

การประยุกต์ใช้เทคนิคทางวิศวกรรมเพื่อบูรณะและเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างบ้านโบราณ Application of Engineering Techniques for the Restoration and Strengthening of Historic House Structures

ฉัตรกมล ตาแดง^{1,*} เจษฎาพร ศรีภักดี² พงษ์จันทร์ จิราลิต³ และ สมิตร์ ส่งพิริยะกิจ⁴

¹ วิศวกรโยธา

^{2,3} สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.เชียงใหม่

⁴ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จ.กรุงเทพฯ

*Corresponding author; E-mail address: chatkamon041@gmail.com

บทคัดย่อ

บ้านโบราณถือเป็นมรดกทางวัฒนธรรมที่สะท้อนถึงเอกลักษณ์ทางประวัติศาสตร์และสถาปัตยกรรมของยุคสมัยที่ควรอนุรักษ์ไว้ ซึ่งในบทความนี้จะนำเสนอการประยุกต์ใช้เทคนิคทางวิศวกรรมเพื่อบูรณะบ้านโบราณไม้แบบยกใต้ถุนสูง อายุกว่า 95 ปี ที่ต้องการเสริมความแข็งแรงของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมจากการเสื่อมสภาพตามกาลเวลา การบูรณะบ้านโบราณนั้นต้องคำนึงถึงความแข็งแรงควบคู่ไปกับการอนุรักษ์เอกลักษณ์ทางวัฒนธรรม อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบและประเมินสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างบ้านโบราณเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ซึ่งมีการตรวจสอบและประเมินด้วยสายตา จากนั้นทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตแบบไม่ทำลายด้วยค้อนกระทบ ตรวจสอบตำแหน่งเหล็กเสริมด้วยเครื่องสแกนเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ออกแบบ เพื่อเป็นแนวทางการเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างเสา ซึ่งใช้วิธีการหุ้มเสาคอนกรีตเดิม โดยนำนวัตกรรมการเจาะ-เสียบเหล็กเสริมด้วยน้ำยาเคมีที่สามารถยึดประสานระหว่างเหล็กเสริมและคอนกรีตได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การหุ้มเสาคอนกรีตนั้นมีความหนาเพียง 5 ถึง 7 เซนติเมตร วัสดุที่ใช้จึงเลือกเป็นมอร์ตาร์แบบไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง ที่มีความสามารถในการทำงานที่ดี ช่วยลดปัญหาการเทคอนกรีตในโครงสร้างที่มีขนาดจำกัด จากผลการดำเนินงานแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัจจุบันกับโครงการขนาดเล็ก อีกทั้งในการออกแบบอัตราส่วนผสมมอร์ตาร์นั้นสามารถลดต้นทุนทดแทนการใช้วัสดุสำเร็จรูปที่มีราคาสูงได้ เพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้รับเหมาขนาดเล็กสามารถนำไปปรับใช้ในการทำงานได้

คำสำคัญ: การบูรณะ, บ้านโบราณ, การหุ้มเสา, ค้อนกระทบ, การสแกนเหล็กเสริม

Abstract

Historic houses are cultural heritage assets that embody the historical and architectural identity of their era, deserving of preservation. This article explores the application of engineering techniques for the restoration of a 95-year-old elevated wooden

house. The project focuses on strengthening existing reinforced concrete columns, which have deteriorated over time. In restoring historic houses, it is crucial to balance structural integrity with the preservation of cultural identity. However, a step involves inspecting and evaluating the structural condition of the house. Initial assessments include visual inspections. Then, the compressive strength of the concrete is tested non-destructively with a hammer and rebar scanning to determine the placement of reinforcement bars. The collected data were analyzed, and design guidelines for strengthening the column structure were developed. This involves encasing the existing concrete columns by drilling and inserting reinforcing steel with chemical agents that can effectively bond reinforcing steel and concrete. In addition, the concrete column covering is only 5 to 7 centimeters thick. The material used is therefore a self-compacting mortar that has good workability, helping to reduce the problem of pouring concrete in a structure with limited size. The results demonstrate the effective application of modern technology in small-scale projects. The custom mortar mix design could reduce costs and serve the use of expensive pre-mixed materials as a guideline for small contractors to adapt and apply in similar restoration projects.

Keywords: Restoration, Historic Houses, Encasement Column, Rebound Hammer, Rebar Detection

1. คำนำ

บ้านโบราณเป็นสถาปัตยกรรมที่สะท้อนถึงเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมและวิถีชีวิตของผู้คนในอดีต อาคารเหล่านี้มักถูกสร้างขึ้นด้วยวัสดุธรรมชาติ เช่น ไม้ อิฐ หรือปูนขาว ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะตัวและได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในยุคนั้น อย่างไรก็ตาม โครงสร้างของบ้าน

โบราณอาจเสื่อมสภาพลง จากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ การเปลี่ยนแปลงภาระการรับน้ำหนัก รวมไปถึงผลของแผ่นดินไหวในบางพื้นที่ หากไม่มีการดูแลและบำรุงรักษาอย่างเหมาะสม โครงสร้างอาคารอาจเกิดการแตกร้าวหรือหลุดตัวจนทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยของผู้อยู่อาศัย การบูรณะและเสริมความแข็งแรงของบ้านโบราณจึงเป็นสิ่งจำเป็น ไม่เพียงแต่เพื่อรักษาความมั่นคงของอาคารเท่านั้น แต่ยังช่วยอนุรักษ์คุณค่าทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมของสิ่งปลูกสร้างเหล่านี้ไว้

การดำเนินการบูรณะบ้านโบราณ จำเป็นต้องมีการประเมินสภาพโครงสร้างของอาคาร [1] เพื่อให้สามารถวางแผนการเสริมความแข็งแรงได้อย่างเหมาะสมโดยไม่ทำลายโครงสร้างเดิม ซึ่งต้องทำการสำรวจและตรวจสอบสภาพของอาคาร และตรวจสอบกำลังของวัสดุ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing) ในการตรวจสอบหาลำไส้รับแรงอัดของโครงสร้างคอนกรีต ด้วยค้อนกระแทก (Rebound Hammer) โดยไม่ต้องทำการเจาะคอนกรีตออกมาทดสอบ รวมไปถึง การสแกนเหล็กเสริม (Rebar Detection) เพื่อตรวจสอบตำแหน่งและการเสริมเหล็กภายในคอนกรีตเพื่อช่วยให้สามารถประเมินโครงสร้างได้อย่างแม่นยำ ลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากการตรวจสอบ นอกจากนี้ยังช่วยให้วิศวกรสามารถวิเคราะห์และออกแบบแนวทางการเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การประยุกต์ใช้เทคนิคทางวิศวกรรมสมัยใหม่สามารถช่วยเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างบ้านโบราณได้ โดยคำนึงถึงทั้งความแข็งแรงและความสวยงามของอาคาร เช่น เทคนิคการเทคอนกรีตพอกเสา[2] เพื่อเพิ่มขนาดหน้าตัดเสา รวมไปถึงเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนัก และป้องกันการเสื่อมสภาพของโครงสร้างคอนกรีตเดิม ในการเพิ่มขนาดหน้าตัดเสาสามารถทำได้ด้วยวิธีการ เจาะ-เสียบเหล็กเสริม (Post-Installed Rebar) [3] เข้าไปในโครงสร้างเดิมด้วยนํ้ายาเคมีที่สามารถยึดประสานระหว่างเหล็กเสริมและคอนกรีตได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อช่วยให้เกิดแรงยึดเกาะที่ดีขึ้น จากนั้นจึงเทคอนกรีตพอก (Encasement Concrete) โดยวัสดุที่ใช้ในการเทหุ้มเสาเป็น คอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง (Self-Compacting Concrete: SCC) [4] มีคุณสมบัติในการไหลเข้าแบบโดยไม่ต้องใช้เครื่องมืออัดแน่น หรือการจี้-เขย่าคอนกรีต ลดการเกิดโพรงอากาศ และช่วยเพิ่มกำลังรับแรงของโครงสร้างเดิม นอกจากนี้ การเลือกใช้คอนกรีตที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญ เพื่อช่วยให้การเสริมความแข็งแรงของบ้านโบราณเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการประยุกต์ใช้เทคนิคทางวิศวกรรมเพื่อบูรณะบ้านไม้โบราณที่มีอายุกว่า 95 ปี ที่ต้องการเสริมความแข็งแรงของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิม โดยการเพิ่มขนาดหน้าตัดเสา ด้วยเทคนิคการเจาะ-เสียบเหล็กเสริมและการเทคอนกรีตหุ้มเสา ซึ่งวัสดุที่ใช้ในการหุ้มเสามีทั้งคอนกรีตและมอร์ตาร์แบบไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง เพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้รับเหมาสามารถนำไปปรับใช้ในการทำงานโครงการขนาดเล็ก

2. รายละเอียดและแนวทางการดำเนินงาน

บ้านโบราณที่นำเสนอในบทความนี้เดิมเป็น “ห้างนา” ซึ่งใช้เป็นที่พำนักของเจ้าเมืองลำพูนยามมาตรวจดูยุ่งฉางข้าว และแบ่งปันข้าวเปลือกให้กับราษฎรที่เช่าที่ทำนา ปัจจุบันเมื่อหมดยุคการทำนาแล้ว ห้างนาแห่งนี้ได้รับการบูรณะใช้เป็นบ้านพักอาศัย บ้านโบราณหลังนี้เป็นบ้านไม้รูปทรงแปดเหลี่ยมยกใต้ถุนสูง ซึ่งเสาชั้นใต้ถุนเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 บ้านไม้โบราณรูปทรงแปดเหลี่ยมยกใต้ถุนสูง

2.1 การตรวจสอบด้วยสายตา

การบูรณะบ้านโบราณเป็นงานที่ต้องการความระมัดระวังเป็นอย่างมาก ทั้งสภาพของโครงสร้างอาคารเดิม รวมไปถึงการรักษาความเป็นเอกลักษณ์ทางสถาปัตยกรรม ต้องมีการตรวจสอบด้วยสายตาหรือวิธีตรวจพินิจ (Visual Inspection Method) [5] เพื่อประเมินสภาพของโครงสร้าง ตรวจหาความเสียหายของอาคาร เพื่อกำหนดแนวทางในการบูรณะและปรับปรุงเสริมความแข็งแรงโครงสร้างบ้านโบราณหลังนี้

2.2 การตรวจสอบโครงสร้างแบบไม่ทำลาย

ทดสอบหาลำไส้อัดของคอนกรีตแบบไม่ทำลายด้วยค้อนกระแทกแบบสมิทท์ (Schmidt's Hammer) ตามมาตรฐาน มยผ. 1502-51 [6] ดังรูปที่ 2 ซึ่งต้องสกัดพื้นผิวปูนฉาบออกก่อนทำการทดสอบบริเวณพื้นผิวคอนกรีตโครงสร้างเดิม เพื่อให้ได้ค่ากำลังอัดของโครงสร้างจริง

2.3 การตรวจสอบตำแหน่งเหล็กเสริม

การตรวจสอบหาตำแหน่งเหล็กเสริมในคอนกรีตตามมาตรฐาน มยผ. 1505-51 [7] ดังรูปที่ 3 ตรวจสอบตำแหน่ง และระยะการเสริมเหล็กภายในโครงสร้างคอนกรีตด้วยเครื่อง Hilti Ferro Scan PS200



รูปที่ 2 การทดสอบกำลังอัดคอนกรีตด้วยค้อนกระแทก



รูปที่ 3 การตรวจสอบตำแหน่งเหล็กเสริมในคอนกรีตด้วยเครื่องสแกน

2.4 การวิเคราะห์และการออกแบบเสริมความแข็งแรง

2.4.1 การวิเคราะห์

การคำนวณความแข็งแรงเฉพาะโครงสร้างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง โดยใช้กำลังอัดของคอนกรีตแบบไม่ทำลาย ด้วย Rebound Hammer Type N ซึ่งได้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงลูกบาศก์เท่ากับ 238 กก/ซม² ใช้ข้อกำหนดการวิเคราะห์อาคารดังนี้

1. เหล็กเสริม ใช้เหล็กเส้นกลม ชั้นคุณภาพ SR24 กำลังรับแรงดึงที่จุดครากเท่ากับ 2400 กก/ซม² ตาม มาตรฐาน มอก. 20-2543 และใช้เหล็กข้ออ้อย ชั้นคุณภาพ SD40 กำลังรับแรงดึงที่จุดครากเท่ากับ 4000 กก/ซม² ตาม มาตรฐาน มอก. 24-2548 [8]

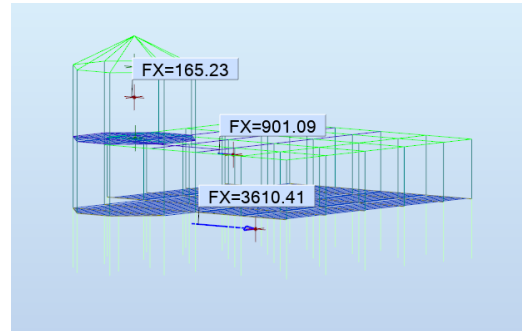
2. น้ำหนักบรรทุกจร ตามกฎกระทรวงกำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคารและลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 11

- หลังคา เท่ากับ 50 กก/ม²
- บ้านพักอาศัย เท่ากับ 200 กก/ม²

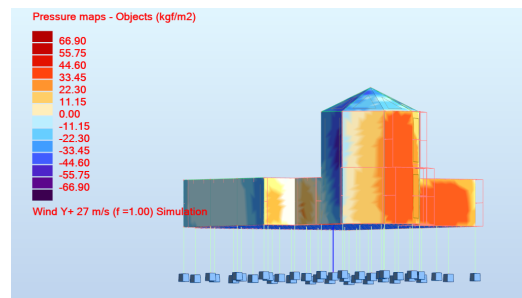
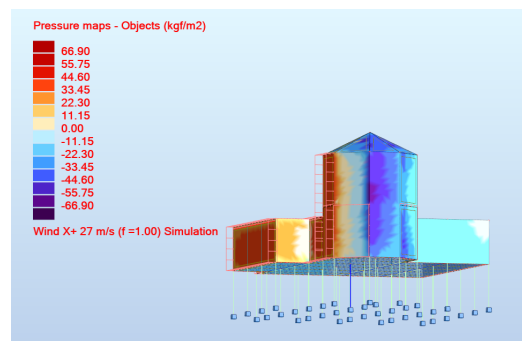
3. แรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว ตาม มยผ. 1301/1302-61 [9] มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวเกิด

แรงเฉือนที่ฐานเท่ากับ 3610.4 กก โดยมีขนาดของแรงเฉือนที่กระทำแต่ละชั้นของอาคารดังรูปที่ 4

4. แรงลม ตาม มผย.1311-50 [10] มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร ความเร็วลมเฉลี่ย 27 ม/วินาที เกิดแรงดันลมสูงสุดเท่ากับ 66.90 กก/ม² ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 ขนาดของแรงเฉือนเนื่องจากแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว



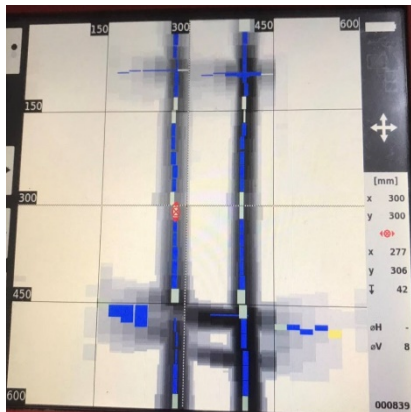
รูปที่ 5 ขนาดของแรงดันลม

2.4.2 การออกแบบ

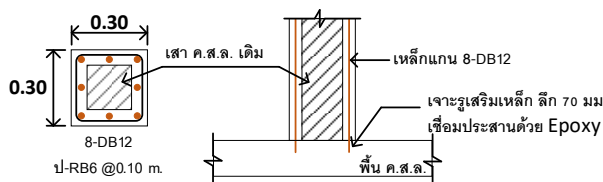
ผลการตรวจสอบภาคสนามพบว่าเสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีขนาดเท่ากับ 17x17 และ 20x20 ซม โดยเสริมเหล็กแกน 4-RB9 เหล็กปลอก RB6 @ 0.30 ม จากการตรวจสอบตำแหน่งและระยะของเหล็กเสริมโครงสร้างด้วย Hilti Ferro Scan PS200 ดังรูปที่ 6 เมื่อนำข้อมูลไปออกแบบโครงสร้างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง พบว่า เสามีอัตราส่วนเหล็กแกนต่อหน้าตัดเสาเท่ากับร้อยละ 0.8 ซึ่งไม่ถึงร้อยละ 1.0 แสดงว่าเสาไม่ผ่านตามข้อกำหนด สำหรับระยะห่างของเหล็กปลอกที่ให้มี

ระยะห่างเท่ากับ 30 เซนติเมตร ซึ่งน้อยที่สุดที่ยอมให้เท่ากับ 14.4 ซม. ซึ่งระยะการเสริมเหล็กเสาเดิมมีค่าเกินข้อกำหนด

ผู้วิจัยจึงพิจารณาการเสริมกำลังโครงสร้างเสาโดยวิธีเจาะ-เสียบเหล็กเสริมและเทคอนกรีตหุ้มเสาเดิมเพื่อเพิ่มพื้นที่หน้าตัดและความแข็งแรงโครงสร้างเสา ซึ่งเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับขนาดงาน รวมไปถึงการคำนวณค่าก่อสร้างและการทำงานของช่างในพื้นที่ นอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่ไม่ส่งผลกระทบต่อความสวยงามในด้านสถาปัตยกรรม อย่างไรก็ตามในการออกแบบ กำหนดค่ากำลังอัดของคอนกรีตเท่ากับ 240 กก/ซม² ที่อายุ 28 วัน และเสริมเหล็กแกนเสาด้วยเหล็กข้ออ้อย DB12 จำนวน 8 เส้น รััดด้วยปลอกเหล็กเส้นกลม RB6 ที่ระยะห่าง 10 ซม ดังรูปที่ 7

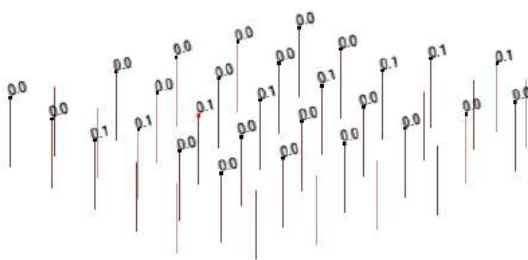


รูปที่ 6 ตำแหน่งและระยะการเสริมเหล็กในโครงสร้างจากเครื่อง Ferro Scan



รูปที่ 7 แบบขยายการเสริมกำลังเสา

ผลการออกแบบพบว่า หลังจากเสริมกำลัง เสามีกำลังเพียงพอในการรับแรงกระทำได้ และมีการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นเท่ากับ 0.0004 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่ยอมให้เท่ากับ 0.02 ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การเคลื่อนตัวด้านข้างของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การเตรียมพื้นที่

การเตรียมพื้นที่ก่อนการดำเนินงานควรติดตั้งเสาค้ำยันเพื่อความปลอดภัยทั้งโครงสร้างอาคารและผู้ปฏิบัติงาน อีกทั้งก่อนการปรับปรุงเสริมความแข็งแรงโครงสร้างเสาเดิมต้องทำการสกัดปูนฉาบบริเวณเสาเดิมออกทั้งหมด ซึ่งการติดตั้งเสาค้ำยันจะช่วยให้โครงสร้างเสาเดิมมีความมั่นคงในขณะที่มีการดำเนินการก่อสร้าง ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การเตรียมพื้นที่ก่อนการปรับปรุง

3.2 การเจาะ-เสียบเหล็กเสริม

การเจาะ-เสียบเหล็กเสริม เป็นการฝังเหล็กเสริมในโครงสร้างเดิมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงโดยใช้ยาเคมีอีพ็อกซี (Epoxy) ที่สามารถยึดประสานระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต โดยโครงสร้างเดิมที่ทำการฝากเหล็กเสริมเป็นโครงสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งได้มีการปรับปรุงใหม่ในการบูรณะครั้งนี้ ในโครงการนี้ใช้น้ำยาเคมีเจาะ-เสียบเหล็กหรือพุกเคมีแบบฉีด Hilti HIT-RE 500 V3 ซึ่งเหมาะสำหรับงานที่ต้องการกำลังในการยึดเกาะสูง นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพสูงกว่า อีพ็อกซีเจาะ-เสียบเหล็กที่ขายทั่วไปตามท้องตลาด โดยมีขั้นตอนการเจาะ-เสียบ ดังรูปที่ 10

3.2.1 เจาะรูในโครงสร้างคอนกรีตเดิม

เจาะรูเพื่อฝากเหล็กเสริมตามตำแหน่งที่ออกแบบ โดยมีความลึกและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสมตามการแนะนำของผู้ผลิต

3.2.2 ทำความสะอาดรูเจาะ

ทำความสะอาดฝุ่นและเศษวัสดุจากการเจาะด้วยการเป่าหรือดูดฝุ่นออก เพื่อให้เหล็กเสริมและคอนกรีตเดิมสามารถยึดประสานกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2.3 เติมน้ำยาอุดประสาน

เติมน้ำยาอุดประสานในรูเจาะในปริมาณตามที่ออกแบบ ด้วยน้ำยาเคมีหรือพุกเคมีแบบฉีดใช้คู่กับปืนฉีดกาว HDE 500-22 ซึ่งเป็นปืนฉีดน้ำยาเคมีไฮบริดที่มาพร้อมหัวผสมน้ำยา สามารถใช้งานสะดวกกว่าการใช้อีพ็อกซีทั่วไปที่ต้องทำการผสมวัสดุ 2 ชนิดเข้าด้วยกันตามอัตราส่วนตามคำแนะนำ

ของผู้ผลิต ซึ่งหากช่างทั่วไปที่ไม่มีความเข้าใจการใช้งาน อาจเกิดการผิดพลาดในการทำงานได้

3.2.4 ติดตั้งเหล็กเสริมใหม่

ใส่เหล็กเสริมใหม่โดยการหมุนตามเข็มนาฬิกาซ้ำๆ เพื่อให้หน้ายาเคมีประสานระหว่างเหล็กและคอนกรีตเดิม จากนั้นรอน้ำยาเคมีแข็งตัวตามระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นผูกเหล็กปลอกเสาในขั้นตอนต่อไป



(ก) เจาะรูที่คอนกรีตเดิม

(ข) ทำความสะอาดรูเจาะ



(ค) เติมน้ำยาเคมีในรูเจาะ

(ง) เสียบเหล็กเสริมในรูเจาะ



(จ) ผูกเหล็กปลอกหุ้มเสาคอนกรีตเดิม

รูปที่ 10 ขั้นตอนการเจาะ-เสียบเหล็กเสริมในคอนกรีตเดิม

3.3 การผสมคอนกรีต

การเทคอนกรีตพอกเสา เป็นการเทคอนกรีตหุ้มเสาคอนกรีตเดิม ซึ่งเสาคอนกรีตเดิมมีขนาดเท่ากับ 17 และ 20 ซม. ซึ่งมีช่องว่างที่จะทำการเทเพียงแค่ 5 ถึง 7 ซม. เท่านั้น โดยปกติแล้วหากเป็นการเทคอนกรีตหุ้มเสาที่มีความบางประมาณ 5 ถึง 10 ซม. ในงานเสริมกำลังส่วนใหญ่จะใช้ปูนไฮดรอลิกมอร์ตาร์ชนิดไม่หดตัว (Non-Shrink Grout) เนื่องจากมีคุณสมบัติไหลตัวได้ดี ไม่หดตัว และให้กำลังอัดสูงตั้งแต่ช่วงต้น [11] แต่เนื่องจากมี

ราคาสูง อาจทำให้ต้นทุนค่าก่อสร้างสูงตาม จึงต้องพิจารณาเลือกวัสดุอื่นทดแทนการใช้ปูนนอนชริงเกร้าท์

โครงการนี้ออกแบบวัสดุทดแทนการใช้ปูนสำเร็จรูปที่มีคุณสมบัติไหลเข้าแบบได้ง่าย ซึ่งใช้วัสดุอยู่ 2 ชนิด คือ คอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง (Self-Compacting Concrete) เทในเสาที่มีขนาดเดิมเท่ากับ 17 ซม. ซึ่งมีช่องว่างในการเทประมาณข้างละ 7 ซม. และใช้มอร์ตาร์ไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง (Self-Compacting Mortar) เทหุ้มเสาคอนกรีตที่มีขนาดเสาเดิมเท่ากับ 20 ซม. ซึ่งมีขนาดช่องว่างในการเทเพียงแค่ข้างละ 5 ซม. หากใช้คอนกรีตอาจทำให้มวลรวมติดอยู่ระหว่างเหล็กเสริม ส่งผลให้คอนกรีตเกิดการแยกตัว การพิจารณาใช้มอร์ตาร์จึงเป็นอีกทางเลือกที่เหมาะสม

อัตราส่วนผสมที่ใช้ในคอนกรีต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ หิน และ หิน ในอัตราส่วน 2.5 : 4 : 3 ซึ่งใช้หินที่มีขนาดโตสุดเท่ากับ 10 มม. มอร์ตาร์มีอัตราส่วนผสมได้แก่ ปูนซีเมนต์ เถ้าลอย และทราย ในอัตราส่วน 2 : 2 : 4 ใช้สารลดน้ำพิเศษ Type F ในปริมาณร้อยละ 1.0 และ 0.5 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ตามลำดับ กำหนดอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.30 ทั้งสองอัตราส่วนผสม หรือคิดปริมาณอัตราส่วนผสมโดยปริมาตรตามตารางที่ 1 ซึ่งในการพิจารณาเลือกใช้เถ้าลอยทดแทนการใช้ปูนซีเมนต์ในส่วนผสมมอร์ตาร์ เนื่องจากช่วยสมบัติของเถ้าลอยที่ช่วยในเรื่องการไหลของคอนกรีต [12] อีกทั้งยังช่วยลดค่าต้นทุนของวัสดุประสาน เนื่องจากส่วนผสมของมอร์ตาร์ใช้ปูนซีเมนต์ในปริมาณมาก นอกจากนี้ในการผสมคอนกรีต ใช้วิธีผสมด้วยเครื่องผสมคอนกรีต (Concrete mixer) ดังรูปที่ 11 เนื่องจากการเทคอนกรีตในพื้นที่จำกัดและต้องใช้ระยะเวลาในการเท จึงไม่สามารถส่งคอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mix) ได้

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของวัสดุโดยปริมาตร

วัสดุ (กก/ม ³)	คอนกรีต	มอร์ตาร์
ปูนซีเมนต์	583.9	556.8
เถ้าลอย	-	556.8
ทราย	93.3	1113.7
หิน	700.7	-
น้ำ	175.2	167.1
สารลดน้ำพิเศษ Type F	5.8	5.6



รูปที่ 11 การผสมมอร์ตาร์ไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง

3.4 การเทคอนกรีต

การเทคอนกรีตหุ้มโครงสร้างเสาเดิมที่มีความสูง 2 เมตร เป็นเสาชั้นใต้ดิน จึงมีข้อจำกัดในเรื่องพื้นที่การทำงานที่ยากต่อการเทคอนกรีต อีกทั้งช่องว่างในการเทน้อย เนื่องจากมีโครงสร้างคานรับชั้น 2 ขวางอยู่นอกจากนี้การเทคอนกรีตจากด้านบนของเสาอาจทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัว (Segregation) ส่งผลให้คอนกรีตเกิดช่องว่างหรือโพรงและเกิดการสูญเสียการรับกำลังและความทนทาน [13] จึงแก้ปัญหาด้วยการเจาะด้านข้างไม้แบบให้เป็นช่องสำหรับเทคอนกรีต เพื่อให้ง่ายต่อการทำงานและลดระยะความสูงในการเทคอนกรีต ดังรูปที่ 10 นอกจากนี้ยังใช้ค้อนยางช่วยเคาะให้คอนกรีตกระจายตัวไปด้านข้างในระหว่างการเท และเมื่อเทจนถึงระยะที่เจาะรู ใช้ไม้แบบที่เจาะออกนั้นปิดรูเจาะไว้จากนั้นเทคอนกรีตส่วนที่เหลือจากด้านบน



(ก) เสาที่เทด้วยคอนกรีต



(ข) เสาที่เทด้วยมอร์ตาร์

รูปที่ 13 เสาที่เทด้วยคอนกรีตและมอร์ตาร์แบบไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง



รูปที่ 12 การเทคอนกรีต

4. ผลการดำเนินงาน

การปรับปรุงเสริมความแข็งแรงโครงสร้างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีการเจาะ-เสียบเหล็กเสริมโครงสร้างเดิม โดยใช้สกรูเคมิดึงยึดประสานที่สามารถยึดระหว่างเหล็กเสริมและคอนกรีตได้ดี อีกทั้งการผสมคอนกรีตเทหุ้มโครงสร้างเสาเดิมด้วยคอนกรีตและมอร์ตาร์แบบไหลอัดแน่นด้วยตัวเองยังสามารถหุ้มเสาที่มีความบางเพียงแค่ 5 ถึง 7 ซม. ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังรูปที่ 13 และ 14 นอกจากนี้ยังได้มีการเก็บตัวอย่างคอนกรีตและมอร์ตาร์ที่ได้จากการผสมที่หน้างาน นำไปทำการทดสอบหาลำดับรับแรงอัด ณ ห้องปฏิบัติการ ซึ่งได้ค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตและมอร์ตาร์แบบไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง เท่ากับ 309.8 และ 410.8 กก/ซม² ตามลำดับ ที่อายุ 180 วัน

เมื่อเปรียบเทียบราคาระหว่างคอนกรีตและมอร์ตาร์แบบไหลอัดแน่นด้วยตัวเองของอัตราส่วนผสมที่ใช้ในงานนี้กับปูนนอนซิ่งเกร้าท์ที่ขายในท้องตลาดดังตารางที่ 2 พบว่า คอนกรีตและมอร์ตาร์แบบไหลอัดแน่นด้วยตัวเองราคาต่ำกว่าการใช้ปูนนอนซิ่งเกร้าท์เป็นอย่างมาก ซึ่งราคาของคอนกรีตแบบไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง เท่ากับ 2,387 บาท/ม³ และมอร์ตาร์แบบไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง เท่ากับ 3,057 บาท/ม³ ขณะที่ปูนนอนซิ่งเกร้าท์ มีราคาเท่ากับ 22,500 บาท/ม³ หรือต่ำกว่าประมาณร้อยละ 89.4 และ 86.4 ตามลำดับ



รูปที่ 14 โครงสร้างเสาหลังการปรับปรุงเสริมความแข็งแรงด้วยคอนกรีตเทหุ้มเสา

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบราคาคอนกรีตและมอร์ตาร์ไหลอัดแน่นด้วยตัวเองกับปูนนอนซิ่งเกร้าท์

วัสดุ (กก/ม ³)	ราคา (บาท/กก)	ราคา (บาท/ม ³)		
		คอนกรีต	มอร์ตาร์	ปูนนอนซิ่ง-เกร้าท์
ปูนซีเมนต์	2.5	1,460	1,392	ใช้ประมาณ 75 ถุง และ 1 ถุง ราคาประมาณ 300 บาท
เถ้าลอย	1.8	-	1,002	
ทราย	0.5	467	557	
หิน	0.5	350	-	
สารลดน้ำพิเศษ	19	110	106	
ราคารวม		2,387	3,057	22,500



(ก) ก่อนปรับปรุง



(ข) หลังปรับปรุง

รูปที่ 15 เปรียบเทียบบ้านโบราณก่อนและหลัง
การปรับปรุงเสริมความแข็งแรงเสา

5. บทสรุป

การประยุกต์ใช้เทคนิคทางวิศวกรรมสมัยใหม่เพื่อบูรณะและเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างบ้านโบราณด้วยการตรวจสอบโครงสร้างอาคารโดยวิธีการตรวจสอบโครงสร้างแบบไม่ทำลายด้วยคลื่นกระแทกและการตรวจสอบหาตำแหน่งของเหล็กเสริม ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถประเมินสภาพของโครงสร้าง อีกทั้งช่วยให้การวิเคราะห์ออกแบบ รวมไปถึงแนวทางการปรับปรุงการเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

การปรับปรุงเสริมความแข็งแรงโครงสร้างเสาคอนกรีตของบ้านโบราณโดยการเพิ่มขนาดหน้าตัดเสาด้วยวิธีการเจาะ-เสียบเหล็กเสริมและการเทคอนกรีตหุ้มเสา สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างได้มากขึ้นโดยไม่ทำลายโครงสร้างเดิม อีกทั้งยังคงรักษาสถาปัตยกรรมโบราณที่เป็นเอกลักษณ์ทางประวัติศาสตร์ และช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของบ้านให้ยาวนานขึ้น อย่างไรก็ตามการนำเทคโนโลยีและเทคนิคทางวิศวกรรมที่กล่าวถึงและปฏิบัติในบทความนี้สามารถเป็นแนวทางให้กับผู้รับเหมาหรือช่างผู้ปฏิบัติงานในการบูรณะอาคารเก่าหรือบ้านโบราณอื่นๆในอนาคตได้นอกจากนี้การเลือกใช้คอนกรีตและมอร์ตาร์แบบไหลอัดแน่นด้วยตัวเองแทนการใช้ปูนนอกรังเกีราฐสามารถลดต้นทุนการก่อสร้างได้อย่างมาก

ภายหลังจากที่บ้านโบราณหลังนี้ได้รับการบูรณะเสริมความแข็งแรงโครงสร้างเสา ซึ่งบ้านโบราณหลังนี้ยังไม่ได้มีการเข้าพักอาศัยจริง เนื่องจาก

อยู่ระหว่างการก่อสร้างในส่วนงานสถาปัตยกรรม แม้ว่าบ้านโบราณหลังนี้ผ่านการเสริมความแข็งแรงโครงสร้างแล้วเสร็จในเดือนกันยายน พ.ศ. 2567 ก่อนเจออุทกภัยน้ำท่วมครั้งใหญ่ในพื้นที่ภาคเหนือ ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2567 ซึ่งโดนน้ำท่วมซึ่งเป็นเวลานานกว่า 1 เดือน ดังรูปที่ 16 จากการเข้าตรวจสอบอาคารหลังน้ำท่วม พบว่า อาคารไม่เกิดความเสียหายใดๆ อีกทั้งในวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2568 ได้เกิดเหตุแผ่นดินไหว ขนาด 7.7 มีจุดศูนย์กลางที่ประเทศเมียนมา โดยมีรายงานจากกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ว่ามีพื้นที่รับรู้แรงสั่นสะเทือนรวมจำนวน 63 จังหวัด และมีพื้นที่ได้รับความเสียหายจำนวน 18 จังหวัด และกรุงเทพมหานคร โดยที่อาคารบ้านไม้โบราณได้ตรวจพบรอยร้าวบริเวณปูนฉาบเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังรูปที่ 17 หากอาคารหลังนี้ยังไม่ได้รับการบูรณะเสริมความแข็งแรงโครงสร้าง เมื่อต้องเจอภัยพิบัติทางธรรมชาติ อาจส่งผลกระทบต่อความเสียหายกับบ้านโบราณหลังนี้ได้ไม่มากนักน้อย อย่างไรก็ตามบ้านไม้โบราณหลังนี้สามารถผ่านวิกฤตการณ์ครั้งใหญ่มาได้



รูปที่ 16 บ้านโบราณขณะน้ำท่วม เดือน ตุลาคม 2567



รูปที่ 17 รอยแตกที่ปูนฉาบเสาหลังเกิดแผ่นดินไหว 28 มีนาคม 2568

ข้อเสนอแนะ

จากเทคนิคการเสริมความแข็งแรงโครงสร้างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กในโครงการนี้ สามารถนำไปปรับใช้กับงานอื่นๆได้ เช่น งานปรับปรุงอาคารเก่า บ้านเก่า รวมไปถึงอาคารที่มีการปรับเปลี่ยนลักษณะการใช้งาน ที่ต้องการรับน้ำหนักเพิ่มขึ้น จำเป็นต้องมีการเพิ่มขนาดโครงสร้าง หรือกรณีที่ต้องการเพิ่มความแข็งแรงเพื่อรองรับกับภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดบ่อยขึ้นในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังสามารถนำไปซ่อมแซม แก้ปัญหาโครงสร้างที่ได้รับ ความเสียหายในระดับที่ยังสามารถซ่อมได้ ซึ่งเป็นวิธีการที่ช่างสามารถทำได้ง่ายและค่าใช้จ่ายไม่สูงจนเกินไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำบทความนี้ขอขอบคุณ ผศ.วรพรรณ นันทวงศ์ ที่ได้ให้คำแนะนำแนวทางการบูรณะและให้โอกาสทางคณะผู้จัดทำได้เข้าไปนำเสนอแนวทางการทำงานกับเจ้าของบ้านโบราณหลังนี้ ขอขอบคุณ คุณชนิตา แสงรัตน์ เจ้าของบ้านที่มอบโอกาสให้คณะผู้จัดทำได้เข้าไปมีส่วนร่วมในการตรวจประเมินโครงสร้างและปรับปรุงเสริมความแข็งแรงโครงสร้างบ้านโบราณหลังนี้ ขอขอบคุณ บริษัท ชีก้า (ประเทศไทย) จำกัด และบริษัท ฟอสร็อค (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเคมีผสมเพิ่มชนิดพิเศษเพื่อใช้ในการผลิตคอนกรีตและมอร์ตาร์ไหลอัดแน่นด้วยตัวเองครั้งนี้ ขอขอบคุณ หจก.วินฟินส์คอนสตรัคชั่น ที่สนับสนุนข้อมูลในการบูรณะและเสริมความแข็งแรงโครงสร้างครั้งนี้ และขอขอบคุณหลักสูตรวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ผลการทดสอบกำลังอัด และการตรวจสอบหาตำแหน่งของเหล็กเสริม

เอกสารอ้างอิง

- [1] ภาควิชา ภูมิ มงคลสังข์ และ ไตรทศ ขำสุวรรณ (2560) วิธีการประเมินโครงสร้างอาคาร. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 2, นครปฐม, 20-21 มิถุนายน 2560, หน้า 169-177.
- [2] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2562). คู่มือการเสริมความมั่นคงแข็งแรงโครงสร้างอาคาร. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, หน้า 7-10.
- [3] Hilti (2023). Post-Installed Reinforcing Rebar Guide. *Post-Installed Rebar Guide Technical information HILTI*, pp. 3-67.
- [4] เฉลิมชัย วัฒนล้ำเลิศ และ สมนึก ตั้งเต็มสิริกุล (2011). SELF-COMPACTING CONCRETE และการใช้งานในอุตสาหกรรมการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป PRECAST CONCRETE. *วารสารคอนกรีต*, ฉบับที่ 12, ประจำเดือน เมษายน, หน้า 2-17.
- [5] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2551). มาตรฐานการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย การตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีตรวจพินิจ (Visual Inspection Method). *มาตรฐานการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย มยผ. 1501-51*, หน้า 1-18.
- [6] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2551). มาตรฐานการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย วิธีหาค่าความแข็งแรงของคอนกรีตด้วยค้อนกระแทก (Rebound Hammer). *มาตรฐานการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย มยผ. 1502-51*, หน้า 19-26.
- [7] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2551). มาตรฐานการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย วิธีตรวจสอบหาตำแหน่งเหล็กเสริมในคอนกรีต (Cover Meter). *มาตรฐานการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย มยผ. 1505-51*, หน้า 45-51.
- [8] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2548). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต:เหล็กข้ออ้อย. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 24-2548*, หน้า 1-14.
- [9] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2564). มาตรฐานการออกแบบอาคารด้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มยผ. 1301/1302-61 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). บริษัท เอส.พี.เอ็ม. การพิมพ์ จำกัด, หน้า 37-65.
- [10] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550). มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร มยผ. 1311-50, บริษัท เอส.พี.เอ็ม. การพิมพ์ จำกัด, หน้า 8-47.
- [11] ชีก้า ประเทศไทย. (2021). ปูนเกร้าท์ คืออะไร ต่างจากคอนกรีตอย่างไร. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2568, จาก <https://tha.sika.com/th/knowledge/what-is-non-shrink-grout.html>.
- [12] ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และปริญญา จินดาประเสริฐ, 2561, *ปูนซีเมนต์ปอซโซลาน และคอนกรีต*, สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย, หน้า 302-313.
- [13] บริษัท ทีพีไอ คอนกรีต จำกัด (2551). *คอนกรีตเทคโนโลยี*. คอนกรีต ทีพีไอ, หน้า 42-4