

Republic of Iraq
Ministry of Higher Education
and Scientific Research
University of Technology
Building and Construction
Engineering Department



Experimental Study and Finite Element Modeling for the Flexural Behavior of Self-Compacting Reinforced Concrete T-Beams Strengthened with Carbon Fiber Reinforced Polymer

A Thesis

Submitted to the Department of Building and Construction Engineering of the
University of Technology in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Structural Engineering

By

Hussein Ali Badr

(B.Sc. in Civil Engineering 2012)

Supervised By

Asst. Prof. Dr. Sarmad Shafeeq

Dr. Dhiyaa H. Mohammed

2016 A.D

1437 A.H

Abstract

The aim of the present study is to investigate the flexural behavior of self-compacting reinforced concrete T-beam strengthened with carbon fiber reinforced polymer (CFRP). In this research, the experimental and analytical studies are presented to investigate the flexural behavior of self-compacting concrete (SCC) T-beams strengthened with different types of CFRP products such as laminate, sheet and bar which were strengthened by using different methods such as near surface mounted (NSM) and external bonded reinforcement (EBR). The experimental work consisted of fabrication and testing of fourteen SCC T-beam specimens. All beams had the same cross section, 260mm height, 300mm width of flange, 120mm width of web, 60mm height of flange and 1600mm length where the beams tested in a simply supported span and subjected to two point loadings. Ten of them were strengthened by using different types of CFRP (sheet, laminate and bar), different lengths (1300mm and 650mm) and different techniques (NSM and EBR) while three repaired beams (damage beams) strengthened with (sheet, laminate and bar) CFRP and one beam doesn't strengthened using as control beam. The failure mode was monitored and ultimate load capacity was recorded. Besides, the strains, crack width and deflection were measured in concrete at different load levels.

The experimental results showed that the use of CFRP has significant positive effect on ultimate load and deflection, there was an increase in ultimate load capacity ranging from (5.04 to 67.96)% percent as compared to the control beams while the cracking loads were increased by (17 to 73)%. The results showed that the use of laminate and NSM technique with length along the beam yield the higher flexural strength, where the ultimate and first crack loads are increased by 67.96% and 47.2% respectively compared with the unstrengthened beams. Also, It was observed that the presence of CFRP on the tension face lead to restrain crack propagation and reduce width of cracks. Also, the current work

included studying the effect of CFRP in the rehabilitation of damaged beam, where the results showed good improvement of CFRP in the rehabilitation of the damaged beams by increasing the ultimate load capacity of the beams from (5.08 to 58.23) %, where the best rehabilitation is by using NSM technique with bar and plate.

The theoretical investigation presents a three-dimensional nonlinear finite element analysis to conduct the numerical investigation of the flexural behavior of tested beams by using computer software (ANSYS 11.0). The 8-node brick elements (SOLID65) in (ANSYS) are used to idealize the concrete, while the steel bars and CFRP bar are modeled as discrete axial members (LINK8) connected with concrete elements at shared nodes assuming perfect bond between the concrete and the steel. SOLID45, SOLID46 and SHEEL41 are used to represent steel plate (under point load and support), CFRP laminate and CFRP sheet respectively. The comparison between the experimental and analytical results showed Convergent results based on ultimate load value and the load deflection curves.

الخلاصة

يهدف هذا البحث لمعرفة سلوك الانثناء للعتبات الخرسانية المسلحة ذاتية الرص على شكل مقطع T المقواة البوليمر المسلح بألياف الكربون (CFRP). تم اجراء الدراسات التجريبية والتحليلية للتحقيق من سلوك الانثناء للاعتاب الخرسانية ذاتية الرص على شكل مقطع T بسيطة الاسناد المقواة بانواع مختلفة من منتجات البوليمر المقواة بالياف الكربون عن طريق استخدام أنواع مختلفة من تقنيات الربط (NSM و EBR). تضمن العمل المختبري يتكون من تصنيع واختبار أربعة عشر عتبة من الخرسانة ذاتية الرص. كل العتبات المفحوصة صممت بنفس الابعاد (260ملم الارتفاع, 300ملم عرض الشفة, 120ملم عرض الوتره , 60ملم ارتفاع الشفة و 1600ملم الطول الكلي) وتم اجراء الفحص باستخدام الاسناد البسيط مع تسليط الحمل بواسطة حملين مركزين. تم استخدام عشرة عتبات مقواة بانواع مختلفة من الياف الكربون (القضبان , الصفائح , الياف) واستخدام اطوال مختلفة (1300ملم و650ملم) وانواع مختلفه من تقنيات الربط (NSM و EBR) بينما تم اعادة تأهيل ثلاثة عتبات متضررة(محملة مسبقا) حيث تم تقويتها بواسطة ثلاثة انواع من الياف كربون البوليميرية (القضبان , الصفائح , الياف) مع استخدام عتبة واحده غير مقواة تمثل العتبة المرجعية. تم مراقبة نمط الفشل والحمل الاقصى , اضافة الى الانفعالات و عرض الشقوق و الهطول تم تسجيلها لكل خطوه من خطوات التحميل.

أظهرت النتائج العملية أن استخدام الياف الكربون المعزز بالبوليمر له تأثير إيجابي على الحمل الاقصى وأنماط التشققات والهطول. أظهرت النتائج التجريبية زيادة في الحمل الاقصى تتراوح ما بين (5 حتي 68) بالمائة بالمقارنة مع العتبة غير المقواة و زيادة بالأحمال التي تسبب التشققات بنسبة(17 إلى 73)%. تم الحصول على اكبر زيادة في الحمل الاقصى عند استخدام تقنية (NSM)والمادة المستخدمة من نوع صفيحه مثبتة على طول العتبة حيث بلغت الزيادة في الحمل الاقصى والحمل المسبب للشق الاول بنحو 67% و 47.2% على التوالي مقارنة مع العتب غير المقواة. ايضا لوحظ أن استخدام (CFRP) على الوجه المعرض للشد يؤدي الى تقيد في تقدم الشقوق وعرض الشقوق. كذلك شملت الدراسة الحالية دراسة استخدام الألياف الكربونية البوليميرية في إعادة تأهيل عتبة خرسانية متضرره (محملة مسبقا) حيث عكست النتائج قدرة جيدة لالياف الكربون في إعادة تأهيل العتبات المتضرره حيث اظهرت النتائج زيادة في الحمل الاقصى من (5.08 الى 58.23)، تم الحصول نتائج أفضل بعد إعادة التأهيل باستخدام تقنية NSM مع الصفيحة و القضبان.

تم اجراء دراسة نظرية باستخدام تحليل بطريقة العناصر المحدودة غير الخطية بواسطة عناصر ثلاثية الأبعاد لإجراء التحقيق العددي من سلوك الانثناء للعتبات باستخدام برنامج العناصر المحدده (ANSYS11.0). حيث تم استخدم العناصر الطابوقية ذات ثمانى عقد في البرنامج لتمثيل كل من



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التكنولوجية
قسم هندسة البناء والإنشاءات

دراسة عملية و نمذجة بالعناصر المحدده لسلوك الإنشاء للعتبات الخرسانية الذاتية الرص المسلحة ذات المقطع T والمقواة البوليمر المسلح بألياف الكربون

رسالة مقدمة الى
قسم هندسة البناء والإنشاءات في الجامعة التكنولوجية وهي جزء من متطلبات نيل درجة
ماجستير علوم في الهندسة الإنشائية

من قبل
حسين علي بدر
بكالوريوس هندسة مدنية (2012)

إشراف
الأستاذ المساعد الدكتور سرمد شفيق
الدكتور ضياء حمودي محمد