

## การศึกษาคุณสมบัติของผนังเบาจากถุงกระดาษปูนซีเมนต์ A Study of Light Wall Properties of Cement Paper Bags

สุธน รุ่งเรือง<sup>1\*</sup>  
ณิชาภา มินาบูลย์<sup>2</sup>  
รัฐศักดิ์ พรหมมาศ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชา วิชา ศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

<sup>2</sup>สาขาวิชา การจัดการทรัพยากรอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

<sup>3</sup>สาขาวิชา วิชา ศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

\*Corresponding Author. E-mail : suthon.r@rmutr.ac.th

(Received: June 25, 2018; Revised: July 6, 2018; Accepted: July 26, 2018)

**บทคัดย่อ :** งานวิจัยนี้เป็นการศึกษา “การศึกษาคุณสมบัติผนังเบาจากถุงกระดาษปูนซีเมนต์” โดยการนำถุงปูนที่ได้มา ย่อยให้ละเอียด ทำการผสมกับกาวผง และกาวลาเท็กซ์ ตามอัตราส่วนร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักวัสดุที่ใช้ ทำการ ขึ้นรูปโดยมีขนาด  $30 \times 30 \times 1 \text{ cm}^3$  แบบวิธีอัดร้อน โดยใช้กาวทั้งสองชนิดเป็นวัสดุประสานการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกล ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ผลการวิจัยพบว่าแผ่นผนังเบาที่ใช้กาวผงอัตราส่วนร้อยละ 15 เมื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความหนาแน่น ความชื้น การดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนา ผลการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ส่วนผลการทดสอบคุณสมบัติทางกล ด้านค่าความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงผิวหน้า พบว่าค่าความต้านทานแรงดัดต่ำกว่าผิว ผ่านเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด และจากการทดสอบการดูดซับเสียง พบว่าผนังเบาที่มีค่าความดังของเสียงในทุกช่วงความถี่ โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 10.29 dB เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการดูดซับเสียง กับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง และยิปซัมบอร์ด พบว่าแผ่นผนังเบาจากถุงปูนซีเมนต์สามารถดูดซับเสียงได้ดีกว่า เนื่องจากผนังเบาจากถุงกระดาษปูนซีเมนต์นั้นมีรูพรุนมากกว่า และมีความแข็งน้อยกว่าวัสดุทั้งสองชนิด จึงสามารถดูดซับเสียงได้ดีกว่า ด้านต้นทุนพบว่า ราคาต้นทุนการผลิตเฉพาะค่าวัสดุขนาด  $30 \times 30 \times 1 \text{ cm}^3$  เฉลี่ยเท่ากับ 32 บาท/แผ่น ซึ่งมีต้นทุนการผลิตเฉพาะค่าวัสดุที่ถูกกว่าแผ่นผนังเบาที่ขายตามท้องตลาดชนิดธรรมดา

**คำสำคัญ:** ผนังเบา ถุงกระดาษปูนซีเมนต์ ดูดซับเสียง

**Abstract :** This research was conducted to study the lightweight wall panels made from waste cement bags by following processes: grinding them, then mixing them with powdered glue and latex glue at the ratio of 5%, 10% and 15% of the weight of materials used, after that making heat extrusion at the size of  $30 \times 30 \times 1 \text{ cm}^3$  and using powdered glue and latex glue as bonding materials. This wall panel was tested of physical properties and mechanical properties in accordance with TIS.966-2547 standard. The research result was found that when testing physical properties on density, moisture,

water absorption and thickness swelling, the lightweight wall panel using powdered glue at the ratio of 15% could fulfill the standard. Regarding the test result of mechanical properties on bending resistance, modulus of elasticity and surface tensile strength, it was found that the tensile strength perpendicular to the surface passed the criteria set by the standard. Additionally, the test of sound absorption was found that the lightweight wall panel had the average sound level in every frequency at 10.29 dB. When comparing the values of sound absorption with the medium density fiberboard and gypsum board, it was found that the lightweight wall panel made from cement bags had better sound absorption because the lightweight wall panel made from cement bags was more porous and less rigid, therefore, both types of panels to be compared had better sound absorption. Regarding the cost, it was found that the production cost of material sized  $30 \times 30 \times 1 \text{ cm}^3$  was average at 32 Baht per sheet, the production cost of material was cheaper than the general lightweight wall panels sold in the market.

**Keywords:** Lightweight Wall, Cement Bags, Sound Absorbing Walls

## 1. บทนำ

งานก่อสร้างในประเทศไทยได้ก้าวรุดหน้า และเพิ่มปริมาณขึ้นมาก แต่สิ่งที่เกิดขึ้นเป็นเงาตามการปฏิบัติงานในงานก่อสร้าง คืออุบัติเหตุซึ่งการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละครั้งก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิต และทรัพย์สินอย่างประมาธคามมิได้ ความสูญเสียจากงานก่อสร้างในปัจจุบันได้ทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นทุกขณะ และมีคนงานจำนวนมากที่ยังเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายจากงานก่อสร้าง ดังนั้นการป้องกันอุบัติเหตุและการลดอุบัติเหตุ จึงเป็นเรื่องที่ต้องรีบเร่งและให้มีการปฏิบัติอย่างจริงจังทั้งนี้เพื่อลดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินที่อาจจะเกิดขึ้น

ในปัจจุบัน ปัญหามลพิษทางเสียงเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นพร้อมกับความเจริญโดยเฉพาะในเมืองหลักซึ่งประกอบด้วยเขตต่างๆ เช่น เขตงานก่อสร้าง เขตธุรกิจการค้า เขตอุตสาหกรรม เขตที่พักอาศัย และเขตที่มีการจราจรหนาแน่น โดยจากผลการศึกษาพบว่า การพักอาศัย หรือทำงาน อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดเสียงเป็นเวลานานย่อมส่งผลเสียต่อสุขภาพ โดยระดับของความรุนแรง

ขึ้นอยู่กับสภาพลักษณะของเสียงและระดับความดังของเสียงที่บุคคลสัมผัส ประกอบกับระยะเวลาในการสัมผัสเสียงนั้น [1] ซึ่งอันตรายของเสียงแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. อันตรายของเสียงต่อระบบการได้ยิน ส่วนใหญ่เป็นอันตรายที่เกิดขึ้นกับหูชั้นในที่อวัยวะรับเสียง ซึ่งเป็นอวัยวะที่ละเอียดอ่อนและเปราะบางมาก โดยจะมีการเคลื่อนไหวสั้นสะเทือนอยู่ตลอดเวลาที่ได้ยินเสียง เสียงยิ่งดังมากก็จะยิ่งทำให้เกิดการสั้นสะเทือนของอวัยวะรับเสียงมากขึ้น อันเป็นเหตุให้เกิดการฉีกขาดของเนื้อเยื่อหรือเกิดการทำลายเซลล์ประสาท ทำให้เกิดอาการหูตึงหรือหูหนวกได้ [2]

2. อันตรายของเสียงต่อสุขภาพทั่วไปอาจทำให้เกิดอาการกล่าวคือ ความดันโลหิตสูง โรคกระเพาะอาหาร เกิดแผลในกระเพาะอาหาร โรคหัวใจ มีความเครียดสูง เป็นต้น ดังมีรายงานผลการศึกษาสุขภาพคนงานในโรงงาน ซึ่งมีเสียงความถี่ 250-4000 Hz ระดับ 82-89 dB และคนงานในโรงงานที่มีระดับเสียง 92-99 dB พบว่ามีความผิดปกติ

ในการทำงานของระบบประสาท กล่าวคือ ทำให้เกิดการอ่อนเพลีย กินอาหารไม่ได้ ไม่ค่อยรู้สึกตัว โดยกลุ่มแรกมีจำนวน 29.4% และกลุ่มหลังมีจำนวน 43% [3]

3. ผลกระทบของเสียงทางด้านอื่นๆ เช่น รบกวนการนอนหลับ สร้างความรำคาญ (Annoyance) รบกวนการทำงานและลดประสิทธิภาพของการทำงาน รบกวนการติดต่อสื่อสารและอื่นๆ ดังรายงานผลของเสียงรบกวนที่มีต่อการทำงาน [4]

ด้วยอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจึงได้มีการนำกำแพงกันเสียงเข้ามาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยกำแพงกันเสียงที่ใช้ในปัจจุบันมีด้วยกัน 3 ชนิด ประกอบด้วย ชนิดกระจายเสียง (Dispersive Type) เป็นแผ่นทึบเสียงที่มีการสะท้อนเสียงแบบแพร่กระจายตามทิศทางมุมของกำแพงที่ออกแบบไว้ ชนิดสะท้อนเสียง (Reflective Type) เป็นแผ่นทึบเสียงซึ่งจะมีการสะท้อนของเสียงในทิศทางตรงข้ามกับแผ่นกันเสียง และชนิดดูดซับเสียง (Absorptive Type) ซึ่งเป็นชนิดที่นิยมใช้มากที่สุดเนื่องจาก เป็นแผ่นทึบเสียงที่ประกอบด้วยวัสดุดูดซับเสียง จะไม่มีการสะท้อนเสียงออกมา ทำให้บริเวณที่อยู่ตรงข้ามไม่ได้รับผลกระทบจากเสียงดัง [5] ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการทดลองนำวัสดุต่างๆ มาใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียง โดยสาเหตุที่วัสดุสามารถดูดซับเสียงได้เนื่องจาก เมื่อเสียงตกกระทบวัตถุใดๆ ก็ตาม เสียงส่วนหนึ่งจะเกิดการสะท้อน อีกส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน และส่งผ่านเข้าไปในวัตถุทำให้พลังงานลดลง เนื่องจากถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและลักษณะของวัตถุอันนั้นจากงานวิจัยที่ผ่านมาที่พยายามนำวัสดุเหลือใช้มาพัฒนาเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม ใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้ทำวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำงานวิจัย คุณสมบัติผนังเบาจากถุงกระดาษปูนซีเมนต์ เพื่อเป็นแนวทางการกำจัดถุงกระดาษปูนซีเมนต์ และนอกจากนี้คนส่วนมากยังขาดความสนใจ อีกทั้งยังขาดความรู้เกี่ยวกับปัญหาขยะที่เกิดขึ้น จึงไม่สามารถบริหารจัดการขยะได้ดี จึงทำให้ส่งผลกระทบต่อ

ต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้เพิ่มภาระในการบริหารจัดการขยะเพื่อหาแนวทางในการนำขยะจากอุตสาหกรรมก่อสร้างไปทำให้เกิดประโยชน์ ช่วยลดค่าใช้จ่าย และที่สำคัญคือ ลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมด้านมลพิษทางเสียงต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาคุณสมบัติผนังเบาจากถุงกระดาษปูนซีเมนต์โดยใช้อัตราส่วนการร้อยละ 5 10 และ 15

1. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพประกอบด้วย ความหนาแน่น ความชื้น การดูดซึมน้ำและการพองตัวตามความหนา
2. ศึกษาคุณสมบัติทางกล ความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น
3. ศึกษาการดูดซับเสียง
4. ศึกษาต้นทุนการผลิต

## 3. เอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมา

พูนุชศดี เย็นใจ และคณะ [6] การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษเหลือทิ้งของไม้เสม็ดขาว ชนิดและปริมาณของกาวที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด ตลอดจนทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล

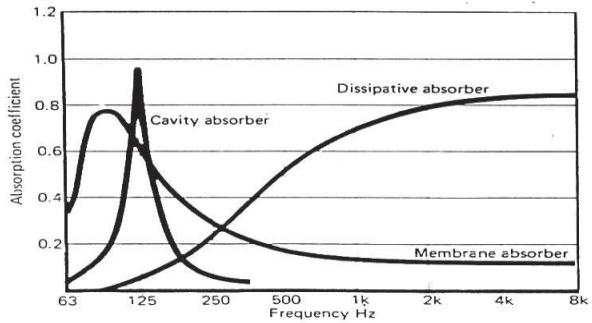
กุกศยา สุวรรณวิหค และคณะ [7] ได้ศึกษาเพื่อหาวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติโดยการนำใบสนคาริเปี้ยและขวดพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ นำวัสดุดิบทุกชนิดนำมาบดเป็นผงและผสมให้เข้ากันความร้อนเป็นแผ่นไม้พลาสติกแล้วนำมาผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนเป็นแผ่นไม้พลาสติก นำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล

ณัฐจักรณ์ กิจพาณิชย์เจริญ [8] ได้นำต้นกล้วยมาทำไม้อัดชนิดอัดราบที่สามารถทำการทดสอบ คือ ความต้านทานแรงดัด และโมดูลัสยืดหยุ่น ตามมาตรฐานมาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของไม้ชนิดต่างๆ เพื่อเป็นการนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุทดแทนกันได้ พบว่าไม้อัดชนิดอัดราบจากต้นกล้วยและไม้ขึ้นทั่วไป มีคุณสมบัติแตกต่าง

กัน ราคาถูกกว่าไม้ทั่วไป และจะเป็นการประหยัดค่าวัสดุ ชนิดฝ้าเพดาน

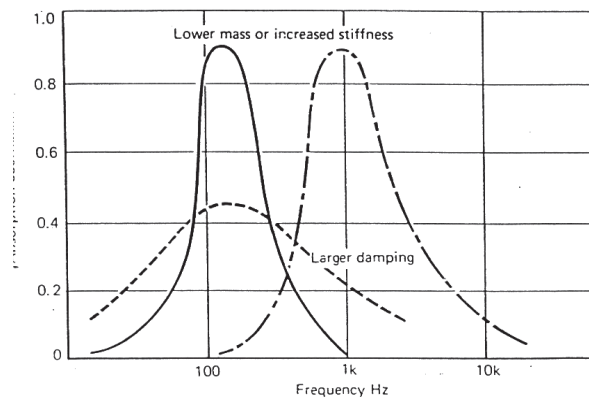
ด้านองค์ประกอบที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุ ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น (Coefficient of Elasticity) และค่าต้านทานเสียง (Acoustic Impedance) [12] โดยสามารถจำแนกประเภทของวัสดุดูดซับเสียงออกได้เป็น 3 ประเภทตามกลไกการดูดซับเสียงได้แก่

1. วัสดุดูดซับเสียงประเภทเมมเบรน (Membrane Absorber) ได้แก่ แผ่นโลหะบาง ไม้อัดพลาสติก กระดาษยิบซัมบอร์ด เป็นต้น โดยวัสดุเหล่านี้จะเกิดการสั่นตัวด้วยความถี่เดียวกับความถี่ของเสียงที่ตกกระทบและเนื่องจากวัสดุเหล่านี้ไม่สามารถยืดหยุ่นได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจึงมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปเนื่องจากการถ่ายเทพลังงานจากคลื่นเสียงไปเป็นพลังงานความร้อนให้แก่วัสดุนั้นๆ ซึ่งวัสดุชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงได้ดีที่ความถี่ต่ำ ดังแสดงในภาพที่ 1 เนื่องจากที่ความถี่ต่ำพลังงานเสียงจะทำให้เมมเบรนเคลื่อนที่ได้ดีกว่าที่ความถี่สูง ในขณะที่คลื่นความถี่สูงมักจะถูกสะท้อนออกจากเมมเบรนทำให้มีการสูญเสียพลังงานให้กับเมมเบรนน้อยมากแต่อย่างไรก็ตาม หากนำวัสดุที่เป็นเมมเบรนมาใช้ร่วมกับวัสดุพรุน ก็จะทำให้สามารถดูดกลืนคลื่นเสียงที่มีช่วงความถี่กว้างได้ดีมากขึ้น [12]



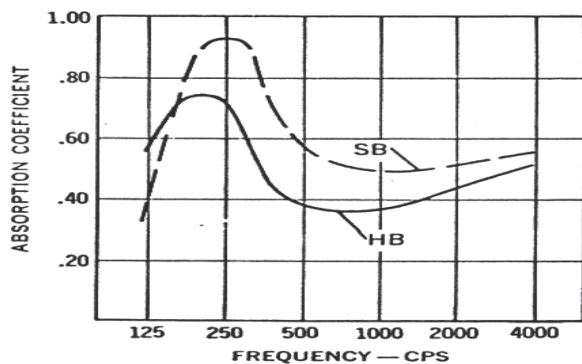
ภาพที่ 1 การดูดซับเสียงของวัสดุที่มีกลไกในการดูดซับเสียงแบบต่างๆ ตามช่วงของความถี่ [12]

นอกจากนี้ค่าความสามารถในการดูดซับเสียงสูงสุดของเมมเบรนยังขึ้นอยู่กับความสามารถในการถ่ายเทพลังงานจากคลื่นเสียงไปเป็นพลังงานความร้อนของวัสดุอีกด้วย กล่าวคือ ถ้าความสามารถในการถ่ายเทพลังงานความร้อนของวัสดุมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่าความสามารถในการดูดซับเสียงสูงสุดของเมมเบรนมีค่าลดลง แต่จะครอบคลุมช่วงความถี่ได้กว้างมากขึ้น [13] ดังแสดงในภาพที่ 2

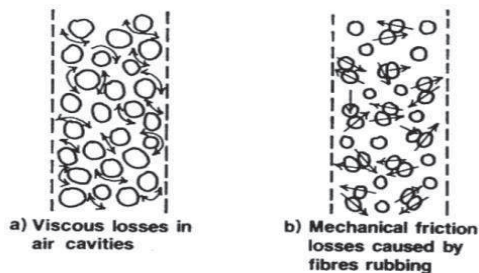


ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการดูดซับเสียงกับความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานกลไปเป็นพลังงานความร้อนวัสดุพรุนเมื่อนำมาใช้ร่วมกับเมมเบรน [13]

2. วัสดุดูดซับเสียงประเภทเป็นโพรง/ช่อง (Resonator or Cavity Absorber) เป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นช่อง/โพรงที่ขนาดแตกต่างกันในผนัง หรือโครงสร้างของวัตถุ ซึ่งแต่ละช่องเรียกว่า “Sound Box” โดยวัสดุประเภทนี้จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 1,000 Hz โดยจะสามารถดูดซับเสียงได้สูงสุดในช่วงความถี่ 100-300 Hz และประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น [12] ดังแสดงในภาพที่ 1 แต่หากมีการผสมวัสดุดูดซับเสียงชนิดอื่น เช่น โยใยแก้ว หรือใยหิน ลงไปในช่องว่างภายใน Sound Box จะทำให้มีความสามารถในการดูดซับเสียงในช่วงความถี่ที่กว้างขึ้น [15] ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุโพรงช่อง (HB โยใยแก้ว และ SB โยใยแก้ว) [15]



ภาพที่ 4 แสดงกลไกการสลายตัวของพลังงานเสียงเนื่องจากความหนืดและแรงเสียดทาน [15]

นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่ รวมทั้งการอัดและการขยายของคลื่นเสียง ในระหว่างการเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างภายในวัสดุพรุน เป็นผลทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง ปรากฏการณ์ทั้ง 2 ชนิดนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานเป็นจำนวนมากเมื่อเสียงที่ตกกระทบมีความถี่สูง

3. วัสดุดูดซับเสียงประเภทเส้นใย (Fiber) หรือวัสดุที่มีรูพรุน (Porous or Dissipative Absorber) ซึ่งวัสดุชนิดนี้สามารถหาได้ง่าย ราคาถูกและมีอยู่มากในประเทศไทย เช่น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ตัวอย่างเช่น กาบมะพร้าว ฟางข้าว ต้นข้าวโพด [16] โดยวัสดุเหล่านี้จะมีช่องว่างภายใน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ซึ่งต่ำกว่าขนาดความยาวของคลื่นเสียงมาก ดังนั้นวัสดุชนิดนี้จึงเป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานได้เป็นอย่างดี โดยกลไกการเปลี่ยนแปลงพลังงานของวัสดุพรุน คือ เมื่อเสียงตกกระทบบนวัสดุเหล่านี้ โมเลกุลของอากาศจะเกิดการสั่นตัวภายในช่องว่างของวัสดุพรุน โดยมีความถี่ของการสั่นเท่ากับความถี่ของเสียงที่ตกกระทบ การสั่นตัวของโมเลกุลของอากาศนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการเสียดทานและความหนืด (Frictional and Viscous Loss) โดยมีลักษณะการสูญเสียพลังงาน ดังแสดงในภาพที่ 4

#### 4. วิธีดำเนินการศึกษา

วิธีการดำเนินการงานวิจัยนี้แบ่งออก 2 ส่วนคือ การเตรียมวัสดุและการขึ้นรูป การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล

##### 4.1 ศึกษากระบวนการทำแผ่นผนังเบา

โดยมีขั้นตอนการผลิตดังต่อไปนี้

1. ทำความสะอาดถุงปูนซีเมนต์ที่เหลือทิ้ง โดยการนำไปแช่น้ำ 24 hr จากนั้นนำถุงปูนที่ได้มายุ่ยขนาดไม่น้อยกว่า 1/2 นิ้ว จากนั้นนำตัวอย่างมาอบโดยใช้ไมโครเวฟให้แห้งพอประมาณ [9] และเข้าเตาอบที่

อุณหภูมิ 100°C เพื่อให้ความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 เป็นเวลา 4 hr

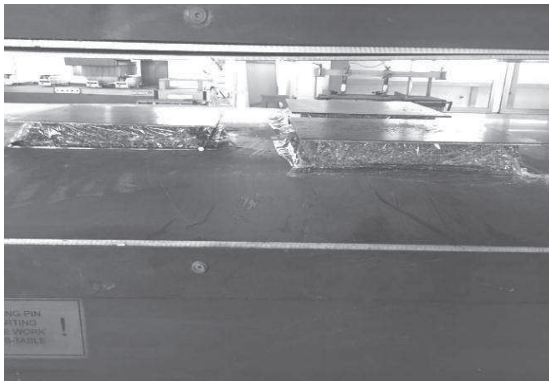
2. นำถุงปูนซีเมนต์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาเข้าเครื่องตีย่อยอีกครั้ง เพื่อเยื่อกระดาษให้ละเอียด

3. นำตัวอย่างมาผสมกาวตามอัตราส่วนที่ต้องการ โดยการฉีดพ่นกาว [10]

4. เตรียมต้นแบบสำหรับขึ้นรูปผนังเบาโดยเป็นเครื่องอัดรีด ซึ่งสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ อุณหภูมิที่ 50-55 °C

5. เตรียมวัสดุที่ใช้ขึ้นรูปแผ่นผนังเบาขนาดแผ่น 30 X 30 X 1 cm<sup>3</sup> ในอัตราส่วนถุงปูนซีเมนต์ร้อยละ 95 วัสดุประสานร้อยละ 5, 10 และ 15 [10]

6. นำส่วนผสมที่ได้ใส่ลงในแบบขนาด 30 X 30 X 1 cm<sup>3</sup> จากนั้นนำไปขึ้นรูป



ภาพที่ 5 แสดงเครื่องขึ้นรูปแบบอัดรีด

#### 4.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล

การหาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลโดยการนำชิ้นตัวอย่างทดสอบหาค่าเฉลี่ยตามมาตรฐาน มอก.876-2547 [11]

1. ทดสอบความหนาแน่นตัวอย่าง คำนวณหาค่าตามสูตร

$$\text{ความหนาแน่น (g/cm}^3\text{)} = \frac{m}{V} \quad (1)$$

เมื่อ

$m$  คือมวล (g)

$V$  คือปริมาตร (cm<sup>3</sup>)

2. ทดสอบการดูดซึมน้ำตัวอย่างหาค่าเฉลี่ย คำนวณหาค่าตามสูตร

$$\text{การดูดซึมน้ำ (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ

$W_1$  คือน้ำหนักก่อนแช่น้ำ (g)

$W_2$  คือน้ำหนักหลังแช่น้ำ (g)

3. ทดสอบการขยายตัวทางความหนาหาค่าเฉลี่ย คำนวณหาค่าตามสูตร

$$\text{การขยายตัวทางความหนา (\%)} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ

$t_1$  คือความหนาก่อนแช่น้ำ (mm)

$t_2$  คือความหนาหลังแช่น้ำ (mm)

4. การทดสอบค่าต้านทานแรงดัด คำนวณหาค่าตามสูตร

จากสูตร

$$f_m = \frac{F_{max} l_1}{2bt^2} \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ

 $f_m$  คือความต้านทานแรงดัด (MPa) $F_{max}$  คือแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ (N) $l_1$  คือระยะห่างของแท่งรองรับ (mm) $b$  คือความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวชิ้นทดสอบ (mm) $t$  คือความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ (mm)

5. การทดสอบค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า  
คำนวณหาค่าตามสูตร

$$f_t = \frac{F}{WL} \quad (5)$$

เมื่อ

 $f_t$  คือความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (MPa) $F$  คือแรงดึงสูงสุด (N) $W$  คือความกว้างของชิ้นทดสอบ (mm) $L$  คือความยาวของชิ้นทดสอบ (mm)

6. การคำนวณหาค่ามอดุลัสยืดหยุ่นตามสูตร

$$E_m = \frac{l_1^3 (F_2 - F_1)}{4bt^3 (a_2 - a_1)} \quad (6)$$

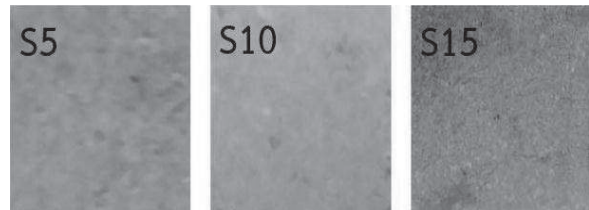
เมื่อ

 $E_m$  คือมอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) $l_1$  คือระยะห่างของแท่งรองรับ (mm) $F_2 - F_1$  คือแรงกดที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง (N) $b$  คือความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ (mm) $t$  คือความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ (mm) $a_2 - a_1$  คือระยะแอนตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่กราฟเป็นเส้นตรง (mm)

## 5. ผลการศึกษา

### 5.1 ผลการทดสอบทางกายภาพโดยการขึ้นรูปแบบอัด

ลักษณะของชิ้นงานมีผิวหน้าเรียบสม่ำเสมอ ผิวลื่น สีผนังเบาเหมือนสีของถุงกระดาษปูนซีเมนต์ โดยหากเพิ่มปริมาณความมากขึ้นสีผนังเบาจะเข้มขึ้นตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 7

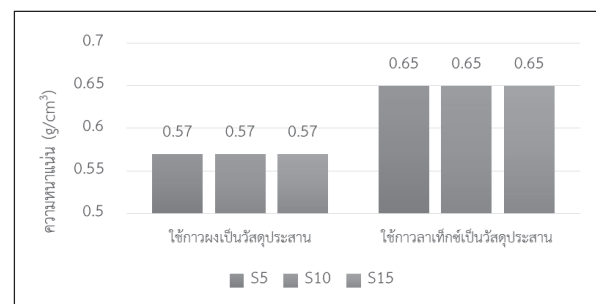


ภาพที่ 6 ลักษณะชิ้นงานตามส่วนผสมโดยการขึ้นรูปแบบอัด

### 5.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของถุงปูนซีเมนต์หลังการปรับสภาพแล้ว พบว่ามีความหนาแน่นเท่ากับ  $75 \text{ g/cm}^3$  และการดูดซึมน้ำของถุงปูนซีเมนต์หลังการปรับสภาพแล้วเท่ากับร้อยละ 120

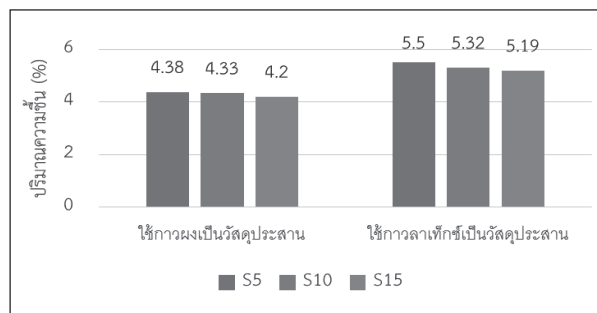
### ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น



ภาพที่ 7 ปริมาณความหนาแน่นของแผ่นผนังเบา

จากภาพแผ่นผนังเบาที่ใช้กาวผงเป็นวัสดุประสาน มีค่าความหนาแน่นอยู่ที่ 0.57 และผนังเบาใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุประสานค่าความหนาแน่นอยู่ที่ 0.65 เป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.966-2547 โดยค่าความหนาแน่นแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางอยู่ในช่วง 0.4 ถึง 0.8 g/cm<sup>3</sup>

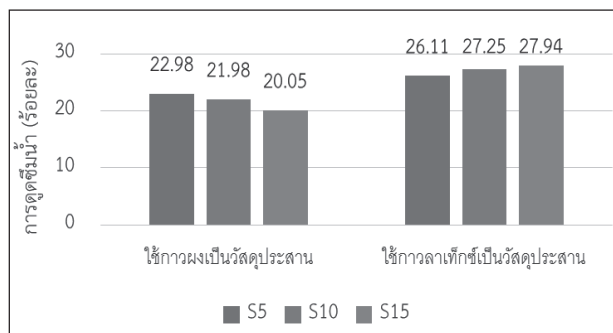
### ผลการทดสอบหาค่าปริมาณความชื้น



ภาพที่ 8 ปริมาณความชื้นของแผ่นผนังเบา

จากภาพที่ 8 ค่าความชื้นของแผ่นผนังเบา โดยใช้กาวผงเป็นวัสดุประสาน มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 4.20 ถึง 4.38 และโดยใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุประสาน มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ที่ระหว่างร้อยละ 5.19 ถึง 5.50 ซึ่งอยู่ในช่วงที่มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547

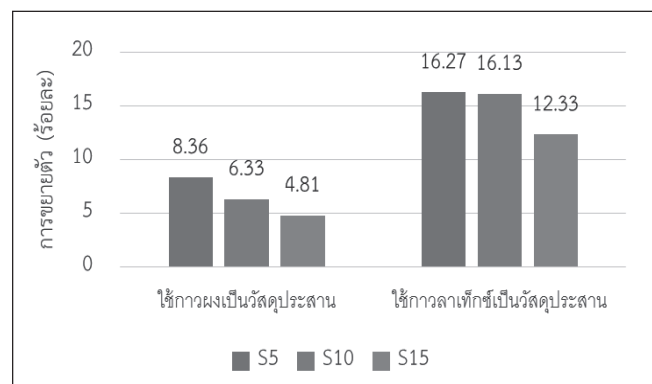
### ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นผนังเบา



ภาพที่ 9 อัตราการดูดซึมน้ำของแผ่นผนังเบา

จากภาพที่ 9 แผ่นผนังเบาที่ใช้กาวผงเป็นวัสดุประสาน มีอัตราการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 20.05 ถึง 22.98 เนื่องจากกาวผงมีคุณสมบัติในการกั้นน้ำได้ดีเมื่อแห้งตัว และเมื่อเพิ่มกาวในปริมาณที่มากขึ้นจึงทำให้แผ่นผนังเบาดูดซึมน้ำได้น้อยลงและช้าลง ส่วนแผ่นผนังเบาที่ใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุประสาน มีอัตราการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 26.11 ถึง 27.94 เนื่องจากกาวลาเท็กซ์มีคุณสมบัติในการละลายในน้ำได้ดี และเมื่อเพิ่มกาวในปริมาณที่มากขึ้นจึงทำให้แผ่นผนังเบาสามารถดูดซึมน้ำได้มากขึ้นและเร็วขึ้น

### ผลการทดสอบค่าการขยายตัวตามความหนา



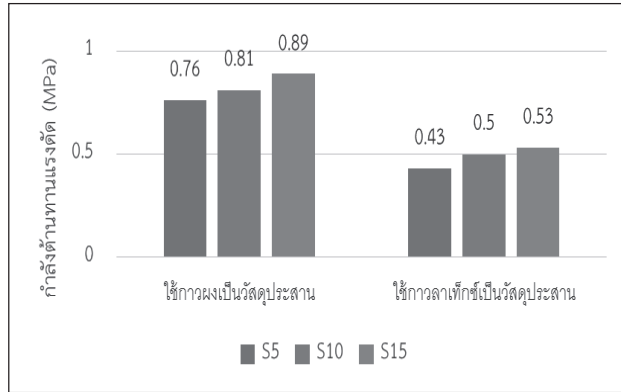
ภาพที่ 10 การขยายตัวตามความหนาที่ 2 ชั่วโมง

จากภาพที่ 10 แผ่นผนังเบาโดยใช้กาวผงเป็นวัสดุประสาน มีค่าการขยายตัวตามความหนาอยู่ระหว่างร้อยละ 4.81 ถึง 8.36 และโดยใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุประสาน มีค่าการขยายตัวตามความหนาอยู่ระหว่างร้อยละ 12.33 ถึง 16.27 ซึ่งผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547



### 5.3 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล

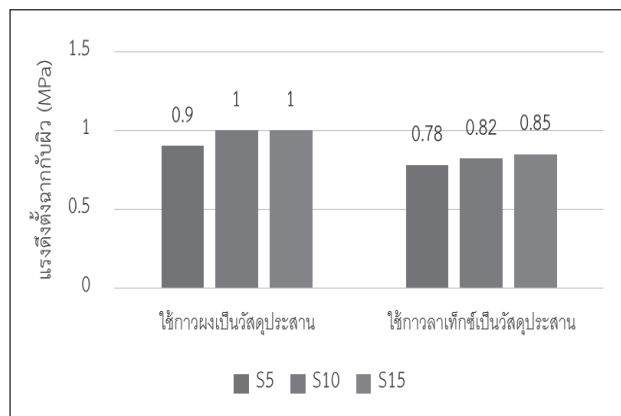
#### ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดัด



ภาพที่ 11 กำลังต้านทานแรงดัดของแผ่นผนังเบา

จากภาพที่ 11 ค่ากำลังต้านทานแรงดัดของแผ่นผนังเบา โดยใช้กาวผงเป็นวัสดุประสานมีค่ากำลังต้านทานแรงดัดอยู่ระหว่าง 0.76 ถึง 0.89 MPa และแผ่นผนังเบาโดยใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุประสานมีค่ากำลังต้านทานแรงดัดอยู่ระหว่าง 0.43 ถึง 0.53 MPa ซึ่งน้อยกว่าข้อกำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547

#### ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงผิวหน้า

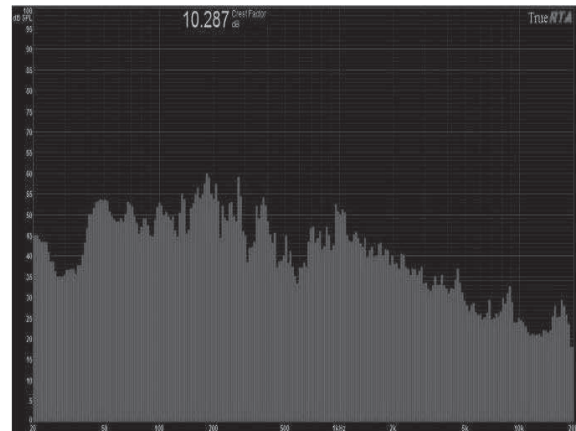


ภาพที่ 12 การต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวของแผ่นผนังเบา

จากภาพที่ 12 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นผนังเบา โดยใช้กาวผงเป็นวัสดุประสานมีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าอยู่ระหว่าง 0.90 ถึง 1.00 MPa และแผ่นผนังเบาโดยใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุประสานมีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าอยู่ระหว่าง 0.78 ถึง 0.85 MPa ซึ่งผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547

จากภาพที่ 13 ในการทดสอบการดูดซับเสียง ของแผ่นผนังเบาจากถุงปูนซีเมนต์ในแต่ละช่วงความถี่ พบว่าในช่วงความถี่ 20 Hz ถึง 1 kHz มีค่าความดังเฉลี่ยของเสียงอยู่ระหว่าง 43 ถึง 52 dB ในขณะที่ช่วงความถี่ 1 KHz ถึง 20 kHz มีค่าความดังเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 25 ถึง 44 dB และผลการทดสอบการดูดซับเสียงทุกช่วงความถี่ เฉลี่ยเท่ากับ 10.29 dB

#### ผลการทดสอบการดูดซับเสียงของแผ่นผนังเบา



ภาพที่ 13 ค่าการดูดซับเสียง ของแผ่นผนังเบาจากถุงปูนซีเมนต์ ขนาด 30 x 30 x 1 cm<sup>3</sup>

## 6. สรุปผลและอภิปรายผล

การวิจัยผนังเบาจากถุงกระดาษปูนซีเมนต์ที่เหลือทิ้ง เพื่อหาแนวทางการผลิตผนังเบา โดยการนำถุงกระดาษฯ ดังกล่าวที่ได้มาย่อยให้ละเอียดแล้วจึงทำการผสมกับกาว ผง และกาวลาเท็กซ์ ตามอัตราส่วนร้อยละ 5 10 และ 15 ของน้ำหนักวัสดุที่ใช้ โดยการขึ้นรูปแบบอัดร้อนขนาด  $30 \times 30 \times 1 \text{ cm}^3$  และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกล ตามมาตรฐาน มอก. 966-2547 สรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้

### 6.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

ค่าปริมาณความหนาแน่นของแผ่นผนังเบาจากถุงปูนซีเมนต์ที่เหลือทิ้ง ที่ใช้กาวผงเป็นวัสดุประสาน และที่ใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 10 มีปริมาณความหนาแน่นมากที่สุด ซึ่งการใช้ปริมาณกาวที่พอดีทำให้อัตราส่วนผสมในการขึ้นรูปไม่แห้งหรือเหลวเกินไป ทำให้ปริมาณความหนาแน่นผ่านเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด เนื่องจากการอัดขึ้นรูปได้ผลที่ดี จึงทำให้มีค่าความหนาแน่นผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ค่าปริมาณความชื้นผนังเบาจากถุงปูนซีเมนต์ที่เหลือทิ้ง ที่ใช้กาวผงเป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 15 และที่ใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 5 มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด ซึ่งมีปริมาณความชื้นผ่านเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด เนื่องจากแผ่นผนังเบาที่มีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม และมีค่าความหนาแน่นที่ดี

ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำแผ่นผนังเบาจากถุงปูนซีเมนต์ที่เหลือทิ้ง ที่ใช้กาวผงเป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 5 และที่ใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 15 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดและผ่านเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด เนื่องจากแผ่นผนังเบาที่มีค่าความหนาแน่นที่ดี

ผลการทดสอบค่าการขยายตัวตามความหนาแน่นผนังเบาจากถุงปูนซีเมนต์ที่เหลือทิ้ง ที่ใช้กาวผงเป็นวัสดุประสาน และที่ใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุประสาน ที่

อัตราส่วนผสมร้อยละ 5 มีค่าการขยายตัวทางความหนาแน่นมากที่สุดและผ่านเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด เนื่องจากมีค่าความหนาแน่น และค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

### 6.2 คุณสมบัติเชิงกล

ค่าการต้านทานแรงดัด แผ่นผนังเบาจากถุงปูนซีเมนต์ที่เหลือทิ้ง ที่ใช้กาวผงเป็นวัสดุประสาน และที่ใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 15 มีค่าการต้านทานแรงดัดมากที่สุดซึ่งถือว่ายังไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งค่าการต้านทานแรงดัดที่ทดสอบไม่ผ่านเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด

ค่าการต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากการทดสอบแผ่นผนังเบาจากถุงปูนซีเมนต์ที่เหลือทิ้ง ที่ใช้กาวผงเป็นวัสดุประสาน และที่ใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 15 มีค่าการต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามากที่สุด ซึ่งค่าการต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าผ่านเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด เนื่องจากถุงปูนซีเมนต์และวัสดุประสานสามารถยึดเกาะกันได้ดี

ผลการทดสอบค่าการดูดซับเสียงของแผ่นฉนวนกันเสียงจากการทดสอบการดูดซับเสียงของแผ่นผนังเบา จากผลการทดสอบการดูดซับเสียงทุกช่วงความถี่เฉลี่ยเท่ากับ 10.29 dB เมื่อเทียบกับ ยิปซัมบอร์ด เท่ากับ 15.34 dB แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง เท่ากับ 15.00 dB จะเห็นได้ว่าผลิตแผ่นผนังเบาจากถุงปูนที่เหลือทิ้ง มีความสามารถในการดูดซับเสียงได้ดีกว่าวัสดุอื่น ดังนั้นเราสามารถนำไปใช้งานได้จริงในช่วงความถี่ต่ำ 50 -100 Hz และ 200 -500 Hz

### 6.3 ต้นทุนการผลิต

แผ่นผนังเบาจากถุงปูนซีเมนต์ที่เหลือทิ้งขนาด  $30 \times 30 \times 1 \text{ cm}^3$  ราคาต้นทุนการผลิตเฉพาะค่าวัสดุ เฉลี่ยเท่ากับ 32 บาท/แผ่น ส่วนแผ่นผนังเบาที่ขายตามท้องตลาดชนิดธรรมดา ขนาด  $30 \times 30 \times 1 \text{ cm}^3$  ราคา 72 บาท/แผ่น ซึ่งเมื่อเทียบกันแล้วแผ่นผนังเบาที่ผลิตขึ้น มีค่าต้นทุนการผลิตที่ถูกกว่า

#### 6.4 ข้อเสนอแนะ

การผสมผสานผสมควรคลุกเคล้าให้เข้ากันให้ทั่วก่อนจะนำขึ้นรูปหากผสมไม่ดีจะทำให้แผ่นวัสดุที่ออกมาไม่เป็นเนื้อเดียวกันและไม่เรียบ ส่งผลให้การทดสอบคุณสมบัติได้ผลไม่แน่นอน และในการขึ้นรูปแบบอัดต้องศึกษาเพิ่มเติมถึงกระบวนการอัด และความเหมาะสมของอุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูป งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ยังไม่ได้นำไปประยุกต์ใช้ในโรงงาน เพื่อเป็นการพัฒนาคุณสมบัติของผนังเบาจากถุงซีเมนต์เหลือทิ้งใช้ จึงควรมีการพัฒนาต่อยอดการวิจัย โดยการนำข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยนำไปปรับปรุงคุณสมบัติให้มีความเหมาะสม และนำไปใช้ในโรงงานได้จริงต่อไป

### 7. กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

### 8. บรรณานุกรม

- (1) Cowan, J.P. 1994. Handbook of Environmental Acoustics. Van Nostrand Reinhold: International Thomson Publishing Company.
- (2) เกษม จันทร์แก้ว. 2541. เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. โครงการ สหวิทยาการบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- (3) Welch, B. L. 1970. Physiological Effects of Noise. New York-London: Plenum Press.
- (4) Harmelink, M. D. 1970. Noise and Vibration Control for Transportation System. D.H.O.Report No. RR 168, Canada: Ontario Department of Highways.
- (5) Lewis, H.Bell and Douglas, H.Bell. 1994. Industrial Noise Control. 2nd ed. New York. Marcel Dekker, Inc.
- (6) พนุชศดี เย็นใจ ทรวงกลด จารุสมบัติ ชีระ วีนิน. 2559, ศึกษาการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษเหลือทิ้งของไม้เสม็ดขาว, วารสารวิจัยและพัฒนา วิทยาลัยเกษตรกรรม ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 11ฉบับที่ 2: 131-140.

- (7) นาวาอากาศเอกหญิง กุศยา สุวรรณวิท, นาวาอากาศโทหญิง สันสนีย์ เหมาคม, นักเรียนนายเรืออากาศ อธิชัย นิ่มมา, นักเรียนนายเรืออากาศ ปิยะวัฒน์ ดวงพิบูลย์, 2559, การศึกษาการใช้วัสดุผสมของไบสนคาร์บอนและพอลิเอทิลีนเป็นวัสดุทดแทนไม้, วารสารวิชาการ โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ปีที่ 11 : 45-50.
- (8) ณัฐจักรณ์ กิจพานิชย์เจริญ และอุรุพงษ์ ลีรัมย์. 2553. กำลังของแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบที่ทำ จากต้นกล้วย. โครงการทางวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- (9) รัฐศักดิ์ พรหมมาศ, โสภิตา สังข์สุนทร, นิชาภา มิลาบุญย์, 2560. การอบแห้งข้าวสารขุบสีผสมโปรตีนด้วยคลื่นไมโครเวฟ, วารสารวิชาการ โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า 15: 79-89.
- (10) วรธรรม อุ้นกิตติชัย, 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดและกรรมวิธีการผลิต, เอกสารการวิจัย เลขที่ ร.514, กรุงเทพฯ: กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมกรมป่าไม้ สำนักงานวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- (11) สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ มอก.876-2547, กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- (12) David, A.Harris. (1991). Noise Control Manual. New York. Van Nostrand Reinhold.
- (13) Walker MB. (1995). Larousse dictionary of science and technology. Great Britain: Clays.
- (14) Doelle L.L. and Arch.M. (1972). Environmental Acoustic. (n.p.) McGraw-Hill Book Company.
- (15) Yerges LF. (1969). Sound, noise and vibration control. New York: Van Nostrand Reinhold.
- (16) Olivo, C.T. and T.P. Olivo. (1978). Fundamentals of Applied Physics. New York. Delmar Publishers.
- (17) วชิระ แสงรัศมี, 2555. วัสดุตกแต่งและเฟอร์นิเจอร์จากเยื่อกระดาษเหลือใช้ทางเลือกใหม่, วารสารวิจัยและสารสถาปัตยกรรม/การผังเมือง. JARS 9(2):95-104.
- (18) โสภิตา สังข์สุนทร, ดนุสรณ์ ขาติเชยแดง, วังพงศ์ บุญครอง และสมศักดิ์ วงษ์ประดับไชย, 2559. ผลของการใช้ไมโครเวฟร่วมกับสุญญากาศในการอบแห้งสับปะรด(กรณีศึกษา: กำลังไมโครเวฟ), วารสารวิชาการ โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า 14: 159-170.