



รายงานการวิจัยสมบูรณ์

การดูดซับเสียงของอิฐที่ผสมเถ้าไม้ยางพารา
**Sound Absorption Coefficient of Brick Containing
Para Rubber Wood Fly ash**

โดย

อาปีดิน ดะแซสาเมะ

ดารีกา จาเอะ

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2553

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

รายงานการวิจัยสมบูรณ์

การดูดซับเสียงของอิฐที่ผสมเถ้าไม้ยางพารา
Sound Absorption Coefficient of Brick Containing
Para Rubber Wood Fly ash

โดย

อาปีดิน ดะแซสาเมะ

ดารีกา จาเอะ

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2553

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพาราโดยมีส่วนผสมของ เถ้าไม้ยางพารา ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และทรายสัดส่วน 50:45:5 65:35:5 และ 70:25:5 โดยอาศัยเทคนิคที่ออกแบบขึ้นนี้ ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM C 384 – 03 ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่อุณหภูมิห้อง ในช่วงความถี่ 0.25 – 2 kHz พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงมีค่าสอดคล้องกับความถี่ด้วยสมการโพลีโนเมียล อันดับ 3 และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียงมีค่า 0.29 0.43 และ 0.34 สำหรับร้อยละการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าไม้ยางพารา ร้อยละ 50 60 และ 70 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าขึ้นกับความหนาแน่นของอิฐ

คำสำคัญ : สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง เถ้าไม้ยางพารา อิฐ

Abstract

The research aim is to study the sound absorption coefficient of brick mixed with Para Rubber Wood Ash (PWFA). Three different PWFA, Portland cement and sand ratios were 50:45:5, 65:35:5 and 70:25:5, respectively, were measured by using a standing wave ratio method based on the American Society for Testing and Materials C 384 – 03. (ASTM C384-03). The sound absorption coefficients were characterized at frequencies ranging from 0.25 to 2 kHz at room temperature. The samples were analyzed by regression using the 3rd-order polynomial equation. The Noise Reduction Coefficient (NRC) values of were 0.29, 0.43 and 0.34 respectively.

Keywords: Sound absorption coefficient, Para rubber wood fly ash, Brick

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
สารบัญ	(3)
สารบัญภาพ	(4)
สารบัญตาราง	(5)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	16
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	16
3.2 วิธีการวิจัย	16
ตอนที่ 1 การออกแบบท่อนคลื่นนิ่ง	16
ตอนที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง	18
ตอนที่ 3 หาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา	20
บทที่ 4 ผลการศึกษา	21
4.1 ชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง	21
4.2 ประสิทธิภาพของชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง	22
4.3 สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา	24
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	34
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก ก วิธีใช้เครื่องบันทึกข้อมูล	37
ภาคผนวก ข การเผยแพร่ผลงานวิจัย	41

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 จำแนกชนิดของวัสดุป้องกันเสียง จากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง	10
3.1 ปริมาณส่วนผสมในการทำอิฐ	20
4.1 สมการความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงกับค่าความถี่	33

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะของเสียง	3
2.2 ระดับเสียง	4
2.3 การดูดซับเสียงของวัสดุที่มีกลไกในการดูดซับเสียงแบบต่างๆ	5
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการดูดซับเสียง กับความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานกลไปเป็นพลังงานความร้อน	6
2.5 ลักษณะวัสดุดูดซับเสียงประเภทโพรงช่อง	7
2.6 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุโพรงช่อง	8
2.7 ปรากฏการณ์สะท้อน ดูดกลืน และส่งผ่านเสียงของวัตถุ	9
2.8 ลักษณะของท่อคลื่นนิ่งและวิธีการวัดสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่เกิดการตกกระทบตั้งฉากกับผิวขึ้นทดสอบ	11
2.9 การกำหนดระยะภายในท่อคลื่นนิ่ง	11
2.10 ลักษณะคลื่นเสียงที่ตกกระทบวัสดุดูดซับเสียง	12
3.1 อุปกรณ์ประกอบชุดทดลอง	18
3.2 หัววัดเสียง	18
4.1 ชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงโดยเทคนิคท่อคลื่นนิ่ง	21
4.2 กระเบื้องแกรนิตโต้	22
4.3 ระดับเสียงที่สัมพันธ์กับระยะห่างจากผิวหน้าขึ้นทดสอบของกระเบื้องแกรนิตโต้	23
4.4 สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของกระเบื้องแกรนิตโต้กับความถี่	24
4.5 อีฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้อย่างพารา	24
4.6 ระดับเสียงที่สัมพันธ์กับระยะห่างจากผิวหน้าขึ้นทดสอบของอีฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้อย่างพาราร้อยละ 50	26
4.7 ระดับเสียงที่สัมพันธ์กับระยะห่างจากผิวหน้าขึ้นทดสอบของอีฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้อย่างพาราร้อยละ 60	29
4.8 ระดับเสียงที่สัมพันธ์กับระยะห่างจากผิวหน้าขึ้นทดสอบของอีฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้อย่างพาราร้อยละ 70	31
4.9 สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงกับความถี่ของอีฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้อย่างพารา	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

เสียงจัดเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่เกิดจากการสั่นของอนุภาคอากาศแล้วมากระทบกับประสาทหู ทำให้มนุษย์เกิดการได้ยินขึ้น ตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน พลังงานไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่หรือทำลายได้ แต่สามารถเปลี่ยนรูปได้ เสียงก็เช่นกันไม่สามารถทำลายหรือสูญหาย ดังนั้นในบางสถานที่ที่มีแหล่งกำเนิดของเสียงมากอาจทำให้เกิดความรำคาญและในบางครั้งอาจก็ให้เกิดมลภาวะทางเสียงได้ส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมให้กับสังคมได้ จึงมีความจำเป็นในการหาแนวทางในการจัดการ หรือควบคุมเพื่อลดระดับของเสียงให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม แนวทางในการควบคุมเพื่อลดระดับของเสียงมีหลายแนวทางเช่น (1) ควบคุมที่แหล่งกำเนิดเสียง (2) ควบคุมที่เส้นทางเดินเสียง (3) ควบคุมที่ผู้รับเสียง (นิรันดร์, 2539) โดยแนวทางที่ดีที่สุดคือการควบคุมจากแหล่งที่กำเนิดเสียงโดยลดระดับของเสียงที่ออกจากแหล่งกำเนิดให้น้อยลง แต่ถ้าไม่สามารถทำได้อาจควบคุมเส้นทางเดินเสียงโดยการใช้วัสดุที่มีสมบัติในการดูดกลืนคลื่นเสียงหรือวัสดุที่มีสมบัติในการส่งผ่านคลื่นเสียงได้ไม่ดี มาวางกั้นระหว่างแหล่งกำเนิดเพื่อลดระดับของเสียง โดยทั่วไปค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุ นั่นคือถ้าสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุได้ก็สามารถ บอกความสามารถในการลดระดับของเสียงจากแหล่งกำเนิดได้

วิธีการในการหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่นิยมใช้กันหลายวิธี เช่น การใช้ห้องก้องวาน (reverberation chamber) การใช้ไมโครโฟนสองตัว แต่ทั้งสองวิธีดังกล่าวจะมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ไม่เหมาะสมกับการทดสอบวัสดุชิ้นเล็กๆ แต่วิธีท้อแบบคลื่นยืน (standing wave) หรือวิธีท้อความหน่วงเหนี่ยว (impedance) เป็นวิธีเลือกที่ไม่ยุ่งยาก เหมาะสำหรับการทดสอบวัสดุ และลงทุนไม่มาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้ สนใจในการสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐที่ผสมแถ้าไม้ยางพาราโดยอาศัยหลักการของท้อคลื่นนิ่ง เพื่อเป็นแนวทางในการใช้อิฐที่ผสมแถ้าไม้ยางพาราเป็นวัสดุในการลดระดับของเสียงก่อนเข้าสู่ที่อยู่อาศัย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อประดิษฐ์อุปกรณ์ทดสอบการดูดซับเสียง
- 1.2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ทดสอบการดูดซับเสียง
- 1.2.3 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐที่มีส่วนผสมแถ้าไม้ยางพารา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

วิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างชุดทดลองในการหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงด้วยเทคนิคของท่อคลื่นนิ่ง ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM C 384 – 03 ทำการทดสอบที่ความถี่ 250 500 1,000 2,000 และ 4,000 Hz

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้อุปกรณ์ทดสอบการดูดซับเสียงของวัสดุตามมาตรฐานทดสอบวัสดุ ASTM

1.4.2 เป็นแนวทางในการเลือกวัสดุเพื่อลดระดับของเสียง

บทที่ 2

ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

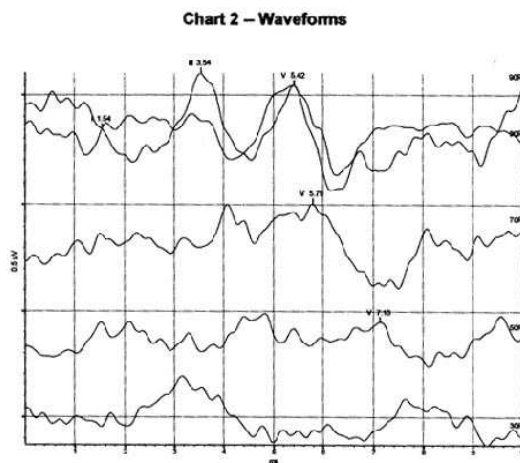
2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. เสียง

เสียง เป็นคลื่นกลที่ใช้อากาศเป็นพาหะ เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เมื่อวัตถุสั่นสะเทือนก็จะทำให้เกิดการอัดตัวและขยายตัวของคลื่นเสียง และถูกส่งผ่านตัวกลาง เช่น อากาศ ไปยังหู แต่เสียงสามารถเดินทางผ่านก๊าซ ของเหลว และของแข็งก็ได้ แต่ไม่สามารถเดินทางผ่าน สุญญากาศ เช่น ในอวกาศ ได้

2. คุณลักษณะของเสียง

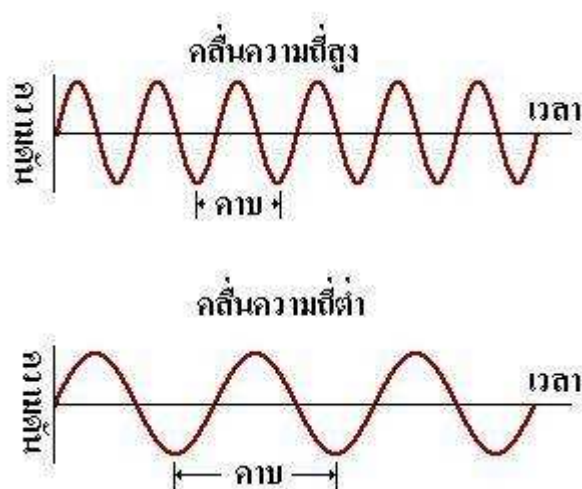
คุณลักษณะเฉพาะของเสียง ได้แก่ ความถี่ ความยาวช่วงคลื่น แอมพลิจูด และความเร็วเสียง แต่ละเสียงมีความแตกต่างกัน เสียงสูง-เสียงต่ำ เสียงดัง-เสียงเบา หรือคุณภาพของเสียงลักษณะต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดเสียง และจำนวนรอบต่อวินาทีของการสั่นสะเทือน แสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ลักษณะของเสียง
(ที่มา <http://images.google.co.th>)

2.1 ระดับเสียง (pitch) หมายถึง เสียงสูงเสียงต่ำ

สิ่งที่ทำให้เสียงแต่ละเสียงสูงต่ำแตกต่างกันนั้น ขึ้นอยู่กับความเร็วในการสั่นสะเทือนของวัตถุ วัตถุที่สั่นเร็วเสียงจะสูงกว่าวัตถุที่สั่นช้า โดยจะมีหน่วยวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนต่อวินาที เช่น 60 รอบต่อวินาที 2,000 รอบต่อวินาที เป็นต้น และนอกจาก วัตถุที่มีความถี่ในการสั่นสะเทือนมากกว่า จะมีเสียงที่สูงกว่าแล้ว หากความถี่มากขึ้นเท่าตัว ก็จะมีระดับเสียงสูงขึ้นเท่ากับ 1 ออกเตฟ (octave) ภาษาไทยเรียกว่า 1 ช่วงคู่แปด แสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ระดับเสียง

(ที่มา <http://www.iqraforum.com/oldforum1/hotimg15.fotki.com>)

2.2 ความยาวช่วงคลื่น (wavelength)

ความยาวช่วงคลื่นหมายถึง ระยะทางระหว่างยอดคลื่นสองยอดที่ติดกันซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการอัดตัวของคลื่นเสียง (คล้ายคลึงกับยอดคลื่นในทะเล) ยิ่งความยาวช่วงคลื่นมีมาก ความถี่ของเสียง (ระดับเสียง) ยิ่งต่ำลง

2.3 แอมพลิจูด(amplitude)

แอมพลิจูด หมายถึง ความสูงระหว่างยอดคลื่นและท้องคลื่นของคลื่นเสียง ที่แสดงถึงความเข้มของเสียง (Intensity) หรือความดังของเสียง (Loudness) ยิ่งแอมพลิจูดมีค่ามาก ความเข้มหรือความดังของเสียงก็ยิ่งเพิ่มขึ้น

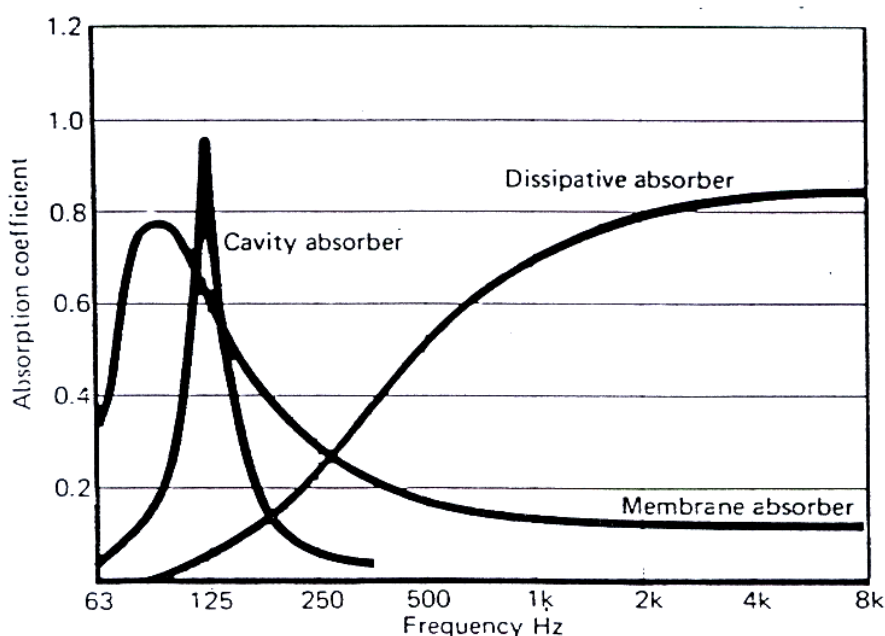
3. วัสดุดูดซับเสียง

วัสดุดูดซับเสียง เป็นวัสดุที่จะเปลี่ยนพลังงานของเสียงที่มาตกกระทบให้เป็นพลังงานความร้อน ส่งผลให้ระดับเสียงลดลงและวัสดุดูดซับเสียงที่พื้นผิวมากก็สามารถลดเสียงสะท้อน (อาทิ ผนังที่มีการออกแบบ เป็นช่องๆ รูปแบบต่างๆ) ซึ่งลักษณะการใช้งานก็แตกต่างกันไปตามการใช้งาน อาจมีหลายลักษณะประกอบกันไปเพื่อประสิทธิภาพการควบคุมเสียงที่เหมาะสม อาจจะหุ้มฉนวนใยแก้วด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์เพื่อป้องกันความชื้น ที่จะทำให้คุณสมบัติการป้องกันเสียงลดลง หรือจะใช้วัสดุที่มีพื้นผิวมากประกอบกับวัสดุที่เป็นรูพรุน

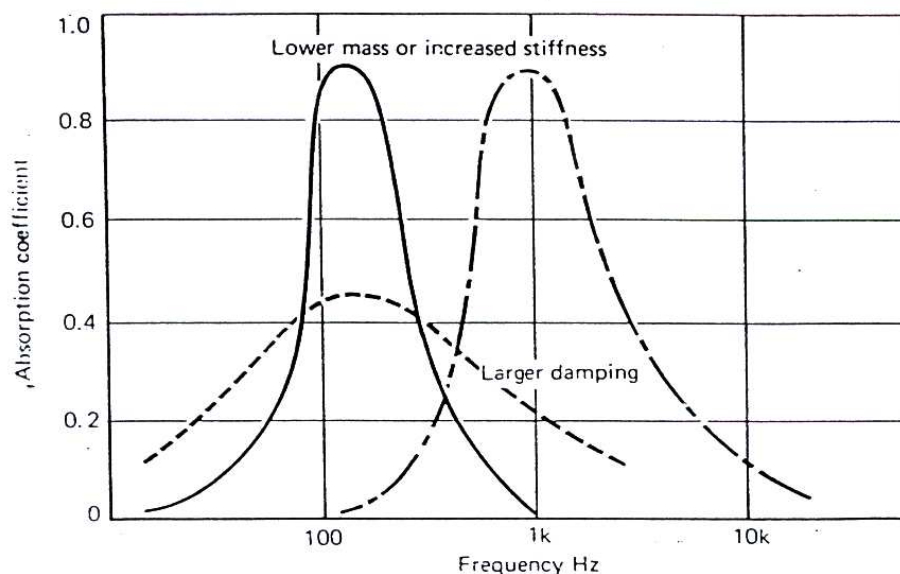
โดยองค์ประกอบที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุ ได้แก่ ความหนา ความหนาแน่น ความพรุน ความต้านทานการไหล ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น (Coefficient of elasticity)

และค่าความต้านทานเสียง (Acoustic impedance) (David, A.Harris, 1991) โดยสามารถจำแนกประเภทของวัสดุดูดซับเสียงออกได้ เป็น 3 ประเภทตามกลไกการดูดซับเสียง ได้แก่

3.1 วัสดุดูดซับเสียงประเภทเมมเบรน (Membrane Absorber) ได้แก่ แผ่นโลหะบาง ไม้อัดพลาสติก กระดาษ ยิปซัมบอร์ด เป็นต้น โดยวัสดุเหล่านี้จะเกิดการสั่นตัวด้วยความถี่เดียวกับความถี่ของเสียงที่ตกกระทบและเนื่องจากวัสดุเหล่านี้ไม่สามารถยืดหยุ่นได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจึงมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปเนื่องจากการถ่ายเทพลังงานจากคลื่นเสียงไปเป็นพลังงานความร้อนให้แก่วัสดุนั้นๆ ซึ่งวัสดุนี้นี้จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงได้ดีที่ความถี่ต่ำ ดังแสดงในภาพที่ 2.3 เนื่องจากที่ความถี่ต่ำพลังงานเสียงจะทำให้เมมเบรนเคลื่อนที่ได้ดีกว่าที่ความถี่สูง ในขณะที่คลื่นความถี่สูงมักจะถูกสะท้อนออกจากเมมเบรนทำให้มีการสูญเสียพลังงานให้กับเมมเบรนน้อยมากแต่อย่างไรก็ตาม หากนำ วัสดุที่เป็นเมมเบรนมาใช้ร่วมกับวัสดุพรุน ก็จะทำให้สามารถดูดกลืนคลื่นเสียงที่มีช่วงความถี่กว้างได้ดีมากขึ้น นอกจากนี้ค่าความสามารถในการดูดซับเสียงสูงสุดของเมมเบรนยังขึ้นอยู่กับความสามารถในการถ่ายเทพลังงานจากคลื่นเสียงไปเป็นพลังงานความร้อนของวัสดุอีกด้วย กล่าวคือ ถ้าความสามารถในการถ่ายเทพลังงานความร้อนของวัสดุมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่าความสามารถในการดูดซับเสียงสูงสุดของเมมเบรนมีค่าลดลง แต่จะครอบคลุมช่วงความถี่ได้กว้างมากขึ้น (Walker MB, 1995) ดังแสดงในภาพที่ 2.4

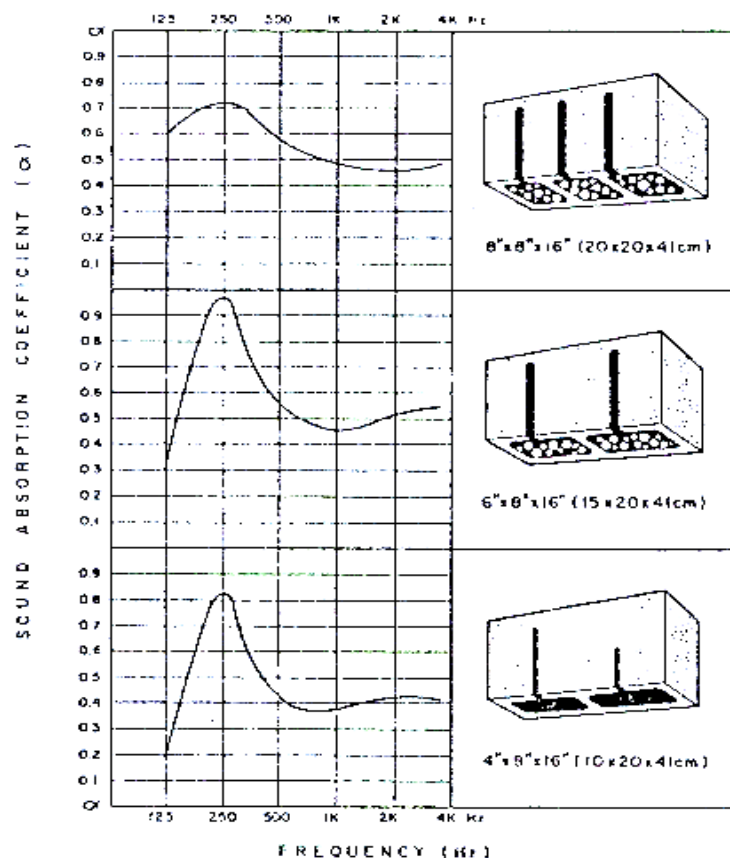


ภาพที่ 2.3 การดูดซับเสียงของวัสดุที่มีกลไกในการดูดซับเสียงแบบต่างๆ ตามช่วงของความถี่ (Sound Research Laboratories Ltd., 1991)



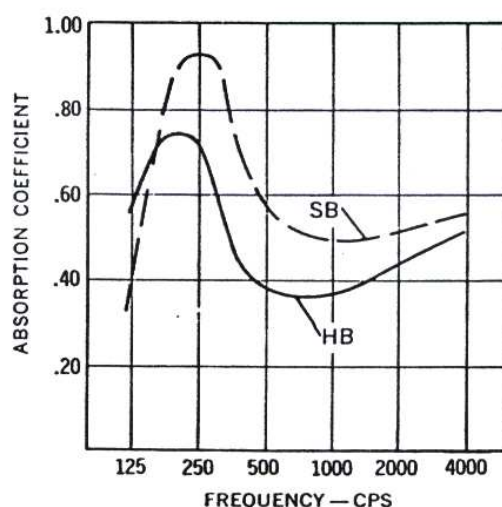
ภาพที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการดูดซับเสียง กับความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานกลไปเป็นพลังงานความร้อนของวัสดุพูนเมื่อนำ มาใช้ร่วมกับเมมเบรน (Sound Research Laboratories Ltd., 1991)

3.2 วัสดุดูดซับเสียงประเภทเป็นโพรง/ ช่อง (Resonator or Cavity Absorber) เป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นช่อง/โพรงที่ขนาดแตกต่างกันในผนัง หรือโครงสร้างของวัตถุ ซึ่งแต่ละช่องเรียกว่า “Soundbox” ดังแสดงในภาพที่ 2.5 โดยถ้าโพรงอากาศมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับความยาวของคลื่นเสียงที่ตกกระทบบนช่องเปิด เรโซเนเตอร์ (Resonator) ก็จะปรับให้มีความจำเพาะกับความถี่นั้น ทำให้การสั่นตัวของปริมาตรอากาศในโพรงอากาศเป็นจังหวะตามการเคลื่อนที่เข้าออกของอากาศผ่านรูเปิดของโพรงอากาศ โดยวัสดุประเภทนี้จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 1,000 Hz โดยจะสามารถดูดซับเสียงได้สูงสุดในช่วงความถี่ 100-300 Hz และประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น แต่หากมีการผสมวัสดุดูดซับเสียงชนิดอื่น เช่น โยแก้ว หรือใยหิน ลงไปในช่องว่างภายใน Soundbox ก็จะทำให้มีความสามารถในการดูดซับเสียงในช่วงความถี่ที่กว้างขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ลักษณะวัสดุดูดซับเสียงประเภทโพรงช่อง (Cavity Absorber) (บุรฉัตร วิริยะ, 2544)

3.3 วัสดุดูดซับเสียงประเภทเส้นใย (Fiber) หรือวัสดุที่มีรูพรุน (Porous or Dissipative Absorber) ซึ่งวัสดุชนิดนี้สามารถหาได้ง่าย ราคาถูกและมีอยู่มากในประเทศไทย อาทิเช่น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ตัวอย่างเช่น กาบมะพร้าว ฟางข้าว ต้นข้าวโพด โดยวัสดุเหล่านี้จะมีช่องว่างภายใน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ซึ่งต่ำกว่าขนาดความยาวของคลื่นเสียงมาก ดังนั้นวัสดุชนิดนี้จึงเป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานได้เป็นอย่างดี โดยกลไกการเปลี่ยนแปลงพลังงานของวัสดุพรุน



ภาพที่ 2.6 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุโพร่งช่อง (HB คือ ไม่มีใยแก้ว และ SB คือ มีใยแก้ว) (บุรฉัตร วิริยะ, 2544)

4. การดูดซับเสียง (Sound Absorption)

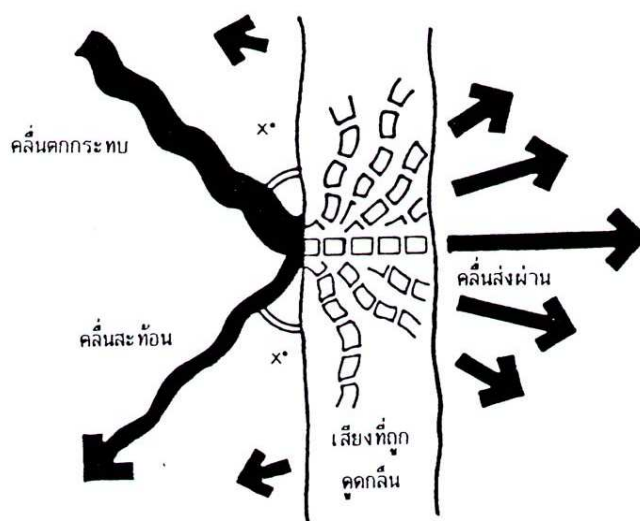
การดูดซับเสียง หมายถึง การเปลี่ยนแปลงผลรวมของพลังงานเสียงที่ลดน้อยลงเมื่อผ่านตัวกลางใดๆ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า การดูดกลืนเสียง คือ ความสามารถของวัสดุในการดูดกลืนพลังงานเสียงและเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนโดยวัสดุที่สามารถดูดซับคลื่นเสียงได้ดีจะเป็นวัสดุจำพวก เส้นใย (Fibrous) และวัสดุพรุน (Porous) เมื่อเสียงกระทบวัสดุใดๆ เสียงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนและส่งผ่านเข้าไปในวัสดุนั้น ทั้งนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและคุณลักษณะของวัสดุนั้นเป็นสำคัญ ดัชนีที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงของวัสดุแต่ละชนิด คือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficients) คลื่นเสียงที่ผ่านเข้าไปในวัสดุที่เสียงนั้นตกกระทบจะมีพลังงานลดลง เนื่องจากพลังงานส่วนหนึ่งถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานรูปอื่น

วัสดุที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมเสียงควรเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงได้เป็นอย่างดี ซึ่งวัสดุที่มีคุณสมบัติใกล้เคียง คือ วัสดุพรุน (Porous materials) กลไกการดูดกลืนคลื่นเสียงของวัสดุเมื่อคลื่นเสียงตกกระทบวัสดุใดๆ เช่น ผนังหรือกำแพง จะเกิดปรากฏการณ์สำคัญที่เกี่ยวข้องกัน 3 ประการ คือ

1. พลังงานของคลื่นเสียงบางส่วนสะท้อนออกจากผนังของวัสดุที่คลื่นเสียงนั้นตกกระทบ กลับเข้าสู่ตัวกลางเดิม

2. พลังงานของคลื่นเสียงบางส่วนถูกดูดกลืนโดยวัสดุที่เสียงนั้นตกกระทบ และ

3. พลังงานคลื่นเสียงบางส่วนถูกส่งทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุที่คลื่นเสียงนั้นตกกระทบดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ปรากฏการณ์สะท้อน ดูดกลืน และส่งผ่านเสียงของวัตถุ (Webb, J.D, 1976)

5. ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC)

NRC เป็นตัวเลขที่จะระบุได้ถึงความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุต่างชนิดกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยที่ NRC คือค่าเฉลี่ยของ SAC ที่ถูกวัดที่ 250 500 1,000 2,000 Hz และปัดเศษให้อยู่ที่ 0.05 สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$NRC = \left(\frac{\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000}}{4} \right) \quad (2.1)$$

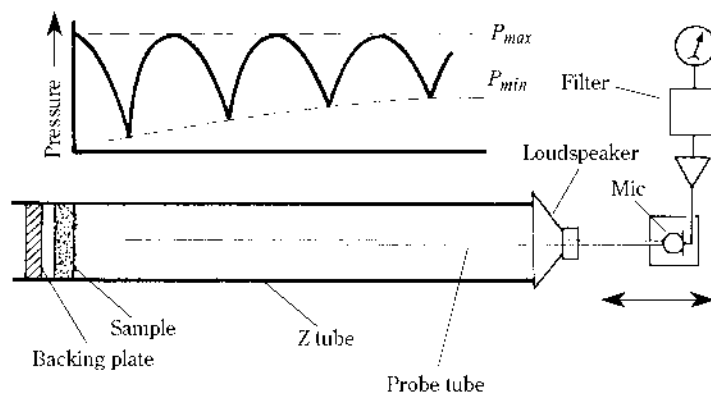
โดยทั่วไปค่า NRC จะต้องมีย่านค่ามากกว่า 0.40 ถึงจะถือว่าเป็นวัสดุดูดซับเสียง (Acoustic) วัสดุที่มีรูพรุน ผนวมนจะยอมให้คลื่นเสียงทะลุผ่านไปได้เล็กน้อย ซึ่งจะเป็นที่ที่พลังงานเสียงจะเปลี่ยนเป็นความร้อนเนื่องจากความเสียดทานระหว่างช่องอากาศกับเส้นใยวัสดุประเภทนี้สามารถมีค่า NRC ได้มาก ถึง 0.95 – 1.00 ขึ้นอยู่กับความหนาของผนวน

ตารางที่ 2.1 จำแนกชนิดของวัสดุป้องกันเสียง จากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง
(Noise Reduction Coefficient, NRC) (Cowan JP, 1994)

ประสิทธิภาพการดูดซับเสียง	NRC	วัสดุชนิดต่างๆ
ประสิทธิภาพการดูดซับเสียงสูง	1.00	● วัสดุที่ได้รับการออกแบบพิเศษ
	0.90	
	0.80	
	0.70	
	0.60	● ฝ้าเพดานที่มีความพรุนสูง ● นวมหุ้มเก้าอี้ในห้องประชุม
	0.50	● ม่านหนา ● กระຈก ● เบาะหุ้มเก้าอี้
ประสิทธิภาพการดูดซับเสียงปานกลาง	0.40	● พื้นดินที่เรียบ
	0.30	● ตู้ฟงที่นึ่งเก้าอี้ไม้หรือโลหะ ● พรหมนาบนพื้นคอนกรีต
	0.20	
สะท้อนเสียง		● เก้าอี้ไม้หรือเหล็กที่ไม่มีคนนั่ง
		● พรหมที่มีน้ำหนักรเบา
	0.10	● ดินไม้ ● ม่านบาง ● หน้าต่างกระจก ขอบหน้าต่างไม้
	0	● ปูนปลาสเตอร์ แผ่นยิปซัมบอร์ด ● คอนกรีตฉาบเรียบ อิฐเคลือบสี หินอ่อน ● กระเบื้องแก้ว ผิวหน้า

6. วิธีการวัดการดูดซับเสียงโดยใช้ท่อคลื่นนิ่ง (Impedance Tube Method)

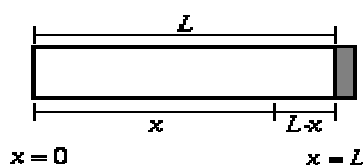
ท่อคลื่นนิ่งประยุกต์ใช้สำหรับวัดสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้งานง่าย และวัดได้อย่างแม่นยำ ข้อดีของเครื่องมือนี้คือมีขนาดเล็ก สร้างง่ายและขั้นตอนทดสอบที่ใช้มีขนาดเล็ก ลักษณะของเครื่องมือ และวิธีการวัดแสดงดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 ลักษณะของท่อคลื่นนิ่งและวิธีการวัดสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่เกิดการตกกระทบตั้งฉากกับผิวขั้นตอนสอบ (Alton, 2006)

พื้นที่ภาคตัดขวางของท่อเป็นวงกลมโดยมีผนังแข็ง ขั้นตอนสอบต้องมีขนาดพอดีกับท่อ ถ้าในการใช้งานจริงวัสดุที่ทดสอบนั้นติดตั้งกับพื้นผิวแข็ง ในขณะที่ทดสอบก็จะวางขั้นตอนสอบให้ติดกับผนังแข็ง (Backing Plate) แต่ถ้าการใช้งานจริงของวัสดุนั้นต้องการพื้นที่ว่างด้านหลัง ก็จะต้องติดตั้งให้มีระยะห่างจากผนังแข็งในการทดสอบ ตามความเหมาะสม

เสียงถูกส่งจากลำโพงซึ่งอยู่ที่ปลายท่อด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะวางขั้นตอนสอบไว้ สัญญาณของคลื่นนิ่งภายในท่อสามารถตรวจวัดได้จาก Microphone probe ดังภาพที่ 2.9

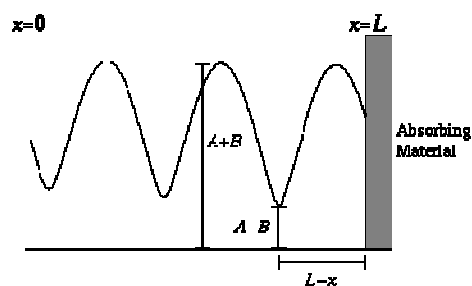


ภาพที่ 2.9 การกำหนดระยะภายในท่อคลื่นนิ่ง (Russell, 2006)

กำหนดให้ S คือ พื้นที่ภาคตัดขวางของท่อ

L คือ ความยาวท่อ

วัดระยะจาก $x = 0$ ถึง $x = L$ แสดงดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ลักษณะคลื่นเสียงที่ตกกระทบวัสดุดูดซับเสียง (Russell, 2006)

เมื่อปลายท่อข้างหนึ่งติดตั้งวัสดุดูดซับเสียง พลังงานเสียงที่ตกกระทบบางส่วนจะถูกดูดซับโดยวัสดุนั้น ดังนั้นแอมพลิจูดของคลื่นสะท้อนจะมีขนาดไม่เท่ากับขนาดของแอมพลิจูดเดิม ในทำนองเดียวกัน วัสดุดูดซับเสียงนั้นจะทำให้เฟสของคลื่นสะท้อนเลื่อนไปด้วย แอมพลิจูดที่ความดันสูงสุดหรือตำแหน่งปฏิพัทธ์ของความดัน มีค่าเป็น $A+B$ และแอมพลิจูดที่ความดันต่ำสุดหรือตำแหน่งปฏิพัทธ์ของความดัน มีค่าเป็น $A-B$ การวัดค่า A และ B โดยตรงนั้นทำได้ยาก แต่เราสามารถวัดค่า $A+B$ และ $A-B$ ได้จากการใช้ท่อคลื่นนิ่ง ดังนี้

นิยามอัตราส่วนความดันสูงสุดต่อความดันต่ำสุดเป็น Standing Wave Ratio ; SWR

$$SWR = \frac{A+B}{A-B} \quad (2.2)$$

เมื่อ SWR แทน อัตราส่วนความดันสูงสุดต่อความดันต่ำสุด

$A+B$ แทน ความดันสูงสุด

$A-B$ แทน ความดันต่ำสุด

ซึ่งสามารถจัดสมการอยู่ในรูปสัมประสิทธิ์การสะท้อนเสียง (Sound Power Reflection Coefficient ; R) ได้ดังนี้

$$R = \frac{B}{A} = \frac{SWR-1}{SWR+1} \quad (2.3)$$

เมื่อ R แทน ผลรวมความดันสูงสุดและต่ำสุดลบด้วยหนึ่งต่อผลรวมความดันสูงสุดและต่ำสุดบวกด้วยหนึ่ง

$SWR-1$ แทน ผลรวมความดันสูงสุดและต่ำสุดลบด้วยหนึ่ง

$SWR+1$ แทน ผลรวมความดันสูงสุดและต่ำสุดบวกด้วยหนึ่ง

ดังนั้น สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงในการทดสอบเป็นดังสมการ

$$\alpha = 1 - R^2 = 1 - \frac{(SWR-1)^2}{(SWR+1)^2} \quad (2.4)$$

เมื่อ α แทน ผลรวมความดันสูงสุดและต่ำสุดลบด้วยหนึ่งต่อผลรวมความดันสูงสุดและต่ำสุดบวกด้วยหนึ่งทั้งหมดยกกำลังสองลบด้วยหนึ่ง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Suhanek และคณะ (2008) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการในการวัดสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงสองวิธีคือ การวัดอัตราส่วนของคลื่นนิ่ง (standing wave ratio) และการถ่ายเทพลังงาน (transfer-function) โดยทำการวัดกับวัสดุหลายชนิด พบว่าการหาค่าการดูดซับเสียงของวัสดุที่มีขนาดเล็กด้วยวิธี ทรานซเฟอร์ฟังก์ชันจะให้ผลที่รวดเร็วกว่าวิธีการวัดด้วยการวัดอัตราส่วนคลื่นนิ่ง

มิ่งและคณะ (2549) ได้เสนอเทคนิคในการวัดความหน่วงทางเสียงจำเพาะหรือสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงโดยใช้ท่อคลื่นยืนหรือท่อความหน่วงเหนี่ยว โดยออกแบบอุปกรณ์และวิธีการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานของ ASTM หมายเลข C384-90a วัสดุที่นำมาทดสอบเป็นวัสดุที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ แก้ว คอนกรีต และอิฐ ซึ่งมีความหนาต่างๆ โดยทดสอบที่ความถี่ 125, 250, 500, 1000, 2000 และ 4000 Hz แล้วนำค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับแหล่งข้อมูลอ้างอิง พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ได้จากการทดลองได้ตามค่ามาตรฐาน

สุสดีและมริสรา (2544) ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุก่อสร้าง ของวัสดุก่อสร้าง 4 ประเภท คือ กระจก ฝ้าผนัง ฝ้าเพดาน และวัสดุปูพื้นรวมทั้งสิ้น 14 แผ่นตัวอย่าง ได้แก่ กระจกใสหนา 3 และ 5 มิลลิเมตร กระจกฝ้าหนา 3 และ 5 มิลลิเมตร กระจกเบา(โดยการเติมสารตัวถ่วง) หนา 9 มิลลิเมตร ผนังไม้อัดยางแบบบุด้านเดียว อิฐมอญก่อและฉาบด้วยปูนซีเมนต์ทั้ง 2 ด้าน อิฐบล็อกก่อและฉาบด้วยปูนซีเมนต์ทั้ง 2 ด้าน บัวด้วยกระเบื้องเซรามิก ฝ้ายิปซัมบอร์ดแบบมีพรอยด์ ฝ้ายิปซัมบอร์ดแบบมีพรอยด์และโฟม วัสดุปูพื้นและวัสดุปูพื้นบุด้วยกระเบื้องเซรามิก ที่ความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 Hz โดยใช้เครื่องกำเนิดเสียง พบว่าปูนเทพื้นบุด้วยกระเบื้องเซรามิกมีความสามารถในการดูดซับเสียงได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ปูนเทพื้นและผนังไม้อัดยาง มีความสามารถดูดซับเสียงได้น้อยที่สุด แต่ถ้าจะกล่าวถึง ความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุก่อสร้าง ในแต่ละประเภทสามารถสรุปได้ดังนี้คือ วัสดุก่อสร้างประเภทกระจก กระจกเบา 9 มิลลิเมตร, กระจกฝ้า 5 และ 3 มิลลิเมตร สามารถดูดซับเสียงได้ดีที่ความถี่ 125-500, 500-1,000 และ 2,000-4,000 Hz ตามลำดับ ประเภทผนัง-ผิวผนัง อิฐมอญและอิฐบล็อกบุกระเบื้องเซรามิกสามารถดูดซับเสียงได้ดีที่ความถี่ 125-500 และ 500-4,000 Hz ตามลำดับ ประเภทฝ้า-เพดาน ยิปซัมบอร์ดบุพรอยด์และโฟม

และยิปซัมบอร์คบุพรอยด์สามารถดูดซับเสียงได้ดีที่ความถี่ 125-1,000 และ 2,000-4,000 Hz และประเภทวัสดุปูพื้น ปูนเทพื้นนุกระเบื้องเซรามิก มีความสามารถในการดูดซับเสียงได้ดีที่ความถี่ 125, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 Hz

Youneng และ Changwhan (2003) ทำการทดสอบสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของพอลิเอสเตอร์รีไซเคิลชนิดไม่ถักทอ เพื่อใช้แทนวัสดุที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ได้แก่ โยแก้ว และโยหิน พอลิเอสเตอร์รีไซเคิลชนิดไม่ถักทอ เพื่อเป็นแนวทางการลดต้นทุนการผลิต สามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้ง่ายกว่า จากการทดลองพบว่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของพอลิเอสเตอร์รีไซเคิลชนิดไม่ถักทอจะทำการวัดโดยใช้ ท่อวัดความต้านทานเสียง ชนิด 2 ไมโครโฟน คือวัดอัตราพลังงานเสียงที่ถูกดูดซับของวัสดุต่อพลังงานเสียงทั้งหมดที่ตกกระทบ ซึ่งพบว่า การนำพอลิเอสเตอร์รีไซเคิลชนิดไม่ถักทอไปใช้เป็นวัสดุฉนวนผิว จะสามารถดูดซับเสียงในช่วงความถี่ต่ำและกลางได้ดีขึ้น

ฤทธิและคณะ (2549) สร้างแผ่นดูดซับเสียงจากยางพาราเสริมเส้นใยมะพร้าว เพื่อใช้ผลิตเป็นแผ่นดูดซับเสียงภายในอาคารในเชิงอุตสาหกรรม จากผลการวิจัยพบว่า การผลิตแผ่นดูดซับเสียงจากยางพาราเสริมเส้นใยมะพร้าวที่สามารถติดตั้งในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องมีความหนา 15 mm โดยในการผลิตแผ่นดูดซับเสียง 1 mm² จะใช้เส้นใยมะพร้าวและน้ำยางพาราประมาณอย่างละ 1.20 kg เมื่ออบแห้งแล้วจะมีน้ำหนักประมาณ 1.80 kg ในขณะที่ไม้อัดหนา 8 mm กระเบื้องแผ่นเรียบหนา 6 mm ยิปซัมหนา 10 mm และแผ่นดูดซับเสียงชานอ้อยหนา 6 มิลลิเมตร จะมีน้ำหนัก 4.17, 10.69, 5.56 และ 2.78 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ในการทดสอบคุณสมบัติการลดระดับเสียงพบว่าวัสดุที่ป้องกันการส่งผ่านเสียงได้ดีที่สุดคือ กระเบื้องแผ่นเรียบ รองลงไป ได้แก่ ไม้อัด ยิปซัม แผ่นดูดซับเสียงชานอ้อย และยางพาราเสริมเส้นใยมะพร้าว ตามลำดับ ในขณะที่วัสดุที่สามารถดูดซับเสียงได้ดีที่สุดคือ ยางพาราเสริมเส้นใยมะพร้าว รองลงไป ได้แก่ แผ่นดูดซับเสียงชานอ้อย ไม้อัด ยิปซัม และกระเบื้องแผ่นเรียบ ตามลำดับ

สมบัติ และคณะ (2551) ได้ศึกษาสมบัติการดูดซับเสียงของยางธรรมชาติผสมดินขาวชนิดเบนโทไนต์และชนิดคาโอไลน์ ในปริมาณ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80 ส่วนในยางร้อยละ (per hundred rubber : phr) โดยเตรียมขึ้นทดสอบเป็นแผ่นที่มีความหนา 1.5 และ 5 mm นำมาทดสอบสมบัติการสูญเสียพลังงานภายในเนื้อวัสดุ ($\tan \delta = G''/G'$) จากสมบัติรีโอโลยีเชิงพลวัตของการบิดและสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่ต่าง ๆ พบว่าค่า $\tan \delta$ ของยางธรรมชาติผสมดินขาวชนิดเบนโทไนต์จะมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ แบบเอกโปเนนเชียล ตั้งแต่ปริมาณ 30 ส่วนในยางร้อยละขึ้นไป กราฟสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่ต่าง ๆ ของยางธรรมชาติผสมดินขาวชนิดเบนโทไนต์ที่มีความหนา 1.5 mm แสดงจุดสูงสุดของความถี่เรโซแนนซ์ของการดูดซับเสียงและให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง 0.2 ที่ความถี่ 2,000 Hz แต่ของยางธรรมชาติผสมดินขาวชนิดคาโอไลน์

จะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง 0.07 เท่านั้น เมื่อความหนาเพิ่มขึ้น ความถี่เรโซแนนซ์ของการดูดซับเสียงและค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงก็จะเพิ่มขึ้น ส่วนชั้นทดสอบหนา 5 mm ทั้งที่ผสมดินขาวชนิดเบนโทไนต์และผสมดินขาวชนิดคาโอลิไนต์ ความถี่เรโซแนนซ์จะมากกว่า 4,000 Hz ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง 0.5 และ 0.96 ตามลำดับ ดังนั้น ยางธรรมชาติผสมดินขาวชนิดเบนโทไนต์ที่มีความหนาน้อย เหมาะสำหรับใช้ดูดซับเสียงความถี่ประมาณ 2,000 Hz ส่วนยางธรรมชาติผสมดินขาวชนิดคาโอลิไนต์ที่มีความหนามาก เหมาะสำหรับใช้ดูดซับเสียงความถี่ตั้งแต่ 3,000 Hz ขึ้นไป

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนในการวิจัย 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย การสร้างชุดทดลองจากท่อคลื่นนิ่ง การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง และการหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา โดยมีวัสดุและวิธีการทดลองดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. เถ้าไม้ยางพารา
2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
3. ทราย
4. น้ำ
5. ตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 mm)
6. แบบบรรจุอิฐขนาด $100 \times 100 \times 100 \text{ mm}^3$ และรูปทรงวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 cm หน้า 1 cm
7. พลาสติกใส
8. เครื่องชั่งดิจิตอลความละเอียด 0.1 g
9. เวอร์เนียที่วัดละเอียดได้ถึง 1 mm
10. เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิที่ $105 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
11. ลำโพงขนาด 8Ω 0.25 W
12. มอเตอร์
13. สาย Coaxial
14. สกรู
15. เครื่องบันทึกข้อมูลรุ่น EASY SENSE Advance
16. หัววัดเสียง Smart Q Sound Sensor
17. เครื่องกำเนิดสัญญาณ (Function Generator)

3.2 วิธีการวิจัย

ตอนที่ 1 การออกแบบท่อคลื่นนิ่ง

สร้างท่อคลื่นนิ่งตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุ ASTM C 384 - 03 โดยเลือกใช้อะคลีลิกเป็นวัสดุในการสร้าง เนื่องจากมีความโปร่งใส มีสมบัติการดูดซับเสียงที่ต่ำ ลดปริมาณการดูดซับเสียงภายในท่อโดยมีวิธีการสร้างท่อดังนี้

1. ออกแบบขนาดท่อโดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (d) และความยาวของท่อคลื่นนิ่ง (l) มีความสัมพันธ์กับความเร็วเสียง (c) ความถี่สูงสุด ($f_{\max}$) และความถี่ต่ำสุด ($f_{\min}$) ที่ใช้การทดสอบ สมบัติการดูดซับเสียงโดยทั่วไปกำหนดความถี่สูงสุดและความถี่ต่ำสุด เท่ากับ 4,000 Hz และ 250 Hz ตามลำดับ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการ 3.1 และ สมการที่ 3.2

$$f_{\max} \leq \frac{0.586 c}{d} \quad (3.1)$$

$$f_{\min} \geq \frac{0.75 c}{l - d} \quad (3.2)$$

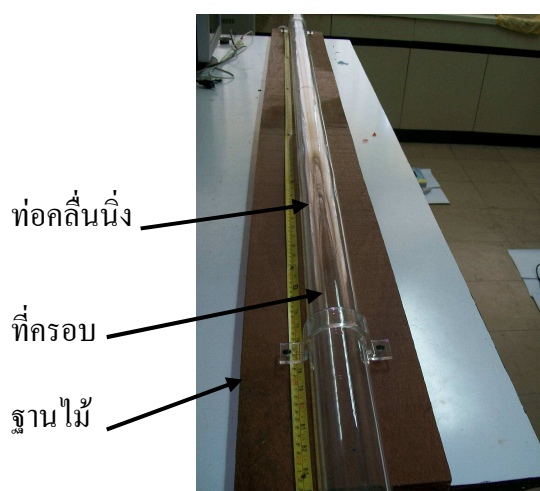
เมื่อ f แทน ความถี่ (Hz)

c แทน ความเร็วของเสียงเทียบกับอุณหภูมิ (m/s^2)

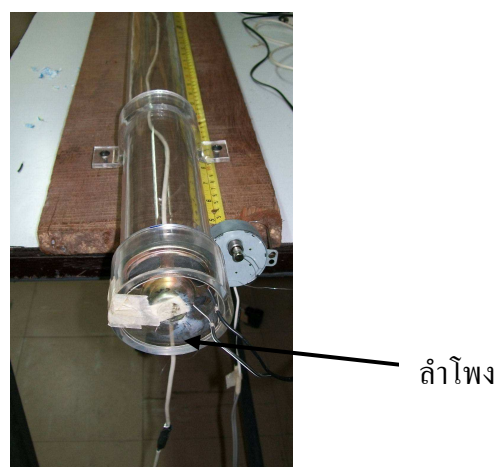
d แทน เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (m)

l แทน ความยาวของท่อ (m)

2. ประกอบท่อคลื่นนิ่งตามขนาดที่คำนวณได้จากข้อ 1 เข้ากับฐานและวงแหวนครอบ แล้วใช้สกรูยึด จากนั้นประกอบแหล่งกำเนิดเสียงโดยใช้ลำโพงขนาด 8 Ω กำลัง 0.25 W ติดกับปลายข้างหนึ่งของท่อคลื่นนิ่ง ส่วนปลายข้างหนึ่งสำหรับติดตั้งเซ็นทดสอบโดยมีวงแหวนครอบไว้ที่เซ็นทดสอบที่จะนำมาทดสอบ ดังแสดงในภาพที่ 3.1-3.2



(ก)



(ข)



(ก)



(ง)

ภาพที่ 3.1 อุปกรณ์ (ก) ประกอบท่อคลื่นนิ่งเข้ากับฐาน (ข) ประกอบท่อคลื่นนิ่งเข้ากับแหล่งกำเนิดเสียง(ค) ที่ใส่ชิ้นทดสอบ (ง) หัววัดความถี่ของเสียง

3. ติดตั้งหัววัดเสียงภายในท่อโดยออกแบบให้สามารถเลื่อนตั้งฉากกับผิวหน้าของชิ้นทดสอบตลอดท่อได้และใช้มอเตอร์ควบคุมการเคลื่อนที่ของหัววัดเสียง



ภาพที่ 3.2 ออกแบบที่ติดหัววัดภายในท่อที่สามารถเลื่อนไปมาได้

ตอนที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง

ทำการปรับเทียบเครื่องมือทดสอบด้วยสารตัวอย่างมาตรฐานที่ทราบค่าการดูดซับเสียงดังนี้

1. ประกอบสารตัวอย่างที่ทราบค่าการดูดซับเสียงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm และหนา 1 cm เข้ากับที่จับชิ้นงานทางด้านปลายข้างหนึ่งของท่อคลื่นนิ่ง โดยให้สารตัวอย่างตั้งฉากกับความยาวของท่อ
2. ให้ความถี่แกว่งขึ้นทดสอบ ที่ความถี่ 250 Hz พร้อมทั้งเปิดมอเตอร์เพื่อให้หัววัดเสียงเคลื่อนที่ออกห่างจากผิวหน้าของชิ้นทดสอบ
3. บันทึกค่าระดับความดันเสียงต่ำสุดและสูงสุดค่าแรกด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล

นำค่าความดันเสียงต่ำสุด ($P_{\min}$) และค่าความดันสูงสุด ($P_{\max}$) ของแต่ละค่าความถี่หาสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α) และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient; NRC) ดังสมการ 3.3-3.7

$$P_{\max(rms)} = 10^{\frac{P_{\max}}{20}} \quad (3.3)$$

$$P_{\min(rms)} = 10^{\frac{P_{\min}}{20}} \quad (3.4)$$

อัตราส่วนของความดันสูงสุดต่อความดันต่ำสุดเป็น Standing wave ratio (SWR) จากสมการ

$$SWR = \frac{P_{\max(rms)}}{P_{\min(rms)}} \quad (3.5)$$

หาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงในการทดสอบได้จากสมการ

$$\alpha = 1 - R^2 = 1 - \frac{(SWR - 1)^2}{(SWR + 1)^2} \quad (3.6)$$

ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient; NRC)

$$NRC = \left(\frac{\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000}}{4} \right) \quad (3.7)$$

4. เปลี่ยนความถี่ในการทดสอบเป็น 500 1,000 2,000 และ 4,000 Hz โดยทำการทดลองซ้ำตามขั้นตอนที่ 2-4

ตอนที่ 3 หาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา

หาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพาราโดยมีสัดส่วนของเถ้าไม้ยางพารา ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และทรายน้ำจืด ดังตารางที่ 3.1 เตรียมขึ้นทดสอบให้มีขนาด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 6 cm หนา 1.0 cm โดยมีวิธีการทดสอบตามขั้นตอนในตอนี่ 2

ตารางที่ 3.1 ปริมาณของส่วนผสมในการทำอิฐ (อาบีดิน, 2554)

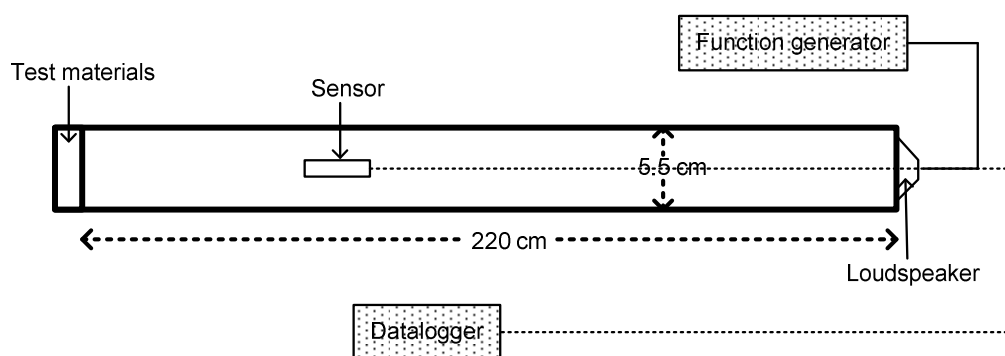
สัดส่วนวัสดุ เถ้าไม้ยางพารา : ปูนซีเมนต์ : ทราย	ปริมาณ (kg/m ³)			
	เถ้าไม้ยางพารา	ปูนซีเมนต์	ทราย	W/B
50 : 45 : 5	981	613	68	0.80
60 : 35 : 5	762	445	64	1.07
70 : 25 : 5	813	290	58	1.76

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

จากการสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุ ASTM C 384 – 03 ได้ชุดทดลองดังภาพที่ 4.1



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.1 ชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงโดยเทคนิคท่อคลื่นนิ่ง

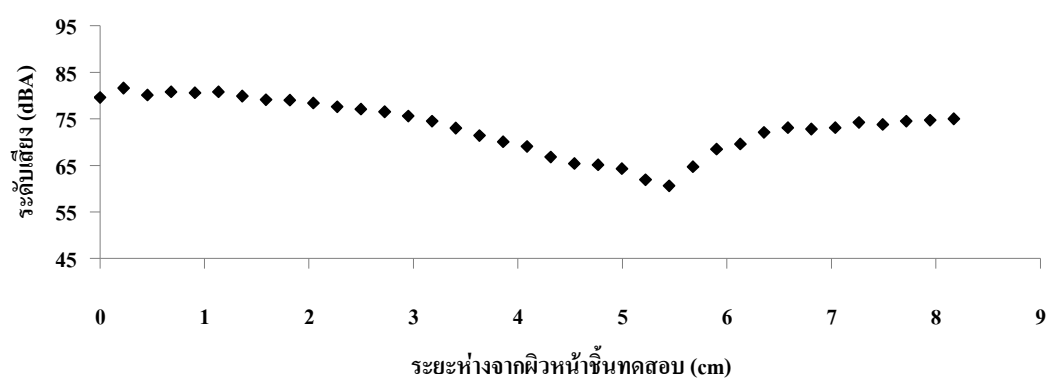
จากภาพที่ 4.1 แสดงชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงโดยเทคนิคท่อคลื่นนิ่งมีขนาดของท่อคลื่นนิ่งซึ่งได้จากการคำนวณจากสมการที่ 3.1 และ สมการที่ 3.2 มีความยาว 220 cm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 cm มีค่าโพรงขนาด ขนาด 8Ω 0.25 W ซึ่งต่อกับแหล่งกำเนิดความถี่เสียงภายในมีหัววัดเสียง Smart Q Sound Sensor ต่อกับมอเตอร์ทำให้หัววัดเสียงเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 4.54×10^{-2} m/s ทำหน้าที่วัดระดับเสียงที่ถูกสะท้อนจากผิวหน้าของชิ้นทดสอบ และถูกบันทึกด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล EASY SENSE Advance เพื่อหาค่าความดันสูงสุดและความดันต่ำสุดเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

4.2 ประสิทธิภาพของชุดทดลอง

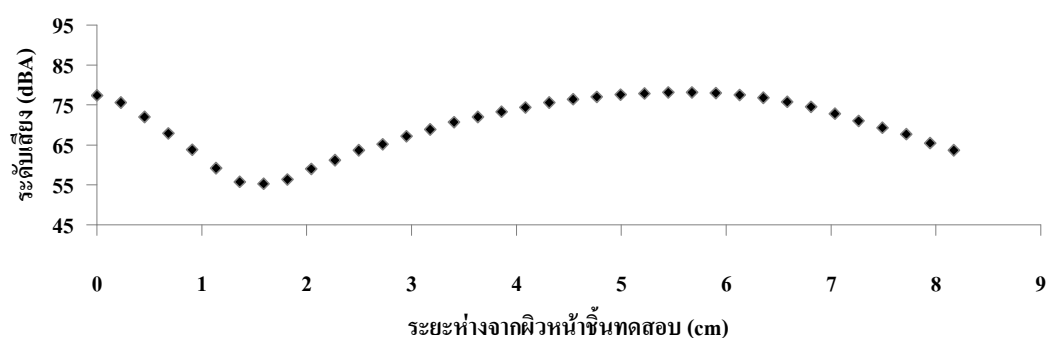
ทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง โดยเลือกใช้หินแกรนิตโต้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 cm หน้า 1 cm ผิวหน้าเรียบได้ผลการทดลองดังนี้



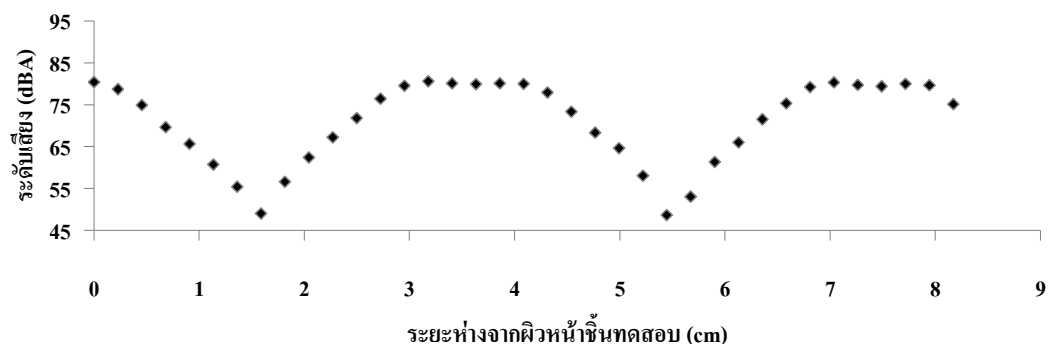
ภาพที่ 4.2 กระเบื้องแกรนิตโต้



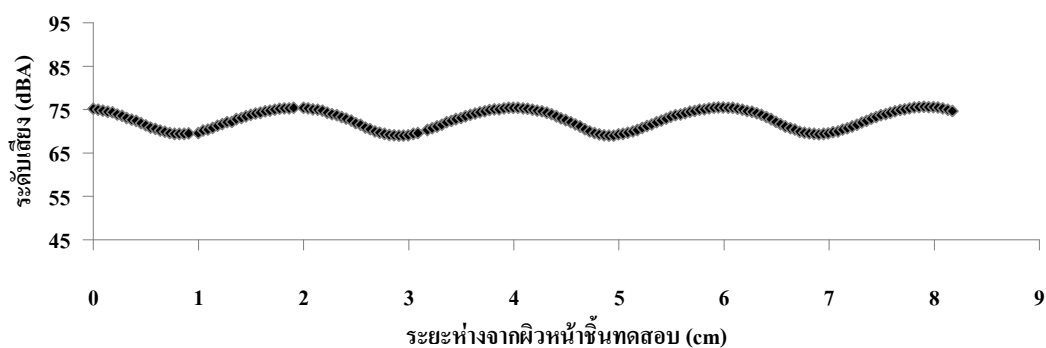
(ก)



(ข)



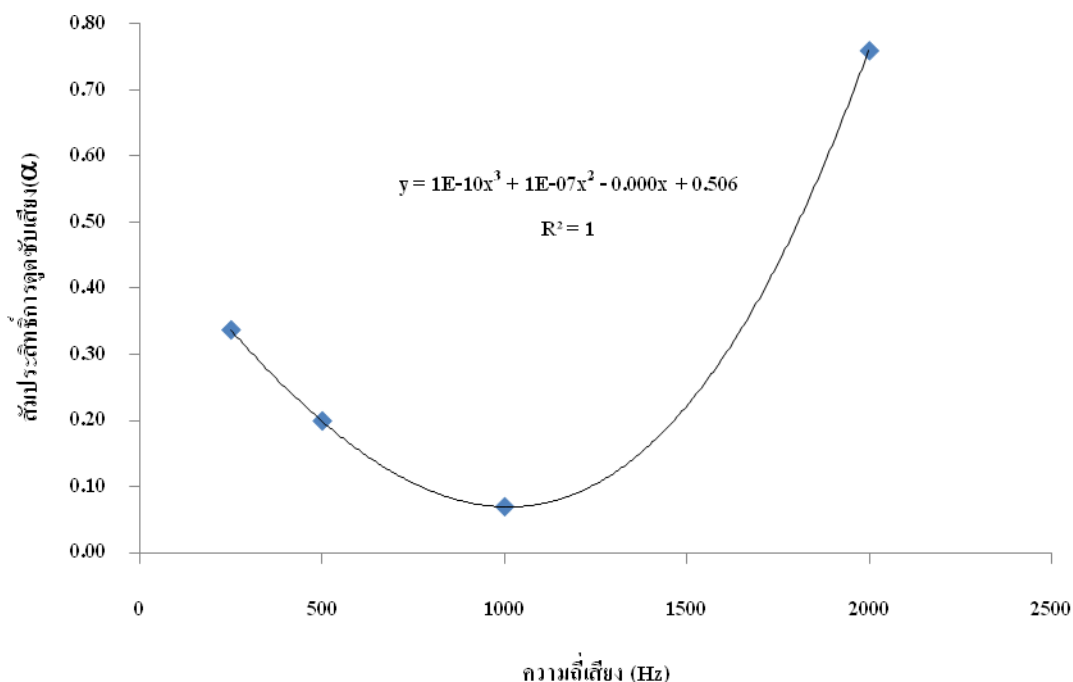
(ก)



(ง)

ภาพที่ 4.3 ระดับเสียงที่สัมพันธ์กับระยะห่างจากผิวหน้าขึ้นทดสอบของกระเบื้องแกรนิตโต้ที่ความถี่ทดสอบ (ก) 250 Hz (ข) 500 Hz (ค) 1000 Hz และ (ง) 2000 Hz

จากค่าความดันสูงสุดและค่าความดันต่ำสุดค่าแรกของแต่ละค่าความถี่เสียงที่ใช้ในการทดสอบ (ภาพที่ 4.3) คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงและค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียงตามสมการที่ 3.3 – 3.7 ได้ค่าดังนี้



ภาพที่ 4.4 สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของกระเบื้องแกรนิตโต้กับความถี่

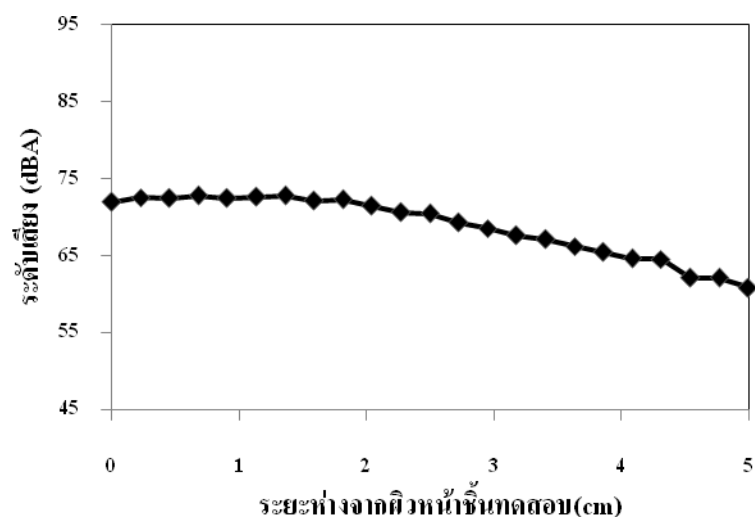
จากภาพที่ 4.4 สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α) ที่สัมพันธ์กับความถี่ (f) สอดคล้องดังสมการ $\alpha = 1E-10 f^3 + 1E-7 f^2 + 0.506$ ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) เท่ากับ 0.34

4.3 สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา

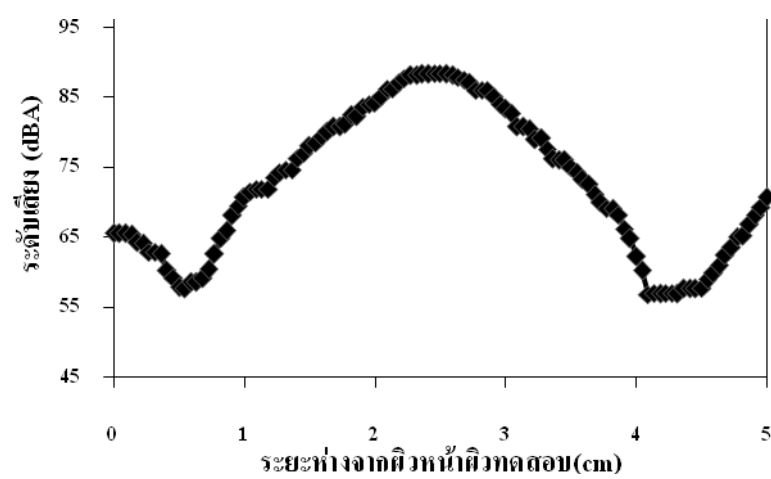
ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพาราด้วยชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพในขั้นตอนที่ 2 โดยได้ผลดังนี้



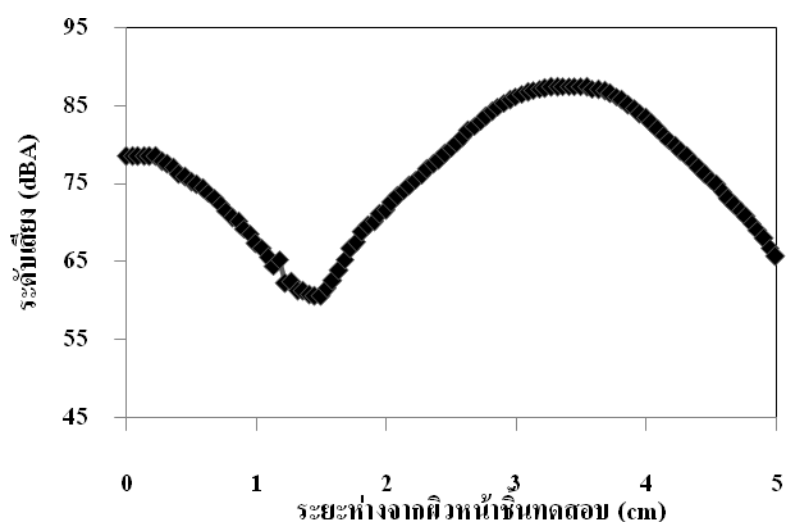
ภาพที่ 4.5 อิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพาราสำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง



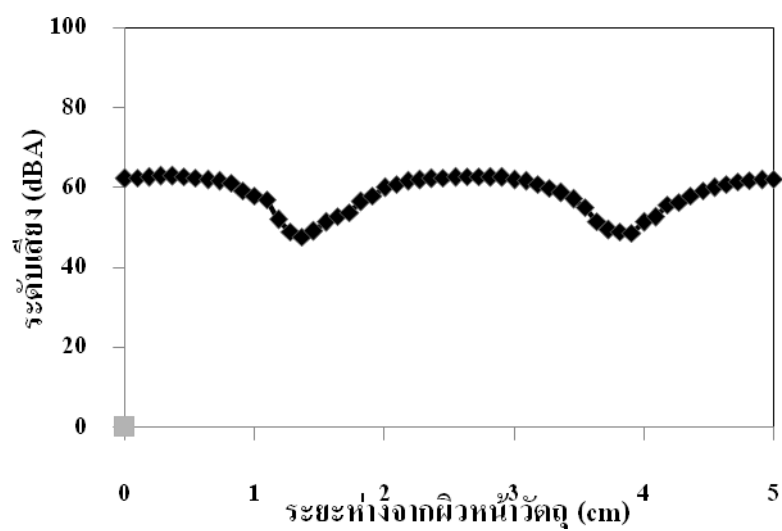
(ก) 250 Hz



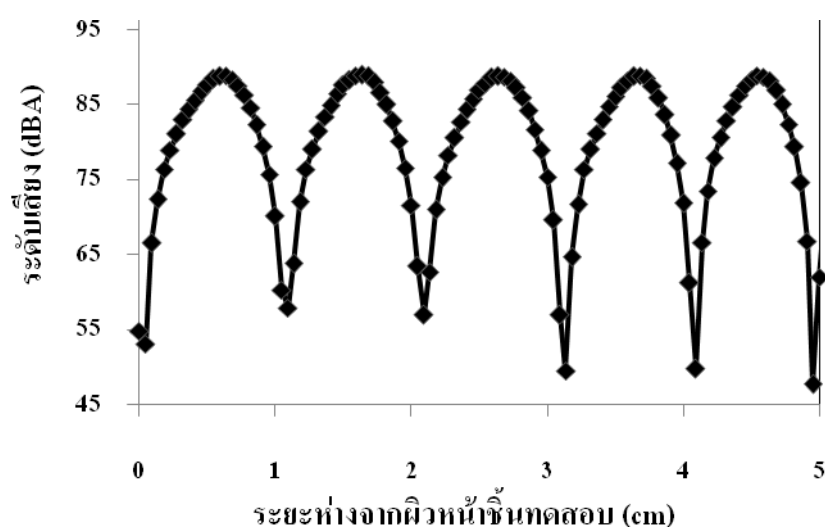
(ข) 500 Hz



(ค) 1,000 Hz

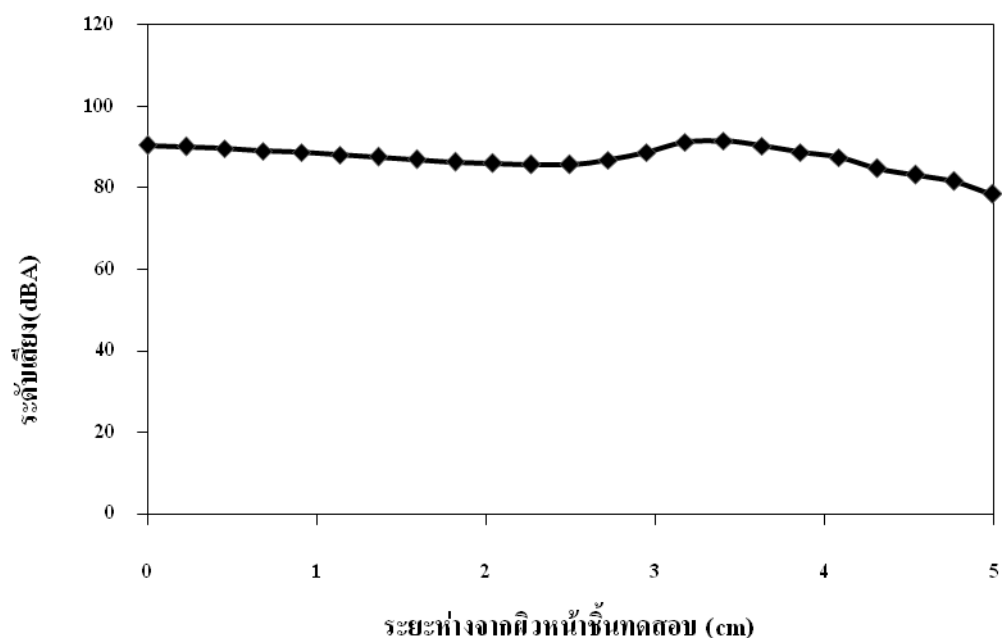


(จ) 2,000 Hz

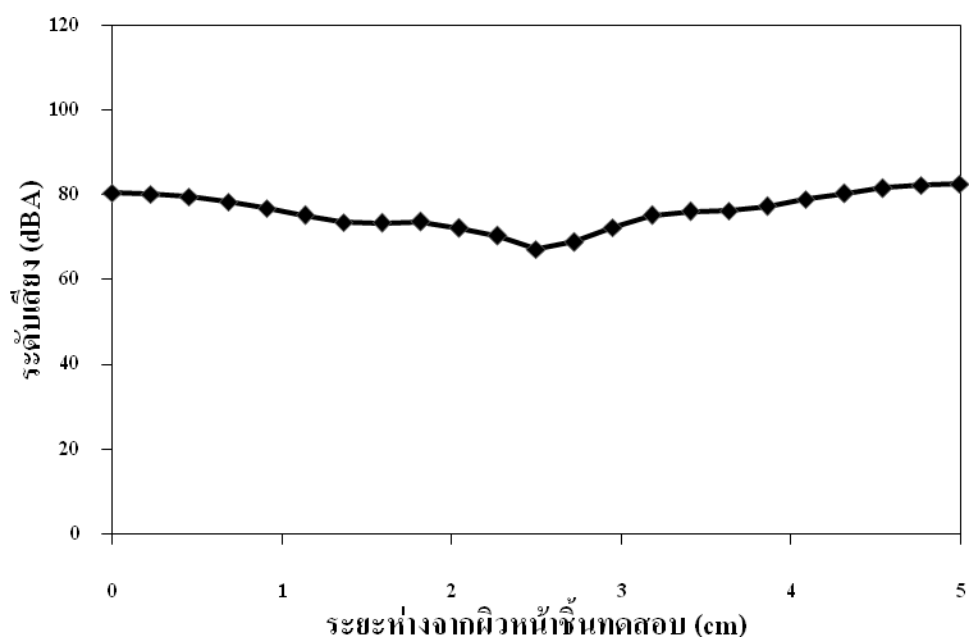


(จ) 4,000 Hz

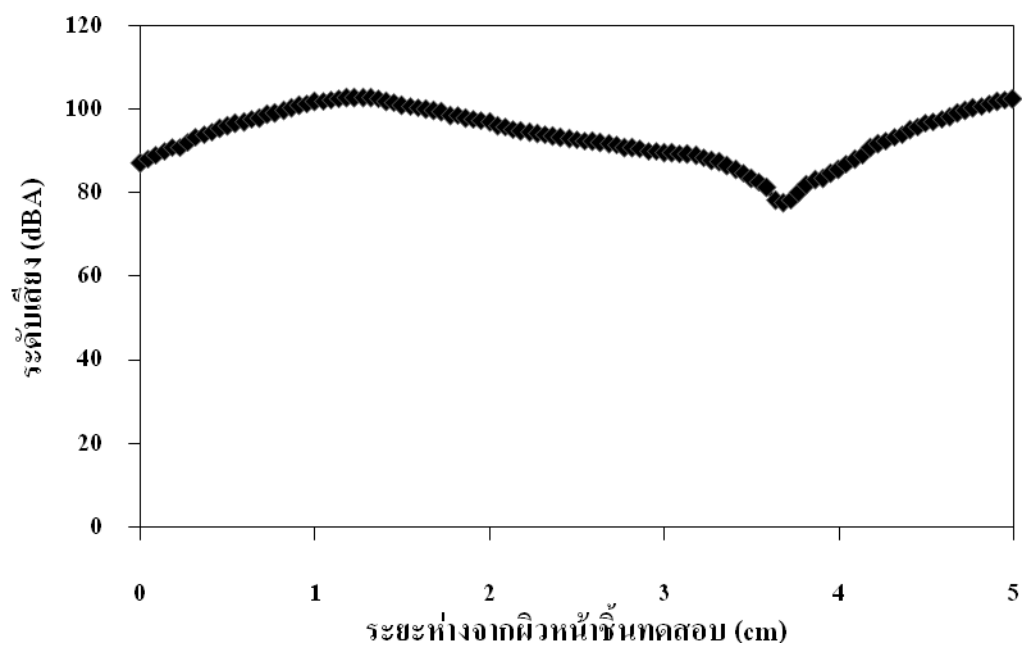
ภาพที่ 4.6 ระดับเสียงที่ระยะห่างจากผิวหน้าชั้นทดสอบของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา ร้อยละ 50 ที่ความถี่ทดสอบ 250-4,000 Hz



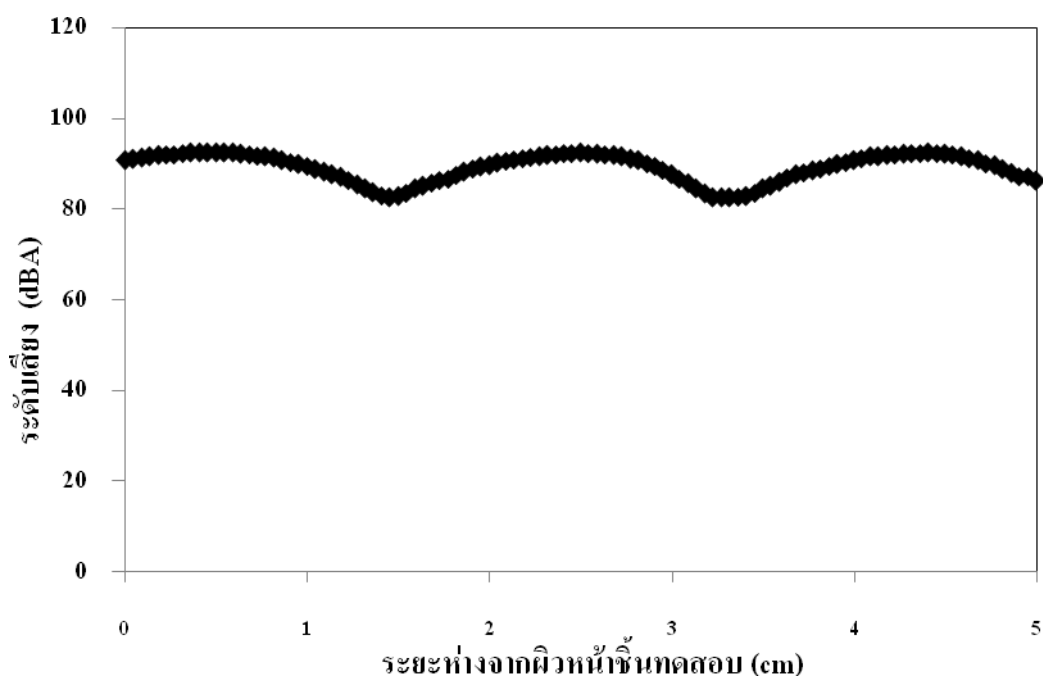
(ก) 250 Hz



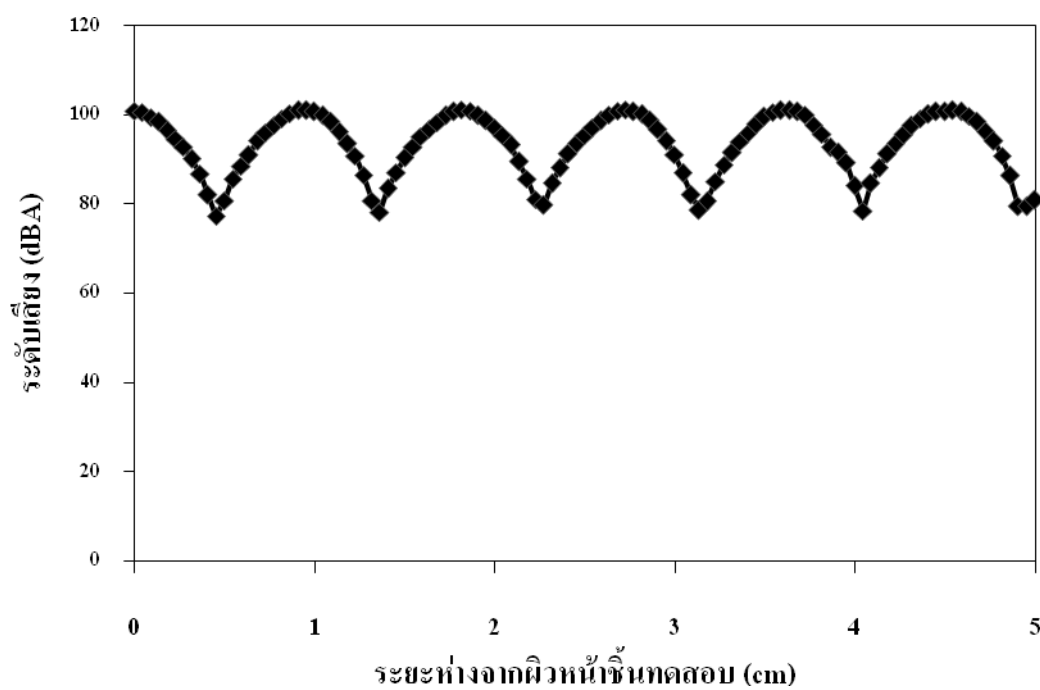
(ข) 500 Hz



(ค) 1,000 Hz

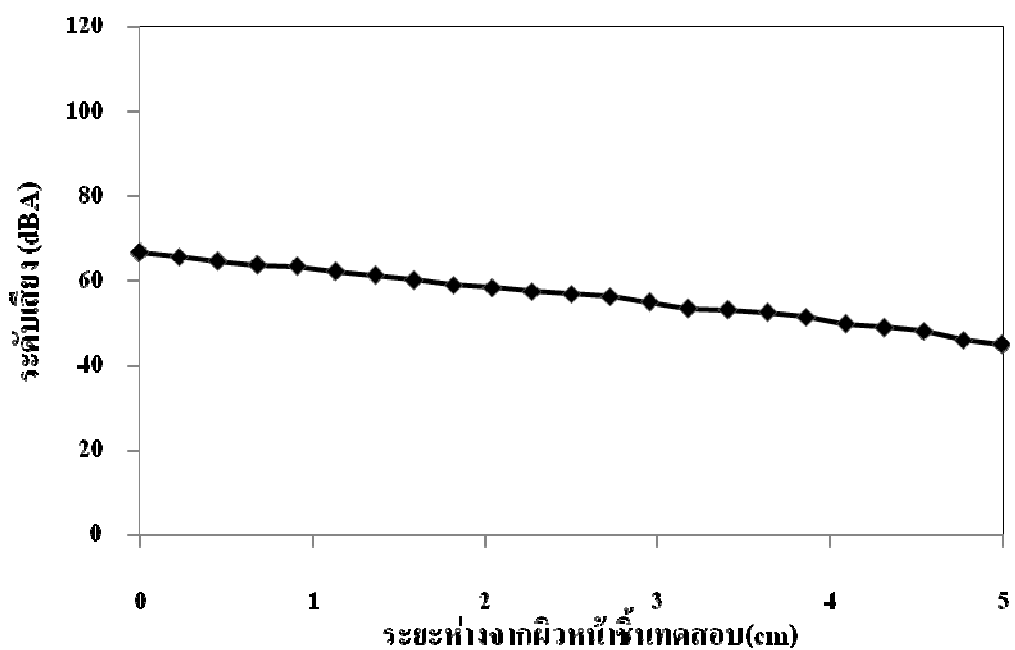


(ง) 2,000 Hz

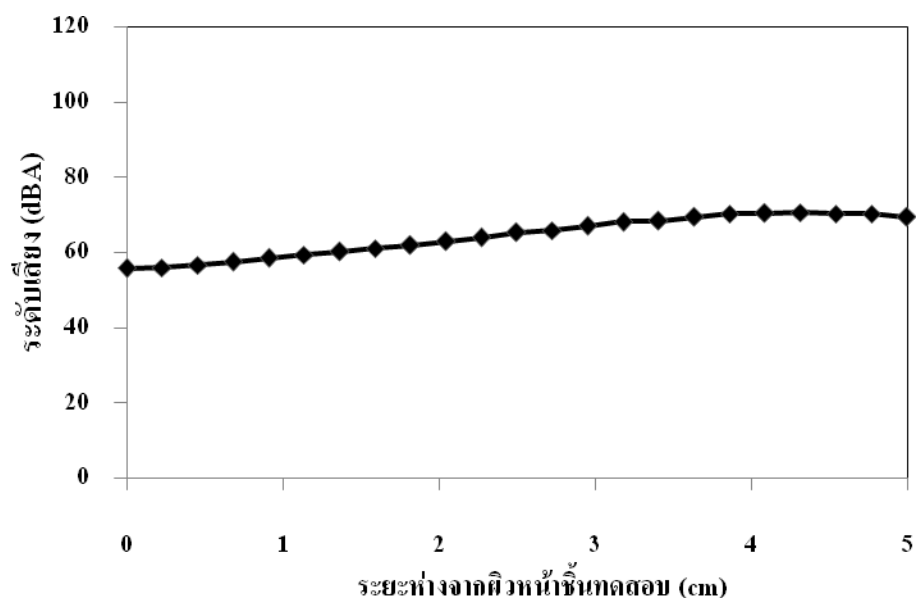


(จ) 4,000 Hz

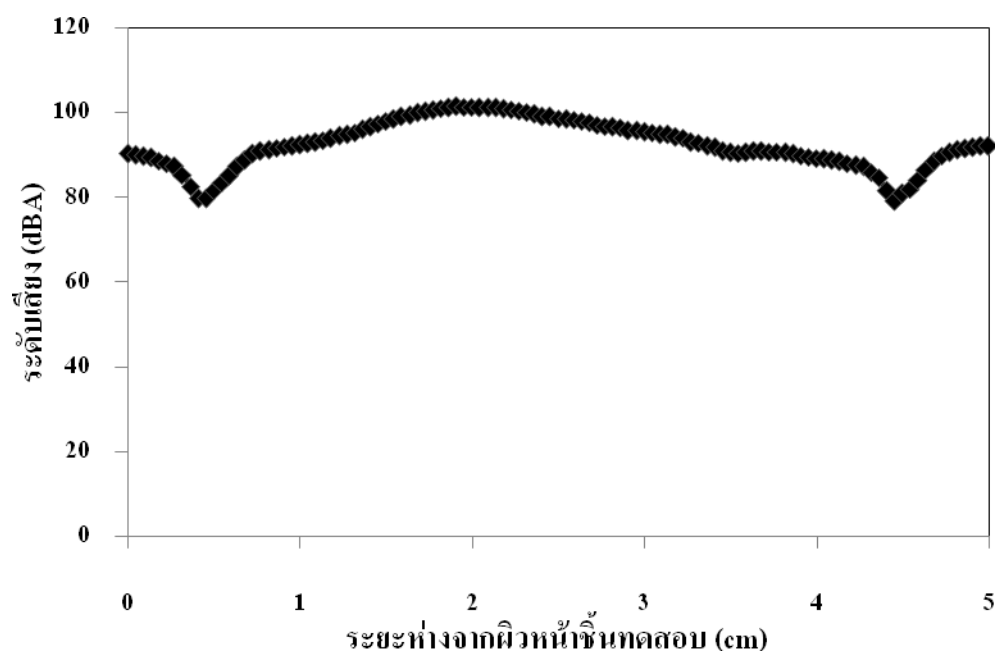
ภาพที่ 4.7 ระดับเสียงที่ระยะห่างจากผิวน้ำขึ้นทดสอบของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา ร้อยละ 60 ที่ความถี่ทดสอบ 250-4,000 Hz



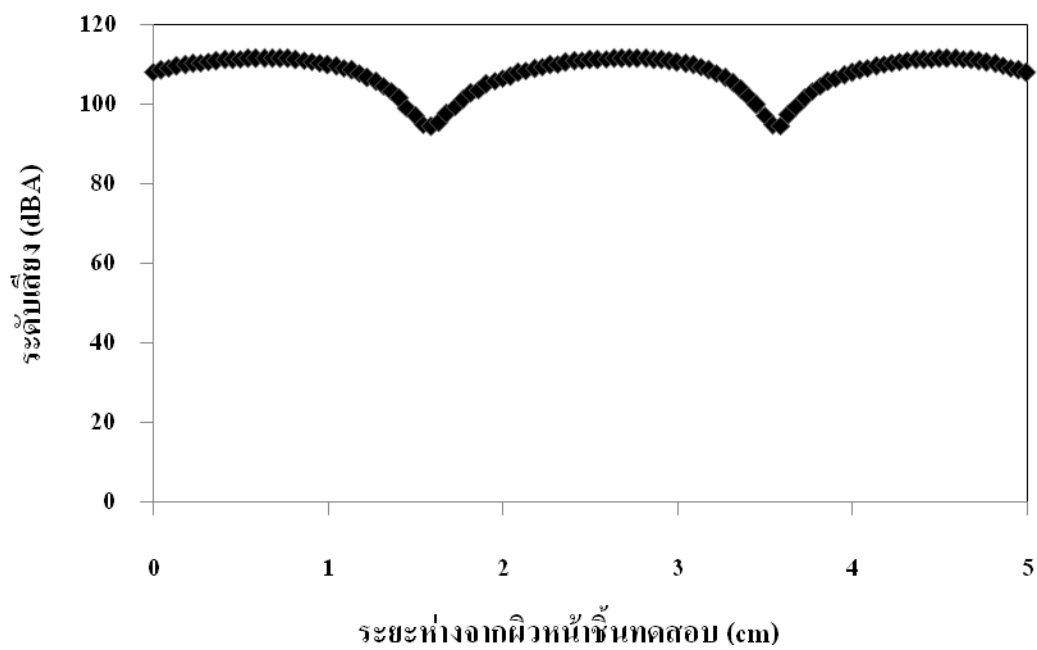
(ก) 250 Hz



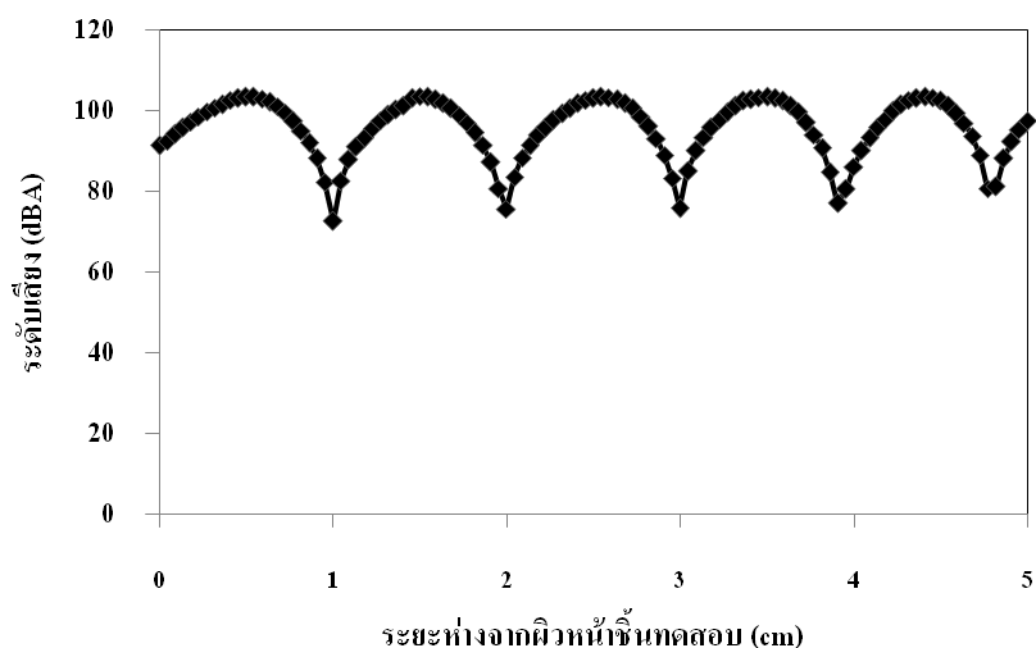
(ข) 500 Hz



(ค) 1,000 Hz

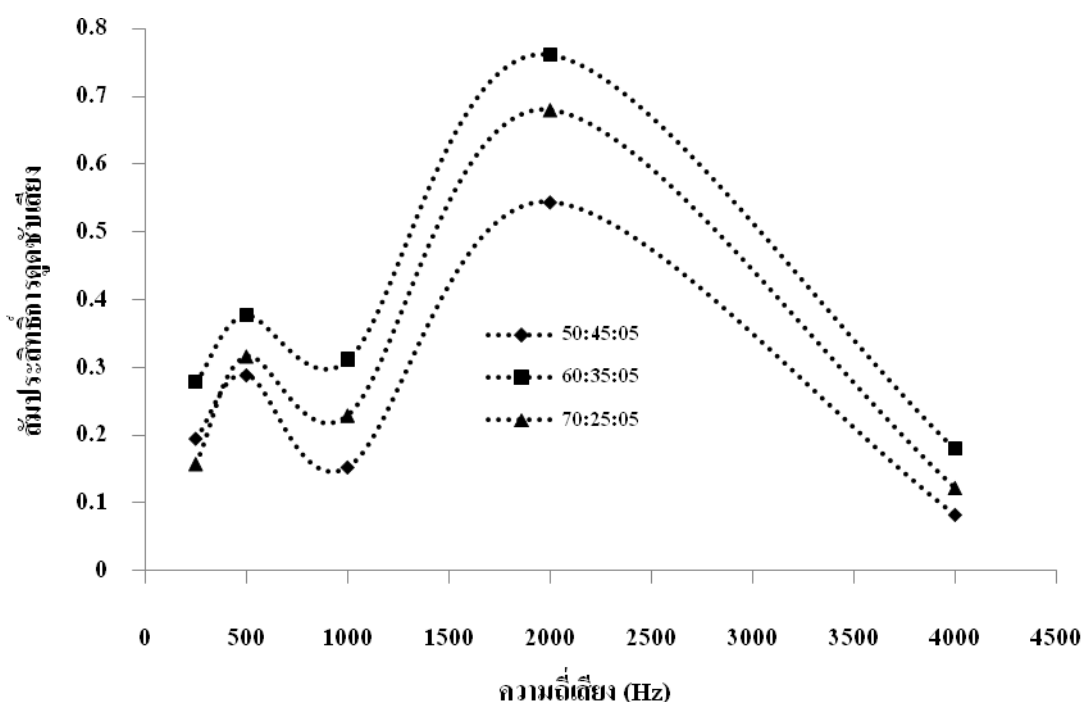


(ง) 2,000 Hz



(จ) 4,000 Hz

ภาพที่ 4.8 ระดับเสียงที่ระยะห่างจากผิวหน้าขึ้นทดสอบของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา ร้อยละ 70 ที่ความถี่ทดสอบ 250-4,000 Hz



ภาพที่ 4.9 สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงกับความถี่ของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา

จากภาพที่ 4.9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐที่สัดส่วนการผสมเถ้าไม้ยางพารา พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐทุกสัดส่วนของการเติมเถ้าไม้ยางพารามีลักษณะการตอบสนองต่อความถี่ที่เหมือนกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงมากที่สุดที่ความถี่เสียงทดสอบที่ 2,000 Hz

จากหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐ ด้วยเทคนิคชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น โดยเทคนิคพื้นฐานเพื่อหาค่า อัตราส่วนความดันเสียงของค่าสูงสุด และต่ำสุด (Standing Wave Ratio, SWR) พบว่าอิฐมีกลไกการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่ได้รับ สอดคล้องกับสมบัติภายในของวัสดุ นั่นคือ เมื่อเสียงที่มีความถี่ต่างกันตกกระทบบนวัสดุจะทำให้อนุภาคของวัสดุมีการตอบสนองต่อความถี่ เกิดการสั่น ซึ่งถ้าความถี่เสียงนั้น มีค่าสอดคล้อง หรือเท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัสดุ จะทำให้เกิดการสั่นของโมเลกุลของเนื้อสารอย่างรุนแรงให้มีการเปลี่ยนแปลงของสมบัติการดูดซับเสียง หรืออาจเกิดการสูญเสียพลังงานไปเป็นพลังงานรูปอื่นได้ (สมบัติ พุทธจักร และคณะ, 2551)

จากค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่เสียงต่าง ๆ สร้างสมการแทนความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงกับความถี่เสียงที่ทดสอบ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมการความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงกับความถี่

สัดส่วนวัสดุ เก้าอี้ยางพารา : ปูนซีเมนต์ : ทราช	ความ หนาแน่น (kg/m ³)	สมการ	R ²	NRC
50 : 45 : 5	1,269	$\alpha = -1E-10f^3 + 6E-07f^2 + 0.366$	0.874	0.29
60 : 35 : 5	1,298	$\alpha = -1E-10f^3 + 6E-07f^2 + 0.417$	0.939	0.43
70 : 25 : 5	1,161	$\alpha = -1E-10f^3 + 5E-07f^2 + 0.279$	0.899	0.34

จากตารางที่ 4.1 พบว่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐที่มีส่วนผสมของเก้าอี้ยางพาราสามารถแทนให้อยู่รูปความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเส้นตรง ชนิดโพลิโนเมียล อันดับที่ 3 และจากค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ค่าความถี่ 250 500 1,000 และ 2,000 Hz จำนวนค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) มีค่า 0.29 0.43 และ 0.34 สำหรับสัดส่วนวัสดุเก้าอี้ยางพารา : ปูนซีเมนต์ : ทราชเท่ากับ 50 : 45 : 5 60 : 35 : 5 และ 70 : 25 : 5 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าวัสดุส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงปานกลาง และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียงมีค่าขึ้นกับความหนาแน่นของวัสดุ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา โดยมีขั้นตอนการวิจัย 3 ขั้นตอนได้แก่ การออกแบบท่อนคลื่นนิ่ง ทดสอบประสิทธิภาพของท่อนคลื่นนิ่ง และการหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา สรุปการวิจัยได้ดังนี้

การออกแบบท่อนนิ่ง ตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุ ASTM C 384 – 03 ท่อนคลื่นนิ่งทำจากอะคริลิก โปร่งแสง ซึ่งสามารถสังเกตการณ์การเคลื่อนที่ของหัววัดเสียงให้มีลักษณะดังฉากกับผิวหน้าของชิ้นทดสอบ ทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงด้วยการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุที่ทราบค่า โดยในการวิจัยนี้เลือก แกรนิตโต้ เป็นชิ้นทดสอบ จากการทดสอบพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ได้มีค่าอยู่ในค่ามาตรฐาน

เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา โดยมีสัดส่วนของ เถ้าไม้ยางพารา : ปูนซีเมนต์ : ทราย 3 สัดส่วนได้แก่ 50 : 45 : 5 60 : 35 : 5 และ 70 : 25 : 5 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α) ของวัสดุอิฐเป็นปริมาณที่ขึ้นกับความถี่ สอดคล้องกับการตอบสนองต่อการสั่นของอนุภาคของวัสดุ และความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงกับความถี่ของอิฐสามารถแทนด้วยความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ด้วยสมการแบบไม่เป็นเส้นตรง ชนิดโพลิโนเมียล อันดับที่ 3

เอกสารอ้างอิง

- โกศล วงศ์สวรรค์, สุธิลา ตูลยะเสถียร, และสถิต วงศ์สวรรค์. (2548). **มลพิษสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 2**
อมรการพิมพ์: กรุงเทพฯ
- คุณลักษณะของเสียง. (2553). (Online). <http://images.google.co.th> [2553 เมษายน 21]
- จ่านงค์ คล้ายน้ำ, นุช ปานเพชร, อรวรรณ กิตชัย และพัฒนา แจ่มแจ้ง. (2544). **การออกแบบอุปกรณ์ดูด**
ซับเสียงจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ
- คาริกา จาเอะ. (2551). **การดูดซับเสียงในทางธรรมชาติผสมดินขาว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์**
มหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ธนพงศ์ ทศนเมธิน. (2550). **การควบคุมเสียงรบกวนหลายความถี่แบบแอคทีฟด้วยวิธีการแยก**
ความถี่. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- นิรันดร์ วิทิตอนันต์. (2535). **สมรรถนะในการลดระดับเสียงของวัสดุพูน. วิทยานิพนธ์ปริญญา**
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุรฉัตร วิริยะ. (2544). **การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพูนแห้งและเส้น**
ใยแก้ว. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- เพ็ญพันธ์ สิริวัลย์ภักดี. (2543). **ได้ศึกษาการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินจากอุตสาหกรรม:**
กรณีศึกษาโรงงานผลิตภัณฑ์พลาสติก. สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม
- มิ่ง โลกิจแสงทอง และ พงษ์ศักดิ์ คำมูล. (2549). **การหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงด้วยเทคนิคท่อ**
คลื่นยืน. พิมพ์ครั้งที่ 20 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ระดับเสียง. (2553). (Online). <http://www.iqraforum.com/oldforum1/hotimg15.fotki.com> [2553
เมษายน 21]
- วัสดุดูดซับเสียง. (2553). (Online). <http://jagkhapong.wordpress.com/2009/11/12> [2553 เมษายน 21]
- สิงห์ อินทรชูโต. (2550). **การดูดซับเสียงของแผ่นผ้าเปดานกลบ. บทความมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.
- สิงห์ อินทรชูโต. (2550). **การใช้ใยมะพร้าวร่วมกับยางพาราเพื่อเป็นฉนวนดูดซับเสียงใยมะพร้าว**
บทความ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
- สมศักดิ์ วาณิชอนันต์. (2546). **ได้ศึกษาการสร้างเครื่องกำจัดเสียงรบกวนแบบไวงาน. สาขาวิชา**
วิศวกรรมโทคมนาคม. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

- สว่างทิพย์ ศรีกิจสุวรรณ. (2544). การควบคุมเสียงรบกวนแบบแอคทีฟภายในท่อและภายในห้องปิดขนาดเล็กด้วยวิธีป้อนไปข้างหน้า. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
- อัครเดช สิ้นธุภัก พงษ์ศักดิ์ คำมูล และ มิ่ง โลกิจแสงทอง. (2548). ลักษณะของความสูญเสียการส่งผ่านของตัวเก็บเสียง ชนิดต่อข้อข้างแบบตัวเดียวในท่อนำพาของไหล. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- อาปีดิน ดะแซสาเมาะ จินดา มะมิง โนรีสะ ราแดง และ ยาเซ็ง อาแว. (2554). สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. ฉบับที่ 6(1)

ภาคผนวก ก

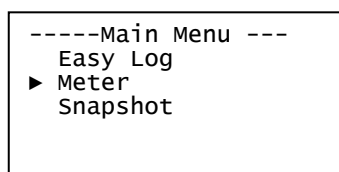
วิธีการใช้เครื่องบันทึกข้อมูล EASYSENSE Q Advanced data logger

วิธีเก็บข้อมูลด้วย EASYSense Q Advanced

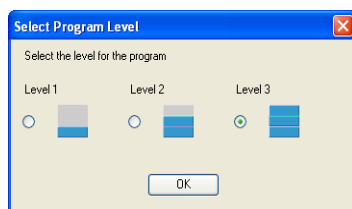
การใช้งานครั้งแรกของ EASYSense Q Advanced โดยวิธีต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์

การติดตั้งไดรเวอร์ของ USB ก่อนการใช้งาน ผู้ใช้ **Windows XP** และ **Vista**: คุณต้องเข้าใช้งานในฐานะ administrator (หรือสถานะอื่นที่เท่ากัน) เพื่อทำการติดตั้งไดรเวอร์ของ **EASYSense Q Advanced USB**

1. ต่อปลั๊ก ‘สี่เหลี่ยม’ ของสายเคเบิล USB เข้ากับช่อง USB input บนเครื่อง **EASYSense Q Advanced**
2. ต่อปลั๊กด้าน ‘แบน’ ของสายเคเบิล USB เข้ากับ USB port บนคอมพิวเตอร์ของคุณ
3. Windows จะตรวจพบอุปกรณ์ใหม่เองโดยอัตโนมัติและ Wizard จะทำการช่วยการติดตั้งเครื่องมือเอง
4. ต่อเครื่อง **EASYSense Q Advanced** เข้ากับ USB port แต่ละอันที่สามารถใช้ได้บนคอมพิวเตอร์เพื่อให้การติดตั้งไดรเวอร์เสร็จสมบูรณ์
5. เช็กหน้าจอ LCD บนเครื่อง **EASYSensepyo Q Advanced** ว่าแสดง ‘Main Menu’ (เมนูหลัก) กดปุ่ม ► เลือก Meter ดังแสดงในรูป กดปุ่ม ► อีกครั้งเพื่อยืนยันการกระทำ



6. เปิดโปรแกรมของซอฟต์แวร์ **EASYSense** เนื่องจากเราเปิดใช้โปรแกรม **EASYSense** ครั้งแรก หน้าต่าง 'เลือกระดับโปรแกรม' จะเปิดขึ้นมาอัตโนมัติ ให้เลือกระดับผู้ใช้ที่เหมาะสม



ระดับ 1 สำหรับระดับ ‘เริ่มต้น’ (เช่น อายุไม่เกิน 9 ปี)

ระดับ 2 สำหรับระดับ ‘กลาง’ (เช่น อายุ 9 – 15 ปี)

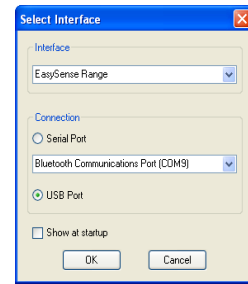
ระดับ 3 สำหรับระดับ ‘ละเอียด’ (เช่น อายุ 15 ปีขึ้นไป)

หมายเหตุ : สามารถเปลี่ยนระดับผู้ใช้งานได้ทุกเมื่อโดยใช้ไอคอน Level เมื่อตัวเลือกในการเก็บข้อมูลถูกเปิดใช้งานแล้ว



7.หน้าต่างตัวเลือกอินเทอร์เฟซจะเปิดขึ้นมา

- ☐ เลือกอินเทอร์เฟซเป็น**EASYSENSE Range**
- ☐ เลือกวิธีการเชื่อมต่อด้วยพอร์ต **USB** เลือก 'USB port'



8.คลิกตกลง แล้วโปรแกรมจะบันทึกการเลือกของคุณไว้เมื่อใช้ครั้งถัดไปโปรแกรมจะตั้งค่าให้โดยอัตโนมัติ

9.เมื่อทำการเชื่อมต่อ หน้าต่างหน้าต่างหลักของโปรแกรมจะเปิดขึ้น เลือกโหมด สร้างการทดลองใหม่ เช่น EasyLog, Graph, Meters, Scope, Snapshot หรือ Timing.

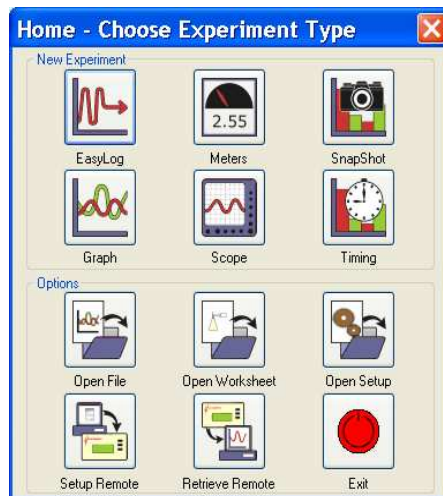
การใช้งาน **EASYSENSE Q Advanced** ด้วยคอมพิวเตอร์ภายหลังการเริ่มต้น

ผู้ใช้ **USB**: ใช้สายเคเบิล USB เพื่อต่อเชื่อมเครื่อง EASYSENSE Q Advanced เข้ากับคอมพิวเตอร์

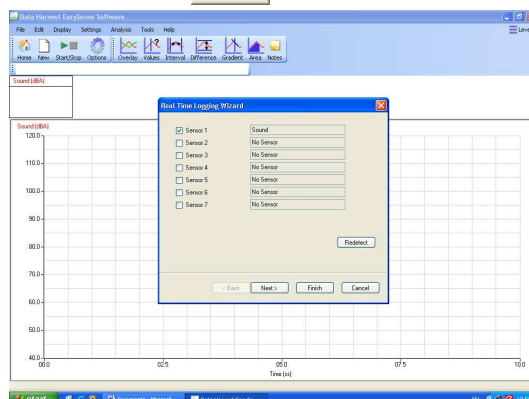
1. เปิดโปรแกรมของซอฟต์แวร์ **EASYSENSE**



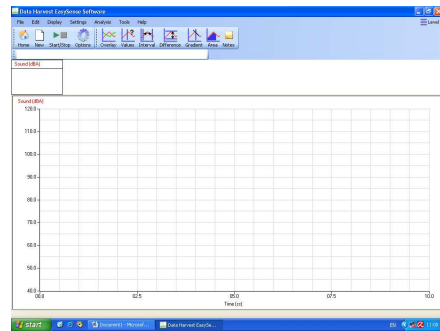
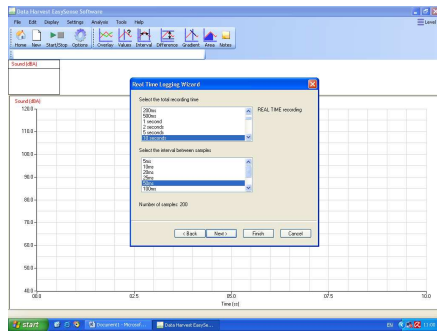
2. เลือกโหมดการบันทึกจากหน้าต่าง หน้าหลักดังรูป



3. เลือก Graph (กราฟ)  จะปรากฏหน้าต่าง Real Time Logging Wizard



4. กด Finish จะปรากฏหน้าต่างของ Data Harvest EasySense Software



ภาคผนวก ข

การเผยแพร่ผลงานวิจัยใน

การประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อนำเสนอผลงานวิจัย 3 กรกฎาคม 2553



สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุปูพื้น

Sound Absorption Coefficient of Floor Covering

อาบีดีน ดะแซสาเมา¹ ไลลา ดะดุนา² และ สุฮัยลา สือแม²

Abedeem Dasaesamoh¹ Laila Daduna² and Suhaila Saemae²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุปูพื้น โดยอาศัยเทคนิคทอกลืนนิ่ง ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM C 384 – 03 ทำการหาค่าสัมประสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่อุณหภูมิห้อง ในช่วงความถี่ 0.25 – 2 kHz พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงมีค่าสอดคล้องกับความถี่ด้วยสมการโพลีโนเมียล อันดับ 3 และเมื่อพิจารณาค่า NRC ของวัสดุปูพื้นของวัสดุ พบว่ากระเบื้องเคลือบเซรามิกและพรมเป็นวัสดุเหมาะสมมากสำหรับดูดซับเสียงเพราะมีค่าสัมประสิทธิ์สูงสุด ในขณะที่วัสดุอื่นๆ มีค่าปานกลาง

ABSTRACT

The research aims is to study the sound absorption coefficient of floor covering by using a standing wave ratio method based on the American Society for Testing and Materials C 384 – 03. (ASTM C384-03). Measurements of sound absorption coefficients were carried out at frequencies ranging from 0.25 to 2 kHz at room temperature. All of the samples were analyzed by regression using the 3rd-order polynomial equation. From the obtained Noise Reduction Coefficient (NRC) values, the most suitable materials for the sound absorption are the ceramic tile due to the highest coefficient and carpet while the rest is moderate.

¹ อาจารย์สาขาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏ ยะลา อ.เมือง จ. ยะลา

¹ Lecturer, Dept. of Science, Fac. of Science and Technology Yala Rajabhat University, Yala

² นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อ.เมือง จ. ยะลา

² Undergraduate Student, Dept. of Science, Fac. of Science and Technology Yala Rajabhat University, Yala



บทนำ

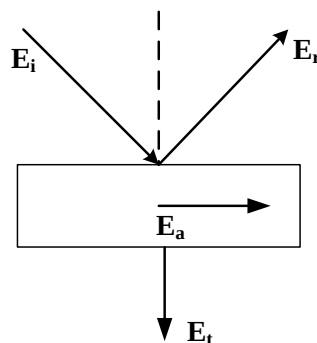
ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficient, α) เป็นดัชนีที่ระบุถึงสมรรถนะในการลดระดับเสียงของวัสดุ โดยอธิบายเกี่ยวกับพลังงานเสียงที่ตกกระทบและถูกดูดกลืนของวัสดุนั้น ๆ โดยพลังงานส่วนหนึ่งจะสะท้อนและอีกส่วนหนึ่งถูกดูดกลืนที่ผิวหน้าของวัตถุ พลังงานส่วนที่ถูกดูดกลืน อาจเกิดการเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นเช่น พลังงานความร้อน พลังงานกล เป็นต้น ซึ่งปริมาณการดูดซับเสียงของวัสดุจะมีค่ามากหรือน้อยจะขึ้นกับสมบัติเฉพาะของวัสดุนั้น ได้แก่ ความพรุน ความหนา ลักษณะพื้นผิวของวัสดุ เป็นต้น

สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้าง การทราบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง จะเป็นข้อมูลสำคัญในการเลือกวัสดุเพื่อใช้ในการออกแบบที่อยู่อาศัย ให้มีความสะดวกสบาย อีกทั้งเพื่อช่วยประหยัดการใช้พลังงาน โดยเฉพาะบ้านพักที่อาศัยในเมืองใหญ่ที่มีมลภาวะทางเสียงที่สูง มีการรบกวนของเสียงจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิต เช่น ลดสมาธิในการทำงาน รบกวนการนอนหลับพักผ่อน ทำให้เกิดความรำคาญหรือหงุดหงิดได้

รูปแบบหรือการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงนั้นมีหลายวิธีการ เช่น การใช้ห้องก้องวาน (Reverberation Room) การใช้ไมโครโฟนสองตัว และการใช้วิธีอัตราส่วนคลื่นนิ่ง (Standing Wave Ratio) หรือโดยเทคนิคทอคลื่นนิ่ง สำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงโดยอาศัยทอคลื่นนิ่งเป็นวิธีหนึ่งที่มีความสะดวกเนื่องจาก เป็นวิธีการแม่นยำ มีขนาดเล็ก สร้างง่าย และสามารถใช้กับชิ้นทดสอบที่มีขนาดเล็กได้ ในการวิจัยครั้งนี้จึงได้พัฒนาชุดทดลองสำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ด้วยเทคนิคทอคลื่นนิ่ง เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุก่อสร้างประเภทวัสดุปูพื้น

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุ คือสัดส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์ของพลังงานเสียงที่ตกกระทบกับพลังงานเสียงที่ถูกดูดซับ เมื่อคลื่นเสียงเดินทางกระทบยังผิวหน้าของวัสดุ



รูป 1 กระบวนการถ่ายเทพลังงานเสียงเมื่อคลื่นเสียงตกกระทบผิวหน้าวัสดุ



จากรูป 1 พลังงานของคลื่นเสียงส่วนหนึ่งเกิดการสะท้อนออกจากผิวของวัตถุ (E_r) กลับเข้าสู่ตัวกลางเดิม พลังงานของคลื่นเสียงบางส่วนถูกดูดซับโดยวัตถุ (E_a) และ พลังงานของคลื่นเสียงบางส่วนถูกส่งทะลุผ่าน (E_t) ไปยังอีกด้านหนึ่งของวัตถุที่คลื่นเสียงนั้นตกกระทบ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น สามารถเขียนพลังงานเสียงทั้งหมดได้ด้วยสมการที่ 1

$$E_i = E_r + E_a + E_t \quad (1)$$

สำหรับพลังงานเสียงที่ถูกดูดซับ ส่วนหนึ่งเกิดการส่งผ่านของคลื่นเสียงผ่านเข้าไปในวัสดุ นั้นๆ ด้วยพลังงานที่ลดลง ซึ่งการลดลงของพลังงานที่ส่งผ่านนี้เกิดขึ้นเนื่องจากคลื่นเสียงที่ตกกระทบ ถ่ายเทพลังงานให้กับอนุภาคของวัสดุบริเวณผิวหน้าของวัตถุ ทำให้ผิวหน้าของวัตถุนั้นเกิดการสั่น โดยพลังงานจากการสั่นนี้อาจถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานรูปอื่น ซึ่งขึ้นกับชนิดและลักษณะเฉพาะของวัสดุ (ปรีชญา รังสิรักษ์, 2541)

จากนิยามของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจะให้ความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่สอดคล้องกับพลังงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นขณะคลื่นเสียงตกกระทบดังสมการที่ 2

$$\alpha = 1 - \frac{E_r}{E_i} = \frac{E_a + E_t}{E_i} \quad (2)$$

การหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงด้วยเทคนิคชุดทดลองทอคลื่นนิ่ง (Standing Wave Ratio)

การหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงด้วยเทคนิคชุดทดลองทอคลื่นนิ่งจะใช้หลักการการรวมกันของคลื่นเสียงที่สะท้อนหลังจากการกระทบกับผิวหน้าของวัสดุซึ่งด้านหลังของวัตถุอาจมีจะมีผนังหนา แข็ง เพื่อทำให้เกิดการรวมกันและได้สัญญาณคลื่นนิ่งที่สมบูรณ์ เมื่อวางอุปกรณ์วัดระดับเสียง ภายในท่อจะพบค่าของความดันเสียงที่มีระดับความดันเสียงสูงสุด (P_{max}) และระดับความดันเสียงต่ำสุด (P_{min}) จากค่าดังกล่าวสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงได้ตามสมการที่ 3 - 6

$$P_{min(rms)} = 10^{\frac{P_{min}}{20}} \quad (3)$$

$$P_{max(rms)} = 10^{\frac{P_{max}}{20}} \quad (4)$$

$$SWR = \frac{P_{max(rms)}}{P_{min(rms)}} \quad (5)$$

$$\alpha = 1 - R^2 = 1 - \frac{(SWR - 1)^2}{(SWR + 1)^2} \quad (6)$$



สัมประสิทธิ์การลดระดับความดังของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC)

สัมประสิทธิ์การลดระดับความดังของเสียงเป็นค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุต่างชนิดกัน ซึ่งสามารถใช้ในการจำแนกประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงของวัสดุได้ (ตาราง 1) โดยหาได้จากค่าเฉลี่ยเลขคณิตของสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่ 250 500 1,000 และ 2,000 Hz ดังสมการที่ 7

$$NRC = \frac{\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1,000} + \alpha_{2,000}}{4} \quad (7)$$

ตาราง 1 ประสิทธิภาพการดูดซับเสียง เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) (Cowan, J.P., 1994)

ประสิทธิภาพการดูดซับเสียง	NRC	วัสดุ
ประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงสูง	1.0 – 0.4	วัสดุที่ได้รับการออกแบบพิเศษ ฝ้าเพดานที่มีความพรุนสูง ม่านหนา กระฉก
ประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงปานกลาง	0.4 – 0.2	พรมหนาบนพื้นคอนกรีต
ประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงต่ำ	0.2 - 0	พื้นดินที่เรียบ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องบันทึกข้อมูล Datalogger Easy sense Q Advanced
2. เครื่องกำเนิดสัญญาณ GW instek รุ่น GFG 8255
3. หัววัดเสียง Sound Level Sensor DH3185
4. ท่อคลื่นนิ่ง

วัสดุทดสอบ

การทดลองครั้งนี้เลือกใช้วัสดุก่อสร้างประเภท วัสดุปูพื้น ที่นิยมใช้ในการปูพื้นสำหรับที่อยู่อาศัยจำนวน 12 ชนิด ได้แก่ หินทราย หินอ่อนบ้านยะลา หินอ่อน หินแกรนิต กระเบื้องแกรนิตโต้ กระเบื้องเคลือบเซรามิค กระเบื้องดินเผา พื้นไม้เทียม พื้นไม้ปาร์เกต์ พรม กระเบื้องยาง และกระเบื้องคอนกรีต



หินทราย 	หินอ่อนบ้านยะลา 	หินอ่อน 	หินแกรนิต 
กระเบื้องแกรนิตโต้ 	กระเบื้องเคลือบเซรามิก 	กระเบื้องดินเผา 	พื้นไม้เทียม 
พื้นไม้ปาร์เกต์ 	พรม 	กระเบื้องยาง 	กระเบื้องคอนกรีต 

รูป 2 วัสดุปูพื้นที่ใช้ในการทดสอบ

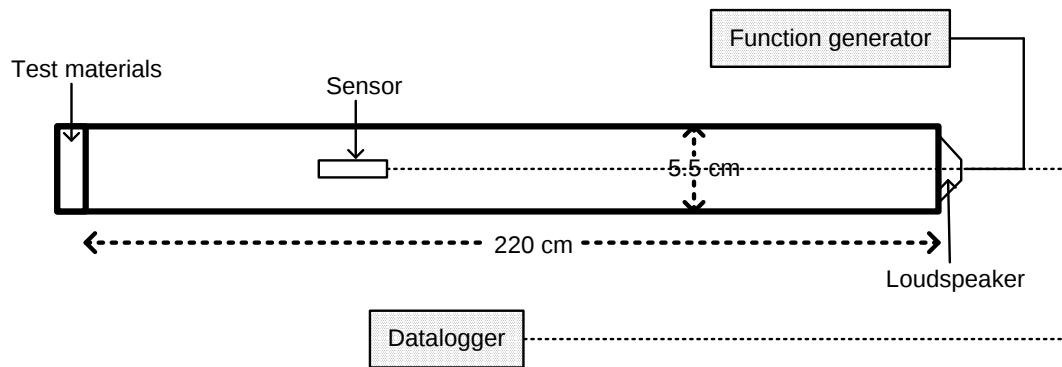
วิธีการทดลอง

สร้างท่อคลื่นนิ่ง

สร้างและประกอบท่อคลื่นนิ่งตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุ ASTM C 384 - 03 (รูป 3) โดยเลือกใช้อะคลิลิก เป็นวัสดุในการสร้าง เนื่องจากมีความโปร่งใส มีสมบัติการดูดซับเสียงที่ต่ำ ลดปริมาณการดูดซับเสียงภายในท่อ โดยออกแบบให้มีลักษณะท่อ กลม ขาว เปิดทั้งสองด้าน ปลายหนึ่ง ออกแบบเป็นที่ยึดตัวอย่างสำหรับขึ้นทดสอบขนาด 5.5 cm ส่วนปลายอีกด้านหนึ่ง ใช้สำหรับติดตั้ง ลำโพง ภายในท่อติดตั้งหัววัดเสียงซึ่งต่อกับมอเตอร์เพื่อให้หัววัดเสียงเคลื่อนด้วยความเร็วคงที่ ขนาด 4.54×10^{-2} m/s และเคลื่อนที่ในลักษณะดังกล่าวกับผิวหน้าของวัสดุตลอดความยาวของท่อ ตั้งแต่ผิวหน้าสารตัวอย่างจนถึงระยะที่กำหนด สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลาง (d) และความยาวของท่อ คลื่นนิ่ง (l) ออกแบบให้มีความสัมพันธ์กับความเร็วเสียง (c) ความถี่สูงสุด (f_{max}) ที่ใช้การทดสอบ ดังสมการ 8 - 9 (ASTM C 384 - 03)

$$f_{max} < 0.586 \frac{c}{d} \quad (8)$$

$$f_{max} > 0.7 \left(\frac{c}{l-d} \right) \quad (9)$$



รูป 3 การติดตั้งท่อคลื่นนิ่งและอุปกรณ์ประกอบ

ขั้นตอนการทดสอบ

หลังจากประกอบท่อคลื่นนิ่ง นำชิ้นทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 cm ความหนา 1.0 cm ติดที่ยึดตัวอย่าง ปลั๊กคลื่นเสียงจากลำโพงขนาด 0.25 W ซึ่งต่อกับเครื่องกำเนิดสัญญาณรูปไซน์ (Function Generator) กำหนดความถี่ที่ใช้ในการทดสอบ 4 ค่าได้แก่ 250 500 1,000 และ 2,000 Hz เลื่อนหัววัดเสียง เพื่อวัดระดับความดันเสียง (Sound pressure level) ที่เกิดขึ้นภายในท่อ โดยเริ่มต้นให้หัววัดเสียง ตั้งฉาก และติดกับผิวหน้าของวัสดุที่ทดสอบ จากนั้นให้หัววัดเสียงเคลื่อนที่โดยอาศัยมอเตอร์ให้เคลื่อนด้วยความเร็วคงที่ บันทึกความดันเสียงขณะเคลื่อนที่ด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง สำหรับหนึ่งตัวอย่าง

ผลการวิจัย

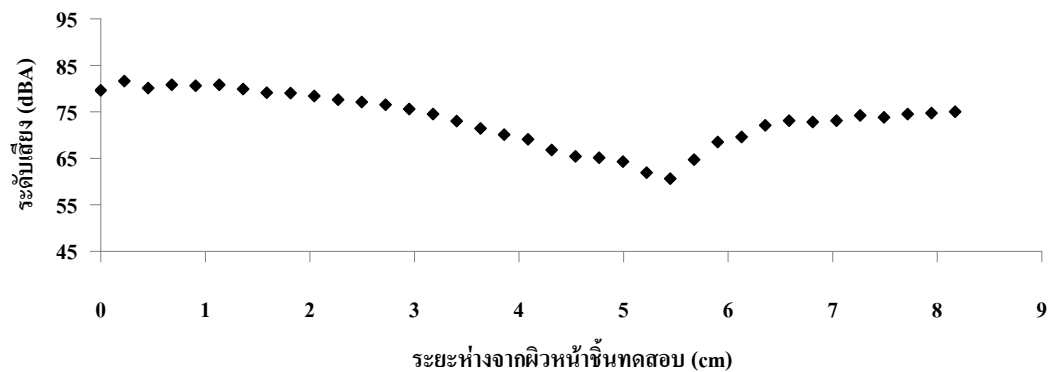
การวิจัยในครั้งนี้มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 2 ขั้นตอน คือการออกแบบและสร้างอุปกรณ์การทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง และทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุปูพื้น ซึ่งมีผลการวิจัยดังนี้



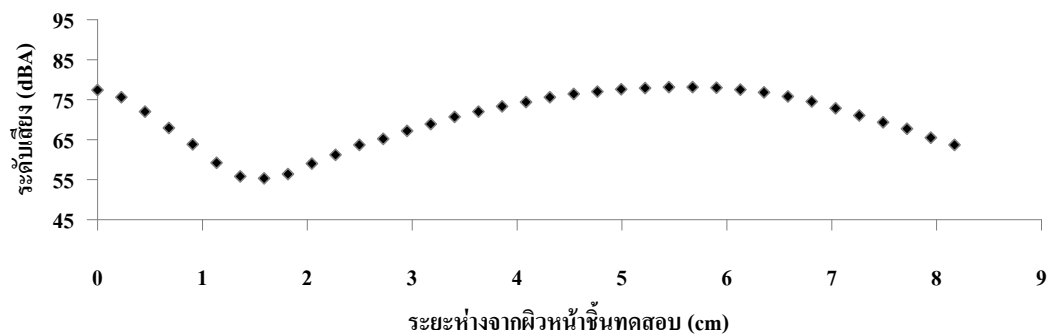
รูป 4 ชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง โดยเทคนิคท่อคลื่นนิ่ง



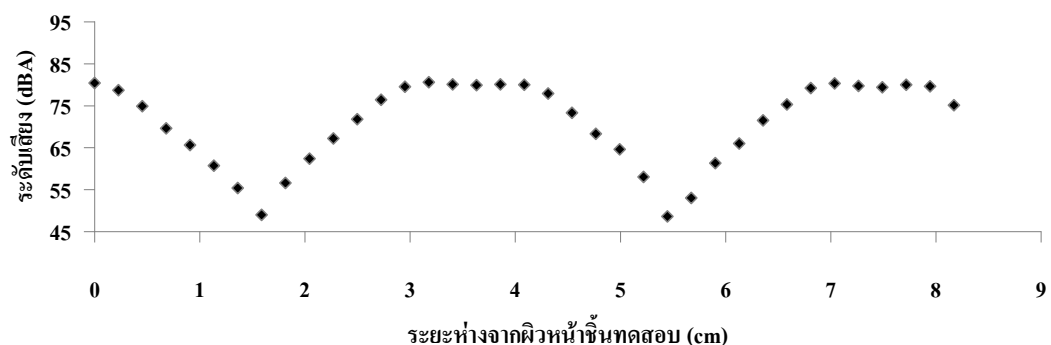
จากรูป 4 แสดงชุดทดลองที่ออกแบบและสร้างขึ้น โดยสร้างท่อคลื่นนิ่ง ซึ่งทำให้สามารถมองเห็น และตรวจสอบลักษณะการเคลื่อนที่ของหัวเสียง ลักษณะการวางตัวอย่างทดสอบได้ง่าย และเมื่อทำการวัดระดับความดันเสียงภายในท่อคลื่นนิ่งได้กราฟของความดันเสียงของวัสดุดังนี้



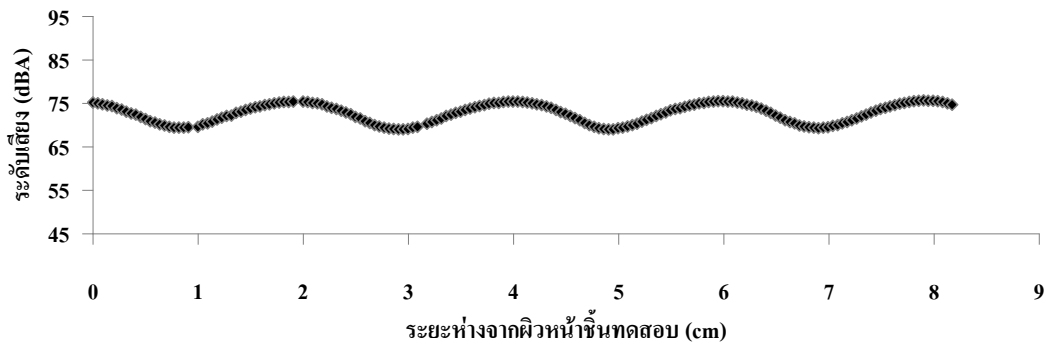
(ก)



(ข)



(ค)

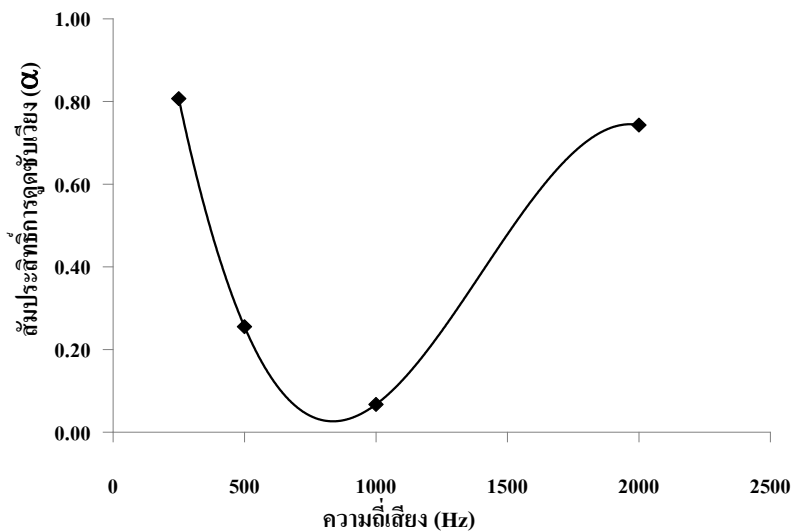


(ง)

รูป 5 ระดับเสียงที่สัมพันธ์กับระยะห่างจากผิวหน้าขึ้นทดสอบของกระเบื้องแกรนิตโต้ที่ความถี่
ทดสอบ (ก) 250 Hz (ข) 500 Hz (ค) 1000 Hz และ (ง) 2000 Hz

รูป 5 แสดงตัวอย่างของระดับเสียงที่วัดภายในท่อของกระเบื้องแกรนิตโต้ พบว่าทุกความถี่ที่ใช้ในการทดสอบเกิดรูปแบบของคลื่นนิ่ง (Standing wave pattern) ภายในท่อ นั่นคือปรากฏระดับความดันเสียงมีการเปลี่ยนแปลงเกิดค่าความดันเสียงสูงสุด (P_{max}) และความดันเสียงต่ำสุด (P_{min}) สลับกันเรื่อยๆ ตลอดความยาวของท่อคลื่นนิ่ง และเมื่อพิจารณารูปแบบของคลื่นนิ่งของการทดสอบที่ความถี่ต่าง (250 500 1,000 และ 2,000 Hz) พบลักษณะเช่นเดียวกันแต่จะมีส่วนของความยาวคลื่นที่ลดลง ตามความถี่ที่ใช้ในการทดสอบ (มิ่ง โลหะกิจแสงทอง และพงษ์ศักดิ์ คำมูล, 2549)

จากคลื่นนิ่งสามารถหาค่าความดันเสียงสูงสุด และความดันเสียงต่ำสุด แล้วนำไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงตามสมการ 3 – 6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงความถี่ 250 500 1,000 และ 2,000 Hz ได้ดังรูป 6



รูป 6 สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของกระเบื้องเคลือบเซรามิกกับความถี่



ตาราง 2 สมการความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α) กับความถี่ (f) ของวัสดุปูพื้น

วัสดุ	สมการ	R ²
1. หินทราย	$\alpha = 2E-10f^3 - 5E-8f^2 + 0.567$	1
2. หินอ่อนบ้านยะลา	$\alpha = 1E-9f^3 - 4E-6f^2 + 0.003f - 0.434$	1
3. หินอ่อน	$\alpha = 1E-9f^3 - 4E-6f^2 + 0.003f - 0.450$	1
4. หินแกรนิต	$\alpha = 4E-10f^3 - 8E-7f^2 + 0.402$	1
5. กระเบื้องแกรนิตโต้	$\alpha = 1E-10f^3 + 1E-7f^2 + 0.506$	1
6. กระเบื้องเคลือบเซรามิก	$\alpha = -1E-9f^3 + 4E-6f^2 - 0.004f + 1.788$	1
7. กระเบื้องดินเผา	$\alpha = -3E-10f^3 + 1E-6f^2 - 0.001f + 0.725$	1
8. พื้นไม้เทียม	$\alpha = 9E-10f^3 - 2E-6f^2 + 0.001f + 0.158$	1
9. พื้นไม้ปาร์เกต์	$\alpha = -2E-9f^3 + 6E-6f^2 - 0.006f + 2.141$	1
10. พรม	$\alpha = -2E-9f^3 + 6E-6f^2 - 0.004f + 1.383$	1
11. กระเบื้องยาง	$\alpha = -5E-10f^3 + 2E-6f^2 - 0.002f + 1.187$	1
12. กระเบื้องคอนกรีต	$\alpha = 1E-10f^3 + 4E-8f^2 - 0.000f + 0.507$	1

ตาราง 3 ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) ของวัสดุปูพื้น

วัสดุ	ความหนาแน่น (kg/m ³)	สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่ต่างๆ				NRC
		250 Hz	500 Hz	1,000 Hz	2,000 Hz	
1. หินทราย	1,768	0.42	0.29	0.11	0.62	0.36
2. หินอ่อนบ้านยะลา	1,684	0.15	0.34	0.04	0.36	0.22
3. หินอ่อน	1,389	0.13	0.32	0.04	0.71	0.29
4. หินแกรนิต	1,431	0.39	0.32	0.10	0.38	0.29
5. กระเบื้องแกรนิตโต้	1,978	0.34	0.20	0.07	0.76	0.34
6. กระเบื้องเคลือบเซรามิก	1,221	0.81	0.26	0.07	0.74	0.46
7. กระเบื้องดินเผา	1,641	0.38	0.17	0.05	0.35	0.23
8. พื้นไม้เทียม	1,052	0.36	0.37	0.10	0.71	0.38
9. พื้นไม้ปาร์เกต์	758	0.83	0.16	0.07	0.16	0.30
10. พรม	253	0.59	0.35	0.83	0.53	0.57
11. กระเบื้องยาง	337	0.63	0.29	0.06	0.23	0.30
12. กระเบื้องคอนกรีต	1,263	0.36	0.22	0.04	0.33	0.23



จากรูป 6 แสดงตัวอย่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของกระเบื้องเคลือบเซรามิกกับความถี่ ซึ่งเมื่อนำไปพิจารณาร่วมกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงกับความถี่ พร้อมกับสร้างสมการแทนความสัมพันธ์ ตามตาราง 2 พบว่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุปูพื้นทุกชนิดที่นำมาทดสอบ สามารถแทนให้อยู่รูปความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเส้นตรง ชนิดโพลิโนเมียล อันดับที่ 3

จากค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ค่าความถี่ 250 500 1,000 และ 2,000 Hz คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) ตามสมการที่ 7 แสดงค่าที่ได้ดังตาราง 3 ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) ของวัสดุปูพื้นที่ทดสอบประกอบกับข้อมูล ประเภทของวัสดุแบ่งตามประสิทธิภาพการดูดซับเสียง (ตาราง 1) พบว่าวัสดุส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงปานกลาง ยกเว้น พรม และกระเบื้องเซรามิก มีค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียงที่อยู่ในระดับที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงที่สูง

วิจารณ์

จากผลการทดสอบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุปูพื้น ด้วยเทคนิคชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น โดยเทคนิคพื้นฐานเพื่อหาค่า อัตราส่วนความดันเสียงของค่าสูงสุด และต่ำสุด (Standing Wave Ratio, SWR) พบว่าวัสดุมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่ได้รับ สอดคล้องกับสมบัติภายในของวัสดุ นั่นคือ เมื่อเสียงที่มีความถี่ต่างกันตกกระทบบนวัสดุจะทำให้อนุภาคของวัสดุมีการตอบสนองต่อความถี่ เกิดการสั่น ซึ่งถ้าความถี่เสียงนั้น มีค่าสอดคล้อง หรือเท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัสดุ จะทำให้เกิดการสั่นของโมเลกุลของเนื้อสารอย่างรุนแรงให้มีการเปลี่ยนแปลงของสมบัติการดูดซับเสียง หรืออาจเกิดการสูญเสียพลังงานไปเป็นพลังงานรูปอื่นได้ (สมบัติ พุทธจักร และคณะ, 2551)

ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) ของวัสดุปูพื้นชนิดกระเบื้องเคลือบเซรามิก และพรม มีค่าที่แตกต่างจากวัสดุปูพื้นอื่นๆ ที่นำมาทดสอบ เนื่องจากวัสดุทั้งสองมีลักษณะของผิวหน้าที่ไม่เรียบ (พรม) มีสารเคมีเคลือบ (กระเบื้องเคลือบเซรามิก) จึงทำให้สัดส่วนของพลังงานเสียงที่สะท้อนต่อพลังงานเสียงที่ตกกระทบบมีค่าน้อยลง ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียงมีค่ามากขึ้น สอดคล้องกับสมการที่ 2

สรุป

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α) ของวัสดุปูพื้นเป็นปริมาณที่ขึ้นกับความถี่ โดยสอดคล้องกับการตอบสนองต่อการสั่นของอนุภาคของวัสดุ



2. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงกับความถี่ของวัสดุปูพื้นสามารถแทนด้วยความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ด้วยสมการแบบไม่เป็นเส้นตรง ชนิดโพลิโนเมียลอันดับที่ 3
3. ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) ของวัสดุปูพื้นขึ้นกับลักษณะ และรูปร่างของผิวหน้า และชนิดของวัสดุ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์ดาริกา จาเอะ อาจารย์สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ในการอนุเคราะห์ออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ผลการวิจัย งานวิจัยฉบับนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2553 สถาบันวิจัยและพัฒนาชายแดนใต้ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

เอกสารอ้างอิง

- ปรีชญา รังสิรักษ์. (2541). เสียงและสภาพแวดล้อมทางการได้ยิน. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- สมบัติ พุทธจักร ธรณิศ นาวารัตน์ และ ดาริกา จาเอะ. (2551). การดูดซับเสียงในยางธรรมชาติ ผสมดินขาว. ว.วิทย. มข, 36(4). 338-347.
- มิ่ง โลหะกิจแสงทอง และพงษ์ศักดิ์ คำมูล. (2549). การหาสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุ โดยใช้ท่อคลื่นยืน. ในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20. 19 – 20 ตุลาคม 2549 . จังหวัดนครราชสีมา.
- ASTM C 384 – 03. **Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustic Materials by the Impedance Tube Methode.** The American Society for Testing and Materials.
- Cowan, J.P. (1994). **Handbook of Environmental Acoustics.** Van Nostrand Reinhold:International Thomson Publishing Company.