การประเมินคุณภาพของอิฐมอญ ที่ผลิตในพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุก

Quality Evaluation of Mon Brick Produced in Sanuk Group Province

ก้องรัฐ นกแก้ว[1], ศราวุธ ไผ่แก้ว[2], คมศักดิ์ หารไชย[3], เมธากุล มีธรรม[4], และ นาถ สุขศีล[5*]

[1, 2, 5] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม จังหวัดนครพนม 48000
[3] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม จังหวัดนครพนม 48000
[4] วิศวกรโยธาชำนาญการ สังกัดสำนักก่อสร้างทางที่ 2 กรมทางหลวง กรุงเทพมหานคร 10400
**Corresponding author; E-mail address: author nartsooksil@npu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการสำรวจเก็บข้อมูลตัวอย่างอิฐมอญที่ผลิตในเขต 3 จังหวัดกลุ่มสนุก ทดสอบคุณภาพตามมาตรฐาน มอก. 153-2540 และ มผช. 601/2547 เพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์อิฐมอญที่ผลิตได้จากกลุ่มตัวอย่างพร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุง/พัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้ตามมาตรฐานข้างต้น ซึ่งจะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์และช่วยให้ชุมชนและผู้ประกอบการมีรายได้ที่เพิ่มขึ้น ผลการศึกษาพบว่า ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านมิติขนาดของอิฐมอญที่ผลิตได้จากกลุ่มตัวอย่างยังคงเป็นปัญหาหลักที่ต้องการการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้ค่าความคลาดเคลื่อนของมิติด้านขนาดต่าง ๆ ไม่เกินจากที่เกณฑ์ระบุไว้ ส่วนการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐนั้นมีค่าที่อยู่ภายใต้เกณฑ์กำหนดไว้ทุกกลุ่มตัวอย่าง ค่าความสามารถในการต้านทานกำลังอัดนั้นมี 2 แหล่งผลิตจาก 4 แหล่งผลิตที่สามารถเข้าเกณฑ์มาตรฐาน มผช. ได้ ทั้งนี้ผลการศึกษาที่ได้สามารถสรุปเป็นแนวทางในการปรับปรุง/พัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้การปรับเปลี่ยนหรือเพิ่มเติมวิธีการที่น้อยที่สุดเพื่อให้ได้ตามมาตรฐานโดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มแนวทาง

คำสำคัญ: การดูดกลืนน้ำ, กำลังต้านทางแรงอัด, ขนาดอิฐ, ประเมินคุณภาพอิฐ, อิฐมอญ

Abstract

This research has collected data of Mon brick produced in Sanuk Group Province. Thailand Industrial Standard (TIS 153-2540) and the Community Product Standard (601/2547) criteria have been applied to evaluate the quality of its products. Moreover, guidelines for product improvement/development have been proposed to lift the value of product and help Mon brick community and entrepreneur raise up their profit. According to the research results, the standard size of brick which produced from sample group is the main problem and need to be solved to fit on the criteria of size tolerance. Percentage of water absorption of all the brick sample groups are under 20% which is under the requirement. 2 out of 4 source of production places have passed compressive strength test criteria which above 7 MPa. These results bring into the 2 hints of how-to improvement/development the product by merely process changes.

Keywords: Brick Size, Compressive Strengths, Mon brick, Quality Evaluation, Water Absorption

1. คำนำ

อิฐมอญหรืออิฐดินเผา คือวัสดุที่ผลิตมาจากการนำดินเหนียวผสมกับแกลบ หรือขี้เลื่อย หรือวัสดุอื่นๆ แล้วนำมาเผาเพื่อให้ได้วัสดุที่คงรูปและมีความแข็งแรง เป็นวัสดุที่สำคัญในงานก่อสร้างเนื่องจากมีความแข็งแรงทนทาน รับน้ำหนักได้ดี ขนาดพอเหมาะและน้ำหนักเบา ในประเทศไทยมีการผลิตอิฐมอญอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศตั้งแต่รูปแบบของอุตสาหกรรมในครัวเรือนจนกระทั่งถึงการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสามารถหาได้จากท้องถิ่นโดยทั่วไป

อิฐมอญเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้โดยทั่วไปในจังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากข้อมูลพบว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีจำนวนโรงผลิตอิฐมอญก่อสร้างที่ยื่นจดทะเบียนและมีใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานมากถึง 256 แห่ง [1] โดยสามารถดำเนินธุรกิจผลิตอิฐมอญก่อสร้างเพื่อจำหน่าย สามารถสร้างรายได้ให้กับคนในพื้นที่ ตลอดจนมีการจ้างงานภายในชุมชนส่งผลให้มีความมั่นคงในการประกอบอาชีพ เกิดเป็นความเข้มแข็งของคนในชุมชนและสามารถดำเนินชีวิตได้อย่างพอเพียง

กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 2 หรือกลุ่มจังหวัดสนุก ประกอบด้วยจังหวัด สกลนคร นครพนม และมุกดาหาร (Sanuk) ครอบคลุมพื้นที่รวม 19,449 ตร.กม. โดยกลุ่มจังหวัดสนุกนี้มีภูมิศาสตร์และวัฒนธรรมที่ใกล้เคียงกันและยังมีความเชื่อมโยงเป็นอาณาจักรศรีโคตรบูรณ์ที่มีมาอย่างยาวนาน [2] มากกว่านั้น 2 จาก 3 จังหวัดดังกล่าวยังเป็นที่ตั้งของเขตพัฒนาเศรษฐกิจพิเศษ (นครพนม และมุกดาหาร) ทำให้เกิดการขยายตัวของการใช้ประโยชน์จากที่ดินในด้านโครงการอสังหาริมทรัพย์ ไม่ว่าจะเป็นการปลูกสร้างอาคารบ้านพัก โรงงาน อาคารสำนักงาน หรืออาคารโรงแรมเป็นต้น [3] และส่งผลให้เกิดการเติบโตของอุตสาหกรรมก่อสร้างในพื้นที่และส่งผลต่อความต้องการอิฐมอญในการก่อสร้างที่สูงขึ้น

พื้นที่ 3 จังหวัดกลุ่มสนุกดังกล่าวนั้นเป็นที่ตั้งของผู้ประกอบการโรงงานผลิตอิฐมอญเป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 50 โรงงาน โดยมีลักษณะเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็ก/อุตสาหกรรมภายในครัวเรือน และส่วนใหญ่จะรวมตัวกันเป็นกลุ่มผู้ผลิต ซึ่งส่งผลให้เกิดการสร้างงาน สร้างรายได้แก่คนชุมชน และจากการลงพื้นที่สำรวจข้อมูลเบื้องต้นพบว่ารูปแบบของอิฐมอญที่ผลิตอยู่นั้น มีอยู่ 2 รูปแบบคืออิฐมอญชนิด 2 รูและชนิด 4 รู ซึ่งการผลิตอิฐมอญจากโรงงานเหล่านี้ล้วนเป็นการผลิตอิฐมอญก่อสร้างที่ขายโดยที่ไม่ได้มีการรับรองคุณภาพของผลิตภัณฑ์เลย

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการสำรวจเก็บข้อมูลตัวอย่างอิฐมอญที่ผลิตในเขต 3 จังหวัดกลุ่มสนุก รวมทั้งสิ้น 4 โรงงาน โดยทั้ง 4 โรงงานดังกล่าวเป็นโรงงาน

ที่มีรูปแบบการผลิตอิฐที่คล้ายกัน โดยทำการนำก้อนตัวอย่างอิฐมอญที่ได้จากแต่ละโรงงานมาทำการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม อิฐกลวงก่อแผงไม่รับน้ำหนัก (มอก. 153-2540) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐมอญ (มผช. 601/2547) เพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ของอิฐมอญที่ผลิตได้จากพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุก และเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุง/พัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้ตามมาตรฐานข้างต้น ซึ่งจะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์และช่วยให้ชุมชนและผู้ประกอบการมีรายได้ที่เพิ่มขึ้น

ดังนั้นวัตถุประสงค์งานวิจัยนี้จึงประกอบไปด้วย 1) ศึกษาข้อมูลคุณภาพอิฐมอญที่ผลิตได้จากตัวแทนโรงงานที่ผลิตในจังหวัดกลุ่มสนุก ตามมาตรฐาน มอก. 153-2540 และมาตรฐาน มผช. 601/2547 และ 2) เสนอแนะแนวทางในการปรับปรุง/พัฒนาผลิตภัณฑ์อิฐมอญสำหรับโรงงานที่ผลิตในพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุก

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเลือกอิฐที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้าง [4]

มีหลักการพิจารณาอยู่ 8 ข้อ ดังนี้ 1) เป็นอิฐที่เผาในเตาเดียวกันแล้วได้รับความร้อนเสมอกันทุกแผ่น 2) มีขนาดคงที่เท่ากันทุกแผ่นและน้ำหนักโดยเฉลี่ยเท่ากันทุกก้อน 3) มีผิวเรียบร้อยสม่ำเสมอกันทุกด้านไม่บิดงอแตกร้าว 4) มุมและเหลี่ยมทุกเหลี่ยมต้องขนาดเท่ากันและทุกมุมต้องได้ฉาก 5) เคาะฟังเสียงดูต้องมีเสียงแกร่งคล้ายโลหะ 6) ไม่ดูดน้ำมากกว่าร้อยละ 25 ของน้ำหนักของอิฐเมื่อแช่น้ำไว้ 24 ชั่วโมง 7) อิฐต้องมีสีสม่ำเสมอเท่ากันทุกแผ่น และ 8) ต้านทานแรงอัดสูงสุดไม่น้อยกว่า 35 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2.2 กระบวนการผลิตอิฐมอญในพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุก

ในส่วนของกระบวนการผลิตอิฐมอญในเขตพื้นที่นี้จะมีขั้นตอนหลัก ๆ อยู่ 5 ขั้นตอนได้แก่ การเตรียมเนื้อดิน อัตราส่วนผสม การขึ้นรูป การตากแห้ง และการเผา โดยทั้ง 4 โรงงานที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูลจะมีการเตรียมเนื้อดินโดยการหมักในกองดิน วัตถุดิบที่ใช้ผสมเป็นดินกับน้ำ ใช้เครื่องจักรในกระบวนการรีดขึ้นรูป นำก้อนอิฐที่ได้จากกระบวนการรีดไปตากแดดผึ่งในที่โล่ง และใช้ไม้ฝืนเป็นเชื้อเพลิงหลักในการเผาอิฐหลังจากการผึ่งด้วยแดด โดยรูปที่ 1-2 แสดงกระบวนการผลิตอิฐมอญในบางขั้นตอน

รูปที่ 1 เครื่องรีดขึ้นรูปอิฐ

รูปที่ 2 เตาเผาอิฐ และการกองอิฐสำหรับเผา

2.3 มาตรฐานอิฐมอญ

ประกอบไปด้วยการทดสอบคุณสมบัติด้านมิติขนาด การดูดกลืนน้ำ และความต้านทานแรงอัด อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 153-2540 อิฐกลวงก่อแผงไม่รับน้ำหนัก และมาตรฐาน มผช. 601/2547 อิฐมอญ รายละเอียดการทดสอบมีดังต่อไปนี้

1) การทดสอบคุณสมบัติด้านมิติขนาด

เกณฑ์การทดสอบคุณสมบัติด้านมิติขนาดของอิฐมอญกลวงแผงไม่รับน้ำหนัก ตามมาตรฐาน มอก. 153-2540 มีรายละเอียดของขนาดของอิฐดังตารางที่ 1 และมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมิติดังตารางที่ 2 ตามลำดับ

ส่วนเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนมิติ ตามเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 601/2547 ระบุไว้ว่าขนาดคลาดเคลื่อนของมิติต้องน้อยกว่า ± 5 มม.

ตารางที่ 1 ขนาดของอิฐกลวงก่อแผงไม่รับน้ำหนัก

ขนาด (มิลลิเมตร)		
หนา	**สูง**	**ยาว**
60	40	75
65	40	160
65	110	120
65	110	250
80	70	90
80	70	190
80	120	120
80	120	250

ตารางที่ 2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมิติ

มิติ	ความคลาดเคลื่อน (มม.)	
	ประเภท 1	**ประเภท 2**
40 - 90	±2	± 3
110 - 120	± 3	± 5
160 - 190	± 4	± 6
250	± 6	± 8

2) การทดสอบคุณสมบัติด้านการดูดกลืนน้ำ

เกณฑ์การทดสอบคุณสมบัติด้านการดูดกลืนน้ำของอิฐมอญกลวงแผงไม่รับน้ำหนัก ตามมาตรฐาน มอก. 153-2540 มีรายละเอียดของการดูดกลืนน้ำของอิฐดังตารางที่ 3

ส่วนเกณฑ์การดูดกลืนน้ำ ตามเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 601/2547 ระบุไว้ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนน้ำต้องไม่เกินร้อยละ 25

ตารางที่ 3 เกณฑ์ร้อยละการดูดกลืนน้ำ

ชั้นคุณภาพ	การดูดกลืนน้ำสูงสุด	
	เฉลี่ย 5 ก้อน	แต่ละก้อน
ก	10	12
ข	14	16
ค	20	24

3) การทดสอบคุณสมบัติด้านความต้านทานแรงอัด

เกณฑ์การทดสอบคุณสมบัติด้านดังกล่าวมีเฉพาะมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐมอญ มผช. 601/2547 เท่านั้น ซึ่งระบุคุณสมบัติการต้านทานแรงอัดของอิฐมอญต้องมากกว่า 7 MPa

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภราดร ชุไชยสงค์ และสุพรรณ วงทอง [5] การศึกษาคุณสมบัติของอิฐมอญที่ผลิตในจังหวัดชลบุรีเปรียบเทียบกับอิฐมอญที่ผลิตในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของอิฐมอญที่ผลิตใน 2 พื้นที่ โดยการทดสอบประกอบด้วย การทดสอบคุณสมบัติความหนาแน่น ความชื้น การดูดซึมน้ำ การทดสอบกำลังอัด และการทดสอบแรงดัดของอิฐมอญ ผลการศึกษาพบว่าอิฐมอญที่ผลิตในจังหวัดชลบุรีมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าทุกด้านและมีความแข็งแรงทนทานกว่าอิฐมอญที่ผลิตในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เนื่องมาจากอิฐจากจังหวัดชลบุรีใช้วัตถุดิบในการผลิตที่เป็นดินเหนียวลวน ๆ สวนอิฐของอยุธยามีสวนผสมอย่างอื่น ไม่ว่าจะเป็น แกลบ หรือเถ้าแกลบ ทำให้มีความชื้นและการดูดซึมน้ำที่เยอะขึ้น

สุทัศน์ จันบัวลา และคณะ [6] ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อิฐดินเผาจังหวัดสิงห์บุรีพบว่ากระบวนการผลิตยังมีความไม่แน่นอนเรื่องส่วนผสมของวัตถุดิบ โดยวัตถุดิบที่ใช้ผลิตคือดินในท้องนา มีส่วนประกอบของธาตุหลักที่เหมือนกัน คือซิลิกา อลูมินา และเหล็ก ส่วนขนาด และการรับแรงอัดของอิฐจากแหล่งผลิตดังกล่าวก็ยังไม่เข้าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

รายงานวิจัยการออกแบบและพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์อิฐมอญในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนโดย สุทัศน์ จันบัวลา และคณะ [7] พบว่ากระบวนการผลิตของกลุ่มตัวอย่างนั้นยังมีความไม่แน่นอนในเรื่องของส่วนผสมวัตถุดิบ และขนาดที่ยังไม่ได้มาตรฐาน วัตถุดิบที่ใช้ผลิตคือดินมีส่วนประกอบของธาตุหลักที่เหมือนกันคือ ซิลิกอนออกไซด์ อลูมินาออกไซด์ และออกไซด์ของเหล็ก ขนาดของผลิตภัณฑ์ยังไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ความสามารถในการรับแรงอัดผ่านเกณฑ์มาตรฐานเพียง 1 แหล่งจาก 5 แหล่งที่เก็บข้อมูล ส่วนร้อยละของการดูดซึมน้ำนั้นผ่านเกณฑ์ทั้ง 5 แหล่ง และผู้วิจัยยังได้เสนอการปรับปรุงส่วนผสมวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต โดยผสมเถ้าแกลบลงไปร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก จะมีความสามารถในการรับแรงอัด 10.46 เมกกะพาสคาล ความหนาแน่น 1.73 กรัมต่อตารางเซนติเมตร และร้อยละของการดูดซึมน้ำเท่ากับ 8.83 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประชุม คำพุฒ [8] ซึ่งได้ศึกษาการใช้ขี้เถาแกลบผสมในดินเหนียวในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน เมื่อเพิ่มอัตราส่วนการผสมของขี้เถาแกลบมากขึ้นจะทำให้ความสามารถในการรับแรงอัดของอิฐมากขึ้นด้วย

มากกว่านั้น ปัญญา พลมีเดช [4] ได้ทำการศึกษาการนำเศษวัสดุชีวมวลกลับมาใช้ใหม่สำหรับผลิตอิฐก่อสร้าง โดยใช้แกลบข้าว ขี้เลื่อย กากกาแฟ ชานอ้อย และเศษหญ้านำมาใช้เป็นสารเติมแต่งในส่วนผสมของการทำอิฐมอญ ผลการวิจัยพบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารเติมแต่งทำให้อิฐมีรูพรุนเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความหนาแน่นและค่าความแข็งแรงจะลดลง อัตราส่วนผสมเศษวัสดุชีวมวลต่อดินเหนียวที่เหมาะสมสำหรับอิฐมอญผสมแกลบข้าว อิฐมอญผสมขี้เลื่อย และอิฐมอญผสมกากกาแฟ คือ อัตราส่วนผสม 5% และ 10% ส่วนอัตราส่วนผสมเศษวัสดุชีวมวลต่อดินเหนียวที่เหมาะสมสำหรับชานอ้อยและเศษหญ้าคืออัตราส่วนผสม 5% โดยทั้งหมดให้ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำระหว่าง 17.25 – 23.56% ค่าการรับกำลังอัดระหว่าง 45.26 – 141.92 kg/cm^2 และในปี 2561 สุทัศน์ จันบัวลา และคณะ [9] ได้พัฒนาอิฐดินเผามวลเบาโดยใช้ผงฝุ่นที่เหลือจากอุตสาหกรรมโรงโม่หินสำหรับ ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณของผงฝุ่นจากจากโรงงานอุตสาหกรรมโรงโม่หินส่งผลให้อิฐดินเผามวลเบา มีค่าความพรุนตัวและการดูดซึมเพิ่มขึ้น ในขณะที่การนำความร้อนและความหนาแน่นลดลง และการเพิ่มอุณหภูมิในการเผาส่งผลให้ความพรุนและการดูดซึมน้ำลดลง

จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่ากระบวนการผลิตอิฐมอญในพื้นที่การศึกษาที่ผ่านมานั้นประสบปัญหากระบวนการผลิตที่ยังมีความไม่แน่นอนในเรื่องของส่วนผสมวัตถุดิบ ขนาดที่ไม่เข้าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ และความต้านทานกำลังอัดก็ไม่สูงมากนัก และได้มีการพัฒนาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์โดยเพิ่มเติม แกลบ เถ้าแกลบ ตลอดจนเศษวัสดุชีวมวลเข้าไปในส่วนผสมวัตถุดิบ ตลอดจนมีการพัฒนาไปเป็นอิฐดินเผามวลเบาอีกด้วย ทั้งนี้การพัฒนาตามผลการศึกษาดังกล่าวอาจจะต้องมีการใช้ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นทั้งในด้านวัตถุดิบและเทคโนโลยีหรือเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ จะดีกว่าหรือไม่เมื่อเราทราบข้อมูลคุณภาพอิฐมอญที่ผลิตได้จากตัวแทนโรงงานที่ผลิตในจังหวัดกลุ่มสนุกแล้วเสนอแนะแนวทางที่สะดวกที่สุดแก่ผู้ประกอบการที่จะขอรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์เพียงหนึ่งตัว เพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสหรือช่องทางในการจัดจำหน่ายรวมทั้งเป็นการเพิ่มรายได้ที่มากขึ้น

3. วิธีการดำเนินวิจัย

3.1 สำรวจข้อมูลโรงงาน และเก็บตัวอย่างอิฐมอญ

ผู้วิจัยมีการลงพื้นที่โรงงานผลิตอิฐมอญในพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุก กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นโรงงานจำนวน 4 โรงงาน โดยเป็นโรงงานผลิตอิฐมอญจากอำเภอท่าแร่ อำเภอเมืองมุกดาหาร อำเภอศรีสงคราม และอำเภอธาตุพนม โดยมีการใช้แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลจำเพาะของโรงงานทั้ง 4 โรงงาน โดยเป็นการสัมภาษณ์กับเจ้าของโรงงาน และมีการเก็บตัวอย่างอิฐมอญชนิด 4 รูที่ผลิตได้จากกลุ่มตัวอย่าง อย่างละ 10 ก้อนตัวอย่างต่อการทดสอบคุณสมบัติในแต่ละด้าน แล้ววิเคราะห์ผลที่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่วางไว้

3.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

1) การทดสอบด้านมิติขนาด (Size Measuring) โดยการใช้เครื่องมือวัดขนาด (Vernier caliper) ความละเอียด 0.05 mm.

2) การทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำ (Water Absorption) สามารถคำนวณได้ตามสมการ (1)

$$\text{ร้อยละการดูดกลืนน้ำ} = \left[\frac{w' - w_s}{w_s}\right] * 100 \qquad (1)$$

โดยที่ w' = มวลของอิฐสภาพอิ่มตัว (g)

w_s = มวลของอิฐอบแห้ง (g)

3.3 การทดสอบคุณสมบัติทางกล

1) การทดสอบความสามารถในการต้านทานแรงอัด (Compressive Strength Test) สามารถคำนวณได้ตามสมการ (2)

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \quad (2)$$

โดยที่ σ_c = ความสามารถในการต้านทานแรงอัด (kg/cm^2)
P = แรงที่กด (kg)
A = พื้นที่ (cm^2)

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของอิฐมอญที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุก ประกอบไปด้วยการทดสอบคุณสมบัติด้านมิติขนาด ร้อยละการดูดกลืนน้ำ และการต้านทานแรงอัด อ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐกลวงก่อแผงไม่รับน้ำหนัก มอก. 153-2540 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐมอญ มผช. 601/2547 รายละเอียดผลการทดสอบมีดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบคุณสมบัติด้านมิติขนาด

เกณฑ์การทดสอบคุณสมบัติด้านมิติขนาดของอิฐมอญกลวงแผงไม่รับน้ำหนัก ตามมาตรฐาน มอก. 153-2540 มีรายละเอียดของขนาดของอิฐดังตารางที่ 1 และมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมิติดังตารางที่ 2 ตามลำดับ

ส่วนเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนมิติ ตามเกณฑ์มาตรฐาน มผช.601/2547 ระบุไว้ว่าขนาดคลาดเคลื่อนของมิติต้องน้อยกว่า ± 5 มม.

ตารางที่ 4 ผลการวัดขนาดเฉลี่ยพร้อมทั้งค่าคลาดเคลื่อนของก้อนอิฐใน 3 มิติ

ชื่อตัวอย่าง	สูง (mm)		ยาว (mm)		หนา (mm)	
	เฉลี่ย	คลาดเคลื่อน	เฉลี่ย	คลาดเคลื่อน	เฉลี่ย	คลาดเคลื่อน
ธาตุพนม	56.2	**± 2.8**	134.4	**± 4.4**	67.1	**± 4.1**
ศรีสงคราม	55.9	**± 9.5**	143.0	**± 2.8**	64.5	**± 1.5**
ท่าแร่	55.2	**± 1.0**	140.4	**± 2.5**	58.9	**± 2.4**
มุกดาหาร	55.4	**± 2.6**	140.2	**± 1.7**	56.7	**± 1.4**

จากข้อมูลในตารางที่ 4 พบว่าขนาดมิติของก้อนอิฐที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุก นั้นมีมิติด้านความสูงเริ่มตั้งแต่ 55.2 mm ไปจนถึง 56.2 mm มิติด้านความยาวเริ่มตั้งแต่ 134.4 mm ไปจนถึง 143.0 mm และมิติด้านความหนาเริ่มตั้งแต่ 56.7 mm ไปจนถึง 67.1 mm ซึ่งขนาดดังกล่าวนั้นไม่สามารถเข้าในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 153-2540 ตามตารางที่ 1 ที่ระบุขนาดของอิฐกลวงก่อแผงไม่รับน้ำหนักไว้ 8 ขนาดด้วยกัน แต่ทั้งนี้ขนาดของอิฐมาตรฐานที่ระบุขนาดใกล้เคียงกับขนาดของก้อนอิฐผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุกมากที่สุดคือขนาดมาตรฐานความสูง 40 mm ความหนา 65 mm ความยาว 160 mm

ขนาดคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความสูงของก้อนอิฐที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุกมีค่าตั้งแต่ ± 1.0 mm ไปจนถึง ± 9.5 mm ส่วนขนาดคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความหนาของก้อนอิฐที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุกมีค่าตั้งแต่ ± 1.4 mm ไปจนถึง ± 4.1 mm และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 153-2540 ด้านขนาดคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความสูงและความหนาตามตารางที่ 2 นั้นจะพบว่าขนาดคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความสูงและความหนาของก้อนอิฐผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุกไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ระบุไว้ว่า มิติที่ 40 - 90 mm ต้องมีขนาดคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 3 mm สำหรับอิฐประเภทที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าก้อนอิฐที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุกยังมีขนาดคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความสูงและความหนาเกินเกณฑ์มาตรฐานมาตรฐาน มอก. 153-2540 แต่ก็เกินไปไม่มากนัก สอดคล้องกับผลการศึกษาของงานวิจัยก่อนหน้านี้ [6], [7] ที่ระบุว่าขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในกลุ่มตัวอย่างที่เก็บข้อมูลยังไม่ได้ตามมาตรฐานมากนัก

ขนาดคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความยาวของก้อนอิฐที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุกมีค่าตั้งแต่ ± 1.7 mm ไปจนถึง ± 4.4 mm และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 153-2540 ด้านขนาดคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความยาวตามตารางที่ 2 นั้นจะพบว่าขนาดคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความยาวของก้อนอิฐที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุกอยู่ในเกณฑ์ที่ระบุไว้ว่า มิติที่ 110 – 120 mm ต้องมีขนาดคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 5 mm สำหรับอิฐประเภทที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าก้อนอิฐที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุกมีขนาดคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความยาวอยู่ในมาตรฐานมาตรฐาน มอก. 153-2540

ส่วนการเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านมิติตามเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 601/2547 ระบุไว้ว่าขนาดคลาดเคลื่อนของมิติด้านต่างๆ ต้องน้อยกว่า ± 5 มม. พบว่าขนาดก้อนอิฐที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุกมีค่าคลาดเคลื่อนของทั้ง 3 มิติตั้งแต่ ± 1.0 mm ไปจนถึง ± 4.4 mm ยกเว้นค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความสูงของอิฐที่มาจากกลุ่มตัวอย่างชื่อศรีสงครามที่มีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความสูงถึง ± 9.5 mm ซึ่งอาจจะเป็นก้อนตัวอย่างอิฐที่ผลิตแล้วเกิดข้อผิดพลาดระหว่างกระบวนการผลิต แต่ถ้ามองถึงภาพรวมแล้วจะเห็นว่าขนาดของก้อนอิฐในเกือบทุกมิติที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุกมีค่าความคลาดเคลื่อนของมิติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 601/2547 โดยรูปที่ 3 แสดงกระบวนการวัดขนาดของอิฐโดยใช้ Vernier caliper

รูปที่ 3 วิธีการวัดขนาดอิฐ

4.2 การทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำ

เกณฑ์การทดสอบคุณสมบัติด้านการดูดกลืนน้ำของอิฐมอญกลวงแผงไม่รับน้ำหนัก ตามมาตรฐาน มอก. 153-2540 มีรายละเอียดของการดูดกลืนน้ำของอิฐดังตารางที่ 3

ส่วนเกณฑ์การดูดกลืนน้ำ ตามเกณฑ์มาตรฐาน มผช.601/2547 ระบุไว้ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนน้ำต้องไม่เกินร้อยละ 25

ตารางที่ 5 ร้อยละการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยที่ 24 ชม.

ชื่อตัวอย่าง	% การดูดกลืนน้ำ (24hr)
ธาตุพนม	17.70
ศรีสงคราม	13.47
ท่าแร่	14.53
มุกดาหาร	16.63

ผลการเก็บข้อมูลการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยก้อนอิฐผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุกดังตารางที่ 5 แสดงให้เห็นค่าการดูดกลืนน้ำที่ 24 ชั่วโมงของอิฐผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุกมีค่าตั้งแต่ 13.47% ไปจนถึง 17.70% โดยอิฐเหล่านี้ให้ค่าการดูดกลืนน้ำที่น้อย และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 153-2540 ชั้นคุณภาพ ค ที่ระบุค่าดูดกลืนน้ำสูงสุดเฉลี่ย 5 ก้อนไม่เกินร้อยละ 20 ซึ่งอิฐที่ผลิตได้จากพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุกเหล่านี้สามารถเข้าเกณฑ์ตามหลักการเลือกอิฐที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้างที่ระบุไว้ [4] ว่าอิฐที่เหมาะสมในการก่อในงานก่อสร้างต้องไม่ดูดกลืนน้ำเกินกว่าร้อยละ 25% เพราะถ้าอิฐมีการดูดกลืนน้ำที่มากจะส่งผลต่อการแตกร้าวของผนังที่ฉาบ โดยรูปที่ 4 แสดงกระบวนการอบอิฐโดยใช้เตาอบเพื่อทดสอบกระบวนการดูดกลืนน้ำ

รูปที่ 4 กระบวนการอบอิฐโดยใช้เตาอบไฟฟ้า

4.3 การทดสอบการต้านทานแรงอัด

เกณฑ์การทดสอบคุณสมบัติด้านดังกล่าวมีเฉพาะมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐมอญ มผช. 601/2547 เท่านั้น ซึ่งระบุคุณสมบัติการต้านทานแรงอัดของอิฐต้องมากกว่า 7 MPa

ผลการเก็บข้อมูลคุณสมบัติด้านความต้านทานแรงอัดแสดงดังตารางที่ 6 แสดงให้เห็นค่าการต้านทานแรงอัดของอิฐที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุกมีค่าตั้งแต่ 2.63 MPa ไปจนถึง 14.12 MPa โดยมีอิฐจากกลุ่มตัวอย่างชื่อ ธาตุพนม และศรีสงคราม ซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดนครพนมมีค่าต้านทานแรงอัดที่สูงเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 601/2547 ที่ระบุคุณสมบัติการต้านทางแรงอัดของอิฐมอญต้องมากกว่า 7 MPa (8.12 MPa และ 14.12 MPa ตามลำดับ) แต่มีอิฐจากสองแหล่งผลิต (ท่าแร่ และมุกดาหาร) ที่ยังมีค่าต้านทานแรงอัดต่ำกว่ามาตรฐานระบุไว้ ซึ่งอาจจะเกิดจากองค์ประกอบของธาตุในดินเหนียวที่เป็นวัตถุดิบในสองแหล่งผลิตนี้มีซิลิก้าน้อยกว่าอีกสองแหล่งผลิต โดยดินเหนียวที่มีองค์ประกอบของธาตุซิลิก้าสูงนี้จะส่งผลต่อความแข็งแรงของอิฐที่ได้ [6] หรืออาจจะเกิดจากค่าความหนาแน่นของอิฐที่ผลิตจาก 2 แหล่งผลิตที่ไม่ผ่านเกณฑ์นั้นมีค่าความหนาแน่นของอิฐที่ต่ำกว่าและส่งผลต่อค่าการต้านทานแรงอัดที่ลดลง [5] โดยรูปที่ 5 นั้นแสดงการทดสอบการต้านทานกำลังอัดของอิฐ

ตารางที่ 6 ค่าต้านทานแรงอัดเฉลี่ย

ชื่อตัวอย่าง	ค่าต้านทานแรงอัด	
	(Ksc)	(MPa)
ธาตุพนม	81.23	8.12
ศรีสงคราม	141.23	14.12
ท่าแร่	59.59	5.96
มุกดาหาร	26.38	2.63

รูปที่ 5 การทดสอบการต้านทานกำลังอัดของอิฐโดยเครื่อง UTM

5. สรุปผลวิจัย

5.1 ข้อมูลคุณภาพอิฐมอญที่ผลิตได้

จากการสำรวจเก็บข้อมูลตัวอย่างอิฐมอญที่ผลิตจากโรงงานที่ผลิตในเขต 3 จังหวัดกลุ่มสนุก จำนวน 4 โรงงาน เพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ตามมาตรฐาน มอก. 153-2540 และมาตรฐาน มผช. 601/2547 สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 7

คุณสมบัติด้านมิติขนาดของอิฐมอญที่เก็บมาจากกลุ่มตัวอย่างในเขตพื้นที่ 3 จังหวัดกลุ่มสนุกตามเกณฑ์ มอก. นั้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเฉพาะด้านมิติความยาว ส่วนอีก 2 ด้านมิติ (สูง และหนา) ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ระบุไว้ ทั้งนี้ขนาดของอิฐมาตรฐาน มอก. ที่ระบุขนาดไว้ใกล้เคียงกับขนาดของก้อนอิฐที่ผลิตจากกลุ่มตัวอย่างมากที่สุดคือขนาดมาตรฐานความสูง 40 mm ความหนา 65 mm ความยาว 160 mm และเมื่อพิจารณาเกณฑ์ มผช. จะพบว่าขนาดอิฐจากกลุ่มตัวอย่างอยู่เกณฑ์ในด้านมิติความหนาและความยาว แต่ไม่ผ่านเกณฑ์ มผช. ในด้านมิติความสูง ซึ่งอาจจะเป็นข้อผิดพลาดระหว่างกระบวนการผลิตที่ทำให้ได้ก้อนตัวอย่างที่มีความคาดเคลื่อนด้านมิติความสูงไปจนถึง ± 9.5 mm

คุณสมบัติด้านการดูดกลืนน้ำของอิฐที่เก็บตัวอย่างมาจากพื้นที่จังหวัดกลุ่มสนุกจากทุกแหล่งนั้นมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 20 และเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ของ มอก. และ มผช. ก็อยู่ภายใต้มาตรฐานเกณฑ์ดังกล่าว โดยระดับชั้น

คุณภาพของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดนั้นอยู่ในชั้นคุณภาพ ค ตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.

คุณสมบัติด้านต้านทางแรงอัดซึ่งระบุไว้เฉพาะมาตรฐาน มผช. ระบุอยู่ที่ไม่น้อยกว่า 7 MPa แต่ไม่ได้ระบุไว้ในเกณฑ์ มอก. เนื่องจากเป็นมาตรฐานที่รองรับสำหรับอิฐกลวงก่อแผงไม่รับน้ำหนัก โดยอิฐที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่เก็บข้อมูลมานั้นมีอิฐจาก 2 แหล่งที่ผ่านเกณฑ์ มผช. ซึ่งก็คืออิฐจากแหล่งตัวอย่าง ธาตุพนม และศรีสงคราม ส่วนอิฐจากแหล่งตัวอย่าง ท่าแร่ และมุกดาหารนั้นมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่ มผช. ระบุไว้

5.2 แนวทางในการปรับปรุง/พัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเข้าเกณฑ์มาตรฐาน

จากข้อมูลสรุปผลการทดสอบคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของอิฐมอญตามมาตรฐานระบุไว้ดังตารางที่ 7 ผู้วิจัยขอเสนอแนะแนวทางเพื่อเข้าเกณฑ์มาตรฐานออกเป็น 2 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1: กลุ่มตัวอย่างจากแหล่งผลิต ท่าแร่ จ.สกลนคร และแหล่งผลิต จ.มุกดาหาร ที่มีผลการทดสอบความสามารถในการต้านทานแรงอัดต่ำกว่า 7 MPa โดยแหล่งผลิตดังกล่าวสามารถปรับปรุง/พัฒนาเพื่อขอรับมาตรฐาน มอก. 153-2540 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ไม่ได้ระบุความสามารถในการต้านทานแรงอัด แต่ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างจาก 2 แหล่งผลิตดังกล่าวต้องผลิตอิฐมอญให้ได้ขนาดความสูง 40 mm ความหนา 65 mm และความยาว 160 mm เพื่อให้ตามที่เกณฑ์ มอก. ระบุไว้ โดยต้องมีการปรับเปลี่ยนชุดหัวรีดอิฐเดิมไปใช้หัวรีดใหม่เพื่อให้ได้ขนาดตามที่ระบุข้างต้นและควบคุมค่าคลาดเคลื่อนด้านมิติความสูง และความหนาให้ได้อยู่ที่ ± 3.0 mm

กลุ่มที่ 2: กลุ่มตัวอย่างจากแหล่งผลิต ธาตุพนม และศรีสงคราม นั้นเป็นแหล่งผลิตอิฐที่มีค่าความต้านทางกำลังอัดสูงกว่า 7 MPa สามารถปรับปรุง/พัฒนาเพื่อขอรับมาตรฐาน มผช. 601/2547 โดยที่ไม่ต้องมีการปรับเปลี่ยนหรือเพิ่มเติมชุดอุปกรณ์ใด ๆ เข้ามาเลย เพียงแค่ควบคุมค่าคลาดเคลื่อนด้านมิติความสูงให้ได้ต่ำกว่า ± 5.0 mm เท่านั้นเอง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตสำหรับการเก็บข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้

ตารางที่ 7 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ตามมาตรฐาน มอก. และ มผช.

การทดสอบคุณสมบัติ	รายละเอียด / แหล่งตัวอย่าง	ผลการทดสอบ	มาตรฐานระบุ / สรุปผลการทดสอบ			
			มอก. 153-2540	ผ่าน / ไม่ผ่าน	มผช. 601/2547	ผ่าน / ไม่ผ่าน
1. ด้านมิติขนาด	สูง (จากทุกแหล่ง)	± 1.0 mm ถึง ± 9.5 mm	± 3.0 mm	☒	± 5.0 mm	☒
	หนา (จากทุกแหล่ง)	± 1.4 mm ถึง ± 4.1 mm	± 3.0 mm	☒	± 5.0 mm	☑
	ยาว (จากทุกแหล่ง)	± 1.7 mm ถึง ± 4.4 mm	± 5.0 mm	☑	± 5.0 mm	☑
2. ด้านการดูดกลืนน้ำ	% ดูดกลืนของกลุ่มตัวอย่างทุกแหล่ง	ต่ำกว่า 20%	20% (ชั้น ค)	☑	25%	☑
3. ด้านการต้านทานแรงอัด	ธาตุพนม	8.12 Mpa	ไม่ระบุ	☑	7 Mpa	☑
	ศรีสงคราม	14.12 Mpa	ไม่ระบุ	☑	7 Mpa	☑
	ท่าแร่	5.96 Mpa	ไม่ระบุ	☑	7 Mpa	☒
	มุกดาหาร	2.63 Mpa	ไม่ระบุ	☑	7 Mpa	☒

เอกสารอ้างอิง

[1] อภิรัฐ ธีรภาพวิเศษพงษ. (2563). การพัฒนาเครื่องผลิตอิฐดินเผ่าก่อสรางเพื่อเพิ่มผลิตภาพของวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ลุมแมน้ำโขง-ชี-มูล (รายงานวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.

[2] พรรณี สวนเพลง. (2559). การพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงบำเพ็ญประโยชน์ในกลุ่มจังหวัดสนุก (สกลนคร-นครพนม-มุกดาหาร) (รายงานวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.

[3] วีระพล นามวงค์ และนาถ สุขศีล. (2565). การจัดสรรงบประมาณในพื้นที่เขตพัฒนาเศรษฐกิจพิเศษนครพนมที่มีผลต่อการขยายตัวของการก่อสร้างอาคาร. *วารสารสถาปัตยกรรม การออกแบบและการก่อสร้าง,* ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, หน้า 129-143.

[4] ปัญญา พลมีเดช. (2559). *การนำเศษวัสดุชีวมวลกลับมาใช้ใหม่สำหรับผลิตอิฐก่อสร้าง* (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

[5] ภราดร ชุไชยสงค์ และสุพรรณ วงทอง (2552). *การศึกษาคุณสมบัติของอิฐมอญที่ผลิตในจังหวัดชลบุรี* (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

[6] สุทัศน์ จันบัวลา และคณะ (2552). การพัฒนาผลิตภัณฑ์อิฐดินเผาจังหวัดสิงห์บุรี. *วารสารวิจัย มสด สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, ปีที่ 2, ฉบับที่ , หน้า 15-24.

[7] สุทัศน์ จันบัวลา และคณะ (2556). การออกแบบและพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์อิฐมอญในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน (รายงานวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

[8] ประชุม คำพุฒ. (2550). การศึกษาการรับกำลังอัดและกำลังดัดของอิฐดินดิบผสมเถ้าแกลบ.*วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, ปีที่ 27, ฉบับ พิเศษ, หน้าที่ 94-98.

[9] สุทัศน์ จันบัวลา และคณะ (2561). การวิจัยและพัฒนาอิฐมอญ - มวลเบาโดยใช้วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม (ระยะที่ 1) (รายงานวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.