# อิทธิพลของน้ำยางข้นต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของอิฐดินดิบ

INFLUENCE OF PARA RUBBER LATEX ON ENGINEERING PROPERTIES OF ADOBE BRICK


**วิทยานิพนธ์**

**ของ**

**อรุณรัตน์ เว้นบาป**


ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี


**ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม**

**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี**

**มกราคม 2562**


**อิทธิพลของน้ำยางข้นต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของอิฐดินดิบ**

INFLUENCE OF PARA RUBBER LATEX ON ENGINEERING

PROPERTIES OF ADOBE BRICK

**วิทยานิพนธ์**

**ของ**

**อรุณรัตน์ เว้นบาป**

**เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร**

**ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม**

**ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี**

**มกราคม 2562**

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# ใบรับรองวิทยานิพนธ์

เรื่อง

อิทธิพลของน้ำยางข้นต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของอิฐดินดิบ

Influence of Para Rubber Latex on Engineering Properties of Adobe Brick

อรุณรัตน์ เว้นบาป

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทนงศักดิ์ โนไชยา)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(อาจารย์ ดร.ไพลิน ทองสนิทกาญจน์)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(อาจารย์ ดร.จักรพันธุ์ วงษ์พา)

..... กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สินาด โกศลานันท์)

ได้รับอนุมัติจากมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

..... ผู้ช่วยอธิการบดี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เดชาวุฒิ วานิชสรรพ์)

วันที่ 2 เดือน มกราคม พ.ศ. 2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

อรุณรัตน์ เว้นบาป. (2562). **อิทธิพลของน้ำยางข้นต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของอิฐดินดิบ.** วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม). จันทบุรี : มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

**คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์**

ไพลิน ทองสนิทกาญจน์ วท.ด. (วัสดุศาสตร์) ประธานกรรมการ

จักรพันธุ์ วงษ์พา ปร.ด. (วิศวกรรมโยธา) กรรมการ

## บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้การผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากยางพาราได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปตามนโยบายของรัฐบาลด้านการส่งเสริมการใช้ยางพารา ตลอดจนคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมของยางพาราในการยืดประสานและความยืดหยุ่นจึงมีความน่าสนใจที่จะใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำยางข้นที่มีต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของอิฐดินดิบ โดยใช้น้ำยางข้นเป็นส่วนผสมเพิ่มในการทำอิฐดินดิบที่อัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักของน้ำ ทำการทดสอบหาการเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงปริมาตร การดูดกลืนน้ำ และกำลังอัดของอิฐดินดิบที่อายุ 28 วัน ทุกส่วนผสม จากการทดลองพบว่า อิฐดินดิบชุดที่ไม่มีการผสมน้ำยางข้นมีค่าการเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงปริมาตรเท่ากับร้อยละ 20 ไม่สามารถวัดค่าการดูดกลืนน้ำได้ เนื่องจากก้อนอิฐละลายน้ำไม่สามารถคงรูปร่างได้ และได้ค่ากำลังอัดที่ 9.18 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับอิฐดินดิบที่ผสมน้ำยางข้น พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงปริมาตรเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำยางข้นที่เติมเพิ่มเข้าไปในส่วนผสม ค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณน้ำยางข้นเพิ่มขึ้น และค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นโดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 15.75 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อัตราส่วนการเติมน้ำยางข้นร้อยละ 15 โดยน้ำหนักของน้ำ จากผลการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า น้ำยางข้นสามารถพัฒนาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของอิฐดินดิบได้ดี โดยปริมาณน้ำยางข้นที่เหมาะสมที่สุดในการทำอิฐดินดิบคือ ร้อยละ 15 โดยน้ำหนักของน้ำ เนื่องจากมีกำลังอัดสูงสุด มีค่าการดูดกลืนน้ำต่ำกว่า และมีการเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงปริมาตรไม่แตกต่างจากอิฐดินดิบที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยางข้น นอกจากนี้องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยนี้ยังสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในการผลิตอิฐดินดิบผสมน้ำยางข้นเพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้อีกด้วย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**คำสำคัญ :** อิฐดินดิบ, น้ำยางข้น, การเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงปริมาตร, การดูดกลืนน้ำ

Arunrat Wenbab. (2019). **Influence of Para Rubber Latex on Engineering Properties of Adobe Brick.** Thesis M.Sc. (Industrial Technology). Chanthaburi: Rambhai Barni Rajabhat University.

Thesis Advisor

Pailyn Thongsanitgarn Ph.D. (Materials Science) Chairman

Jakrapan Wongpa Ph.D. (Civil Engineering) Member

## Abstract

Currently, the production and processing of rubber products has received more attention, which is in line with the government policy of promoting the use of rubber. In addition to the excellent properties of rubber in bonding and elastic, it is interesting to use rubber as an ingredient to produce bricks. The aim of this research is to study the effect of para rubber latex on the engineering properties of adobe brick. Para rubber latex was used as an additive at the ratios of 5, 10, 15 and 20 percent by weight of water. Volumetric change, water absorption and compressive strength of 28 - day adobe bricks were investigated. Results showed that adobe brick with no para rubber latex revealed a volumetric change of 20 percent. Water absorption could not be measured since the bricks were totally dissolved and did not retain any shape. The compressive strength of 9.18 ksc was observed. For adobe bricks containing para rubber latex, the volumetric change increased with increasing para rubber latex addition. The water absorption of adobe bricks tend to decrease with increasing para rubber latex content. The highest compressive strength of 15.75 ksc was observed with para rubber latex addition at 15 percent by weight of water. Thus, it could be concluded that the para rubber latex can improve the engineering properties of adobe bricks. The most suitable latex content for brick making from this study was 15 percent by weight of water because it has the highest compressive strength, lower water absorption and similar volumetric change to those of adobe brick with no para rubber latex. In addition, the knowledge gained from this research could also lead to further development in the production of adobe bricks mixed with para rubber latex for commercial purposes as well.

**Keywords:** adobe brick, para rubber latex, volumetric change, water absorption

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือให้คำแนะนำอย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.ไพลิน ทองสนิทกาญจน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.จักรพันธุ์ วงษ์พา กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สินาด โกศลานันท์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทนงศักดิ์ โนไชยา ที่ได้ให้เกียรติเป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ และทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ข้อน้อมระลึกถึงพระคุณของคุณพ่อวีระ เว้นบาป และคุณแม่สายสมร คำขาว ซึ่งเป็นผู้อบรมเลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษา เป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยตลอดมา ส่งผลให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จ หากประโยชน์ใด ๆ อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบูชาแด่บิดา มารดา คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

อรุณรัตน์ เว้นบาป

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| **สารบัญ** | (1) |
| **สารบัญตาราง** | (3) |
| **สารบัญภาพ** | (5) |
| **บทนำ** | 1 |
| ความเป็นมา | 1 |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 2 |
| ประโยชน์ของการวิจัย | 2 |
| ขอบเขตของการศึกษาวิจัย | 2 |
| นิยามศัพท์เฉพาะ | 3 |
| สมมุติฐานของการวิจัย | 3 |
| **แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 4 |
| ข้อมูลทั่วไปของบ้านดิน | 4 |
| อิฐประเภทต่าง ๆ | 10 |
| อิฐดินดิบ (Adobe Brick) | 14 |
| ดิน (Soil) | 15 |
| ยางพารา (Para Rubber) | 21 |
| การทดสอบคุณสมบัติของอิฐดินดิบ | 26 |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 27 |
| **อุปกรณ์และวิธีการ** | 37 |
| วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย | 38 |
| ทดสอบคุณสมบัติของดินที่ใช้งานวิจัย | 42 |
| วิธีการทดสอบหาปริมาณน้ำที่ดีที่สุดในการทำอิฐดินดิบ | 52 |
| ขั้นตอนการผสมอิฐดินดิบที่ใช้ในการทดสอบ | 53 |
| ออกแบบส่วนผสมการทำอิฐดินดิบที่มีน้ำยางข้นผสมเพิ่ม | 53 |
| การทดสอบคุณสมบัติของอิฐดินดิบ | 54 |
| การวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบ | 55 |


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| **ผลและการวิจารณ์** | 56 |
| **สรุปผลและข้อเสนอแนะ** | 65 |
| **เอกสารและสิ่งที่อ้างอิง** | 67 |
| **ภาคผนวก** | 71 |
| ภาคผนวก ก ตารางบันทึกผลการทดลอง | 72 |
| **ประวัติย่อผู้วิจัย** | 81 |


ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# สารบัญตาราง


| ตาราง | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของอิฐมอญ | 11 |
| 2 | ความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของอิฐประดับ | 11 |
| 3 | ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นคุณภาพกับชนิดของคอนกรีตมวลเบา | 13 |
| 4 | ค่าความถ่วงจำเพาะของดินชนิดต่าง ๆ | 18 |
| 5 | สัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทดินระบบ Unified Soil Classification System | 20 |
| 6 | แสดงแบบอย่างส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ | 21 |
| 7 | ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังอัด และการถูกน้ำชะล้างของอิฐดินดิบที่ผลิตจากน้ำยาง ธรรมชาติ และวัสดุผสมต่าง | 28 |
| 8 | ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังอัด การดูดกลืนน้ำ และกำลังดัดของอิฐดินดิบที่ผลิตจากใบหญ้าแฝกและแอสฟัลต์อิมัลชัน | 30 |
| 9 | ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังอัด การดูดกลืนน้ำ และร้อยละการหดตัวของอิฐดินดิบที่ผลิตจากดินลมหอบและแอสฟัลต์อิมัลชัน | 32 |
| 10 | ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังอัด การดูดกลืนน้ำ และโมดูลัสของการแตกร้าวของอิฐดินดิบที่ผลิตจากซีเมนต์และยางธรรมชาติ | 35 |
| 11 | แสดงปริมาณน้ำหนักดินแห้งซึ่งใช้ในการร่อนผ่านตะแกรง | 50 |
| 12 | อัตราส่วนผสมดินและน้ำของอิฐดินดิบคิดเทียบจากปริมาณดิน 100 กรัม | 53 |
| 13 | อัตราส่วนผสมของอิฐดินดิบคิดจากปริมาณดิน 100 กรัม | 54 |
| 14 | คุณสมบัติของดินที่ใช้ในงานวิจัย | 56 |
| 15 | การเปลี่ยนแปลงขนาดของอิฐดินดิบที่ผสมน้ำยางข้นในอัตราส่วนต่าง ๆ | 60 |
| 16 | ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบ | 61 |
| 17 | ผลการทดสอบกำลังอัดของอิฐดินดิบ | 63 |
| 18 | ผลการทดสอบหาขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit ; L.L.) | 73 |
| 19 | ผลการทดสอบหาขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit, ; P.L.) | 73 |
| 20 | ผลการทดสอบหาขีดจำกัดหดตัว (Shrinkage Limit ; S.L.) | 74 |
| 21 | ผลการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน | 74 |


ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# สารบัญตาราง (ต่อ)

**ตาราง** **หน้า**

22 ผลการทดสอบหาขนาดของเม็ดดินโดยใช้ตะแกรงมาตรฐาน..... 75
23 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาดของอิฐดินดิบที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ..... 76
24 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงปริมาตรของอิฐดินดิบที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ..... 78
25 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ..... 79
26 ผลการทดสอบกำลังอัดของอิฐดินดิบที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ..... 80

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# สารบัญภาพ


| ภาพประกอบ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | การก่ออิฐดินดิบ | 5 |
| 2 | การปั้นผนัง | 6 |
| 3 | การปั้นผนังกับโครงไม้ | 7 |
| 4 | การใช้เศษไม้หรือเศษหิน | 7 |
| 5 | การก่อสร้างโดยใช้เทคนิคดินอัด | 8 |
| 6 | การก่อสร้างโดยใช้กระสอบ | 9 |
| 7 | การก่อสร้างโดยใช้ฟางก่อฉาบด้วยดิน | 10 |
| 8 | กราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน | 17 |
| 9 | ตารางการจำแนกประเภทดินระบบ Unified Soil Classification System | 19 |
| 10 | ทดสอบอิฐดินดิบที่มีการผสมน้ำยางธรรมชาติ (ก) กำลังอัด (ข) กำลังดัด (ค) การสูญเสียน้ำหนักเมื่อถูกชะล้าง และ (ง) อุณหภูมิเฉลี่ยของผนังจำลอง | 29 |
| 11 | ผลของวัสดุผสมเพิ่ม ได้แก่ ใบหญ้าแฝกและแอสฟัลต์อิมัลชันที่มีต่อสมบัติทางกลและทางกายภาพของอิฐดินดิบ (ก) กำลังอัด (ข) กำลังดัด และ (ค) การชะล้างด้วยน้ำ | 31 |
| 12 | ผลการทดสอบอิฐดินดิบที่ทำจากดินลมหอบ (ก) กำลังอัด (ข) การดูดซึมน้ำ และ (ค) การหดตัว | 33 |
| 13 | การก่อสร้างที่ทำจากอิฐดินเหนียวหรืออิฐดินดิบ | 34 |
| 14 | ผลการทดสอบอิฐดินดิบที่มีความคงทนด้วยซีเมนต์ และยางธรรมชาติ (ก) การดูดซึมน้ำและ (ข) กำลังอัด และโมดูลัสของการแตกร้าว | 36 |
| 15 | ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย | 37 |
| 16 | เครื่องชั่งน้ำหนัก | 38 |
| 17 | เครื่องกดทดสอบกำลังอัด | 38 |
| 18 | ชุดทดสอบ Atterberg's Limit ตามมาตรฐาน ASTM D4318 | 39 |
| 19 | เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ | 39 |
| 20 | แบบหล่อตัวอย่างทรงลูกบาศก์ขนาด กว้าง 5 ซม. ยาว 5 ซม. สูง 5 ซม | 39 |
| 21 | แบบหล่อตัวอย่างทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด กว้าง 4 ซม. ยาว 15.9 ซม. สูง 4 ซม | 40 |
| 22 | แบบหล่อตัวอย่างทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. และสูง 20 ซม | 40 |


ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# สารบัญภาพ (ต่อ)

**ภาพประกอบ** **หน้า**


23 ดินที่ใช้ในการทำอิฐดินดิบ..... 41
24 น้ำยางข้นที่ใช้ในการทำอิฐดินดิบ..... 41
25 สถานภาพต่าง ๆ ของมวลดินเหนียว..... 42
26 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่เคาะกับปริมาณน้ำในดิน..... 44
27 ตัวอย่างกราฟการหาขนาดของดินด้วยวิธีร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน..... 52
28 กราฟการคละขนาดของเม็ดดิน..... 57
29 ความเหลวของดินเมื่อผสมน้ำ (ก) ร้อยละ 40 และ (ข) ร้อยละ 50..... 57
30 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงขนาดแต่ละด้านของอิฐดินดิบ..... 59
31 ร้อยละการหดตัวเชิงปริมาตรของอิฐดินดิบที่ผสมน้ำยางข้น..... 61
32 ร้อยละการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบที่ผสมน้ำยางข้น..... 62
33 ภาพถ่ายอิฐดินดิบหลังแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง..... 63
34 กำลังอัดของอิฐดินดิบที่ผสมน้ำยางข้น..... 64


ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# บทนำ

**ความเป็นมา**

ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาที่ทวีความรุนแรงขึ้นตลอดเวลา ส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์แทบทั้งสิ้น ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมจึงเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว การก่อสร้างเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำลายสิ่งแวดล้อม เพราะวัสดุที่ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างนิยมใช้คอนกรีตซึ่งทำจากปูนซีเมนต์และเหล็ก ซึ่งเป็นกระบวนการที่สร้างผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม คือ ในการผลิตปูนซีเมนต์จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยออกมาด้วยเช่นกัน เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจก ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนขึ้น ในปัจจุบันทุกภาคส่วน ทั้งภาครัฐและเอกชน จึงให้ความสำคัญกับการแก้ไขปัญหาที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ รวมถึงการรณรงค์ให้อนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติไปพร้อมกัน

การสร้างบ้านดินเป็นที่อยู่อาศัยเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพราะบ้านที่สร้างจากดินจะลดการใช้วัสดุอุตสาหกรรมทั้งปูนซีเมนต์และเหล็ก ลดปริมาณการปล่อยสารพิษ รวมทั้งเป็นการนำทรัพยากรที่มีอยู่แล้วมาใช้ประโยชน์ เช่น การใช้วัสดุหรือเส้นใยที่เหลือใช้ในการเกษตร เป็นต้น อิฐดินดิบเป็นวัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่นำมาสร้างบ้านดิน เนื่องจากมีส่วนประกอบหลักที่ทำมาจากดิน แต่ยังมีข้อด้อยคือ มีน้ำหนักมาก ไม่มีอัตราส่วนผสมที่แน่นอน เมื่ออิฐดินดิบแห้งจะเกิดการหดตัวและเกิดการแตกร้าว อีกทั้งหากเกิดฝนตกหนักหรือน้ำท่วม น้ำสามารถซึมเข้าไปในตัวอิฐ ทำให้โครงสร้างของบ้านเกิดความเสียหายได้ จึงต้องมีการนำวัสดุอื่นมาช่วยปรับสภาพโครงสร้างของอิฐดินดิบให้มีความแข็งแรงขึ้น

ที่ผ่านมามีการวิจัยที่นำวัสดุต่าง ๆ เพิ่มเข้าไปในส่วนผสมของการทำอิฐดินดิบ เพื่อให้อิฐดินดิบมีความแข็งแรงและมีความคงทนมากขึ้น เช่น การผสมซีเมนต์ ปูนขาว และแอสฟัลต์อิมัลชันหรือยางมะตอย เป็นต้น และพบว่าเมื่อใส่แอสฟัลต์อิมัลชันในปริมาณที่เหมาะสม สามารถเพิ่มกำลังแรงอัดและลดการดูดซึมน้ำของอิฐดินดิบได้ เนื่องจากแอสฟัลต์อิมัลชันมีคุณสมบัติเป็นตัวเชื่อมประสานที่ดี ป้องกันน้ำซึมผ่านและทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ทั้งยังมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ ซึ่งสะดวกในการนำไปใช้งาน (ศุภสัณห์ ชื่นสกุลชัย. 2556 : 1) ในบางพื้นที่การหาซื้อแอสฟัลต์อิมัลชันยังไม่สะดวกเท่าที่ควร การหาวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติคล้ายกับแอสฟัลต์อิมัลชัน แต่ช่วยลดข้อเสียที่มีน่าจะเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยให้อิฐดินดิบมีความแข็งแรงและคงทนมากขึ้น

ด้วยคุณสมบัติของยางพาราที่มีความยืดหยุ่นสูง มีสมบัติดีเยี่ยมในด้านการยึดประสาน มีค่าความทนทานต่อแรงดึงสูงมากโดยไม่ต้องเติมสารเสริมแรง มีความทนต่อการฉีกขาดสูงมาก ทั้งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิสูง มีความต้านทานต่อการล้าสูง มีความต้านทานต่อการขัดถูสูง

มีความเป็นฉนวนไฟฟ้าสูงมาก (ห้างหุ้นส่วนจำกัด ที.ซี.วี รับเบอร์. ออนไลน์. 2557) จึงน่าจะใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐดินดิบในลักษณะเดียวกับแอสฟัลต์อิมัลชันได้ นอกจากนี้เป็นที่รู้กันดีว่ายางพาราเป็นผลผลิตทางการเกษตรชนิดหนึ่งซึ่งในปัจจุบันมีราคาค่อนข้างผันผวน ไม่แน่นอน เนื่องจากมีการปลูกเป็นจำนวนมาก บางครั้งเกิดปัญหายางพาราล้นตลาด ทำให้ราคาตกต่ำ การนำยางพารามาใช้ประโยชน์จึงถือเป็นการช่วยเหลือเกษตรกรผู้ปลูกยางตามนโยบายของภาครัฐอีกด้วย

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อผลิตอิฐดินดิบโดยใช้น้ำยางข้นเป็นส่วนผสม
2. เพื่อศึกษาค่าการเปลี่ยนแปลงขนาดของอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของน้ำยางข้น
3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของน้ำยางข้น
4. เพื่อศึกษาความต้านทานแรงอัดของอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของน้ำยางข้น

**ประโยชน์ของการวิจัย**

1. สามารถนำยางพาราที่เป็นทรัพยากรที่มีอยู่ในชุมชนมาใช้ประโยชน์ และเป็นการสร้างมูลค่าให้กับยางพาราอีกทางหนึ่ง
2. ได้ส่วนผสมของอิฐดินดิบผสมน้ำยางข้นที่เหมาะสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง
3. สร้างความรู้ความเข้าใจในชุมชนให้ตระหนักถึงความสำคัญ และเห็นคุณค่าของอิฐดินดิบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมก่อให้เกิดความยั่งยืนในการอยู่ร่วมกันกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับการดำเนินชีวิตตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง ตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 9
4. ได้องค์ความรู้ที่หน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน สามารถนำอิฐดินดิบมาประยุกต์ใช้เชิงพาณิชย์ ส่งเสริมด้านการท่องเที่ยว เช่น โรงแรม รีสอร์ท และสปา เป็นต้น

**ขอบเขตของการวิจัย**

1. ทำการศึกษาอัตราส่วนผสมของอิฐดินดิบผสมน้ำยางข้นที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปและนำไปใช้งาน
2. ใช้ดินที่หาได้ในท้องถิ่นในจังหวัดจันทบุรี
3. น้ำยางข้นที่ใช้ในการวิจัยนำมาจากบริษัท ดี. เอส. รับเบอร์แอนด์ลาเท็กซ์ จำกัด จังหวัดระยอง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

**นิยามศัพท์เฉพาะ**

อิฐดินดิบ (Adobe Brick) คือ ก้อนดินตากแห้ง ลักษณะเป็นอิฐหรือก้อนอิฐที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทางความร้อนหรือเผา ใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง อาจมีการผสมวัสดุต่าง ๆ ลงไปในเนื้อดิน เช่น น้ำ ฟาง แกลบ หรือเส้นใยจากธรรมชาติอื่น ๆ

น้ำยางข้น (Para Rubber Latex) คือ น้ำยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้น โดยน้ำยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้นแล้วจะมีปริมาณเนื้อยางประมาณร้อยละ 55 - 65 ซึ่งสูงกว่าน้ำยางสดที่มีปริมาณเนื้อยางประมาณร้อยละ 25 - 30

**สมมุติฐานของการวิจัย**

การใช้น้ำยางข้นเป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐดินดิบ น่าจะให้ประโยชน์ในการยึดประสานโครงสร้างเนื้อดินและเพิ่มความแข็งแรงให้อิฐดินดิบ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาอิทธิพลของน้ำยางข้นต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของอิฐดินดิบ ในครั้งนี้เป็นการศึกษาแนวความคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถรวบรวมได้ตามลำดับ ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของบ้านดิน
2. อิฐประเภทต่าง ๆ
3. อิฐดินดิบ (Adobe Brick)
4. ดิน (Soil)
5. ยางพารา (Para Rubber)
6. การทดสอบคุณสมบัติของอิฐดินดิบ
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**ข้อมูลทั่วไปของบ้านดิน**

บ้านดิน คือ บ้านแบบธรรมชาติที่ใช้วัสดุหลักในการก่อสร้างคือดินเหนียวซึ่งสามารถหาได้ทั่วไปในท้องถิ่นต่าง ๆ นำมาผสมกับส่วนผสมที่เป็นเส้นใยเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงในการยึดเกาะกันของเนื้อดิน บ้านดินถือเป็นสถาปัตยกรรมที่มีการรบกวนธรรมชาติน้อยมาก เนื่องจากวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการก่อสร้างเป็นวัตถุดิบที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นไม่มีขบวนการในการผลิตที่ยุ่งยากซับซ้อนหรือต้องใช้พลังงานจำนวนมหาศาลทั้งเพื่อการผลิตวัตถุดิบและการขนส่งเพื่อการก่อสร้าง ในการก่อสร้างก็ไม่จำเป็นต้องใช้แรงงานเฉพาะทางมากนัก บ้านดินจึงเป็นคำตอบที่ดีสำหรับคนที่อยากมีบ้านแต่มีข้อจำกัดในด้านทุนทรัพย์หรือไม่อยากรบกวนสภาพแวดล้อม (สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 93)

**วิธีการสร้างบ้านดิน**

บ้านดินจะมีลักษณะที่แตกต่างจากบ้านโดยทั่วไปกล่าวคือ วัสดุที่นำมาใช้จะใช้วัสดุที่มาจากธรรมชาติ คือ ดินเหนียว ทรายและวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร ในการใช้ดินมาก่อสร้างบ้านดินนั้นสามารถกระทำได้หลายลักษณะทั้งการใช้ดินและวัสดุผสมเพียงอย่างเดียว การใช้ดินประกอบกับโครงสร้างอื่น การใช้ดินหมาดและการใช้ดินเป็นวัสดุฉาบบนวัสดุอื่น ซึ่งสามารถจำแนกวิธีสร้างบ้านดินได้ 7 วิธี คือ

1. การก่อสร้างด้วยอิฐดินดิบ (Adobe) เป็นระบบที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในประเทศไทยโดยใช้ผนังอิฐดินดิบเป็นกำแพงรับน้ำหนักของโครงสร้างอาคาร ข้อดีของระบบนี้

คือ สามารถทยอยทำอิฐดินดิบเก็บไว้จนได้ปริมาณที่เพียงพอสำหรับการก่อสร้างได้ตั้งแต่ก่อนเริ่มทำการก่อสร้าง แต่ในการทำอิฐดินดิบนั้นจำเป็นต้องใช้พื้นที่ และเวลาสำหรับการตากก้อนอิฐ นอกจากนั้นยังต้องมีการเตรียมพื้นที่สำหรับเก็บรักษาก้อนอิฐอีกด้วย ในการทำอิฐดินดิบนั้นจะใช้ส่วนผสม 3 ส่วน คือ ดินเหนียว ทราย และวัสดุเส้นใย โดยผสมส่วนผสมทั้งหมดในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของดินที่นำมาใช้ผสมให้เข้ากัน จากนั้นจึงนำมาขึ้นรูปเป็นก้อนอิฐ โดยทรายทำหน้าที่ในการป้องกันการหดตัวของวัสดุ ขณะที่วัสดุเส้นใยช่วยในการเสริมความแข็งแรงในการยึดเกาะในเนื้อวัสดุ ซึ่งเมื่อนำมารวมกันและตากให้แห้งแล้วสามารถทดสอบความเหมาะสมของส่วนผสมโดยการสังเกตจากการหดตัวของอิฐ หากอิฐมีการหดตัวหรือแตกร้าวมากให้เพิ่มทราย นอกจากนั้นยังสามารถทดสอบความแข็งแรงได้โดยการทิ้งอิฐให้ตกลงสู่พื้นแล้วสังเกตความเสียหายที่เกิดขึ้นกับก้อนอิฐถ้าเสียหายไม่มากนักถือว่าใช้ได้ การก่อสร้างบ้านด้วยอิฐดินดิบแสดงในภาพประกอบ 1

**ภาพประกอบ 1** การก่ออิฐดินดิบ
ที่มา : สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 96

2. การปั้นด้วยดินเหนียว (Cob) เป็นวิธีการหนึ่งในการก่อสร้างบ้านดิน ซึ่งการก่อสร้างด้วยวิธีดังกล่าวจะใช้ระบบกำแพงรับน้ำหนักเช่นเดียวกับการก่อสร้างด้วยอิฐดินดิบ ส่วนประกอบหลักของวัสดุที่นำมาใช้ในการทำกำแพงประกอบด้วย ดินเหนียว ทรายและวัสดุ เส้นใย เช่นเดียวกับที่ใช้ในการทำอิฐดินดิบ การสร้างโดยวิธีการนี้นั้นได้รับการยอมรับว่าสามารถรองรับแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวได้ เนื่องจากในการก่อสร้างแบบนี้จะใช้ฟางเส้นยาวผสมกับดินเหนียวและทรายทำการปั้นเป็นแผ่นแบน ๆ วางซ้อนกันเป็นชั้น ๆ โดยระหว่างชั้นมีการฝังฟางจากชั้นใหม่ลงไปบนชั้นเดิมทำให้เกิดการสานกันของเส้นฟางระหว่างชั้นดินเดิม และชั้นดินใหม่ในระบบผนังทำให้

ผนังที่ก่อสร้างในระบบนี้มีการผสานและยึดเกาะกันเป็นอย่างดีในเนื้อวัสดุ จึงทำให้มีความแข็งแรงมากกว่าการก่อสร้างด้วยอิฐดินดิบ การก่อสร้างด้วยเทคนิคนี้นั้นมีข้อดีในเรื่องการสร้างสรรค์จินตนาการได้อย่างไม่จำกัด ชิ้นงานจะเป็นเสมือนงานประติมากรรมขนาดใหญ่ แต่การก่อสร้างในลักษณะนี้เป็นการก่อสร้างที่ต้องใช้ระยะเวลาและแรงงานในการก่อสร้างค่อนข้างมาก เนื่องจากชิ้นงานแห้งช้าและหากส่วนผสมของวัสดุที่นำมาใช้ก่อไม่ดี อาจทำให้เกิดปัญหาการหดตัวของวัสดุซึ่งสามารถก่อปัญหาให้อาคารในอนาคตได้ ลักษณะการสร้างบ้านดินด้วยวิธีการปั้นวิธีการปั้นด้วยดินเหนียวแสดงในภาพประกอบ 2

**ภาพประกอบ 2** การปั้นผนัง
ที่มา : สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 97

3. การปั้นดินกับโครงไม้ (Wattle and Daub) เป็นเทคนิคการก่อสร้างที่แตกต่างจาก 2 ระบบแรก วิธีการปั้นดินกับโครงไม้นี้จะทำโดยการสร้างโครงผนังด้วยไม้ก่อน จากนั้นจึงนำไม้ไผ่สานมาติดตั้งบริเวณช่องว่างก่อนนำดินผสมกับฟางเส้นยาวมาฉาบทับหุ้มไว้ เพื่อเป็นการปกป้องไม้ไผ่สานซึ่งอยู่ด้านในจากสภาพแวดล้อมเป็นการช่วยให้ ไม้ไผ่สานซึ่งอยู่ด้านในมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น วิธีการนี้อาคารจะต้องมีโครงสร้างหลักเพื่อรองรับน้ำหนักส่วนต่าง ๆ ไว้ เช่นเดียวกันกับการก่อสร้างแบบเสาคานในปัจจุบัน เนื่องจากไม่ใช่ระบบกำแพงรับน้ำหนักเหมือน 2 ระบบแรก ระบบนี้ผนังจึงมีน้ำหนักเบากว่าและสามารถกำหนดความหนาของผนังได้ตามต้องการ นอกจากนั้นยังสามารถสร้างได้แม้อยู่ในช่วงฤดูฝน ซึ่งการก่อสร้างในช่วงฤดูฝนจะทำการก่อสร้างส่วนของหลังคาก่อนแล้วจึงทำการฉาบผนังภายหลังเพื่อให้หลังคาของอาคารปกป้องผนังที่เพิ่งได้รับการฉาบจากสภาพแวดล้อม การก่อสร้างในระบบนี้สามารถพบเห็นได้ในงานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นของไทยบางลักษณะ เช่น ยุ้งข้าว ซึ่งพบว่ามีการฉาบทับโครงไม้ด้วยมูลวัว เป็นต้น การสร้างบ้านดินด้วยวิธีการปั้นดินกับโครงไม้แสดงในภาพประกอบ 3

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

**ภาพประกอบ 3** การปั้นผนังกับโครงไม้
ที่มา : สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 97

4. การใช้เศษไม้หรือหิน (Cordwood or Stone) เป็นวิธีการใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นหรือวัสดุเหลือใช้มาทำการก่อร่วมกับดิน เช่น ไม้หรือเศษหิน เป็นต้น ดินที่นำมาใช้ในการก่อนั้นจะเป็นดินเหนียวผสมทรายกับวัสดุเส้นใยเช่นเดียวกับที่ใช้สำหรับการก่อสร้างบ้านดินแบบอื่น ๆ หากใช้วัสดุท้องถิ่น เช่น ไม้หรือวัสดุอื่นซึ่งอาจไม่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมมากนักในการก่อสร้างควรมีการฉาบด้วยวัสดุดังกล่าวด้วยดินเพื่อป้องกันการถูกทำลายจากสภาพแวดล้อม การก่อสร้างด้วยวิธีดังกล่าวนี้มีข้อดีในเรื่องระยะเวลาในการก่อสร้าง เนื่องจากใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นหรือเศษวัสดุก่อซึ่งจะมีส่วนช่วยการทำงานรวดเร็วขึ้น การใช้เศษไม้หรือหินสร้างบ้านดินแสดงในภาพประกอบ 4

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ภาพประกอบ 4** การใช้เศษไม้หรือเศษหิน
ที่มา : สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 98

5. การก่อสร้างด้วยเทคนิคดินอัด (Rammed Earth) เป็นวิธีการก่อสร้างบ้านดินอีกลักษณะหนึ่งที่มีความเป็นมายาวนานพอกับการก่อสร้างบ้านดินแบบอิฐดินดิบและการปั้นด้วยดินเหนียว วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ได้รับการฟื้นฟูขึ้นมาจากความต้องการวิธีการก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสภาพแวดล้อม เทคนิคดินอัดเป็นวิธีการก่อสร้างที่ง่าย มีความแข็งแรง และทนทานต่อสภาพแวดล้อม เป็นเทคนิคการก่อสร้างที่พบได้ในแทบทุกทวีป วิธีการก่อสร้างด้วยเทคนิคดินอัดสามารถทำได้โดยการใช้ไม้แบบขึ้นรูปตามแนวที่ต้องการจะสร้างผนัง จากนั้นจึงใช้ดินอัดลงไปให้แน่นรอจนดินแห้งจึงทำการถอดแบบ ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ความสูงที่ต้องการการก่อสร้างด้วยวิธีการดังกล่าว แต่ละชั้นของผนังที่ทำการก่อสร้างควรจะมีความหนาไม่เกิน 0.20 เมตร เพื่อให้เนื้อดินในผนังได้รับการอัดจนแน่นมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักได้ วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ค่อนข้างใช้เวลาในการก่อสร้างมากและมีต้นทุนค่าก่อสร้างสูงกว่า เนื่องจากเป็นวิธีการที่ต้องใช้แรงงานในการก่อสร้างมาก ในบางพื้นที่มีการผสมซีเมนต์เข้าไปในดินเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรง การก่อสร้างบ้านดินด้วยเทคนิคดินอัดแสดงในภาพประกอบ 5

**ภาพประกอบ 5** การก่อสร้างโดยใช้เทคนิคดินอัด
ที่มา : สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 98

6. การใช้กระสอบ (Earthen Bag) วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ได้รับการพัฒนามาจากการทำบังเกอร์ของทหาร และการใช้กระสอบทรายเพื่อป้องกันน้ำท่วม เป็นการก่อสร้างที่มีราคาถูกและสามารถก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว ในการก่อสร้างจะใช้ดินเปียกบรรจุลงในกระสอบ จากนั้นจึงนำมาวางเรียงตามแนวที่ต้องการ โดยสามารถวางเป็นแนวโค้งหรือตรงก็ได้ สำหรับหลังคาสามารถเรียงกระสอบให้เป็นโดมได้หรือจะใช้หลังคาแบบทั่วไปก็ได้ โดยการเรียงกระสอบให้เป็นผนังอาคารจะวางเรียงซ้อนกันเป็นชั้น โดยระหว่างชั้นจะใช้ลวดหนามในการประสาน การก่อสร้างด้วยวิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถทำได้กับพื้นที่หลายลักษณะ เช่น บริเวณน้ำท่วมก็สามารถสร้างได้ ซึ่งสอดคล้องกับสภาพพื้นที่ในหลาย ๆ แห่งของประเทศไทยที่ต้องเผชิญกับอุทกภัย นอกจากนั้นการสร้างบ้านดิน

ในลักษณะนี้สามารถทำได้แม้ขณะฝนตก แต่มีข้อเสียคือ การฉาบผนังให้เรียบสามารถทำได้ยาก และสิ้นเปลืองดินฉาบมากกว่าการฉาบบ้านดินที่ก่อสร้างโดยเทคนิคอื่น เนื่องจากร่องบริเวณรอยต่อของกระสอบทรายจะมีความลึกมากกว่ารอยต่อของวัสดุอื่น เช่น อิฐดินดิบ เป็นต้น การใช้กระสอบในการก่อสร้างบ้านดินแสดงในภาพประกอบ 6

**ภาพประกอบ 6** การก่อสร้างโดยใช้กระสอบ
ที่มา : สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 99

7. การใช้ฟางก่อฉาบด้วยดิน (Straw Balt) เป็นการก่อสร้างโดยการใช้ก้อนฟางอัดนำมาวางเรียงกันลักษณะเดียวกับการก่ออิฐโดยผนังฟางอัดนี้สามารถใช้เป็นผนังรับน้ำหนักได้หรือจะใช้ร่วมกับโครงสร้างอื่นก็ได้เช่นกัน ลักษณะโครงสร้างดังกล่าวถูกนำมาใช้สำหรับการก่อสร้างที่อยู่อาศัยในแถบที่ราบแอฟริกันมาตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ ด้วยคุณสมบัติของฟางที่มีความเป็นฉนวนสูงจึงมีส่วนช่วยในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารได้เป็นอย่างดี ในการทำบ้านฟางอัดนี้ควรให้ความระมัดระวังในเรื่องความชื้นเนื่องจากความชื้นและแมลงต่าง ๆ ซึ่งอาจก่อความเสียหายให้กับอาคารได้ นอกจากนั้นผนังฟางอัดยังต้องการพื้นที่สำหรับโครงสร้างผนังมากกว่าการก่อผนังแบบอื่น ๆ การก่อสร้างโดยการใช้ฟางนั้นควรมีการแยกส่วนของโครงสร้างซึ่งเป็นฟางให้ห่างจากความชื้นด้วยการยกส่วนของฐานผนังให้สูงจากพื้นดิน และเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้น นอกจากนั้นยังสามารถใช้ไม้ไผ่หรือตะแกรงลวดสำหรับการเชื่อมยึดผนังฟางเข้าด้วยกัน นอกจากนั้นการฉาบผนังยังสามารถใช้ดินผสมทรายและวัสดุเส้นใยมาฉาบทับได้เช่นเดียวกับ

บ้านดินโดยทั่วไป หรืออาจฉาบทับด้วยปูนซีเมนต์หรือปูนขาว การใช้ฟางก่อฉาบด้วยดินแสดงในภาพประกอบ 7 (สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 95 - 99)

**ภาพประกอบ 7** การก่อสร้างโดยใช้ฟางก่อฉาบด้วยดิน
ที่มา : สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 99

**อิฐประเภทต่าง ๆ**

**อิฐมอญ**

เป็นอิฐที่มีกรรมวิธีการผลิตที่เก่าแก่ที่สุดในประเทศไทยซึ่งวิธีการผลิตนี้จะให้ขนาดของอิฐที่ไม่คงที่ เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น ขนาดของแบบทำอิฐที่ไม่เท่ากัน การอัดดินลงในแบบทำอิฐที่ไม่แน่นพอ และส่วนผสมของดินที่ใช้ทำอิฐมีลักษณะที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งทำให้เกิดการหดตัวของอิฐในขณะเผาที่ไม่เท่ากัน เป็นต้น อย่างไรก็ตามอิฐชนิดนี้ยังคงได้รับความนิยมค่อนข้างสูงอยู่ในปัจจุบัน โดยเฉพาะในกำแพงอิฐก่อที่มีการฉาบปูนภายหลัง เนื่องจากเป็นอิฐที่หาง่ายและมีราคาถูก อย่างไรก็ตามเราควรทราบไว้ด้วยว่า อาคารที่ทำด้วยอิฐมอญนี้มีความสามารถในการรับแรงที่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นกำแพงอิฐก่อในลักษณะดังกล่าวจึงมักถูกใช้เป็นกำแพงที่ไม่มีส่วนในการรับแรงเท่านั้น (สิทธิชัย แสงอาทิตย์. 2542 : 98) อิฐมอญแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ อิฐประเภทที่หนึ่ง วัสดุที่ใช้ในการผลิตได้แก่ ดินเหนียวหรือดินโคลน วัสดุอื่น ๆ เช่น แกลบ ทราย ขี้เลื่อยอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกันแล้วแต่ความเหมาะสม อิฐประเภทที่สอง วัสดุที่ใช้ในการทำได้แก่ ดินเหนียว วัสดุอื่น ๆ ได้แก่ ทราย ก้อนขนาดใหญ่กว่าอิฐประเภทที่หนึ่งเล็กน้อย อิฐมอญมีค่าความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำดังแสดงในตาราง 1

สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตาราง 1** ความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของอิฐมอญ

| ประเภทที่ | ความต้านทานแรงอัดต่ำสุด (MPa) | การดูดซึมน้ำสูงสุด (%) |
|---|---|---|
| 1 | 3.5 | 25 |
| 2 | 15.5 | 15 |

**อิฐประดับ**

อิฐประดับ หมายถึง อิฐที่ทำขึ้นเป็นพิเศษ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะเผยผึ่งเนื้อหรือผิว ทำจากดิน ดินดานหรืออาจมีส่วนผสมของวัสดุอื่น มีการเผาเพื่อให้เกิดความแข็งแรงและความทนทาน มีขนาดและสีต่าง ๆ มีการแต่งผิวอาจทำเป็นผิวเรียบ ผิวหยาบและผิวลวดลาย อิฐประดับมีค่าความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำดังแสดงในตาราง 2 (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547 : 1)

**ตาราง 2** ความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของอิฐประดับ

| ชั้นคุณภาพ | ความต้านทานแรงอัดต่ำสุด (MPa) | | การดูดกลืนน้ำสูงสุด (%) | |
|---|---|---|---|---|
| | เฉลี่ย 5 ก้อน | แต่ละก้อน | เฉลี่ย 5 ก้อน | แต่ละก้อน |
| ก | 21.0 | 17.0 | 17.0 | 20.0 |
| ข | 17.0 | 15.0 | 22.0 | 25.0 |

**อิฐบล็อกหรือคอนกรีตบล็อก**

อิฐบล็อกหรือคอนกรีตบล็อก หมายถึง ก้อนคอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่าง ๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยก็ได้สำหรับก่อผนังหรือกำแพง มีรูโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนานกับผิวธารน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก หมายถึง คอนกรีตบล็อกสำหรับทำผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ ประเภทควบคุมความชื้นและประเภทไม่ควบคุมความชื้น ลักษณะทั่วไปต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าวหรือส่วนเสียอื่นใด อันเป็นอุปสรรคต่อการก่อ

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้อง หรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลังหรือความคงทนถาวร ต้องมีผิวหน้าหยาบพอสมควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้ดี ค่าความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกทั้งประเภทควบคุมความชื้นและประเภทไม่ควบคุมความชื้น เฉลี่ย 5 ก้อน เท่ากับ 2.5 เมกะปาสคาล และแต่ละก้อนเท่ากับ 2.0 เมกะปาสคาล (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2531 : 1)

**อิฐทนไฟ**

อิฐทนไฟ คือ อิฐที่ทำมาจากดินเหนียวมีส่วนผสมของอลูมิน่ากับซิลิก้าโดยใช้ เครื่องอัดให้เป็นรูปร่าง อิฐทนไฟมีคุณสมบัติทนความร้อนตั้งแต่อุณหภูมิ 900 - 1,300 องศาเซลเซียส อิฐทนไฟเหมาะสำหรับก่อเตาเผา ผนังกำแพง เช่น เตาถลุงแร่ เตาเผาโลหะ เตาเผาถ่าน เตาเผาพิซซ่า เมรุ บันไดหนีไฟ หรือโกดังเก็บสินค้า ยุคปัจจุบันอิฐทนไฟได้รับความนิยมไปก่อเป็นเตาเผาขยะตามองค์กรต่าง ๆ เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล เป็นต้น (บริษัทอิฐแดง 2009 จำกัด. ออนไลน์. 2560)

**อิฐมวลเบา**

อิฐมวลเบาหรือคอนกรีตมวลเบา หมายถึง คอนกรีตที่มีมวลเบากว่าคอนกรีตทั่วไป มีขนาดเดียวกัน โดยมีฟองอากาศเล็ก ๆ แทรกกระจายในเนื้อคอนกรีตอย่างสม่ำเสมอทำให้แข็งด้วยการอบไอน้ำ และไม่เสริมเหล็กเหมาะสำหรับใช้ก่อผนังด้วยวิธีก่อบาง วิธีก่อบาง หมายถึง วิธีก่อที่มีลักษณะปูนก่อบางมีความหนาไม่เกิน 3 มิลลิเมตร และจำเป็นต้องใช้ปูนก่อที่ทำขึ้นด้วยส่วนผสมพิเศษที่สามารถให้แรงยึดหน่วงมากเพียงพอเหมาะสมกับความหนา คอนกรีตมวลเบาแบ่งตามความต้านทานแรงอัดออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ และยังสามารถแบ่งตามความหนาแน่นเชิงปริมาตรออกเป็น 7 ชนิด ดังแสดงในตาราง 3 (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2541 : 1)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตาราง 3** ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นคุณภาพกับชนิดของคอนกรีตมวลเบา

| ชั้นคุณภาพ | ความต้านทานแรงอัด (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร) | | ชนิด | ความหนาแน่นเชิงปริมาตรเฉลี่ย (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร) |
|---|---|---|---|---|
| | ค่าเฉลี่ย | ค่าต่ำสุด | | |
| 2 | 2.5 | 2.0 | 0.4 | 0.31 - 0.40 |
| | | | 0.5 | 0.41 - 0.50 |
| 4 | 5 | 4.0 | 0.6 | 0.51 - 0.60 |
| | | | 0.7 | 0.61 - 0.70 |
| | | | 0.8 | 0.71 - 0.80 |
| 6 | 7.5 | 6.0 | 0.7 | 0.61 - 0.70 |
| | | | 0.8 | 0.71 - 0.80 |
| 8 | 10 | 8.0 | 0.8 | 0.71 - 0.80 |
| | | | 0.9 | 0.81 - 0.90 |
| | | | 10 | 0.91 - 1.00 |

**อิฐบล็อกประสาน**

อิฐบล็อกประสาน หมายถึง อิฐบล็อกที่ได้ทำจากดินลูกรังผสมกับซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุอื่น ๆ เช่น หินฝุ่น ทราย กวนให้เข้ากันเทลงในแบบพิมพ์ที่มีการออกแบบให้มีรู ร่องและเดือย อัดเป็นก้อนแล้วบ่มให้แข็งตัว อิฐบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารได้ เช่น ก่อเสา ก่อผนัง อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกั้นห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร ลักษณะทั่วไปต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว อาจบิ่นได้เล็กน้อย มิติมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ±2 มิลลิเมตร ความต้านแรงอัดชนิดรับน้ำหนักค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 7.0 เมกะปาสคัล ชนิดไม่รับน้ำหนักค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะปาสคัล การทดสอบความต้านทานแรงอัด และการดูดกลืนน้ำให้ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. 57 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ความต้านทานแรงอัดชนิดรับน้ำหนักเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 7.0 เมกะปาสคัล ชนิดไม่รับน้ำหนักเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะปาสคัล (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547 : 1)

**อิฐแก้วหรือบล็อกแก้ว**

อิฐแก้วหรือบล็อกแก้ว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแก้วโซดาไลม์หรือแก้วชนิดอื่น โดยนำแก้ว 2 ชิ้นมาประกบกันมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าภายในกลวง หรือโปร่งแสงเนื้อแก้วเป็นสีธรรมชาติหรือสีอื่น บล็อกแก้วแบ่งตามลักษณะเป็น 2 แบบ คือ แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ภายในกลวง โปร่งแสง เนื้อแก้วเป็นสีธรรมชาติหรือสีอื่น ผิวภายในเรียบหรือมีลายพิมพ์ ใช้ตกแต่งอาคารสถานที่เพื่อเพิ่มความสว่างและความสวยงาม แก้วโซดาไลม์ หมายถึง แก้วที่ผลิตจากวัตถุดิบหลักคือ ทราย โซดาแอชและหินปูนหรือโดโลไมท์ ซึ่งทำให้เกิดสีต่าง ๆ ได้โดยการเติมออกไซด์ที่มีสีลงไป คุณลักษณะทั่วไปที่ต้องการผิวด้านนอกต้องเรียบ ภายในเนื้อแก้วต้องไม่มีฟองอากาศปราศจากสิ่งเจือปนและตำหนิต่าง ๆ ได้แก่ ร้าว บิดเบี้ยว บิ่น หรือกะเทาะ ความต้านทานแรงอัดไม่น้อยกว่า 6 เมกะปาสคาล และมีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 7 เมกะปาสคาล (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2554 : 1)

**อิฐดินดิบ (Adobe Brick)**

อิฐดินดิบหรือบล็อกดิน คือ ดินที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทางความร้อนหรือการเผา มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ดิน เส้นใยและน้ำ (กระเทียม สุรินทร์. ออนไลน์. 2555) ปัจจุบันอิฐดินดิบถูกนำมาใช้ในการสร้างบ้านดินที่เห็นได้ชัดเจน คือ การนำอิฐดินดิบมาสร้างบ้านดินในลักษณะของรีสอร์ททางภาคเหนือ นอกจากความสวยงามแล้ว มีการวิจัยพบว่าอุณหภูมิภายในบ้านดินค่อนข้างคงที่ เมื่ออากาศหนาวภายในบ้านจะรู้สึกอุ่น ในทางกลับกันเมื่ออากาศร้อนภายใน บ้านดินจะรู้สึกเย็น (ณภัทร ศรีวัฒนประยูร และคณะ. 2552 : 94) อีกทั้งยังเป็นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการใช้วัสดุก่อสร้างจากคอนกรีต แต่มีข้อเสียคือ เมื่อมีฝนตกหนักหรือเกิดน้ำท่วม บ้านที่สร้างจากอิฐดินดิบจะเกิดความเสียหาย เนื่องจากน้ำสามารถซึมเข้าไปในเนื้ออิฐได้ จึงมีการวิจัยเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของอิฐดินดิบ โดยการนำวัสดุอื่นเข้ามาเป็นส่วนผสมให้ได้อิฐดินดิบที่มีความแข็งแรงและคงทนมากขึ้น

**ส่วนประกอบของอิฐดินดิบ**

อิฐดินดิบมีส่วนประกอบ ดังต่อไปนี้

1. ดินเหนียว ธรรมชาติของดินเหนียวคือ เมื่อแห้งจะหดตัว ถ้าอิฐดินดิบที่ทดลองทำมีการแตกร้าวแสดงว่าส่วนผสมที่ใช้มีดินเหนียวมากเกินไป ต้องเพิ่มส่วนผสมอื่นเพื่อลดการแตกร้าว

2. ทราย เป็นส่วนผสมที่จะช่วยลดการหดตัวของดินเหนียว และลดการแตกร้าว ทรายจะช่วยทำให้อิฐมีความแกร่ง แต่ถ้าผสมทรายมากเกินไปจะทำให้ถูกฝนชะดินออกได้ง่าย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3. ส่วนผสมที่เป็นเส้นใยและมีความเหนียว โดยปรกติจะใช้แกลบหรือฟางเส้นสั้น ๆ (ถ้าเป็นส่วนผสมที่เป็นวัสดุธรรมชาติควรจะมีความสด และเหนียว) ส่วนผสมที่เป็นเส้นใยนี้จะช่วยยึดดินเข้าด้วยกัน ลดการแตกร้าวและป้องกันการชะล้างของน้ำฝน

**การทำอิฐดินดิบ**

อัตราส่วนของวัสดุที่ใช้ผสมโดยประมาณ คือ ดินเหนียว 1 ส่วน ทราย 1 - 2 ส่วน และแกลบหรือฟางเส้นสั้น (วัสดุเส้นใย) 1.5 ส่วน ธรรมดาแล้วส่วนผสมจะขึ้นอยู่กับสภาพของดินที่มีอยู่ในพื้นที่ ก่อนการทำอิฐจึงควรทดลองโดยใช้ดินที่มีผสมกับวัสดุเส้นใยทำอิฐแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง ถ้าอิฐมีปัญหาเรื่องการหดตัวแสดงว่าต้องเพิ่มทรายหรือวัสดุเส้นใย ถ้าดินในพื้นที่มีส่วนผสมของดินเหนียวน้อย หรือทรายมากเกินไปจะทำให้ไม่ทนฝน ถ้าจำเป็นต้องใช้ดินที่มีอยู่นั้น ควรหาดินที่มีดินเหนียวมากเพียงพอมาฉาบ จะช่วยป้องกันอิฐดินดิบจากการชะของฝนได้และไม่ควรก่อสร้างในช่วงฤดูฝน (ณภัทร ศรีวัฒนประยูร และคณะ. 2552 : 40)

**คุณสมบัติของอิฐดินดิบ**

กำลังของอิฐดินดิบมี 2 ประเภท คือ กำลังรับแรงอัด (แรงกด) เกิดขึ้นบริเวณส่วนของผนังอิฐดินดิบที่มีพื้นที่รองรับน้ำหนักโดยตรงและกำลังรับแรงดัด ซึ่งเกิดขึ้นบริเวณช่องเปิดต่าง ๆ หรือในกรณีที่มีแรงด้านข้าง เช่น แรงลมหรือแรงที่เกิดจากแผ่นดินไหวกระทำอิฐดินดิบมีคุณสมบัติในการรับแรงอัดได้ดีแต่รับแรงดัดได้น้อยมาก เพราะแรงดัดจะทำให้เกิดแรงดึง เช่น ถ้าเรากดคานจะเกิดการโก่งและบริเวณด้านล่างจะเกิดแรงดึง ซึ่งดินไม่สามารถรับแรงดึงได้มาก จึงทำให้รับแรงดัดได้ต่ำมาก เราจำเป็นต้องเรียนรู้ทั้งเรื่องแรงอัดและแรงดัด เพราะโครงสร้างของบ้านดินจะมีทั้งส่วนที่ต้องรับแรงอัดและแรงดัด มาตรฐานการทดสอบอิฐดินดิบนั้น จะมีการทดสอบทั้งแรงอัดและแรงดัด ซึ่งแรงอัดและแรงดัดจะมีความสัมพันธ์กันคือ ถ้าแรงดัดสูงแรงอัดก็จะสูง ถ้าแรงอัดต่ำแรงดัดก็จะต่ำ (พิสิทธิ์ ขันติวัฒนะกุล. ออนไลน์. 2551)

**ดิน (Soil)**

ดิน คือ วัตถุธรรมชาติที่ปกคลุมผิวโลกอยู่บาง ๆ เกิดขึ้นจากผลของการแปรสภาพหรือผุพังของหินและแร่และอินทรียวัตถุผสมคลุกเคล้ากัน

**ส่วนประกอบของดิน**

1. อนินทรียวัตถุ (Mineralmatter) ได้แก่ ส่วนของแร่ธาตุต่าง ๆ ภายในหินซึ่งผุพังสึกกร่อนเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย โดยทางเคมี ฟิสิกส์และชีวเคมี

2. อินทรียวัตถุ (Organicmatter) ได้แก่ ส่วนที่เกิดจากการเน่าเปื่อยผุพัง หรือสลายตัวของซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมกัน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3. น้ำ ในสารละลายซึ่งพบอยู่ในช่องระหว่างเม็ดดิน (Aggregate) หรืออนุภาคดิน (Particle)

4. อากาศ อยู่ในที่ว่างระหว่างเม็ดดินหรืออนุภาคดิน ก๊าซส่วนใหญ่ที่พบทั่วไปในดิน ได้แก่ ไนโตรเจน ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์

**คุณสมบัติพื้นฐานของดิน (Basic Soil Properties)**

คุณสมบัติขั้นพื้นฐานนี้ บางครั้งจะเรียกว่า ดัชนีของคุณสมบัติ (Index Property) ซึ่งเป็นตัวบอกถึงปัญหาทางด้านวิศวกรรมของดินที่จะเกิดขึ้น ดังนั้นการทดสอบคุณสมบัติขั้นพื้นฐานก่อนนำดินไปใช้งานในทางวิศวกรรม จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง โดยคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของดินมีองค์ประกอบ 3 ส่วนใหญ่ ๆ ส่วนแรกคือส่วนที่เป็นเม็ดดินหรือของแข็ง ส่วนที่สองคือ ส่วนที่เป็นน้ำหรือของเหลวและส่วนที่สามคือส่วนที่เป็นอากาศหรือก๊าซ ในทางวิศวกรรมของดินจะต้องรู้สัดส่วนมวลหรือน้ำหนักและปริมาตรของดินเพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ของดิน (มานิต ช่วยงาน. 2552 : 19) คุณสมบัติพื้นฐานที่จำเป็นของดินมีดังต่อไปนี้

1. ความข้นเหลวของดิน เมื่อดินที่มีเม็ดละเอียดมีแร่ดินเหนียวผสมอยู่ดินนั้นสามารถถูกปั้นขึ้นรูปได้เมื่อมีความชื้นบางส่วน โดยปราศจากการร่วน ทั้งนี้เพราะดินดังกล่าวมีแรงเชื่อมแน่นตามธรรมชาติที่เกิดขึ้น เนื่องจากมีน้ำที่ถูกดูดซับห้อมล้อมรอบอนุภาคของดินเหนียว ในปี ค.ศ. 1900 มีนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดนชื่อ Atterberg ได้พัฒนาวิธีที่จะพรรณนาความข้นเหลว (Consistency) ของดินที่มีเม็ดละเอียดซึ่งมีระดับของปริมาณความชื้นมากบ้างน้อยบ้าง พบว่า ที่ปริมาณความชื้นต่ำมาก ดินจะมีพฤติกรรมเหมือนของแข็ง และเมื่อปริมาณความชื้นสูงมากดินและน้ำอาจจะไหลเหมือนของเหลว เนื่องจากเหตุนี้บนมูลฐานที่เขากำหนดขึ้นซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้น จึงแบ่งพฤติกรรมของดินตามธรรมชาติออกเป็น 4 สภาวะมูลฐาน คือ สภาวะของแข็ง, สภาวะกึ่งของแข็ง, สภาวะพลาสติก, และสภาวะของเหลว

2. การกระจายตัวของเม็ดดิน เม็ดดินจะมีหลายขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ บางทีก็มีหลายขนาดมารวมตัวกัน ทั้งนี้จะหาขนาดของเม็ดดินได้จากการเขียนรูปกราฟแสดงการกระจายตัวของเม็ดดินนั้น ๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเม็ดดินกับเปอร์เซ็นต์ที่ผ่านตะแกรงมาตรฐาน หรือการตกตะกอนของเม็ดดิน ดังแสดงในภาพประกอบ 8

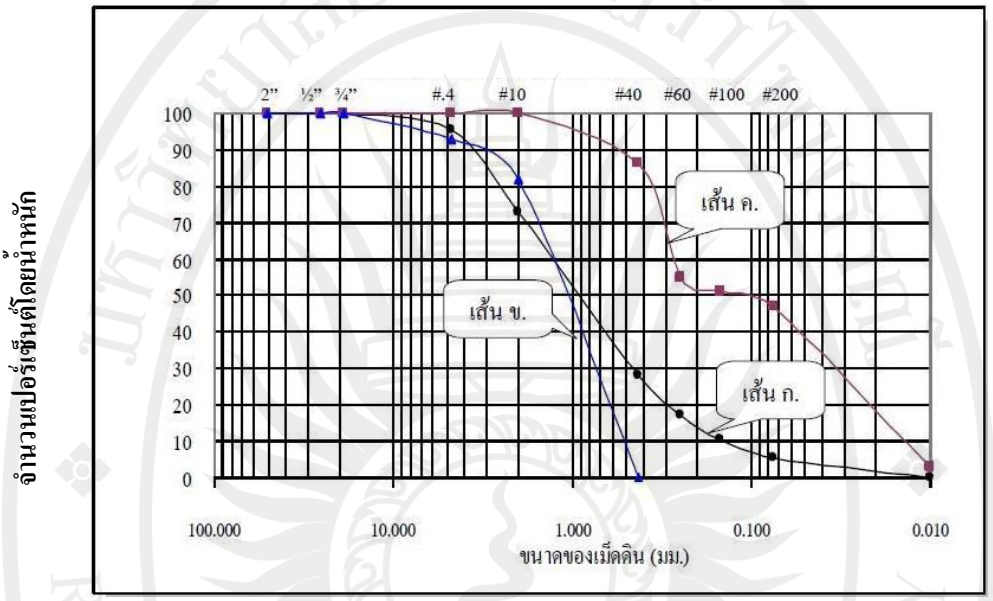
2.1 ดินที่มีขนาดคละกันดี (Well Graded Soil) เส้นกราฟจะมีแนวโค้งเรียบอย่างสม่ำเสมอจากด้านหนึ่งไปด้านหนึ่ง ดังเส้น ก. ในภาพประกอบ 8

2.2 เม็ดดินที่มีขนาดคละกันไม่ดี (Poly Graded Soil) แบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ

2.2.1 ดินที่มีขนาดสม่ำเสมอ (Uniform Graded) คือ เม็ดดินจะมีขนาดเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ดังกราฟเส้น ข. ในภาพประกอบ 8

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

2.2.2 ดินที่มีขนาดเม็ดขาดช่วง (Gap Graded) คือ ดินที่มีแต่ขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก โดยที่ขนาดปานกลางหายไปหรือขาดขนาดใดขนาดหนึ่งไป เส้นกราฟจะมีลักษณะราบในช่วงที่ขนาดของเม็ดดินขาดหายไป ดังกราฟเส้น ค. ในภาพประกอบ 8




**ภาพประกอบ 8** กราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน
ที่มา : สุรฉัตร สัมพันธารักษ์. 2548 : 12

3. ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity of Soil) ดินตามธรรมชาติ (Natural Soil) จะประกอบด้วย อากาศ น้ำ และเม็ดดิน โดยเม็ดดินจะเกิดจากการรวมตัวกันของแร่ธาตุที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงเป็นผลให้ดินในแต่ละพื้นที่มีความถ่วงจำเพาะต่างกัน ในขณะที่น้ำจะมีความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกันแต่ก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ ความถ่วงจำเพาะของดิน คือ อัตราส่วนของน้ำหนักดินต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับดินในอุณหภูมิหนึ่ง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่แสดงให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปของดินได้ และยังสามารถที่จะนำคุณสมบัตินี้ไปใช้ในการคำนวณค่าคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น ความพรุน (Porosity) อัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio) ของดิน ระดับความอิ่มตัว (Saturation) ความหนาแน่น (Density) เป็นต้น ทั้งยังสามารถนำค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินไปใช้สำหรับวิเคราะห์หาขนาดของเม็ดดินด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์แบบ 151 H ได้ด้วย โดยทั่วไปค่าความถ่วงจำเพาะของดินจะมีค่าอยู่ในช่วง 2.6 - 2.8 ถ้าค่าต่ำกว่านี้ก็อาจจะมีพวกอินทรีย์สารหรือพวกธาตุเบาต่าง ๆ ปะปนอยู่ และถ้าค่าสูงกว่านี้ก็อาจมีธาตุหนักปะปนอยู่สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะโดยทั่วไปของดินชนิดต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 4

**ตาราง 4** ค่าความถ่วงจำเพาะของดินชนิดต่าง ๆ

| ชนิดของดิน | ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน, Gs |
|---|---|
| Sand | 2.65 - 2.67 |
| Silty Sand | 2.67 - 2.70 |
| Inorganic Clay | 2.70 - 2.80 |
| Soil with Mica or Iron | 2.75 - 3.00 |
| Organic Soil | 1.00 - 2.60 |

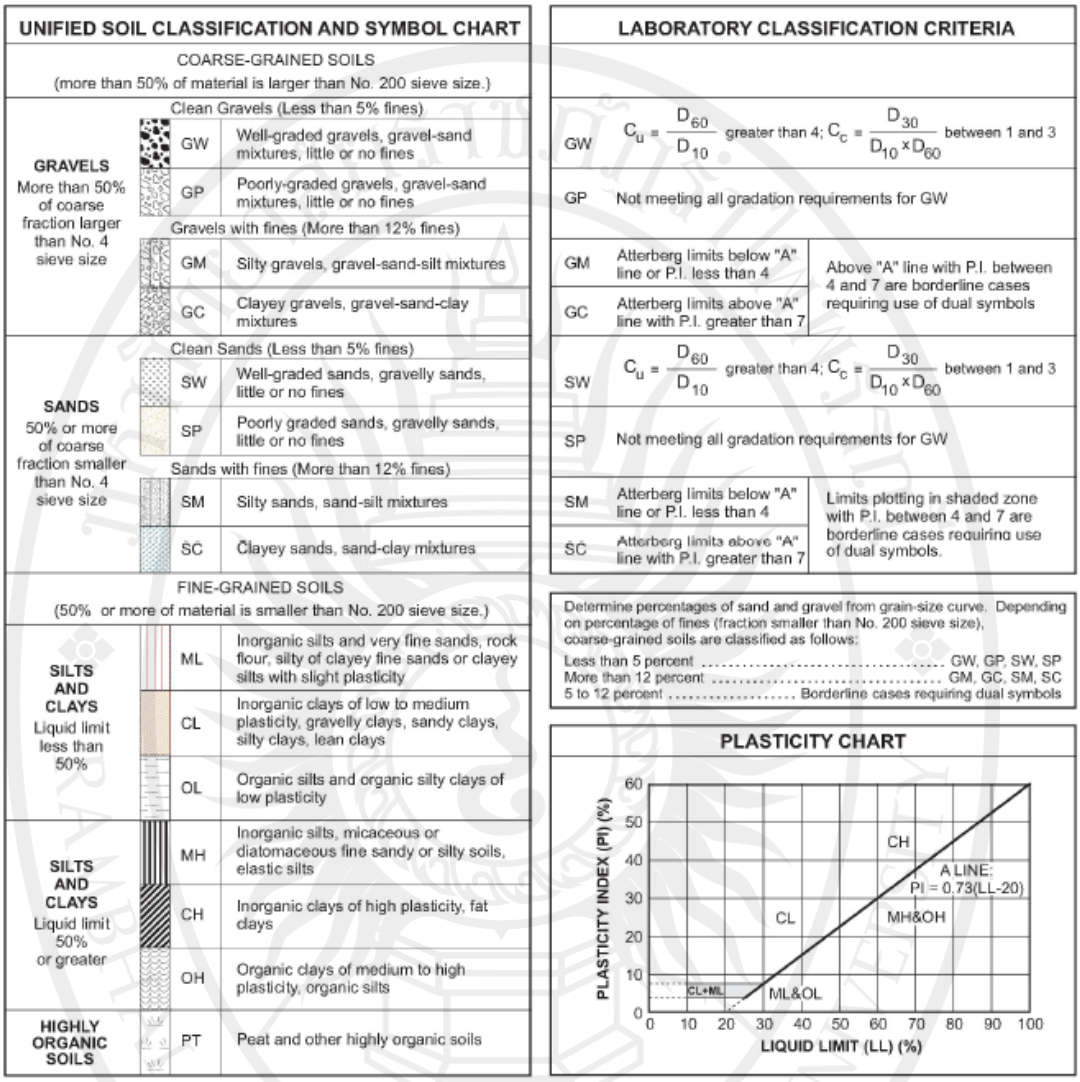
ที่มา : สุกิจ นามพิชญ์ และคณะ. 2549 ข : 17

**การจำแนกประเภทของดิน**

เนื่องจากมีผู้เกี่ยวข้องกับดินอยู่หลายสาขาด้วยกัน การจำแนกประเภทดินจึงแตกต่างกันออกไป แล้วแต่วัตถุประสงค์ในการใช้งานในแต่ละสาขา เช่น ทางด้านเกษตรศาสตร์จะจำแนกดินตามความอุดมสมบูรณ์ของธาตุสารที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ ทางด้านธรณีวิทยาอาศัยลักษณะหินต้นกำเนิดและการกัดกร่อนผุพังเป็นปัจจัยในการจำแนก สำหรับทางวิศวกรรมโยธาพิจารณาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และกลศาสตร์ของดินเป็นหลัก เช่น ขนาดของเม็ดดิน, แรงยึดเกาะของมวลดิน เป็นต้น

1. การจำแนกดินตามระบบ Unified Soil Classification System ระบบนี้นิยมกันมากในงานวิศวกรรมฐานราก ซึ่งนอกจากจะพิจารณามวลคละของดินแล้ว ยังได้นำค่าขีดความเหลว ขีดความเหนียวและดัชนีสภาพพลาสติกของมวลดินมาเป็นเกณฑ์ในการเรียกชื่อโดยใช้ตัวภาษาอังกฤษแทน เช่น G คือ กรวด, S คือ ทราย, M คือ ดินตะกอน และ C คือ ดินเหนียว และเขียน 2 ตัว แทนชนิดของดินได้ GM หมายถึง กรวดปนดินตะกอน GC หมายถึง กรวดปนดินเหนียว

การจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified Soil Classification System นี้เป็นวิธีที่นิยมแพร่หลายมากกว่าวิธีอื่นเพราะเหมาะกับงานวิศวกรรมทั่ว ๆ ไป เช่น งานถมดินและงานฐานราก เป็นต้น โดยจะจำแนกประเภทของดินออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยใช้อักษรภาษาอังกฤษเป็นสัญลักษณ์แทนการเรียกชื่อกลุ่มดินซึ่งจะแบ่งตามขนาด และลักษณะการกระจายตัวของเม็ดดิน แต่ละกลุ่มจะมีอักษร 2 ตัว ตัวแรกจะเป็นกลุ่มหลักและตัวที่ 2 จะเป็นกลุ่มย่อยลงไป ตารางการจำแนกประเภทดินระบบ Unified Soil Classification System แสดงในภาพประกอบ 9 และตัวอักษรแต่ละตัวจะมีความหมาย ดังแสดงในตาราง 5




**ภาพประกอบ 9** ตารางการจำแนกประเภทดินระบบ Unified Soil Classification System

ที่มา : การจำแนกดินทางวิศวกรรม. ออนไลน์. 2560.

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตาราง 5** สัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทดินระบบ Unified Soil Classification System

| สัญลักษณ์ | ลักษณะดิน | ย่อมาจาก | ลักษณะทั่วไปและขนาดของเม็ดดิน |
|---|---|---|---|
| G | กรวด | Gravel | เม็ดกลมมนหรือเป็นเหลี่ยม ผ่านตะแกรงขนาด 80 มิลลิเมตร แต่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร ขนาดระหว่าง 80 - 200 มิลลิเมตร ถือว่าเป็นดินเม็ดหยาบ และขนาดระหว่าง 4.75 - 20 มิลลิเมตร ถือว่าเป็นดินเม็ดละเอียด |
| S | ทราย | Sand | เม็ดกลมมนหรือเป็นเหลี่ยม ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร แต่ค้างตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร ขนาดระหว่าง 2.0 - 4.75 มิลลิเมตร ถือว่าเป็นดินเม็ดหยาบ, ขนาดระหว่าง 0.425 - 2.0 มิลลิเมตร ถือว่าเป็นดินเม็ดปานกลางและขนาดระหว่าง 0.075 - 0.425 มิลลิเมตร ถือว่าเป็นดินเม็ดละเอียด |
| M | ตะกอนทราย | Mo = Silt | ขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร ค่อนข้างจะมีความเหนียวและรับกำลังได้น้อยเมื่ออยู่ในสภาพแห้ง |
| C | ดินเหนียว | Clay | ขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร มีความเหนียวจะขึ้นกับค่าความชื้นในดินและรับกำลังได้ดีเมื่ออยู่สภาพแห้ง |
| O | สารอินทรีย์ | Organic | เป็นดินอินทรีย์ มีหลายขนาดขึ้นกับลักษณะการเกิดของดิน |
| Pt | มีสารอินทรีย์สูง | Peat | ดินโคลนสีดำ |
| W | มีขนาดคละกันดี | Well graded | - |
| P | มีขนาดคละกันไม่ดี | Poorly graded | - |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตาราง 5** (ต่อ)

| สัญลักษณ์ | ลักษณะดิน | ย่อมาจาก | ลักษณะทั่วไปและขนาดของเม็ดดิน |
|---|---|---|---|
| L | L.L. น้อยกว่าร้อยละ 50 | Low Liquid Limit | - |
| H | L.L มากกว่าร้อยละ 50 | High Liquid Limit | - |

ที่มา : สราวุธ จริตงาม. 2545 : 44

**ยางพารา (Para Rubber)**

**น้ำยางธรรมชาติ**

1. สมบัติและส่วนประกอบของน้ำยาง น้ำยางสดจากต้นยางพารามีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวข้นหรือครีม อยู่ในสถานะสารแขวนลอย มีความหนาแน่นระหว่าง 0.975 และ 0.980 กรัม/มิลลิลิตร ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ตั้งแต่ 6.5 - 7.0 ความหนืด (Viscosity) แปรปรวน มีส่วนประกอบของสารต่าง ๆ ในน้ำยางขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น พันธุ์ยาง อายุยาง ฤดูการรีดยาง และวิธีการกรีดยาง เป็นต้น

**ตาราง 6** แสดงแบบอย่างส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

| ส่วนประกอบ | ร้อยละ (โดยน้ำหนัก) |
|---|---|
| สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด (Total Solid Contene, TSC) | 36 |
| เนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC) | 33 |
| สารพวกโปรตีน | 1 - 1.5 |
| เถ้า | 0 - 1 |
| น้ำตาล | 1 |
| น้ำในปริมาณที่รวมแล้วเป็น | 100 |

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร. 2532 : 1

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ปริมาณเนื้อยางของน้ำยางธรรมชาติอาจแปรปรวนตั้งแต่ร้อยละ 25 - 45% ปริมาณความแตกต่างระหว่างปริมาณสารที่เป็นของแข็งทั้งหมดในน้ำยางกับปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณร้อยละ 3 ถ้าเป็นกรณีของน้ำยางที่ปั่นทำข้นแล้ว ความแตกต่างดังกล่าวลดเหลือประมาณร้อยละ 1.5 (กรมวิชาการเกษตร. 2532 : 1) องค์ประกอบของน้ำยางสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ดังนี้

1. ส่วนที่เป็นยาง (Dry Rubber Content) เป็นสารประกอบไฮโดรเจนที่มีคาร์บอน 5 อะตอม และไฮโดรเจน 8 อะตอม เขียนเป็นสูตรเคมีคือ $(C_5H_8)_n$ เรียกชื่อทางเคมีว่า โพลีไอโซพลีน (Polyisoprene) ที่เชื่อมโยงต่อกันประมาณ 2,000 - 5,000 หน่วยต่อ 1 โมเลกุล หน่วยย่อยดังกล่าวเกิดการเชื่อมโยงเป็นโมเลกุลจะเรียงตัวกันในแบบ Cis-configuration เรียกชื่อโมเลกุลยางว่าเป็น Cis-1, 4-polyisoprene เนื้อยางมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000,000 รูปร่างอนุภาคยางเป็นรูปทรงกลมหรือรูปลูกแพร์ขนาด 0.05 - 5 ไมโครเมตร มีประจุไฟฟ้าที่ผิว เป็นลบและเคลื่อนที่แบบบราวเนียนตลอดเวลา

2. ส่วนประกอบที่ไม่ใช่ยาง (Non Rubber Content) เป็นส่วนประกอบอื่น ๆ ทั้งหมดที่ไม่ใช่ส่วนที่เป็นยาง ประกอบด้วย

2.1 ส่วนที่เป็นน้ำซีรัม (Serum)

น้ำซีรัม คือ ส่วนที่เป็นน้ำใสของน้ำยาง ได้จากการแปรรูปเบื้องต้นของน้ำยางเป็นยางชนิดต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นยางข้น ยางแผ่น หรือแม้แต่การจัดตัวกันตามธรรมชาติ หลังจากแยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกไปแล้ว จะเหลือส่วนที่เป็นน้ำใสเรียกว่า ซีรัม ซึ่งมีความหนาแน่นประมาณ 1.02 กรัม/มิลลิลิตร มีการรายงานคุณภาพคุณสมบัติของน้ำซีรัมที่ได้จากการทำน้ำยางข้น ซึ่งประกอบด้วยสารชนิดต่าง ๆ คือ

2.1.1 คาร์โบไฮเดรต เป็นสารพวกแป้งและน้ำตาลมีอยู่ในน้ำยางประมาณร้อยละ 1 น้ำตาลส่วนใหญ่เป็นชนิด คิวบาซิทอล (Quebrachitol) และมีน้ำตาลชนิดกลูโคส ซูโครส ฟรุกโตส ปริมาณเล็กน้อย น้ำตาลเหล่านี้จะถูกแบคทีเรียใช้เป็นอาหาร เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายตัวให้กรดโมเลกุลที่มีขนาดเล็ก ๆ (Short Chain Fatty Acid) ทำให้น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพและรวมตัวเป็นก้อน กรดเหล่านี้เป็นกรดที่ระเหยได้ (Volatile Fatty Acid : VFA) ประกอบด้วย กรดฟอร์มิค กรดอะซิติก และกรดโพไพโอนิค เป็นต้น

2.1.2 โปรตีนและกรดอะมิโนมีหลายชนิด แต่โปรตีนที่อยู่ในน้ำยางในปริมาณสูง คือ 1) แอลฟากลูบูลิน ($\alpha$-globulin) เป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประมาณ 200,000 มีสมบัติเป็น Surface-active จะอยู่บนรอยต่อระหว่างน้ำกับอากาศและน้ำมันกับน้ำ ซึ่งโปรตีนชนิดนี้จะไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในกรด ด่างและเกลือ มีค่า Isoelectric point ที่ pH ของ $\alpha$-globulin ละลายได้น้อยที่สุด และ 2) ฮีวีน (Hevein) เป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

α-globulin คือมีค่าประมาณ 10,000 hevein จะอยู่ที่ผิวอนุภาคยางและสามารถละลายน้ำได้ มีค่า Isoelectric Point ที่ pH เท่ากับ 4.5 ส่วนประกอบของโมเลกุลมีกำมะถันประมาณร้อยละ 5 ดังนั้น ขณะที่น้ำยางสูญเสียสภาพจะเกิดการบูดเน่า โดยโปรตีนนี้จะสลายตัวให้สารประกอบพวกไฮโดรเจนซัลไฟด์และสารเมอร์แคปแทน (Mercaptan) ซึ่งทำให้มีกลิ่นเหม็น

2.1.3 ไขมัน (Lipid) ไขมันซึ่งอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคยางและโปรตีนส่วนใหญ่เป็นสารพวกฟอสโฟไลปิด ชนิด A-lecithin ทำหน้าที่ยึดโปรตีนให้เกาะอยู่ในผิวของอนุภาคยาง

2.2 ส่วนของลูทอยด์และองค์ประกอบอื่น

2.2.1 ลูทอยด์ เป็นอนุภาคค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 - 3 ไมโครเมตร ห่อหุ้มด้วยเยื่อบาง ๆ โดยภายในเยื่อบาง ๆ นี้มีทั้งสารละลายและสารแขวนลอย

2.2.2 องค์ประกอบอื่น ๆ มีสารพวกที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจนอิสระ เช่น โคลีน (Coline) แมธิลลามีน (Methylamine) กรดอินทรีย์ (Organic Acid) กรดอนินทรีย์ (Inorganic Acid) อนุมูลของสารอินทรีย์โดยเฉพาะพวกฟอสเฟต และคาร์บอเนตและอนุมูลของโลหะ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกเหล็ก แมกนีเซียม โซเดียม ทองแดง เป็นต้น (วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2531 : 91)

**น้ำยางข้น**

น้ำยางข้น คือ น้ำยางที่มีเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content : DRC) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 การผลิตน้ำยางข้นสามารถทำได้ 4 วิธี คือ 1) วิธีระเหยด้วยน้ำ (Evaporation) 2) วิธีทำให้เกิดครีม (Creaming) 3) วิธีปั่นแยก (Centrifuging) และ 4) วิธีแยกด้วยไฟฟ้า (Electrodecantation)

1. วิธีการผลิตน้ำยางข้น

วิธีการผลิตน้ำยางข้นที่ใช้ในประเทศไทย คือ วิธีการปั่นแยกด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง ซึ่งกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจะมีขั้นตอนโดยละเอียด ดังนี้

1.1 การรับน้ำยางสด น้ำยางสดจะถูกรักษาสภาพไม่ให้จับตัวด้วยแอมโมเนียและ TMTD/ZnO และถูกถ่ายผ่านตะแกรงกรองลงสู่รางรับน้ำยางสด จากนั้นน้ำยางสดจะไหลจากรางรับน้ำยางสดลงสู่บ่อรับน้ำยางสด นอกจากนี้จำเป็นต้องมีการล้างทำความสะอาดบ่อรับน้ำยางสดทุกวัน เนื่องจากมีการเติมสารเคมีช่วยในการตกตะกอนแมกนีเซียมและมีการจับตัวของยางที่ผนังบ่อ ซึ่งอาจทำให้น้ำยางสดมีการปนเปื้อนได้

1.2 การเตรียมน้ำยางสด ต้องมีการปรับสภาพน้ำยางสดให้เหมาะต่อกระบวนการปั่นแยกด้วยการเติมแอมโมเนีย เพื่อให้น้ำยางมีปริมาณแอมโมเนียเกินกว่าร้อยละ 0.4 โดยน้ำหนักและเติม Diammonium Hydrogen Phosphate (DAP) เพื่อให้แมกนีเซียมตกตะกอนเป็นขี้แป้ง และทิ้งไว้

1 คืน สำหรับน้ำยางที่มีแมกนีเซียมสูง ซึ่งน้ำยางที่จะนำมาปั่นแยก ควรมีปริมาณแมกนีเซียมน้อยกว่า 50 ppm และเมื่อปั่นแล้วไม่ควรเกิน 20 ppm นอกจากนี้ ปริมาณกรด (Volatile Fatty Acid : VFA) ไม่ควรเกินร้อยละ 0.05 หากเกินให้นำไปผสมกับน้ำยางสดที่มีค่าไม่เกินร้อยละ 0.05

1.3 การปั่นแยก อาศัยหลักการ คือ น้ำยางธรรมชาติเป็นสารละลายคอลลอยด์ที่ประกอบด้วยส่วนอนุภาคของยางแขวนลอยกระจัดกระจายอยู่ในเซรุ่ม และเนื่องจากอนุภาคยางเหล่านี้เบากว่าเซรุ่มจึงลอยตัวสู่ผิวหน้าน้ำยางและมีการเคลื่อนไหวแบบบราวเนียน ซึ่งอัตราการเคลื่อนไหวขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลก ดังนั้นการปั่นจะช่วยเพิ่มแรงดึงดูดและเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยาง ซึ่งช่วยแยกส่วนเซรุ่ม ในการปั่นแยกน้ำยางสดจะได้น้ำยาง 2 ส่วน คือ หางน้ำยางและน้ำยางข้น โดยน้ำยางข้นจะมีเนื้อยางแห้งประมาณร้อยละ 60 ซึ่งเครื่องปั่นยางขนาดเล็ก สามารถป้อนน้ำยางสดได้ประมาณ 150 ลิตร/ชั่วโมง ส่วนเครื่องขนาดใหญ่สามารถป้อนน้ำยางสดได้ 400 - 600 ลิตร/ชั่วโมง และในการปั่นแยกยางจะมีการล้างเครื่องปั่นยางทุก ๆ 2 หรือ 3 ชั่วโมง เนื่องจากการอุดตันของยางและกากขี้แป้งบริเวณหัวโบว์ลของเครื่องปั่นยาง โดยในการล้างแต่ละครั้งจะใช้เวลาในการล้างนานประมาณ 10 - 15 นาที

1.4 การไล่แอมโมเนียในหางน้ำยาง หางน้ำยางที่ได้จากกระบวนการปั่นยางจะถูกนำไปไล่แอมโมเนียออก เพื่อลดปริมาณการใช้กรดซัลฟิวริกในการตกตะกอนเมื่อผลิตยางสกิม เนื่องจากถ้าหางน้ำยางมีปริมาณแอมโมเนียสูง จะต้องใช้กรดในการตกตะกอนมาก ดังนั้นจึงมีการไล่แอมโมเนียในหางน้ำยางด้วยการใช้ถาดไล่แอมโมเนียหรือเครื่องกวน

1.5 การผลิตยางสกิม หางน้ำยางที่ผ่านการไล่แอมโมเนียแล้ว จะถูกเติมด้วยกรดซัลฟิวริกเพื่อให้เนื้อยางจับตัวกันในขั้นตอนนี้จะได้ก้อนยางสกิมที่จัดตัวกัน และสามารถนำไปขายได้ นอกจากนี้ก้อนยางสกิมนี้สามารถนำไปผลิตเป็นยางสกิมเครพหรือสกิมบล็อกต่อไป การผลิตยางสกิมเครพทำได้โดยการนำก้อนยางสกิมผ่านเครื่องตัดให้เป็นก้อน และล้างน้ำ เพื่อชำระกรดออก จากนั้นรีดยางให้เป็นแผ่น และนำไปอบในเตาอบแล้วบรรจุหีบห่อ โดยการผลิตยางสกิมบล็อกทำจากการนำก้อนยางสกิมผ่านเครื่องตัดให้เป็นก้อนและล้างน้ำเพื่อชำระกรดออก จากนั้นรีดยางให้เป็นแผ่น และนำยางไปตัดด้วยเครื่องตัดย่อยแล้วนำไปอบในเตาอบ นำมาอัดแท่งและบรรจุหีบห่อ

1.6 การดักยาง เป็นการดักจับเนื้อยางที่ปะปนมากับน้ำเสียจากขบวนการต่าง ๆ เช่น การตกค้างในบ่อรับน้ำยาง เครื่องปั่นยาง และบ่อเก็บน้ำยางข้น ด้วยการเติมโพลิเมอร์ต่าง ๆ หรือจากบ่อดักยาง ซึ่งยางที่ได้จะสามารถนำไปขายในราคาที่ต่ำ เนื่องจากมีคุณภาพไม่ดี

1.7 การเตรียมสารละลายแอมโมเนีย ในกรณีที่โรงงานได้ใช้แอมโมเนียในรูปของแอมโมเนียแห้งหรือแอมโมเนียเหลว แต่ใช้ในรูปสารละลายแอมโมเนีย โรงงานจะต้องเตรียม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

สารละลายแอมโมเนียให้อยู่ในรูปสารละลายเข้มข้นประมาณร้อยละ 10 ซึ่งในการเตรียมสารละลายแอมโมเนียผสมกับน้ำจะเกิดความร้อนและส่งผลให้แอมโมเนียระเหยออกจากสารละลายได้ง่ายขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ. ออนไลน์. 2548)

2. ชนิดของน้ำยางข้น (การจัดทำเนื้อหาองค์ความรู้ SMEs ภายใต้งานพัฒนาศูนย์ข้อมูล SMEs Knowledge Center. ออนไลน์. 2558)

น้ำยางข้นแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

2.1 น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง (High Ammonia : HA) คือ น้ำยางข้นที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเข้มข้นร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก หรือที่รู้จักกันในชื่อของน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่ในช่วงระยะเวลา 30 - 40 ปีที่ผ่านมาการใช้แอมโมเนียในการรักษาสภาพน้ำยางลดลงเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น การใช้แอมโมเนียให้ต่ำที่สุดเพื่อลดต้นทุน ความต้องการลดปริมาณกรดที่จะใช้จับตัวน้ำยาง ปัญหาเรื่องของกลิ่น ความเป็นพิษ และสิ่งแวดล้อม ถึงแม้ว่าเรามีความจำเป็นที่ต้องใช้สารฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจากแบคทีเรียในน้ำยางได้มีพัฒนาการในการต้านทานต่อแอมโมเนียมากขึ้น

2.2 น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียปานกลาง (Medium Ammonia : MA) คือ น้ำยางข้นที่รักษาสภาพด้วยการใช้แอมโมเนียปริมาณร้อยละ 0.3 - 0.6 ร่วมกับการใช้สาร SPs มากกว่า 1 ชนิดขึ้นไป แต่ตลาดส่วนแบ่งของน้ำยางข้นชนิด MA มีน้อยมาก และไม่นิยมทั้งในการผลิต และการตลาดในหลาย ๆ ประเทศ

2.3 น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ (Low Ammonia : LA) ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้แอมโมเนียเพียงร้อยละ 0.2 ร่วมกับสาร SPs มากกว่า 1 ชนิดขึ้นไป สาร SPs ที่ใช้ในน้ำยางข้นชนิด LA ได้แก่

2.3.1 โซเดียมเพนทาคลอโรฟีเนต (Sodium Pentachlorophenate : SPP)

2.3.2 กรดบอริกร่วมกับกรดลอริก (Boric Acid with Lauric acid)

2.3.3 ซิงก์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (Zinc Diethyldithiocarbamate : ZDC) ร่วมกับกรดลอริก

2.3.4 ซิงก์ออกไซด์และเททระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์ (Tetramethylthiuram Disulfide : TMTD) ร่วมกับกรดลอริก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

โดยมากน้ำยางข้นชนิด LA ที่เป็นที่นิยมมากที่สุด คือ ชนิด LA-TZ ซึ่งน้ำยางจะถูกรักษาสภาพด้วย

1. เททระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์ร้อยละ 0.13 โดยน้ำหนัก

2. ซิงก์ออกไซด์ร้อยละ 0.13 โดยน้ำหนัก

3. กรดลอริกร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนัก

4. แอมโมเนียร้อยละ 0.20 โดยน้ำหนัก

3. ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางข้น

3.1 ถุงมือแพทย์ทั้งชนิดฆ่าเชื้อและไม่ฆ่าเชื้อ

3.2 ถุงยางอนามัยและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ป้องกันการติดเชื้อ

3.3 เสื้อผ้า ฟูกที่นอน

3.4 ของเล่น

3.5 ผลิตภัณฑ์สำหรับประตู

3.6 ผลิตภัณฑ์ล้อ

3.7 ผลิตภัณฑ์สำหรับรถยนต์

**การทดสอบคุณสมบัติของอิฐดินดิบ**

**การทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐดินดิบ**

1. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาด คือ การวัดระยะการเปลี่ยนแปลงความยาววัดทั้ง 3 ด้าน คือ กว้าง ยาว และสูง แล้วคำนวณหาร้อยละของการหดตัว ตามสมการที่ (1)

$$S = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \qquad (1)$$

โดย $S$ = การหดตัวของดิน (ร้อยละ)

$l_1$ = ความยาวในทิศทางที่พิจารณาเริ่มต้น (มิลลิเมตร)

$l_2$ = ความยาวในทิศทางที่พิจารณาเมื่อแห้ง (มิลลิเมตร)

2. การทดสอบการดูดกลืนน้ำ (Absorption Test)

อิฐจะถูกมาใช้ทำผนังของอาคาร ก่อเรียงกันในแนวตั้งเพื่อใช้สำหรับบังแดด กันฝน ฯลฯ หากอิฐมีคุณสมบัติที่ไม่ดีพอจะทำให้น้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปในผนังสร้างความเสียหายให้กับอาคารได้ ความสามารถในการดูดกลืนน้ำของอิฐอาจขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลักคือ คุณสมบัติของดินเหนียวที่นำมาใช้ทำอิฐและกรรมวิธีในการผลิตอิฐ ในด้านคุณสมบัติของดินเหนียวซึ่งเป็นวัสดุตามธรรมชาติที่มีอยู่ทั่วไปในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยแต่ละแหล่งมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป เช่นดินเหนียวปนดินทรายจะสามารถดูดกลืนน้ำได้น้อยกว่าดินเหนียวปนดินโคลนหรืออาจพูดได้ว่าดินเหนียวที่มีช่องว่างในเม็ดดินมากจะสามารถดูดกลืนน้ำได้น้อย นั่นก็หมายความว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

น้ำสามารถซึมผ่านได้เร็วขึ้น ส่วนในด้านกรรมวิธีการผลิตอิฐซึ่งสามารถทำได้ทั้งด้วยมือและเครื่องจักร การทำให้อิฐแน่นย่อมมีวิธีที่แตกต่างกันส่งผลให้การดูดกลืนน้ำของอิฐที่ทำด้วยวิธีต่าง ๆ แตกต่างกันออกไปด้วย (สุกิจ นามพิชญ์ และคณะ. 2549 ก : 1)

การดูดกลืนน้ำคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$\text{ร้อยละการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบ} = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \qquad (2)$$

โดย

$W_s$ = น้ำหนักอิ่มตัว

$W_d$ = น้ำหนักแห้ง

**การทดสอบคุณสมบัติทางกลของอิฐดินดิบ**

1. กำลังต้านทานแรงอัด (Compressive Strength)

กำลังต้านทานแรงอัด (Compressive Strength) คือ ความสามารถของวัสดุหรือโครงสร้างที่ต้านทานแรงที่กระทำในทิศทางอัดตัวของวัสดุนั้น เมื่อแรงที่กระทำมีค่าเท่ากับกำลังต้านทานแรงอัดของวัสดุ วัสดุนั้นจะแตกหัก กำลังต้านทานแรงอัดจะอยู่ในหน่วย เมกะปาสคาล (MPa) หรือกิโลกรัมต่อต่อตารางเซนติเมตร (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2521 : 7)

$$C = \frac{W}{A} \qquad (3)$$

โดย

$C$ = กำลังต้านทานแรงอัดของชิ้นตัวอย่าง (MPa)

$W$ = น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (N)

$A$ = พื้นที่ทั้งหมดโดยเฉลี่ยจากพื้นที่ธารทั้งด้านบนและด้านล่างของชิ้นตัวอย่าง ($mm^2$)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

ประชุม คำพุฒ และคณะ (2551 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาอิฐดินดิบที่มีการผสมน้ำยางธรรมชาติโดยใช้อัตราส่วนผสมดังต่อไปนี้

1. อิฐดินดิบปกติ มีส่วนผสมของ ดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ เป็น 6 : 0.72 : 2 : 2 โดยน้ำหนัก

2. อิฐดินดิบผสมยางพารา มีส่วนผสมของ ดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ : น้ำยางพารา เป็น 6 : 0.72 : 2 : 1.2 : 0.8 โดยน้ำหนัก

3. อิฐดินดิบผสมยางพาราและฟางข้าว มีส่วนผสมของ ดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ : น้ำยางพารา : ฟางข้าว เป็น 6 : 0.36 : 2 : 1.2 : 0.8 : 0.36 โดยน้ำหนัก

4. อิฐดินดิบผสมยางพาราและเส้นใยมะพร้าว มีส่วนผสมของดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ : น้ำยางพารา : เส้นใยมะพร้าว เป็น 6 : 0.72 : 2 : 1.2 : 0.8 : 0.36

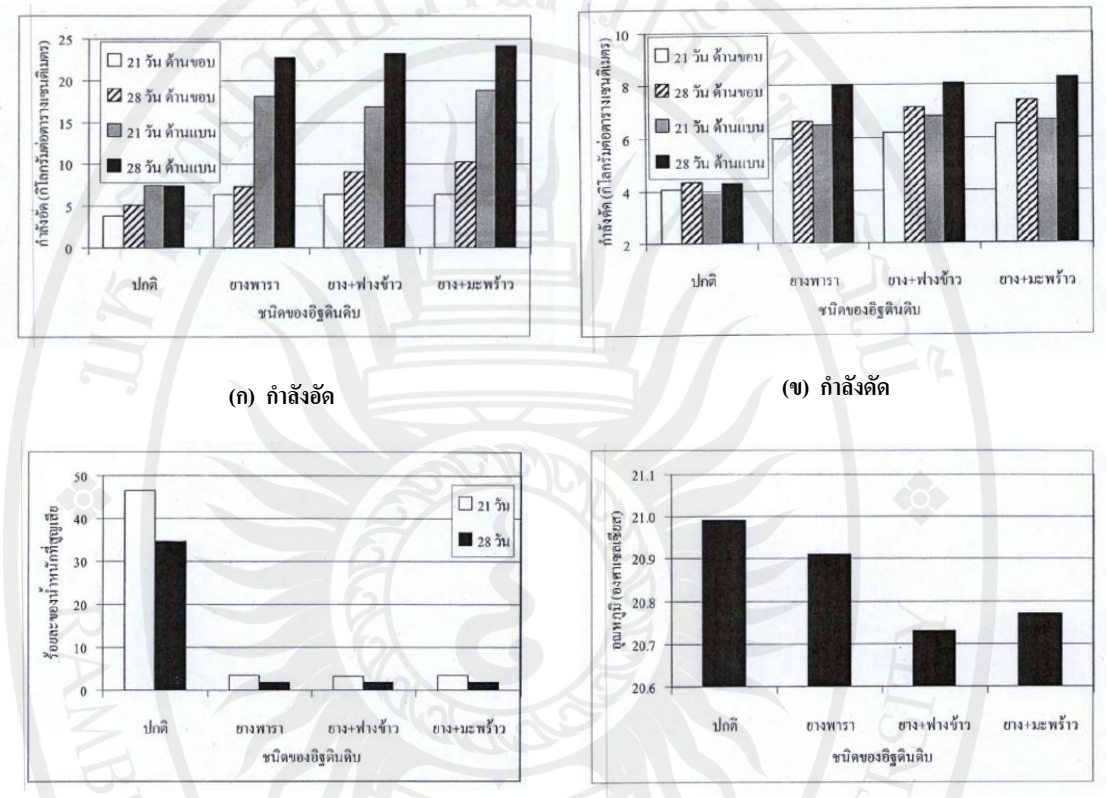
**ตาราง 7** ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังอัด และการดูดน้ำชะล้างของอิฐดินดิบที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ และวัสดุผสมต่าง ๆ

| วัสดุที่ใช้ทำอิฐดินดิบ | อัตราส่วนผสม (โดยน้ำหนัก) | คุณสมบัติของอิฐดินดิบ | |
|---|---|---|---|
| | | กำลังอัดที่ 28 วัน | การดูดน้ำชะล้าง |
| ดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ | 6 : 0.72 : 2 : 2 | 5 - 6 ksc | ร้อยละ 34 - 35 |
| ดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ : น้ำยาง | 6 : 0.72 : 2 : 1.2 : 0.8 | 7 - 8 ksc | ร้อยละ 2 - 3 |
| ดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ : น้ำยาง : ฟางข้าว | 6 : 0.36 : 2 : 1.2 : 0.8 : 0.36 | 8 - 9 ksc | ร้อยละ 2 - 3 |
| ดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ : น้ำยาง : ใยมะพร้าว | 6 : 0.36 : 2 : 1.2 : 0.8 : 0.36 | 10 - 11 ksc | ร้อยละ 2 - 3 |

ที่มา : ประชุม คำพุฒ และคณะ. 2551 : 32, 37 และ 40

ผลการวิจัยพบว่า การใช้น้ำยางธรรมชาติเป็นส่วนผสมในอิฐดินดิบสำหรับก่อสร้างบ้านดินนั้น สามารถช่วยเพิ่มสมบัติในด้านต่างได้ เช่น การเพิ่มคุณสมบัติด้านการป้องกันน้ำ การเพิ่มคุณสมบัติด้านกำลังอัด รวมทั้งสามารถเพิ่มคุณสมบัติด้านกำลังดัดได้เป็นอย่างดี อันเป็นผลมาจากการแทรกตัวของแผ่นฟิล์มที่เกิดขึ้นตามช่องว่างระหว่างอนุภาคของอิฐดินดิบสำหรับต้นทุนของอิฐดินดิบนั้นเมื่อทำการผสมน้ำยางธรรมชาติลงในอิฐดินดิบนั้น แม้จะเป็นการเพิ่มต้นทุนของการก่อสร้างบ้านดินในด้านของวัสดุก่อผนัง (ขึ้นอยู่กับราคายางธรรมชาติในช่วงเวลานั้น ๆ)

แต่การผสมน้ำยางธรรมชาติสามารถช่วยเพิ่มความต้านทานการชะล้างหรือการป้องกันน้ำ ตลอดจนสมบัติด้านการรับกำลังได้ดี ผลการทดสอบคุณสมบัติของอิฐดินดิบที่มีการผสมน้ำยางธรรมชาติแสดงในภาพประกอบ 10




(ก) กำลังอัด (ข) กำลังดัด

(ค) การสูญเสียน้ำหนักเมื่อถูกชะล้าง (ง) อุณหภูมิเฉลี่ยของผนังจำลอง

**ภาพประกอบ 10** ผลการทดสอบอิฐดินดิบที่มีการผสมน้ำยางธรรมชาติ (ก) กำลังอัด (ข) กำลังดัด (ค) การสูญเสียน้ำหนักเมื่อถูกชะล้าง และ (ง) อุณหภูมิเฉลี่ยของผนังจำลอง

ที่มา : ประชุม คำพุฒ และคณะ. 2551. 37, 39, 40 และ 41

ศุภสัณห์ ชื่นศิริกุลชัย (2556 : บทคัดย่อ) ศึกษาผลของวัสดุผสมเพิ่ม ได้แก่ ใบหญ้าแฝกและแอสฟัลต์อิมัลชันที่มีต่อสมบัติทางกลและทางกายภาพของอิฐดินดิบโดยใช้ใบหญ้าแฝกเป็นส่วนผสมของอิฐดินดิบในอัตราส่วนร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 โดยน้ำหนักและผสมแอสฟัลต์อิมัลชันที่ร้อยละ 2, 4, 6 และ 8 โดยน้ำหนัก พบว่าใบหญ้าแฝกสามารถช่วยพัฒนาสมบัติทางกลและทางกายภาพให้ดีขึ้นได้และดีที่สุดที่ใบหญ้าแฝกปริมาณร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก ที่ความยาว 8 เซนติเมตร โดยมีค่าโมดูลัสของการแตกร้าวเพิ่มขึ้นจากอัตราส่วนที่ไม่ผสมใบหญ้าแฝกสูงถึงร้อยละ 111 อีกทั้งใบหญ้าแฝกยังมีส่วนช่วยในการป้องกันการถูกชะล้างด้วยน้ำ และยังช่วยลด

การหดตัว และการแตกร้าวเมื่ออิฐดินดิบแห้ง ในส่วนของอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของแอสฟัลต์อิมัลชันค่ากำลังอัด และกำลังดัดจะแปรผันตรงกับปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชันที่ผสมเข้าไปโดยที่ปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชันร้อยละ 8 โดยน้ำหนักเป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดโดยมีค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นจากอิฐดินดิบที่ไม่มีส่วนผสมของแอสฟัลต์อิมัลชันร้อยละ 85 ในทางเดียวกันกำลังดัดมีค่าเพิ่มขึ้นจากอัตราส่วนที่ไม่ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันร้อยละ 163 สุดท้ายพบว่า การใช้ใบหญ้าแฝกและแอสฟัลต์อิมัลชันเป็นวัสดุผสมเพิ่มร่วมกันจะช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและทางกลของอิฐดินดิบได้เป็นอย่างดี โดยกำลังอัดและกำลังดัดมีค่าเพิ่มขึ้นความหนาแน่นและการหดตัวมีค่าลดลงและอิฐดินดิบมีความสามารถในการป้องกันการชะล้างด้วยน้ำอีกทั้งมีความคงทนต่อน้ำที่ดีขึ้น ผลการทดสอบคุณสมบัติของอิฐดินดิบที่ผลิตจากใบหญ้าแฝกและแอสฟัลต์อิมัลชันดังแสดงในตาราง 8 ผลการวิจัยการนำใบหญ้าแฝกและแอสฟัลต์อิมัลชันเป็นส่วนผสมเพิ่มในการทำอิฐดินดิบแสดงในภาพประกอบ 11

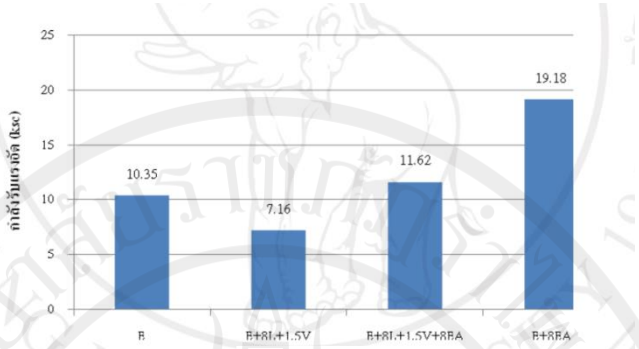
**ตาราง 8** ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังอัด การดูดกลืนน้ำ และกำลังดัดของอิฐดินดิบที่ผลิตจากใบหญ้าแฝกและแอสฟัลต์อิมัลชัน

| วัสดุที่ใช้ทำอิฐดินดิบ | อัตราส่วนผสม (โดยน้ำหนัก) | คุณสมบัติของอิฐดินดิบ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | กำลังอัด* | การดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ) | กำลังดัด |
| ดินเหนียว : ทราย | 1 : 0.75 | 10.35 ksc | ไม่สามารถหาค่าได้ เพราะละลายหลังแช่น้ำ | 1.766 ksc |
| ดินเหนียว : ทราย : ใบหญ้าแฝก | 1 : 0.75 : 1.5 | 7.16 ksc | ไม่สามารถหาค่าได้ เพราะละลายหลังแช่น้ำ | 3.737 ksc |
| ดินเหนียว : ทราย : แอสฟัลต์อิมัลชัน | 1 : 0.75 : 8 | 19.18 ksc | 3.05 | 4.645 ksc |
| ดินเหนียว : ทราย : ใบหญ้าแฝก : แอสฟัลต์อิมัลชัน | 1 : 0.75 : 1.5 : 8 | 11.62 ksc | 8.12 | 4.338 ksc |

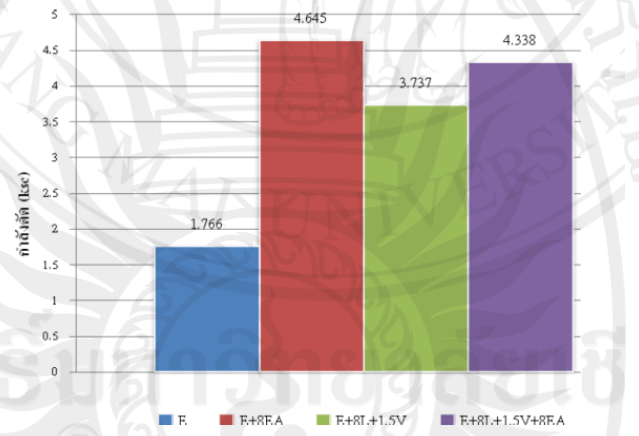
* ค่ากำลังอัดที่ประมาณ 15 วัน และอบประมาณ 3 วัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ที่มา : ศุภสัณห์ ชื่นศิริกุลชัย. 2556 : 89, 91, 93, 94 และ 95

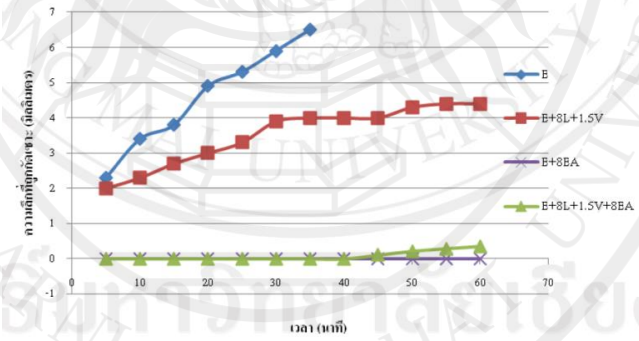
สถาบันของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**(ก) กำลังอัด**




**(ข) กำลังดัด**




**(ค) การชะล้างด้วยน้ำ**

โดยที่ **E** คือ ดินเหนียวผสมทราย

**E+8L+1.5V** คือ ดินเหนียวผสมทรายผสมใบหญ้าแฝก

**E+8EA** คือ ดินเหนียวผสมทรายผสมแอสฟัลต์อิมัลชัน

**E+8L+1.5V+8EA** คือ ดินเหนียวผสมทรายผสมใบหญ้าแฝกผสมแอสฟัลต์อิมัลชัน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ภาพประกอบ 11** ผลของวัสดุผสมเพิ่ม ได้แก่ ใบหญ้าแฝกและแอสฟัลต์อิมัลชันที่มีต่อสมบัติทางกลและทางกายภาพของอิฐดินดิบ (ก) กำลังอัด (ข) กำลังดัด และ (ค) การชะล้างด้วยน้ำ

ที่มา : ศุภสัณห์ ชื่นศิริกุลชัย. 2556 : 89, 91, 95

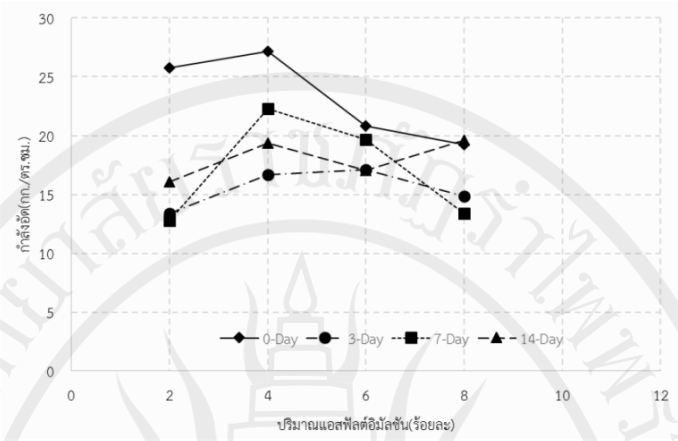
ประยูร พรมหลวงศรี (2558 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาพัฒนาอิฐดินดิบที่ทำจากดินลมหอบให้สามารถใช้งานได้เทียบเท่ากับอิฐดินดิบจากดินเหนียวที่นิยมใช้กันทั่วไป ดินลมหอบเป็นดินที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดพบได้ทั่วไปในภาคอีสาน และมีส่วนผสมของทรายแป้งเป็นหลักจึงมีลักษณะทางกายภาพแตกต่างจากดินเหนียวอย่างมาก งานวิจัยนี้ใช้แกลบร้อยละ 30 โดยปริมาตรเป็นวัสดุช่วยยึดประสานในส่วนผสมและใช้แอสฟัลต์อิมัลชันเพิ่มเข้าไปในส่วนผสมเพื่อช่วยให้อิฐดินดิบมีความทึบน้ำมากขึ้น ทำการทดสอบกำลังอัดการหดตัวและการดูดกลืนน้ำของอิฐทุกส่วนผสม จากการทดลองพบว่า อิฐดินดิบชุดที่ไม่มีแอสฟัลต์อิมัลชันให้กำลังอัดได้สูงถึง 23.7 กก/ซม$^2$ มีค่าการหดตัวประมาณร้อยละ 6.67 ไม่สามารถวัดค่าความดูดกลืนน้ำได้เนื่องจากก้อนอิฐเปื่อยยุ่ยน้ำ เมื่อผสมแอสฟัลต์เข้าไปในปริมาณร้อยละ 2, 4, 6 และ 8 โดยน้ำหนักวัสดุแห้ง พบว่า กำลังอัดของอิฐเท่ากับ 25.74, 27.19, 20.83 และ 19.23 กก/ซม$^2$ ตามลำดับ ค่าการหดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 4.64, 4.43, 5.65 และ 5.75 ตามลำดับ ส่วนค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบที่ผสมแอสฟัลต์มีค่าร้อยละ 4.40, 3.66, 3.10 และ 3.04 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 9 จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าดินลมหอบมีศักยภาพเพียงพอสำหรับใช้ทำอิฐดินดิบแต่หากไม่ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันจะไม่สามารถทนน้ำได้ ผลการทดสอบอิฐดินดิบที่ทำจากดินลมหอบแสดงในภาพประกอบ 12

**ตาราง 9** ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังอัด การดูดกลืนน้ำ และร้อยละการหดตัวของอิฐดินดิบที่ผลิตจากดินลมหอบและแอสฟัลต์อิมัลชัน

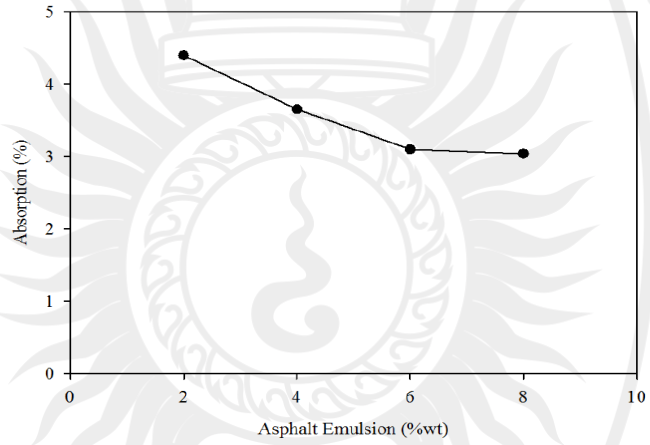
| วัสดุที่ใช้ทำอิฐดินดิบ | อัตราส่วนผสม (โดยน้ำหนักของดิน) | คุณสมบัติของอิฐดินดิบ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | กำลังอัด (ที่ 14 วัน) | การดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ) | ร้อยละ การหดตัว |
| ดินลมหอบ : แกลบ : แอสฟัลต์อิมัลชัน | 0.7 : 0.3 : 0.02 | 16.10 ksc | 4.40 | 13.3 - 13.4 |
| ดินลมหอบ : แกลบ : แอสฟัลต์อิมัลชัน | 0.7 : 0.3 : 0.04 | 19.39 ksc | 3.66 | 12.8 - 12.9 |
| ดินลมหอบ : แกลบ : แอสฟัลต์อิมัลชัน | 0.7 : 0.3 : 0.06 | 17.04 ksc | 3.10 | 16.1 – 16.0 |
| ดินลมหอบ : แกลบ : แอสฟัลต์อิมัลชัน | 0.7 : 0.3 : 0.08 | 19.62 ksc | 3.04 | 16.4 - 16.5 |

ที่มา : ประยูร พรมหลวงศรี. 2558 : 39, 40, 42

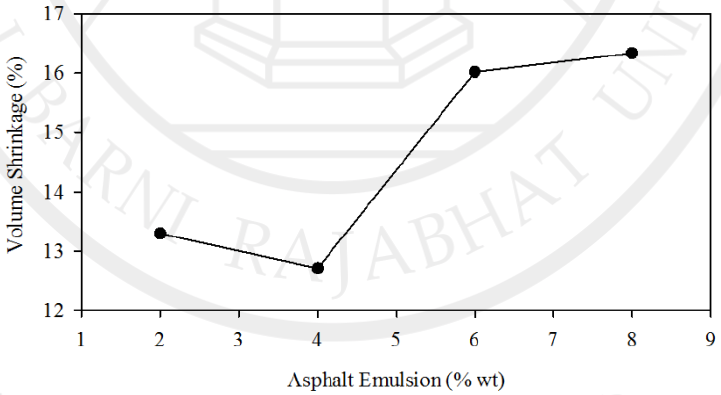
สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**(ก) กำลังอัด**




**(ข) การดูดซึมน้ำ**




**(ค) การหดตัว**

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ภาพประกอบ 12** ผลการทดสอบอิฐดินดิบที่ทำจากดินลมหอบ (ก) กำลังอัด (ข) การดูดซึมน้ำ และ (ค) การหดตัว

ที่มา : ประยูร พรมหลวงศรี. 2558 : 39, 40, 42

เซเด็ก เดบัวชา และโรสลาน ฮาชิม (Sadek Deboucha and Roslan Hashim. 2011 : 499) ได้ศึกษาบทความการใช้อิฐที่ทำจากดินเหนียวหรืออิฐดินดิบ และความคงทนของอิฐที่ใช้ในการก่อสร้าง โดยศึกษาจากงานวิจัยขององค์กรต่าง ๆ หรือโปรเจคใหม่ที่กำลังดำเนินการอยู่และรายงานที่มีอยู่ในการผลิตอิฐดินดิบ ถึงแม้ว่าอิฐดินดิบจะเป็นวัสดุก่อสร้างที่ยังไม่เป็นที่รู้จักของประชาชนส่วนมาก แต่ก็เป็นวัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังได้สรุปข้อดีของก้อนดินอัด (Compressed earth blocks : CEB) ไว้ดังต่อไปนี้

1. ดินมีอยู่ในปริมาณมากในทุกภูมิภาค

2. ราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย คือ สามารถเข้าถึงกลุ่มผู้มีรายได้น้อยได้ในทุกภูมิภาคทั่วโลกในบางพื้นที่ดินเป็นวัสดุเดียวที่สามารถหาได้

3. ง่ายต่อการใช้ คือ มักไม่ต้องมีอุปกรณ์พิเศษ

4. เหมาะเป็นวัสดุก่อสร้างอาคาร

5. ทนไฟ คือ ไม่ติดไฟด้วยคุณสมบัติต้านทานไฟได้ดีเยี่ยม

6. เป็นประโยชน์ต่อสภาพภูมิอากาศในภูมิภาคส่วนใหญ่เนื่องจากมีความจุความร้อนสูง การนำความร้อนต่ำ และความพรุน ดังนั้นจึงสามารถบรรเทาอุณหภูมิกลางแจ้งที่รุนแรงได้ และรักษาความสมดุลอุณหภูมิภายในได้อย่างน่าพอใจ

7. ใช้พลังงานต่ำในการผลิตและการจัดการดิน กล่าวคือ ใช้พลังงานเพียงประมาณร้อยละ 1 เมื่อเทียบกับการผลิตซีเมนต์คอนกรีตในปริมาณเท่ากัน

8. มีความเหมาะสมต่อสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ การใช้ดินไม่มีมลพิษและใช้พลังงานน้อยมาก จึงมีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมโดยการประหยัดเชื้อเพลิงชีวมวล

การก่อสร้างที่ทำจากอิฐดินเหนียวหรืออิฐดินดิบแสดงในภาพประกอบ 13

**ภาพประกอบ 13** การก่อสร้างที่ทำจากอิฐดินเหนียวหรืออิฐดินดิบ

ที่มา : Sadek Deboucha and Roslan Hashim. 2011 : 500, 504

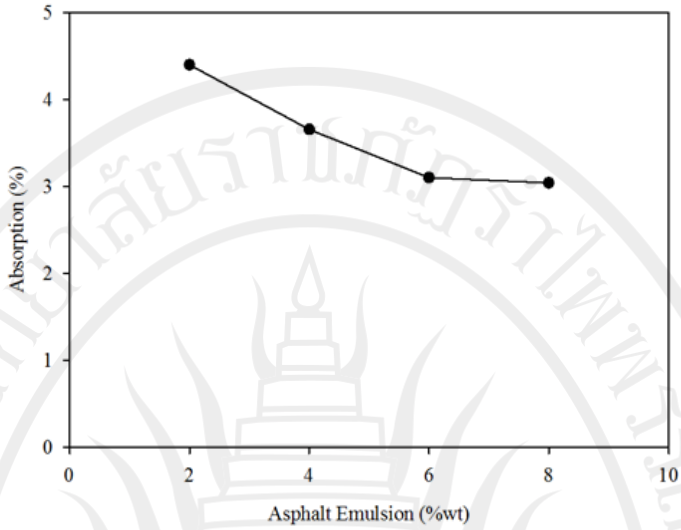
ราเซีย เบกัม อัสซา, ฮาบิ และฮอร์น อรา เบกัม (Razia Begum, Ahsan Habib and Hosneara Begum. 2014 : 36) ได้ศึกษาการผลิตอิฐดินดิบที่มีความคงทนด้วยซีเมนต์และยางธรรมชาติ โดยได้ศึกษาวิธีการทำอิฐดินดิบสำหรับใช้ในการก่อสร้างที่มีความทนทาน ราคาไม่แพง สามารถใช้ได้เป็นเวลานาน สารผสมเพิ่มคือ ซีเมนต์และยางธรรมชาติ เป็นส่วนผสมที่ใส่เพิ่มเข้าไปเพื่อป้องกันความชื้นที่ทำให้อิฐแตกตัว โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ทำให้อิฐเกิดความทนทานคือ 1:1:1 (ดิน:ทราย:ซีเมนต์) กับยางธรรมชาติที่ร้อยละ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนักของน้ำ หลังจากการทดสอบอิฐด้วยการแช่น้ำ, การดูดกลืนน้ำ, โมดูลัสของการแตกหัก และกำลังแรงอัดที่อัตราส่วน 1:1:1 (ดิน:ทราย:ซีเมนต์) กับยางธรรมชาติที่ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของน้ำ ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 10 พบว่าอิฐดินดิบสามารถใช้งานได้ดี ประหยัดและทนทาน จากการวิจัยนี้อัตราส่วนผสมดังกล่าวเหมาะสมที่สุด โดยมีความแข็งแรง และอัตราการดูดกลืนน้ำต่ำ สามารถนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนา และปรับปรุงอิฐดินดิบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลการทดสอบดังกล่าวแสดงในภาพประกอบ 14

**ตาราง 10** ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังอัด การดูดกลืนน้ำ และโมดูลัสของการแตกร้าวของอิฐดินดิบที่ผลิตจากซีเมนต์และยางธรรมชาติ

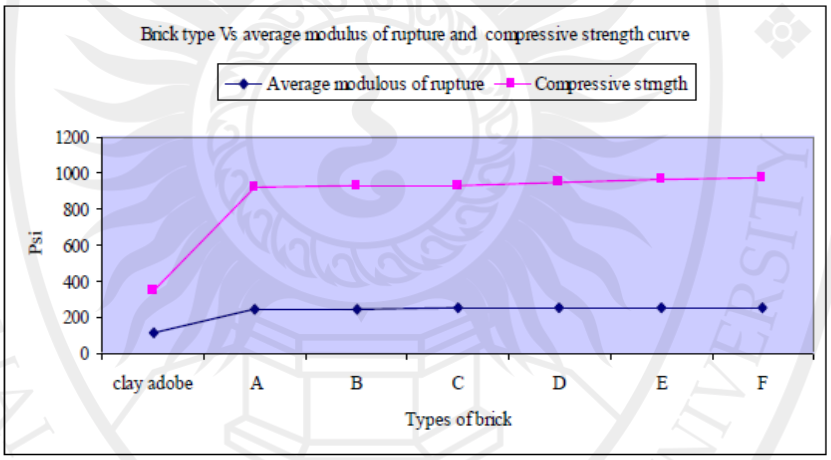
| วัสดุที่ใช้ทำอิฐดินดิบ | อัตราส่วนผสม (ของน้ำหนักน้ำ) | คุณสมบัติของอิฐดินดิบ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | กำลังอัด (ที่ 28 วัน) | การดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ) | โมดูลัสการแตกร้าว |
| ดิน : ทราย : น้ำ : ซีเมนต์ | 1 : 1 : 0.45 : 0.55 | 320 - 330 psi | 65 - 66 | 90 - 100 |
| ดิน : ทราย : น้ำ : ซีเมนต์ : ยางธรรมชาติ | 1 : 1 : 0.45 : 0.55 : 1 | 970 - 980 psi | 17 - 19 | 200 - 210 |
| ดิน : ทราย : น้ำ : ซีเมนต์ : ยางธรรมชาติ | 1 : 1 : 0.45 : 0.55 : 2 | 970 - 980 psi | 17 - 19 | 200 - 210 |
| ดิน : ทราย : น้ำ : ซีเมนต์ : ยางธรรมชาติ | 1 : 1 : 0.45 : 0.55 : 3 | 970 - 980 psi | 17 - 19 | 200 - 210 |
| ดิน : ทราย : น้ำ : ซีเมนต์ : ยางธรรมชาติ | 1 : 1 : 0.45 : 0.55 : 4 | 970 - 980 psi | 17 - 19 | 200 - 210 |
| ดิน : ทราย : น้ำ : ซีเมนต์ : ยางธรรมชาติ | 1 : 1 : 0.45 : 0.55 : 5 | 970 - 980 psi | 17 - 19 | 200 - 210 |

ที่มา : Sadek Deboucha and Roslan Hashim. 2011 : 37

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**(ก) การดูดซึมน้ำ**




**(ข) กำลังอัดและโมดูลัสของการแตกร้าว**

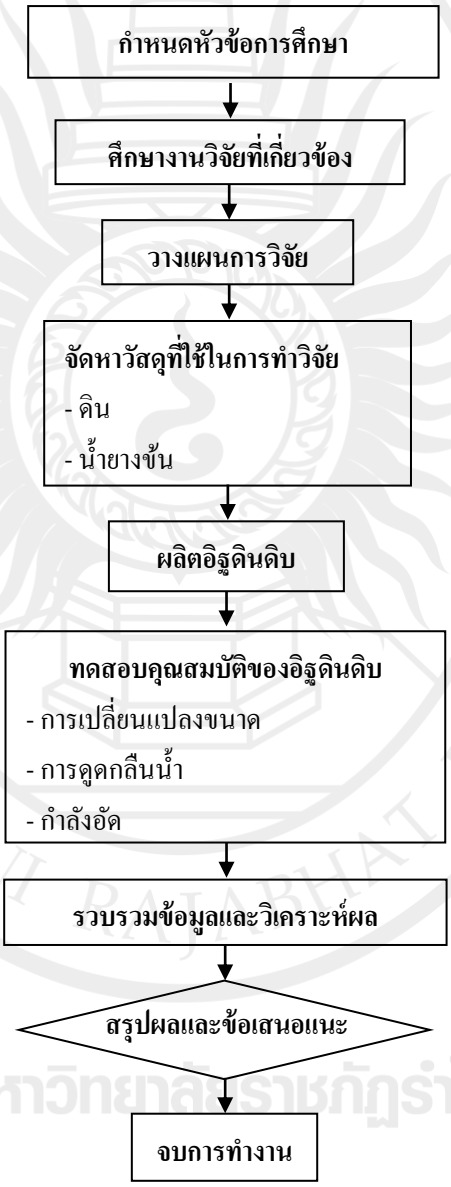
**ภาพประกอบ 14** ผลการทดสอบอิฐดินดิบที่มีความคงทนด้วยซีเมนต์ และยางธรรมชาติ (ก) การดูดซึมน้ำ และ (ข) กำลังอัด และโมดูลัสของการแตกร้าว

ที่มา : Sadek Deboucha and Roslan Hashim. 2011 : 37

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการดำเนินการวิจัย งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาค่าการเปลี่ยนแปลงขนาด การดูดกลืนน้ำ และค่ากำลังอัดของอิฐดินดิบ โดยการทดลองเปรียบเทียบปัจจัย และคุณสมบัติที่ช่วยยึดโครงสร้างเนื้อดิน ลดรอยแตกร้าว และเพิ่มกำลังอัดให้กับอิฐดินดิบจากวัสดุที่ นำมาผลิตอิฐดินดิบได้แก่ ดิน และน้ำยางข้น โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนในการทำวิจัยดังนี้




ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

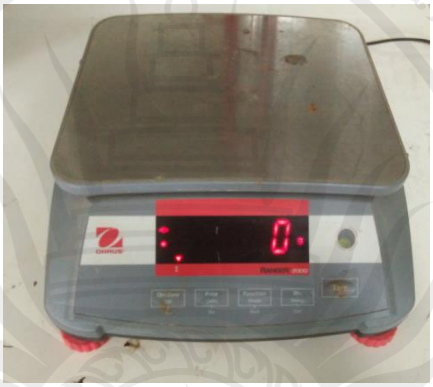
**ภาพประกอบ 15** ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

**วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย**

**อุปกรณ์และเครื่องมือ**

อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัยแสดงในภาพประกอบ 16 - 22

1. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัลที่มีหน่วยเป็นกรัม ความละเอียดทศนิยม 1 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS รุ่น RANGER 2000 (R21PE15) ความจุ 15 กิโลกรัม



**ภาพประกอบ 16** เครื่องชั่งน้ำหนัก

2. เครื่องกด Compression Testing Machine รุ่น LTI 200/D ยี่ห้อ LTI-series ความจุ 2,000 กิโลนิวตัน

**ภาพประกอบ 17** เครื่องกดทดสอบกำลังอัด

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยรามคำแหง รามคำไพพรรณี

3. ชุดทดสอบ Atterberg's Limit ตามมาตรฐาน ASTM D4318

**ภาพประกอบ 18** ชุดทดสอบ Atterberg's Limit ตามมาตรฐาน ASTM D4318

4. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร

**ภาพประกอบ 19** เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

5. แบบหล่อตัวอย่างทรงลูกบาศก์สำหรับหล่ออิฐดินดิบเพื่อทดสอบการดูดกลืนน้ำ

**ภาพประกอบ 20** แบบหล่อตัวอย่างทรงลูกบาศก์ขนาด กว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร สูง 50 มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยรามภัฏพรรณี

6. แบบหล่อตัวอย่างทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสำหรับหล่ออิฐดินดิบเพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาด

**ภาพประกอบ 21** แบบหล่อตัวอย่างทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด กว้าง 40 มิลลิเมตร ยาว 159 มิลลิเมตร สูง 40 มิลลิเมตร

7. แบบหล่อตัวอย่างทรงกระบอกสำหรับหล่ออิฐดินดิบเพื่อทดสอบกำลังอัด

**ภาพประกอบ 22** แบบหล่อตัวอย่างทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร และสูง 200 มิลลิเมตร

สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**วัสดุ**

**1. ดิน**

ดินที่ใช้งานวิจัยนี้ใช้ดินจากร้านเรวัตอิฐประสาน ซึ่งเป็นดินลักษณะสีแดงที่ใช้ทำอิฐประสาน นำมาจากอำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ก่อนนำดินมาทำอิฐดินดิบ ต้องร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 ขนาดช่องตะแกรง 2 มิลลิเมตร เพื่อให้ดินที่มีขนาดประมาณเดียวกัน

**ภาพประกอบ 23** ดินที่ใช้ในการทำอิฐดินดิบ

**2. น้ำยางข้น**

งานวิจัยนี้ใช้น้ำยางข้นชนิด LA-TZ คือ น้ำยางที่มีปริมาณของเนื้อยางแห้งไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 จากบริษัท ดี. เอส. รับเบอร์แอนด์ลาเท็กซ์ จำกัด อำเภอแกลง จังหวัดระยอง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ภาพประกอบ 24** น้ำยางข้นที่ใช้ในการทำอิฐดินดิบ

**3. น้ำประปา**

จากระบบประปามหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**สถานที่ในการทำวิจัย**

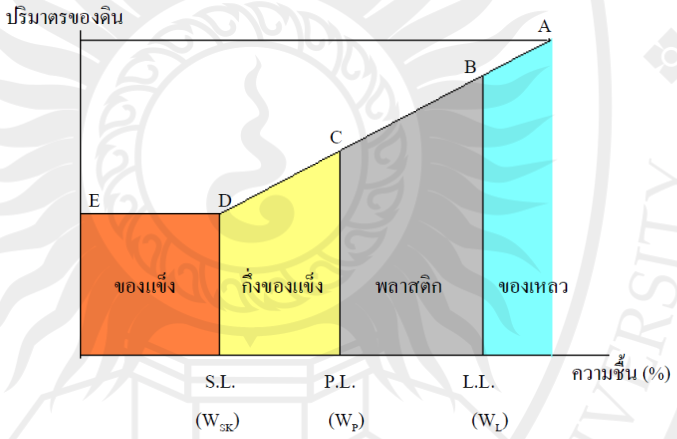
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ทดสอบคุณสมบัติของดินที่ใช้งานวิจัย**

**การทดลองหาขีดจำกัดอัตเตอร์เบิร์ก (Atterberg's Limit)**

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำกับดินและสถานะของดิน

ถ้าเรานำดินเหนียวมาผสมน้ำจนมีความชื้นสูง ดินจะมีสภาพคล้ายของเหลว เช่น ที่จุด A ในภาพประกอบ 25 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของปริมาตรของน้ำกับดิน และความชื้นในดินจากจุด A ถ้าเราทำให้ความชื้นค่อย ๆ ลดลงไป ปริมาตรของมวลดินก็จะลดลงเป็นปฏิภาคกัน มวลดินจะเปลี่ยนสถานภาพไป จากของเหลวเป็นพลาสติก, กึ่งของแข็ง, ของแข็งตามลำดับ




**ภาพประกอบ 25** สถานภาพต่าง ๆ ของมวลดินเหนียว

ที่มา : มานะ อภิพัฒนะมนตรี. 2543 : 28

2.1.1 Liquid Limit ($W_L$ หรือ L.L.) คือ ความชื้นในมวลดินขณะที่มวลดินเริ่มเปลี่ยนสภาพจากของเหลวไปเป็นสารหนืดตัวในสถานภาพพลาสติกที่จุด B

2.1.2 Plastic Limit ($W_P$ หรือ P.L.) คือ ความชื้นในมวลดินขณะที่เปลี่ยนสถานภาพจากพลาสติกเป็นกึ่งของแข็งที่จุด C

2.1.3 Shrinkage Limit ($W_{SK}$ หรือ S.L.) คือ ความชื้นที่จุด D ซึ่งดินเปลี่ยนจากสภาพที่เป็นกึ่งของแข็งเป็นของแข็ง และจะไม่มีการหดตัวต่อไปอีกแล้ว แต่เมื่อความชื้นยิ่งลดลงไป ฟองอากาศจะเริ่มแทรกเข้าไปในมวลดิน และทำให้เกิดสภาวะไม่อิ่มตัวเกิดขึ้น จนกระทั่งไม่มีความชื้นเลย ที่จุด E ค่าความชื้นในสถานภาพพลาสติกของดิน เราเรียกว่า Plasticity Index

สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

(P.I. หรือ Ip) คือ ผลต่างของขีดจำกัดเหลว และขีดจำกัดพลาสติก มักเป็นตัวแสดงถึงความเหนียวของดิน และยังแสดงความไวต่อการเปลี่ยนสถานภาพต่อความชื้นของมวลดินนั้น จึงเป็นค่าที่สำคัญและนำมาใช้มากในการจำแนกมวลดิน

**1. การทดสอบหาขีดจำกัดเหลวของดิน (Liquid Limit : L.L.) ตามมาตรฐาน ASTM D 4318-93**

1.1 วิธีทดสอบ

1.1.1 นำดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ประมาณ 100 กรัม ใส่ในถ้วยเคลือบแล้วใส่น้ำประมาณ 15 - 20 มิลลิลิตร หรือในปริมาณที่ไม่เหนียวจนเกินไป ผสมให้เข้ากัน

1.1.2 เตรียมอุปกรณ์ชุดทดสอบให้ความสูงของก้นจานอยู่สูงกว่าพื้นรอง 1±0.2 เซนติเมตร โดยใช้ด้ามของเครื่องมือปาดร่องดินวัด ทำการปรับปุ่มเลื่อนต่าง ๆ ให้แน่น ใช้มีดปาดดินตักดินใส่ลงในจาน ปาดให้เรียบ โดยให้มีความหนาของดินตรงกลางประมาณ 1 เซนติเมตร

1.1.3 เคาะถ้วยทองเหลืองด้วยความเร็วสม่ำเสมอ 2 ครั้งต่อ 1 วินาที โดยนับจำนวนครั้งไว้ด้วย ทำการหมุนจนกระทั่งดินที่บากไว้ไหลเข้ามาชนกันเป็นระยะ 0.5 นิ้ว ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ทดลองนับตั้งแต่ใส่ดินลงไปในถ้วยกระทะจนกระทั่งเคาะเสร็จจะต้องใช้เวลาไม่เกิน 3 นาที

ในการหาค่า Liquid Limit จะนับจำนวนการเคาะที่ 25 ครั้ง แล้วดินไหลมาชนกันเป็นระยะ 0.5 นิ้ว พอดีนั้นทำได้ยาก จึงได้มีการกำหนดจำนวนการเคาะครั้งแรกและครั้งต่อ ๆ ไป เพื่อความสะดวกตามมาตรฐาน ASTM D 4318 ดังนี้

จำนวนการเคาะ ครั้งที่ 1 ประมาณ 25 - 35 ครั้ง

จำนวนการเคาะ ครั้งที่ 2 ประมาณ 20 - 30 ครั้ง

จำนวนการเคาะ ครั้งที่ 3 ประมาณ 15 - 25 ครั้ง

1.1.4 เมื่อได้จำนวนการเคาะตามที่กำหนดและดินไหลมาชนกันเป็นระยะ 0.5 นิ้ว ตักดินเฉพาะตรงที่ดินไหลมาชนกัน โดยใช้มีดปาดดินตัดดินให้ขนานกัน โดยให้ระยะห่างพอดีกับระยะที่ดินไหลมาชนกันนี้แล้วจึงตัดหัวท้ายของรอยตัดขาดนี้ในแนวตั้งฉากกัน นำดินที่ถูกตักใส่ในกระป๋องอบดิน ชั่งน้ำหนักดินกับกระป๋อง นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส อบจนแห้ง (ประมาณไม่น้อยกว่า 240 มิลลิเมตร) แล้วชั่งหาน้ำหนักดินแห้ง คำนวณหาปริมาณน้ำในดินของตัวอย่างแต่ละชุด

1.1.5 นำดินที่เหลือในจานออกแล้วนำกลับไปผสมกับดินที่เหลืออยู่ในถ้วยเคลือบ โดยเติมน้ำทีละน้อย ผสมเข้ากันให้ทั่ว ทำความสะอาดจานของชุดทดสอบ, มีดปาดร่องดิน, มีดปาดดินให้สะอาดพร้อมที่จะทำการทดสอบครั้งต่อไป

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1.1.6 ให้ดำเนินการทดลองเหมือนเดิมตั้งแต่ข้อ 2 โดยการเคาะแล้วทำให้ดินเคลื่อนตัวสัมผัสกันเป็นระยะ 0.5 นิ้ว จะต้องอยู่ในช่วง 15 - 35 ครั้งเท่านั้น หากอยู่นอกช่วงที่กำหนดไว้นี้ถือว่าใช้ไม่ได้ ถ้าดินเปียกเพราะเติมน้ำมากเกินไป ต้องการให้ดินแห้งให้เกลี่ยดินบาง ๆ ทิ้งไว้สักครู่ แล้วทำการคลุกผสมใหม่จนกว่าดินจะแห้ง ห้ามใช้วิธีเอาดินผสมเพิ่มเพื่อทำให้ดินแห้ง

1.1.7 การทดลองครั้งนี้จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่เคาะ (N) ที่ทำให้ดินเคลื่อนตัวสัมผัสกันเป็นระยะ 0.5 นิ้ว กับปริมาณน้ำในดิน

1.2 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลองหาขีดจำกัดเหลวของดิน

คำนวณหาปริมาณน้ำในดินจากสูตร

$$\omega = \frac{\text{มวลของน้ำในดิน (กรัม)}}{\text{มวลของดินอบแห้ง (กรัม)}} \times 100 \qquad (4)$$

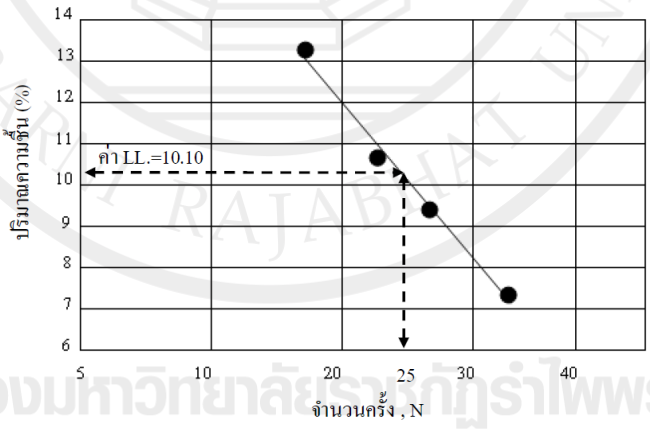
เมื่อ $\omega$ = ปริมาณน้ำในดินมีหน่วยเป็นร้อยละ

หรือจะใช้สูตรในการหาค่า Liquid Limit คือ

$$L.L. = \omega \left(\frac{N}{25}\right)^{0} .121 \quad (20 < N < 30) \qquad (5)$$

เมื่อ $\omega$ = ปริมาณน้ำในดิน

N = จำนวนครั้งที่เคาะ โดยจำนวนครั้งที่เคาะต้องอยู่ระหว่าง 20 - 30 ครั้ง




ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ภาพประกอบ 26** ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่เคาะกับปริมาณน้ำในดิน

ที่มา : วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่. ม.ป.ป. : 11

**2. การทดสอบหาขีดจำกัดพลาสติกของดิน (Plastic Limit : P.L.) ตามมาตรฐาน ASTM D 4318-93**

2.1 วิธีทดสอบ

2.1.1 นำดินที่เตรียมไว้สำหรับการหาค่า Liquid Limit มาประมาณ 20 กรัม ผสมกับน้ำให้เข้ากันพยายามให้หมาดที่สุด แล้วปั้นเป็นก้อนกลมเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 มิลลิเมตร นำไปคลึงบนแผ่นกระจกในอัตรา 80 - 90 ครั้งต่อนาที จนกระทั่งเป็นเส้นกลมยาว และให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 หุน

2.1.2 นำตัวอย่างที่ได้ไปใส่กระป๋องเพื่อหาค่าปริมาณความชื้น ความชื้นดังกล่าวเรียกว่า Plastic Limit (Wp หรือ P.L.)

2.1.3 ทำการทดสอบซ้ำอย่างน้อย 3 - 5 ตัวอย่าง แล้วหาค่าเฉลี่ย

2.2 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลองดัชนีความเหนียวของดิน

2.2.1 คำนวณหาปริมาณน้ำในดินได้จากสูตร

$$\omega = \frac{\text{มวลของน้ำในดิน}}{\text{มวลของดินอบแห้ง}} \times 100 \qquad (6)$$

1.1) Liquid Limit (L.L.) อ่านได้จากกราฟที่การเคาะ 25 ครั้ง

1.2) Plastic Limit (P.L.) คำนวณจากค่าเฉลี่ยความชื้นที่หาได้ 2 ครั้ง

1.3) Plasticity Index (P.I.) = L.L.-P.L.

1.4) Flow Index ($I_f$) คือ ความชันของเส้นกราฟ (Flow Curve)

$$I_f = \frac{m_1 - m_2}{\log \frac{N_1}{N_2}} \qquad (7)$$

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เมื่อ $\omega$ = ปริมาณน้ำในดิน

$m_1$ = ความชื้นบน Flow Curve ที่จุด 1 (ค่ามาก)

$N_1$ = จำนวนการเคาะที่จุด 1

$m_1$ = ความชื้นบน Flow Curve ที่จุด 2 (ค่าน้อย)

$N_2$ = จำนวนการเคาะที่จุด 2

$$1.5)\ \text{Toughness } (I_f) = \frac{\text{Plasticity Index (P.I.)}}{\text{FlowIndex } (I_f)} \quad (8)$$

$$1.6)\ \text{Liquidity } (I_l) = \frac{m_n - \text{P.L.}}{\text{P.I.}} \quad (9)$$

เมื่อ $m_n$ = ความชื้นตามธรรมชาติของดิน (Natural Water Content)

$$(1.7)\ \text{Activity of Clay } (A_c) = \frac{(\text{P.I.})}{\%\text{Clay ขนาดเล็กกว่า No.200}} \quad (10)$$

**3. การทดสอบหาขีดจำกัดหดตัวของดิน (Shrinkage Limit : S.L.) ตามมาตรฐาน ASTM D 4318-93**

3.1 วิธีทดสอบ

3.1.1 นำดินที่เตรียมไว้แล้วจากการหาค่า Liquid Limit ประมาณ 30 กรัม ผสมกับน้ำให้พอเหลวเพื่อใส่ใน Shrinkage Dish ก่อนทำการทดสอบให้นำ Shrinkage Dish ไปชั่งน้ำหนักก่อน แล้วทาน้ำมันภายในบาง ๆ เพื่อป้องกันดินติดกับ Shrinkage Dish เมื่อเวลาดินแห้ง

3.1.2 นำดินที่ผสมแล้วใส่ลงใน Shrinkage Dish จำนวน 3 ชั้น เท่า ๆ กัน ทำการเคาะ Shrinkage Dish เมื่อใส่ดินในแต่ละชั้น เพื่อไล่ฟองอากาศออกจากดินปรับผิวหน้าดินให้เรียบเสมอขอบของ Shrinkage Dish แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก ปล่อยทิ้งไว้ในอากาศประมาณ 3 - 6 ชั่วโมง ให้สีของดินเปลี่ยนเป็นสีอ่อน จึงค่อยนำเข้าเตาอบ ที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง

3.1.3 การหาปริมาตรก้อนดินเปียกทำได้โดยนำเอาก้อนดินแห้งออกจาก Shrinkage Dish แล้วใส่ปรอทลงใน Shrinkage Dish จนเต็ม วางถ้วยบรรจุปรอทในถ้วยกระเบื้อง ใช้แผ่นกระจกที่มีสามขากดลงบนขอบถ้วยบรรจุปรอท จะทำให้ปรอทส่วนเกินล้นออกมาอยู่ในถ้วยกระเบื้อง ปริมาตรปรอทจะเท่ากับขอบถ้วยพอดี

3.1.4 นำ Shrinkage Dish ที่บรรจุปรอทชั่งจะได้น้ำหนักรวมของ Shrinkage Dish กับปรอท เสร็จแล้วเทปรอทออกจาก Shrinkage Dish ซึ่งเราสามารถหาน้ำหนักปรอทใน Shrinkage Dish ซึ่งสามารถนำไปหาปริมาตรที่เท่ากับก้อนดินเปียกได้ (คือการหาปริมาตรของ Shrinkage Dish นั้นเอง)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3.1.5 การหาปริมาตรก้อนดินแห้งทำได้โดยวาง Shrinkage Dish ที่บรรจุปรอทเต็มลงในถ้วยกระเบื้อง นำตัวอย่างดินที่อบแห้งแล้ววางบนปรอทใน Shrinkage Dish นำแผ่นกระจกที่มีสามขากดให้ดินจมลงไป จนปรอทส่วนเกินล้นออกจากถ้วย ชั่งน้ำหนัก Shrinkage Dish + ปรอท ที่เหลือเพื่อนำไปหักออกจาก Shrinkage Dish + ปรอท จะได้น้ำหนักปรอทที่ถูกแทนที่เพื่อหาปริมาตรก้อนดินแห้ง

3.2 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลองหาขีดจำกัดหดตัวของดิน

3.2.1 คำนวณหาค่าปริมาตรของดินเปียก (Volume of Wet Soil : $V_m$)

$$V_m = \frac{W_m}{13.53} \quad (11)$$

เมื่อ $V_m$ = ปริมาตรของปรอทมีหน่วยเป็น $cm^3$

$W_m$ = น้ำหนักของปรอทที่ถูกแทนที่มีหน่วยกรัม

3.2.2 คำนวณหาค่าปริมาตรของดินแห้ง (Volume of Dry Soil : $V_d$)

$$V_d = \frac{W_d}{13.53} \quad (12)$$

เมื่อ $W_d$ = น้ำหนักของปรอทที่ถูกแทนที่มีหน่วยเป็นกรัม

3.2.3 คำนวณหาค่า Shrinkage Ratio

$$R = \frac{W_s}{V_s} \quad (13)$$

เมื่อ $W_s$ = น้ำหนักของดินแห้งมีหน่วยเป็นกรัม

$V_s$ = ปริมาตรของดินแห้งมีหน่วยเป็น $cm^3$

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3.2.4 คำนวณหาค่าระดับการหดตัว (Degree of Shrinkage : $D_s$)

$$D_s(\%) = \frac{V_i - V_f}{V_i} \times 100 \qquad (14)$$

เมื่อ $V_i$ = ปริมาตรของดินเปียกมีหน่วยเป็น $cm^3$

$V_f$ = ปริมาตรของดินแห้งหลังอบมีหน่วยเป็น $cm^3$

**ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของดิน (Specific Gravity) ตามมาตรฐาน ASTM D 854-00**

**1. วิธีทดสอบ**

1.1 วิธีการหาด้วยวิธีการทดลอง (Experimental Procedure)

1.1.1 ทำความสะอาดขวดแก้วฟลาสที่จะใช้ทำการทดลอง

1.1.2 เติมน้ำกลั่นในขวดประมาณ 3/4 ของคอขวด

1.1.3 ไล่อากาศในน้ำด้วยการต้มน้ำให้เดือดในเตาบุนเส็นหรือเตาแผ่นร้อน (Hot Plate) ประมาณ 10 นาที นำขวดแก้วลงจากเตา เติมน้ำกลั่นที่ต้มไล่ฟองอากาศทิ้งไว้ลงในขวดแก้วฟลาส ให้เต็มด้วยวิธีการลักน้ำ (Siphon) จุ่มปลายสายยางลงใต้ผิวน้ำเพื่อไม่ให้อากาศเข้าไปผสมในน้ำอีก ปล่อยให้เย็น ถ้าต้องการให้เย็นเร็ว อาจแช่ในแช่อ่างน้ำ (Water Bath) จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงถึงประมาณ 40 หรือ 50 องศา ตรวจสอบว่าอุณหภูมิของน้ำในขวดแก้วเท่ากันทุกระดับถ้าไม่เท่ากันคลึงขวดเอียงไปมาหรือใช้หลอดแก้วคน

1.1.4 แต่งขอบน้ำให้อยู่ที่ขีดบอกปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร สังเกตขอบล่างของโค้งผิวน้ำ เช็ดขวดภายนอกและภายในเหนือผิวน้ำให้แห้ง

1.1.5 นำขวดแก้วและน้ำขึ้นชั่งและวัดอุณหภูมิน้ำ ตรวจสอบอีกครั้งว่าอุณหภูมิของน้ำในขวดเท่ากันทุกระดับหรือไม่

1.1.6 ทำการทดลองในข้อ 4 - 5 อีก 3 - 4 ครั้ง ในช่วงอุณหภูมิจากประมาณ 40 หรือ 50 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิห้อง

1.2 ขั้นตอนการหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

1.2.1 นำดินใส่ในขวดแก้วฟลาสและใส่น้ำลงไปประมาณ 3 ใน 4 ส่วนของปริมาตรขวดโดยให้ดินจมอยู่ใต้น้ำทั้งหมด และอย่าให้ดินติดอยู่ข้าง ๆ ขวด

1.2.2 ทำการไล่ฟองอากาศโดยใช้ปั๊มสูญอากาศ (Vacuum Pump) แรงดูด 10 - 20 นิ้วปรอท ประมาณ 4 - 5 ชั่วโมงหรือนำไปกวนในน้ำร้อนอย่างน้อย 10 นาที หรือจะทำทั้งสองอย่างควบคู่กันไปก็ได้โดยใช้ปั๊มสุญญากาศไม่น้อยกว่า 10 นาทีแล้วจึงกวนในน้ำร้อน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

อีกประมาณ 10 นาที พร้อมกับกลิ้งขวดไปมาหลายรอบทำเช่นนี้สลับกันไปเรื่อย ๆ และคอยสังเกตว่ามีฟองอากาศเกิดขึ้นอีกหรือไม่ ทำจนกระทั่งฟองอากาศหมดไปซึ่งต้องใช้เวลา และความละเอียดในการสังเกต

1.2.3 หลังจากไล่ฟองอากาศหมดแล้ว ทำการเติมน้ำกลั่นให้ระดับท้องน้ำอยู่ที่ขีด 500 มิลลิลิตรพอดี ในการเติมน้ำกลั่นนี้ควรใช้หลอด และปล่อยน้ำกลั่นจากหลอดโดยจุ่มปากหลอดให้อยู่ใต้ระดับน้ำในขวดฟลาสเพื่อป้องกันอากาศลงไปอีก แล้วตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องทดสอบจนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำใน Flask เท่ากับอุณหภูมิห้องหรืออุณหภูมิที่ต้องการ (โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์คอยเช็คดูอยู่เสมอ) คอยสังเกตว่าถ้าระดับในขวดฟลาสต่ำว่าขีด 500 มิลลิลิตร ให้เติมน้ำกลั่นให้ท้องน้ำพอดีกับขีดอยู่เสมอ

1.2.4 นำขวดฟลาสไปชั่ง จะได้เป็นน้ำหนักของขวดฟลาส+น้ำ+ดิน (Flask+ Water +Soil) แล้วจึงทำการวัดอุณหภูมิโดยจุ่มเทอร์โมมิเตอร์ให้อยู่ประมาณกึ่งกลางกระเปาะของขวด Flask คอยจนกระทั่งอุณหภูมิคงที่ บันทึกค่าอุณหภูมินี้ไว้ หลังจากนั้นนำไปเทใส่ภาชนะโดยต้องเทดินออกให้หมด จนกระทั่งขวด Flask สะอาด เสร็จแล้วจึงนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส โดยทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน

1.2.5 นำดินที่อบแห้งแล้วไปชั่งแล้วบันทึกค่า เมื่อลบน้ำหนักภาชนะออก จะได้เป็นน้ำหนักของดินแห้ง

**2. การคำนวณค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน**

$$G_S = \frac{W_S K}{W_S + W_{FW} - W_{FWS}} \qquad (15)$$

เมื่อ $G_S$ = ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินที่อุณหภูมิน้ำ 20 องศาเซลเซียส

$W_S$ = น้ำหนักของตัวอย่างดินที่อบแห้ง

$W_{FW}$ = น้ำหนักของ Volumetric Flask + น้ำ ที่อุณหภูมิหนึ่ง

$W_{FWS}$ = น้ำหนักของ Volumetric Flask + น้ำ + ดินแห้งที่อุณหภูมิเท่ากับ WF

K = เป็นค่าตัวแปรปรับแก้เนื่องจากอุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ทดสอบหาขนาดมวลคละของดิน (Sieve Analysis) ตามมาตรฐาน ASTM D 422-63**

**1. การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ**

เอาดินตัวอย่างที่เตรียมไว้อบหรือตากแดดให้แห้ง ถ้ายังจับตัวกันเป็นก้อนให้ใช้ค้อนยางทุบให้แตกเสียก่อน นำตัวอย่างมาคลุกเคล้าให้เข้ากันบนผืนผ้าใบหรือบนพื้นเรียบแล้วเกลี่ยดินให้กระจาย และแยกด้วยวิธีแบ่งสี หรือใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่างดินโดยเอา 2 ใน 4 ส่วน สำหรับปริมาณของตัวอย่างดินที่จะนำมาทดสอบจะขึ้นอยู่กับขนาดเม็ดดินใหญ่สุดในตาราง 11

**ตาราง 11** แสดงปริมาณน้ำหนักดินแห้งซึ่งใช้ในการร่อนผ่านตะแกรง

| ขนาดเม็ดดินใหญ่สุด | น้ำหนักตัวอย่างดินอย่างน้อย (กรัม) |
|---|---|
| 3/8 นิ้ว (9.5 มิลลิเมตร) | 500 |
| 3/4 นิ้ว (19.0 มิลลิเมตร) | 1000 |
| 1 นิ้ว (25.0 มิลลิเมตร) | 2000 |
| 1.5 นิ้ว (37.5 มิลลิเมตร) | 3000 |
| 2 นิ้ว (50.0 มิลลิเมตร) | 4000 |
| 3 นิ้ว (75.0 มิลลิเมตร) | 5000 |

ที่มา : สุกิจ นามพิชญ์ และคณะ. 2549 ข : 17

**2. วิธีทดสอบ**

2.1 ทำความสะอาดตะแกรงทั้งหมดด้วยแปรงทำความสะอาด แล้วทำการชั่งน้ำหนักของตะแกรงแต่เบอร์บันทึกค่า (ชั่งน้ำหนักของ Pan ด้วย)

2.2 นำตะแกรงมาเรียงซ้อนกันโดยให้ตะแกรงที่มีขนาดช่องใหญ่อยู่บน แล้วเรียงขนาดเล็กลงมาตามลำดับจนถึงตะแกรงขนาดเล็กสุด ดังนี้ No. 3/8 , 4 , 10 , 20 , 40 , 100 , 200 และ Pan

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง

2.3 นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้เทใส่ลงบนตะแกรงชั้นบนสุด ปิดฝาแล้วนำเข้าเครื่องเขย่า ใช้เวลาในการเขย่าอย่างน้อย 10 นาที เสร็จแล้วนำตะแกรงไปชั่งน้ำหนัก จะได้น้ำหนักตะแกรงรวมกับดินที่ค้างบนตะแกรง นำดินที่ค้างอยู่บนตะแกรงออกทิ้งแล้วทำความสะอาดตะแกรงให้เรียบร้อย

**3. การคำนวณหาขนาดมวลคละของดิน (Sieve Analysis)**

3.1 น้ำหนักของดินที่ค้างบนตะแกรง (Weight of Soil Retained)

Weight of Soil Retained = (Wt. Sieve + Soil) - (Wt . Sieve)

3.2 เปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้างบนตะแกรง (Percent Retained)

$$\text{Percent Retained} = \frac{\text{Wt.Soil Re tained}}{\text{Wt.of Sample}} \times 100 \qquad (16)$$

3.3 เปอร์เซ็นต์ค้างสะสม (Cumulative Percent Retained)

Cumulative Percent Retaine = นำ Percent Retained มาบวกแบบสะสม

3.4 เปอร์เซ็นต์ของดินที่ผ่านตะแกรง (Percent Finer or Percent Passing)

Percent Finer = 100 - Cumulative Percent Retained

3.5 สัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอ (Coefficient of Uniformity : $C_U$)

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} \qquad (17)$$

3.6 สัมประสิทธิ์ของความโค้ง (Coefficient of Curvature ; $C_C$ )

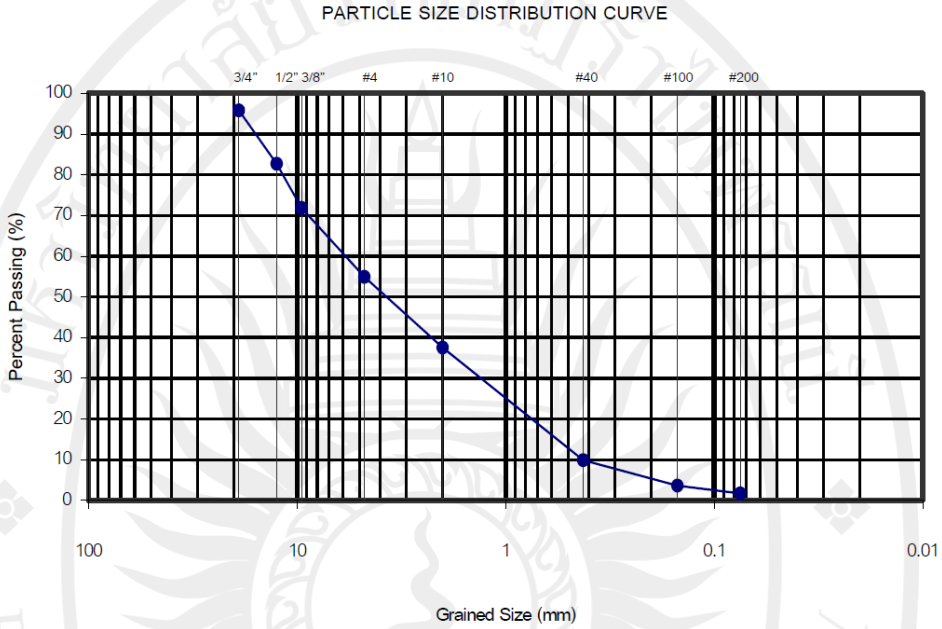
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

$$C_U = \frac{D_{30^2}}{D_{10} \times D_{60}} \qquad (18)$$

เมื่อ $D_{10}$ = ขนาดของเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่านี้จำนวนร้อยละ 10

$D_{30}$ = ขนาดของเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่านี้จำนวนร้อยละ 30

$D_{60}$ = ขนาดของเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่านี้จำนวนร้อยละ 60




**ภาพประกอบ 27** ตัวอย่างกราฟการหาขนาดของดินด้วยวิธีร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน

ที่มา : สุกิจ นามพิชญ์ และคณะ. 2549 : 76

**การจำแนกประเภทของดิน (Soil Classification)**

ในงานวิจัยนี้ใช้การจำแนกประเภทดินตามระบบ Unified Soid Classification System (USCS)

**วิธีการทดสอบหาปริมาณน้ำที่ดีที่สุดในการทำอิฐดินดิบ**

ผสมดินและน้ำโดยใช้อัตราส่วนตามตาราง 12 แล้วเลือกอัตราส่วนของดินและน้ำที่ดีที่สุด คือ ปริมาณน้ำนั้นจะต้องไม่น้อยเกินไปจนการผสมทำได้ยากและต้องไม่มากเกินไปจนดินนั้นไม่สามารถคงรูปร่างอยู่ได้ เพื่อนำไปใช้เป็นอัตราส่วนในการผสมกับน้ำยางข้นในการทำอิฐดินดิบต่อไป

**ตาราง 12** อัตราส่วนผสมดินและน้ำของอิฐดินดิบคิดเทียบจากปริมาณดิน 100 กรัม

| ส่วนผสม | ปริมาณดิน (กรัม) | ปริมาณน้ำ (กรัม) |
|---|---|---|
| W10 | 100 | 10 |
| W20 | 100 | 20 |
| W30 | 100 | 30 |
| W40 | 100 | 40 |
| W50 | 100 | 50 |

**ขั้นตอนการผสมอิฐดินดิบที่ใช้ในการทดสอบ**

1. นำดินมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 ขนาดของช่องตะแกรง 2 มิลลิเมตร จากนั้นเก็บดินใส่กระสอบพร้อมสำหรับการใช้งาน

2. นำดินและวัตถุดิบต่าง ๆ มาทำการชั่งตามอัตราส่วนที่กำหนด

3. เทส่วนผสมทั้งหมด ได้แก่ ดิน น้ำยางข้น และน้ำตามแต่ละอัตราส่วนคลุกให้เข้ากันผสมจนเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด

4. นำดินที่ผสมเสร็จแล้วมาใส่ลงแบบที่เตรียมไว้สำหรับการหาค่าทดสอบต่าง ๆ โดยที่แบบนั้นควรทำให้เปียกเสียก่อนหรือทาแว๊กซ์ (Wax) ที่แบบ เพื่อไม่ให้ดินนั้นติดที่แบบขณะที่ถอดแบบออก

5. นำอิฐดินดิบไว้ในที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก และนำมาทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ตามช่วงอายุการทดสอบที่ได้กำหนดไว้

**ออกแบบส่วนผสมการทำอิฐดินดิบที่มีน้ำยางข้นผสมเพิ่ม**

เป็นการศึกษาผลของปริมาณน้ำยางข้นที่มีต่อคุณสมบัติของอิฐดินดิบ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงขนาด การดูดกลืนน้ำ และกำลังอัด โดยทำการผสมที่อัตราส่วนต่าง ๆ ดังตาราง 13

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตาราง 13** อัตราส่วนผสมของอิฐดินดิบคิดจากปริมาณดิน 100 กรัม

| ส่วนผสม | ปริมาณดิน (กรัม) | ปริมาณน้ำ (กรัม) | ปริมาณน้ำยางข้น (กรัม) | ปริมาณน้ำยางข้น (คิดเป็นร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|
| Control | 100 | 40 | 0 | 0 |
| R05 | 100 | 40 | 2 | 5 |
| R10 | 100 | 40 | 4 | 10 |
| R15 | 100 | 40 | 6 | 15 |
| R20 | 100 | 40 | 8 | 20 |

**การทดสอบคุณสมบัติของอิฐดินดิบ**

**การทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐดินดิบ**

1. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาด

ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงความยาวทั้ง 3 ด้าน คือ กว้าง ยาวและสูง ใช้ก้อนตัวอย่างอัตราส่วนละ 3 ก้อน แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยจะวัดครั้งแรกหลังถอดจากแบบพิมพ์ จากนั้นผึ่งในที่ร่มและทำการวัดเมื่อครบทุกอายุ 7 วัน เป็นเวลา 2 เดือน แล้วคำนวณหาร้อยละของการหดตัวตามสมการที่ 1

2. การทดสอบการดูดกลืนน้ำ (Water Absorption)

ทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 243 - 2520 ซึ่งทำการทดสอบโดยการนำก้อนอิฐดินดิบไปทำให้แห้งโดยการอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 110 - 115 องศาสเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนัก เป็นน้ำหนักแห้ง $W_s$ หลังจากนั้นทำให้เย็นโดยการนำก้อนอิฐดินดิบมาวางไว้ ในบริเวณห้องที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวกเป็นเวลา 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำก้อนอิฐดินดิบแช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 24 ชั่วโมงแล้วนำก้อนอิฐขึ้นมาจากน้ำแล้วใช้ผ้าชื้นเช็ดน้ำที่ติดตามผิวอิฐ แล้วชั่งนำหนักอิฐดินดิบให้เสร็จภายใน 5 นาที เป็นน้ำหนักอิ่มตัว $W_d$ ทำการทดสอบการดูดกลืนน้ำที่อายุทดสอบ 28 วัน คำนวณร้อยละการดูดกลืนน้ำตามสมการที่ 2

**การทดสอบคุณสมบัติทางกลของอิฐดินดิบ**

การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด (Compressive Strength)

ทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 243 - 2520 ซึ่งทำการทดสอบโดยการนำก้อนอิฐดินดิบมาวางที่เครื่องทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดและให้ศูนย์กลางของอิฐดินดิบกับศูนย์กลางของแท่งธาร

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ของเครื่องอยู่ตรงกัน ทำการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของก้อนอิฐดินดิบ ทำการทดสอบกำลังอัดที่อายุทดสอบละ 3 ก้อน ที่อายุทดสอบ 28 วัน คำนวณกำลังต้านทานแรงอัดจากสมการที่ 3

**การวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบ**

1. ทำการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการทดสอบ
2. วิเคราะห์ เปรียบเทียบระหว่างสมบัติต่าง ๆ ของอิฐดินดิบที่ผสมน้ำยางข้น
3. วิเคราะห์ปัญหา สาเหตุและการแก้ไขรวมถึงข้อเสนอแนะในการทดสอบครั้งต่อไปหรือการนำไปใช้งานจริง
4. สรุปผลการทดลองผลของน้ำยางข้นที่มีต่อการทำอิฐดินดิบ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# ผลและการวิจารณ์

ในบทนี้กล่าวถึงผลการทดสอบคุณสมบัติของอิฐดินดิบที่ใช้น้ำยางข้นเป็นส่วนผสมเพิ่ม ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงขนาด การดูดกลืนน้ำ และกำลังอัด

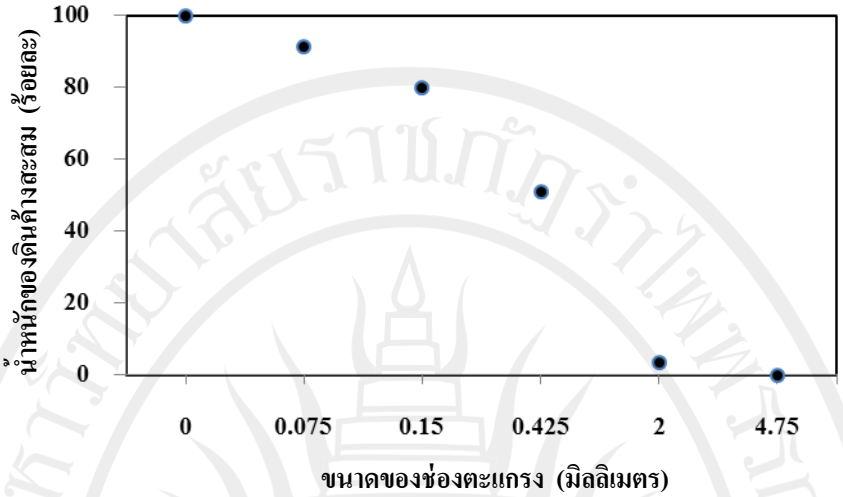
**ผลการทดสอบคุณสมบัติของดินที่ใช้งานวิจัย**

จากการทดสอบคุณสมบัติของดินที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ คือ การทดสอบหาขีดจำกัดอัตเตอร์เบิร์ก (Atterberg's Limit) พบว่า ปริมาณความชื้นที่น้อยที่สุดที่ทำให้ดินสามารถไหลตัวได้ด้วยน้ำหนักของตัวเอง (Liquid Limit : L.L.) มีค่าเท่ากับร้อยละ 59.78 ปริมาณความชื้นที่น้อยที่สุดในดินที่ทำให้ดินมีสภาพเหนียวหนืดมากขึ้น (Plastic Limit : P.L.) มีค่าเท่ากับร้อยละ 49.96 ค่าความไวต่อการเปลี่ยนสถานภาพของมวลดินระหว่างสภาวะพลาสติก และของเหลวหรือ (Plasticity Index : PI) เท่ากับร้อยละ 9.82 และปริมาณน้ำมากที่สุดในมวลดินที่ไม่ทำให้ปริมาตรทั้งหมดของมวลดินเปลี่ยนแปลง (Shrinkage Limit : S.L.) เท่ากับร้อยละ 13.06 ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินเท่ากับ 2.71 เมื่อนำค่าขีดจำกัดเหลวที่ได้มาจำแนกประเภทของดินตามระบบ Unified Soid Classification System (USCS) แล้ว พบว่า ดินที่นำมาใช้ในงานวิจัยเป็นดินประเภท SW-SM คือ ดินประเภทเม็ดหยาบ มีการคละขนาดของดินเม็ดดินดี คุณสมบัติของดินที่ใช้ในงานวิจัยแสดงในตาราง 14 และกราฟการคละขนาดของเม็ดดินแสดงในภาพประกอบ 28

**ตาราง 14** คุณสมบัติของดินที่ใช้ในงานวิจัย

| คุณสมบัติ | ดินที่ใช้ในงานวิจัยนี้ |
|---|---|
| **ขีดจำกัดของอัตเตอร์เบิร์ก** | |
| ขีดจำกัดเหลวของดิน (ร้อยละ) | 59.78 |
| ขีดจำกัดพลาสติกของดิน (ร้อยละ) | 49.96 |
| ขีดจำกัดหดตัวของดิน (ร้อยละ) | 13.06 |
| **การจำแนกดินทางวิศวกรรม** | |
| ระบบ USCS | SW-SM |
| **ความถ่วงจำเพาะ** | 2.71 |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**ภาพประกอบ 28** กราฟการคละขนาดของเม็ดดิน

**ผลการทดสอบหาปริมาณน้ำที่ดีที่สุดในการทำอิฐดินดิบ**

การหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับการทำอิฐดินดิบกำหนดจากความง่ายในการผสมและการขึ้นรูป โดยใช้ความสามารถในการทำงานได้จริง โดยมีหลักเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ คือ หากส่วนผสมมีน้ำน้อยเกินไป ส่วนผสมจะแห้งไม่สามารถผสมให้เข้ากันได้ดี การเข้าแบบทำได้ยาก หากส่วนผสมเหลวจนเกินไปจะส่งผลให้อิฐดินดิบแห้งช้า ไม่สามารถนำเข้าแบบได้ ดังนั้นส่วนผสมที่ดีควรมีปริมาณน้ำเพียงพอและเหมาะสมที่สามารถนำมาใช้ในการทำงานได้อย่างสะดวก จากการทดสอบพบว่า ความเหลวของดินจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามปริมาณน้ำที่ใส่ในส่วนผสม จนเมื่อผสมน้ำในปริมาณเท่ากับร้อยละ 40 โดยน้ำหนักของดิน ดินจะมีความเหลวพอเหมาะที่สามารถนำมาเข้าแบบทำอิฐดินดิบได้ ในส่วนการผสมน้ำที่ร้อยละ 50 โดยน้ำหนักของดินนั้น พบว่า ดินมีความเหลวมาก ไม่สามารถนำมาเข้าแบบทำอิฐดินดิบได้

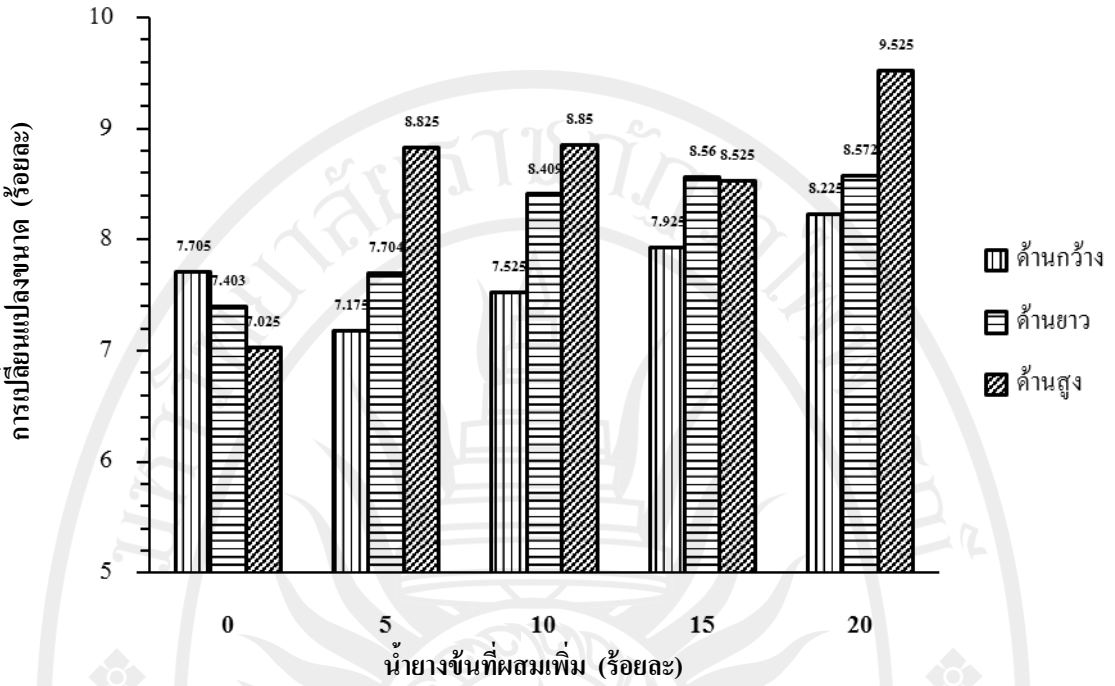
(ก) ผสมน้ำร้อยละ 40 (ข) ผสมน้ำร้อยละ 50

**ภาพประกอบ 29** ความเหลวของดินเมื่อผสมน้ำ (ก) ร้อยละ 40 และ (ข) ร้อยละ 50

**ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาดของอิฐดินดิบ**

จากการวัดหาร้อยละการเปลี่ยนแปลงขนาดของอิฐดินดิบ โดยวัดขนาด 3 ด้าน คือ ด้านกว้าง ด้านยาว และด้านสูง ใช้ก้อนตัวอย่างครั้งละ 3 ก้อน แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยจะวัดจากแบบพิมพ์ก่อน เพื่อให้ได้ขนาดของก้อนตัวอย่างที่แท้จริง คือ กว้าง 40 มิลลิเมตร ยาว 159 มิลลิเมตร และสูง 40 มิลลิเมตร เมื่อครบ 28 วัน จึงวัดเป็นครั้งที่ 2 ผลการทดสอบ พบว่า การเปลี่ยนแปลงขนาดของอิฐดินดิบที่ไม่ได้ผสมน้ำยางข้น มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของด้านกว้าง ด้านยาว และด้านสูง เฉลี่ยร้อยละ 7.075, 7.403 และ 7.025 ตามลำดับ อัตราส่วนผสมน้ำยางข้นเพิ่มที่ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงขนาดในด้านกว้าง ด้านยาว และด้านสูง เฉลี่ยร้อยละ 7.175, 7.704 และ 8.825 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงขนาดของอิฐดินดิบอัตราส่วนผสมน้ำยางข้นเพิ่มที่ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักของน้ำ การเปลี่ยนแปลงขนาดในด้านกว้าง ด้านยาว และด้านสูง เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 7.525, 8.409 และ 8.850 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงขนาดของอิฐดินดิบอัตราส่วนผสมน้ำยางข้นเพิ่มที่ร้อยละ 15 โดยน้ำหนักของน้ำ การเปลี่ยนแปลงขนาดเฉลี่ยในด้านกว้าง ด้านยาว และด้านสูง เท่ากับร้อยละ 7.925, 8.650 และ 8.525 ตามลำดับ และส่วนผสมน้ำยางข้นเพิ่มที่ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของน้ำ การเปลี่ยนแปลงขนาดเฉลี่ยในด้านกว้าง ด้านยาว และด้านสูง เท่ากับร้อยละ 8.225, 8.572 และ 9.525 ตามลำดับ ซึ่งนำมาจัดเรียงข้อมูลได้ดังแสดงในภาพประกอบที่ 30

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**ภาพประกอบ 30** ร้อยละการเปลี่ยนแปลงขนาดแต่ละด้านของอิฐดินดิบ

ในภาพรวมพบว่า การใส่น้ำยางข้นเข้าไปในส่วนผสมจะทำให้การเปลี่ยนแปลงขนาดเพิ่มขึ้นจนถึงปริมาณน้ำยางข้นร้อยละ 10 จากนั้นจะลดลง แต่เนื่องจากเราไม่สามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงขนาดให้เกิดขึ้นในทิศทางเดียวได้ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงขนาดของอิฐดินดิบจึงเกิดขึ้นอย่างอิสระในทุกมิติ ทำให้การเปรียบเทียบเป็นด้าน ๆ ไม่เกิดความชัดเจน จึงเลือกใช้การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงปริมาตรแทน โดยใช้ข้อมูลดิบที่แสดงในตาราง 15 คำนวณปริมาตรของอิฐดินดิบแต่ละก้อนเทียบกับปริมาตรของแบบหล่อ ซึ่งเป็นขนาดเริ่มแรกของอิฐดินดิบนั้น

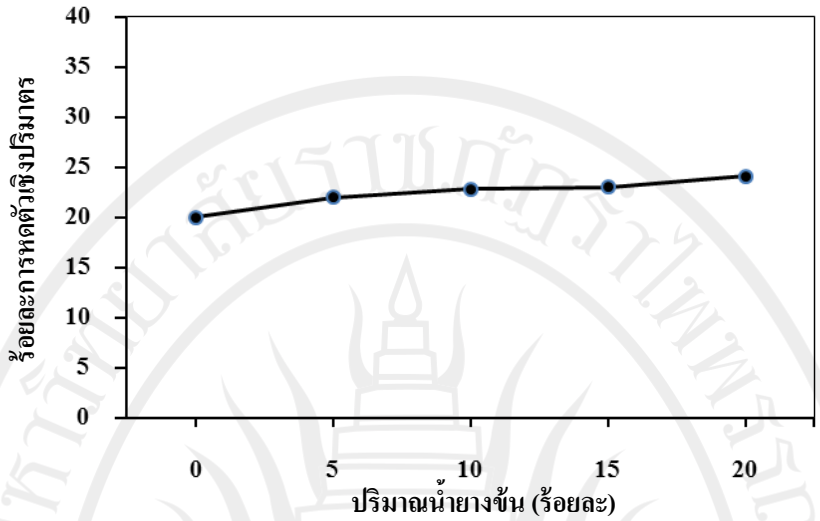
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตาราง 15** การเปลี่ยนแปลงขนาดของอิฐดินดิบที่ผสมน้ำยางข้นในอัตราส่วนต่าง ๆ

| ลำดับที่ | ขนาดแบบ (เซนติเมตร) | | | ขนาดอิฐเมื่อแห้ง (เซนติเมตร) | | | การเปลี่ยนแปลงขนาด (ร้อยละ) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | กว้าง | ยาว | สูง | กว้าง | ยาว | สูง | ด้านกว้าง | ด้านยาว | ด้านสูง | เชิงปริมาตร |
| Control | 4 | 15.9 | 4 | 3.717 | 14.723 | 3.719 | 7.075 | 7.403 | 7.025 | 20.00 |
| R05 | 4 | 15.9 | 4 | 3.713 | 14.566 | 3.647 | 7.175 | 7.704 | 8.825 | 21.89 |
| R10 | 4 | 15.9 | 4 | 3.699 | 14.563 | 3.646 | 7.525 | 8.409 | 8.850 | 22.80 |
| R15 | 4 | 15.9 | 4 | 3.683 | 14.539 | 3.659 | 7.925 | 8.560 | 8.525 | 22.98 |
| R20 | 4 | 15.9 | 4 | 3.671 | 14.537 | 3.619 | 8.225 | 8.572 | 9.525 | 24.08 |

จากข้อมูลข้างต้นสามารถใช้คำนวณการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตรเฉลี่ยของอิฐแต่ละส่วนผสมได้ ซึ่งพบว่าอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของน้ำยางข้นร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักของน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงปริมาตรเท่ากับร้อยละ 20.00, 21.98, 22.80, 22.98 และ 24.08 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพประกอบ 31 ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงปริมาตรโดยรวมของอิฐดินดิบจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางข้นเข้าไปในส่วนผสม โดยปริมาณน้ำยางข้นที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงปริมาตรต่ำที่สุดคือร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของน้ำ จากนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางข้นขึ้นไปก็จะส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงขนาดเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของน้ำยางข้นที่เติมเพิ่มเข้าไป ทั้งนี้เพราะยางเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นตัวได้ดีเมื่อนำมาผสมกับดินจะเกิดการหดตัวจึงมีผลทำให้ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงปริมาตรของอิฐดินดิบเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำยางข้นที่ผสมเพิ่ม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**ภาพประกอบ 31** ร้อยละการหดตัวเชิงปริมาตรของอิฐดินดิบที่ผสมน้ำยางข้น

**ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบ**

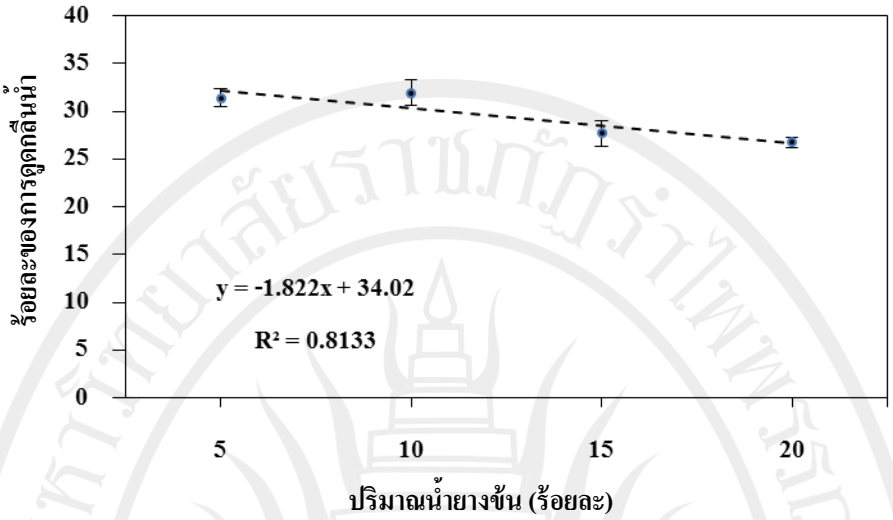
จากการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของน้ำยางข้นในอัตราส่วน ต่าง ๆ ได้แก่ ร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักของน้ำ ตามลำดับ ที่อายุทดสอบ 28 วัน ได้ค่าการดูดกลืนน้ำตามที่แสดงในตาราง 16

**ตาราง 16** ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบ

| อัตราส่วน | ปริมาณน้ำยางข้นที่ผสมเพิ่ม (ร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำ) | การดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ) |
|---|---|---|
| control | 0 | N/A* |
| R05 | 5 | 31.42 ± 0.90 |
| R10 | 10 | 31.96 ± 1.36 |
| R15 | 15 | 27.72 ± 1.36 |
| R20 | 20 | 26.76 ± 0.50 |

*หมายเหตุ : ชุด Control ไม่สามารถวัดค่าได้เนื่องจากชิ้นงานไม่คงรูป

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

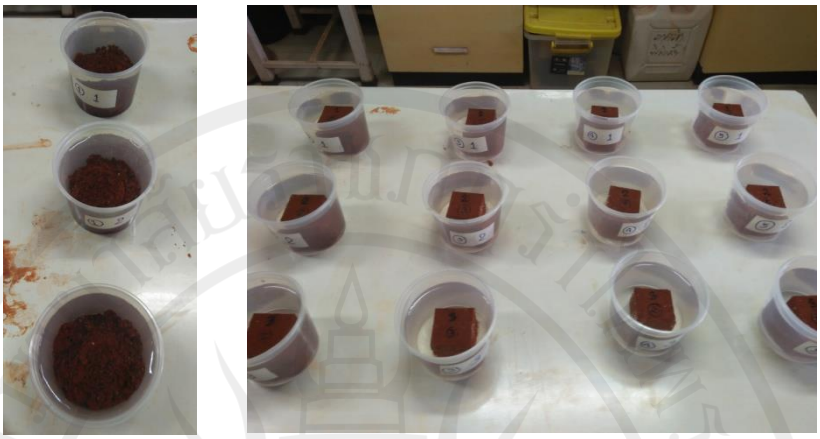



**ภาพประกอบ 32** ร้อยละการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบที่ผสมน้ำยางข้น

จากผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำในอิฐดินดิบ พบว่า การดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบเมื่อใส่ปริมาณน้ำยางข้นที่ร้อยละ 5 และ 10 โดยน้ำหนักของน้ำ มีค่าการดูดกลืนน้ำที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางข้นที่ร้อยละ 15 และ 20 ตามลำดับ พบว่า ค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบลดลง ซึ่งแสดงว่าน้ำยางข้นมีผลต่อการดูดกลืนน้ำ คือ ปริมาณน้ำยางข้นที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบลดลง

จากข้อมูลข้างต้นที่ว่าปริมาณของน้ำยางข้นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้อิฐดินดิบมีค่าการดูดกลืนน้ำที่ลดลง สามารถเห็นได้จากในภาพประกอบ 33 ซึ่งเป็นตัวอย่างอิฐดินดิบอายุ 28 วัน ที่ผ่านกระบวนการทดสอบการดูดกลืนน้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บริเวณด้านล่างซ้ายของภาพประกอบ 33 คือ ตัวอย่างอิฐดินดิบของส่วนผสมที่ไม่เติมน้ำยางข้น พบว่าอิฐดินดิบส่วนผสมดังกล่าวดูดกลืนน้ำเข้าไปภายในจนไม่สามารถคงสภาพไว้ได้ ไม่สามารถนำมาทดสอบการดูดกลืนน้ำได้ ในขณะที่ด้านขวาของภาพประกอบ 32 เป็นส่วนผสมของอิฐดินดิบที่มีปริมาณน้ำยางข้นในส่วนผสมร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 ตามลำดับ แช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน แต่ยังสามารถคงสภาพไว้ได้อย่างเห็นได้ชัด จึงเป็นการยืนยันได้ว่า การเติมน้ำยางข้นเพิ่มในส่วนผสม จะช่วยป้องกันการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบได้ เพราะน้ำยางข้นมีคุณสมบัติในการยึดประสานที่ดีจึงเข้าไปเติมเต็มช่องว่าง โพรงภายในอิฐและช่วยในยึดประสานกันระหว่างอนุภาคของดินส่งผลให้อิฐสามารถคงรูปร่างเดิมได้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



Control R05 R10 R15 R20

**ภาพประกอบ 33** ภาพถ่ายอิฐดินดิบหลังแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

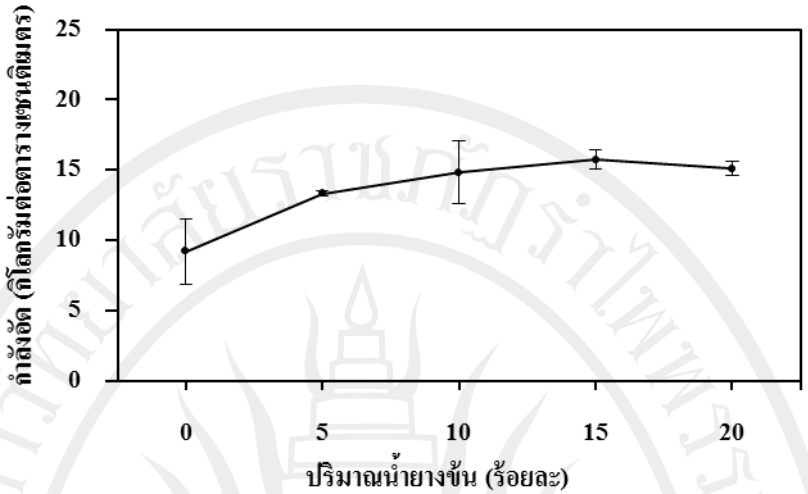
**ผลการทดสอบกำลังอัดของอิฐดินดิบ**

จากการทดสอบกำลังอัดของอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของน้ำยางข้นในอัตราส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ตามลำดับ ที่อายุทดสอบ 28 วัน ได้ค่ากำลังอัดตามที่แสดงในตาราง 17

**ตาราง 17** ผลการทดสอบกำลังอัดของอิฐดินดิบ

| อัตราส่วน | ปริมาณน้ำยางข้นที่ผสมเพิ่ม (ร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำ) | กำลังอัด (ksc) |
|---|---|---|
| control | 0 | 9.18 ± 2.34 |
| R05 | 5 | 13.33 ± 0.19 |
| R10 | 10 | 14.84 ± 2.23 |
| R15 | 15 | 15.75 ± 0.65 |
| R20 | 20 | 15.10 ± 0.49 |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**ภาพประกอบ 34** กำลังอัดของอิฐดินดิบที่ผสมน้ำยางข้น

จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐดินดิบที่ผสมน้ำยางข้นเพิ่มที่อัตราส่วน ร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักของน้ำตามลำดับ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางข้นกำลังรับแรงอัดของอิฐดินดิบจะเพิ่มขึ้น โดยกำลังอัดของอิฐดินดิบที่ไม่ได้ผสมน้ำยางข้นมีค่าเท่ากับ 9.18 ksc และกำลังอัดของอิฐดินดิบที่มีค่าสูงสุดคือ 15.75 ksc ที่อัตราส่วนของน้ำยางข้นที่ผสมเพิ่มร้อยละ 15 โดยน้ำหนักของน้ำ ในส่วนของปริมาณน้ำยางข้นที่ร้อยละ 15 และ 20 โดยน้ำหนักของน้ำนั้นมีค่ากำลังอัดใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณของน้ำยางข้นที่ผสมเพิ่มในอิฐดินดิบนั้นมีค่าเหมาะสม อยู่ในช่วงระหว่าง ร้อยละ 15 ถึงร้อยละ 20 โดยน้ำหนักน้ำ ถ้าใส่ปริมาณน้ำยางข้นเพิ่มมากกว่าร้อยละ 20 อาจส่งผลให้ค่ากำลังอัดของอิฐดินดิบลดลง เนื่องจากน้ำยางข้นมีคุณสมบัติของความยืดหยุ่นสูง เมื่อผสมกับดินในปริมาณที่เกินความเหมาะสมกับอัตราส่วนผสม อาจส่งผลกับโครงสร้างของอิฐดินดิบ

จากผลการทดสอบกำลังอัดข้างต้นแสดงให้เห็นว่า การผสมน้ำยางข้นเพิ่มในอิฐดินดิบนั้นสามารถพัฒนากำลังอัดให้ดีขึ้น เนื่องจากน้ำยางข้นจะเข้าไปเติมเต็มตามช่องว่าง โพรง รอยแตกร้าว และจะช่วยยึดประสานกับเม็ดดิน ส่งผลให้มีการยึดเหนี่ยวกันภายในอิฐดินดิบ และทำให้โครงสร้างของอิฐแข็งแรง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

## สรุปผล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงขนาด การดูดกลืนน้ำ และกำลังอัดของอิฐดินดิบที่มีน้ำยางข้นเป็นส่วนผสมเพิ่มในอัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับอิฐดินดิบที่มีเพียงส่วนผสมของดิน และน้ำที่อายุการทดสอบ 28 วัน ซึ่งเป็นอายุการทดสอบที่เหมาะสมสำหรับการบ่มอิฐเพื่อนำไปใช้งาน โดยสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงขนาดของอิฐดินดิบที่ผสมน้ำยางข้นเพิ่มที่อัตราส่วนร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักของน้ำ ผลการทดสอบพบว่า การเปลี่ยนแปลงขนาดของอิฐดินดิบเกิดขึ้นอย่างอิสระ ทำให้การเปรียบเทียบเป็นด้าน ๆ ไม่เกิดความชัดเจน จึงเลือกใช้การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงปริมาตรแทน พบว่า เมื่อใส่น้ำยางข้นเพิ่มในอิฐดินดิบทำให้การเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงปริมาตรเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางข้นจะทำให้อิฐมีการหดตัวเพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้ อาจเป็นเพราะคุณสมบัติของน้ำยางข้นที่มีความยืดหยุ่นสูงเมื่อผสมกับดินแล้วจึงทำให้เกิดการหดตัวตามปริมาณน้ำยางข้นที่ผสมเพิ่ม

2. น้ำยางข้นที่ผสมเพิ่มมีผลทำให้ค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบลดลง โดยอิฐดินดิบที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยางข้นเมื่อนำมาแช่น้ำ ก้อนอิฐดินดิบเกิดการละลายภายใน 5 นาที ไม่สามารถคงรูปอยู่ได้ ส่วนอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของน้ำยางข้นที่ร้อยละ 5 และ 10 มีค่าการดูดกลืนน้ำที่ 28 วัน ใกล้เคียงกันคือ 31.42 และ 31.96 ตามลำดับ เมื่อเติมน้ำยางข้นเพิ่มที่ร้อยละ 15 และ 20 ค่าการดูดกลืนน้ำมีค่าลดลงคือ 27.72 และ 26.76 ตามลำดับ จึงสามารถกล่าวได้ว่าน้ำยางข้น เข้าไปเติมเต็มช่องว่าง และช่วยยึดประสานเม็ดดินทำให้โครงสร้างอิฐดินดิบเกิดเสถียรภาพมากขึ้นเมื่อต้องสัมผัสกับน้ำเป็นเวลานาน

3. ผลการทดสอบกำลังอัดของอิฐดินดิบ ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักของน้ำ พบว่า กำลังอัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามส่วนผสมน้ำยางข้นที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่ากำลังอัดสูงสุดคือ 15.75 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ส่วนผสมน้ำยางข้นเพิ่มร้อยละ 15 โดยน้ำหนักของน้ำ จึงสามารถสรุปได้ว่าน้ำยางข้นมีผลช่วยพัฒนาอิฐดินดิบให้มีโครงสร้างที่แข็งแรงเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะอนุภาคของน้ำยางข้นแทรกอยู่ตามช่องว่างของอิฐดินดิบ ทำให้อิฐดินดิบมีพื้นที่ในการรับแรงรวมทั้งมีความสามารถในการยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคเพิ่มขึ้น

จากผลการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า น้ำยางข้นสามารถพัฒนาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของอิฐดินดิบได้ดี โดยปริมาณน้ำยางข้นที่เหมาะสมที่สุดคือ ร้อยละ 15 โดยน้ำหนักของน้ำ เห็นได้จากผลกำลังอัดที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำยางข้นที่ผสมเพิ่ม ค่าการดูดกลืนน้ำลดลงตามปริมาณ

น้ำยางข้นที่ผสมเพิ่ม มีการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตรไม่แตกต่างกันมากกับอิฐดินดิบที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยางข้น จากผลการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำอิฐดินดิบที่ช่วยแก้ไขปัญหาเรื่องลดความเสียหายของโครงสร้างบ้านดินที่ทำจากอิฐดินดิบเมื่อฝนตกหนักหรือน้ำท่วมบ้านดิน

**ข้อเสนอแนะ**

1. การศึกษาครั้งนี้ใช้แรงคนในการผสมส่วนผสมทำอิฐดินดิบ ซึ่งบางครั้งอาจทำให้ส่วนผสมไม่เข้ากันมากที่สุด จึงแนะนำให้หาวิธีผสมอื่นที่เหมาะสมที่สามารถทำให้ส่วนผสมในการทำอิฐดินดิบเข้ากันมากที่สุด

2. การนำเส้นใยธรรมชาติมาเป็นส่วนผสมเพิ่มในอิฐดินดิบ น่าจะสามารถพัฒนาคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของอิฐดินดิบได้

3. ในการศึกษานี้ใช้น้ำยางข้นเป็นส่วนผสมเพิ่มในการทำอิฐดินดิบพบว่า เมื่อถอดแบบอิฐดินดิบแล้ว ผึ่งไว้ในอากาศที่ถ่ายเทได้สะดวก ถ้าสภาพอากาศโดยรวมขณะที่ถอดแบบมีความชื้นอยู่มาก จะทำให้อิฐดินดิบขึ้นรา เนื่องจากน้ำยางข้นที่ผสม สามารถนำเงื่อนไขนี้ศึกษาวิจัยเพิ่มได้

4. ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำน้ำยางข้นมาใช้ร่วมกับปูนซีเมนต์ เพื่อการปรับปรุงคุณภาพของอิฐดินดิบ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# เอกสารและสิ่งอ้างอิง


การจัดทำเนื้อหาองค์ความรู้ SMEs ภายใต้งานพัฒนาศูนย์ขอมูล SMEs Knowledge Center. (2558) **น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.onartgroup.com/Article/0336.pdf. 19 มกราคม 2561.

กรมควบคุมมลพิษ. (2548). **แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและมลพิษอุตสาหกรรมน้ำยางข้น**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.pcd.go.th/count/waterdl.cfm?File=rubbertree.pdf. 28 สิงหาคม 2560.

กรมวิชาการเกษตร. (2532). **น้ำยางธรรมชาติ**. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง.

กระเทียม สุรินทร์. (2555). **การทำอิฐดินดิบ**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.konhuafuu.blogspot.com/2012/09/making-adobe-bricks.html. 19 สิงหาคม 2560.

การจำแนกดินทางวิศวกรรม. (2560). **UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.google.co.th. 25 พฤศจิกายน 2560.

ณภัทร ศรีวัฒนประยูร, นฤมล แสนเสนา และพิมพ์นภัท จันทร์ศรี. (2552). **การศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังของบ้านดิน**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

บริษัทอิฐแดง 2009 จำกัด. (2560). **อิฐทนไฟ**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www. ittdang2009.wordpress.com/2017/05/12/อิฐทนไฟ-23/. 12 พฤษภาคม 2560.

ประชุม คำพุฒ, อมเรศ บกสุวรรณ และณัฐนนท์ รัตนไชย. (2551). **การใช้น้ำยางธรรมชาติและเส้นใยธรรมชาติพัฒนาคุณสมบัติของอิฐดินดิบเพื่องานวัสดุก่อสร้างเชิงอนุรักษ์พลังงาน**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ประยูร พรมหลวงศรี. (2558). **การพัฒนาอิฐดินดิบที่ทำจากดินลมหอบ**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา). มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พิสิทธิ์ ขันติวัฒนกุล. (2551). **การตรวจสอบความแข็งแรงของอิฐดินดิบ**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.irrigation.rid.go.th. 21 สิงหาคม 2560.

มานิต ช่วยงาน. (2552). **คุณสมบัติและส่วนประกอบของดินทางฟิสิกส์**. (เอกสารประกอบการสอน). เชียงใหม่ : วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่.

มานะ อภิพัฒนะมนตรี. (2543). **วิศวกรรมปฐพีและฐานราก**. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี.


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

ศุภสัณห์ ชื่นศิริกุลชัย. (2556). **การประยุกต์ใช้ใบหญ้าแฝกและแอสฟัลต์อิมัลชันเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกลของอิฐดินดิบ**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา). เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สุกิจ นามพิชญ์ และคณะ. (2549 ก). **การทดสอบวัสดุทางวิศวกรรมโยธา**. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนการวิจัยแห่งชาติ.

_____. (2549 ข). **คู่มือการทดสอบทางปฐพีกลศาสตร์**. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนการวิจัยแห่งชาติ.

วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่. (ม.ม.ป.). **การทดลองหาขีดความข้นเหลวของดิน (Atterberg's Limit)**. (เอกสารประกอบการสอน). เชียงใหม่ : วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. (2531). **น้ำยาง**. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.

สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. (ตุลาคม 2554-มีนาคม 2555). "เทคนิควิธีการสร้างบ้านดิน," **วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร**. 2(2) : 95 - 99.

สราวุธ จริตงาม. (2545). **กลศาสตร์ของดิน**. กรุงเทพฯ : ชานเมืองการพิมพ์.

สุรฉัตร สัมพันธารักษ์. (2548). **วิศวกรรมปฐพี**. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในบรมราชูปถัมภ์.

สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐบล็อกประสานมอก. 602/2547**. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2521). **วิธีชักตัวอย่างและทดสอบอิฐและอิฐกลวง มอก.243 - 2530 ฉบับที่ 307**. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

_____. (2531). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก. 58 - 2530**. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

_____. (2541). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตมวลเบา แบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ มอก. 1505 - 2541**. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

_____. (2547). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม อิฐประดับ มอก. 168 - 2546**. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

_____. (2554). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บล็อกแก้วกลวง มอก. 11395 - 2554**. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

สิทธิชัย แสงอาทิตย์. (พฤษภาคม-สิงหาคม 2542). "การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของอิฐดินซีเมนต์เพื่อเปรียบเทียบกับอิฐมอญและอิฐมอญมาตรฐาน," **วารสารเทคโนโลยีสุรนารี**. 6(2) : 98.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ห้างหุ้นส่วนจำกัด ที.ซี.วี.รับเบอร์. (2557). **คุณสมบัติของยาง**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.tcvrubber.com/15762037/คุณสมบัติของยาง. 6 สิงหาคม 2560.

Sadek Deboucha and Roslan Hashim. (2011). "A Review on Bricks and Stabilized Compressed Earth Blocks," **Scienctific Research and Essays**. 6(3) : 499 - 506.

Razia Begum, Ahsan Habib and Hosne Ara Begum. (2014). "Adobe Bricks Stabilized With Cement and Natural Rubber Late," **International Journal of Energy Science and Engineering**. 2(1) : 36 - 38.

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# ภาคผนวก ก
# ตารางบันทึกผลการทดลอง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตาราง 18** ผลการทดสอบหาขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit ; L.L.)

| กระป๋องอบดินหมายเลข | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| จำนวนครั้งของการเคาะ | 18 | 23 | 30 | 39 | 47 |
| น้ำหนักกระป๋อง+ดินชื้น (กรัม) | 56.63 | 60.12 | 59.73 | 65.93 | 54.34 |
| น้ำหนักกระป๋อง+ดินแห้ง (กรัม) | 45.59 | 46.69 | 47.24 | 54.94 | 42.90 |
| น้ำหนักกระป๋อง (กรัม) | 26.74 | 23.88 | 26.78 | 36.62 | 23.98 |
| น้ำหนักของน้ำ (กรัม) | 11.04 | 13.43 | 12.49 | 10.99 | 11.44 |
| น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม) | 18.85 | 22.81 | 20.46 | 18.32 | 18.92 |
| ปริมาณน้ำในดิน (ร้อยละ) | 58.56 | 58.87 | 61.04 | 59.98 | 60.46 |
| **ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำในดิน (ร้อยละ)** | | | 59.78 | | |

**ตาราง 19** ผลการทดสอบหาขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit, ; P.L.)

| กระป๋องอบดินหมายเลข | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| น้ำหนักกระป๋อง+ดินชื้น (กรัม) | 47.13 | 44.06 | 42.80 | 50.44 | 43.69 |
| น้ำหนักกระป๋อง+ดินแห้ง (กรัม) | 40.64 | 38.23 | 37.51 | 44.73 | 38.09 |
| น้ำหนักกระป๋อง (กรัม) | 27.10 | 26.77 | 26.97 | 33.24 | 27.14 |
| น้ำหนักของน้ำ (กรัม) | 6.49 | 5.83 | 5.29 | 5.71 | 5.60 |
| น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม) | 13.54 | 11.46 | 10.54 | 11.49 | 10.95 |
| ปริมาณน้ำในดิน (ร้อยละ) | 47.93 | 50.87 | 50.18 | 49.69 | 51.14 |
| **ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำในดิน (ร้อยละ)** | | | 49.96 | | |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตาราง 20** ผลการทดสอบหาขีดจำกัดหดตัว (Shrinkage Limit ; S.L.)

| ครั้งที่ | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| หมายเลขจาน | 1 | 2 | 3 |
| น้ำหนักดินเปียก+จาน (กรัม) | 68.91 | 68.14 | 67.35 |
| น้ำหนักจาน (กรัม) | 43.61 | 42.24 | 39.12 |
| น้ำหนักดินแห้ง+จาน (กรัม) | 57.32 | 56.63 | 53.73 |
| น้ำหนักปรอท+จาน (กรัม) | 249.68 | 250.05 | 250.39 |
| น้ำหนักปรอท+ถาด (กรัม) | 276.80 | 279.28 | 282.06 |
| น้ำหนักถาด (กรัม) | 94.44 | 94.44 | 94.44 |
| น้ำหนักดินเปียก (กรัม) | 25.30 | 25.90 | 28.23 |
| น้ำหนักดินแห้ง (กรัม) | 13.71 | 14.39 | 14.61 |
| น้ำหนักปรอท (กรัม) | 206.07 | 207.81 | 211.27 |
| ปริมาตรปรอท ($ซม^3$) | 15.23 | 15.35 | 15.61 |
| น้ำหนักปรอทที่ล้นออก (กรัม) | 182.36 | 184.84 | 187.62 |
| ปริมาตรสุดท้ายของดินแห้ง ($ซม^3$) | 13.47 | 13.66 | 13.01 |
| ขีดจำกัดการหดตัว (%) | 11.55 | 11.00 | 16.65 |
| **ค่าเฉลี่ยขีดจำกัดการหดตัว (%)** | | 13.06 | |

**ตาราง 21** ผลการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

| การทดลองหาความถ่วงจำเพาะ | | | การสอบเทียบขวดฟลาส | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ลำดับการทดลอง | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| อุณหภูมิ (°C) | 28 | 29 | 50 | 42 | 34 | 30 |
| น้ำหนักขวดฟลาส+น้ำ (กรัม) | 649.0 | 651.0 | 647.1 | 648.5 | 650.2 | 651.0 |
| น้ำหนักขวดฟลาส+น้ำ+ดิน (กรัม) | 786.0 | 790.0 | | | | |
| กระป๋องอบดินหมายเลข | 1 | 2 | | | | |
| น้ำหนักกระป๋อง+ดินแห้ง (กรัม) | 376.7 | 383.7 | | | | |
| น้ำหนักกระป๋อง (กรัม) | 160.0 | 164.0 | | | | |
| น้ำหนักดินแห้ง (กรัม) | 216.7 | 219.7 | | | | |
| ความถ่วงจำเพาะของน้ำ | 0.9980 | 0.9977 | | | | |
| ความถ่วงจำเพาะของดิน | 2.713 | 2.716 | | | | |
| **ค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะของดิน** | 2.71 | | | | | |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตาราง 22** ผลการทดสอบหาขนาดของเม็ดดินโดยใช้ตะแกรงมาตรฐาน

| ตะแกรงเบอร์ | ขนาดช่องตะแกรง (มม.) | น้ำหนักตะแกรง (กรัม) | น้ำหนักตะแกรง+ดิน (กรัม) | น้ำหนักของดินที่ค้าง (กรัม) | น้ำหนักดินค้างตะแกรง (ร้อยละ) | น้ำหนักของดินค้างสะสม (ร้อยละ) | ส่วนที่ผ่านตะแกรง (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ¾ | 19 | 564 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| ½ | 12.5 | 549 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3/8 | 9.51 | 774 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | 4.75 | 763 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | 2.00 | 472 | 490 | 18 | 3.6 | 3.6 | 96.4 |
| 40 | 0.425 | 416 | 653 | 237 | 47.4 | 51 | 49 |
| 100 | 0.150 | 411 | 555 | 144 | 28.8 | 79.8 | 20.2 |
| 200 | 0.075 | 386 | 443 | 57 | 11.4 | 91.2 | 8.8 |
| ถาด | - | 498 | 542 | 44 | 8.8 | 100 | 0.0 |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตาราง 23** ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาดของอิฐดินดิบที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ

| อัตราส่วนผสม | | ก้อนที่ | ขนาดแบบ (เซนติเมตร) | | | ขนาดอิฐเมื่อแห้ง (เซนติเมตร) | | | การเปลี่ยนแปลงขนาด (ร้อยละ) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ดิน | น้ำยางข้น | | กว้าง | ยาว | สูง | กว้าง | ยาว | สูง | ด้านกว้าง | ด้านยาว | ด้านสูง |
| 100 | 0 | 1 | 4 | 15.9 | 4 | 3.750 | 14.728 | 3.686 | 6.250 | 7.371 | 7.850 |
| 100 | 0 | 2 | 4 | 15.9 | 4 | 3.680 | 14.720 | 3.740 | 8.000 | 7.421 | 6.500 |
| 100 | 0 | 3 | 4 | 15.9 | 4 | 3.720 | 14.720 | 3.730 | 7.000 | 7.421 | 6.750 |
| | **เฉลี่ย** | | 4 | 15.9 | 4 | 3.717 | 14.723 | 3.719 | 7.075 | 7.403 | 7.025 |
| 100 | 5 | 1 | 4 | 15.9 | 4 | 3.732 | 14.644 | 3.640 | 6.700 | 7.899 | 9.000 |
| 100 | 5 | 2 | 4 | 15.9 | 4 | 3.720 | 14.660 | 3.618 | 7.000 | 7.799 | 9.550 |
| 100 | 5 | 3 | 4 | 15.9 | 4 | 3.688 | 14.668 | 3.684 | 7.800 | 7.748 | 7.900 |
| | **เฉลี่ย** | | 4 | 15.9 | 4 | 3.713 | 14.657 | 3.647 | 7.175 | 7.704 | 8.825 |
| 100 | 10 | 1 | 4 | 15.9 | 4 | 3.688 | 14.530 | 3.628 | 7.800 | 8.616 | 9.300 |
| 100 | 10 | 2 | 4 | 15.9 | 4 | 3.730 | 14.640 | 3.638 | 6.750 | 7.925 | 9.050 |
| 100 | 10 | 3 | 4 | 15.9 | 4 | 3.678 | 14.520 | 3.672 | 8.050 | 8.679 | 8.200 |
| | **เฉลี่ย** | | 4 | 15.9 | 4 | 3.699 | 14.563 | 3.646 | 7.525 | 8.409 | 8.850 |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตาราง 23** (ต่อ)

| อัตราส่วนผสม | | ก้อนที่ | ขนาดแบบ (เซนติเมตร) | | | ขนาดอิฐเมื่อแห้ง (เซนติเมตร) | | | การเปลี่ยนแปลงขนาด (ร้อยละ) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ดิน | น้ำยางข้น | | กว้าง | ยาว | สูง | กว้าง | ยาว | สูง | ด้านกว้าง | ด้านยาว | ด้านสูง |
| 100 | 15 | 1 | 4 | 15.9 | 4 | 3.690 | 14.518 | 3.668 | 7.750 | 8.692 | 8.300 |
| 100 | 15 | 2 | 4 | 15.9 | 4 | 3.680 | 14.568 | 3.618 | 8.000 | 8.377 | 9.550 |
| 100 | 15 | 3 | 4 | 15.9 | 4 | 3.680 | 14.532 | 3.690 | 8.000 | 8.604 | 7.750 |
| | **เฉลี่ย** | | 4 | 15.9 | 4 | 3.683 | 14.539 | 3.659 | 7.529 | 8.560 | 8.525 |
| 100 | 20 | 1 | 4 | 15.9 | 4 | 3.668 | 14.522 | 3.610 | 8.300 | 8.478 | 9.750 |
| 100 | 20 | 2 | 4 | 15.9 | 4 | 3.686 | 14.550 | 3.610 | 7.850 | 8.491 | 9.750 |
| 100 | 20 | 3 | 4 | 15.9 | 4 | 3.660 | 14.540 | 3.636 | 8.500 | 8.553 | 9.100 |
| | **เฉลี่ย** | | 4 | 15.9 | 4 | 3.671 | 14.537 | 3.619 | 8.225 | 8.572 | 9.525 |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตาราง 24** ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงปริมาตรของอิฐดินดิบที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ

| อัตราส่วนผสม | | ก้อนที่ | ปริมาตรของแบบ $(ซม.)^3$ | ปริมาตรของอิฐดินดิบเมื่อแห้ง $(ซม.)^3$ | การเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงปริมาตร (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|
| ดิน | น้ำยางข้น | | | | |
| 100 | 0 | 1 | 254.40 | 203.58 | 19.98 |
| 100 | 0 | 2 | 254.40 | 202.59 | 20.37 |
| 100 | 0 | 3 | 254.40 | 204.25 | 19.71 |
| | เฉลี่ย | | 254.40 | 203.52 | 20.00 |
| 100 | 5 | 1 | 254.40 | 198.93 | 21.80 |
| 100 | 5 | 2 | 254.40 | 197.31 | 22.44 |
| 100 | 5 | 3 | 254.40 | 199.29 | 21.66 |
| | เฉลี่ย | | 254.40 | 198.72 | 21.89 |
| 100 | 10 | 1 | 254.40 | 194.41 | 23.58 |
| 100 | 10 | 2 | 254.40 | 198.66 | 21.91 |
| 100 | 10 | 3 | 254.40 | 196.10 | 22.92 |
| | เฉลี่ย | | 254.40 | 196.40 | 22.80 |
| 100 | 15 | 1 | 254.40 | 196.50 | 22.76 |
| 100 | 15 | 2 | 254.40 | 193.96 | 23.76 |
| 100 | 15 | 3 | 254.40 | 197.33 | 22.43 |
| | เฉลี่ย | | 254.40 | 195.93 | 22.98 |
| 100 | 20 | 1 | 254.40 | 192.29 | 24.41 |
| 100 | 20 | 2 | 254.40 | 193.61 | 23.90 |
| 100 | 20 | 3 | 254.40 | 193.49 | 23.94 |
| | เฉลี่ย | | 254.40 | 193.13 | 24.08 |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตาราง 25** ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ

| อัตราส่วนผสม | | ก้อนที่ | น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม) | น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม) | การดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ) | การดูดกลืนน้ำเฉลี่ย (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ดิน | น้ำยางข้น | | | | | |
| 100 | 0 | 1 | 145.06 | ละลายน้ำหมด | หาค่าไม่ได้ | หาค่าไม่ได้ |
| 100 | 0 | 2 | 144.49 | | | |
| 100 | 0 | 3 | 142.42 | | | |
| 100 | 5 | 1 | 145.81 | 190.25 | 30.48 | |
| 100 | 5 | 2 | 145.82 | 192.88 | 32.27 | 31.42 |
| 100 | 5 | 3 | 145.31 | 191.08 | 31.50 | |
| 100 | 10 | 1 | 141.76 | 185.00 | 30.50 | |
| 100 | 10 | 2 | 140.77 | 186.11 | 32.21 | 31.96 |
| 100 | 10 | 3 | 142.32 | 189.54 | 33.18 | |
| 100 | 15 | 1 | 136.34 | 173.83 | 27.50 | |
| 100 | 15 | 2 | 137.98 | 176.56 | 27.96 | 27.72 |
| 100 | 15 | 3 | 138.95 | 177.44 | 27.70 | |
| 100 | 20 | 1 | 139.43 | 139.43 | 26.54 | |
| 100 | 20 | 2 | 135.87 | 135.87 | 27.34 | 26.76 |
| 100 | 20 | 3 | 140.11 | 140.11 | 26.41 | |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตาราง 26** ผลการทดสอบกำลังอัดของอิฐดินดิบที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ

| อัตราส่วนผสม | | ก้อนที่ | ค่าอ่าน (กิโลนิวตัน) | แรงกด (นิวตัน) | แรงกด (กิโลกรัม) | แรงกด (กก./ตร.ซม.) | ค่าเฉลี่ยแรงกด (กก./ตร.ซม.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ดิน | น้ำยางข้น | | | | | | |
| 100 | 0 | 1 | 8.3 | 8300 | 846.1 | 10.78 | |
| 100 | 0 | 2 | 7.9 | 7900 | 805.3 | 10.26 | 9.18 |
| 100 | 0 | 3 | 5.0 | 5000 | 509.7 | 6.49 | |
| 100 | 0.05 | 1 | 10.1 | 10100 | 1029.6 | 13.12 | |
| 100 | 0.05 | 2 | 10.4 | 10400 | 1060.1 | 13.50 | 13.33 |
| 100 | 0.05 | 3 | 10.3 | 10300 | 1049.9 | 13.37 | |
| 100 | 0.10 | 1 | 12.8 | 12800 | 1304.8 | 16.62 | |
| 100 | 0.10 | 2 | 9.5 | 9500 | 968.4 | 12.34 | 14.84 |
| 100 | 0.10 | 3 | 12.0 | 12000 | 1223.2 | 15.58 | |
| 100 | 0.15 | 1 | 11.6 | 11600 | 1182.5 | 15.06 | |
| 100 | 0.15 | 2 | 12.2 | 12200 | 1243.6 | 15.84 | 15.75 |
| 100 | 0.15 | 3 | 12.6 | 12600 | 1248.4 | 16.36 | |
| 100 | 0.20 | 1 | 11.8 | 11800 | 1202.9 | 15.32 | |
| 100 | 0.20 | 2 | 11.9 | 11900 | 1213.0 | 15.45 | 15.10 |
| 100 | 0.20 | 3 | 11.2 | 11200 | 1141.7 | 14.54 | |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# ประวัติย่อผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# ประวัติย่อผู้วิจัย

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-ชื่อสกุล** | นางสาวอรุณรัตน์ เว้นบาป |
| **วัน เดือน ปีเกิด** | วันที่ 22 เมษายน พ.ศ. 2530 |
| **สถานที่เกิด** | อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี |
| **สถานที่อยู่ปัจจุบัน** | 80 หมู่ 18 ตำบลแก่งหางแมว อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี 22160 |
| **ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน** | นักวิชาการ ภาควิชาฟิสิกส์ |
| **สถานที่ทำงานปัจจุบัน** | คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี |

**ประวัติการศึกษา**

| | |
|---|---|
| พ.ศ. 2546 | มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนแก่งหางแมวพิทยาคาร อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี |
| พ.ศ. 2549 | มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนแก่งหางแมวพิทยาคาร อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี |
| พ.ศ. 2553 | วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี |
| พ.ศ. 2562 | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี