วัดพื้นฐานและสำคัญที่สุดในการประเมินคุณภาพทางอะคูสติกส์ของห้อง (Room Acoustics) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่เน้นการสื่อสารด้วยคำพูด (Speech-Focused Spaces) RT60 คือ ระยะเวลา (วินาที) ที่ความดังของพลังงานเสียงภายในห้องลดลงไป 60 เดซิเบล หลังจากแหล่งกำเนิดเสียง (Sound Source) ได้หยุดลงอย่างฉับพลันค่า 60dB ที่ใช้ในการนิยามนี้เป็นระดับที่ถือว่าเสียงลดลงจนถึงจุดที่หูของมนุษย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถได้ยินเสียงนั้นได้อีกต่อไป (Inaudibility) กลไกทางกายภาพที่ทำให้เกิด RT60 ที่ยาวนานคือการที่เสียงเดินทางไปตกกระทบกับพื้นผิวต่างๆ ภายในห้อง เช่น ผนัง พื้น เพดาน และวัตถุแข็งอื่นๆ จากนั้นเสียงจะสะท้อน (Reflect) กลับมาอย่างต่อเนื่องทำให้เสียงเดิมซ้อนทับกับเสียงที่กำลังเกิดขึ้นใหม่นำไปสู่ปรากฏการณ์เสียงก้อง (Reverberation)ค่า RT60 มีความสัมพันธ์โดยตรงและสำคัญยิ่งต่อความชัดเจนของการสื่อสาร (Speech Intelligibility) นิยามความชัดเจนของคำพูดคือระดับความสามารถของผู้ฟังในการรับรู้และทำความเข้าใจเนื้อหาของคำพูดที่ถูกเปล่งออกมาภายในห้องโดยความชัดเจนของคำพูดจะเกิดขึ้นได้สูงสุดเมื่อมีค่า RT60 ที่เหมาะสมต้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมตามขนาดและปริมาตรของห้อง ระดับเสียงรบกวนพื้นหลัง (Background Noise) ต้องอยู่ในระดับที่ต่ำ การลดค่า RT60 ให้อยู่ในช่วงมาตรฐานที่เหมาะสมจึงถือเป็นภารกิจหลักของการปรับปรุงอะคูสติกส์เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการรับฟังและการสื่อสารที่มีคุณภาพสูงสุด

ตารางที่ 1 แสดงค่า RT60 ที่เหมาะสมตามขนาดของพื้นที่

ประเภทห้อง	ปริมาตรห้อง (โดยประมาณ)	ค่า RT60 เป้าหมาย (วินาที)
ห้องประชุมขนาดกลาง (กรณีศึกษา)	500-1500 m^3 หรือ 100-150 ที่นั่ง	0.8-1.0 วินาที
ห้องประชุมเล็ก (Video Conference)	น้อยกว่า 50 m^3	0.5-0.7 วินาที
ห้องเรียน / ห้องบรรยายขนาดเล็ก	น้อยกว่า 200 m^3	0.6-0.8 วินาที

ความสำคัญต่อความชัดเจนของการสื่อสาร (Speech Intelligibility) สำหรับห้องประชุมซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการสื่อสารด้วยคำพูด (Speech-focused rooms) ค่า RT60 มีความสัมพันธ์โดยตรงและสำคัญยิ่งต่อความชัดเจนของการสื่อสาร (Speech Intelligibility) ความชัดเจนของคำพูดคือระดับความสามารถของผู้ฟังในการรับรู้และทำความเข้าใจเนื้อหาของคำพูดที่ถูกเปล่งออกมาภายในห้องจะเกิดขึ้นได้สูงสุดเมื่อRT60 ที่เหมาะสมค่า RT60 ต้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมตามขนาดและปริมาตรของห้อง ระดับเสียงรบกวนพื้นหลัง (Background Noise) ต้องอยู่ในระดับที่ต่ำ การลดค่า RT60 ให้อยู่ในช่วงมาตรฐานที่เหมาะสมจึงถือเป็นภารกิจหลักของการปรับปรุงอะคูสติกส์เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการรับฟังและการสื่อสารที่มีคุณภาพสูงสุด

ทฤษฎีการลดเสียงก้องด้วยวัสดุดูดซับเสียง

วัสดุดูดซับเสียง (Sound Absorbing Materials) อธิบายกลไกของวัสดุดูดซับเสียงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลด RT60 ที่สูงเกินไปให้คำนิยามของ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficient, alpha) ว่าเป็น 1 อัตราส่วนของพลังงานเสียงที่วัสดุดูดกลืนไว้ต่อพลังงานเสียงทั้งหมดที่ตกกระทบ มีค่า 0 (สะท้อนทั้งหมด) ถึง 1.0 (ดูดซับทั้งหมด) นิยาม alpha คือ อัตราส่วนของพลังงานเสียงที่วัสดุดูดกลืนไว้ ต่อพลังงานเสียงทั้งหมดที่ตกกระทบพื้นผิววัสดุนั้นช่วงค่า alpha มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1.0 โดย 0 หมายถึงการสะท้อนเสียงทั้งหมด (วัสดุแข็งสะท้อนเสียง) และ 1.0 หมายถึงการดูดซับเสียงทั้งหมด (วัสดุดูดซับเสียงสมบูรณ์แบบ) ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง (alpha) ของวัสดุที่ใช้ในการจำลองจะต้องถูกรวบรวมและยืนยันเพื่อนำไปป้อนเป็นข้อมูลตั้งต้นในโปรแกรมจำลอง EASE 5 ในงานวิจัยนี้

แนวทางการแก้ไขปัญหา RT60 ที่สูงเกินไปที่ได้รับความนิยมและมีประสิทธิภาพสูงสุดคือการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียง โดยเลือกใช้ ฉนวนซับเสียงฉนวนใยแก้วที่มีความหนา 50 มิลลิเมตร โดยหุ้มด้วยผ้าบุเฟอร์นิเจอร์ (Fabric-wrapped acoustic panels)

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง (α) อ้างอิงจากฐานข้อมูลปฏิบัติการมาตรฐาน (ISO 354) ข้อมูลทดสอบมาตรฐานห้องปฏิบัติการวัสดุอะคูสติกส์ หรือคู่มือทางวิศวกรรมสถาปัตยกรรม

ย่านความถี่กลาง (Octave Band: Hz)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2kHz	4 kHz	8 kHz
ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง (α)	0.22	0.45	0.85	0.95	0.91	0.86	0.80

วัสดุประเภทนี้เป็นแนวทางที่สามารถผสานประสิทธิภาพการดูดซับเสียงเข้ากับความสวยงามทางสถาปัตยกรรม ความทนทาน และความปลอดภัยในการใช้งานได้อย่างลงตัว และงานวิจัยนี้กำหนดให้คุณสมบัติการดูดซับเสียงของวัสดุที่ใช้ในการปรับปรุงมีความเป็นเนื้อเดียวกันตลอดการทดลอง และไม่ครอบคลุมถึงประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับเสียงประเภทอื่น เช่น แผ่นฝ้าเพดานอะคูสติก, ม่าน, หรือวัสดุที่ติดตั้งในรูปแบบ Diffuser

วิธีดำเนินการวิจัย

การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพภายในห้องประชุมขนาดกลางมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสภาพแวดล้อมทางอะคูสติกส์ (Acoustic Environment) ปัญหาเชิงสถาปัตยกรรมที่มักพบคือ เสียงก้องสะท้อนที่ยาวนานเกินไปอันเกิดจากพื้นผิวอาคารที่มีความแข็งและเรียบซึ่งส่งผลกระทบหลัก คือ การเพิ่มขึ้นของเวลาการก้อง (Reverberation Time: RT60) ทำให้ผู้เข้าร่วประชุมเกิดความเหนื่อยล้าในการรับฟัง (Listening Fatigue) และลดทอนประสิทธิผลของการประชุมลงอย่างมีนัยสำคัญการควบคุมสภาพเสียงให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล โดยกำหนดเป้าหมายของค่า RT60 ให้อยู่ในช่วงพิสัย 0.8 ถึง 1.0 วินาทีจึงเป็นสิ่งจำเป็นด้วยความซับซ้อนทางกายภาพและข้อจำกัดด้านงบประมาณรวมถึงเวลาการทดลองติดตั้งและปรับเปลี่ยนวัสดุซับเสียงในสถานที่จริงหลากหลายรูปแบบเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์เป็นสิ่งที่ไม่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการใช้ โปรแกรมจำลองเสียงอะคูสติกส์ EASE 5 (Enhanced Acoustic Simulator for Engineers) เป็นเครื่องมือหลักในการคำนวณ ออกแบบ และประเมินผลการใช้แบบจำลอง 3 มิติบนโปรแกรม EASE 5 ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถควบคุมตัวแปรทางกายภาพทั้งหมดให้คงที่ (เช่น ปริมาตรของห้อง สัดส่วนความกว้าง-ยาว-สูง และคุณสมบัติการดูดซับเสียงของโครงสร้างเดิม) ตลอดจนควบคุมปริมาณ พื้นที่รวมของฉนวนซับเสียงหุ้มผ้าที่จะติดตั้งให้เท่ากันในทุกกรณีศึกษา เพื่อแยกแยะและประเมินประสิทธิภาพที่แท้จริงของการจัดวางวัสดุซับเสียง (Installation Configurations) โปรแกรม EASE 5 จะทำการประมวลผลผ่านอัลกอริทึม เพื่อให้ข้อมูลเชิงปริมาณที่แม่นยำในตัวแปรหลัก

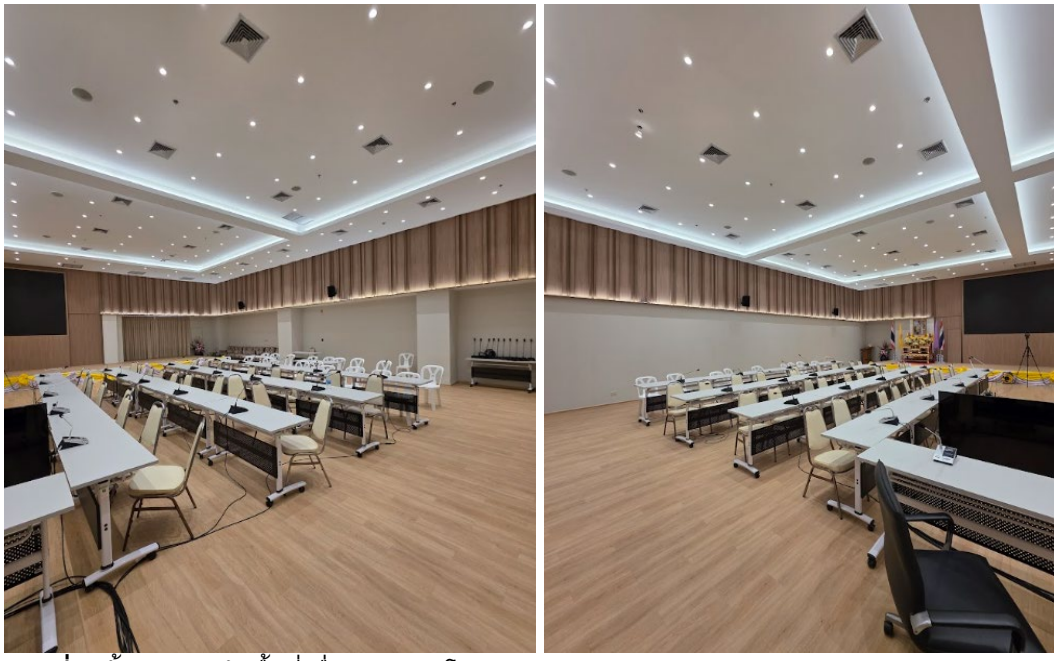
การลดค่า RT60 วิเคราะห์การลดลงของเวลาการก้องในแต่ละย่านความถี่ (Octave Bands) ตั้งแต่ 125 Hz ถึง 8000 Hz เพื่อตรวจสอบว่ารูปแบบใดสามารถดึงค่า RT60 ลงมาอยู่ในช่วงเป้าหมาย 0.8 ถึง 1.0 วินาทีได้อย่างสม่ำเสมอ

ขอบเขตเชิงพื้นที่ห้องประชุมขนาดกลาง อาคารวัฒนเวช ชั้น 11 โรงพยาบาลราชบุรีที่ถูกกำหนดให้มีความจุประมาณ 100 ถึง 150 ที่นั่ง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เน้นการใช้งานสำหรับการสื่อสารด้วยคำพูด (Speech-focused room) เป็นหลัก ขนาดห้องกว้าง 18.00 เมตร ยาว 18.00 เมตร ความสูงฝ้าเพดาน 4.50 เมตร พื้นผิวถูกจำกัดให้เป็นห้องที่มีลักษณะทางอะคูสติกส์เบื้องต้นที่ส่งเสริมให้เกิดเสียงก้องสูง (High Reverberation) โดยประกอบด้วยวัสดุพื้นผิวแข็งและสะท้อนเสียงเป็นหลัก เช่น ผนังคอนกรีตเรียบ, พื้นกระเบื้องยางผิวแข็ง, และฝ้าเพดานฉาบเรียบ โดยใช้2 เครื่องวัดค่าอะคูสติกส์ (Acoustic Measurement System) ประกอบด้วยไมโครโฟนวัดเสียงมาตรฐาน ลำโพงแหล่งกำเนิดเสียง และโปรแกรมประมวลผล APM TOOL ใช้ในการวัดค่า RT60 ของห้องจริงในสภาวะเริ่มต้น

REPORT OF THE MEASUREMENT SESSION

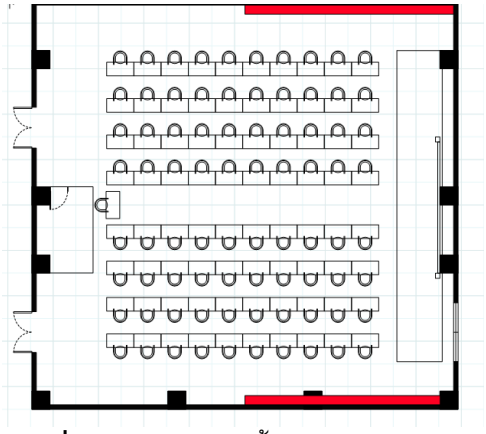
Fc [Hz]	250	500	1k	2k	4k
RT [s]	*1.45*	***1.53***	***1.61***	*1.53*	*1.32*
RTmid [s]	***1.57***				

ภาพที่ 1 แสดงค่าการวัด RT60 ห้องประชุมขนาดกลาง



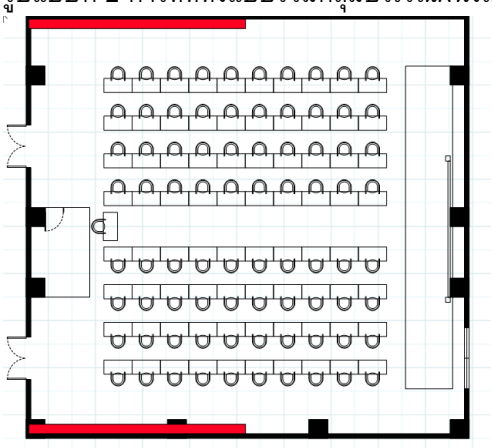
ภาพที่ 2 ขั้นตอนการวัดพื้นที่เพื่อจำลองเข้าโปรแกม EASE 5

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างแบบจำลองสภาวะแวดล้อมพื้นฐาน (Baseline Modeling)
นำข้อมูลสัดส่วนทางกายภาพและวัสดุพื้นผิวเดิมของห้องประชุมขนาดกลางเข้าสู่โปรแกรม EASE 5 เพื่อสร้างแบบจำลองเรขาคณิต 3 มิติ (Room Geometry) พร้อมทั้งกำหนดตำแหน่งแหล่งกำเนิดเสียง (Sound Source/Loudspeaker) และจุดรับสัญญาณเสียง (Receiver Points) ตามตำแหน่งที่นั่งฟังจริง เพื่อคำนวณค่า RT60 และ STI ในสภาวะปัจจุบันก่อนการปรับปรุง (Unoccupied/Baseline Condition)
ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดเงื่อนไขและรูปแบบการจัดวางวัสดุซับเสียง (Scenario Simulation)
กำหนดคุณสมบัติทางอะคูสติกส์ของฉนวนซับเสียงหุ้มผ้าในโปรแกรม และทำการออกแบบรูปแบบการติดตั้งทดสอบ โดยควบคุมให้พื้นที่รวมของวัสดุเท่ากันทั้งหมดโดยการจำลองทั้ง 3 รูปแบบได้กำหนดควบคุมพื้นที่รวมของฉนวนซับเสียงหุ้มผ้าให้เท่ากันทุกกรณีขนาดฉนวนซับเสียงติดตั้งที่ระดับความสูง 2.60 เมตรจากพื้น โดยมีพื้นที่ติดตั้งรวมเท่ากับ 46.80 ตารางเมตร โดยคิดเป็น 14.44 % ของพื้นที่ผนังห้องทั้งหมดเพื่อให้การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดวางมีความเที่ยงตรงตามหลักวิทยาศาสตร์ แต่เปลี่ยนตำแหน่งการจัดวางตามหลักการพฤติกรรมคลื่นเสียง
รูปแบบที่ 1 การติดตั้งแบบรวมกลุ่มบริเวณผนังส่วนหน้าใกล้แหล่งกำเนิดเสียง



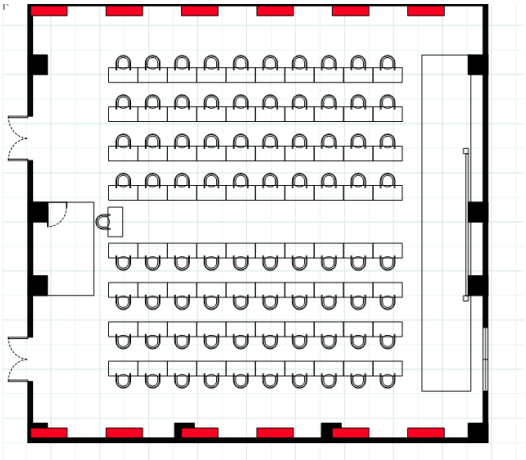
ภาพที่ 3 รูปแบบการติดตั้งฉนวนด้านหน้าของห้องประชุม

รูปแบบที่ 2 การติดตั้งแบบรวมกลุ่มบริเวณผนังส่วนท้ายห้องเพื่อลดเสียงสะท้อนกลับย้อนทิศทาง



ภาพที่ 4 รูปแบบการติดตั้งฉนวนด้านหลังของห้องประชุม

รูปแบบที่ 3 การติดตั้งแบบกระจายตัว (Distributed Configuration) สลับเว้นระยะเท่าๆ กันบนพื้นผิวผนังที่ขนานกันรอบห้อง



ภาพที่ 5 รูปแบบการติดตั้งฉนวนแบบกระจายตัวทั้งผนังห้องประชุม

ขั้นตอนที่ 3 การประมวลผลและการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ (Data Analysis)

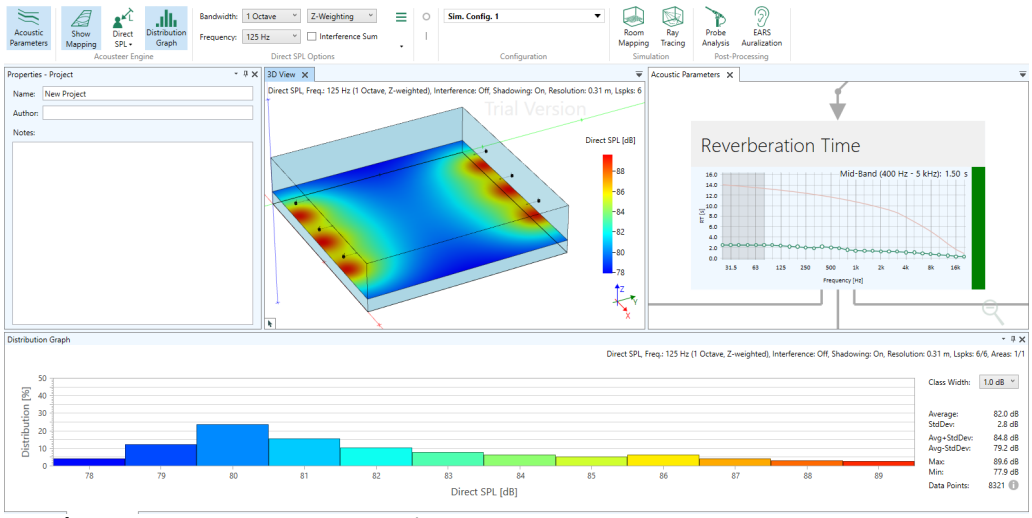
สั่งประมวลผลการจำลองใน EASE 5 เพื่อดูค่า RT60 หลังจากนั้นจะทำการจำลองแต่ละย่านความถี่ตั้งแต่ 125 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 4kHz, 8 kHz เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการจัดวางลักษณะใดสามารถกระจายพลังงานเสียงและลดทอนการสะท้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด นำไปสู่ข้อเสนอแนะเชิงประจักษ์ที่เป็นมาตรฐานสำหรับการออกแบบปรับปรุงห้องประชุมในแง่ความคุ้มค่าและการลงทุนขององค์กรอย่างแท้จริง

ขั้นตอนที่ 4 การสรุปผลและข้อเสนอแนะ (Conclusion and Recommendation)

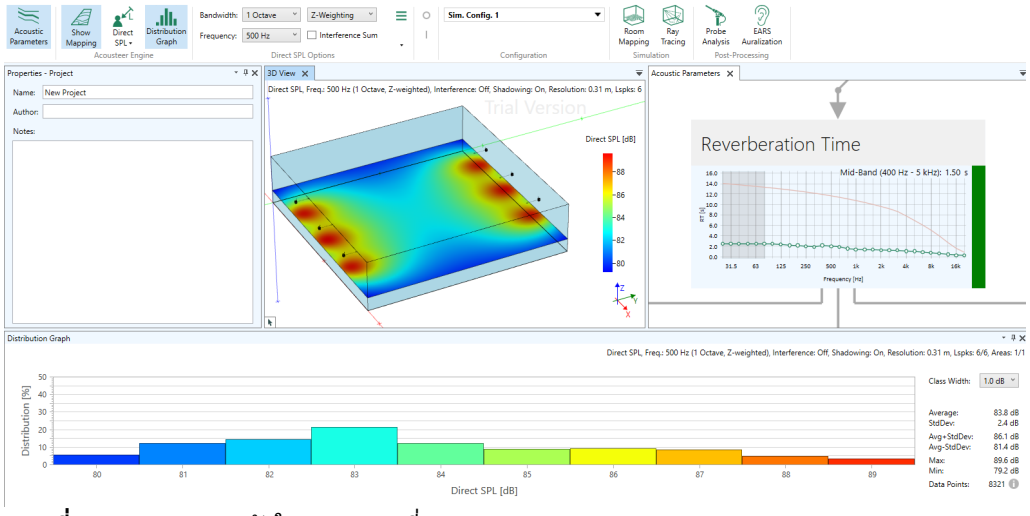
สรุปผลการวิเคราะห์เพื่อระบุการติดตั้งที่ส่งผลในการลดค่า RT60 ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด

ผลการวิจัย

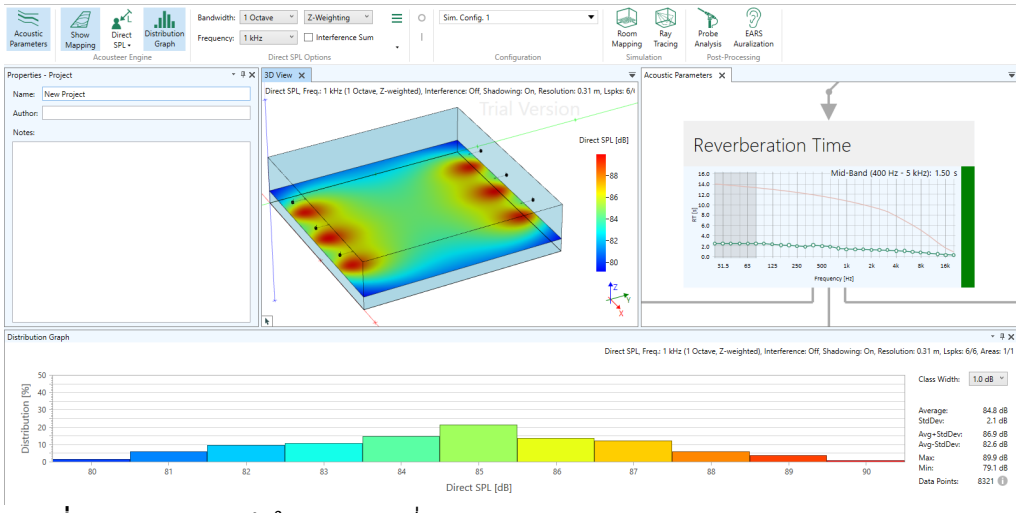
ผลการวิเคราะห์สภาวะแวดล้อมทางอะคูสติกส์พื้นฐานก่อนการปรับปรุง (Baseline Condition Results)ในสภาวะเริ่มต้น โปรแกรม EASE 5 คำนวณค่าได้สูงถึง 1.50 วินาที ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานสากล (0.8-1.0 วินาที) อย่างมาก



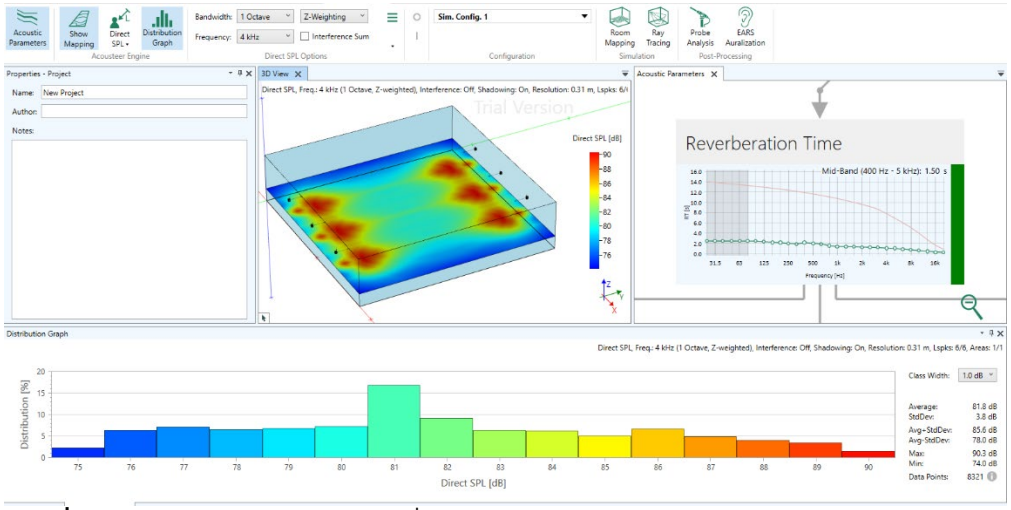
ภาพที่ 6 ภาพแสดงการวัดในย่านความถี่ 125 Hz



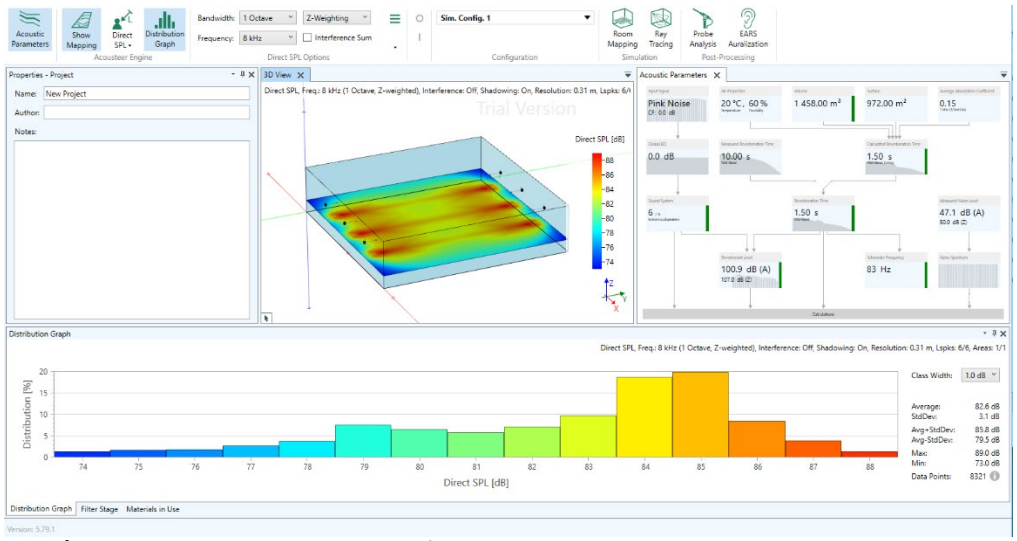
ภาพที่ 7 ภาพแสดงการวัดในย่านความถี่ 500 Hz



ภาพที่ 8 ภาพแสดงการวัดในย่านความถี่ 1 kHz



ภาพที่ 9 ภาพแสดงการวัดในย่านความถี่ 4 kHz



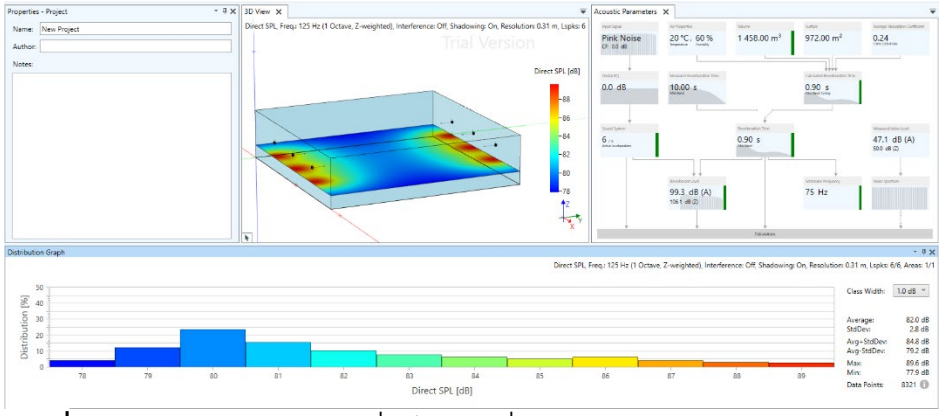
ภาพที่ 10 ภาพแสดงการวัดในย่านความถี่ 8 kHz

ผลการจำลองประสิทธิภาพการลดค่า RT60 แยกตามรูปแบบการติดตั้ง (RT60 Reduction Analysis)
รายงานผลเชิงปริมาณหลังทดลองติดตั้งฉนวนซับเสียงหุ้มผ้า โดยควบคุมให้พื้นที่รวมวัสดุเท่ากันทั้งหมดในทั้ง 3 รูปแบบ เพื่อเปรียบเทียบในแต่ละย่านความถี่ (125 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 4 kHz, 8 kHz)

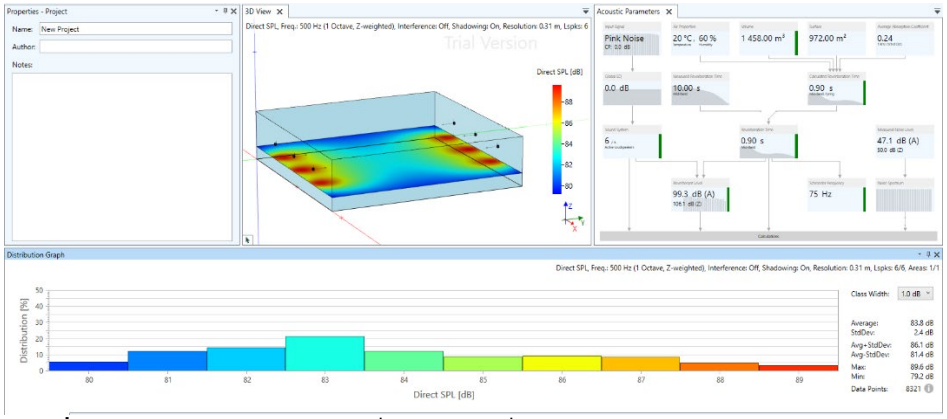
1) รูปแบบที่ 1 (ติดตั้งรวมกลุ่มผนังส่วนหน้า) ค่า RT60 ลดลงได้ดีเฉพาะบริเวณหน้าเวที แต่ภาพรวมของห้อง ค่า RT60 ในย่านความถี่กลางยังคงอยู่ที่ประมาณ 1.50 วินาที เนื่องจากผนังส่วนกลางและส่วนท้ายห้องยังคงเกิดการสะท้อนกลับไปมา

2) รูปแบบที่ 2 (ติดตั้งรวมกลุ่มผนังส่วนท้ายห้อง) สามารถสกัดเสียงสะท้อนกลับย้อนทิศทาง (Back Wall Echo) ได้ดี ส่งผลให้ค่า RT60 เฉลี่ยลดลงมาอยู่ที่ประมาณ 1.35 วินาที แต่ยังคงไม่บรรลุช่วงเป้าหมาย 0.8-1.0 วินาทีในย่านความถี่ต่ำและกลาง

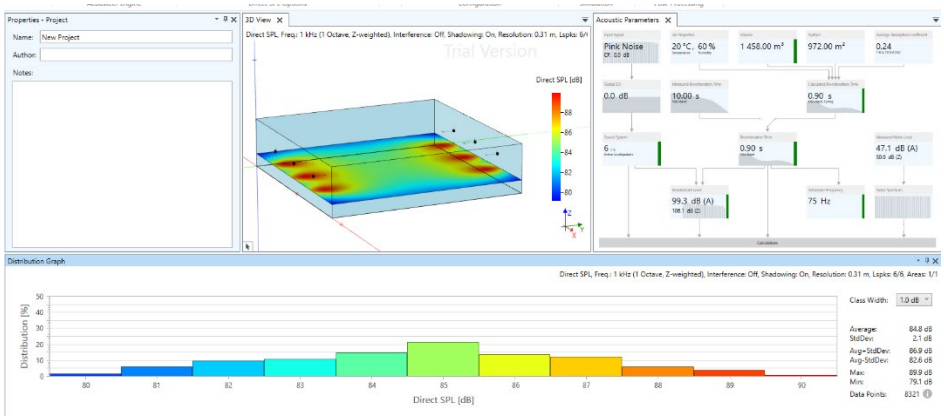
3) รูปแบบที่ 3 (ติดตั้งแบบกระจายตัว Distributed Configuration สลับเว้นระยะรอบห้อง) ผลการประมวลผลผ่าน EASE 5 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบนี้มี ประสิทธิภาพสูงสุด โดยสามารถลดค่า RT60 ในย่านความถี่ 500 Hz-1000 Hz ลงมาอยู่ที่ 0.85-0.92 วินาที ซึ่งเข้าสู่พิสัยเป้าหมาย (0.8-1.0 วินาที) ได้อย่างสมบูรณ์แบบ เนื่องจากโครงสร้างการจัดวางสลับเว้นระยะช่วยตัดวงจรการเกิดเสียงสะท้อนรัว (Flutter Echo) ระหว่างผนังขนานได้ทุกทิศทาง



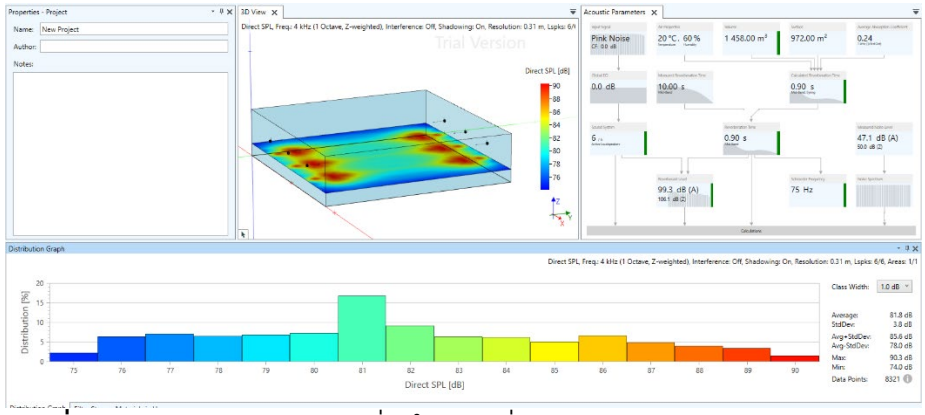
ภาพที่ 11 ภาพแสดงการวัดรูปแบบที่ 3 ในความถี่ 125 Hz



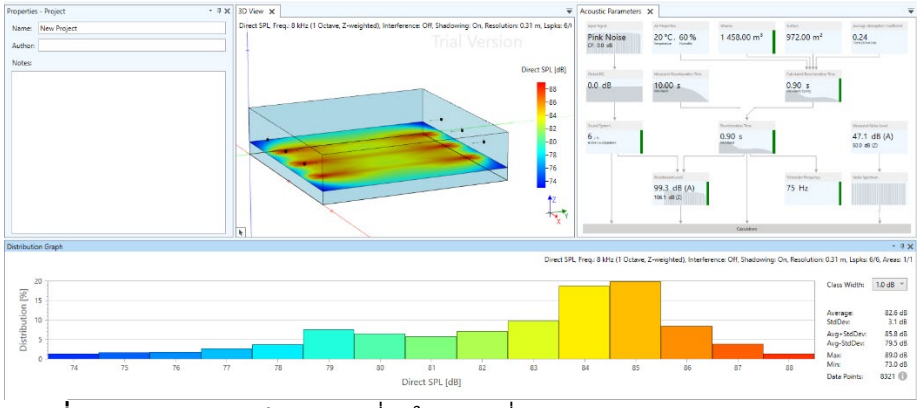
ภาพที่ 12 ภาพแสดงการวัดรูปแบบที่ 3 ในความถี่ 500 Hz



ภาพที่ 13 ภาพแสดงการวัดรูปแบบที่ 3 ในความถี่ 1 kHz



ภาพที่ 14 ภาพแสดงการวัดรูปแบบที่ 3 ในความถี่ 4 kHz



ภาพที่ 15 ภาพแสดงการวัดรูปแบบที่ 3 ในความถี่ 8 kHz

จากการศึกษาและจำลองสถานการณ์ทางอะคูสติกส์ภายในห้องประชุมขนาดกลาง (ปริมาตร 1,458 ลูกบาศก์เมตร) ด้วยโปรแกรม EASE 5 ผู้วิจัยสามารถนำประเด็นสำคัญมาอภิปรายผลเพื่อความเข้าใจเชิงลึกในเชิงวิศวกรรมสถาปัตยกรรมได้ 3 ประเด็นหลัก

1) อิทธิพลของรูปแบบการจัดวางวัสดุต่อการควบคุมเวลาการก้อง (RT60)

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าตำแหน่งและรูปแบบการจัดวางวัสดุดูดซับเสียง มีความสำคัญต่อการควบคุมสภาพเสียงไม่น้อยไปกว่าคุณสมบัติเชิงมวลหรือปริมาณพื้นที่รวมของตัววัสดุเอง ในสภาวะเริ่มต้น (Baseline) ห้องประชุมมีค่า RT60 สูงถึง 1.50 วินาที (และพุ่งสูงในย่านความถี่ต่ำ) ซึ่งเกิดจากโครงสร้างห้องที่เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (18.00

x 18.00 เมตร) ล้อมรอบด้วยพื้นผิวแข็ง เช่น คอนกรีตและกระจก เมื่อคลื่นเสียงถูกปลดปล่อยออกจากแหล่งกำเนิด จึงเกิดการสะท้อนกลับไปมาซ้ำๆ ระหว่างผนังขนานที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง (Specular Reflection)

2) การเปรียบเทียบและสอดคล้องกับวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ผลการวิจัยนี้มีความสอดคล้องอย่างมีนัยสำคัญกับงานวิจัยของ Park และ Seung-Min Lee (2022) ที่ได้ศึกษาประสิทธิภาพทางอะคูสติกส์ของวัสดุดูดซับเสียงตามตำแหน่งการติดตั้งในห้องบรรยายโดยชี้ให้เห็นว่าการจัดวางวัสดุซับเสียงแบบกระจายตัวบนผนังสองด้านที่ขนานกัน สามารถลดทอนปรากฏการณ์เสียงสะท้อนรัว (Flutter Echo) และลดค่าเวลาการก้องได้ดีกว่าการติดตั้งไว้ที่เพดานหรือผนังด้านหลังเพียงอย่างเดียวนอกจากนี้ ผลลัพธ์ค่า RT60 ที่ 0.85-0.92 วินาทีในรูปแบบที่ 3 ยังเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานสากลของ Marshall และ Bradley สำหรับพื้นที่เน้นการสื่อสารด้วยคำพูด (Speech-focused spaces) ซึ่งพิสูจน์ให้เห็นว่าการเลือกใช้ฉนวนซับเสียงหุ้มผ้า (Fabric-wrapped acoustic panels) นำมาติดตั้งจัดวางในตำแหน่งที่ถูกต้องตามหลักพฤติกรรมคลื่นเสียงจะช่วยให้สถาบันหรือองค์กรสามารถปรับปรุงคุณภาพเสียงในห้องประชุมขนาดกลางได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ใช้งบประมาณได้อย่างคุ้มค่า (Cost-effective Investment) โดยไม่จำเป็นต้องลงทุนซื้อวัสดุในปริมาณที่มากเกินความจำเป็นชี้ให้เห็นว่าความสำเร็จของการออกแบบห้องประชุมเพื่อการสื่อสารไม่ได้ขึ้นอยู่กับการจัดซื้อวัสดุราคาแพงหรือการอัดปริมาณวัสดุซับเสียงเข้าไปในห้องเป็นจำนวนมากหากแต่ขึ้นอยู่กับความแม่นยำในการเลือกตำแหน่งจัดวางตามหลักฟิสิกส์ของเสียงการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์จำลองเสียงระดับสากลอย่าง EASE 5 เข้ามาช่วยประเมินก่อนการก่อสร้างจริงจึงเป็นกระบวนการทำงานที่ถูกต้อง แม่นยำ และสร้างองค์ความรู้เชิงประจักษ์ (Empirical Knowledge) ที่ช่วยลดความเสี่ยงในการลงทุนและยกระดับมาตรฐานคุณภาพชีวิตทางเสียงภายในอาคารได้อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

American National Standards Institute (ANSI). (ANSI S12.60). Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools.

Everest, F. A., & Pohlmann, K. C. (2015). Master Handbook of Acoustics (6th ed.). McGraw-Hill Education.

International Organization for Standardization (ISO). (ISO 3382-1:2009). Acoustics-Measurement of room acoustic parameters-Part 1: Performance spaces.

Kuttruff, H. (2009). Room Acoustics (5th ed.). Spon Press.

Long, M. (2014). Architectural Acoustics. Academic Press.

Marshall, A. H., & Bradley, J. S. (2001). Optimization of acoustical conditions in meeting spaces. Architectural Science Review, 44(2), 125-134.

Park, Y., & Lee, S. M. (2022). A study on the acoustic performance of sound absorbing materials according to the installation location in a small lecture room using acoustic simulation. Applied Sciences, 12(10), 4930.

Sabine, W. C. (1927). Collected Papers on Acoustics. Harvard University Press.

Data Availability Statement: The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Conflicts of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.



Copyright: © 2026 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).