

Ministry of Higher Education
and Scientific Research

University of Technology
Building and Construction Engineering Department
Structural Engineering Branch



Punching Shear Resistance of Reinforced Concrete Flat Plate Slab Strengthened with CFRP

A Thesis

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

By

Aseel Abdul Azeez Abdul Ridha
(B.Sc. 2009)

Under Supervision of

Asst. Prof.

Dr. Eyad Kadhem Sayhood

Asst. Prof.

Dr. Mohammed J. Hamood

1434 2012

24-M-12

ABSTRACT

In the past, concrete structures were considered to have their strength and durability nearly permanent. However, in recent years, their deterioration and damage are becoming conspicuous, and the repair and strengthening of these structures are now a prime need. One of the strengthening methods for these structures is to bind them with carbon fiber strips that can provide a combined effect of repair (shielding of substances) and strengthening (carrying of tensile force).

The purpose of this study is to present a model suitable for analyzing reinforced concrete (RC) slabs strengthened with Carbon fiber reinforced polymer (CFRP) failing in punching shear using the finite element method.

In this study, a nonlinear three-dimensional finite element analysis has been used to conduct an analytical investigation on the overall behavior of reinforced concrete slabs strengthened with CFRP strips. **ANSYS** (version 11, 2007) computer program is utilized.

The 8-node isoparametric brick elements in **ANSYS** are used to represent the concrete, the steel bars and CFRP strips are modeled as axial members discrete within the concrete brick elements by assuming perfect bond between the concrete and steel and between the concrete and CFRP strips.

The numerical analysis incorporates material nonlinearity due to concrete cracking in tension, nonlinear stress-strain relations of concrete in compression, crushing of concrete and yielding of steel reinforcement. Also, the evaluation of the CFRP strips enhancement in shear strength of RC slabs is investigated.

Different types of RC slabs strengthened with CFRP strips have been analyzed. Available experimental results are chosen to check the validity and the accuracy of the adopted models. In general, a good agreement is obtained between the finite element and the experimental results. The maximum percentage difference in ultimate load-carrying capacity is 8.83%. Several parametric studies have been carried out to investigate the effects of some important material parameters on the behavior of strengthened RC slabs. These parameters are the concrete compressive strength, the concrete tensile strength,

the number of layers of CFRP strips, the configuration of CFRP strips and the effect of diagonal stirrups of CFRP.

Two RC slabs strengthened with CFRP strips have been analyzed to investigate the above situations. It was found that for a strengthened RC slabs, an increase in the ultimate load of 4.667% has been achieved when the compressive strength of concrete was increased from 28.27 to 40MPa. An increase in the ultimate load of 5% has been achieved when the tensile strength of concrete was increased from $0.56\sqrt{f'_c}$ to $0.15f'_c$. When the number of layers of CFRP strips was increased from 2 to 3 layers, the ultimate load increased by 2.006%, when the number of layers of CFRP strips was increased from 2 to 4 layers, the ultimate load increased by 5.406%. Also, when the radial wrapping of CFRP was used instead of tangential wrapping the ultimate load decreased in range of 2.64% to 11.875. When the tangential wrapping was used in the absence of diagonal stirrups of CFRP, the ultimate load decreased by 6.667%, and the ultimate deflection increased by 20.89%, when the radial wrapping was used, in the absence of diagonal stirrups of CFRP, the ultimate load decreased by 7.306%, and the ultimate deflection increased by 30.872%.



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

الجامعة التكنولوجية

قسم هندسة البناء والإنشاءات

فرع الهندسة الإنشائية

مقاومة القص الثاقب للبلاطات الخرسانية المستوية المسلحة المقواة باللياف الكربون البوليمرية

رسالة مقدمة

إلى قسم هندسة البناء والإنشاءات في الجامعة التكنولوجية

وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في

الهندسة الإنشائية

من قبل

اسيل عبد العزيز عبد الرضا

بكالوريوس هندسة أنشائية 2009

بإشراف

الأستاذ المساعد الدكتور الأستاذ المساعد الدكتور

أياد كاظم صيهود

محمد جعفر حمود

14342012

24-M-12

الخلاصة

في السنين الماضية، أعتبرت قوة ومتانة المنشآت الخرسانية ثابتة تقريبا، لكن في السنوات الاخيرة أصبح تضرر وتدهور المنشآت الخرسانية واضحا. إن تقوية هذه المنشآت تعتبر حاجة أساسية. إحدى طرق تقوية هذه المنشآت الخرسانية هي ان تقوى باللياف الكربون البوليمرية، حيث تمتلك هذه الألياف تأثيرا مزدوجا لإعادة تاهيل وتقوية هذه المنشآت.

الغرض من هذه الدراسة هو تقديم إنموذج لتحليل البلاطات الخرسانية المسلحة المقواة باللياف الكربون البوليمرية (التي تفشل بقوة القص للثاقب) بأستخدام طريقة العناصر المحددة .

في هذه الدراسة تم استعمال طريقة العناصر المحددة ثلاثية الابعاد اللاخطية لتقصي سلوك

البلاطات الخرسانية المقواة باللياف الكربون البوليمرية. بالاستفادة من برنامج ANSYS (الأصدار

الحادي عشر، 2007). تم استخدام عناصر طابوقية ثلاثية الابعاد ذات ثمانية عقد في برنامج ANSYS

لتمثيل الخرسانة. تم تمثيل حديد التسليح واللياف الكربون البوليمرية كعناصر محورية منفصلة داخل

العناصر الطابوقية مع افتراض وجود ترابط تام بين الخرسانة وحديد التسليح وبين الخرسانة واللياف

الكربون البوليمرية.

هذا الأسلوب يعتبر ان المواد لا تتصرف تصرفا خطيا تبعاً الى تشقق الخرسانة في مناطق الشد

والتصرف اللاخطي للخرسانة تحت الضغط وتهشم الخرسانة وخضوع حديد التسليح. أيضا تهدف الدراسة

الى إيجاد الزيادة الحاصلة في سعة القص للبلاطات الخرسانية الناتجة عن استخدام الاليف الكربونية.

تم تحليل أنواع مختلفة من البلاطات الخرسانية المقواة باللياف الكربون البوليمرية وقورنت النتائج

المستحصلة لمنحنيات الحمل - الأزاحة (Load-Deflection) بطريقة العناصر المحدد قمع النتائج

المختبرية المتوفرة. بشكل عام تم الحصول على توافق جيد بين النتائج التحليلية بطريقة العناصر المحددة والنتائج المختبرية. وكان اكثر فرق للتحميل الاقصى في البلاطات هو 8.83%.

أجريت دراسة لتحري تأثير بعض المتغيرات المهمة على سلوك البلاطات الخرسانية المقواة بألياف الكربون البوليمرية. , تضمنت هذه الدراسة تأثير مقاومة الانضغاط للخرسانة و مقاومة الشد للخرسانة وعدد طبقات الالياف المستخدمة لتقوية البلاطات الخرسانية و تشكيل شرائح الياف الكربون البوليمرية وتأثير وجود الاتاري المائلة لالياف الكربون البوليمرية.

ولدراسة تأثير الحالات اعلاه, تم تحليل مثالين من البلاطات الخرسانية المقواة بالياف الكربون البوليمرية. وجد ان زيادة مقاومة الأنضغاط من (28.27 الى MPa40) تؤدي الى زيادة في الحمل النهائي بمقدار 4.667%. ان زيادة مقاومة الشد من $0.56\sqrt{f_c}$ الى $0.15f_c'$ تؤدي الى زيادة في الحمل النهائي بمقدار 5%. عند زيادة عدد طبقات شرائح الالياف من 2 الى 3 طبقات يزداد الحمل الاقصى بمقدار 2.006%, وعند زيادة عدد طبقات شرائح الالياف من 2 الى 4 طبقات يزداد الحمل الاقصى بمقدار 5.406. استعمال التغطية الشعاعية بدلا من التغطية المماسية يؤدي الى نقصان الحمل الاقصى بمقدار يتراوح بين 2.64% الى 11.875%. غياب وجود الاتاري المائلة لالياف الكربون البوليمرية في التغطية المماسية يؤدي الى نقصان في الحمل الاقصى بمقدار 6.667%, لكن الهطول الاقصى يزداد بمقدار 20.89%, غياب وجود الاتاري المائلة لالياف الكربون البوليمرية في التغطية الشعاعية يؤدي الى نقصان في الحمل الاقصى بمقدار 7.306%, لكن الهطول الاقصى يزداد بمقدار 30.872%.