

การสำรวจโครงสร้างหลังคาป้อมมหากาฬ

A Structural Survey of the Roof of Mahakan Fortress

รับบทความ	23/04/2568
แก้ไขบทความ	24/07/2568
ยอมรับบทความ	13/08/2568

พิสิฐ พินิจจันทร์ ภัทรานิษฐ์ ศุภวโรภาส* พรพุดิ ศุภเฒ ปุณณ์ ขวัญสุวรรณ
ภาควิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะและการออกแบบ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Pisit Pinijjan, Phattranis Suphavarophas, Ponnputt Suppa-Aim, Poon Khwansuwan
Department of Architecture and Planning, School of Architecture, Art, and Design,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

pisit.pi@kmitl.ac.th, phattranis.su@kmitl.ac.th, ponnputt.su@kmitl.ac.th, poon.kh@kmitl.ac.th

*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

บทคัดย่อ

ป้อมมหากาฬเป็นหนึ่งในสองป้อมปราการในเขตเมืองเก่าของกรุงเทพมหานครที่ยังคงเหลืออยู่ นับเป็นโบราณสถานที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ มีประวัติความเป็นมาตั้งแต่ยุคต้นกรุงรัตนโกสินทร์ รูปทรงและองค์ประกอบของหลังคาโครงสร้างไม้ของป้อมเป็นหนึ่งในสิ่งที่น่าศึกษาในเชิงสถาปัตยกรรมและโครงสร้าง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจ วิเคราะห์ และบันทึกข้อมูลโครงสร้างหลังคาของป้อมมหากาฬ โดยประยุกต์ใช้กระบวนการผสมผสานระหว่างการรังวัดและเขียนแบบด้วยมือร่วมกับเทคโนโลยีการสแกนสามมิติ เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติของโครงสร้างหลังคา ผลการศึกษาลักษณะโครงสร้างหลังคาป้อมประกอบด้วยหลังคาตั่วล่างและดาดบน ใช้ระบบจันทันแอ่นโค้ง มีฐานเป็นข้อไม้ขัดกันรูปกากบาทรับเสาดักดาและองค์ประกอบทางโครงสร้างอื่น ๆ อย่างเป็นระบบ ข้อมูลจากการสำรวจนำไปสู่การสร้างแบบจำลองสามมิติแสดงลำดับของระบบโครงสร้างจากฐานสู่ยอดหลังคาเป็นการบูรณาการระหว่างการสำรวจภาคสนามแบบดั้งเดิมกับเทคโนโลยีการสแกนสามมิติ เป็นส่วนหนึ่งของฐานข้อมูลเชิงโครงสร้าง เพื่อประโยชน์ในการศึกษาเชิงลึกหรือการอนุรักษ์ต่อไป

คำสำคัญ: ป้อมมหากาฬ การสำรวจโครงสร้างหลังคา โครงสร้างไม้

Abstract

Mahakan Fortress is one of Bangkok's only two surviving forts from the early Rattanakosin period and holds significant historical value. The fortress' wooden roof form and structure are worth recording and studying. This study aims to systematically survey, analyze, and document the roof structure of Mahakan Fortress through an integrated methodology that combines traditional hand-drawn surveying with 3D scanning technology to produce an accurate 3D structural model. The findings reveal that the roof structure of the fort comprises both lower and upper tiers, utilizing a system of curved rafters. The base consists of interlocked timber beams arranged in a cross-shaped configuration, systematically supporting doll columns and other structural components. Data collected from fieldwork and digital scanning were synthesized to construct a 3D model that illustrates the hierarchical configuration of the roof structure, from its foundation to the apex. This study integrates traditional field surveying with 3D scanning to convey structural data. The outcome serves as a basis for further research and conservation.

Keywords: *Mahakan Fortress, roof structure survey, timber structures*

บทนำ

ป้อมมหากาฬสร้างขึ้นสมัยต้นกรุงรัตนโกสินทร์ในรัชกาลที่ 1 (พ.ศ. 2326) เพื่อป้องกันพระนครครั้งเมื่อพระบาทสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลก (รัชกาลที่ 1) ทรงสถาปนากรุงรัตนโกสินทร์ในปี พ.ศ. 2325 โปรดฯ ให้สร้างหลักเมืองและพระราชมนต์ด้วยเครื่องไม้เป็นการชั่วคราว ต่อมาจึงโปรดฯ ให้สร้างพระนคร รวมถึงกำแพงและป้อมปราการขึ้นในปี พ.ศ. 2326 ดังความในพระราชพงศาวดารกรุงรัตนโกสินทร์ฉบับหอสมุดแห่งชาติที่ได้กล่าวไว้ว่า “ในจุลศักราช 1145 ปีเถาะ เบญจศก (พ.ศ. 2326) โปรดให้ตั้งกองสักเลขไพร่หลวงสมกำลังและเลขหัวเมืองทั้งปวงแล้วให้เกณฑ์ทำอิฐใหม่ขึ้นบ้างให้ไปรื้อกำแพงเมืองกรุงเก่าลงมาบ้าง ลงมือก่อสร้างพระนคร... ครั้นขุดคลองและเตรียมอิฐปูนและตัวไม้สำหรับก่อสร้างพระนครพร้อมแล้วจึงโปรดให้เกณฑ์ลาวเมืองเวียงจันทน์ 5,000 และมีตราให้หาผู้ว่าราชการหัวเมือง ตลอดจนหัวเมืองลาวริมแม่น้ำโขงปากตะวันตกเข้ามาพร้อมกันในกรุง แล้วให้ปักปันหน้าที่ทั้งข้าราชการในกรุงและหัวเมือง ให้คนไพร่ช่วยกันขุดรากกำแพงรอบพระนคร” กำแพงพระนครสูงประมาณ 7 ศอก (3.60 เมตร) หนาประมาณ 5 ศอก (2.70 เมตร) พร้อมกับสร้างป้อมปราการเรียงรายตามกำแพงเป็นระยะ ๆ ห่างกันป้อมละประมาณ 10 เส้น (ประมาณ 0.5 กิโลเมตร) รวมทั้งหมด 14 ป้อม



ภาพ 1 ป้อมมหากาฬจากภาพถ่ายในอดีต

ที่มา: ป้อมมหากาฬ [ภาพถ่ายจากหอจดหมายเหตุแห่งชาติ] โดย ศูนย์มานุษยวิทยาสิรินธร (องค์การมหาชน), 2021.

(<https://archaeology.sac.or.th/archaeology/773>)

เมื่อเวลาผ่านไป จากการเปลี่ยนแปลงของบริบททางสังคมและเมืองทำให้ป้อมมหากาฬสูญเสียหน้าที่ทางการทหาร ปัจจุบันเป็นโบราณสถานที่ถูกขึ้นทะเบียนโดยกรมศิลปากร (พ.ศ. 2492) ในปัจจุบันป้อมที่สร้างขึ้นในสมัยรัชกาลที่ 1 ทั้งหมด 14 ป้อม คงเหลืออยู่เพียง 2 แห่ง ได้แก่ ป้อมพระสุเมรุพังลง กรมศิลปากรจึงประกอบใหม่จากรูปถ่ายเดิมในยุคสมัยรัชกาลที่ 4 และอีกแห่งคือ ป้อมมหากาฬที่แม้ว่าจะมีการเสื่อมสภาพแต่ได้รับการบูรณะและอนุรักษ์เรื่อยมา ปัจจุบันป้อมมหากาฬเป็นโบราณสถานสำคัญของชาติ

แม้ว่าป้อมมหากาฬจะได้รับการบูรณะและดูแลอย่างต่อเนื่องแต่ปัจจุบันโครงสร้างบางส่วนและโครงสร้างหลังคายังมีการเสื่อมสภาพตามกาลเวลา ซึ่งความเสียหายดังกล่าวมีผลกระทบต่อความมั่นคงของโครงสร้างและอาจส่งผลกระทบต่อความสมบูรณ์ของมรดกสถาปัตยกรรม จึงมีความจำเป็นในการดำเนินการสำรวจ วิเคราะห์ และบันทึกข้อมูลโครงสร้างหลังคาประกอบกับข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างหลังคาป้อมป้องกันพระนครมีอยู่น้อยและไม่เคยถูกสำรวจ หรือเผยแพร่ การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการสำรวจโครงสร้างหลังคา วิธีการศึกษาโดยทบทวนวรรณกรรมและการสำรวจรังวัดเขียนแบบด้วยมือประกอบกับเทคโนโลยีการสแกนสามมิตินำไปสู่การสร้างแบบจำลองสามมิติเพื่อบันทึกโครงสร้าง ผลการศึกษานี้คาดว่าจะสามารถบูรณาการงานรังวัดร่วมกับเทคโนโลยีการสแกนสามมิติทำให้สามารถสร้างแบบจำลองโครงสร้างหลังคาซึ่งช่วยให้เห็นลำดับชั้นส่วนและระบบ อันเป็นข้อมูลเชิงโครงสร้างของหลังคาป้อมมหากาฬ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อทำการสำรวจโครงสร้างหลังคาป้อมมหากาฬ โดยทบทวนวรรณกรรมและการสำรวจจริงวัดเขียนแบบด้วยมือประกอบกับเทคโนโลยีการสแกนสามมิติ นำไปสู่การสร้างแบบจำลองสามมิติเพื่อบันทึกโครงสร้าง

ทบทวนวรรณกรรม

กรมศิลปากรได้ขึ้นทะเบียนป้อมมหากาฬพร้อมด้วยกำแพงเมืองเป็นโบราณสถานสำคัญของชาติ ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 66 ตอนที่ 65 วันที่ 22 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2492 ตามพระราชบัญญัติว่าด้วยโบราณสถานศิลปวัตถุ และการพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ พุทธศักราช 2477 สะท้อนความสำคัญของมรดกทางวัฒนธรรม

ในด้านการสำรวจและบันทึกโครงสร้างเริ่มต้นด้วยการรังวัดอาคาร คือกระบวนการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่และโครงสร้างของอาคารเพื่อสร้างแบบจำลองหรือแผนผังที่แม่นยำสำหรับการวิเคราะห์ ซ่อมแซม ปรับปรุง หรืองานก่อสร้าง วิธีการรังวัดแบบดั้งเดิมมักใช้การวัดและเขียนแบบด้วยมาตรฐานการเขียนแบบสากล เช่น 1:100, 1:50 และ 1:25 เนื่องจากต้องการความละเอียดสูงในการบันทึกข้อมูลโครงสร้างและรายละเอียดทางสถาปัตยกรรมอย่างครบถ้วน เพื่อรักษาคุณค่าและลักษณะเดิมของโบราณสถานหรืออาคารประวัติศาสตร์ให้อยู่ในสภาพที่ถูกต้อง

นอกจากวิธีการแบบดั้งเดิม เทคโนโลยีเลเซอร์สแกนสามมิติ (3D Laser Scanning) หรือ เทคโนโลยีการสแกนสามมิติ (Three-dimensional scanning technology) ที่กำลังพัฒนาในแทบทุกสาขาของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยระบบสแกนสามมิติ มักถูกนำมาใช้สำหรับการสแกนวัตถุขนาดใหญ่และโครงสร้างพื้นฐานทางวิศวกรรม (Piekarczyk, 2024) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลรายละเอียดของอาคารในรูปแบบกลุ่มจุดสามมิติ (point cloud) ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำสามารถสะท้อนสภาพอาคารปัจจุบันอย่างถูกต้อง (ฐานวัฒน์ จินานุสรณ์ และคณะ, 2566) เทคโนโลยีเลเซอร์สแกนสามมิติสามารถปรับใช้ได้กับหลายรูปแบบ ตัวอย่างของการประยุกต์ ได้แก่ วัดการเปลี่ยนแปลงของรูปทรง หรือโครงสร้างของผนังที่ติดตั้งระบบฉนวนกันความร้อน (ETICS) เมื่อผนังได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่ควบคุม (Piekarczyk, 2024) การประยุกต์ใช้เครื่องมือเลเซอร์สแกนสามมิติร่วมกับการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อเก็บข้อมูลและสร้างแบบจำลองดิจิทัลของอาคาร (ฐานวัฒน์ จินานุสรณ์ และคณะ, 2566)

ทั้งการรังวัดอาคาร หรือเทคโนโลยีเลเซอร์สแกนสามมิติมีเป้าหมายเพื่อการทำแบบทางสถาปัตยกรรมที่มีความถูกต้อง ปัจจุบันนิยมเก็บข้อมูลอาคารในรูปแบบของแบบจำลองสามมิติซึ่งสามารถตรวจสอบรายละเอียดได้ครบถ้วน (Gimenez et al., 2015) ช่วยในการสื่อสารข้อมูลระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้อย่างชัดเจนและรวดเร็วมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยเก็บข้อมูลอาคารในสภาพปัจจุบันไว้อย่างละเอียดเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการดูแลรักษาในอนาคต

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) ผสมผสานกับการวิจัยเชิงเทคนิคด้านวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม โดยมีระเบียบวิธีวิจัยการสำรวจโครงสร้างหลังคาป้อมมหากาฬแบ่งออกเป็น

ข้อมูลโครงสร้างหลังคาป้อมมหากาฬ โดยการทบทวนวรรณกรรมมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความเป็นมาและการบูรณะป้อมมหากาฬ คุณลักษณะด้านการใช้งาน และคุณลักษณะด้านโครงสร้าง

การสำรวจจริงวัดเขียนแบบด้วยมือและเทคโนโลยีการสแกนสามมิติ การบันทึกสภาพและองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมของโบราณสถานให้ครบถ้วนและถูกต้อง จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการสำรวจที่ผสมผสานระหว่างวิธีการดั้งเดิมและเทคโนโลยีสมัยใหม่ การใช้ทั้งการรังวัดและการสแกนสามมิติจึงมีบทบาทร่วมกันในการเก็บข้อมูลทางสถาปัตยกรรมและโครงสร้าง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมทั้งเชิงปริมาณ (รูปทรง ขนาด ตำแหน่ง) และเชิงคุณภาพ (รอยต่อ ความเสื่อมสภาพ รายละเอียดช่าง)

การสร้างแบบจำลองสามมิติเพื่อบันทึกโครงสร้าง จากข้อมูลการรังวัดและข้อมูล Point Cloud ที่ได้จากการสแกนสามมิติสามารถนำไปสร้างแบบจำลองสามมิติ (3D Modeling) ตามองค์ประกอบของโครงสร้างหน่วยย่อย เช่น เสา ช่อ จันทัน การสร้างแบบจำลองจะช่วยให้เห็นภาพรวมของระบบโครงสร้างหลังคา เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วน

ผลการวิจัย

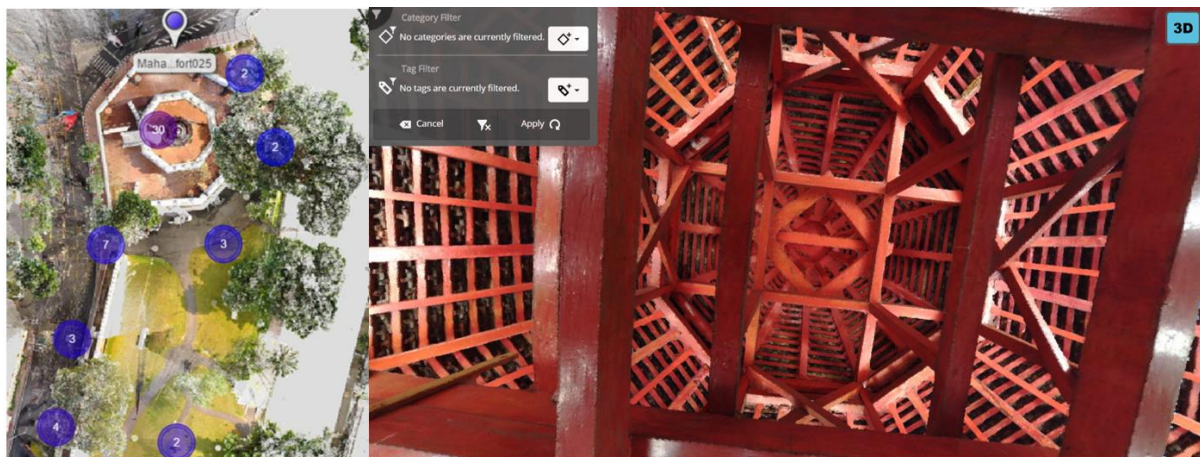
ข้อมูลโครงสร้างหลังคาป้อมมหากาฬ

ความเป็นมาและการบูรณะป้อมมหากาฬ กรมศิลปากรได้ขึ้นทะเบียนป้อมมหากาฬพร้อมด้วยกำแพงเมืองเป็นโบราณสถานสำคัญของชาติ โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 66 ตอนที่ 65 วันที่ 22 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2492 ป้อมมหากาฬได้รับการบูรณะซ่อมแซมครั้งแรกเมื่อเดือนกันยายน พ.ศ. 2502 อีกครั้งใน พ.ศ. 2524 โดยกรมศิลปากร ด้วยความร่วมมือจากกรุงเทพมหานคร เนื่องในโอกาสสมโภชกรุงรัตนโกสินทร์ครบ 200 ปี ในการบูรณะปฏิสังขรณ์หอรบป้อมมหากาฬครั้งนี้พบว่า ส่วนโครงสร้างหลังคาหอรบเป็นส่วนที่มีการชำรุดเสียหายเป็นอย่างมาก

คุณลักษณะด้านการใช้งาน ป้อมมหากาฬเป็นหนึ่งในป้อมปราการที่สร้างขึ้นในยุคราชกาลที่ 1 แห่งกรุงรัตนโกสินทร์ เพื่อใช้เป็นแนวป้องกันเมืองจากการโจมตี ปัจจุบันยุคสมัยได้เปลี่ยนแปลงไป ป้อมแห่งนี้จึงเลิกใช้ในฐานะป้อมทางทหาร และกลายเป็นโบราณสถานที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์

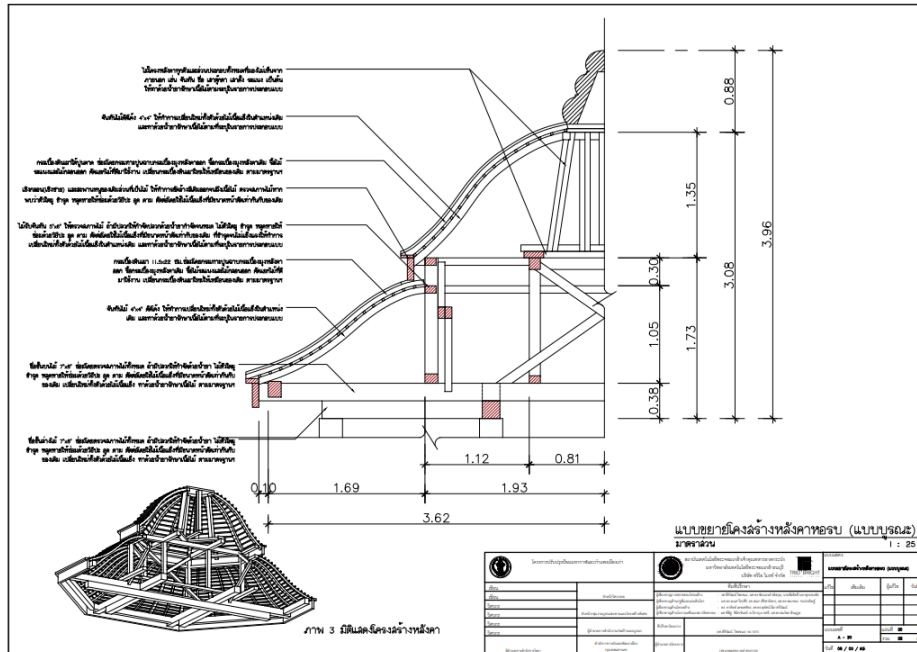
คุณลักษณะด้านโครงสร้าง โครงสร้างป้อมเป็นระบบผนังรับน้ำหนัก วัสดุก่ออิฐฉาบปูน ฐานรากแข็งแรงจากการถมอิฐหลายชั้น โครงสร้างหลังคามีความซับซ้อน เนื่องจากอาคารมีผังพื้นเป็นรูป 8 เหลี่ยมด้านเท่า และหลังคาเป็นลักษณะทรงหมวกแฉ่นโค้ง 2 ชั้น โครงสร้างหลังคาทั้งหมดทำด้วยไม้ มุงด้วยกระเบื้องดินเผาไม่เคลือบสี ด้านบนสุดของกระเบื้องฉาบปูนขาวทับอีกหนึ่งชั้น

การสำรวจโครงสร้างหลังคาป้อมมหากาฬ ภาคส่วนที่มีหน้าที่ในกระบวนการสำรวจ ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญการตรวจสอบโครงสร้าง ผู้เชี่ยวชาญด้านปฐพีและแผ่นดินไหว ผู้เชี่ยวชาญด้านโครงสร้าง และผู้เชี่ยวชาญด้านโบราณคดีและสถาปัตยกรรม โดยการสำรวจโครงสร้างหลังคาป้อมมหากาฬในบทความนี้ดำเนินการโดยฝ่ายโบราณคดีและสถาปัตยกรรมทำการสำรวจรังวัดเขียนแบบด้วยมือ (ภาพ 4-6) ประกอบกับข้อมูลการสแกนสามมิติ (3D Scanning) กล้อง Faro Laser Scanner จากฝ่ายตรวจสอบโครงสร้าง (ภาพ 2) จากข้อมูลจึงได้จัดทำแบบจำลองสามมิติเพื่อบันทึกโครงสร้างหลังคาป้อมมหากาฬ



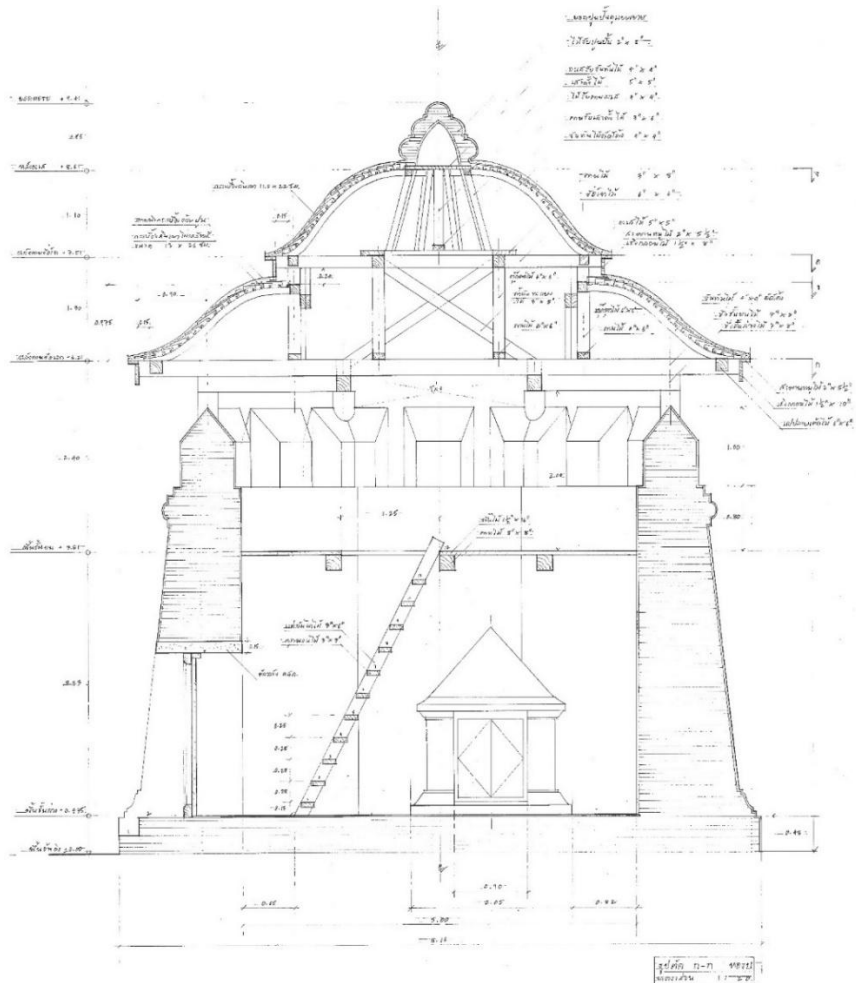
ภาพ 2 การสแกนสามมิติ (3D Scanning)

ที่มา: ภาพได้รับความเอื้อเฟื้อจาก ศ.ดร.ชัยณรงค์ อธิสกุล, 2563



ภาพ 3 แบบขยายโครงสร้างหลังคา มาตราส่วน 1:25

ที่มา: โครงการปรับปรุงซ่อมมณฑาพและกำแพงเมืองเก่า สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร งบประมาณประจำปี พ.ศ. 2561, 2563 (รายงานโครงการแบบก่อสร้าง) โดย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, และบริษัท ทริโอ ไบรท์ จำกัด, 2563.
สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร.

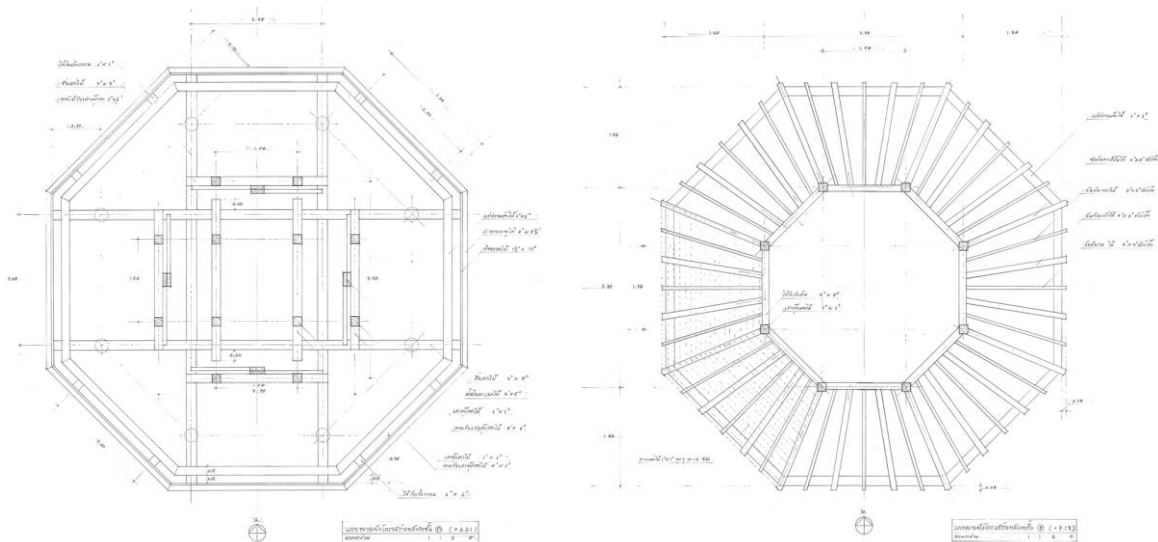


ภาพ 4 การสำรวจวัดเขียนแบบด้วยมือ รูปตัดในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก มาตราส่วน 1:20

ที่มา: ผู้วิจัย, 2563

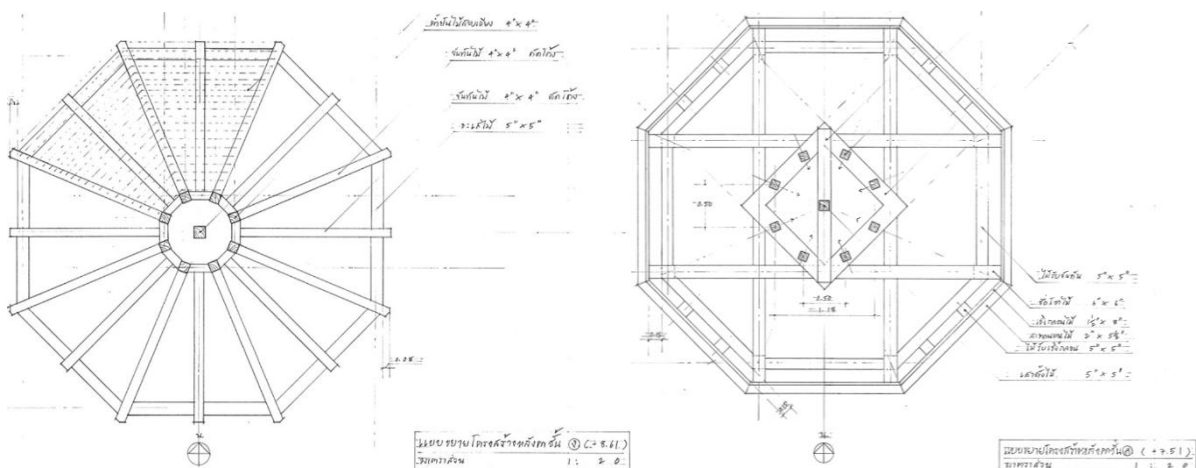
ลักษณะโครงสร้างของป้อมมหากาฬ (ภาพ 4) เป็นโครงสร้างแบบผนังรับน้ำหนัก (wall bearing) ผนังด้านชั้นล่างก่อมีความหนา 1.20 เมตร สอดเอียงไปชั้นบน ผนังชั้นบนหนาประมาณ 0.85 เมตร โดยพื้นชั้นล่างเป็นการอัดดินให้แน่นเทปูนและปูกระเบื้องดินเผา ส่วนโครงสร้างพื้นชั้นบนเป็นระบบพื้นไม้ขนาด 1.5x16 นิ้ว มีคานไม้ขนาด 8x8 นิ้ว เป็นตัวรับน้ำหนักโดยไม่มีตง เจาะช่องพื้นบริเวณกลางขนาดกว้าง 1.25 ยาว 1.25 เมตร เพื่อเปิดเป็นช่องบันไดขึ้นมาจากชั้นล่าง ส่วนโครงสร้างหลังคามีข้อไม้ขนาด 7x8 นิ้ว ขัดกันเป็นเครื่องหมายบวก เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักหลักของโครงหลังคาทั้งหมด

แบบแสดงผังโครงสร้างหลังคาชั้นล่างสุด (ภาพ 5) ที่เกิดจากการวางข้อไม้ขนาด 7x8 นิ้ว วางซ้อนกันสองชั้นเป็นการพาดช่วงกว้าง 5.85 เมตร จากเสาคู่ด้านหนึ่งไปยังเสาที่อยู่ตรงข้าม หลังจากนั้นจะมีการพาดสะพานเพื่อทำหน้าที่รับเสาดูกตาจำนวน 8 ต้น เพื่อขึ้นไปรับคาน รับจันทันของหลังคาต่อบ้าง และรับน้ำหนักของหลังคาต่อบน ซึ่งจันทันของหอรบทั้งหมดเป็นจันทันแอ่นโค้ง จันทันของหลังคาต่อบ้างจะมี 2 ขนาดคือ จันทันไม้ขนาด 4x4 นิ้ว และไม้ขนาด 2x2 นิ้ว ส่วนจันทันของหลังคาต่อบนจะใช้ไม้ขนาดเดียวกันหมดคือจันทันไม้ขนาด 4x4 นิ้ว ระหว่างเสาดูกตารับหลังคาต่อบนนี้จะมีไม้ค้ำยันทแยงขนาด 3x5 นิ้ว ทั้ง 4 ทิศ คือทิศเหนือ ได้ ตะวันออก และตะวันตก



ภาพ 5 ผังโครงสร้างหลังคาชั้น ก มาตรฐาน 1:20 (ซ้าย) ผังโครงสร้างหลังคาจันทันหลังคาต่อบ้างชั้น ข มาตรฐาน 1:20 (ขวา)

ที่มา: ผู้วิจัย, 2563



ภาพ 6 ผังโครงสร้างหลังคาจันทันหลังคาต่อบนชั้น ค มาตรฐาน 1:20 (ซ้าย) ผังโครงสร้างหลังคาต่อบนชั้น ง มาตรฐาน 1:20 (ขวา)

ที่มา: ผู้วิจัย, 2563

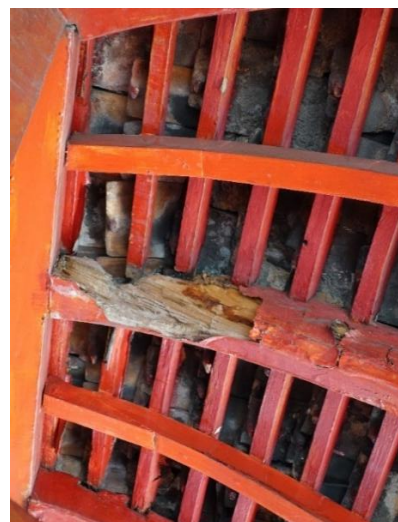
จากการสำรวจสภาพความเสียหายของป้อมมหากาฬ เนื่องจากเป็นโครงสร้างเก่าจึงมีความเสียหาย ส่วนโครงสร้างหลังคา โดยเฉพาะซื่อไม้ผุร่อนอย่างมาก (ภาพ 7) ไม่รับจันทันผุพังเสี่ยงต่อโครงสร้างทรุดตัว (ภาพ 8-9) และกระเบื้องดินเผาเปื่อยยุ่ย (ภาพ 10) นอกจากหลังคาโครงสร้างพื้นแตกร้าวและหลุตร่อน พื้นที่ประตูทางเข้าหอรบมีความเสียหาย ไม่กรอบเช็ดหน้าผุ พื้นไม้ชั้นบนของหอรบ หลุตร่อนและขีดจาง เป็นต้น



ภาพ 7 ซื่อไม้ขนาด 7x8 นิ้ว ซ่อนกันสองชั้นมีความผุร่อน
ที่มา: ผู้วิจัย, 2563



ภาพ 8 ไม่รับจันทันขนาด 5x6 นิ้ว ผุ เสี่ยงต่อการทรุดตัว
ที่มา: ผู้วิจัย, 2563



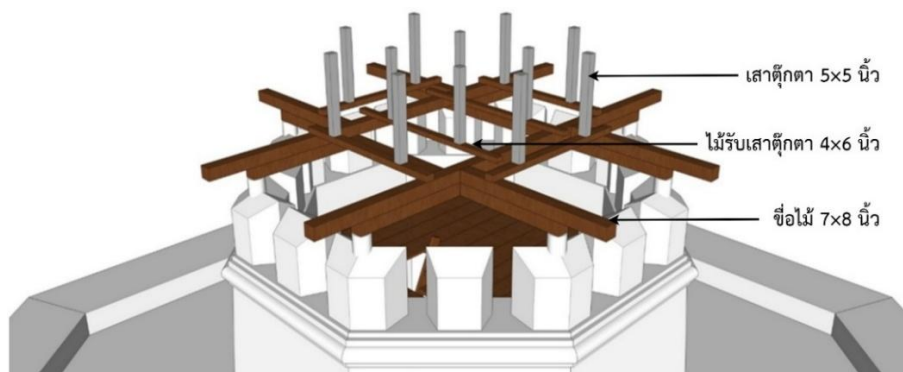
ภาพ 9 แสดงการแอ่นตัวของไม้รับจันทัน (ซ้าย) จันทันไม้ 4x4 นิ้ว ผุเป็นอย่างมาก (ขวา)
ที่มา: ผู้วิจัย, 2563



ภาพ 10 กระเบื้องดินเผาหลังคาเพื่อยุ่ยหมอดอายุการใช้งาน ทั้ง 2 ดับขนาดไม่เท่ากัน (ซ้าย) หลังคาฉาบปูนทับเหนือกระเบื้องดินเผา (ขวา)
ที่มา: ผู้วิจัย, 2563

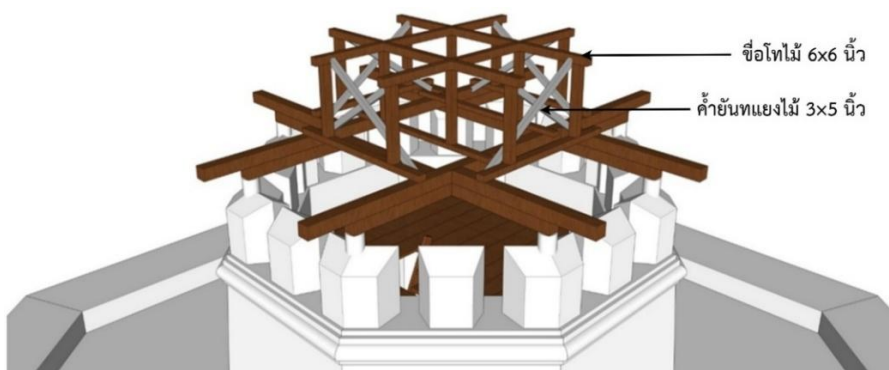
จากการสำรวจรูปแบบจำลองสามมิติโครงสร้างหลังคาป้อมมหากาฬ โดยเรียงลำดับจากฐานสู่ส่วนยอดตามกรรมวิธีทางการก่อสร้าง ประกอบด้วย โครงสร้างพื้นฐาน โครงสร้างรองรับหลังคาต่บล่าง โครงสร้างหลังคาต่บล่าง และโครงสร้างรองรับหลังคาต่บบน โครงสร้างหลังคาต่บบน โครงสร้างจันทันและระแนง และการมุงกระเบื้องและตกแต่งยอดหลังคา

โครงสร้างพื้นฐาน เริ่มต้นจากการติดตั้งโครงสร้างไม้ในระดับล่างสุด โดยใช้ข้อไม้ขนาด 7x8 นิ้ว ติดตั้งทั้งในระดับชั้นล่างและชั้นบน จากนั้นจึงติดตั้งไม้รับเสาดักดาขนาด 4x6 นิ้ว และติดตั้งเสาดักดาขนาด 5x5 นิ้ว จำนวนทั้งสิ้น 12 ต้น เพื่อเตรียมรองรับโครงสร้างหลังคา (ภาพ 11)



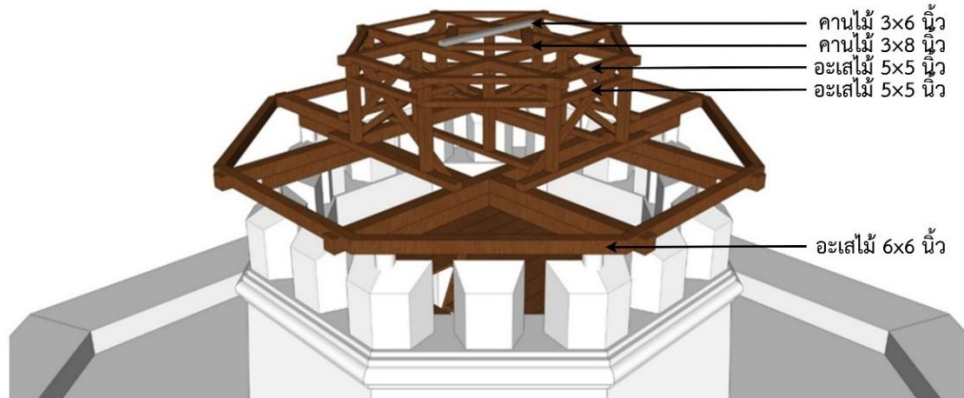
ภาพ 11 โครงสร้างพื้นฐานของหลังคาป้อมมหากาฬ
ที่มา: ผู้วิจัย, 2563

โครงสร้างรองรับหลังคาต่บล่าง โดยติดตั้งข้อโทไม้ 6x6 นิ้ว พร้อมติดตั้งค้ำยันทแยงไม้ขนาด 3x5 นิ้ว ทั้งในทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก เพื่อเพิ่มความมั่นคงให้แก่โครงสร้างโดยรวม (ภาพ 12)



ภาพ 12 โครงสร้างรองรับหลังคาต่บล่างของป้อมมหากาฬ
ที่มา: ผู้วิจัย, 2563

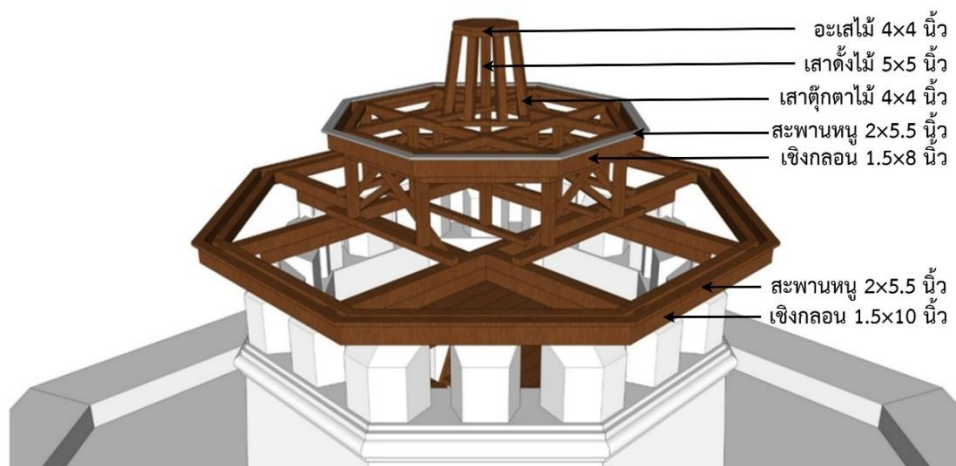
โครงสร้างหลังคาต๋ล่างและโครงสร้างรองรับหลังคาต๋บน องค์ประกอบของโครงสร้างหลังคาแบ่งเป็นสองระดับ ได้แก่ ต๋ล่างและต๋บน โดยในส่วนของต๋ล่างนั้นมีการติดตั้งไม้แป้นลายเต้า หรืออะเสขนาด 6×6 นิ้ว และไม้รับจันทันขนาด 5×5 นิ้ว ส่วนในต๋บนได้ติดตั้งอะเสไม้ขนาด 5×5 นิ้ว พร้อมกับคานไม้ขนาด 3×8 นิ้ว เพื่อรองรับเสาดักตาและคานไม้ขนาด 3×6 นิ้ว สำหรับรองรับเสาดั้ง (ภาพ 13)



ภาพ 13 โครงสร้างหลังคาต๋ล่างและโครงสร้างรองรับหลังคาต๋บนของป้อมมหากาฬ

ที่มา: ผู้วิจัย, 2563

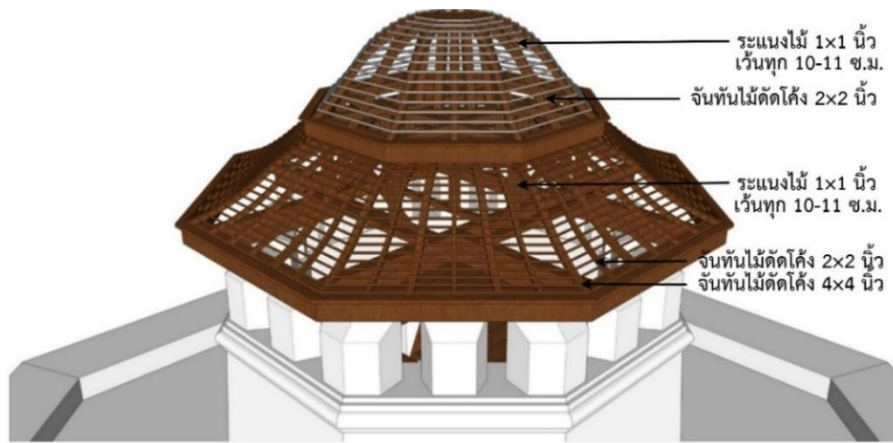
โครงสร้างหลังคาต๋บน การติดตั้งเสาดักตาไม้ขนาด 4×4 นิ้ว จำนวน 8 ต้น และเสาดั้งไม้ขนาด 5×5 นิ้ว จำนวน 1 ต้น เพื่อยกระดับโครงสร้างรองรับหลังคาต๋บนให้สมบูรณ์ ก่อนจะติดตั้งอะเสไม้ขนาด 4×4 นิ้ว เพื่อรับจันทันในระดับสูงสุด รวมทั้งแผ่นไม้ขนาด 2×8 นิ้ว สำหรับรองรับปูนปั้นประดับยอดหลังคา ในขั้นตอนนี้ยังรวมถึงการติดตั้งเชิงกลอนและสะพานหนู โดยใช้ไม้ขนาด 1.5×10 นิ้ว และ 2×5.5 นิ้ว สำหรับต๋ล่าง และขนาด 1.5×8 นิ้ว และ 2×5.5 นิ้ว สำหรับต๋บน เพื่อรองรับการมุงกระเบื้องต่อไป (ภาพ 14)



ภาพ 14 โครงสร้างหลังคาต๋บนของป้อมมหากาฬ

ที่มา: ผู้วิจัย, 2563

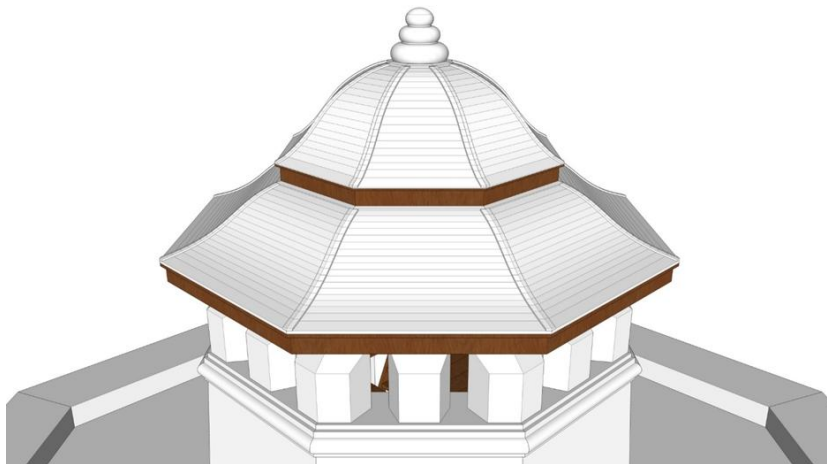
โครงสร้างจันทันและระแนง ใช้ไม้ดัดโค้งขนาด 4×4 นิ้ว และ 2×2 นิ้ว สลับกันสำหรับหลังคาต๋ล่าง ส่วนหลังคาต๋บน ใช้ไม้ดัดโค้งขนาด 2×2 นิ้ว โดยยึดตามรูปแบบเดิม จากนั้นจึงติดตั้งระแนงไม้ขนาด 1×1 นิ้ว สำหรับรองรับกระเบื้องดินเผา ไม่เคลือบสี ซึ่งในต๋ล่างจะเว้นระยะห่างทุก 10–11 เซนติเมตร รองรับกระเบื้องขนาด 13×26 เซนติเมตร ส่วนในต๋บน เว้นระยะ 8–9 เซนติเมตร รองรับกระเบื้องขนาด 11.5×22 เซนติเมตร (ภาพ 15)



ภาพ 15 โครงสร้างจันทันและระแนงของป้อมมหากาฬ

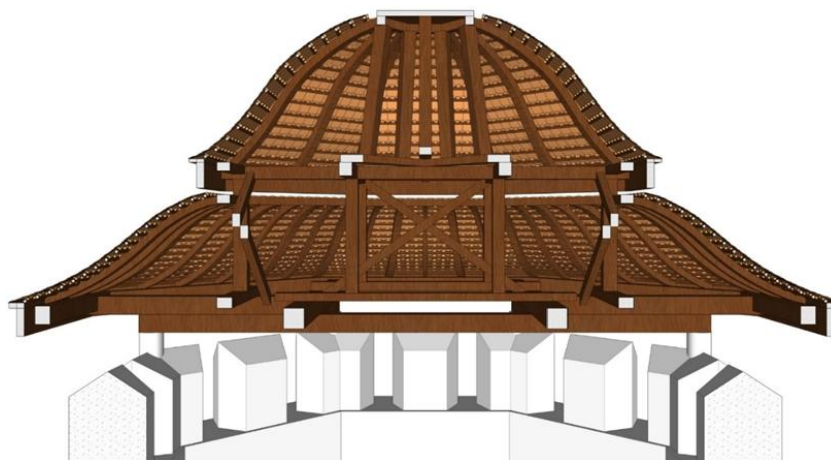
ที่มา: ผู้วิจัย, 2563

การมุงกระเบื้องและตกแต่งยอดหลังคา หลังจากโครงสร้างทั้งหมดเสร็จสิ้น จึงเป็นการมุงกระเบื้องดินเผาหางมน โดยเริ่มจากหลังคาต่ำล่างขึ้นไปสู่ด้านบน เมื่อมุงกระเบื้องเรียบร้อยแล้ว จึงทำการคาดปูนหมักและขัดปูนดำหลังคาทั้งสองดัดให้เรียบสม่ำเสมอ พร้อมปั้นปูนประดับยอดหลังคาเป็นชั้นตอนปิดท้าย (ภาพ 16)



ภาพ 16 การมุงกระเบื้องและตกแต่งยอดหลังคาป้อมมหากาฬ

ที่มา: ผู้วิจัย, 2563



ภาพ 17 รูปตัดสามมิติแสดงองค์ประกอบโครงสร้างภายในหลังคาป้อมมหากาฬ

ที่มา: ผู้วิจัย, 2563

อภิปรายและสรุปผล

ป้อมมหากาฬได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโบราณสถานสำคัญของชาติเมื่อ พ.ศ. 2492 และผ่านการบูรณะครั้งสำคัญใน พ.ศ. 2502 และ 2524 โดยกรมศิลปากรร่วมกับกรุงเทพมหานคร ด้านการใช้งาน ป้อมมหากาฬเคยทำหน้าที่เป็นป้อมปราการป้องกันเมือง ในยุคราชกาลที่ 1 ปัจจุบันเปลี่ยนบทบาทเป็นโบราณสถานที่สะท้อนคุณค่าทางประวัติศาสตร์ ด้านโครงสร้าง ป้อมก่อด้วยผนังอิฐฉาบปูน แบบรับน้ำหนัก ฐานรากมั่นคงจากการถมอิฐหลายชั้น โครงสร้างหลังคาโดดเด่นด้วยรูปทรงหมวกแอนโด้ 2 ชั้น บนผังกั้น 8 เหลี่ยม ด้านเท่า โครงสร้างทั้งหมดเป็นไม้ มุงด้วยกระเบื้องดินเผาไม่เคลือบและฉาบปูนขาวทับด้านบนสุด สะท้อนเทคนิคช่างไม้และภูมิปัญญาทางสถาปัตยกรรมโบราณที่ซับซ้อนและประณีต

การสำรวจโครงสร้างหลังคาป้อมมหากาฬในครั้งนี้ดำเนินการโดยทีมผู้เชี่ยวชาญจากหลายสาขา โดยบทความนี้เน้นไปที่ การเก็บข้อมูลด้านสถาปัตยกรรม ผ่านกระบวนการรังวัดเขียนแบบด้วยมือควบคู่กับการใช้เทคโนโลยีเลเซอร์สแกนสามมิติ เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติของโครงสร้างหลังคา ลักษณะทางโครงสร้างป้อมเป็นระบบผนังรับน้ำหนักด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูน โครงสร้างหลังคา แบ่งออกเป็นสองชั้น คือหลังคาชั้นล่างและหลังคาชั้นบน โดยทั้งสองชั้นใช้ระบบจันทันแอนโด้ โครงสร้างฐานหลังคาประกอบด้วยซื่อไม้ วางซ้อนกันเป็นรูปกากบาทเพื่อกระจายน้ำหนักสู่ฐานโครงสร้าง จากนั้นจึงรองรับเสาตึกดา ซึ่งเป็นองค์ประกอบเชิงตั้งที่รับน้ำหนักของคานและจันทันของหลังคาชั้นล่าง และยังทำหน้าที่ส่งถ่ายน้ำหนักขึ้นไปยังโครงสร้างหลังคาชั้นบนอีกชั้นหนึ่ง จากผลการสำรวจพบว่า โครงสร้างส่วนใหญ่มีสภาพเสื่อมโทรมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะซื่อไม้หลักที่มีการผุกร่อน จันทันและไม้รับน้ำหนักหลายจุด มีร่องรอยการผุพังที่อาจนำไปสู่การทรุดตัวของโครงสร้าง กระเบื้องดินเผาที่ใช้มุงหลังคาเปราะและเปื่อยยุ่ย

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจดังกล่าวถูกนำมาวิเคราะห์และสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติของโครงสร้างหลังคา เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาองค์ประกอบทางโครงสร้างอย่างเป็นระบบโดยเริ่มจากฐานสู่ยอดหลังคาเป็นการบูรณาการการสำรวจภาคสนามแบบดั้งเดิมเข้ากับเทคโนโลยีการสแกนสามมิติ เพื่อถ่ายทอดข้อมูลเชิงโครงสร้างสามารถเป็นแนวทางนำไปใช้ต่อยอดในการศึกษาเชิงลึกหรือการอนุรักษ์ต่อไป

บรรณานุกรม

- ฐานวัฒน์ จินานุสรณ์, พิรสิทธิ์ มหาสุวรรณชัย, สุวัจน์ชัย แก้วมาคุณ, ชัยณรงค์ อธิสกุล, และสุทัศน์ สีสาทวิวัฒน์. (2566). *ข้อมูลการสแกนวัตถุ 3 มิติและการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวัดพระราม* [เอกสารนำเสนอในที่ประชุม]. การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28, 28, STR25-1 “ความท้าทายด้านวิศวกรรมโยธาหลังการระบาดใหญ่”. ภูเก็ต.
<https://conference.thaince.org/index.php/ncce28/article/view/2368>
- ศูนย์มานุษยวิทยาสิรินธร (องค์การมหาชน). (2021). *ป้อมมหากาฬ* [ภาพถ่ายจากหอจดหมายเหตุแห่งชาติ].
<https://archaeology.sac.or.th/archaeology/773>
- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, และบริษัท ทริโอ ไบรท์ จำกัด. (2563). *โครงการปรับปรุงป้อมมหากาฬและกำแพงเมืองเก่า สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร งบประมาณประจำปี พ.ศ. 2561, 2563 (รายงานโครงการแบบก่อสร้าง)*. สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร.
- Gimenez, L., Hippolyte, J. L., Robert, S., Suard, F., & Zreik, K. (2015, June). Review: Reconstruction of 3D building information models from 2D scanned plans. *Journal of Building Engineering*, 2, 24–35.
- Piekarczyk, A., Mazurek, A., Szer, J., & Szer, I. (2024). A case study of 3D scanning techniques in civil engineering using the terrestrial laser scanning technique. *Buildings*, 14(12), 3703.