การศึกษาคุณสมบัติของอิฐทดแทน เพื่อใช้อนุรักษ์อาคารก่ออิฐโบราณ ชุมชนบ้านท่าแร่ จังหวัดสกลนคร

Study Properties of Substitution Bricks for Ancient Brick Buildings Conservation Ban Tha Rae Community Sakon Nakhon Province

จารุวัฒน์ ถาวรไพศาลชีวะ [1*] และ ปกรณ์ พัฒนานุโรจน์ [2]

[1,2] สาขาวิศวกรรมโยธา คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

**Corresponding author; E-mail address: jaruwat.th@rmuti.ac.th*

บทคัดย่อ

อาคารก่ออิฐโบราณในชุมชนบ้านท่าแร่ เป็นโครงสร้างผนังก่ออิฐรับน้ำหนัก ปัจจุบันอาคารก่ออิฐโบราณทั้ง 4 หลัง พบรอยแตกร้าวหลายแห่ง โดยเฉพาะผนังก่ออิฐและซุ้มก่ออิฐวงโค้ง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของอิฐทดแทน โดยใช้ดินเหนียวในพื้นที่มาผลิตอิฐด้วยวิธีการเผาแกลบ จากการศึกษา พบว่า 1) ลักษณะของดินที่ใช้ผลิตอิฐเป็นดินเหนียวปนทราย 2) การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐทดแทน กลุ่มตัวอย่าง A ดินเหนียวผสมเถ้าแกลบในอัตราส่วน ร้อยละ 4 % มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด ส่วนในกลุ่มตัวอย่าง B ดินเหนียวผสมทรายอัตราส่วน 20 % และเถ้าแกลบที่ 4 % มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่าง A มีค่ากำลังรับแรงอัดมากกว่ากลุ่มตัวอย่าง B แต่ผลการทดสอบของอิฐทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน (มอก. 77-2517) และ 3) การทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐทดแทนในกลุ่มตัวอย่าง A และ B พบว่า กลุ่มตัวอย่าง B มีค่าดูดซึมน้ำน้อยกว่า โดยผลทดสอบค่าการดูดซึมน้ำทั้ง 2 ตัวอย่าง มีค่าไม่เกินมาตรฐาน (มอก. 77-2517) ดังนั้นการศึกษาอิฐทดแทนมีคุณภาพดีกว่ามาตรฐาน มอก. สามารถอนุรักษ์อาคารเก่าให้คงสภาพดั้งเดิม คงทน และยังคงเอกลักษณ์ทางสถาปัตยกรรมเอาไว้

คำสำคัญ: อิฐทดแทน, ผนังก่ออิฐรับน้ำหนัก, อาคารก่ออิฐโบราณ, ชุมชนบ้านท่าแร่

Abstract

Ancient brick buildings in Ban Tha Rae community characteristics of load-bearing masonry wall structures, currently, 4 ancient brick buildings many cracks were found especially in the masonry walls and arched masonry arches. The purpose of this research is to study the properties of substitute bricks, using local clay to produce bricks by burning rice husks. The study, it was found that 1) The characteristics of the soil used for brick production were sandy clay. 2) Compressive strength test of Substitute bricks sample group A, clay mixed with rice husk ash at the ratio of 4% had the highest compressive strength. In sample B, clay mixed with sand at 20% and rice husk ash at 4% had the highest compressive strength. When comparing sample A, it had higher compressive strength than sample B, but the test results of the two samples of bricks is higher than the standard (TIS. 77-2517) and 3) the water absorption test of the replacement bricks in samples A and B found that sample B had less water absorption. The water absorption test results for both samples were not higher than the standard (TIS 77-2517). Therefore, the study of replacement bricks is of better quality than TISI standards and can preserve old buildings to maintain their original condition. Durable and retains its architectural identity.

Keywords: Substitution Bricks, Load-bearing masonry walls, Ancient Brick Buildings, Ban Tha Rae community

1. คำนำ

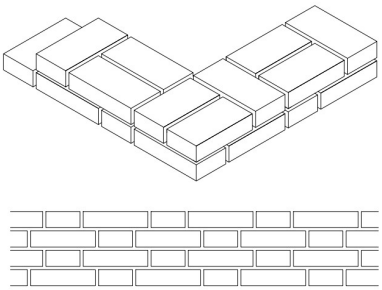
อาคารก่ออิฐโบราณทั้งที่ใช้เป็นอาคารพักอาศัย อาคารทางศาสนา และอาคารพาณิชย์ เป็นอาคารที่มีเอกลักษณ์เฉพาะทางสถาปัตยกรรมแสดงให้เห็นถึงภูมิปัญญาของช่าง และการนำวัสดุท้องถิ่น ผสมผสานเข้ากับรูปแบบอิทธิพลตะวันตก ซึ่งยังคงหลงเหลือหลักฐานให้พบเห็น บริเวณชุมชนการค้าเก่าหนองคาย นครพนม สำหรับชุมชนบ้านท่าแร่ มีประวัติการตั้งถิ่นฐานตั้งแต่ พ.ศ. 2427 โดยกลุ่มคนชาวเวียดนามอพยพลี้ภัยจากสงคราม [1] ชุมชนแห่งนี้มีอาคารพักอาศัยก่ออิฐโบราณสองชั้น อายุกว่า 100 ปี จำนวน 4 หลัง (รูปที่ 1) ลักษณะโดดเด่นของอาคารก่ออิฐในชุมชนแห่งนี้ คือ

รูปทรงสูงโปร่ง ซุ้มวงโค้งด้านหน้าที่มีความต่อเนื่องและการตกแต่งลวดลายปูนปั้นที่เกี่ยวข้องกับศาสนาคริสต์ สิ่งสำคัญ คือ ผนังก่ออิฐเผาที่ทำขึ้นใน

รูปที่ 1 ลักษณะอาคารก่ออิฐโบราณ 4 หลัง ในชุมชนบ้านท่าแร่

หมู่บ้าน [2] ปัจจุบันอาคารเหล่านี้ถือเป็นสถาปัตยกรรมที่ทรงคุณค่าในการอนุรักษ์ เป็นไปตามหลักเกณฑ์พิจารณาคัดเลือก เพื่ออนุรักษ์ [3] ซึ่งมีความสุนทรียภาพ มีคุณค่าทางด้านศิลปะ สถาปัตยกรรม และวิศวกรรม มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์ บ่งบอกถึงพัฒนาการการตั้งถิ่นฐานของชุมชนได้เป็นอย่างดี การศึกษาคุณสมบัติของอิฐทดแทนเป็นวิธีการอนุรักษ์เพื่อการสงวนรักษา โดยใช้เทคนิคช่วยให้ไม่เกิดการผุพังหรือชะลอการเสื่อมสลายของอาคารให้ช้าลง [4] อาคารทั้ง 4 หลัง มีโครงสร้างผนังก่ออิฐรับน้ำหนัก รูปแบบการเรียงอิฐและการก่ออิฐแบบ Flemish Bond คือ การวางสลับกันระหว่างอิฐแนวขวางและอิฐแนวหน้าตัด โดยแต่ละแถวสลับกันจากจุดกึ่งกลางของอิฐแถวล่างวางซ้อนขึ้นไปเรื่อย ๆ (รูปที่ 2) สำหรับวัสดุก่อและฉาบผนัง ใช้ส่วนผสมของปูนขาว ทราย น้ำแช่เปลือกยางบง และน้ำอ้อยผสมเข้าด้วยกัน [5] ส่วนโครงสร้างพื้นชั้นบน โครงสร้างหลังคา และส่วนผนังกั้นภายใน ประตู และใช้ไม้เนื้อแข็ง ความโดดเด่นของอาคาร คือ ซุ้มวงโค้งลักษณะต่อเนื่องส่วนด้านหน้าของอาคาร และการตกแต่งลวดลายปูนปั้นที่เกี่ยวข้องกับคติของศาสนาคริสต์เอาไว้ จากการสำรวจความเสียหายเบื้องต้นของอาคาร พบว่าผนังภายนอกและบัวปูนมีรอยร้าว ซุ้มวงโค้งแตกร้าว โดยสันนิฐานว่า อาจจะเกิดจากการเสื่อมสภาพของวัสดุตามกาลเวลา

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคุณสมบัติของอิฐทดแทน โดยใช้ดินเหนียวในพื้นที่มาผลิตอิฐ ด้วยวิธีการเผาแกลบ โดยมีขอบเขตของงานวิจัย 1) ศึกษาคุณสมบัติของดินเหนียว ที่นำมาใช้ทำอิฐทดแทน 2) การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐทดแทน และ 3) ทดสอบการหาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐทดแทน เปรียบเทียบกับมาตราฐานอุตสาหกรรม มอก. 77-2517 [6] อิฐก่อสร้างสามัญ



รูปที่ 2 รูปแบบผนังก่ออิฐแบบ Flemish Bond อาคาร 4 หลัง

2. วัสดุ และกระบวนผลิตอิฐทดแทน

2.1 อิฐทดแทน

อิฐทดแทน (Substitution Bricks) คือ อิฐดินเผาลักษณะตันทำด้วยมือผลิตด้วยกระบวนการเผาแกลบ โดยอิฐทดแทนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นอิฐทดแทนที่ผลิตขึ้นมาใหม่ โดยกระบวนการผลิตแบบเผาแกลบ โดยผลิตขนาดอิฐให้มีขนาดเท่ากับอิฐโบราณที่ใช้ก่อสร้างอาคารในชุมชนท่าแร่ คือ มีขนาดกว้าง 10.50 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร และหนา 5 เซนติเมตร

2.2 ขั้นตอนการผลิตอิฐทดแทน (รูปที่ 3)

2.2.1 นำดินเหนียว ทราย และเถ้าแกลบ มาผสมกันตามอัตราส่วนที่ออกแบบไว้ 10 อัตราส่วน (ตารางที่ 1) หมักทิ้งไว้ 1 คืน

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมอิฐแทน

ส่วนผสมอิฐทดแทน (ตัวอย่าง - ดินเหนียว % - เถ้าแกลบ % - ทราย %)	ขนาด (ซม.) กว้างx ยาว x สูง	น้ำหนัก (กก.)
A-98-2-0	5.03x9.98x19.11	1.753
A-96-4-0	5.26x10.38x18.06	1.764
A-94-6-0	5.14x9.95x19.61	1.716
A-92-8-0	5.23x9.83x19.08	1.674
A-90-10-0	5.06x9.86x19.09	1.563
B-78-2-20	5.28x10.25x19.28	1.823
B-76-4-20	5.33x10.27x19.20	2.036
B-74-6-20	5.25x10.18x19.30	1.756
B-72-8-20	5.31x10.26x19.34	1.800
B-70-10-20	5.39x10.24x19.48	1.772

2.2.2 ขึ้นรูปอิฐทดแทน โดยนำอัตราส่วนผสมที่หมักไว้มาใส่ลงในแบบหล่อใช้มือกดให้แน่น ใช้เกรียงพลาสติกฉาบปูนปาดตกแต่งผิวหน้าให้เรียบ

2.2.3 การตากอิฐ นำก้อนตัวอย่างอิฐทดแทน ผึ่งแดดเป็นเวลา 5-7 วัน จนกว่าอิฐจะแห้งสนิท

2.2.4 การเผาอิฐ นำอิฐไปจัดเรียงในเตาเผาอิฐโดย เว้นช่องว่างพอประมาณ ระหว่างการเผาเพิ่มแกลบเป็นเวลา 5 ถึง 8 วัน จนกว่าแกลบจะเผาไหม้หมด แล้วจึงนำอิฐออกจากเตาเผา

(ก) หมักส่วนผสมทิ้งไว้ 1 คืน

(ข) ขึ้นรูปอิฐทดแทน

(ค) ตากอิฐ 5-7 วัน

(ง) เผาอิฐในเตาเผา 5-8 วัน

รูปที่ 3 ขั้นตอนการผลิตอิฐทดแทน

3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

3.1 การหาคุณสมบัติของดินเหนียวที่ใช้ผลิตอิฐทดแทน

ดินที่ใช้ทำอิฐทดแทน ได้จากแหล่งดินจากบ้านทุ่งมน อยู่ในตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร ดินมีสีเทาอมดำ

3.1.1 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของดิน คืออัตราส่วนน้ำหนักดินต่อน้ำหนักน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันซึ่งเป็นคุณสมบัติ ที่แสดงให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปของดิน

3.1.2 การทดสอบขนาดคละของดิน เพื่อหาขนาดดินเม็ดหยาบที่ใช้ในการจำแนกประเภทของดิน

3.1.3 การทดสอบหาขีดจำกัดของอัตเตอร์เบอร์ก คือ การหาปริมาณความชื้นที่น้อยที่สุดในดินที่ทำให้ดินสามารถไหลตัวได้ ด้วยน้ำหนักของตัวเอง

3.1.4 การจำแนกดิน

3.2 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐทดแทน

3.2.1 นำอิฐก้อนตัวอย่างมาฉาบแต่งผิวด้านที่กว้าง ด้วยปูนปลาสเตอร์หนาไม่เกิน 5 mm. ขัดแต่งผิวให้มีความเรียบ เพื่อให้ตัวอย่างทดสอบสามารถถ่ายแรงได้อย่างสม่ำเสมอ จากนั้นนำอิฐตัวอย่างมาวัดขนาด ชั่งน้ำหนัก ก่อนการทดสอบสมบัติต่าง ๆ (รูปที่ 4)

รูปที่ 4 วัดขนาด ชั่งน้ำหนัก ก้อนตัวอย่างอิฐทดแทน

3.2.2 ทำการทดสอบโดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine (UTM) แล้วบันทึกผล (รูปที่ 5)

รูปที่ 5 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐรูปแบบเต็มแผ่นตามแนวราบ ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM)

3.3 การทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐทดแทน

3.3.1 นำอิฐก้อนตัวอย่างมาวัดขนาด (กว้าง x ยาว x หนา)

3.3.2 นำอิฐก้อนตัวอย่างเข้าตู้อบโดยใช้เวลาในการอบ 24 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องปกติไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก

3.3.3 นำอิฐก้อนตัวอย่างไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำผ้ามาเช็ดอิฐก้อนตัวอย่างแล้วชั่งน้ำหนักให้เสร็จภายใน 5 นาที แล้วทำการจดบันทึกค่าดูดซึมน้ำของอิฐก้อนตัวอย่าง (รูปที่ 6)

(ก) อบอิฐก้อนตัวอย่าง 24 ชั่วโมง

(ข) ปล่อยให้อิฐเย็นที่อุณหภูมิห้องปกติ

(ค) นำอิฐก้อนตัวอย่างแช่น้ำ 24 ชั่วโมง (ง) ชั่งน้ำหนักจดบันทึกค่าดูดซึมน้ำ

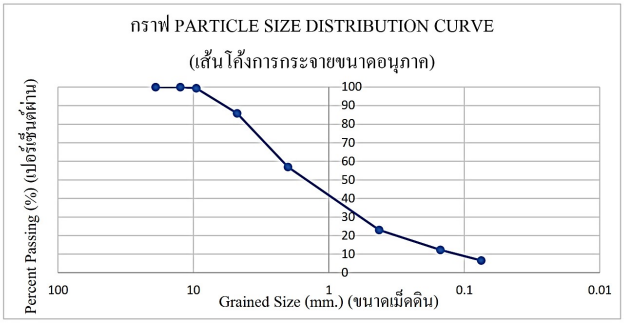
รูปที่ 6 การทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐทดแทน

4. ผลการศึกษา

4.1 การหาคุณสมบัติของดินเหนียวที่ใช้ผลิตอิฐทดแทน

4.1.1 การทดสอบใช้ดิน 0.5 กิโลกรัม จำแนกเป็น 2 ตัวอย่าง ผลการทดสอบ พบว่า ตัวอย่างที่ 1 มีค่าเท่ากับ 2.529 และ 2.539 และค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะของดิน เท่ากับ 2.534 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานของความถ่วงจำเพาะของดิเหนียว (Inorganic Clay) อยู่ระหว่าง 2.700 – 3.000 แต่ถ้าเป็นดินอินทรีย์ (Organic Soil) อยู่ระหว่าง 1.000 – 2.600 จากการทดสอบ สรุปได้ว่าดินตัวอย่างเป็นดินอินทรีย์

4.1.2 การทดสอบขนาดคละของดิน โดยขนาดเม็ดดินใหญ่สุดในตัวอย่าง คือ 3/8 นิ้ว (9.5 มม.) ในการทดสอบใช้ดิน 1.034 กิโลกรัม หาน้ำหนักของดินที่ค้างบนตะแกรงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ดังนี้ ตะแกรงเบอร์ 3/4 = 0 % ตะแกรงเบอร์ 1/2 = 0 % ตะแกรงเบอร์ 3/8 = 0.58 % เบอร์ 4 = 13.54 % เบอร์ 10=28.92 % เบอร์ 40 = 33.95 % เบอร์ 100 =10.74 % และ เบอร์ 200 = 5.71 % (ดังรูปที่ 7)



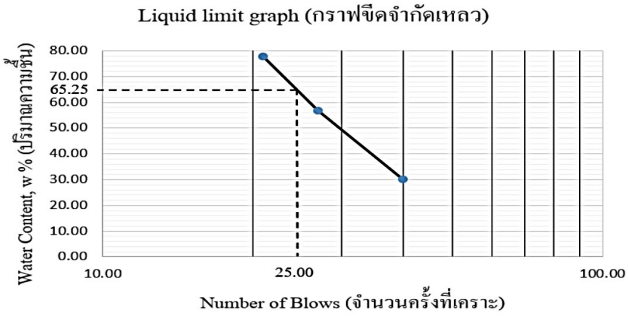
รูปที่ 7 การกระจายอนุภาค (ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน) ของดิน

จากกราฟในรูปที่ 7 แสดงถึงลักษณะดินที่มีขนาดคละกันดี เป็นดินที่มีขนาดเม็ดดินจากใหญ่ไปเล็กอย่างเหมาะสม เป็นเส้นโค้งสม่ำเสมอจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง โดยขนาดเม็ดดินใหญ่สุดอยู่ที่ตะแกรงเบอร์ 3/8 (9.5 มม.) ค้างบนตะแกรง 0.58 % และต่ำสุดที่ทำการวัดได้ คือ เบอร์ 200 (0.075 มม.) ค้างบนตะแกรง 5.71 % สำหรับการทดสอบไฮโดรมิเตอร์ใช้หลังจากการตกตะกอนของเม็ดดินกับน้ำ เมื่อดินเกิดการแยกตัวออกในน้ำ เม็ดดินจะตกตะกอนในความเร็วแตกต่างกันตามกฎการตกตะกอนของอนุภาครูปทรงกลมในของเหลว Stokes'Law โดยในการทดสอบใช้ดิน 0.05 kg. (ดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200) เนื่องจากเม็ดดินประเภท silt และ clay มีขนาดเล็กมากและเม็ดดินมีแรงยึดเหนี่ยวดึงดูดซึ่งกัน

4.1.3 การทดสอบหาขีดจำกัดของอัตเตอร์เบอร์ก

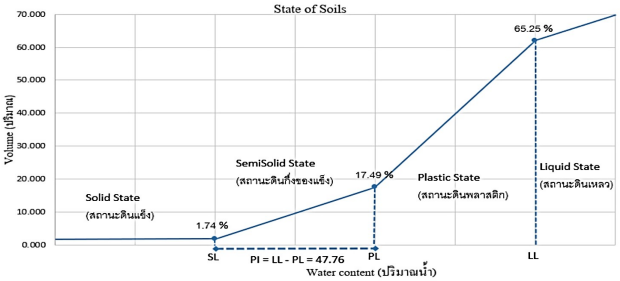
1) การทดสอบหาค่า Liquid Limit. (LL) ผลการทดสอบพบว่าปริมาณน้ำในดินที่ 29.98 % มีการเคาะอยู่ที่ 40 ครั้ง ปริมาณน้ำอยู่ที่ 56.61 % มีการเคาะอยู่ที่ 27 ครั้ง ปริมาณน้ำอยู่ที่ 77.56 % มีการเคาะอยู่ที่ 21 ครั้ง โดยจากการดูกราฟในการเคาะครั้งที่ 25 มีปริมาณน้ำอยู่ที่ 65.25 % (ดังรูปที่ 8) สรุปถ้าดินมีปริมาณน้ำมากกว่า 65.25 % ดินจะเปลี่ยนสถานะเป็นดินเหลว แต่ถ้าดินมีปริมาณน้ำน้อยกว่า 65.25 % ดินจะเปลี่ยนสถานะเป็นดินพลาสติก

2) Plastic Limit. (PL) การทดสอบขีดจำกัดพลาสติก คือ การหาปริมาณความชื้นที่น้อยที่สุดในดิน ที่ทำให้ดินมีสภาพเหนียวหนืดมากขึ้น โดยในการทดสอบ พบว่าค่าที่ได้จากปริมาณน้ำทั้ง 3 ตัวอย่าง คือ 9.61 % 20.44 % และ 22.42 % โดยค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำได้ 17.49 % สรุป ถ้าดินมีปริมาณน้ำมากกว่า 17.49 % ดินจะเปลี่ยนสถานะเป็นดินพลาสติก แต่ถ้าดินมีปริมาณน้ำน้อยกว่า 17.49 % ดินจะเปลี่ยนสถานะเป็นดินกึ่งของแข็ง



รูปที่ 8 การกระจายอนุภาค (ไฮโดรมิเตอร์) ของดิน

3) Shrinkage Limit. (SL) การทดสอบขีดจำกัดการหดตัว คือ การหาปริมาณน้ำที่มากที่สุดในมวลดิน ที่ไม่ทำให้ปริมาตรทั้งหมดของดินเปลี่ยนแปลงไปโดยในการทดสอบ พบว่า ค่าที่ได้จากปริมาณน้ำทั้ง 3 ตัวอย่าง คือ 1.44 % 2.17 % และ 1.61 % โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำได้ 1.74 % สรุป ถ้าดินมีปริมาณน้ำมากกว่า 1.74 % ดินจะเปลี่ยนสถานะเป็นดินกึ่งของแข็ง แต่ถ้าดินมีปริมาณน้ำน้อยกว่า 1.74 % ดินจะเปลี่ยนสถานะเป็นดินแข็ง



รูปที่ 9 คุณสมบัติของดินที่ใช้ผลิตอิฐทดแทน

จากรูปที่ 9 สรุปค่าความสัมพันธ์ของดินที่ใช้ทำอิฐทดแทนจากการทดสอบหาขีดจำกัดของอัตเตอร์เบอร์ก ที่ค่าความข้นเหลว Liquid Limit. (LL) อยู่ที่ 65.25 % ค่าขีดจำกัดพลาสติก Plastic Limit. (PL) อยู่ที่ 17.49 % ค่าขีดจำกัดการหดตัว Shrinkage Limit. (SL) อยู่ที่ 1.74% ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก Plasticity Index (PI) ที่หาจาก LL- PL = 65.25 – 17.49 = 47.76 %

4.1.4 การจำแนกดิน

ทางวิศวกรรมโยธาจำแนกดินเป็น 4 ชนิด คือ 1) กรวด (Gravel) ตัวย่อคือ G เป็นดินที่ค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 ที่มากกว่า 50 % 2) ทราย (Sand) ตัวย่อก็คือ S เป็นดินที่ค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 ที่น้อยกว่า 50 % 3) ตะกอน (Silt) ตัวย่อก็คือ M และ 4) ดินเหนียว (Clay) ตัวย่อก็คือ C โดยการจำแนกดินมี 2 วิธี คือ

1) การจำแนกดินด้วยโดยวิธี AASHO Classification โดยใช้ข้อมูลจากการทดสอบขนาดคละของดินได้ดังนี้ เปอร์เซ็นต์ค้างตะแกรงเบอร์ 10

= 28.92 % เบอร์ 40 = 33.95 % เบอร์ 100 = 10.74 % เบอร์ 200 = 5.71 % หรือเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงเบอร์ 10 = 56.96 % เบอร์ 40 = 23.02 % เบอร์ 100 = 12.28 % และ เบอร์ 200 = 6.58 % และข้อมูลจากขีดจำกัดความข้นเหลวและดัชนีความเป็นพลาสติกดังนี้ Liquid Limit. (LL) 65.25 % Plasticity Index (PI) = 47.76 จากคุณสมบัติดินที่ใช้ทำอิฐทดแทนมีค่าผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 35% ดินตัวอย่างอยู่ในกลุ่มที่ A-2-7 เพราะว่าเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มีค่า 6.58 % ไม่เกิน 35 % (35 max) ค่า (LL.) ขีดจำกัดความข้นเหลวมีค่า 65.25 % มากกว่า 41 % (41 min) และค่า (PI.) ดัชนีความเป็นพลาสติกค่า 47.76 % มากกว่า 11 % (11 min) ผลที่ได้จากตาราง AASHTO (หยาบ) ก็คือ A-2-7 ก็คือ Silty or clayey gravel and sand (กรวดหรือดินเหนียว และทราย)

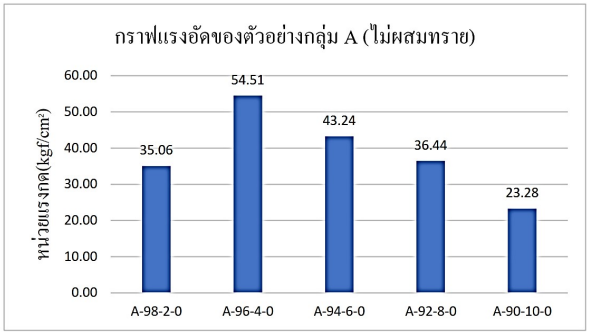
ตารางที่ 2 AASHTO (หยาบ) Granular Materials (35% or Less Passing No. 200) (เม็ดดินผ่านตะแกรงหมายเลข 200 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 35 %)

Group classification(การจำแนกกลุ่ม)	A-1		A-3	A-2			
Sieve analysis, percent Passing (การวิเคราะห์ตะแกรง เปอร์เซ็นต์ผ่าน)	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
No.10 (ตะแกรงหมายเบอร์ 10)	**50 max**						
No.40 (ตะแกรงหมายเบอร์ 40)	**30 max**	**50 max**	51 min				
No.200 (ตะแกรงหมายเบอร์ 200)	**15 max**	**25 max**	10 min	**35 max**	**35 max**	**35 max**	**35 max**
Characteristics of fraction passing No.40 (ลักษณะส่วนผ่านตะแกรงหมายเลข 40)							
Liquid Limit. (ขีดจำกัดความข้นเหลว)				40 max	**41 min**	40 max	**41 min**
Plasticity Index (ดัชนีความเป็นพลาสติก)	6 max		NP	10 max	10 max	11 min	**11 min**
Usual types of significant constituent materials (ประเภทที่เป็นส่วนประกอบ)	Stone fragments ,gravel and sand (เศษหิน กรวด และทราย)		Fine sand (ทรายละเอียด)	Silty or clay gravel and sand (กรวดหรือดินเหนียวและทราย)			

2) การจำแนกดินด้วยโดยวิธี Unified Soil Classification โดยใช้ข้อมูลประกอบจากการทดสอบขนาดคละของดินได้ดังนี้ เปอร์เซ็นต์ค้างตะแกรงเบอร์ 4 = 13.54 % เบอร์ 200 = 5.71 % หรือเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรง เบอร์ 4 =85.88 % เบอร์ 200 = 6.58 % การจำแนกดินโดยใช้วิธี Unified Soil Classification จากคุณสมบัติดินที่ใช้ทำอิฐทดแทนมีค่าผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 50 % (เป็นทราย) ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 น้อยกว่า 50% ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 อยู่ในช่วง 5 ถึง 12 % ชื่อเม็ดดินก็คือ SP (ทรายมีขนาดคละไม่ดี) SC (ทรายดินเหนียว) การแยก SP SC ขึ้นอยู่กับชนิดของกราฟคละของดิน ซึ่งกราฟที่ได้จากการทดสอบขนาดคละของดินเป็นชนิด Well graded (ดินที่มีขนาดคละกันดี) ผลที่ได้จากวิธี Unified Soil ก็คือ SC (ทรายดินเหนียว) สรุปการจำแนกดินโดยวิธี AASHTO และ Unified Soil ดินที่นำมาทดสอบมีคุณสมบัติ คล้ายกันก็คือ ดินเหนียวปนทราย

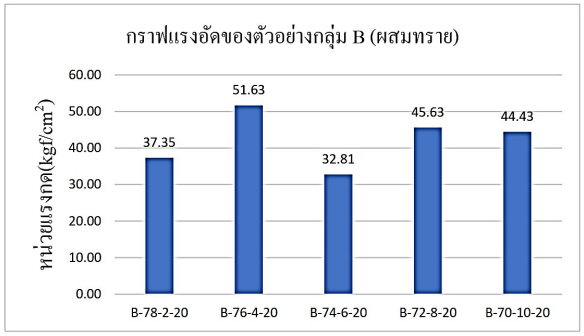
4.2 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐทดแทน

อิฐทดแทนที่ใช้ในการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ อิฐตัวอย่าง A อัตราส่วนผสมของดินเหนียวผสมเถ้าแกลบที่ 2% 4% 6% 8% และ 10% อิฐตัวอย่าง B อัตราส่วนผสมของดินเหนียวที่มีส่วนผสมทรายในอัตราคงที่ 20% และผสมเถ้าแกลบที่ 2% 4% 6% 8% และ 10%



รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ของค่ากำลังอัดของกลุ่ม A (ไม่ผสมทราย)

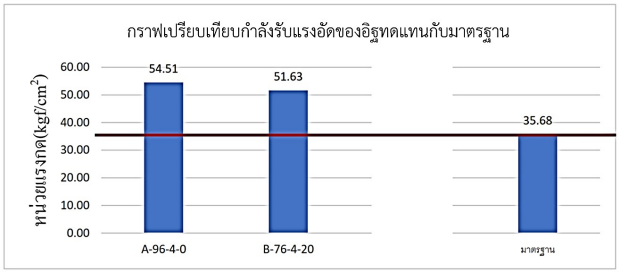
จากรูปที่ 10 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐทดแทนผสมเถ้าแกลบกลุ่ม A อัตราส่วนการแทนที่ด้วยเถ้าแกลบที่ 2% 4% 6% 8% และ10% ผลการทดสอบ พบว่า กำลังรับแรงอัดมีค่า 35.06 kg./cm.^{2} 54.51 kg./cm.^{2} 43.24 kg./cm.^{2} 36.44 kg./cm.^{2} และ 23.28 kg./cm.^{2} ค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการแทนที่เถ้าแกลบในดินเหนียว จะทำให้ความสามารถในการรับแรงอัดของอิฐทดแทนสูงขึ้น ที่อัตราส่วนที่ 4 % และจะลดน้อยลงไปตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน (มอก. 77-2517) โดยเป็นมาตรฐานเก่าของ (มอก. 77-2545) พบว่าค่าการรับกำลังอัดมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้มีค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 35.68 kg/cm.^{2}



รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ของค่ากำลังอัดของกลุ่ม B (ผสมทราย)

จากรูปที่ 11 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐทดแทนผสมเถ้าแกลบและทรายกลุ่ม B อัตราส่วนการแทนที่ด้วยเถ้าแกลบที่ 2% 4% 6% 8% และ 10% และทรายในอัตราส่วนคงที่ 20 % ทุกก้อนตัวอย่าง ผลการทดสอบ พบว่า กำลังรับแรงอัดของอิฐทดแทนผสมเถ้าแกลบและทราย มีค่า 37.35 kg./cm.^{2} 51.63 kg./cm.^{2} 32.81 kg./cm.^{2} 45.63 kg./cm.^{2} และ 44.43 kg./cm.^{2} ค่ากำลังรับแรงอัดแสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการแทนที่เถ้าแกลบในดินเหนียวผสมทรายในอัตราส่วนเท่ากันที่ 20 % ทำให้ความ

สามารถในการรับแรงอัดของอิฐทดแทนสูงขึ้น ที่อัตราส่วนเถ้าแกลบที่ 4 % และจะลดน้อยลงไปตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน (มอก. 77-2517) โดยเป็นมาตรฐานเก่าของ (มอก. 77-2545) พบว่า ค่าการรับกำลังอัดมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานอิฐมอญก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญตัน ก่อผนังรับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดให้มีค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 35.68 kg./cm.^{2}

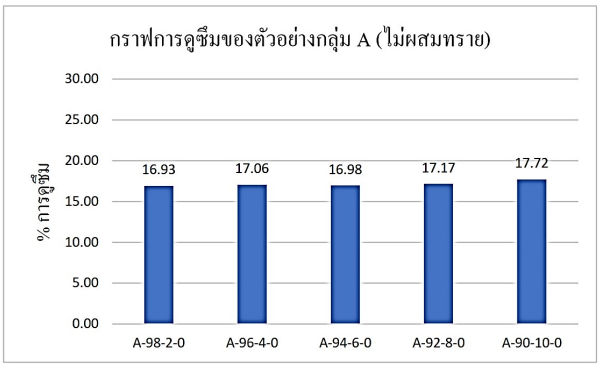


รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ของตัวอย่างของแต่ละกลุ่มที่มีค่ากำลังรับอัดสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 77-2517

จากรูปที่ 12 การเปรียบเทียบค่าการทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐทดแทนตัวอย่าง กลุ่ม A และ B ที่มีค่ามากสุด ก็คือ A-96-4-0 และ B-76-4-0 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกับมาตรฐาน (มอก. 77-2517) อิฐทดแทนค่ากำลังอัดสูงสุดของกลุ่ม A และ B มีค่ามากกว่าอิฐมาตรฐาน

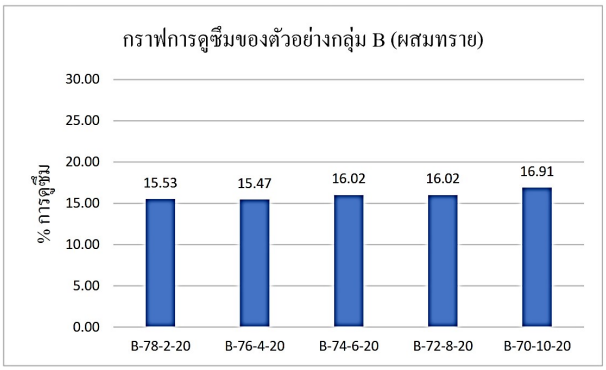
4.3 การทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐทดแทน

เพื่อหาคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ บ่งบอกถึงช่องว่างภายในอิฐทดแทน ที่แสดงลักษณะทางกายภาพที่มีรูพรุน จากการทดสอบการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐทดแทนผสมเถ้าแกลบกลุ่ม A ผลการทดสอบ ดังรูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซึมน้ำกับปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าแกลบที่ 2% 4% 6% 8% และ10% ปรากฏว่าอิฐดูดซึมน้ำมากเพิ่มขึ้น เนื่องจากเถ้าแกลบมีลักษณะทางกายภาพที่มีรูพรุนสูง และมีรูปร่างที่ไม่แน่นนอน ดังนั้นการดูดซึมจะเพิ่มขึ้นจากช่องว่างภายในอิฐทดแทนที่มากขึ้น

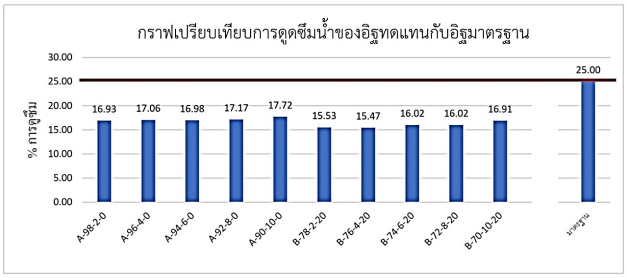


รูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ของการดูซึมของกลุ่ม A (ไม่ผสมทราย)

จากการทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐทดแทนผสมเถ้าแกลบ และทรายของตัวอย่างอิฐทดแทนกลุ่ม B ผลการทดสอบ รูปที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมกับปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าแกลบที่ 2% 4% 6% 8% และ 10% และผสมทรายในอัตราส่วนคงที่ 20 % ทุกก้อนปรากฏว่าอิฐดูดซึมน้ำมากเพิ่มขึ้น



รูปที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ของการดูซึมของกลุ่ม B (ผสมทราย)



รูปที่ 15 เปรียบเทียบการดูดซึมน้ำของอิฐทดแทนกับอิฐมาตรฐาน

จากการเปรียบเทียบค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐทดแทนตัวอย่าง กลุ่ม A และ B เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับกลุ่มกับมาตรฐาน (มอก. 77-2517) อิฐทดแทนค่าการดูดซึม กลุ่ม A และ B มีค่าไม่เกินมาตรฐาน

5. บทสรุป

5.1 การศึกษาคุณสมบัติของดินเหนียวที่ใช้ผลิตอิฐทดแทน ซึ่งเป็นดินเหนียว จากบ้านทุ่งมน ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร ผลสรุปว่า มีคุณสมบัติเป็นดินเหนียวปนทราย ที่มีค่าความข้นเหลว Liquid Limit. (LL) อยู่ที่ 65.25 % ค่าขีดจำกัดพลาสติก Plastic Limit. (PL) อยู่ที่ 17.49 % ค่าขีดจำกัดการหดตัว Shrinkage Limit. (SL) อยู่ที่ 1.74 % และค่าดัชนีความเป็นพลาสติก Plasticity Index (PI) อยู่ที่ 47.76 %

5.2 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐทดแทน ของอิฐทดแทนผสมเถ้าแกลบ กลุ่มตัวอย่าง A และ B มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดอยู่ที่เถ้าแกลบ 4 % ทั้งกลุ่มตัวอย่าง และจะมีแนวโน้มค่ากำลังรับแรงอัดลดลงตามอัตราส่วนการเพิ่มเถ้าแกลบ โดยที่กำลงรับแรงอัดสูงสุดของทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน (มอก. 77-2517)

5.3 จากการทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐทดแทน สรุปว่า กลุ่มตัวอย่าง A และ B มีค่าการดูดซึมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามอัตราส่วนของการเพิ่มเถ้าแกลบ โดยทุกตัวอย่างในกลุ่ม A และ B มีค่าการดูดซึมน้ำไม่เกินมาตรฐาน (มอก. 77-2517)

5.4 อิฐทดแทนในการศึกษามีคุณสมบัติและคุณภาพที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับมาตรฐาน (มอก. 77-2517) สามารถมาทดแทนอิฐที่ชำรุดอาคารก่ออิฐโบราณ

5.5 อิฐทดแทนในการศึกษาสามารถซ่อมแซมอนุรักษ์อาคารเก่าให้คงสภาพดั้งเดิม คงทนและยังคงเอกลักษณ์ทางสถาปัตยกรรม

ข้อเสนอแนะ

- ควรทำการศึกษาสัดส่วนปูนก่อ ปูนฉาบ เพื่อใช้ซ่อมแซม ผนังบัวปูนปั้น และซุ้มวงโค้ง เพื่อคงคุณค่าเอกลักษณ์ เป็นแหล่งเรียนรู้ ทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม แก่คนรุ่นหลังต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งในงานวิจัย เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติอิฐทดแทน เพื่อใช้ในการอนุรักษ์อาคารเก่าในชุมชนท่าแร่ จังหวัดสกลนคร สาขาวิศวกรรมโยธา คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

เอกสารอ้างอิง

[1] รุ่งอรุณ ทีฆชุณหเถียร และสมศักดิ์ ศรีสัติสุข. (2532). *รายงานการวิจัยการเปลี่ยนแปลง ทางเศรษฐกิจ การเมืองสังคม และวัฒนธรรมในหมู่บ้าน ชาติพันธุ์: ศึกษากรณีไทญ้อ บ้านโพน.* ขอนแก่น: คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์.มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[2] ปกรณ์ พัฒนานุโรจน์. (2560). การอนุรักษ์อาคารก่ออิฐที่ได้รับอิทธิพลจากอาณานิคมฝรั่งเศสในชุมชนบ้านท่าแร่ จังหวัดสกลนคร. *วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.* ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, หน้า 58-73.

[3] สิทธิพร ภิรมย์รื่น. (2547). การอนุรักษ์ชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อมทางวัฒนธรรม : แนวคิด หลักการและผลการปฏิบัติ. *วารสารหน้าจั่ว.* 20. หน้า 40-56.

[4] อรศิริ ปาณินท์. (2529). “การอนุรักษ์สถาปัตยกรรมและสภาพแวดล้อม.” *วารสารหน้าจั่ว*. ปีที่ 5, หน้า 63-78.

[5] สุรัตน์ วรางค์รัตน์. (2542). *เรือนพักอาศัยชาวไทย-เวียดนาม บ้านท่าแร่ สกลนคร.* สกลนคร: สำนักศิลปวัฒนธรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

[6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. ม.ป.ท. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐก่อสร้างสามัญ มอก.77-2517.