

**Project Code :** TRG5680053

**Project Title :** Effect of Defects on Mechanical Behavior and Failure of Reinforced Concrete Beams Strengthened with Fiber Reinforced Polymer Composites

**Investigator :** Dr. Chakrapan Tuakta, Department of Civil Engineering, Kasetsart University

**E-mail Address :** [ctuakta@gmail.com](mailto:ctuakta@gmail.com), [fengcptu@ku.ac.th](mailto:fengcptu@ku.ac.th)

**Project Period :** 2013-2015 (2 years)

FRP (fiber reinforced polymer) strengthening systems for concrete structural members, such as beams, columns, and slabs, have become increasingly popular as a result of extensive studies on short-term mechanical behavior. However, the effects of defect in the form of disbond area at FRP/concrete interface on the behavior and failure of FRP-strengthened RC beams are still largely unknown. Limited numbers of studies have shown that the presence of defects can have detrimental effects on FRP-concrete systems. Therefore, the objective of this research is to investigate the effects of interfacial defect in FRP-strengthened RC beam on its mechanical behavior and failure through a series of experimentation on FRP-strengthened RC beam specimens and finite element simulation. The methodology and knowledge from this proposed research could help civil engineers plan proper maintenance and repair of FRP-strengthened RC structural member to ensure public safety.

The results of this study have shown that defects of different sizes and locations had small effects on the flexural capacity and ductility of RC beams strengthened with FRP. The flexural capacity calculated from design equations, together with additional strength reduction factors as recommended by the design code, is smaller than that obtained from the experiment, implying that designed capacity of FRP-strengthened RC beams is safe with the presence of disbond defects of the positions and sizes within the scope of this study. In addition, defect in the form of disband area at the interface between FRP and concrete can affect the distribution of interfacial shear stress within the interface. The presence of large defect can increase the overall interfacial shear stress due to reduced total bond length. Furthermore, bond strength ( $P_u$ ) and softening load ( $P_s$ ) depend on the size and location of the defect in the bond line. For defects at the same location, larger defect results in larger reduction in  $P_u$  and  $P_s$ . In case of defects of equal lengths, defect in the region of high interfacial shear transfer, such as location of flexural cracks, will cause larger reductions in  $P_u$  and  $P_s$ . These result in reduced performance of FRP-concrete bond joint.

**Keywords :** Fiber-reinforced Polymer, Defect, FRP-concrete bond joint

รหัสโครงการ: TRG5680053

ชื่อโครงการ: Effect of Defects on Mechanical Behavior and Failure of Reinforced Concrete Beams Strengthened with Fiber Reinforced Polymer Composites

ชื่อนักวิจัย: อ.ดร.จักรพันธ์ เทือกตะ, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail Address: [ctuakta@gmail.com](mailto:ctuakta@gmail.com), [fengcptu@ku.ac.th](mailto:fengcptu@ku.ac.th)

ระยะเวลาโครงการ: 2556-2558 (2 ปี)

ในปัจจุบัน การเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีต เช่น คาน เสา และแผ่นพื้น ด้วยวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้น (Fiber-reinforced Polymer Composite, FRP) กำลังเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เพื่อเพิ่มสมรรถนะในการรับน้ำหนักบรรทุกในกรณีที่โครงสร้างมีการเปลี่ยนแปลงการใช้งาน รวมถึงเป็นการปรับปรุงหรือซ่อมแซมโครงสร้างให้มีความพร้อมต่อการเกิดแผ่นดินไหวในอนาคต ซึ่งเหล่านี้เป็นผลมาจากการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมทางกลที่มีอยู่อย่างมากมาย อย่างไรก็ตาม ผลกระทบของข้อบกพร่องในระบบเสริมกำลัง เช่น พื้นที่หลุดร่อนระหว่าง FRP และคอนกรีต และระหว่างชั้น FRP เอง การบวมหรือผสมือพอกซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐาน และการเตรียมผิวคอนกรีตที่ไม่เหมาะสม เป็นต้น ยังไม่มีผลการศึกษาที่แน่ชัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของข้อบกพร่องที่อาจมีต่อพฤติกรรมทางกล และการพิบัติของคาน คสล. ที่เสริมกำลังด้วย FRP เพื่อเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจซ่อมแซม หรือวางแผนบำรุงรักษาในอนาคต โดยใช้การทดลองในห้องปฏิบัติการ และการวิเคราะห์คาน คสล.เสริมกำลังด้วย FRP และการวิเคราะห์พฤติกรรมของรอยต่อด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

จากการศึกษาพบว่า ข้อบกพร่องขนาดต่างๆในคาน คสล. ที่เสริมกำลังด้วย FRP นั้น มีผลเพียงเล็กน้อยต่อกำลังต้านทานแรงดัดและความเหนียวของคาน คสล. ที่เสริมกำลังด้วย FRP โดยกำลังที่ได้จากสมการคำนวณออกแบบจะอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยเมื่อพิจารณาผลกระทบของข้อบกพร่องที่มีตำแหน่งและขนาดในขนาดของงานวิจัยนี้ และการเกิดข้อบกพร่องแบบพื้นที่หลุดร่อนระหว่าง FRP และคอนกรีต มีผลต่อการแจกแจงของหน่วยแรงเฉือนในรอยต่อระหว่าง FRP และคอนกรีต ข้อบกพร่องที่มีขนาดใหญ่จะส่งผลให้หน่วยแรงเฉือนโดยรวมในรอยต่อมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากความยาวสุทธิของรอยต่อลดลง และกำลังยึดเหนี่ยว ( $P_u$ ) และแรงกระทำก่อนความเสียหาย ( $P_s$ ) ของรอยต่อระหว่าง FRP และคอนกรีตขึ้นอยู่กับขนาด และตำแหน่งของข้อบกพร่องในรอยต่อ โดยในกรณีที่ข้อบกพร่องมีตำแหน่งเดียวกันเมื่อขนาดของข้อบกพร่องใหญ่ขึ้น ค่าของ  $P_u$  และ  $P_s$  จะมีค่าลดลง ส่งผลให้รอยต่อมีประสิทธิภาพในการรับแรงเฉือนลดลง และในกรณีที่ข้อบกพร่องมีขนาดเท่ากัน ข้อบกพร่องที่อยู่ในช่วงที่มีการถ่ายเทแรงเฉือนระหว่าง FRP และคอนกรีตมากในรอยต่อ เช่น ใกล้กับตำแหน่งของ FRP ที่มีแรงดึงกระทำ หรือตำแหน่งที่เกิดรอยร้าวแรงดัดในคาน จะส่งผลให้ค่าของ  $P_u$  และ  $P_s$  ของรอยต่อมีค่าลดลง

คำหลัก: Fiber-reinforced Polymer, Defect, FRP-concrete bond joint