

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
دائرة البعثات والعلاقات الثقافية

الى / السفارات العراقية كافة  
الدوائر الثقافية كافة

م/ تعليمات نشر بحوث الطلبة المبتعثين في المجالات الرصينه

الحاقتا باعدادنا المرقم ٢٤٨١٩ بتاريخ ٢٠١٢/١٠/١٢ الخاص بوجوب ذكر اسم الجامعة العراقية عند نشر البحوث في مجلات عالميه رصينه بالنسبه للطلبة المبتعثين (بعثات دراسيه , زمالات , اجازات دراسيه و مساعده ماليه ) , يتم اعتماد التعليمات التاليه:-

١- يتم اعتماد اسم الطالب المذكور في جواز السفر في البحث المنشور.

٢- مراعاة كتابه اسم الجامعة العراقيه التي ينتمي لها و الكلية والقسم وفقا للعناوين المعتمدة في دائرة البعثات (قائمه باسماء الجامعات العراقيه باللغه الانكليزيه لغرض اعتمادها لهذا الغرض مرفقه مع هذا الاعلان - المرفق ١-)

يحق للطالب ان يكتب عنوان الجامعة التي ينتسب اليها او الجامعة التي تخرج منها في العراق.

يمكن اعتماد المثال التالي كصيغه لكيفيه اضافته اسم الجامعة العراقيه مع اسم الجامعة الاجنبيه التي يدرس فيها الطالب المبتعث .

Student's Name <sup>1,2</sup>

1 The Iraqi university

2 The forign university of which the student is studying in

اسم الطالب <sup>١,٢</sup>

اسم الجامعة العراقيه

اسم الجامعة الاجنبيه التي يدرس

فيها الطالب المبتعث

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
دائرة البعثات والعلاقات الثقافية

العدد:   
التاريخ:   
١١ / ١٢ / ٢٠١٣

مع مراعاة ان يكون اسم الطالب هو الاول او الثاني في تسلسل الباحثين المشاركين في كتابه البحث او ان يكون هو الكاتب صاحب الحقوق في المراسله ( Corresponding Author ) و المثال مرفق للتوضيح (المرفق ٢).

للتفضل بالاطلاع و ابلاغ الطلبة المبتعثين في ساحه عملكم للعمل بموجبه.

مع التقدير.

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
دائرة البعثات والعلاقات الثقافية  
٢٠١٣/٣/١١

نسخه منه الى/

- \* مكتب معالي السيد الوزير , للتفضل بالاطلاع ... مع التقدير.
- \* مكتب السيد الوكيل الاقدم , للتفضل بالاطلاع ... مع التقدير.
- \* مكتب السيد الوكيل العلمي , للتفضل بالاطلاع ... مع التقدير.
- \* اللجنة التنسيقية مع المبادره التعليميه لمكتب رئيس الوزراء , للتفضل بالاطلاع و اعمامه للطلبة المبتعثين من قبلكم للعمل بموجبه ... مع التقدير.
- \* الجامعات كافة - قسم العلاقات الثقافيه , للتفضل بالاطلاع و اعمامه على الكليات للعمل بموجبه .... مع التقدير.
- \* وزاره التعليم العالي في اقليم كردستان , للتفضل بالاطلاع و اعمامه على الجامعات في الاقليم للعمل بموجبه ... مع التقدير.
- \* قسم التقويم و معادله الشهادات مع الاوليات.

## الجامعات الحكومية العراقية (و حسب ما ورد في الموقع الرسمي لكل جامعه)

University of Baghdad	جامعة بغداد
The University of Mustansiriyah	الجامعة المستنصرية
University of Basrah	جامعة البصرة
University of Mosul	جامعة الموصل
University of Technology	الجامعة التكنولوجية
University of Kufa	جامعة الكوفة
Tikrit University	جامعة تكريت
University of Al-Qadisiyah	جامعة القادسية
University of Anbar	جامعة الانبار
Al-Iraqia University	الجامعة العراقية
University of Babylon	جامعة بابل
Alnahrain University	جامعة النهريين
University of Diyala	جامعة ديالى
University of Karbala	جامعة كربلاء
Thi-Qar University	جامعة ذي قار
Kirkuk University	جامعة كركوك
Wasit University	جامعة واسط
University of Misan	جامعة ميسان
Al-Muthana University	جامعة المثنى
University of Samarra	جامعة سامراء
Al-Qasim Green University	جامعة القاسم الخضراء
Foundation of Technical Education	هيئه التعليم التقني
University of Sulaimani	جامعة السليمانية
Salahaddin University -Hawler	جامعة صلاح الدين
University of Duhok	جامعة دهوك
Koya University	جامعة كويه
Hawler Medical University	جامعة هولير الطبية





## Finite element modelling of CFRP/steel double strap joints subjected to dynamic tensile loadings

Haider Al-Zubaidy<sup>a,c</sup>, Riadh Al-Mahaidi<sup>b,\*</sup>, Xiao-Ling Zhao<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Department of Civil Engineering, Monash University, Clayton, VIC 3800, Australia

<sup>b</sup> Faculty of Engineering and Industrial Sciences, Swinburne University of Technology, Hawthorn, VIC 3122, Australia

<sup>c</sup> Kerbala University, Kerbala, Iraq

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Available online 14 December 2012

#### Keywords:

CFRP sheet  
Double-strap joints  
Steel plate  
FE modelling  
Dynamic loadings

### ABSTRACT

This paper reports the numerical simulation of both CFRP/steel double strap joints with 1 and 3 CFRP layers per side at quasi-static and three dynamic tensile loading speeds of 3.35, 4.43 and 5 m/s. Simulations are implemented using both the implicit and explicit codes respectively using non-linear finite element (FE) package ABAQUS. In these analyses, failures of both CFRP sheet and adhesive are considered and a cohesive element is utilised to model the interface. The developed FE models for both types of joints were validated by comparing their quasi-static and dynamic findings with those obtained from previous experimental program. This comparison includes four different variables such as the ultimate joint strength, effective bond length, failure pattern and strain distribution along the bond length. It was found that FE models proved to be able to predict all these parameters for both quasi-static and dynamic analyses and their prediction matched well with test results.

© 2012 Elsevier Ltd. All rights reserved.

### 1. Introduction

In recent years, the outstanding outcomes of strengthening and/or upgrading concrete structures using the technique of adhesively bonded carbon fibre reinforced polymer (CFRP) have attracted the engineers' attention to employ the same method for metal structures. However, in general, conducting experimental tests has many drawbacks. These include cost, time, difficulties and limitations in testing full scale members and the difficulties in implementing a parametric study on different variables. These shortcomings highlight the importance of developing finite element models which are capable of predicting the behaviour of the strengthened and/or upgraded structures. Therefore, finite element analysis (FEA) has attracted an increasing demand to analyse adhesively bonded joints since the composite materials have become common materials of strengthening and/or upgrading.

Some numerical studies have been successfully carried out to predict the static and dynamic behaviour and strength of adhesively bonded joints of similar and dissimilar substrates under different loading conditions. Under static tensile loading, the behaviour and strength of CFRP composite adhesively bonded steel plates were examined in [1–6]. Other studies numerically analysed joints of similar adherends such as steel/steel [7], aluminium/aluminium [8] and composite/composite [9–11]. In addition, finite

element analysis of CFRP composite bonded to simply supported steel beams under bending were also reported in Refs. [12–14] and analysis for continuous beams were reported in [15]. However, the strength and behaviour of structural joints such as the single lap joints and T-joints, which were manufactured using rigid and elastic adhesives, were experimentally investigated and compared under static and impact loading [16]. On the other hand, compared to static loading, the dynamic behaviour and strength of adhesively bonded joints attracted limited attention in numerical studies. These investigations included joints of different substrates such as steel/steel [17], aluminium/aluminium [18] and composite/composite [19]. Numerical prediction of the dynamic strength and behaviour of joints of CFRP sheet bonded to steel plates has not been reported in the literature. To cover this gap in knowledge, this paper aims at investigating the numerical simulation of CFRP/double strap joints at quasi-static and the three dynamic loading speeds of 3.35 m/s, 4.43 m/s and 5 m/s using both implicit and explicit codes in ABAQUS. Results of numerical simulations are compared with experimental findings.

### 2. Summary of laboratory work

A total of 160 CFRP/steel double strap joints were prepared and tested at quasi-static and three dynamic loading speeds of 3.35, 4.43 and 5 m/s and this number included two types of joints with 1 and 3 CFRP layers per side. These joints were formed by bonding normal modulus CFRP sheet to steel plate using Araldite 420

\* Corresponding author.

E-mail address: [ralmahaidi@swin.edu.au](mailto:ralmahaidi@swin.edu.au) (R. Al-Mahaidi).

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
دائرة البعثات والعلاقات الثقافية

السيد حيدر الزبيدي المحترم موفد جامعه كربلاء - كلية الهندسه

طالب البعثة الدراسيه في جامعه موناث - استراليا

م / شكر و تقدير

تحية طيبه ...

تقديرًا لجهودكم العلميه المتميزه و التزامكم الوطني في رفع اسم العراق عاليا من خلال نشركم لبحوث علميه في مجلات عالميه رصينه ، لا يسعنا الا ان نشكر جهودكم سائلين المولى عز و جل ان يحفظكم املين المزيد من العطاء و التواصل العلمي و ان تكونوا قدوة لزملائكم خدمة لعراقنا العزيز.

مع التقدير

أ.م.د. بهاء ابراهيم كاظم

مدير عام دائره البعثات و العلاقات الثقافيه وكاله

٢٠١٣/٢ /

نسخه منه الى /

- مكتب معالي السيد الوزير المحترم .. هامش معاليه بتاريخ ٢٠١٣/١/١٤ ، للتفضل بالاطلاع .. مع التقدير .
- رئاسه جامعه كربلاء .. لحفظه في الملف الشخصي للموما اليه ، مع التقدير .
- السيد مدير عام دائره البعثات و العلاقات الثقافيه المحترم .. هامشكم بتاريخ ٢٠١٣/١/١٦ .
- الدوائر الثقافيه كافه ، لتوجيه الطلبة المبتعثين للالتزام بمضمون اعماننا المرقم ٢٤٨١٩ بتاريخ ٢٠١٢/١٠/٢١ حول النشر في المجلات العلميه الرصينه .. مع التقدير .
- قسم التقويم و تعادل الشهادات ، مع الاوليات .