# การศึกษาคุณสมบัติในการกันเสียงของแผ่นเหล็กมุงหลังคาด้วยวัสดุพอลิเมอร์ชนิดอิลาสโทเมอริกโฟม

# Investigation of Sound Insulation Properties of Metal Sheet Roof with Elastomeric Materials

ปรมาภรณ์ พูลสวัสดิ์ พรรณชลัท สุริโยธิน
ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Poramaporn Poolsawas and Phanchalath Suriyothin
Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University
Poramaporn.P@student.chula.ac.th, Phanchalath.S@Chula.ac.th

**บทคัดย่อ**

แผ่นเหล็กมุงหลังคา (Metal Sheet) เป็นวัสดุที่นำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ด้วยคุณสมบัติที่แข็งแรง ไม่แตกหัก มีน้ำหนักเบา มีอายุการใช้งานที่ยาวนานเนื่องด้วยมีการเคลือบโลหะผสมระหว่างอลูมิเนียมและสังกะสีทำให้กันสนิมได้ อีกทั้งยังสามารถวางพาดช่วงได้กว้างกว่าวัสดุมุงหลังคาชนิดอื่น แต่เนื่องจากแผ่นเหล็กมุงหลังคาเป็นวัสดุที่ทำจากโลหะจึงทำให้เกิดมลภาวะทางเสียงในขณะที่ฝนตก บทความนี้เสนอการศึกษาวัสดุพอลิเมอร์ชนิดอิลาสโทเมอริกโฟมหรือฉนวนยางดำ เพื่อใช้งานเป็นฉนวนกันเสียงสำหรับแผ่นเหล็กมุงหลังคา

วิธีการศึกษาด้วยการเปรียบเทียบคุณสมบัติในการกันเสียงของฉนวนยางดำหนา 25 มิลลิเมตร กับฉนวนพอลิยูรีเทนโฟม (PU foam) หนา 25 มิลลิเมตรและฉนวนพอลิเอททิลีน (PE) หนา 5 มิลลิเมตร โดยมีรูปแบบการติดตั้งที่เหมือนกันคือวางพาดยาวบนกล่องทดสอบขนาด กว้าง 0.70 เมตร ยาว 0.84 เมตร สูง 0.55 เมตร ภายในกล่องบุด้วยฉนวนใยแก้วหนา 6 นิ้วเพื่อลดเสียงสะท้อนภายในกล่อง และดำเนินการทดสอบคุณสมบัติทางเสียงด้วยเครื่องมือ Tapping Machine เคาะบนหลังคา ตามมาตรฐาน ASTM E1007-14

ผลการศึกษาพบว่า ฉนวน PE มีค่าเฉลี่ยความดันเสียง (dBA) 89.7 dB และมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันเสียงที่ดี ในช่วงคลื่นความถี่ของเสียงที่ต่ำ คือ 31.5-80 Hz ฉนวนยางดำ (EM) มีค่าเฉลี่ยความดันเสียง (dBA) 84.35 dB และมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันเสียงที่ดี ในช่วงคลื่นความถี่ของเสียงที่สูง คือ 800-16000 Hz และฉนวนโฟม PU มีค่าเฉลี่ยความดันเสียง (dBA) 97.9 dB และมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันเสียงได้ดีแต่ยังน้อยกว่าการติดตั้งฉนวน PE และฉนวนยางดำ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ฉนวนยางดำมีคุณสมบัติที่ดีในการลดเสียงเมื่อเปรียบเทียบกับฉนวนโฟม PU และฉนวน PE โดยเฉพาะเสียงในย่านความถี่สูงที่เสี่ยงต่อการสูญเสียการได้ยิน

***คำสำคัญ**: แผ่นเหล็กมุงหลังคา ฉนวนกันเสียง ฉนวนยางดำ ความดันเสียง เสียงรบกวน*

## Abstract

Metal Sheet roof is extensively used due to its mechanical properties, lightweight and long lasting. Metal Sheet roof can protect rust because it is coated with Aluminum and Zinc. Metal Sheet roofs longer than other roofs. When it rains, noise is occurred inside because Metal Sheet roof made from metal. Thus, this paper aimed to investigation the sound insulation properties of Metal Sheet roof with Elastomeric materials

The study of sound insulation properties of Elastomeric materials (25 mm.) was compared with Polyurethane foam (25 mm.) and Polyethylene insulation (PE). These materials had the same installation over test box whereas the width, length and height are 0.70, 0.84 and 0.55 meters, respectively. The box was installed with Fiber Glass (6 inches) in order to protect reverberation sound inside. Afterward, Sound absorption of each insulation materials was tested with Tapping Machine followed in ASTM E1007-14

The experiment showed that Polyethylene insulation has 89.7 dB of the average sound pressure level and there is an insulation properties at 31.5-80.0 Hz of the low wavelengths of sound. Elastomeric materials has 84.35 dB of the average sound pressure level and there is an insulation properties at 800-16000 Hz of the high wavelengths of sound. The last material, Polyurethane foam has 97.9 dB of the average sound pressure level and there is a good insulation properties but lower than PE and EM. The results revealed that Elastomeric material is a good insulation materials when compared with PU and PE especially at the high wave lengths of sound affect to hearing loss.

***Keywords**: Metal Sheet, Acoustic Insulation, Elastomeric Foam, Sound Pressure, Noise*

## บทนำ

หลังคาเป็นส่วนที่สำคัญต่ออาคาร เพราะเป็นส่วนที่ป้องกันความร้อน ป้องกันลม ภัยธรรมชาติ และเพลิงไหม้ที่มากระทำต่ออาคาร วัสดุมุงหลังคาจึงต้องมีคุณสมบัติที่แข็งแรง ทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี การเลือกใช้ชนิดของวัสดุมุงหลังคาที่มีขนาดที่เหมาะสมและมีน้ำหนักเบา จะส่งผลให้โครงสร้างหลังคามีภาระรับน้ำหนักน้อย สามารถเพิ่มมุมลาดเอียงหลังคาได้เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำฝน และไม่ต้องใช้วัสดุยึดเหนี่ยวสำหรับมุงหลังคาในปริมาณมาก (พงศ์พัน, 2532)

ในปัจจุบันนิยมนำแผ่นเหล็กมุงหลังคา (Metal Sheet) (มอก.1128-2535) มาใช้เป็นวัสดุมุงหลังคากันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเป็นวัสดุที่ทำจากแผ่นเหล็กกล้ากำลังสูงที่มีน้ำหนักเบา แข็งแรง ไม่แตกหัก นำมาเคลือบด้วยโลหะผสมระหว่างอลูมิเนียมและสังกะสีทำให้มีคุณสมบัติกันสนิมได้และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน (สุภาวดี, 2543) อีกทั้งยังไม่เกิดการกัดกร่อนเมื่อเปรียบเทียบกับสังกะสี (กวี, 2552) ด้วยคุณสมบัติเชิงกลที่ดีของแผ่นเหล็กมุงหลังคา จึงทำให้สามารถวางพาดช่วงได้กว้างกว่าแผ่นสังกะสี ซึ่งช่วยป้องกันการรั่วซึมของน้ำฝนได้ดี และยังเหมาะกับการใช้งานสำหรับอาคารประเภทโรงงาน ซึ่งเป็นอาคารที่ไม่มีเสาระหว่างกลาง (สุภาวดี, 2543) จึงทำให้มีความนิยมอย่างมากในการเลือกใช้เป็นวัสดุมุงหลังคาสำหรับการออกแบบอาคารที่มีรูปทรงที่สวยงาม (พงศ์พัน, 2532)

แผ่นเหล็กมุงหลังคานั้นเป็นวัสดุที่ทำจากโลหะจึงส่งผลให้เกิดมลภาวะทางเสียงในขณะที่ฝนตก (กวี, 2552) โดยมลภาวะทางเสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนส่งผ่านหลังคาและแผ่กระจายกลายเป็นเสียงรบกวนภายในอาคาร ซึ่งหากเกิดเสียงรบกวนในขณะที่กำลังนอนหลับพักผ่อนหรือแม้กระทั่งขณะสื่อสารกับผู้อื่น เสียงรบกวนที่เกิดขึ้นนี้อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพที่ไม่พึงประสงค์ได้ (Seidman and Standring, 2010) โดยเสียงรบกวนนั้นจะส่งผลให้คุณภาพชีวิตของมนุษย์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Bluyssen, 2010) ซึ่งที่ผ่านมา Suga และ Tachibana (1994) มหาวิทยาลัยโตเกียว ได้ศึกษาการแผ่กระจายของเสียงในขณะฝนตกผ่านวัสดุมุงหลังคาเหล็กลูกฟูกที่ไม่มีฉนวนป้องกันเสียงพบว่า มีระดับเสียงรบกวนถึง 70 dB ส่วน Idris และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาการตอบสนองต่อเสียงรบกวนของผู้ใช้งานอาคารที่ใช้แผ่นเหล็กมุงหลังคาพบว่า มีเสียงรบกวนถึง 90 dB ซึ่งทำให้สภาวะน่าสบายในการใช้งานอาคารลดลงและส่งผลโดยตรงต่อผู้ใช้งานอาคาร

เสียงรบกวนที่เกิดขึ้นในการใช้งานแผ่นเหล็กมุงหลังคา สามารถทดสอบได้โดยการใช้ฝนประดิษฐ์แทนฝนธรรมชาติ ซึ่งได้มีการศึกษาเสียงรบกวนที่เกิดจากฝนประดิษฐ์เปรียบเทียบกับฝนธรรมชาติ โดย Yan Xiang, Lu Shuai, Li Junjie (2016) โดยทำการสร้างเสียงรบกวนจากฝนประดิษฐ์ตามมาตรฐาน ISO 140-18: 2006 ผลการศึกษาสรุปได้ว่า การใช้เสียงจากฝนประดิษฐ์นั้นเป็นประโยชน์ในการนำมาใช้งานได้จริงมากกว่าใช้ฝนธรรมชาติ เนื่องจากว่าฝนธรรมชาติไม่สามารถควบคุม ขนาดเม็ดฝน ความหนาแน่นของฝน (Rain Intensity) ลม และปัจจัยอื่นๆภายนอกได้ นอกจากนี้ยังมีวิธีทดสอบคุณสมบัติทางเสียงของแผ่นเหล็กมุงหลังคาได้อีกวิธี คือ ใช้เครื่อง Tapping Machine ในการสร้างเสียงรบกวนตามมาตรฐาน ASTM E1007-14 ซึ่งเครื่อง Tapping Machine ประกอบด้วยค้อนทรงกระบอกเหล็ก เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร จำนวน 5 อัน เรียงตัวในระยะห่างที่เท่ากันภายใต้เครื่อง ในขณะทำการทกสอบ เครื่องจะทำการเคาะเป็นจำนวน 10 ครั้งใน 1 วินาที

ระดับความดันเสียงที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้คือ 0-130 เดซิเบล อยู่ในช่วงความถี่ 20-20,000 เฮิรตซ์ แต่ความสั่นสะเทือนที่รับรู้ได้จะมีช่วงความถี่ 1-125 เฮิรตซ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) ซึ่งระดับความดันเสียงที่มนุษย์สามารถรับได้โดยไม่เป็นอันตรายคือ 55-60 dB (Bronzaft and Hangler, 2010) โดยช่วงความถี่ที่หูของมนุษย์ได้ยินชัดเจน คือ

1,000-4,000 เฮิรตซ์ และสามารถรับเสียงได้ดีที่สุดในช่วงความถี่ 3,000-4,000 เฮิรตซ์ แต่มีความเสี่ยงที่จะสูญเสียการได้ยิน เนื่องจากโครงสร้างทางกายวิภาคของใบหูและช่องหูช่วยทำการขยายเสียงในช่วงความถี่นี้ (Goelzer et al., 2001)

ด้วยระดับเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากแผ่นเหล็กมุงหลังคา จึงมีการนำวัสดุพอลิเมอร์ (Polymer) มาทำเป็นวัสดุฉนวนกันเสียง (บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), 2559) เช่น พอลิเอทีลีน (Polyethylene) โพลียูรีเทน (Polyurethane) เป็นต้น เนื่องจากวัสดุพอลิเมอร์มีลักษณะโปร่งเบา มีรูพรุน เหมาะสำหรับป้องกันเสียงที่มีความถี่สูง (วีทิต, 2560) อีกทั้งยังมีความหนาแน่นต่ำ เหมาะกับการใช้เป็นฉนวน (Sivertsen, 2007) อีกทั้งผู้ประกอบการยังมีเทคนิคที่นิยมใช้ในการติดตั้งฉนวนอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบ (บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), 2559) ได้แก่ (1) แผ่นเหล็กมุงหลังคาพ่นฉนวนโฟม PU (2) ติดตั้งฉนวนใยแก้วกับแผ่นฝ้าเพดานในรูปแบบ sandwich (3) ติดตั้งฉนวนใยแก้วบนแป โดยวางและยึดลวดกรงไก่บนแป จากนั้นปูด้วยแผ่นฉนวนใยแก้ว (4) แผ่นเหล็กมุงหลังคารีดลอนติดตั้งฉนวน PE

จากการศึกษาคุณสมบัติในการกันเสียงของแผ่นเหล็กมุงหลังคาที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันข้างต้น จะเห็นได้ว่า ฉนวนโฟม PU มีลักษณะการติดตั้งที่ง่าย แต่ไม่สามารถควบคุมความหนาของวัสดุให้มีความสม่ำเสมอในการฉีดพ่นได้ ส่วนฉนวนใยแก้วนั้นต้องใช้ระยะเวลาในการติดตั้งควบคู่ไปกับการติดตั้งแผ่นเหล็กมุงหลังคา และฉนวน PE ซึ่งเป็นวัสดุฉนวนที่ประกอบสำเร็จรูปกับแผ่นเหล็กมุงหลังคา สามารถติดตั้งได้ง่ายแต่มีคุณสมบัติในการกันเสียงที่ไม่ดีนักเมื่อเปรียบเทียบกับฉนวนกันเสียงชนิดอื่นที่กล่าวมาข้างต้น

ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอวัสดุฉนวนยางดำ (อิลาสโทเมอริกโฟม, Elastomeric) ที่เป็นวัสดุพอลิเมอร์ยางสังเคราะห์ โดยเกิดจากการสังเคราะห์ยาง EPDM อยู่ในสถานะของแข็ง มีคุณสมบัติที่ยืดหยุ่นได้ ทนต่อการเสื่อมสภาพจากอากาศ ออกซิเจน โอโซน แสงแดดและความร้อนได้ดี (พงษ์ธร, 2547) นอกจากนี้ยังทนต่อการเสื่อมสภาพเนื่องจากสารเคมี กรดและด่างได้ดีอีกด้วย นำมาใช้งานเป็นวัสดุฉนวนครั้งแรกในทศวรรษที่ 1950 เป็นวัสดุที่ติดตั้งได้กับอุปกรณ์ทุกประเภท ซึ่งส่วนใหญ่จะติดตั้งกับอุปกรณ์ประเภทท่อและใช้วิธีการยึดติดกับอุปกรณ์เพื่อเป็นฉนวน (Swift, 2017)

โดยคุณสมบัติที่แตกต่างกันของวัสดุฉนวนแต่ละชนิด (สายัณห์ และ วิรัตน์, 2549), (บริษัท พี.ยู.โฟม อินซูเลชั่น แอนด์ เทรดดิ้ง จำกัด, 2560), (บริษัท เอ.เอ็น.อินซูเลชั่น จำกัด., 2560), (Farina and Torelli, 1997), (El-Nagar et al., 2011), (Nascimento and Zindeluk, 2007) สามารถแสดงในตารางได้ดังต่อไปนี้

ตาราง 1 แสดงคุณสมบัติของวัสดุฉนวนโฟม PU ฉนวน PE และฉนวนยางดำ

| คุณสมบัติ | ฉนวนโฟม PU<br>หนา 25 มิลลิเมตร | ฉนวน PE<br>หนา 5 มิลลิเมตร | ฉนวนยางดำ<br>หนา 25 มิลลิเมตร |
|---|---|---|---|
| ลักษณะในการติดตั้ง | ฉีดพ่น | รีดติดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคา | รีดติดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคา |
| อุณหภูมิใช้งานที่เหมาะสม (°C) | 25 - 90 | 25 - 85 | -57 - 125 |
| ความหนาแน่น ($kg/m^3$) | 35 - 40 | 30 - 50 | 48 - 80 |
| สภาพการนำความร้อน<br>K (W/m.K) | 0.032 | 0.034 - 0.037 | 0.031 - 0.037 |
| การลามไฟ | ชะลอการลามไฟ | ชะลอการลามไฟ | ชะลอการลามไฟและไฟดับเองได้ |
| ความทนทานต่อแสงแดด UV | เสื่อมสภาพเมื่อโดนแสง | เสื่อมสภาพเมื่อโดนแสง | ป้องกันรังสี UV ได้ |
| อัตราการซึมน้ำ (%) | 5 - 10 % | 2 - 5 % | 5 % |
| สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง<br>($\alpha$) | 0.2 – 0.75 ที่ความถี่<br>1000 - 5000 Hz | 0.1 – 0.6 % ที่ความถี่<br>160 – 2500 Hz | 0.26 – 0.96 % ที่ความถี่<br>250 – 4000 Hz |

จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุฉนวนโฟม PU ฉนวน PE และฉนวนยางดำ จะเห็นได้ว่าฉนวนยางดำมีคุณสมบัติในการกันเสียงได้ดีกว่าฉนวนโฟม PU และฉนวน PE นอกจากนี้ฉนวนยางดำยังมีค่าสภาพการนำความร้อนที่ต่ำ ใกล้เคียงกับฉนวนโฟม PU และฉนวน PE จึงเหมาะสมกับการเป็นวัสดุฉนวนกันเสียงสำหรับแผ่นเหล็กมุงหลังคา จึงต้องการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติในการกันเสียงของฉนวนโฟม PU ฉนวน PE และฉนวนยางดำ โดยวิธีการติดตั้งที่เหมือนกันคือ รีดติดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคาแล้ววางพาดลงบนโครงสร้างหลังคา เพื่อนำเสนอวัสดุฉนวนยางดำที่ให้ประสิทธิภาพในการกันเสียงติดตั้งควบคู่กับแผ่นเหล็กมุงหลังคา

## วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาคุณสมบัติของแผ่นเหล็กมุงหลังคาในปัจจุบัน
2. ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้งานอาคารของแผ่นเหล็กมุงหลังคา
3. พัฒนาและแก้ไขปัญหาด้านเสียงที่เกิดขึ้นในการใช้งานอาคารของแผ่นเหล็กมุง หลังคาโดยใช้วัสดุพอลิเมอร์ชนิดฉนวนยางดำ

## ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาเฉพาะแผ่นเหล็กมุงหลังคารีดลอน หนา 0.3 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นที่นิยมในการใช้งานของบริษัท (บริษัท อันดามันเมทัลชีท จำกัด, 2560)
2. ศึกษาเฉพาะเรื่องเสียงจาก Tapping Machine ตามมาตรฐาน ASTM E1007-14 เท่านั้น
3. ศึกษาเฉพาะวัสดุพอลิเมอร์ชนิดฉนวนยางดำ ความหนา 25 มิลลิเมตร ฉนวนโฟม PU ความหนา 25 มิลลิเมตร และฉนวน PE ความหนา 5 มิลลิเมตร เท่านั้น
4. ศึกษาในกล่องทดสอบขนาดกว้าง 0.70 เมตร ยาว 0.84 เมตร สูง 0.55 เมตร เท่านั้น

## ระเบียบวิธีการศึกษา

1.4.1 การรวบรวมข้อมูล

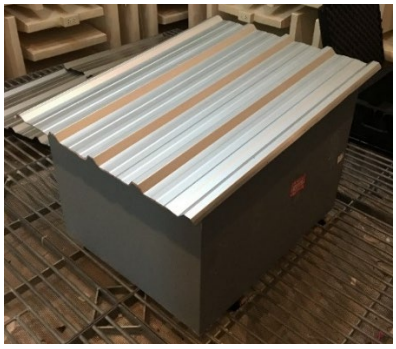
1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน คุณสมบัติ ของแผ่นเหล็กมุงหลังคา

2) ศึกษาทฤษฎีของเสียง

3) ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุพอลิเมอร์ชนิดฉนวนยางดำ

4) ดำเนินการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุพอลิเมอร์ชนิดฉนวนยางดำ ดังนี้

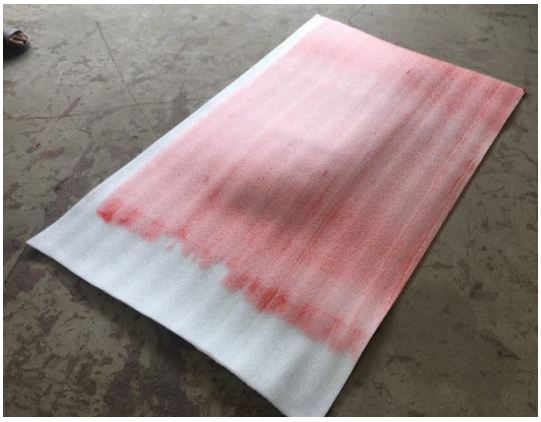
4.1) สร้างกล่องจำลองขนาดกว้าง 0.70 เมตร ยาว 0.84 เมตร สูง 0.55 เมตร อ้างอิงจากอัตราส่วน 1.28 : 1.54 : 1.00 ของสัดส่วนห้องสตูดิโอเกี่ยวกับเสียงที่เหมาะสม จากหนังสือ Master Handbook of Acoustics โดยใช้แผ่นยิปซัมที่มีความหนา 9 มิลลิเมตร ภายในกล่องทดสอบบุด้วยฉนวนใยแก้วหนา 6 นิ้ว เพื่อป้องกันเสียงสะท้อนภายในกล่อง



ภาพ 1 กล่องจำลองในการทดสอบคุณสมบัติทางเสียงของแผ่นเหล็กมุงหลังคา

4.2) เตรียมชิ้นงานแผ่นเหล็กมุงหลังคารีดลอนขนาดกว้าง 0.80 เมตร ยาว 1.00 เมตร

4.3) ขึ้นรูปแผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปโดยใช้ฉนวน PE หนา 5 มิลลิเมตร รีดติดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคา ซึ่งเป็นความหนาที่มากที่สุดที่สามารถรีดติดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคาได้



ภาพ 2 ฉนวน PE ทาด้วยกาวก่อนรีดติดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคา

ภาพ 3 การรีดฉนวน PE ติดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคาโดยใช้เครื่องรีด

4.4) ขึ้นรูปแผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปโดยใช้ฉนวนโฟม PU หนา 25 มิลลิเมตรด้วยวิธีการพ่น ซึ่งเป็นความหนาน้อยที่สุดที่สามารถพ่นภายใต้แผ่นเหล็กมุงหลังคาได้

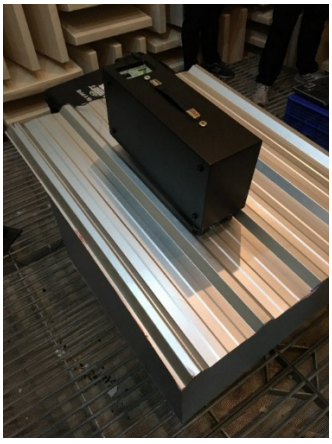
ภาพ 4 แผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปฉีดพ่นด้วยฉนวนโฟม PU หนา 25 มิลลิเมตร

4.5) ขึ้นรูปแผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปโดยใช้วัสดุพอลิเมอร์ชนิดฉนวนยางดำ หนา 25 มิลลิเมตร รีดติดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคา ซึ่งเป็นความหนาที่มากที่สุดที่สามารถรีดติดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคาได้

ภาพ 5 แผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปรีดด้วยฉนวนยางดำหนา 25 มิลลิเมตร

4.6) ทำการทดสอบคุณสมบัติทางเสียงโดยแบ่งตามรูปแบบ ดังนี้

4.6.1) แผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปโดยใช้ฉนวน PE วางพาดบนกล่องทดสอบ



ภาพ 6 แสดงการทดสอบคุณสมบัติทางเสียงของแผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปโดยฉนวน PE

4.6.2) แผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปโดยใช้ฉนวนโฟม PU วางพาดบนกล่องทดสอบ

ภาพ 7 แสดงการทดสอบคุณสมบัติทางเสียงของแผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปโดยฉนวนโฟม PU

4.6.3) แผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปโดยใช้วัสดุพอลิเมอร์ชนิดฉนวนยางดำ วางพาดบนกล่องทดสอบ

ภาพ 8 แสดงการทดสอบคุณสมบัติทางเสียงของแผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปโดยฉนวนยางดำ

4.7) วางไมโครโฟนบริเวณกึ่งกลางของกล่องทดสอบ สูงจากพื้น 35 เซนติเมตร

4.8) สร้างเสียงรบกวนโดยใช้เครื่องมือ Tapping Machine ตามมาตรฐาน ASTM E1007-14 เคาะบนหลังคาแทนเสียงรบกวนที่เกิดจากฝน เนื่องจากไม่สามารถสร้างฝนประดิษฐ์ภายในห้องไร้เสียงสะท้อนได้

ภาพ 9 เครื่อง Tapping Machine

ที่มา : http://www.bksv.com

4.9) ดำเนินการทดสอบคุณสมบัติทางเสียงของแผ่นเหล็กมุงหลังคาโดยวิธีแยกความถี่ 1/3 Octave โดยใช้ เครื่องมือ Sound Level Meter ยี่ห้อ RION รุ่น NL-52 ทดสอบคุณสมบัติในการกันเสียงภายในห้องไร้เสียงสะท้อน

ภาพ 10 Sound Level Meter ยี่ห้อ RION รุ่น NL-52 (ซ้าย ห้องไร้เสียงสะท้อน (ขวา
ที่มา : http://rion-sv.com/products/NL-52_42-E.html และ
http://www.ntticc.or.jp/ja/feature/2010/Openspace2010/Image/works/worksid/anechoicroom.jpg

## วิเคราะห์ผลการศึกษา

ข้อมูลคุณสมบัติทางเสียงที่ได้จากการทดสอบโดยวิธี Tapping Machine Impact Noise คือค่าระดับความดันเสียง (Sound Pressure Level) แสดงผลในโปรแกรม Microsoft Excel โดยแจกแจงรายละเอียดในแต่ละช่วงความถี่ของคลื่นเสียง อยู่ในชุดข้อมูลทั้งหมด 28 ข้อมูล ต่อหนึ่งรูปแบบการทดสอบ ซึ่งคำนวณได้จากสมการ 1

$$L_p = 10\log(\frac{P}{P_{ref}})^2 \qquad (1)$$

ที่ ;

$L_p$ คือ ค่าระดับความดันเสียง มีหน่วยเป็น เดซิเบล (dB)

$P$ คือ ความดันเสียง มีหน่วยเป็น ปาสคาล (Pa)

$P_{ref}$ คือ ความดันเสียงอ้างอิง ซึ่งเท่ากับ 2 x $10^{-5}$ ปาสคาล (Pa) หรือเท่ากับ 20 mPa

## ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา

จากการทดสอบคุณสมบัติในการกันเสียงของแผ่นเหล็กมุงหลังคารีดติดด้วยฉนวน PE แผ่นเหล็กมุงหลังคาพ่นด้วยฉนวนโฟม PU และแผ่นเหล็กมุงหลังคารีดติดด้วยฉนวนยางดำ ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้ชุดข้อมูลค่าระดับความดันเสียง (Sound Pressure Level) ที่เป็นอัตราส่วนเปรียบเทียบกับค่าระดับความดันเสียงความถี่ตั้งแต่ 31.5 – 16000 Hz ซึ่งเป็นความถี่ที่วัดได้จากมาตรวัดระดับเสียงในหน่วย เดซิเบลเอ (dBA) และได้ค่าเฉลี่ยระดับความดันเสียงของวัสดุพอลิเมอร์ทั้ง 3 ชนิด (Overall dBA) โดยค่าระดับความดันเสียงที่วัดได้ภายในกล่องทดสอบนั้น หากมีค่าน้อยหมายความว่าฉนวนที่ติดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคามีคุณสมบัติที่สามารถกันเสียงได้มาก แต่หากมีค่ามากหมายความว่าฉนวนที่ติดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคามีคุณสมบัติที่สามารถกันเสียงได้น้อย แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 ค่าระดับความดันเสียงของแผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปโดยฉนวน PE แผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปโดยฉนวนโฟม PU และแผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปโดยฉนวนยางดำ (EM)

| Frequency (Hz) | Sound Pressure Level (dBA) | | |
|---|---|---|---|
| | PE | PU | **ฉนวนยางดำ** |
| 31.5 | 92.1 | 99.55 | 100.1 |
| 40 | 92.5 | 100.8 | 99.75 |
| 50 | 95.7 | 104.6 | 101.05 |
| 63 | 98.4 | 107.8 | 109.25 |
| 80 | 98.55 | 116.15 | 103.35 |
| 100 | 101.35 | 111.85 | 94.35 |
| 125 | 92.9 | 103.8 | 83.85 |
| 160 | 83.45 | 92.05 | 81.3 |
| 200 | 81.75 | 88.8 | 80.55 |
| 250 | 78.95 | 85.65 | 77.9 |
| 315 | 74.3 | 83.35 | 74.75 |
| 400 | 78.7 | 86.35 | 76.45 |
| 500 | 79.35 | 87.1 | 77.6 |
| 630 | 73.9 | 81.25 | 75.2 |
| 800 | 74.85 | 79.2 | 73.2 |
| 1000 | 77.85 | 80.4 | 76.35 |
| 1250 | 73.55 | 75.25 | 70.5 |
| 1600 | 75 | 74.8 | 66.3 |
| 2000 | 77.65 | 73.15 | 64.9 |
| 2500 | 79.55 | 72.1 | 66.5 |
| 3150 | 76.6 | 71.8 | 66.25 |
| 4000 | 75.1 | 73.9 | 61.55 |
| 5000 | 77.15 | 75.65 | 58.15 |
| 6300 | 72.2 | 77.05 | 54.1 |
| 8000 | 70.75 | 73.7 | 49.45 |
| 10000 | 70.2 | 73.75 | 43.8 |
| 12500 | 66.4 | 71.5 | 39.5 |
| 16000 | 59.1 | 67.25 | 38.5 |
| Overall dBA | **89.7** | **97.9** | **84.35** |

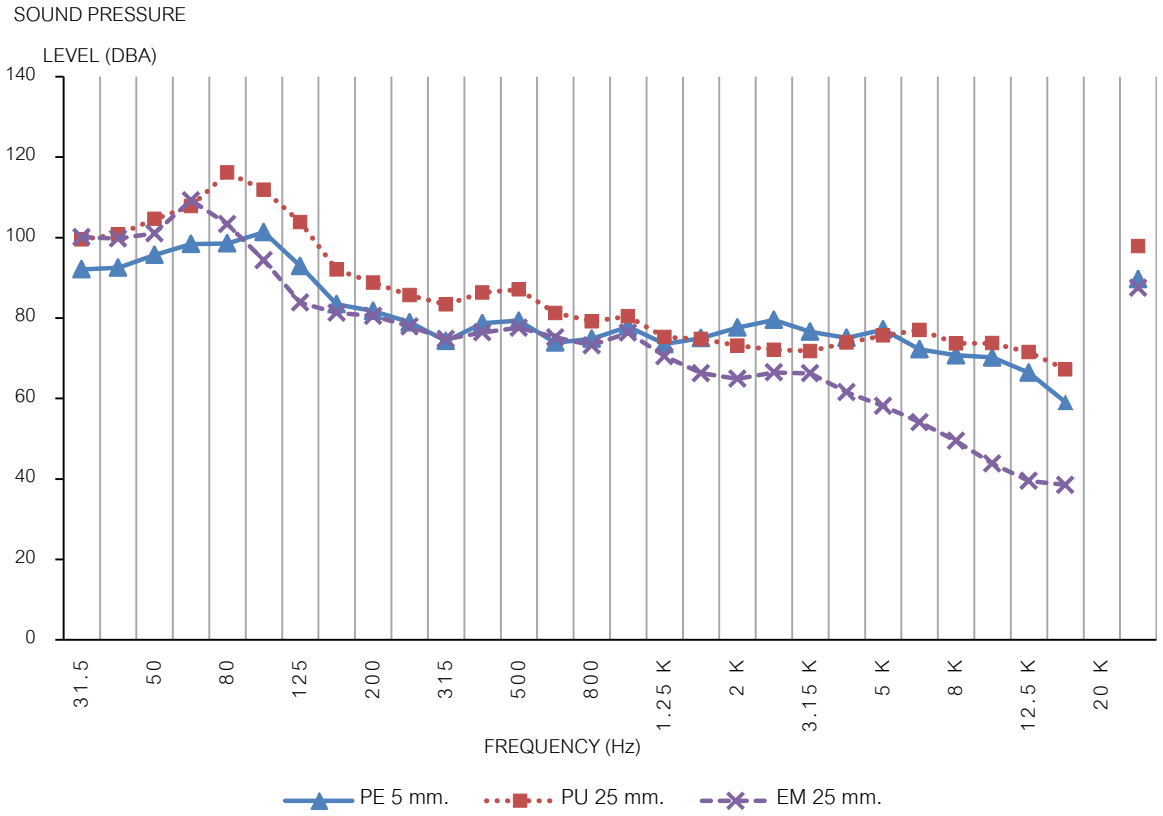
จากผลการทดสอบคุณสมบัติในการกันเสียงของฉนวนทั้ง 3 ชนิดติดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคา พบว่า

- ฉนวน PE ความหนา 5 มิลลิเมตร รีดติดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคา มีค่าเฉลี่ยระดับความดันเสียง 89.7 dBA และมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันเสียงที่ดีในช่วงคลื่นความถี่ของเสียงที่ 31.5-80 Hz

- ฉนวนยางดำ (EM) ความหนา 25 มิลลิเมตร รีดติดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคา มีค่าเฉลี่ยระดับความดันเสียง (dBA) 84.35 dB และมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันเสียงที่ดีในช่วงคลื่นความถี่ของเสียงที่ 800-16000 Hz

- ฉนวนโฟม PU ความหนา 25 มิลลิเมตร พ้นติดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคา มีค่าเฉลี่ยระดับความดันเสียง (dBA) 97.9 dB และมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันเสียงได้ดีแต่น้อยกว่าการติดตั้งฉนวน PE และฉนวนยางดำรีดติดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคา

โดยสามารถแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติในการกันเสียงของการติดฉนวนทั้ง 3 ชนิดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคา ในแผนภูมิต่อไปนี้




แผนภูมิ 1 แสดงค่าระดับความดันเสียงที่ความถี่ 31.5 – 16000 Hz ของแผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปโดยฉนวน PE (PE) แผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปโดยฉนวนโฟม PU (PU) และแผ่นเหล็กมุงหลังคาสำเร็จรูปโดยฉนวนยางดำ (EM)

## สรุปผลการศึกษา

แผ่นเหล็กมุงหลังคามีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ด้วยคุณสมบัติที่เบา แข็งแรง ไม่แตกหัก อีกทั้งยังมีการเคลือบด้วยโลหะผสมระหว่างอลูมิเนียมและสังกะสี ทำให้ไม่เกิดสนิมในระหว่างการใช้งาน แต่เนื่องด้วยแผ่นเหล็กมุงหลังคาเป็นวัสดุที่ทำจากโลหะ ในช่วงเวลาที่ฝนตกส่งผลให้เกิดเสียงรบกวนภายในอาคาร จึงได้ทำการศึกษาคุณสมบัติในการกันเสียงของแผ่นเหล็กมุงหลังคาด้วยวัสดุพอลิเมอร์ชนิดฉนวนยางดำ หนา 25 มิลลิเมตร เปรียบเทียบกับฉนวนพอลิยู-

รีเทนโฟม (PU foam) หนา 25 มิลลิเมตรและฉนวนพอลิเอททิลีน (PE) หนา 5 มิลลิเมตร โดยมีวิธีการติดตั้งที่เหมือนกันคือวางพาดยาวลงบนกล่องทดสอบ

จากการเปรียบเทียบการติดตั้งฉนวนทั้ง 3 ชนิดกับแผ่นเหล็กมุงหลังคา จะเห็นได้ว่า ฉนวนยางดำมีคุณสมบัติที่ดีกว่าในการลดเสียง เมื่อเปรียบเทียบกับฉนวนโฟม PU และฉนวน PE โดยเฉพาะความถี่ในช่วงที่มนุษย์มีความสามารถในการได้ยินดีที่สุด คือ 1000 – 4000 Hz (Goelzer et al., 2001) อีกทั้งยังมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนที่ดีในย่านความถี่สูงที่ส่งผลให้ประสาทการได้ยินของมนุษย์เสื่อม ซึ่งอยู่ในช่วงความถี่ 6000 Hz (อานนท์, 2552)

## ข้อเสนอแนะ

1. ในงานวิจัยในอนาคตควรมีการทดสอบคุณสมบัติทางเสียงในห้องจำลองที่มีขนาดจริงเพื่อลดการสะท้อนของเสียงภายในห้องจำลอง
2. ใช้เสียงรบกวนที่ใกล้เคียงกับเสียงที่มนุษย์พบเจอในชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ใกล้เคียงกับการใช้งานแผ่นเหล็กมุงหลังคาในชีวิตประจำวัน
3. เพิ่มรูปแบบการติดตั้งฉนวนควบคู่กับแผ่นเหล็กมุงหลังคาในการทดสอบคุณสมบัติทางเสียง

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออันดียิ่งจาก รศ.พรรณชลัท สุริโยธิน อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ซึ่งช่วยชี้แนะแนวทาง คอยดูแลการทำวิจัยอย่างใกล้ชิด รวมทั้งให้คำปรึกษาและแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาระหว่างการทำงานที่ดีเสมอมา ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาจารย์วิสิทธิ์ ลีลาศิริวงศ์ คุณพลากร ช่วยศรีนวล บริษัท อันดามันเมทัลชีท จำกัด ที่ให้ความรู้ ข้อสังเกตและคำแนะนำที่ดียิ่งในการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับ “ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต” ที่สนับสนุนงบประมาณในการศึกษาวิขัยนี้

และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณ ครอบครัวพูลสวัสดิ์ และเพื่อนร่วมรุ่นทุกคน ที่คอยให้คำปรึกษา สนับสนุนและให้กำลังใจทุกอย่างในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด ซึ่งประโยชน์อันเกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บุคคลต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมา

## บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรมควบคุมมลพิษ. ***“โลกนี้เสียงดัง.”*** สืบค้น 14 ธันวาคม 2560. http://infofile.pcd.go.th/air/NoisyWorldMay55.pdf?CFID=1851148&CFTOKEN=33512493.

กุลยา โอกาตะ, ทะยานรุ่ง เหลือสินทรัพย์และพิทยา สีสด. ***เคมีเบื้องต้น.*** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2559.

กวี หวังนิเวศน์กุล. ***วัสดุวิศวกรรมก่อสร้าง.*** กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซี เอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2552..

บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน). ***Thermal Insulation for Roof.*** กรุงเทพมหานคร: บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย

จำกัด (มหาชน), 2559.

บริษัท พี.ยู.โฟม อินซูเลชั่น แอนด์ เทรดดิ้ง จำกัด. *"PU Foam* ***ฉนวนป้องกันความร้อน****."* สืบค้น 15 มกราคม 2561. http://www.pufoaminsulation.com/โปรชัวร์งานพ่นพียูโฟม.pdf.

บริษัท เอ.เอ็น.อินซูเลชั่น จำกัด. ***"ฉนวนยางดำ Aeroflex."*** สืบค้น 15 มกราคม 2561. https://www.an-insulation.com/product/ฉนวนยางดำ-aeroflex.

พงศ์พัน วรสุนทโรสถ. ***วัสดุก่อสร้าง***. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2532.

พงษ์ธร แซ่อุย. "***ชนิดของยางและการใช้งาน***". สืบค้น 15 มกราคม 2561. http://www.rubbercenter.org/files/technologys.pdf.

วีทิต วรรณเลิศลักษณ์. ***"ฟิสิกส์รอบตัว ตอน ฉนวนกันเสียง***. " สืบค้น 14 ธันวาคม 2560. http://www.scimath.org/lesson-physics/item/7309-2017-06-14-15-27-55.

สายัณห์ สุยพงษ์พันธ์และวิรัตน์ ปฐมชัยอัมพร. ***"ฉนวนกันความร้อนประเภทโฟมกับการประหยัดพลังงาน."*** สืบค้น 15 มกราคม 2561. http://www.dss.go.th/images/st-article/pep_8_2549_energy-saving-foam.pdf.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. ***แผ่นเหล็กมุงหลังคา***. กรุงเทพฯ: มอก., 2535.

สุภาวดี รัตนมาศ. ***หลังคาในงานสถาปัตยกรรม***. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ นุยบุ๊คส์, 2543.

อานนท์ คชประเสริฐ. ***"การศึกษาภาวะประสาทหูเสื่อมการได้ยินในเจ้าหน้าที่บริการภาคพื้นสนามบิน กองบิน 46 กองทัพอากาศ."*** สืบค้น 19 มิถุนายน 2561. https://www.rcot.org/download/resident_10_21.pdf.

ภาษาอังกฤษ

American Society for Testing and Materials (ASTM). ***Standard Test Method for Field Measurement of Tapping Machine Impact Sound Transmission through Floor-Ceiling Assemblies and Associated Support Structures: E1007-14.*** West Conshohocken, PA.: ASTM Internatinal, 2014.

Bronzaft, A, L, and Hangler, L. "Noise: The Invisible Pollutant that Cannot be Ignored." ***Emerging Environmental Technologies*** 2 (2010): 75-96.

Bluyssen, P. M. "Towards New Methods and Ways to Create Healthy and Comfortable Buildings." ***Building and Environment*** 45 (2010): 808–818.

El-Nagar, K.E. and Mahmoud, A.A. "Characterization of the Acoustic Behaviours of Laminated Polyester Fabric Using Different Adhesion Systems." ***Australian Journal of Basic and Applied Sciences*** 5 (2011): 96-101.

Everest, F.A. and Pohlmann, K.C . ***Master Handbook of Acoustics.*** New York: McGraw- Hill, 1988.

Farina, A. and Torelli, A. ***"Measurement of the Sound Absorption Coefficient of Materials with a New Sound Intensity Technique."*** Accessed January 15, 2018. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=1C3AE51DD85EEABDF5F58CAA55CCC022?doi=10.1.1.621.4587&rep=rep1&type=pdf.

Goelzer, B., Hansen, C.H. and Sehrndt, G.A., editors. ***Occupational Exposure to Noise: Evaluation,***

***Prevention and Control***. Dortmund: WHO, 2001.

Idris, M.F.M., Hamzah, A.I.N. and Ayop, S.M. "Occupants' Responses on Rain Noise Underneath Metal Deck Roof System." ***Procedia - Social and Behavioral Sciences*** 35 (2012): 404-411.

Junjie, L., Shuai, L. and Xiang Y. "Experimental Studies on the Rain Noise of lightweight Roofs: Natural Rains vs Artificial Rains." ***Applied Acoustics*** 106 (2016): 63–76.

Nascimento, R.L.X. and Zindeluk, M. ***"Measurement of Sound Absorbtion Coefficients of Materials to be Used in Scale Modeling."*** Accessed January 15, 2018. http://www.abcm.org.br/anais/cobem/2007/pdf/COBEM2007-1469.pdf.

Pedroso, M., Brito, J.D. and Silvestre, J.D. "Characterization of Eco- Efficient Acoustic Insulation Materials (Traditional andIinnovative)." ***Construction and Building Materials*** 140 (2017): 221–228.

Seidman, M.D. and Standring, R.T. "Noise and Quality of Life." ***Int. J. Environ. Res. Public Health*** 7(2010): 3730-3738.

Sivertsen, K. ***"Polymerfoams."*** Accessed January 15, 2018. www.ocw.mit.edu/courses/materials-science-and-engineering/3-063-polymer-physics-spring-2007/assignments/polymer_foams.pdf.

Suga, H. and Tachibana, H. "Sound Radiation Characteristics of Lightweight Roof Constructions Excited by Rain." ***Journal of Building Acoustic*** 1, 4 (1994): 249-270.

Swift, M. ***"Multifunctional Thermal and Acoustical Solution: Insulation Outlock."*** Accessed December14, 2017. https://insulation.org/io/articles/multifunctional-thermal-and-acoustical-solutions/.