

การทดสอบการรับแรงของโครงเหล็กเสริมที่ใช้การปรับปรุง เรือท่อนของสะพานเครื่องหนูลอยเอ็มจีบี ให้ใช้ได้กับเครื่องบนของสะพานเอ็ม 4

Structural Performance Test of Steel Frame Adapter for The Bottom Part of MGB Bridge to Use with The Bridge Deck of M4 Bridge

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยต่อเนื่องจากงานวิจัยการออกแบบวิธีการและอุปกรณ์เพื่อปรับปรุงข้อบกพร่องและพัฒนาขีดความสามารถของสะพานยุทธวิธีข้ามลำน้ำของทหารช่างที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งได้แก่ สะพานเอ็ม 4 เรือท่อนโลหะผสม และ สะพานโครงแผงขนาดกลาง เอ็มจีบี (Medium Girder Bridge, MGB) ซึ่งสะพานทั้ง 2 แบบนี้ มีการใช้งานเป็นประจำแต่มีความแตกต่างกันในด้านรูปแบบโครงสร้าง, มีขีดความสามารถและข้อจำกัดที่ต่างกัน การออกแบบโครงต้นแบบที่ได้นำเสนอในงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ถูกนำมาพิจารณาเพิ่มเติมและได้ทำการปรับปรุงโครงต้นแบบให้รับแรงเฉพาะจุดได้ดีขึ้นโดยการเปลี่ยนองค์อาคารหลักจากเหล็กกล่องเป็นเหล็กรูปพรรณรูปตัวเฮช (H) และได้สร้างโครงต้นแบบขึ้นเพื่อทำการทดสอบการรับแรงและรายงานผล

ABSTRACT

This research focuses on the improvement of the prototype steel frame adapter used for the improvement of the operation of bridge type M4 and Medium Girder Bridge (MGB). Both type of bridges are normally being deployed and have high capability. The previous research has produced the design of the adapter frame that can be deployed to integrate the use of the top bridge of the M4 and the bottom part of the MGB. This research improved the capability of the adapter frame to resist point load. The hollow steel section in main structural member is replaced by H-shape structural steel section. Therefore, stiffened plate can be conveniently added at point load locations. The adapter frame is fabricated for structural testing. The results are reported in this research.

Keywords: สะพานเพื่อยุทธวิธีข้ามลำน้ำ, สะพานโครงแผงขนาดกลาง, สะพาน เอ็ม 4, เอ็มจีบี, การทดสอบโครงสร้างเหล็ก

1. คำนำ

1.1 เนื่องจากกองทัพบกได้สั่งซื้อสะพานเพื่อใช้ในยุทธวิธีข้ามลำน้ำของทหารช่างจากต่างประเทศในราคาสูงเนื่องจากประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตเองได้ การศึกษาปัญหาและความเป็นไปได้โดยการวิเคราะห์และออกแบบปรับปรุงโครงสร้างสะพานที่กองทัพบกมีอยู่ให้เหมาะสมกับขีดความสามารถในการผลิตในประเทศ รวมทั้งการคำนึงถึงลักษณะภูมิประเทศและน้ำหนัที่ที่เหมาะสมขององค์ประกอบสะพานเพื่อการประกอบใช้สำหรับทหารไทย จะช่วยประหยัดงบประมาณในการสั่งซื้อยุทธโปกรณ์สะพานข้ามลำน้ำเป็นอย่างมากในอนาคต

1.2 ทหารช่างต้องการใช้สะพานที่สามารถประกอบได้รวดเร็วและมีน้ำหนักที่เบาเพื่อใช้ในการยุทธข้ามลำน้ำ การศึกษาโครงสร้างวัสดุและการออกแบบปรับปรุงสะพานที่มีอยู่ให้สามารถใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถประยุกต์ใช้จะสามารถประหยัดงบประมาณได้อย่างมาก การที่สามารถพัฒนาเทคโนโลยีในการออกแบบสะพานในลักษณะนี้ได้ ช่วยให้นักเรียนนายร้อยได้ศึกษาโครงสร้างของสะพานและมีความสำนึกในการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อกองทัพบกได้พึ่งพาเทคโนโลยีในประเทศได้ในอนาคต

1.3 งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยต่อเนื่องที่คณะผู้วิจัยได้ออกแบบวิธีการและอุปกรณ์เพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องและพัฒนาขีดความสามารถของสะพานที่ใช้ในการยุทธข้ามลำน้ำที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งได้แก่ สะพานเอ็ม 4 เรือทุ่นโลหะผสมและสะพานโครงแผงขนาดกลาง เอ็มจีบี (Medium Girder Bridge, MGB) ซึ่งสะพานทั้ง 2 ชนิดนี้มีความแตกต่างกันในด้านรูปแบบโครงสร้างขีดความสามารถและขีดจำกัดที่ต่างกัน การออกแบบโครงต้นแบบที่ได้นำเสนอในงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ถูกนำมาพิจารณาเพิ่มเติมและได้

ทำการปรับปรุงโครงต้นแบบ เพื่อให้รับแรงเฉพาะจุดได้ดีขึ้นโดยการเปลี่ยนองค์อาคารหลักจากเหล็กกล่องเป็นเหล็กรูปพรรณรูปตัวเอช (H) และได้สร้างโครงต้นแบบขึ้นเพื่อทำการทดสอบการรับแรง

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาโดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงเหล็กเสริมที่ได้ทำการวิจัยและออกแบบไว้แล้วเบื้องต้น เพื่อให้เครื่องบนของสะพานที่ซื้อมาจากประเทศเกาหลี คือสะพานแบบเอ็ม 4 ที่ 4 ใช้งานได้กับตัวเรือของสะพานโครงแผงขนาดกลาง เอ็มจีบีที่ใช้เป็นเครื่องหนุนลอย ซึ่งเป็นเรือที่จัดหาจากประเทศอังกฤษ เนื่องจากตัวเรือที่ใช้กับเครื่องบนของสะพานเอ็ม 4 ที่ 4 จากประเทศเกาหลี เป็นวัสดุอย่างซึ่งในปัจจุบันได้ชำรุดและเสียหายไปมากและทางกรมการทหารช่างได้ศึกษาและวิจัยจนสามารถผลิตเรือทุ่นโลหะผสมมาทดแทนเรือยางที่ชำรุดเสียหาย และเรียกชื่อใหม่ว่าแพเอ็ม 4 เรือทุ่นโลหะผสม¹ แต่เรือที่ผลิตมานั้นยังมีข้อเสียคือไม่สามารถระบายน้ำออกได้โดยอัตโนมัติจึงก่อให้เกิดความไม่สะดวกในขณะใช้งานแล้วมีฝนตก ส่วนตัวเรือจากประเทศอังกฤษนั้นเป็นเรือทุ่นโลหะผสมที่ยังสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี สามารถระบายน้ำได้โดยอัตโนมัติแต่มีข้อเสียที่เครื่องบนใหญ่มากเมื่อเทียบกับเครื่องบนของสะพานแบบเอ็ม 4 ที่ 4 เนื่องจากเครื่องบนของสะพานโครงแผงขนาดกลาง เอ็มจีบี สามารถเปลี่ยนเป็นตัวคานของสะพานเครื่องหนุนมันได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวหากนำยุทธโปกรณ์สองชนิดนี้มาใช้ร่วมกันได้จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและขีดความสามารถของทหารช่างในงานช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัยได้

3. ขอบเขตของโครงการ

3.1 ปรับปรุงการออกแบบต่อเติมเรือทูนของสะพานโครงแผงขนาดกลาง เอ็มจีบี ให้สามารถใช้ร่วมกับเครื่องบนของสะพานแบบเอ็ม 4 เรือทูนโลหะผสมได้

3.2 ทำการสร้างโครงต้นแบบและทำการทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักเบื้องต้นเพื่อใช้ข้อมูลในการทดสอบเป็นพื้นฐานในการพัฒนาโครงต้นแบบเพื่อใช้งานในกองทัพบกในอนาคต

4. ประโยชน์ที่จะได้รับ

4.1 สามารถพัฒนาโครงต้นแบบเพื่อการพัฒนาขีดความสามารถและศักยภาพในการวิจัยเกี่ยวกับสะพานที่ใช้ในการยุทธข้ามลำน้ำรวมทั้งงานช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย

4.2 นักเรียนนายร้อยที่ร่วมทำวิจัยได้เรียนรู้หลักการในการออกแบบและเข้าใจขีดความสามารถยุทธโศปกรณ์อย่างถ่องแท้และสร้างจิตสำนึกในการพัฒนาเทคโนโลยี

5. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

5.1 ข้อมูลสะพานที่ทำการวิจัย

จากการศึกษาสะพานเครื่องหนูลอยชนิดต่างๆ ที่ กองร้อยทหารช่างสะพานผสม (ข.ร้อย. 18) ที่ จ.ราชบุรี กรมการทหารช่าง¹ ได้ตีพิมพ์เกี่ยวกับสะพานทางทหารโดยมีรูปแบบสะพานที่น่าสนใจอยู่ 2 ชนิด คือ สะพาน เอ็ม 4 เรือทูนโลหะผสม และสะพานโครงแผงขนาดกลาง เอ็มจีบี ซึ่งถือเป็นสะพานที่มีประโยชน์อเนกประสงค์ คือสามารถใช้เป็นสะพานเครื่องหนูลอย สะพานเครื่องหนูลอย และแพยุทธวิธี โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 สะพาน เอ็ม 4 เรือทูนโลหะผสม

สะพาน เอ็ม 4 เรือทูนโลหะผสมเป็นสะพานดังแสดงในภาพ ที่ 1 เป็นสะพานที่ดัดแปลงมาจากสะพาน เอ็ม 4 ที่ 4 ทูนยางลมอัดซึ่งปัจจุบันทูนยางได้เสื่อมสภาพจนไม่สามารถใช้งานได้ แต่เครื่องบนของสะพานยังอยู่ในสภาพดี กรมการทหารช่างได้ทำการวิจัยและพัฒนาใช้เรือทูนโลหะผสมแทนทูนยางที่ชำรุด สะพานเอ็ม 4 เรือทูนโลหะผสมที่จะกล่าวต่อไปนี้ ประกอบแบบเรือทูน 2 ลำอยู่หัวและท้ายแพ ส่วนกลางแพจะใช้เรือทูน 3 ลำชิดกันหรือเรียกแบบของการประกอบว่า 2-3-2 มีความยาวแพ 96 ฟุต 8 นิ้ว รับน้ำหนักได้ขึ้น 55 สามารถส่งข้ามโดยใช้เครื่องยนต์ติดท้ายขนาด 55 แรงม้า จำนวน 7 เครื่อง



ภาพที่ 1 สะพานเอ็ม 4 เครื่องหนูลอย

5.1.2 สะพานโครงแผงขนาดกลาง เอ็มจีบี

(MEDIUM GIRDER BRIDGE, MGB)

สะพานโครงแผงขนาดกลางออกแบบโดย The British Military And Engineering Establishment Christchurch แห่งประเทศอังกฤษ ดังที่แสดงในภาพที่ 2 ในขั้นต้นใช้แทนสะพานเบสส์แบบช่วงเดียว (เอ็ม 2) ต่อมาได้

พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ราชการทหารและการคมนาคม
เร่งด่วนฉุกเฉินรวมทั้งงานบุกเบิกในการสร้างถนน
เริ่มนำมาใช้ในกองทัพบกอังกฤษ เมื่อปี ค.ศ.1971
ปัจจุบันนี้มีประเทศต่างๆ ทั่วโลกประมาณ 20
ประเทศได้ซื้อไปใช้ในราชการทหารได้แก่ กลุ่มนาโต้
(NATO) คือ ประเทศสหรัฐอเมริกา, อังกฤษ,
แคนาดา, เดนมาร์ก, เยอรมัน, ฮอลแลนด์ และ
อิตาลี ในย่านตะวันออกไกล ได้แก่ ประเทศ
ฟิลิปปินส์, สิงคโปร์, ออสเตรเลีย, ปากีสถาน
นอกจากนี้ประเทศอื่นๆ ได้แก่ สวิสเซอร์แลนด์,
มอริออคโค, จอร์แดน, เคนยา, เปรู, ประเทศ
ในตะวันออกกลางและแอฟริกา สะพานสามารถ
ใช้งานได้หลายแบบตามสภาพภูมิประเทศ และ
สถานการณ์ เช่น สามารถประกอบให้เป็นสะพาน
เครื่องหนุนลอย ที่มีขนาดความยาวมากๆ ได้



ภาพที่ 2 สะพานโครงข่ายขนาดกลาง เอ็มจีบี

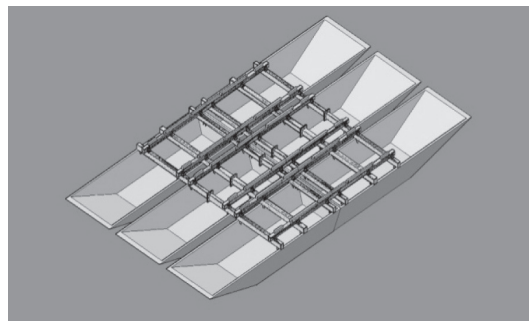
5.2 ข้อมูลเหล็กที่ใช้ออกแบบโครงเหล็ก เสริมต้นแบบ

สำหรับวัสดุเหล็กที่ใช้ในการออกแบบโครง
เหล็กเสริมเป็นเหล็กชุบพอร์รอนิตร้อนตาม
มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 1227-1996 เกรด
SS400 มีกำลังที่จุดครากอย่างต่ำ 245 MPa และ
เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรูปตัวเฮช (H) ที่ใช้ในการ
วิจัย ผลิตโดยบริษัทเหล็กสยามยามาโตะ จำกัด

6. ขั้นตอนการวิจัย

6.1 การออกแบบปรับปรุงโครงเหล็กเสริม ต้นแบบ

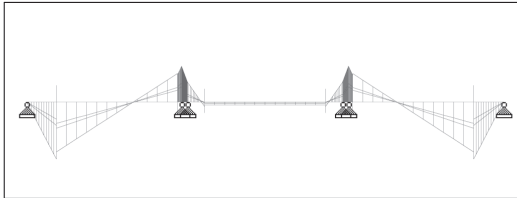
เป็นการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของ
สะพาน เอ็ม 4 และ เอ็มจีบี เพื่อหาแนวทางใน
การปรับปรุงและวิจัย โดยศึกษาข้อมูลจาก
บุคลากรในหน่วยใช้คือ ข.ร้อย. 18 เพื่อให้การ
วิจัย ได้ผลประโยชน์ที่สูงที่สุด ตามความต้องการ
ของผู้ใช้จริง สรุปคือจะทำการวิจัยโดยปรับปรุง
ให้เครื่องบนของสะพานเอ็ม 4 เรือทุ่นโลหะผสม
สามารถประกอบเข้ากับโครงข่ายของสะพาน
โครงข่ายขนาดกลาง เอ็มจีบี ซึ่งสามารถเพิ่ม
ประสิทธิภาพให้กับสะพาน โดย พ.ต.วสันต์ และ
พ.ต.ณัฐพร² ได้เสนอการออกแบบโครงเหล็ก
เสริมโดยใช้เหล็กขึ้นรูปเย็นชนิดกล่องดังแสดงใน
ภาพที่ 3



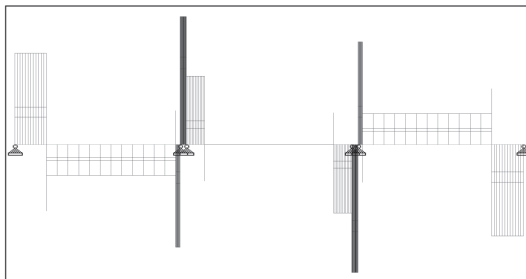
ภาพที่ 3 โครงสร้างที่ออกแบบโดย พ.ต.วสันต์
และ พ.ต. ณัฐพร²

จากงานวิจัยดังกล่าว พ.ต.วสันต์ และ
พ.ต.ณัฐพร (2008) ได้ใช้โปรแกรมวิเคราะห์
โครงสร้างโดยกำหนดให้สะพานรับน้ำหนัก 70 ตัน
ซึ่งเป็นน้ำหนักของรถถังที่มากที่สุดที่ประเทศไทยมี
รูปกราฟโมเมนต์และแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจะเป็น
ลักษณะที่แสดงไว้ในภาพที่ 4 และ 5 สังเกตได้
ว่าโครงเหล็กเสริมนี้จะรับแรงกระทำจากจุดรับน้ำ

หนักของโครงแผ่นพื้นของสะพานแบบเอ็ม 4 เรือ ทุ่นโลหะผสม และถ่ายแรงลงบนคานเหล็กเสริม ก่อนถ่ายแรงลงกาบเรือของสะพานโครงแผง ขนาดกลาง เอ็มจีบี การใช้เหล็กกล่องทำให้การ ต่อระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ เป็นไปได้อย่างสะดวก แต่มีข้อเสียคือไม่สามารถเสริมการรับแรงเฉพาะ จุดได้อย่างสะดวกและยากต่อการเปลี่ยนขนาด หน้าตัดได้ตามโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากแรงกระทำ เพื่อการใช้หน้าตัดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด จากภาพที่ 4 โมเมนต์มีค่ามากที่สุดที่จุดรับแรงจาก แผ่นพื้นด้านบนเท่านั้น และภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่าแรงเฉือนนั้นมีมากเฉพาะจุดเท่านั้น



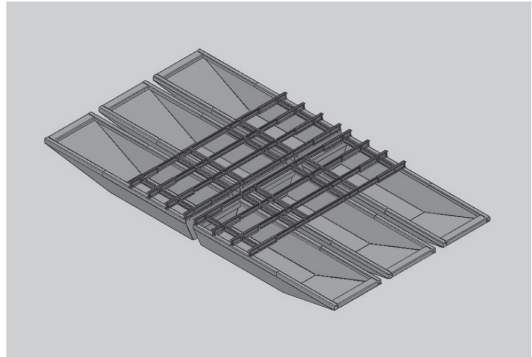
ภาพที่ 4 ขนาดของโมเมนต์ที่กระทำต่อโครงสร้าง สะพาน²



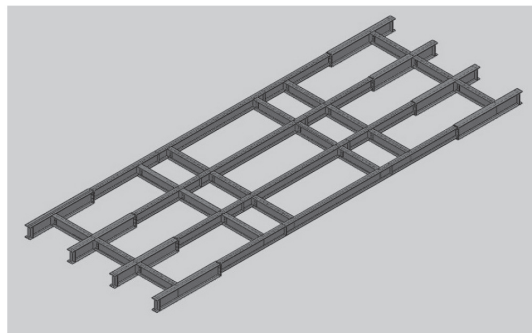
ภาพที่ 5 ขนาดของแรงเฉือนที่กระทำต่อโครงสร้าง สะพาน²

จากเหตุผลดังกล่าวงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้ ปรับปรุงแนวความคิดการออกแบบจากเดิมที่ใช้เหล็ก กล่องมาใช้เป็นเหล็กรูปพรรณรีดร้อนรูปตัวเฮซ (H) แทน เนื่องจากเหล็กรูปพรรณรีดร้อนรูปตัวเฮซ (H) สามารถเสริมกำลังรับแรงเฉือนเฉพาะจุดได้โดย การใช้แผ่นเหล็กเสริมกำลัง (web stiffener) มา

เชื่อมตรงจุดที่ต้องการเสริมความสามารถในการ รับแรงเฉือนซึ่งสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว และได้ปรับปรุงโครงรับน้ำหนักให้มีคานเพิ่มขึ้น อีกหนึ่งคานดังแสดงในภาพที่ 6 และ 7 โดยใช้ เหล็กรูปพรรณรีดร้อนรูปตัวเฮซ (H) ขนาด H200x100x21.3kg/m และ H250x125x29.6kg/m



ภาพที่ 6 โครงเหล็กเสริมที่ปรับปรุงแล้ว



ภาพที่ 7 ภาพขยายโครงเหล็กเสริมที่ปรับปรุงแล้ว

6.2 การประกอบโครงเหล็กเสริมต้นแบบ

การประกอบโครงเหล็กเสริมนั้นกระทำโดย การตัดและเชื่อมส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันรวมถึงการ ประกอบยึดด้วยสลักเกลียวตามรายละเอียดการ ออกแบบที่แสดงไว้ในรายงานวิจัยในเอกสาร อ้างอิง³ โดยทำการประกอบติดตั้งที่ห้องปฏิบัติการ กองวิศวกรรมโยธา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอม-เกล้า ดังแสดงในภาพที่ 8 และ 9



ภาพที่ 8 การประกอบสร้างโครงเหล็กเสริมต้นแบบ

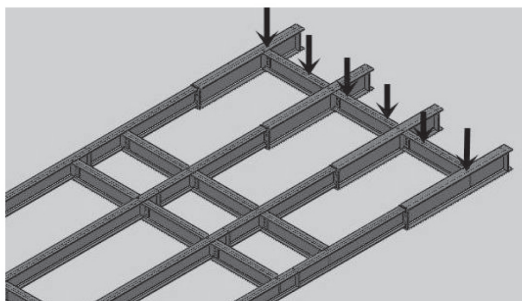


ภาพที่ 9 โครงเหล็กเสริมต้นแบบเมื่อประกอบเรียบร้อยพร้อมทดสอบ

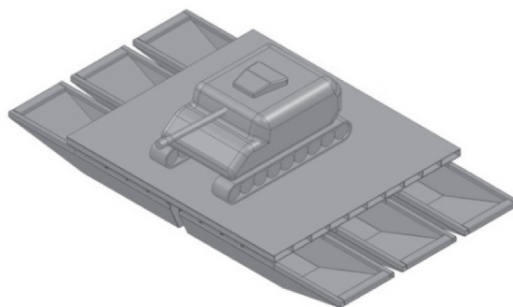
6.3 การทดสอบโครงเหล็กเสริมต้นแบบ

การทดสอบกระทำโดยใส่แรงกระทำที่จุดถ่ายแรงจากแผ่นพื้นของสะพานเอ็ม 4 ไปสู่ตัวโครงเหล็กเสริม จุดถ่ายแรงมีอยู่หลายจุดแต่จุดที่จะทำให้เกิดแรงกระทำสูงสุดในโครงเหล็กเสริมนั้นอยู่ที่จุดดังแสดงในรูปที่ 10 เนื่องจากจุดนี้เป็นจุดเชื่อมต่อที่อยู่ห่างจากจุดรองรับที่เป็นกابเรือของสะพานโครงแขวนขนาดกลาง เอ็มจีบี มากที่สุด

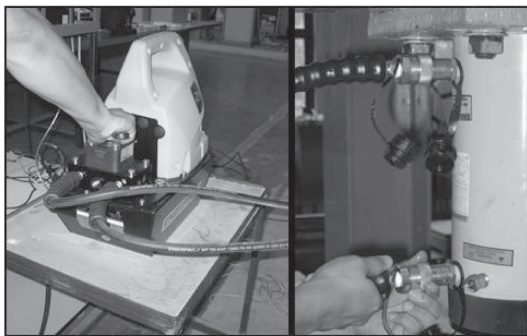
จากภาพที่ 11 จะเห็นว่าน้ำหนักของรถถังจะแผ่อยู่ที่โครงเหล็กเสริม 2 ชุดต่อ 1 แพ ดังนั้นแรงเพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้นคือ 35 ตันที่จะสามารถกดลงบนโครงเหล็กเสริมด้วยแรงแผ่นระยะประมาณ 6 เมตร ซึ่งเป็นความยาวของสายพานรถถัง ช่วงระยะพาดของโครงเหล็กเสริมยาวที่สุดประมาณ 3 เมตร ดังนั้นค่าแรงสูงสุดที่ลงต่อหนึ่งจุดเชื่อมต่อคือ 17.5 ตัน หากใช้ค่าแรงกระทำที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.5 แรงกดจะเป็น 26.25 ตัน หากใช้ค่าความปลอดภัยที่ 2 เท่าจะต้องใช้แรงกดอย่างน้อย 52.5 ตัน เมื่อแรงที่ต้องใช้นั้นมาก จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่ใช้ไฮดรอลิคแบบไฟฟ้าช่วยในการใส่แรงกระทำแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 10 การใส่แรงกระทำที่โครงเหล็กเสริม

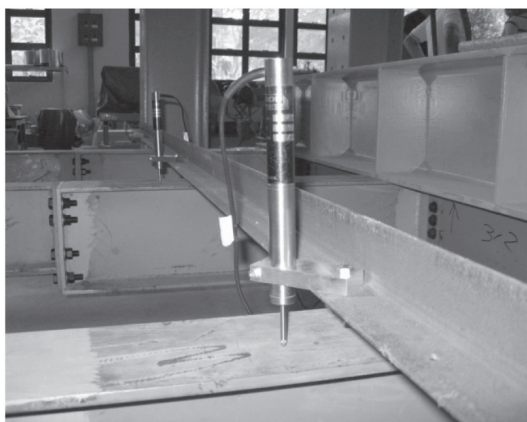


ภาพที่ 11 การรับน้ำหนักของโครงเหล็กเสริม



ภาพที่ 12 การใส่แรงโดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิคแบบไฟฟ้า (Hydraulic Jack and Pump)

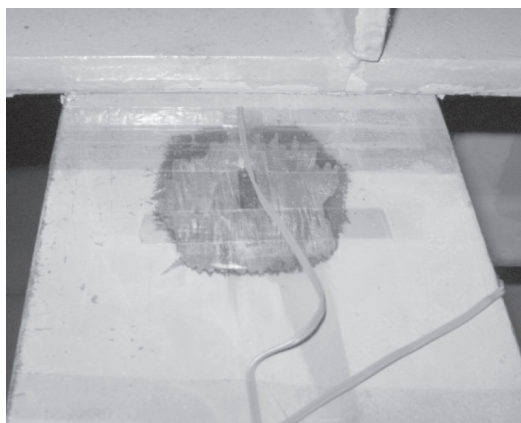
ในการทดสอบนั้นจำเป็นต้องมีการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลหลายชนิดระหว่างการทดสอบ เครื่องมือเหล่านี้ประกอบด้วยเครื่องมือวัดการโก่งตัว (Linear Voltage Displacement Transducer, LVDT), เครื่องมือวัดขนาดของแรงที่กระทำขนาด 100 ตัน (Load Cell), และเครื่องมือวัดค่าความเครียด (Strain Gage) ดังแสดงในภาพที่ 13, 14 และ 15 ตามลำดับ



ภาพที่ 13 การวัดค่าการโก่งตัวด้วย LVDT



ภาพที่ 14 เครื่องมือวัดขนาดของแรงที่กระทำขนาด 100 ตัน (100 Tons Load Cell)



ภาพที่ 15 เครื่องมือวัดค่าความเครียด (Strain Gage)

เครื่องมือทั้งสามชนิดนี้จะถูกนำมาใช้พร้อมกันขณะทำการทดสอบโดยการเพิ่มแรงกระทำไปที่โครงเหล็กเสริมจนโครงเหล็กเสริมเกิดการวิบัติ เนื่องจากข้อมูลที่จะตรวจวัดและถูกบันทึกนั้นมีมากจึงมีความจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ช่วยอ่านค่าและบันทึก (Data Acquisition System) ดังแสดง

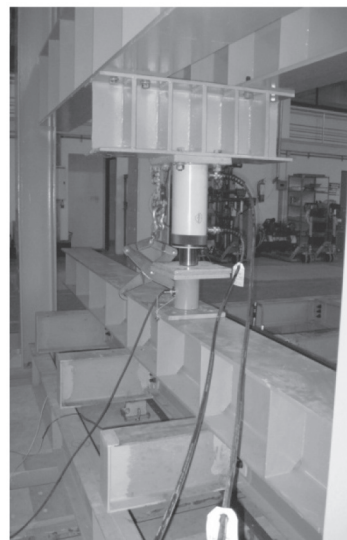
ในภาพที่ 16 เครื่องมือนี้ช่วยในการแปลงสัญญาณไฟฟ้าจากเครื่องมือทั้งสามชนิดให้เป็นค่าที่ต้องการโดยมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการแปลงค่าต่างๆ โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้พัฒนาโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร



ภาพที่ 16 เครื่องมืออ่านค่าและบันทึก
(Data Acquisition System)

ก่อนการใช้เครื่องมือทั้งสามชนิดนี้ในการตรวจวัดและบันทึกค่าที่ได้จากทดสอบนั้นเครื่องมือเหล่านี้จะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของการอ่านค่า (Calibration) โดยเฉพาะเครื่องมือวัดขนาดของแรงที่กระทำจะต้องมีการตรวจสอบกับเครื่องมือที่เชื่อถือได้อย่างเช่น เครื่องมือทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine) ที่มีการตั้งค่าทุกปี เป็นต้น เครื่องมือวัดขนาดของแรงที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้มีการตรวจสอบความถูกต้องในการอ่านค่ากับเครื่องมือทดสอบอเนกประสงค์ก่อนนำไปใช้ในการทดสอบ

เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าต่างๆ เรียบร้อยแล้ว การถ่ายแรงลงบนโครงเหล็กเสริมทำโดยการใช้คานเหล็กที่แข็งแรงพอที่จะถ่ายแรงลงบนโครงเหล็กเสริมดังแสดงในภาพที่ 17 หลังจากนั้นก็เริ่มทำการเพิ่มแรงโดยใช้แม่แรง ไฮดรอลิก โดยเพิ่มแรงขึ้นครั้งละประมาณ 10% ของแรงที่จุดวิบัติ



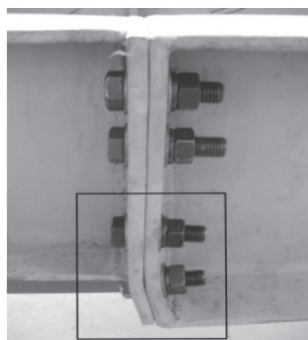
ภาพที่ 17 การกระจายแรงลงบนโครงเหล็กเสริม
(Loading Beam)

7. ผลการวิจัย

จากผลการทดสอบโครงเหล็กเสริมสามารถรับน้ำหนักได้มากกว่า 70 ตัน จากภาพที่ 18 แสดงให้เห็นถึงการโก่งตัวของโครงเหล็กเสริมโดยเฉพาะบริเวณจุดต่อของคาน และเมื่อแรงที่กระทำเพิ่มไปถึง 83 ตัน จุดต่อระหว่างคานได้เกิดการวิบัติขึ้นโดยการโก่งของแผ่นประกบของรอยต่อดังแสดงในภาพที่ 19

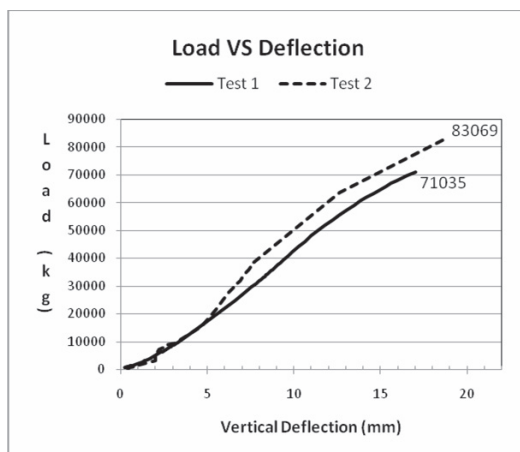


ภาพที่ 18 การโก่งตัวของโครงเหล็กเสริม



ภาพที่ 19 การวิบัติของจุดต่อในโครงเหล็กเสริม

การทดสอบการรับแรงนั้นได้ทำการทดสอบสองครั้ง โดยครั้งที่หนึ่งเป็นการทดสอบความสามารถในการรับแรงผู้วิจัยจึงหยุดการทดสอบเมื่อแรงที่กระทำอยู่ที่ประมาณ 71 ตัน ครั้งที่สองเป็นการทดสอบเพื่อหาจุดวิบัติของโครงเหล็กเสริมเมื่อเพิ่มแรงกระทำไปจนถึงจุดวิบัติที่จุดต่อของคาน โดยสามารถสังเกตได้จากกราฟแสดงค่าแรงกับค่าการโก่งตัวในโครงเหล็กเสริมในภาพที่ 20



ภาพที่ 20 แสดงให้เห็นถึงค่าการโก่งตัวของโครงเหล็กเสริม

การโก่งตัวของโครงเหล็กเสริมที่มีค่าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 19 มิลลิเมตรที่จุดวิบัติ หากพิจารณาที่การรับแรงขณะใช้งานของโครงเหล็กเสริมซึ่งอยู่ที่ประมาณ 30 ตัน ค่าการโก่งตัวจะอยู่ที่ประมาณ 8 มิลลิเมตรโดยมีระยะพาดของคานคือ 3000 มิลลิเมตร หรือเทียบเป็นอัตราส่วนของระยะพาดของคานต่อค่าการโก่งตัวคือ $L/375$ ซึ่งอยู่ภายในค่ามาตรฐานที่ยอมรับทั่วไปคือ $L/360$

การติดตั้งเครื่องมือวัดค่าความเครียด (Strain Gage) ทำให้สามารถคำนวณหาค่าความเค้น (Stress) ในหน้าตัดของโครงเหล็กเสริมที่ทำการทดลองได้ ภาพที่ 21 แสดงค่าความเค้นกับค่าการโก่งตัวในโครงเหล็กเสริมโดยเครื่องมือวัดค่าความเครียดได้ถูกติดตั้งไว้ด้านบนของคานในโครงเหล็กเสริม โดยติดตั้งในจุดที่ใกล้กับจุดที่อยู่บริเวณที่มีค่าโมเมนต์สูงสุด เพราะฉะนั้นค่าความเครียดนี้จะเป็นค่าความเครียดที่ใกล้เคียงกับค่าสูงสุด จากการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดที่จุดวิบัติอยู่ที่ 209 MPa ซึ่งยังน้อยกว่ากำลังที่จุดครากของเหล็ก SS400 คือ 245 MPa ซึ่งเป็นค่า

ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ จากค่าความเครียดดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าการวิบัติเกิดขึ้นที่จุดต่อก่อนที่จะเกิดการวิบัติแบบครากที่หน้าตัดของโครงเหล็กเสริม หากจะปรับปรุงให้โครงเหล็กเสริมรับแรงได้มากขึ้นจะต้องทำให้จุดต่อสามารถรับแรงได้มากขึ้น และส่งผลให้เหล็กรูปพรรณที่นำมาใช้ในการทดลองถึงจุดคราก ในกรณีนี้เหล็กรูปพรรณที่นำมาทดลองจำเป็นต้องมีการทดลองคุณสมบัติโดยวิธีการทดสอบการรับแรงดึง (Tensile Coupon Test) เพื่อที่จะได้ทราบถึงจุดครากที่แท้จริงของเหล็กที่นำมาทดสอบ

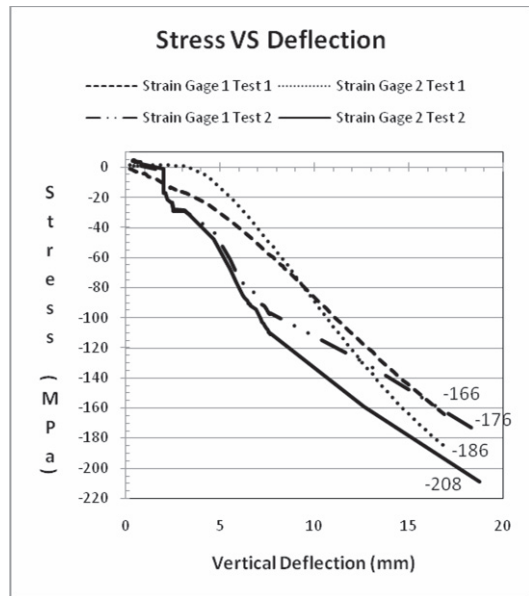
8. สรุป

8.1 สรุปผลการศึกษา

8.1.1 ในการศึกษาครั้งนี้สามารถปรับปรุงการออกแบบโครงสร้างโครงเหล็กเสริมโดยใช้เหล็กรูปพรรณรีดร้อนรูปตัวเฮช (H) เพื่อเป็นการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องบนของสะพานเอ็ม4 เรือทุ่นโลหะผสมและเครื่องหนุนลอยของสะพานโครงแขวนขนาดกลาง เอ็มจีบี

8.1.2 จากการทดสอบโครงเหล็กเสริมที่สร้างขึ้นตามแบบที่ได้ปรับปรุงผลการทดลองที่ได้เป็นที่น่าสนใจคือโครงเหล็กเสริมสามารถรับน้ำหนักตามที่ระบุไว้อย่างปลอดภัยโดยมีค่าความปลอดภัยอยู่ที่ 2.7

8.1.3 การทดสอบแสดงให้เห็นถึงรูปแบบของการวิบัติของโครงเหล็กเสริมที่เกิดขึ้นตรงจุดต่อที่รับแรงดัด การวิบัติในลักษณะนี้เป็นการวิบัติที่ไม่ควรให้เกิดก่อนการครากของคานเนื่องจากจะเป็นการวิบัติแบบทันทีทันใดและไม่มีสัญญาณเตือนก่อน



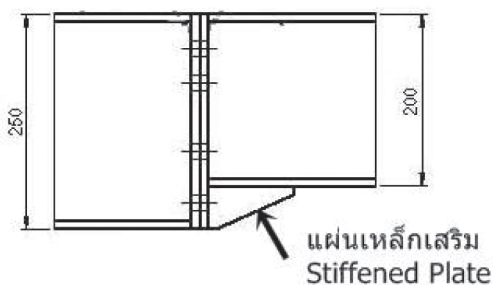
ภาพที่ 21 กราฟแสดงค่าความเค้นกับค่าการโก่งตัวในโครงเหล็กเสริม

8.2 ข้อเสนอแนะ

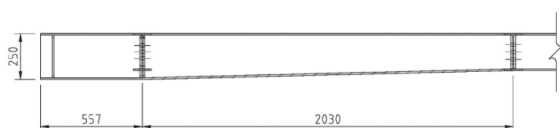
8.2.1 ควรมีการศึกษาวิจัยต่อเนื่องเพื่อพัฒนาคุณลักษณะและรายละเอียดของโครงเหล็กเสริมที่เหมาะสมกับการปฏิบัติงานมากที่สุด

8.2.2 วัสดุที่นำมาใช้สามารถเปลี่ยนเป็นโลหะผสมอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติเบาเพื่อนำมาใช้กับโครงสร้างในลักษณะนี้ได้เหมาะสมที่สุด

8.2.3 โครงเหล็กเสริมที่ใช้ในการวิจัยนี้ควรปรับปรุงจุดต่อโดยเพิ่มแผ่นเหล็กเสริมที่จุดต่อดังแสดงในภาพที่ 22 หรือสามารถผลิตคานให้เป็นแบบคานประกอบแล้วตัดจุดต่อตรงนี้ออกไปดังแสดงในภาพที่ 23 เพื่อให้โครงต้นแบบสามารถรับแรงได้เพิ่มขึ้นและวิบัติแบบมีการเตือนล่วงหน้า (Ductile Failure)



ภาพที่ 22 แผ่นเหล็กเสริมเพื่อเพิ่มกำลังของจุดต่อ



ภาพที่ 23 การผลิตโครงเหล็กเสริมแบบคานประกอบ

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ กองทุนพัฒนาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า และบริษัทเหล็กสยามยามาโตะ จำกัด ที่ได้กรุณาช่วยสนับสนุน และมีส่วนร่วมในการทำวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

1. กรมการทหารช่าง. สะพานเครื่องหนูนั่น. ราชบุรี : โรงพิมพ์โรงเรียนทหารช่าง, 2546.
2. วสันต์ พัฒน์วิชัยโชติ และ ณัฐพร นุตยะสกุล, ปัญหาและความเป็นไปได้ในการออกแบบปรับปรุง สะพานเพื่อยุทธวิธีข้ามลำน้ำของทหารช่างในประเทศ โดยการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างสะพานที่มีอยู่. ส่วนการศึกษาวិชาการ, 2551.
3. ขวน จันทวาลย์ และคณะ. การทดสอบการรับแรงของ โครงเหล็กเสริมที่ใช้การปรับปรุงเรือทุ่นของสะพาน เครื่องหนูน้อยเอ็มจีบี ให้ใช้ได้กับเครื่องบนของสะพานเอ็ม. รายงานงานวิจัย กองวิศวกรรมโยธา โรงเรียนนายร้อย พระจุลจอมเกล้า, 2553.