

การออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเพื่อการทดสอบกลสมบัติของรอยต่อเสา-คานไม้

Design of a Specimen Fixture for Mechanical Property Testing of Timber Column-Beam Joints

รับบทความ	08/02/2569
แก้ไขบทความ	11/05/2569
ยอมรับบทความ	12/05/2569

นนทิดา นุ่มเพชร* ทรงเกียรติ เทียธิทรัพย์
หลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะและการออกแบบ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Nonticha Nounphet, Songkiat Teartisup
Master of Architecture Program in Architectural Technology School of Architecture Art and Design
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
nonticha.aeiou@gmail.com, kiatss@hotmail.com
*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่อง การทดสอบกลสมบัติการเข้าไม้แบบมุม 90 องศาในงานโครงสร้าง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวทางการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานสำหรับการทดสอบสมบัติทางกลของรอยต่อเสา-คานไม้ในงานโครงสร้าง การศึกษาเริ่มจากการวิเคราะห์อุปกรณ์จับยึดเดิม การทำงานของเครื่องทดสอบแรง พร้อมทั้งเปรียบเทียบรูปแบบการจัดวางอุปกรณ์จับยึด 2 รูปแบบ และกลไกการถ่ายแรงและโมเมนต์ที่กระทำต่อชิ้นงาน

การศึกษาพบว่า รูปแบบการจับยึดจากเสาเครื่องทดสอบมีความเหมาะสมมากกว่าการจับยึดชิ้นงานจากคานด้านบนเครื่องทดสอบ เนื่องจากไม่กีดขวางการเคลื่อนที่ของหัวกดแรงและสะดวกต่อการติดตั้ง โดยอุปกรณ์จับยึดส่วนคานบนได้รับการออกแบบให้มีพฤติกรรมใกล้เคียงข้อต่อแบบการเชื่อมต่อแบบฮินจ์ (Hinge joint) เพื่อลดการต้านทานโมเมนต์ ขณะที่ส่วนฐานใช้ฐานรองรับแบบลูกกลิ้ง (Roller Supports) ที่ปรับปรุงเพื่อจำกัดการเคลื่อนที่ในแนวราบ ส่งผลให้ระบบการทดสอบมีความมั่นคงและลดอิทธิพลของอุปกรณ์จับยึดต่อผลการทดสอบ

แนวทางการออกแบบที่นำเสนอมาได้นำมาสร้างอุปกรณ์จับยึดเพื่อทดสอบรอยต่อเสา-คาน โดยทดสอบโดยการติดเครื่องมือวัดค่าความละเอียดทางกล (Dial Gauge) เพื่อดูการเคลื่อนตัว ผลที่ได้คืออุปกรณ์จับยึดทั้งบนและล่างมีค่าการกระจัดเท่ากับ 0 มม. ไม่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเสียรูปของชิ้นงาน และสามารถใช้งานได้จริง แสดงให้เห็นว่า สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาอุปกรณ์จับยึดสำหรับการทดสอบรอยต่อไม้ในรูปแบบอื่นต่อไป

คำสำคัญ: อุปกรณ์จับยึด การออกแบบอุปกรณ์ทดสอบ การทดสอบเชิงกล รอยต่อเสา-คาน การถ่ายแรง

Abstract

This research article is part of a thesis entitled Mechanical Testing of 90-Degree Timber Joints in Structural Applications. The objective of this study is to propose a design approach for a specimen holding fixture used in the mechanical testing of timber beam-column joints. The study began with an analysis of the existing fixture system and the operating mechanism of the universal testing machine, followed by a comparison of two fixture arrangement configurations. The investigation focused on the load transfer mechanism and moment distribution acting on the test specimen.

The results indicate that the configuration in which the fixture is attached to the testing machine column is more suitable because it does not obstruct the movement of the loading head and allows easier installation. The upper beam fixture was designed to behave similarly to a hinge joint in order to reduce moment resistance, while the base support was designed based on a modified roller support to restrict horizontal movement. This configuration improves the stability of the testing system and minimizes the influence of the fixture on the experimental results.

The proposed design was fabricated and applied in a beam-column joint testing setup. Dial gauges were installed to measure fixture displacement during testing. The results showed zero displacement in both upper and lower fixtures, indicating that the fixture did not influence the deformation behavior of the specimen and can be effectively applied in timber joint testing.

Keywords: *specimen fixture, testing apparatus design, mechanical testing, beam-column connection, load transfer*

บทนำ

การทดสอบสมบัติทางกลของวัสดุและรอยต่อโครงสร้างเป็นกระบวนการสำคัญในการประเมินพฤติกรรมการรับแรง ความแข็งแรง และความมั่นคงของระบบโครงสร้าง ผลการทดสอบดังกล่าวถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิศวกรรมโครงสร้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานรอยต่อระหว่างชิ้นส่วน เช่น รอยต่อเสา-คาน มีบทบาทสำคัญต่อสมรรถนะโดยรวมของโครงสร้าง

อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบในหลายกรณีมักถูกออกแบบให้เหมาะสมกับชิ้นงานทดสอบเฉพาะรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งเท่านั้น ทำให้มีข้อจำกัดในการใช้งานเมื่อต้องทดสอบชิ้นงานที่มีขนาดหรือรูปแบบแตกต่างกัน นอกจากนี้ การออกแบบอุปกรณ์จับยึดที่ไม่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดแรงแฝง การเคลื่อนตัวของอุปกรณ์ หรือการถ่ายแรงที่ไม่สอดคล้องกับสถานะการใช้งานจริง ส่งผลให้การกระจายและพฤติกรรมรับแรงของชิ้นทดสอบเกิดความคลาดเคลื่อน รวมถึงอาจทำให้ชิ้นงานเสียหายก่อนถึงสภาวะวิบัติที่แท้จริง ซึ่งทำให้ผลการทดสอบขาดความแม่นยำและความน่าเชื่อถือในการนำไปใช้อ้างอิงทางวิศวกรรม (Beer et al., 2020; International Organization for Standardization, 2018)

ดังนั้นบทความนี้จึงมุ่งนำเสนอแนวทางการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเพื่อการทดสอบสมบัติทางกล โดยออกแบบให้สามารถปรับขนาดและตำแหน่งให้เหมาะสมกับชิ้นงานทดสอบที่มีขนาดแตกต่างกันได้ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งานและสามารถประยุกต์ใช้กับการทดสอบชิ้นงานรูปแบบอื่นได้ และเน้นการวิเคราะห์การทำงานของเครื่องทดสอบแรง การถ่ายแรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน รวมถึงการกำหนดตำแหน่งและรูปแบบของอุปกรณ์จับยึดให้เหมาะสมกับการทดสอบรอยต่อเสา-คานไม่ในงานโครงสร้าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่เหมาะสม ช่วยเพิ่มความแม่นยำของผลการทดสอบ และสนับสนุนการพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิศวกรรมโครงสร้างต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษารูปแบบและกระบวนการทำงานของเครื่องทดสอบแรง
2. เพื่อนำเสนอแนวทางการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่สามารถถ่ายแรงจากเครื่องทดสอบไปยังชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. เพื่อสนับสนุนการออกแบบและสร้างอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานสำหรับใช้ในการทดสอบกลสมบัติของรอยต่อเสา-คานไม่ในงานโครงสร้าง

ขอบเขตของการศึกษา

- การศึกษานำเสนอแนวทางการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานสำหรับใช้ในการทดสอบสมบัติทางกล
- การออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานพิจารณาภายใต้เงื่อนไขการทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยมุ่งเน้นด้านการถ่ายแรง ความแข็งแรง ความมั่นคง และการจัดตำแหน่งชิ้นงานให้สอดคล้องกับเงื่อนไขการให้แรงเพื่อดูลักษณะการรับแรง และแรงที่ส่งมายังอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน โดยวัดด้วยเครื่องมือวัดค่าความละเอียดทางกล
- ผลการศึกษาที่ได้มุ่งเน้นการนำไปใช้สนับสนุนงานการศึกษาด้านโครงสร้างไม้ และการทดสอบกลสมบัติของรอยต่อ เสา-คานไม้เป็นหลัก

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดการทดสอบสมบัติทางกลและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

การทดสอบสมบัติทางกลเป็นกระบวนการพื้นฐานในการประเมินพฤติกรรมการรับแรง ความแข็งแรง ความแข็งแกร่ง และรูปแบบการวิบัติของวัสดุและรอยต่อโครงสร้าง ภายใต้แรงประเภทต่าง ๆ เช่น แรงดึง แรงอัด แรงดัด และแรงเฉือน ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบ ขึ้นอยู่กับการควบคุมเงื่อนไขการทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล เช่น ASTM, ISO และ EN ซึ่งกำหนดรูปแบบการให้แรง อัตราการให้แรง การรองรับชิ้นงาน และการจัดตำแหน่งของระบบทดสอบอย่างชัดเจน (ASTM International, 2014) ช่วยให้ผลการทดสอบสามารถเปรียบเทียบและนำไปใช้งานทางวิศวกรรมได้อย่างเหมาะสม

แนวคิดการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานและหลักการถ่ายแรง

อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานมีบทบาทสำคัญในการถ่ายแรงจากเครื่องทดสอบไปยังชิ้นงานอย่างถูกต้องและสม่ำเสมอ การออกแบบอุปกรณ์จับยึดต้องคำนึงถึงหลักการถ่ายแรงและการจัดตำแหน่งชิ้นงานให้สอดคล้องกับแนวแรงที่กำหนด เพื่อลดการเกิดแรงแฝง เช่น แรงบิดหรือแรงดัดที่ไม่พึงประสงค์ ทฤษฎีความแข็งแรงของวัสดุระบุว่า การเยื้องศูนย์ของแรงสามารถส่งผลกระทบต่อค่าความเค้นและพฤติกรรมการเสียรูปของชิ้นงานได้ (Hibbeler, 2017) จึงให้ความสำคัญกับความแข็งแรง ความมั่นคง และความแข็งแกร่งของอุปกรณ์รองรับ เพื่อให้ผลการทดสอบสะท้อนพฤติกรรมที่แท้จริงของชิ้นงาน

ทฤษฎีสมดุลโมเมนต์

ตามหลักกลศาสตร์วิศวกรรม ระบบที่อยู่ในสภาวะสมดุลสถิตจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขที่ผลรวมของแรงและผลรวมของโมเมนต์รอบจุดอ้างอิงใด ๆ มีค่าเป็นศูนย์ ($\Sigma M = 0$) ในกรณีที่แรงที่ถ่ายเข้าสู่ระบบมีขนาดเท่ากัน อยู่ในแนวเดียวกันและมีทิศทางตรงข้ามกัน แรงดังกล่าวจะหักล้างกันและไม่ก่อให้เกิดโมเมนต์ดัด ส่งผลให้โมเมนต์รวมของระบบมีค่าเป็นศูนย์ หรือ $M = 0$ (Gere & Timoshenko, 1997)

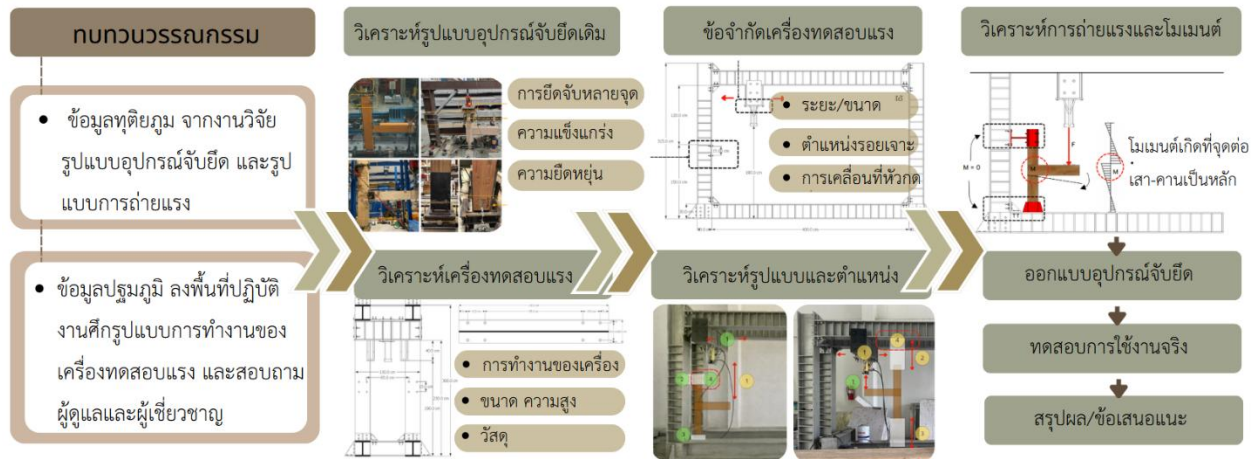
แนวคิดสมดุลโมเมนต์นี้ถูกนำมาใช้ในการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน เพื่อควบคุมตำแหน่งและทิศทางการให้แรงให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด และควบคุมไม่ให้เกิดโมเมนต์ที่ไม่พึงประสงค์บริเวณฐานจับยึด และพฤติกรรมการรับแรงที่แท้จริงของชิ้นงาน (Beer et al., 2020) โดยการจัดตำแหน่งอุปกรณ์จับยึดให้แรงจากเครื่องทดสอบและแรงปฏิกิริยามีค่าเท่ากันและอยู่ในแนวเดียวกัน ซึ่งช่วยลดการเสียรูปของอุปกรณ์จับยึดและทำให้พฤติกรรมการเสียรูปที่เกิดขึ้นสะท้อนสมบัติทางกลของชิ้นงาน

แนวคิดระบบรองรับการเชื่อมต่อแบบฮันจ์ และ ฐานรองรับแบบลูกกลิ้ง

เป็นแนวคิดพื้นฐานในกลศาสตร์โครงสร้างเพื่อถ่ายเทน้ำหนักการเชื่อมต่อแบบฮันจ์เป็นข้อต่อที่อนุญาตให้เกิดการหมุนได้ แต่ไม่สามารถต้านทานโมเมนต์ดัด ทำให้แรงที่ถ่ายผ่านข้อต่ออยู่ในรูปของแรงตามแนวแกนหรือแรงเฉือนเป็นหลัก (Hibbeler, 2017) ส่วนฐานรองรับแบบลูกกลิ้งเป็นระบบรองรับที่รับแรงในแนวตั้งได้ แต่อนุญาตให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวราบ เพื่อลดแรงปฏิกิริยาที่ไม่ต้องการจากข้อจำกัดของโครงสร้าง ในการศึกษาแนวคิดของการเชื่อมต่อแบบฮันจ์ และฐานรองรับแบบลูกกลิ้งถูกนำมาใช้ในการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน เพื่อควบคุมเงื่อนไขการถ่ายแรงให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของรอยต่อเสา-คานไม้

วิธีการศึกษา

การออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานและอุปกรณ์ สำหรับวิทยานิพนธ์เรื่อง การทดสอบกลสมบัติการเข้าไม้แบบมุม 90 องศาในงานโครงสร้าง ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการทดสอบทางกลให้ถูกต้อง

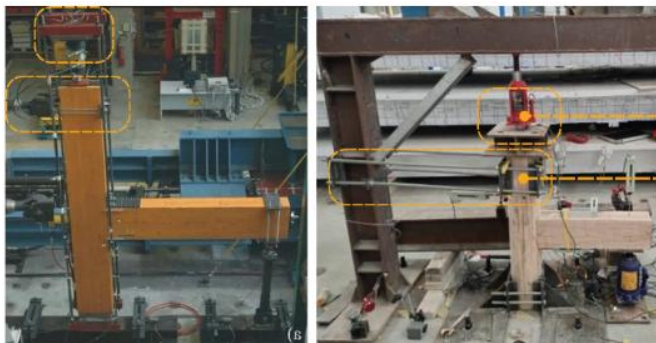


ภาพ 1 กรอบแนวคิดของการศึกษา

ที่มา : ผู้วิจัย, 2568

การวิเคราะห์อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานรูปแบบต่างๆ

การวิเคราะห์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินลักษณะการทำงานของระบบจับยึดในด้านความแข็งแรงของโครงสร้างอุปกรณ์ การถ่ายแรง และความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง โดยมุ่งเน้นการระบุจุดอ่อนที่อาจส่งผลกระทบต่อความแม่นยำของผลการทดสอบและความปลอดภัยของระบบ เช่น วัสดุของอุปกรณ์รูปแบบการจับยึด การเกิดแรงปฏิกิริยาที่ไม่พึงประสงค์ และข้อจำกัดด้านความยืดหยุ่นในการใช้งาน ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ดังกล่าวจะถูกนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถรองรับการใช้งานที่หลากหลาย และให้ผลการทดสอบที่มีความถูกต้องเชื่อถือได้มากขึ้น



วิเคราะห์อุปกรณ์จับยึดส่วนบน มีการใช้แผ่นเหล็กและสลักเกลียวหลายจุดอาจเกิดแรงปฏิกิริยาที่ไม่พึงประสงค์ และมีระยะยื่นที่มากและส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของระบบจับยึด

ภาพ 2 การวิเคราะห์อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานส่วนบน

ที่มา : ผู้วิจัย, 2568



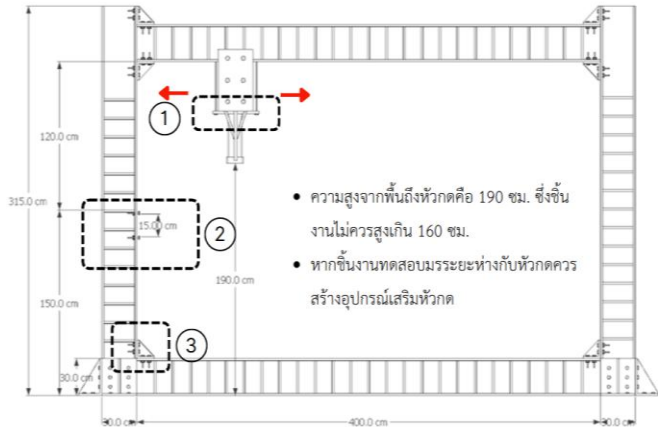
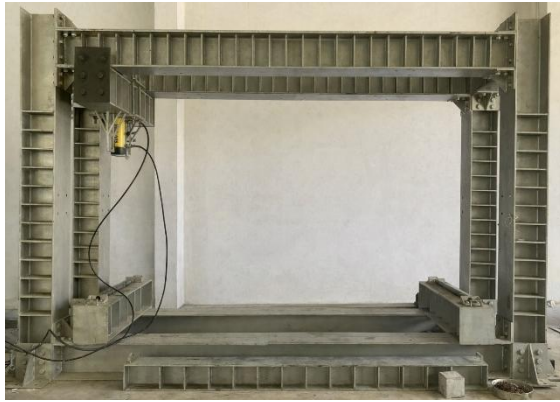
วิเคราะห์อุปกรณ์จับยึดส่วนฐาน เป็นแผ่นเหล็กยึดด้วยนอตสกรู มีความยืดหยุ่นในการใช้งานต่ำ ออกแบบมาเฉพาะชิ้นงานเดียวไม่สามารถรองรับชิ้นงานขนาดอื่นได้

ภาพ 3 การวิเคราะห์อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานส่วนฐาน

ที่มา : ผู้วิจัย, 2568

การวิเคราะห์เครื่องทดสอบแรง

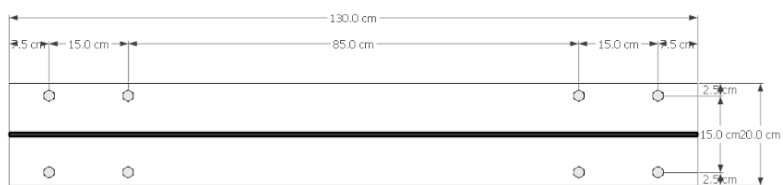
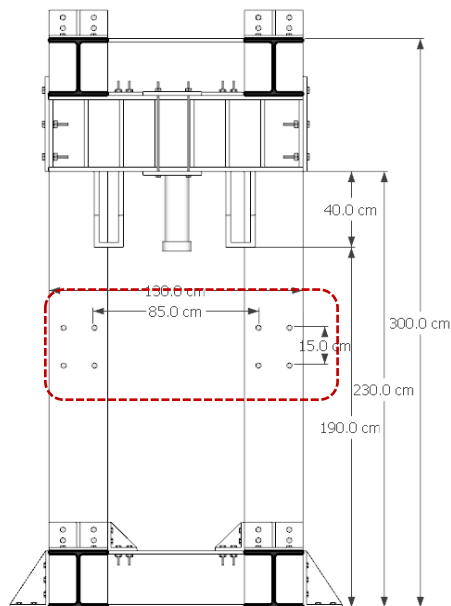
ทำการพิจารณาข้อจำกัดทางกายภาพของเครื่องทดสอบ เช่น ขนาดพื้นที่ติดตั้ง ระยะห่างระหว่างเสาเครื่อง ระยะยกของหัวกด และตำแหน่งการยึดอุปกรณ์เสริม ข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาใช้กำหนดขนาด รูปทรง และรูปแบบการติดตั้งของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน เพื่อให้สามารถติดตั้งและถอดเปลี่ยนชิ้นงานได้อย่างสะดวกและปลอดภัย



ภาพ 4 การวิเคราะห์เครื่องทดสอบแรง

ที่มา : ผู้วิจัย, 2568

- หัวกดสามารถเคลื่อนที่ ซ้าย-ขวาได้ แต่ไม่สามารถเคลื่อนที่หน้าหลัง
- ตำแหน่งรูเจาะตรงเสาเครื่องทดสอบโดยมีความสูงจากพื้นอยู่ที่ 150 ซม. และระยะตำแหน่งขนาดรูเจาะของเครื่องทดสอบขนาด 2 ซม. เสาละ 4 รู ระยะตามแบบ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ใช้เป็นรูน็อตสกรูเพื่อยึดกับเครื่องมือจับชิ้นงานและออกแบบตำแหน่งน็อตสกรูซึ่งจะเป็นข้อจำกัดในการออกแบบ
- ฐานด้านล่างมีเหล็กรองรับ (Support) ทำให้ไม่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ชนกับฐานได้



- ตำแหน่งรูเจาะของเครื่องทดสอบขนาด 2 ซม. เสาละ 4 รู ระยะตามแบบ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ใช้เป็นรูน็อตสกรูเพื่อยึดกับเครื่องมือจับชิ้นงานและออกแบบตำแหน่งน็อตสกรู
- ขนาดระยะห่างระหว่างเสา 130 ซม. ของเครื่องทดสอบ ใช้ออกแบบคานขึ้นบนของเครื่องมือจับยึดชิ้นงาน
- ระยะความสูงจากพื้นถึงหัวกด ระยะ 190 ซม. ใช้ออกแบบอุปกรณ์เสริมเพิ่มรั่นระยะที่เหลือของหัวกดและชิ้นงาน

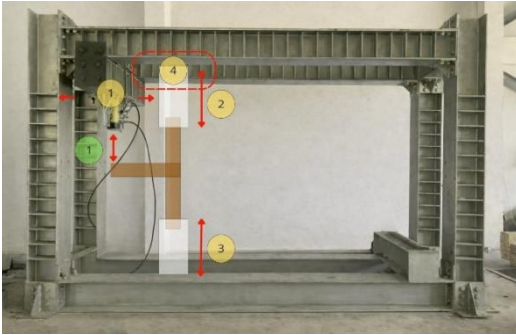
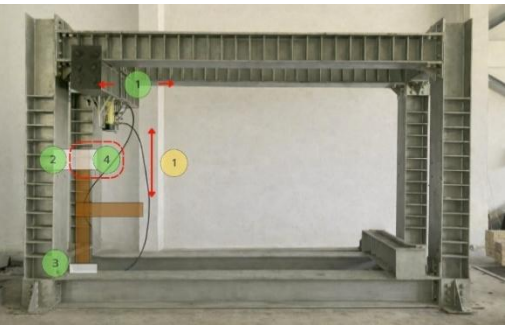
ภาพ 5 รูปตัดเครื่องทดสอบและแนวคิดการออกแบบ

ที่มา : ผู้วิจัย, 2568

การวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

ในการศึกษานี้ได้วิเคราะห์รูปแบบการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานจำนวน 2 รูปแบบ โดยทำการเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละรูปแบบในด้านระยะการส่งผ่านแรง การติดตั้ง และผลกระทบต่อความแข็งแรงของโครงสร้าง ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ เพื่อให้เงื่อนไขการทดสอบมีความสอดคล้องกับหลักกลศาสตร์

ตาราง 1 ขั้นตอนการออกแบบตัวจับยึด

รูปแบบ 1 การจับยึดชิ้นงานจากคานด้านบนเครื่องทดสอบ	
	ข้อดี 1. ระยะของหัวกดพอดีไม่ต้องเสริมความยาว
	ข้อเสีย 1. กีดขวางการเคลื่อนของตัวหัวกด 2. ระยะห่างของตัวยึดจับด้านบนที่มากเกินไปทำให้ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงและสิ้นเปลืองวัสดุ 3. ระยะห่างของตัวยึดจับด้านล่างที่มากเกินไปทำให้ต้องเสริมฐานมากขึ้นส่งผลต่อน้ำหนักชิ้นงาน 4. การติดตั้งตัวยึดจับด้านบนและชิ้นงานไม่ให้นำมาทดสอบทำได้ยากเพราะน้ำหนักของชิ้นงาน
รูปแบบ 2 การจับยึดชิ้นงานจากเสาเครื่องทดสอบ	
	ข้อดี 1. ไม่กีดขวางการเคลื่อนของตัวหัวกด 2. ไม่ต้องเพิ่มความยาวของตัวยึดจับ ประหยัดวัสดุ 3. การเสริมฐานด้านล่างน้อยกว่าแบบแรก 4. การติดตั้งตัวยึดจับและชิ้นงานที่ใช้ทดสอบทำได้สะดวก
	ข้อเสีย 1. ระยะห่างจากตัวหัวกดที่ห่างจากชิ้นงานทำให้ต้องสร้างตัวเสริมหัวกด

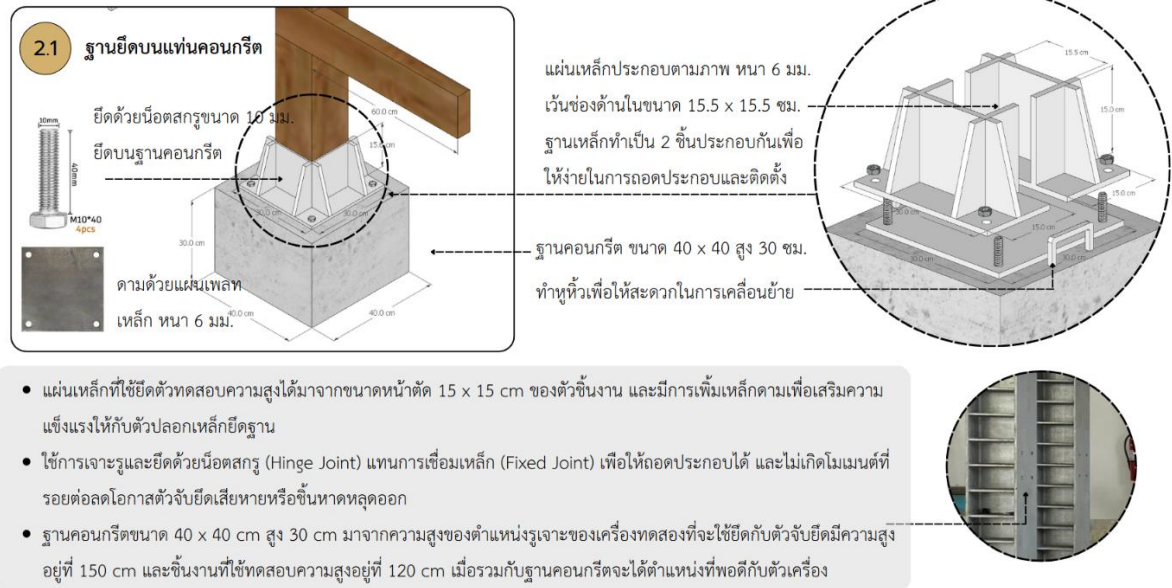
ที่มา : ผู้วิจัย, 2568

สรุปรูปแบบตำแหน่งอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

จากการพิจารณารูปแบบการจับยึดชิ้นงานทั้ง 2 รูปแบบ พบว่า รูปแบบที่ 2 การจับยึดชิ้นงานจากเสาเครื่องทดสอบมีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ในการทดสอบมากกว่า ทั้งในด้านความถูกต้อง ความสะดวกในการติดตั้ง และความปลอดภัยของเครื่องมือและชิ้นงาน โดยรูปแบบที่ 2 ไม่กีดขวางการเคลื่อนที่ของหัววัดแรง ทำให้การถ่ายแรงเป็นไปอย่างราบรื่นและสม่ำเสมอ อีกทั้งไม่จำเป็นต้องเพิ่มความยาวของตัวจับยึด ส่งผลให้ลดการใช้วัสดุและลดความซับซ้อนของระบบการทดสอบ

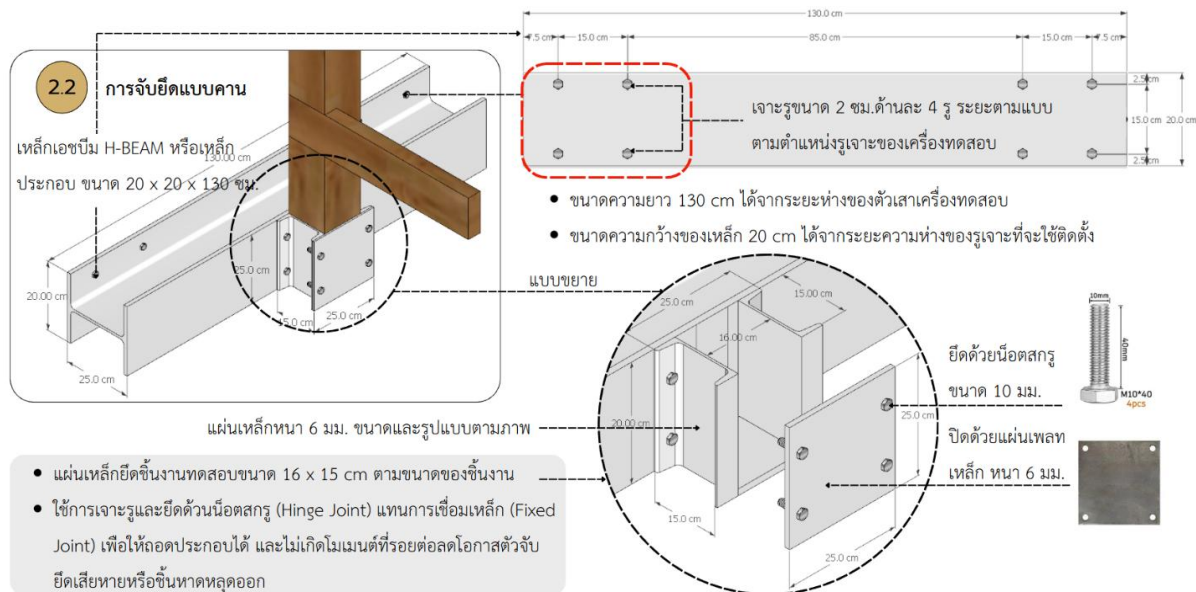
นอกจากนี้ รูปแบบที่ 2 ยังต้องการการเสริมฐานด้านล่างน้อยกว่ารูปแบบที่ 1 ซึ่งช่วยลดน้ำหนักรวมของชุดทดสอบและลดผลกระทบต่อความมั่นคงของระบบ อีกทั้งการติดตั้งตัวจับยึดและชิ้นงานสามารถดำเนินการได้สะดวกกว่า เหมาะสมกับการทดสอบชิ้นงานที่มีน้ำหนักมาก ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเลือกรูปแบบการจับยึดแบบที่ 2 เพื่อใช้ในการออกแบบงานนี้

ส่วนที่ 2 รูปแบบอุปกรณ์จับยึดส่วนฐาน โดยได้ออกแบบอุปกรณ์จับยึดส่วนฐานมา 2 รูปแบบ



ภาพ 8 การออกแบบตัวจับยึดส่วนฐาน

ที่มา : ผู้วิจัย, 2568



ภาพ 9 การออกแบบตัวจับยึดส่วนฐาน

ที่มา : ผู้วิจัย, 2568

ตาราง 2 การวิเคราะห์รูปแบบตัวจับยึดส่วนฐาน

รูปแบบที่ 2.1 ฐานยึดบนแท่นคอนกรีต	รูปแบบที่ 2.2 การจับยึดแบบคาน
ข้อดี 1. ตัวฐานเพิ่มความสูงให้ตัวชิ้นงานและรูปแบบไม่ซับซ้อน 2. สามารถเคลื่อนย้ายปรับตำแหน่งได้	ข้อดี 1. ตัวฐานเป็นการเชื่อมต่อแบบอินทรีย์กระจายแรงเป็นไปตามหลักกลศาสตร์ โครงสร้าง ไม่ต้านทานโมเมนต์ดัด 2. น้ำหนักเบากว่าแบบแรก
ข้อเสีย 1. ฐานน้ำหนักเยอะไม่สะดวกในการขนย้าย 2. ตัวฐานเป็นฐานรองรับแบบลูกกลิ้งจึงทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของชิ้นงานระหว่างการทดสอบได้	ข้อเสีย 1. ตัวเครื่องไม่เจาะรูสำหรับยึดและมีราคาแพงกว่าแบบแรก

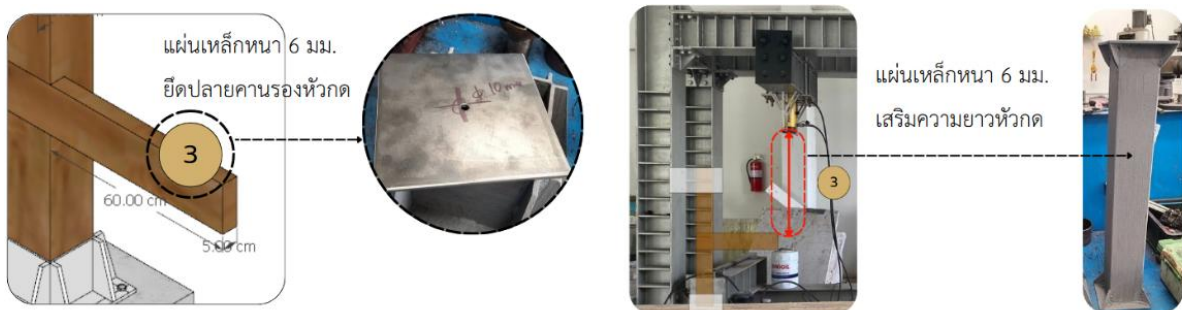
ที่มา : ผู้วิจัย, 2568

สรุปรูปแบบตัวจับยึดส่วนฐาน

จากการเปรียบเทียบรูปแบบการจับยึดชิ้นงานทั้ง 2 รูปแบบ พบว่า รูปแบบที่ 2.2 มีความเหมาะสมต่อการทดสอบมากที่สุด ในเชิงทฤษฎี เนื่องจากมีลักษณะการรองรับการเชื่อมต่อแบบอินทรีย์อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถนำรูปแบบที่ 2.2 มาใช้งานได้จริง เนื่องจากโครงสร้างของเครื่องทดสอบแรงที่ใช้ไม่มีรูเจาะหรือจุดยึดสำหรับติดตั้งน็อตเพื่อยึดฐานอุปกรณ์เข้ากับตัวเครื่องโดยตรง และติดเหล็กเสริมของเครื่องทดสอบ ส่งผลให้ไม่สามารถติดตั้งอุปกรณ์จับยึดรูปแบบดังกล่าวได้

จึงเลือกใช้รูปแบบตัวจับยึดส่วนฐานแบบที่ 2.1 ซึ่งสามารถติดตั้งเข้ากับเครื่องทดสอบแรงได้โดยไม่ต้องปรับปรุงโครงสร้างของตัวเครื่องเพิ่มเติม พร้อมทั้งทำการปรับปรุงข้อเสียของฐานรองรับแบบลูกกลิ้ง โดยการออกแบบให้ฐานของอุปกรณ์ชนและยึดแนบกับคานของเครื่องทดสอบแรง เพื่อจำกัดการเคลื่อนที่ในแนวราบของฐาน การปรับปรุงดังกล่าวช่วยแก้ไขข้อเสียหลักของฐานแบบลูกกลิ้ง ทำให้การถ่ายแรงจากเครื่องทดสอบไปยังชิ้นงานเป็นไปอย่างเหมาะสม

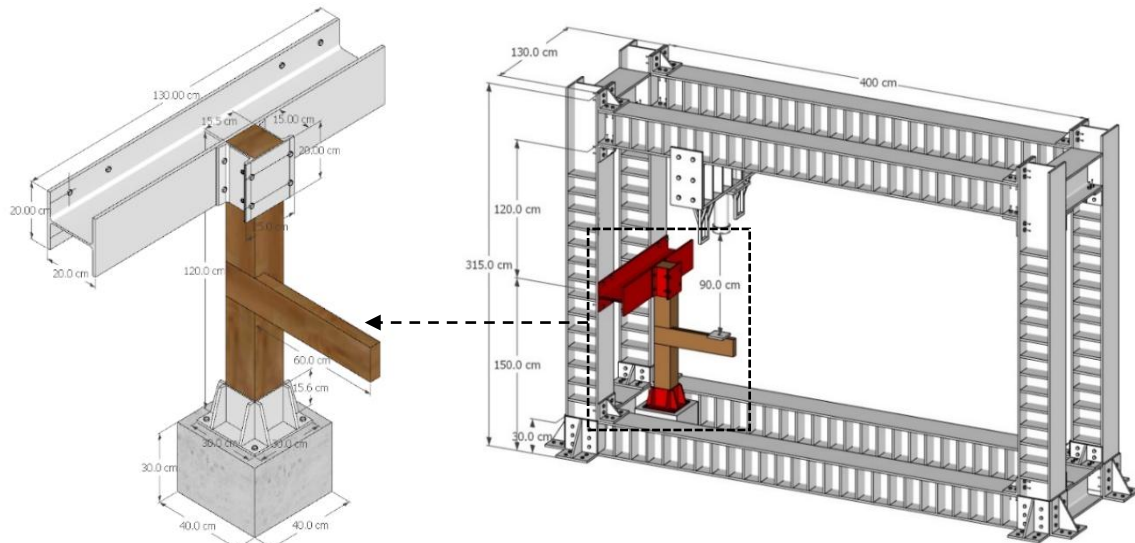
ส่วนที่ 3 รูปแบบการเสริมหัวกดและอุปกรณ์เสริม



- แผ่นเหล็กยึดปลายคานรองหัวกดเพื่อรองรับตำแหน่งหัวกดเนื่องจากความกว้างของตัว หัวกดอยู่ที่ 7 cm ส่วนความกว้างของคานอยู่ที่ 5 cm และการเคลื่อนที่ของหัวกดสามารถเคลื่อนที่ได้แค่แนวเดียวจึงใช้แผ่นเหล็กรองเพื่อขยายพื้นที่การกด
- เหล็กเสริมความยาวหัวกดเพื่อเพิ่มระยะหัวกดให้ยาวพอติดถึงตัวชิ้นงานส่วนคาน โดยมีการเพิ่มเหล็กเสริมความแข็งแรงส่วนหัวและส่วนปลาย

ภาพ 10 การออกแบบการเสริมหัวกดและอุปกรณ์เสริม

ที่มา : ผู้วิจัย, 2568



ภาพ 11 ภาพรวมเครื่องมือจับยึดขึ้นงาน

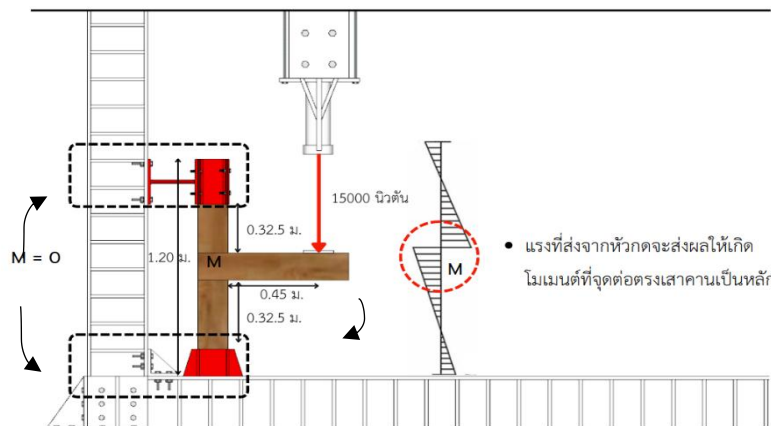
ที่มา : ผู้วิจัย, 2568

ตาราง 3 การเปรียบเทียบอุปกรณ์จับยึดขึ้นงาน

อุปกรณ์จับยึดขึ้นงานเดิม	อุปกรณ์จับยึดขึ้นงานเดิมที่ออกแบบใหม่
การยึดจับหลายจุด - ตัวจับยึดด้านบนมีการยึด 2 แบบ ทั้งการกดจากด้านบน และตัวที่ยื่นมาจากด้านข้างอาจส่งผลการกระจาย	- มีการยึดขึ้นงานตำแหน่งเดียว ต่างจากแบบเดิมที่ยึดทั้งด้านบนและด้านข้างขึ้นงาน - ใช้แนวคิดการเชื่อมต่อแบบอินจันบริเวณจุดต่อ
ความแข็งแรงของระบบจับยึด - บางตำแหน่งใช้แผ่นเหล็กและสลักเกลียวหลายจุดซึ่งอาจทำให้เสียรูปได้ง่าย	- วัสดุเป็นแผ่นเหล็กหรือโครงเหล็กที่มีความหนาและหน้าตัดเหมาะสม มีความแข็งแรง (stiffness) สูง - ลดจำนวนจุดต่อหรือสลักเกลียวที่ไม่จำเป็น
ความยืดหยุ่นในการใช้งานต่ำ - รูปแบบเดิมออกแบบมา มีขนาดตายตัวไม่สามารถรองรับขึ้นงานรูปแบบอื่นได้	- อุปกรณ์สามารถปรับระยะได้ ใช้ได้กับขึ้นงานหลายขนาด - ชุดอุปกรณ์จับยึดสามารถถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนได้

ที่มา : ผู้วิจัย, 2568

รูปแบบการถ่ายแรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้น



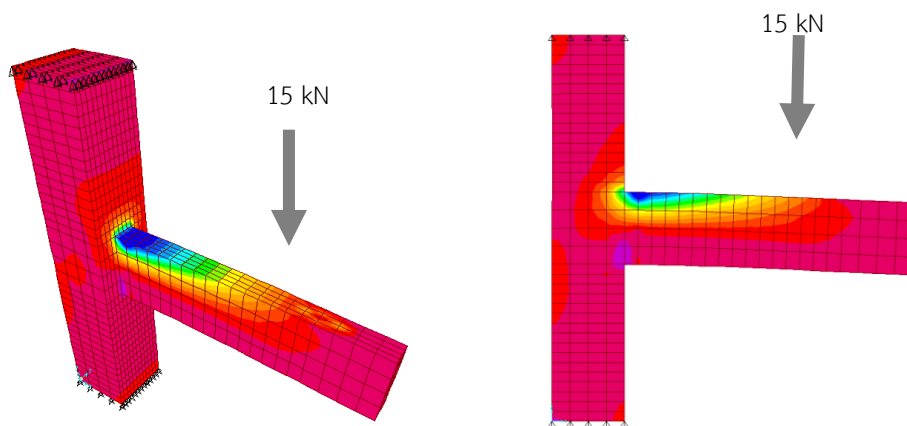
ภาพ 12 ภาพการถ่ายแรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้น

ที่มา : ผู้วิจัย, 2568

การจำลองการทดสอบเพื่อคาดการณ์ระยะต่าง ๆ ของอุปกรณ์

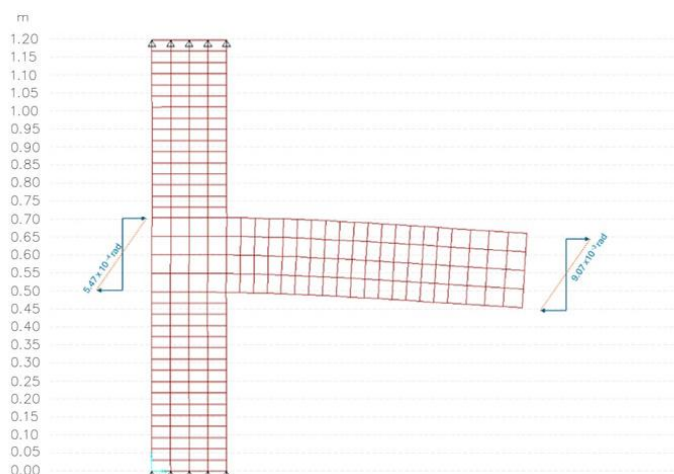
เพื่อเป็นการคาดการณ์ขนาดและระยะต่าง ๆ ของการออกแบบการจับยึดอุปกรณ์ มีสมมุติฐานอันประกอบไปด้วย

- คุณสมบัติไม้ทดสอบพิจารณาคุณสมบัติของไม้หลุมพอที่ค่าความถ่วงจำเพาะ 0.71 โดยมีค่า Elastic Modulus ที่ 13,680 MPa ตามตารางในข้อแนะนำของสำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ (กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้, 2548)
- จำลองขนาดไม้ด้วยขนาดและระยะต่าง ๆ โดยที่ขนาดไม้อ้างอิงตามขนาดที่ใช้งานกันโดยทั่วไป (ไม้เสาขนาด 6"x6" ไม้คานขนาด 6"x2")
- การจำลองไม้ สมมุติให้เป็นวัสดุเนื้อเดียว (isotropic material) จำลองด้วยแบบจำลองการวิเคราะห์เชิงตัวเลข Finite Element โดย ภาพจำลองสามมิติ (8 จุด) เนื่องจากเสาไม้จับยึดด้วยโครงสร้างเหล็กรูปพรรณที่มีความแข็งแรงค่อนข้างสูง จึงพิจารณาให้ระนาบของเงื่อนไขขอบเขตเป็นการจับยึดด้วยระนาบคงที่โดยแต่ละจุดในระนาบจำลองด้วยจุดรองรับแบบหมุน (Constrain DOFs การเคลื่อนที่ Ux, Uy, Uz)
- จำลองระยะการจับยึดเสาและระยะการกดเพื่อทำให้เกิดโมเมนต์ดัดที่รอยต่อ โดยพิจารณาให้การหมุนของจุดรองรับมีค่าน้อยกว่าการหมุนตัวของเสา โดยอยู่บนสมมุติฐานว่า จุดต่อควรจะวิบัติก่อนที่เสาจะมีการเสียรูปอย่างมาก ดังนั้น การกระจัดเชิงมุมควรที่จะมีค่าน้อยกว่าการเสียรูปของหน้าตัดคาน โดยการศึกษาครั้งนี้คาดการณ์ค่าดังกล่าวไว้ไม่เกินร้อยละ 10 หากจำลองให้ระยะห่างมากจนเกินไป การเสียรูปของเสาก็จะมาก ในทางกลับกันหากระยะการจับยึดสั้น ก็จะมีผลต่อ ระดับความเค้นของเสา ดังนั้นจึงได้ทำการสุ่มจำลองระยะที่เหมาะสมก่อน
- ระยะสุ่มทดสอบ ใช้ชิ้นส่วนไม้เสายาว 1.20 เมตร (รวมระยะการจับยึดด้วยอุปกรณ์ชนิดยึดเหล็ก) และระยะยื่นของคาน 0.45 เมตร เพื่อให้โมเมนต์ที่ได้จากการทดสอบมีเพียงพอสำหรับการก่อให้เกิดการวิบัติของจุดต่อและเหมาะสมต่อการกำลังการกดของแม่แรงไฮดรอลิกที่มีในห้องปฏิบัติการ



ภาพ 13 ค่า 1st Principle stress ของแรงภายในจากการจำลองแรงที่ 15 kN ที่ตำแหน่งการให้น้ำหนัก

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

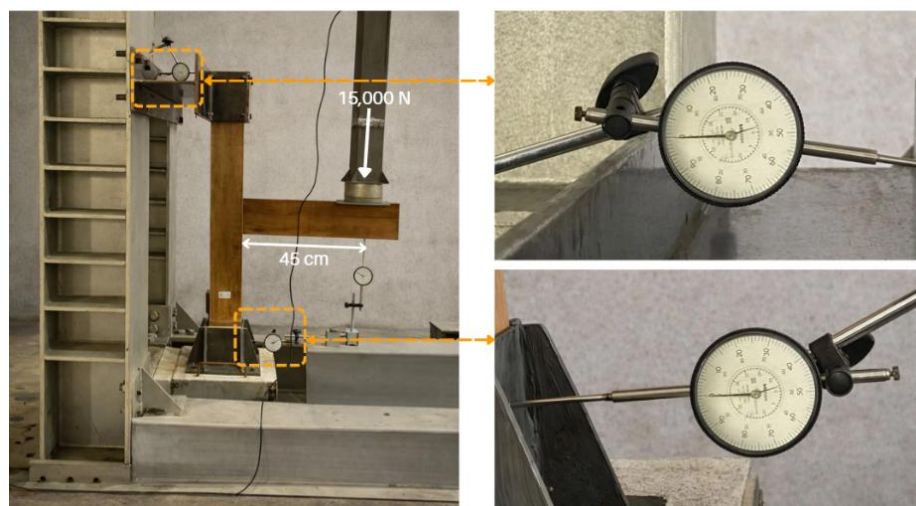


ภาพ 14 การเสียรูปของการจำลองการทดสอบ

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

ภาพ 13 แสดงค่า 1^{st} ความเค้นของแรงภายในจากการจำลองแรงที่ 15 kN ที่ตำแหน่งการให้น้ำหนัก โดยน้ำหนักดังกล่าวเป็นน้ำหนักที่สอดคล้องกับผลการวิบัติจากน้ำหนักทดสอบจริงของชิ้นส่วนทดลอง จากภาพจะเป็นได้ว่า ค่าหน่วยแรงมีค่าสูงสุดที่จุดต่อในส่วนโครงสร้างไม้ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบจริง และค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในเสาไม้ มีค่าไม่สูงมากตลอดชิ้นงานและระยะห่างของจุดรองรับไม่มากหรือน้อยจนทำให้เกิดระดับความเค้นในชิ้นงานเสาซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่คาดหวังให้เกิดการวิบัติก่อนคานไม้ ภาพ 14 เป็นการเสียรูปภายใต้แรงกระทำ พบว่า การเสียรูปของจุดต่อมีค่าเท่ากับ 5.47×10^{-4} rad เมื่อเปรียบเทียบกับ การเสียรูปที่ปลายคานทดสอบซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.07×10^{-3} rad ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบแล้วพบว่า การหมุนตัวของจุดต่อมีค่าประมาณร้อยละ 6 ของการเสียรูปปลายคาน แสดงถึง ความแข็งแรงที่เพียงพอต่อการบังคับวิบัติในส่วนจุดต่อคาน โดยค่าความแข็งที่ตำแหน่งดังกล่าวมีค่าประมาณ 6.95×10^{-5} rad/kN-m และค่าการแอ่นตัวคานที่ระยะ 45 cm มีค่าเท่ากับ 4.2 cm

ทดสอบการใช้งานจริง



ภาพ 15 การติดตั้ง Dial gauge เพื่อวัดการเคลื่อนตัว

ที่มา : ผู้วิจัย, 2568

จากการทดสอบจากชิ้นงานตัวอย่าง พบว่า ค่าการตรวจวัดจากเครื่องมือวัดค่าทางกลมีการขยับตัวเล็กน้อย (ประมาณ 0.82 มม.) ณ ขณะที่เริ่มขึ้นน้ำหนักทดสอบ คาดว่าอาจเป็นผลจากการจับยึดระหว่างชิ้นส่วนไม้และช่องสอดยึดที่จุดรองรับ ซึ่งเมื่อให้น้ำหนักทดสอบถึงสภาวะน้ำหนักสูงขึ้น จนถึงใกล้ขีด ค่าการเคลื่อนตัวที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดค่าความละเอียดทางกลมีค่าใกล้ศูนย์ (อ่านได้น้อยกว่า 0.01 mm ซึ่งเป็นระดับของค่าความเที่ยงตรงการอ่านค่าของเครื่องมือวัดค่าความละเอียดทางกล) จึงอาจสรุปได้ว่า อุปกรณ์การจับยึดดังกล่าวสามารถจับยึดชิ้นทดสอบ ก่อให้เกิดแรงปฏิกิริยาสมดุลภายในน้ำหนักบรรทุกทดสอบจนกระทั่งถึงสภาวะประลัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการเปรียบเทียบค่าการแอ่นตัวของคานระหว่างการจำลองและการทดสอบจริงภายใต้แรงกระทำ 15,000 N พบว่าค่าการแอ่นตัวจากการจำลองมีค่าเท่ากับ 4.2 cm ขณะที่ค่าจากการทดลองมีค่าเท่ากับ 4.8 cm ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อน (percentage error) เท่ากับ 14.29%

$$\%error = \frac{|4.8 - 4.2|}{4.2} \times 100 = \frac{0.6}{4.2} \times 100 = 14.29\%$$

ค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้สำหรับงานวิจัยทางวิศวกรรมโครงสร้าง ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ในช่วงร้อยละ 5-20 ทั้งนี้ ความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจมีสาเหตุมาจากปัจจัย เช่น ความคลาดเคลื่อนในการติดตั้ง การคลอนตัวของอุปกรณ์จับยึด (slip) แรงเสียดทาน และคุณสมบัติวัสดุจริงที่แตกต่างจากค่าที่ใช้ในแบบจำลอง

สรุปได้ว่า ผลการทดสอบสอดคล้องกับทฤษฎีสมดุลโมเมนต์ โดยอุปกรณ์จับยึดที่ออกแบบสามารถควบคุมพฤติกรรมการรับแรงของระบบได้อย่างเหมาะสม และมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการทดสอบสมบัติทางกลของชิ้นงานจริงต่อไป

สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์การออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน รูปแบบที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถแก้ไขข้อจำกัดของอุปกรณ์จับยึดรูปแบบเดิมที่มีถูกออกแบบให้มีขนาดตายตัว พัฒนาให้สามารถปรับตำแหน่งและขนาดการยึดจับให้เหมาะสมกับชิ้นงานทดสอบที่มีขนาดแตกต่างกันได้ ส่งผลให้มีความยืดหยุ่นในการใช้งานและสามารถประยุกต์ใช้กับการทดสอบโครงสร้างไม้ในรูปแบบอื่นได้

การออกแบบอุปกรณ์จับยึดในงานวิจัยนี้พิจารณาทั้งหลักการทางกลศาสตร์โครงสร้างและข้อจำกัดของเครื่องทดสอบแรง โดยกำหนดให้ตัวจับยึดบริเวณคานบนมีพฤติกรรมใกล้เคียงการเชื่อมต่อแบบอินจ์เพื่อลดการต้านทานโมเมนต์จากอุปกรณ์จับยึดร่วมกับการปรับปรุงฐานรองรับที่ใช้ฐานรองรับแบบลูกกลิ้งที่ได้รับการปรับปรุงเพื่อจำกัดการเคลื่อนที่ในแนวราบ เพื่อให้สามารถติดตั้งกับเครื่องทดสอบได้ ซึ่งผลจากการใช้งานจริงอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานไม่พบการเคลื่อนที่ผลจากเครื่องมือวัดค่าความละเอียดทางกล=0 ขณะที่ชิ้นงานคานเกิดการแอ่นตัวตามพฤติกรรมของโครงสร้าง แสดงให้เห็นว่า อุปกรณ์จับยึดมีความแข็งแรงเพียงพอและไม่ส่งผลต่อการเสียรูปของชิ้นงาน และทำให้ผลการทดสอบสะท้อนสมบัติทางกลที่แท้จริงของรอยต่อเสา-คานไม่ได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

บทความนี้มุ่งเน้นการออกแบบและทดสอบการใช้งานของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานสำหรับการทดสอบรอยต่อเสา-คานไม้ ภายใต้เงื่อนไขการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไป ควรมีการนำอุปกรณ์จับยึดที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้กับการทดสอบรอยต่อไม้ในรูปแบบอื่น เช่น รอยต่อแบบเดือย รอยต่อแบบสลักเกลียว หรือรอยต่อไม้ประกอบ เพื่อประเมินความเหมาะสมและขยายขอบเขตการใช้งานของอุปกรณ์ให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- กรมป่าไม้. สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้. กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้. (2548). *ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย* (พิมพ์ครั้งที่ 3). สุขุมวิทมีเดีย มาร์เก็ตติ้ง.
- กระทรวงมหาดไทย. กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2551). *มาตรฐานการทดสอบไม้: มยผ.1221-51 ถึง มยผ. 1227-51*. สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร. https://npdwebsite.net/knowledge/store_act/p510421145220.pdf
- ASTM International. (2014). *ASTM D198-14: Standard test methods of static tests of lumber in structural sizes*. <http://www.randb.co.kr/wp-content/uploads/2018/07/ASTM-D198-14-Static-Tests-of-Lumber-in-Structural-Sizes%ED%95%9C%EA%B8%80.pdf?ckattempt=1>
- Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2020). *Mechanics of materials* (8th ed.). McGraw-Hill. <https://dl.icdst.org/pdfs/files3/2da7c6222d8d17ac4fbb8f36a401dda2.pdf>
- Gere, J. M., & Timoshenko, S. P. (1997). *Mechanics of materials* (4th ed.). PWS. <https://archive.org/details/mechanicsofmater00gere>
- Hibbeler, R. C. (2017). *Mechanics of materials* (10th ed.). Pearson. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781292178288_A31720168/preview-9781292178288_A31720168.pdf
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 7500-1: Metallic materials—Verification of static uniaxial testing machines—Part 1: Tension/compression testing machines—Verification and calibration of the force-measuring system* (5th ed.). <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/72572/aae48e1d33a544a198577be7289fc1d7/ISO-7500-1-2018.pdf>
- Zhang, X., Luo, L., Sun, Y., Cui, X., Zhang, Y. (2022). Analytical investigation into the rotational performance of glulam bolted beam-Column connections under coupled bending moment and shear force. *Journal of Renewable Materials*, 11(4), 2033-2054. <https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S2164632522000440>