

# ผลของขนาดเส้นพลาสติกต่อกำลังต้านทานแรงอัดของอิฐดินดิบที่เสริมกำลังด้วย พลาสติกโพลีเอทิลีน

## Effects of Plastic Strip Sizes on Compressive Strength of the Adobe Bricks Reinforced by Polyethylene Plastic

สุรัทธ์ ศรีจันทร์<sup>1\*</sup> และวีระศักดิ์ ละอองจันทร์<sup>2</sup>  
Surat Srichan<sup>1\*</sup> and Weresak Raongjant<sup>2</sup>

Received 1 November 2019, Accepted 27 April 2020

### ABSTRACT

Manufacturing of clay bricks to be used in house construction requires raw materials such as clay and natural fibers. However, natural fibers have lower durability. The researcher was interested in replacing natural fibers with plastic strips. The purpose of this article was to determine the effects of the sizes and quantity of polyethylene fiber on the strength of adobe bricks. This study used polyethylene strips with a width of 0.25 cm and 0.5 cm and with aspect ratios of 1:1, 1:5, and 1:10. They were mixed with clay and both one size and two assorted sizes were made. Meanwhile, the volumes of each plastic strip from 0%-2% were controlled by the weight of dry soil. The unconfined compression test was performed on the samples. The suitable ratios were selected to produce adobe bricks and then the compressive strengths were investigated. The results revealed that the clay samples had high plasticity and the maximum dry density was equal to 1.346 ton/m<sup>3</sup> at 30% of optimum water content. The unconfined compressive strengths ( $q_u$ ) of the clay mixed with plastic strips were between 1.47-3.74 kg/cm<sup>2</sup> with 1:5 of the aspect ratio. This aspect ratio achieved the maximum unconfined compressive strength, followed by the aspect ratio of 1:10 and 1:1, respectively. However, the unconfined compressive strength did not vary significantly with the number and the size of plastic strips but it depended on the distribution opportunities and the pattern of laid strips in the soil texture. The compressive strength test of adobe bricks showed that the plastic strip with a size of 0.25x1.25 cm

---

<sup>1\*</sup> ภาควิชาการออกแบบและบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
พระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี อ.เมืองปราจีนบุรี จ.ปราจีนบุรี 25230

Department of Construction Design and Management, Faculty of Industrial Technology and Management, King Mongkut's  
University of Technology North Bangkok Prachinburi campus, Muang, Prachinburi 25230, Thailand.

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรบุรี อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Khlong Luang,  
Pathum Thani 12110, Thailand.

\* Corresponding author: Tel: 08-8655-6354, Fax:0-3721-7318, E-mail address: surat.s@fitm.kmutnb.ac.th

achieved the maximum compressive strength which equals to 13.54 kg/cm<sup>2</sup>, and both plastic strips with the two sizes of 0.5x0.5 cm with 0.5x2.5 cm and the single size 0.5x2.5 cm achieved lower compressive strength, respectively.

**Keywords:** Adobe Brick, Adobe Houses, Polyethylene Plastic, Soil Reinforcement, Compressive Strength

### บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตอิฐดินดิบเพื่อการก่อสร้างบ้านดินจำเป็นต้องใช้วัสดุดิบหลักคือดินเหนียวและเส้นใยธรรมชาติ แต่เส้นใยธรรมชาติมีข้อจำกัดในด้านความคงทนถาวร ผู้วิจัยจึงให้ความสนใจนำเส้นพลาสติกมาใช้ทดแทนเส้นใยธรรมชาติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของขนาดและปริมาณของเส้นพลาสติกโพลีเอทิลีนที่มีต่อกำลังต้านทานแรงอัดของอิฐดินดิบ การทดลองจะใช้เส้นพลาสติกโพลีเอทิลีนขนาดกว้าง 0.25 ซม. และ 0.5 ซม. ที่มีรูปทรงอัตราส่วนความยาว 1:1, 1:5, และ 1:10 ผสมกับดินเหนียวด้วยเส้นขนาดเดียวและแบบคละสองขนาด กำหนดสัดส่วนของเส้นพลาสติกแต่ละขนาดด้วยปริมาณร้อยละ 0-2 โดยน้ำหนักของดินแห้ง นำตัวอย่างทดลองไปทดสอบแรงอัดแกนเดียว จากนั้นจึงคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อนำไปผลิตเป็นอิฐดินดิบแล้วศึกษากำลังอัดของก้อนอิฐ ผลการศึกษาพบว่า ดินเหนียวทดลองมีความเป็นพลาสติกสูง มีความหนาแน่นแห้งสูงสุด 1.346 ตัน/ลบ.ม. ที่ปริมาณน้ำที่เหมาะสมร้อยละ 30 ผลของกำลังอัดแกนเดียว ( $q_u$ ) ของดินเหนียวผสมเส้นพลาสติกมีค่าอยู่ระหว่าง 1.47-3.74 กก./ตร.ซม. โดยเส้นพลาสติกอัตราส่วนความยาว 1:5 ให้กำลังอัดแกนเดียวสูงที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วนความยาว 1:10 และ 1:1 ตามลำดับ ทั้งนี้กำลังอัดแกนเดียวไม่ได้แปรผันตามปริมาณและขนาดของเส้นพลาสติกอย่างมีนัยสำคัญแต่ขึ้นอยู่กับโอกาสกระจายตัวและรูปแบบการวางตัวของเส้นพลาสติกในเนื้อดิน ผลการทดสอบกำลังอัดของอิฐดินดิบพบว่า เส้นพลาสติกขนาด 0.25x1.25 ซม. ให้กำลังรับแรงอัดสูงที่สุดเท่ากับ 13.54 กก./ตร.ซม. รองลงมาได้แก่ ส่วนผสมเส้นพลาสติกแบบคละขนาด 0.5x0.5 ซม. กับ 0.5x2.5 ซม. และเส้นพลาสติกขนาด 0.5x2.5 ซม. ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** อิฐดินดิบ บ้านดิน พลาสติกโพลีเอทิลีน การเสริมกำลังดิน กำลังรับแรงอัด

### คำนำ

บ้านดินถูกนิยามว่าเป็นสถาปัตยกรรมของที่อยู่อาศัยที่ใช้ดินเป็นวัสดุก่อสร้างหลัก อาจมีวัสดุธรรมชาติอื่นที่หาได้ในท้องถิ่นมาประกอบด้วย เช่น ฟาง แกลบ มูลสัตว์ ไม้ (ธราดล, 2557) บ้านดินจึงเป็นอีกทางเลือกของการอยู่อาศัยรูปแบบหนึ่ง เนื่องด้วยบ้านดินมีข้อดีหลายประการ อาทิ ผังดินช่วยหน่วงการถ่ายเทความร้อนทำให้บ้านเย็นในเวลากลางวันและอบอุ่นช่วงกลางคืน (ณภัทร และคณะ, 2552) อีกทั้งบ้านดินสามารถสร้างได้ด้วยการพึ่งพาตนเอง การก่อสร้างทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อนด้วยอุปกรณ์เครื่องมือเพียงไม่กี่ชิ้น แนวโน้มการก่อสร้างบ้านดินของคนไทยในชนบทกลับมาเป็นที่แพร่หลายอีกครั้ง ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ได้รับความนิยมคือ แนวคิดเศรษฐกิจพอเพียงของ

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศรฯ กอปรกับเอกลักษณ์ความสวยงามสไตล์คลาสสิกให้ความรู้สึกใกล้ชิดธรรมชาติ อีกทั้งมีความมั่นคงแข็งแรงและต้นทุนค่าก่อสร้างต่ำมาก แต่กระนั้นบ้านดินก็มีจุดอ่อนอยู่บ้างในเรื่องของความทนทานต่อน้ำท่วมขัง น้ำฝนกัดเซาะ และปัญหาเชื้อราจากความชื้น (ศุภชัย และพรชัย, 2557)

กรรมวิธีการสร้างบ้านดินมีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบแต่วิธีที่แพร่หลายกันมากได้แก่ การก่อด้วยอิฐดินดิบ ซึ่งวิธีการก่อสร้างจะใช้อิฐดินดิบมาก่อเป็นผนังโดยใช้ดินเหนียวผสมน้ำเป็นวัสดุประสาน แต่การผลิตอิฐดินดิบจำเป็นต้องใช้วัสดุดิบหลักคือดินเหนียว แต่ด้วยคุณสมบัติเฉพาะตัวของดินเหนียวทำให้ก้อนอิฐที่ได้เมื่อแห้งจะเกิดการหดตัวและมีรอยแตกร้าวเกิดขึ้น ส่วนทรายนั้นจะใส่เพื่อช่วย

ทำให้ก้อนอิฐมีความแข็งแรงขึ้นและลดการหดตัวได้ (ณภัทร, 2557) แต่วัตถุดิบหลักอีกอย่างที่ขาดเสียมิได้คือ วัสดุเส้นใยธรรมชาติ เช่น ฟาง แกลบ เส้นใยพืช นำมาเป็นส่วนผสมเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในด้านต่างๆ ของอิฐดินดิบ มีนักวิจัยจำนวนมากที่มุ่งศึกษาถึงอิทธิพลของชนิดและปริมาณของเส้นใยธรรมชาติที่มีต่อคุณสมบัติของอิฐดินดิบได้แก่ Bock-Hueng *et al.* (2016) ศึกษาคุณสมบัติของอิฐดินดิบผสมเส้นใยจากชานอ้อยด้วยปริมาณเส้นใยร้อยละ 3 พบว่าให้ค่ากำลังอัดสูงถึง 48.84 กก./ตร.ซม. เพิ่มขึ้นจากอิฐดินดิบที่ไม่ได้ผสมกากอ้อยร้อยละ 58.61, Lertwattanaruk & Choksiriwanna (2011) ศึกษาการนำแกลบและชานอ้อยมาใช้ปรับปรุงคุณภาพของอิฐดินดิบพบว่าที่ปริมาณแกลบร้อยละ 3 และชานอ้อยร้อยละ 6 ของน้ำหนักดินให้ค่ากำลังอัดสูงที่สุดเท่ากับ 22.35 กก./ตร.ซม. และ 32.17 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ, Lertwattanaruk & Tungsirirakul (2007) วิจัยถึงผลกระทบของแกลบและขุยมะพร้าวที่มีต่อคุณสมบัติของอิฐดินดิบ ผลการวิจัยพบว่าอิฐดินเหนียวผสมแกลบร้อยละ 3 ให้กำลังอัด 12.8 กก./ตร.ซม. และขุยมะพร้าวที่ปริมาณร้อยละ 9 มีกำลังอัด 14.3 กก./ตร.ซม., ชูศักดิ์ และสุธน (2562) ได้พัฒนาก้อนอิฐดินดิบผสมไบโกล้วยและขุยมะพร้าว โดยผลการทดลองพบว่าอิฐดินผสมทรายถูกแทนที่ด้วยไบโกล้วยปริมาณร้อยละ 3 และขุยมะพร้าวปริมาณ 3 ให้ค่ากำลังอัดดีที่สุดเท่ากับ 29.09 กก./ตร.ซม. และ 40.33 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ, ทักษิณ และเบญญาภา (2556) ศึกษาคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงอัดสูงสุดของอิฐดินดิบที่ผสมด้วยวัสดุเส้นใยธรรมชาติ 3 ชนิด คือ แกลบ ขุยมะพร้าว และผักตบชวา ด้วยอัตราส่วนผสมของดินเหนียวต่อทรายต่อเส้นใยเท่ากับ 0.5 : 0.5 : 1.5 โดยปริมาตร ผลการศึกษาพบว่าอิฐดินดิบผสมเส้นใยผักตบชวาให้กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 16.27 กก./ตร.ซม. รองลงมาคืออิฐดินดิบผสมขุยมะพร้าวและผสมแกลบโดยให้ค่ากำลังอัดเท่ากับ 15.14 กก./ตร.ซม. และ 9.98 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ, นอกจากนี้ยังมีผลงานวิจัยอีก

มากมาย (พันธกานต์ และภาณุพน, 2556; จริญญาศรี, 2553; ทรงกลด, 2551; จตุพร, 2550; เสน่ห์ และคณะ, 2550) ที่บ่งชี้ว่าการเลือกชนิดและอัตราส่วนผสมของเส้นใยธรรมชาติที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มความคงทน กำลังอัด กำลังรับแรงตัด และลดการหดตัวของอิฐดินดิบได้

ในขณะที่เดียวกันมีกลุ่มนักวิจัยจำนวนหนึ่งให้ความสนใจศึกษาอิทธิพลของชนิดและอัตราส่วนผสมของเส้นใยสังเคราะห์ที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของอิฐดินดิบ โดยเลือกใช้ชนิดเส้นใยชนิดต่างๆ เช่น เส้นใยโพลีสไตรีน (Polystyrene) เส้นใยโพลีโพรพีลีน (Polypropylene) เส้นใยโพลีเอสเตอร์ (Polyester) เป็นต้น กลุ่มนักวิจัยดังกล่าว ได้แก่ Binici (2017) ศึกษา กำลังรับแรงอัดของอิฐดินดิบผสมยิปซัมและเส้นใยโพลีสไตรีนเปรียบเทียบกับอิฐดินดิบผสมยิปซัมและฟางข้าว ผลการศึกษาระบุว่า อิฐดินดิบผสมเส้นใยโพลีสไตรีนที่อัตราส่วนดินเหนียวต่อผงยิปซัมต่อเส้นใยโพลีสไตรีนเท่ากับ 78 : 2 : 0.01 โดยน้ำหนัก ให้กำลังรับแรงอัดดีกว่าเส้นใยชนิดอื่น โดยมีค่ากำลังอัดเท่ากับ 28.5 กก./ตร.ซม. และ 32.6 กก./ตร.ซม. ที่อายุบ่ม 3 วันและ 7 วันตามลำดับ, เอกรัตน์ (2545) ศึกษาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินเหนียวผสมด้วยเส้นใยโพลีเอสเตอร์ แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียวและกำลังต้านทานแรงดึง ผลการทดลองพบว่าเส้นใยโพลีเอสเตอร์ช่วยเพิ่มกำลังอัดแกนเดียวของดินเหนียวต่ออัดจากเดิมเท่ากับ 8.61 กก./ตร.ซม. ให้เพิ่มขึ้นเป็น 15.79 กก./ตร.ซม. และช่วยเพิ่มกำลังต้านทานแรงดึงจากเดิม 0.77 กก./ตร.ซม. ในดินล้นให้เพิ่มเป็น 1.04 กก./ตร.ซม., นอกจากนี้มีผลการศึกษานักวิจัยอีกหลายคน (Li *et al.* 2014; Plé & Lê, 2012) ระบุว่าเส้นใยสังเคราะห์สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของดินเหนียวให้มีความแข็งแรง (Stiffness) ที่ขึ้น ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดและแรงดึงสูงขึ้นด้วย งานวิจัยดังกล่าวเป็นการศึกษาเส้นใยที่มีรูปร่างเป็นเส้นเรียวยาวขนาดเล็ก แต่ยังขาดการศึกษาเส้นใยรูปร่างแบบอื่น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเส้นใยสังเคราะห์ผลิตจากโพลีเอทิลีน (Polyethylene) ที่มี

รูปร่างเป็นแผ่นบางยาว (Strip) มูลเหตุสำคัญที่สนใจศึกษาเส้นใยจากพลาสติกโพลีเอทิลีนเนื่องจากพลาสติกชนิดนี้เป็นส่วนประกอบของถุงพลาสติกหูหิ้ว ซึ่งบ้านเรานิยมนำมาใช้บรรจุสินค้าอุปโภคบริโภคกันมาก ด้วยคุณสมบัติที่เหนียวและรับน้ำหนักได้ดีของพลาสติกโพลีเอทิลีนผู้วิจัยจึงนำมาใช้ทดแทนเส้นใยธรรมชาติเพื่อปรับปรุงคุณภาพของอิฐดินดิบในด้านกำลังต้านทานแรงอัด โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อศึกษาผลของขนาดและปริมาณของเส้นพลาสติกที่มีต่อแรงอัดแกนเดียวและกำลังอัดของอิฐดินดิบที่เสริมกำลังด้วยพลาสติกโพลีเอทิลีน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการเลือกใช้เส้นพลาสติกในสัดส่วนและขนาดที่เหมาะสมต่อการผลิตอิฐดินดิบ อีกทั้งเป็นแนวทางวิจัยพัฒนาอิฐดินดิบเสริมกำลังด้วยขยะถุงพลาสติกเพื่อการก่อสร้างบ้านดินต้นทุนต่ำต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### การเตรียมตัวอย่างดินเหนียวทดลอง

วัสดุการทดลองใช้ดินเหนียวจากอำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี จุดที่ระดับความลึกประมาณ 3-4 ม. จากผิวดิน นำมาตากแห้งแล้วหุบด้วยค้อนยาง จากนั้นนำก้อนดินเหนียวใส่ลงเครื่องบดย่อยให้มีขนาดเล็กจนสามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ได้ เพื่อให้มวลดินมีขนาดเหมาะสมต่อการกระบวนการผสมและอัดขึ้นรูป

#### การทดสอบคุณสมบัติของดินเหนียว

มุ่งศึกษาคูณสมบัติพื้นฐานของดินเหนียว ได้แก่ ทดสอบความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินตาม

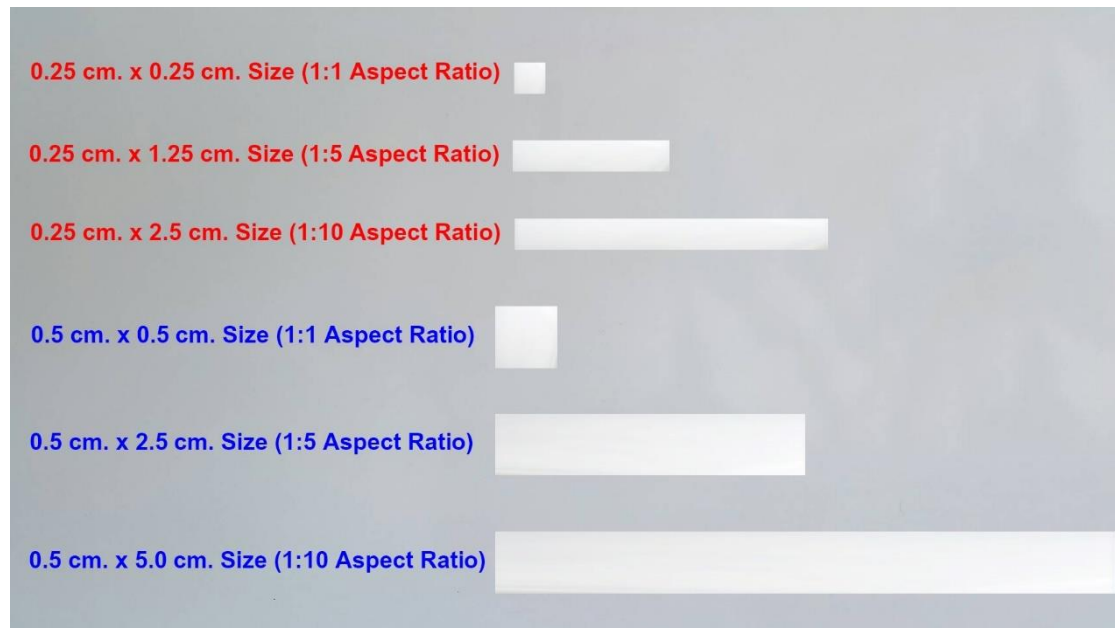
มาตรฐาน ASTM D-854, ทดสอบพิกต์ความชื้นเหลวของอัตรเตอร์เบิร์ตตามมาตรฐาน ASTM D-4318, วิเคราะห์ขนาดเม็ดดินด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ตามมาตรฐาน ASTM D-422, จำแนกชนิดของดินด้วยวิธี Unified Soil Classification System (USCS), ทดสอบการบดอัดแบบมาตรฐานตามมาตรฐาน ASTM D-698

#### อัตราส่วนผสมการทดลอง

กระบวนการเตรียมเส้นพลาสติกจะใช้ม้วนพลาสติกโพลีเอทิลีนนำมาวัดขนาด ถูกตัดและควบคุมคุณภาพด้วยแรงงานคน โดยตัดให้เป็นเส้นตามขนาดทดลองจำนวน 6 ขนาด ได้แก่ 0.25 ซม. x 0.25 ซม., 0.25 ซม. x 1.25 ซม., 0.25 ซม. x 2.5 ซม., 0.5 ซม. x 0.5 ซม., 0.5 ซม. x 2.5 ซม., และ 0.5 ซม. x 5.0 ซม. เพื่อใช้ผสมกับดินในรูปแบบเส้นเดี่ยว (Single Size) ลักษณะของเส้นพลาสติกที่ใช้ผสมในส่วนผสมทดลองแสดงไว้ใน Figure 1 นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ใช้ส่วนผสมของเส้นพลาสติกในรูปแบบคละขนาดกัน ด้วยสัดส่วนคละ 1 ส่วนต่อ 1 ส่วนโดยน้ำหนัก แสดงดัง Table 1 อัตราส่วนการทดลองถูกกำหนดให้ใช้ดินเหนียวผสมกับเส้นพลาสติกในแต่ละขนาดด้วยปริมาณพลาสติกจำนวน 9 สัดส่วน ได้แก่ ปริมาณพลาสติกคิดเป็นร้อยละ 0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75, และ 2.00 ของน้ำหนักดินแห้ง จากนั้นจึงนำมาศึกษาคูณสมบัติทางวิศวกรรมต่อไป ผลการทดลองที่ได้จะถูกเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินเหนียวล้วน (ไม่ผสมเส้นพลาสติก)

**Table 1** Experimental proportions of polyethylene plastic strips with assorted sizes

Plastic Sizes	Proportion by weight
0.25 cm x 0.25 cm : 0.25 cm x 1.25 cm	1:1
0.25 cm x 0.25 cm : 0.25 cm x 2.50 cm	1:1
0.50 cm x 0.50 cm : 0.50 cm x 2.50 cm	1:1
0.50 cm x 0.50 cm : 0.50 cm x 5.00 cm	1:1



**Figure 1** Configuration of the polyethylene plastic strips

### กระบวนการทดลอง

เมื่อเตรียมตัวอย่างดินเหนียวทดลองที่มีขนาดมวลดินร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ได้แล้ว ก็ให้นำมาผสมกับวัสดุดิบที่เตรียมไว้ตามอัตราส่วนผสมทดลองที่กำหนด แล้วทำการอัดขึ้นรูปตามต้องการ รายละเอียดกระบวนการทดลองดังนี้

1. ดินเหนียวทดลองถูกทดสอบด้วยการบดอัดแบบมาตรฐานตามมาตรฐาน ASTM D-698 เพื่อคำนวณหาความหนาแน่นแห้งสูงสุด (Maximum Dry Density) และ ปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่อการบดอัด (Optimum Moisture Content) โดยร้อยละของปริมาณน้ำที่ได้จะถูกนำมาใช้เป็นอัตราส่วนปริมาณน้ำในส่วนผสมสำหรับการหล่อขึ้นรูปตัวอย่างทดลองต่อไป

2. นำดินเหนียวผสมกับน้ำ แล้วคลุกเคล้ากับวัสดุดิบการทดลอง ได้แก่ เส้นพลาสติกขนาดต่าง ๆ ด้วยปริมาณตามอัตราส่วนการทดลองที่กำหนด ทิ้งไว้ประมาณ 4 ชั่วโมงเพื่อให้ดินเหนียวได้ดูดซึมน้ำอย่างทั่วถึง พร้อมทั้งจะนำมาทำการอัดขึ้นรูปได้

3. นำส่วนผสมทั้งหมดบดอัดลงในแบบหล่อโลหะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 นิ้ว สูง 4 นิ้ว จากฐาน โดยใช้ค้อนบดอัดตามมาตรฐาน Standard Proctor Test ขนาดน้ำหนัก 5.5 ปอนด์

กำหนดให้มีพลังงานเทียบเคียงพลังงานการบดอัดแบบมาตรฐาน ผลิตขึ้นทดลองจำนวน 3 ตัวอย่าง ต่อ 1 อัตราส่วนผสมทดลอง

4. ดันแท่งตัวอย่างทดลองออกจากแบบหล่อโลหะด้วยเครื่องดันดิน จากนั้นห่อหุ้มตัวอย่างด้วยฟิล์มพลาสติกใสบ่มเป็นเวลา 28 วัน ก่อนจะนำไปทดสอบแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test) ในทุกอัตราส่วนผสมทดลอง

5. จากผลการทดสอบแรงอัดแกนเดียว ผู้วิจัยจะคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เป็นตัวแทนของลักษณะเส้นพลาสติกโพลีเอทิลีนจำนวน 3 แบบ คือ ตัวแทนเส้นเดี่ยวขนาดสั้นและขนาดยาว และตัวแทนคละขนาด โดยพิจารณาจากค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวในแต่ละอัตราส่วนผสมทดลอง

6. ตัวแทนส่วนผสมที่ได้เลือกไว้ถูกนำอัดขึ้นรูปเป็นก้อนอิฐดินดิบขนาดกว้าง 20 ซม. x ยาว 40 ซม. x หนา 10 ซม. ซึ่งเป็นขนาดที่นิยมผลิตกันในประเทศไทย สำหรับส่วนผสมในการทำอิฐดินดิบมีคำแนะนำในกรณีที่ใช้ดินเหนียวเป็นวัสดุดิบควรผสมทรายเพื่อลดการหดตัวของอิฐดินดิบเมื่อแห้งแต่การผสมทรายมากเกินไปจะส่งผลให้ดินไม่เกาะตัวและแตกหักได้ง่าย (สุรพงษ์, 2558; พงษ์, 2554) ผู้วิจัยจึงเลือกใช้สัดส่วนผสมของทรายร้อยละ 18 โดยน้ำหนักดินตามคำแนะนำของ

ณภัทร (2557) ดังนั้นอิฐดินดิบทดลองจึงประกอบไปด้วยส่วนผสมของดินเหนียว ทราย และเส้นพลาสติกโพลีเอทิลีน

7. นำดินผสมกับน้ำแล้วใช้ทำย่ำดินนวดดินให้เข้ากัน หมักทิ้งไว้ 1 วันเพื่อให้เนื้อดินสามารถดูดซึมน้ำได้ทั่วถึง จากนั้นทยอยใส่ทรายและเส้นพลาสติกตามอัตราส่วนการทดลอง ย่ำและนวดดินจนกว่าจะเข้ากันดี แล้วจึงนำมาอัดขึ้นรูปเป็นก้อนลงในบล็อกแม่พิมพ์ไม้ด้วยวิธีการแบบภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยไม่ใช้เครื่องจักรในการบดอัด มีเพียงบล็อกแม่พิมพ์ไม้ขนาด 20 ซม. x 40 ซม. x 10 ซม., ผ้าใบปูรองพื้น, และเกรียงไม้สำหรับปาดผิวหน้าก้อนอิฐให้เรียบเท่านั้น นำดินเทใส่บล็อกแม่พิมพ์แล้วใช้มือกดอัดดินให้แน่นโดยเฉพาะ

บริเวณมุมและขอบ ใช้เกรียงกดและปาดหน้าก้อนอิฐให้เรียบ จากนั้นยกแม่พิมพ์ออกทันทีโดยไม่ต้องรอให้ดินแห้ง

8. ก้อนอิฐดินดิบจะถูกตากแดดทิ้งไว้ประมาณ 3 วัน เมื่ออิฐแข็งตัวดีแล้วให้พลิกกลับก้อนอิฐตั้งขึ้นเพื่อให้ลมสามารถพัดผ่านได้ทั่วถึงทั้งก้อน แล้วนำมาเก็บไว้ในโรงเรือนแบบเปิดเพื่อป้องกันฝนตกชะล้าง ต้องผึ่งก้อนอิฐดินดิบให้แห้งเป็นเวลา 14 วัน (สุรพงษ์, 2558) จึงจะนำมาใช้ในการทดลองต่อไป โดยก้อนตัวอย่างทดลองถูกนำมาศึกษาคุณสมบัติด้านการหดตัวและทดสอบด้านกำลังรับแรงอัด แผนภาพสรุปกระบวนการทดลองแสดงดัง Figure 2

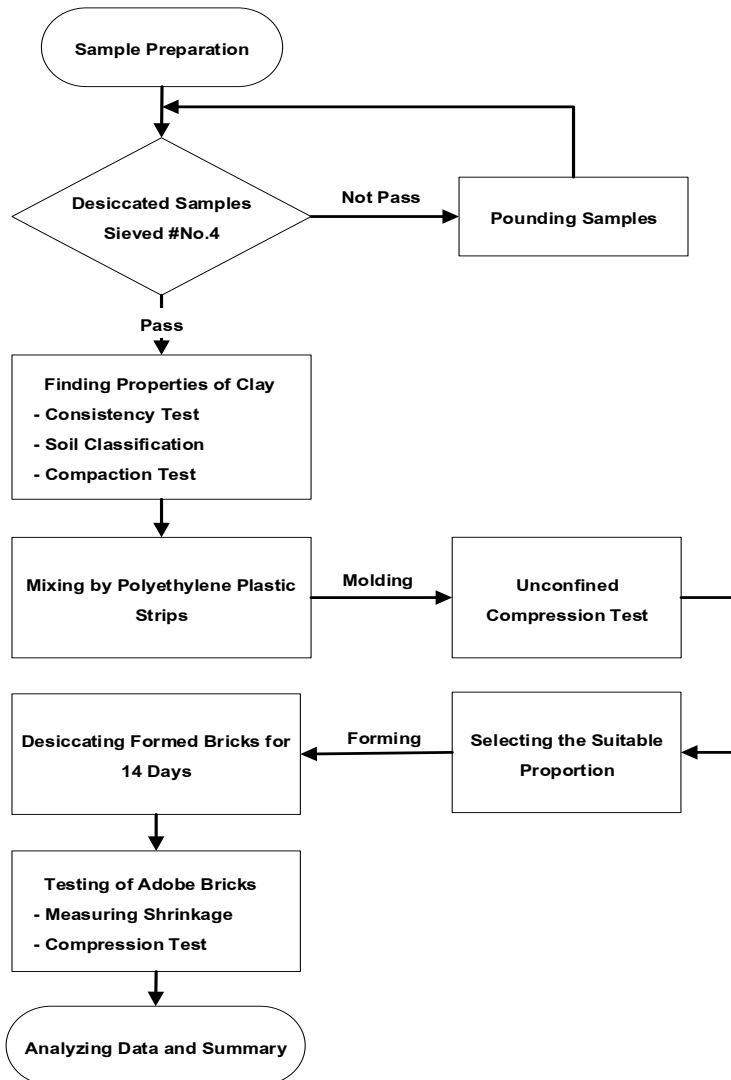


Figure 2 Schematic diagram of the experimental process

## ผลและวิจารณ์

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาผลของการนำเส้นพลาสติกโพลีเอทิลีนขนาดต่าง ๆ มาใช้ปรับปรุงคุณสมบัติของดินเหนียวและอิฐดินดิบที่ผลิตจากดินเหนียว เพื่อให้ได้อิฐดินดิบที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและช่วยลดการหดตัวของก้อนอิฐ ผลการศึกษาทดลองมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของดินเหนียว

เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติของดินที่นำมาจากจังหวัดปทุมธานีพบว่า เป็นดินเม็ดละเอียดที่มีความเป็นพลาสติกสูง (Das, 2010) มีดัชนีความ

เหนียว (PI) เท่ากับร้อยละ 27.8 จึงมีความเหมาะสมต่อการผลิตเป็นอิฐดินดิบ (Delgado & Guerrero, 2007) จำแนกชนิดตามระบบ USCS ได้สัญลักษณ์ CH มีขนาดเม็ดดินอยู่ระหว่าง 0.001-0.089 มม. ซึ่งคุณสมบัติของดินดังกล่าวสอดคล้องกับลักษณะของดินเหนียวปทุมธานีโดยทั่วไป (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2554; สิริัญญา, 2557) แต่หากจะนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ในเชิงลึกจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมในองค์ประกอบของดินต่อไป รายละเอียดคุณสมบัติดินแสดงใน Table 2

**Table 2** Geotechnical properties of experimental clay used in study

Type of Testing	Result
Liquid Limit	57.8 %
Plastic Limit	30.0 %
Plastic Index	27.8 %
Specific Gravity of Soil	2.71
Hydrometer Analysis	0.001-0.089 mm
Soil Classification	CH

### ผลการทดสอบบดอัดดินเหนียว

เป็นการทดสอบบดอัดดินโดยวิธีมาตรฐาน (Standard Compaction Test) ตามมาตรฐาน ASTM D-698 โดยทำการทดลองจำนวน 3 ชุด ตัวอย่างแล้วหาค่าเฉลี่ย พบว่าดินเหนียวให้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดเท่ากับ 1.346 กรัม/ลบ. ซม. หรือ 1.346 ตัน/ลบ.ม. ณ ปริมาณน้ำที่เหมาะสมประมาณร้อยละ 30 ของน้ำหนักดินแห้ง ซึ่งปริมาณน้ำดังกล่าวจะถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมทดลองของดินเหนียวผสมเส้นพลาสติกโพลีเอทิลีนต่อไป

### ผลทดสอบแรงอัดแกนเดี่ยวของดินเหนียวผสมเส้นพลาสติก

ถุงหุหิวผลิตจากพลาสติกโพลีเอทิลีนส่วนใหญ่แล้วจะนิยมนำไปบรรจุสินค้าอุปโภคบริโภค เพราะถุงชนิดนี้จะมีน้ำหนักเบา ทนทานและรับน้ำหนักได้ดี จึงทำให้พบเจอขยะถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนได้ทั่วไปตามกองขยะของชุมชนเมือง ทั้งนี้ผู้วิจัยศึกษาพฤติกรรมของดินเหนียวผสม

พลาสติก จำลองด้วยการนำแผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีนมาตัดเป็นเส้นขนาดความยาวแตกต่างกัน รวมทั้งสิ้น 6 ขนาด ได้แก่ 0.25 ซม. x 0.25 ซม., 0.25 ซม. x 1.25 ซม., 0.25 ซม. x 2.5 ซม., 0.5 ซม. x 0.5 ซม., 0.5 ซม. x 2.5 ซม., และ 0.5 ซม. x 5.0 ซม. จากนั้นนำเส้นพลาสติกมาผสมกับดินเหนียวและน้ำด้วยอัตราส่วนผสมการทดลองแล้วบดอัดขึ้นรูปก้อนตัวอย่างทดลองในแบบหล่อเหล็กทรงกระบอก ตัวอย่างทดลองที่ได้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว สูง 4 นิ้ว โดยจะนำตัวอย่างไปทดสอบความแข็งแรงในรูปแบบของหน่วยแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัดหรือเรียกว่า “กำลังรับแรงอัดแกนเดี่ยว (Unconfined Compressive Strength,  $q_u$ )” ด้วยเครื่องกดทดสอบ Unconfined Compression Machine ลักษณะการพิบัติของตัวอย่างทดลองจากการทดสอบ Unconfined Compression Test แสดงดัง Figure 3 รายละเอียดผลการทดลองมีดังต่อไปนี้



**Figure 3** Failure characteristics of sample by the unconfined compression test

#### ดินเหนียวไม่ผสมเส้นพลาสติก

ผลการทดสอบแรงอัดแกนเดียวของดินที่ไม่ได้ผสมกับเส้นพลาสติกโพลีเอทิลีน (ดินเหนียวล้วน) ให้ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดแกนเดียว ( $q_u$ ) อยู่ที่ 2.251 กก./ตร.ซม. หรือ 22.51 ตัน/ตร.ม. เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความชันเหลวของดินกับค่ากำลังอัดแกนเดียวแล้ว พบว่าดินเหนียวมีคุณสมบัติอยู่ในสถานะแข็งมาก (Very Stiff) (Das, 2010) เนื่องจากผลของพลังงานการบดอัดซึ่งจัดเป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพดินได้อีกแบบหนึ่ง

#### ดินเหนียวผสมเส้นพลาสติก

ผลการทดสอบแรงอัดแกนเดียวของดินเหนียวผสมเส้นพลาสติกโพลีเอทิลีนขนาดต่าง ๆ ในปริมาณร้อยละ 0.25-2.00 โดยน้ำหนักของดินแห้ง พบว่ามีค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดแกนเดียวอยู่ระหว่าง 1.47-3.74 กก./ตร.ซม. คิดเป็นค่าเฉลี่ยในทุกอัตราส่วนผสมประมาณ 2.43 กก./ตร.ซม. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51 กก./ตร.ซม. สรุปผลได้ดัง Table 3

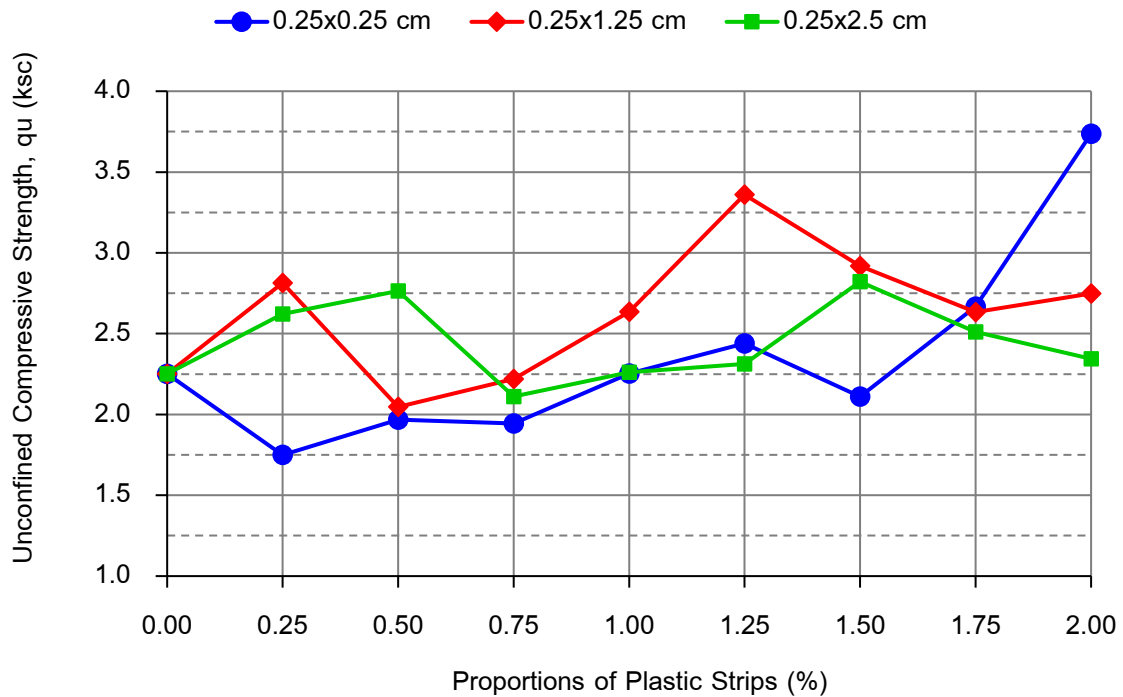


**Table 3** Results of the unconfined compression test of polyethylene plastic mixed clay

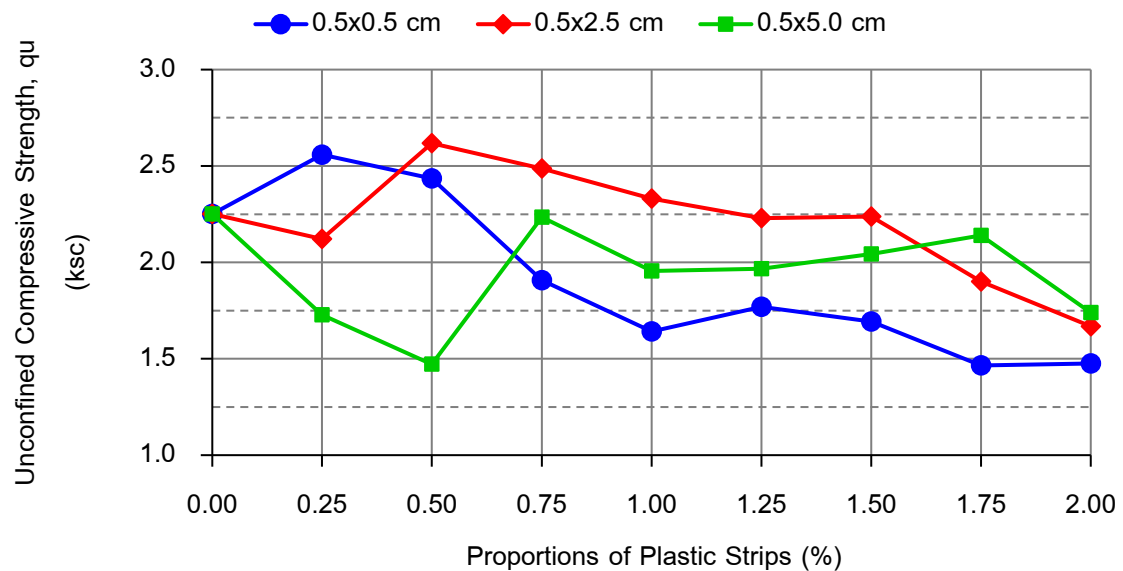
Types of Mixing			Proportions of Plastic (%)								
Single Type			0	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
Sizes (cm <sup>2</sup> )	Sizes (cm <sup>2</sup> )	Aspect Ratio	Unconfined Compressive Strength of Plastic Mixed Clay (ksc)								
0.25x0.25	-	1:1	1.75	1.97	1.94	2.25	2.44	2.11	2.67	3.74	
0.25x1.25	-	1:5	2.81	2.05	2.22	2.64	3.36	2.92	2.63	2.75	
0.25x2.5	-	1:10	2.25	2.62	2.76	2.11	2.26	2.31	2.82	2.51	2.34
0.5x0.5	-	1:1		2.56	2.44	1.91	1.64	1.77	1.69	1.47	1.47
0.5x2.5	-	1:5		2.12	2.62	2.49	2.33	2.23	2.24	1.90	1.67
0.5x5.0	-	1:10	1.73	1.47	2.23	1.96	1.97	2.04	2.14	1.74	
<b>Assorted Type (1:1)</b>											
0.25x0.25	0.25x1.25	1:1 & 1:5	2.69	3.52	2.76	2.35	2.70	2.34	2.57	3.56	
0.25x0.25	0.25x2.5	1:1	2.69	2.81	3.04	2.49	2.80	2.48	2.90	2.62	
		& 1:10	2.25								
0.5x0.5	0.5x2.5	1:1 & 1:5		3.47	2.41	2.52	2.52	3.23	3.22	3.16	2.68
0.5x0.5	0.5x5.0	1:1	2.52	2.87	2.35	2.38	3.04	2.01	2.30	1.86	
		& 1:10									

ผลการทดลองของตัวอย่างผสมเส้นพลาสติกขนาดกว้าง 0.25 ซม. แสดงด้วยกราฟใน Figure 4 พิจารณาเส้นพลาสติกในทุกอัตราส่วนความยาว (Aspect Ratio) พบว่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียว ( $q_u$ ) ไม่ได้แปรผันตามปริมาณส่วนผสมและขนาดของเส้นพลาสติกอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะขึ้นอยู่กับการกระจายตัวและรูปแบบการวางตัวของเส้นพลาสติกซึ่งจะส่งผลต่อการเลื่อนขนาน (Translation) ด้วย โดยเส้นพลาสติกขนาด 0.25x1.25 ซม. (Aspect Ratio 1:5) ให้แนวโน้มของกำลังอัดแกนเดียวสูงกว่าดินเหนียวล้วนและ

มีค่าดีกว่าพลาสติกขนาดอื่นๆ ทั้งนี้ปริมาณเส้นพลาสติกที่เหมาะสมคือร้อยละ 0.25 และช่วงร้อยละ 1-2 ของน้ำหนักดิน เนื่องจากมีค่ากำลังอัดแกนเดียวสูงกว่าตัวอย่างควบคุมในทางตรงกันข้าม เส้นพลาสติกขนาด 0.25x0.25 ซม. (Aspect Ratio 1:1) ให้แนวโน้มกำลังอัดต่ำสุดเมื่อมีปริมาณส่วนผสมต่ำกว่าร้อยละ 1.75 โดยน้ำหนักดิน ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยกำลังอัดแกนเดียวของดินเหนียวผสมเส้นพลาสติกในแต่ละอัตราส่วนความยาว 1:1, 1:5, และ 1:10 มีค่าประมาณ 2.36 กก./ตร.ซม., 2.67 กก./ตร.ซม., และ 2.47 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ



**Figure 4** The relationship between compressive strengths and plastic proportions with 0.25 cm of width



**Figure 5** The relationship between compressive strengths and plastic proportions with 0.5 cm of width

พิจารณารูปผลการทดลองของตัวอย่างผสมเส้นพลาสติกขนาดกว้าง 0.5 ซม. แสดงใน Figure 5 พบว่าแนวโน้มกำลังรับแรงอัดของดินเหนียวผสมเส้นพลาสติกไม่ได้แปรผันตามปริมาณของเส้นพลาสติกที่เพิ่มขึ้น โดยเส้นพลาสติกอัตราส่วนความยาว 1:1 และ 1:5 ให้ค่ากำลังอัด

แกนเดียวต่ำที่สุดเมื่อผสมในปริมาณร้อยละ 2 ของน้ำหนักดิน อธิบายผลได้ว่าเส้นพลาสติกจำนวนมากในส่วนผสมส่งผลให้เกิดโอกาสซ้อนทับกันของแผ่นพลาสติก ด้วยผิวที่มันลื่นจึงทำให้เกิดการเลื่อนไถลของมวลดินได้ง่าย ส่งผลให้กำลังเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ ( $s_u$ ) ของมวลดินลดลง ลักษณะ

ของตัวอย่างทดลองที่ผสมเส้นพลาสติกด้วย ปริมาณร้อยละ 2.00 แสดงดัง Figure 6 นอกจากนี้ เมื่อพิจารณารูปร่างของเส้นพลาสติกพบว่า อัตราส่วนความยาว 1:5 (ขนาด 0.5x2.5 ซม.) ให้แนวโน้มกำลังรับแรงอัดแกนเดียวสูงกว่า อัตราส่วนความยาวอื่นและตัวอย่างควบคุม เมื่อใช้

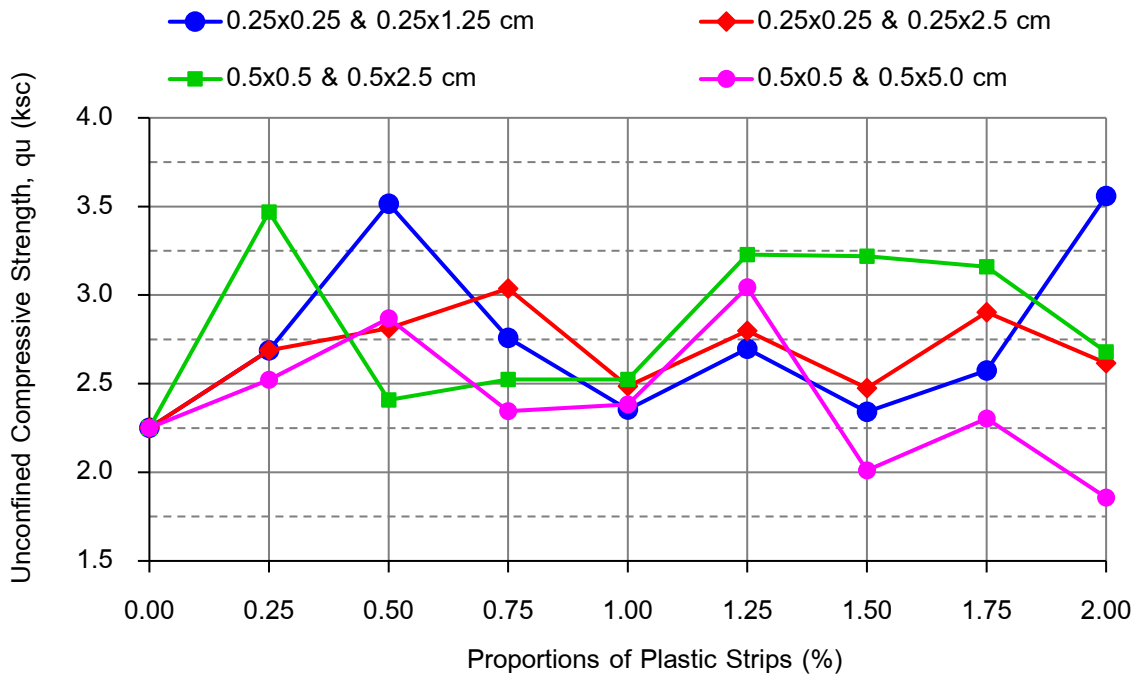
ปริมาณสัดส่วนเส้นพลาสติกตั้งแต่ร้อยละ 0.5-1.0 ของน้ำหนักดิน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รังสรรค์และวีรัชย์ (2545) แต่ในขณะที่เส้นพลาสติก อัตราส่วนความยาว 1:1 (ขนาด 0.5x0.5 ซม.) ให้ค่าเฉลี่ยกำลังอัดแกนเดียวต่ำที่สุด



**Figure 6** The characteristic of the mixed specimen with 2% amounts of plastic strips

กรณีของดินเหนียวผสมเส้นพลาสติกแบบ คละขนาดกัน ผลการทดลองที่ได้แสดงไว้ใน Figure 7 พิจารณากำลังรับแรงอัดแกนเดียวของดินเหนียว ในทุกอัตราส่วนทดลองพบว่ามีค่าสูงกว่าดินเหนียว ที่ไม่ผสมเส้นพลาสติก ยกเว้นตัวอย่างทดลองผสม เส้นพลาสติกคละขนาด 0.5x0.5 ซม. & 0.5x5.0 ซม. ที่ปริมาณร้อยละ 1.5-2.0 เท่านั้นที่ให้กำลังอัด ต่ำกว่า แต่ทั้งนี้แนวโน้มการเพิ่มกำลังรับแรงอัด แกนเดียวไม่ได้แปรผันตามปริมาณเส้นพลาสติก อีกทั้งเมื่อพิจารณาถึงผลกระทบจากรูปแบบขนาด คละพบว่า เมื่อคละกันด้วยพลาสติกขนาด

อัตราส่วนความยาว 1:1 และ 1:5 ในแต่ละความ กว้าง 0.5 ซม. และ 0.25 ซม. ให้ค่าเฉลี่ยกำลังอัด แกนเดียวเท่ากับ 2.90 กก./ตร.ซม. และ 2.81 กก./ ตร.ซม. ตามลำดับ สูงกว่ารูปแบบขนาดคละอื่น ๆ สำหรับสัดส่วนที่เหมาะสมของเส้นพลาสติกพบว่า ตัวอย่างทดลองที่ผสมเส้นพลาสติกคละขนาดแบบ 0.5x0.5 ซม. & 0.5x2.5 ซม. และแบบ 0.25x0.25 ซม. & 0.25x1.25 ซม. ด้วยปริมาณร้อยละเท่ากับ 0.25 และ 2.00 ของน้ำหนักดินตามลำดับจะให้ค่า กำลังอัดแกนเดียวดีที่สุดในแต่ละขนาดคละ

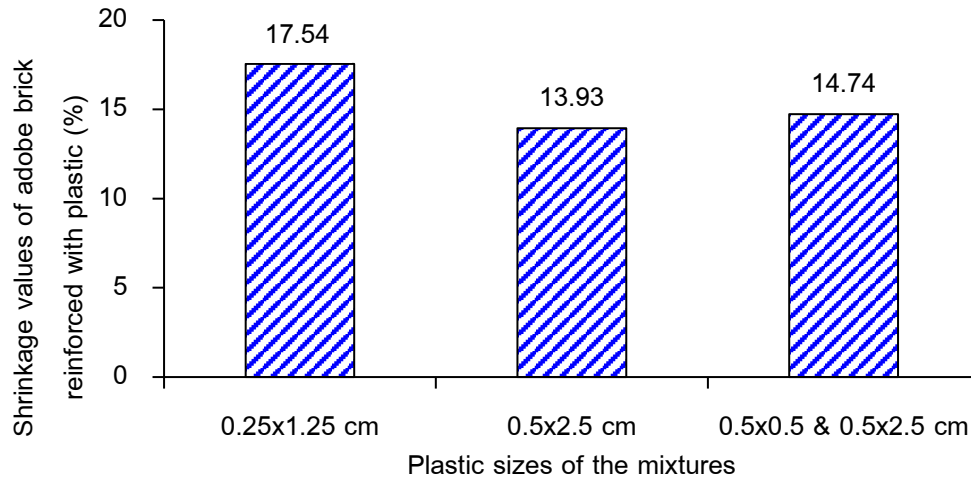


**Figure 7** The relationship between compressive strengths and amounts of assorted plastic strips

#### ผลทดสอบการหดตัวของอิฐดินดิบผสมเส้นพลาสติก

เนื่องจากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดี่ยวของดินเหนียวเสริมกำลังด้วยพลาสติกโพลีเอทิลีนขนาดต่างๆ ทำให้ได้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจำนวน 3 ขนาด ได้แก่ ตัวแทนเส้นพลาสติกกว้าง 0.25 ซม. ใช้ขนาด 0.25x1.25 ซม., ตัวแทนหน้ากว้าง 0.5 ซม. ใช้ขนาด 0.5x2.5 ซม. และตัวแทนคละขนาดพลาสติกเลือกใช้ขนาด 0.5x0.5 ซม. คละกับขนาด 0.5x2.5 ซม. ในอัตราส่วน 1:1 จากนั้นนำมาหล่อให้เป็นก้อนอิฐดินดิบโดยใช้ดินเหนียวผสมกับทรายในปริมาณร้อยละ 18 ของน้ำหนักดินแห้งตามคำแนะนำของณภัทร (2557) และเลือกใช้ปริมาณเส้นพลาสติกเท่ากับร้อยละ 0.25 ของน้ำหนักดิน เนื่องจากปริมาณพลาสติกดังกล่าวส่งผลต่อกำลังอัดแกนเดี่ยวของดินเหนียวผสมพลาสติกด้วยวิธีการผสมทั้งแบบเส้นเดี่ยวและแบบคละขนาดให้มีกำลังสูงกว่าดินเหนียวที่ไม่ผสมเส้นพลาสติก และอีกเหตุผลคือทำให้ผิวของก้อนอิฐมีลักษณะเรียบเนียนและมองไม่เห็นเส้นพลาสติกโผล่จากผิวอิฐอย่าง

ชัดเจนแฉกเช่นสัดส่วนอื่นๆ อีกทั้งสัดส่วนพลาสติกร้อยละ 0.25 จะเกิดโอกาสการซ้อนทับกันของเส้นพลาสติกในเนื้อดินได้น้อยที่สุด ลำดับต่อมาเมื่อได้ก้อนอิฐดินดิบในสภาพเปียกชื้นให้รีบทำการวัดปริมาตรของก้อนอิฐ จากนั้นจึงนำไปตากแห้งเป็นเวลา 14 วันจนกระทั่งเนื้อดินแห้งสนิทจึงทำการวัดปริมาตรก้อนอิฐในสภาพแห้ง แล้วนำไปคำนวณหาค่าร้อยละของการหดตัวเชิงปริมาตรในแต่ละอัตราส่วนผสม ผลการทดสอบการหดตัวของก้อนอิฐดินดิบแสดงดัง Figure 8 จะเห็นว่าอิฐดินดิบที่ผสมด้วยเส้นพลาสติกขนาด 0.5x2.5 ซม. มีปริมาณการหดตัวเชิงปริมาตรต่ำที่สุดคือร้อยละ 13.93 รองลงมาเป็นตัวอย่างทดลองผสมเส้นพลาสติกแบบคละขนาดมีค่าการหดตัวเท่ากับร้อยละ 14.74 และอิฐดินดิบผสมเส้นพลาสติกขนาด 0.25x1.25 ซม. ให้ค่าการหดตัวมากที่สุด เนื่องจากความยาวของเส้นพลาสติกที่เหมาะสมและรูปแบบการจัดวางตัวในทิศทางแนวยาวและแนวขวาง (Longitudinal and Transverse Directions) สามารถช่วยลดอัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratios) ภายในมวลดินได้ (Binici, 2017)

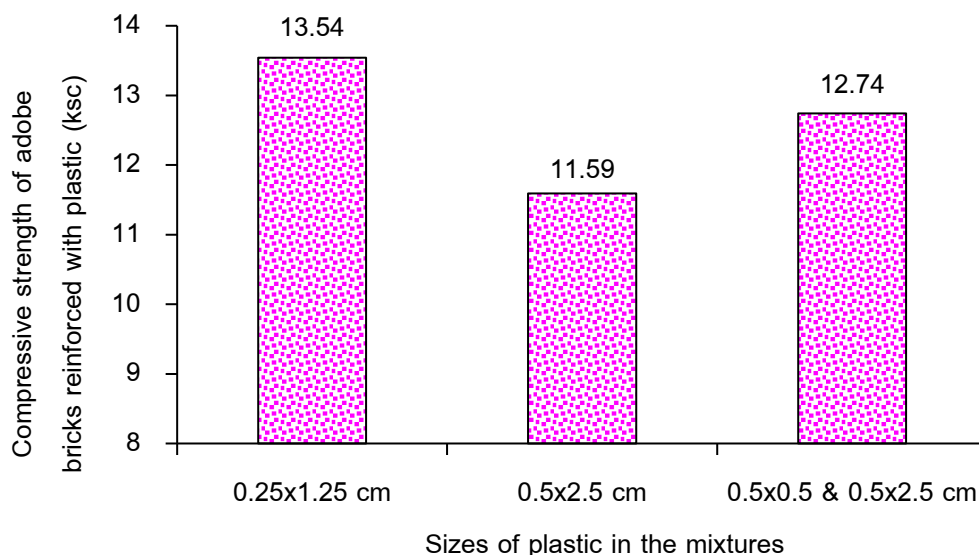


**Figure 8** The percentages of adobe bricks' shrinkage with the select plastic strips

### ผลทดสอบกำลังอัดของอิฐดินดิบผสมเส้นพลาสติก

ก้อนตัวอย่างอิฐดินดิบที่มีขนาดทดลอง 20 ซม. x 40 ซม. x 10 ซม. ถูกนำมาปรับผิวหน้าให้เรียบด้วยการฉาบปูนพลาสติกบนด้านขอบของก้อนอิฐที่วางแนวตั้ง ทิ้งไว้ให้ปูนพลาสติกแข็งตัวจึงวัดขนาดพื้นที่รับแรงกด แล้วนำมา

ทดสอบกำลังรับแรงอัดด้วยเครื่อง Universal Testing Machine โดยมีพื้นที่รับแรงกดประมาณ 40x10 ซม.<sup>2</sup> กัดทดสอบจนกระทั่งตัวอย่างวิบัติ จึงนำมาคำนวณหากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ต่อไป ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐดินดิบผสมเส้นพลาสติกตามสัดส่วนการทดลอง ดังแสดงใน Figure 9



**Figure 9** The strengths of adobe bricks mixed with the select plastic strips

อีกหนึ่งหากพิจารณาผลกระทบจากรูปแบบและขนาดของเส้นพลาสติกต่อกำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐดินดิบพบว่า รูปแบบผสมเดี่ยวของเส้นพลาสติกขนาดกว้าง 0.25 ซม. อัตราส่วนความยาว 1:5

(ตัวแทนเส้นสั้น) ให้กำลังอัดสูงสุดโดยมีค่ามากกว่า ส่วนผสมของเส้นพลาสติกขนาด 0.5x0.5 ซม. & 0.5x2.5 ซม. เพียง 0.8 กก./ตร.ซม. สำหรับ ส่วนผสมของเส้นพลาสติกขนาดกว้าง 0.5 ซม.

อัตราส่วนความยาว 1:5 (ตัวแทนเส้นยาว) จะให้กำลังอัดต่ำที่สุด แม้ว่าอิฐดินดิบที่ผสมด้วยพลาสติกเส้นสั้นจะรับกำลังอัดได้ดีที่สุดแต่ก็มีค่าใกล้เคียงกับอิฐดินดิบผสมเส้นพลาสติกขนาดเล็ก แนวโน้มอาจแตกต่างกับกรณีการทดสอบกำลังอัดแกนเดียวของแท่งดินเหนียวบดอัดซึ่งให้กำลังสูงสุดเมื่อผสมด้วยเส้นพลาสติกแบบขนาดเล็ก ทั้งนี้เป็นผลมาจากความหนาแน่นของก้อนตัวอย่าง และรูปแบบการทดสอบที่แตกต่างกัน แต่ในขณะที่อิฐดินดิบและแท่งดินเหนียวซึ่งผสมพลาสติกเส้นยาวจะมีแนวโน้มรับกำลังอัดได้ต่ำเช่นเดียวกัน พฤติกรรมดังกล่าวนี้สามารถอธิบายได้ว่าเส้นพลาสติกขนาด 0.25x1.25 ซม. (ตัวแทนเส้นสั้น) มีการกระจายตัวในส่วนผสมของก้อนอิฐได้ทั่วถึงมากกว่าเส้นพลาสติกขนาด 0.5x2.5 ซม. (ตัวแทนเส้นยาว) และเส้นพลาสติกขนาดสั้นมีโอกาที่จะวางตัวในแนวตั้งฉากกับระนาบวิบัติ (Potential Failure Surface or Slip Plane) สูงกว่าเส้นขนาดยาว จึงส่งผลให้เพิ่มกำลังต้านทานแรงเฉือนในเนื้อดินได้ (Maher & Ho, 1994; ปรุ้มพร และคณะ, 2561) สำหรับกรณีพลาสติกเส้นยาวนั้นจะมีโอกาสเกิดการพันงอและซ้อนทับกันสูงกว่า ก่อให้เกิดการลื่นไถลระหว่างผิวสัมผัสของพลาสติก ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินลดลง จึงทำให้การรับแรงอัดลดลงตามไปด้วย อนึ่งงานวิจัยนี้ไม่ได้คำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวสัมผัสกับกำลังต้านทานแรงอัด หากแต่พิจารณาเฉพาะผลของปริมาณและขนาดเส้นพลาสติกเท่านั้น

ทั้งนี้รูปแบบการวิบัติมีผลต่อกำลังอัดของอิฐดินดิบและขึ้นอยู่กับ การกระจายตัวและรูปแบบการวางตัวของเส้นพลาสติก ซึ่งในกระบวนการผลิตก้อนอิฐดินดิบยังไม่สามารถควบคุมให้สม่ำเสมอได้ ลักษณะการวิบัติของก้อนอิฐดินดิบแสดงดัง Figure 10 ผลการทดสอบพบว่าอิฐดินดิบทดลองทุกก้อนมีการวิบัติแบบแตกแยก (Splitting Failure) มีพฤติกรรมคล้ายวัสดุแข็งเปราะ (Brittleness) นั่นคือเส้นพลาสติกเหล่านี้จะไปลดแรงยึดเหนี่ยวปรากฏ (Apparent Cohesion,  $C_a$ ) และไปเพิ่มมุมเสียดทานปรากฏ (Apparent Friction Angle,  $\phi_a$ ) ของดิน ส่งผลให้คุณสมบัติความเหนียว (Ductility) ของอิฐดินดิบลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Plé & Lê (2012) นอกจากนี้เมื่อพิจารณากำลังอัดของทุกอัตราส่วนผสมพบว่าก้อนอิฐดินดิบให้ค่าหน่วยแรงอัดสูงกว่าการทดสอบ Unconfined Compression Test เนื่องจากก้อนอิฐดินดิบมีปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่าและอยู่ในสภาวะที่แห้งแข็ง และมีการเติมวัสดุเม็ดหยาบในส่วนผสมได้แก่ทราย เพื่อช่วยปรับสภาพของอิฐดินดิบในด้านกำลังอัดและลดการหดตัว-พองตัวได้ (Bahobail, 2012) อีกทั้งเส้นพลาสติกภายในเนื้อดินก็มีส่วนช่วยเพิ่มความแข็งเกร็ง (Stiffness), กำลังต้านทานแรงอัด, และกำลังต้านทานแรงดึงให้กับดินเหนียวได้อีกด้วย (Binici, 2017; Li et al. 2014; Plé & Lê, 2012; เอกรัตน์, 2545)



Figure 10 The failure characteristic of adobe bricks mixed with plastic in the compression test

## สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของดินเหนียวทดลองและคุณสมบัติด้านกำลังต้านทานแรงอัดของอิฐดินดิบที่ถูกปรับปรุงคุณภาพด้วยเส้นพลาสติกโพลีเอทิลีนขนาดความกว้าง 0.25 ซม. และ 0.5 ซม. ที่มีอัตราส่วนความยาว (Aspect Ratio) 1:1, 1:5, และ 1:10 กำหนดรูปแบบการผสมด้วยเส้นขนาดเดี่ยวและแบบคละสองขนาดปริมาณด้วยสัดส่วนคละ 1:1 ใช้อัตราส่วนผสมทดลองของเส้นพลาสติกแต่ละขนาดด้วยปริมาณร้อยละ 0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75, และ 2.00 โดยน้ำหนักของดินแห้ง จากนั้นจึงนำตัวอย่างในแต่ละอัตราส่วนผสมไปทดสอบแรงอัดแกนเดี่ยว แล้วเปรียบเทียบผลของกำลังรับแรงอัดแกนเดี่ยว ( $q_u$ ) ที่ได้เพื่อพิจารณาคัดเลือกอัตราส่วนผสมซึ่งเป็นตัวแทนของเส้นพลาสติกในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ รูปแบบเส้นเดี่ยวขนาดสั้นและขนาดยาว และแบบคละขนาด สัดส่วนผสมที่เลือกไว้ดังกล่าวจะถูกผลิตเป็นก้อนอิฐดินดิบทดลองเพื่อนำไปศึกษาคุณสมบัติการหดตัวและกำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐในสภาวะตากแห้ง 14 วัน สรุปผลการศึกษาคงสมบัติพื้นฐานของดินเหนียวทดลองได้ว่าดินจากจังหวัดปทุมธานีเป็นดินเม็ดละเอียดที่ความชื้นเป็นพลาสติกสูง จำแนกชนิดของดินตามระบบ USCS ได้สัญลักษณ์ CH มีค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินเท่ากับ 2.71 จัดอยู่ในกลุ่มของดินเหนียว ผลทดสอบการบดอัดแบบมาตรฐานพบว่าดินเหนียวทดลองมีความหนาแน่นแห้งสูงสุด ( $\rho_{d(max)}$ ) เท่ากับ 1.346 ตัน/ลบ.ม. ที่ปริมาณน้ำที่เหมาะสม ( $w_{opt}$ ) ประมาณร้อยละ 30

ผลการศึกษากำลังรับแรงอัดแกนเดี่ยว ( $q_u$ ) ของแท่งดินเหนียวบดอัดผสมเส้นพลาสติกสรุปได้ว่า มีค่าเฉลี่ยกำลังอัดแกนเดี่ยวอยู่ระหว่าง 1.47-3.74 กก./ตร.ซม. คิดเป็นค่าเฉลี่ยในทุกอัตราส่วนผสมประมาณ 2.43 กก./ตร.ซม. (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51 กก./ตร.ซม.) สูงกว่ากำลังอัดแกนเดี่ยวของดินเหนียวบดอัดที่ไม่ผสมเส้นพลาสติก อีกทั้งเมื่อพิจารณาผลของอัตราส่วน

ความยาว (Aspect Ratio) และขนาดของเส้นพลาสติกพบว่า พลาสติกทั้งสองขนาดความกว้างคือ 0.25 ซม. และ 0.5 ซม. ที่อัตราส่วนความยาว 1:5 ให้ค่าเฉลี่ยกำลังอัดแกนเดี่ยวสูงที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วนความยาว 1:10 และ 1:1 ตามลำดับ หนึ่งกำลังรับแรงอัดแกนเดี่ยวไม่ได้แปรผันตามปริมาณและขนาดของเส้นพลาสติกอย่างมีนัยสำคัญ แต่ปรากฏการณ์นี้สามารถอธิบายได้ด้วยลักษณะการกระจายตัวและรูปแบบการวางตัวของเส้นพลาสติก โดยเมื่อผสมเส้นพลาสติกในปริมาณที่พอเหมาะกับความยาวและอัตราส่วนความยาวของเส้นพลาสติกนั้น ๆ จะเกิดโอกาสกระจายตัวของเส้นพลาสติกในเนื้อดินได้ทั่วถึง และมีโอกาสที่เส้นพลาสติกจะวางตัวในรูปแบบแนวตั้งฉากกับระนาบวิบัติ (Slip Plane) ได้ดีกว่า ส่งผลให้สามารถเพิ่มกำลังต้านทานแรงเฉือนในมวลดินได้ อีกทั้งช่วยเพิ่มความแข็งให้กับอิฐดินดิบด้วย สำหรับกรณีของดินเหนียวผสมเส้นพลาสติกแบบคละขนาดกันพบว่า เส้นพลาสติกขนาดกว้าง 0.25 ซม. และ 0.5 ซม. ทั้งสองขนาดที่ใช้ส่วนสมระหว่างอัตราส่วนความยาว 1:1 และ 1:5 จะให้ค่ากำลังอัดแกนเดี่ยวสูงกว่าส่วนสมระหว่างอัตราส่วนความยาว 1:1 และ 1:10

ผลการศึกษาคงสมบัติด้านกำลังต้านทานแรงอัดของก้อนอิฐดินดิบที่เสริมกำลังด้วยพลาสติกสรุปผลได้ว่าก้อนอิฐดินดิบที่ผสมด้วยเส้นพลาสติกทั้งสามรูปแบบในปริมาณผสมร้อยละ 0.25 ของน้ำหนักดินแห้ง สามารถช่วยปรับปรุงความแข็งแรงให้ก้อนอิฐดินดิบมีกำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) เพิ่มขึ้นได้ โดยอิฐดินดิบที่ผสมด้วยเส้นพลาสติกขนาดสั้น 0.25x1.25 ซม. ให้กำลังอัดสูงที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกันกับอิฐดินดิบที่ถูกผสมด้วยพลาสติกแบบคละขนาด 0.5x0.5 ซม. & 0.5x2.5 ซม. และแม้ว่าเส้นพลาสติกแบบยาวขนาด 0.5x2.5 ซม. จะทำให้อิฐดินดิบมีกำลังอัดต่ำที่สุด แต่ก็สามารถช่วยลดการหดตัวเชิงปริมาตรของก้อนอิฐดินดิบได้ดีกว่าเส้นพลาสติกขนาดอื่นๆ

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนการวิจัยจากแหล่งทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2557 ตามสัญญาทุนวิจัยเลขที่ KMUTNB-GOV-57-32 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ร่วมกับสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ และขอขอบพระคุณสำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่คอยให้การสนับสนุนมาโดยตลอด

## เอกสารอ้างอิง

- จตุพร ตั้งศิริสกุล. (2550). การประยุกต์ใช้วัสดุติดขัดทางธรรมชาติในการเพิ่มประสิทธิภาพของก้อนอิฐดินดิบเพื่อใช้ในการก่อสร้างบ้านดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ปทุมธานี.
- จตุพร ตั้งศิริสกุล. (2550). การประยุกต์ใช้วัสดุติดขัดทางธรรมชาติในการเพิ่มประสิทธิภาพของก้อนอิฐดินดิบเพื่อใช้ในการก่อสร้างบ้านดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ปทุมธานี.
- จตุพร ตั้งศิริสกุล. (2550). การประยุกต์ใช้วัสดุติดขัดทางธรรมชาติในการเพิ่มประสิทธิภาพของก้อนอิฐดินดิบเพื่อใช้ในการก่อสร้างบ้านดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ปทุมธานี.
- จตุพร ตั้งศิริสกุล. (2550). การประยุกต์ใช้วัสดุติดขัดทางธรรมชาติในการเพิ่มประสิทธิภาพของก้อนอิฐดินดิบเพื่อใช้ในการก่อสร้างบ้านดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ปทุมธานี.
- ชูศักดิ์ คีร์รัตน์ และสุชน รุ่งเรือง. (2562). การพัฒนาก้อนอิฐดินดิบผสมไบโกลายและขุยมะพร้าวเพื่อเป็นวัสดุก่อสร้างสำหรับบ้านดิน. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 4(1), 8-15.
- ณภัทร ศรีวัฒนประยูร, นฤมล แสนเสนา, และพิมพ์ณภัท จันท์ศรี. (2552). การศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังของบ้านดิน. ใน รายงานผลการวิจัยประจำปี 2552. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ณภัทร ศรีวัฒนประยูร. (2557). เรือนำร่องของบ้านดินที่สร้างด้วยอิฐดินดิบ. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ตุลาคม 2562 จาก [https://issuu.com/irdrmutt/docs/0.2\\_\\_86229860fc90da](https://issuu.com/irdrmutt/docs/0.2__86229860fc90da).

ทรงกลด ศรีวัฒนวิทย์. (2551). การพัฒนาอิฐดินดิบผสมหญ้าแฝกเพื่อเป็นวัสดุก่อสร้างบ้านดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ทักษ์ดนัย ก่วนสกุล และเบญญาภา บุญผดุง. (2556). ความสามารถในการรับกำลังอัดสูงสุดของอิฐดินดิบที่มีขุยมะพร้าว แกลบ ผักตบชวา เป็นใยประสาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ธราดล เสาร์ชัย. (2557). บ้านดิน: คุณสมบัติที่เหมาะสมกับการก่อสร้าง และใช้สอยในประเทศไทย. วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 6(1), 109-119.

ปฐมพร พงษ์อารีย์, พิษญา เนาวโรจน์, พาวุฒิ ทอทับ, และพีรกร นิพนธ์. (2561). กำลังรับแรงเฉือนของดินทรายผสมไฟเบอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

พันธกานต์ แสนสุข, และ ภาณุพนธ์ จารุจรรย์. (2556). การศึกษาพฤติกรรมบล็อกดินดิบผสมขุยมะพร้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปทุมธานี.



- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2554. โครงการโปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์เสถียรภาพคันทางถนนเลียบคลองและถนนในพื้นที่ดินอ่อน ของกรมทางหลวงชนบท. ใน รายงานฉบับสมบูรณ์ปี 2554. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รังสรรค์ โอภาสศิริวิทย์ และวีรชัย ชันอาสา. (2545). คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียวแห้งแข็งเสริมความแข็งแรงด้วยขยะพลาสติก. ปรินญาณิพนธ์ปริญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ. กรุงเทพฯ.
- ศุภชัย มนนามอญ และพรชัย เทพปัญญา. (2557). การประเมินผลประสิทธิภาพบ้านดินในท้องถิ่นชนบท. วารสารวิทยาลัยบัณฑิตศึกษาด้านการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 7(2), 62-79.
- สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. (2554). เทคนิควิธีการสร้างบ้านดิน. วารสารวิชาการ ศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2(2), 93-102.
- สิริญา ทองชาติ. (2557). ข้อมูลลักษณะชั้นดินภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 3(2), 74-92.
- สุรพงษ์ ดาราม. 2558. ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการก่อสร้างบ้านดินด้วยอิฐดินดิบ. ใน การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 20, 8-10 กรกฎาคม 2558. (น. 534-541). ชลบุรี: ผู้แต่ง
- เสน่ห์ รัตนปัญญาเจริญ, ชัยวัฒน์ ตั้งใจ, และฤกษ์ชัย สว่างสินธุ์. (2550). การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของอิฐดินดิบผสมหญ้าแฝกและฟางข้าวเพื่อเป็นวัสดุก่อสร้างบ้านดินทุนต่ำ. ปรินญาณิพนธ์ปริญาตรี, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- เอกรัตน์ รอดบำรุง. (2545). ผลกระทบของเส้นใยโพลีเอสเตอร์ที่มีต่อคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินเหนียว. วิทยานิพนธ์ปริญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- Andersland, O. B. (1979). Shear strength of kaolinite/fiber soil mixture. In *Proc. of the 1st Int. Conf. on Soil Reinforcement*. Paris, France: np.
- Bahobail, M. A. (2012). The mud additives and their effect on thermal conductivity of adobe bricks. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 40(1), 21-34.
- Binici, H. (2017). The Engineering Properties of Traditional and Fibre Reinforced Mud Brick. *European Journal of Advances in Engineering and Technology*, 4( 5) , 311-318.
- Bock-Hyeng, C., Ofori-Boadu, A. N., Yamb-Bell, E., & Shofoluwe, M. A. (2016). Mechanical properties of sustainable adobe bricks stabilized with recycled sugarcane fiber waste. *International Journal of Engineering Research and Application*, 6(9), 50-59.
- Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering* (7th ed.). (p. 666). USA: Cengage Learning, Nelson Education.
- Delgado, M. C. J., & Guerrero, I. C. (2007). The selection of soils for unstabilised earth building: A normative review. *Construction and building materials*, 21(2), 237-251.
- Freitag, D. R. (1986). Soil randomly reinforced with fibers. *Journal of Geotechnical Engineering*, 112(8), 823-826.

- Lertwattanaruk, P., & Choksiriwana, J. (2011). The physical and thermal properties of adobe brick containing bagasse for earth construction. *International Journal of Building, Urban, Interior and Landscape Technology (BUILT)*, 1, 57-66.
- Lertwattanaruk, P., & Tungsirirakul, J. (2007). Effect of natural materials on properties of adobe brick for earth construction. *Journal of architectural/planning research and studies (JARS)*, 5(1), 185-200.
- Li, J., Tang, C., Wang, D., Pei, X., & Shi, B. (2014). Effect of discrete fibre reinforcement on soil tensile strength. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 6(2), 133-137.
- Maher, M. H., & Ho, Y. C. (1994). Mechanical properties of kaolinite/fiber soil composite. *Journal of Geotechnical Engineering*, 120(8), 1381-1393.
- Plé, O., & Lê, T. N. H. (2012). Effect of polypropylene fiber-reinforcement on the mechanical behavior of silty clay. *Geotextiles and Geomembranes*, 32, 111-116.