บทคัดย่อ

รายงานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมกำลังด้วยวัสดุโพลิเมอร์เสริมเส้นใย (Carbon Fiber Reinforced Polymer CFRP) ต่อการตอบสนองทางพลศาสตร์และความล้าของสะพานคอมโพสิต โดยใช้ไฟไนท์อิลิเมนท์โปรแกรม ABAQUS ทั้งนี้สะพานคอมโพสิตที่นำมาพิจารณาในการศึกษานี้เป็นสะพานต้นแบบที่ถูกออกแบบขึ้นเพื่อรองรับน้ำหนักบรรทุกขนาด HS-20 ตามมาตรฐาน ASSHTO ซึ่งในการศึกษาจะเริ่มจากการศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองทางพลศาสตร์ของสะพานคอมโพสิตทั้งชนิดที่ไม่ได้เสริมกำลังด้วย CFRP และชนิดที่เสริมกำลังด้วย CFRP หลังจากนั้นนำค่าหน่วยแรง (Stress) ที่เกิดขึ้นไปทำวิเคราะห์หาช่วงของหน่วยแรง (Stress range) ที่เกิดขึ้นโดยใช้วิธีการนับช่วงหน่วยแรงแบบฝนตก (Rainflow counting method) ซึ่งช่วงของหน่วยแรงที่ได้จะสามารถนำไปใช้คำนวณหาการตอบสนองของความล้า (Fatigue cycle) ที่โครงสร้างสามารถรับได้ต่อไป ขั้นตอนต่อไปทำการศึกษาพฤติกรรมของสะพานคอมโพสิตชนิดที่มีความเสียหายเริ่มต้น โดยความเสียหายเริ่มต้นของสะพานที่จะศึกษาได้แก่ การที่สะพานมีรอยร้าวชนิดความลึกเท่ากันตลอดความกว้างคาน (Through thickness crack) 2 ขนาด คือ ความลึก 3 และ 6 มิลลิเมตร ที่ปีกล่างบริเวณกึ่งกลางของคานรูปตัวไอ (I-shape) ของสะพานคอมโพสิตทั้งชนิดที่ไม่ได้เสริมกำลังด้วย CFRP และชนิดที่เสริมกำลังด้วย CFRP ซึ่งกระบวนการศึกษาก็จะทำเช่นเดียวกับสะพานคอมโพสิตที่ไม่มีความเสียหายเริ่มต้นทุกประการ นอกจากนี้ตัวแปรที่อาจมีผลต่อพฤติกรรมของสะพานเช่น ลักษณะการวิ่งของรถ จำนวนคานเหล็กรูปตัวไอ และรูปแบบการเสริมกำลังก็ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้ ผลการศึกษาพบว่าค่าการตอบสนองทางพลศาสตร์สูงสุดจะเกิดขึ้นในกรณีที่รถแล่น 2 ช่องจราจร (ทั้งทางเดียวกันและสวนกัน) และถ้าทำการเสริมกำลังให้แก่สะพานคอมโพสิตด้วย CFRP แล้วจะพบว่าค่าหน่วยแรงและการแอ่นตัวของสะพานจะลดลง ทำให้ค่าอายุความล้ามีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แต่ถ้าหากสะพานมีรอยร้าวเริ่มต้นบริเวณคานรูปตัวไอ แล้วพบว่าค่าอายุความล้าจะลดลงอย่างมาก ซึ่งถ้าทำการเสริมกำลังด้วย CFRP แล้วพบว่าสามารถเพิ่มความแข็งแรงให้แก่โครงสร้างสะพานคอมโพสิตได้แต่ยังไม่เต็มประสิทธิภาพ ดังนั้นในกรณีที่มีรอยร้าวเริ่มต้นเกิดขึ้นที่คานเหล็ก ก่อนที่จะทำการปรับปรุงกำลังของสะพาน ต้องทำการเชื่อมติดรอยร้าวให้เรียบร้อยก่อน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเสริมกำลังด้วย CFRP ให้ใช้งานได้อย่างเต็มกำลัง

ABSTRACT

The main objective of this research is to study the effects of CFRP strengthening on dynamic and fatigue responses of composite bridges using finite element program ABAQUS. The prototype bridge on which the analyses are based on is a simple span composite bridge which was designed with the AASHTO's HS-20 notation live load. In the analysis process, dynamic and fatigue responses of composite bridges due to truck load based on AASHTO standard are investigated. Two types of CFRP strengthening techniques, i.e. CFRP Laminate and CFRP composite deck are applied to both the damaged and undamaged bridges. For the case of the damaged bridge, two through-thickness crack sizes, i.e. 3 mm. and 6 mm. in depth, are assumed at the mid-span of the steel girders. Furthermore, effect of the number of steel girders on dynamic and fatigue response are also considered. The results show that the maximum responses of composite bridges occur for the case of 2-lane with same direction and 2-lane with opposite direction. By using CFRP as a strengthening material, the maximum stress and deflection at steel girders are reduced and consequently increase the fatigue life of steel girders. After introducing initial crack into steel girders of composite bridges, fatigue life of the bridges is dramatically reduced. However, the overall performance of damaged composite bridge can be improved by using CFRP with less effectiveness. Therefore, if the cracks are found during inspection process, steel welding must be performed before strengthening the composite bridge by CFRP.