

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของสะพานโลหะ สำหรับรถสะพานเครื่องหนุมน้ำมันด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

อชิรฤกษ์ จุฬินพิรุณษ์^{1*} ดร.วรรณชพัฒน์ ฤทธิเลื่อน¹
อรรถพล เจริญผล¹ และชานนทร์ เล็กธำรง¹

วันที่รับ 27 พฤษภาคม 2568 วันที่แก้ไข 17 กันยายน 2568 วันตอบรับ 23 กันยายน 2568

บทคัดย่อ

รถสะพานเครื่องหนุมน้ำมัน (Modular Fast Bridge Launching Vehicle) เป็นยุทธโปกรณ์ทางทหารที่ใช้ในการปฏิบัติการกิจสนับสนุนทางยุทธวิธี เพื่อให้สามารถเคลื่อนย้ายยานพาหนะ ยุทธโปกรณ์หรือกำลังพลข้ามคลองหรือเส้นทางที่ถูกตัดขาด นอกจากนี้ยังใช้ในการบรรเทาสาธารณภัย เพื่อช่วยเหลือประชาชนในกรณีเส้นทางคมนาคมถูกตัดขาด งานวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์และพฤติกรรมความแข็งแรงของสะพานโลหะด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์พฤติกรรมของความเค้น (Stress) และความเครียด (Strain) ที่เกิดขึ้นในส่วนประกอบต่าง ๆ ของสะพานที่ติดตั้งบนสะพาน นอกจากนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบความเครียด ความเค้น และระยะโก่งตัวที่เกิดขึ้นบริเวณกลางสะพานที่ได้จากการจำลองเชิงตัวเลขและการทดสอบสะพานโลหะด้วยการวางน้ำหนักประมาณ 60 ตันลงบนสะพาน จากผลการคำนวณและผลการทดสอบพบว่า ผลการคำนวณและผลการทดสอบมีความสอดคล้องกัน และพบว่าเกิดความเค้นสูงสุดบริเวณกึ่งกลางสะพาน บริเวณที่สะพานทั้ง 2 ฝั่งมาประกบกัน

คำสำคัญ : สะพานโลหะ, รถสะพานเครื่องหนุมน้ำมัน, ยุทธโปกรณ์ช่วยรบทางทหาร

¹ ส่วนงานวิศวกรรมยานรบ, สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ

* ผู้แต่ง, อีเมล: achirakris.j@dti.or.th

Strength Analysis of a Metal Bridge for the Modular Fast Bridge Launching Vehicle Using the Finite Element Method

Achirakris Julniphitwong^{1*} Dr. Watchaphat Ridluan¹
Attapon Charoenpon¹ and Chanon Lekthamrong

Received 27 May 2025 Revised 17 September 2025 Accepted 23 September 2025

Abstract

The Modular Fast Bridge (MFB) is military equipment used for tactical support missions, enabling the transport of vehicles, equipment, or personnel across canals or disrupted routes. Additionally, it is utilized in disaster relief operations to assist civilians when transportation routes are cut off. This study presents a strength analysis of a steel bridge capable using the Finite Element Method (FEM). The analysis focuses on evaluating the stress and strain of the bridge structure. Furthermore, the strength of steel bridge was tested by placing 60-ton load on the middle of the bridge and the tested results were used to compare against the results obtained from FEM. The results from the calculations and experiments showed that both were in good agreement, and the maximum stress occurred at the midpoint of the bridge, where the two bridge sections are connected.

Keywords: metal bridge, modular fast bridge, launcher combat support vehicle

¹ Military Vehicle Division, Defence Technology Institute

* Corresponding author: achirakris.j@dti.or.th

1. บทนำ

ปัจจุบันการวิจัยและพัฒนาขุทโธปกรณ์ที่มีความเหมาะสมสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและภัยคุกคามกำลังได้รับความสนใจและมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง อย่างไรก็ตามการเตรียมความพร้อมต่อสถานการณ์ทุกรูปแบบนั้นไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการพัฒนาขุทโธปกรณ์หลักที่ใช้ในสนามรบ เช่น ยานเกราะล้อ ยานอากาศยานไร้คนขับ และเรือรบ เป็นต้น แต่รวมถึงการวิจัยและพัฒนาขุทโธปกรณ์ช่วยรบหรือสิ่งก่อสร้างเพื่อส่งกำลังพลเข้าสู่พื้นที่รบ เช่น รถสะพานเครื่องหนุมัน (Modular Fast Bridge Launching Vehicle) เป็นต้น สะพานทหารยังมีประโยชน์อื่นนอกเหนือจากการใช้งานทางทหาร เช่น ในกรณีที่เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ เป็นเหตุให้เส้นทางคมนาคมถูกตัดขาด ทหารช่างสามารถใช้สะพานทหารในการเข้าไปแก้ปัญหา เชื่อมเส้นทางสัญจร ช่วยประชาชนที่เดือดร้อนจากเหตุฝนตกหนักถนนถูกตัดขาด สามารถบรรเทาความเดือดร้อนแก่ผู้ประสบภัยได้

สะพานโลหะเป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างพื้นฐานทางวิศวกรรมของระบบรถสะพานเครื่องหนุมันที่ใช้ในการสนับสนุนการเคลื่อนย้ายกำลังพลและขุทโธปกรณ์ทางทหาร โครงสร้างสะพานต้องได้รับการออกแบบให้มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะสามารถรองรับภาระกรรมของยานพาหนะทางทหารที่มีน้ำหนักสูง เช่น ยานรบสายพานที่มีน้ำหนัก 60 ตัน (MLC 60)

สะพานดังกล่าวยังไม่มีการใช้งานแพร่หลายในประเทศ ตลอดจนถึงองค์ความรู้ในด้านการใช้งานโครงเหล็กสำหรับขุทโธกรณ์ข้ามลำน้ำในประเทศ ณ ปัจจุบันยังมีอยู่น้อยมาก ทั้งในด้านการวิเคราะห์การออกแบบ และการผลิตโครงสร้าง

2. การทบทวนวรรณกรรม

ปัจจุบันสะพานเครื่องหนุมันที่มีใช้ในการปฏิบัติการกิจสนับสนุนหน่วยทางขุทโธวิธีและใช้ในการช่วยเหลือประชาชน บางชนิดมีข้อจำกัดรับน้ำหนัก รวมทั้งใช้กำลังพลและเวลาในการประกอบสร้างนาน ไม่ทันต่อความต้องการด้านปัจจัยเวลา งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์พฤติกรรมความแข็งแรงของสะพานที่ได้รับการออกแบบให้มีลักษณะเป็นโมดูลาร์

โดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เป็นเทคนิคการวิเคราะห์เชิงตัวเลขที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิศวกรรมโครงสร้าง โดยมีการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

Zienkiewicz et al. [1] ได้พัฒนาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมโครงสร้างที่ซับซ้อนได้

Yang et al. [2] ได้วิเคราะห์ความแข็งแรงและปรับปรุงโครงสร้างของสะพานเหล็กแบบโครงถักโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อให้สามารถรองรับน้ำหนักได้สูงสุด

Embaby et al. [3] ได้วิเคราะห์เชิงตัวเลขและทำการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างสะพานเหล็กแบบโครงถักคู่ยาว 45.7 เมตร การทดลองได้ติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าความแข็งแรงบนสะพานเพื่อศึกษาพฤติกรรมของแรงที่กระทำ การโก่งตัว และความเครียด

วินัฐ อินทรสุวรรณ และคณะ [4] ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาสร้างสะพานทหารช่างของกองทัพบก โดยได้จำลองและวิเคราะห์ความแข็งแรงโครงสร้างสะพานที่สามารถรองรับน้ำหนักรถถังสายพานหนัก 60 ตัน กระทำที่กึ่งกลางสะพาน และ

นำค่าแรงเฉือน การแอ่นตัว และความเค้น มาเปรียบเทียบกับผลทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุ โครงสร้างสะพาน เพื่อหาวัสดุทดแทนที่เหมาะสมในประเทศ นอกจากนี้ยังจำลองข้อต่อสะพานทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาพฤติกรรมในการรับแรงของข้อต่อและเปรียบเทียบผลกับการคำนวณ

Hornbeck [5] ได้นำเสนอมาตรฐานการออกแบบและทดสอบสะพานทางทหาร เพื่อใช้ออกแบบสะพานทางทหารหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการข้ามเส้นทางที่ถูกตัดขาด

ณัฐพร นุตยสกุล และคณะ [6] วิเคราะห์โครงสร้างของชิ้นส่วนต่างๆ ในการรับแรงของสะพานเครื่องหนุนมันแบบ MGB (Medium Girder Bridge) และออกแบบโครงสร้างของสะพานเครื่องหนุนมันแบบ MGB เพื่อยุทธวิธีข้ามลำน้ำโดยคำนึงถึงน้ำหนักบรรทุก และการใช้งานด้านกิจการพลเรือนในประเทศไทย จากการวิเคราะห์และตรวจสอบพบว่าสะพานเครื่องหนุนมันแบบ MGB นั้น สามารถรับน้ำหนักได้มากกว่าที่ใช้งานทั่วไปในประเทศไทย และเพื่อให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ สะพานเครื่องหนุนมันแบบ MGB สามารถถูกออกแบบใหม่โดยลดวัสดุโครงสร้างสะพานลง และออกแบบปรับปรุงโครงสร้างให้เหมาะสมบนพื้นฐานการผลิตในประเทศไทยได้ในอนาคต

Yong et al. [7] นำเสนอวิธีการเชิงตัวเลขโดยอาศัยองค์ประกอบสปริงและแดมเปอร์แบบกระจายเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบทางพลศาสตร์ที่เกิดจากยานพาหนะหนักเคลื่อนผ่านรอยต่อขยายสะพานแบบโมดูลาร์ และผลกระทบดังกล่าวต่อการตอบสนองของสะพาน ซึ่งคำนึงถึงพื้นที่สัมผัสระหว่างยางกับผิวถนน การตอบสนองเชิงพลศาสตร์ของทั้งยานพาหนะและสะพานสามารถหาได้จาก

การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบพลศาสตร์ของยานพาหนะและสะพาน ผลของแรงแบบพลศาสตร์ที่รอยต่อขยายต่อปฏิกริยารองรับและแรงเฉือนมีค่าสูงกว่าผลที่เกิดกับโมเมนต์ดัดของสะพาน อีกทั้งผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลขยังแสดงให้เห็นว่าผลกระทบจากน้ำหนักเพลของยานพาหนะและแรงภายในของสะพานอาจมีค่ามากกว่าที่ข้อกำหนดการออกแบบสะพานระบุไว้ และอาจส่งผลต่อความทนทานขององค์ประกอบโครงสร้างบริเวณใกล้เคียงรอยต่อขยายได้

Boheng et al. [8] วิเคราะห์พลศาสตร์โครงสร้างและการหาค่าเหมาะที่สุดของรูปแบบโครงสร้าง เพื่อแก้ไขปัญหาความเสียหายก่อนกำหนดของรอยต่อขยายของสะพานแบบโมดูลาร์ (Modular Bridge Expansion Joints: MBEJ) นอกจากนี้ยังได้ประยุกต์ทฤษฎีความแข็งแรงแบบพัลเซชัน (Pulsation Strength Theory) ในการประเมินความปลอดภัยของ MBEJ ทำได้ดีที่สุดได้ประยุกต์วิธีการหาค่าเหมาะที่สุดของรูปแบบโครงสร้าง (Topology Optimization) เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงแผ่นรองต่อเชื่อมระหว่างคานกลางและคานขวาง โดยการเพิ่มความแข็งแรง

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างสะพาน

สะพานเป็นโครงสร้างทางวิศวกรรมที่ออกแบบให้รองรับน้ำหนักและแรงกระทำต่าง ๆ โดยการออกแบบสะพานเหล็กแบบโมดูลาร์ต้องสามารถรองรับภาระกรรมของยานพาหนะหนักที่มีน้ำหนัก 60 ตันได้ เช่น รถถังแบบ M60 โดยปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาได้แก่

- ภาระจร (Live Load) คือแรงที่เกิดจากยานพาหนะและคนเดินเท้า

- ภาระคงที่ (Dead Load) คือน้ำหนักของตัวสะพานเอง รวมถึงองค์ประกอบโครงสร้าง
- แรงกระทำจากลมและแผ่นดินไหว มีผลกระทบต่อความมั่นคงของสะพาน
- พฤติกรรมการโก่งตัว (Deflection) คือการเสียรูปของสะพานภายใต้แรงกระทำ

3.2 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นเทคนิคเชิงตัวเลขที่ใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมทางโครงสร้างที่มีความซับซ้อนโดยแบ่งขอบเขตการวิเคราะห์ระบบออกเป็นองค์ประกอบขนาดเล็กที่เรียกว่า "เอลิเมนต์" และใช้สมการเชิงอนุพันธ์ในการคำนวณพฤติกรรมของวัสดุและโครงสร้าง

เมทริกซ์แข็งเกร็ง (Stiffness Matrix) เป็นเมทริกซ์ที่ใช้คำนวณความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำกับการเปลี่ยนรูปของโครงสร้างเมทริกซ์นี้ถูกพิจารณาในการแก้สมการเชิงเส้นเพื่อหาผลลัพธ์ของการกระทำภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ซึ่งสมการพื้นฐานของ FEM สามารถเขียนได้เป็น:

$$\{f\} = [K]\{u\} \quad (1)$$

โดยที่:

$[K]$ คือ เมทริกซ์แข็งเกร็ง (Stiffness Matrix)

$\{u\}$ คือ อเวกเตอร์การกระจัด

(Displacement Vector)

$\{f\}$ คือ เวกเตอร์แรง (Force Vector)

การวิเคราะห์ความเค้นและความเครียด (Stress-Strain Analysis) โดยการคำนวณการกระจายของแรงภายในโครงสร้าง โดยใช้ความสัมพันธ์พื้นฐาน:

$$\{\sigma\} = [D]\{\epsilon\} \quad (2)$$

โดยที่:

$\{\sigma\}$ คือ เวกเตอร์ความเค้น (Stress Vector)

$[D]$ คือ เมทริกซ์คุณสมบัติของวัสดุ (Material Property Matrix)

$\{\epsilon\}$ คือ เวกเตอร์ความเครียด (Strain Vector)

3.3 การทดสอบ

การดำเนินการทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างสะพานเพื่อนำมาใช้ทวนสอบเพื่อยืนยันความแม่นยำของการคำนวณความแข็งแรงโครงสร้างสะพานด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยการใช้เครื่องมือวัดได้แก่ มาตรฐานวัดความเครียด (Strain Gauge) เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงความเครียดในโครงสร้างสะพาน และ LVDT เซ็นเซอร์เพื่อวัดระยะโก่งตัวบริเวณกลางสะพาน ในการทดสอบจะนำน้ำหนัก 21,561 กก., 19,595 กก. และ 18,939 กก. มาวางบนสะพานตามลำดับ



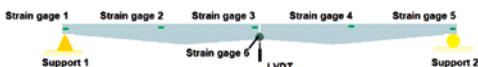
รูปที่ 1 การทดสอบภาคกลิตโดยศาสตร์



รูปที่ 2 ติดมาตรฐานวัดความเครียด



รูปที่ 3 LVDT เซ็นเซอร์

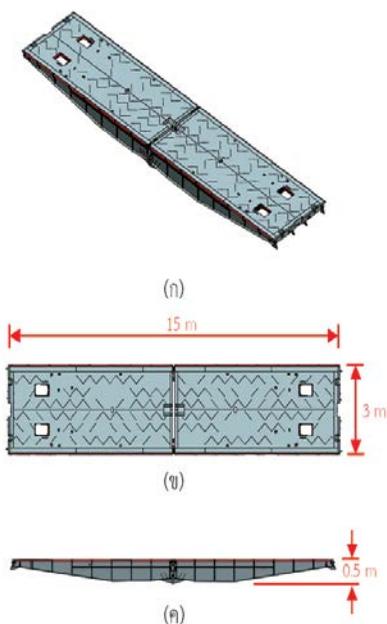


รูปที่ 4 แสดงจุดติดตั้งมาตรวัดความเครียดและ LVDT เซ็นเซอร์

4. การวิเคราะห์ความแข็งแรงแบบสถิตยศาสตร์ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

4.1 แบบจำลอง 3 มิติของสะพาน

รูปที่ 5 แสดงแบบจำลอง 3 มิติของสะพาน



รูปที่ 5 แบบ 3 มิติของสะพาน (ก) มุมมองไอโซเมตริก (ข) มุมมองด้านบน (ค) มุมมองด้านหน้า

แบบจำลอง 3 มิติของสะพานมีขนาดกว้าง 3 เมตร ยาว 15 เมตร สูง 0.5 เมตร โดยแบบของสะพานได้จากการวัดขนาดสะพานจริงที่กองพันทหารช่าง ค่ายบุงนัคร จ.ราชบุรี

4.2 วัสดุ

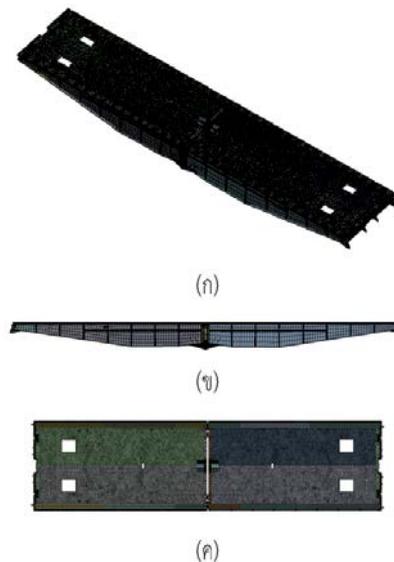
วัสดุที่ใช้ทำสะพานนี้ทำจากเหล็กที่มีความแข็งแรงคราก (Yield strength: σ_y) และความแข็งแรงดึงสูงสุด (Ultimate tensile strength: σ_t) ดังตารางที่ 1 ซึ่งเป็นค่าที่ได้รับจากผู้ผลิต

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำสะพาน

| วัสดุ | σ_y (MPa) | σ_t (MPa) |
|----------------|------------------|------------------|
| วัสดุชนิดที่ 1 | 1,140 | 1,250 |
| วัสดุชนิดที่ 2 | 547 | 641 |
| วัสดุชนิดที่ 3 | 411 | 581 |

4.3 การแบ่งเอลิเมนต์

รูปที่ 6 แสดงการแบ่งเอลิเมนต์ในแบบจำลอง 3 มิติ

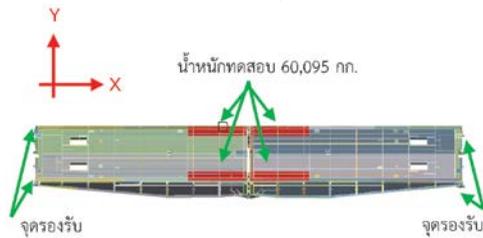


รูปที่ 6 การแบ่งเอลิเมนต์ของแบบจำลองสะพาน (ก) มุมมอง 3 มิติ (ข) มุมมองด้านหน้า (ค) มุมมองด้านบน

โดยในแบบจำลอง 3 มิตินี้ใช้เอลิเมนต์แบบ เอลิเมนต์ทรงสี่หน้า 10 โหนด (TET10) จำนวน 429,260 เอลิเมนต์, เอลิเมนต์ทรงหกหน้า 20 โหนด (HEX20) จำนวน 43,272 เอลิเมนต์

4.4 เงื่อนไขขอบเขต

เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการวิเคราะห์ความ แข็งแรงของสะพานแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการวิเคราะห์

ในการจำลองความแข็งแรงใช้จุดรองรับที่ ปลายทั้ง 2 ด้าน และให้น้ำหนักทดสอบ 60,095 กก. กระทำบริเวณกลางสะพานดังรูป

5. ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรง

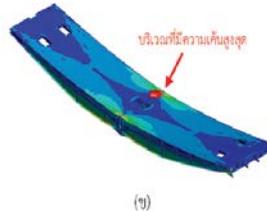
จากการจำลองด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ พบความเค้นสูงสุดที่บริเวณกึ่งกลางสะพานที่สะพาน ทั้ง 2 ด้านมาประกบกัน โดยความเค้น Von-Mises สูงสุด 602.88 MPa, ความเค้นในแกน X สูงสุด 558.56 MPa, ความเครียดในแกน X สูงสุด 2,721.7 $\mu\epsilon$ และระยะโก่งตัวที่กลางสะพาน 82.15 มิลลิเมตร ดังในรูปที่ 8 และรูปที่ 9 ตามลำดับ

6. ผลการทดสอบภาคสถิติศาสตร์

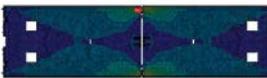
จากการทดสอบสะพานเหล็กโดยการนำน้ำหนัก 21,561 กก., 19,595 กก. และ 18,939 กก. มาวางบน สะพานตามลำดับ แล้วใช้มาตรวัดความเครียด และใช้ เซนเซอร์ LVDT วัดการเปลี่ยนแปลงความเครียดและ ระยะโก่งตัวตามลำดับ พบว่ามาตรวัดความเครียด 3 (Strain gage 3 ของรูปที่ 4) วัดค่าความเครียดได้สูงสุด



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 8 แสดงความเค้น Von-Mises ที่เกิดขึ้นบนสะพาน (ก) แสดงความเค้นพร้อมการแบ่งเอลิเมนต์ (ข) แสดง ความเค้นโดยไม่แสดงเอลิเมนต์ (ค) มุมมองด้านบน



รูปที่ 9 ระยะโก่งตัวสูงสุดของสะพาน

โดยได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2

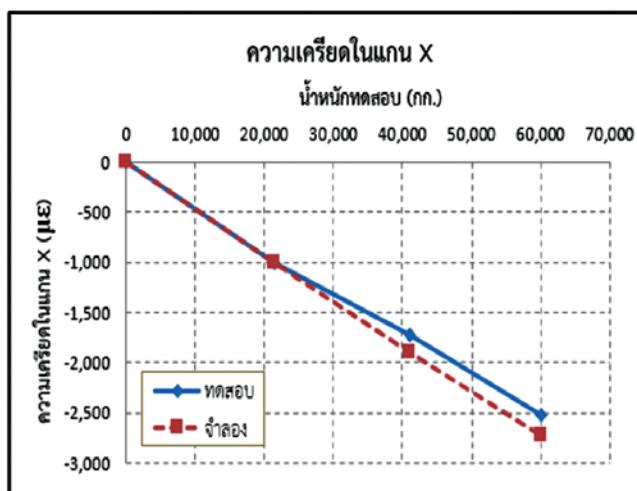
ความเค้นที่แสดงในตารางที่ 2 ได้จากการ คำนวณโดยการคูณกับค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของ เหล็ก 213 GPa

รูปที่ 10 เปรียบเทียบความเครียดในแกน X ของ มาตรวัดความเครียด 3 และผลการจำลองด้วยระเบียบ วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่บริเวณมาตรวัดความเครียด 3 โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด ($\mu\epsilon$) และ น้ำหนักรวมที่กระทำต่อสะพาน (กก.)

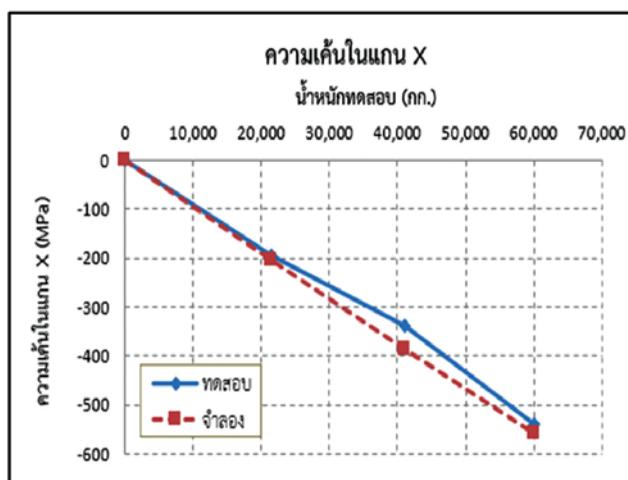
รูปที่ 12 เปรียบเทียบระยะโก่งตัวของสะพาน ระหว่างผลการทดสอบ และผลการจำลองด้วยระเบียบ วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ตำแหน่งที่มาตรวัดความเครียด อ่านค่าได้สูงสุด โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะ โก่งตัวของสะพาน (มม.) และน้ำหนักรวมที่กระทำต่อ สะพาน (กก.)

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบภาคสถิติศาสตร์

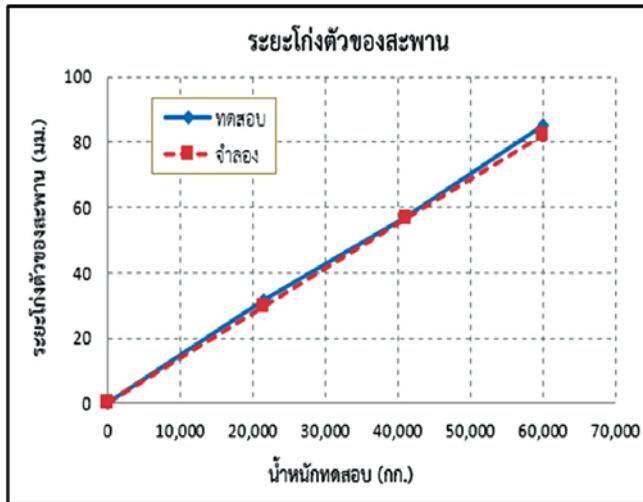
| น้ำหนักรวมที่กระทำต่อสะพาน (กก.) | ความเครียด ($\mu\epsilon$) | ความเค้น (MPa) | ระยะโก่งตัว (mm) |
|----------------------------------|------------------------------|----------------|------------------|
| 21,561 | -1,003 | -193.33 | 31.7 |
| 41,156 | -1,719 | -338.39 | 57.1 |
| 60,095 | -2,526 | -538.33 | 85.2 |



รูปที่ 10 เปรียบเทียบความเครียดในแกน X



รูปที่ 11 เปรียบเทียบความเค้นในแกน X



รูปที่ 12 เปรียบเทียบระยะโก่งตัวของสะพาน

จากกราฟเปรียบเทียบผลการจำลองและผลการทดสอบพบว่า มีความสอดคล้องกัน ความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากจุดรองรับที่แตกต่างกัน เนื่องจากในการทดสอบไม่สามารถวางจุดรองรับไว้ที่ปลายสะพานได้เช่นเดียวกับการจำลอง ทำให้ระยะห่างของจุดรองรับแตกต่างกัน

7. สรุป

จากการจำลองสะพานด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และการทดสอบภาคสถิติศาสตร์ พบว่าผลที่ได้จากการจำลอง และผลที่ได้จากการทดสอบมีความสอดคล้องกัน ความแตกต่างของผลการจำลองและผลการทดสอบอาจจะเกิดจากระยะของจุดรองรับที่แตกต่างกัน และแบบจำลอง 3 มิติของสะพานและสะพานจริงแตกต่างกันเล็กน้อย

จากผลการจำลอง และผลการทดสอบพบว่าวัสดุชนิดที่ 1 ที่ถูกเลือกในการสร้างโครงสร้างบริเวณกลางสะพานสามารถทนต่อภาระกรรมขนาด 60 ตันได้

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกองพันทหารช่าง ค่ายบุรีรัตน์ จ.ราชบุรี ที่อนุมัติให้นำรถสะพานเครื่องหนูน้มนมาแสดงการใช้งาน และอนุญาตให้วัดขนาดสะพานได้

ขอขอบคุณ พ.อ. ณัฐพร นุตยะสกุล และคณะสำหรับการสนับสนุนอุปกรณ์การวัด และการวัดในการทดสอบภาคสถิติศาสตร์

ขอขอบคุณบริษัท โซคาน่าชัย ออโต้เพรสซึ่งจำกัด สำหรับการสนับสนุนเจ้าหน้าที่ที่อำนวยความสะดวก

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor, and J. Z. Zhu, "The standard discrete system and origins of the finite element method," in *The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals*, 6th ed. Burlington, MA, USA: Butterworth-Heinemann, 2005, pp. 1–13.
- [2] X. Yang *et al.*, "Structural analysis and optimization of steel truss bridge based

- on finite element method,” in *Proc. 3rd Int. Conf. on Frontiers of Mech. Eng. and Chem. Eng. (CONF-FMCE)*, Aug. 2023, pp. 102–108.
- [3] M. Embaby and M. H. El Naggar, “Experimental and analytical investigation for modular double truss bridge,” *Eng. Struct.*, vol. 322, part A, Jan. 2025, Art. no. 119106. doi: 10.1016/j.engstruct.2024.119106.
- [4] W. Intharasuwan, N. Nutayasakul, T. Ngamcharungchit, and T. Somsri, “Feasibility study on the development of military bridging for the Royal Thai Army (การศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาสร้างสะพานทหารช่างของกองทัพบก),” *Chulachomklao Royal Mil. Acad. J.*, Nakhon Nayok, Thailand, Jul. 2020.
- [5] J. Hornbeck *et al.*, “Trilateral design and test code for military bridging and gap-crossing equipment,” Defense Technical Information Center (DTIC), Fort Belvoir, VA, USA, Tech. Rep., Jan. 2005.
- [6] N. Nutayasakul, P. Limjeejong, P. Phothisat, R. Manchusuntharakul, and K. Liaopairoj, “Analysis of MGB bridging system for suitability with current Royal Thai Army (การวิเคราะห์สะพานเครื่องหนูนั่นแบบ MGB เพื่อความเหมาะสมกับกองทัพไทยในปัจจุบัน),” *TumCivil*, 2021. [Online]. Available: engfanatic.tumcivil.com. Accessed: Feb. 11, 2026.
- [7] D. Yong, Z. Wei, H. Lingxia, and T. K. Francis, “Effect of dynamic impact at modular bridge expansion joints on bridge design,” *Eng. Struct.*, vol. 127, pp. 645–662, Nov. 2016. doi: 10.1016/j.engstruct.2016.09.001.
- [8] S. Boheng, D. Yong, and H. Lingxia, “Dynamic strength analysis and structural topology optimization of modular bridge expansion joints under vehicle impact loads,” *Structures*, vol. 74, Apr. 2025, Art. no. 108643. doi: 10.1016/j.istruc.2025.108643.