

การประเมินการสร้างที่อยู่อาศัยด้วยอิฐประสาน กรณีศึกษา ตำบลนาปรือ จังหวัดปราจีนบุรี

Assessment of Building House with Interlocking Bricks :
A Case Study of Na Prue Sub-District, Prachin Buri Province

สุบรรณ ตาคำวัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาการออกแบบและบริหารงานก่อสร้าง
คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
จังหวัดปราจีนบุรี 25230

Suban Takumwan

Assistant Professor, Department of Construction Design and Management,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok,
Prachinburi Campus, Prachin Buri Province, Thailand, 25230
Email: suban.t@fitm.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินการสร้างบ้านด้วยอิฐประสาน กรณีศึกษาชุมชนเทศบาลตำบลนาปรือ จังหวัดปราจีนบุรี โดยนำดินที่มีอยู่ในพื้นที่เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตอิฐประสานเพื่อการสร้างที่อยู่อาศัยเพราะเป็นวัสดุก่อสร้างที่สามารถผลิตได้ง่าย และแข็งแรงทนทานเทียบเท่าวัสดุก่อสร้างทั่วไป โดยวิเคราะห์ขั้นตอน วิธีการ ต้นทุน และระยะเวลาการก่อสร้าง จากผลการศึกษาพบว่าการผลิตอิฐประสานโดยใช้ดินลูกรังในพื้นที่ ต้องทำการปรับปรุงดินโดยการเติมด้วยทรายแบ่ง ในอัตราส่วน ดินลูกรัง : ทรายแบ่ง 2:1 แล้วนำดินที่ปรับปรุงไปผลิตอิฐประสานในอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ดินปรับปรุง 1:7 ทำให้ผลิตอิฐประสานได้ง่ายและมีความสวยงาม มีค่ากำลังอัดต่อก้อนเท่ากับ 80.14 กก./ตร.ซม. กำลังอัดแบบปรีซิม มีค่าเท่ากับ 83.19 กก./ตร.ซม. ค่าความหนาแน่น เท่ากับ 1765.77 กก./ลบ.ม. ค่าการดูดซึมน้ำมีค่าเท่ากับร้อยละ 11.47 และ มีค่าการสูญเสียน้ำหนักจากการทดสอบความคงทนถาวรเฉลี่ยร้อยละ 5.48 โดยคุณสมบัติทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ของ วว. อิฐประสานที่ผลิตขึ้นมีต้นทุนเท่ากับ 5.75 บาทต่อก้อน ด้านขั้นตอนการก่อสร้างพบว่า การก่อสร้างบ้านด้วยอิฐประสานควรออกแบบเป็นบ้านระบบผนังรับแรง งานโครงสร้างฐานรากเป็นแบบต่อเนื่องรับแนวมผนังอิฐประสาน โดยก่อนถึงระดับคานหลังคาเพื่อรับน้ำหนักจากโครงสร้าง โดยไม่ต้องมีเสาต่อม่อ คานคอดิน และเสา และผนังยังใช้เป็นส่วนกันห้องด้วย บ้านอิฐประสานไม่ต้องฉาบทั้งภายในและภายนอก มีราคาต้นทุนในการก่อสร้างรวมค่าภาษีกำไร และค่าดำเนินการเท่ากับ 7,729 บาทต่อตารางเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับราคาบ้านเดิมตึกชั้นเดียว อ้างอิงราคาประเมินค่าก่อสร้างอาคาร พ.ศ. 2559-2562 มีราคาเท่ากับ 12,700 บาทต่อตารางเมตร บ้านอิฐประสานมีราคาก่อสร้างต่ำกว่าร้อยละ 38 เป็นผลมาจากการกิจกรรม การก่อสร้างของบ้านอิฐประสานที่มีความแตกต่างจากบ้านตึกเดี่ยวทั่วไป จึงทำให้ประหยัดทั้งค่าแรงและค่าวัสดุในการก่อสร้าง ด้านระยะเวลาการก่อสร้างบ้านอิฐประสานใช้เวลาในการก่อสร้างทั้งหมด 60.5 วัน โดยใช้แรงงาน 3 คนต่อวัน ระยะเวลา การก่อสร้างด้วยอิฐประสานน้อยกว่าบ้านทั่วไป เนื่องจากไม่มีกิจกรรมการก่อสร้าง งานโครงสร้างคานชั้นล่าง งานโครงสร้างเสา งานโครงสร้างคานหลังคา และงานฉาบบ้านอิฐประสานช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เนื่องจากวัสดุหลักทำมาจากดิน สามารถผลิตอิฐประสานได้เอง จึงควรส่งเสริมให้มีการใช้สร้างเป็นที่อยู่อาศัยที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนด้านที่อยู่อาศัยต่อไป

คำสำคัญ: อิฐประสาน, การปรับปรุงดินเพื่อการผลิตอิฐประสาน, การประเมินต้นทุนการสร้างบ้าน, การประเมินระยะเวลาการก่อสร้าง

Abstract

This research was an assessment of building house with interlocking bricks: a case study of Na Prue Sub-District, Prachin Buri Province. The interlocking bricks in this research were made of local raw materials that can be easily manufactured, but still durable as other general building materials. The analysis of construction procedures, construction methodology, construction costs and construction periods were investigated. The results showed that the production of interlocking bricks using local laterite soil had to improve the soil by adding silty at the ratio of laterite soil: silty 2: 1 and using the modified soil to produce interlocking bricks in the ratio of cement: modified soil 1: 7, which results in the production of interlocking bricks easily and beautifully. The compressive strength per brick of interlocking bricks was 80.14 kilogram per square centimeter; the prism compressive strength was 83.19 kilogram per square centimeter; the density value was 1765.77 kilograms per cubic meter; the water absorption value was 11.47% and the loss of weight from the permanent durability test was 5.45 percent, which all the mechanical properties have passed the standard criteria of the Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR). The cost of interlocking brick was 5.75 baht per block. As the results, the construction of interlocking bricks should be designed as a load bearing wall system. The structural work used continuous footing. The interlocking brick house does not have ground column, ground beam and column but will use the wall construction from the foundations to support the weight of the roof structure and as a wall partition. In addition, the interlocking brick house does not need to be plastered both internally and externally. Interlocking brick house has the cost of construction, including the tax, profit and construction fee of 7,729 baht per square meter. When comparing with the standard price of single-family buildings of the 2016-2019 building construction was 12,700 baht per square meter. Interlocking brick house has a construction price lower than 38 percent as a result of the construction activities of interlocking brick house which are different from general houses, thus saving both labor and construction material cost. The total of construction period of the interlocking brick house was 60.5 days, using 3 workers per day. The period of construction with interlocking bricks was less than that of conventional houses because there are no construction activities, ground beams, roof beams and plastering work. Interlocking brick houses can help reduce carbon dioxide emissions because the main material is made from soil and can produce their own materials. Therefore, it should promote and support the use of environmentally-friendly residences in order to achieve sustainable development.

Keywords: Interlocking block, Soil improvement for interlocking block production, Estimating the cost of building a house, Estimating Time of Construction

Received: January 28, 2020; **Revised:** February 28, 2020; **Accepted:** March 20, 2020

1. บทนำ

ในปัจจุบันภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาระดับโลกที่ต้องเร่งแก้ปัญหาเนื่องจากมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติมากมายสาเหตุเกิดจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาผลาญเชื้อเพลิงเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่ง ดังนั้นการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงเป็นทางหนึ่งที่จะช่วยลดสภาวะโลกร้อนได้ การก่อสร้างที่อยู่อาศัยปัจจุบันตัวโครงสร้างส่วนใหญ่ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กผนังก่ออิฐฉาบปูนโครงหลังคาทำด้วยเหล็ก วัสดุก่อสร้างส่วนใหญ่ต้องผลิตด้วยโรงงานขนาดใหญ่ มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงและยังมีราคาแพงขึ้นทุกวัน ดังนั้นการเลือกวัสดุในการก่อสร้างที่มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยและสามารถก่อสร้างได้เอง ใช้วัตถุดิบในพื้นที่หรือเรียกว่าวัสดุก่อสร้างพอเพียงมาใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยนั้น น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งของการพึ่งพาตนเอง ตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง ตามแนวพระราชดำริ และยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ทำให้ลดปัญหาดังกล่าวได้ด้วย

อิฐประสานคือวัสดุก่อรับน้ำหนักที่ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ได้มีการส่งเสริม และได้ทำการวิจัยพัฒนารูปแบบให้มีรูและเดือยบนตัวบล็อก เพื่อสะดวกในงานก่อสร้างอาคารอิฐประสานเป็นการก่อสร้างแบบระบบผนังรับน้ำหนัก (Bearing wall) ผนังจะเป็นทั้งตัวกันห้องและเป็นชั้นส่วนที่ใช้น้ำหนักแนวตั้งต่าง ๆ และยังมีผิวที่สวยงามเป็นธรรมชาติในตัวโดยไม่ต้องไปตกแต่งเพิ่มเติม อิฐประสานสามารถผลิตมาจากวัตถุดิบหลายประเภท อาทิเช่น ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย หรือวัสดุเหลือทิ้งต่าง ๆ โดยนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำ ในอัตราส่วน 1:6 - 1:7 แล้วนำมาอัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดและทำการบ่มประมาณ 7 วัน แล้วนำไปใช้งานได้การก่อสร้างได้ วัสดุที่นำมาผลิตอิฐประสานโดยทั่วไปนิยมใช้ดินลูกรังในการผลิตเนื่องจากจะได้อิฐสีแดงสวยงามเป็นธรรมชาติซึ่งขึ้นอยู่กับสีของดินในแต่ละพื้นที่ และมีความแข็งแรงผ่านเกณฑ์มาตรฐาน อีกทั้งดินลูกรังยังหาได้ง่ายในทุกพื้นที่ของประเทศไทย แต่อย่างไรก็ตามดินลูกรังในพื้นที่ต่าง ๆ นั้นก็จะมีคุณสมบัติของแตกต่างกันออกไป การจะนำมาผลิตอิฐประสานต้องมีการทดสอบ เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้อิฐที่มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

เทศบาลตำบลนาปรือ จังหวัดปราจีนบุรี มีลักษณะพื้นดินเป็นที่ราบสูงมีลักษณะโครงสร้างของชั้นดินสามารถรับกำลังได้สูงเหมาะสำหรับการก่อสร้างบ้านพักอาศัยโดยใช้อิฐประสาน และในพื้นที่ยังมีดินลูกรังกระจายอยู่ทั่วไปหาได้ง่าย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตอิฐประสาน ศึกษาขั้นตอน วิธีการ และระยะเวลาในการก่อสร้าง รวมถึงต้นทุนการก่อสร้าง โดยเน้นใช้วัสดุและแรงงานในพื้นที่ เพื่อให้ได้ข้อมูลเป็นที่ประจักษ์ โดยการสร้างเป็นบ้านต้นแบบ และเป็นศูนย์การเรียนรู้ในการนำผลงานวิจัยเผยแพร่สู่ชุมชนเพื่อส่งเสริมให้เทศบาลนาปรือเป็นหมู่บ้านที่พึ่งพาตนเองในด้านที่อยู่อาศัยที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต่อไป

2. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

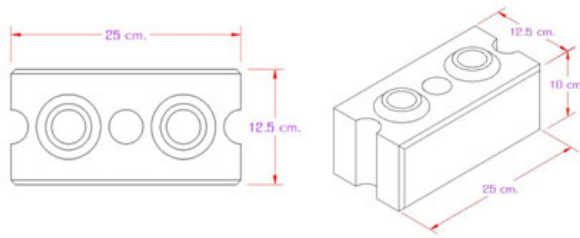
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ได้มีการส่งเสริม และได้ทำการวิจัยพัฒนารูปแบบให้มีรูและเดือยบนตัวบล็อกเพื่อสะดวกในงานก่อสร้าง โดยใช้วัสดุในพื้นที่ได้แก่ดินลูกรัง หินฝุ่น และทราย หรือวัสดุที่เหลือทิ้งต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสมผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสมอัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัด และทำการบ่มประมาณ 7 วัน แล้วนำไปใช้งานได้ (จิรศักดิ์, 2545) การก่อสร้างอาคารอิฐประสานเป็นการก่อสร้างแบบระบบผนังรับน้ำหนัก (Bearing wall) ผนังจะเป็นทั้งตัวกันห้องและเป็นชั้นส่วนที่ใช้น้ำหนักแนวตั้งต่าง ๆ และยังมีผิวที่สวยงามเป็นธรรมชาติในตัวโดยไม่ต้องไปตกแต่งเพิ่มเติม อีกทั้งตัวอิฐประสานเองยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมไม่มีการอบไม่มีการเผาและไม่ใช้สารเคมี ในการผลิต (Jeslin and Padmanaban, 2019) และตัวอิฐประสานจะช่วยลดความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร และฤดูหนาวจะเกิดความอบอุ่น (ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีชนบท, 2545) การก่อสร้างผนังอิฐประสานหลังจากทำฐานราก

เรียงอิฐประสานลักษณะคล้ายกับการก่ออิฐครึ่งแผ่นประมาณ 10 ชั้น และมีการเสริมเหล็กแนวตั้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร ทุกระยะ 1 เมตร และจุดตัดของผนังที่อิฐประสานสองทางมาชนกันหรือทงที่ก่อเป็นมุมฉาก และต้องทำการหยอดน้ำปูนทรายในรูจนเต็ม (สุบรรณ และคณะ, 2558) ในต่างประเทศได้มีการศึกษาการก่อสร้างบ้านโดยใช้อิฐประสาน (Jeslin and Padmanaban, 2019) และมีการศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักแบบต่าง ๆ เช่น การศึกษากำลึงรับน้ำหนักอิฐประสานจีโอโพลิเมอร์ผสมเศษยางป่น (Mohammed et al., 2018) การศึกษาการรับน้ำหนักแบบไม่ใช้ปูนก่อ โดยมีการก่อแบบแห้ง (Ayed et al., 2016) การออกแบบอิฐประสานเพื่อใช้ในการต้านแผ่นดินไหว (Ali et al, 2012) ในด้านของการศึกษากระบวนการก่อสร้างและต้นทุนก่อสร้างนั้น สิงหราช (2542) ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมของการนำอิฐดินซีเมนต์มาก่อสร้างบ้านเดี่ยวชั้นเดียวโครงการบ้านจัดสรรในจังหวัดสมุทรปราการเปรียบเทียบกับบ้านระบบเดิมพบว่า บ้านดินซีเมนต์มีต้นทุนการก่อสร้างต่ำกว่าร้อยละ 8.91 และมีกรรมวิธีการก่อสร้างไม่ยุ่งยาก ณ์ทเดชาธร (2556) ได้ทำการศึกษาด้านทุน และความแข็งแรงของผนังอิฐประสาน และผนังอิฐมอญพบว่าผนังอิฐมอญมีต้นทุน 496.99 บาท/ตารางเมตร ผนังอิฐประสานมีต้นทุน 634 บาท/ตารางเมตร ด้านความแข็งแรงทดสอบตามมาตรฐาน BS 5234 การทดสอบ Large Soft Body Impact ผนังทั้งสองแบบผ่านเกณฑ์การรับน้ำหนักถึง 60 กิโลกรัม โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงของผนังทดสอบ Malahayati et al. (2017) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้างบ้านโดยใช้อิฐแดง และอิฐประสานในจังหวัดอาจะห์ ประเทศอินโดนีเซีย เพื่อเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีวัสดุก่อสร้าง และส่งเสริมให้ใช้อิฐประสานแทนอิฐแดงเนื่องจากเป็นวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพราะกระบวนการผลิตไม่ต้องเผาเหมือนอิฐแดง พบว่า อิฐประสานมีต้นทุนที่ต่ำกว่าอิฐแดงโดยได้บ้านที่มีคุณภาพเท่าเทียมกัน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องการก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยด้วยอิฐประสานวิธีการ และต้นทุนอาจแตกต่างกันออกไปอาจเกิดจากหลายสาเหตุหลายประการ อาทิเช่น รูปทรง และความซับซ้อนของบ้าน ขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่จะทำการก่อสร้างบ้านเนื่องจากความสามารถในการรับน้ำหนักของดินในแต่ละพื้นที่ไม่เท่ากัน ซึ่งจะส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างฐานรากของบ้าน บางพื้นที่ต้องออกแบบฐานรากเป็นฐานรากเสาเข็มทำให้ต้นทุนสูงขึ้นจนไม่เหมาะที่จะใช้ไปก่อสร้างในพื้นที่นั้น ๆ หรือแม้กระทั่งเรื่องแรงงานความชำนาญในการก่อสร้างก็จะส่งผลได้เช่นกัน หรือแม้แต่วัตถุดิบในการทำอิฐประสานซึ่งผลิตได้จากวัตถุดิบหลายประเภทเคยมีงานวิจัยใช้ขยะของเหลือใช้ในการผลิตมากมาย แต่ในแรกเริ่มทำกันมาจะใช้ดินลูกรัง ดินลูกรังแต่ละพื้นที่ก็มีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป บางแหล่งก็มีส่วนผสมของดินเหนียวมากเกินไป เมื่อนำมาทำอิฐประสานก็จะทำให้การผลิตอิฐประสานก็จะมีต้นทุนที่ต่างกันไป เนื่องจากบางที่ต้องมีการปรับปรุงดิน บางที่ก็ไม่ต้องปรับปรุงดินหรือบางแหล่งใช้ปูนซีเมนต์ผสมเพียงนิดเดียวก็ได้คุณสมบัติตามมาตรฐานแล้วบางที่ก็ต้องผสมปูนมากกว่าถึงสองเท่าถึงจะได้ค่าตามมาตรฐานดังกล่าวงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในเทศบาลตำบลนาปรือโดยเน้นใช้วัตถุดิบ แรงงาน และก่อสร้างในพื้นที่เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการก่อสร้างในพื้นที่เทศบาลตำบลนาปรือต่อไป

2.2 อิฐประสานที่นิยมในประเทศไทย

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ได้มีการส่งเสริมและพัฒนาอิฐประสานให้มีรูปแบบเดียวเพื่อสะดวกในการก่อสร้าง ขึ้นโดยมีขนาด 12.2x25x10 เซนติเมตร ใช้ในการก่อสร้างบ้านในระบบผนังรับแรง ซึ่งแสดงดังภาพที่ 1 วัสดุที่ใช้ในการผลิตได้แก่ดินลูกรังผสมกับปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจผสมกับวัสดุอื่น ๆ เช่น หินฝุ่นทราย โดยแนะนำให้ใช้อัตราส่วน 1:6 หรือ 1:7 ขึ้นอยู่คุณสมบัติของดินในแต่ละพื้นที่ นำมาผสมและเติมน้ำจนให้เข้ากัน เทลงในแม่พิมพ์ที่ออกแบบให้มีรู ร่อง และเดือยอัดเป็นก้อนและบ่มให้แข็งตัวเมื่ออายุครบ 28 วัน จะรับกำลังอัดได้ไม่น้อยกว่า 70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



ภาพที่ 1 รูปแบบและขนาดอิฐประสานแบบมาตรฐาน

ที่มา: มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.602/2547, 2547

2.3 คุณสมบัติทางกลของอิฐประสานตามมาตรฐาน วว.

วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสม ควรมีขนาดเล็กกว่า 4 มิลลิเมตร ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย และเถ้าลอย (Fly ash) จากโรงงานผลิตไฟฟ้า โดยมวลละเอียดที่ใช้ควรมีลักษณะตามมาตรฐานการแบ่งชั้นคุณภาพดิน และมวลรวมสำหรับงานก่อสร้างทางหลวง (ASTM D3282 Standard Classification of Soils and Soil Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes) คือ มีฝุ่นดินไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก (สุบรรณ และคณะ, 2558; ASTM D3282-15, 2015)

1) การทดสอบหาร้อยละการดูดซึมน้ำ

โดยทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ซึ่งกำหนดว่าร้อยละการดูดซึมน้ำต้องไม่เกินกว่า ร้อยละ 15 ของน้ำหนักบล็อกลูก

2) การทดสอบหาความหนาแน่น

ภายหลังการอัดอิฐประสาน ควรมีความหนาแน่นขั้นต่ำประมาณ 1,700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3) การทดสอบความคงทนถาวร

เกณฑ์ในการกำหนดมาตรฐาน ค่าการสูญเสียน้ำหนัก (Loss of weight) ไม่เกินร้อยละ 7 ของน้ำหนักทดสอบ โดยใช้วิธี Wet and dry process

4) การทดสอบกำลังรับแรงอัดต่อก้อน

โดยทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ทดสอบเพื่อศึกษาหาค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุด เนื่องจากอิฐประสานจัดเป็นประเภทคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักกำหนดให้มีค่าไม่น้อยกว่า 70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร การนำกำลังอัดไปใช้งานต้องใช้หน่วยแรงที่ยอมให้โดยพิจารณาจากกำลังสูงสุดต่อก้อน แสดงดังตารางที่ 2

5) การทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบปริซึม

โดยทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ในการออกแบบผนังอิฐประสานเพื่อให้สามารถรับน้ำหนักหรือแรงกระทำนั้นจำเป็นที่จะต้องรู้ถึงพฤติกรรมการรับน้ำหนักของผนังอิฐประสาน โดยการนำอิฐประสานมาก่อเป็นผนังขนาดเล็กเพื่อจำลองพฤติกรรมการรับน้ำหนักของผนังจริง โดยใช้ค่าแฟกเตอร์ปรับแก้ผลการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าแฟกเตอร์สำหรับปรับแก้ในการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบปริซึม

อัตราส่วนความสูงต่อความหนา (h/t)	1.5	2.0	2.5	3.0
แฟกเตอร์สำหรับปรับแก้	0.86	1.00	1.11	1.20

ที่มา: สุบรรณ และคณะ, 2558

ตารางที่ 2 การนำก้อนวัสดุทดสอบหาค่าแรงอัดสูงสุดแล้วนำมาหาค่าหน่วยแรงอัดที่ยอมให้

กำลังอัดของก้อน(กก./ตร.ซม.)	กำลังอัดของวัสดุทั้งหมด (กก./ตร.ซม.)
70 ถึง 105	63 ถึง 80
106 ถึง 175	81 ถึง 110
176 ถึง 280	111 ถึง 140
281 ถึง 420	141 ถึง 170
มากกว่า 420	มากกว่า 170

ที่มา: สุบรรณ และคณะ, 2558

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ทดสอบคุณสมบัติดินลูกรังในพื้นที่เพื่อทำอิฐประสาน

3.1.1 การทดสอบคุณสมบัติดินชั้นต้นเพื่อทำอิฐประสาน

การทดสอบโดยวิธีการตกตะกอนโดยการนำดินใส่ขวดครึ่งหนึ่งแล้วเติมน้ำให้ท่วมแล้วเขย่าให้เข้ากันเมื่อหยุดเขย่าส่วนที่สังเกตเห็นตะกอนให้ขีดเส้นไว้เป็นตะกอนหยาบ จากนั้นรอรจนตกตะกอนหมดที่เหลือเป็นฝุ่นดินไม่ควรเกินร้อยละ 35 ดังแสดงในภาพที่ 3



(ก) ตัวอย่างดินลูกรังที่เข้าเครื่องตีดินละเอียดแล้ว



(ข) การทดลองการตกตะกอนของดิน

ภาพที่ 2 การทดสอบกำลังอัดต่อก้อน

3.1.2 การทดสอบคุณสมบัติของอิฐประสาน

การทดสอบคุณสมบัติของอิฐประสานเพื่อให้ได้อิฐประสานที่มีคุณภาพมีความแข็งแรงเมื่อนำไปเป็นชิ้นส่วนของอาคารสามารถรับกำลังจากโครงสร้างอื่น ๆ ที่มากระทำได้ และทำให้มั่นใจได้ว่าบ้านจะมีความคงทนถาวรไม่ยุ่ยสลาย มีอายุการใช้งานตามที่เรากำลังต้องการ การทดสอบคุณสมบัติอิฐประสาน วว. จะให้ทำการทดสอบที่อายุ 28 วัน เนื่องจากอิฐประสานจะใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นตัวเชื่อมประสานซึ่งเมื่อปูนซีเมนต์ถูกผสมกับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันก่อให้เกิดการเชื่อมประสานและมีการพัฒนากำลังเพิ่มขึ้นตามอายุของมันใน 7 วันแรกจะมีพัฒนากำลังสูงถึงร้อยละ 70 ของกำลังและจะมีการพัฒนากำลังต่อไปเรื่อย ๆ ไม่สิ้นสุด ตามมาตรฐาน วว. ให้ระบุกำลังที่ 28 วัน เป็นกำลังที่อิฐประสานรับได้ นอกจากส่วนผสมมีการผสมมวลรวมที่มีผลต่อการให้กำลังในระยะหลังเลยจาก 28 วันแล้ว ด้านกำลังจะได้เท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบส่วนผสมของปูนซีเมนต์และมวลรวม หากต้องการกำลังที่สูงขึ้นต้องใช้ปูนซีเมนต์มากขึ้นส่งผลให้ราคาต้นทุนวัสดุสูงขึ้นตาม การทดสอบคุณสมบัติของอิฐประสานโดยทั่วไปจะนิยมทดสอบตามมาตรฐาน วว. ประกอบไปด้วยคุณสมบัติ ด้านความหนาแน่น กำลังรับแรงอัดต่อก้อน กำลังอัดแบบปรีซิม การดูดกลืนน้ำ และความคงทนถาวร โดยทำตามมาตรฐานการทดสอบดังกล่าว

1) การทดสอบกำลังอัดต่อก้อน แสดงดังภาพที่ 4

เนื่องจากอิฐประสานเมื่อนำไปก่อสร้างบ้านจะรับกำลังแรงอัดเสียเป็นส่วนใหญ่จึงต้องมีการตรวจสอบว่ากำลังอัดอิฐเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่ โดยทั่วไปควรทำอย่างน้อย 3 ตัวอย่างซึ่งการทดลองนี้ใช้ 5 ตัวอย่างทุกการทดลองและใช้ค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนผลการทดสอบเริ่มด้วยการทำการเตรียมตัวอย่างอิฐประสานต้องมีการเคลือบผิวหน้าตัวอย่าง (CAP) ด้วยปูนปลาสเตอร์เพื่อให้หัวกดเครื่องทดสอบสัมผัสกับผิวหน้าตัวอย่างพร้อม ๆ กันทุกจุดทั้งหมด มิเช่นนั้นอาจเกิดการพิบัติในส่วนที่อ่อนสัมผัสกับหัวกดก่อนทำให้เกิดความผิดพลาดในการทดสอบได้ จากนั้นนำตัวอย่างเข้าเครื่องทดสอบกำลังอัดโดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ซึ่งเป็นเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ เมื่อดำเนินการทดสอบจนก้อนตัวอย่างเกิดการพิบัตินำค่าแรงสูงสุดที่อิฐรับได้หารด้วยพื้นที่หน้าตัดของก้อนตัวอย่างจะได้ค่ากำลังรับแรงอัด หรือความเค้นอัด (Stress compression) แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ วว. (ในหัวข้อ 2.2)



(ก) ก้อนตัวอย่างสำหรับทดสอบกำลังอัดต่อก้อน



(ข) การทดสอบกำลังอัดต่อก้อน

ภาพที่ 3 การทดสอบกำลังอัดต่อก้อน

2) การทดสอบคุณสมบัติกำลังรับแรงอัดแบบปริซึม แสดงดังภาพที่ 4

เป็นการทดสอบหาลักษณะกำลังอัดที่แท้จริงเมื่อนำไปก่อเป็นผนังอิฐประสานโดยการจำลองการก่อสร้างผนังขนาดเล็กโดยทั่วไปจะก่อ 3-5 ชั้นแล้วนำไปทดสอบกำลังอัดโดยขั้นตอนการทดสอบและเครื่องมือเหมือนกับการทดสอบต่อก้อน กำลังอัดที่ได้จากการทดสอบต้องนำไปคูณกับค่าแฟกเตอร์สำหรับปรับแก้ในตารางที่ 1 เนื่องจากค่าความชะลูดหรืออัตราส่วนความกว้างต่อความสูงมีผลต่อกำลังอัด



(ก) ก้อนตัวอย่างสำหรับทดสอบกำลังแบบปริซึม



(ข) การทดสอบกำลังอัดแบบปริซึม

ภาพที่ 4 การทดสอบกำลังอัดแบบปริซึม

3) การทดสอบการดูดซึมน้ำและความคงทนถาวร แสดงดังภาพที่ 5

การดูดซึมน้ำเป็นอีกค่าที่มาตรฐาน วว.กำหนดไว้ซึ่งมีผลต่อการคงทนต่อดินฟ้าอากาศของตัวอิฐประสาน การดูดซึมน้ำจะสัมพันธ์กับความคงทนถาวรกล่าวคือเมื่อมีการดูดซึมน้ำมากจะเกิดภาวะการดูดคลายนํ้าทำให้มีโอกาสเกิดการกัดกร่อนได้สูง อีกทั้งทำให้การยึดเกาะระหว่างปูนทรายในรูปบล็อกไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องจากตัวอิฐประสานนั้นดูดน้ำจากปูนทรายไปหมดก่อนที่จะแห้งตัวจึงควรมีการทดสอบให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ทำได้โดยการนำอิฐประสานเข้าตู้อบจนความชื้นขึ้นหรือมีน้ำหนักคงที่โดยทั่วไปทิ้งไว้ในตู้อบประมาณ 12 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก และนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 24 ชั่วโมงแล้ว ใช้ผ้าเช็ดให้ผิวแห้ง และนำไปชั่งน้ำหนัก จะพบว่าน้ำหนักเพิ่มขึ้น คือ ปริมาณน้ำที่อิฐดูดกลืนเข้ามาให้คิดคำนวณเป็นร้อยละแล้วเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน วว. ตามหัวข้อที่ 2.2 ด้านการดูดกลืนน้ำต้องมีค่าน้อยกว่า

การทดสอบความคงทนถาวร เป็นการทดสอบว่าเมื่ออิฐประสานอยู่ในสภาวะการใช้งานจริงซึ่งเจอแดดและฝนแล้วจะเกิดการสึกกร่อนหรือไม่โดยวัดจากการสูญเสียน้ำหนักของตัวอิฐประสานเอง การทดสอบจะทำได้โดยการนำอิฐประสานนำไปแช่น้ำ ประมาณ 5 ชั่วโมง แล้วนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 71 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างมาชั่งตวงเพื่อชั่งตวงดินที่หลุดออก ทำการทดสอบ 6 ชั่วโมงก่อนตัวอย่างเดิม รอบสุดท้ายจะใช้การอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากการทดสอบรอบสุดท้ายจะพบว่าน้ำหนักก่อนตัวอย่างนั้นลดลงเนื่องจากมีการสึกกร่อนหายไป (Loss of Weight) ให้คิดคำนวณเป็นร้อยละต้องน้อยกว่าค่ามาตรฐานของ วว.ตามหัวข้อที่ 2.2



(ก) การนำตัวอย่างเข้าตู้อบ



(ข) การนำตัวอย่างแช่น้ำ

ภาพที่ 5 การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำและความคงทนถาวร

3.2 การผลิตอิฐประสาน

เมื่อได้อัตราส่วนที่เหมาะสมและคุณสมบัติประสานผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานของ วว. แล้วจากนั้นได้ดำเนินการผลิตอิฐประสาน โดยใช้ดินที่ปรับปรุงคุณภาพมา โดยมีขั้นตอนการผลิตอิฐประสานตามขั้นตอนการผลิตอิฐประสานตามมาตรฐาน วว.ทุกประการ แสดงดังภาพที่ 6



(ก) การตีดินให้ละเอียด



(ข) การผสมวัสดุ



(ค) การอัดอิฐประสาน



(ง) การตากอิฐประสานหลังจากอัด

ภาพที่ 6 การผลิตอิฐประสานเพื่อใช้ในการก่อสร้างบ้านตัวอย่าง

3.3 การสร้างบ้านอิฐประสานระบบผนังรับแรง

การศึกษาด้านกระบวนการก่อสร้างและระยะเวลาในการก่อสร้างจะทำการเก็บข้อมูลของกิจกรรมการก่อสร้างของการสร้างบ้านด้วยอิฐประสาน รวมถึงต้นทุนการก่อสร้างในแต่ละกิจกรรมและหาต้นทุนการก่อสร้างต่อตารางเมตร เพื่อนำข้อมูลไปเปรียบเทียบกับข้อมูลมาตรฐานโดยหลังจากได้อิฐประสานที่ผลิตจากดินลูกรังในพื้นที่แล้วจึงนำอิฐประสานดังกล่าวมาก่อสร้างบ้านตัวอย่างที่ออกแบบไว้โดยเป็นบ้านชั้นเดียว 1 ห้องนอน 1 ห้องน้ำ 1 ห้องโถงมีพื้นที่ใช้สอย 50.45 ตารางเมตร โดยมีขั้นตอนแสดงดังภาพที่ 7



(ก) ขุดดินทำฐานราก



(ข) ผูกเหล็กฐานราก



(ค) เทคอนกรีตเหล็กฐานราก



(ง) ก่ออิฐประสานจากฐานรากที่เทแล้วเสร็จ



(จ) การถมดินในบ้านเพื่อเทพื้นแบบวางบนดิน



(ฉ) การก่ออิฐประสานเหนือระดับพื้น

ภาพที่ 7 การก่อสร้างบ้านอิฐประสานด้วยระบบผนังรับแรง



(ข) การติดตั้งโครงหลังคา
จากผนังอิฐประสาน



(ค) การมุงหลังคาบ้านอิฐประสาน



(ง) บ้านอิฐประสานหลังก่อสร้าง
แล้วเสร็จ

ภาพที่ 7 (ต่อ)

4. ผลการทดลอง

4.1 ทดสอบคุณสมบัติดินลูกรังในพื้นที่เพื่อทำอิฐประสาน

4.1.1 ผลการทดสอบดินเบื้องต้น

การทดสอบขั้นต้นโดยการตกตะกอนของดิน พบว่ามีฝุ่นดินร้อยละ 30 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ตามวิธีการตรวจสอบดินเบื้องต้น จากนั้นจึงทดลองนำดินดังกล่าวไปอัดอิฐประสาน พบว่าอิฐประสานมีผิวขรุขระไม่เรียบเนื้อมีความพรุน การทำงานยากทั้งขั้นตอนการผสมและการอัดขึ้นรูปเป็นก้อน จากการสังเกตด้วยตาเปล่าประเมินว่ากำลังอัดของก้อนตัวอย่างไม่น่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานถ้ากำลังอัดผ่านเกณฑ์ การดูดซึมน้ำและความคงทนถาวรก็ไม่น่าจะผ่านเนื่องจากผิว และเนื้อมีความพรุนมาก หรือถ้าผ่านบ้านก็จะไม่มีความสวยงามจึงทำการปรับปรุงคุณภาพดิน โดยการเพิ่มตะกอนดินหยาบซึ่งอาจใช้ทรายก่อสร้างหรือวัสดุอื่น ๆ ได้ แต่งานวิจัยนี้เลือกใช้ทรายแ่งที่เป็นของเหลือใช้จากกระบวนการผลิตทรายซึ่งมีราคาถูก และทำการทดสอบทดลองอัดอิฐประสานสัดส่วนการเติมทรายแ่งที่อัตราส่วน 1:0.5-1:2 พบว่าได้อิฐที่สวยงามผิวเรียบ กระบวนการผสมการอัดอิฐประสานทำได้ง่ายคือต้องเติมทรายแ่งในอัตราส่วน 1:2 คือ ทรายแ่ง 1 ส่วน ดินลูกรัง 2 ส่วนโดยปริมาตร แล้วจึงนำดินที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วไปผลิตอิฐประสานในอัตราส่วน 1:7 ปูนต่อดินที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วโดยน้ำหนัก ได้ผิวอิฐประสานที่สวยงาม แสดงดังภาพที่ 8 แล้วจึงนำอิฐประสานที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติอื่น ๆ ต่อไป



(ก) อิฐประสานก่อนปรับปรุงคุณภาพดิน



(ข) อิฐประสานหลังปรับปรุงคุณภาพดิน

ภาพที่ 8 ลักษณะอิฐประสานก่อนและหลังการปรับปรุงดินในการผลิต

4.1.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติมาตรฐาน

ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังอัดต่อก้อนและหน่วยน้ำหนักของอิฐประสานมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 80.14 กก./ตร.ซม. การทดสอบค่าหน่วยน้ำหนักของอิฐประสานได้ค่าหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 1765.77 กก./ลบ.ม. แสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งมีค่ากำลังอัดต่อก้อนและค่าความหนาแน่นสูงกว่าค่ามาตรฐาน วว.กำหนด คือกำลังอัดต้องมากกว่า 70 กก./ตร.ซม. และความหนาแน่นควรมากกว่า 1,700 กก./ลบ.ม.

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบหาคุณสมบัติกำลังรับแรงอัดต่อก้อนและค่าหน่วยน้ำหนัก

ตัวอย่างที่	น้ำหนักที่ 28 วัน (กรัม)	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	กำลังอัดที่ 28 วัน (กก./ตร.ซม.)
1	5.319	1,781.69	83.42
2	5.275	1,785.65	70.34
3	5.299	1,794.16	73.35
4	5.111	1,710.57	93.99
5	5.191	1,757.22	79.62
เฉลี่ย	5.240	1,765.77	80.14

ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังอัดแบบปริซึมอิฐประสานเป็นการทดสอบค่าการรับน้ำหนักตามพฤติกรรมจริง ซึ่งต้องทำการคูณด้วยตัวคูณรับน้ำหนักได้ค่าค่ากำลังอัดเฉลี่ยเท่ากับ 83.19 กก./ตร.ซม. มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 75.12 กก./ตร.ซม. ค่าสูงสุดเท่ากับ 87.79 กก./ตร.ซม. แสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งมีค่ามากกว่า 70 กก./ตร.ซม. ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบหาคุณสมบัติกำลังรับแรงอัดแบบปริซึม

ตัวอย่างที่	กำลังอัดที่ 28 วัน ก่อนปรับแก้ (กก./ตร.ซม.)	ค่าแฟกเตอร์สำหรับปรับแก้	กำลังอัดที่ 28 วัน หลังปรับแก้ (กก./ตร.ซม.)
1	75.97	1.0805	82.09
2	76.72	1.0845	83.20
3	69.47	1.0814	75.12
4	80.64	1.0880	87.74
5	81.21	1.0810	87.79
เฉลี่ย	76.80	1.08	83.19

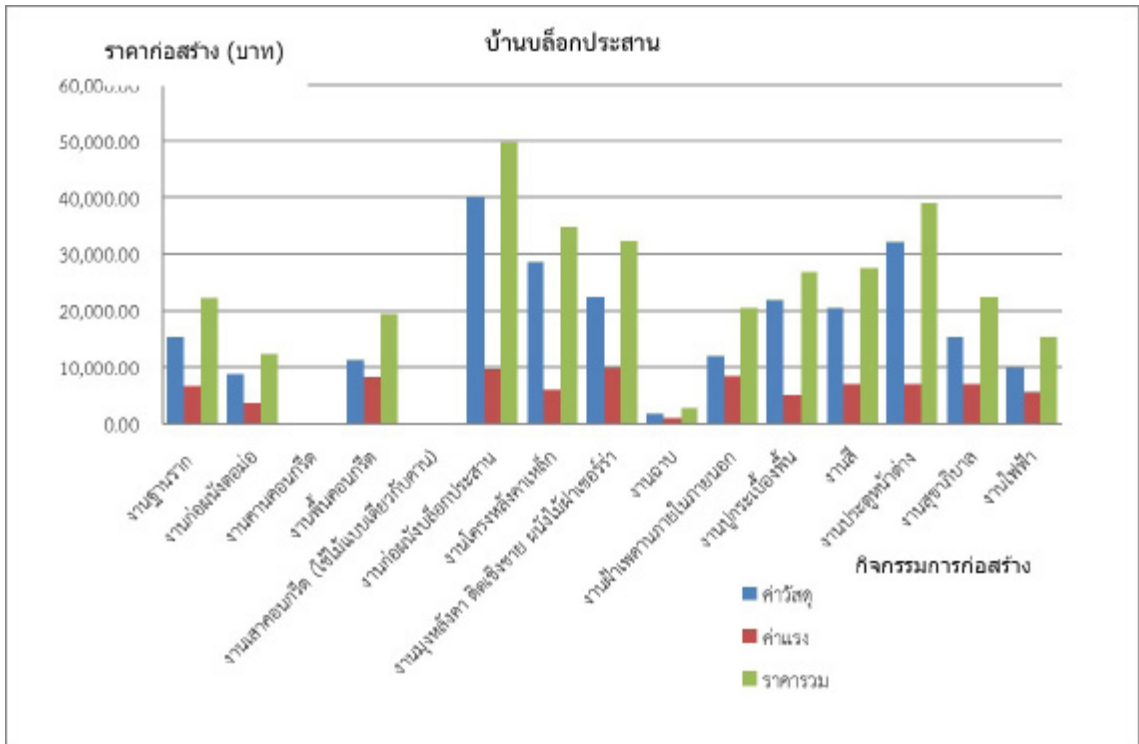
ผลการทดสอบคุณสมบัติการดูดกลืนน้ำและค่าความคงทนถาวร พบว่าร้อยละการดูดซึมของอิฐประสานที่ระยะเวลาการทดสอบ 24 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 11.47 ของน้ำหนัก การทดสอบความคงทนถาวรหรือค่าการสูญเสียน้ำหนัก (Loss of weight) ใช้วิธี Wet and dry process มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 5.48 กำลังอัดหลังทดสอบค่าความคงทนถาวรเฉลี่ย 5 ก่อนมีค่าเท่ากับ 96.86 กก./ตร.ซม. แสดงดังตารางที่ 5 ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือค่าการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 15 และการสึกกร่อน ไม่เกินร้อยละ 7

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบหาการดูดซึมน้ำค่าการสึกกร่อนและค่ากำลังอัดหลังการทดสอบค่าความคงทนถาวร

ตัวอย่างที่	ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ	ค่าการสึกกร่อนร้อยละ	ค่ากำลังอัดภายหลังทดสอบการสึกกร่อน(กก./ตร.ซม.)
1	10.08	4.42	95.41
2	11.73	4.64	101.12
3	10.07	6.31	98.64
4	12.90	6.39	91.20
5	12.57	5.61	97.92
เฉลี่ย	11.47	5.48	96.86

4.2 ผลการศึกษาขั้นตอนและวิธีการก่อสร้างบ้านอิฐประสาน

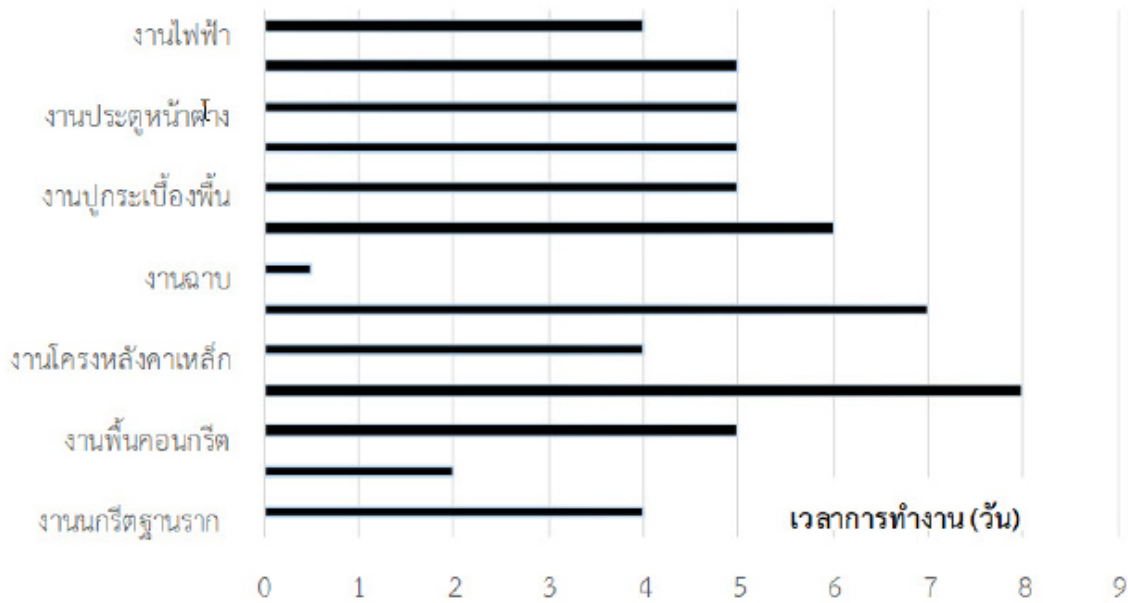
การก่อสร้างโดยใช้อิฐประสานควรออกแบบโครงสร้างเป็นระบบผนังรับแรง ซึ่งบ้านทั่วไปจะก่อสร้างเป็นระบบเสา คาน เนื่องจากอิฐประสานมีลักษณะเด่นคือมีความแข็งแรงรับน้ำหนักต่อกันได้มากขึ้นขั้นตอนการก่อสร้างที่ไม่ยุ่งยาก มีผิวที่เป็นเอกลักษณ์สวยงาม แต่มีน้ำหนักค่อนข้างมาก หากนำไปก่อสร้างเป็นบ้านระบบเสา คานแบบเดิมทั่วไปจะทำให้น้ำหนักกระทำต่อคาน เสา ฐานรากเพิ่มมากขึ้นทำให้บ้านมีราคาแพงมากกว่าเดิม การก่อสร้างโดยระบบผนังรับแรงด้วยอิฐประสานมีโครงสร้างประกอบไปด้วย ฐานราก ผนังรับแรง คานหลังคา โครงสร้างหลังคา การถ่ายน้ำหนักการถ่ายน้ำหนักโครงสร้างโดยหลังคาจะถ่ายน้ำหนักมายังโครงหลังคา และโครงหลังคาจะถ่ายน้ำหนักมายังสู่ผนังอิฐประสาน และผนังอิฐประสานจะถ่ายน้ำหนักลงสู่ฐานราก งานโครงฐานรากควรออกแบบเป็นฐานแผ่แบบฐานรากกำแพง หรือฐานรากแผ่ต่อเนื่องรับกำแพง (Continuous Footing) ตำแหน่งฐานรากจะอยู่ใต้ผนังอิฐประสานด้านขนาดและรูปแบบว่าต้องมีการตอกเข็มหรือไม่ขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับน้ำหนักของดินในแต่ละพื้นที่ สำหรับบ้านตัวอย่างที่ก่อสร้างใช้ขนาดฐานรากแผ่ที่มีความกว้างขนาด 0.50 เมตร หนา 0.30 เมตร มีความยาวตลอดกำแพง บ้านอิฐประสานมีขั้นตอนการก่อสร้างเพียง 13 กิจกรรม คือไม่มีการเสาตอม่อ งานคานคอนกรีต งานเสาคอนกรีต และงานฉาบมีเพียงฉาบผนังในส่วนที่อยู่ใต้ดินเพื่อป้องกันการสึกกร่อนของอิฐประสานเนื่องจากความชื้นเท่านั้น บ้านในระบบผนังรับแรงโดยใช้อิฐประสานมีราคาต่ำกว่าวัสดุเท่ากับ 236,053 บาท ค่าแรง 85,000 บาท ราคารวมเท่ากับ 326,053 บาท ค่าวัสดุสูงสุดจะเป็นกิจกรรมงานก่อผนังอิฐประสาน รองลงมาเป็นงานประตูหน้าต่างและงานโครงหลังคาเหล็กตามลำดับ ด้านค่าแรงมีราคาสูงสุดได้แก่กิจกรรมงูหลังคาตีเชิงชายงานผนังไม้ฝาเซอร์รา รองลงมาเป็นงานก่อผนังอิฐประสาน และงานฝ้าเพดานภายในและภายนอกตามลำดับแสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 9 ราคาการก่อสร้างบ้านระบบผนังรับแรงโดยใช้อิฐประสานในแต่ละกิจกรรมการก่อสร้าง

ผลการทดสอบคุณสมบัติค่าการดูดกลืนน้ำและค่าความคงทนถาวร พบว่าร้อยละการดูดซึมของอิฐประสานที่ระยะเวลาการทดสอบ 24 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 11.47 ของน้ำหนัก การทดสอบความคงทนถาวรหรือค่าการสูญเสีย น้ำหนัก (Loss of weight) ใช้วิธี Wet and dry process มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 5.48 กำลังอัดหลังทดสอบค่าความคงทนถาวรเฉลี่ย 5 ก่อนมีค่าเท่ากับ 96.86 กก./ตร.ซม. แสดงดังตารางที่ 5 ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือค่าการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 15 และการสึกกร่อน ไม่เกินร้อยละ 7

การพิจารณาด้านระยะเวลาในการก่อสร้างบ้านระบบผนังรับแรงโดยใช้บ้านอิฐประสาน เท่ากับ 60.50 วัน จำนวนแรงงานเท่ากับ 182 แรงงานเฉลี่ยแรงงาน 3 คนต่อวัน การเปรียบเทียบระยะเวลาการก่อสร้างในแต่ละกิจกรรม พบว่ากิจกรรมที่ใช้เวลาสูงสุดคือกิจกรรมการก่อผนังอิฐประสาน รองลงมาเป็นงานมุงหลังคา ดินเชิงชายและไม้ฝาเซอร่า แสดงดังภาพที่ 11 หากเปรียบเทียบกับระยะเวลาการก่อสร้างของบ้านพักอาศัยทั่วไปกิจกรรมการก่อสร้างที่แตกต่างจากบ้านอิฐประสานคือ ฐานราก หากเป็นบ้านอิฐประสานจะใช้ระบบฐานรากกำแพงบ้านทั่วไปใช้เป็นฐานรากแผ่ งานเสาตอม่อบ้านอิฐประสานใช้ในการก่ออิฐประสานจากฐานราก บ้านทั่วไปใช้เสาตอม่อ งานโครงสร้างคานบ้านทั่วไปใช้คานคองกรีตบ้านอิฐประสานไม่มีคาน งานเสาชั้น 1 บ้านอิฐประสานไม่มีเสาใช้กำแพงรับน้ำหนักบ้านทั่วไปใช้เสาคองกรีต งานคานหลังคาบ้านอิฐประสานใช้ผนังรับน้ำหนัก บ้านทั่วไปต้องมีคานหลังคา งานก่ออิฐงานฉาบปูนบ้านอิฐประสานใช้การก่อผนังอิฐประสานไม่ต้องฉาบนั่นกรณีผิว บ้านทั่วไปใช้การก่ออิฐบนโครงสร้างคานและฉาบปูนทั้งภายในภายนอก จากกิจกรรมการก่อสร้างที่หายไปของงานคานคองกรีตชั้นล่างงานคานหลังคา งานเสาคองกรีต และงานฉาบปูนจะส่งผลให้เวลาการก่อสร้างของบ้านอิฐประสานน้อยลงกว่าบ้านทั่วไปถึงแม้ว่าการก่อผนังอิฐประสานจะใช้เวลามากกว่าการก่ออิฐทั่วไปก็ตาม



ภาพที่ 10 เวลาการทำงานในแต่ละกิจกรรม

5. สรุปผลงานวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่า การก่อสร้างที่อยู่อาศัยด้วยอิฐประสานในพื้นที่เทศบาลตำบลนาปรือ จังหวัดปราจีนบุรีเป็นพื้นที่ที่มีดินลูกรังสามารถหาได้ง่ายการผลิตอิฐประสานโดยใช้ดินลูกรังในพื้นที่เทศบาลตำบลนาปรือจะต้องทำการปรับปรุงคุณสมบัติของดินโดยการผสมเพิ่มด้วยทรายแฉ่ง ในอัตราส่วน ดินลูกรัง : ทรายแฉ่ง 2:1 จึงสามารถสร้างอิฐประสานโดยใช้อัตราส่วนตามมาตรฐานของ วว. ปูนซีเมนต์ : ดินปรับปรุง คือ 1:7 ทำให้การผลิตบล็อกสามารถผลิตได้ง่ายและตัวบล็อกมีความสวยงาม เมื่อนำอิฐประสานมาทดสอบคุณสมบัติด้านต่าง ๆ พบว่าคุณสมบัติของอิฐประสานที่สร้างขึ้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานของ วว. (สุบรรณ และคณะ, 2558) และมีต้นทุนในการผลิตต่อก้อนเท่ากับ 5.75 บาทต่อก้อน สำหรับการศึกษาขั้นตอนการก่อสร้างบ้านโดยใช้อิฐประสานพบว่าด้านวิธีการก่อสร้างต้องออกแบบเป็นการก่อสร้างระบบผนังรับแรง โดยมีโครงสร้างงานฐานรากบ้านอิฐประสานจะเป็นฐานรากต่อเนื่อง (Continue Footing) บ้านอิฐประสานไม่ต้องมีเสาตอม่อและคานคอดิน และไม่ต้องมีเสารับน้ำหนักจากโครงหลังคาแต่จะใช้การก่อกำแพงขึ้นมาจากฐานรากโดยส่วนที่อยู่ใต้ดินจะทำการฉาบปิดทั้งภายในและภายนอก การที่บ้านอิฐประสานจะใช้ผนังรับน้ำหนักจากโครงสร้างหลังคา จึงทำให้สามารถลดขนาดคานหลังคาให้เล็กลงได้โดยคานหลังคาจะมีหน้าที่ในการปรับระดับและกระจายแรงลงสู่ผนังเท่านั้น ส่วนของงานสถาปัตยกรรมนั้น บ้านอิฐประสานไม่ต้องมีการฉาบทั้งภายในและภายนอก ทำให้ประหยัดทั้งค่าแรงและค่าวัสดุในการฉาบจากการลดขั้นตอนการก่อสร้างดังกล่าว ทำให้บ้านอิฐประสานสามารถลดต้นทุนการก่อสร้างได้ถึงร้อยละ 38 โดยมีราคาค่าต้นทุนในการก่อสร้างรวมค่าภาษีกำไรและค่าดำเนินการเท่ากับ 7,729 บาทต่อตารางเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับราคาก่อสร้างบ้านเดี่ยวตึกชั้นเดียวอ้างอิงราคาประเมินค่าก่อสร้างอาคารมูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (พ.ศ. 2559-2562) โดยใช้ราคาวัสดุปานกลางมีราคาเท่ากับ 12,700 บาทต่อตารางเมตร สอดคล้องกับงานวิจัย สิงหราช (2542) และ Malahayati et al. (2017) ที่พบว่าต้นทุนบ้านอิฐประสานจะต่ำกว่าบ้านทั่วไป ด้านระยะเวลาการก่อสร้างบ้านที่สร้างจากอิฐประสานมีกิจกรรมการก่อสร้างที่แตกต่างจากบ้านทั่วไปคือ ไม่มีกิจกรรมการก่อสร้างงานโครงสร้างคานชั้นล่าง งานคานหลังคา งานเสาชั้นล่าง และงานฉาบปูน ส่งผลให้เวลาของกิจกรรมต่าง ๆ หายไป ซึ่งจะส่งผลให้ระยะเวลาการก่อสร้างรวมลดลงด้วย

จากข้อมูลงานวิจัยดังกล่าวบ้านอิฐประสานจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการก่อสร้างที่อยู่อาศัย ที่สามารถประหยัดต้นทุน และระยะเวลาในการก่อสร้าง และยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยลดวัสดุก่อสร้างที่ต้องผลิตด้วยโรงงานขนาดใหญ่ที่มีปริมาณ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง และยังมีราคาแพงขึ้นทุกวัน สามารถก่อสร้างได้เองโดยใช้วัสดุในพื้นที่ หรือเรียกว่าวัสดุก่อสร้างพอเพียง มาใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย เป็นการพึ่งพาตนเองต่อไป

อย่างไรก็ตามอิฐประสานนั้นยังมีข้อจำกัดเรื่องการใช้งานกล่าวคือ อาคารที่ก่อสร้างด้วยอิฐประสานจัดเป็นอาคารก่ออิฐ ไม่เสริมเหล็กซึ่งมาตรฐานการออกแบบ วสท. ยอมให้ปลูกสร้างได้ไม่เกิน 2 ชั้น และจากผลการศึกษาเป็นอาคารขนาดเล็ก และมีการออกแบบที่ไม่ซับซ้อน กรณีที่เป็นอาคารที่ออกแบบมีความซับซ้อนมีการยกระดับพื้นที่สูงจากระดับดินเดิม เกิน 0.50 เมตร กรณีที่ก่อสร้างเป็นบ้าน 2 ชั้น หรือทำการก่อสร้างในพื้นที่อื่น ซึ่งอาจต้องมีการออกแบบให้มีโครงสร้าง ค.ส.ล. ร่วมด้วยจะทำให้ต้นทุนการก่อสร้างบ้านอิฐประสานเพิ่มขึ้นตามและในกรณีที่ทำการก่อสร้างในพื้นที่อื่น ดินลูกรังก็ จะมีคุณสมบัติแตกต่างออกไปควรมีการทดสอบเพื่อหาอัตราส่วนในการผสมที่ทำให้อิฐได้คุณภาพทุกครั้ง โครงสร้างฐานราก ของบ้านต้องออกแบบตามพื้นที่ก่อสร้างด้วยเพื่อให้ได้บ้านที่มีความแข็งแรงมีเสถียรภาพ ซึ่งอาจทำต้นทุนแตกต่างออกไป และปัญหาที่พบของการใช้อิฐประสานอีกประเด็นคือ ความรู้และความเข้าใจของช่างก่อสร้างยังไม่มีความเข้าใจถึงวิธีการ ก่อสร้างและวิธีการป้องกันต่าง ๆ รวมถึงการผลิตอิฐประสานให้ได้คุณภาพ ซึ่งจำเป็นต้องมีการให้ความรู้ก่อนดำเนินการ ก่อสร้าง หากก่อสร้างผิดวิธีหรือผลิตอิฐไม่มีคุณภาพแล้วนำไปใช้งานอาจทำให้บ้านที่สร้างขึ้นไม่มีความแข็งแรงและมีอายุ การใช้งานน้อย หรือไม่สวยงาม เป็นผลทำให้เทคโนโลยีการสร้างบ้านด้วยอิฐประสานไม่ได้รับความนิยมทั้งที่ยังมีข้อดี หลายประการ

6. สรุปผลงานวิจัย

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัย งบประมาณแผ่นดินจากสำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

7. เอกสารอ้างอิง

- จิรศักดิ์ เพ็ชรวิภาต. (2545). ตำนานบล็อกดินซีเมนต์ และอิฐประสาน วว. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 20(2), 39-52.
- ณัฏเดชธร สุทธิวาริพงษ์. (2556). การศึกษาเปรียบเทียบผนังก่ออิฐมอญกับผนังก่ออิฐอิฐประสาน. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- ณัฏเดชธร สุทธิวาริพงษ์. (2556). การศึกษาเปรียบเทียบผนังก่ออิฐมอญกับผนังก่ออิฐอิฐประสาน. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- ยุทธนา เกาะกิ่ง. (2562). การก่อสร้างและค่าพลังงานสะสมรวมวัสดุอาคารผนังดินอัด. วารสารสถาปัตยกรรม การออกแบบ และการก่อสร้าง, 1(3), 47-63.
- สิงหราช มีทิพย์. (2542). การประเมินการก่อสร้างที่อยู่อาศัยด้วยบล็อกดินซีเมนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาเคหพัฒนศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุบรรณ ตาคำวัน, วิศรุต เรืองฤทธิ์ และอารยา กิ่งหลักเมือง. (2558). คุณสมบัติทางกลอิฐประสานผสมเถ้ากะลามะพร้าว. งานประชุมวิชาการครุศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 8, 26-27 พฤศจิกายน 2558.

- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพข.602/2547. (2547). *อิฐอิฐประสาน*. [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://tcps.tisi.go.th/public/en/StandardList.aspx>. [สืบค้นเมื่อ 15 มิถุนายน 2565].
- ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีชนบท. (2545). *เอกสารเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีอิฐประสาน*. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- อภิเชษฐ์ ติคิลี. (2562). คุณสมบัติผนังดินมูลกระบือ บ้านหนองโนใต้ ตำบลนาตุน อำเภอนาตุน จังหวัดมหาสารคาม. *วารสารสถาปัตยกรรม การออกแบบและการก่อสร้าง*, 1(1), 48-62.
- Ali, M., Gultom, R.J., & Chouw, N. (2012). Capacity of innovative interlocking blocks under monotonic loading. *Construction and Building Materials*, 37(1), 812-821.
- ASTM D3282-15. (2015). *Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes*, ASTM International. [Online]. Retrieved from: www.astm.org [accessed 20 October 2019].
- Ayed, H.B., Limam, O., Aidi, M., & Jelidi, A. (2016). Experimental and numerical study of Interlocking Stabilized Earth Blocks mechanical behavior. *Journal of Building Engineering*, 7(2), 207-216.
- Jeslin, A.J., & Padmanaban, I. (2019). Experimental studies on interlocking block as wall panels. *Materials Today: Proceedings* (Article in press), 1-6.
- Lee, Y.H., Shek, P.N., & Mohammad, S. (2017). Structural performance of reinforced interlocking blocks column. *Construction and Building Materials*, 142(2), 469-481.
- Malahayati, N., Hayati, Y., Nursaniah, C., Firsia, T., Fachrurrazi, D., & Munandar, A. (2017). Comparative Study on the Cost of Building Public House Construction Using Red Brick and Interlock Brick Building Material in the City of Banda Aceh. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. *The 7th AIC-ICMR on Sciences and Engineering*. 352, 1-7.
- Mohammed, B.S., Liew, M.S., Alaloul, W.S., Al-Fakih, A., Ibrahim, W., & Adamu, M. (2018). Development of rubberized geopolymer interlocking bricks. *Case Studies in Construction Materials*, 8(3), 401-408.