# ผลกระทบของเส้นใยโพลีโพรพิลีนต่อคุณสมบัติทางกลของอิฐดินดิบ

สุรพงษ์ ดาราม[1*] และสุรัตน์ ศรีจันทร์[1]

[1]ภาควิชาการออกแบบและบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
*surapong.d@itm.kmutnb.ac.th

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้เป็นผลของการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของเส้นใยโพลีโพรพิลีนต่อคุณสมบัติทางกลอิฐดินดิบ โดยดินที่ใช้ทดลองเป็นดินลูกรังจากจังหวัดปราจีนบุรี เส้นใยโพลีโพรพิลีนที่ใช้ในการทดลองมีความยาวไม่เกิน 13 มม. ปริมาณเส้นใยที่ใช้ผสมเท่ากับร้อยละ 0 0.25 0.50 0.75 และ 1 ของน้ำหนักดินแห้ง ผลการทดสอบพบว่าปริมาณเส้นใยมีผลต่อปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสม การบดอัดตัวอย่างดินที่มีเส้นใยจะต้องเพิ่มปริมาณน้ำอยู่ในช่วง 1.86 ถึง 2.17 เท่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ผลการทดสอบกำลังอัดและการทดสอบกำลังดัดพบว่าเส้นใยโพลีโพรพิลีนช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกลของอิฐดินดิบได้ ตัวอย่างที่มีปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนร้อยละ 1 มีค่ากำลังอัดและค่ากำลังดัดสูงสุด ในช่วงหลังการวิบัติเส้นใยโพลีโพรพิลีนช่วยยึดเกาะเนื้อดินไว้ทำให้เนื้อดินไม่แยกตัวจากกัน

**คำสำคัญ:** การก่อสร้างด้วยดิน อิฐดินดิบ เส้นใยโพลีโพรพิลีน คุณสมบัติทางกล

# Effect of Polypropylene Fibers on Mechanical Properties of Adobe Bricks

Surapong Daram[1*] and Surat Srichan[1]

[1]Department of Construction Design and Management, Faculty of Industrial and Technology Management
King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi Campus
*surapong.d@itm.kmutnb.ac.th

**Abstract**

This research is the result of the study on the effect of polypropylene fibers on the mechanical properties of Adobe bricks. The soil used for the experiment was laterite soil from Prachinburi Province. The polypropylene fibers used in the experiment had a length not more than 13 mm. The dosage of fibers in the mixture was 0, 0.25, 0.50, 0.75 and 1 percent of the dry soil weight. The test results showed that the amount of fibers affected the amount of water used in the mixture. The compaction of soil samples containing fibers required an increase in the amount of water between 1.86 and 2.17 times compared to the control samples. The results of the compression and flexural strength tests showed that polypropylene fibers could improve the mechanical properties of Adobe bricks. The sample containing 1 percent polypropylene fibers had the highest compressive and flexural strengths. After the failure, the polypropylene fibers helped to hold the soil together and prevented it from separating.

**Keywords:** Earthen Construction, Adobe Brick, Polypropylene Fiber, Mechanical Properties

## 1. บทนำ

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ถูกมนุษย์นำมาประยุกต์ใช้เพื่อการดำเนินชีวิต ทั้งการนำมาทำเป็นเครื่องใช้และส่วนประกอบของที่พักอาศัย ซึ่งจากหลักฐานที่ค้นพบแสดงให้เห็นว่ามีการใช้ดินมาทำเป็นที่พักอาศัยเป็นเวลาอย่างน้อย 9,000 ปีที่ผ่านมา [1-3] เมื่อมนุษย์มีการคิดค้นวัสดุก่อสร้างชนิดอื่นเช่นเหล็ก คอนกรีตทำให้การก่อสร้างอาคารด้วยวัสดุดินได้รับความนิยมลดน้อยลง เนื่องจากขีดจำกัดของรูปแบบอาคารที่ทำจากดินเอง ความต้องการรูปแบบของอาคารที่ซับซ้อนและมีภาพลักษณ์ที่ทันสมัย ปัจจุบันยังมีประชากรในโลกจำนวนมากที่ยังอาศัยอยู่ในอาคารที่ก่อสร้างด้วยวัสดุดิน [4] จากภาพที่ 1 แสดงพื้นที่ทั่วโลกที่มีการอยู่อาศัยในบ้านที่ก่อสร้างจากดิน ซึ่งจากรูปจะพบว่าพื้นที่สีเข้มจะกระจายไปทั่วโลก โดยเฉพาะโซนที่เป็นเขตแห้งแล้งมีฝนน้อยเช่นทะเลทราย จุดเด่นของการก่อสร้างด้วยวัสดุดินเป็นการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่น มีการปลดปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่น้อยกว่าวัสดุก่อสร้างชนิดอื่น สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ง่าย จากจุดเด่นเหล่านี้ทำให้งานวิจัยเกี่ยวกับการก่อสร้างด้วยวัสดุดินได้รับความสนใจที่เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากกระแสความสนใจในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและความต้องการที่จะลดการก่อเกิดสภาวะโลกร้อน

ในส่วนของประเทศไทย การก่อสร้างอาคารด้วยวัสดุดินมีหลายรูปแบบเช่น ผนังดินอัด อิฐดินดิบและผนังโครงไม้ไผ่ฉาบด้วยดิน จากการค้นคว้าข้อมูลการก่อสร้างอาคารด้วยอิฐดินดิบมีการศึกษาวิจัยอย่างแพร่หลายในหลายมหาวิทยาลัย การใช้งานจริงมักจะพบในอาคารที่ก่อสร้างในท้องถิ่น อาคารที่สำหรับเพื่อการท่องเที่ยวและร้านค้าขนาดเล็ก รูปแบบอาคารนิยม

ก่อสร้างด้วยวัสดุอิฐดินดิบ โดบจะใช้ระบบโครงสร้างผนังก่อด้วยอิฐดินเป็นผนังรับน้ำหนัก ไม่ต้องมีเสา ดินที่เหมาะสมในการทำอิฐคือดินร่วนปนทราย [1,3,5] กรณีที่แหล่งดินมีปริมาณดินเหนียวมากควรผสมทรายเพื่อลดการหดตัวของดินเหนียว ขนาดของอิฐจะถูกกำหนดด้วยน้ำหนักของอิฐเมื่อแล้วเสร็จและความหนาขององค์อาคารที่ต้องการ โดยทั่วไปนิยมใช้กันที่ขนาด 10x20x40 เซนติเมตร มีน้ำหนักประมาณ 13 กิโลกรัม 1 ตารางเมตรใช้อิฐประมาณ 25-35 ก้อน [6]

**ภาพที่ 1** พื้นที่ที่มีการอยู่อาศัยในบ้านที่ก่อสร้างจากดิน
ที่มา : [4]

การจัดทำอิฐดินดิบมักจะมีผสมเส้นใยลงไปในดินเพื่อช่วยทำให้เกิดความแข็งแรงในการยึดเกาะภายในเนื้ออิฐ เส้นใยจะช่วยกระจายแรงดึงจากการหดตัวของดินเหนียวทำให้ช่วยลดการแตกร้าวเมื่อนำอิฐไปตากแดด เส้นใยยังช่วยลดหน่วยน้ำหนักของก้อนอิฐดินดิบและเร่งเวลาในการแห้งเนื่องจากน้ำสามารถระเหยจากส่วนที่เป็นเส้นใยได้ง่ายกว่า ปริมาณส่วนของเส้นใยที่เติมลงไปอยู่ในช่วงร้อยละ 0.5-4 ขึ้นอยู่กับรูปทรงของเส้นใย ขนาด ความแข็งแรงและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยกับดิน ข้อเสียของเส้นใยคือเมื่อใส่ในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้กำลังของอิฐลดลง เส้นใยส่วนใหญ่ที่นิยมใช้จะเป็นเส้นใยจากธรรมชาติเนื่องจากเป็นสิ่งที่สามารถหาได้ง่าย ตัวอย่างเส้นใยจากธรรมชาติได้แก่แกลบ ฟางข้าว ปอ ป่าน หญ้า ใยมะพร้าว ความทนทานของเส้นใยจากธรรมชาติมีความไม่แน่นอน ในสภาพที่แห้งเส้นใยจะมีความทนทาน แต่ในสภาพที่เปียกเส้นใยจะสามารถเน่าเปื่อย เส้นใยจากธรรมชาติมีความทนทานต่อแมลงต่ำโดยเฉพาะปลวก [7] การใช้เส้นใยสังเคราะห์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่นักวิจัยให้ความสนใจที่จะนำมาใช้ทดแทนเส้นใยจากธรรมชาติเช่นการใช้เส้นใยจากพลาสติก ซึ่งตัวอย่างของงานวิจัยที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับเส้นใยพลาสติกเช่น เส้นใยโพลีสไตรีน (Polystyrene) [8] เส้นใยโพลีโพรพีลีน (Polypropylene) [9-11] จากผลงานวิจับพบว่าเส้นใยพลาสติกมีประสิทธิภาพที่ดีในการช่วยลดการหดตัว [9] เส้นใยสังเคราะห์สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของอิฐให้มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น [8-11] การศึกษาวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาถึงผลกระทบของเส้นใยโพลีโพรพีลีนที่มีต่ออิฐดินดิบ เนื่องจากในประเทศไทยยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับอิฐดินดิบที่ใช้เส้นใยพลาสติกมาเป็นส่วนผสมจำนวนไม่มาก โดยงานวิจัยเกี่ยวกับอิฐดินดิบส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นการใช้วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรเป็นหลักเช่นแกลบและฟางข้าว จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าเส้นใยพลาสติกจะมีข้อได้เปรียบที่ชัดเจนคืออายุการใช้งานที่ยาวนานและไม่มีผลกระทบจากการย่อยสลายทางชีวภาพ เส้นใยที่ใช้ในงานวิจัยได้มาจากทั้งที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายและการนำของเสียพลาสติกมาใช้เป็นเส้นใย ซึ่งในส่วนหลังนี้มักจะเป็นงานวิจัยที่ศึกษาเพื่อหาทางที่จะใช้ประโยชน์จากของเสียพลาสติกที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ผลกระทบที่ศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้จะเน้นเฉพาะผลของเส้นใยที่มีต่อคุณสมบัติทางกล โดยในส่วนผลของเส้นใยที่มีต่อความทนทานนั้นจะเป็นการศึกษาในอีกขั้นตอนต่อไป เนื่องจากการเพิ่มความทนทานให้กับอิฐดินดิบควรจะต้องมีการเพิ่มสารปรับสภาพชนิดอื่นเช่น

ปูนซีเมนต์เข้ามาผสมร่วมด้วย ผลของการวิจัยครั้งนี้จึงเป็นเหมือนส่วนเริ่มต้นเป็นการลดตัวแปรที่มีต่ออิฐดินดิบ ศึกษาเฉพาะผลกระทบจากเส้นใยเท่านั้นก่อน ผลที่ได้จากการวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลสำหรับการศึกษาวิจัยที่จะพัฒนารูปแบบการก่อสร้างด้วยวัสดุดินที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างสำหรับประเทศไทยต่อไป

## 2. วิธีดำเนินการวิจัย

### 2.1 วัสดุ

วัสดุหลักของงานวิจัยประกอบด้วยเส้นใยโพลีโพรพิลีนและดินลูกรัง เส้นใยโพลีโพรพิลีนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากประเทศจีน รายละเอียดคุณสมบัติของเส้นใยที่ใช้ในการวิจัยแสดงดังตารางที่ 1 ส่วนดินลูกรังเป็นดินที่นำมาจากภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี การเตรียมตัวอย่างดินจะดำเนินการโดยการร่อนผ่านตะแกรงตามมาตรฐาน ASTM D422 โดยส่วนที่เป็นเม็ดกรวดขนาดมากกว่า 9.50 มม. ที่ค้างตะแกรงเบอร์ 3/8 นิ้วจะถูกแยกออกไป รายละเอียดของปริมาณดินในแต่ละขนาดของตะแกรงแสดงดังตารางที่ 2 เมื่อนำข้อมูลจากตารางไปทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Cu) จะมีค่าเท่ากับ 16.55 และค่าสัมประสิทธิ์ความโค้ง (Cc) มีค่าเท่ากับ 1.03 ค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างดินมีความคละที่ดี การทดสอบความข้นเหลวของตัวอย่างดิน (Atterberg's Limit) ตามมาตรฐาน ASTM D4318 พบว่าตัวอย่างดินมีค่าพิกัดเหลว (Liquid Limit) เท่ากับร้อยละ 39 และค่าพิกัดพลาสติค (Plastic Limit) เท่ากับร้อยละ 25

**ตารางที่ 1** คุณสมบัติของเส้นใยโพลีโพรพิลีน

| ความ หนาแน่น ($kg/m^3$) | ความยาว (mm) | เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm) | จุดเดือด (°C) | กำลังดึง (MPa) | ความทนต่อสารอัลคาไล |
|---|---|---|---|---|---|
| 910 | 13 | 0.07 | 162 | 600 | สูง |

**ตารางที่ 2** ผลการวิเคราะห์ขนาดเม็ดดินด้วยตะแกรง

| ขนาดตะแกรง | ขนาดของช่องเปิดตะแกรง (mm) | ปริมาณของดินที่ค้างตะแกรง (%) | ปริมาณของดินค้างสะสม (%) | ปริมาณของดินส่วนที่ผ่านตะแกรง (%) |
|---|---|---|---|---|
| 3/8" | 9.50 | 14.96 | 14.96 | 85.04 |
| No.4 | 4.75 | 24.24 | 39.20 | 60.80 |
| No.10 | 2.00 | 25.56 | 64.76 | 35.24 |
| No.20 | 0.85 | 10.46 | 75.22 | 24.78 |
| No.40 | 0.42 | 9.46 | 84.68 | 15.32 |
| No.60 | 0.25 | 7.16 | 91.84 | 8.16 |
| No.100 | 0.15 | 3.84 | 95.68 | 4.32 |
| No.200 | 0.075 | 3.22 | 98.90 | 1.10 |
| PAN | 0.00 | 1.10 | 100.00 | 0.00 |

**2.2 การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบ**

ดินตัวอย่างจะถูกผสมเพื่อจัดทำก้อนอิฐดินดิบขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร การเติมเส้นใยโพลีโพรพิลีนในตัวอย่างดินจะมีค่าที่ปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักเท่ากับ 0 0.25 0.50 และ 1.00 โดยตัวอย่างที่มีปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนร้อยละ 0 จะใช้เป็นตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างอิฐจะถูกตากแดดเพื่อให้อิฐแห้งเป็นเวลา 14 วัน ภาพที่ 2 แสดงถึงขั้นตอนการเตรียมผสมดินกับเส้นใยโพลีโพรพิลีนและตัวอย่างอิฐดินดิบที่ตากแห้งแล้ว การทดสอบในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย การทดสอบการบดอัดดิน การทดสอบค่ากำลังอัดและการทดสอบค่ากำลังดัด แสดงลักษณะของการทดสอบดังภาพที่ 3 โดยในช่วงก่อนการผสมจะทำการทดสอบการบดอัดตามมาตรฐาน ASTM D698 เพื่อศึกษาถึงผลของเส้นใยโพลีโพรพิลีนที่มีต่อค่าปริมาณน้ำที่จะใช้ผสม ส่วนการทดสอบค่ากำลังอัดและค่ากำลังดัดจะทดสอบอิฐดินดิบที่ตากแห้งแล้ว โดยทั้ง 2 การทดสอบนี้จะใช้จำนวนตัวอย่างในแต่การทดสอบเท่ากับ 3 ตัวอย่างเพื่อหาค่าเฉลี่ย

**(ก)** การเตรียมผสมดินกับเส้นใยโพลีโพรพิลีน

**(ข)** ตัวอย่างอิฐดินดิบที่ตากแห้งแล้ว

**ภาพที่ 2** การเตรียมตัวอย่างอิฐดินดิบ

**(ค)** การทดสอบการบดอัดดิน

**(ง)** การทดสอบกำลังอัด

**(จ)** การทดสอบกำลังดัด

**ภาพที่ 3** การทดสอบที่ใช้ในงานวิจัย

**3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล**

**3.1 ผลของการทดสอบการบดอัดดินและการกำหนดปริมาณน้ำในส่วนผสม**

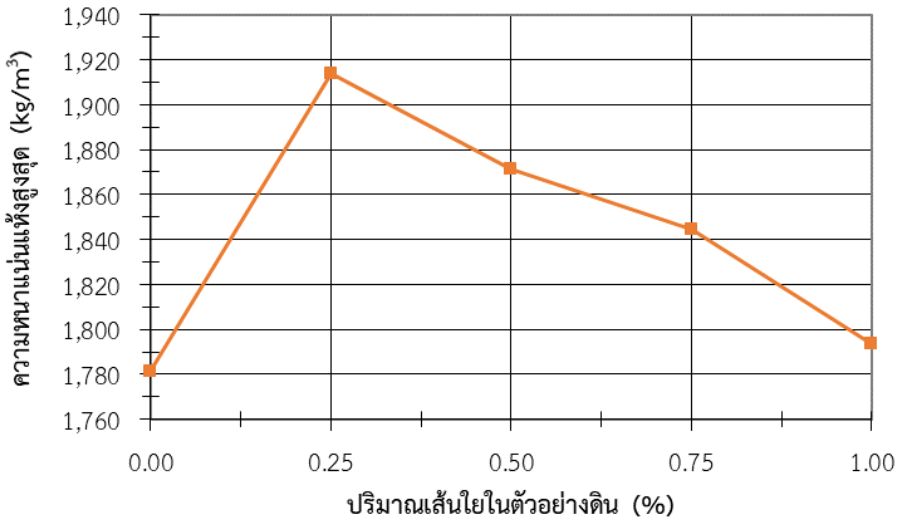
การทดสอบการบดอัดดินเป็นการใช้พลังงานในการอัดขึ้นรูปดินเพื่อให้ได้ความหนาแน่นมากที่สุด โดยมีจะตัวแปรคือปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสม ผลการทดสอบจะทำให้ทราบถึงความหนาแน่นดินสูงสุดและปริมาณน้ำที่เหมาะสม ซึ่งปริมาณน้ำที่มากหรือน้อยเกินไปจากจุดเหมาะสมนี้ก็จะทำให้การบดอัดดินไม่ได้ค่าความหนาแน่นสูงสุด ผลการทดสอบการบดอัดดินที่มีการผสมเส้นใยโพลีโพรพิลีนแสดงได้ดังตารางที่ 3 และภาพที่ 4 ซึ่งจากข้อมูลการบดอัดจะพบว่าปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนมีผลต่อปริมาณน้ำที่ใช้ผสมทำให้ได้ค่าความหนาแน่นสูงสุด เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมจะพบว่าปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้นจะต้อง

ใช้ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น 1.86 ถึง 2.17 เท่า ผลการทดสอบนี้ทำให้ทราบว่าเส้นใยโพลีโพรพิลีนจะมีดูดซับน้ำไว้ทำให้ต้องใช้ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นในการผสม [12] ส่วนตัวอย่างที่มีค่าปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนที่ร้อยละ 0.25 มีค่าความหนาแน่นที่สูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าผลจากปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนในปริมาณเล็กน้อยมีผลช่วยลดปริมาณช่องว่างของดินได้ โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเส้นใยที่มีผลต่อค่าความหนาแน่นสูงสุดของดินนี้ยังไม่สามารถสรุปเป็นหลักการที่ชัดเจน ผลการทดสอบขึ้นอยู่กับชนิดของดินและชนิดของเส้นใยที่ใช้ [12] จากภาพที่ 4 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนมากขึ้นทำให้ค่าความหนาแน่นสูงสุดของตัวอย่างดินลดลง ซึ่งค่าความหนาแน่นที่ลดลงเป็นผลจากค่าความหนาแน่นของเส้นใยโพลีโพรพิลีนที่มีค่าที่ต่ำกว่าดินลูกรัง เมื่อปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนแทนที่ในดินมีผลทำให้ค่าความหนาแน่นของตัวอย่างลดลง [12, 13]

การหล่อก้อนอิฐดินดิบจะเป็นการขึ้นรูปอิฐโดยไม่ใช้พลังงานในการอัดแน่น ดังนั้นปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมดินจะต้องมีความข้นเหลวที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยแบบหล่อ จากค่าปริมาณน้ำที่ได้จากการทดสอบการบดอัดตามตารางที่ 3 จะพบว่าค่าปริมาณน้ำสูงที่สุดคือร้อยละ 15.20 ค่าปริมาณน้ำที่ได้นี้ได้ถูกนำไปทดลองหล่อก้อนตัวอย่างอิฐดินดิบเพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปอิฐแสดงได้ดังภาพที่ 5 ซึ่งจากภาพจะพบว่าตัวอย่างอิฐดินดิบที่ใช้ปริมาณน้ำผสมที่ร้อยละ 15 ยังมีโพรงบริเวณด้านข้างของอิฐ เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำในส่วนผสมจะพบว่าสภาพผิวของอิฐดินดิบมีความเรียบเพิ่มมากขึ้น ตัวอย่างอิฐดินดิบที่ใช้ปริมาณน้ำผสมเกินร้อยละ 20 พบว่าจะมีปริมาณน้ำส่วนเกินที่เยิ้มล้นออกจากตัวอิฐ จากผลการทดสอบทำให้สามารถกำหนดปริมาณน้ำที่จะใช้ในการผสม โดยจะถูกกำหนดให้อยู่ในช่วงร้อยละ 17 ถึง 20 ตัวอย่างควบคุมที่ไม่ผสมเส้นใยโพลีโพรพิลีนจะใช้ปริมาณน้ำผสมที่ร้อยละ 17 ส่วนตัวอย่างอื่น ๆ จะมีการปรับเพิ่มปริมาณน้ำร้อยละ 1 ถึง 3 ตามสภาพอากาศ อุณหภูมิและความชื้นของอากาศ เพื่อให้ลักษณะของอิฐดินดิบมีสภาพผิวที่ใกล้เคียงกัน ระหว่างการทดสอบตัวอย่างดินและเส้นใยโพลีโพรพิลีนจะถูกเก็บอยู่ในถังที่ปิดอย่างมิดชิดไม่ให้สัมผัสกับความชื้นจากภายนอกเพื่อควบคุมความสม่ำเสมอของตัวอย่าง

**ตารางที่ 3** ผลการทดสอบการบดอัดดินลูกรังผสมเส้นใยโพลีโพรพิลีน

| รายละเอียด | ปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนในดินโดยน้ำหนัก (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0.00 | 0.25 | 0.50 | 0.75 | 1.00 |
| ปริมาณน้ำในดิน (%) | 6.40 | 13.00 | 13.40 | 15.20 | 13.20 |
| ความหนาแน่นดินแห้งสูงสุด (kg/m$^3$) | 1,781 | 1,914 | 1,872 | 1,845 | 1,794 |




**ภาพที่ 4** ผลของปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนที่มีต่อความหนาแน่นแห้งสูงสุดของตัวอย่างดินลูกรัง

ปริมาณน้ำร้อยละ 15

ปริมาณน้ำร้อยละ 17

ปริมาณน้ำร้อยละ 18

ปริมาณน้ำร้อยละ 20

**ภาพที่ 5** ลักษณะของอิฐดินดิบที่ปริมาณน้ำในส่วนผสมร้อยละ 15 ถึง 20

**3.2 ผลของการทดสอบค่ากำลังอัดและค่ากำลังดัด**

อาคารที่ก่อสร้างด้วยอิฐดินดิบ โดยทั่วไปจะเป็นระบบผนังรับแรง การออกแบบหรือกำหนดขนาดโครงสร้างจึงต้องมีการใช้ขนาดของโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่เช่นการก่อสร้างผนังดินมักจะนิยมให้มีขนาดอย่างน้อย 25 ถึง 30 เซนติเมตร การเผื่อขนาดให้ใหญ่ขึ้นนี้ส่วนหนึ่งเป็นการคำนึงถึงผลของความทนทานของวัสดุดินที่มักจะไม่มีความทนทานต่อน้ำ ซึ่งอาจจะมาจากน้ำฝนหรือความชื้นจากพื้นดิน [14] การเพิ่มความทนทานให้กับอาคารที่ก่อสร้างด้วยอิฐดินดิบสามารถเพิ่มได้โดยการเติมสารปรับสภาพเช่นปูนซีเมนต์ [15,16] การจัดการรูปแบบของอาคารให้เหมาะสมเพื่อช่วยป้องกันปัญหาจากน้ำ [17,18] เช่น โครงสร้างอาคารควรตั้งอยู่บนที่สูง ไกลจากแหล่งน้ำขัง ทางน้ำผ่านหรือพื้นที่ที่การระบายน้ำไม่ดี การวางผังตัวบ้านควรให้สอดคล้องกับทิศทางแดดและลม มีช่องเปิดเพื่อรับและระบายลม หลังคาควรจะมีชายคายื่นอย่างน้อย 1 ถึง 1.5 เมตร เพื่อให้เพียงพอสำหรับการช่วยกันน้ำฝน การระบายน้ำจะต้องดำเนินการให้ห่างจากโครงสร้างบ้านเพื่อให้น้ำอยู่ห่างจากฐานรากและส่วนผนังที่ติดพื้น

คุณสมบัติทางกลของวัสดุเป็นสมบัติที่จำเป็นสำหรับงานวิศวกรรม วิธีการทดสอบวัสดุก่อสร้างที่ใช้ทดสอบกันทั่วไปได้แก่การทดสอบค่ากำลังอัด ค่ากำลังดัดและค่ากำลังดึง การเลือกวิธีการทดสอบขึ้นอยู่กับความเหมาะสมสำหรับงานวัสดุชนิดนั้น ๆ และอุปกรณ์ เครื่องมือที่มีอยู่ ในส่วนงานก่อสร้างด้วยวัสดุดินเช่นอาคารก่อสร้างด้วยอิฐดินดิบ การก่อสร้างมักจะเป็นงานขนาดเล็กและไม่มีการควบคุมคุณภาพของวัสดุที่ใช้ การทดสอบคุณสมบัติทางกลที่นิยมทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพของอิฐดินดิบในจุดก่อสร้าง มักจะใช้การทดสอบกำลังดัด เนื่องจากสามารถประยุกต์ใช้เครื่องมือที่มีอยู่ที่โครงการก่อสร้างเพื่อนำมาใช้ในการทดสอบได้ [19] ส่วนการทดสอบค่ากำลังอัดมักจะนิยมทดสอบในห้องปฏิบัติการเนื่องจากเป็นการทดสอบที่เป็นพื้นฐานสำหรับวัสดุก่อสร้างทั่วไป ค่ามาตรฐานของค่ากำลังอัดของอิฐดินดิบขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของแต่ละประเทศ โดยจะมีค่าขั้นต่ำอยู่ในช่วง 9-20 ksc. ส่วนค่ากำลังอัดที่พบมากที่สุดในผลงานวิจัยจะมีค่าอยู่ในช่วง 5-15 ksc. ส่วนค่ามาตรฐานของค่ากำลังดัดจะมีค่าขั้นต่ำอยู่ในช่วง 2.5-3.5 ksc. ค่ากำลังดัดที่พบมากที่สุดในผลงานวิจัยจะมีค่าอยู่ในช่วง 1-2 ksc. [20] ค่ากำลังดัดจะมีค่าประมาณร้อยละ 10 ถึง 20 ของค่ากำลังอัด ขึ้นอยู่กับลักษณะของอิฐ ส่วนผสมที่ใช้ ชนิดเส้นใยและสารปรับสภาพที่ใช้ [21]

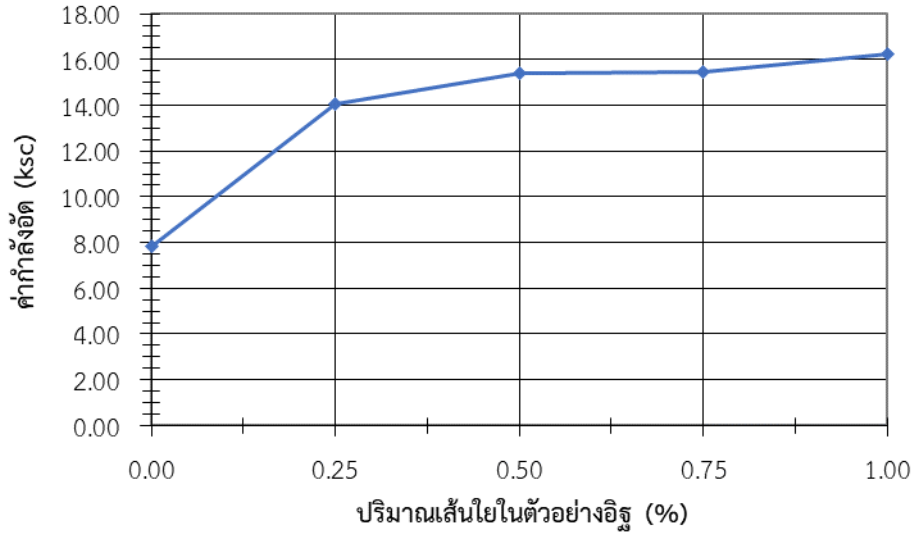
หลังจากผสมเมื่อตัวอย่างอิฐดินดิบถูกทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 14 วัน ก้อนตัวอย่างอิฐจะถูกนำไปทดสอบทั้งค่ากำลังอัดและค่ากำลังดัด ผลการทดสอบของทั้งสองการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4 จากตารางจะพบว่าปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนใน

อิฐดินดิบที่เพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ค่ากำลังอัดและค่ากำลังดัดเพิ่มขึ้น ค่ากำลังอัดมีค่าเพิ่มมากขึ้นอยู่ในช่วง 1.80 ถึง 2.07 เท่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ค่ากำลังดัดมีค่าเพิ่มมากขึ้นอยู่ในช่วง 1.24 ถึง 1.73 เท่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยตัวอย่างอิฐดินดิบที่มีปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนในส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 1 มีค่ากำลังอัดและค่ากำลังดัดสูงสุด จากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่าปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้นมีผลกระทบที่ไม่ชัดเจนต่อค่ากำลังอัด ต่างกับผลการทดสอบค่ากำลังดัดดังภาพที่ 6 จะพบว่าปริมาณเส้นใยที่เพิ่มมากขึ้นมีแนวโน้มที่ค่ากำลังดัดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อเทียบค่ากำลังอัดและค่ากำลังดัดของค่ามาตรฐานกับผลการทดสอบจะพบว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการผสมเส้นใยโพลีโพรพิลีนมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานกำหนดเล็กน้อย โดยมีค่ากำลังอัดและค่ากำลังดัดเท่ากับ 7.84 ksc. และ 1.44 ksc. ตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับการผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานคือตัวอย่างที่มีปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนในส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 1 ซึ่งมีค่ากำลังอัดและค่ากำลังดัดเท่ากับ 16.25 ksc. และ 2.49 ksc. ในการพัฒนาให้ก้อนอิฐดินดิบให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานควรมีการเติมปูนซีเมนต์เข้าไปในส่วนผสม ซึ่งปูนซีเมนต์เป็นวัสดุที่มีจำหน่ายทั่วไปและยังช่วยทำให้ก้อนอิฐดินดิบมีความทนทานต่อน้ำเพิ่มมากขึ้นด้วย

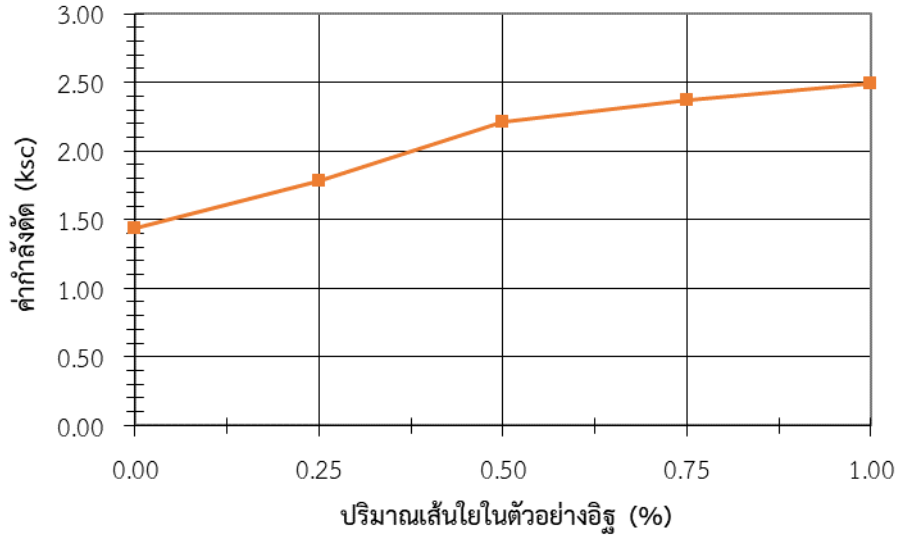
การเติมเส้นใยโพลีโพรพิลีนลงในอิฐดินดิบยังช่วยในการยึดเกาะของก้อนดินทำให้หลุดจากกันน้อยลง จากภาพที่ 7 และ 8 เป็นภาพที่แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการวิบัติของตัวอย่างอิฐดินดิบที่มีและไม่มีเส้นใย ในส่วนของตัวอย่างที่ทดสอบกำลังอัดเป็นตัวอย่างที่ชัดเจนว่าเส้นใยโพลีโพรพิลีนช่วยยึดเกาะเนื้อดินไม่ให้หลุดแยกจากกัน ถึงแม้จะอิฐดินดิบจะเสียรูปไปแล้วก็ตาม ส่วนการทดสอบกำลังดัดพบว่าเส้นใยโพลีโพรพิลีนในก้อนอิฐดินดิบช่วยรับแรงดัดได้ดี ไม่มีการแตกแยกบริเวณจุดที่มีโมเมนต์ดัดสูงสุดและช่วยยึดเกาะเนื้อดินไม่ให้หลุดจากกัน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเส้นใยกับเนื้อดินที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความต้านทานการเสียรูปของดิน สามารถแบ่งความสัมพันธ์นี้เป็น 3 รูปแบบคือความต้านทานแรงเสียดทาน (Frictional Resistance) การยึดประสานกันภายใน (Interlocking) และการเชื่อมยึดแรงดึง (Tensile Bridging) โดยผลที่เกิดขึ้นจะเป็นปรากฏการณ์แบบร่วมกันกล่าวคือปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้นก็จะเพิ่มพื้นที่ผิวรวมของเส้นใยที่จะยึดเกาะกับเนื้อดิน ทำให้มีแรงต้านที่เกิดจากแรงเสียดทานที่เพิ่มมากขึ้น เส้นใยที่มีความอ่อนตัวแทรกไปตามก้อนเม็ดดินทำให้เกิดการยึดประสานกันภายในและเมื่อเกิดรอยร้าวขึ้น เส้นใยยังช่วยทำหน้าที่เป็น "สะพาน" ข้ามระนาบที่อาจเกิดการแตกแยก ป้องกันไม่ให้รอยแตกร้าวแพร่กระจายและเพิ่มกำลังของแรงดึงของดิน [22]

**ตารางที่ 4** ผลการทดสอบค่ากำลังอัดและค่ากำลังดัดของอิฐดินดิบผสมเส้นใยโพลีโพรพิลีน

| **รายละเอียด** | | **ปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนในตัวอย่างอิฐโดยน้ำหนัก (%)** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **0.00** | **0.25** | **0.50** | **0.75** | **1.00** |
| **ค่ากำลังอัด (ksc)** | ตัวอย่างที่ 1 | 7.82 | 14.18 | 16.60 | 16.67 | 14.33 |
| | ตัวอย่างที่ 2 | 7.99 | 14.32 | 14.66 | 14.16 | 16.71 |
| | ตัวอย่างที่ 3 | 7.71 | 13.72 | 14.96 | 15.53 | 17.67 |
| | **ค่าเฉลี่ย** | **7.84** | **14.07** | **15.41** | **15.45** | **16.24** |
| **ค่ากำลังดัด (ksc)** | ตัวอย่างที่ 1 | 1.36 | 1.99 | 2.16 | 2.63 | 2.51 |
| | ตัวอย่างที่ 2 | 1.67 | 1.80 | 2.23 | 2.08 | 2.56 |
| | ตัวอย่างที่ 3 | 1.29 | 1.54 | 2.25 | 2.39 | 2.41 |
| | **ค่าเฉลี่ย** | **1.44** | **1.78** | **2.21** | **2.37** | **2.49** |




**ภาพที่ 5** ผลของปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนที่มีต่อค่ากำลังอัดของตัวอย่างอิฐดินดิบ

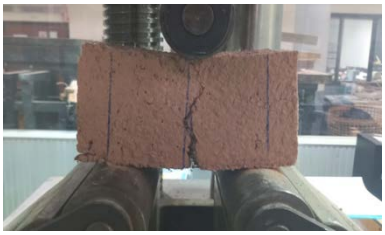



**ภาพที่ 6** ผลของปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนที่มีต่อค่ากำลังดัดของตัวอย่างอิฐดินดิบ

ปริมาณเส้นใยร้อยละ 0

ปริมาณเส้นใยร้อยละ 1

**ภาพที่ 7** การเปรียบเทียบสภาพของตัวอย่างอิฐดินดิบหลังการทดสอบกำลังอัด


ปริมาณเส้นใยร้อยละ 0

ปริมาณเส้นใยร้อยละ 1

**ภาพที่ 8** การเปรียบเทียบสภาพของตัวอย่างหลังการทดสอบกำลังดัด

**4. สรุปผลการวิจัย**

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนมีการดูดซับน้ำทำให้ต้องใช้ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมที่มากขึ้นเมื่อใช้ปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนที่มากขึ้น การบดอัดตัวอย่างดินที่มีเส้นใยโพลีโพรพิลีนจะต้องเพิ่มปริมาณน้ำอยู่ในช่วง 1.86 ถึง 2.17 เท่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม การผสมอิฐดินดิบใช้ปริมาณน้ำที่มากกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบการบดอัดดินเนื่องจากต้องคำนึงถึงผลจากการหล่อก้อนอิฐ ผลการทดสอบกำลังอัดและการทดสอบกำลังดัดพบว่าเส้นใยโพลีโพรพิลีนสามารถช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกลของอิฐดินดิบได้ ค่ากำลังอัดมีค่าเพิ่มมากขึ้นอยู่ในช่วง 1.80 ถึง 2.07 เท่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ค่ากำลังดัดมีค่าเพิ่มมากขึ้นอยู่ในช่วง 1.24 ถึง 1.73 เท่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างที่มีปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนร้อยละ 1 มีค่ากำลังอัดและค่ากำลังดัดสูงสุด ในช่วงหลังการวิบัติเส้นใยโพลีโพรพิลีนช่วยยึดเกาะเนื้อดินไว้ทำให้เนื้อดินไม่แยกตัวจากกัน

**5. กิตติกรรมประกาศ**

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม ผู้ให้ทุนวิจัยโครงการวิจัยต่อยอดประจำปีงบประมาณ 2566 ซึ่งเป็นโครงการวิจัยที่พัฒนาต่อจากงานวิจัยของนักศึกษาระดับปริญญาตรีประกอบด้วย นายยุทธนา นิลสอน นางสาวมัชฌิมา ผาใต้ นายภาคภูมิ ลิ้มเสน่ห์และนายจารณ พารุณ ผู้วิจัยขอขอบคุณฝ่ายบริหาร คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ของคณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี ที่คอยให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนโครงการวิจัยมาโดยตลอด

**6. เอกสารอ้างอิง (References)**

[1] Minke G. (2006). Building with earth: design and technology of a sustainable architecture. Basel- Berlin-Boston: Birkhäuser.

[2] Berge, B. (2009). The ecology of building materials (2nd ed.). Routledge.

[3] Hall, M. R., Lindsay, R., & Krayenhoff, M. (Eds.). (2012). Modern earth buildings: Materials, engineering, constructions and applications. Elsevier.

[4] Jannat, N., Hussien, A., Abdullah, B., & Cotgrave, A. (2020). Application of agro and non-agro waste materials for unfired earth blocks construction: A review. Construction and Building Materials, 254, 119346. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119346

[5] Thomas Dominguez. (2011). ABCs of making adobe bricks. Guide G-521. New Mexico State University. https://pubs.nmsu.edu/_g/G521.pdf

[6] Waengyai Agricultural extension Office. (2025). Khon tid din. (In Thai)

http://waengyai.khonkaen.doae.go.th/ upload/photo/data/202306151603241KPEhYbw.pdf

[7] Bahobail, M. A. (2012). The mud additives and their effect on thermal conductivity of adobe bricks. Journal of Engineering Sciences, 40(1), 21-34.

[8] 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.

[9] Bertelsen, I. M. G., Belmonte, L. J., Fischer, G., & Ottosen, L. M. (2021). Influence of synthetic waste fibres on drying shrinkage cracking and mechanical properties of adobe materials. Construction and Building Materials, 286, 122738. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.122738

[10] Salaou, M. L. N., Thuo, J. N., Kabubo, C., & Gariy, Z. (2021). Performance of polypropylene fibre reinforced laterite masonry bricks. Civil Engineering and Architecture, 9, 2178-2186.

[11] Donkor, P., Obonyo, E., Matta, F., & Erdogmus, E. (2014). Effect of Polypropylene fiber length on the flexural and compressive strength of compressed stabilized earth blocks. In Construction Research Congress 2014: Construction in a Global Network (pp. 661-670).

[12] Shukla, S. K. (2017). Fundamentals of Fibre-Reinforced Soil Engineering (1st ed.). Singapore: Springer Singapore.

[13] Lachheb, M., Youssef, N., & Younsi, Z. (2023). A Comprehensive Review of the Improvement of the Thermal and Mechanical Properties of Unfired Clay Bricks by Incorporating Waste Materials. Buildings, 13(9), 2314. https://doi.org/10.3390/buildings13092314

[14] Rodríguez-Díaz, M. Á., Saroza-Horta, B., Nolasco Ruiz-Sánchez, P., Barroso-Valdés, I. J., Ariznavarreta-Fernández, F., & González-Coto, F. (2014). Some recommendations for the construction of walls using adobe bricks. Dyna, 81(185), 145-152.

[15] Mrema, G. C., Food And Agriculture Organization Of The United Nations & Technical Centre For Agricultural And Rural Cooperation. (2011). Rural Structures in the Tropics: Design and Development. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

[16] Bahobail, M. A. (2012). The mud additives and their effect on thermal conductivity of adobe bricks. Journal of Engineering Sciences, Assiut University, 40(1), 21-34. https://doi.org/10.21608/jesaun.2012.112711

[17] Morton, T. (2008). Earth masonry: Design and construction guidelines. IHS BRE Press.

[18] Calkins, M. (2008). Materials for sustainable sites: a complete guide to the evaluation, selection, and use of sustainable construction materials. John wiley & sons

[19] Bureau of Indian Standards. (1993). IS 13828:1993 Improving earthquake resistance of low strength masonry buildings-Guidelines. New Delhi, India.

[20] Piani, T. L., Weerheijm, J., & Sluys, L. J. (2022). Critical review on the material characterization of adobe elements. Journal of Green Building, 17(3), 203-226. doi:10.3992/jgb.17.3.203

[21] Standards New Zealand. (1998). NZS 4298:1998 Materials and workmanship for earth buildings. Standards New Zealand, Wellington.

[22] Azzam, W., & Arab, M. G. (2022). The use of fiber to improve the characteristics of collapsible soil stabilized with cement. Geotechnical and Geological Engineering, 40(4), 2079-2092.