ผลของวัสดุทางธรรมชาติที่มีต่อคุณสมบัติของก้อนอิฐดินดิบสำหรับการก่อสร้างบ้านดิน
Effect of Natural Materials on Properties of Adobe Brick for Earth Construction

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และจตุพร ตั้งศิริสกุล
Assistant Professor Pusit Lertwattanaruk, Ph.D. and Jatuporn Tungsirisakul

ผลของวัสดุทางธรรมชาติที่มีต่อคุณสมบัติของก้อนอิฐดินดิบสำหรับการก่อสร้างบ้านดิน

Effect of Natural Materials on Properties of Adobe Brick for Earth Construction

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และจตุพร ตั้งศิริสกุล

Assistant Professor Pusit Lertwattanaruk, Ph.D. and Jatuporn Tungsirisakul

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของวัสดุทางการเกษตร ได้แก่ แกลบ และขุยมะพร้าว ที่มีต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของก้อนอิฐดินดิบ ได้แก่ กำลังรับแรงอัด การหดตัว และการเป็นฉนวนกันความร้อน โดยใช้ดินเหนียว 2 ชนิดจากแหล่งที่แตกต่างกันมาผลิตก้อนอิฐดินดิบ และใช้วัสดุทางการเกษตรดังกล่าวแทนที่ดินเหนียวในส่วนผสมของก้อนอิฐดินดิบในอัตราส่วนร้อยละ 1, 2, 3, 6 และ 9 โดยน้ำหนัก เพื่อเปรียบเทียบกับก้อนอิฐดินดิบควบคุมซึ่งไม่มีส่วนผสมของวัสดุอื่น โดยก้อนอิฐที่ขึ้นรูปเสร็จแล้วถูกนำมาทำให้แห้งด้วย 2 วิธีการ คือ การตากแดดเป็นเวลา 7 วัน และการอบหลังจากตากแดดแล้วเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากผลการทดสอบพบว่า แกลบ และขุยมะพร้าว สามารถเพิ่มกำลังรับแรงอัด และลดการหดตัวของก้อนอิฐดินดิบ แต่ในส่วนผสมที่มีแกลบแทนที่เกินกว่าร้อยละ 3 นั้น ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดมีค่าลดลง และการอบก้อนอิฐในตู้อบทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของดินเหนียวพบว่า ดินเหนียวชนิดที่ 2 มีปริมาณทรายมากกว่าซึ่งส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่า และการหดตัวต่ำกว่าก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 1 และในด้านการนำความร้อนของก้อนอิฐพบว่าการแทนที่ดินเหนียวด้วยแกลบในส่วนผสมของก้อนอิฐดินดิบ ทำให้ค่าการนำความร้อนของก้อนอิฐต่ำลงเมื่อเทียบกับก้อนอิฐควบคุม แต่การแทนที่ดินเหนียวด้วยขุยมะพร้าวในส่วนผสมของก้อนอิฐดินดิบ ทำให้ค่าการนำความร้อนของก้อนอิฐเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก้อนอิฐควบคุม เมื่อพิจารณาสัดส่วนผสมที่เหมาะสมทั้งในด้านคุณสมบัติเชิงกล และการเป็นฉนวนกันความร้อน พบว่าก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 2 ซึ่งผสมแกลบร้อยละ 3 มีค่ากำลังรับแรงอัด เท่ากับ 24.9 กก./ตร.ซม. ค่าการหดตัว เท่ากับ ร้อยละ 10.5 และค่าการนำความร้อน เท่ากับ 0.7 วัตต์/เมตร เคลวิน และก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 2 ซึ่งผสมขุยมะพร้าวร้อยละ 9 มีค่ากำลังรับแรงอัด เท่ากับ 29.2 กก./ตร.ซม. ค่าการหดตัว เท่ากับ ร้อยละ 6.2 และค่าการนำความร้อน เท่ากับ 0.9 วัตต์/เมตร เคลวิน ผลจากงานวิจัยนี้บ่งชี้ว่า การใช้วัสดุทางธรรมชาติ ได้แก่ แกลบ และขุยมะพร้าว เป็นส่วนผสมในการผลิตก้อนอิฐดินดิบ ส่งผลในการเพิ่มความสามารถในด้านคุณสมบัติเชิงกล และการเป็นฉนวนกันความร้อนของก้อนอิฐดินดิบ ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของบ้านดิน และเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาในการก่อสร้างบ้านดินให้เป็นสถาปัตยกรรมทางเลือกที่มีมาตรฐาน และเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางขึ้น

Abstract

The objective of this research was to study the influence of agricultural waste, such as rice husk and coconut fiber on the properties of adobe bricks including compressive strength, drying shrinkage and thermal properties. Two different types of clays were used for mixing adobe bricks. The percentage replacement of the agricultural fibers in adobe bricks were 0, 1, 2, 3, 6 and 9% by weight respectively. The adobe bricks were dried by using 2 methods, sun-drying for 7 days and oven-drying for 24 hours after sun-dried. From test results, rice husk and coconut fiber can increase the compressive strength, and reduce the drying shrinkage of adobe bricks. But increasing the percentage replacement of rice husk more than 3% tends to reduce the compressive strength of adobe bricks. After oven-dried, the compressive strength of all mixes increased. Type 2 clay, having more sand content, yielded higher compressive strength and less shrinkage compared with those of Type 1 clay. When the percentage replacement of rice husk increased, the thermal conductivity of adobe bricks decreased. On the other hand, increasing the percentage replacement of coconut fiber tends to increase the thermal conductivity of adobe bricks. For the optimal mixes, regarding mechanical and thermal properties, Type 2 clay mixed with 3% of rice husk by weight yielded the compressive strength of 24.9 kg/cm^2, drying shrinkage of 10.5% and thermal conductivity of 0.7 W/m. K. The other mix made from Type 2 clay with 9% of coconut fiber yielded the compressive strength of 29.2 kg/cm^2, drying shrinkage of 6.2% and thermal conductivity of 0.9 W/m. K. The results suggested that natural materials such as rice husk and coconut fiber can be used in the mixes for producing adobe bricks, which are used as the main structure of adobe house, and also improve mechanical and thermal properties. This is beneficial for developing adobe house as an alternative architecture along with gaining public acceptance.

คำสำคัญ (Keywords)

ก้อนอิฐดินดิบ (Adobe Brick)
วัสดุทางธรรมชาติ (Natural Materials)
แกลบ (Rice Husk)
ขุยมะพร้าว (Coconut Fiber)
คุณสมบัติเชิงกล (Mechanical Properties)
ฉนวนกันความร้อน (Thermal Insulation)

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีผู้ที่หันมาสนใจในการสร้างบ้านดินเพิ่มมากขึ้น และเริ่มเป็นสถาปัตยกรรมทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่มีรายได้น้อย เนื่องจากเล็งเห็นว่าบ้านดินสามารถสร้างได้ด้วยตนเอง และใช้งบประมาณในการก่อสร้างไม่สูงมากนัก และที่สำคัญคือ วัสดุที่ใช้ในการสร้างบ้านดินนั้นไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากการก่อสร้างบ้านดินพัฒนาขึ้นจากภูมิปัญญาของชาวบ้านที่มีการถ่ายทอดต่อ ๆ กันมาโดยการลองผิดลองถูก ซึ่งวิธีการก่อสร้างเหล่านี้ไม่ได้ผ่านการวิเคราะห์ตามหลักวิศวกรรมหรือถูกออกแบบตามหลักสถาปัตยกรรม จึงส่งผลให้เกิดปัญหาในการก่อสร้าง เช่น การพังทลายลงมาของโครงสร้าง และปัญหาระยะยาวของอาคารหลังจากสร้างเสร็จแล้ว ซึ่งทำให้อาคารไม่สามารถคงอยู่ได้นานตามที่ควรจะเป็น หรือต้องมีการซ่อมแซมบ่อยครั้ง ดังนั้น จึงน่าจะมีการพัฒนาเพื่อแก้ไขในส่วนต่าง ๆ เพื่อให้ประชาชนในท้องถิ่นสามารถนำไปสร้างด้วยตัวเองได้

วัสดุที่นำมาใช้สร้างบ้านเป็นวัสดุที่มาจากธรรมชาติ อันได้แก่ ดินเหนียว ทราย และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การสร้างบ้านดินในประเทศไทยโดยส่วนใหญ่ที่นิยมสร้างกันมีอยู่ 3 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 การปั้นด้วยดินเหนียว ซึ่งวิธีนี้จะใช้การปั้นและขึ้นรูปอาคารไปเรื่อย ๆ จนแล้วเสร็จ ซึ่งใช้ระยะเวลานาน และใช้แรงงานคนค่อนข้างมาก รวมทั้งการควบคุมการก่อสร้างทำได้ยากลำบาก เนื่องจากไม่มีการทำไม้แบบหรือกำหนดขอบเขตที่แน่นอน วิธีที่ 2 การก่อด้วยอิฐดินดิบ ซึ่งวิธีการสร้างแบบนี้จะใช้ก้อนอิฐดินดิบมาก่อเป็นผนังโดยใช้ดินเหนียวผสมน้ำเป็นวัสดุประสาน ซึ่งมีทั้งระบบผนังรับน้ำหนักและไม่เป็นระบบผนังรับน้ำหนัก โดยเทคนิคการก่อสร้างแบบนี้เป็นที่นิยมสร้างกันมากกว่าแบบอื่น ๆ ในประเทศไทย เพราะสามารถก่อสร้างได้ง่าย และกรรมวิธีไม่ซับซ้อน และวิธีที่ 3 การใช้โครงสร้างไม้เป็นโครงคร่าว แล้วนำดินมาฉาบทับเป็นผนัง โดยวิธีนี้ผนังบ้านจะมีความหนาน้อยกว่า และไม่แข็งแรงเท่ากับสองวิธีที่กล่าวมาข้างต้น [1]

การวิจัยและพัฒนาการก่อสร้างบ้านดินด้วยวิธีการใช้ก้อนอิฐดินดิบ จึงเป็นแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ต้องการสร้างบ้านดินด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถก่อสร้างได้อย่างมีมาตรฐานและมีขั้นตอนคล้ายกับการสร้างบ้านทั่วไป แต่การผลิตก้อนอิฐดินดิบนั้น ต้องใช้ดินเหนียวเป็นวัสดุหลัก ซึ่งมีข้อจำกัดตามธรรมชาติหลายประการ คือ เมื่อนำมาผลิตเป็นก้อนอิฐแล้วมักเกิดการแตกร้าวและเกิดการหดตัวของวัสดุ โดยทั่วไปจึงมีผู้นิยมใช้วัสดุที่เป็นเส้นใยธรรมชาติ เช่น ฟาง แกลบ เปลือกไม้ หรือวัสดุประเภทใยต่าง ๆ เป็นส่วนผสมเพิ่มเพื่อช่วยในการยึดเกาะตัวของดินเหนียว [2] และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานของก้อนอิฐดินดิบ เช่น การเพิ่มความแข็งแรง การลดการหดตัว และการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีขึ้นได้ในระดับหนึ่ง [3] แต่ในปัจจุบันยังมีงานวิจัยจำนวนไม่มากพอที่จะบ่งชี้และเผยแพร่เกี่ยวกับสัดส่วนผสมของก้อนอิฐดินดิบ และชนิดของวัสดุทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อสภาพดินเหนียวในแต่ละท้องถิ่นที่นำมาใช้ในการทำก้อนอิฐดินดิบ [4] ซึ่งองค์ประกอบ และแร่ธาตุต่าง ๆ ในดินเหนียวนั้น นับเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณสมบัติของก้อนอิฐดินดิบ

องค์ประกอบของดินประกอบด้วยอนุภาคหลัก 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) อนุภาคทราย จัดเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ซึ่งสลายตัวผุพังจากหินต้นกำเนิด มีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ และร่วนไม่เกาะกัน ซึ่งมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เมื่อทรายเรียงตัวกันจะเกิดช่องขนาดใหญ่สามารถระบายน้ำและอากาศได้ดี แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ 2) อนุภาคทรายตะกอน หรืออนุภาคทรายแป้ง มีองค์ประกอบทางแร่ธาตุเหมือนกลุ่มทราย จัดเป็นอนุภาคขนาดปานกลาง ซึ่งไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เมื่อสัมผัสจะลื่นมือคล้ายแป้ง ลักษณะของอนุภาคจะร่วนไม่เกาะติดกัน และเมื่อทรายแป้งเรียงตัวกันจะทำให้เกิดช่องขนาดเหมาะสมที่จะอุ้มน้ำไว้ และ 3) อนุภาคดินเหนียว ซึ่งเกิดจากการสังเคราะห์แร่ดั้งเดิมที่สลายตัวผุพังแล้วทับถมอยู่ในดิน จัดเป็นอนุภาคขนาดเล็กที่สุด และไม่สามารถมองเห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดธรรมดา อนุภาคของดินเหนียวมีลักษณะเป็นแผ่นของสารประกอบที่เรียงซ้อนกันเป็นชั้น ๆ เมื่อเปียกน้ำหรือมีความชื้นเหมาะสมจะสามารถยึดเกาะสารอื่นได้ดี โดยมีลักษณะเหนียวและลื่น สามารถปั้นเป็นรูปต่าง ๆ ได้ เนื่องจากมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง และเมื่อแห้งจะเกาะยึดหรือมีความเชื่อมแน่นได้ดี โดยมีลักษณะเป็นก้อนแข็ง สากมือ คล้ายเม็ดทราย ดินเหนียวไม่ปรากฏตัวเป็นอนุภาคเดี่ยว แต่จะเกาะกันเป็นกลุ่มก้อน และดินเหนียวบางชนิดสามารถพองตัวเมื่อได้รับน้ำ และหดตัวเมื่อสูญเสียน้ำ ทั้งนี้ อนุภาคดินเหนียวเมื่อเรียงตัวกันเป็นก้อนดินจะเกิดช่องระหว่างอนุภาคที่มีขนาดเล็ก และมีปริมาตรรวมของช่องว่างเป็นปริมาณมาก จึง มีความพรุนสูง และอุ้มน้ำได้มาก แต่มีความสามารถต่ำในการระบายน้ำและอากาศ [5]

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ องค์ประกอบของดิน สัดส่วนผสมของก้อนอิฐ

ดินดิบ ชนิด และปริมาณของเส้นใยธรรมชาติที่ใช้เป็นส่วนผสมที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ของก้อนอิฐดินดิบ ได้แก่ ความสามารถในการรับน้ำหนัก การหดตัว และคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อน เพื่อการพัฒนาการผลิตก้อนอิฐดินดิบให้เป็นวัสดุที่มีมาตรฐานในการสร้างบ้านดินได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัยในการอยู่อาศัย

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำวัสดุทางการเกษตร ได้แก่ แกลบ และขุยมะพร้าว มาใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติต่าง ๆ ของก้อนอิฐดินดิบที่ใช้สำหรับการก่อสร้างบ้านดิน

2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลของก้อนอิฐดินดิบที่ทำจากดินเหนียว 2 ชนิด ซึ่งมีลักษณะองค์ประกอบของดินที่แตกต่างกัน รวมทั้งศึกษาผลของวัสดุทางการเกษตร ได้แก่ แกลบ และขุยมะพร้าว เมื่อใช้เป็นส่วนผสม

3. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ กำลังรับแรงอัดและการหดตัว รวมทั้งคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อนของก้อนอิฐดินดิบ

4. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับกำหนดสัดส่วนการผสมวัสดุทางการเกษตรดังกล่าวในการผลิตก้อนอิฐดินดิบให้มีมาตรฐาน และเหมาะสมในการนำไปใช้ในการออกแบบและก่อสร้างบ้านดิน

3. วิธีการศึกษา

3.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

1. ดินเหนียว 2 ชนิด ซึ่งได้ตัวอย่างมาจาก อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี และ อ. ป่าโมก จ. อ่างทอง

2. ทรายละเอียด

3. วัสดุทางการเกษตร ได้แก่ แกลบสดที่ไม่ได้ผ่านการบด และขุยมะพร้าวที่ได้จากกาบมะพร้าวแห้ง

4. น้ำประปา

3.2 วิธีการเตรียมตัวอย่างวัสดุ

ดินเหนียวที่ใช้ในการศึกษานำมาจากดินเหนียวที่ขุดลึกจากผิวดินประมาณ 10–15 เซนติเมตร นำมาอบให้แห้งในตู้อบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำให้เป็นผงโดยการทุบ จากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 โดยมีรายละเอียดในการเตรียมตัวอย่างวัสดุ ดังต่อไปนี้

1. การผสมก้อนอิฐดินดิบ เริ่มจากการนำดินเหนียวชนิดที่ 1 (อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี) และวัสดุทางการเกษตรตามอัตราส่วนการแทนที่ดินเหนียว ในอัตราร้อยละ 0, 1, 2, 3, 6 และ 9 โดยน้ำหนัก มาผสมกับดินเหนียว น้ำ และทราย ตามสัดส่วนผสมในตารางที่ 1 แล้วขึ้นรูปตัวอย่างลูกบาศก์ ขนาด 10 x 10 x 10 เซนติเมตร เป็นจำนวน 10 ก้อน สำหรับแต่ละสัดส่วนผสม เพื่อนำไปทดสอบต่อไป

2. นำส่วนผสมใส่แบบ และทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงถอดออกจากแบบ และนำตัวอย่างในแต่ละสัดส่วนผสมทั้ง 10 ก้อน มาตากแดดเป็นเวลา 7 วัน และแบ่งตัวอย่างแต่ละสัดส่วนผสมจำนวน 5 ก้อน มาอบด้วยตู้อบต่ออีกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำไปทดสอบหาค่าเฉลี่ยของกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM C39 [6] และการหดตัวของก้อนอิฐดินดิบ

3. การผสมก้อนอิฐดินดิบที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 2 (อ. ป่าโมก จ. อ่างทอง) มีวิธีการเตรียมตัวอย่างตามขั้นตอนเช่นเดียวกับดินเหนียวชนิดที่ 1 ดังกล่าวข้างต้น

3.3 วิธีการทดสอบ

1. การศึกษาลักษณะทางกายภาพ และลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาคของดินเหนียวทั้ง 2 ชนิด โดยการถ่ายภาพอนุภาคดินเหนียวด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

2. การศึกษาองค์ประกอบของดินเหนียว โดยทำการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของดินเหนียวตามมาตรฐาน ASTM C128 [7] การทดสอบขนาดคละของเม็ดดินตามมาตรฐาน ASTM D422 [8] และการทดสอบหาค่าขีดจำกัดเหลว ขีดจำกัดพลาสติก และดัชนีพลาสติก ตามมาตรฐาน ASTM D4318 [9]

3. การศึกษาคุณสมบัติของก้อนอิฐดินดิบเปรียบเทียบกับก้อนอิฐดินดิบที่ไม่มีส่วนผสมของวัสดุอื่น โดยทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM C39 และการหดตัวของก้อนอิฐที่ผ่านการตากแดดเป็นเวลา 7 วัน และก้อนอิฐที่อบด้วยตู้อบหลังจากตากแดดแล้วเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. การศึกษาคุณสมบัติการเป็นฉนวน (thermal conductivity) ของก้อนอิฐดินดิบ ทำโดยการเลือกสัดส่วนผสมที่มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุดจำนวน 4 ตัวอย่าง และตัวอย่างควบคุม 2 ตัวอย่าง โดยการทดสอบค่าความพรุน

ตารางที่ 1 สัดส่วนผสมการใช้วัสดุทางการเกษตรแทนที่ดินเหนียว (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

สัญลักษณ์	อัตราส่วนการแทนที่ วัสดุทางการเกษตร (ร้อยละ)	ดินเหนียว (ร้อยละ)	ทราย (ร้อยละ)	อัตราส่วนน้ำต่อ ดินเหนียว
C1, C2	0	90	10	0.4
C1R1, C2R1	1	89		
C1R2, C2R2	2	88		
C1R3, C2R3	3	87		
C1R6, C2R6	6	84		
C1R9, C2R9	9	81		
C1C1, C2C1	1	89		
C1C2, C2C2	2	88		
C1C3, C2C3	3	87		
C1C6, C2C6	6	84		
C1C9, C2C9	9	81		

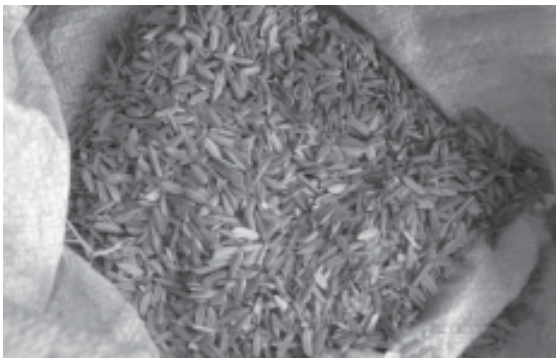
หมายเหตุ C(x) แทน ก้อนอิฐควบคุม
C(x) R(y) หมายถึง ก้อนที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยแกลบ ในอัตราส่วนร้อยละ x โดยน้ำหนัก
C(x) C(y) หมายถึง ก้อนที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยขุยมะพร้าว ในอัตราส่วนร้อยละ x โดยน้ำหนัก
x แทน ชนิดของดินเหนียว
y แทน อัตราส่วนร้อยละการแทนที่วัสดุทางการเกษตร

(pore size and porosity) และการทดสอบด้วยเครื่อง thermal conductivity meter ตามมาตรฐาน JIS R2618

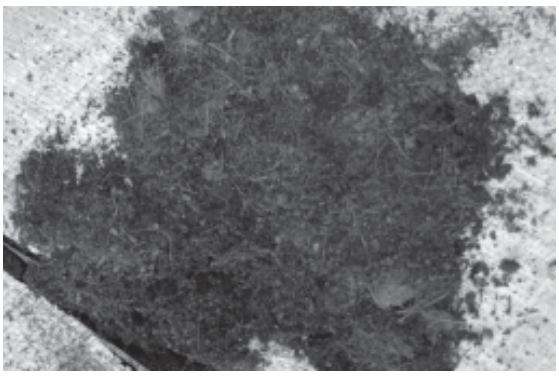
4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพของวัสดุทางการเกษตร

จากผลการสำรวจวัสดุทางการเกษตรที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ แกลบ และขุยมะพร้าว พบว่า แกลบเป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นเม็ดเรียว ขนาดประมาณ 3 ถึง 6 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 1 ซึ่งเปลือกของแกลบมีความแข็ง แต่ภายในมีลักษณะเป็นโพรง ส่วนขุยมะพร้าวมีลักษณะเป็นเม็ดผง และมีความละเอียดมากกว่าแกลบ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของแกลบ



รูปที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของขุยมะพร้าว

4.2 องค์ประกอบของดินเหนียว

ผลการทดสอบองค์ประกอบของดินตามมาตรฐาน ASTM D422 ของดินเหนียวทั้ง 2 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ดินเหนียวชนิดที่ 1 มีปริมาณแร่ดินเหนียวอยู่ร้อยละ 61 ซึ่งมีมากกว่าดินเหนียวชนิดที่ 2 ที่มีปริมาณแร่ดินเหนียว

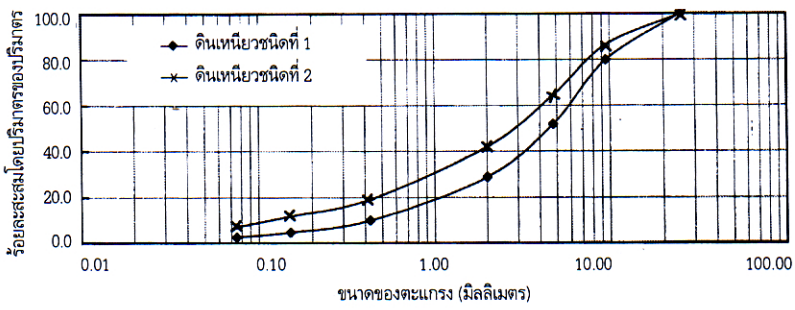
ร้อยละ 47 ในขณะที่ปริมาณทรายของดินเหนียวชนิดที่ 1 มีปริมาณน้อยกว่าดินเหนียวชนิดที่ 2

จากตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติของดินตามมาตรฐาน ASTM D4318 ของดินเหนียวชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 พบว่า ค่าความถ่วงจำเพาะ มีค่าเท่ากับ 2.72 และ 2.69 ตามลำดับ ขีดจำกัดเหลว มีค่าเท่ากับ 48.5 และ 38.7 ตามลำดับ ขีดจำกัดพลาสติก มีค่าเท่ากับ 19.6 และ 26.5 ตามลำดับ และค่าดัชนีพลาสติก มีค่าเท่ากับ 28.8 และ 12.1 ตามลำดับ ซึ่งสามารถระบุประเภทของดินเหนียวทั้ง 2 ชนิดได้ คือ ดินเหนียวชนิดที่ 1 เป็นดินเหนียวที่ไม่มีการบวมตัว เมื่อดูดซึมน้ำ [10] และดินเหนียวชนิดที่ 2 เป็นดินเหนียวปนดินตะกอน และค่าแอคติวิตี้ของดินเหนียวทั้ง 2 ชนิด สามารถระบุได้ว่าดินเหนียวทั้ง 2 ชนิดเป็นดินเหนียวที่มี การเปลี่ยนแปลงปริมาตรได้น้อย (inactive clay)

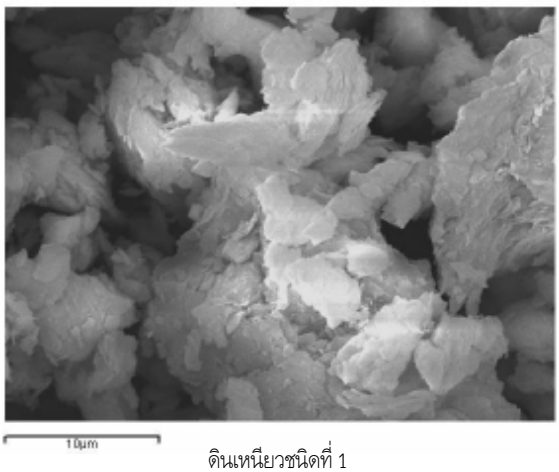
ผลการทดสอบขนาดคละของเม็ดดินเหนียวทั้ง 2 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่า ขนาดคละของดินเหนียวชนิดที่ 1 มีขนาดโดยรวมเล็กกว่าขนาดของดินเหนียวชนิดที่ 2 เนื่องจากดินเหนียวชนิดที่ 1 มีปริมาณแร่ดินเหนียวที่มีขนาดเล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร ถึงร้อยละ 61 ซึ่งมากกว่าดินเหนียวชนิดที่ 2 จึงทำให้ขนาดคละของดินเหนียวชนิดที่ 1 มีขนาดเล็กกว่าดินเหนียวชนิดที่ 2 ซึ่งมีปริมาณทรายมากกว่า โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอของดินทั้ง 2 ชนิด เท่ากับ 14.5 และ 35.1 ตามลำดับ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ความโค้งของกราฟของดินเหนียวทั้ง 2 ชนิด เท่ากับ 1.7 และ 2.6 ตามลำดับ ซึ่งจากค่าทั้งสองนี้ สามารถสรุปได้ว่า ดินทั้ง 2 ชนิดเป็นดินที่มีขนาดคละกันดี และจากผลการตรวจสอบขนาดและรูปร่างของอนุภาคด้วยภาพถ่าย Scanning Electron Micrograph (SEM) พบว่า ดินเหนียวชนิดที่ 1 มีขนาดเล็ก ผิวขรุขระ และมีความพรุนสูง [4] แต่ดินเหนียวชนิดที่ 2 มีขนาดสม่ำเสมอ ผิวเรียบกว่า และมีความพรุนน้อยกว่า ดังในรูปที่ 4

ตารางที่ 2 องค์ประกอบและคุณสมบัติของดินเหนียวทั้ง 2 ชนิด

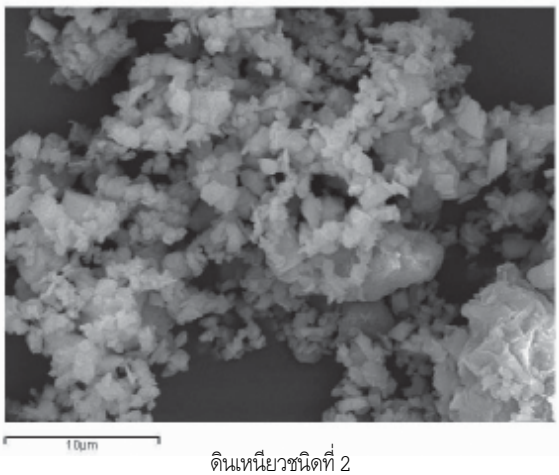
คุณสมบัติ	ดินเหนียวชนิดที่ 1	ดินเหนียวชนิดที่ 2
แร่ดินเหนียว (%)	61.00	47.00
ทราย (%)	17.00	23.00
ทรายแป้ง (%)	22.00	30.00
ขีดจำกัดเหลว	48.50	38.75
ขีดจำกัดพลาสติก	19.66	26.56
ดัชนีพลาสติก	28.84	12.19
แอคติวิตี้ของดิน	0.47	0.25
ค่าความถ่วงจำเพาะ	2.72	2.69



รูปที่ 3 ขนาดคละของเม็ดดินเหนียวทั้ง 2 ชนิด



ดินเหนียวชนิดที่ 1



ดินเหนียวชนิดที่ 2

รูปที่ 4 ภาพถ่าย SEM (กำลังขยาย 3,500 เท่า)

4.3 ลักษณะทางกายภาพด้านพื้นผิวภายนอกของก้อนอิฐดินดิบ

ตารางที่ 3 แสดงผลการสำรวจเชิงกายภาพพื้นผิวภายนอกของก้อนอิฐดินดิบในแต่ละสัดส่วนพบว่า ก้อนอิฐดินดิบที่ผสมแกลบ เมื่อมีปริมาณแกลบสูงขึ้นจะทำให้พื้นผิวภายนอกของก้อนอิฐมีลักษณะเป็นผิวขุรขระเป็นส่วนใหญ่ และมีเนื้อแกลบปรากฏอยู่บริเวณพื้นผิวเป็นจำนวนมาก แต่ในส่วนของก้อนอิฐดินดิบที่ผสมขุยมะพร้าว พื้นผิวภายนอกมีลักษณะเรียบ ถึงแม้จะมีการเพิ่มปริมาณของขุยมะพร้าวเป็นส่วนผสมในก้อนอิฐ พื้นผิวภายนอกยังคงเรียบเสมอกัน

4.4 คุณสมบัติต่าง ๆ ของก้อนอิฐดินดิบ

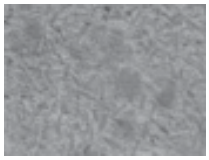
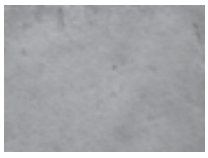
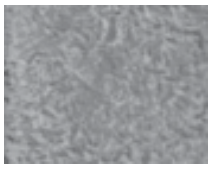
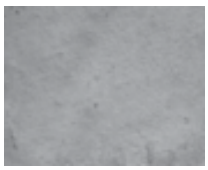
ในกรณีของก้อนอิฐดินดิบที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยการตากแดดเป็นเวลา 7 วัน จากรูปที่ 5 ซึ่งแสดงผลของค่าเฉลี่ยของกำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของแกลบและขุยมะพร้าว เปรียบเทียบกับก้อนอิฐดินดิบที่ไม่มีส่วนผสมของวัสดุอื่นพบว่า กำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐที่ผสมวัสดุทางการเกษตร มีค่าสูงกว่าค่ากำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐที่ไม่มีส่วนผสมอื่น สำหรับก้อนอิฐดินดิบที่ผสมแกลบ การเพิ่มอัตราส่วนการแทนที่ดินเหนียวด้วยแกลบ ทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐเพิ่มขึ้น แต่เมื่อมีปริมาณแกลบเกินร้อยละ 3 ค่ากำลังรับแรงอัดจะเริ่มลดลง แต่ในส่วนของก้อนอิฐที่ผสมขุยมะพร้าว เมื่อปริมาณขุยมะพร้าวเพิ่มขึ้นทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกันในแต่ละสัดส่วนผสม จะเห็นได้ว่าความสามารถในการรับแรงอัดของส่วนผสมที่มีการแทนที่แกลบหรือขุยมะพร้าวของก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 2 ให้ค่ากำลังรับแรงอัดมากกว่าก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 1 เนื่องจากองค์ประกอบของดินเหนียวชนิดที่ 2 มีปริมาณทรายมากกว่าดินเหนียวชนิดที่ 1 (ตารางที่ 2)

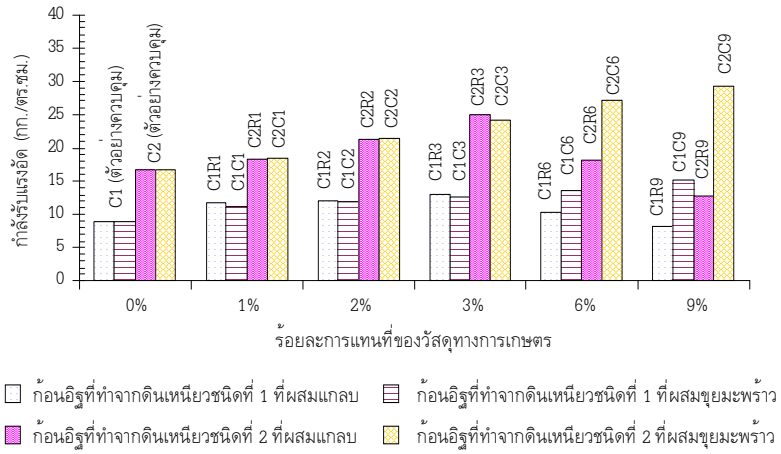
รูปที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของกำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐดินดิบในแต่ละสัดส่วนผสม ในกรณีเมื่อนำก้อนอิฐที่ตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 7 วัน แล้วนำไปอบในตู้อบต่ออีกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า กำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐดินดิบของแต่ละสัดส่วนผสมมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่นำก้อนอิฐไปตากแดดเป็นเวลา 7 วันตามปกติ

รูปที่ 7 แสดงผลการหดตัวของก้อนอิฐดินดิบหลังจากผ่านการตากแดดเป็นเวลา 7 วัน จากผลการทดสอบพบว่า เมื่ออัตราส่วนการแทนที่ของวัสดุทางการเกษตรเพิ่มขึ้นทำให้ค่าร้อยละการหดตัวของก้อนอิฐดินดิบลดลง เนื่องจากแร่ดินเหนียวเป็นองค์ประกอบหนึ่งของดินเหนียว เมื่อได้รับน้ำจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น และปริมาตรจะลดลงเมื่อปริมาณน้ำลดลง ดังนั้น เมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนของวัสดุทางการเกษตร ทำให้มีการแทนที่ปริมาณดินเหนียวเพิ่มขึ้น ซึ่งจากการทดสอบองค์ประกอบของดินเหนียวพบว่า ดินเหนียวชนิดที่ 1 มีปริมาณแร่ดินเหนียวมากกว่าดินเหนียวชนิดที่ 2 ทำให้ก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 1 มีการหดตัวสูงกว่าก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 2

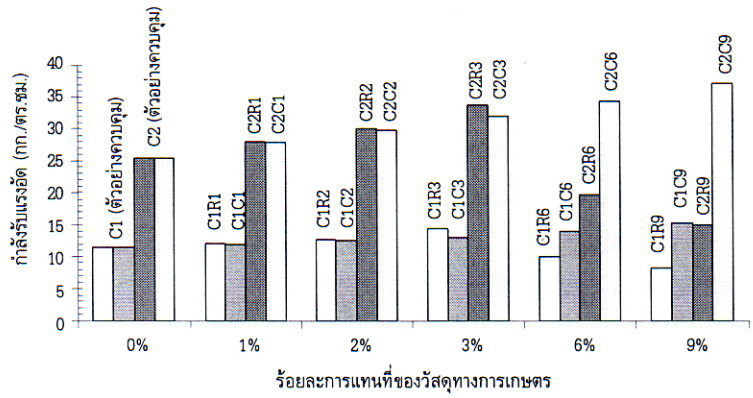
รูปที่ 8 แสดงผลการหดตัวของก้อนอิฐดินดิบที่หลังจากตากแดดแล้วนำไปอบด้วยตู้อบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าก้อนอิฐมีการหดตัวเพิ่มขึ้นในทุกสัดส่วนผสม เนื่องจากความร้อนช่วยลดปริมาณน้ำภายในก้อนอิฐ ทำให้อนุภาคภายในหดตัวลงและมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น [5] สำหรับก้อนอิฐที่ผสมแกลบ เมื่อมีการแทนที่ของแกลบเกินกว่าร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ทำให้กำลังรับแรงอัดมีค่าลดลงและต่ำกว่าก้อนอิฐที่ไม่มีส่วนผสมอื่น แต่ก็ส่งผลให้การหดตัวมีค่าลดลง

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพด้านพื้นผิวภายนอกของก้อนอิฐดินดิบ

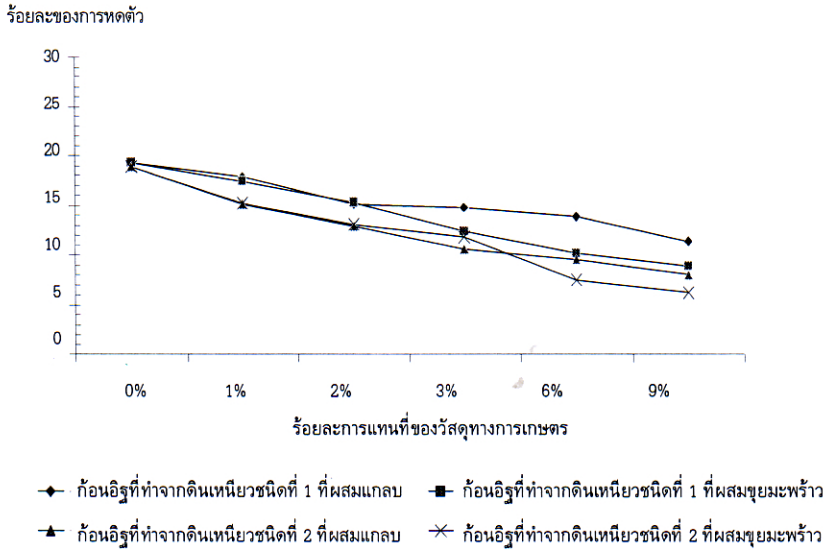
อัตราส่วนที่การแทนที่วัสดุทางการเกษตร (ร้อยละ)	ก้อนอิฐที่ผสมแกลบ	ก้อนอิฐที่ผสมขุยมะพร้าว
1		
2		
3		
4		
5		



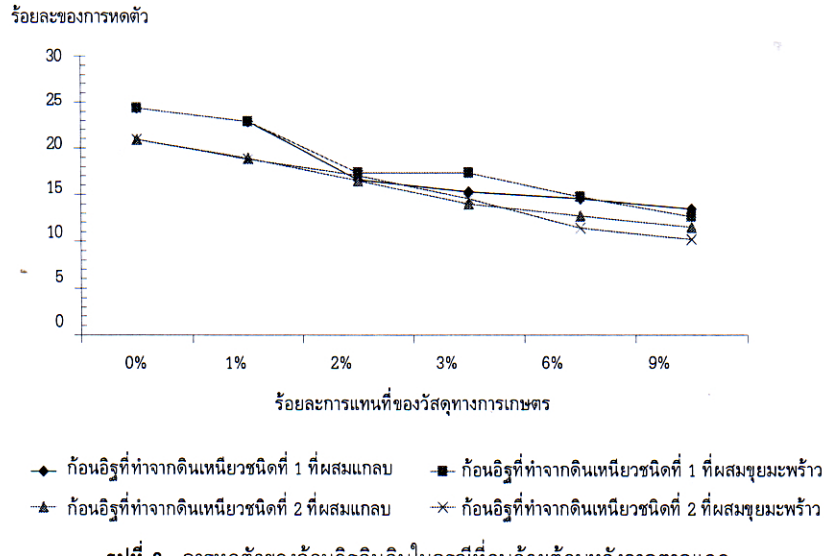
รูปที่ 5 กำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐดินดิบที่ผ่านการตากแดดเป็นเวลา 7 วัน



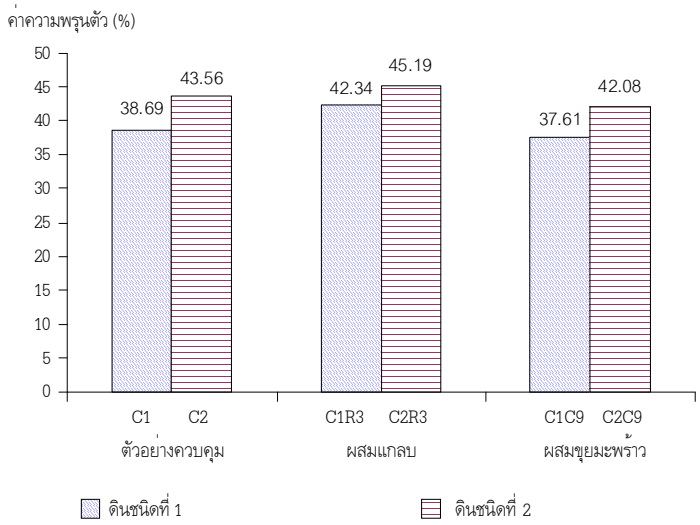
รูปที่ 6 กำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐดินดิบที่ผ่านการตากแดดและนำเข้าตู้อบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 7 การหดตัวของก้อนอิฐดินดิบในกรณีที่ตากแดดเป็นเวลา 7 วัน



รูปที่ 8 การหดตัวของก้อนอิฐดินดิบในกรณีที่อบด้วยตู้อบหลังจากตากแดด



รูปที่ 9 ค่าความพรุนของก้อนอิฐดินดิบ

เช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกับก้อนอิฐดินดิบที่ไม่มีส่วนผสมอื่น และสำหรับก้อนอิฐที่ผสมขุยมะพร้าว เมื่อการแทนที่ดินเหนียวด้วยขุยมะพร้าวมีปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดมีค่าสูงขึ้นและการหดตัวลดลง

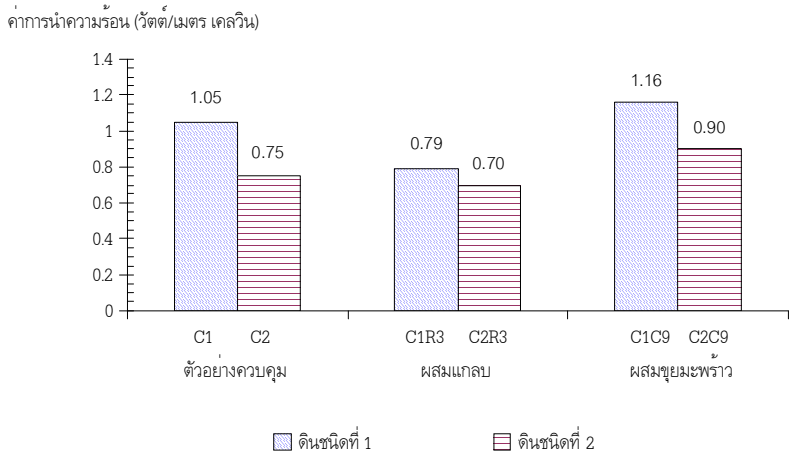
จากการพิจารณาผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐดินดิบที่ทำจากดินเหนียวทั้ง 2 ชนิด ซึ่งผสมแกลบ และขุยมะพร้าว ในงานวิจัยนี้ได้นำตัวอย่างก้อนอิฐที่ให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดจากแต่ละสัดส่วนผสม ได้แก่ ตัวอย่าง C1R3 C1C9 C2R3 และ C2C9 รวมทั้งตัวอย่างควบคุม C1 และ C2 มาทำการทดสอบคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการเป็นฉนวนกันความร้อน ประกอบด้วยการทดสอบความพรุนและการทดสอบการนำความร้อน เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบบ้านดินให้มีสภาวะน่าสบาย

จากรูปที่ 9 แสดงค่าความพรุนของก้อนอิฐดินดิบที่ทำจากดินเหนียวทั้ง 2 ชนิด พบว่า ก้อนอิฐดินดิบที่ทำจากดินเหนียวทั้ง 2 ชนิด ซึ่งผสมแกลบแทนที่ดินเหนียวในอัตราส่วนร้อยละ 3 ได้แก่ ตัวอย่าง C1R3 และ C2R3 มีค่าความพรุนมากกว่าความพรุนของก้อนอิฐควบคุมทั้งสอง ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยอื่น [10, 11] ที่พบว่า การแทนที่ด้วยวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใยในปริมาณที่เพิ่มขึ้นในส่วนผสม ทำให้ค่าความพรุนของก้อนอิฐมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากตัววัสดุทางการเกษตร ได้แก่ แกลบ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีลักษณะเป็นโพรง จึงทำให้ค่าความพรุนของก้อนอิฐเพิ่มขึ้น

สำหรับก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวทั้ง 2 ชนิด ซึ่งผสมขุยมะพร้าวแทนที่ดินเหนียวในอัตราส่วนร้อยละ 9 ได้แก่ C1C9 และ C2C9 พบว่า มีค่าความพรุนต่ำกว่าก้อนอิฐควบคุมทั้งสอง เนื่องจากขุยมะพร้าวมีลักษณะเป็นผง ทำให้สามารถแทนที่ช่องว่างระหว่างเม็ดดินได้ดีกว่าแกลบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น [12] ที่นำวัสดุที่มีลักษณะเป็นผง ได้แก่ เถ้าชีวมวลที่ผ่านการบดมาใช้แทนที่ทรายในการทำก้อนอิฐมอร์ตาร์ ซึ่งพบว่าค่าความพรุนของก้อนอิฐมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก้อนอิฐมอร์ตาร์ควบคุม

รูปที่ 10 แสดงค่าการนำความร้อนของก้อนอิฐดินดิบที่ทำจากดินเหนียวทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ ตัวอย่าง C1R3 C2R3 C1C9 และ C2C9 จากผลการทดสอบพบว่า ก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวทั้ง 2 ชนิด ซึ่งมีแกลบเป็นส่วนผสมในอัตราส่วนร้อยละ 3 (C1R3 และ C2R3) มีค่าการนำความร้อนต่ำกว่าก้อนอิฐดินดิบควบคุม เนื่องจากก้อนอิฐที่ผสมแกลบมีค่าความพรุนสูงและมีโพรงอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้ก้อนอิฐสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านอากาศในรูพรุนและโพรงได้ดี ซึ่งทำให้การนำความร้อนลดต่ำลง แต่ในทางตรงกันข้าม ก้อนอิฐที่มีส่วนผสมของขุยมะพร้าวในอัตราส่วนร้อยละ 9 (C1C9 และ C2C9) มีค่าการนำความร้อนสูงกว่าก้อนอิฐดินดิบควบคุม เนื่องจากก้อนอิฐที่ผสมขุยมะพร้าวมีค่าความพรุนต่ำกว่าก้อนอิฐควบคุม ทำให้ก้อนอิฐไม่สามารถถ่ายเทความร้อนผ่านอากาศในรูพรุนได้ดีเท่ากับก้อนอิฐที่ผสมแกลบ และก้อนอิฐควบคุม

จากผลทดสอบการนำความร้อนของก้อนอิฐดินดิบที่ทำจากดินเหนียวทั้ง 2 ชนิดพบว่า ก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 2 มีค่าการนำความร้อนต่ำกว่าก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 1 เนื่องจากก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 2 มีความพรุนสูงกว่าก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 1



รูปที่ 10 ค่าการนำความร้อนของก้อนอิฐดินดิบ

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของดินเหนียวพบว่า ดินเหนียวชนิดที่ 2 มีปริมาณของทรายอยู่มากกว่าดินเหนียวชนิดที่ 1 และจากผลการทดสอบขนาดคละของอนุภาคโดยรวมพบว่าดินเหนียวชนิดที่ 2 มีขนาดคละของเม็ดดินใหญ่กว่าดินเหนียวชนิดที่ 1 จึงทำให้ก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 2 มีค่าความพรุนสูงกว่าก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 1 ส่งผลให้สามารถถ่ายเทความร้อนผ่านอากาศในรูพรุนได้ดีกว่า ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบพบว่า ก้อนอิฐดินดิบมีความเป็นฉนวนกันความร้อนดีที่สุดเมื่อเทียบกับก้อนอิฐควบคุม คือ ก้อนอิฐดินดิบที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 2 ซึ่งมีการแทนที่ของแกลบในดินเหนียวในปริมาณร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ซึ่งให้ค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด เท่ากับ 0.7 วัตต์/เมตร เคลวิน

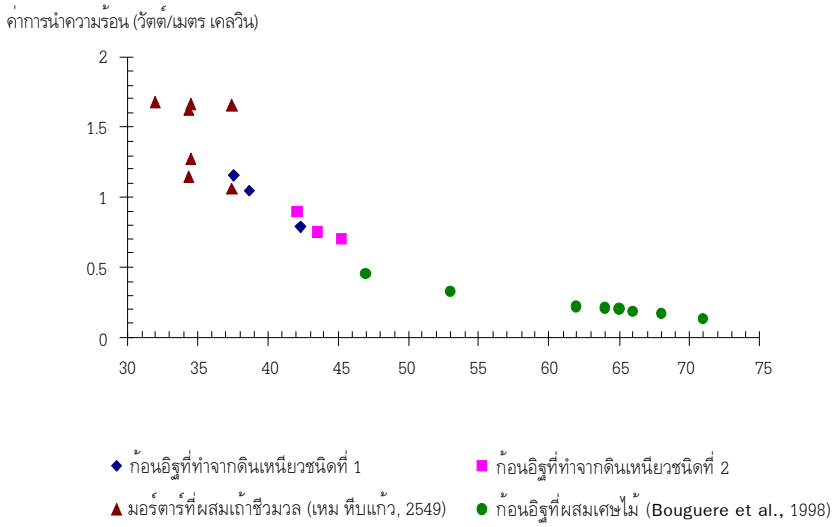
รูปที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของก้อนอิฐดินดิบจากงานวิจัยนี้กับก้อนอิฐมอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าชีวมวล และก้อนอิฐที่ผสมเศษไม้จากงานวิจัยอื่น [11, 12] พบว่า ก้อนอิฐดินดิบที่ทำจากดินเหนียวมีค่าการนำความร้อนต่ำกว่ามอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์และเถ้าชีวมวล และในกรณีของก้อนอิฐดินดิบที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 2 โดยใช้แกลบเป็นส่วนผสม ซึ่งให้ค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าชีวมวล [12] พบว่าก้อนอิฐดินดิบมีค่าการนำความร้อนต่ำกว่าก้อนอิฐมอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าชีวมวลอยู่ถึงร้อยละ 58 เนื่องจากก้อนอิฐดินดิบมีค่าความพรุนสูงกว่า ทำให้การถ่ายเทความร้อนของก้อนอิฐดินดิบดีกว่า

เมื่อเปรียบเทียบการนำความร้อนของก้อนอิฐดินดิบจากงานวิจัยนี้กับก้อนอิฐที่ผสมเศษไม้จากงานวิจัยอื่น [11] พบว่า ค่าการนำความร้อนของก้อนอิฐดินดิบมีค่าสูงกว่าก้อนอิฐที่ผสมเศษไม้ เนื่องจากก้อนอิฐที่ผสมเศษไม้มีค่าความพรุนสูงกว่าก้อนอิฐดินดิบในงานวิจัยนี้ ทำให้ก้อนอิฐที่ผสมเศษไม้มีรูพรุนและโพรงภายในที่มากกว่า จึงสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าก้อนอิฐดินดิบ

5. สรุปผลการศึกษา

1. การใช้แกลบเป็นส่วนผสมในก้อนอิฐดินดิบทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบก้อนอิฐดินดิบควบคุมที่ไม่มีส่วนผสมของวัสดุอื่น การแทนที่ดินเหนียวด้วยแกลบในปริมาณร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ทำให้ก้อนอิฐมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงที่สุด โดยก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 1 มีค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นร้อยละ 45.4 เมื่อเทียบกับก้อนอิฐควบคุม ในขณะที่ก้อนอิฐดินดิบที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 2 มีค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นร้อยละ 49.4 เมื่อเปรียบเทียบกับก้อนอิฐควบคุม

2. เมื่อใช้ขุยมะพร้าวเป็นส่วนผสมของก้อนอิฐดินดิบ การเพิ่มอัตราส่วนการแทนที่ดินเหนียวด้วยขุยมะพร้าวทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐดินดิบมีค่าเพิ่มขึ้น ก้อนอิฐซึ่งแทนที่ดินเหนียวด้วยขุยมะพร้าวในปริมาณร้อยละ 9 โดยน้ำหนัก มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าก้อนอิฐส่วนผสมอื่น ๆ โดยก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 1 มีค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นร้อยละ 69.4 เมื่อเทียบกับก้อนอิฐควบคุม



รูปที่ 11 ค่าการนำความร้อนของก้อนอิฐดินดิบมอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าชีวมวล และก้อนอิฐที่ผสมเศษไม้

ที่ไม่มีส่วนผสมของวัสดุอื่น ในขณะที่ก้อนอิฐดินดิบที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 2 มีค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นร้อยละ 75.5 เมื่อเปรียบเทียบกับก้อนอิฐควบคุม

3. การเพิ่มอัตราส่วนการแทนที่ดินเหนียวด้วยวัสดุทางการเกษตรทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ แกลบ และขุยมะพร้าว ส่งผลให้การหดตัวของก้อนอิฐดินดิบลดลง

4. สำหรับก้อนอิฐในทุกสัดส่วนผสม หลังจากผ่านการตากแดดแล้วนำไปอบด้วยตู้อบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยในอัตราร้อยละ 7 เมื่อเปรียบเทียบกับก้อนอิฐที่ตากแดดเป็นเวลา 7 วัน

5. การเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดและการหดตัวของก้อนอิฐในทุกสัดส่วนพบว่า ก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 2 มีกำลังรับแรงอัดสูงกว่า และมีการหดตัวต่ำกว่าก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 1 เนื่องจากดินเหนียวชนิดที่ 2 มีปริมาณแร่ดินเหนียวมากกว่าดินเหนียวชนิดที่ 1

6. การแทนที่ดินเหนียวด้วยแกลบในส่วนผสมของก้อนอิฐดินดิบ ส่งผลให้การเป็นฉนวนกันความร้อนของก้อนอิฐดินดิบมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น เมื่อเทียบกับก้อนอิฐควบคุม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณคลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยนี้

รายการอ้างอิง (References)

[1] ราชบดินทร์ บุญไชโย ธนา อุทัยภัตรากูร และไพริน พงษ์สุระ. (2545). บ้านดิน: แนะนำการสร้างบ้านดินเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สวนเงินมีมา.

[2] Khedari, J., Watsanasathaporn, P., & Hirunlabh, J. (2005). Development of fibre-based soil-cement block with low thermal conductivity. Cement & Concrete Composites, 27, 111-119.

[3] Bouhicha, M., Aouissi, F., & Kenai, S. (2005). Performance of composite soil reinforced with barley straw. Cement & Concrete Composites, 27, 617-621.

[4] ดนัย นิลสกุล. (2546). การอนุรักษ์ตึกดินในอีสานใต้. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตย-กรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2549). ลักษณะสมบัติของดิน. สืบค้นจาก www.environnet.in.th

[6] American Society for Testing and Materials. (2002). ASTM C39: Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. Annual Book of ASTM Standard, Vol. 4.02. Philadephia.

[7] American Society for Testing and Materials. (2002). ASTM C128: Standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate. Annual Book of ASTM Standard, Vol. 4.02. Philadephia.

[8] American Society for Testing and Materials. (2002). ASTM D422: Standard test method for particle-size analysis of soils. Annual Book of ASTM Standard, Vol. 4.02. Philadephia.

[9] American Society for Testing and Materials. (2002). ASTM D4318: Standard test method for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soil. Annual Book of ASTM Standard, Vol. 4.02. Philadephia.

[10] เอก ช่อประดับ และอนุสรณ์ อินทรังษี. (2547). คุณสมบัติเชิงกายภาพของอิฐสามัญที่ทำจากดินเหนียวผสมแกลบ. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 9, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.

[11] Bouguerra, A., Ledhem, A., de, Barquin, F., Dheilly, R. M., & Queneudec, M. (1998). Effect of microstructure on the mechanical and thermal properties of lightweight concrete prepared from clay, cement, and wood aggregates. Cement and Concrete Research, 28(8), 1179-1190.

[12] เหม หีบแก้ว. (2549). อิทธิพลของเถ้าชีวมวลต่อคุณสมบัติการกันความร้อนของปูนฉาบมวลเบา. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.