

การทดสอบประสิทธิภาพของข้อต่อสะพานโครงข้อหมุนขนาดเล็กแบบประกอบในการรับน้ำหนัก

โดย นางสาวปฐมาวดี แก้วคำสอน

นายวัชรินทร์ สีหาบุตร

นายอัศรพล อยู่เย็น

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้นำเสนอการศึกษาวิจัยเชิงทดลองเกี่ยวกับพฤติกรรมการตอบสนองเชิงกลและเสถียรภาพของข้อต่อในโครงสร้างสะพานโครงข้อหมุนเหล็กแบบประกอบ (Assembled Steel Truss Bridge) ขนาดช่วงยาว 3 เมตร ภายใต้การทดสอบน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่กระจายแบบสถิต (Static Distributed Load) การวิจัยมุ่งเน้นการวิเคราะห์เชิงลึกเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างข้อต่อ 3 รูปแบบหลัก ได้แก่ ข้อต่อแบบสลักเกลียว (Bolted), ข้อต่อแบบผสม (Bolted-Welded) และข้อต่อแบบเชื่อมยึดแข็ง (Rigid Welded) ซึ่งใช้เป็นโครงสร้างฐานรากในการอ้างอิง ข้อมูลจากการทดสอบในช่วงน้ำหนักบรรทุก 1 ถึง 12 กิโลนิวตัน ถูกนำมาวิเคราะห์ผ่านความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและการแอ่นตัว (Load-Deflection Relationship) เพื่อประเมินค่าความแข็งแกร่งเชิงโครงสร้าง (Structural Stiffness) และความสามารถในการส่งผ่านแรงระหว่างชิ้นส่วน

ผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลขพบว่า พฤติกรรมการแอ่นตัวของโครงสร้างในทุกกรณีสอดคล้องกับทฤษฎีคานช่วงเดียว โดยมีการเสียรูปสูงสุด ณ ตำแหน่งกึ่งกลางช่วงสะพาน ($L/2$) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อน (Percentage Error) ของข้อต่อแบบสลักเกลียวเปรียบเทียบกับข้อต่อแบบเชื่อมยึดแข็ง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในช่วงร้อยละ 32.00 ถึง 81.82 โดยเฉพาะในสภาวะน้ำหนักบรรทุกเริ่มต้นที่กราฟแสดงความไม่ต่อเนื่องอันเนื่องมาจากปรากฏการณ์การลื่นไถลของสลักเกลียวภายในรูเจาะ (Bolt Slip) ส่งผลให้การเสียรูปสะสมที่น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 12 kN มีค่าเท่ากับ 8.47 มม. ซึ่งเกินขีดจำกัดตามมาตรฐาน $L/360$ ในขณะที่ข้อต่อแบบเชื่อมยึดแข็งและแบบผสมสามารถรักษาค่าการแอ่นตัวให้อยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานได้ดีกว่า แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของความต่อเนื่องเชิงข้อต่อ (Joint Continuity) ที่มีต่อเสถียรภาพโดยรวมของโครงสร้าง

ในส่วนของการสรุปเชิงวิชาการ การวิจัยชี้ให้เห็นว่าปัจจัยวิกฤตที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการทำนายพฤติกรรมโครงสร้างคือ "การให้ตัวของข้อต่อ" (Joint Flexibility) ซึ่งในบทที่ 5 จะมุ่งเน้นการนำเสนอแนวทางเชิงทฤษฎีเพื่อลดค่า Error ดังกล่าว โดยการนำเสนอโมเดลข้อต่อแบบกึ่งยึดหมุน (Semi-Rigid Model) ร่วมกับการเพิ่มแรงเสียดทานผ่านการใช้สลักเกลียวกำลังสูงแบบควบคุมแรงตึง (Pre-tensioned Bolting) เพื่อเปลี่ยนพฤติกรรมของข้อต่อให้ใกล้เคียงกับสมมติฐานข้อต่อยึดแข็งในโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง นอกจากนี้ยังมีการพิจารณาผลกระทบจากวัสดุเปรียบเทียบระหว่างเหล็กและอะลูมิเนียมต่อค่าความชันของกราฟ

ตอบสนอง เพื่อเป็นฐานข้อมูลเชิงลึกสำหรับการพัฒนามาตรฐานการออกแบบจุดต่อในโครงสร้างถอดประกอบ
ที่มีความซับซ้อนสูงต่อไป

****คำสำคัญ:**** สะพานโครงข้อหมุน, พฤติกรรมจุดต่อ, การแอ่นตัวเชิงโครงสร้าง, การสิ้นเปลืองของสลักเกลียว,
ความแข็งแรงเชิงโครงสร้าง



Faculty of Engineering, UBU

Performance Evaluation of Joints in a Small-Scale Assembled Truss Bridge under Loading

By Miss. Patamawadee Kaewkhamson
Mr. Watchira Seehabut
Mr. Akkaraphon Yooyen

Abstract

This academic article presents an experimental investigation into the mechanical behavior and structural stability of joints in an assembled steel truss bridge (3m span) under static distributed loading. The study focuses on a comparative analysis of three connection types: Bolted, Bolted-Welded, and Rigid Welded (baseline). Experimental data obtained from a loading range of 1 to 12 kN were analyzed through the Load-Deflection relationship to evaluate structural stiffness and force transfer efficiency between members.

The numerical analysis indicates that mid-span deflection ($L/2$) in all cases aligns with theoretical simply supported beam behavior. However, significant discrepancies were observed in bolted connections, with percentage errors relative to the rigid baseline ranging from 32.00% to 81.82%. This phenomenon is predominantly linked to bolt slip within the holes during initial loading phases, leading to a maximum deflection of 8.47 mm at peak load, which exceeds the $L/360$ serviceability limit. In contrast, rigid and hybrid connections maintained deflections within standard limits, highlighting the critical role of joint continuity in overall structural stability.

In conclusion, the research identifies "joint flexibility" as the critical factor affecting the accuracy of structural predictions. For the subsequent study in Chapter 5, the academic focus is directed toward mitigating these errors through the implementation of semi-rigid joint models and high-strength pre-tensioned bolting to simulate rigid behavior. Additionally, the comparative influence of material properties between steel and aluminum on the response curve slope is examined, providing a comprehensive database for the advanced design of joints in complex deployable structures.

****Keywords:**** Truss Bridge, Joint Behavior, Structural Deflection, Bolt Slip, Structural Stiffness