

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพีชแห้งและเส้นใยแก้ว

นายบรรณัตร์ วิริยะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2544
ISBN 974-533-070-1

**A COMPARATIVE STUDY OF NOISE ABSORPTION EFFICIENCY OF DRY PLANT
AND GLASS FIBER**

Mr. Burachat Viriya

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering**

Suranaree University of Technology

Academic Year 2001

ISBN 974-533-070-1

บรรณบัตร วิริยะ : การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพืชแห้งและเส้นใยแก้ว (A COMPARATIVE STUDY OF NOISE ABSORPTION EFFICIENCY OF DRY PLANT AND GLASS FIBER) อ.ที่ปรึกษา : ดร.วุฒิ คำนกิตติกุล, 87 หน้า.
ISBN 974-533-070-1

ปัจจุบัน ปัญหามลพิษทางเสียงเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นพร้อมกับความเจริญ โดยเฉพาะในเมืองหลักซึ่งประกอบด้วยเขตต่างๆ เช่น เขตธุรกิจการค้า เขตอุตสาหกรรม เขตที่พักอาศัย และเขตที่มีการจราจรหนาแน่น ดังนั้นจึงมีการนำวัสดุซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้วมาใช้ในการลดปัญหาเสียงรบกวน โดยมีความเป็นไปได้ในการที่จะนำวัสดุพืชแห้งที่เหลือจากกิจกรรมการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรภายในประเทศมาประยุกต์ใช้ในรูปของ “วัสดุดูดซับเสียง” ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้ราคาของวัสดุดูดซับเสียงลดลง ดังนั้นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพืชแห้งและเส้นใยแก้วจะให้องค์ความรู้เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงของแผ่นวัสดุพืชแห้งผสมเส้นใยซีเมนต์และแผ่นวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ หลังจากนำมาผลิตเป็นวัสดุดูดซับเสียงขนาด 1 ตารางเมตร โดยตัวแปรหลักในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย วัสดุพืชแห้ง ได้แก่ ชานอ้อยและกาบมะพร้าว, อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C ratio) 0.5, 0.6, 0.7 และ 0.8 ที่ความหนาแผ่นวัสดุ 5, 7.5, และ 10 เซนติเมตร โดยแสดงผลการทดลองในรูปของ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α), ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) และค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (TL) โดยใช้แผ่นวัสดุทั้งสิ้น 36 แผ่น

โดยจากผลการศึกษาพบว่าวัสดุซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้วและวัสดุ กาบมะพร้าวผสมเส้นใยแก้วมีค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของระดับเสียงใกล้เคียงกัน คือมีค่าอยู่ในช่วง 0.4-0.7 ซึ่งเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงได้ดี ในขณะที่แผ่นวัสดุชานอ้อยผสมซีเมนต์มีค่าอยู่ในช่วง 0.03-0.09 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.2 จึงสามารถสรุปได้ว่าเป็นวัสดุสะท้อนเสียง โดยอัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์และชนิดของเส้นใยมีผลต่อกลไกในการดูดซับเสียง นอกจากนี้ยังสามารถกล่าวได้ว่าการผสมวัสดุผสมเส้นใยแก้วด้วยเครื่องผสมคอนกรีตมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการใช้ Putzmeister concentric spraygun ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อนักศึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

BURACHAT VIRIYA: A COMPARATIVE STUDY OF NOISE ABSORPTION EFFICIENCY OF DRY PLANT AND GLASS FIBER. THESIS ADVISOR: WUT DANKITTIKUL, Ph.D. 87 pp. ISBN 974-533-070-1

NOISE ABSORPTION EFFICIENCY/GLASS-FIBER REINFORCE CONCRETE/DRY-PLANT MATERIALS/WATER CEMENT RATIO/SOUND ABSORPTION COEFFICIENT (α)/NOISE REDUCTION COEFFICIENT (NRC)/TRANSMISSION LOSS (TL)

Urban noise pollution, in the present, has rapidly grown to be the most serious problem of our society all the way through the residential, education and industrial zones. It is principal to reduce the environmental noise by using Glass-fiber Reinforce Concrete (GRC) as a part of the insulating building construction. However, the applications of mixed dry-plant concrete, instead of GRC, are considered to reduce the cost of insulating materials. The purpose of this study is to compare the noise absorption efficiency among the glass-fiber and the selected dry-plant materials mixed with concrete.

Three variables; mixing materials, water cement ratio (W/C ratio) and thickness of sample plates, were predominantly considered in this study. The selected dry-plant materials were coconut husk and bagasse. The W/C were 0.5, 0.6, 0.7, and 0.8, while the thickness of sample plates were 5, 7.5, and 10 cm. Noise measurement, in terms of Sound Absorption Coefficient (α), Noise Reduction Coefficient (NRC) and Transmission Loss (TL), were conducted to all 36 sample plates in the certain room. The findings meaningfully shown that NRC of GRC, which are 0.4-0.7, is similarly to those of the coconut husk mixed samples, while NRC of bagasse mixed samples are only 0.03-0.09. By examining the results three conclusions are reached as follows:

1. The bagasse mixed concrete is classified as the noise refraction material because its NRC has been shown to be less than 0.2.
2. Types of mixing material and W/C have significantly effected on Noise Absorption Efficiency.

Mixing the glass-fiber by the concrete mixing machine is as efficient as mixing by the process of Putzmeister Concentric Spraygun.

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้า บุรฉัตร วิริยะ ผู้วิจัยขอขอบคุณ บุคคลและหน่วยงานต่างๆ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ในด้านต่างๆ ทั้งทางด้านข้อมูลที่ใช้ประกอบการทำวิจัย อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย สถานที่ดำเนินการวิจัยและอื่นๆ ได้แก่

- ดร.วุฒิ ด้านกิตติคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความกรุณาและให้คำแนะนำ มาโดยตลอด
- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา และ ดร.นิธินาท สุภกาญจน์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโพลิเมอร์ สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- คุณนิรันดร์ คงฤทธิ์, คุณพัชรินทร์ ราโช และ คุณไกรชาติ ดันตระการอาภา ที่ให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด
- เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือ 4, ศูนย์เครื่องมือ 5, ศูนย์เครื่องมือ 7, ศูนย์เครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนและสำนักวิชาแพทยศาสตร์ สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย
- เทคโนโลยีและส่วนอาคารสถานที่ สำหรับสถานที่ดำเนินการวิจัย
- สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

นอกจากนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่ออัศรพร วิริยะ, คุณแม่หทัยรัตน์ วิริยะ คุณตาสมบุญ รักอักษร และคุณปู่พรพัฒน์ วิริยะ ที่ให้ความรัก ความกรุณา อบรม สั่งสอนและให้การสนับสนุนด้านการศึกษามาโดยตลอด

บุรฉัตร วิริยะ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	1
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2 ปรัชญาบรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
3 วิธีดำเนินการวิจัย	23
3.1 การสร้างแผ่นวัสดุคูดซับเสียง	23
3.2 เครื่องมือและห้องทดลองที่ใช้ในการวิจัย	25
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	25
3.4 การศึกษาความเป็นได้ในทางเศรษฐศาสตร์	27
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล.....	35
4.1 รายงานผลการวิจัย.....	35
4.1.1 ลักษณะและคุณสมบัติของห้องทดลอง.....	35
4.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์การคูดซับเสียงของแผ่นวัสดุ.....	36
4.1.3 ค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน.....	49

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.4 การศึกษาความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์	51
4.2 การอภิปรายผล	61
4.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของแผ่นวัสดุ	61
4.2.2 ค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน	64
5 บทสรุป	67
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	67
5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย.....	69
รายการอ้างอิง	70
ภาคผนวก.....	73
ประวัติผู้เขียน	87

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	การจำแนกชนิดของวัสดุป้องกันเสียง จากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง13
2.2	แสดงค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงและค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การลดระดับเสียง20
4.1	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของห้องทดลอง.....35
4.2	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ของแผ่นวัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์36
4.3	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ของแผ่นวัสดุขานมะพร้าวผสมซีเมนต์.....37
4.4	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ของแผ่นวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์.....38
4.5	แสดงลักษณะกลไกในการดูดซับเสียงของวัสดุชนิดต่างๆ.....38
4.6	แสดงสมการความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงและความถี่ (f) วัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์ เมื่อ $250 \text{ Hz} < f < 2000 \text{ Hz}$40
4.7	แสดงสมการความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงและความถี่ (f) วัสดุขานมะพร้าวผสมซีเมนต์ เมื่อ $250 \text{ Hz} < f < 2000 \text{ Hz}$43
4.8	แสดงสมการความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงและความถี่ (f) วัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ เมื่อ $250 \text{ Hz} < f < 2000 \text{ Hz}$46
4.9	แสดงค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน ของแผ่นวัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์.....49
4.10	แสดงค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน ของแผ่นวัสดุขานมะพร้าวผสมซีเมนต์50
4.11	แสดงค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน ของแผ่นวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์.....50
4.12	แสดงสมการความสัมพันธ์ %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (TL) และความถี่ (f) วัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์ เมื่อ $125 \text{ Hz} < f < 4000 \text{ Hz}$52
4.13	แสดงสมการความสัมพันธ์ %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (TL) และความถี่ (f) วัสดุขานมะพร้าวผสมซีเมนต์ เมื่อ $125 \text{ Hz} < f < 4000 \text{ Hz}$55
4.14	แสดงสมการความสัมพันธ์ %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (TL) และความถี่ (f) วัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ เมื่อ $125 \text{ Hz} < f < 4000 \text{ Hz}$58
4.15	เปรียบเทียบคุณสมบัติแผ่นวัสดุผสมเส้นใยแก้วและแผ่นวัสดุผสมขานมะพร้าว ในด้านต่างๆ เพื่อใช้วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์.....51

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ปรากฏการณ์สะท้อน คูดกลืนและส่งผ่านเสียงของวัสดุ.....	6
2.2	ลักษณะการเกิดบีตส์	8
2.3	การดูดซับเสียงของวัสดุที่มีกลไกในการดูดซับเสียงแบบต่างๆ ตามช่วงความถี่.....	12
2.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการดูดซับเสียง กับความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานกลไปเป็นพลังงานความร้อนของวัสดุพอรุนเมื่อนำมาใช้ร่วมกับแมมเบรน .	12
2.5	ลักษณะวัสดุดูดซับเสียงประเภทโพรงช่อง	14
2.6	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุโพรงช่อง	14
2.7	แสดงกลไกการสลายตัวของพลังงานเสียงเนื่องจาก ความหนืดและแรงเสียดทาน	15
2.8	ลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยแก้วภายในแผ่นวัสดุ	17
2.9	การบรรจุเส้นใยแก้ว ลงในซีเมนต์โดยใช้ Putzmeister Concentric Spraygun	17
2.10	แสดงลักษณะแผ่นวัสดุดูดซับเสียงและลักษณะการติดตั้งที่ใช้ในปัจจุบัน	18
3.1	ลักษณะพื้นผิวแผ่นวัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์	24
3.2	ลักษณะพื้นผิวแผ่นวัสดุกาบมะพร้าวผสมซีเมนต์	24
3.3	ลักษณะพื้นผิวแผ่นวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์	24
3.4	อุปกรณ์กำเนิดคลื่นเสียง	28
3.5	เครื่องวัดเสียง	28
3.6	แสดงการยกแผ่นวัสดุด้วยเครื่องยก	29
3.7	ห้องทดลองการดูดซับเสียงและการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน	29
3.8	แบบหล่อแผ่นวัสดุดูดซับเสียงก่อนทำการประกอบ	30
3.9	แบบหล่อแผ่นวัสดุดูดซับเสียงหลังทำการประกอบด้วยกรอบ	30
3.10	แบบหล่อแท่งคอนกรีตทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด	30
3.11	แบบหล่อแท่งคอนกรีตทดสอบค่ากำลังรับแรงดัด	30
3.12	เครื่องทดสอบค่าความสามารถในการรับแรงอัด	31
3.13	เครื่องทดสอบค่าความสามารถในการรับแรงดัด	31
3.14	ลักษณะการติดตั้งเครื่องวัดเสียงภายในห้องทดลอง	31

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.15	ลักษณะการติดตั้งแผ่นวัสดุ31
3.16	ลักษณะการติดตั้งเครื่องวัดเสียงภายในห้องทดลองการดูดซับเสียง.....32
3.17	ลักษณะการติดตั้งแผ่นวัสดุภายในห้องทดลองการดูดซับเสียง32
3.18	ลักษณะการติดตั้งแหล่งกำเนิดเสียง32
3.19	ลักษณะการติดตั้งแผ่นวัสดุเพื่อทดสอบค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน33
3.20	ลักษณะการติดตั้งเครื่องวัดเสียงในห้องกำเนิดเสียง หลังจากติดตั้งแผ่นวัสดุ.....33
3.21	ลักษณะการติดตั้งเครื่องวัดเสียงในห้องรับเสียง34
3.22	เปรียบเทียบลักษณะการติดตั้งเครื่องวัดเสียงในห้องทดลอง.....34
3.23	ลักษณะการติดตั้งแหล่งกำเนิดเสียงในห้องกำเนิดเสียงภายในห้องทดลองการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน.....34
4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์ ที่ ความหนา 5 เซนติเมตร41
4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์ ที่ ความหนา 7.5 เซนติเมตร41
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์ ที่ ความหนา 10 เซนติเมตร42
4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุขานมะพร้าวผสมซีเมนต์ ที่ ความหนา 5 เซนติเมตร44
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุขานมะพร้าวผสมซีเมนต์ ที่ ความหนา 7.5 เซนติเมตร44
4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุขานมะพร้าวผสมซีเมนต์ ที่ ความหนา 10 เซนติเมตร45
4.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ ที่ ความหนา 5 เซนติเมตร47
4.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ ที่ ความหนา 7.5 เซนติเมตร47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ ที่ ความหนา 10 เซนติเมตร.....48
4.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุขานอ้อยผสม ซีเมนต์ที่ความหนา 5 เซนติเมตร.....53
4.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุขานอ้อยผสม ซีเมนต์ที่ความหนา 7.5 เซนติเมตร.....53
4.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุขานอ้อยผสม ซีเมนต์ที่ความหนา 10 เซนติเมตร.....54
4.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุขานมะพร้าวผสม ซีเมนต์ที่ความหนา 5 เซนติเมตร.....56
4.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุขานมะพร้าวผสม ซีเมนต์ที่ความหนา 7.5 เซนติเมตร.....56
4.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุขานมะพร้าวผสม ซีเมนต์ที่ความหนา 10 เซนติเมตร.....57
4.16	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุเส้นใยแก้วผสม ซีเมนต์ที่ความหนา 5 เซนติเมตร.....59
4.17	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุเส้นใยแก้วผสม ซีเมนต์ที่ความหนา 7.5 เซนติเมตร.....59
4.18	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุเส้นใยแก้วผสม ซีเมนต์ที่ความหนา 10 เซนติเมตร.....60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบัน ปัญหามลพิษทางเสียงเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นพร้อมกับความเจริญทางด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยเฉพาะในเมืองหลักซึ่งประกอบด้วยเขตต่างๆ เช่น เขตธุรกิจการค้า เขตอุตสาหกรรม, เขตที่พักอาศัยและเขตที่มีการจราจรหนาแน่น โดยแหล่งกำเนิดเสียงจะมาจากหลายแหล่ง อาทิเช่น การคมนาคม ทางบก ทางน้ำและทางอากาศ โรงงานอุตสาหกรรม อู่ซ่อมรถยนต์และสถานบันเทิง เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาวิธีในการลดระดับความดังของเสียงเพื่อความปลอดภัยของบุคคลที่อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดเสียง ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการที่จะนำวัสดุพีชแห่งที่เหลือจากกิจกรรมการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรภายในประเทศ อาทิเช่น ชานอ้อยที่เหลือจากอุตสาหกรรมน้ำตาล มีจำนวนถึง 300 กิโลกรัมต่อน้ำหนักอ้อยที่เข้าสู่ระบบ 1 ตัน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล, 2540) มาประยุกต์ใช้ในรูปของ “วัสดุดูดซับเสียง” เพื่อทดแทนการใช้วัสดุผสมเส้นใยแก้ว (Glass Fiber) ที่นำเข้าจากต่างประเทศ

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพีชแห้งและเส้นใยแก้ว จะให้องค์ความรู้เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงของ กาบมะพร้าว ชานอ้อยและเส้นใยแก้ว หลังจากนำมาผลิตเป็นวัสดุดูดซับเสียง โดยใช้ซีเมนต์เป็นสารเชื่อมประสาน เพื่อนำไปใช้ในการป้องกันเสียงรบกวนจากการจราจรบริเวณริมถนนและสถานประกอบการต่างๆ นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางหนึ่งในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากของเสียในภาคอุตสาหกรรมเกษตร

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.2.1 ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุดูดซับเสียงที่ประดิษฐ์ขึ้น เพื่อมาใช้ในการป้องกันปัญหาเสียงรบกวน
- 1.2.2 ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุพีชแห้ง (กาบมะพร้าว ชานอ้อย) และเส้นใยแก้ว ในการดูดซับเสียงโดยใช้ซีเมนต์เป็นสารเชื่อมประสาน
- 1.2.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับเสียง ที่มีลักษณะต่างๆกัน ในช่วงความถี่ต่างๆ
 1. ศึกษาผลของความหนาของวัสดุดูดซับเสียงที่มีต่อประสิทธิภาพ ในการลดระดับความดังของเสียง

2. ศึกษาอัตราส่วนผสมของสารเชื่อมประสาน ที่เหมาะสมในการที่จะนำมาใช้ เป็น วัสดุอุดซับเสียง

1.2.4 ศึกษาความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ ในการที่จะนำมาใช้ทดแทนวัสดุอุดซับเสียงที่ใช้ในปัจจุบัน

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 กาบมะพร้าว ชานอ้อยและเส้นใยแก้ว มีคุณสมบัติในการเป็นวัสดุอุดซับเสียง

1.3.2 วัสดุอุดซับเสียงที่ทำจากเส้นใยชนิดเดียวกัน แต่มีอัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ต่างกัน จะมีค่าความสามารถในการอุดซับเสียงต่างกัน

1.3.3 วัสดุอุดซับเสียงที่ทำจากเส้นใยชนิดเดียวกัน แต่มีความหนาต่างกัน มีประสิทธิภาพในการอุดซับเสียงต่างกัน

1.3.4 มีความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ในการนำวัสดุพืชแห้ง มาใช้เป็นวัสดุอุดซับเสียงทดแทนวัสดุผสมเส้นใยแก้ว

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 แผ่นตัวอย่างที่ใช้มีความหนา 5.0 7.5 และ 10.0 เซนติเมตร โดยทำการผสมวัสดุเส้นใย ได้แก่ ชานอ้อย กาบมะพร้าวและเส้นใยแก้ว กับสารเชื่อมประสาน ได้แก่ ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ประเภทที่ 1 คือ ปูนซีเมนต์ตราช้าง ที่มีอัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ (W/C ratio) 0.5 0.6 0.7 และ 0.8 ในอัตราส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นทำการบ่มเป็นเวลา 28 วันก่อนนำไปทำการทดลอง

1.4.2 การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การอุดซับเสียง และค่าการสูญเสียของพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน ทำการทดลองในห้องที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับ มาตรฐาน ASTM C423-90a และASTM E90-97 ที่ความถี่ 125 250 500 1000 2000 และ 4000 Hz

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 วัสดุอุดซับเสียง ที่มีประสิทธิภาพในการลดปัญหาเรื่องเสียงรบกวน

1.5.2 สามารถนำวัสดุพืชแห้งที่เหลือจากกิจกรรมทางการเกษตรและอุตสาหกรรม มาใช้ให้เกิดประโยชน์

1.5.3 ทดแทนการนำเข้าวัสดุอุดซับเสียงจากต่างประเทศ

1.5.4 เป็นแนวทางในการศึกษาวัสดุอุดซับเสียงที่ใช้ วัสดุพืชแห้งเป็นองค์ประกอบ

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบัน ปัญหามลพิษทางเสียงเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมหนึ่งที่เกิดขึ้นตามมากับความเจริญหรือ การพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม โดยเฉพาะในเมืองหลักต่างๆ ที่มีการจราจรคับคั่งและเป็น ศูนย์รวมของภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม ซึ่งผลการตรวจวัดระดับเสียงอย่างต่อเนื่อง ทั้งใน กรุงเทพฯ บริเวณริมถนน ริมคลองและในพื้นที่ต่างจังหวัด รวมทั้งผลการตรวจวัดระดับเสียงจาก สถานประกอบการต่างๆ มีดังนี้

1. กรุงเทพมหานคร

1.1 ริมถนน กรมควบคุมมลพิษได้ตรวจวัดระดับเสียงอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ในปี พ.ศ. 2538 พบว่าระดับเสียงเฉลี่ย (Leq) 24 ชั่วโมง มีค่าสูงสุดของแต่ละเดือนอยู่ในช่วง 67.9-81.6 dBA โดยบริเวณหน้าโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ถนนพระราม4 และบริเวณหน้ากรมการขนส่งทางบก ถนนพหลโยธิน มีระดับเสียงเฉลี่ย (Leq) 24 ชั่วโมงสูงสุด เกิน 70 dBA ทุกวันที่ตรวจวัด บริเวณ หน้ากระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ถนนพระราม 6 มีจำนวนวันที่ระดับเสียง เฉลี่ย (Leq) 24 ชั่วโมงสูงสุด เกิน 70 dBA เป็นร้อยละ 45 ของจำนวนวันที่ตรวจวัดทั้งหมด ส่วน บริเวณวงเวียนโอเดียนพบว่าเกินเกณฑ์น้อยมาก และเมื่อเปรียบเทียบกับปีที่ผ่านมาพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน (ประธาน อารีพล, 2541)

1.2 ริมคลอง จากการตรวจวัดระดับเสียงบริเวณริมคลอง พบว่าระดับเสียงเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ค่าสูงสุดในปี พ.ศ. 2539 ในเวลาเร่งด่วน มีค่าอยู่ในช่วง 66.5-74.1 dBA ระดับเสียงสูงสุด ที่วัดได้อยู่ที่บริเวณพิพิธภัณฑสถานบ้านจิมทอมป์สัน และระดับเสียงเฉลี่ย (Leq) 24 ชั่วโมง ค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 63.3-73.1 dBA โดยมีค่าสูงสุดที่บริเวณพิพิธภัณฑสถานบ้านจิมทอมป์สัน อีกเช่นกัน ซึ่งค่าที่ได้นี้ใกล้เคียงกับปี พ.ศ. 2537 และพ.ศ. 2538 (ประธาน อารีพล, 2541)

2. พื้นที่ต่างจังหวัด

กรมควบคุมมลพิษ ได้ตรวจวัดระดับเสียงแบบต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และเสียงแบบกึ่งถาวรจำนวน 12 สถานี ตลอดปี พ.ศ. 2538 ในพื้นที่ต่างจังหวัดรวม 8 จังหวัด พบว่าที่ สถานีโรงเรียนหน้าพระลาน อ.เมือง จ.สระบุรี ซึ่งอยู่ใกล้เขตประกอบกิจการเหมืองหิน โรงงานอุตสาหกรรม การก่อสร้างทางพิเศษ โรงโม่ และย่อยหิน และโรงปูนซีเมนต์ ซึ่งมีการ

ทำงานตลอดทั้งวัน มีระดับเสียงเฉลี่ย (Leq) 24 ชั่วโมง สูงกว่า 70 dBA ทุกวัน โดยระดับเสียงเฉลี่ย (Leq) 24 ชั่วโมง สูงสุดในแต่ละเดือนอยู่ในช่วง 73.2-76.8 dBA สถานีเขตเทศบาลหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาและที่บ้านพักทหารมณฑลทหารบก อ.เมือง จ.นครราชสีมา มีระดับเสียงเฉลี่ย (Leq) 24 ชั่วโมง ค่าสูงสุดแต่ละเดือนอยู่ในช่วง 53.7-69.9 dBA (ประธาน อารีพล, 2541)

3. สถานประกอบการ จากการศึกษพบว่าระดับเสียงในสถานประกอบการขึ้นอยู่กับประเภทของโรงงานและเครื่องจักรที่ใช้ จึงมีระดับเสียงที่แตกต่างกันไป ดังนี้ (พวงแก้ว กิจธรรม และคณะ, 2538 ปราณี ชาลิตกุลชัยและคณะ, 2527 อ้างถึงใน ประธาน อารีพล, 2541)

3.1 โรงงานซ่อมสร้างรถยนต์

เกาะตัวถังรถยนต์	95.6-100.0 dBA
ทดสอบเครื่องยนต์	83.0-97.0 dBA
เครื่องตัดโลหะ	95.8-96.7 dBA
เครื่องเจียรโลหะ	87.0-98.0 dBA
เครื่องเชื่อมโลหะ	76.5-80.0 dBA

3.2 โรงงานทอผ้า

แผนกทอผ้า	94.0 dBA
แผนกกรอผ้า	91.0 dBA
แผนก Reaching	98.0 dBA

3.3 โรงงานทำโลหะเป็นภาชนะ

แผนกขึ้นรูปโลหะ	90.0-110.0 dBA
-----------------	----------------

3.4 โรงงานผลิตอุปกรณ์วงจรไฟฟ้า

85.9 dBA

โดยจากผลการศึกษพบว่าการทำงาน หรือทำงาน อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดเสียงเป็นเวลานาน ย่อมส่งผลเสียต่อสุขภาพ โดยระดับของความรุนแรงขึ้นอยู่กับสภาพลักษณะของเสียงและระดับความดังของเสียงที่บุคคลสัมผัส ประกอบกับระยะเวลาในการสัมผัสเสียงนั้น (Cowan, 1994) ซึ่งอันตรายของเสียงแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. อันตรายของเสียงต่อระบบการได้ยิน ส่วนใหญ่เป็นอันตรายที่เกิดขึ้นกับหูชั้นในที่อวัยวะรับเสียง ซึ่งเป็นอวัยวะที่ละเอียดอ่อนและเปราะบางมาก โดยจะมีการเคลื่อนไหวสั่นสะเทือนอยู่ตลอดเวลาที่ได้ยินเสียง เสียงยิ่งดังมากก็จะยิ่งทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของอวัยวะรับเสียงมากขึ้น อันเป็นเหตุให้เกิดการนิกขาดของเนื้อเยื่อ หรือเกิดการทำลายเซลล์ประสาท ทำให้เกิดอาการหูตึง หรือหูหนวกได้ (เกษม จันทรแก้ว, 2541)

การสูญเสียการได้ยิน แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะที่ปรากฏในประเทศไทย ได้แก่

1.1 การสูญเสียการได้ยินแบบชั่วคราว (Temporary hearing loss) เกิดขึ้นเมื่อหูได้รับเสียงดังสม่ำเสมอและต่อเนื่องกัน ที่มีระดับความเข้มสูงถึงระดับอันตราย 100 dB (หรือสูงกว่า) ความถี่ของเสียงที่พบว่าจะก่อให้เกิดการสูญเสียการได้ยินเพียงชั่วคราวเป็นส่วนใหญ่ คือ ที่ความถี่ 4,000 Hz และ 6,000 Hz นอกจากนี้ระยะเวลาในการรับเสียงจะต้องนานพอควร โดยอาการหูตึงหรือหูอื้อชั่วคราวอาจกลับคืนเป็นปกติได้ หลังจากพัก 2-3 ชั่วโมง หรือในวันหลังจากได้ออกจากบริเวณที่มีเสียงดัง (เกษม จันทร์แก้ว, 2541)

1.2 การสูญเสียการได้ยินแบบถาวร (Permanent hearing loss) เกิดขึ้นเมื่อหูได้รับเสียงที่มีความเข้มสูงมากเป็นประจำ และเป็นระยะเวลาหลาย ๆ ปี โดยการสูญเสียการได้ยินแบบถาวรนี้ไม่มีโอกาสกลับคืนสู่สภาพการได้ยินเป็นปกติได้ และไม่มีทางรักษาให้หายได้เลย ช่วงความถี่ที่ทำให้เกิดการสูญเสียการได้ยินแบบถาวรอยู่ ระหว่าง 3,000-6,000 Hz และส่วนใหญ่จะพบที่ความถี่ 4,000 Hz ที่ระดับความเข้ม 65 dBA หรือสูงกว่า (เกษม จันทร์แก้ว, 2541)

2. อันตรายของเสียงต่อสุขภาพทั่วไป

อันตรายของเสียงต่อสุขภาพทั่วไป อาจทำให้เกิดอาการกล่าวคือ ความดันโลหิตสูง โรคกระเพาะอาหาร เกิดแผลในกระเพาะอาหาร โรคหัวใจ มีความเครียดสูง เป็นต้น (ประธาน อารีพล, 2541) ดังมีรายงานผลการศึกษาสุขภาพคนงานในโรงงาน ซึ่งมีเสียงความถี่ 250-4000 Hz ระดับ 82-89 dB และคนงานในโรงงานที่มีระดับเสียง 92-99 dB พบว่ามีความผิดปกติในการทำงานของระบบประสาท กล่าวคือ ทำให้เกิดการอ่อนเพลีย กินอาหารไม่ได้ ไม่ค่อยรู้สึกตัว โดยกลุ่มแรกมีจำนวน 29.4% และกลุ่มหลังมีจำนวน 43% (Welch, B.L, 1970)

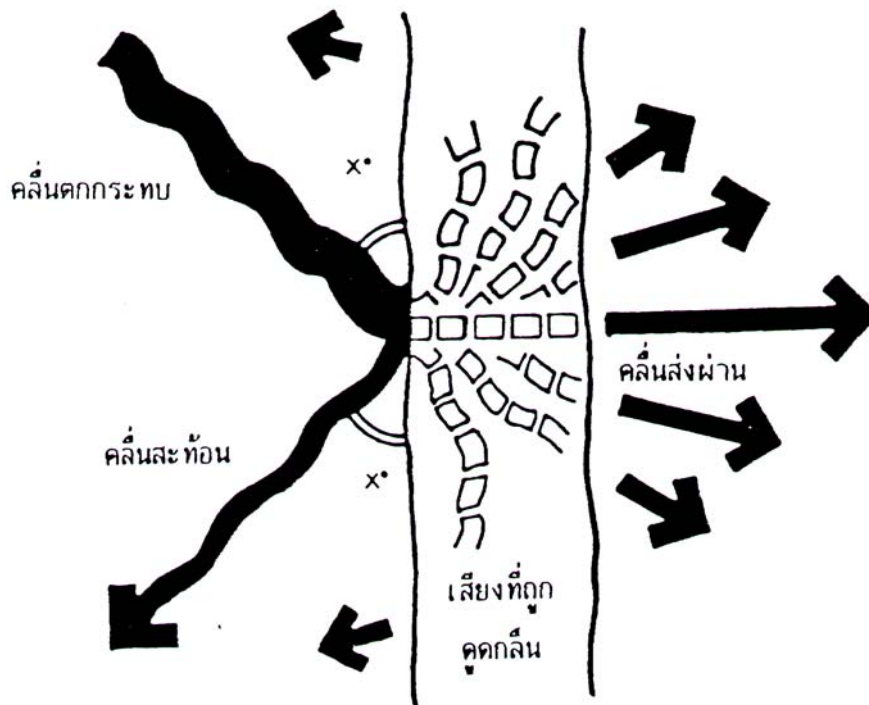
3. ผลกระทบทางด้านอื่น

ผลกระทบของเสียงทางด้านอื่นๆ เช่น รบกวนการนอนหลับ สร้างความรำคาญ (Annoyance) รบกวนการทำงานและลดประสิทธิภาพของการทำงาน รบกวนการติดต่อสื่อสารและอื่นๆ ดังรายงานผลของเสียงรบกวนที่มีต่อการทำงาน ดังนี้ (Harmelink, M.D, 1970)

1. เสียงที่มีระดับตั้งแต่ 90dBA ขึ้นไปจะมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน
2. ระดับเสียงที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจะรบกวนการทำงานตามลักษณะของการเปลี่ยนแปลง
3. เสียงรบกวนจะไม่ทำให้อัตราเร็วในการทำงานลดลง แต่จะทำให้ขาดความถูกต้องแม่นยำ

4. การอ่านหนังสือจะอ่านจำนวนหน้าได้มากขึ้น แต่ความเข้าใจและการจับใจความจะน้อยลง

ด้วยอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจึงได้มีการนำกำแพงกันเสียงเข้ามาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยกำแพงกันเสียงที่ใช้ในปัจจุบันมีด้วยกัน 3 ชนิด ประกอบด้วย ชนิดกระจายเสียง (Dispersive Type) เป็นแผ่นทึบเสียงที่มีการสะท้อนเสียงแบบแพร่กระจายตามทิศทางมุมของกำแพงที่ออกแบบไว้ ชนิดสะท้อนเสียง (Reflective Type) เป็นแผ่นทึบเสียงซึ่งจะมีการสะท้อนของเสียงในทิศทางตรงข้ามกับแผ่นกั้นเสียง และชนิดดูดซับเสียง (Absorptive Type) ซึ่งเป็นชนิดที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจาก เป็นแผ่นทึบเสียงที่ประกอบด้วยวัสดุดูดซับเสียงจะไม่มีการสะท้อนเสียงออกมา ทำให้บริเวณที่อยู่ตรงข้ามไม่ได้รับผลกระทบจากเสียงดัง (Lewis and Douglas, 1994) ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการทดลองนำวัสดุต่างๆ มาใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียง โดยสาเหตุที่วัสดุสามารถดูดซับเสียงได้เนื่องจาก เมื่อเสียงตกกระทบวัตถุใด ๆ ก็ตาม เสียงส่วนหนึ่งจะเกิดการสะท้อน อีกส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน และส่งผ่านเข้าไปในวัตถุทำให้พลังงานลดลง เนื่องจากถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติ และลักษณะของวัตถุอันนั้น ดังแสดงในภาพที่ 2.1 (ทวิสุข พันธุ์เพ็ง, 2529)



ภาพที่ 2.1 ปรากฏการณ์สะท้อน ดูดกลืน และส่งผ่านเสียงของวัตถุ (Webb, J.D, 1976)

โดยปรากฏการณ์ธรรมชาติของเสียงที่มีผลต่อความสามารถในการลดระดับความดังของเสียงรบกวน ประกอบด้วย

การสะท้อนของเสียง (Reflection of sound)

เมื่อคลื่นเสียงแผ่กระจายจากแหล่งกำเนิดมากระทบกับสิ่งกีดขวาง หรือบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติอย่างรวดเร็วของตัวกลาง จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ ที่เรียกว่า การสะท้อนขึ้นที่ผิวของตัวกลางหรือสิ่งกีดขวางที่คลื่นเสียงตกกระทบ เหมือนลูกบอลที่ตกกระทบกำแพงแล้วสะท้อนกลับออกมา (Merken M., 1989) นอกจากกรณีที่ว่าวัสดุซึ่งเสียงตกกระทบเป็นวัสดุดูดซับเสียงตามที่ได้ผลิตมาให้เหมาะกับงานหนึ่งๆ โดยเฉพาะจึงมีการสะท้อนเสียงได้น้อย แม้ว่าผู้สังเกตต้องการรับเสียงตรง แต่ก็อาจมีเสียงสะท้อนออกมาบ้าง สำหรับในชีวิตประจำวันนั้น ถ้าเสียงสะท้อนเคลื่อนที่กลับมาถึงผู้สังเกตโดยมีช่วงเวลาห่างจากเสียงตรงน้อยกว่า 0.1 วินาที ผู้สังเกตจะได้ยินเสียงตรง และเสียงสะท้อนรวมกันเป็นเสียงเดียว แต่ถ้าเสียงสะท้อนเคลื่อนที่กลับมาถึงผู้สังเกตใช้เวลามากกว่า 0.1 วินาที ผู้สังเกตจะได้ยินเสียงสะท้อนแยกกับเสียงตรงในลักษณะที่ซ้ำกัน ซึ่งเรียกว่า เสียงก้อง (สมพงษ์ ใจดี, 2523)

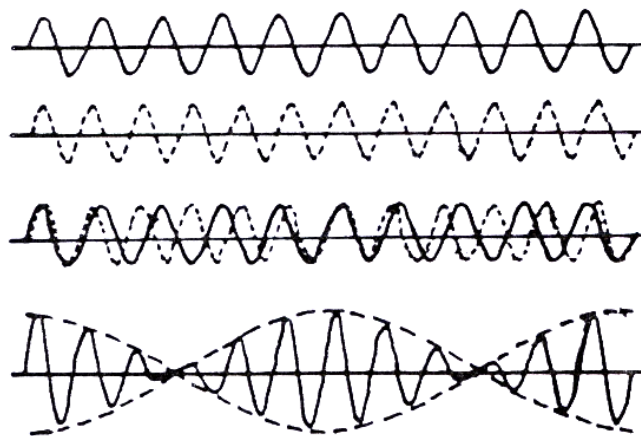
การหักเหของเสียง (Refraction of Sound)

เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดผ่านไปยังบริเวณรอยต่อของตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกันจะเกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็ว และทิศทางการเคลื่อนที่ของเสียง ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การหักเห (Merken M., 1989) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาอากาศที่ระดับต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันในเรื่อง อุณหภูมิ ความชื้น ความหนาแน่น อันเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วของเสียงทำให้แนวทางการเคลื่อนที่ ทำให้แนวทางการเคลื่อนที่และรูปร่างของคลื่นเสียงเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งมีผลต่อการได้ยิน คือ ในเวลากลางคืน จะได้ยินเสียงได้ไกลกว่าในเวลากลางวัน ทั้งนี้เนื่องจากในเวลากลางวันอากาศที่บริเวณใกล้พื้นดินจะอุ่น หรือร้อนกว่าอากาศระดับสูงขึ้นไป เมื่อตกกลางคืนพื้นโลกเกิดการคลายความร้อน ทำให้อากาศบริเวณใกล้พื้นดินเย็นกว่าอากาศในระดับสูง จากเหตุผลดังกล่าว ดังนั้นในเวลากลางวันคลื่นเสียงจึงหักเหขึ้นไปเหนือพื้นดิน เนื่องจากที่ระดับความสูงใกล้ๆ พื้นดินเสียงเดินทางได้เร็วในเวลากลางคืน ในทางตรงข้ามเวลากลางคืนเดินทางโค้งลงสู่พื้นดิน (ราฟิง มังคละสวัสดิ์, 2530)

การแทรกสอดของเสียง (Interference of Sound)

เมื่อคลื่นเสียงตั้งแต่ 2 แหล่งกำเนิดขึ้นไป เกิดขึ้นและเคลื่อนที่มาถึงตำแหน่งเดียวกัน คลื่นเสียงที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะรวมกันเป็นคลื่นเสียงเดียว ซึ่งเรียกว่า การแทรกสอด (Merken M., 1989) ซึ่งเป็นไปตามหลักกันการรวมกันได้ของคลื่น ทั้งนี้ถ้าคลื่นเสียงตั้งแต่ 2 แหล่งขึ้นไปที่มีความถี่แตกต่างกันเล็กน้อยมาแทรกสอดกัน ในบางครั้งคลื่นเสียงเหล่านี้จะเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกัน

(Constructive Interference) ทำให้เกิดการสั่นตัวของตัวกลางมากขึ้นจึงได้ยินเสียงดังมากกว่าปกติ และในบางครั้งคลื่นเสียงเหล่านี้จะแทรกสอดกันแบบหักล้าง (Destructive Interference) ทำให้การสั่นตัวของตัวกลางน้อยลง จึงได้ยินเสียงค่อยจนบางครั้งไม่ได้ยินเลย ดังนั้นเมื่อเกิดการแทรกสอดจึงทำให้ผู้สังเกตได้ยินเสียงดัง และค่อยเป็นจังหวะ และเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า บีตส์ (Giancoli DC., 1980) ทั้งนี้ขณะเกิดเสียงดังแอมพลิจูดของคลื่นรวมจะสูงสุดและขณะที่เกิดเสียงค่อยแอมพลิจูดของคลื่นรวมจะต่ำสุด ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ลักษณะการเกิดบีตส์ (Marion JB and Hornyak WF, 1985)

การเลี้ยวเบนของเสียง (Diffraction of Sound)

การเลี้ยวเบนของเสียงเกิดจากการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของเสียง เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่มากระทบสิ่งกีดขวาง เช่น กรณีการเลี้ยวเบนของเสียงที่มุมตึก ทำให้สามารถได้ยินเสียงของคนที่อยู่กันอยู่อีกด้านหนึ่งของตึก โดยไม่ต้องเห็นตัวคนพูด เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงทิศทางโดยการเลี้ยวเบนของคลื่นเสียงนี้แตกต่างจากการสะท้อนและการหักเหของเสียงเนื่องจากปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นในตัวกลางเดียวกัน จากผลการเลี้ยวเบนของเสียงนี้ทำให้ไม่สามารถสร้างมุมหรือบริเวณที่อับเสียงได้อย่างสมบูรณ์ เพราะกำแพงกั้นเสียงหรืออุปสรรคที่เป็นสิ่งกีดขวางใดๆ ถ้าหากมีช่องเปิดหรือขอบเปิดไปสู่อีกด้านหนึ่ง จะทำให้เกิดการเลี้ยวเบนของเสียงขึ้นบริเวณช่องเปิด หรือขอบเขตเปิดนั้นๆ ได้เช่นกัน (Merken M, 1989)

ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ (Doppler Effect)

หากแหล่งกำเนิดเสียงและผู้สังเกตมีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ต่อกันในตัวกลางที่อยู่หนึ่งนั้น ความถี่ของเสียงที่ปรากฏต่อผู้สังเกตจะแตกต่างกันไปจากความถี่ของคลื่นเสียงที่ส่งออกมา ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ (Doppler Effect) (Giancoli DC, 1980) เช่น การได้ยินเสียง

แตรหรือเสียงหวูดรถไฟ ขณะวิ่งผ่านผู้สังเกตจะทำให้ได้ยินเสียงสูงหรือต่ำผิดไปจากปกติหรืออาจกล่าวได้ว่า ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ คือ ปรากฏการณ์ที่ระดับความถี่ของเสียงเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิดเสียง และผู้สังเกต

การกำทอน (Resonance)

ปรากฏการณ์กำทอน หมายถึง ปรากฏการณ์ที่วัตถุหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่งเกิดการสั่นตัว เมื่อได้รับการกระตุ้นโดยคลื่นที่มีความถี่ตรงกับความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) ของวัตถุหรือสิ่งของนั้น (พิเชษฐ จันทนวนวงศ์, 2522) ทั้งนี้ถ้าคลื่นความถี่ทั้งสองตรงกันจะทำให้เกิดการสั่นตัวอย่างรุนแรงของวัตถุนั้น กล่าวคือ แอมพลิจูดของการสั่นตัวจะกว้างขึ้นและทำให้เกิดเสียงดังขึ้น

เสียงกลบ (Noise)

ในชีวิตประจำวันมีบางขณะที่เรากำลังสนทนาอยู่และเกิดมีเสียงจากสภาพแวดล้อมที่มีระดับเสียงดังกว่าเสียงที่กำลังสนทนาจนไม่สามารถติดต่อสื่อสารเป็นที่เข้าใจได้ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ปรากฏการณ์เสียงกลบ (Irwin JD and Graf ER, 1979) ขณะที่ฟังเสียงหนึ่งอยู่ แล้วมีอีกเสียงหนึ่งค่อยๆ มีความเข้มหรือระดับความดังมากขึ้น พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปนานๆ จะไม่ได้ยินเสียงแรก แต่จะได้ยินเสียงที่สองแทน เหตุการณ์นี้เรียกว่า เสียงที่มีความเข้มหรือความดังมากกว่าได้กลบเสียงแรก และจากการทดลองยังพบว่าเสียงที่มีความถี่ต่ำและมีความเข้มพอสมควรจะกลบเสียงสูงได้ง่ายกว่า (ราพิง มังคละสวัสดิ์, 2530)

การส่งผ่านเสียง (Sound Transmission)

เมื่อคลื่นเสียงตกกระทบวัสดุกั้นเสียง วัสดุนั้นจะเกิดการสั่นตัว เช่น กำแพงหรือผนัง ซึ่งการสั่นตัวในลักษณะนี้เป็นสาเหตุให้อากาศที่อยู่ใกล้เสียงวัสดุดังกล่าวทั้งสองด้านมีการสั่นตัวตามไปด้วย ส่งผลให้วัสดุที่กั้นเสียงตกกระทบนั้น ประพฤติตัวเหมือนแหล่งกำเนิดเสียงอันใหม่ ซึ่งสนามเสียงใหม่อันเกิดจากวัสดุนี้ จะมีพลังงานน้อยกว่าพลังงานเสียงตอนแรก ทั้งนี้เนื่องจากพลังงานของคลื่นเสียงที่ตกกระทบวัสดุกั้นเสียง ถูกใช้ไปสำหรับทำให้วัสดุนั้นเกิดการสั่นตัว โดยลักษณะสมบัติของวัสดุกั้นเสียงนั้น สามารถบ่งบอกได้ด้วย ค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (Transmission Loss, TL) ซึ่งค่านี้เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของวัสดุแต่ละชนิด (Thumann A and Miller RM, 1986) โดยค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (Transmission Loss, TL) สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 2.1 (ASTM E90, 1998)

$$TL = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A_2} \quad 2.1$$

เมื่อ

TL คือ ค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน, dB

L_1 คือ ค่าเฉลี่ยระดับความดังเสียงในห้องกำเนิดเสียง, dB

L_2 คือ ค่าเฉลี่ยระดับความดังเสียงในห้องรับเสียง, dB

S คือ พื้นที่แผ่นวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ, m^2

A_2 คือ ค่าความสามารถในการดูดซับเสียงของห้องรับเสียง หลังจากติดตั้งแผ่นวัสดุ, m^2

การดูดซับเสียง (Sound Absorption)

การดูดซับเสียง หมายถึง การเปลี่ยนแปลงผลรวมของพลังงานเสียงที่ลดน้อยลงเมื่อผ่านตัวกลางใดๆ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า การดูดกลืนเสียง คือ ความสามารถของวัสดุในการดูดกลืนพลังงานเสียงและเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน (Olivo CT and Olivo TP, 1978) โดยวัสดุที่สามารถดูดซับคลื่นเสียงได้ดีจะเป็นวัสดุจำพวกเส้นใย (Fibrous) และวัสดุพรุน (Porous) เมื่อเสียงกระทบวัสดุใดๆ เสียงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนและส่งผ่านเข้าไปในวัสดุนั้น ทั้งนี้จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและคุณลักษณะของวัสดุนั้นเป็นสำคัญ (ทวิสุข พันธุ์เพ็ง, 2529) ดัชนีที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงของวัสดุแต่ละชนิด คือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficients) คลื่นเสียงที่ผ่านเข้าไปในวัสดุที่เสียงนั้นตกกระทบจะมีพลังงานลดลงเนื่องจากพลังงานส่วนหนึ่งถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานรูปอื่น เช่น พลังงานความร้อน โดยค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficients, α) สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 2.2 (ASTM C423, 1998)

$$\alpha = (A_2 - A_1) / S \quad 2.2$$

เมื่อ

A_2 คือ ค่าความสามารถในการดูดซับเสียงของห้องหลังจากนำวัสดุเข้าไปติดตั้งภายใน, m^2

A_1 คือ ค่าความสามารถในการดูดซับเสียงของห้องทดลองก่อนนำแผ่นวัสดุเข้าไปติดตั้ง, m^2

S คือ ขนาดของแผ่นวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ, m^2

โดยค่าความสามารถในการดูดซับเสียง (Sound Absorption) สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 2.3 (ASTM C423, 1998)

$$A_n = 0.9210V d/C \quad 2.3$$

เมื่อ

A_n คือ ค่าความสามารถในการดูดซับเสียง, m^2

V คือ ปริมาตรของห้องที่ใช้ในการทดลอง, m^3

d คือ อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง (rate of decay), dB/sec

C คือ ความเร็วเสียง, m/s สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 2.4

$$C = 20.047\sqrt{273.15 + t} \quad 2.4$$

เมื่อ

t คือ อุณหภูมิ, $^{\circ}C$

และสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) ได้ โดยการนำค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุ ที่ความถี่ 250 500 1000 และ 2000 Hz มาทำการเฉลี่ย ดังสมการที่ 2.5

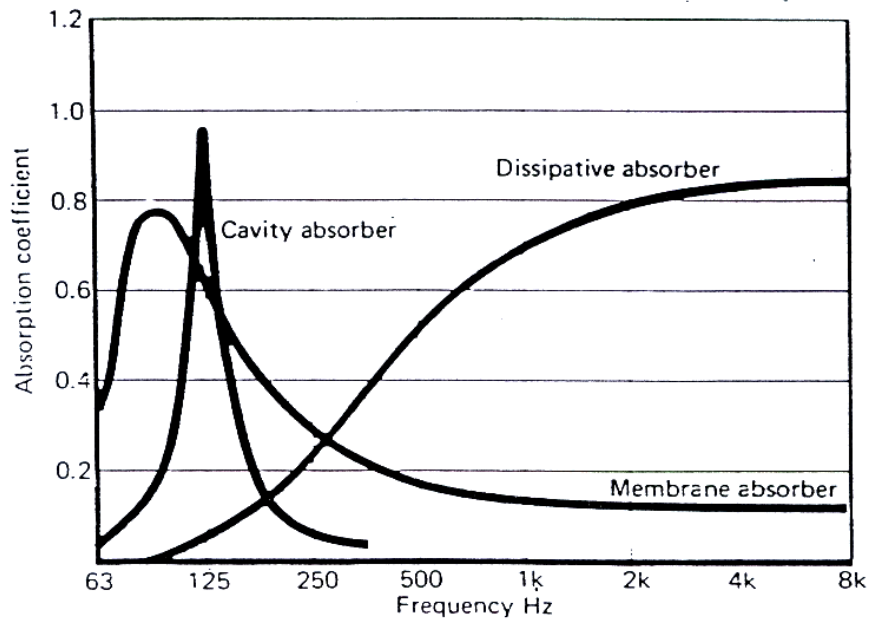
$$NRC = \frac{(\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000})}{4} \quad 2.5$$

โดยสามารถใช้ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) ในการจำแนกชนิดของวัสดุป้องกันเสียงรบกวน ดังแสดงในตารางที่ 2.1

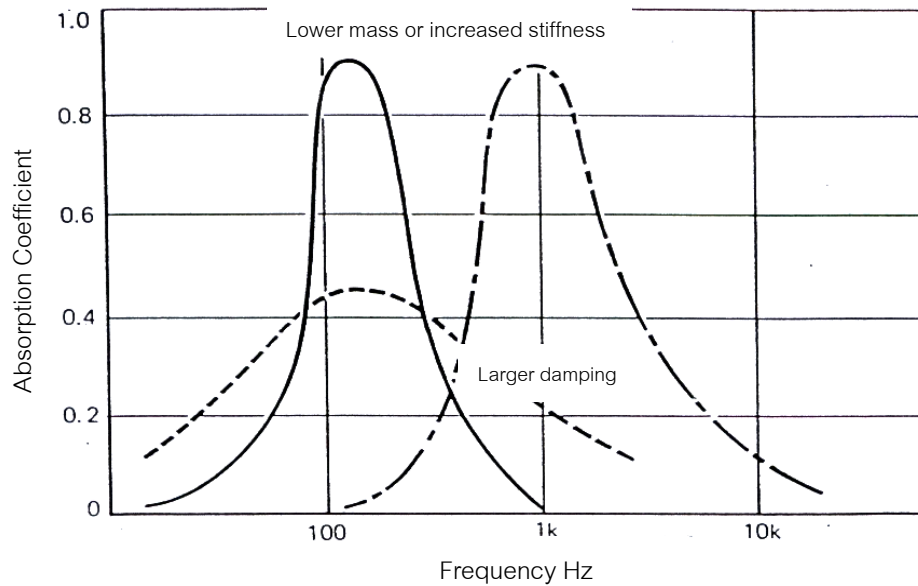
โดยองค์ประกอบที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุ ได้แก่ ความหนา ความหนาแน่น ความพรุน ความต้านทานการไหล ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น (Coefficient of elasticity) และค่าความต้านทานเสียง (Acoustic impedance) (David, A.Harris, 1991) โดยสามารถจำแนกประเภทของวัสดุดูดซับเสียงออกได้ เป็น 3 ประเภทตามกลไกการดูดซับเสียง ได้แก่

1. วัสดุดูดซับเสียงประเภทเมมเบรน (Membrane Absorber) ได้แก่ แผ่นโลหะบาง ไม้อัดพลาสติก กระดาษ ยิปซัมบอร์ด เป็นต้น โดยวัสดุเหล่านี้จะเกิดการสั่นตัวด้วยความถี่เดียวกับความถี่ของเสียงที่ตกกระทบและเนื่องจากวัสดุเหล่านี้ไม่สามารถยืดหยุ่นได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจึงมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปเนื่องจากการถ่ายเทพลังงานจากคลื่นเสียงไปเป็นพลังงานความร้อนให้แก่วัสดุนั้นๆ ซึ่งวัสดุชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงได้ดีที่ความถี่ต่ำ ดังแสดงในภาพที่ 2.3 เนื่องจากที่ความถี่ต่ำพลังงานเสียงจะทำให้เมมเบรนเคลื่อนที่ได้ดีกว่าที่ความถี่สูง ในขณะที่คลื่นความถี่สูงมักจะถูกสะท้อนออกจากเมมเบรนทำให้มีการสูญเสียพลังงานให้กับเมมเบรนน้อยมากแต่อย่างไรก็ตาม หากนำวัสดุที่เป็นเมมเบรนมาใช้ร่วมกับวัสดุพรุน ก็จะทำให้สามารถดูดกลืนคลื่นเสียงที่มีช่วงความถี่กว้างได้ดีมากขึ้น นอกจากนี้ค่าความสามารถในการดูดซับเสียงสูงสุดของเมมเบรนยังขึ้นอยู่กับความสามารถในการถ่ายเทพลังงานจากคลื่นเสียงไปเป็นพลังงานความร้อนของวัสดุอีกด้วย กล่าวคือ ถ้าความสามารถในการถ่ายเทพลังงานความร้อนของวัสดุมีค่าสูงขึ้น

จะทำให้ค่าความสามารถในการดูดซับเสียงสูงสุดของเมมเบรนมีค่าลดลง แต่จะครอบคลุมช่วงความถี่ได้กว้างมากขึ้น (Walker MB, 1995) ดังแสดงในภาพที่ 2.4



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

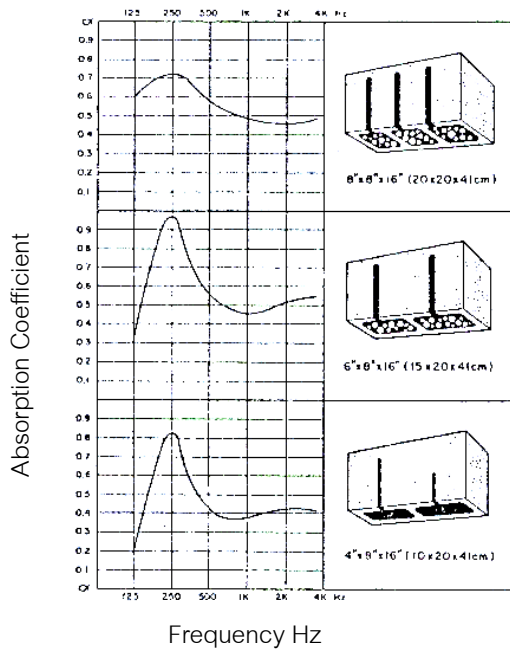


ภาพที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการดูดซับเสียง กับความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานกลไปเป็นพลังงานความร้อนของวัสดุพูนเมื่อนำมาใช้ร่วมกับเมมเบรน (Sound Research Laboratories Ltd., 1991)

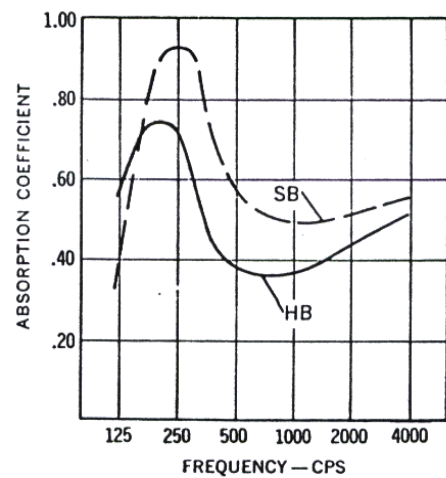
ตารางที่ 2.1 การจำแนกชนิดของวัสดุป้องกันเสียง จากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง
(Noise Reduction Coefficient, NRC) (Cowan JP, 1994)

ประสิทธิภาพการดูดกลืนเสียง	NRC	วัสดุชนิดต่างๆ
	1.0	
	0.9	วัสดุที่ได้รับการออกแบบพิเศษ ให้มีความสามารถในการดูดซับเสียงสูง
	0.8	
มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงสูง	0.7	
	0.6	ฝ้าเพดานที่มีความพรุนสูง นวมหุ้มเก้าอี้ในห้องประชุม
	0.5	ม่านหนา กระฉาก เบาะหุ้มเก้าอี้
	0.4	
มีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงปานกลาง	0.3	พื้นดินที่เรียบ ผู้ฟังที่นั่งเก้าอี้ไม้หรือโลหะ พรมหนาบนพื้นคอนกรีต
	0.2	
สะท้อนเสียง		เก้าอี้ไม้หรือเหล็กที่ไม่มีคนนั่ง พรมที่มีน้ำหนักเบา
	0.1	ต้นไม้ ม่านบาง
		หน้าต่างกระฉาก ขอบหน้าต่างไม้
	0	ปูนปลาสเตอร์ แผ่นยิปซัมบอร์ด คอนกรีตฉาบเรียบ อิฐเคลือบสี หินอ่อน กระเบื้องแก้ว ฝิวน้ำ

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 (Doelle and Arch, 1972) ดังแสดงในภาพที่ 2.3 แต่หากมีการผสมวัสดุดูดซับเสียงชนิดอื่น เช่น โยแกว์ หรือใยหิน ลงไปในช่องว่างภายใน Soundbox ก็จะทำให้มีความสามารถในการดูดซับเสียงในช่วงความถี่ที่กว้างขึ้น (Yerges LF, 1969) ดังแสดงในภาพที่ 2.6

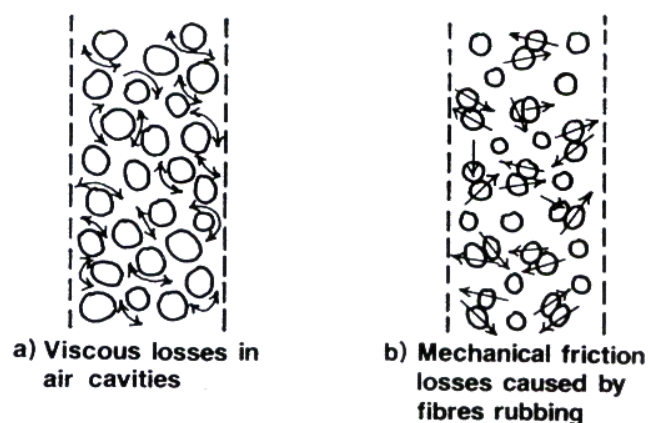


ภาพที่ 2.5 ลักษณะวัสดุดูดซับเสียงประเภทโพรงช่อง (Cavity Absorber) . (Doelle and Arch, 1972)



ภาพที่ 2.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุโพรงช่อง (HB คือ ไม่มีใยแก้ว และ SB คือ มีใยแก้ว) (Yerges LF, 1969)

3. วัสดุดูดซับเสียงประเภทเส้นใย (Fiber) หรือวัสดุที่มีรูพรุน (Porous or Dissipative Absorber) ซึ่งวัสดุชนิดนี้สามารถหาได้ง่าย ราคาถูกและมีอยู่มากในประเทศไทย อาทิเช่น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ตัวอย่างเช่น กาบมะพร้าว ฟางข้าว ต้นข้าวโพด (Olivo, C.T. and T.P. Olivo, 1978) โดยวัสดุเหล่านี้จะมีช่องว่างภายใน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ซึ่งต่ำกว่าขนาดความยาวของคลื่นเสียงมาก ดังนั้นวัสดุชนิดนี้จึงเป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานได้เป็นอย่างดี โดยกลไกการเปลี่ยนแปลงพลังงานของวัสดุพรุน คือ เมื่อเสียงตกกระทบบนวัสดุเหล่านี้ โมเลกุลของอากาศจะเกิดการสั่นตัวภายในช่องว่างของวัสดุพรุน โดยมีความถี่ของการสั่นเท่ากับความถี่ของเสียงที่ตกกระทบ การสั่นตัวของโมเลกุลของอากาศนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการเสียดทานและความหนืด (Frictional and Viscous Loss) โดยมีลักษณะการสูญเสียพลังงาน ดังแสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 แสดงกลไกการสลายตัวของพลังงานเสียงเนื่องจาก ความหนืดและแรงเสียดทาน (Malcolm J. Crocker and Frederick M. Kessler, 1982)

นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่ รวมทั้งการอัดและการขยายของคลื่นเสียงในระหว่างการเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างภายในวัสดุพรุน เป็นผลทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง ปรากฏการณ์ทั้ง 2 ชนิดนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานเป็นจำนวนมากเมื่อเสียงที่ตกกระทบมีความถี่สูง ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ในขณะที่คลื่นเสียงที่มีความถี่ต่ำจะมีการสูญเสียพลังงานในรูปความร้อน เนื่องจากอากาศภายในช่องว่างของวัสดุพรุนจะถูกอัดและขยายอย่างเป็นจังหวะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นพลังงานความร้อน คลื่นเสียงที่มีความถี่ต่ำจะทำให้ระยะเวลาในการสั่นตัวของโมเลกุลอากาศในแต่ละครั้งยาวนานขึ้น ประกอบกับคุณสมบัติของวัสดุพรุน ซึ่งมีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงมากและความสามารถในการนำ

ความร้อนของเส้นใยค่อนข้างสูง จึงทำให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนเป็นปัจจัยที่สำคัญของวัสดุพรมเมื่อคลื่นเสียงมีความถี่ต่ำ (Beranek LL, and Ver IL, 1992) ซึ่งลักษณะการใช้งานของวัสดุซับเสียงประเภทนี้สามารถแบ่งได้เป็น

3.1 วัสดุที่ใช้การฉีดยึดพ่น (Spray-on) ได้แก่ วัสดุที่ฉีดยึดพ่น ฉาบ หรือทาลงบนพื้นแข็ง โดยประสิทธิภาพของการลดเสียงจะขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นวัสดุที่ฉีดยึดพ่น องค์ประกอบของวัสดุที่ฉีดยึดพ่นและสภาพของชั้น หรือผนังที่อยู่ใต้ชั้นฉีดยึดพ่น ซึ่งวัสดุดังกล่าวประเภทนี้จะให้ประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงความถี่สูง

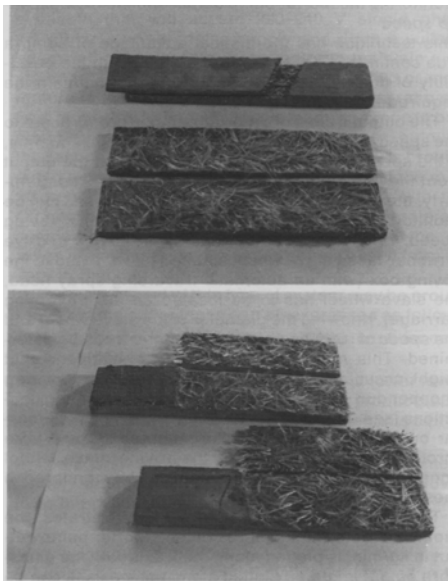
3.2 วัสดุที่ใช้เป็นแผ่นกั้น/ บัง (Blankets) ได้แก่ วัสดุที่ประกอบขึ้นเป็นแผ่น ฉาบ แผ่น โดยทำจากเส้นใย เช่น ใยหิน (Rock wool) ใยแก้ว ใยไม้ ซึ่งประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงจะขึ้นกับความหนาของชั้นวัสดุซับที่ปกติดจะมีความหนาประมาณ 25-125 มิลลิเมตร

3.3 วัสดุที่มีลักษณะเป็นผ้า หรือพรม ได้แก่ วัสดุที่ใช้ ปูพื้น ทำม่าน หรือกระดาดติดผนัง โดยประสิทธิภาพของวัสดุประเภทนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของเส้นใย โดย เส้นใยที่มีลักษณะตรงยาว (Cut piles) และหนักจะให้ประสิทธิภาพในการดูดซับสูงกว่าเส้นใยที่มีลักษณะเป็นวง (Loop piles) แต่ประสิทธิภาพดังกล่าวจะไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใย (Doelle and Arch, 1972)

โดยได้มีการนำวัสดุประเภทเส้นใย (Fibrous) หรือวัสดุที่มีรูพรุน (Porous material) ชนิดต่างๆ มาใช้ในการดูดซับเสียง อาทิเช่น GRC หรือ Glassfibre Reinforced Concrete เป็นการนำใยแก้วมาผสมในซีเมนต์ มีส่วนประกอบคือ ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายและใยแก้วในอัตราส่วนประมาณ 4.5-5.5% โดยน้ำหนักที่ความยาว fiber ประมาณ 34-38 มิลลิเมตรและอัตราส่วนระหว่างทราย ต่อซีเมนต์ (Sand/Cement ratio) และน้ำ ต่อซีเมนต์ (W/C ratio) เท่ากับ 0.3 และ 0.28-0.38 ตามลำดับ โดยที่ความหนา 10 มิลลิเมตร และความสามารถในการรับแรงของคอนกรีต 20 kg/m^2 สามารถลดเสียงได้ประมาณ 30 dB และเพิ่มถึง 35 dB ดังแสดงในภาพที่ 2.8 และ 2.9 (Graham, 1986) และมีการใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย อาทิเช่น โครงการพระราชดำริ ถนนระหว่าง ถ.วิภาวดีรังสิต-ถ.พหลโยธิน, โครงการส่วนเพิ่มเติมดอนเมือง-Tollway และโครงการถนนยกระดับ ถ.รามคำแหง คิดเป็นพื้นที่ 8,225 ตารางเมตร โดยมีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 2.10 ซึ่งราคาวัสดุดูดซับเสียง GRC ที่นำมาใช้ในประเทศไทยมีราคาประมาณ 8,000 บาทต่อตารางเมตร (บริษัท พรีเมียร์ โพรดัคส์ จำกัด, ม.ป.ป.)

ในขณะที่เดียวกันก็มีการทำการศึกษาหาวัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงและมีค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านสูง ง่ายในการประยุกต์ติดตั้ง มีราคาถูก และจัดหาได้ง่าย เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุป้องกันเสียง อาทิเช่น การนำวัสดุที่ผลิต และทำได้ง่ายในประเทศไทย เช่น แผ่นสังกะสี แผ่นกระเบื้องแผ่นเรียบ วัสดุจำพวกไม้แผ่น โดยการตรวจสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติในการดูดซับ

เสียงและค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน ของวัสดุดังกล่าวในห้องทดลองและเปรียบเทียบราคาในการนำวัสดุแต่ละชนิดไปจัดทำเป็นกำแพงกันเสียง โดยมีการนำกระเบื้องแผ่นเรียบ ขนาดความหนา 6 และ 8 มิลลิเมตร แผ่นสังกะสีเบอร์ 26 และ 28 แผ่นเซลโลกรีตหนา 0.5 นิ้ว และวัสดุจำพวกไม้แผ่น เช่น ไม้ชัน ไม้เต็ง ไม้ตะเคียนหินและไม้ตะเคียนทอง มาทำการผลิตเป็นแผ่นตัวอย่าง ขนาด 225 ตารางเซนติเมตร โดยทำการทดลองในช่วงความถี่ 315-8000 Hz ผลการศึกษาพบว่า เพื่อเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้าง ความคงทนถาวร และความเหมาะสมต่างๆ แล้วพบว่ากระเบื้องแผ่นเรียบหนา 6 และ 8 มิลลิเมตร และแผ่นเซลโลกรีตหนา 0.5 นิ้ว มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ทำเป็นกำแพงกันเสียงสำหรับการจราจรบนทางด่วน หลังจากนั้นได้มีการทดลองฉาบวัสดุที่นำมาทำกำแพงกันเสียงด้วยพ्लิ้นท์โค้ดผสมทรายพบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันเสียงได้เพียงเล็กน้อย และจากการทดลองติดตั้งกำแพงกันเสียงในบริเวณทางด่วน บางบริเวณพบว่ากำแพงกันเสียงสามารถลดเสียงได้โดยเฉลี่ย 4 dBA (อดิศักดิ์ นัยนาภรณ์, 2524)

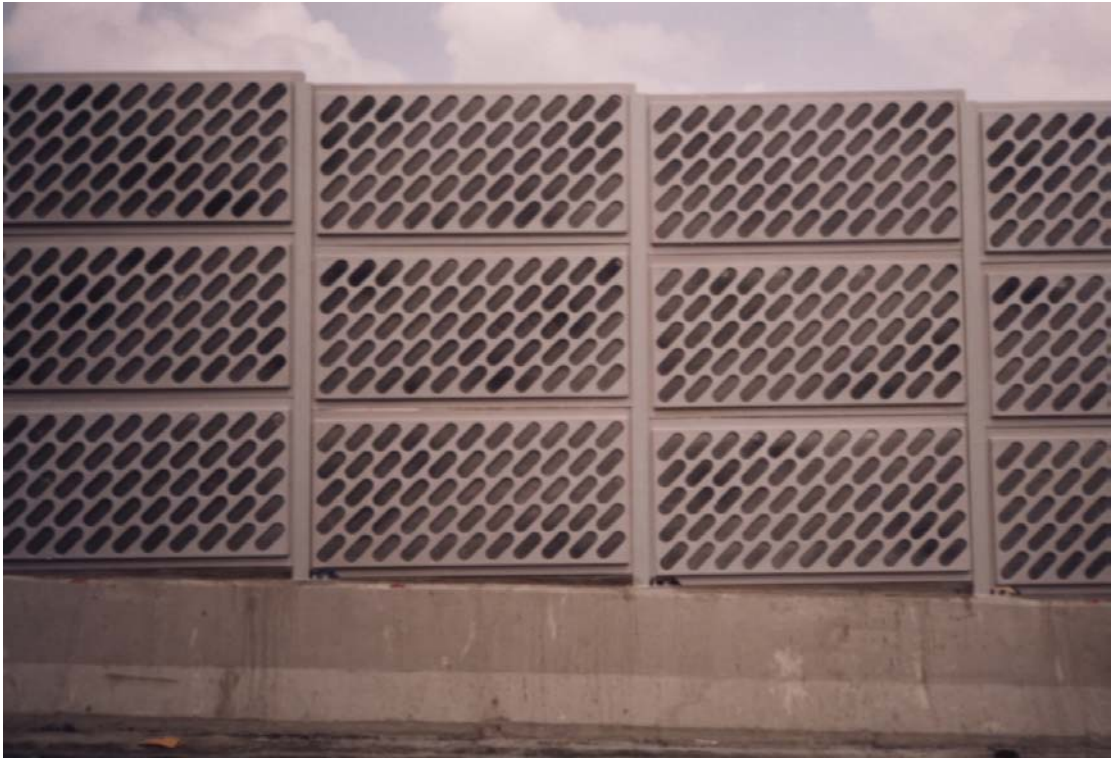


ภาพที่ 2.8 ลักษณะการเรียงตัวของ เส้นใยแก้วภายในแผ่นวัสดุ (Graham True, 1986)



ภาพที่ 2.9 การบรรจุ เส้นใยแก้ว ลงในซีเมนต์ โดยใช้ Putzmeister Concentric Spraygun (Graham True, 1986)

นอกจากนี้ยังได้มีการทดลองนำเศษวัสดุพืชแห้งที่ทราบค่าความหนาแน่นและความหนาขวางกันทางผ่านของเสียง มาหาค่าประสิทธิภาพการลดระดับความดังของเสียง โดยในการทดลองนี้ใช้ฟางข้าว ผักตบชวาและกาบมะพร้าว เป็นตัวลดระดับเสียง ผลการศึกษาพบว่าฟางข้าว



ภาพที่ 2.10 แสดงลักษณะแผ่นวัสดุดูดซับเสียงและลักษณะการติดตั้งที่ใช้ในปัจจุบัน

ผักตบชวา และกาบมะพร้าว ที่ทำให้มีความหนาแน่น เท่ากัน คือ 0.038 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีความหนาแน่นเท่ากัน คือ 7.5 เซนติเมตรนั้น พบว่ากาบมะพร้าวมีประสิทธิภาพการลดระดับเสียงได้ดีที่สุด รองลงมา คือ ผักตบชวา และน้อยที่สุดคือ ฟางข้าว ซึ่งหาค่าได้ 2.18 1.78 และ 0.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและจากผลการศึกษาเพิ่มเติม กาบมะพร้าวที่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นขณะที่ความหนาแน่นเท่าเดิม จะมีประสิทธิภาพในการลดระดับความดังของเสียงได้เพิ่มขึ้น ที่ค่าความหนาแน่น 0.027 0.036 และ 0.046 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ประสิทธิภาพการลดระดับความดังของเสียงมีค่า 1.13 1.74 และ 2.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (สุทัศน์ สุทธิฤทธิ์, 2533) ประกอบกับการศึกษาประสิทธิภาพในการลดระดับเสียงของ ฟางข้าว ผักตบชวา และขุยมะพร้าว ที่ความหนาแน่น 2 3 4 และ 5 นิ้ว โดยได้ออกแบบการทดลองเป็นแบบกล่องปิด 2 ชั้น ครอบต้นกำเนิดเสียงและวัดระดับเสียงที่ลดลง พบว่าประสิทธิภาพในการลดระดับเสียงจะมากขึ้นเมื่อความหนาแน่นและความหนาเพิ่มขึ้น และจะมีประสิทธิภาพในการลดระดับเสียงสูงขึ้นเมื่อมีความถี่สูงขึ้น (พัฒนา บุญญาประภา, 2526) และจากการศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ลดเสียงในเครื่องจักรนิวแมติกโดยใช้วัสดุป้องกันเสียงที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น โดยการทดลองนี้เป็นการทดลองที่มีจุดประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดความดังเสียงของ ไยมะพร้าว ไยแก้วและจี้กบ เพื่อที่จะเลือกวัสดุป้องกันเสียงที่เหมาะสมสำหรับเครื่องจักรนิวแมติกผลิตลูกบอล เปรียบเทียบกับการไม่ใส่โซเลนอยด์ (อุปกรณ์ลดเสียง) โดยการสร้างโซเลนอยด์ให้มีขนาดระบายลมเท่ากับของต่างประเทศ ซึ่งใช้กับเครื่องจักรนิวแมติกผลิตลูกบอล ยี่ห้อ SHAEF มีความหนาแน่นของวัสดุเสียง 8 lb/ft³ แล้วทำการวัดระดับเสียงที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง (noise source) 0.5 และ 1.0 เมตร ที่ความดันลม 70, 85, และ 100 Psi ที่ความถี่ AP 31.5 63 125 250 500 1K 2K 4K 8K และ 16K เพื่อทำการเก็บข้อมูลและแปลผลจากการทดลองพบว่าการใช้โซเลนอยด์ไยมะพร้าว สามารถ ลดระดับความดังเสียงได้ 23.87% ไยแก้ว 21.57% และจี้กบ 21.01% ที่ระยะ 0 เมตร และ ความดันลม 85Psi และที่ระยะ 1 เมตร ความดันลมเดียวกันสามารถลดระดับความดังเสียงได้ 20.92% 17.01% และ 16.43% ตามลำดับและเมื่อเปรียบเทียบค่าระดับความดังเสียงที่วัดได้ พบว่าค่าที่ลดลงของไยมะพร้าว ไยแก้วและจี้กบ (บังใบ) จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เกือบทุกความถี่ ทุกความดันลม และทุกระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง และมีไยมะพร้าวเป็นวัสดุลดระดับความดังของเสียงที่ดีที่สุด (วิโรจน์ เชาวจิพันธุ์, 2537) ทำให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำวัสดุพืชแห้งมาใช้ในการดูดซับเสียง

แต่ในทางปฏิบัตินั้น การนำวัสดุดูดซับเสียงไปใช้ในการป้องกันเสียงรบกวนที่เกิดจากการจราจร เสียงรบกวนภายในอาคาร และเสียงเครื่องจักรกล จำเป็นที่จะต้องนำวัสดุดูดซับเสียงผสมกับสารเชื่อมประสาน เพื่อความแข็งแรงและความสะดวกในการติดตั้ง ซึ่งอาจมีผลทำให้ประสิทธิภาพ

การดูดซับเสียงมีการเปลี่ยนแปลง ดังมีรายงานผลการศึกษาประสิทธิภาพในการลดเสียงของวัสดุเหลือใช้ เมื่อใช้ซีเมนต์เป็นสารเชื่อมประสาน โดยการผสมของปูนซีเมนต์ etailoylik ไนต์และวัสดุเหลือใช้ 3 ชนิด คือ แกลบ จี้เลื่อยและขุยมะพร้าว ที่อัตราส่วนผสมแตกต่างกัน 6 อัตราส่วนและมีความหนาของแผ่นวัสดุดูดซับเสียง 5 ระดับ คือ 1 2 3 4 และ 5 เซนติเมตร โดยใช้อุปกรณ์ Standard Wave Apparatus ตรวจวัดค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของแผ่นตัวอย่างวัสดุดูดซับเสียง เมื่อเสียงที่ตกกระทบเป็นคลื่นความถี่บริสุทธิ์ที่มีแหล่งกำเนิดจากเครื่อง Audiometer ที่มีความถี่ 4 ระดับ คือ 250 500 1000 และ 2000 Hz และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การลดระดับเสียงของแผ่นตัวอย่างวัสดุดูดซับเสียงที่ทำจากวัสดุเหลือใช้แต่ละชนิด ที่อัตราส่วนผสมและความหนาต่าง ๆ โดยจากผลการทดลองพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของแผ่นตัวอย่างวัสดุดูดซับเสียง ไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุเหลือใช้ อัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ etailoylik ไนต์กับวัสดุเหลือใช้และความหนาของแผ่นตัวอย่างวัสดุดูดซับเสียง โดยพบว่า เมื่อความถี่ของเสียงที่ตกกระทบมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 250Hz เป็น 2000Hz จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงเฉลี่ยของแผ่นตัวอย่างวัสดุดูดซับเสียงที่ใช้แกลบเป็นวัสดุผสมมีค่าลดลงจาก 0.81 เป็น 0.49 ส่วนแผ่นตัวอย่างวัสดุดูดซับเสียงที่ใช้จี้เลื่อยและขุยมะพร้าวเป็นวัสดุผสมมีค่าลดลงจาก 0.50 เป็น 0.43 และจาก 0.82 เป็น 0.47 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.2 และ ภาพที่ 2.11

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงและค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การลดระดับเสียง

วัสดุ	อัตราส่วนผสม (ปูน:etailoylik:วัสดุ)	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง				NRC
		250	500	1000	2000	
แกลบ	5:1:6	0.84	0.81	0.76	0.51	0.73
	5:1:9	0.83	0.82	0.76	0.54	0.74
	5:1:12	0.72	0.69	0.58	0.38	0.59
	4:2:6	0.84	0.81	0.76	0.52	0.73
	4:2:9	0.82	0.80	0.74	0.54	0.73
	4:2:12	0.78	0.77	0.71	0.45	0.68
จี้เลื่อย	5:1:6	0.82	0.80	0.75	0.48	0.71
	5:1:9	0.81	0.79	0.75	0.43	0.70
	5:1:12	0.78	0.77	0.72	0.42	0.67
	4:2:6	0.79	0.78	0.73	0.43	0.68
	4:2:9	0.80	0.77	0.72	0.42	0.68
	4:2:12	0.78	0.78	0.71	0.43	0.68

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

วัสดุ	อัตราส่วนผสม (ปูน:เถ้าลอย:วัสดุ)	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง				NRC
		250	500	1000	2000	
ขุยมะพร้าว	5:1:6	0.83	0.80	0.75	0.50	0.72
	5:1:9	0.84	0.82	0.76	0.52	0.74
	5:1:12	0.81	0.79	0.74	0.48	0.71
	4:2:6	0.83	0.81	0.76	0.45	0.71
	4:2:9	0.81	0.80	0.73	0.48	0.70
	4:2:12	0.80	0.80	0.72	0.40	0.68

หมายเหตุ: NRC คือ ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนของเสียง ดังแสดงในสมการที่ 2.5

โดยมีสมการความสัมพันธ์อยู่ในรูปสมการ Quadratic ($\alpha_a = b_0 - b_1 f + b_2 f^2$) ซึ่งวัสดุผสม
 แกลบมีสมการความสัมพันธ์ คือ $\alpha_a = 0.816 - 3 \times 10^{-5} f - 7 \times 10^{-8} f^2$, วัสดุผสมขี้เถ้ามีสมการความ
 สัมพันธ์ คือ $\alpha_a = 0.790 - 4.9 \times 10^{-5} f - 1 \times 10^{-7} f^2$, และวัสดุผสมขุยมะพร้าวมีสมการความสัมพันธ์ คือ
 $\alpha_a = 0.820 - 1.7 \times 10^{-5} f - 1 \times 10^{-7} f^2$ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงดังของตัวอย่างวัสดุดูด
 ชับเสียงที่ทำจากวัสดุเหลือใช้แต่ละชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน คือ แผ่นตัวอย่างวัสดุดูดกลืนเสียงที่ใช้
 แกลบเป็นวัสดุผสม มีค่าสัมประสิทธิ์การลดระดับเสียงระหว่าง 0.59 ถึง 0.74 และมีค่าเฉลี่ยของทุก
 อัตราส่วนผสมเท่ากับ 0.70 ส่วนแผ่นตัวอย่างวัสดุดูดกลืนเสียงที่ใช้ขี้เถ้าและขุยมะพร้าวเป็นวัสดุ
 ผสม มีค่าสัมประสิทธิ์ การลดระดับเสียงระหว่าง 0.67 ถึง 0.71 และ 0.68 ถึง 0.74 และมีค่าเฉลี่ยเท่า
 กับ 0.69 และ 0.71 ตามลำดับ (ศักดิ์ชัย อมรศักดิ์ชัย, 2541) นอกจากนี้ยังได้มีการทดลองนำปูน
 ปลาสเตอร์ มาใช้เป็นสารเชื่อมประสาน โดยจากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพในการลดระดับ
 ความดังเสียงของวัสดุพูนที่ใช้ส่วนประกอบต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ แกลบ ขี้กบและขุยมะพร้าว
 ทดลองโดยใช้แหล่งกำเนิดเสียงทั้งแบบความถี่เดียวและเสียงรบกวนที่มีระดับความดังของเสียง 90
 dBA พบว่า วัสดุทั้ง 3 ชนิดมีประสิทธิภาพในการลดระดับความดังเสียงที่แตกต่างกัน ทั้งในแง่ความ
 สามารถในการส่งผ่านเสียง และการดูดกลืนเสียง เนื่องจากคุณสมบัติเฉพาะตัวของวัสดุพูนแต่ละ
 ชนิด เมื่อวัสดุพูนมีความหนาเท่ากันความสามารถในการส่งผ่านเสียงของวัสดุพูนจะแปรผกผัน
 กับความถี่เสียง ส่วนความสามารถในการดูดกลืนเสียงของวัสดุจะแปรผันตรงกับความถี่เสียง ยก
 เว้นเสียงที่มีความถี่ในช่วง 1,000-2,000 Hz พบว่าวัสดุพูนทั้ง 3 ชนิดสามารถส่งผ่านเสียงได้ดีกว่า
 การดูดกลืนเสียงเนื่องจากเกิดปรากฏการณ์ กำทอนในช่วงความถี่นั้นๆ ทั้งนี้ความสัมพันธ์ของ

สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง และสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความหนาของวัสดุมีความสัมพันธ์เป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล ยกเว้นเสียงที่มีความถี่ในช่วง 1,000-2,000 Hz สำหรับวัสดุพอร์นที่ใช้เกลบและจี้กบเป็นส่วนประกอบ เพราะเกิดการกำทอนที่ความถี่นั้นๆ ทั้งนี้ความสัมพันธ์ของความสามารถในการลดระดับความดังเสียงกับความหนาของวัสดุพอร์นต่อเสียงรบกวน (มอเตอร์ไซค์) เป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียลโดยวัสดุพอร์นที่มีความหนา 5.0 เซนติเมตรที่ระยะห่าง 60 เซนติเมตรจากแหล่งกำเนิดพบว่าวัสดุพอร์นที่ใช้เกลบ จี้กบและใยมะพร้าวเป็นส่วนประกอบพบว่าสัมประสิทธิ์การลดระดับความดังเสียงเท่ากับ 98.56 96.39 และ 37.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับสัมประสิทธิ์การลดระดับความดังเสียงของวัสดุพอร์นต่อเสียงชนิดความถี่เดี่ยวพบว่าวัสดุพอร์นที่ใช้เกลบ จี้กบและใยมะพร้าว เป็นส่วนประกอบมีค่า เท่ากับ 0.91 0.89 และ 0.46 ตามลำดับ (นิรันดร์ วิทอนันต์, 2535) โดยยังมีการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่าการนำเส้นใยพืชไปทำความสะอาดโดยการแช่ใน สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้ จะช่วยในการทำความสะอาดและกำจัดเส้นใยที่อยู่ตามผิวเส้นใย อีกทั้งยังลดความแข็งกระด้างของเส้นใยทำให้ผสมกับซีเมนต์ได้ง่ายและสม่ำเสมอขึ้น (A. Ramirez-Coretti, 1992) จึงกล่าวได้ว่าสารเชื่อมประสานและวิธีการที่ใช้ในการผสมเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับเสียง

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้วัสดุพืชแห้งและเส้นใยไฟเบอร์เป็นวัสดุดูดซับเสียงโดยใช้ซีเมนต์เป็นสารเชื่อมประสาน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาเสียงรบกวน อีกทั้งยังเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาของเสียจากอุตสาหกรรมการเกษตร อาทิเช่น ชานอ้อยที่เหลือจากอุตสาหกรรมน้ำตาล ซึ่งมีจำนวนถึง 300 กิโลกรัมต่ออ้อยที่เข้าสู่ระบบ 1 ตัน และกามมะพร้าวที่เหลือจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์มะพร้าว นอกจากนี้ยังเป็นการแก้ปัญหาการขาดดุลการค้าเนื่องจากการนำเข้าวัสดุป้องกันเสียงรบกวนจากต่างประเทศ

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพืชมแห้งและเส้นใยแก้ว ได้ดำเนินการวิจัยคล้ายคลึงกับมาตรฐาน ASTM C423-90a และ ASTM E90-97 ภายในห้องทดลองขนาด 40 ลูกบาศก์เมตรและทำการสร้างแผ่นตัวอย่างวัสดุดูดซับเสียง บริเวณพื้นที่ศูนย์เครื่องมือ 4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 การสร้างแผ่นวัสดุดูดซับเสียง

3.2 เครื่องมือและห้องทดลองที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การศึกษาความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์

ดังมีรายละเอียดของวิธีการดำเนินการวิจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.1 การสร้างแผ่นวัสดุดูดซับเสียง

วัสดุดูดซับเสียงที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำและวัสดุเส้นใย 3 ชนิด ได้แก่ ชานอ้อย กาบมะพร้าวและเส้นใยแก้ว โดยมีอัตราส่วนผสมดังต่อไปนี้

1. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5:1 และชานอ้อย 5% โดยน้ำหนัก
2. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6:1 และชานอ้อย 5% โดยน้ำหนัก
3. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.7:1 และชานอ้อย 5% โดยน้ำหนัก
4. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.8:1 และชานอ้อย 5% โดยน้ำหนัก
5. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5:1 และกาบมะพร้าว 5% โดยน้ำหนัก
6. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6:1 และกาบมะพร้าว 5% โดยน้ำหนัก
7. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.7:1 และกาบมะพร้าว 5% โดยน้ำหนัก
8. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.8:1 และกาบมะพร้าว 5% โดยน้ำหนัก
9. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5:1 และเส้นใยแก้ว 5% โดยน้ำหนัก
10. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6:1 และเส้นใยแก้ว 5% โดยน้ำหนัก
11. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.7:1 และเส้นใยแก้ว 5% โดยน้ำหนัก
12. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.8:1 และเส้นใยแก้ว 5% โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 3.1 ลักษณะพื้นผิวแผ่นวัสดุซีเมนต์ผสมขาน้อย



ภาพที่ 3.2 ลักษณะพื้นผิวแผ่นวัสดุซีเมนต์ผสมกาบมะพร้าว



ภาพที่ 3.3 ลักษณะพื้นผิวแผ่นวัสดุซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้ว

3. เปิดเครื่องกำเนิดคลื่นความถี่และเครื่องวัด พร้อมทั้งปรับค่าความถี่ 125 Hz
4. เปิดเครื่องขยายสัญญาณและรอให้เสียงอิมพัลส์เต็มห้อง
5. ปิดเครื่องขยายสัญญาณและรอให้ความดังของเสียงลดลงจนถึงระดับเสียงพื้นฐาน (Background Noise) และทำการปรับค่าความถี่เป็น 250 Hz
6. เปิดเครื่องขยายสัญญาณอีกครั้งและรอให้เสียงอิมพัลส์เต็มห้อง
7. ทำตามขั้นตอนที่ 5 และ 6 อีกครั้ง โดยปรับค่าความถี่เป็น 500 1000 2000 และ 4000 Hz ตามลำดับ
8. ทำการหาค่าอัตราส่วน ความดังของเสียงที่ลดลงต่อวินาที (Rate of decay, dBA/sec)
9. ทำการยกแผ่นวัสดุ ขึ้นบนที่ตั้งแผ่นวัสดุเพื่อนำเข้าห้องทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 3.6 และ 3.15
10. ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง ตามขั้นตอนที่ 1-8 โดยทำการติดตั้งแผ่นวัสดุและเครื่องวัดเสียง ดังแสดงในภาพที่ 3.16-3.18
11. ทำการคำนวณหาค่าความสามารถในการดูดซับเสียง (Absorption Coefficient, α)
12. ทำการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC)

การตรวจวัดและรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (Transmission loss, TL) ของแผ่นวัสดุ โดยจัดเตรียมและติดตั้งเครื่องมือต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 3.4 และดำเนินการทดลองตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ทำการยกแผ่นวัสดุ เข้าติดตั้งในกรอบ ดังแสดงในภาพที่ 3.6 และ 3.19
2. ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิภายในห้องทดลอง ($^{\circ}\text{C}$)
3. ทำการติดตั้งเครื่องวัดเสียง ทั้งในห้องแหล่งกำเนิดเสียงและห้องรับเสียง พร้อมทั้งเริ่มบันทึกค่าระดับความดังของเสียง ดังแสดงในภาพที่ 3.20-3.23
4. เปิดเครื่องกำเนิดคลื่นความถี่และเครื่องวัด พร้อมทั้งปรับค่าความถี่ 125 Hz
5. เปิดเครื่องขยายสัญญาณและรอให้เสียงอิมพัลส์เต็มห้อง
6. ปิดเครื่องขยายสัญญาณและรอให้ความดังของเสียงลดลงจนถึงระดับเสียงพื้นฐาน (Background Noise) และทำการปรับค่าความถี่เป็น 250 Hz
7. เปิดเครื่องขยายสัญญาณอีกครั้งและรอให้เสียงอิมพัลส์เต็มห้อง
8. ทำตามขั้นตอนที่ 5 และ 6 อีกครั้ง โดยปรับค่าความถี่เป็น 500 1000 2000 และ 4000 Hz ตามลำดับ

โดยเส้นใยพีชที่ใช้ในการผสมซีเมนต์ทั้งหมด จะผ่านการทำความสะอาดโดยการนำเส้นใยพีชไปแช่ใน สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) ความเข้มข้น 2% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้เพื่อช่วยในการทำความสะอาดและกำจัดเส้นใยที่อยู่ตามผิวเส้นใย อีกทั้งยังลดความแข็งแรงของเส้นใย ทำให้ผสมกับซีเมนต์ได้ง่ายและสม่ำเสมอขึ้น

ทำการผสมอัตราส่วนผสมต่างๆ ให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสม หลังจากนั้นนำไปเทลงในแบบเหล็ก ขนาด 1 ตารางเมตร และสูง 5.0 7.5 และ 10.0 เซนติเมตร ทำการปรับผิวให้เรียบโดยการฉาบ ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งโดยมีลักษณะ ดังแสดงในภาพที่ 3.1-3.3 หลังจากนั้นนำไปทำเครื่องหมายระบุอัตราส่วนผสม เช่น ตัวเลข 0.6 สีเขียว หมายถึง ชานอ้อยที่มีอัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ 0.6 และทำการบ่ม เป็นเวลา 28 วัน

3.2 เครื่องมือและห้องทดลองที่ใช้ในการวิจัย

- 3.2.1 เครื่องกำเนิดคลื่นความถี่ (ภาพที่ 3.4)
- 3.2.2 เครื่องวัดค่าความถี่ (ภาพที่ 3.4)
- 3.2.3 เครื่องขยายสัญญาณ (ภาพที่ 3.4)
- 3.2.4 ลำโพง
- 3.2.5 เครื่องวัดเสียง (Sound Level Meter) ผลิตโดย Rion Co., LTD. รุ่น NL-21 (ภาพที่ 3.5)
- 3.2.6 เครื่องยกแผ่นวัสดุ (ภาพที่ 3.6)
- 3.2.7 ห้องทดลอง (ภาพที่ 3.7)
- 3.2.8 แบบหล่อแผ่นวัสดุดูดซับเสียง (ภาพที่ 3.8 และ 3.9)
- 3.2.9 แบบหล่อแท่งคอนกรีตทดสอบค่ากำลัง (ภาพที่ 3.10 และ 3.11)
- 3.2.10 เครื่องทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด (ภาพที่ 3.12)
- 3.2.11 เครื่องทดสอบค่ากำลังรับแรงดัด (ภาพที่ 3.13)

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

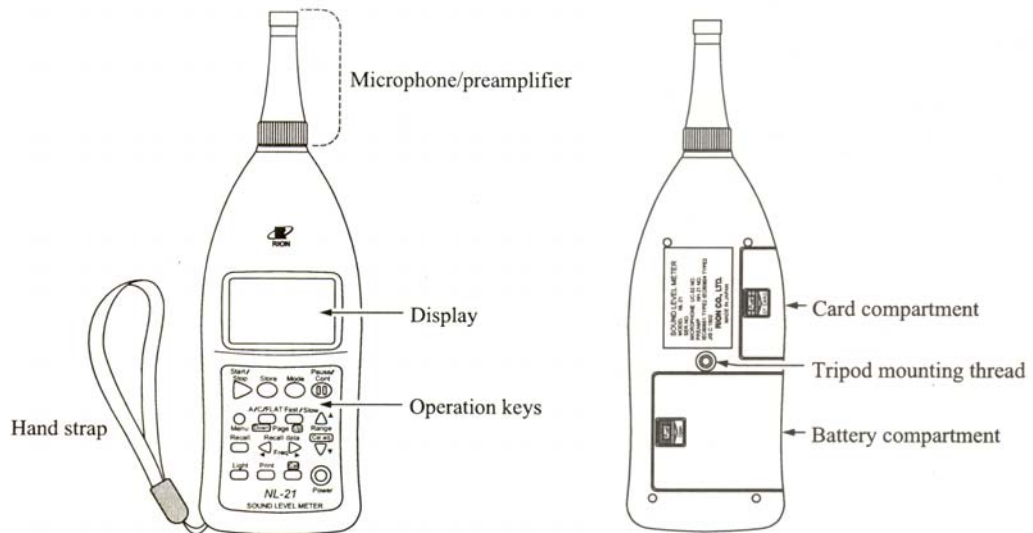
การตรวจวัดและรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient, α) ของแผ่นวัสดุโดยติดตั้งเครื่องมือต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 3.4 และดำเนินการทดลองตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิภายในห้องทดลอง ($^{\circ}\text{C}$)
2. ทำการติดตั้งเครื่องวัดเสียง ทั้ง 2 เครื่องและเริ่มบันทึกค่าระดับความดังของเสียง หลังจากปิดประตูห้องทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 3.14

9. ทำการบันทึกค่าความดังของเสียงหลังจากความดังของเสียงอ้อมตัว ในแต่ละช่วงความถี่ ภายในห้องกำเนิดเสียงและห้องรับเสียง
 10. ทำการหาค่าอัตราส่วน ความดังของเสียงที่ลดลงต่อวินาที (Rate of decay, dBA/sec) ภายในห้องรับเสียง
 11. ทำการคำนวณหาค่าความสามารถในการดูดซับเสียงภายในห้องรับเสียง หลังจากติดตั้งแผ่นวัสดุเข้ากรอบ (Absorption Coefficient, α)
 12. ทำการคำนวณหาค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (Transmission loss, TL)
- 3.4 ศึกษาความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ ในการนำมาใช้ทดแทนวัสดุดูดซับเสียงที่ใช้ในปัจจุบัน โดยทำการเปรียบเทียบ ค่าความสามารถในการลดระดับเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) อายุการใช้งาน และต้นทุนการผลิต



ภาพที่ 3.4 อุปกรณ์กำเนิดคลื่นเสียง ประกอบด้วย 1.เครื่องขยายสัญญาณ 2.เครื่องกำเนิดคลื่นความถี่และ 3. เครื่องวัดค่าความถี่



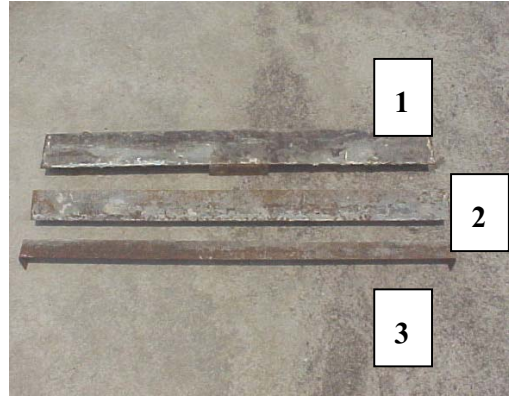
ภาพที่ 3.5 เครื่องวัดเสียง (Sound Level Meter) รุ่น NL-21 ผลิตโดย Rion Co., LTD.



ภาพที่ 3.6 แสดงการยกแผ่นวัสดุ



ภาพที่ 3.7 ห้องทดลองการดูดซับเสียงและสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน



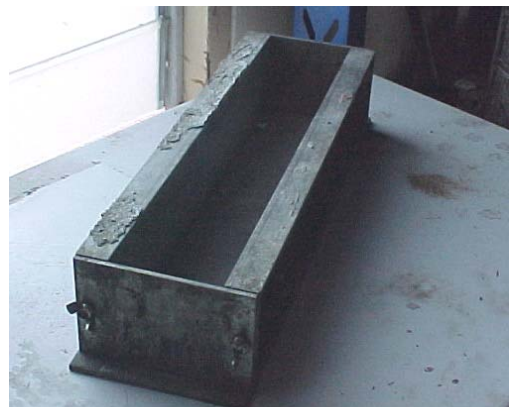
ภาพที่ 3.8 แบบหล่อแผ่นวัสดุชุบเสี้ยน : 1. กรอบความหนา 10 Cm. 2. กรอบความหนา 7.5 Cm. และ 3. กรอบความหนา 5 Cm.



ภาพที่ 3.9 แบบหล่อแผ่นวัสดุชุบเสี้ยน ความหนา 5 Cm.



ภาพที่ 3.10 แบบหล่อแท่งคอนกรีตทดสอบ
ค่ากำลังรับแรงอัด
(Compressive Strength)



ภาพที่ 3.11 แบบหล่อแท่งคอนกรีตทดสอบ
ค่ากำลังรับแรงดัด
(Flexural Strength)



ภาพที่ 3.12 เครื่องทดสอบค่าความสามารถ
ในการรับแรงอัด



ภาพที่ 3.13 เครื่องทดสอบค่าความสามารถ
ในการรับแรงดัด



ภาพที่ 3.14 ลักษณะการติดตั้งเครื่องวัดเสียง
ภายในห้องทดลอง



ภาพที่ 3.15 ลักษณะการติดตั้งแผ่นวัสดุ



ภาพที่ 3.16 ลักษณะการติดตั้งเครื่องวัดเสียงภายในห้องทดลองการดูดซับเสียง



ภาพที่ 3.17 ลักษณะการติดตั้งแผ่นวัสดุภายในห้องทดลองการดูดซับเสียง



ภาพที่ 3.18 ลักษณะการติดตั้งแหล่งกำเนิดเสียงในห้องทดลอง



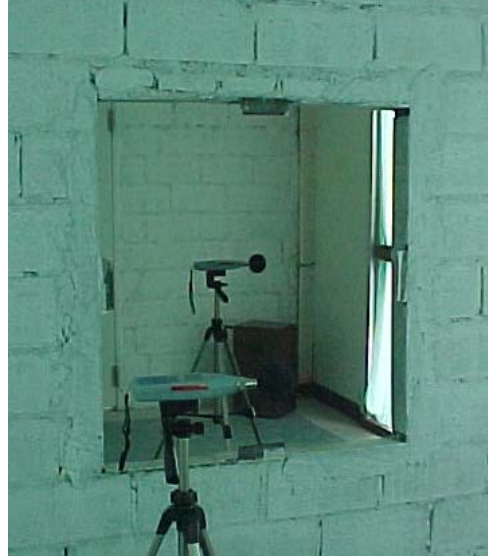
ภาพที่ 3.19 ลักษณะการติดตั้งแผ่นวัสดุ เพื่อทดสอบค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน



ภาพที่ 3.20 ลักษณะการติดตั้งเครื่องวัดเสียงในห้องกำเนิดเสียง หลังจากติดตั้งแผ่นวัสดุ



ภาพที่ 3.21 ลักษณะการติดตั้งเครื่องวัดเสียง
ในห้องรับเสียง (Receiver Room)



ภาพที่ 3.22 เปรียบเทียบลักษณะ การติดตั้ง
เครื่องวัดเสียงในห้องทดลอง



ภาพที่ 3.23 ลักษณะการติดตั้งแหล่งกำเนิด (Loud speaker) เสียงในห้องกำเนิดเสียง
(Source Room) ภายในห้องทดลองการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปราย

4.1 รายงานผลการวิจัย

4.1.1 ลักษณะและคุณสมบัติของห้องทดลอง (Reverberation Room)

ห้องทดลองที่ใช้เป็นห้องสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 40 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 3.7 ประกอบด้วย ผนังอิฐเคลือบสี 4 ด้าน หน้าต่าง 3 บาน ม่านบางและฝ้ายิปซัมบอร์ด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ดังแสดงในสมการที่ 2.2 (Absorption Coefficient, α) และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง ดังแสดงในสมการที่ 2.5 (Noise Reduction Coefficient, NRC) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของห้องทดลอง

	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient)						NRC
	125	250	500	1000	2000	4000	
ห้องทดลอง (Reverberation room)	0.213	0.187	0.225	0.186	0.210	0.177	0.202

หมายเหตุ: NRC คือ ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง ดังแสดงในสมการที่ 2.5

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 พบว่าการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของห้องทดลองในช่วงความถี่ต่างๆสลับกัน เกิดจากปรากฏการณ์การสั่นพ้องในห้อง (Modes) และปรากฏการณ์การก้องของเสียง ซึ่งปรากฏการณ์การสั่นพ้องในห้อง (Modes) เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดในห้องซึ่งมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมหรือมีกำแพงขนานกัน โดยในกรณีที่เป็นเพดานและพื้นซึ่งเป็นรูปสองมิติ การสะท้อนเสียงทั้งสี่ด้านของผนังห้องเรียกว่า tangential modes แต่ถ้าเป็นการสะท้อนสามมิติ คือ เพดาน ผนังห้อง และพื้น เรียกว่า oblique modes จากการศึกษาพบว่า modes เหล่านี้เป็นเหตุให้เกิดการไม่เท่ากันของเสียงภายในห้อง ซึ่งทำให้เสียงมีความผิดเพี้ยน (Distortion) โดยปรากฏการณ์นี้จะไม่เกิดขึ้นเฉพาะในกรณีที่มีความถี่ของเสียงกับความถี่ธรรมชาติของห้องเท่ากัน (เกษม จันทรแก้ว, 2541) ปรากฏการณ์การก้องของเสียง (Reverberation) คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับฝาผนัง, พื้น, เพดาน และสิ่งกีดขวางที่อยู่ภายในห้อง เมื่อได้รับพลังงานเสียงสิ่งเหล่านี้จะทำให้เกิดการสะท้อนเสียงโดยเสียงที่สะท้อนนั้นจะเป็นอิสระของแต่ละสถานที่ภายในห้องและจากผล

การศึกษาเวลาที่ใช้ในการลดความก้องของเสียงจากเดิมให้เหลือ 60 dB ภายหลังจากที่แหล่งกำเนิดเสียงหยุดการเกิดเสียงลงแล้ว หรือ ค่า RT_{60} พบว่าค่า RT_{60} จะขึ้นกับขนาดของห้องและความสามารถในการดูดซับเสียงของห้อง โดยหากห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient) สูงกว่า 0.8 เวลาที่เกิดเสียงก้องจะน้อย

4.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของแผ่นวัสดุ (Absorption Coefficient, α)

จากผลการตรวจวัด ค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง (Rate of Decay) ดังแสดงใน ตารางที่ 1ก-1ก เมื่อได้นำผลการทดลองดังกล่าว มาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient, α) และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) พบว่ามีผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.2-4.4

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ของแผ่นวัสดุชานอ้อยผสมซีเมนต์

ความหนา (Cm.)	W/C ratio	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient)						NRC
		125	250	500	1000	2000	4000	
5	0.5	0.005	0.041	0.037	0.101	0.035	0.086	0.053
	0.6	0.012	0.044	0.054	0.097	0.082	0.078	0.069
	0.7	0.007	0.017	0.033	0.087	0.019	0.070	0.039
	0.8	0.003	0.025	0.034	0.039	0.046	0.050	0.036
7.5	0.5	0.021	0.059	0.044	0.113	0.066	0.134	0.070
	0.6	0.013	0.047	0.039	0.111	0.092	0.094	0.072
	0.7	0.011	0.039	0.041	0.090	0.052	0.086	0.055
	0.8	0.007	0.037	0.039	0.046	0.052	0.063	0.043
10	0.5	0.025	0.078	0.049	0.133	0.117	0.186	0.094
	0.6	0.008	0.061	0.057	0.135	0.106	0.146	0.090
	0.7	0.021	0.053	0.058	0.111	0.082	0.111	0.076
	0.8	0.003	0.044	0.030	0.047	0.059	0.107	0.045

หมายเหตุ: NRC คือ ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง ดังแสดงในสมการที่ 2.5

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ของแผ่นวัสดุคานมะพร้าวผสมซีเมนต์

ความหนา (Cm.)	W/C ratio	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient)						NRC
		125	250	500	1000	2000	4000	
5	0.5	0.200	0.357	0.341	0.466	0.488	0.504	0.413
	0.6	0.363	0.451	0.457	0.567	0.573	0.487	0.512
	0.7	0.512	0.495	0.605	0.651	0.641	0.423	0.598
	0.8	0.413	0.521	0.523	0.690	0.452	0.517	0.546
7.5	0.5	0.301	0.395	0.471	0.534	0.581	0.523	0.495
	0.6	0.443	0.462	0.558	0.633	0.546	0.531	0.550
	0.7	0.479	0.587	0.603	0.712	0.659	0.546	0.640
	0.8	0.492	0.524	0.564	0.692	0.622	0.563	0.601
10	0.5	0.406	0.585	0.631	0.721	0.778	0.569	0.679
	0.6	0.437	0.534	0.570	0.691	0.629	0.714	0.606
	0.7	0.479	0.596	0.609	0.805	0.728	0.639	0.684
	0.8	0.543	0.611	0.722	0.839	0.756	0.594	0.732

หมายเหตุ: NRC คือ ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง ดังแสดงในสมการที่ 2.5

จากข้อมูลในตารางที่ 4.2-4.3 พบว่าลักษณะการเพิ่มขึ้นและลดลง ของค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) ของแผ่นวัสดุคานอ้อยผสมซีเมนต์และวัสดุคานมะพร้าวผสมซีเมนต์ ในช่วงอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่างๆที่ความหนา 10 เซนติเมตร ซึ่งมีลักษณะแตกต่างจากความหนา 5 และ 7.5 เซนติเมตร ในช่วงอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เดียวกัน เนื่องจากปรากฏการณ์การกำทอนของเสียงภายในช่องว่างของเนื้อวัสดุ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่วัสดุหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่งเกิดการสั่นตัว เมื่อได้รับการกระตุ้นโดยคลื่นที่มีความถี่ตรงกับความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) ของวัสดุหรือสิ่งของนั้น ทำให้เกิดการสั่นตัวอย่างรุนแรงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุมีค่าเปลี่ยนแปลง ประกอบกับลักษณะของวัสดุเส้นใยคานอ้อยและคานมะพร้าว ซึ่งมีความความหนาแน่นและความสม่ำเสมอต่ำกว่าเมื่อวัสดุเส้นใยแก้ว ทำให้การสูญเสียพลังงานเนื่องจากการเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ ซึ่งตรงกับผลการศึกษาของ นิรันดร์ วิทอนันต์, 2535

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ของแผ่นวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์

ความหนา (Cm.)	W/C ratio	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient)						NRC
		125	250	500	1000	2000	4000	
5	0.5	0.430	0.450	0.630	0.640	0.419	0.593	0.535
	0.6	0.261	0.395	0.456	0.522	0.543	0.308	0.479
	0.7	0.539	0.512	0.648	0.650	0.738	0.749	0.637
	0.8	0.366	0.460	0.488	0.498	0.437	0.480	0.471
7.5	0.5	0.540	0.602	0.616	0.895	0.728	0.791	0.710
	0.6	0.468	0.582	0.592	0.589	0.604	0.658	0.592
	0.7	0.517	0.608	0.661	0.668	0.846	0.588	0.696
	0.8	0.456	0.511	0.554	0.551	0.540	0.541	0.539
10	0.5	0.485	0.576	0.810	0.925	0.654	0.881	0.741
	0.6	0.526	0.651	0.678	0.623	0.688	0.732	0.660
	0.7	0.605	0.779	0.756	0.742	0.915	0.850	0.798
	0.8	0.433	0.547	0.604	0.594	0.675	0.616	0.605

หมายเหตุ: NRC คือ ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง ดังแสดงในสมการที่ 2.5

จากข้อมูลในตารางที่ 4.2-4.4 พบว่าสามารถจำแนกชนิดของแผ่นวัสดุตามรูปแบบกลไกในการดูดซับเสียงโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของแผ่นวัสดุ (Absorption Coefficient, α) และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) ในช่วงความถี่ต่างๆ ได้เป็น 2 ลักษณะ คือ วัสดุดูดซับเสียงแบบเมมเบรน (membrane absorber) และ วัสดุดูดซับเสียงแบบรูพรุน (porous absorber) ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงลักษณะกลไกในการดูดซับเสียงของวัสดุชนิดต่างๆ

วัสดุ	ความหนา (Cm)	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์			
		0.5	0.6	0.7	0.8
ชานอ้อย	5	membrane	membrane	membrane	porous
	7.5	membrane	membrane	membrane	porous
	10	membrane	membrane	membrane	porous
กาบมะพร้าว	5	porous	membrane	membrane	membrane
	7.5	porous	membrane	membrane	membrane
	10	porous	membrane	membrane	membrane

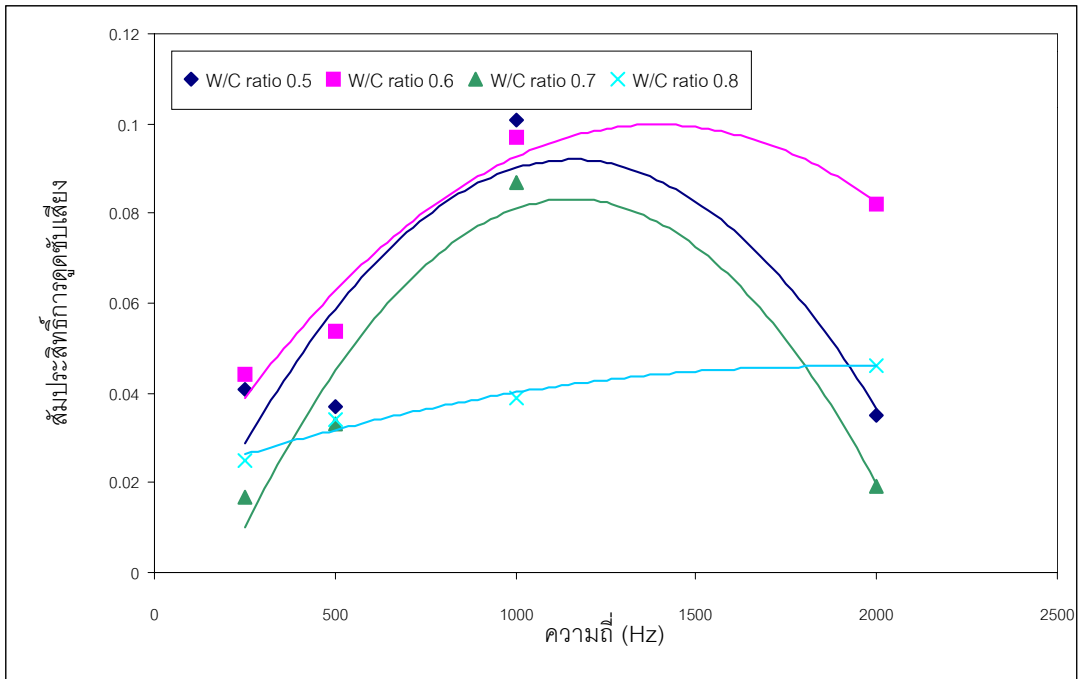
ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

วัสดุ	ความหนา (Cm)	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์			
		0.5	0.6	0.7	0.8
เส้นใยแก้ว	5	membrane	porous	porous	porous
	7.5	membrane	porous	porous	porous
	10	membrane	porous	porous	porous

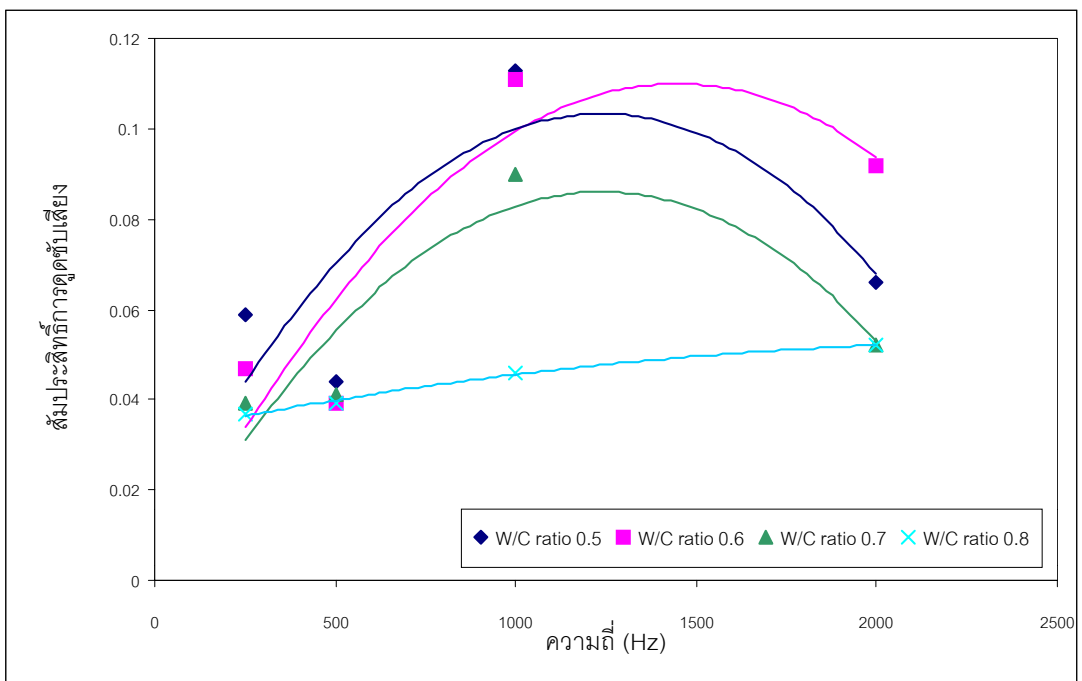
โดยจากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) สามารถจำแนกชนิดของวัสดุได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่วัสดุสะท้อนเสียง ได้แก่วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียงอยู่ในช่วง 0-0.2 และวัสดุที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงสูง ได้แก่วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียงอยู่ในช่วง 0.4-0.7 ซึ่งจากข้อมูลในตารางที่ 4.2-4.4 พบว่า วัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์เป็นวัสดุสะท้อนเสียงโดยมีค่า สัมประสิทธิ์การลดลงของเสียงอยู่ในช่วง 0.036-0.094, วัสดุ กาบมะพร้าวผสมซีเมนต์และวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์เป็นวัสดุดูดซับเสียงที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียงอยู่ในช่วง 0.413-0.732 และ 0.471-0.798 ตามลำดับ โดยมีลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ดังแสดงในตารางที่ 4.6-4.8 และภาพที่ 4.1-4.9

ตารางที่ 4.6 แสดงสมการความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง(Absorption Coefficient) และความถี่ (f) วัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์
เมื่อ 250 Hz < f < 2000 Hz

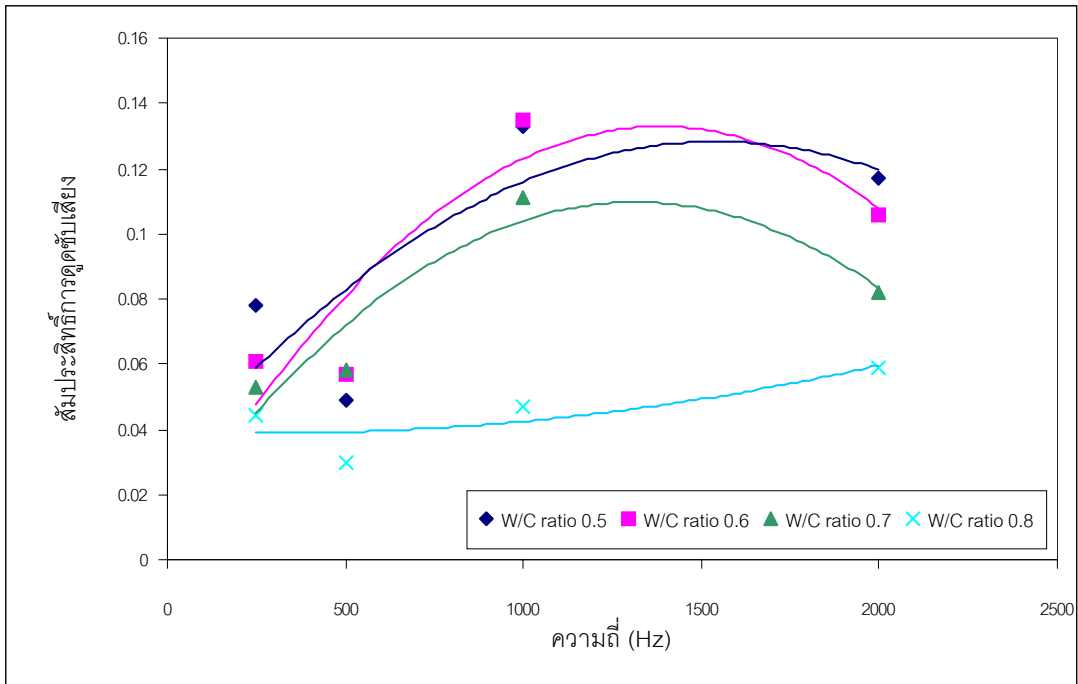
วัสดุ	W/C ratio	ความหนา	สมการ	R ²
ขานอ้อยผสมซีเมนต์	0.5	5	Absorption Coefficient = $-7.7926E-08f^2 + 1.7986E-04f - 1.1778E-02$	0.761
	0.6	5	Absorption Coefficient = $-4.6271E-08f^2 + 1.2940E-04f + 9.2308E-03$	0.936
	0.7	5	Absorption Coefficient = $-8.9758E-08f^2 + 2.0735E-04f - 3.6222E-02$	0.935
	0.8	5	Absorption Coefficient = $-7.1588E-09f^2 + 2.6894E-05f + 2.0252E-02$	0.963
ขานอ้อยผสมซีเมนต์	0.5	7.5	Absorption Coefficient = $-6.1447E-08f^2 + 1.5221E-04f + 9.3685E-03$	0.591
	0.6	7.5	Absorption Coefficient = $-5.3517E-08f^2 + 1.5446E-04f - 1.3191E-03$	0.765
	0.7	7.5	Absorption Coefficient = $-5.6259E-08f^2 + 1.3909E-04f - 2.3781E-04$	0.804
	0.8	7.5	Absorption Coefficient = $-2.7682E-09f^2 + 1.5032E-05f + 3.2968E-02$	0.988
ขานอ้อยผสมซีเมนต์	0.5	10	Absorption Coefficient = $-4.1626E-08f^2 + 1.2823E-04f + 2.9347E-02$	0.581
	0.6	10	Absorption Coefficient = $-6.7315E-08f^2 + 1.8624E-04f + 4.6406E-03$	0.790
	0.7	10	Absorption Coefficient = $-5.7335E-08f^2 + 1.5083E-04f + 1.0788E-02$	0.851
	0.8	10	Absorption Coefficient = $6.8162E-09f^2 - 3.1550E-06f + 3.9138E-02$	0.691



ภาพที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุขุขานอ้อยผสมซีเมนต์ ที่ความหนา 5 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $250\text{Hz} < f < 2000\text{Hz}$



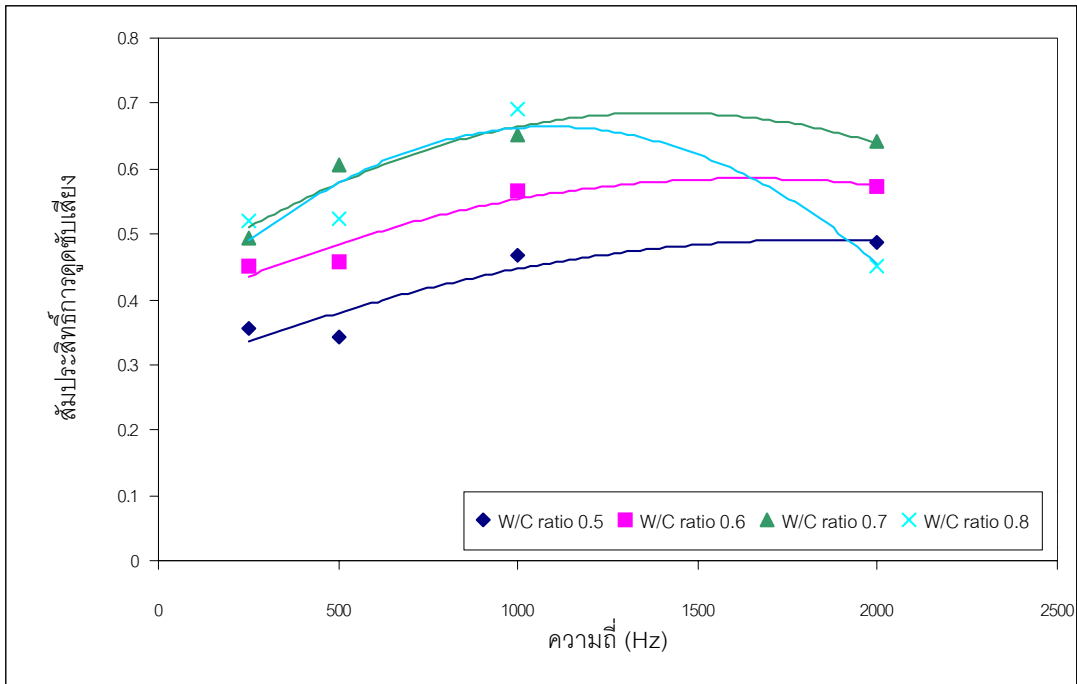
ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุขุขานอ้อยผสมซีเมนต์ ที่ความหนา 7.5 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $250\text{Hz} < f < 2000\text{Hz}$



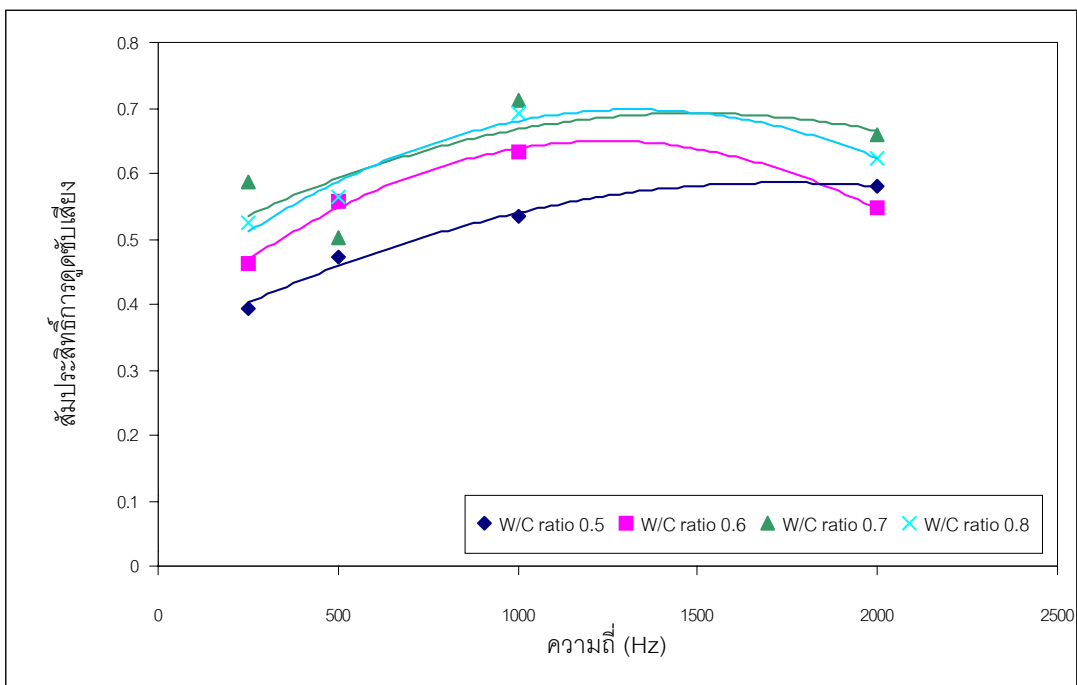
ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์ ที่ความหนา 10 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $250\text{Hz} < f < 2000\text{Hz}$

ตารางที่ 4.7 แสดงสมการความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง(Absorption Coefficient) และความถี่ (f) วัสดุ กาบมะพร้าวผสมซีเมนต์
เมื่อ $250 \text{ Hz} < f < 2000 \text{ Hz}$

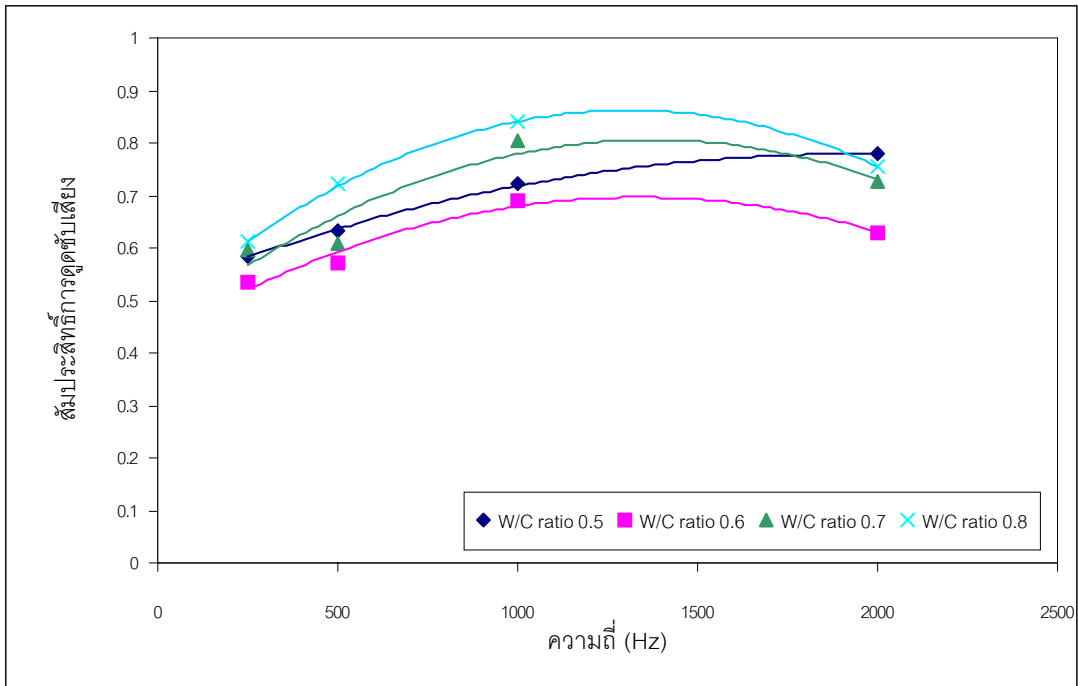
วัสดุ	W/C ratio	ความหนา	สมการ	R ²
กาบมะพร้าวผสมซีเมนต์	0.5	5	Absorption Coefficient = $-6.0577\text{E-}08f^2 + 2.2524\text{E-}04f + 2.8228\text{E-}01$	0.861
	0.6	5	Absorption Coefficient = $-7.7358\text{E-}08f^2 + 2.5370\text{E-}04f + 3.7676\text{E-}01$	0.912
	0.7	5	Absorption Coefficient = $-1.3244\text{E-}07f^2 + 3.7179\text{E-}04f + 4.2540\text{E-}01$	0.924
	0.8	5	Absorption Coefficient = $-2.4917\text{E-}07f^2 + 5.4115\text{E-}04f + 3.6986\text{E-}01$	0.841
กาบมะพร้าวผสมซีเมนต์	0.5	7.5	Absorption Coefficient = $-8.1877\text{E-}08f^2 + 2.8602\text{E-}04f + 3.3599\text{E-}01$	0.986
	0.6	7.5	Absorption Coefficient = $-1.8322\text{E-}07f^2 + 4.5693\text{E-}04f + 3.6469\text{E-}01$	0.988
	0.7	7.5	Absorption Coefficient = $-1.1803\text{E-}07f^2 + 3.1664\text{E-}04f + 5.0019\text{E-}01$	0.888
	0.8	7.5	Absorption Coefficient = $-1.6206\text{E-}07f^2 + 4.2930\text{E-}04f + 4.1335\text{E-}01$	0.947
กาบมะพร้าวผสมซีเมนต์	0.5	10	Absorption Coefficient = $-6.9748\text{E-}08f^2 + 2.6875\text{E-}04f + 5.1950\text{E-}01$	0.998
	0.6	10	Absorption Coefficient = $-1.4797\text{E-}07f^2 + 3.9518\text{E-}04f + 4.3211\text{E-}01$	0.943
	0.7	10	Absorption Coefficient = $-1.8929\text{E-}07f^2 + 5.2065\text{E-}04f + 4.4776\text{E-}01$	0.859
	0.8	10	Absorption Coefficient = $-2.2226\text{E-}07f^2 + 5.8142\text{E-}04f + 4.8230\text{E-}01$	0.998



ภาพที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุทาบมะพร้าวผสมซีเมนต์ที่มีความหนา 5 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $250\text{Hz} < f < 2000\text{Hz}$



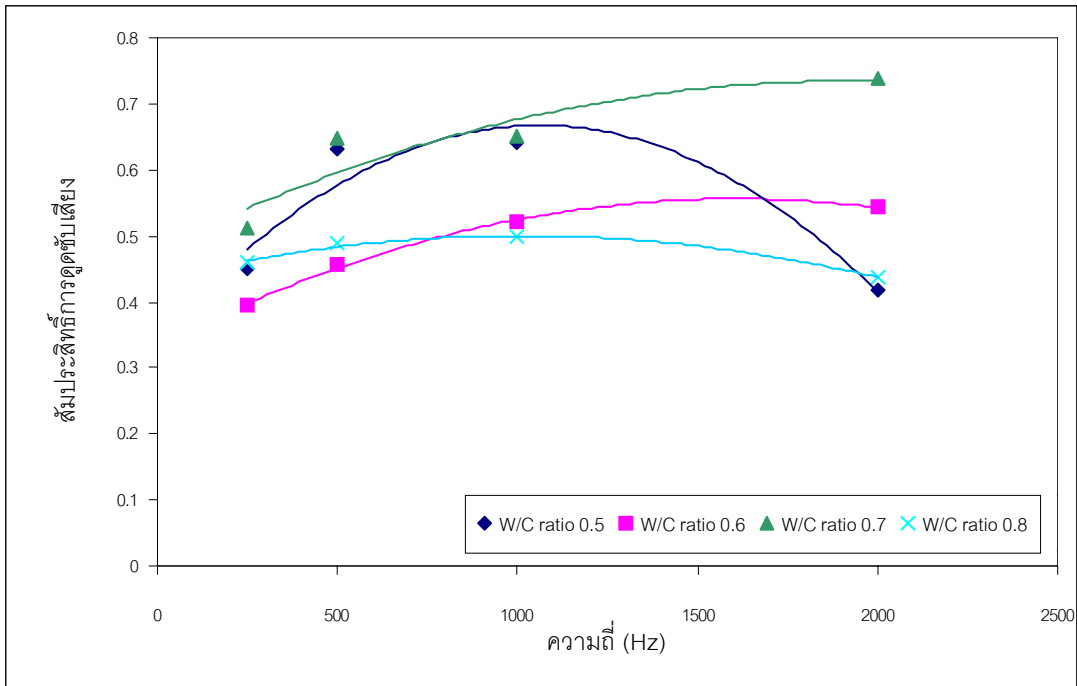
ภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุทาบมะพร้าวผสมซีเมนต์ที่มีความหนา 7.5 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $250\text{Hz} < f < 2000\text{Hz}$



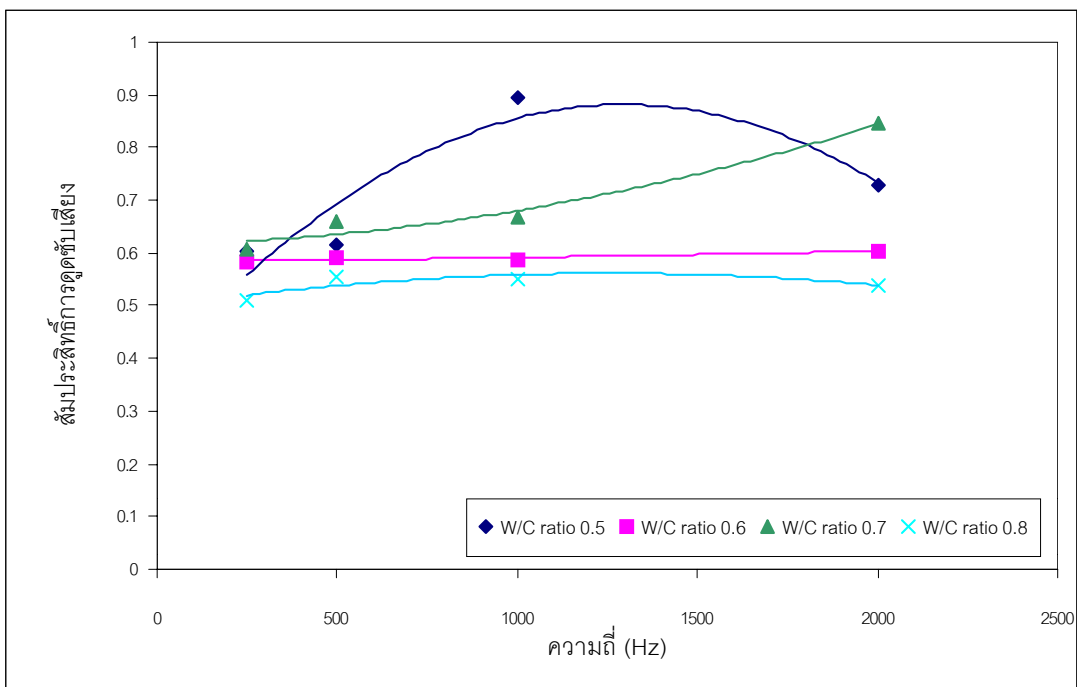
ภาพที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุทาบมะพร้าวผสมซีเมนต์ที่มีความหนา 10 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $250\text{Hz} < f < 2000\text{Hz}$

ตารางที่ 4.8 แสดงสมการความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง(Absorption Coefficient) และความถี่ (f) วัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์
เมื่อ $250 \text{ Hz} < f < 2000 \text{ Hz}$

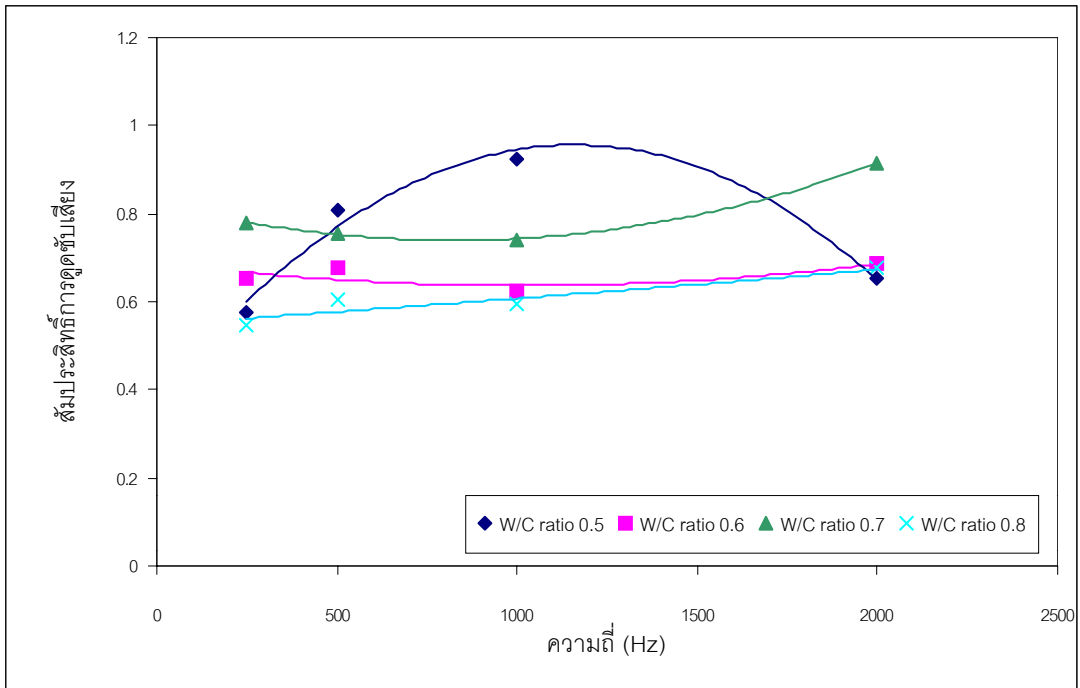
วัสดุ	W/C ratio	ความหนา	สมการ	R ²
เส้นใยแก้วผสมซีเมนต์	0.5	5	Absorption Coefficient = $-2.8572\text{E-}07f^2 + 6.0569\text{E-}04f + 3.4634\text{E-}01$	0.893
	0.6	5	Absorption Coefficient = $-8.5588\text{E-}08f^2 + 2.7540\text{E-}04f + 3.3461\text{E-}01$	0.996
	0.7	5	Absorption Coefficient = $-6.8829\text{E-}08f^2 + 2.6494\text{E-}04f + 4.8014\text{E-}01$	0.833
	0.8	5	Absorption Coefficient = $-6.4007\text{E-}08f^2 + 1.2926\text{E-}04f + 4.3468\text{E-}01$	0.986
เส้นใยแก้วผสมซีเมนต์	0.5	7.5	Absorption Coefficient = $-2.9688\text{E-}07f^2 + 7.6870\text{E-}04f + 3.8382\text{E-}01$	0.825
	0.6	7.5	Absorption Coefficient = $1.1407\text{E-}09f^2 + 8.4685\text{E-}06f + 5.8244\text{E-}01$	0.825
	0.7	7.5	Absorption Coefficient = $4.9263\text{E-}08f^2 + 1.6193\text{E-}05f + 6.1516\text{E-}01$	0.968
	0.8	7.5	Absorption Coefficient = $-4.1691\text{E-}08f^2 + 1.0469\text{E-}04f + 4.9637\text{E-}01$	0.653
เส้นใยแก้วผสมซีเมนต์	0.5	10	Absorption Coefficient = $-4.3166\text{E-}07f^2 + 1.0005\text{E-}03f + 3.7660\text{E-}01$	0.964
	0.6	10	Absorption Coefficient = $5.1698\text{E-}08f^2 - 1.0577\text{E-}04f + 6.9053\text{E-}01$	0.526
	0.7	10	Absorption Coefficient = $1.2617\text{E-}07f^2 - 2.0727\text{E-}04f + 8.2474\text{E-}01$	0.999
	0.8	10	Absorption Coefficient = $2.8470\text{E-}09f^2 + 5.6746\text{E-}05f + 5.4770\text{E-}01$	0.864



ภาพที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ที่มีความหนา 5 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $250\text{Hz} < f < 2000\text{Hz}$



ภาพที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ที่มีความหนา 7.5 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $250\text{Hz} < f < 2000\text{Hz}$



ภาพที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ที่มีความหนา 10 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $250\text{Hz} < f < 2000\text{Hz}$

4.1.3 ค่าการสูญเสียของพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (Transmission Loss, TL)

จากผลการตรวจวัดค่าความแตกต่างของความดังของเสียง ในห้องกำเนิดเสียง และห้องรับเสียง ประกอบกับค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง (Rate of Decay) ของห้องรับเสียงหลังจากทำการติดตั้งแผ่นวัสดุ ดังแสดงในตารางที่ 1ข-9ข เมื่อนำผลการทดลองดังกล่าว มาวิเคราะห์หาค่า %การสูญเสียของพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (Transmission Loss, TL) พบว่ามีผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.9-4.11

ตารางที่ 4.9 แสดง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน ของแผ่นวัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์

ความหนา (Cm.)	W/C ratio	% การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน					
		125	250	500	1000	2000	4000
5	0.5	32.10	25.97	20.40	19.65	29.19	23.50
	0.6	31.11	29.14	20.33	19.16	27.20	23.85
	0.7	31.10	26.89	22.45	21.25	30.42	25.25
	0.8	32.55	28.48	21.39	20.57	28.24	25.20
7.5	0.5	34.25	28.63	23.10	21.95	28.60	32.90
	0.6	33.40	31.01	23.37	21.14	29.01	36.50
	0.7	36.32	31.62	22.60	23.55	34.19	33.40
	0.8	33.26	32.01	22.71	22.19	34.25	34.45
10	0.5	36.74	29.30	24.88	23.34	31.98	36.53
	0.6	36.32	33.35	25.59	23.30	31.58	42.40
	0.7	41.72	37.53	25.76	25.10	37.08	44.20
	0.8	40.18	35.65	27.48	24.76	38.82	49.11

ตารางที่ 4.10 แสดง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน ของแผ่นวัสดุทาบมะพร้าวผสมซีเมนต์

ความหนา (Cm.)	W/C ratio	% การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน					
		125	250	500	1000	2000	4000
5	0.5	33.05	31.14	26.86	23.20	25.54	21.71
	0.6	23.97	25.12	31.57	20.06	23.12	33.61
	0.7	26.28	28.66	31.26	26.56	27.88	39.54
	0.8	34.67	31.00	25.20	24.08	33.04	27.61
7.5	0.5	37.70	36.08	31.57	27.99	27.56	32.82
	0.6	32.99	34.09	28.49	18.74	24.86	40.86
	0.7	31.70	30.89	32.43	29.05	31.04	50.20
	0.8	35.12	33.28	26.61	25.76	33.72	35.01
10	0.5	41.07	36.95	35.93	29.51	30.94	47.65
	0.6	41.97	40.74	43.67	25.71	41.63	44.39
	0.7	35.93	37.89	33.31	31.40	34.28	52.18
	0.8	32.41	34.12	28.82	28.86	36.84	40.52

ตารางที่ 4.11 แสดง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน ของแผ่นวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์

ความหนา (Cm.)	W/C ratio	% การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน					
		125	250	500	1000	2000	4000
5	0.5	27.06	29.33	36.01	26.24	22.75	27.06
	0.6	35.02	33.98	34.22	28.42	24.40	36.84
	0.7	27.24	29.73	24.49	41.49	25.02	31.57
	0.8	36.69	31.67	24.96	24.00	38.12	28.39
7.5	0.5	29.42	36.19	34.83	27.75	29.03	33.95
	0.6	40.65	39.12	37.25	29.56	30.56	44.69
	0.7	41.72	36.89	32.65	44.62	33.11	47.82
	0.8	33.76	31.90	24.07	24.19	37.31	30.04
10	0.5	29.92	36.52	38.88	30.16	33.09	41.19
	0.6	54.66	50.45	40.83	32.41	38.74	53.61
	0.7	56.98	50.49	43.40	49.47	45.12	55.97
	0.8	38.92	35.80	27.55	29.07	39.07	46.08

จากข้อมูลในตารางที่ 4.9-4.11 พบว่า %การสูญเสียของพลังงานเสียนขณะส่งผ่าน (Transmission Loss, TL) มีค่าแตกต่างกันเมื่อ อัตราส่วนผสมแตกต่างกัน ความหนาแตกต่างกัน และที่ความถี่แตกต่างกัน โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และ %การสูญเสียพลังงานเสียนขณะส่งผ่านของแผ่นวัสดุ ดังแสดงในตารางที่ 4.12-4.14 และภาพที่ 4.10-4.18

4.1.4 การศึกษาความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์

การศึกษาความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ โดยทำการเปรียบเทียบแผ่นวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์และวัสดุเส้นใยพืชผสมซีเมนต์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงสูงสุด ได้แก่ แผ่นวัสดุ กาบมะพร้าวผสมซีเมนต์ โดยกาบมะพร้าวที่ใช้เป็นกาบมะพร้าวใน family: Arecaceae ซึ่งเจริญเติบโตได้เฉพาะพื้นที่ๆอยู่ในแนวเส้นศูนย์สูตร โดยเส้นใยประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ชนิด ได้แก่ Lignin 45.84% และ Cellulose 43.44% ด้วยเหตุผลที่กาบมะพร้าวมี Lignin สูงนี้เองจึงทำให้มีความทนทานสูง โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบคุณสมบัติของ แผ่นวัสดุผสมเส้นใยแก้วและแผ่นวัสดุผสมกาบมะพร้าว ในด้านต่างๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์

	วัสดุซีเมนต์ผสม กาบมะพร้าว	วัสดุซีเมนต์ผสม เส้นใยแก้ว (การทดลอง)	วัสดุซีเมนต์ผสม เส้นใยแก้ว (ใช้ในปัจจุบัน)
ประสิทธิภาพ (NRC)	0.413-0.732	0.471-0.798	0.80
อายุการใช้งาน (ปี)	6	20	20
ต้นทุนการผลิต (ต่อ m ²)	500	2,000	8,000

หมายเหตุ ประสิทธิภาพ เปรียบเทียบจากค่า NRC ของแผ่นวัสดุ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4

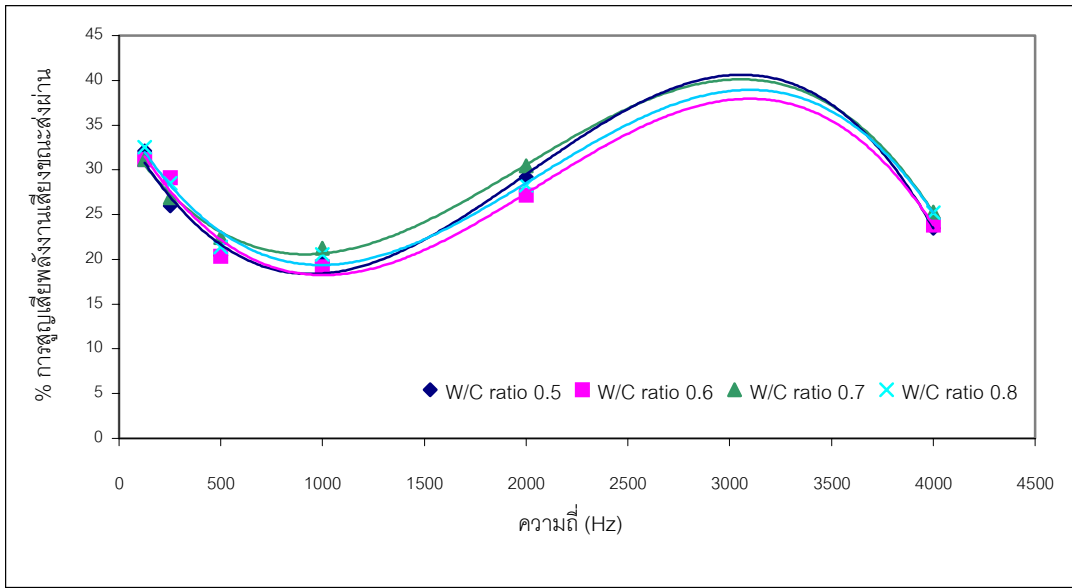
อายุการใช้งาน วัสดุซีเมนต์ผสมกาบมะพร้าว (A.Ramirez-Coretti, 1992)

วัสดุซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้ว (บริษัท พรีเมียร์โปรดักส์ จำกัด, ม.ป.ป.)

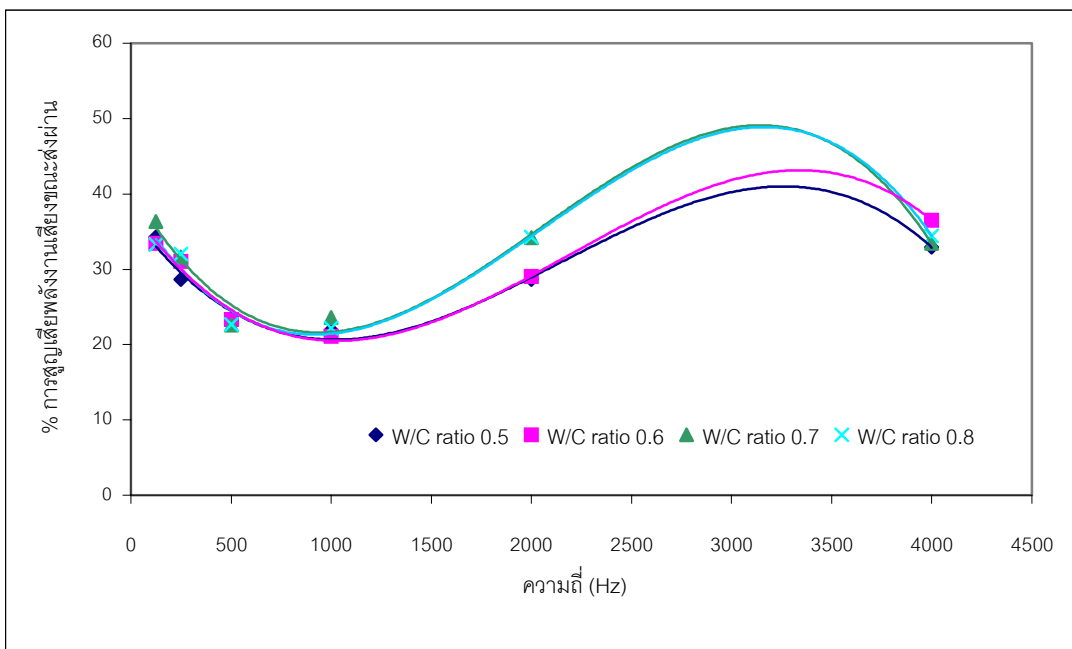
ต้นทุนการผลิต ตารางที่ 1ค

ตารางที่ 4.12 แสดงสมการความสัมพันธ์ % การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (Transmission Loss, TL) และความถี่ (f) วัสดุขานอ้อยผสม
ซีเมนต์เมื่อ 125 Hz < f < 4000 Hz

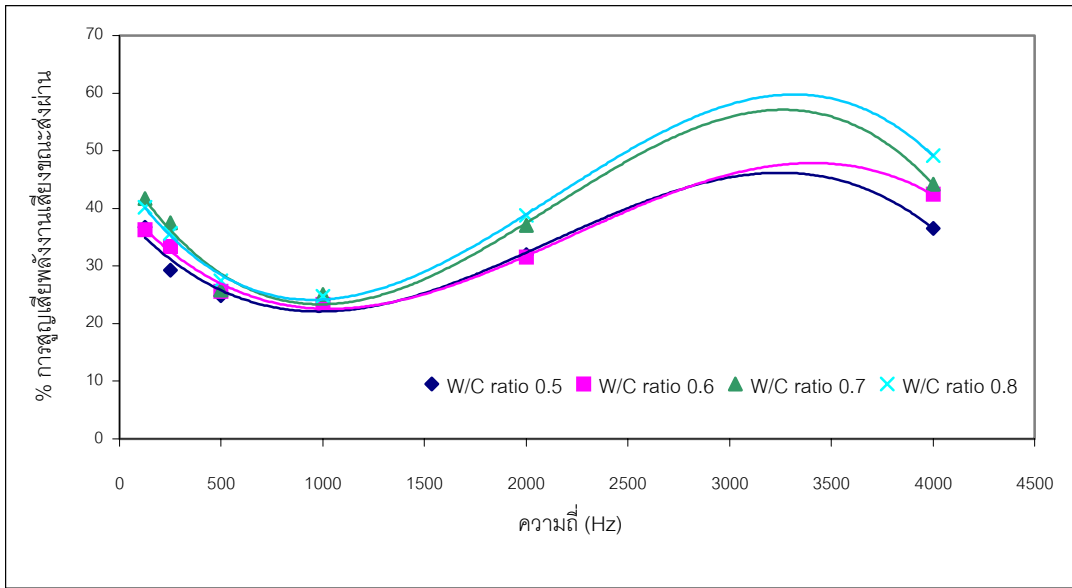
วัสดุ	W/C ratio	ความหนา	สมการ	R ²
ขานอ้อยผสมซีเมนต์	0.5	5	$\%TL = -4.6889E-09f^3 + 2.8122E-05f^2 - 4.0449E-02f + 3.5426E+01$	0.950
	0.6	5	$\%TL = -4.2823E-09f^3 + 2.6336E-05f^2 - 3.9883E-02f + 3.6068E+01$	0.943
	0.7	5	$\%TL = -3.9896E-09f^3 + 2.3738E-05f^2 - 3.3383E-02f + 3.4299E+01$	0.983
	0.8	5	$\%TL = -4.1735E-09f^3 + 2.5609E-05f^2 - 3.8463E-02f + 3.6405E+01$	0.956
ขานอ้อยผสมซีเมนต์	0.5	7.5	$\%TL = -3.6191E-09f^3 + 2.3239E-05f^2 - 3.6122E-02f + 3.7164E+01$	0.951
	0.6	7.5	$\%TL = -3.6798E-09f^3 + 2.4113E-05f^2 - 3.7960E-02f + 3.8044E+01$	0.982
	0.7	7.5	$\%TL = -5.1276E-09f^3 + 3.1366E-05f^2 - 4.5252E-02f + 4.0689E+01$	0.931
	0.8	7.5	$\%TL = -4.8713E-09f^3 + 2.9794E-05f^2 - 4.2337E-02f + 3.8860E+01$	0.950
ขานอ้อยผสมซีเมนต์	0.5	10	$\%TL = -4.1248E-09f^3 + 2.6165E-05f^2 - 3.9399E-02f + 3.9452E+01$	0.942
	0.6	10	$\%TL = -3.7685E-09f^3 + 2.5097E-05f^2 - 3.9739E-02f + 4.0979E+01$	0.987
	0.7	10	$\%TL = -5.7272E-09f^3 + 3.6504E-05f^2 - 5.5309E-02f + 4.7886E+01$	0.959
	0.8	10	$\%TL = -5.3750E-09f^3 + 3.4386E-05f^2 - 5.0739E-02f + 4.5893E+01$	0.996



ภาพที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์ที่มีความหนา 5 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $125\text{Hz} < f < 4000\text{Hz}$



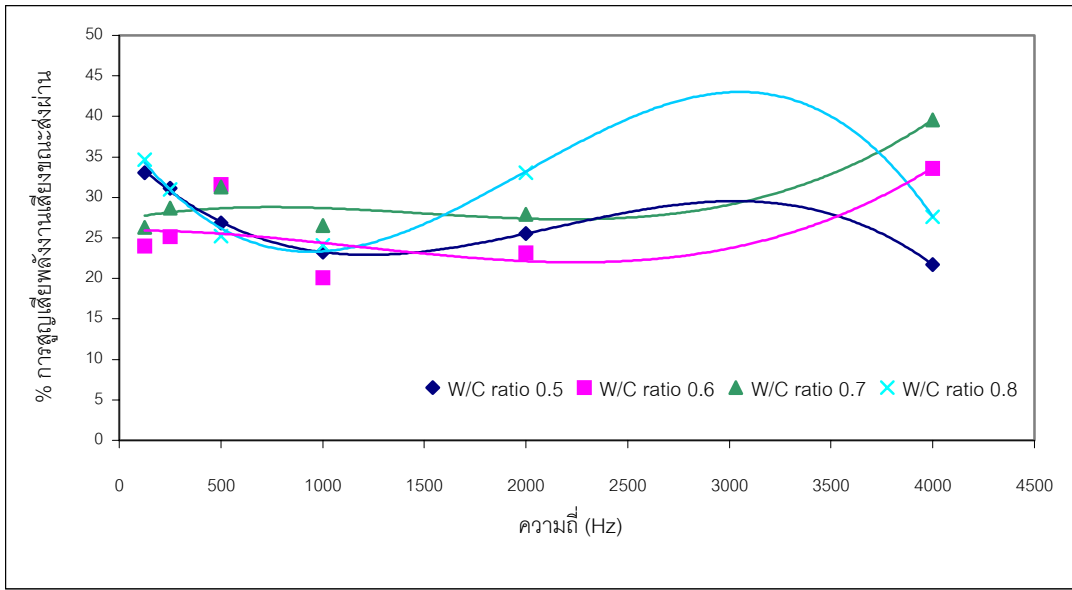
ภาพที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์ที่มีความหนา 7.5 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $125\text{Hz} < f < 4000\text{Hz}$



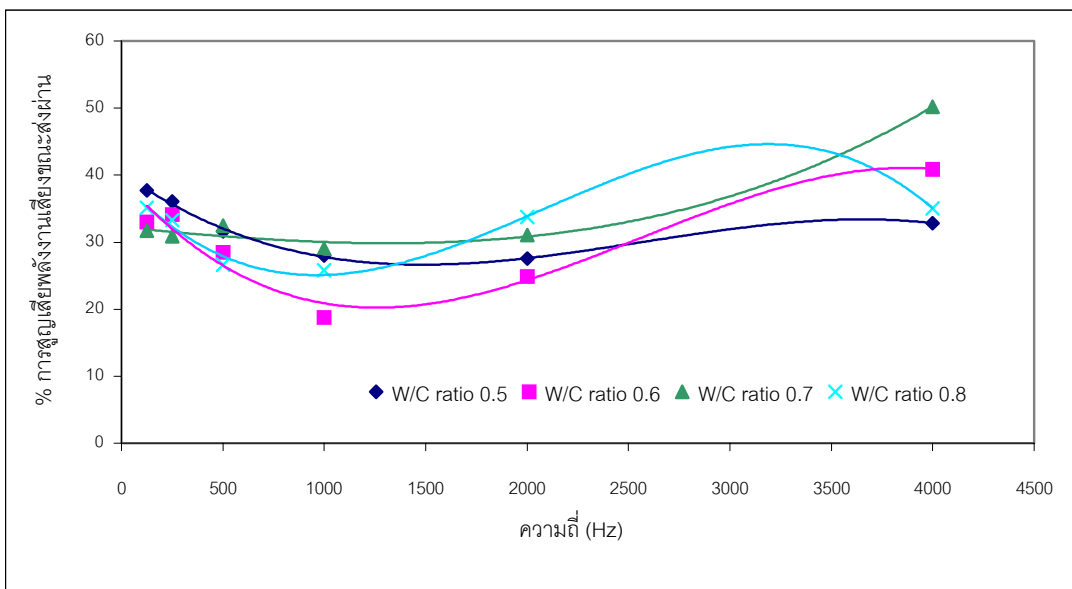
ภาพที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์ที่มีความหนา 10 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $125\text{Hz} < f < 4000\text{Hz}$

ตารางที่ 4.13 แสดงสมการความสัมพันธ์ % การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (Transmission Loss, TL) และความถี่ (f) วัสดุกำแพงมวล
ผสมซีเมนต์เมื่อ 125 Hz < f < 4000 Hz

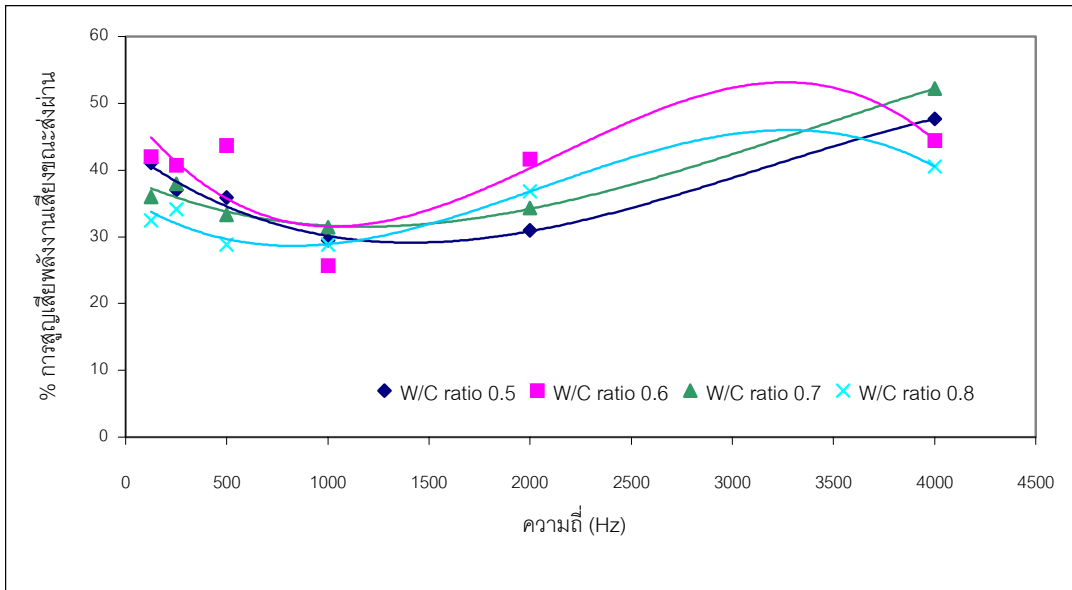
วัสดุ	W/C ratio	ความหนา	สมการ	R ²
กำแพงมวลผสมซีเมนต์	0.5	5	%TL = -2.2560E-09f ³ + 1.4395E-05f ² - 2.5103E-02f + 3.6202E+01	0.998
	0.6	5	%TL = 7.5867E-10f ³ - 2.6354E-06f ² + 3.4643E-04f + 2.5913E+01	0.557
	0.7	5	%TL = 9.6172E-10f ³ - 4.2652E-06f ² + 4.7628E-03f + 2.7223E+01	0.888
	0.8	5	%TL = -4.1715E-09f ³ + 2.4977E-05f ² - 3.5865E-02f + 3.8411E+01	0.981
กำแพงมวลผสมซีเมนต์	0.5	7.5	%TL = -1.3205E-09f ³ + 1.0172E-05f ² - 2.1453E-02f + 4.0386E+01	0.994
	0.6	7.5	%TL = -2.3498E-09f ³ + 1.8063E-05f ² - 3.4294E-02f + 3.9457E+01	0.935
	0.7	7.5	%TL = 3.6498E-10f ³ + 4.0921E-07f ² - 2.9778E-03f + 3.2227E+01	0.987
	0.8	7.5	%TL = -3.5257E-09f ³ + 2.1948E-05f ² - 3.2399E-02f + 3.9074E+01	0.964
กำแพงมวลผสมซีเมนต์	0.5	10	%TL = -1.0779E-09f ³ + 1.0119E-05f ² - 2.2117E-02f + 4.3213E+01	0.980
	0.6	10	%TL = -3.8695E-09f ³ + 2.4884E-05f ² - 3.8851E-02f + 4.9400E+01	0.554
	0.7	10	%TL = -6.7003E-10f ³ + 6.8521E-06f ² - 1.3347E-02f + 3.8833E+01	0.978
	0.8	10	%TL = -2.3590E-09f ³ + 1.4511E-05f ² - 1.9144E-02f + 3.5899E+01	0.933



ภาพที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุขามะพร้าวผสมซีเมนต์ที่มีความหนา 5 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $125\text{Hz} < f < 4000\text{Hz}$



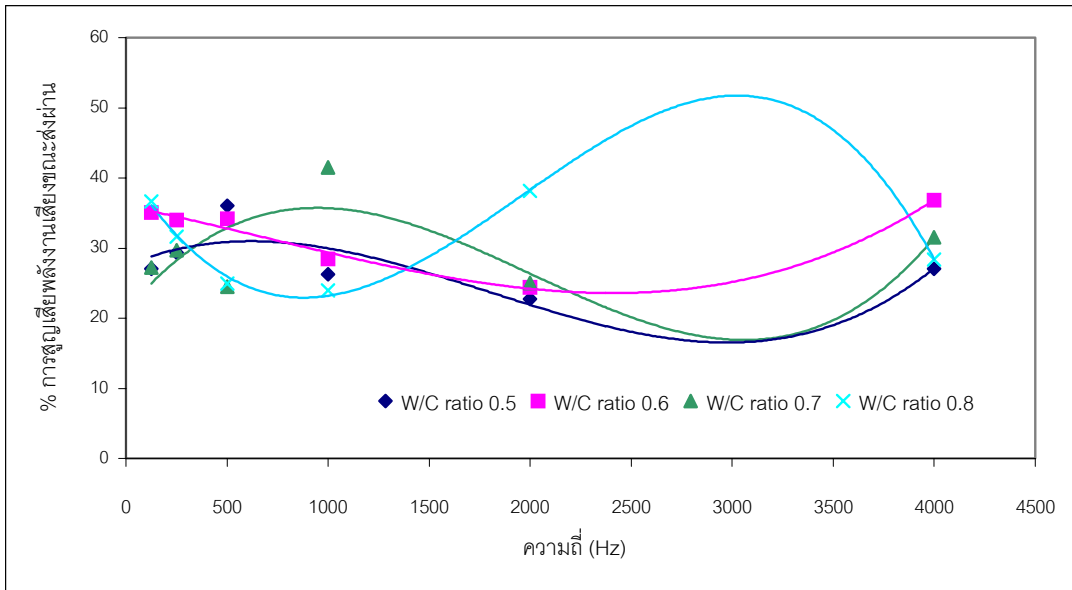
ภาพที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุขามะพร้าวผสมซีเมนต์ที่มีความหนา 7.5 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $125\text{Hz} < f < 4000\text{Hz}$



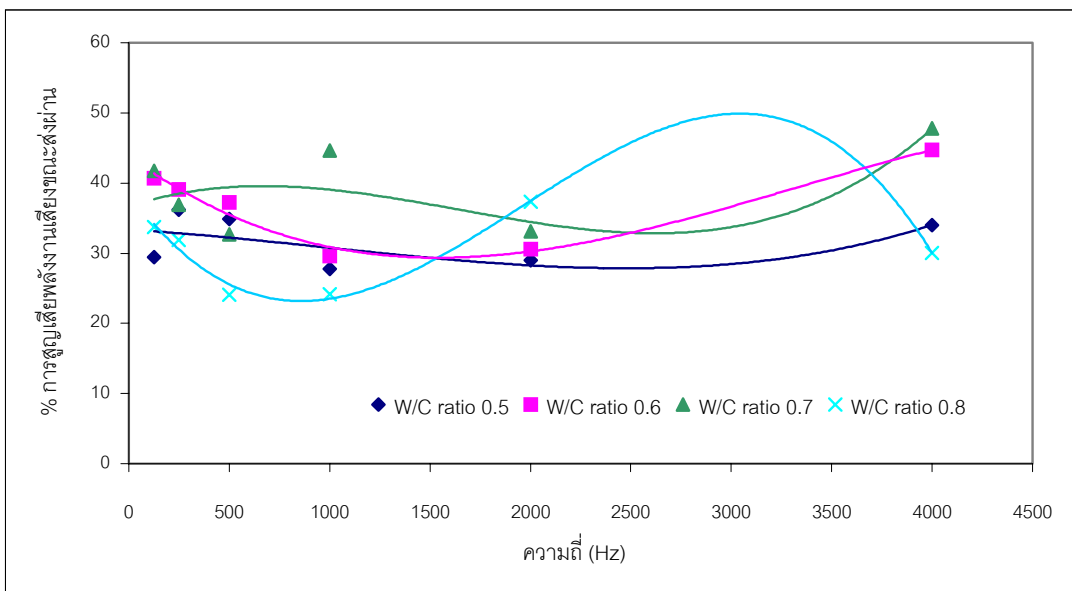
ภาพที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุกำแพงอิฐ
ผสมซีเมนต์ที่มีความหนา 10 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $125\text{Hz} < f < 4000\text{Hz}$

ตารางที่ 4.14 แสดงสมการความสัมพันธ์ % การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (Transmission Loss, TL) และความถี่ (f) วัสดุเส้นใยแก้ว
ผสมซีเมนต์เมื่อ 125 Hz < f < 4000 Hz

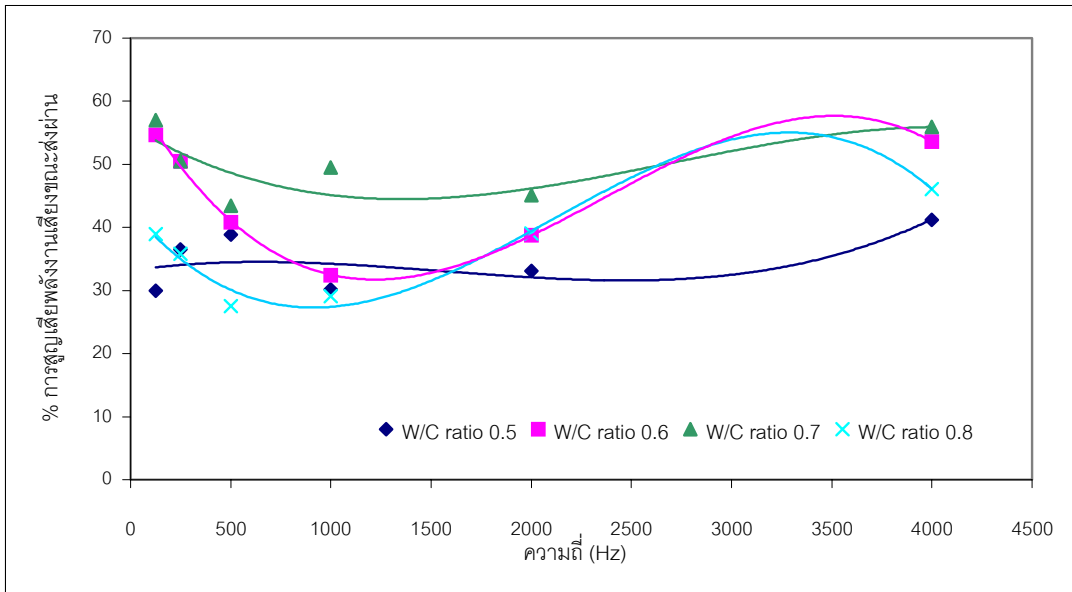
วัสดุ	W/C ratio	ความหนา	สมการ	R ²
เส้นใยแก้วผสมซีเมนต์	0.5	5	$\%TL = 2.2068E-09f^3 - 1.1891E-05f^2 + 1.2167E-02f + 2.7479E+01$	0.548
	0.6	5	$\%TL = 7.7077E-10f^3 - 1.5641E-06f^2 - 5.8628E-03f + 3.6012E+01$	0.970
	0.7	5	$\%TL = 4.0025E-09f^3 - 2.4042E-05f^2 + 3.4755E-02f + 2.0983E+01$	0.429
	0.8	5	$\%TL = -5.8437E-09f^3 + 3.4213E-05f^2 - 4.6623E-02f + 4.1452E+01$	0.988
เส้นใยแก้วผสมซีเมนต์	0.5	7.5	$\%TL = 4.4236E-10f^3 - 1.2996E-06f^2 - 1.7107E-03f + 3.3340E+01$	0.341
	0.6	7.5	$\%TL = -8.8726E-10f^3 + 8.8284E-06f^2 - 2.0898E-02f + 4.3839E+01$	0.968
	0.7	7.5	$\%TL = 1.8154E-09f^3 - 8.9577E-06f^2 + 9.5572E-03f + 3.6641E+01$	0.501
	0.8	7.5	$\%TL = -5.1194E-09f^3 + 2.9955E-05f^2 - 4.0092E-02f + 3.8765E+01$	0.965
เส้นใยแก้วผสมซีเมนต์	0.5	10	$\%TL = 9.6878E-10f^3 - 4.5327E-06f^2 + 4.6586E-03f + 3.3154E+01$	0.472
	0.6	10	$\%TL = -4.3176E-09f^3 + 3.0639E-05f^2 - 5.5488E-02f + 6.1670E+01$	0.997
	0.7	10	$\%TL = -1.1780E-09f^3 + 9.5235E-06f^2 - 1.9285E-02f + 5.6063E+01$	0.608
	0.8	10	$\%TL = -4.1444E-09f^3 + 2.6114E-05f^2 - 3.7321E-02f + 4.2760E+01$	0.956



ภาพที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ที่มีความหนา 5 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $125\text{Hz} < f < 4000\text{Hz}$



ภาพที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ที่มีความหนา 7.5 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $125\text{Hz} < f < 4000\text{Hz}$



ภาพที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านวัสดุเส้นใยแก้ว
ผสมซีเมนต์ที่มีความหนา 10 เซนติเมตร กับค่าความถี่ (f) เมื่อ $125\text{Hz} < f < 4000\text{Hz}$

4.2 การอภิปรายผล

จากผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient, α) และค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (Transmission Loss, TL) ของแผ่นวัสดุซึ่งมีอัตราส่วนผสมแตกต่างกัน 12 อัตราส่วน ประกอบด้วย

1. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5:1 และขานอ้อย 5% โดยน้ำหนัก
2. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6:1 และขานอ้อย 5% โดยน้ำหนัก
3. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.7:1 และขานอ้อย 5% โดยน้ำหนัก
4. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.8:1 และขานอ้อย 5% โดยน้ำหนัก
5. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5:1 และกาบมะพร้าว 5% โดยน้ำหนัก
6. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6:1 และกาบมะพร้าว 5% โดยน้ำหนัก
7. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.7:1 และกาบมะพร้าว 5% โดยน้ำหนัก
8. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.8:1 และกาบมะพร้าว 5% โดยน้ำหนัก
9. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5:1 และเส้นใยแก้ว 5% โดยน้ำหนัก
10. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6:1 และเส้นใยแก้ว 5% โดยน้ำหนัก
11. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.7:1 และเส้นใยแก้ว 5% โดยน้ำหนัก
12. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.8:1 และเส้นใยแก้ว 5% โดยน้ำหนัก

จากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ดังแสดงในภาพที่ 4.1-4.9 มีลักษณะการดูดซับเสียงที่ช่วงความถี่ต่างๆ เป็น 2 ลักษณะ คือ วัสดุดูดซับเสียงประเภทเมมเบรน (Membrane Absorber) และวัสดุดูดซับเสียงประเภทเส้นใย หรือวัสดุที่มีรูพรุน (Porous or Dissipative Absorber) ดังแสดงในภาพที่ 2.3 สามารถจำแนกความสัมพันธ์ตามลักษณะกลไกหลักที่แผ่นวัสดุนั้น ๆ ใช้ในการดูดซับเสียง ดังแสดงในตารางที่ 4.5

4.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของแผ่นวัสดุ (Absorption Coefficient, α)

1. ศึกษาผลของอัตราส่วนผสมของสารเชื่อมประสาน ต่อประสิทธิภาพในการดูดซับเสียง

1.1 แผ่นวัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์

แผ่นวัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์ ที่มีค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C ratio) 0.5 0.6 และ 0.7 พบว่าแผ่นวัสดุมีกลไกในการดูดซับเสียงเป็นแบบเมมเบรน (Membrane Absorber) โดยมีลักษณะเด่นคือ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงสูงที่ความถี่ต่ำและลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีโครงสร้างภายในคล้ายวัสดุที่มีกลไกในการดูดซับเสียง แบบรูพรุน คือมีเซลล์เปิดอยู่ภาย

ใน แต่เนื่องจากเซลล์เปิดเหล่านี้ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน เนื่องจากน้ำตาลที่อยู่ในเส้นใยชานอ้อยเมื่อผสมน้ำมีผลต่อการยับยั้งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในซีเมนต์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ปริมาณน้ำตาล 0.03-0.15 % โดยน้ำหนักซีเมนต์ มีผลในการยับยั้งเวลาในการทำปฏิกิริยาของซีเมนต์ ในขณะที่หากปริมาณน้ำตาลสูงกว่า 0.20 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์มีผลทำให้เกิดการเร่งปฏิกิริยา อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำตาลที่มากกว่า 0.25 % โดยน้ำหนักซีเมนต์มีผลทำให้ค่ากำลังของคอนกรีตลดลง และถ้าน้ำตาลมีความเข้มข้นเกินกว่า 500 ppm จะทำให้เห็นถึงการลดลงของค่ากำลังในการทดสอบอย่างชัดเจน (Department of the Army, 1998)

ซึ่งแตกต่างจากแผ่นวัสดุชานอ้อยผสมซีเมนต์ ที่มีค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C ratio) 0.8 เนื่องจากที่ส่วนผสมนี้มีปริมาณน้ำเป็นส่วนผสมสูงสุด ในทุกอัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ทั้งหมด ทำให้ผลของน้ำตาลที่อยู่ในชานอ้อยเมื่อผสมน้ำเกิดการเจือจาง ทำให้ปฏิกิริยาที่เกิดในซีเมนต์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ประกอบกับลักษณะของชานอ้อยที่มีลักษณะของเส้นใยที่สนับสนุนให้เกิดการดูดซับเสียง แบบรูพรุน (Porous absorber) คือ มีความหนาแน่นและมีความสม่ำเสมอของเส้นใยสูง มีผลทำให้โพรงช่องที่เกิดมีลักษณะที่สม่ำเสมอ ทำให้การดูดซับเสียงมีลักษณะกลไกเป็นแบบรูพรุน (Porous absorber) คือ มีความสามารถในการดูดซับเสียงสูงขึ้นเมื่อความถี่เสียงสูงขึ้น โดยในช่วงความถี่สูงสูญเสียพลังงานเนื่องจาก การเสียดทานและความหนืด (Frictional and Viscous Loss) และที่ความถี่ต่ำจะสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อน ดังแสดงในภาพที่ 2.3

โดยหากทำการพิจารณาจากค่า สัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง อยู่ในช่วง 0.036-0.094 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.2 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า แผ่นวัสดุชานอ้อยผสมซีเมนต์ เป็นแผ่นวัสดุสะท้อนเสียง ดังแสดงในตารางที่ 2.1

1.2 แผ่นวัสดุกาบมะพร้าวผสมซีเมนต์

แผ่นวัสดุกาบมะพร้าวผสมซีเมนต์ ที่มีค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C ratio) 0.5 พบว่าแผ่นวัสดุมีกลไกในการดูดซับเสียงเป็นแบบรูพรุน (Porous absorber) โดยมีลักษณะเด่นคือ มีความสามารถในการดูดซับเสียงสูงขึ้นเมื่อความถี่เสียงสูงขึ้น เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่มีค่ากำลังสูงกว่าทุกอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์อื่นๆ จึงทำให้โพรงช่องที่เกิดมีความสม่ำเสมอ และสามารถลดผลกระทบเนื่องจากลักษณะเส้นใยของกาบมะพร้าว ที่มีลักษณะเป็นเส้นใยที่มีความหนาแน่นต่ำ ถึงแม้จะมีการปรับสภาพเส้นใยให้เหมาะสมในการผสมคอนกรีตแล้วก็ตาม ซึ่งลักษณะเส้นใยนี้ไม่สนับสนุนให้กลไกการดูดซับเสียง แบบรูพรุน (Porous absorber)

ซึ่งแตกต่างจากแผ่นวัสดุกาบมะพร้าวผสมซีเมนต์ ที่มีค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C ratio) 0.6 0.7 และ 0.8 ถึงแม้ว่าจะมีลักษณะโครงสร้างภายในคล้ายกับวัสดุแบบรูพรุน คือมี

เซลล์เปิดอยู่ภายใน แต่เนื่องจากเซลล์เปิดเหล่านี้ไม่มีรูปแบบที่สม่ำเสมอ เนื่องจากอิทธิพลของเส้นใยคาบมะพร้าว ที่มีความหนาแน่นต่ำ ทำให้พฤติกรรมการดูดซับเสียงมีลักษณะกลไกแบบเมมเบรน (Membrane Absorber) คือ สามารถดูดซับเสียงในช่วงความถี่ต่ำได้ดีและมีความสามารถในการดูดซับเสียงลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น (ศักดิ์ชัย อมรศักดิ์ชัย, 2541)

โดยหากทำการพิจารณาจากค่า สัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) ดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง อยู่ในช่วง 0.413-0.732 ซึ่งมีความมากกว่า 0.4 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า แผ่นวัสดุคาบมะพร้าวผสมซีเมนต์ เป็นแผ่นวัสดุที่มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงสูง ดังแสดงในตารางที่ 2.1

1.3 แผ่นวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์

แผ่นวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ ที่มีค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C ratio) 0.5 พบว่าแผ่นวัสดุมีกลไกในการดูดซับเสียงเป็นแบบเมมเบรน (Membrane Absorber) โดยมีความสามารถในการดูดซับเสียงในช่วงความถี่ต่ำได้ดีและลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น เนื่องจากซีเมนต์สามารถเกิดปฏิกิริยาได้สมบูรณ์ทำให้มีค่ากำลังสูงในขณะที่มีช่องว่างในเนื้อซีเมนต์ที่สม่ำเสมอเมื่อเทียบกับอัตราส่วนผสมอื่นๆและเมื่อผสมกับเส้นใยแก้ว ซึ่งมีความหนาแน่นสูงจึงทำให้ลักษณะแผ่นวัสดุมีคุณสมบัติในภาพรวมที่เทียบเกินกว่าการส่งผ่านพลังงานเสียงเข้าไปในเส้นใยได้ หรือกล่าวคือเกิดการสะท้อนกลับของพลังงานเสียงเมื่อมีความถี่สูงขึ้น จึงทำให้ลักษณะแผ่นวัสดุมีกลไกในการดูดซับเสียงเป็นแบบเมมเบรน คือสามารถดูดซับเสียงได้ดีที่ความถี่ต่ำ

ซึ่งแตกต่างจากแผ่นวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ ที่มีค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C ratio) 0.6 0.7 และ 0.8 ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับเสียงสูงขึ้นเมื่อความถี่สูงขึ้น หรืออาจกล่าวได้ว่ามีกลไกในการดูดซับเสียง แบบรูพรุน (Porous absorber) เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีของซีเมนต์เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้รูพรุนที่อยู่ในเนื้อวัสดุมีความสม่ำเสมอ ประกอบกับลักษณะของเส้นใยแก้วที่ใช้ ซึ่งมีความหนาแน่นสูงช่วยให้เกิดการสูญเสียพลังงาน ในรูปของการเสียดทานและความหนืด (Frictional and Viscous Loss) เป็นไปได้อย่างสมบูรณ์

โดยหากทำการพิจารณาจากค่า สัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง อยู่ในช่วง 0.471-0.798 ซึ่งมีความมากกว่า 0.4 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า แผ่นวัสดุคาบมะพร้าวผสมซีเมนต์ เป็นแผ่นวัสดุที่มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงสูง ดังแสดงในตารางที่ 2.1

2. ศึกษาผลของความหนาของวัสดุต่อประสิทธิภาพในการดูดซับเสียง

จากผลการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของแผ่นวัสดุเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาของวัสดุเพิ่มขึ้น โดยมีลักษณะกลไกในการดูดซับเสียงเหมือนกันในทุกแผ่นวัสดุที่มี

อัตราส่วนผสมเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.5 เนื่องจากเมื่อความหนาของแผ่นวัสดุเพิ่มขึ้นทำให้มีพื้นที่ ที่เกิดการทำงานของกลไกในการดูดซับเสียงแบบต่างๆ เพิ่มขึ้น

3. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุพีชแห้ง (กาบมะพร้าว ฆานอ้อย) และเส้นใยแก้ว ในการดูดซับเสียงโดยใช้ซีเมนต์เป็นสารเชื่อมประสาน

จากผลการศึกษาพบว่า เส้นใยแก้วผสมซีเมนต์และกาบมะพร้าวผสมซีเมนต์ มีความสามารถในการดูดซับเสียงใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าจะมีกลไกหลักในการดูดซับเสียงต่างกัน คือ เส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ มีกลไกหลักเป็นแบบรูพรุน (Porous absorber) ในอัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ (W/C ratio) 0.6 0.7 0.8 และมีกลไกในการดูดซับเสียงเป็นแบบเมมเบรน (Membrane absorber) ที่อัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 ในขณะที่กาบมะพร้าวผสมซีเมนต์มีกลไกหลักในการดูดซับเสียงเป็นแบบเมมเบรน ในอัตราส่วนผสม น้ำต่อซีเมนต์ (W/C ratio) 0.6 0.7 0.8 และมีกลไกในการดูดซับเสียงแบบรูพรุน ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 โดยพบว่าฆานอ้อยผสมซีเมนต์มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงต่ำ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาของซีเมนต์ที่ไม่สมบูรณ์

4. ทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ ในการนำมาใช้ทดแทนวัสดุดูดซับเสียงที่ใช้ในปัจจุบัน พบว่าวัสดุกาบมะพร้าวผสมซีเมนต์มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นวัสดุป้องกันเสียง ในลักษณะของวัสดุป้องกันเสียงชั่วคราว เช่น การป้องกันเสียงในบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง หรือการป้องกันเสียงตามแนวถนนที่มีชุมชนขนาดเล็ก เนื่องจากวัสดุกาบมะพร้าวผสมซีเมนต์มีความทนทานในระดับหนึ่งอีกทั้งมีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงใกล้เคียงกับวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์โดยมีอายุการใช้งานประมาณ 6 ปี, วัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ ที่ใช้ในการทดลองมีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียง ใกล้เคียงกับวัสดุป้องกันเสียงรบกวนที่ใช้ในปัจจุบัน จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ทดแทนวัสดุป้องกันเสียงรบกวนที่มีในปัจจุบัน โดยมีอายุการใช้งานประมาณ 20 ปี และมีลักษณะการติดตั้งดังแสดงในภาพที่ 2.10

4.2.2 ค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (Transmission Loss, TL)

จากผลการศึกษาค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน ดังที่แสดงในภาพที่ 4.10-4.18 พบว่าค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านของแผ่นวัสดุที่มีการผสมเส้นใยชนิดเดียวกันมีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าความแตกต่างเนื่องจากอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์น้อยมาก ซึ่งกลไกที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านเกิดจาก การสะท้อน การหักเห หรือการดูดซับเสียง

1. ศึกษาผลของอัตราส่วนผสมของสารเชื่อมประสาน ต่อค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน

1.1. แผ่นวัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์

แผ่นวัสดุขานอ้อยผสมซีเมนต์มีค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านโดยมีลักษณะความสัมพัทธ์ ดังแสดงในภาพที่ 4.10-4.12 สามารถอธิบายได้ว่า ที่อัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 0.6 และ 0.7 การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (Transmission Loss) ในช่วงความถี่ต่ำเกิดจากกลไกการดูดซับเสียงแบบเมมเบรน (Membrane absorber) และในช่วงความถี่สูงเกิดจากกลไกการสะท้อน (Reflection) เนื่องจากวัสดุดูดซับเสียงแบบเมมเบรนจะเกิดการสะท้อนในช่วงความถี่สูง ซึ่งมีลักษณะแตกต่างจากแผ่นวัสดุที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.8 ซึ่งมีการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านแบบรูพรุน (Porous absorber) ซึ่งสามารถดูดซับเสียงได้ดีเมื่อความถี่สูงขึ้น เนื่องจากแรงเสียดทานและความหนืด

1.2. แผ่นวัสดุขานมะพร้าวผสมซีเมนต์

แผ่นวัสดุขานมะพร้าวผสมซีเมนต์มีค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านโดยมีลักษณะความสัมพัทธ์ ดังแสดงในภาพที่ 4.13-4.15 สามารถอธิบายได้ว่า ที่อัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (Transmission Loss) เกิดจากกลไกการดูดซับเสียงแบบรูพรุน (Porous absorber) โดยสามารถดูดซับเสียงได้ดีเมื่อความถี่สูงขึ้น ในขณะที่การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6 0.7 และ 0.8 เกิดจากกลไกการดูดซับเสียงแบบเมมเบรน (Membrane absorber) ในช่วงความถี่ต่ำและเกิดจากกลไกการสะท้อนในช่วงความถี่สูง เนื่องจากวัสดุดูดซับเสียงแบบเมมเบรนสามารถดูดซับเสียงได้ดีในช่วงความถี่ต่ำ แต่จะทำให้เกิดการสะท้อน (Reflection) ในช่วงความถี่สูง

1.3. แผ่นวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์

แผ่นวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์มีค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านโดยมีลักษณะความสัมพัทธ์ ดังแสดงในภาพที่ 4.16-4.18 สามารถอธิบายได้ว่า ที่อัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 การสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (Transmission Loss) เกิดจากกลไกการดูดซับเสียงแบบเมมเบรน (Membrane absorber) ทำให้สามารถดูดซับเสียงได้ดีในช่วงความถี่ต่ำและเกิดการสะท้อน (Reflection) ในช่วงความถี่สูง ซึ่งแตกต่างจากแผ่นวัสดุที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6 0.7 และ 0.8 ซึ่งการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านเกิดจากกลไกการดูดซับเสียงแบบรูพรุน (Porous absorber) ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับเสียงได้ดีเมื่อความถี่สูงขึ้น แต่ในกรณีของแผ่นวัสดุที่มีอัตราส่วนผสม น้ำต่อซีเมนต์ 0.6 และ 0.7 ซึ่งเป็นแผ่นวัสดุที่มีกลไกในการดูดซับเสียงเป็นแบบรูพรุน (Porous absorber) ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับเสียงได้ดีในช่วงความถี่สูง หรือกล่าวได้ว่าการสูญเสียพลังงานขณะส่งผ่านด้วยกลไกการดูดซับเสียงแบบรูพรุน แต่จากผลการ

ทดลองพบว่าค่าการสูญเสียพลังงานขณะส่งผ่านลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น เนื่องจากเกิดการกำทอนในแผ่นวัสดุซึ่งเกิดจากความถี่เสียงมีค่าตรงกับความถี่ธรรมชาติของแผ่นวัสดุดูดซับเสียง ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงในแผ่นวัสดุ ทำให้ค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านลดลง

2. ศึกษาผลของความหนาของวัสดุ ต่อค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน

จากผลการศึกษาพบว่าค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านของแผ่นวัสดุเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาของวัสดุเพิ่มขึ้น โดยมีกลไกที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านเหมือนกันในทุกแผ่นวัสดุที่มีอัตราส่วนผสมเดียวกัน เนื่องจากเมื่อความหนาของแผ่นวัสดุเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในการทำให้แผ่นวัสดุเกิดการสั่นสะเทือนมากขึ้น ซึ่งการสั่นสะเทือนนี้จะเป็นต้นกำเนิดเสียงแหล่งใหม่ ในห้องรับเสียง ยกเว้นในกรณีของอัตราส่วนผสมที่มีการสั่นสะเทือนเนื่องจากการกำทอน เมื่อแผ่นวัสดุมีความหนาเพิ่มขึ้นจะช่วยลดผลกระทบเนื่องจากการกำทอน ทำให้แผ่นวัสดุมีค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น

3. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุพีชแห้ง (กาบมะพร้าว ซานอ้อย) และเส้นใยแก้ว ที่มีต่อค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน

จากผลการศึกษาที่แสดงในภาพที่ 4.10-4.18 พบว่าค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านของแผ่นวัสดุ ซีเมนต์ผสมกับเส้นใยพีช (กาบมะพร้าว ซานอ้อย) และซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้ว มีความแตกต่างกันน้อยมาก เนื่องจากเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ ได้แก่ การสะท้อน การหักเหและการดูดซับเสียง

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพีชแห้ง (กาบมะพร้าว ชานอ้อย) และเส้นใยแก้วโดยใช้ซีเมนต์เป็นสารเชื่อมประสานที่อัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ (W/C ratio) 0.5 0.6 0.7 และ 0.8 ขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตร ที่ความหนา 5 7.5 และ 10 เซนติเมตร ภายในห้องทดลองการดูดซับเสียงและห้องทดลองการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับมาตรฐาน ASTM C423-90a และ ASTM E90-97 ขนาด 40 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นอัตราส่วน 1:2 ของขนาดห้องมาตรฐาน สามารถสรุปผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1. วัสดุ กาบมะพร้าวผสมซีเมนต์และวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ (5% โดยน้ำหนัก) ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.7 และ 0.8 มีค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียงใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.4-0.7 ซึ่งเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงได้ดี ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง คือ ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงในช่วงความถี่ 250 500 1000 และ 2000 Hz ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกชนิดของวัสดุ ในขณะที่แผ่นวัสดุชานอ้อยผสมซีเมนต์ มีค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง อยู่ในช่วง 0.03-0.09 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.2 จึงสามารถสรุปได้ว่าเป็นวัสดุสะท้อนเสียง โดยอัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ (W/C ratio) และชนิดของเส้นใยมีผลต่อรูปแบบกลไกในการดูดซับเสียง โดยเป็นตัวกำหนดว่าวัสดุดูดซับเสียงจะมีกลไกในการดูดซับเสียง เป็นแบบเมมเบรน (membrane absorber) หรือแบบรูพรุน (porous absorber)
2. วัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ที่ผสมด้วยเครื่องผสม (วิธีการที่ใช้ในการทดลอง) มีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียง ใกล้เคียงกับการใช้ Putzmeister concentric spraygun (วิธีการที่ใช้ในปัจจุบัน) ดังนั้นจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิต โดยยังคงมีลักษณะการติดตั้งแบบเดียวกับที่ใช้ในปัจจุบัน ดังแสดงในภาพที่ 2.10
3. เมื่อวัสดุมีความหนาเพิ่มขึ้นจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงจะสูงขึ้นยกเว้นในกรณีที่ความถี่เสียงตรงกับความถี่ธรรมชาติของวัสดุ จะทำให้ค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านลดลง นอกจากนี้วัสดุที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงได้ดี มักจะมีค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านสูงด้วยเช่นกัน

4. ค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านของวัสดุผสมเส้นใยแต่ละชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีกลไกในการสะท้อนเสียงเป็นกลไกหลักที่ทำให้สูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านเหมือนกัน โดยเมื่อความหนาเพิ่มขึ้นค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านจะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน
5. มีความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ในการนำวัสดุคอมโพสิตเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ มาใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียงในลักษณะวัสดุดูดซับเสียงชั่วคราว เช่นใช้ในการป้องกันเสียงในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างหรือใช้ในการป้องกันเสียงบริเวณพื้นที่ชุมชนที่มีผู้พักอาศัยน้อย แต่มีปัญหาเรื่องเสียงรบกวนจากการจราจร โดยพบว่าวัสดุคอมโพสิตเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ มีต้นทุนการผลิต แผ่นละ 500 บาท และมีอายุการใช้งาน 6 ปี นอกจากนั้นยังมีความเป็นไปได้ในการใช้แผ่นวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ที่ผสมด้วยเครื่องผสมซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการทดลอง มาใช้แทนวัสดุดูดซับเสียงทดแทนวัสดุดูดซับเสียงที่ใช้ในปัจจุบัน โดยพบว่าแผ่นวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นมีต้นทุนในการผลิต แผ่นละ 2000 บาท ซึ่งมีราคาต่ำกว่าวัสดุที่ใช้ในปัจจุบัน ประมาณ 4 เท่า

จากผลการทดลองในครั้งนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการป้องกันปัญหาเสียงรบกวนที่เกิดจากการจราจร ซึ่งในช่วงปีที่ผ่านมาได้มีการนำวัสดุป้องกันเสียงเข้ามาใช้ คิดเป็นมูลค่าประมาณ 65 ล้านบาท อาทิเช่น โครงการพระราชดำริ ถนนระหว่าง ถ.วิภาวดีรังสิต-ถ.พหลโยธิน โครงการส่วนเพิ่มเติมดอนเมือง-Tollway และ โครงการถนนยกระดับ ถ.รามคำแหง คิดเป็นพื้นที่ 4,125 2,100 และ 2,000 ตารางเมตร ตามลำดับ โดยมีความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ ที่ผสมด้วยเครื่องผสม (ที่ใช้ในการทดลอง) มาใช้ทดแทนเนื่องจากแผ่นวัสดุที่ผลิตขึ้นมีค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง 0.4-0.7 ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงและมีต้นทุนการผลิตเพียง 2000 บาท โดยสามารถใช้วิธีในการติดตั้งวิธีเดียวกับวัสดุที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งสามารถเพิ่มความแข็งแรงของแผ่นวัสดุได้โดยการใส่เหล็กตะแกรงและสายสลิงเข้าไปในเนื้อคอนกรีต เพื่อป้องกันการแตกหักเนื่องจากอุบัติเหตุที่เกิดจากการจราจร นอกจากนี้แผ่นวัสดุเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์แล้วยังมีความเป็นไปได้ในการนำแผ่นวัสดุคอมโพสิตเส้นใยแก้วผสมซีเมนต์มาใช้ในการแก้ไขปัญหาเสียงรบกวน ในลักษณะของวัสดุป้องกันเสียงชั่วคราวเช่นในกรณีที่มีการตัดถนนซึ่งมีปริมาณรถหนาแน่นผ่านแหล่งชุมชนขนาดเล็กการนำแผ่นวัสดุผสมเส้นใยแก้วมาใช้ อาจเป็นการลงทุนที่สูงเมื่อเทียบกับการนำวัสดุคอมโพสิตเส้นใยแก้วมาใช้ ซึ่งมีต้นทุนในการผลิตเพียง 500 บาท ในขณะที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันเสียงรบกวนใกล้เคียงกันและใช้วิธีในการติดตั้งแบบเดียวกัน อีกทั้งยังสามารถนำวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปทางการเกษตรมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์และลดปัญหาของเสียจากอุตสาหกรรม

กรรมการเกษตร นอกจากนี้ปัญหาที่เกิดจากการจราจรแล้วยังมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในการป้องกันผลกระทบจากเสียงรบกวนในบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งในอดีตทำการแก้ไขโดยการทำการติดเครื่องปรับอากาศให้อาคารโดยรอบ ซึ่งเป็นการลงทุนที่สูงเมื่อเทียบกับการใช้แผ่นวัสดุกาบมะพร้าวผสมซีเมนต์ในการป้องกันเสียงเป็นการชั่วคราวในช่วงเวลาก่อสร้าง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

จากผลการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพืชมแห้งและเส้นใยแก้ว พบว่ามีหัวข้อที่น่าสนใจนำไปทำการทดลองเพิ่มเติม ได้แก่

1. ทดลองเปลี่ยนชนิดของสารเชื่อมประสานที่ใช้จากซีเมนต์ เป็นวัสดุยางพาราโดยใช้เหล็กเป็นแกนกลางเพื่อใช้ในการปรับให้เป็นรูปทรงต่างๆ ตามต้องการ
2. ทำการทดลองโดยใช้แผ่นวัสดุที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ภายในห้องที่มีลักษณะตามมาตรฐาน ASTM C423-90a และ ASTM E90-97 กำหนดทุกประการ
3. ทดลองนำวัสดุอินทรีย์ชนิดอื่นมาใช้ในการแก้ไขปัญหาเสียงรบกวน เช่นถุงพลาสติก เชือกปอ โดยนำมาใช้ทดแทนวัสดุเส้นใยแก้ว
4. ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงและ Compressive Strength
5. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุในการลดเสียงระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการใช้งานจริงเพื่อหาค่าความแตกต่าง ทำให้ได้ค่าปรับแก้การทดลองที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

- เกษม จันทร์แก้ว. (2541). **เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม**. โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทวิสุข พันธุ์เพ็ง. (2529). **การพัฒนาแก้ปัญหาภาวะมลพิษทางเสียง การป้องกัน และแก้ไข**. ในรายงานการฝึกอบรมเรื่อง การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม. กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. วันที่ 21-25 เมษายน 2529. กรุงเทพมหานคร.
- นิรันดร์ วิทิตอนันต์. (2535). **สมรรถนะในการลดระดับความดังเสียงของวัสดุพูน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บริษัท พรีเมียร์โปรดักส์ จำกัด. (ม.ป.ป.). **Noise Barrier**. (ม.ป.ท.)
- ประธาน อารีพล. (2541). **การจัดการมลพิษทางเสียง และความสั่นสะเทือน**. นนทบุรี: บริษัท เอ็นไวร์คอนเซ็ป จำกัด.
- ประธาน อารีพล. (2541). **การจัดการมลพิษทางเสียง และความสั่นสะเทือน**. อ้างถึงใน พวงแก้ว กิจกรรม และคณะ, 2538 ปราณีย์ ชวลิตกุลชัย และคณะ, 2527. นนทบุรี: บริษัท เอ็นไวร์คอนเซ็ป จำกัด.
- พัฒนา บุญญประภา. (2526). **การศึกษาประสิทธิภาพของการลดเสียงของวัสดุป้องกันเสียงที่ทำได้ง่ายในห้องถิ่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล.
- พิเชษฐ จันทรวงศ์. (2522). **คลื่น เสียง แสง**. กรุงเทพมหานคร: ผลิตภัณฑ์การพิมพ์.
- ราฟิง มังคละสวัสดิ์. (2530). **วิศวกรรมระบบเสียง**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วิโรจน์ เชาว์จิพันธุ์. (2537). **การศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ลดเสียงในเครื่องจักรนิวแมติก โดยใช้วัสดุป้องกันเสียงที่ทำได้ง่ายในห้องถิ่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ศักดิ์ชัย อมรศักดิ์ชัย. (2541). **การศึกษาประสิทธิภาพในการลดเสียงของวัสดุเหลือใช้ เมื่อใช้ซีเมนต์เป็นสารเชื่อมประสาน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล.

- สมพงษ์ ใจดี. (2523). **คลื่น เสียง แสง**. กรุงเทพมหานคร: กรุงเทพมหานครพิมพ์.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล. (2540). การใช้ น้ำตาลทรายเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมีและเภสัชกรรม. **วารสารน้ำตาลทราย**. 33(5): 3
- สุทัศน์ สุทธิฤทธิ์. (2533). **ประสิทธิภาพการลดระดับความดังของเสียงจากเศษวัสดุพืชแห้ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อดิศักดิ์ นัยนาภรณ์. (2524). **วัสดุเพื่อใช้ทำสิ่งกีดขวางเสียงสำหรับทางด่วนพิเศษ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- A. Ramirez-Coretti. (1992). **Fiber Reinforced Cement and Concrete**. Costa Rica: Costa Rica Institute of Technology.
- American National Standard. (1998). **Annual Book of ASTM Standards: Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method: C423-90a**. Volume 4.06. New York: Clearance Center
- American National Standard. (1998). **Annual Book of ASTM Standards: Laboratory Measurement of Airborne Sound Transmission Loss of Building Partitions and Elements: E90-97**. Volume 4.02. New York: Clearance Center
- Beranek LL, Ver IL. (1992). **Noise and vibration control engineer: Principles and applications**. New York: John Wiley & Sons.
- Cowan, J.P. (1994). **Handbook of Environmental Acoustics**. Van Nostrand Reinhold: International Thomson Publishing Company.
- David, A.Harris. (1991). **Noise Control Manual**. New York. Van Nostrand Reinhold.
- Department of the Army. (1998). **FM5-428 Concrete and Masonry** [On-line]. Available: <http://www.adtdl.army.mil/cgi-bin/atdl.dll/fm/5-428/ch2.htm>.
- Doelle L.L. and Arch.M. (1972). **Environmental Acoustic**. (n.p.) McGraw-Hill Book Company.
- Giancoli DC. (1980). **Physics, Principles with applications**. New Jersey: Prentice Hall.
- Graham, T. (1986). **GRC Production & Uses**. London. Palladian Publications Ltd.
- Harmelink, M. D. (1970). **Noise and Vibration Control for Transportation System**. D.H.O. Report No. RR 168, Canada: Ontario Department of Highways.
- Irwin JD, Graf ER. (1979). **Industrial noise and vibration control**. New Jersey: Pritices Hall.

- Lewis, H.Bell and Douglas, H.Bell. (1994). **Industrial Noise Control**. 2nd ed. New York. Marcel Dekker, Inc.
- Malcolm, J.Crock. and Frederick, M.Kessler. (1982). **Noise and Noise Control Volume 2**. Florida, CRC Press, Inc
- Marrion JB, Hornyak WF. (1985). **General physics with bioscience essays**. 2nd. New York: John Wiley & Sons.
- Merken M. (1989). **Physical science with modern application**. 4th ed. philadelphia: Saunders College.
- Olivo, C.T. and T.P. Olivo. (1978). **Fundamentals of Applied Physics**. New York. Delmar Publishers.
- Sound Research Laboratories Ltd. (1991). **Noise control in industry**. 3rd. London: E & FN Spon.
- Thumann A, Miller RM. (1986). **Fundamental of noise control engineering**. Georgia: Fairmont Press.
- Walker MB. (1995). **Larousse dictionary of science and technology**. Great Britain: Clays.
- Webb, J.D. (1976). **Physics of sound**. In R.I. Woods MIHVE (ed.). **Noise Control in Mechanical Service**. New York. John Wiley & Sons.
- Welch, B. L. (1970). **Physiological Effects of Noise**. New York-London: Plenum Press.
- Yerges LF. (1969). **Sound, noise and vibration control**. New York: Van Nostrand Reinhold.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลประกอบการทดลองการดูดซับเสียง

ตารางที่ 1ก แสดงค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง ภายในห้องทดลอง

การดูดซับเสียงก่อนทำการติดตั้งแผ่นวัสดุในห้องทดลอง

temp (C)	อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงที่ความถี่ต่างๆ (dBA / sec)					
	125	250	500	1000	2000	4000 Hz
28	2.03	1.79	2.15	1.77	2.01	1.69

ตารางที่ 2ก แสดงค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงของแผ่นวัสดุ ขานอ้อย

ผสมซีเมนต์ที่ค่าความหนา 5 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงที่ความถี่ต่างๆ (dBA / sec)					
		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
0.5	29	2.08	2.18	2.51	2.74	2.34	2.51
0.6	29	2.15	2.21	2.67	2.70	2.80	2.44
0.7	28	2.10	1.94	2.47	2.61	2.18	2.36
0.8	29	2.06	2.03	2.48	2.15	2.44	2.17

ตารางที่ 3ก แสดงค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงของแผ่นวัสดุ ขานอ้อย

ผสมซีเมนต์ที่ค่าความหนา 7.5 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงที่ความถี่ต่างๆ (dBA / sec)					
		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
0.5	29	2.23	2.35	2.57	2.86	2.64	2.98
0.6	29	2.16	2.24	2.53	2.84	2.89	2.59
0.7	28	2.13	2.16	2.54	2.63	2.50	2.51
0.8	28	2.10	2.14	2.52	2.21	2.50	2.29

ตารางที่ 4ก แสดงค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงของแผ่นวัสดุ ขานอ้อย

ผสมซีเมนต์ที่ค่าความหนา 10 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงที่ความถี่ต่างๆ (dBA / sec)					
		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
0.5	28	2.27	2.53	2.62	3.04	3.12	3.46
0.6	28	2.11	2.36	2.69	3.07	3.02	3.08
0.7	28	2.23	2.29	2.70	2.84	2.79	2.75
0.8	29	2.06	2.21	2.44	2.23	2.58	2.71

ตารางที่ 5ก แสดงค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงของแผ่นวัสดุ กาบมะพร้าว

ผสมซีเมนต์ที่ค่าความหนา 5 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงที่ความถี่ต่างๆ (dBA / sec)					
		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
0.5	28	1.26	1.66	1.73	1.99	2.13	2.08
0.6	28	1.76	1.95	2.08	2.30	2.39	2.03
0.7	29	2.22	2.08	2.54	2.56	2.60	1.83
0.8	28	1.91	2.16	2.28	2.67	2.02	2.12

ตารางที่ 6ก แสดงค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงของแผ่นวัสดุ กาบมะพร้าว

ผสมซีเมนต์ที่ค่าความหนา 7.5 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงที่ความถี่ต่างๆ (dBA / sec)					
		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
0.5	29	1.57	1.78	2.13	2.20	2.42	2.14
0.6	28	2.00	1.98	2.39	2.50	2.31	2.16
0.7	29	2.12	2.37	2.53	2.74	2.66	2.21
0.8	28	2.15	2.17	2.41	2.68	2.54	2.26

ตารางที่ 7ก แสดงค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงของแผ่นวัสดุ กาบมะพร้าว

ผสมซีเมนต์ที่ค่าความหนา 10 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงที่ความถี่ต่างๆ (dBA / sec)					
		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
0.5	28	1.89	2.36	2.61	2.77	3.01	2.28
0.6	28	1.98	2.20	2.43	2.68	2.56	2.72
0.7	28	2.11	2.39	2.55	3.02	2.86	2.49
0.8	28	2.31	2.44	2.89	3.13	2.95	2.35

ตารางที่ 8ก แสดงค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงของแผ่นวัสดุ เส้นใยแก้ว

ผสมซีเมนต์ที่ค่าความหนา 5 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงที่ความถี่ต่างๆ (dBA / sec)					
		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
0.5	29	1.96	1.95	2.62	2.53	1.92	2.35
0.6	28	1.45	1.78	2.08	2.16	2.30	1.48
0.7	29	2.30	2.14	2.67	2.56	2.90	2.83
0.8	29	1.77	1.98	2.18	2.09	1.98	2.01

ตารางที่ 9ก แสดงค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงของแผ่นวัสดุ เส้นใยแก้ว

ผสมซีเมนต์ที่ค่าความหนา 7.5 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงที่ความถี่ต่างๆ (dBA / sec)					
		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
0.5	29	2.30	2.41	2.57	3.30	2.87	2.96
0.6	29	2.08	2.35	2.50	2.37	2.49	2.55
0.7	29	2.23	2.43	2.71	2.61	3.23	2.34
0.8	28	2.04	2.13	2.38	2.25	2.29	2.19

ตารางที่ 10ก แสดงค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงของแผ่นวัสดุ เส้นใยแก้ว

ผสมซีเมนต์ที่ค่าความหนา 10 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียงที่ความถี่ต่างๆ (dBA / sec)					
		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
0.5	28	2.13	2.33	3.16	3.39	2.64	3.23
0.6	28	2.25	2.56	2.76	2.47	2.74	2.77
0.7	29	2.50	2.95	3.00	2.84	3.44	3.14
0.8	28	1.97	2.24	2.53	2.38	2.70	2.42

ภาคผนวก ข

ข้อมูลประกอบการทดลองการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน

ตารางที่ 1x แสดงค่าระดับเสียงในห้องกำเนิดเสียง - ห้องรับเสียง และ ค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง ภายในห้องรับเสียงของแผ่นตัวอย่าง
 ชานอ้อยผสมซีเมนต์ ที่ค่าความหนา 5 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	ระดับเสียงในห้อง กำเนิดเสียง และห้องรับเสียง (dBA)												อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง (dBA / s)					
		125		250		500		1000		2000		4000 Hz		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
		L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂						
0.5	29	64.9	50.6	73.9	61.0	81.5	70.5	88.2	76.2	89.0	69.0	66.5	56.5	2.10	2.22	2.59	2.77	2.39	2.59
0.6	29	64.9	51.1	73.9	58.6	81.5	70.3	88.2	76.7	89.0	70.0	66.5	56.4	2.17	2.25	2.75	2.73	2.85	2.51
0.7	28	64.9	51.2	73.9	60.8	81.5	68.9	88.2	75.0	89.0	68.2	66.5	55.6	2.12	1.98	2.54	2.63	2.23	2.43
0.8	29	64.9	50.3	73.9	59.4	81.5	69.7	88.2	76.4	89.0	69.6	66.5	56.0	2.08	2.07	2.55	2.17	2.49	2.24

ตารางที่ 2x แสดงค่าระดับเสียงในห้องกำเนิดเสียง - ห้องรับเสียง และ ค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง ภายในห้องรับเสียงของแผ่นตัวอย่าง
 ชานอ้อยผสมซีเมนต์ ที่ค่าความหนา 7.5 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	ระดับเสียงในห้อง กำเนิดเสียง และห้องรับเสียง (dBA)												อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง (dBA / s)					
		125		250		500		1000		2000		4000 Hz		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
		L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂						
0.5	29	64.9	48.9	73.9	58.7	81.5	68.2	88.2	73.9	89.0	69.0	66.5	49.6	2.25	2.40	2.65	2.95	2.69	3.01
0.6	29	64.9	49.6	73.9	57.1	81.5	68.0	88.2	74.6	89.0	68.2	66.5	47.8	2.18	2.28	2.61	2.92	2.94	2.62
0.7	28	64.9	47.7	73.9	56.8	81.5	68.6	88.2	72.8	89.0	64.2	66.5	50.0	2.15	2.20	2.62	2.71	2.55	2.54
0.8	28	64.9	49.8	73.9	56.6	81.5	68.6	88.2	74.8	89.0	64.2	66.5	49.7	2.12	2.18	2.60	2.28	2.55	2.31

ตารางที่ 3 แสดงค่าระดับเสียงในห้องกำเนิดเสียง - ห้องรับเสียง และ ค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง ภายในห้องรับเสียงของแผ่นตัวอย่าง
 ชานอ้อยผสมซีเมนต์ ที่ค่าความหนา 10 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	ระดับเสียงในห้อง กำเนิดเสียง และห้องรับเสียง (dBA)												อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง (dBA / s)					
		125		250		500		1000		2000		4000 Hz		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
		L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂						
0.5	28	64.9	47.2	73.9	57.9	81.5	66.7	88.2	72.4	89.0	65.3	66.5	46.5	2.29	2.57	2.67	3.13	3.15	3.51
0.6	28	64.9	47.8	73.9	55.2	81.5	66.0	88.2	72.4	89.0	65.8	66.5	43.1	2.13	2.40	2.75	3.16	3.05	3.13
0.7	28	64.9	44.0	73.9	52.2	81.5	65.8	88.2	71.1	89.0	61.2	66.5	42.4	2.25	2.33	2.75	2.92	2.82	2.79
0.8	29	64.9	45.4	73.9	53.8	81.5	64.9	88.2	72.5	89.0	60.0	66.5	39.2	2.08	2.24	2.49	2.30	2.60	2.75

ตารางที่ 4x แสดงค่าระดับเสียงในห้องกำเนิดเสียง - ห้องรับเสียง และ ค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง ภายในห้องรับเสียงของแผ่นตัวอย่าง
 กาบมะพร้าวผสมซีเมนต์ ที่ค่าความหนา 5 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	ระดับเสียงในห้อง กำเนิดเสียง และห้องรับเสียง (dBA)												อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง (dBA / s)					
		125		250		500		1000		2000		4000 Hz		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
		L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂						
0.5	28	64.9	52.1	73.9	58.3	81.5	66.8	88.2	74.4	89.0	72.6	66.5	58.5	1.27	1.69	1.78	2.01	2.17	2.14
0.6	28	64.9	56.6	73.9	62.1	81.5	62.2	88.2	76.6	89.0	74.3	66.5	50.7	1.78	1.99	2.15	2.32	2.44	2.09
0.7	29	64.9	54.1	73.9	59.2	81.5	61.6	88.2	70.4	89.0	69.7	66.5	47.2	2.24	2.13	2.62	2.58	2.65	1.89
0.8	28	64.9	49.3	73.9	57.3	81.5	67.0	88.2	72.4	89.0	66.2	66.5	54.5	1.93	2.21	2.35	2.70	2.06	2.18

ตารางที่ 5x แสดงค่าระดับเสียงในห้องกำเนิดเสียง - ห้องรับเสียง และ ค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง ภายในห้องรับเสียงของแผ่นตัวอย่าง
 กาบมะพร้าวผสมซีเมนต์ ที่ค่าความหนา 7.5 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	ระดับเสียงในห้อง กำเนิดเสียง และห้องรับเสียง (dBA)												อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง (dBA / s)					
		125		250		500		1000		2000		4000 Hz		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
		L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂						
0.5	29	64.9	48.1	73.9	54.4	81.5	62.2	88.2	69.8	89.0	70.3	66.5	51.0	1.62	1.82	2.15	2.22	2.47	2.20
0.6	28	64.9	50.1	73.9	55.4	81.5	64.2	88.2	77.4	89.0	72.9	66.5	45.6	2.06	2.02	2.41	2.53	2.36	2.22
0.7	29	64.9	50.7	73.9	57.0	81.5	60.7	88.2	67.9	89.0	66.8	66.5	39.3	2.18	2.41	2.56	2.77	2.71	2.28
0.8	28	64.9	48.4	73.9	55.6	81.5	65.7	88.2	70.9	89.0	64.6	66.5	49.3	2.21	2.21	2.43	2.71	2.59	2.33

ตารางที่ 6x แสดงค่าระดับเสียงในห้องกำเนิดเสียง - ห้องรับเสียง และ ค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง ภายในห้องรับเสียงของแผ่นตัวอย่าง
 กาบมะพร้าวผสมซีเมนต์ ที่ค่าความหนา 10 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	ระดับเสียงในห้อง กำเนิดเสียง และห้องรับเสียง (dBA)												อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง (dBA / s)					
		125		250		500		1000		2000		4000 Hz		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
		L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂						
0.5	28	64.9	45.1	73.9	52.5	81.5	57.7	88.2	67.4	89.0	66.3	66.5	40.9	1.93	2.39	2.64	2.80	3.06	2.32
0.6	28	64.9	44.3	73.9	50.0	81.5	51.7	88.2	70.9	89.0	57.5	66.5	42.3	2.02	2.24	2.45	2.70	2.60	2.77
0.7	28	64.9	48.0	73.9	51.8	81.5	60.0	88.2	65.4	89.0	63.6	66.5	37.5	2.15	2.42	2.57	3.05	2.91	2.54
0.8	28	64.9	49.9	73.9	54.5	81.5	63.1	88.2	67.5	89.0	61.2	66.5	45.5	2.35	2.47	2.92	3.16	2.99	2.40

ตารางที่ 7ข แสดงค่าระดับเสียงในห้องกำเนิดเสียง - ห้องรับเสียง และ ค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง ภายในห้องรับเสียงของแผ่นตัวอย่าง เส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ ที่ค่าความหนา 5 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	ระดับเสียงในห้อง กำเนิดเสียง และห้องรับเสียง (dBA)												อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง (dBA / s)					
		125		250		500		1000		2000		4000 Hz		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
		L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂						
0.5	29	64.9	54.1	73.9	59.0	81.5	57.6	88.2	70.7	89.0	75.6	66.5	54.5	1.99	1.99	2.69	2.58	1.95	2.38
0.6	28	64.9	50.2	73.9	55.9	81.5	60.0	88.2	69.4	89.0	73.3	66.5	50.0	1.47	1.81	2.14	2.20	2.33	1.49
0.7	29	64.9	53.3	73.9	58.3	81.5	66.9	88.2	57.2	89.0	71.8	66.5	50.7	2.33	2.18	2.75	2.61	2.94	2.86
0.8	29	64.9	48.3	73.9	57.2	81.5	67.4	88.2	73.5	89.0	61.8	66.5	54.3	1.80	2.02	2.25	2.13	2.01	2.03

ตารางที่ 8ข แสดงค่าระดับเสียงในห้องกำเนิดเสียง - ห้องรับเสียง และ ค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง ภายในห้องรับเสียงของแผ่นตัวอย่าง เส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ ที่ค่าความหนา 7.5 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	ระดับเสียงในห้อง กำเนิดเสียง และห้องรับเสียง (dBA)												อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง (dBA / s)					
		125		250		500		1000		2000		4000 Hz		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
		L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂						
0.5	29	64.9	51.9	73.9	53.0	81.5	58.7	88.2	68.2	89.0	68.3	66.5	48.9	2.32	2.46	2.61	3.37	2.90	3.00
0.6	29	64.9	45.0	73.9	50.9	81.5	56.8	88.2	68.0	89.0	67.5	66.5	42.4	2.10	2.40	2.54	2.42	2.51	2.59
0.7	29	64.9	44.0	73.9	52.4	81.5	60.2	88.2	54.3	89.0	64.1	66.5	40.7	2.25	2.48	2.75	2.66	3.26	2.38
0.8	28	64.9	49.6	73.9	56.7	81.5	67.8	88.2	73.0	89.0	61.9	66.5	52.8	2.06	2.17	2.42	2.30	2.31	2.22

ตารางที่ 9ข แสดงค่าระดับเสียงในห้องกำเนิดเสียง - ห้องรับเสียง และ ค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง ภายในห้องรับเสียงของแผ่นตัวอย่าง
เส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ ที่ค่าความหนา 10 เซนติเมตร

W/C ratio	temp (C)	ระดับเสียงในห้อง กำเนิดเสียง และห้องรับเสียง (dBA)												อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง (dBA / s)					
		125		250		500		1000		2000		4000 Hz		125	250	500	1000	2000	4000 Hz
		L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂						
0.5	28	64.9	51.9	73.9	52.9	81.5	54.5	88.2	66.0	89.0	65.0	66.5	43.7	2.15	2.38	3.21	3.42	2.69	3.28
0.6	28	64.9	35.6	73.9	42.2	81.5	53.5	88.2	65.4	89.0	59.8	66.5	36.1	2.28	2.61	2.80	2.49	2.80	2.81
0.7	29	64.9	33.6	73.9	41.5	81.5	51.0	88.2	49.7	89.0	53.1	66.5	34.0	2.53	3.01	3.05	2.86	3.51	3.19
0.8	28	64.9	46.4	73.9	53.6	81.5	64.7	88.2	68.5	89.0	59.6	66.5	41.7	1.99	2.28	2.57	2.40	2.75	2.46

ภาคผนวก ค

ข้อมูลทั่วไป

ตารางที่ 1ค แสดงรายการค่าใช้จ่ายที่นำมาคิดเป็นต้นทุนในการผลิต

	กาบมะพร้าวผสมซีเมนต์ (บาท)	เส้นใยแก้วผสมซีเมนต์ (บาท)
วัสดุเส้นใย	60 (10 บาท/กิโลกรัม)	1560 (260บาท/กิโลกรัม)
ซีเมนต์	240	240
อุปกรณ์	100	100
ค่าแรง	100	100
รวม	500	2000

ตารางที่ 2ค แสดงค่ากำลังรับแรงอัดของวัสดุคูดซับเสียง (Compressive Strength)

เส้นใยพืชที่ใช้	ค่ากำลังรับแรงอัดของวัสดุ (Compressive Strength)			เฉลี่ย (kg/Cm ²)
	1	2	3	
กาบมะพร้าว W/C ratio 0.7	16.29	16.53	17.14	16.65
กาบมะพร้าว W/C ratio 0.8	13.75	14.07	13.68	13.83
เส้นใยแก้ว W/C ratio 0.7	53.47	53.61	53.98	53.68
เส้นใยแก้ว W/C ratio 0.8	49.82	50.12	49.03	49.65

ตารางที่ 3ค แสดงค่ากำลังรับแรงดัดของวัสดุคูดซับเสียง (Flexural Strength)

เส้นใยพืชที่ใช้	ค่ากำลังรับแรงดัดของวัสดุ (Flexural Strength)			เฉลี่ย (kg/Cm ²)
	1	2	3	
กาบมะพร้าว W/C ratio 0.7	20.25	21.03	20.07	20.45
กาบมะพร้าว W/C ratio 0.8	20.25	20.85	21.11	20.73
เส้นใยแก้ว W/C ratio 0.7	74.25	74.09	75.00	74.45
เส้นใยแก้ว W/C ratio 0.8	73.81	73.97	74.26	74.01

ประวัติผู้เขียน

นายบรรณัตร์ วิริยะ เกิดวันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2521 เข้าศึกษาระดับปริญญาตรีในสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2541 โดยในช่วง พ.ศ. 2537 ถึง พ.ศ. 2541 มีโอกาสช่วยกิจการทางบ้าน ควบคุมงานก่อสร้าง ทำให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องในการทำงานทางด้านวิศวกรรมโยธาและวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จึงได้มีความสนใจและเข้าศึกษาต่อในสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี พ.ศ. 2542