

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



***Improving the Strength of Steel  
Perforated Plate Girders Loaded in Shear  
Using CFRP laminates***

**A Thesis**

**Submitted to the Building and Construction Engineering  
Department as A Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Structural  
Engineering**

***BY***

***Ihsan Kadhim Abed***

***(B.Sc. 2009)***

**2015**

**1436**

**44-M-2015**

# ABSTRACT

Steel plate girders are used in bridge construction and as long-span floor beams in buildings, as well as in industrial structures.

Openings in steel plate girders may be required to provide access for ducts, cables and other services or just to reduce the weight. However, the presence of such openings in web plate leads to change in stress distribution at the web panel and decreases the ultimate shear load. Therefore, strengthening the circular opening within the web using CFRP laminates can reduce the stress concentration around the opening and helps to increase the ultimate shear load.

The experimental work includes testing of five plate girders that were designed to be loaded in shear. Each plate girder has two panels. The first plate girder is without opening in the web panel, the second girder is with central circular opening at one of the two panels, these two girders are reference girders. The third, fourth and fifth girders have the same dimensions and web opening of the reference perforated girder, however, the perforated webs in these plate girders are reinforced with CFRP laminates in different patterns. The diameter of the circle opening is 300 mm , which is 60% of the web depth.

The experimental results show that the major effect of the CFRP laminates is to enhance the stiffness of the plate girder. The ultimate shear loads obtained from strengthened perforated plate girders have been compared with that obtained from the reference perforated plate girder. The comparison indicates that the increase in the ultimate shear loads ranges between 100% to 134%, comparing to the reference unperforated plate girders, one of the strengthened perforated plate girder has a higher ultimate shear load by 5.17%. Through the experimental results, it used formulas to predict the ultimate shear load of perforated strengthened steel girders by CFEP laminates.

ANSYS (version 14.5) computer program has been used to conduct numerical investigation for the structural behavior and to find the web distribution for the all plate girders. Four- nodes shell element (SHELL 181) was used to represent the steel and non-linear large structural shell (SHELL 281) was used to represent the CFRP composed while two Interface elements (CONTA174 and TARGE170) were used to simulate the bond between CFRP strips and steel surface. The maximum difference between finite element and experimental results for ultimate loads was between (0.96- 1.07).

## الخلاصة

الروافد اللوحية الفولاذية تستخدم في إنشاء الجسور وكذلك كعتبات في البنايات ذات الفضاءات الكبيرة بالإضافة الى المنشآت الصناعية.

تستخدم الفتحات في وتره الرافد اللوحية لتوفير توصيل أنابيب التبريد، الأسلاك وخدمات أخرى أو لمجرد تقليل الوزن. في كل الحالات، وجود هذه الفتحات في الروافد الفولاذية يؤدي الى تغيير في توزيع الأجهادات في الوتره وتقليل مقاومة القص القصوى. لذلك، يصبح من الضروري تقوية الفتحة بأستخدام صفائح ألياف الكربون البوليميرية المسلحة لتقليل تركيز الأجهادات حول الفتحة وتساعد على زيادة حمل القص القصوى.

المنهاج المختبري تضمن فحص خمسة روافد لوحية صممت لتحمل قوى القص. كل عارضة لوحية مكونة من لوحين. الرافدة اللوحية الأولى تكون بدون فتحة في الوتره، الرافدة اللوحية الثانية تحوي فتحة مركزية دائرية في وتره الرافدة، هذه الروافد هما روافد مرجعية. الروافد الثالثة والرابعة والخامسة لها نفس الأبعاد وفتحة الوتره في الرافدة المرجعية المثقبة، مع ذلك الوتره المثقبة في هذه الروافد اللوحية تسليح بصفائح ألياف الكربون بطرق مختلفة. قطر الفتحة الدائرية هو 300 mm، اي مايساوي 60% من عمق الوتره.

النتائج المختبرية بينت التأثير الرئيسي لصفائح ألياف الكربون في تعزيز صلابة الرافدة اللوحية. أحمال القص القصوى التي حصلنا عليها من الروافد اللوحية المثقبة المقواة قورنت مع التي حصلنا عليها من العوارض اللوحية المثقبة المرجعية. المقارنة أشارت الى زيادة أحمال القص القصوى بمعدلات بين 100% الى 134%، مقارنة مع رافدة لوحية مرجعية غير مثقبة، إحدى الروافد اللوحية المثقبة المقواة كانت اعلى منها بحمل القص القصوى بمقدار 5.17%. من خلال النتائج المختبرية، تم أستخدام معادلات لمعرفة حمل القص القصوى للعوارض الفولاذية المثقبة المقواة بصفائح ألياف الكربون.

تم أستعمال البرنامج الجاهز ANSYS v.14.5 كوسيلة عددية للتحري عن السلوك الأنشائي وأيجاد توزيع الأجهادات للوتره لكافة الروافد اللوحية. أستخدم العنصر SHELL 181 لتمثيل الفولاذ بينما أستخدم العنصر SHELL 281 لتمثيل ألياف الكربون البوليميرية. بينما استخدم العنصران (CONTA174) و(TARGE170) لتمثيل خصائص التلاصق بين الفولاذ والياف الكربون البوليميرية. تم مقارنة نتائج البرنامج مع النتائج المستحصلة من الجانب العملي وتبين ان نسبة الأختلاف تتراوح بين (0.96-1.07).



جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

الجامعة التكنولوجية

قسم هندسة البناء والأنشاءات

تحسين مقاومة الروافد اللوحية الفولاذية المثقبة المحملة بالقص  
بأستخدام صفائح ألياف الكربون البوليمرية المسلحة

رسالة مقدمة ألى

قسم هندسة البناء والأنشاءات في الجامعة التكنولوجية كجزء من متطلبات نيل  
درجة ماجستير علوم في الهندسة الأنشائية

من قبل

أحسان كاظم عبد

(بكالوريوس هندسة أنشائية/الجامعة التكنولوجية ٢٠٠٩)