

การศึกษากำลังรับน้ำหนักของสะพานเหล็กที่ใช้สลักเกลียวและการเชื่อมยึดชิ้นส่วน

Study of Load Carrying Capacity of Steel Bridges using Bolts and

Welding for Connections

สมพงษ์ บุตรงาม

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

E-mail : Sompong_bu@rtaf.mi.th

Received: August 9,2018

Revised: September 25,2018

Accepted: October 20,2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์และทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกและการโก่งตัวของสะพานเหล็กชนิดโครงข้อหมุนที่ใช้สลักเกลียวและการเชื่อมยึดชิ้นส่วนที่จุดต่อ สะพานเหล็กที่ทำการทดสอบมีทั้งหมด 3 แบบคือ แบบที่ 1 เป็นชนิดที่ชิ้นส่วนถูกยึดด้วยการเชื่อมตลอดแนวสัมผัสระยะทาบ แบบที่ 2 เป็นชนิดที่ชิ้นส่วนถูกเชื่อมตามการคำนวณของแรงภายใน และแบบที่ 3 เป็นชนิดที่ชิ้นส่วนถูกยึดด้วยสลักเกลียว สะพานเหล็กแต่ละแบบมีความยาวช่วง 5.00 ม. ความกว้าง 0.50 ม. และความสูง 0.8 ม. องค์อาคารแต่ละชิ้นมีความยาวไม่เกิน 1.70 ม. และสะพานต้องรับน้ำหนักบรรทุกได้อย่างน้อย 1,000 กก. ผลการทดสอบปรากฏว่าโครงสร้างสะพานแบบที่ 1 สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ 2,814 กก. และมีค่าการโก่งตัวสูงสุด 1.41 ซม. มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 2.8 โครงสร้างสะพานแบบที่ 2 สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ 1,920 กก. และมีค่าการโก่งตัวสูงสุด 1.54 ซม. มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 1.9 และโครงสร้างสะพานแบบที่ 3 สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ 1,775 กก. และมีค่าการโก่งตัวสูงสุด 2.47 ซม. มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 1.8 ประโยชน์จากการวิจัยนี้คือ ได้ศึกษากระบวนการในการออกแบบสะพานเหล็ก และได้ศึกษารูปแบบของการวิบัติของสะพานเหล็ก โดยรูปแบบการวิบัติของสะพานเหล็กทั้ง 3 แบบ จะเกิดการโก่งเคาะที่ชิ้นส่วนรับแรงอัดบริเวณคานบนของโครงสร้างก่อนเป็นอันดับแรก แต่ในสะพานเหล็กแบบที่ 2 ที่มีการเชื่อมชิ้นส่วนตามการคำนวณของแรงภายใน จะเกิดการวิบัติที่จุดเชื่อมต่อชิ้นส่วนควบคู่ไปด้วย จากการทดสอบนี้ทำให้ผู้ออกแบบมั่นใจได้ว่าการเชื่อมตลอดแนวสัมผัสจะทำให้โครงสร้างสะพานเหล็กมีความแข็งแรงและอัตราส่วนความปลอดภัยที่ได้ตามที่ออกแบบไว้

คำสำคัญ : โครงสร้างสะพานเหล็ก, จุดต่อ, สลักเกลียว, การเชื่อมยึดชิ้นส่วน

ABSTRACT

The purpose of this research is to analyze and test the load carrying capacity and the maximum deflection of steel bridges using bolts and welding for connections. Three types of steel bridges being tested are as follows: the first bridge with full welding at the connections, the second bridge with partial welding calculated from internal forces, and the third bridge with bolts connections. The researchers use a structural analysis program to analyze a selected bridge. The three bridges are assembled and tested for load carrying capacity and maximum deflection. Each structure has a length of 5.00 m., a width of 0.50 m., and a height of

0.8 m. The maximum allowable length for each member is 1.70 m. Each bridge is designed to carry a load of at least 1,000 kg applied to the bottom chords of the bridge. The results from the load test indicate that the bridge with full welding at the connections can carry a maximum load of 2,814 kg., the maximum deflection of 1.41 cm, and a factor safety of 2.8. The second bridge with partial welding at the connections can carry a maximum load of 1,923 kg., the maximum deflection of 1.54 cm and a factor safety of 1.9. The third bridge with bolts at the connections can carry a maximum load of 1,775 kg., the maximum deflection of 2.47 cm and a factor safety of 1.8. The benefit of this research is to understand the steel bridge design process and failure behaviors. The failure mode of each bridge indicates that the upper compressed chords buckles at the maximum load. In addition the second bridge with the partial welding has also a joint failure at the upper chord. This experiment is evidence that the full welding at the connections induces higher load carrying capacity in steel bridge structure.

Keywords : Steel Bridges, connection, bolts, welding

1. บทนำ

โครงสร้างสะพานเหล็กที่ทดสอบเพื่อหาค่าการรับน้ำหนักบรรทุกและการโก่งตัวสูงสุด มีทั้งหมด 3 แบบ โดยเลือกแบบโครงสร้างที่มีความเหมาะสมตามข้อกำหนดและออกแบบสะพานเหล็ก ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อนำมาประกอบเป็น โครงสร้างสะพานเหล็ก โดยการประกอบสะพานเหล็กแบบที่ 1 ใช้การยึดค้ำอาคารของโครงสร้างด้วยการเชื่อมตลอดแนวสัมผัสระยะขา และ สะพานเหล็กแบบที่ 2 ยึดค้ำอาคารของโครงสร้างด้วยการเชื่อมตามการคำนวณของแรงภายใน ส่วนสะพานเหล็กแบบที่ 3 ใช้การยึดค้ำอาคารด้วยสลักเกลียว ซึ่งผลการทดสอบที่ได้จะถูกนำมาเปรียบเทียบพิจารณาข้อดีของการยึดค้ำอาคารแต่ละแบบต่อไป

2. ความเป็นมาของงานวิจัย

โครงสร้างเหล็กเป็นที่นิยมในปัจจุบัน เนื่องจากก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว และอัตราส่วนการรับน้ำหนักต่อน้ำหนักโครงสร้างที่น้อยกว่าโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก และโครงสร้างเหล็กมีความหลากหลายกว่าในด้านการออกแบบ รวมทั้งยังสามารถออกแบบให้มีช่วงเสา (Span) ได้มากกว่าโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงต้องการพัฒนา และทดสอบกำลังรับน้ำหนักของสะพานเหล็กที่เป็น โครงข้อหมุน

และโครงข้อแข็ง เพื่อหาความแตกต่างของลักษณะการรับน้ำหนักบรรทุก และการเสียรูปของโครงสร้างทั้ง 2 ประเภท ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจ อย่างเป็นรูปธรรม อีกทั้งยังสร้างประสบการณ์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในการทำงาน

3. วัตถุประสงค์

เพื่อนำความเข้าใจที่ได้ไปใช้ในการออกแบบวิเคราะห์และทดสอบคุณสมบัติของสะพานเหล็กทั้งแบบชนิดโครงข้อหมุนที่ใช้สลักเกลียว และโครงข้อหมุนที่ใช้การเชื่อมยึดชิ้นส่วนที่จุดต่อ เพื่อศึกษาการรับน้ำหนักบรรทุกและการเสียรูปของโครงสร้างทั้ง 2 ประเภท

4. ขอบเขตของการศึกษา

สะพานเหล็กที่ใช้ในการทดสอบมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่ใช้ในการแข่งขัน โครงสร้างสะพานเหล็กปี พ.ศ.2552 กำหนดโดยมหาวิทยาลัยศรีปทุม คือสะพานมีความยาว 5 ม. ความกว้างของสะพาน 50 ซม. ความสูง 80 ซม. องค์อาคารแต่ละชิ้นมีความยาวไม่เกิน 1.70 ม. น้ำหนักโครงสร้างไม่เกิน 100 กก. สามารถติดตั้งเข้ากับฐานรองรับสำหรับทดสอบได้ บริเวณส่วนกลางของช่วงความยาว โครงสร้างต้องมีพื้นที่สำหรับรับน้ำหนัก

บรรทุกจากเครื่องกดได้ โครงสร้างสามารถรับน้ำหนักกดลงบนจุดกึ่งกลางโครงสร้าง 1,000 กก. ได้โดยไม่วิบัติสามารถใช้งานได้ และการแอ่นตัวไม่เกิน 5 ซม. วัสดุต่อชิ้นส่วนโครงสร้างใช้การยึดด้วยสลักเกลียว และใช้การเชื่อมชิ้นส่วน

5. ประโยชน์ที่ได้รับ

ผลการวิจัยที่ได้ทำให้เข้าใจปัญหาในการวิบัติ และข้อบกพร่องของสะพานเหล็กทั้ง 2 ประเภท คือสะพานเหล็กโครงข้อหมุนที่ใช้สลักเกลียว และโครงข้อหมุนที่ใช้การเชื่อมยึดชิ้นส่วนที่จุดต่อ เพื่อนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้ในการทำงาน

6. การดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปแบบสามมิติ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบสะพานเหล็ก หลังจากนั้นจึงตัดองค์อาคารของสะพานเหล็กตามที่ออกแบบไว้ จากนั้นนำมาประกอบยึดด้วยการเชื่อมตลอดแนวสัมผัสระยะทางสำหรับสะพานเหล็กแบบที่ 1 และการเชื่อมตามการคำนวณแรงภายในสำหรับสะพานเหล็กแบบที่ 2 ส่วนของสะพานเหล็กแบบที่ 3 ทำการยึดองค์อาคารของสะพานเข้าด้วยกันโดยใช้สลักเกลียว ดังแสดงตัวอย่างสะพานเหล็กที่ใช้ในการทดสอบตามรูปที่ 1 เมื่อประกอบสะพานเหล็กทั้ง 3 แบบเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงนำไปทดสอบเพื่อหาค่าการรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดและการโก่งตัวสูงสุดของสะพานเหล็กแต่ละแบบ



รูปที่ 1 โครงสร้างสะพานเหล็กที่พร้อมก่อนการทดสอบ

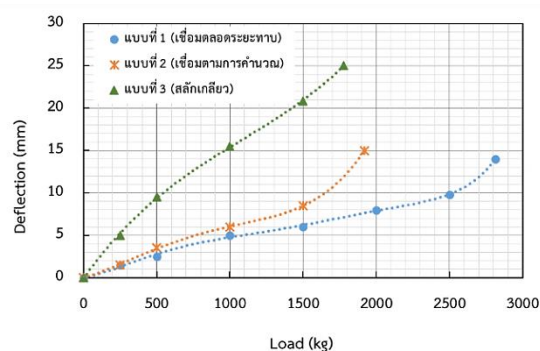
7. ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบการรับน้ำหนักและการโก่งตัวสูงสุดของโครงสร้างสะพานเหล็กดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบโครงสร้างสะพานเหล็ก 3 แบบ

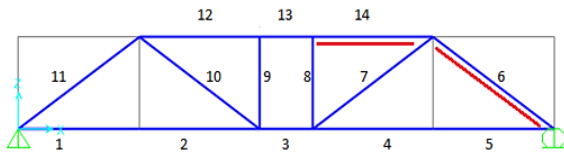
โครงสร้าง	น้ำหนัก ออกแบบ (Kg)	น้ำหนักของ โครงสร้าง (kg)	น้ำหนักรับ ได้จริง (kg)	การโก่งตัว สูงสุด (cm)
1	1,000	72.25	2,814	1.407
2	1,000	72.20	1,920	1.536
3	1,000	74.70	1,775	2.436

จากผลการทดสอบ เมื่อวิเคราะห์การรับน้ำหนักของสะพานเหล็กที่ใช้ในการทดสอบ พบว่าสะพานเหล็กทั้ง 3 แบบ สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้สูงกว่า 1,000 กก. ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในตอนต้น ความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวของสะพานเหล็กกับน้ำหนักบรรทุกที่กระทำบนสะพานเป็นไปตามแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการโก่งตัวของสะพานเหล็กทั้ง 3 แบบ

สะพานเหล็กแบบที่ 1 ยึดชิ้นส่วนด้วยการเชื่อมตลอดแนวสัมผัสระยะทาง เมื่อวิเคราะห์จากโปรแกรมวิเคราะห์ผลแบบสามมิติ พบว่ามีโอกาสจะเกิดการวิบัติที่องค์อาคารหมายเลข 6 และ 14 ดังรูปที่ 3 และสามารถรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดได้ 1,000 กก. แต่ในการทดสอบพบว่าสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้สูงสุดถึง 2,814 กก. เกิดการวิบัติที่องค์อาคารหมายเลข 6 ดังรูปที่ 4 และมีค่าการโก่งตัวสูงสุด 14.07 มม.

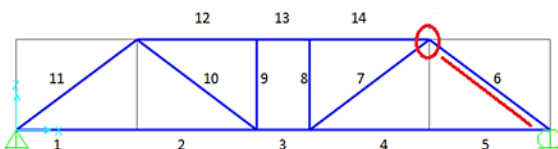


รูปที่ 3 องค์อาคารที่คาดว่าจะเกิดการวิบัติของ
สะพานเหล็กแบบที่ 1



รูปที่ 4 องค์อาคารที่เกิดการวิบัติของสะพานเหล็ก
แบบที่ 1 หลังการทดสอบ

สะพานเหล็กแบบที่ 2 ยึดขึ้นส่วนด้วยการเชื่อมตาม
การคำนวณของแรงภายใน เมื่อวิเคราะห์จากโปรแกรม
วิเคราะห์ผลแบบสามมิติ พบว่ามีโอกาสจะเกิดการวิบัติที่
องค์อาคารหมายเลข 6 ดังรูปที่ 5 โดยสามารถรับน้ำหนัก
บรรทุกสูงสุดได้ 1,000 กก. แต่จากการทดสอบพบว่า
สะพานเหล็กสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้สูงสุด 1,920
กก. และเกิดการวิบัติที่องค์อาคารหมายเลข 6 และการ
วิบัติของจุดต่อโครงสร้างดังรูปที่ 6 และมีค่าการโก่งตัว
สูงสุด 15.36 มม.

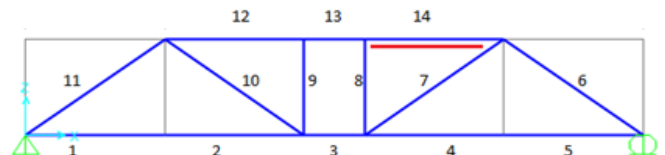


รูปที่ 5 องค์อาคารที่คาดว่าจะเกิดการวิบัติของ
สะพานเหล็กแบบที่ 2



รูปที่ 6 องค์อาคารที่เกิดการวิบัติของสะพานเหล็ก
แบบที่ 2 หลังการทดสอบ

สะพานเหล็กแบบที่ 3 ยึดขึ้นส่วนด้วยสลักเกลียว เมื่อ
วิเคราะห์จากโปรแกรมวิเคราะห์ผลสามมิติ พบว่าจะเกิด
การวิบัติที่องค์อาคารหมายเลข 14 ดังรูปที่ 7 และโดย
สามารถรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดได้ 1,000 กก. แต่ใน
การทดสอบพบว่าสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้สูงสุด
1,775 กก. และเกิดการวิบัติที่องค์อาคารหมายเลข 14 ดัง
รูปที่ 8 และมีค่าการโก่งตัวสูงสุด 15.36 มม.



รูปที่ 7 องค์อาคารที่คาดว่าจะเกิดการวิบัติของ
สะพานเหล็กแบบที่ 3



รูปที่ 8 องค์อาคารที่เกิดการวิบัติของสะพานเหล็ก
แบบที่ 3 หลังการทดสอบ

8. สรุปผลการวิจัย

สะพานเหล็กที่ใช้การเชื่อมต่อตลอดแนวสัมผัสสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้มากที่สุด รวมถึงค่าการโก่งตัวน้อยที่สุด โดยเกิดการวิบัติที่ขึ้นส่วนที่รับแรงอัดก่อน (ด้านบนของโครงสร้าง)

สะพานเหล็กที่ออกแบบการเชื่อมต่อสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้น้อยกว่าการเชื่อมต่อตลอดแนวสัมผัสมากใกล้เคียงกับแบบใช้สลักเกลียว แต่มีค่าการโก่งตัวน้อยกว่าแบบสลักเกลียว โดยการวิบัติเกิดที่จุดเชื่อมและขึ้นส่วนในเวลาใกล้เคียงกัน เพราะการออกแบบรอยเขื่อนนั้นออกแบบโดยใช้แรงภายในขึ้นส่วนเป็นตัวกำหนด

สะพานเหล็กที่ใช้สลักเกลียวมีค่าการโก่งตัวมากที่สุด โดยการวิบัติเกิดที่ขึ้นส่วนรับแรงอัด (ด้านบนของโครงสร้าง)

จากข้อมูลดังกล่าวสรุปได้ว่า สะพานเหล็กแบบเชื่อมต่อตลอดแนวสัมผัส สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้มากที่สุด และมีค่าการโก่งตัวที่น้อยที่สุด กล่าวคือสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ 2,814 กก. และมีระยะโก่งตัวสูงสุด 1.407 ซม

9. ข้อเสนอแนะ

การตัดเหล็กและการเจาะรูควรมีความประณีตและตรงตามที่ออกแบบไว้ ในส่วนจุดยึดต่อของโครงสร้างนั้นควรประกอบส่วนปลายของแต่ละชิ้นส่วนให้ติดชิดกัน และควรใช้สลักเกลียวกำลังสูงเพื่อไม่ให้เกิดการวิบัติที่สลักเกลียว

10. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรของกองโรงงาน กรมช่างโยธาทหารอากาศ ที่อำนวยความสะดวกในการประกอบโครงสร้าง รวมถึงอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการประกอบโครงสร้างสะพานเหล็ก

11. เอกสารอ้างอิง

- [1] วินิต ช่อวีเชียร. (2550). การออกแบบโครงสร้างเหล็ก Structural Steel Design (มาตรฐาน AISC/ASD/ LRFD). กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [2] วินิต ช่อวีเชียร และ วรนิติ ช่อวีเชียร. (2558). ส่วนโครงสร้างรับแรงดึงส่วนโครงสร้างรับแรงอัดและการต่อโครงสร้างโดยใช้ตัวยึด. กรุงเทพฯ : ว. ช่อวีเชียร.
- [3] ชีระศักดิ์ เตรียมชัยศรี. (2553). ตารางเหล็กสำหรับผู้รับเหมาก่อสร้างและวิศวกร. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ที กรู๊ป ออฟ เอ็นจิเนียร.