

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก


คุณสมบัติของวัสดุทราบค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงและสัมประสิทธิ์การลดเสียง

คุณสมบัติของวัสดุราคาต่ำประสิทธิภาพดูดกลืนเสียงและต่ำประสิทธิภาพลดเสียง (ชื่อทางการค้า FEIN FRESKO)

SURFACE DESIGN

FEIN FRESKO ... THE CLASSICAL CEILING

AMF THERMATEX FINE FRESKO offers a classic non-directional face pattern and excellent sound absorption.



AMF Project Skyspan Rimpsting / Chiemsee, Germany

26

SURFACE DESIGN

AVAILABLE AS

SUSPENSION SYSTEM



FEINFRESKO
FINE FRESKO

THERMATEX

Ceiling tiles made from new generation bio-soluble mineral wool, clay and starch with excellent fire resistance and acoustic performance.



SYSTEM C EXPOSED SYSTEM
For 15 or 24 mm wide sections.
Detachable ceiling



SYSTEM F30 FIRE PREVENTION SYSTEM
An independent ceiling giving fire protection from above and below



SYSTEM E FREE SPAN SYSTEM
Clear span plank system, with exposed or concealed suspension



SYSTEM I BANDRASTER SYSTEM
With parallel sections 50-150 mm wide and concealed cross sections

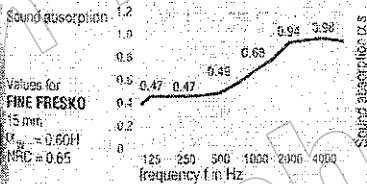


Knauf AMF GmbH & Co. KG is certified in accordance with Quality Assurance Standard to ISO 9001 and ISO 14001



The RAL Seal of Approval gives assurance that mineral panels are regularly checked for quality, safety and fire protection.

TECHNICAL PERFORMANCE



FIRE Class 1 Surface Spread of Flame to BS 476: Part 7: 1987, Class 0 as defined by Building Regulations, 1987, Class B1 as per EN 4102, part 1, Class A2B1 as per DIN 4102, part 1.



Sound absorption as per BS EN 20354: 1993.



THERMAL Thermal conductivity $\lambda = 0.052 - 0.057 \text{ W/mK}$



Sound attenuation as per BS EN 26140-9: 1994. $D_{n,c,w} = 34 \text{ dB}$ (thickness 15 mm)



LIGHT Up to 90%



HUMIDITY Humidity resistant panels up to 90% RH

SPECIAL PROPERTIES



Fire protection up to 1 hour in accordance with BS 476: Parts 20-23: 1967. Fire resistance F30-F120 to DIN 4102, Part 2.



HYGIENE HYGENA - bactericidal and fungicidal treatment

DIMENSIONS, PANEL THICKNESS

Standard Sizes: 600 x 600 mm / 625 x 625 mm / 600 x 1200 mm / 625 x 1250 mm
Panel sizes: 300 x 1200 mm - 2500 mm / 312.5 x 1250 mm - 2500 mm
400 x 1200 mm - 2500 mm, other sizes to order
Thickness / Weight: 15 mm (c. 4.5 kg/m²) / 19 mm (c. 5.7 kg/m²) / 40 mm (c. 12 kg/m²)
Colour: White, similar to RAL 9010, other colours available to order

All specifications are subject to change without notice.
Ceiling installation must be as described in the relevant test reports and assessments.

ภาคผนวก ข

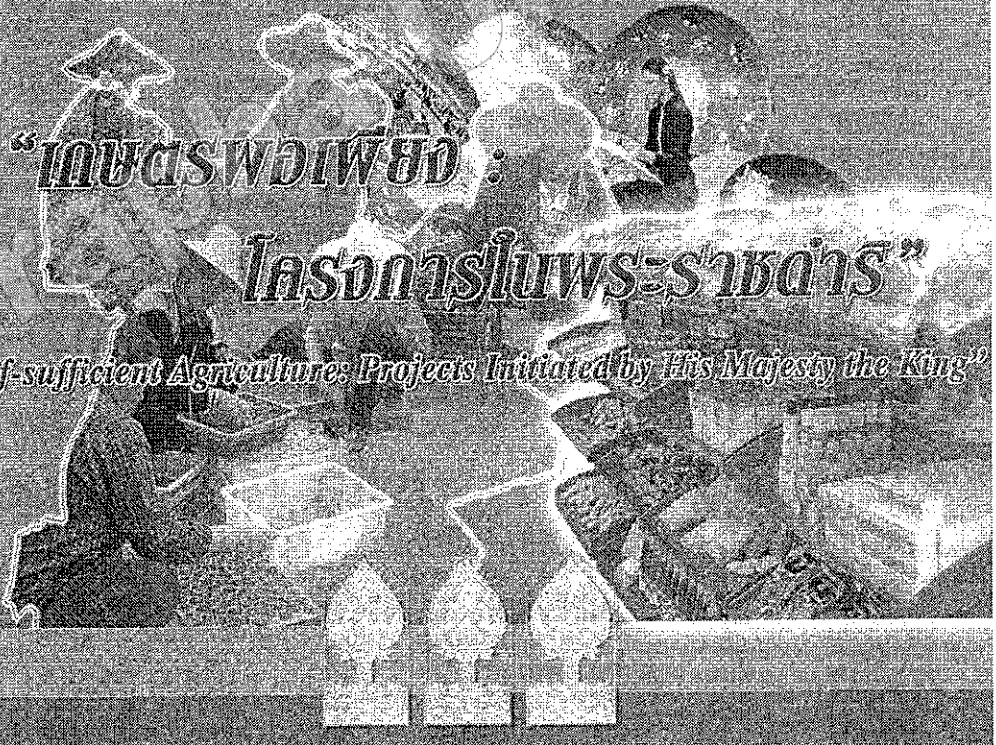
ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่



คณาจารย์ในภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ๕๐ พรรษา

เรื่องดำเนินการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๕๕ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
The Proceeding of 45th Kasetsart University Annual Conference

เล่มที่ 5
สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์
(Subject: Architecture and Engineering)
สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
(Subject: Natural Resources and Environment)



“เกษตรพอเพียง :
โครงการบูรพราชดำริ”

“Self-sufficient Agriculture: Projects Initiated by His Majesty the King”

เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45

The Proceeding of 45th Kasetsart University Annual Conference

เล่มที่ 5

สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

(Subject: Architecture and Engineering)

สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

(Subject: Natural Resources and Environment)

จัดโดย (Organized by)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

ร่วมกับ (in cooperation with)

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (Commission of Higher Education)

กระทรวงศึกษาธิการ (Ministry of Education)

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (Ministry of Agriculture and Cooperatives)

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Ministry of Science and Technology)

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

(Ministry of Natural Resources and Environment)

กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

(Ministry of Information and Communication Technology)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (National Research Council of Thailand)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (The Thailand Research Fund)

30 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์ 2550 (30 January – 2 February 2007)

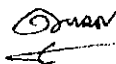
ISBN 978-974-537-999-2

คำนำ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ได้จัดให้มีการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 45 ในวันที่ 30 มกราคม ถึง 2 กุมภาพันธ์ 2550 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างและพัฒนาคุณภาพของงานวิจัย และเผยแพร่ความรู้ความก้าวหน้าทางด้านวิชาการและเทคโนโลยี ตลอดจนเป็นการแลกเปลี่ยนความรู้ และระดมความคิดเห็นระหว่างนักวิชาการ อันจะนำไปสู่แนวทางการวิจัย เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศชาติต่อไป

หนังสือฉบับนี้รวบรวมเรื่องเต็มผลงานวิจัยทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ของ สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ 73 เรื่อง และสาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 31 เรื่อง ซึ่งได้ผ่านการคัดเลือกจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิประจำสาขา และนำเสนอในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 45

ในนามของคณะกรรมการดำเนินการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 45 ขอขอบคุณ นักวิจัย นักวิชาการ คณาจารย์ที่ได้นำผลงานมาเสนอ และผู้ที่สนใจเข้าร่วมการประชุมทางวิชาการใน ครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะกรรมการทุกฝ่ายที่สละเวลา แรงกาย แรงใจ และความคิด ร่วมมือกันจัดเตรียมการประชุม จนทำให้การประชุมทางวิชาการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี



(ศาสตราจารย์ ดร.ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒน์)

รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ประธานคณะกรรมการดำเนินงานจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 45

ความสำเร็จของการเสนอผลงาน
ในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 45
ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ประกอบด้วย หนังสือรับรองการมาเสนอผลงาน
และการได้ตีพิมพ์ลงในหนังสือเรื่องเต็ม

เอกสารทางวิชาการ 5/2550

กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร. 0 2942 8167-8 โทรสาร 0 2942 8167-8

E-mail: psd.esd@ku.ac.th

4. ทส.4/O23 อิทธิพลของสื่อมวลชนต่อพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวที่ไปเยือนอุทยานแห่งชาติ.....651
Influence of Mass Media on Behavior of Visitors to National Parks
โดย สุปานี นิยมศิลป์ นาววรรณ ฐานะกาญจน์ เสวี เวชชบุษกร
และปนัดดา ชำนาญสุข
5. ทส.5/O25 ความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวต่อโปรแกรมสื่อความหมายในแหล่งนันทนาการทางธรรมชาติ
แหล่งนันทนาการกึ่งธรรมชาติ และแหล่งนันทนาการทางประวัติศาสตร์.....659
Visitor's Opinions toward Interpretive Programs in Natural, Semi-natural and Historical
Recreation Areas
โดย วรวิทย์ พรหมชู สันต์ เกตุปราณีต นาววรรณ ฐานะกาญจน์
และปนัดดา ชำนาญสุข
6. ทส.6/O28 ผลกระทบจากการทำนาุ้งต่อคุณสมบัติดิน และสังคมพืชป่าชายเลน บริเวณอำเภอสิ
จังหวัดชุมพร.....667
Impact of Shrimp Farming on Soil Properties and Mangrove Community at
Sawi District, Chumphon Province
โดย ชินวัฒน์ พวงยอด
7. ทส.7/O477 การประเมินศักยภาพทรัพยากรนันทนาการฐานป่าไม้.....675
Assessment of Forest - based Recreation Resource Potential
โดย นิทัศน์ นุ่นสง นาววรรณ ฐานะกาญจน์ วันชัย อรุณประภากรรัตน์
และอุทิศ กุฎอินทร์
8. ทส.11/O82 การเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลของน้ำที่มีผลต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่โดยรอบ
สุวรรณภูมิมหานคร.....683
Effects from Flow Direction Change to Landuse Surrounding Suvarnabhumi
Mahanakorn
โดย อรวรรณ มนตรีวงศ์ และบุญเชิด หนูอิม
9. ทส.13/O121 เสียงรบกวนในชุมชน เทศบาลตำบลชุมแสง อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง.....691
Community Noise in Tambolchumsang Municipality, Amphoe Wangchan,
Rayong Province
โดย อรนุช แซ่ตั้ง นรินทร์ วิจิตอนันต์ และพิชาญ สว่างวงศ์
10. ทส.15/O122 วัสดุดูดกลืนเสียงจากไยกก.....699
Sound Absorbing Material from Papyrus Fiber
โดย เกศ ศรีวัฒนพล นรินทร์ วิจิตอนันต์ พิชาญ สว่างวงศ์
และสมพร ศรีวัฒนพล
11. ทส.17/O158 Recovery of Avian Diversity in an Abandoned Humen Settlement in Western
Forest of Thailand.....706
By Prateep Duengkae and Vijak Chimchome

สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

Subject: Natural Resources
and Environmental

ภาคบรรยาย

Oral Presentation

วัสดุดูดกลืนเสียงจากไผ่กวก

Sound Absorbing Material from Papyrus Fiber

เกศ ศรีวัฒน์พล¹ นรินทร์ วิฑิตอนันต์² พิชาน สว่างวงศ์³ และ สมพร ศรีวัฒน์พล⁴

Gate Sreuwattanapon Nirun Witt-anun Pichan Sawngwong and Somporn Sreuwattanapon

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยจากต้นกกมาสร้างเป็นวัสดุดูดกลืนเสียง มีผลการศึกษาดังนี้ วัสดุดูดกลืนเสียงสร้างขึ้นจากเส้นใยกกผสมกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (อัตราส่วน 1:1) อัดขึ้นรูปในแม่พิมพ์ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก แรงอัด 1 N/mm² อุณหภูมิ 150 °C นาน 10 นาที โดยวัสดุดูดกลืนเสียงจากไผ่กวกในงานวิจัยมี ความหนา 2.5 , 5 cm และ ความหนาแน่น 100 , 150 , 200 kg/m³ สำหรับความสามารถในการดูดกลืนเสียงของวัสดุดูดกลืนเสียงที่สร้างขึ้นพิจารณาจาก ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง (α) วัดตามหลักการของมาตรฐาน ASTM E 1050-90 และค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง (NRC) ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุดูดกลืนเสียงจากไผ่กวกที่ความหนาและความหนาแน่นต่างๆ จะเปลี่ยนแปลงตามความถี่เหมือนกันทั้งหมด โดยมีค่าสูงสุดที่ความถี่ 500 Hz และ ต่ำสุดที่ 1000 Hz หากพิจารณา ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงพบว่าเมื่อวัสดุดูดกลืนเสียงหนาขึ้นค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

ABSTRACT

Research objective for possible to take papyrus fiber create sound absorbing material. The results showed that the sound absorbing material made from papyrus fiber mixed with ureaformaldehyde glue (ratio 1:1) by pouring into mold of hydraulic pressing machine at pressure 1 N/mm² with temperature 150 °C and pressing at such pressure for 10 minutes. The material have thickness 2.5, 5 cm, while the density 100 , 150 , 200 kg/m³. The ability of sound absorption of material to created consider from sound absorption coefficient (α) by measure follow ASTM E 1050-90 and noise reduction coefficient (NRC). The sound absorption coefficient at thickness and density has change follow frequency with highest at frequency 500 Hz and lowest of 1000 Hz. The noise reduction coefficient was increased with thickness of absorbing material.

Key words sound absorbing material, noise control, environmental noise, papyrus fiber

E-mail: sc420061@hotmail.com

¹ โครงการบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Environmental Science Program, Faculty of Science, Burapha University

² ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Department of Physics, Faculty of Science, Burapha University.

³ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Department of Physics, Faculty of Science, Burapha University.

⁴ ภาควิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

Department of Technology Computer, Faculty of Science, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi.

คำนำ

ปัจจุบันปัญหามลพิษทางเสียงนับวันจะทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นทุกขณะ โดยเฉพาะระดับเสียงริมเส้นทางจราจรในเขตเมืองใหญ่ และระดับเสียงจากโครงการต่างๆ เช่น อุตสาหกรรม ขนส่งมวลชน และสนามบิน เป็นต้น ปัญหานี้มิได้มีเพียงความรำคาญเท่านั้น แต่ยังก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและอนามัยของผู้ที่อยู่ใกล้เคียงด้วยการควบคุมปัญหามลพิษทางเสียงสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การควบคุมที่แหล่งกำเนิดเสียง การควบคุมที่เส้นทางเดินของเสียง และการควบคุมที่ตัวผู้รับเสียง (Harris, 1979) สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2533) รายงานว่าการควบคุมที่เส้นทางเดินของเสียงสามารถทำได้ 2 ลักษณะคือ การเพิ่มระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดกับผู้รับ หรือ การใช้วัสดุดูดกลืนเสียง (Sound Absorber) กันระหว่างเส้นทางเดินของเสียง การควบคุมมลพิษทางเสียงโดยการเพิ่มระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดกับผู้รับทำได้ยากและมีค่าใช้จ่ายมาก ทำให้การใช้วัสดุดูดกลืนเสียงสำหรับการแก้ปัญหามลพิษทางเสียงเป็นที่น่าสนใจมากกว่า

วัสดุดูดกลืนเสียงอาจทำจากวัสดุประเภทต่างๆ หลายชนิด รวมถึงการนำวัสดุเหลือใช้ประเภทต่างๆ มาใช้เป็นวัตถุดิบในการสร้างวัสดุดูดกลืนเสียง เช่น การสร้างวัสดุดูดกลืนเสียงจากเศษวัสดุพืชแห้ง ซึ่งสุทธิพันธ์ (2533) ได้ใช้ก้ามมะพร้าว ผักตบชวาและฟางข้าว มาทำเป็นวัสดุดูดกลืนเสียงจากการศึกษาพบว่า ก้ามมะพร้าวมีประสิทธิภาพในการดูดกลืนเสียงดีที่สุด นิรันดร์ (2535) ได้สร้างวัสดุดูดกลืนเสียงประเภทวัตถุพูนจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรคือ แกลบ ชักบ และโยมะพร้าว จากการศึกษพบว่าแกลบมีสัมประสิทธิ์การลดเสียงดีที่สุด นอกจากนี้ยังอาจใช้วัสดุอื่นร่วมในการสร้างวัสดุดูดกลืนเสียงด้วย เช่น Pfitzschner and Rodriguez (1999) ได้ใช้เศษยางรถยนต์ที่คัดแยกแล้วมาทำเป็นวัสดุดูดกลืนเสียงซึ่งใช้ได้ในช่วงความถี่กว้าง เป็นต้น

วัสดุดูดกลืนเสียงประเภทหนึ่งที่น่าสนใจใช้ในการควบคุมปัญหามลพิษทางเสียงคือ วัสดุดูดกลืนเสียงประเภทเส้นใย ซึ่ง Choa and Jiunn (2001) กล่าวว่าเส้นใยแก้ว (glass wool) และเส้นใยหิน (rock wool) มีประสิทธิภาพในการดูดกลืนเสียงสูง จึงมักนำเส้นใยทั้ง 2 นี้ไปใช้เป็นส่วนประกอบหลัก แต่ฝ่ายอาชีพอนามัยกองอนามัยสิ่งแวดล้อม (2539) รายงานว่าเส้นใยทั้ง 2 จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพและร่างกายของผู้ใช้ได้ โดยการสัมผัสหรือหายใจเอาฝุ่นของเส้นใยเข้าไป ซึ่งอาจทำให้เกิดโรคเช่น ถุงลมโป่งพอง มะเร็งเยื่อหุ้มปอด หรือมะเร็งหลอดลม เป็นต้น

อย่างไรก็ดี การใช้เส้นใยเซลลูโลสของพืชมาทำเป็นวัสดุดูดกลืนเสียง ถือเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากเส้นใยเซลลูโลสเป็นเส้นใยที่ย่อยสลายได้ง่ายตามธรรมชาติและไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ (วีระศักดิ์, 2543) ซึ่งเส้นใยกกเป็นตัวอย่างหนึ่งของเส้นใยเซลลูโลสที่ได้จากธรรมชาติ มีลักษณะ เหนียวและคงทน ทำให้ผู้คนส่วนใหญ่นิยมนำเส้นใยชนิดนี้มาแปรรูปในงานเกษตร เช่น เสื่อ ตะกร้าและของใช้ต่างๆ ซึ่งหากมีการนำเส้นใยกกมาเป็นส่วนประกอบหลักในการสร้างเป็นวัสดุดูดกลืนเสียง จะเป็นการเพิ่มความสามารถของเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติมากขึ้น วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำเส้นใยจากต้นกกมาสร้างเป็นวัสดุดูดกลืนเสียงรวมถึงศึกษาผลของความหนาและความหนาแน่นของวัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกกที่มีต่อการดูดกลืนเสียง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิจัยและพัฒนาวัสดุดูดกลืนเสียงประเภทเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติ

อุปกรณ์และวิธีการ

การสร้างวัสดุดูดกลืนเสียงจากโยก

วัสดุดูดกลืนเสียงจากโยกที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ ทำจากเส้นกอกแห้งที่มีลักษณะแข็งมาปรับสภาพให้เป็นเส้นใยที่มีขนาดเล็กและอ่อนนุ่ม โดยนำเส้นกอกแห้งมาทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 15% โดยน้ำหนัก (%wt) ที่อุณหภูมิ 100 °C เวลา 30 นาที (ศกุนธิ และ รุ่งอรุณ, 2545) นำเส้นโยกไปล้างด้วยน้ำสะอาดและกรองแยกเส้นใย หลังจากนั้นจึงนำเส้นใยที่ได้ไปอบแห้งด้วยเตาอบลมร้อน (Oven) ที่อุณหภูมิ 106 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อได้เส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว นำเส้นใยผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในอัตราส่วน 1:1 ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปใส่ในบล็อกแม่พิมพ์และอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก โดยใช้แรงอัดประมาณ 1 N/mm² ที่อุณหภูมิ 150 °C เป็นเวลา 10 นาที (วรวิทย์, 2538) โดยกำหนดให้วัสดุดูดกลืนเสียงจากโยกสำหรับใช้ในงานวิจัยมีความหนา 2.5 , 5 cm และความหนาแน่น 100 , 150 , 200 kg/m³ งานวิจัยนี้ควบคุมความหนาแน่นของชิ้นงานโดยการกำหนดปริมาตรของบล็อกแม่พิมพ์สำหรับทำชิ้นงานให้คงที่ค่าหนึ่ง (ซึ่งสัมพันธ์กับความหนาของชิ้นงาน) จากนั้นจึงใช้โยกที่มีมวลที่สัมพันธ์กับความหนาแน่นของชิ้นงานในการอัดขึ้นรูปก็จะได้ชิ้นงานที่มีความหนาแน่นตามต้องการ

การหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงและค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง

ความสามารถในการดูดกลืนเสียงของวัสดุดูดกลืนเสียงบอกได้ด้วย ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง (Absorption Coefficient, α) เป็นค่าที่ขึ้นกับพลังงานเสียงที่ตกกระทบกับพลังงานเสียงที่ถูกดูดกลืนของวัสดุนั้น และ ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) เป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิตของค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง ที่ความถี่ 250 , 500 , 1000 และ 2000 Hz การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดกลืนเสียงของวัสดุชนิดต่างๆ จะใช้ค่า NRC ในการเปรียบเทียบ

การหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงเพื่อนำไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงของงานวิจัยนี้จะใช้วิธีสองไมโครโฟน ตามมาตรฐาน ASTM E 1050-90 (Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials Using a Tube, Two Microphones, and a Digital Frequency Analysis System) ซึ่งมีโครงสร้างของชุดทดลองดัง Figure 1 เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง แล้วจึงนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงของวัสดุแต่ละชิ้นเพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน

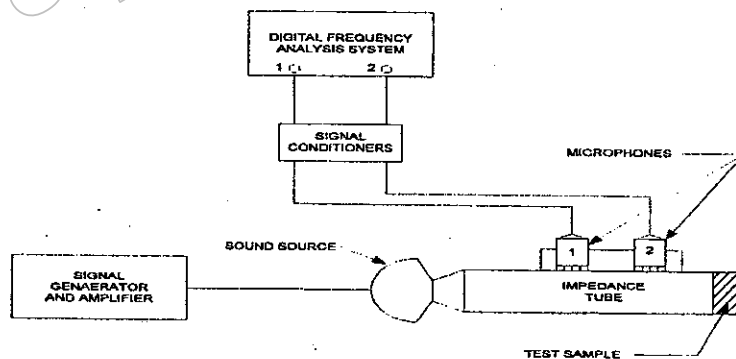


Figure 1. Experimental apparatus and instrumentation

ผลการทดลองและวิจารณ์

วัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกกที่สร้างขึ้น จากการผสมกันของเส้นใยกกที่ผ่านการปรับสภาพแล้วกับ กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในสัดส่วน 1:1 หลังจากนำไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกพบว่า วัสดุดูดกลืนเสียงที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกตามแนวมุมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 cm ผิวหน้าของชิ้นงานไม่เรียบยัง แสดงลักษณะของเส้นใยกก ภายในชิ้นงานจะมีลักษณะเป็นช่องเปิดเนื่องจากการซ้อนทับกันอย่างไม่เป็นระเบียบของเส้นใยทำให้ภายในของวัสดุดูดกลืนเสียงเกิดรูพรุนขึ้น Figure 2



Figure 2. Sound absorbing material from papyrus fiber

เมื่อนำวัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกกมาหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง และค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงของวัสดุแต่ละชิ้นได้ผลดังนี้

1) วัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกกที่ความหนาเดียวกันเท่ากับ 2.5 cm และความหนาแน่นต่างกัน (100 , 150 และ 200 kg/m³) พบว่า ความสามารถในการดูดกลืนเสียงที่ความถี่ต่างๆ มีค่าไม่เท่ากัน โดยวัสดุดูดกลืนเสียงที่สร้างขึ้นจะสามารถดูดกลืนเสียงที่ความถี่ 500 Hz ได้สูงสุด ($\alpha=0.86$) และลดต่ำลงอย่างรวดเร็วที่ความถี่ 1000 Hz ($\alpha=0.28$) และค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อความถี่สูงขึ้น ลักษณะการดูดกลืนเสียงที่ความถี่ต่างๆ นี้จะยังคงปรากฏอยู่ถึงแม้ความหนาแน่นของวัสดุดูดกลืนเสียงจะเพิ่มขึ้นอย่างไรก็ดีสำหรับวัสดุดูดกลืนเสียงที่ความหนาแน่น 200 kg/m³ พบว่าจะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงที่ความถี่ 4000 Hz สูงกว่าวัสดุดูดกลืนเสียงที่ความหนาแน่น 100 และ 150 kg/m³ (Figure 3)

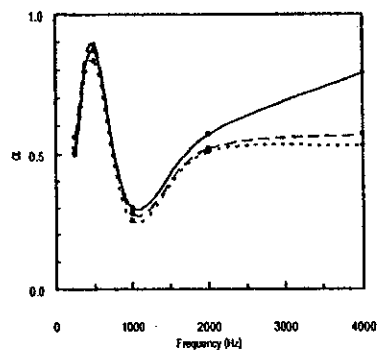


Figure 3. Variation of absorption coefficient with frequency for sound absorbing material from papyrus fiber thickness 2.5 cm by various density —, 100 kg/m³; - - -, 150 kg/m³; - · - · -, 200 kg/m³

2. วัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกกที่มีความหนาแน่นเดียวกัน ความหนาต่างกัน พบว่า เมื่อความหนาของวัสดุดูดกลืนเสียงเพิ่มขึ้นความสามารถในการดูดกลืนเสียงจะเพิ่มขึ้นด้วย ยกเว้นที่ความถี่ 2000 Hz ของวัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกกความหนาแน่น 100 kg/m³ และที่ความถี่ 4000 Hz ของวัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกกความหนาแน่น 150 และ 200 kg/m³ กลับพบว่า วัสดุดูดกลืนเสียงที่มีความหนามาก (5 cm) จะดูดกลืนเสียงได้น้อยกว่าวัสดุที่มีความหนาน้อย (2.5 cm) (Figure 4) ที่เป็นเช่นนี้อาจมีสาเหตุจากการเกิดการล้นพ้อง (coincidence) ที่วัสดุดูดกลืนเสียง เนื่องจากความถี่ของเสียงที่ตกกระทบมีค่าตรงกับความเร็วธรรมชาติของวัสดุดูดกลืนเสียงทำให้วัสดุเกิดการสั่นตัวอย่างแรงและเกิดการสะท้อนหรือส่งผ่านเสียงออกมาจากชิ้นงานเป็นผลให้วัสดุดูดกลืนเสียงที่สร้างขึ้นสะท้อนหรือส่งผ่านเสียงได้มากกว่าจะเกิดการดูดกลืนเสียงที่ความถี่นั้น

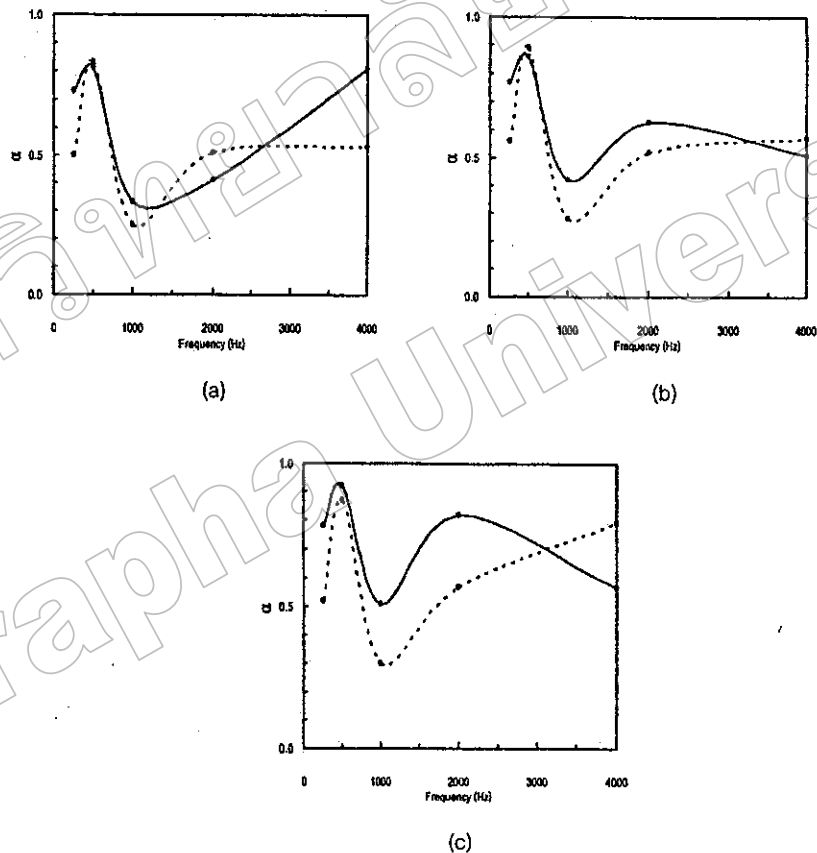


Figure 4. Variation of absorption coefficient with frequency for sound absorbing material from papyrus fiber by various thickness —●—, 2.5 cm; —■—, 5 cm
(a) 100 kg/m³; (b) 150 kg/m³; (c) 200 kg/m³

3. เมื่อพิจารณาการดูดกลืนเสียงของวัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกก ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง (NRC) พบว่า ในกรณีความหนาแน่นของวัสดุดูดกลืนเสียงเท่ากันจะพบว่าเมื่อความหนาของเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงจะมีค่าเพิ่มขึ้น และหากพิจารณาในกรณีความหนาเท่ากันจะพบว่าวัสดุดูดกลืนเสียงที่มีความหนา 5 cm เมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งต่างจากวัสดุดูดกลืนเสียงที่มีความหนา 2.5 cm พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงมีค่าใกล้เคียงกัน (Figure 5)

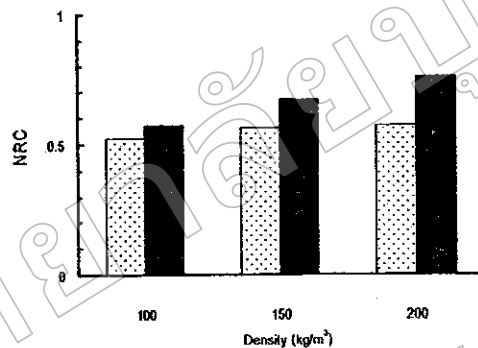


Figure 5. Variation of noise reduction coefficient with density for sound absorbing material from papyrus fiber by various thickness □ ,2.5 cm ■ ,5 cm

สรุป

1. วัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกกมีความสามารถในการดูดกลืนเสียงที่ความถี่ต่างๆ ไม่เท่ากัน ขึ้นกับความหนาและความหนาแน่นของวัสดุดูดกลืนเสียง
2. วัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกกสำหรับทุกความหนาและความหนาแน่นพบว่ามีความสามารถในการดูดกลืนเสียงที่ความถี่ 500 Hz ได้สูงสุดและดูดกลืนเสียงความถี่ 1000 Hz ได้ต่ำสุด
3. ความหนาของวัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงโดยเมื่อความหนาเพิ่มขึ้น สัมประสิทธิ์การลดเสียงจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ
4. มีความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยจากต้นกกมาสร้างเป็นวัสดุดูดกลืนเสียง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการควบคุมเสียงที่ความถี่ต่ำ เช่น การลดระดับเสียงที่เกิดจากท่อไอเสียในรถยนต์ โดยการนำวัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกกไว้ภายในผนังท่อ หรือการนำไปผสมกับปูนซีเมนต์สร้างเป็นกำแพงกันเสียงเพื่อควบคุมเสียงจากการจราจร เป็นต้น

คำนิยม

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนบางส่วนจากโครงการบัณฑิตศึกษา นวัตกรรมและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม ภายใต้การกำกับของโครงการพัฒนานักศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทบวงมหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

- ทวีสุข หันธุ์เพ็ง, 2529. การพัฒนาแก้ปัญหาภาวะมลพิษทางเสียง การป้องกันและการแก้ไข. รายงานการฝึกอบรมเรื่อง การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม วันที่ 21-25 เมษายน 2529, กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.
- นิรันดร์ วิจิตอนันต์, 2535. สมรรถนะในการลดระดับเสียงของวัสดุพูน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ฝ่ายอาชีวอนามัย กองอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2539. ปอดและโรคปอด. กรุงเทพฯ: สำนักอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. แผ่นพับ.
- ววิทย์ จตุรพาณิชย์, 2538. ปาร์ติเกิลบอร์คผลผลิตกัญชงช่วยในการประหยัดไม้. วิศวกรรมสาร, ปีที่40 48-52.
- วีรศักดิ์ อุคมกิจเดชา, 2543. วิทยาศาสตร์เส้นใย. กรุงเทพฯ: อักษรการพิมพ์.
- ศุภณีย์ สมบุรณวิทย์ และรุ่งอรุณ ประเสริฐศักดิ์, 2545. การผลิตจนวนความร้อนจากเส้นใยหญ้าแฝกและน้ำยางธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมวัสดุ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุทัศน์ สุทธิฤทธิ์, 2533. ประสิทธิภาพการลดระดับความดังของเสียงจากเศษวัสดุพืชแห้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ASTM E-1050, 1992. Standard test method for impedance and absorption of acoustical materials using a tube, two microphone, and a digital frequency analysis system. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- Chao-Nan Wang & Jiunn-Hwan Torng, 2001. Experimental study of the absorption characteristics of some porous fibrous materials. Applied Acoustics, 62, 447-459.
- Cunniff, P. 1977. Environmental Noise Pollution. New York: John Wiley & Sons.
- Hariss, C.M. 1979. Handbook of Noise Control. New York: McGraw-Hill.
- Pfretzschner, J., & Rodriguez, R.M. 1999. Acoustic properties of rubber crumbs. Polymer Testing, 18, 81-92.
- Siekman, W., & Sullivan, J.W. 1976. Acoustic absorption and transmission-loss materials. In Handbook of Industrial Noise Control (pp. 146-206). New York: Industrial Press.



ขอรับรองว่าผลงานวิจัย

เรื่อง

วัสดุดูดกลิ่นเสียงจากโยก

โดย

เกศ ศรีวัฒน์พล นรินทร์ จิตตอนันต์

พิชาญ สว่างวงศ์ และสมพร ศรีวัฒน์พล

ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

และได้นำเสนอในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45

ระหว่างวันที่ 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2550

(ศาสตราจารย์ ดร. ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา)

รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ประธานคณะกรรมการดำเนินงานจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 45

สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ภาควิชาภูมิวิทยา คณะเกษตร 1. สุรเชษฐ จามรมาน
- ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร 2. ประเดิม ฉ่ำใจ
- ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง 3. เขษรพงษ์ เมฆสัมพันธ์ 4. สุนันท์ ภัทรจินดา
- ภาควิชาทะเลเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง 5. ชุมพล ศรีทอง 6. วรวิทย์ เทพชาติ
- ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ 7. มิตรีย์ ประสมดิษฐ์ 8. วิพัทธ์ จันทนา 9. วรรณภาศ คุกรัตนสิริ
10. วุฒิพล ชัยเมืองแก้ว 11. สันติ สุขสวัสดิ์
- ภาควิชาชีววิทยาน้ำจืด คณะวนศาสตร์ 12. ศกกรัก มารอด 13. เตชวิทย์ วัฒนวิทย์ 14. นีศ ภูมิภาคพันธ์
15. รุ่งลาภ สุขมาลี 16. วิชาญ เลียดทอง
- ภาควิชาวนวัฒนศึกษา คณะวนศาสตร์ 17. สมหวัง ชื่นตยาณรงค์ 18. สวัสดิ์ พิสุทธิชัยบุรี
- ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ 19. จงรัก วิชัยวิรัตน์ 20. รุ่งเรือง พูลศิริ 21. ลดาวัลย์ พวงจิตต์
22. สาทิศ ศิลกสัมพันธ์
- ภาควิชาวิศวกรรมป่าไม้ คณะวนศาสตร์ 23. อัญชัย อรุณประภารัตน์
- ภาควิชาอนุกรมวิทยา คณะวนศาสตร์ 24. ดรรชนี เหมพันธ์ 25. นภาพรณ ฐานะกาญจน์
26. สารี สุวัฒน์ 27. สิทธิชัย ตันณะตฤณย์
- ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ 28. นพปฎล สุทธิศิริ 29. วิชัย รัตนเสถียรทอง
- ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ 30. บงกชรัตน์ ปิติยนต์ 31. ประไพพิศ ชัยรัตนเมธี
32. พิษณา อุนริภักษ์พร
- ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ 33. ชัยวัฒน์ ชัยนภากรวิ 34. นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์
35. สุรชัย สิปปพัฒนากา
- ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ 36. จิภา ชมสุรินทร์ 37. ชัยยศชัย จิระเดชะ
38. ชาลี เขียมไทยศรี 39. ศิพนันท์ ภูมิปัญญาคุณ
40. วิมลย์ เลียงเจริญสิทธิ์ 41. สันญา สิริวิทยานภรณ์
42. สุชาติ เทตองประเสริฐ 43. สัจฉรา ดวงเดือน

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

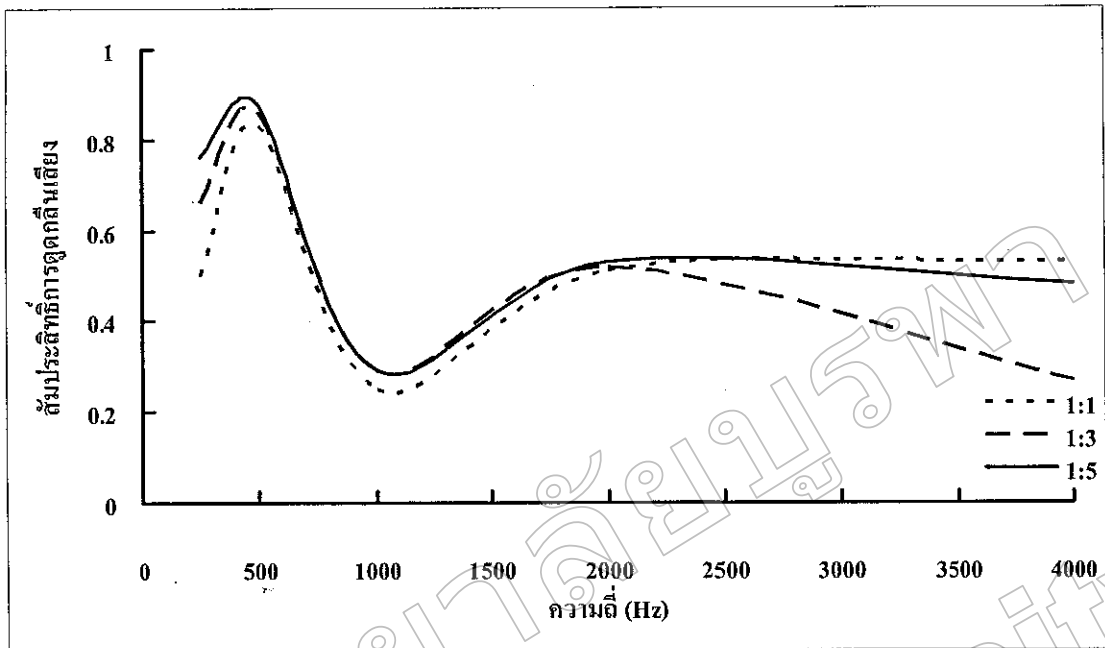
- | | | |
|-------------|-------------|-----------------|
| 1. นิพนธ์ | ตั้งธรรม | นักวิชาการอิสระ |
| 2. สมศักดิ์ | สุขวงศ์ | นักวิชาการอิสระ |
| 3. บุญวงศ์ | ไทยสุดสำห | นักวิชาการอิสระ |
| 4. สุเทพ | จันทร์เชียว | นักวิชาการอิสระ |

ภาคผนวก ก

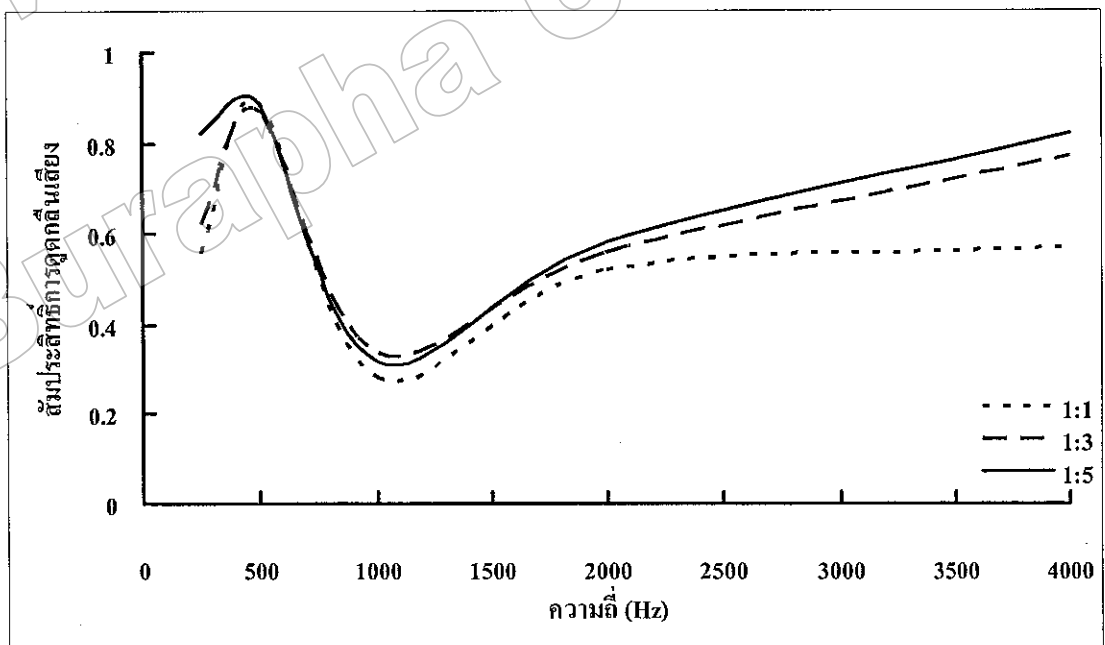
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ของตัวแปรต่างๆ
และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การลดเสียงของตัวแปรต่างๆ

ตารางที่ 12 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงและค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงของแผ่นดูดกลืนเสียง
จากใยแก้ว ที่ความหนา 2.5 cm

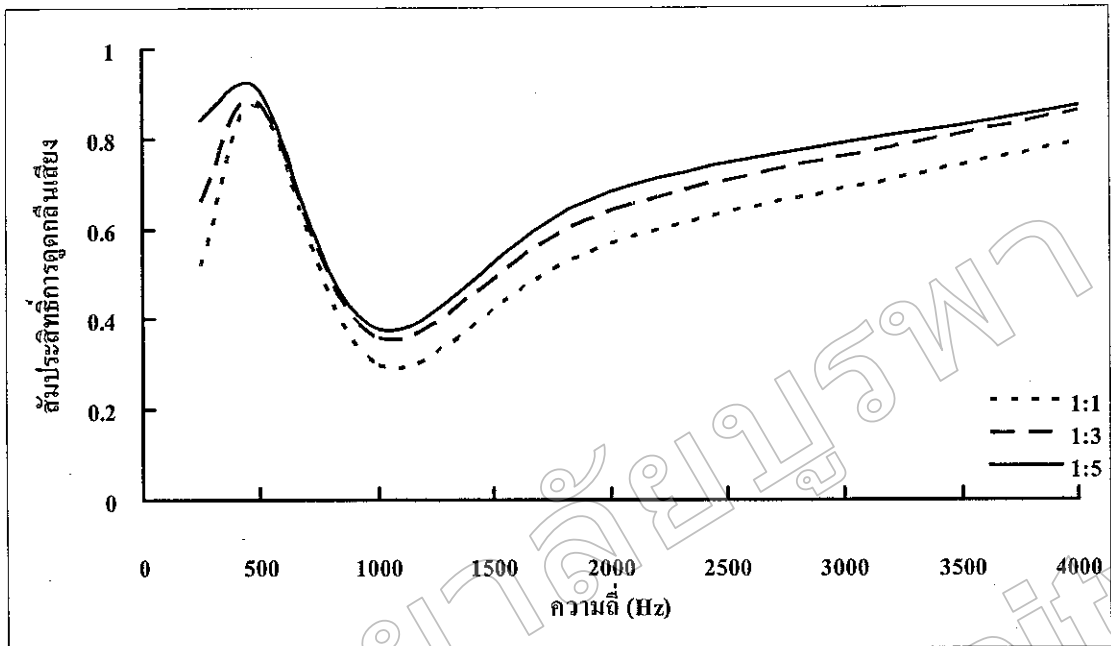
อัตราส่วน ภาวะ: ใยแก้ว	ความหนาแน่น (Kg/m ³)	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง					ค่าสัมประสิทธิ์ การลดเสียง
		250	500	1000	2000	4000	
1: 1	100	0.50	0.83	0.25	0.51	0.53	0.52
	150	0.56	0.89	0.28	0.52	0.57	0.56
	200	0.52	0.87	0.30	0.57	0.79	0.57
1: 3	100	0.66	0.86	0.29	0.52	0.27	0.58
	150	0.62	0.87	0.34	0.56	0.77	0.60
	200	0.66	0.88	0.36	0.64	0.86	0.64
1: 5	100	0.76	0.88	0.29	0.53	0.48	0.62
	150	0.82	0.89	0.32	0.58	0.82	0.65
	200	0.84	0.91	0.38	0.68	0.87	0.70



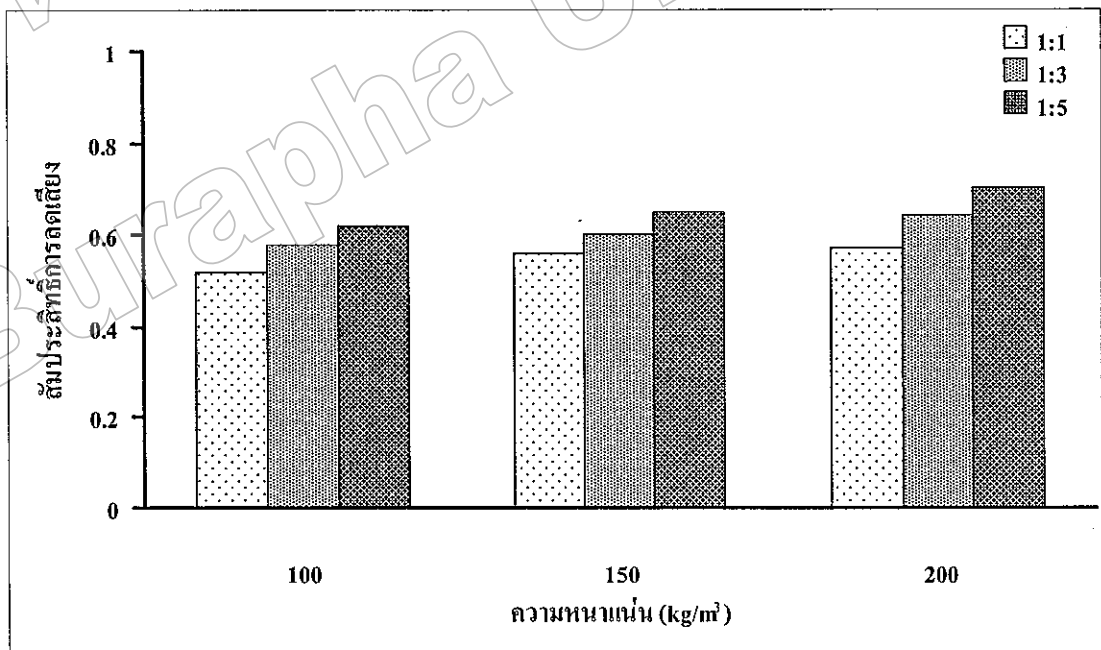
ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่อัตราส่วนระหว่าง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยกต่างกัน เมื่อความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงเท่ากับ 2.5 cm ความหนาแน่น 100 kg/m^3



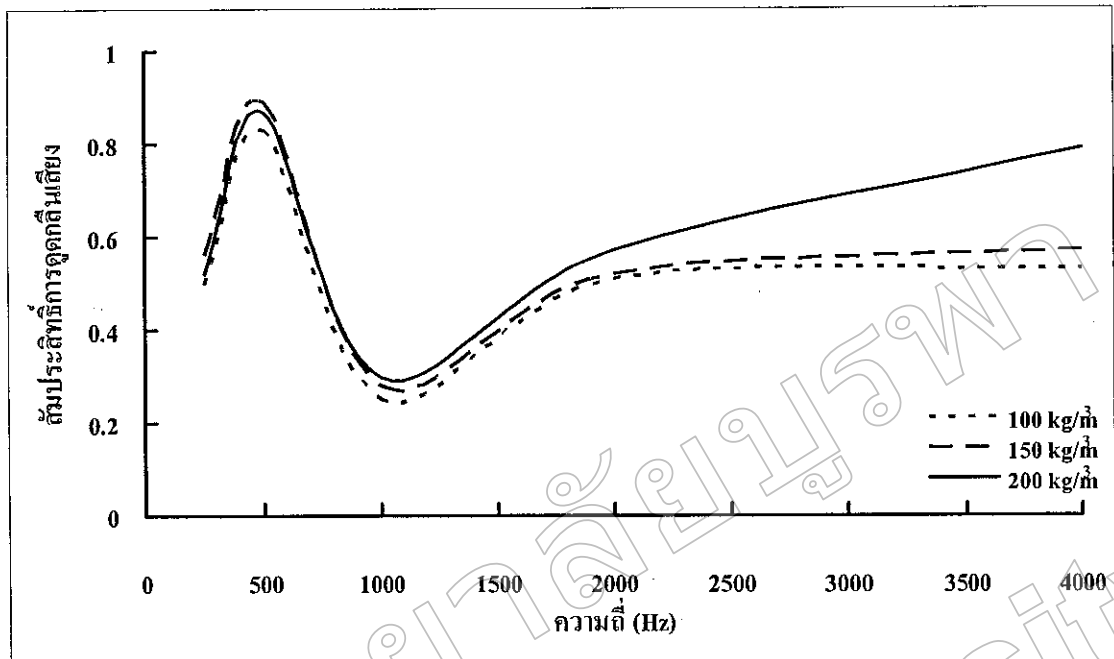
ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่อัตราส่วนระหว่าง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยกต่างกัน เมื่อความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงเท่ากับ 2.5 cm ความหนาแน่น 150 kg/m^3



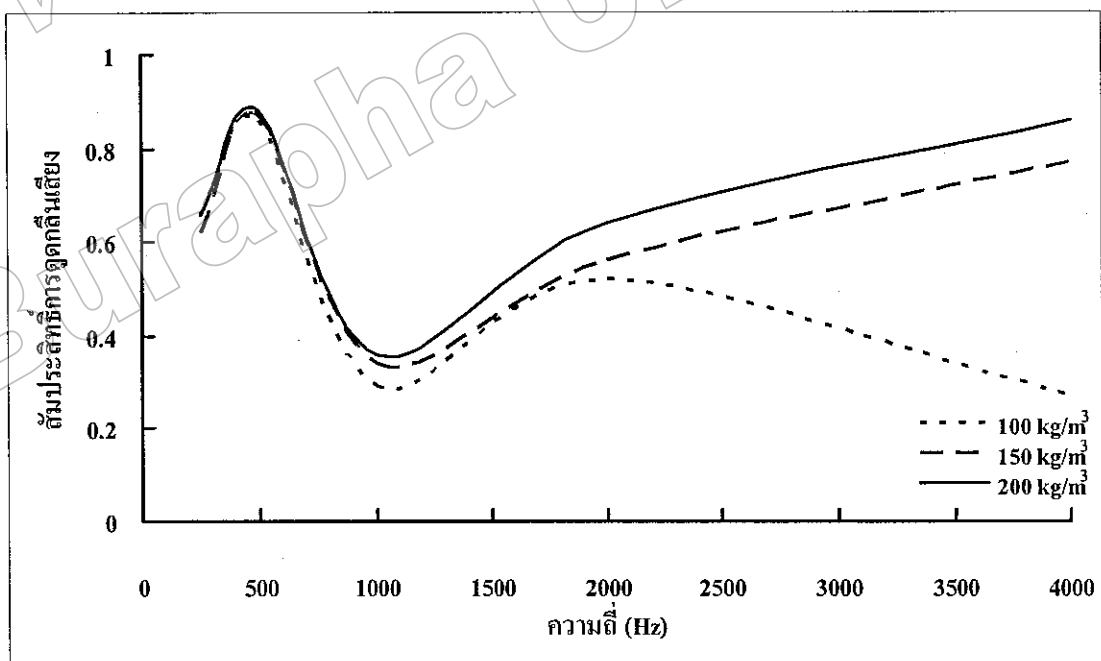
ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่อัตราส่วนระหว่าง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยกกต่างกัน เมื่อความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงเท่ากับ 2.5 cm ความหนาแน่น 200 kg/m³



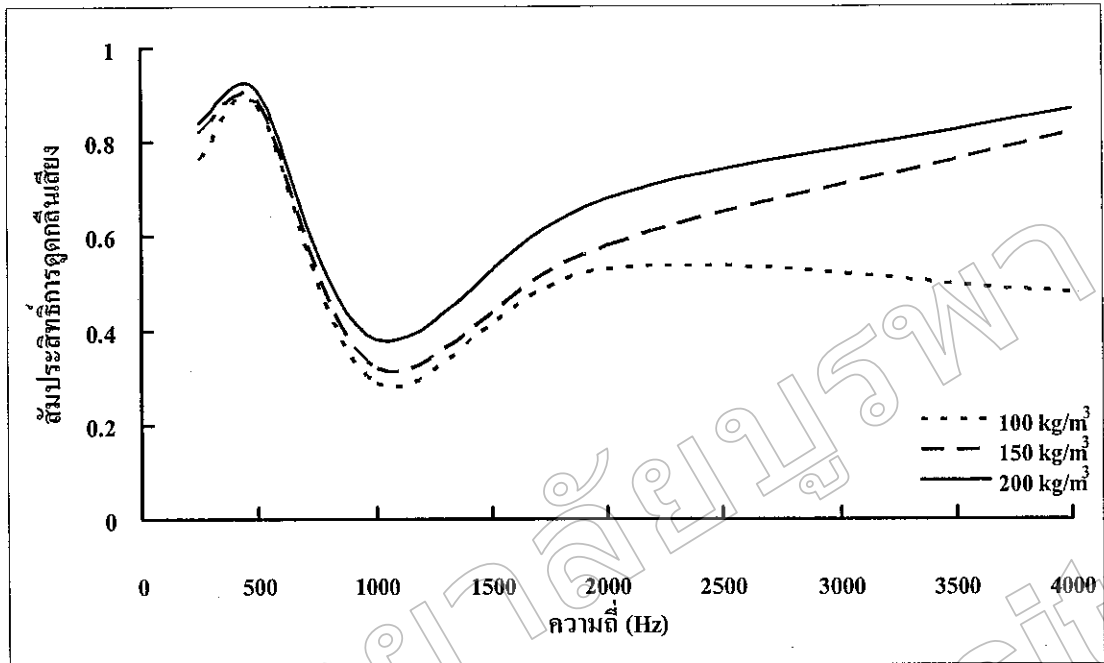
ภาพที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การลดเสียงกับความหนาแน่น ที่อัตราส่วนระหว่าง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยกกต่างกัน เมื่อความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยกก เท่ากับ 2.5 cm



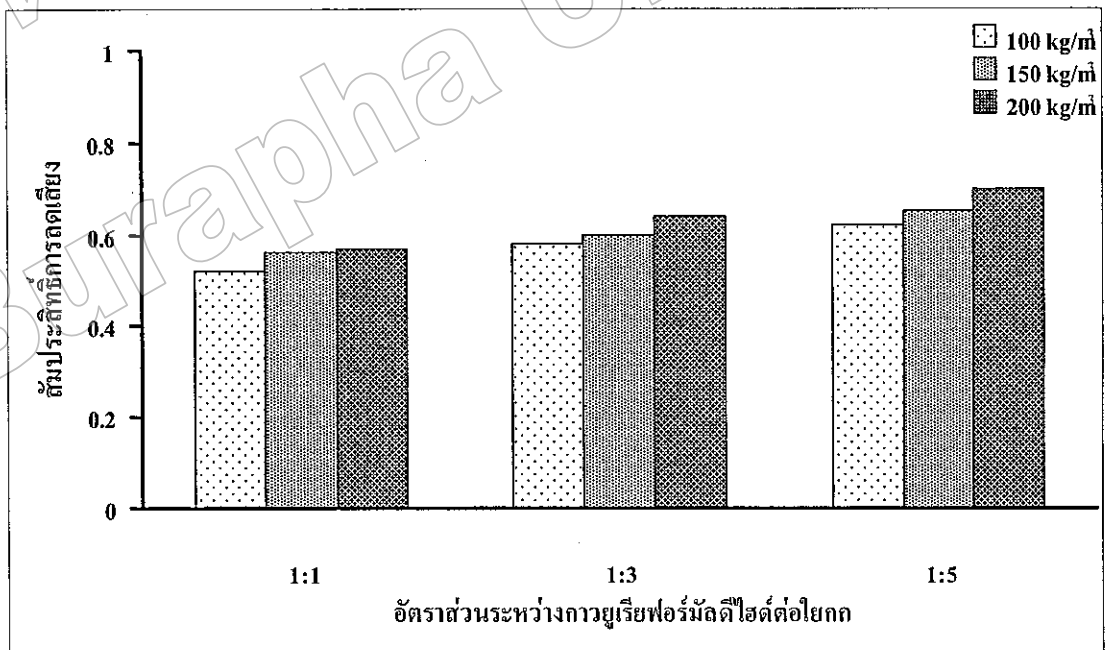
ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่ความหนาแน่นของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1:1 ความหนา 2.5 cm



ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่ความหนาแน่นของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1: 3 ความหนา 2.5 cm



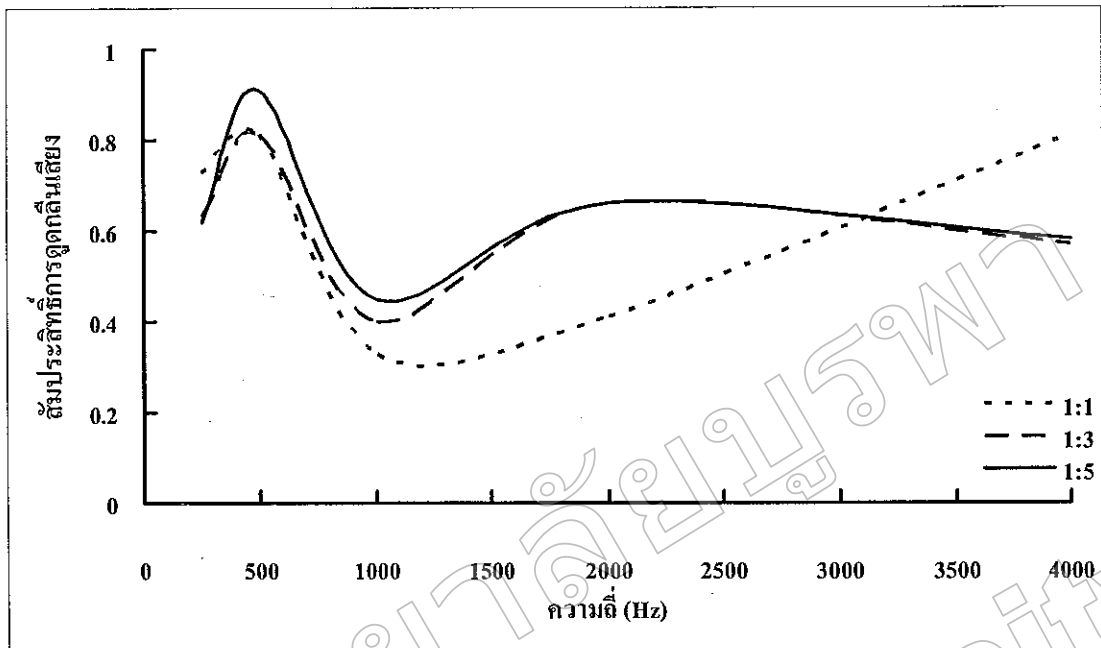
ภาพที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่ความหนาแน่นของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1: 5 ความหนา 2.5 cm



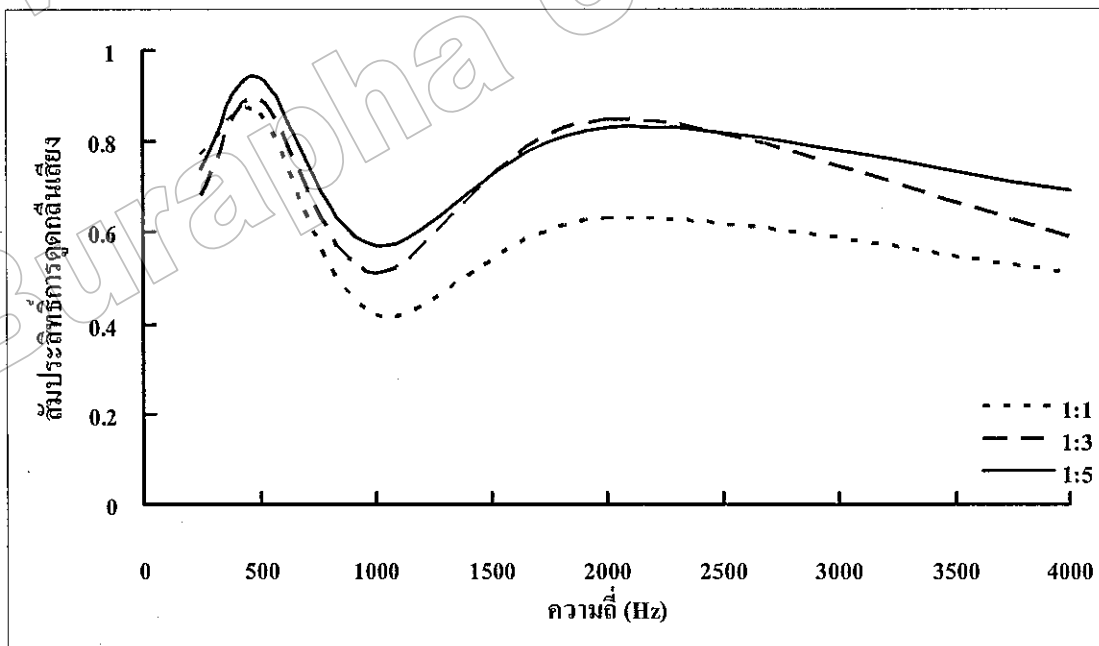
ภาพที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การลดเสียงกับอัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้ว ที่ความหนาแน่นต่างกัน เมื่อความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วเท่ากับ 2.5 cm

ตารางที่ 13 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงและค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงของแผ่นดูดกลืนเสียง
จากใยแก้ว ที่ความหนา 5.0 cm

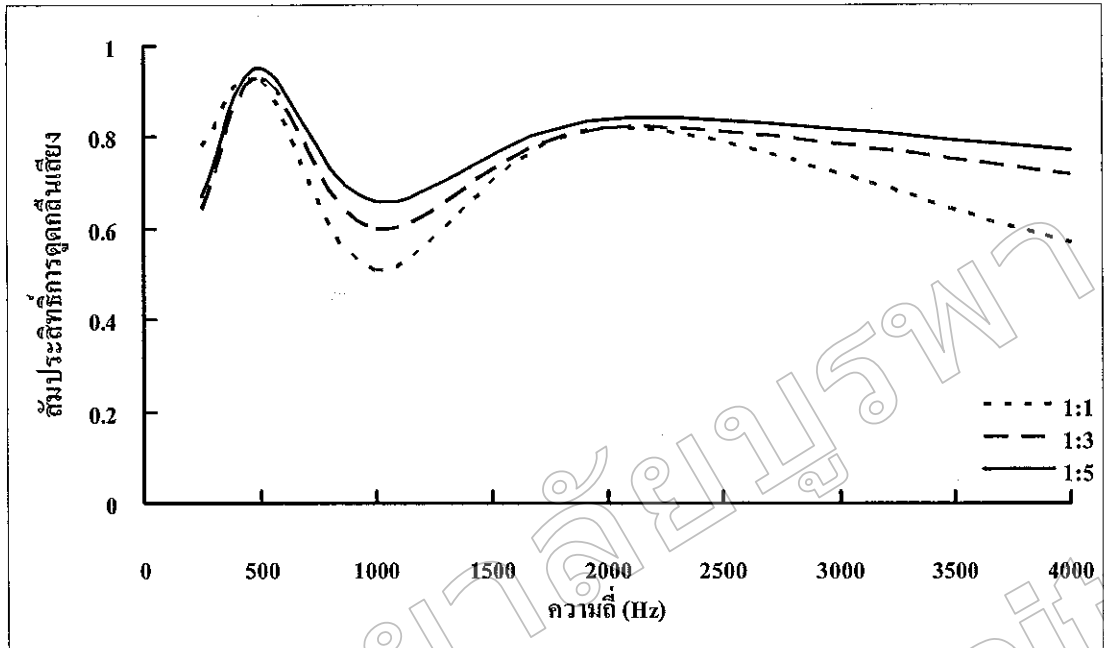
อัตราส่วน ภาวะ: ใยแก้ว	ความหนาแน่น (Kg/m ³)	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง					ค่าสัมประสิทธิ์ การลดเสียง
		250	500	1000	2000	4000	
1:1	100	0.73	0.81	0.33	0.41	0.81	0.57
	150	0.77	0.86	0.42	0.63	0.51	0.67
	200	0.78	0.92	0.51	0.82	0.57	0.76
1:3	100	0.63	0.81	0.40	0.66	0.57	0.63
	150	0.68	0.89	0.51	0.85	0.59	0.73
	200	0.64	0.93	0.60	0.82	0.72	0.75
1:5	100	0.62	0.91	0.45	0.66	0.58	0.66
	150	0.74	0.94	0.57	0.83	0.69	0.77
	200	0.67	0.95	0.66	0.84	0.77	0.78



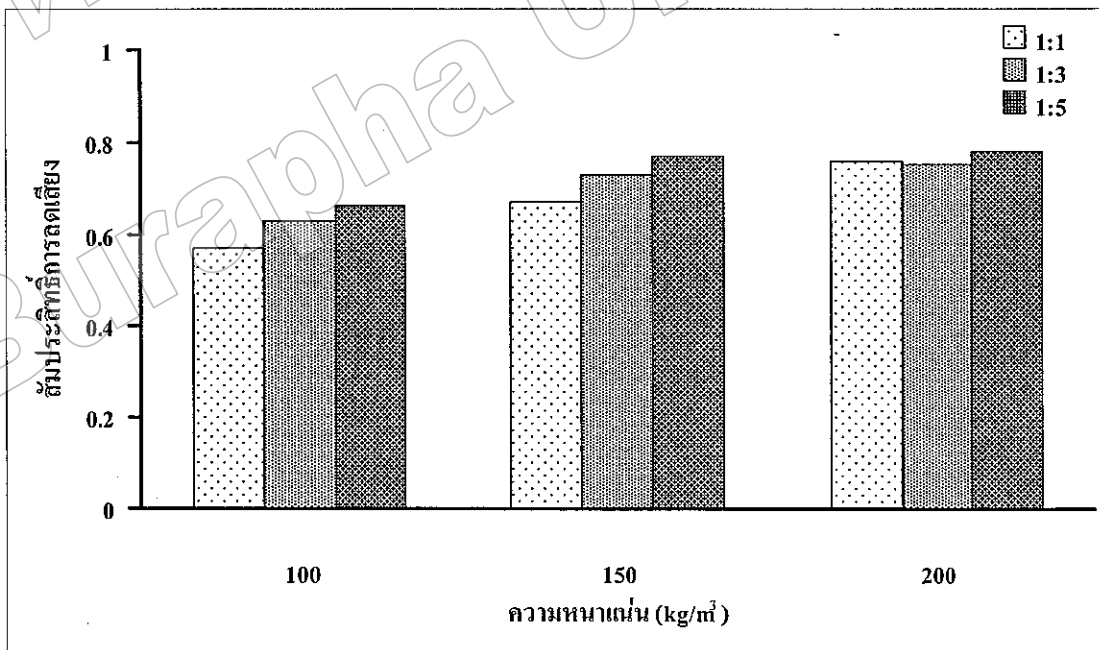
ภาพที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่อัตราส่วนระหว่าง
 กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแตกต่างกัน เมื่อความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงเท่ากับ 5.0 cm
 ความหนาแน่น 100 kg/m^3



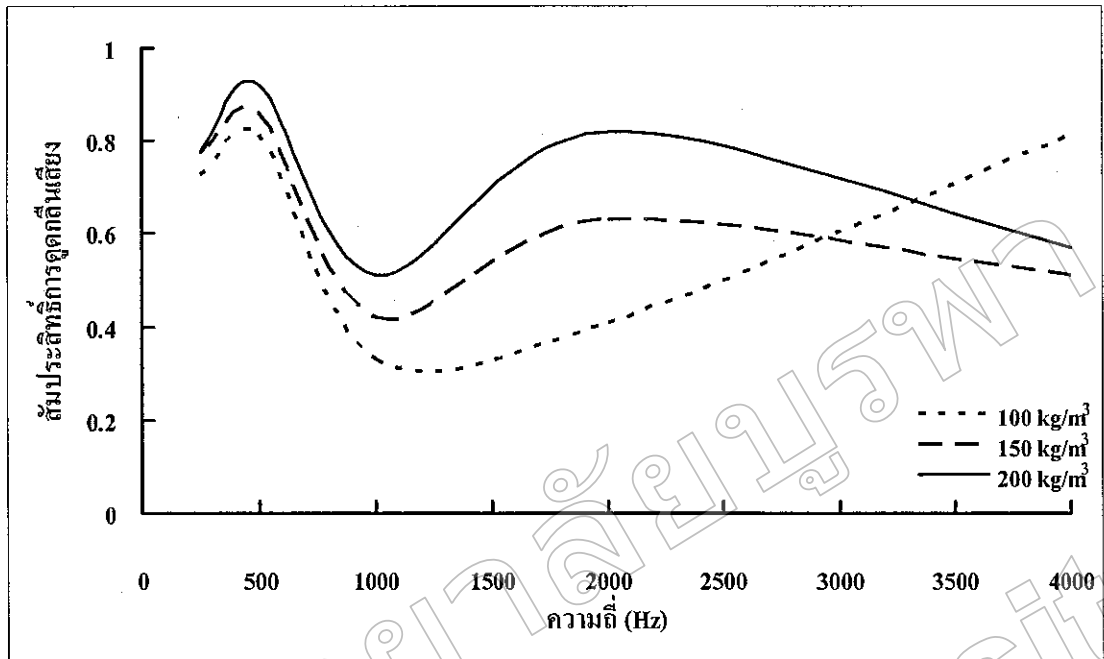
ภาพที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่อัตราส่วนระหว่าง
 กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแตกต่างกัน เมื่อความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงเท่ากับ 5.0 cm
 ความหนาแน่น 150 kg/m^3



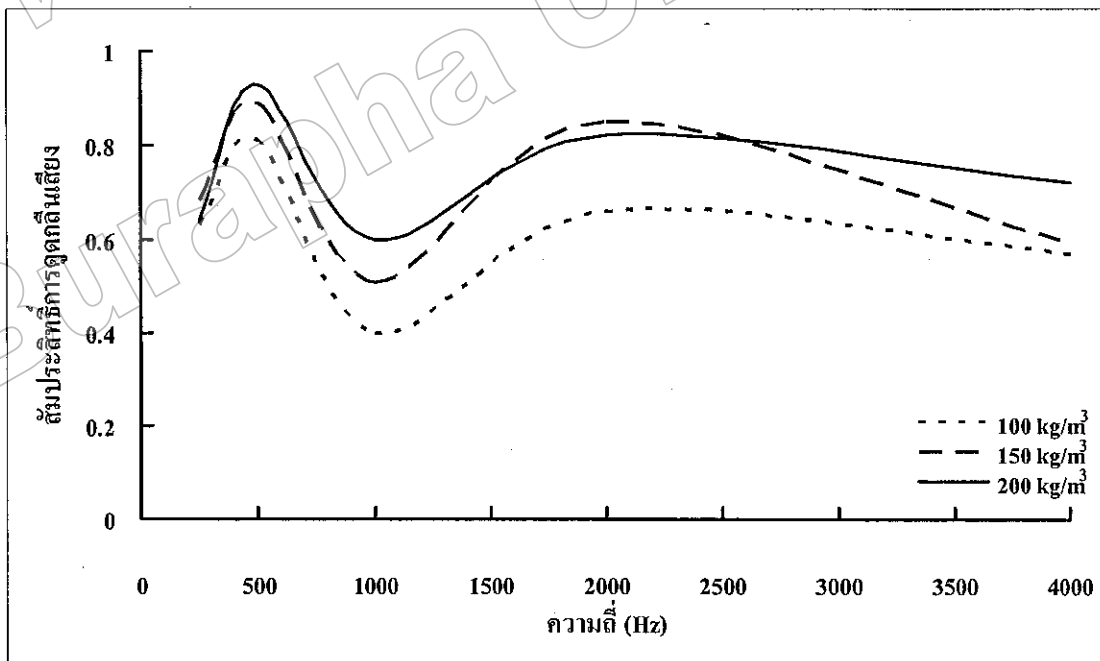
ภาพที่ 30 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่อัตราส่วนระหว่าง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยกกต่างกัน เมื่อความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงเท่ากับ 5.0 cm ความหนาแน่น 200 kg/m³



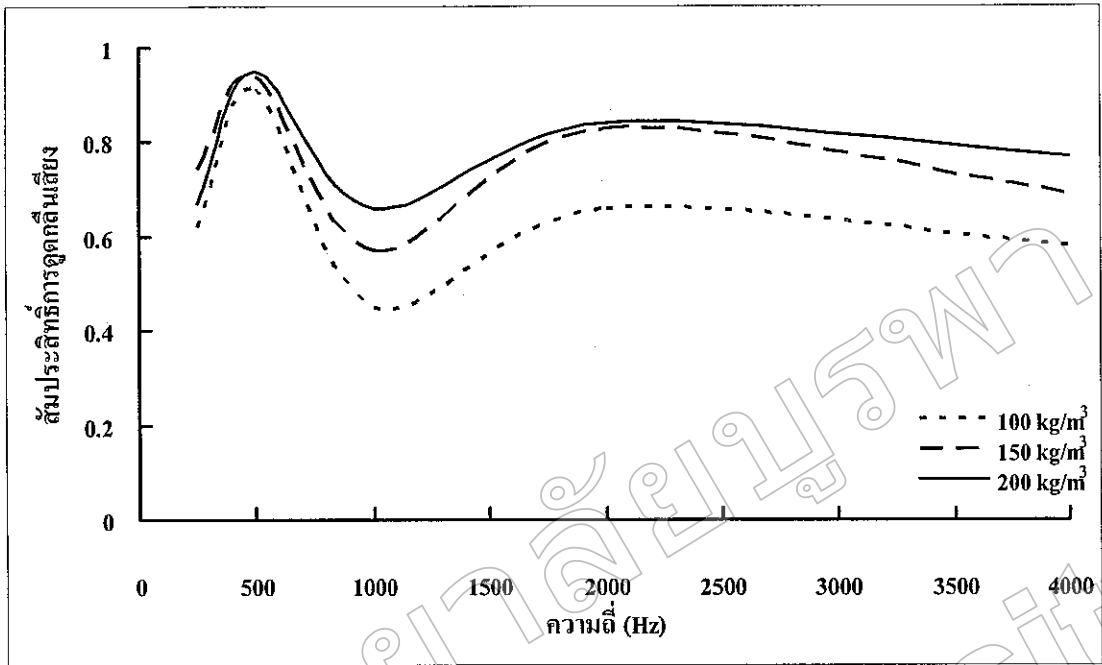
ภาพที่ 31 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การลดเสียงกับความหนาแน่นที่อัตราส่วนระหว่าง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยกกต่างกัน เมื่อความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยกก เท่ากับ 5.0 cm



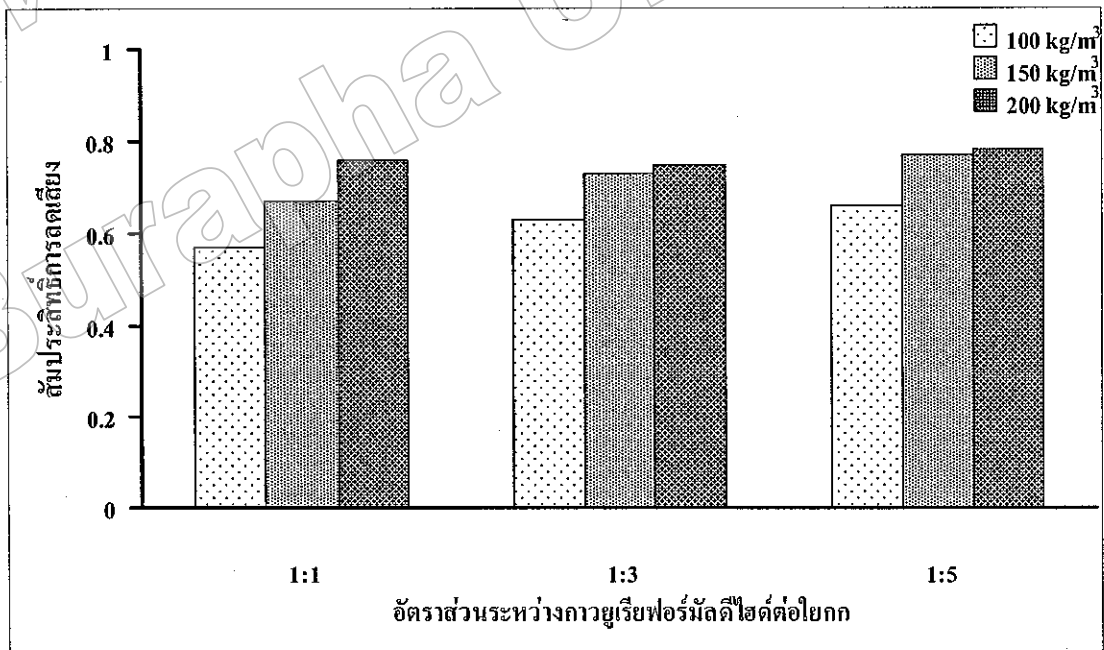
ภาพที่ 32 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ที่ความหนาแน่นของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกายูเรียพอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1:1 ความหนา 5.0 cm



ภาพที่ 33 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ที่ความหนาแน่นของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกายูเรียพอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1:3 ความหนา 5.0 cm



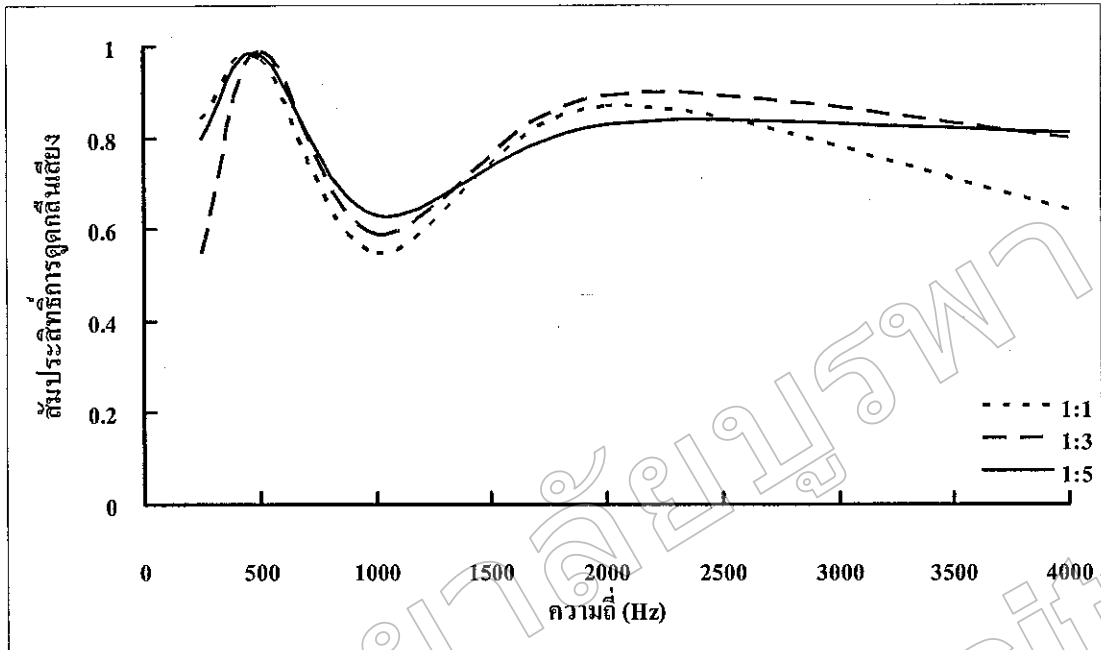
ภาพที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ที่ความหนาแน่นของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1: 5 ความหนา 5.0 cm



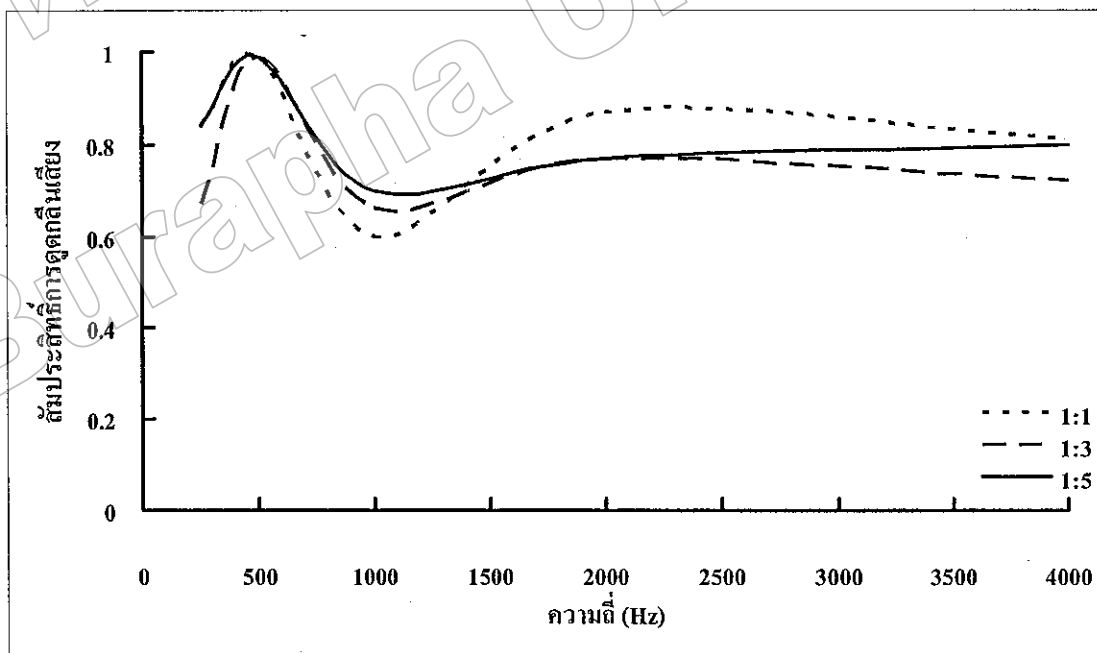
ภาพที่ 35 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การลดเสียงกับอัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้ว ที่ความหนาแน่นต่างกัน เมื่อความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วเท่ากับ 5.0 cm

ตารางที่ 14 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงและค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงของแผ่นดูดกลืนเสียง
จากใยแก้ว ที่ความหนา 7.5 cm

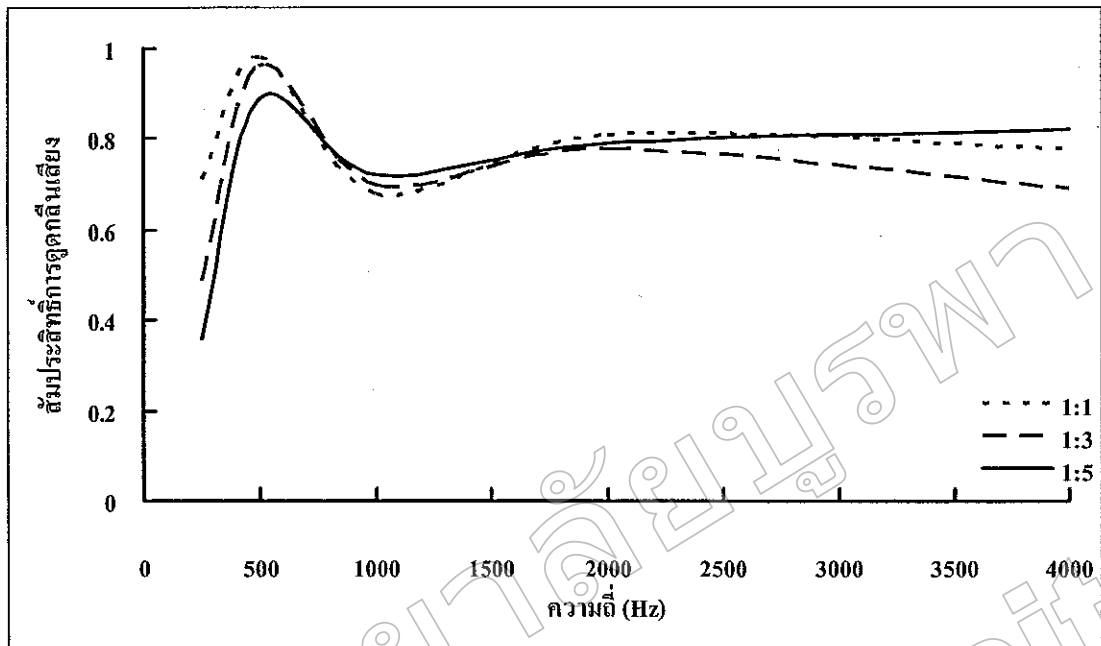
อัตราส่วน ยาว: ใยแก้ว	ความหนาแน่น (Kg/ m ³)	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง					ค่าสัมประสิทธิ์ การลดเสียง
		250	500	1000	2000	4000	
1: 1	100	0.84	0.97	0.55	0.87	0.64	0.81
	150	0.84	0.99	0.60	0.87	0.81	0.83
	200	0.71	0.98	0.68	0.81	0.78	0.80
1: 3	100	0.55	0.99	0.59	0.89	0.80	0.76
	150	0.67	0.99	0.66	0.77	0.72	0.77
	200	0.49	0.96	0.70	0.78	0.69	0.73
1: 5	100	0.80	0.98	0.63	0.83	0.81	0.81
	150	0.84	0.99	0.70	0.77	0.80	0.83
	200	0.56	0.89	0.72	0.79	0.82	0.69



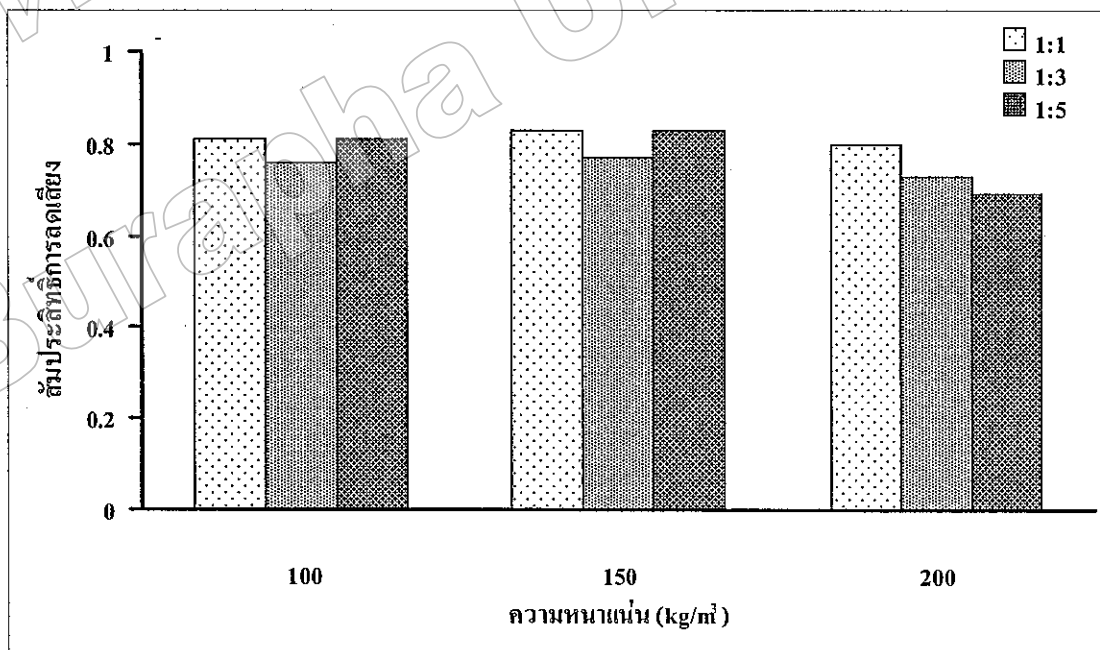
ภาพที่ 36 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่อัตราส่วนระหว่าง
 กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแตกต่างกัน เมื่อความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงเท่ากับ 7.5 cm
 ความหนาแน่น 100 kg/m³



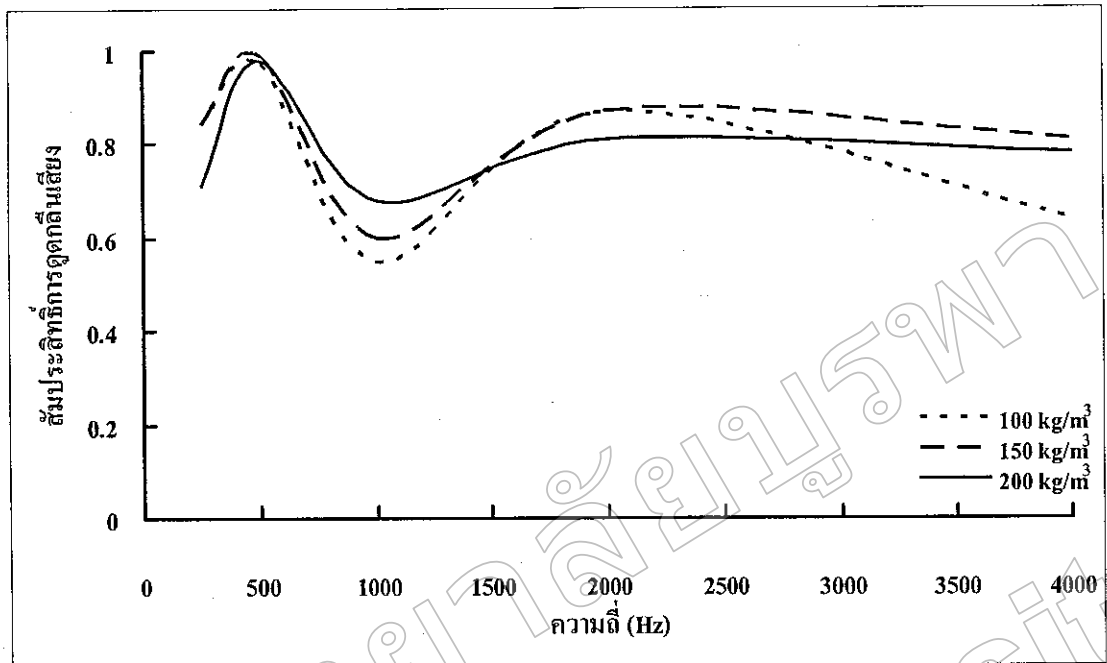
ภาพที่ 37 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่อัตราส่วนระหว่าง
 กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแตกต่างกัน เมื่อความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงเท่ากับ 7.5 cm
 ความหนาแน่น 150 kg/m³



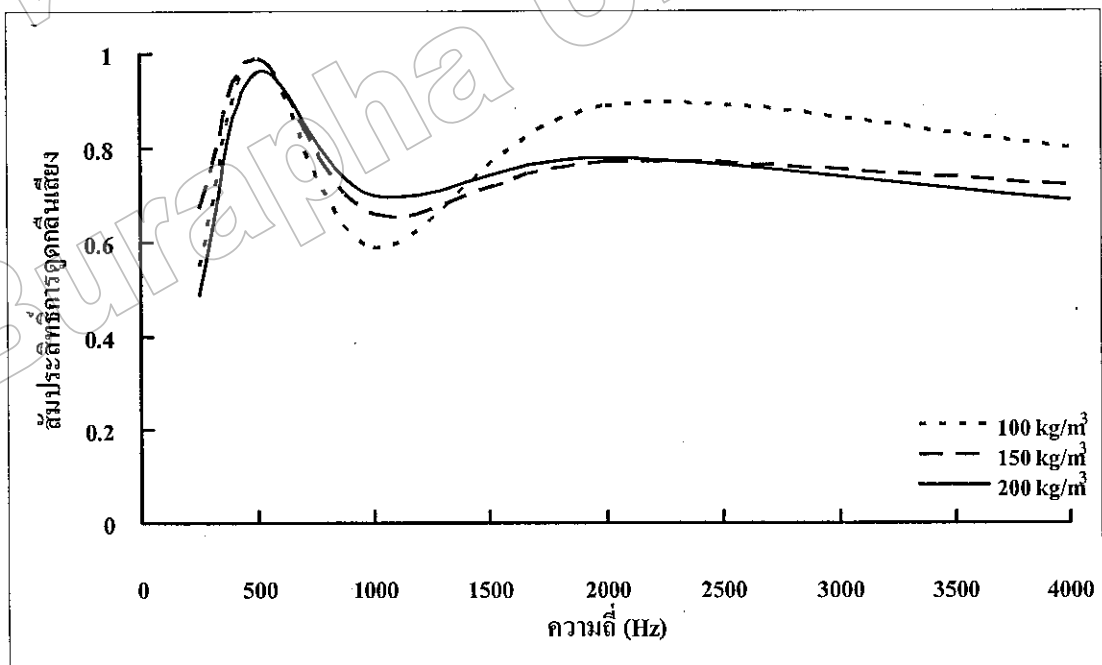
ภาพที่ 38 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ที่อัตราส่วนระหว่าง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยกกต่างกัน เมื่อความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงเท่ากับ 7.5 cm ความหนาแน่น 200 kg/m^3



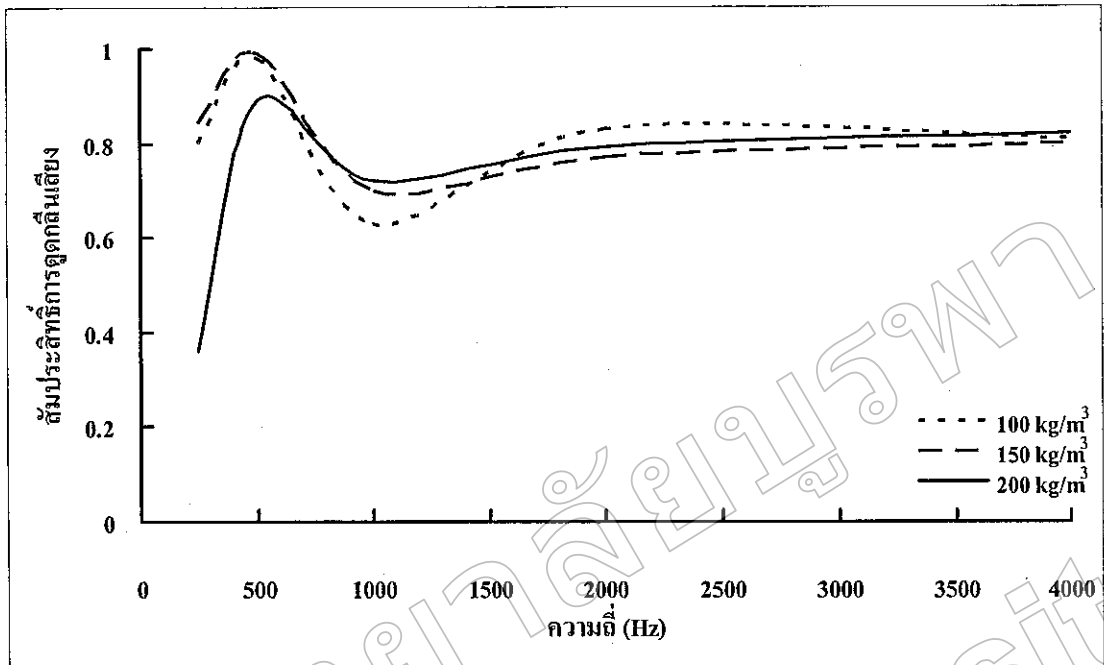
ภาพที่ 39 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การลดเสียงกับความหนาแน่นที่อัตราส่วนระหว่าง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยกกต่างกัน เมื่อความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยกก เท่ากับ 7.5cm



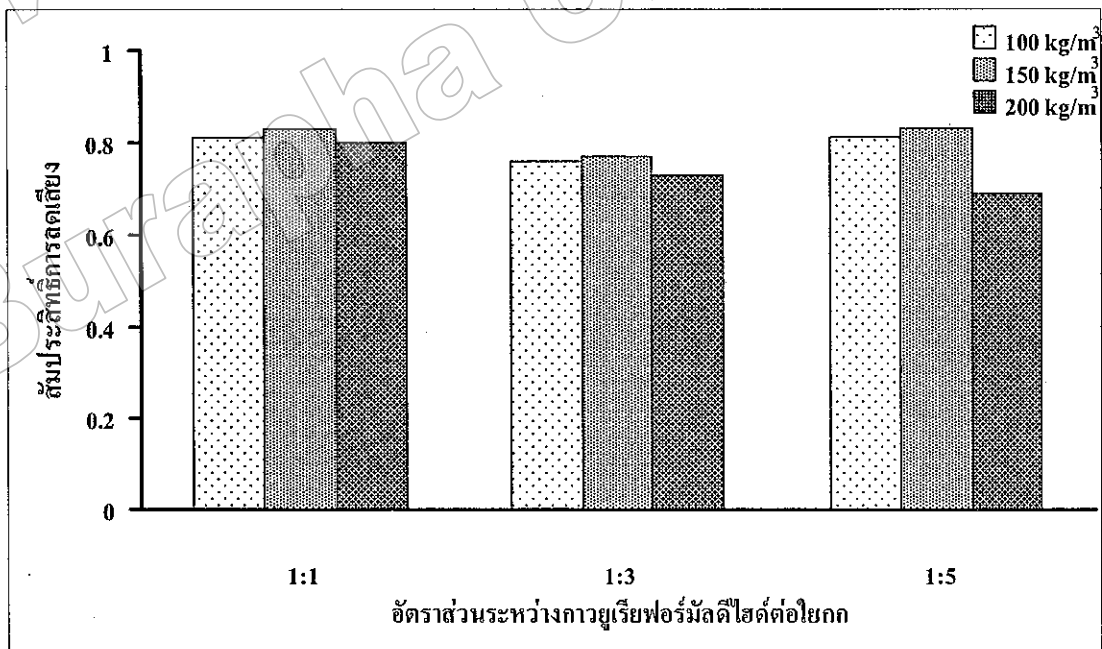
ภาพที่ 40 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่ความหนาแน่นของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอรั่มลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1: 1 ความหนา 7.5 cm



ภาพที่ 41 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่ความหนาแน่นของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอรั่มลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1: 3 ความหนา 7.5 cm



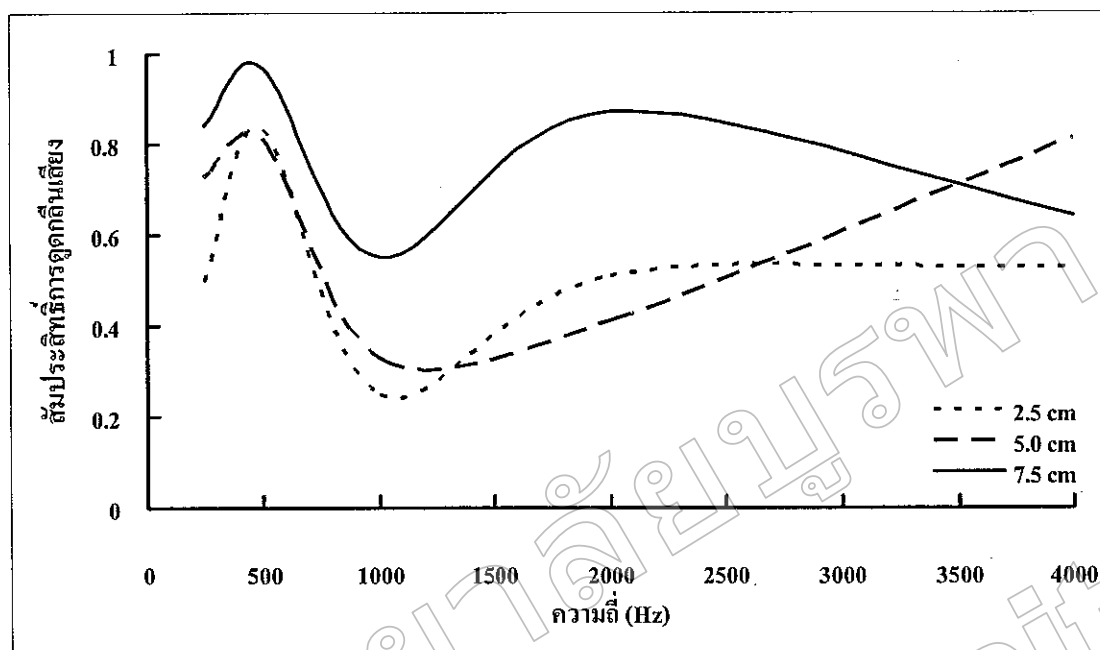
ภาพที่ 42 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่ความหนาแน่นของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยกกต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยกกเท่ากับ 1: 5 ความหนา 7.5 cm



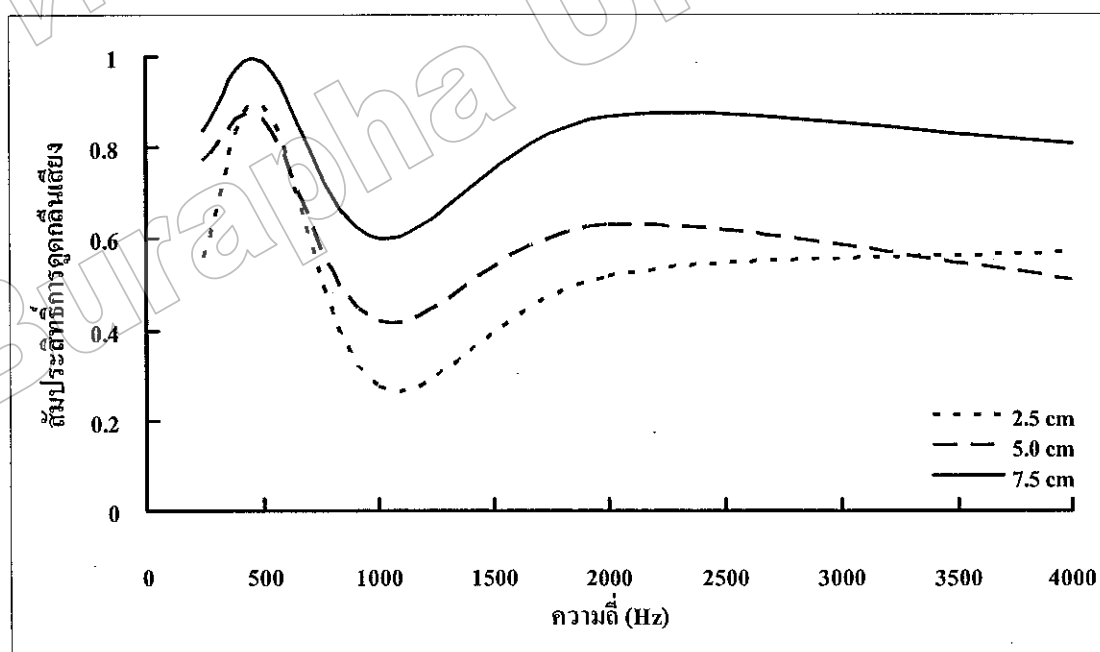
ภาพที่ 43 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การลดเสียงกับอัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยกก ที่ความหนาแน่นต่างกัน เมื่อความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยกกเท่ากับ 7.5 cm

ตารางที่ 15 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงและค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงของแผ่นดูดกลืนเสียง
จากใยกก ที่อัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยกก 1: 1

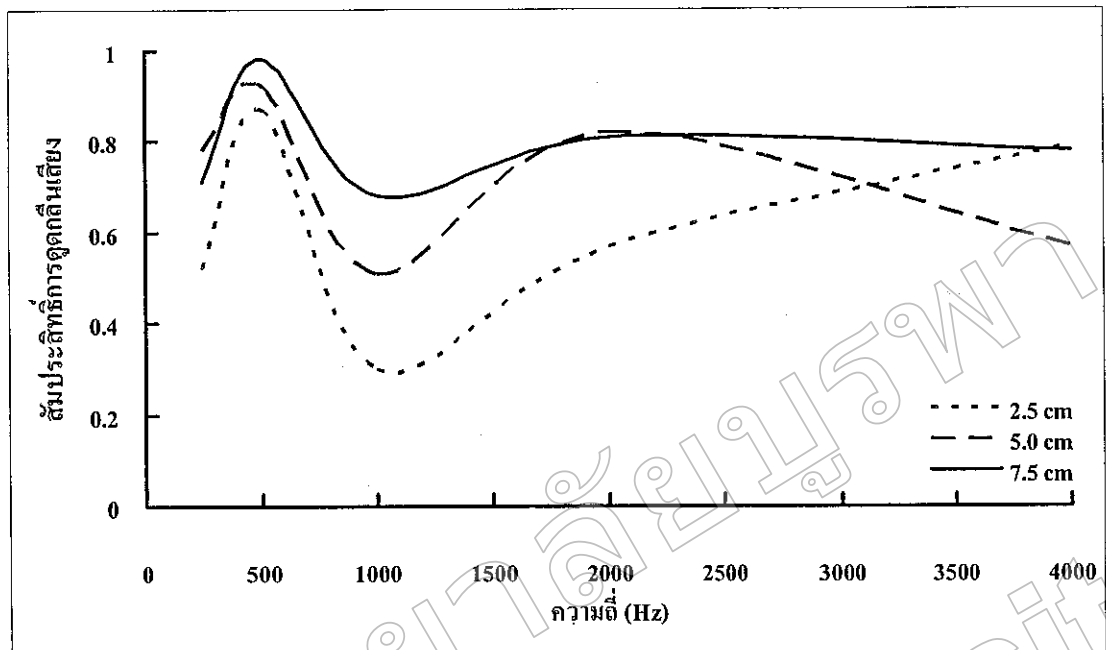
ความหนา (cm)	ความหนาแน่น (Kg/ m ³)	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง					ค่าสัมประสิทธิ์ การลดเสียง
		250	500	1000	2000	4000	
2.5	100	0.50	0.83	0.25	0.51	0.53	0.52
	150	0.56	0.89	0.28	0.52	0.57	0.56
	200	0.52	0.87	0.30	0.57	0.79	0.57
5.0	100	0.73	0.81	0.33	0.41	0.81	0.57
	150	0.77	0.86	0.42	0.63	0.51	0.67
	200	0.78	0.92	0.51	0.82	0.57	0.76
7.5	100	0.84	0.97	0.55	0.87	0.64	0.81
	150	0.84	0.99	0.60	0.87	0.81	0.83
	200	0.71	0.98	0.68	0.81	0.78	0.80



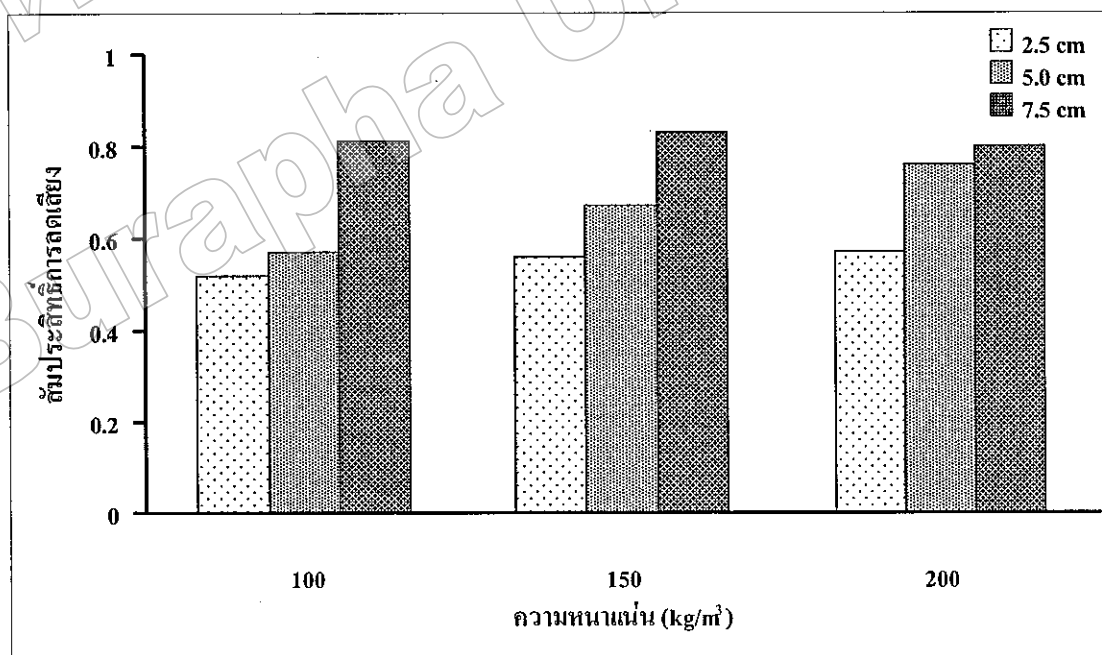
ภาพที่ 44 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่ความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1:1 ความหนาแน่น 100 kg/m^3



ภาพที่ 45 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่ความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1:1 ความหนาแน่น 150 kg/m^3



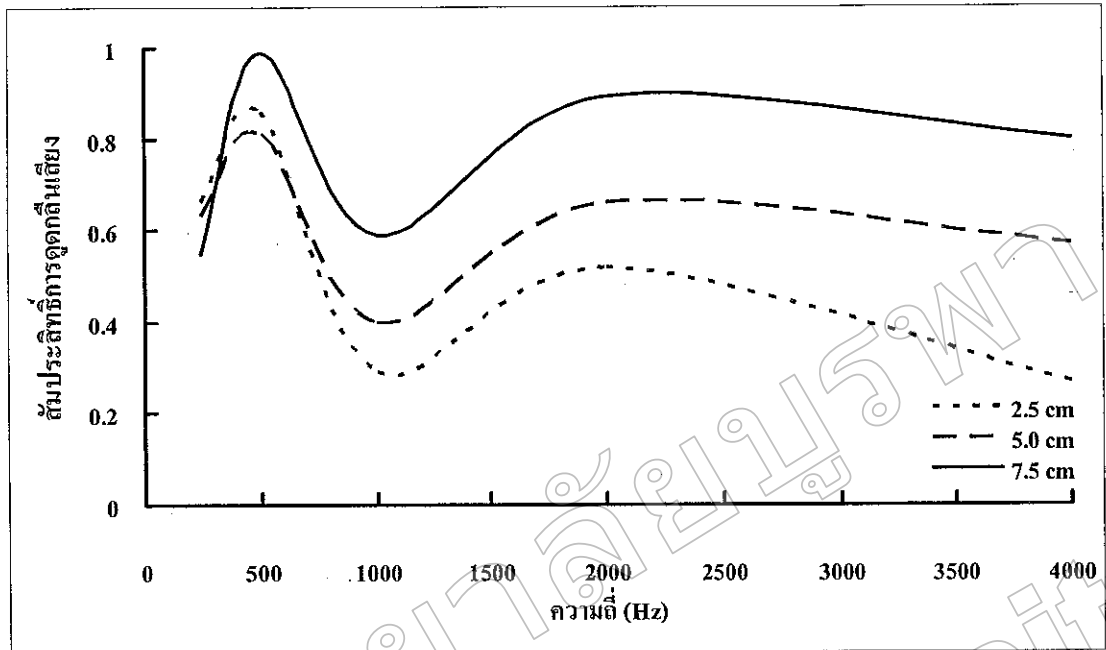
ภาพที่ 46 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่ความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1:1 ความหนาแน่น 200 kg/m^3



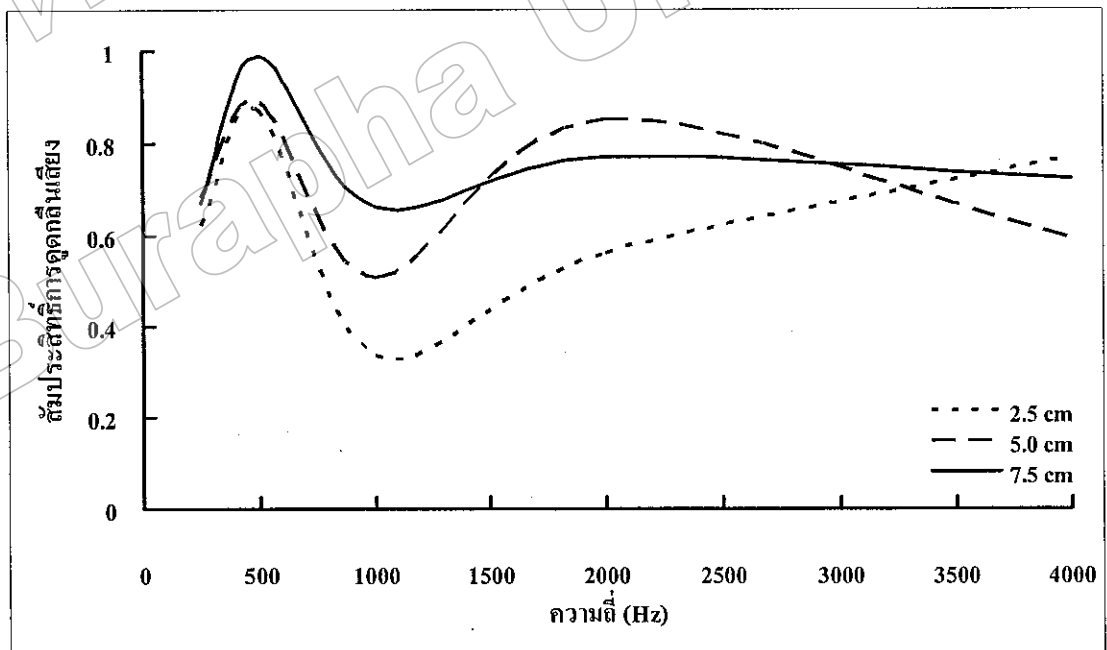
ภาพที่ 47 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การลดเสียงกับความหนาแน่นที่ความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้ว 1:1

ตารางที่ 16 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงและค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงของแผ่นดูดกลืนเสียง
จากใยกก ที่อัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยกก 1: 3

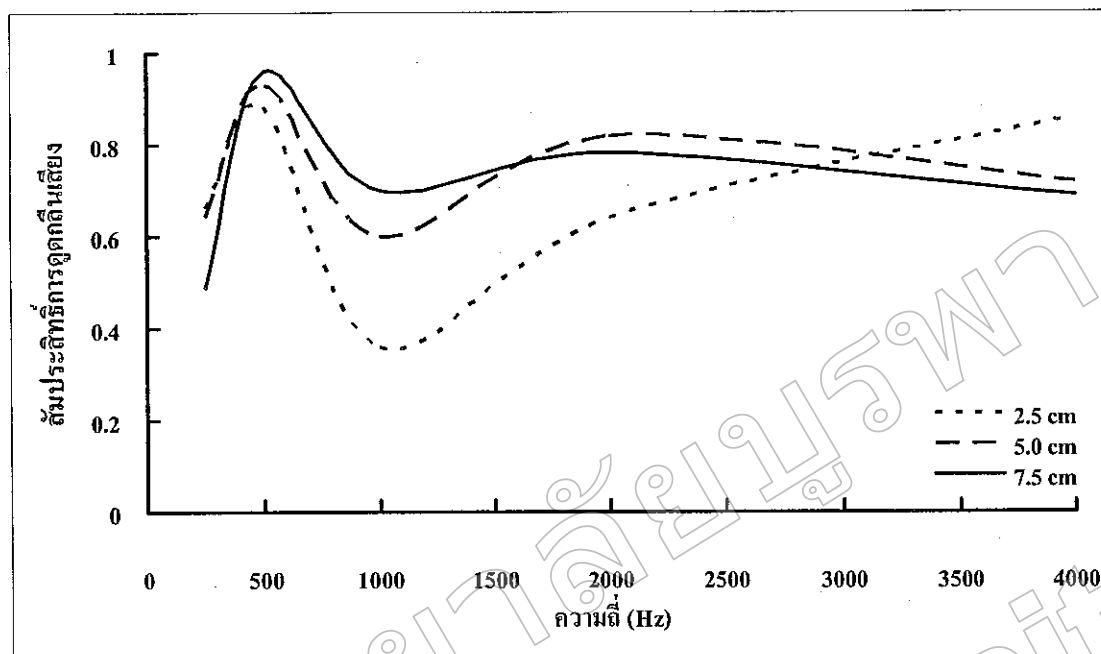
ความหนา (cm)	ความหนาแน่น (Kg/ m ³)	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง					ค่าสัมประสิทธิ์ การลดเสียง
		250	500	1000	2000	4000	
2.5	100	0.66	0.86	0.29	0.52	0.27	0.58
	150	0.62	0.87	0.34	0.56	0.77	0.60
	200	0.66	0.88	0.36	0.64	0.86	0.64
5.0	100	0.63	0.81	0.40	0.66	0.57	0.63
	150	0.68	0.89	0.51	0.85	0.59	0.73
	200	0.64	0.93	0.60	0.82	0.72	0.75
7.5	100	0.55	0.99	0.59	0.89	0.80	0.76
	150	0.67	0.99	0.66	0.77	0.72	0.77
	200	0.49	0.96	0.70	0.78	0.69	0.73



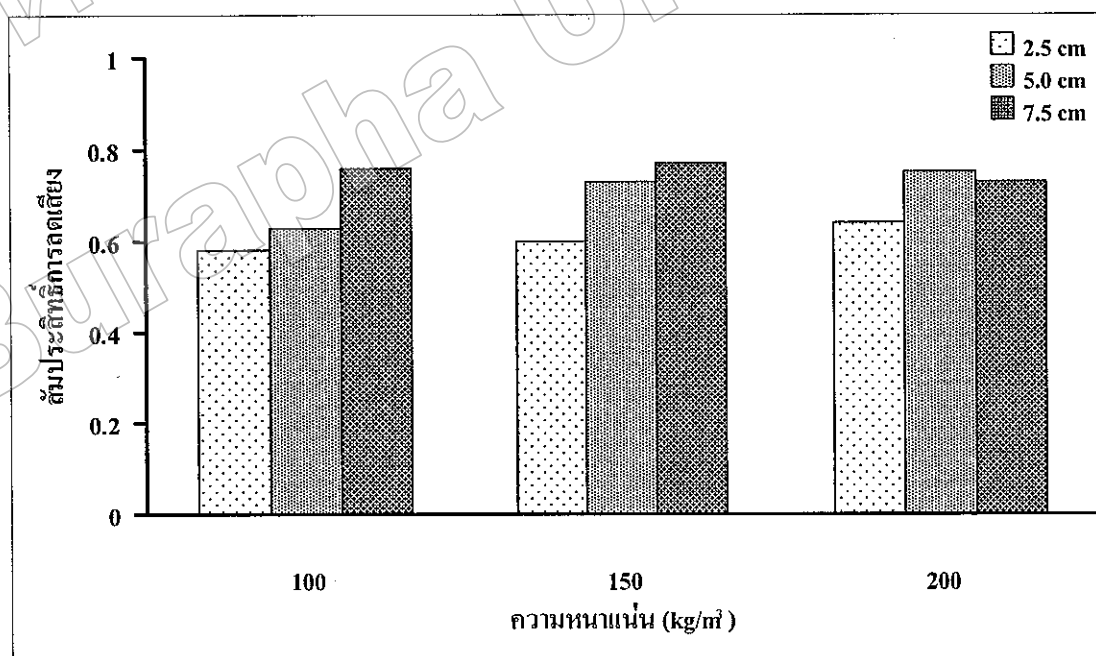
ภาพที่ 48 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่ความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1:3 ความหนาแน่น 100 kg/m^3



ภาพที่ 49 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่ความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1:3 ความหนาแน่น 150 kg/m^3



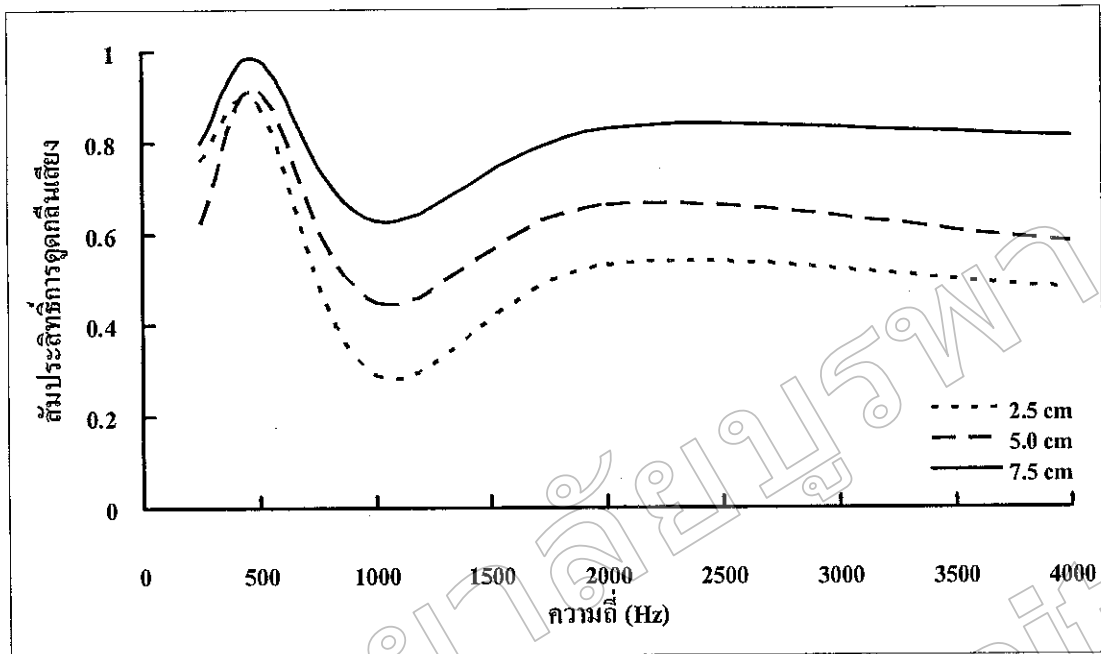
ภาพที่ 50 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่ความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1:3 ความหนาแน่น 200 kg/m^3



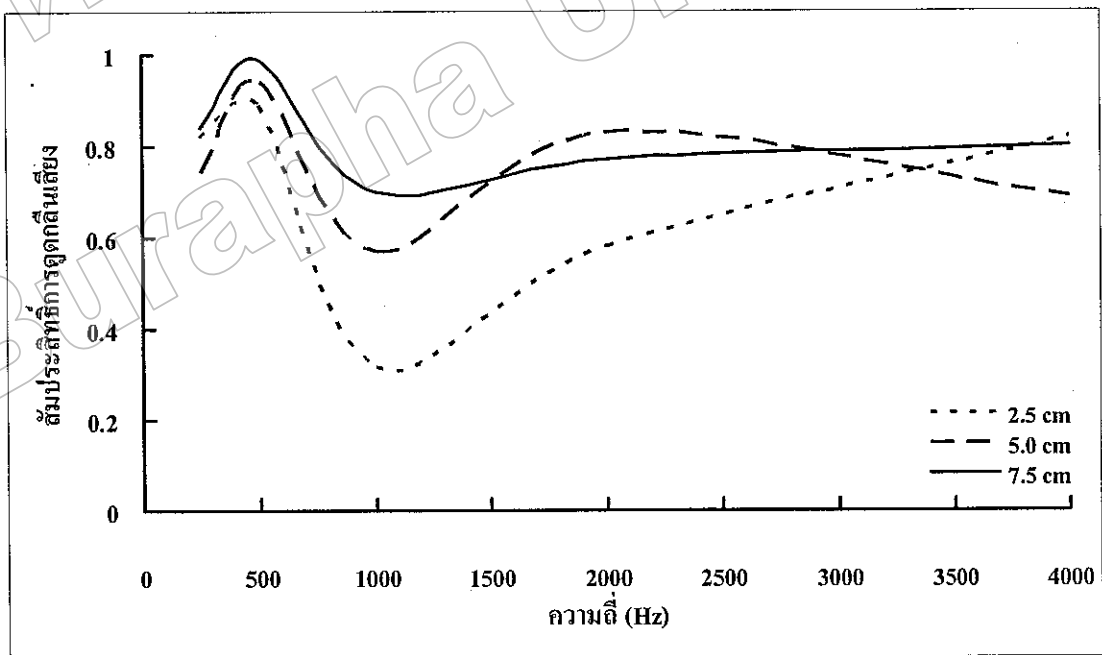
ภาพที่ 51 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การลดเสียงกับความหนาแน่นที่ความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้ว

ตารางที่ 17 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงและค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงของแผ่นดูดกลืนเสียง จากใยกก ที่อัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยกก 1: 5

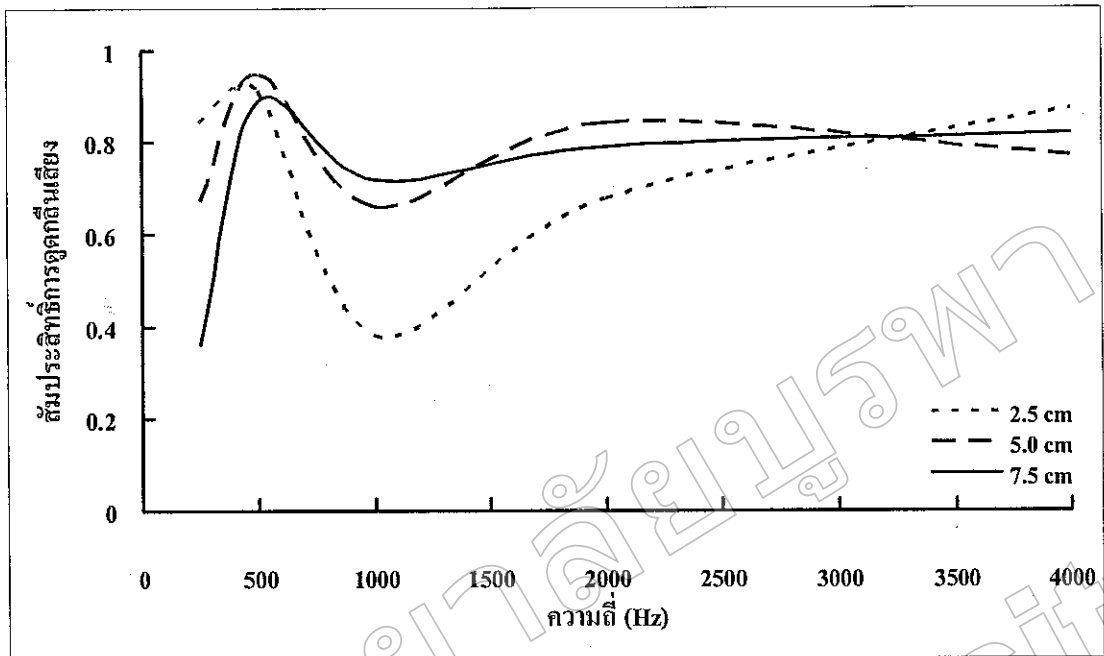
ความหนา (cm)	ความหนาแน่น (Kg/m ³)	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง					ค่าสัมประสิทธิ์ การลดเสียง
		250	500	1000	2000	4000	
2.5	100	0.76	0.88	0.29	0.53	0.48	0.62
	150	0.82	0.89	0.32	0.58	0.82	0.65
	200	0.84	0.91	0.38	0.68	0.87	0.70
5.0	100	0.62	0.91	0.45	0.66	0.58	0.66
	150	0.74	0.94	0.57	0.83	0.69	0.77
	200	0.67	0.95	0.66	0.84	0.77	0.78
7.5	100	0.80	0.98	0.63	0.83	0.81	0.81
	150	0.84	0.99	0.70	0.77	0.80	0.83
	200	0.56	0.89	0.72	0.79	0.82	0.69



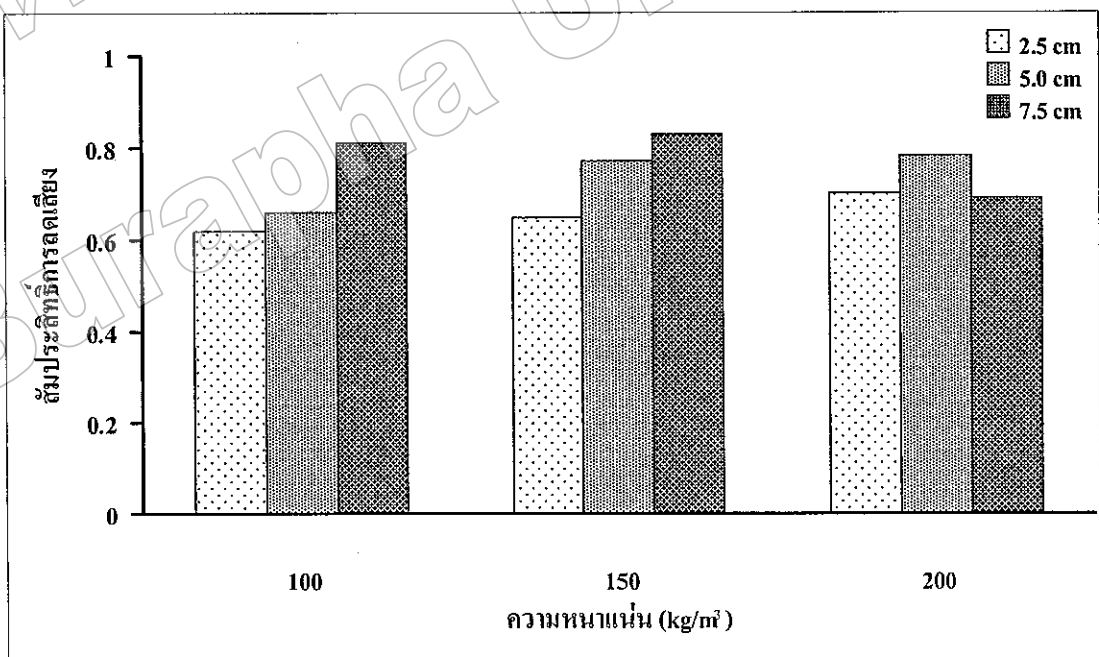
ภาพที่ 52 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่ความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1: 5 ความหนาแน่น 100 kg/m^3



ภาพที่ 53 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่ความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1: 5 ความหนาแน่น 150 kg/m^3



ภาพที่ 54 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงกับความถี่ ที่ความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้วเท่ากับ 1: 5 ความหนาแน่น 200 kg/m³



ภาพที่ 55 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การลดเสียงกับความหนาแน่นที่ความหนาของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยแก้วต่างกัน เมื่ออัตราส่วนระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยแก้ว 1: 5