

# ผลของใบหญ้าแฝกที่มีต่อกำลังรับแรงอัดและพฤติกรรมแบบเหนียวของอิฐดินดิบ

## The Effect of Vetiver Grass Leaf on The Compressive Strength and Ductile Behavior of Adobe Bricks

เอกพิสิษฐ์ บรรจงเกลี้ยง<sup>1\*</sup> ปิติวัฒน์ วัฒนชัย<sup>2</sup> กนกวรรณ อาจุอุดร<sup>3</sup> และชิตชนก บัวสร้อย<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup>อาจารย์, หลักสูตรวิศวกรรมบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

<sup>2</sup>ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>3</sup>วิศวกรโยธา, กรุงเทพมหานคร

<sup>4</sup>วิศวกรโยธา, บริษัท สหกล อีควิฟเมนต์ จำกัด มหาชน

Eakphisit Banjongkiliang<sup>1\*</sup> Pitiwat Wattanachai<sup>2</sup> Kanokwan Ard-udon<sup>3</sup> and Chidchanok Buasoi<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup> Lecturer, Construction Management Engineering Program, Faculty of Industrial Technology,  
Uttaradit Rajabhat University

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University.

<sup>3</sup> Civil Engineer, Bangkok

<sup>4</sup> Civil Engineer, Sahakol Equipment Public Company Limited, Bangkok.

\*E-mail: eakphisit@hotmail.com

### บทคัดย่อ

จากแนวคิดในการใช้ชีวิตแบบพึ่งพาตนเองและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การหันกลับมาสร้างบ้านพักอาศัยด้วยบ้านดินในประเทศไทยจึงเป็นแนวคิดที่น่าสนใจ อย่างไรก็ตามมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงสภาพของอิฐดินดิบเพื่อให้มีคุณสมบัติทางกลและอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้ใบหญ้าแฝกแบบสั้น ความยาว 2 4 และ 6 เซนติเมตร ต่อคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงอัดและพฤติกรรมแบบเหนียวของอิฐดินดิบ ปริมาณใบหญ้าแฝกแบบสั้นที่ใช้ต่อน้ำหนักของดินและทรายเป็นร้อยละ 0.0, 0.5, 1.0 และ 1.5 ผลการวิจัยพบว่าการใช้ทรายช่วยให้ขั้นตอนการผสมอิฐดินดิบสะดวกและง่ายขึ้น และช่วยลดการหดตัวและแตกร้าวของอิฐดินดิบเมื่อแห้ง การใช้ใบหญ้าแฝกแบบสั้นส่งผลให้ทั้งความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของอิฐดินดิบลดลงจากการแทนที่มวลดินและทรายในอิฐดินดิบด้วยใบหญ้าแฝกที่มีลักษณะกลวง อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้ใบหญ้าแฝกแบบสั้นช่วยปรับปรุงพฤติกรรมแบบเหนียวภายใต้การรับแรงอัดของอิฐดินดิบอย่างชัดเจน

**คำสำคัญ:** อิฐดินดิบ ใบหญ้าแฝกแบบสั้น กำลังรับแรงอัด พฤติกรรมแบบเหนียว บ้านดิน

### Abstract

With ideas about self-reliance living and environment conservation, return of adobe house construction once again in Thailand is very interesting. However, adobe stabilization was need to improve its mechanical properties and to extent its service life. The objective of this research is to study the effect of short vetiver grass leaf, which has 2, 4 and 6 cm. fiber length, on the compressive strength and ductile behavior of 10x10x10 cm. adobe bricks. The short vetiver grass leaf content was 0, 0.5, 1 and 1.5 percent by weight of soil and sand. The results showed that adding sand to soil made adobe mixing process be easy and reduced both shrinkage and cracks in dried adobe bricks. Using Vetiver grass leaf reduced both unit weight and compressive strength of adobe bricks because of the hollow structure of Vetiver grass leaf. However, adding vetiver grass leaf in adobe can obviously improve ductile behavior of adobe bricks.

**Keywords:** Adobe, Short vetiver grass leaf, Compressive strength, Ductile behavior

### 1. บทนำ

บ้านดิน (Adobe หรือ Earth House) เป็นหนึ่งในที่อยู่อาศัยที่เก่าแก่และแพร่หลายที่สุดในโลก มีต้นทุนต่ำ ก่อสร้างง่ายด้วยวัสดุที่มีในท้องถิ่น เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งผู้สร้างยังสามารถปรับปรุงดินให้มีคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงและความทนทานให้ดีขึ้นได้ นอกจากนี้อิฐดินดิบยังเป็นวัสดุมวลสาร (Thermal Mass) และกันเสียงที่ดี นอกจากนี้ยังสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำหรือเสื่อมสลายคืนสู่ธรรมชาติโดยไม่เป็นอันตราย (Moral, et al., 2001) Dethier (1982) ระบุว่าประชากรโลกราวร้อยละ 50 พักอาศัยอยู่ในบ้านดิน

สำหรับประเทศไทย ในอดีตการสร้างบ้านด้วยดินไม่ใช้วัฒนธรรมหลัก โดยนิยมสร้างบ้านด้วยไม้และยกใต้ถุนสูง เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายจากน้ำท่วม อย่างไรก็ตามมีบางพื้นที่ที่ก่อสร้างบ้านดินเป็นที่พักอาศัย เช่น ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งในปัจจุบันยังอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ มีอายุยาวนานกว่า 100 ปี จนถึงปัจจุบัน (Sangchaya, 1994)

ทั้งนี้ประมาณ 10 กว่าปีที่ผ่านมา นายโจน จันโต ได้นำเทคนิคการสร้างบ้านดินจากรัฐนิวเจอร์ซีย์ ประเทศสหรัฐอเมริกา มาทดลองสร้างบ้านพักอาศัยราคาถูกลงด้วยตนเอง ที่จังหวัดยโสธร ซึ่งมีสภาพอากาศคล้ายคลึงกับรัฐนิวเจอร์ซีย์ และเพราะความสนใจของประชาชนในประเทศไทยในการใช้ชีวิตด้วยการพึ่งพาตนเอง จึงทำให้การปลูกสร้างบ้านดินมีความนิยมมากขึ้น และมีศูนย์การเรียนรู้การสร้างบ้านดินอยู่ทั่วทั้งประเทศไทย ในปัจจุบัน (Sinlapasai, 2003)

การที่การสร้างบ้านดินไม่ใช้วัฒนธรรมหลักในประเทศไทย งานวิจัยจึงแสดงข้อมูลเบื้องต้นเพื่อแสดงความเหมาะสมของการสร้างบ้านดินในประเทศไทย รวมถึงแนวทางในการปรับปรุงบ้านดิน ดังต่อไปนี้

### 1.1 ความเหมาะสมของการสร้างบ้านดินในประเทศไทย

ในประเทศไทย ดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งใช้ในการปลูกข้าวเป็นดินเหนียว และดินที่มีคุณสมบัติในการยึดเกาะ คือ มีส่วนประกอบของดินเหนียวยังหาได้ง่ายในหลายพื้นที่ทั่วประเทศ (National Geographical Committee, 1984) สามารถทำเป็นอิฐดินดิบได้ที่มีต้นทุนต่ำได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ทั้งนี้หลายพื้นที่ในประเทศไทยไม่มีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม เช่น พื้นที่หลายส่วนในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีสภาพเป็นพื้นที่สูงและภูเขา พื้นที่ในภาคอื่น ๆ ที่ตั้งบนที่สูง เป็นต้น ในขณะที่พื้นที่ภาคกลางซึ่งเป็นลุ่มแม่น้ำหรือพื้นที่ลุ่มแม่น้ำอื่น ๆ รวมถึงพื้นที่ภาคใต้ที่มีฝนชุก มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,300 มิลลิเมตรต่อปี (Thai Meteorological Department, 2007) มีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม เช่น ในปี 2554 ที่เกิดน้ำท่วมใหญ่ในพื้นที่ภาคใต้และภาคกลาง (Thai Meteorological Department, 2007; United Nations Thailand, 2008) ทั้งนี้ผนังบ้านดินยังมีความเหมาะสมเป็นวัสดุเก็บความร้อน (Thermal Mass) ที่สามารถสร้างภาวะสบายทางอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมที่มีผลต่างของอุณหภูมิในกลางวันและกลางคืนไม่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ดังเช่นในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่มีผลต่างของอุณหภูมิในกลางวันและกลางคืนเฉลี่ย 15 องศาเซลเซียส (Thai Meteorological Department, 2007) อย่างไรก็ตามสภาพอากาศประเทศไทยที่มีปริมาณฝนมาก มีปริมาณฝนเฉลี่ยในช่วง 1,200-1,600 มิลลิเมตรต่อปี (Thai Meteorological Department, 2007) จึงควรทำการปรับปรุงสภาพให้อิฐดินดิบให้มีความต้านทานต่อการชะล้างด้วยฝนมากขึ้น (Water Resistant) และหรือออกแบบชายคา กันฝนให้เหมาะสม

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่ามีความเหมาะสมที่จะสร้างบ้านดินเป็นที่พักอาศัยในประเทศไทยตามข้อควรพิจารณาดังกล่าว

### 1.2 แนวทางการปรับปรุงคุณสมบัติทางกลและความต้านทานต่อการชะล้างด้วยฝนของอิฐดินดิบ

เพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน (Service Life) ผนังบ้านดิน อิฐดินดิบควรได้รับการปรับปรุงสภาพดิน (Soil Stabilization) เพื่อให้มีคุณสมบัติทางกล ได้แก่ กำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) กำลังรับแรงดัด (Flexural Strength) พฤติกรรมแบบเหนียว (Ductile Behavior) รวมถึงความต้านทานต่อการชะล้างด้วยฝน ทั้งนี้การศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการปรับปรุงสภาพอิฐดินดิบให้มีคุณสมบัติดีขึ้นที่คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองไว้ก่อนหน้านี้ ได้แก่

1.2.1 การใช้วัสดุยึดเหนียวทางอุตสาหกรรมหรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม (Industrial Binders or By-products Binders) เช่น ปูนขาว (Lime) แอสฟัลต์อิมัลชัน (Emulsified Asphalt) และเถ้าลอย (Fly Ash) (ศุภสันต์ ชื่นศิริกุลชัย และคณะ, 2556; วงศกร มูลอายุ และคณะ, 2557)

1.2.2 การใช้วัสดุจากธรรมชาติ (Agriculture Products) เช่น น้ำยางพาราพรีวัลคาไนซ์ (Pre-vulcanized Natural Rubber Latex) (Banjongklian et al., 2015) และใบหญ้าแฝกเส้นยาว 4-8 เซนติเมตร (Vetiver Grass Leaf) (ศุภสันต์ ชื่นศิริกุลชัย และคณะ, 2556)

การสร้างบ้านดินด้วยวัสดุธรรมชาติที่หาได้ในท้องถิ่นเป็นสิ่งที่น่าสนใจสามารถทำให้ประชาชนสร้างที่พักอาศัยที่ต้นทุนต่ำได้ด้วยตนเอง งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของใบหญ้าแฝกเส้นสั้นที่มีความยาวระหว่าง 2-6 เซนติเมตร ต่อกำลังรับแรงอัดและพฤติกรรมแบบเหนียวของอิฐดินดิบ

## 2. วัสดุและวิธีการวิจัย

### 2.1 วัสดุ

วัสดุทุกชนิดเป็นวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น จ.เชียงใหม่

2.1.1 ทรายที่ใช้เป็นทรายหยาบแม่น้ำ มีขนาดละเอียดตามมาตรฐาน ASTM C778

2.1.2 ดินที่ใช้เป็นดินเหนียวจากท้องถิ่น มีสีดำ ค่าความถ่วงจำเพาะเป็น 2.69 และมีขีดความชื้นเหลวของดิน (Atterberg Limit) คือ ค่าพิกัดพลาสติก (Plastic Limit) ร้อยละ 23.50 และค่าพิกัดเหลว (Liquid Limit) ร้อยละ 32.18

2.1.3 ใบหญ้าแฝก เป็นใบหญ้าแฝกสายพันธุ์ Vetiveria Zizanioides Nash ที่ถูกตัดเมื่อหญ้าแฝกมีอายุ 3 เดือน จากนั้นนำไปผึ่งและตากแดดเป็นเวลา 7 วัน เพื่อป้องกันการทำลายจากแมลงและเชื้อรา หลังจากผึ่งจนแห้งจึงนำมาตัดให้มีความยาว 2 4 และ 6 เซนติเมตร เพื่อผสมทำเป็นอิฐดินดิบต่อไป

### 2.2 ขั้นตอนการผสมอิฐดินดิบ

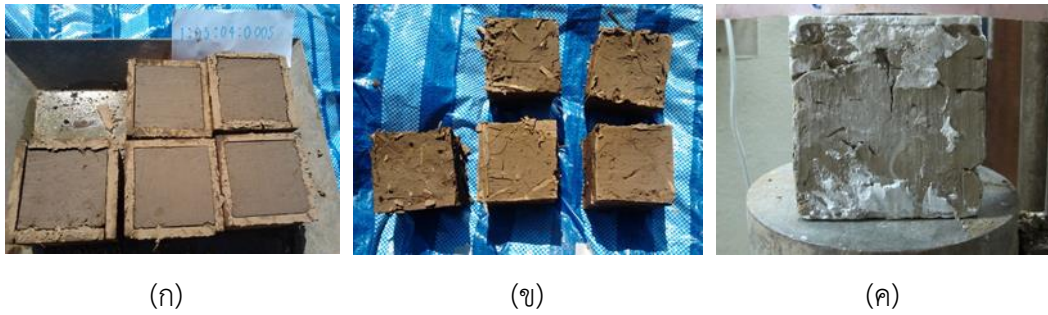
นำดิน ทราย และใบหญ้าแฝกมาผสมกันในเครื่องผสมมอร์ตาร์ด้วยสัดส่วนต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 ทำการเติมน้ำด้วยสัดส่วนน้ำต่อดินและทรายที่ 0.4:1 จากนั้นนำส่วนผสมมาอัดลงแบบไม้ทรงลูกบาศก์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร โดยแบ่งอัดลงแบบจำนวน 3 ชั้น ทำการกระทุ้งให้แน่นด้วยไม้ชั้นละ 25 ครั้ง แล้วปาดผิวให้เรียบ ทิ้งไว้ในแบบ 2 วัน จึงถอดแบบออกและผึ่งอิฐดินดิบให้แห้งในอากาศอีก 4 วัน จากนั้นจึงนำไปอบแห้งต่อในเตาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน นำอิฐดินดิบออกมาแคปผิวด้านบนและล่างด้วยปูนขาวเพื่อให้ผิวเรียบและได้ระนาบเดียวกัน และนำเข้าเตาอบอีก 1 วัน เพื่อให้ได้อิฐดินดิบที่แห้งและมีน้ำหนักคงที่ ดังแสดงในภาพที่ 1 จากนั้นจึงนำอิฐดินดิบที่แคปผิวแล้วไปดำเนินการทดสอบต่อไป

### 2.3 การทดสอบความหนาแน่นของอิฐดินดิบ

การทดสอบความหนาแน่นคำนวณได้จากน้ำหนักของอิฐดินดิบต่อปริมาตรของอิฐดินดิบ ดังสมการที่ (1)

$$D = \frac{M}{V} \quad (1)$$

โดยที่ D คือ ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร,  $\text{kg/m}^3$ ), M คือ น้ำหนักอิฐดินดิบแห้ง (กิโลกรัม), V คือ ปริมาตรอิฐดินดิบ (ลูกบาศก์เมตร)



ภาพที่ 1 ลักษณะของอิฐดินดิบในขั้นตอนเตรียมอิฐดินดิบ (ก) ขั้นตอนการหล่อ (ข) หลังถอดแบบหล่อ (ค) เมื่อแคปผิวบนและล่างด้วยปูนขาว

ตารางที่ 1 สัดส่วนผสมของอิฐดินดิบและสัญลักษณ์ของอิฐดินดิบสัดส่วนผสมต่าง ๆ

| ความยาว<br>ของใบ<br>(ซม.) | สัดส่วนโดย<br>น้ำหนักของดินต่อ<br>ทราย | สัดส่วนโดยน้ำหนักของใบหญ้าแฝกต่อดินผสมทราย |                       |                      |                       |
|---------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| 2                         | 1 : 0                                  | 0<br>(ร้อยละ 0.0)                          | 0.005<br>(ร้อยละ 0.5) | 0.01<br>(ร้อยละ 1.0) | 0.015<br>(ร้อยละ 1.5) |
|                           | 1 : 0.25                               | 0                                          | 0.005                 | 0.01                 | 0.015                 |
|                           | 1 : 0.5                                | 0                                          | 0.005                 | 0.01                 | 0.015                 |
|                           | 1 : 0.75                               | 0                                          | 0.005                 | 0.01                 | 0.015                 |
| 4                         | 1 : 0                                  | 0                                          | 0.005                 | 0.01                 | 0.015                 |
|                           | 1 : 0.25                               | 0                                          | 0.005                 | 0.01                 | 0.015                 |
|                           | 1 : 0.5                                | 0                                          | 0.005                 | 0.01                 | 0.015                 |
|                           | 1 : 0.75                               | 0                                          | 0.005                 | 0.01                 | 0.015                 |
| 6                         | 1 : 0                                  | 0                                          | 0.005                 | 0.01                 | 0.015                 |
|                           | 1 : 0.25                               | 0                                          | 0.005                 | 0.01                 | 0.015                 |
|                           | 1 : 0.5                                | 0                                          | 0.005                 | 0.01                 | 0.015                 |
|                           | 1 : 0.75                               | 0                                          | 0.005                 | 0.01                 | 0.015                 |

#### 2.4 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐดินดิบ

นำอิฐดินดิบแห้งสัดส่วนผสมละ 5 ก้อน มาทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM C39 และคำนวณกำลังรับแรงอัดได้ดังสมการที่ (2)

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

วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 ปี มกราคม 2561 - มิถุนายน 2561

โดยที่  $\sigma_c$  คือ กำลังรับแรงอัด (ksc), P คือ แรงอัด (กิโลกรัม) และ A คือ พื้นที่รับแรงอัด (ตารางเซนติเมตร)

## 2.5 การศึกษาพฤติกรรมแบบเหนียว

ศึกษาพฤติกรรมแบบเหนียวของอิฐดินดิบจากการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นอัด (Compressive Stress,  $\sigma$ ) และความเครียด (Strain) โดยการติดตั้งนาฬิกาวัด (Dial Guage) วัดค่าการยุบตัวของก้อนตัวอย่างในขณะทดสอบกำลังรับแรงอัด ดังภาพที่ 2 ทำการบันทึกค่าแรงกดพร้อมกับค่าการยุบตัวขณะรับแรง คำนวณความเค้นอัด ณ ค่าแรงใด ๆ ได้ตั้งสมการที่ (3) และคำนวณความเครียด ณ ค่าแรงใด ๆ ได้ตั้งสมการที่ (4)

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3)$$

โดยที่  $\sigma$  คือ ความเค้นอัด (ksc), P คือ แรงอัด (กิโลกรัม) และ A คือ พื้นที่รับแรงอัด (ตารางเซนติเมตร)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (4)$$

โดยที่  $\epsilon$  คือ ความเครียดอัด (เซนติเมตร/เซนติเมตร),  $\Delta L$  คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงความสูงหรือค่าการยุบตัวของก้อนตัวอย่างขณะรับแรงกด (เซนติเมตร) และ L คือ ความสูงของก้อนตัวอย่าง (เซนติเมตร)



ภาพที่ 2 ขั้นตอนขณะกำลังติดตั้งนาฬิกาวัดค่าการยุบตัว ก่อนการทดสอบกำลังรับแรงอัด และพฤติกรรมแบบเหนียว

### 3. วิเคราะห์ผลการทดลอง

#### 3.1 ผลของทรายต่อคุณสมบัติของอิฐดินดิบ

จากการสังเกตกระบวนการผสมวัสดุพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณทรายจะทำให้การผสมวัสดุง่ายขึ้น เหนียวน้อยลง นอกจากนี้จากการสังเกตลักษณะของอิฐดินดิบแห้งด้วยสายตา (Visual Inspection) พบว่าการเพิ่มปริมาณทรายจะลดการหดตัวและรอยแตกร้าวของอิฐดินดิบเมื่อแห้ง ดังแสดงในภาพที่ 3

#### 3.2 ผลของใบหญ้าแฝกต่อความหนาแน่นของอิฐดินดิบ

จากผลการทดสอบดังภาพที่ 3 พบว่า ที่แต่ละสัดส่วนผสมของทรายต่อดินเหนียว เมื่อเพิ่มสัดส่วนใบหญ้าแฝกยาว 4 เซนติเมตรต่อดินในอิฐดินดิบให้มากขึ้น จะส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของอิฐดินดิบลดลง เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณหญ้าแฝก ซึ่งมีค่าหน่วยน้ำหนักที่น้อยกว่าเข้าไปแทนที่มวลดินและทรายส่งผลให้หน่วยน้ำหนักของอิฐดินดิบลดลง และได้ผลเช่นนี้ในทุกสัดส่วนทรายต่อดิน ดังภาพที่ 4 กล่าวคือความหนาแน่นของอิฐดินดิบลดลงตามสัดส่วนใบหญ้าแฝกที่มากขึ้น นอกจากนี้ยังได้ผลการทดสอบที่เหมือนกันเมื่อใช้หญ้าแฝกยาว 2 เซนติเมตร และ 6 เซนติเมตร ดังภาพที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

#### 3.3 ผลของใบหญ้าแฝกต่อกำลังรับแรงอัดและพฤติกรรมแบบเหนียวของอิฐดินดิบ

จากผลการทดสอบกำลังอัดในภาพที่ 7 8 และ 9 โดยภาพรวมแสดงให้เห็นว่า ที่สัดส่วนทรายต่อดินใด ๆ การเพิ่มปริมาณหญ้าแฝกในอิฐดินดิบในช่วงปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 1.0 พบว่า หญ้าแฝกไม่มีคุณสมบัติในการปรับปรุงกำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง โดยค่ากำลังรับแรงอัดเกิดจากแรงยึดเหนี่ยวในเม็ดดินเหนียว (Cohesion,  $C$ ) และมุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle,  $\phi$ ) จากทราย แต่เมื่อเพิ่มปริมาณหญ้าแฝกมากกว่าร้อยละ 1.0 ค่ากำลังรับแรงอัดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากหญ้าแฝกมีเส้นใยเรียงตัวเป็นแนวยาวตลอดทั้งใบคล้ายกับเชือก เมื่อมีปริมาณที่สูงเพียงพอจึงสามารถถ่ายแรงกระทำจากภายนอกเข้าไปสู่เส้นใยของหญ้าแฝกได้มากพอจนเกิดการต้านทานแรงที่กระทำ (Neves and Fernandes de Almeida, 2005) ทั้งยังทำให้เกิดพฤติกรรมแบบเหนียวด้วย ไม่เปราะพังทลายโดยทันที เมื่อรับแรงสูงสุด ดังภาพที่ 10 11 และ 12



(ก)

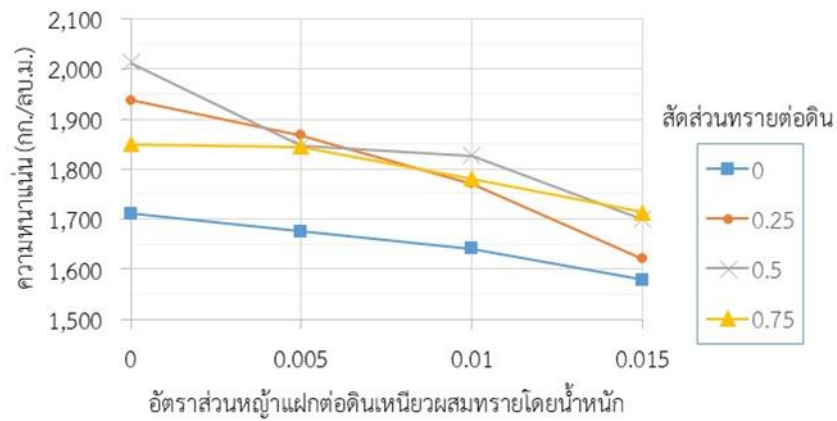


(ข)

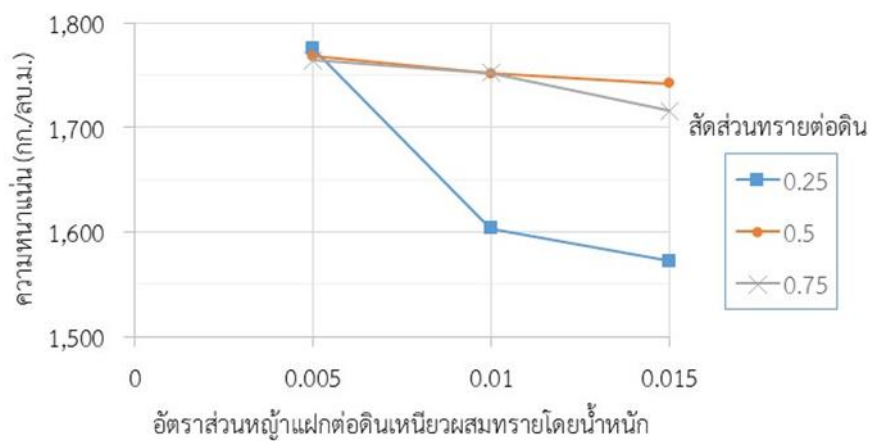
ภาพที่ 3 ลักษณะการแตกร้าวและหลุดตัวของอิฐดินดิบแห้งผสมใบหญ้าแฝกที่สัดส่วนทรายต่อดินต่าง ๆ

(ก) ไม่ผสมทราย และ (ข) ผสมทราย

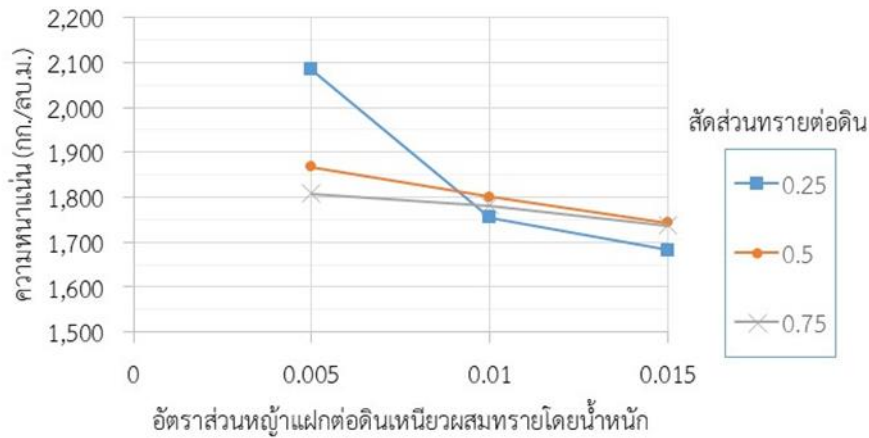




ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของอิฐดินดิบกับปริมาณใบหญ้าแฝก ยาว 4 เซนติเมตร ที่สัดส่วนทรายต่อดินต่าง ๆ

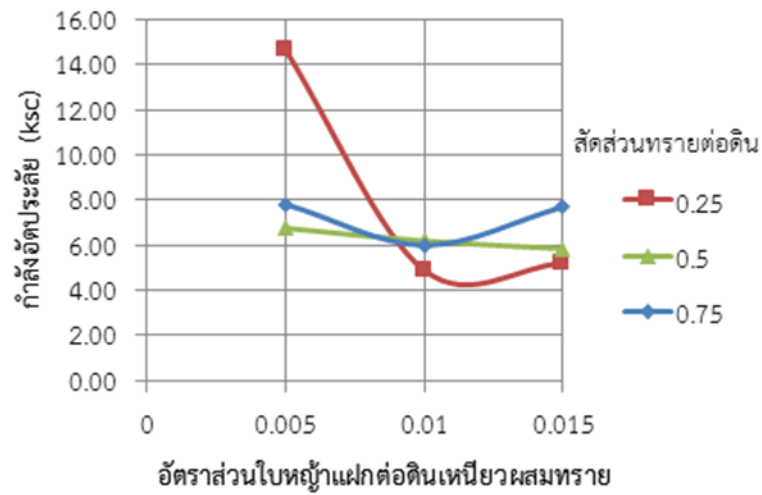


ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของอิฐดินดิบกับปริมาณใบหญ้าแฝก ยาว 2 เซนติเมตร ที่สัดส่วนทรายต่อดินต่าง ๆ

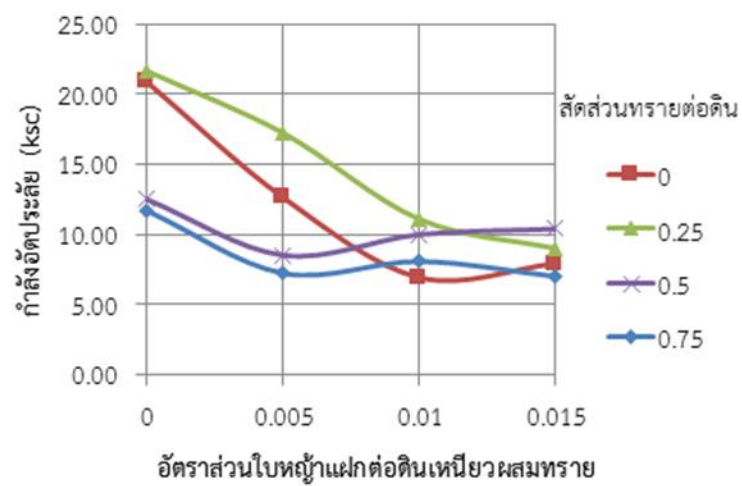


ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของอิฐดินดิบกับปริมาณใบหญ้าแฝก ยาว 6 เซนติเมตร ที่สัดส่วนทรายต่อดินต่าง ๆ

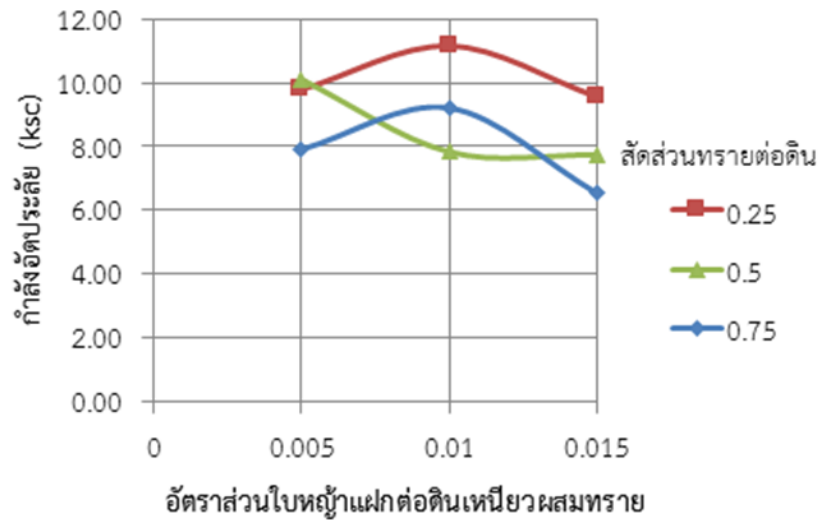
อย่างไรก็ตามแม้ใบหญ้าแฝกจะสามารถเพิ่มกำลังรับแรงอัด และทำให้เกิดพฤติกรรมแบบเหนียวในอิฐดินดิบ แต่ก็ไม่สามารถชดเชยกำลังรับแรงอัดที่สูญเสียไปจากการแทนที่มวลดินและทรายด้วยหญ้าแฝกที่มีลักษณะกลวงและมีค่าหน่วยน้ำหนักที่น้อยกว่า ในกรณีของบ้านดิน 2 ชั้น ในระบบผนังดินรับแรง (Load Bearing Wall) จะเกิดความเค้นอัดสูงสุดในผนังดินเป็น 2.9 ksc (Quagliarini, Lenci, and Iorio, 2010) อิฐดินดิบที่มีสัดส่วนทรายต่อดินเป็น 0.75:1 มีกำลังรับแรงอัดสูงสุดเป็น 11.68 ksc หรือมีสัดส่วนความปลอดภัยในการรับแรง (Safety Factor) คิดเป็น 4.0 เท่า ( $11.68/2.9 = 4.0$ ) ในขณะที่อิฐดินดิบที่มีสัดส่วนทรายต่อดินเท่ากันและผสมใบหญ้าแฝก มีกำลังอัดสูงสุดเป็น 9.21 ksc (ใบหญ้าแฝกยาว 6 เซนติเมตร ในสัดส่วนใบหญ้าแฝกต่อดินเป็น 0.01) คิดเป็นสัดส่วนความปลอดภัยที่ลดลงเหลือ 3.18 ดังนั้น หากต้องการเพิ่มกำลังรับแรงอัดของอิฐดินดิบผสมใบหญ้าแฝกให้มากขึ้น เพื่อให้มีสัดส่วนความปลอดภัยในการรับแรงที่สูงขึ้น จึงมีความจำเป็นที่ต้องพิจารณาการใช้สารปรับปรุงดินอย่างอื่นร่วมกับการใช้ใบหญ้าแฝก เช่น น้ำยางพาราพรีวัลคาไนซ์ (Eakphisit et al., 2015) หรือแอสฟัลต์อิมัลชัน (ศุภสันต์ ชื่นศิริกุลชัย และคณะ, 2556)



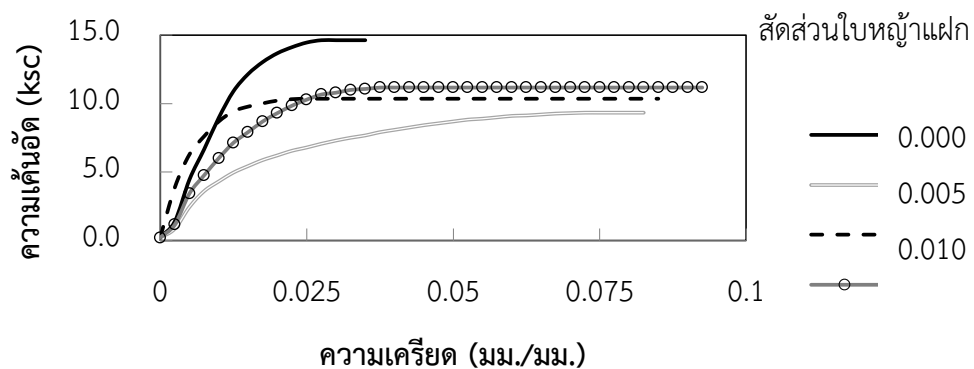
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของอิฐดินดิบกับปริมาณใบหญ้าแฝก ยาว 2 เซนติเมตร ที่สัดส่วนทรายต่อดินต่าง ๆ



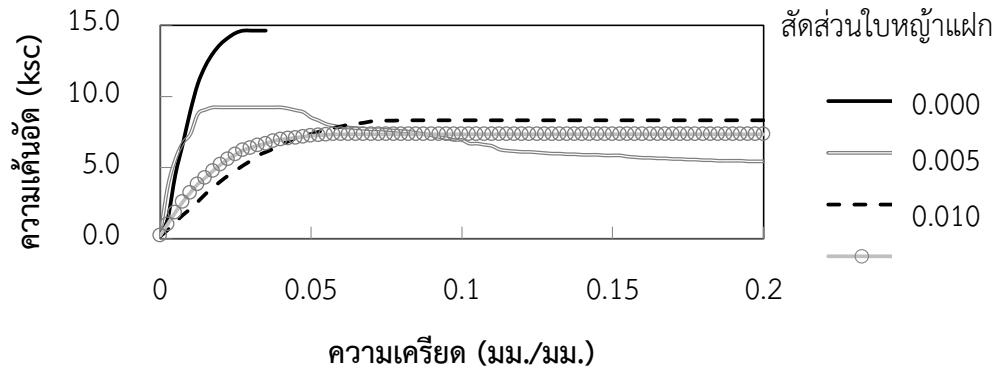
ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของอิฐดินดิบกับปริมาณใบหญ้าแฝก ยาว 4 เซนติเมตร ที่สัดส่วนทรายต่อดินต่าง ๆ



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของอิฐดินดิบกับปริมาณโบลัวแผลก ยาว 6 เซนติเมตร ที่สัดส่วนทรายต่อดินต่าง ๆ



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นอัด (Compressive Stress) และความเครียด (Strain) ของอิฐดินดิบที่ใส่ปริมาณโบลัวแผลก ยาว 4 เซนติเมตร ในสัดส่วนต่าง ๆ เมื่อสัดส่วนทรายต่อดินเป็น 0.5:1



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นอัด (Compressive Stress) และความเครียด (Strain) ของอิฐดินดิบที่ใส่ปริมาณใบหูก้าแฝก ยาว 6 เซนติเมตร ในสัดส่วนต่าง ๆ เมื่อสัดส่วนทรายต่อดินเป็น 0.5:1



ภาพที่ 12 การวิบัติด้วยพฤติกรรมแบบเหนียวของอิฐดินดิบผสมใบหูก้าแฝกภายใต้แรงอัด

#### 4. บทสรุป

ผลการวิจัยพบว่า การขึ้นภาพอิฐดินดิบผสมหูก้าแฝกจำเป็นต้องใช้ทรายเป็นส่วนผสมกับดินเหนียว เพื่อลดการแตกร้าวและหดตัวของก้อนอิฐดินดิบ การใช้ใบหูก้าแฝกแบบสั้นมีความยาวในช่วง 2-6 เซนติเมตร ส่งผลให้ความหนาแน่นของอิฐดินดิบลดลงและส่งผลต่อกำลังรับแรงอัด ทำให้กำลังรับแรงอัดลดลงตามการเพิ่มปริมาณใบหูก้าแฝกตั้งแต่ร้อยละ 0-1.0 และส่งผลให้กำลังอัดเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณใบหูก้าแฝก ตั้งแต่ร้อยละ 1.0-1.5 แต่ยังไม่สามารถชดเชยกำลังรับแรงอัดที่สูญเสียไปจากความหนาแน่นของอิฐดินดิบที่ลดลงได้ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มปริมาณหูก้าแฝกตั้งแต่ร้อยละ 0.5 ช่วยให้อิฐดินดิบมีพฤติกรรมแบบเหนียวอย่างชัดเจน ไม่พังทลายโดยทันทีเมื่อรับแรงอัดสูงสุด ทั้งนี้การพัฒนาในอนาคตควรพิจารณาการใช้สารปรับปรุงสภาพดินอย่างอื่นร่วมกับการใช้ใบหูก้าแฝก เช่น น้ำยางพาราพรีวัลคาไนซ์ หรือแอสฟัลต์อิมัลชัน เพื่อให้มีกำลังรับแรงอัดและสัดส่วนความปลอดภัยในการรับแรงที่สูงขึ้น ชดเชยกำลังรับแรงอัดที่สูญเสียไปจากช่องว่างในใบหูก้าแฝก

## 5. เอกสารอ้างอิง

- Banjongkliang, E., Wattanachai, P., and Parichatprecha, R. (2015). Evaluation of strength and microstructure of adobe stabilized with blended rubber latex and sodium silicate, *Kasetsart J. (Natural Science)*, 49(5), 288-300.
- Dethier, J. (1986). *Des architectures de terre*. Edition de centre Pompidou, Paris.
- Moral, J. C., Mesbah, A., Oggero, M., and Walker, P. (2001). Building houses with local materials; means to drastically reduce the environmental impact of construction, *Building and Environment*, 36(10), 1119-1126.
- National geographical Committee. (1984). *Document of Thailand geography volume 1: Thailand topography*. Bangkok.
- Neves, R. D., and Fernandes de Almeida, J.C.O. (2005). Compressive behavior of steel fiber reinforced concrete, *Structural Concrete*, 6(1), 1-8.
- Quagliarini, E., Lenci, S., Iorio, M. (2010). Mechanical properties of adobe walls in a Roman republican domus at Suasa. *Journal of Cultural Heritage*, 11(2), 130-137.
- Sangchaya, W. (1994). *Earthen houses found in the Lampao river basin Kalasin*. Master's Thesis, Silpakorn University, Bangkok: Silpakorn University.
- Sinlapasai, D. (2003). *Earth house: an alternative architecture, case study: Baan Srithan, Aumthor Pateaw, Yasothorn province*. Master's Thesis, Silpakorn University, Bangkok: Silpakorn University.
- Thai Meteorological Department. (2007). Thailand climate (in Thai). Retrieved March 1, 2012, from <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=22>.
- United Nations Thailand. (2008). *Thailand info*. Retrieved December 1, 2012, from <http://www.un.or.th/thailand/geography.html>.
- วงศ์กร มุลอ้าย, ปิติวัฒน์ วัฒนชัย, และเอกพิสิษฐ์ บรรจงเกลี้ยง. (2557). การศึกษาสัดส่วนผสมแอสฟัลต์ อิมัลชัน สำหรับการพัฒนาปูนฉาบผนังบ้านดิน เพื่อให้ทนต่อน้ำ อุณหภูมิและความชื้น. *รายงานการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19*, 14-16 พฤษภาคม 2557 ณ โรงแรมพูลแมน ขอนแก่น ราชา ออคิด จังหวัดขอนแก่น. กรุงเทพฯ: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- ศุภสันท์ ชื่นศิริกุลชัย, ปิติวัฒน์ วัฒนชัย และเอกพิสิษฐ์ บรรจงเกลี้ยง. (2556). การประยุกต์ใช้ไบโหญาแฝก และแอสฟัลต์อิมัลชันเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของอิฐดินดิบ. *รายงานการประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18*, 8-10 พฤษภาคม 2556 ณ โรงแรมดิเอ็มเพลส จังหวัดเชียงใหม่. กรุงเทพฯ: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.