หน้าสรุปโครงการ (Executive Summary)
ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน

1. ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) เทคนิคการประเมินความล้าและการฟื้นฟูสภาพของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder Bridge

(ภาษาอังกฤษ) Fatigue Life Assessment and Rehabilitation Technique of Steel Girder Bridge

2. ชื่อหัวหน้าโครงการและหน่วยงานที่สังกัด

ผศ.ดร. กิตติศักดิ์ ขันติยวิชัย
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190
โทรศัพท์ : 045-353 339 โทรสาร : 045-353 333
E-mail : kittisak.ubu@gmail.com

3. สาขาวิชาที่ทำการวิจัย สาขาวิศวกรรมโครงสร้างเน้นการบำรุงรักษาและยืดอายุการใช้งาน

Keywords: การประเมินความล้า (Fatigue Life Assessment)
การประเมินสภาพสะพาน (Bridge Rehabilitation)
โครงสร้างสะพานเหล็ก (Steel Bridge)
การเสริมกำลัง (Strengthening)

4. งบประมาณทั้งโครงการ 103,400 บาท

5. ระยะเวลาดำเนินงาน 1 ปี

6. ปัญหาที่ทำการวิจัยและความสำคัญของปัญหาที่ทำวิจัย

เวลาประมาณ 18.05 น. ชั่วโมงเร่งด่วน ของวันพุธที่ 1 สิงหาคม ค.ศ. 2007 สะพาน I-35W Mississippi River bridge ที่ตั้งอยู่ในเมือง Minneapolis มลรัฐ Minnesota ได้พังทลายลงขณะที่มีรถจำนวนมากวิ่งผ่านอย่างช้าๆ โดยการวิบัติเริ่มจากช่วงกลางของสะพานแล้วหล่นลงสู่แม่น้ำอย่างรวดเร็วดังรูปที่ 1

ก) ก่อนวิบัติ

ข) วิบัติแล้ว

รูปที่ 1 สะพาน I-35W Mississippi River bridge

โครงสร้างสะพานเป็นแบบผสมระหว่าง Deck truss บริเวณช่วงกลางของสะพานและ Steel multi-girder บริเวณ Approach โดยจากการตรวจสอบในปี 2005 โดย U.S. Department of Transportation's National Bridge Inventory พบว่าสะพาน I-35W Mississippi River bridge นี้จัดอยู่ในจำพวก “Structural deficient” ซึ่งหมายความว่าสะพานนี้ไม่ปลอดภัยและต้องทำการเปลี่ยนโครงสร้างใหม่ (Minnesota Department of Transportation (Mn/DOT), 2005) และได้ทำการตรวจสอบโครงสร้างสะพานเพิ่มเติมในวันที่ 15 มิถุนายน ค.ศ. 2006 พบปัญหาเกี่ยวกับรอยร้าว (cracking) และความล้า (fatigue) เกิดขึ้นและอาจก่อให้เกิดการวิบัติของสะพานได้ (Minnesota Department of Transportation (Mn/DOT), 2006) หน่วยงานของรัฐจึงได้มีโครงการซ่อมบำรุงสะพานหลายครั้งแต่ปรากฏว่าได้มีการเลื่อนโครงการออกไปจนกระทั่งได้เริ่มโครงการจริงไม่กี่สัปดาห์ก่อนที่โครงสร้างสะพานจะพังทลาย โดยเนื้องานของการซ่อมบำรุงสะพานได้แก่ ซ่อมแซมหลอดไฟส่องสว่าง ซ่อมแซมราวกั้นสะพานคอนกรีต และซ่อมแซมรอยต่อ ซ่อมแซมผิวจราจร จากเนื้องานที่กล่าวมาแล้วพบว่าไม่ได้มีการเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างเลย และในขณะที่สะพานพังทลายนั้นได้มีอุปกรณ์การซ่อมบำรุงดังกล่าวหนักประมาณ 261,000 กิโลกรัมอยู่บนสะพาน จากเหตุการณ์ที่ได้สรุปมาแล้วข้างต้นพบว่า การพังทลายของสะพาน I-35W Mississippi River bridge จะไม่เกิดขึ้นเลยถ้ามีการเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างสะพานโดยที่ไม่ได้เลื่อนโครงการออกไปเรื่องนี้จึงเป็นอุทาหรณ์ให้วิศวกรโครงสร้างต้องตระหนักถึงความจำเป็นในการประเมินสภาพของโครงสร้างสะพานภายหลังที่ได้ใช้งานมาแล้วระยะหนึ่ง

หากย้อนกลับมามองที่ประเทศไทยของเราพบว่าส่วนใหญ่ก็มีอายุการใช้งานค่อนข้างมากเช่น สะพานพระราม 6 สะพานกรุงเทพ สะพานไทย-เบลเยี่ยม เป็นต้น ได้มีการบำรุงรักษาโดยการตรวจดูรอยร้าวบริเวณรอยต่อต่างๆที่มักจะเกิดความเสียหาย อย่างไรก็ตามถ้าการตรวจสอบพบว่าไม่มีรอย

ร้าวก็ไม่ได้หมายความว่าโครงสร้างนั้นจะมีสภาพ 100 % เหมือนตอนเปิดใช้เนื่องจากความแข็งแรงของรอยต่อก็จะลดลงหรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเกิดความล้า (Fatigue) เมื่อสะพานมีอายุการใช้งานนานขึ้น ดังนั้นการประเมินสภาพของสะพานและการวางแผนการฟื้นฟูสภาพของโครงสร้างสะพานเหล็กอย่างเป็นระบบเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการที่จะยืดอายุการใช้งานของสะพานและป้องกันการพังทลายของสะพานได้ โดยในงานวิจัยนี้จะมุ่งศึกษาในกรณีของสะพานเหล็กชนิด Girder Bridge

จากที่กล่าวมาข้างต้นการประเมินความล้าของโครงสร้างสะพานเหล็กแต่ละชนิดจะมีขั้นตอนและสิ่งที่ต้องพิจารณาแตกต่างกัน และการฟื้นฟูสภาพของโครงสร้างสะพานเหล็กก็สามารถทำได้หลายวิธี อาทิเช่น การเสริมกำลังโครงสร้างเหล็กโดยการติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ (Carbon fibre reinforced polymer (CFRP)) หรือแผ่นกลาสไฟเบอร์ (Glass fibre reinforced polymer (GFRP)) บริเวณท้องคาน การเปลี่ยนแผ่นพื้นจากคอนกรีตไปเป็นแผ่น CFRP ขึ้นรูปที่มีความแข็งแรงแต่มีน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตมาก เป็นต้น จากเทคนิคการฟื้นฟูสภาพดังกล่าวทำให้พฤติกรรมของโครงสร้างไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ตอนเริ่มต้น ดังนั้นการเข้าใจพฤติกรรมของโครงสร้างทั้งก่อนและหลังการฟื้นฟูสภาพจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่วิศวกรโครงสร้างจะต้องเข้าใจ อย่างไรก็ตามจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างเหล็กที่ถูกฟื้นฟูสภาพด้วย CFRP นั้นยังมีค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการทดลองค่อนข้างสูง การศึกษาโดยใช้แบบจำลองจึงมีความจำเป็นในการศึกษาพฤติกรรมเบื้องต้นของโครงสร้าง ด้วยเหตุผลนี้จึงเป็นที่มาของโครงการวิจัยนี้ในการที่จะเสนอขั้นตอนการประเมินสภาพของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge และทำการเปรียบเทียบแนวทางของการเสริมความแข็งแรงแก่โครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ทั้งนี้จะทำการเปรียบเทียบในรูปแบบของความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกและอายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเสริมความแข็งแรงดังกล่าว การศึกษาทั้งหมดจะใช้ระเบียบวิธีคำนวณเชิงตัวเลข (Finite Element Method) ในการศึกษา โดยการศึกษาวิธีนี้ถ้าหากได้ทำการสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง กับข้อมูลที่วัดได้จากภาคสนามแล้วผลที่คำนวณได้จะมีความน่าเชื่อถือสูงมากและยังเป็นวิธีการศึกษาที่มีต้นทุนต่ำอีกด้วย

7. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

7.1 เพื่อนำเสนอแนวทางในการประเมินความล้าและอายุการใช้งานคงเหลือของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge

7.2 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ภายใต้การเคลื่อนไหวของรถที่แล่นผ่าน

7.3 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ที่ฟื้นฟูสภาพโดยใช้แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ติดบริเวณท้องคานภายใต้การเคลื่อนไหวของรถที่แล่นผ่าน

7.4 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ที่ฟื้นฟูสภาพโดยใช้วิธีการเปลี่ยนแผ่นพื้นจากคอนกรีตไปเป็นแผ่น CFRP ขึ้นรูป ภายใต้การเคลื่อนไหวของรถที่แล่นผ่าน

7.5 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ที่ฟื้นฟูสภาพโดยใช้แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ติดบริเวณท้องคานขณะวิบัติ

7.6 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ที่ฟื้นฟูสภาพโดยใช้วิธีการเปลี่ยนแผ่นพื้นจากคอนกรีตไปเป็นแผ่น CFRP ขึ้นรูป ขณะวิบัติ

7.7 ศึกษาผลของการเสริมกำลังโดยใช้แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ต่อลักษณะการวิบัติของสะพานชนิด Girder bridge

7.8 ศึกษาประสิทธิภาพของการเสริมกำลังโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge โดยใช้แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์

8. ขอบเขตของโครงการวิจัย

8.1 รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการเสริมกำลังของสะพานเหล็กชนิด Girder bridge พร้อมทั้งสมการพื้นฐานต่างๆที่เกี่ยวข้อง

8.2 ทำการสร้างแบบจำลองสะพานเหล็กชนิด Girder bridge โดยใช้ระเบียบวิธีคำนวณเชิงตัวเลข (Finite Element Method) พร้อมทั้งสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรม

8.3 ทำการสร้างแบบจำลองสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ที่ฟื้นฟูสภาพโดยใช้แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ติดบริเวณท้องคานโดยใช้ระเบียบวิธีคำนวณเชิงตัวเลข (Finite Element Method) พร้อมทั้งสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรม

8.4 ทำการแปรผันค่าที่จะมีผลต่อพฤติกรรมของสะพานชนิด Girder bridge ในข้อ 8.3

8.5 ทำการสร้างแบบจำลองสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ที่ฟื้นฟูสภาพโดยใช้วิธีการเปลี่ยนแผ่นพื้นจากคอนกรีตไปเป็นแผ่น CFRP ขึ้นรูป โดยใช้ระเบียบวิธีคำนวณเชิงตัวเลข (Finite Element Method) พร้อมทั้งสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรม

8.6 ทำการแปรผันค่าที่จะมีผลต่อพฤติกรรมของสะพานชนิด Girder bridge ในข้อ 8.5

8.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการฟื้นฟูสภาพโดยใช้ CFRP ทั้ง 2 แบบ

8.8 เสนอแนวทางในการประเมินความล้าและอายุการใช้งานคงเหลือของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge

9. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

9.1 ได้แนวทางในการประเมินความล้าและอายุการใช้งานคงเหลือของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge

9.2 มีความเข้าใจถึงพฤติกรรมของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge แบบที่ยังไม่ได้เสริมกำลังด้วย CFRP ภายใต้การเคลื่อนไหวของรถที่แล่นผ่าน

9.3 มีความเข้าใจถึงพฤติกรรมของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ที่ฟื้นฟูสภาพโดยใช้ CFRP ติดบริเวณท้องคานภายใต้การเคลื่อนไหวของรถที่แล่นผ่าน

9.4 มีความเข้าใจถึงพฤติกรรมของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ที่ฟื้นฟูสภาพโดยใช้วิธีการเปลี่ยนแผ่นพื้นจากคอนกรีตไปเป็นแผ่น CFRP ขึ้นรูป ภายใต้การเคลื่อนไหวของรถที่แล่นผ่าน

9.5 มีความเข้าใจถึงพฤติกรรมของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ที่ฟื้นฟูสภาพโดยใช้แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ติดบริเวณท้องคานขณะวิบัติ

9.6 มีความเข้าใจถึงเพื่อศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ที่ฟื้นฟูสภาพโดยใช้วิธีการเปลี่ยนแผ่นพื้นจากคอนกรีตไปเป็นแผ่น CFRP ขึ้นรูป ขณะวิบัติ

9.7 สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเสริมกำลังโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge โดยใช้แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ด้วยวิธีต่างๆ

9.8 ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางในการลดต้นทุนในการบำรุงรักษาโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ในประเทศไทยได้

10. ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง และหรือเก็บข้อมูล

ระยะเวลาในการวิจัย 1 ปี นับตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2551 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2552

สถานที่ในการศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี

11. ผลผลิต (output) ที่ได้จากงานวิจัย

ผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้ คือกระบวนการอย่างละเอียดในการประเมินความล้าและอายุการใช้งานคงเหลือของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge เพื่อที่จะเป็นประโยชน์แก่วิศวกรโครงสร้างในการใช้เป็นแนวทางในการประเมินโครงสร้างสะพานชนิด Girder bridge ที่มีอยู่ในประเทศไทย และภายหลังที่ทราบถึงสภาพปัจจุบันและอายุการใช้งานคงเหลือของสะพานชนิด Girder bridge แล้วจะนำเสนอวิธีการเสริมกำลังที่มีประสิทธิภาพ (ทางด้านวิศวกรรม) ให้อีกโดยอาจจำแนกผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ ดังนี้

1. การศึกษาวิจัยระยะแรกจะได้ศึกษาหาข้อมูลจากมาตรฐานการออกแบบสะพานชนิด Girder bridge จากหน่วยงานที่น่าเชื่อถือ เช่น AASHTO เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินสภาพของสะพานเหล็กชนิด Girder bridge และทำการสร้างแบบจำลอง Finite element model ของสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ที่มีข้อมูลของการประเมินสภาพจากภาคสนามเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสอบเทียบผลการประเมินสภาพจากการสร้างแบบจำลอง

- ให้ระบุผลผลิตที่ได้ในระยะนี้ คือ **ทราบถึงมาตรฐานการออกแบบสะพานจากหน่วยงานที่น่าเชื่อถือ เช่น AASHTO เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินสภาพของสะพานเหล็กชนิด Girder bridge และเข้าใจพฤติกรรมการของสะพานเหล็กภายใต้แรงกระทำแบบสถิตย์และแบบซ้ำๆ และได้แบบจำลองไฟไนท์อิลิเมนท์ที่มีความถูกต้อง** ผลสำเร็จระยะนี้คือเป็น**ผลสำเร็จเบื้องต้น (P)**

2. การศึกษาวิจัยระยะที่ 2 จะได้ศึกษาพฤติกรรมของสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ที่เสริมกำลังโดยใช้แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ติดที่ท้องคานและสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ที่ฟื้นฟูสภาพด้วยการใช้แผ่น CFRP ขึ้นรูปแทนการใช้แผ่นคอนกรีตผิวทาง

- ให้ระบุผลผลิตที่ได้ในระยะนี้ คือ **ทราบถึงพฤติกรรมของสะพานเหล็กชนิด Girder bridge ที่เสริมกำลังโดยใช้แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ติดที่ท้องคานและสะพานที่ฟื้นฟูสภาพด้วยการใช้แผ่น CFRP ขึ้นรูปแทนการใช้แผ่นคอนกรีตผิวทาง**ผลสำเร็จระยะนี้คือเป็น**ผลสำเร็จกึ่งกลาง (I)**

3. การศึกษาวิจัยระยะที่ 3 จะได้แนวทางการในการประเมินความล้าและอายุการใช้งานคงเหลือของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge พร้อมทั้งแนวทางการเสริมกำลังที่มีประสิทธิภาพ

- ให้ระบุผลผลิตที่ได้ในระยะนี้ คือ **ได้แนวทางการในการประเมินความล้าและอายุการใช้งานคงเหลือของโครงสร้างสะพานเหล็กชนิด Girder bridge พร้อมทั้งแนวทางการเสริมกำลังที่มีประสิทธิภาพ** ผลสำเร็จระยะนี้คือเป็น**ผลสำเร็จตามเป้าประสงค์ (G)**