جامعة دمشق
المعهد العالي للبحوث والدّراسات الزّلزاليّة
قسم الهندسة الإنشائيّة الزّلزاليّة

مساهمة في نمذجة سلوك العناصر الخاضعة للانعطاف اعتماداً على خصائص الانهيار والتّماسك

دراسة أعدت لنيل درجة الدكتوراه في الهندسة الإنشائيّة الزّلزاليّة

إعداد

م.رهف محمد محمد

المشرف

الدكتورة المهندسة ميادة الأحمد الكوسا

أستاذ في قسم الهندسةالإنشائيّة
كليّة الهندسة المدنيّة–جامعة دمشق

المشرف المشارك

الدكتور المهندس جورج وردة

أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية
جامعة سيرجي بونتواز – فرنسا

دمشق
2021

ملخّص البحث

ملخّص البحث:

يقدّم هذا العمل نموذجاً لدراسة سلوك الجّوائز البيتونيّة المسلّحة، حيث يسمح بدراسة العلاقة بين القوّة والانتقال إضافة إلى ارتفاع الشّقوق وسعتها في كلّ مرحلة من مراحل التّحميل، ويعتمد النّموذج المطوّر مبدأ المفصل اللاّخطّي وقوانين سلوك كلّ من فولاذ التّسليح وسلوك البيتون على الضّغط والشّد المحوريّ مع أخذ أثر خصائص التّصدّع وسلوك البيتون المتشقّق على السّلوك بشكل عام.

تمّ التّحقّق من صحّة النّموذج بمقارنة النّتائج التحليليّة مع النّتائج التّجريبيّة لمجموعة من الجّوائز، حيث تمّ اختبار جزء منها في هذا العمل وتجميع الجّزء المتبقّي من الأبحاث المرجعيّة، كما تمّ التّحقّق من فعاليّته بمقارنة النّتائج التّحليليّة مع نتائج النّمذجة ثلاثيّة الأبعاد باستخدام طريقة العناصر المحدودةANSYS.

سمح النّموذج المطوّر باستخدام قانون تليين لاخطّي بشكل تابع قوّة بتعميم طريقة حساب السّهم المقترحة في الكود الأوروبّي(EC2) لحساب الانتقالات في جميع مراحل الطّور المتشقّق وحتّى بداية تلدّن الفولاذ.

وأخيراً تمّ تطوير نموذج يسمح باستقراء التّباعدات بين الشّقوق بالاعتماد على خصائص التّماسك بين الفولاذ والبيتون. وبالاعتماد على هذا النّموذج تمّ تعميم الطّريقة المقترحة في الكود الأوروبّي (EC2) لتشمل استقراء التّشقّقات عند انهيار العنصر المدروس.

مشكلة البحث:

يؤدّي ظهور الشّقوق إلى انخفاض صلابة العناصر البيتونيّة المسلّحة ما يجعل من مسألة تقييم السّهوم مشكلة حقيقيّة نتيجة صعوبة مقارنة القيم التّجريبيّة مع القيم المحسوبة سواء باستخدام الطّرق التحليليّة المبسّطة كتلك المقترحة في الكود الأوروبي (EC2) أو باستخدام الطّرق العدديّة. ويعود عدم كفاية الطّرق المبسّطة إلى إهمال مقاومة المادّة على الشّد إضافة إلى إهمال خصائص الانهيار والّتي توصّف الانخفاض التدريجي في مقاومة الشّد مع ازدياد فتح الشّق.

كما تحتاج البرامج التّي تعتمد طريقة العناصر المحدودة إلى معرفة خصائص البيتون والفولاذ بشكل دقيق إضافة إلى قوانين السّلوك النّاظمة للعلاقة بين التّشوهات والاجهادات، وتحتاج نمذجة عناصر البيتون المسلّح إلى درجة عالية من المهارة من قبل المستخدم علاوة على استغراقها الكثير من الوقت من أجل بناء النّموذج والتّحليل واستخراج نتائج موثوقة يمكن مقارنتها مع السّلوك الحقيقي للعنصر المدروس. إضافة إلى العوائق السّابقة يجد المستخدم نفسه مضطرّاً لاستخدام قوانين السّلوك الموجودة مسبقاً في مكتبات تلك البرامج دون قدرته على تعديلها أو إدخال قوانين سلوك أكثر واقعيّة. ونذكر من الصّعوبات أيضاً صعوبة

دراسة تطوّر ارتفاع الشّقوق وسعتها والتّباعد فيما بينها.

هدف البحث:

وأخيراً يهدف البحث إلى تطوير نماذج مبسّطة متاحة لجميع المستخدمين تأخذ بالحسبان سلوك كلٍ من البيتون وفولاذ التّسليح بشكل دقيق وتعتمد على مفاهيم ميكانيك التّصدّع ونموذج المفصل اللّاخطّي. إضافة إلى إمكانيّة الحصول على جميع المعلومات اللازمة من أجل تقييم سلامة المنشآت. كما تعطي النّماذج المقترحة علاقة القوّة بالانهيار وتطوّر فتحة الشّق المركزي وارتفاعه من بدء التّحميل وحتّى الانهيار.

وأخيراً يهدف البحث إلى تعديل طريقة حساب السّهم وفق الطّريقة المعتمدة في الكود الأوروبي(EC2) من أجل الوصول إلى استقراء أفضل للسّهوم ويخلص إلى دراسة أثر التماسك على التباعدات بين الشقوق.

Abstract

The present work presents a model to study the behavior of reinforced concrete beams, which allows to model the full load-deflection curve as well as crack heights and opening during all stages of loading.

The proposed model is based on the nonlinear hinge model. It takes into account the full stress-strain relationships under both uniaxial compression and tension with a special attention on the effect of fracture properties on the overall behavior.

The validity of the proposed model was verified by comparing the analytical results with the experimental ones of a database built from the beams developed in this work beside RC beams available in the bibliographical references. The efficiency of the model was also confirmed by comparing analytical results with numerical results obtained from 3D finites elements modelling using ANSYS software.

The developed model with a power law softening behavior allowed to generalize the deflection calculation method proposed by EC2 during the cracking phase up to steel yielding.

Finally, based on steel rebar-concrete bond properties, a new model was proposed for the prediction of cracks spacing. The aforementioned model allowed the generalization of EC2 method for cracking analysis upon failure.

Damascus University
High Institute Of Earthquake Studies and Research
Dept. of Earthquake Structural Engineering

Contribution to flexural behavior modelling of reinforced concrete members based on fracture and bond properties

Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in structural engineering

Prepared by
Eng. Rahaf Mohamad Mohamad

Supervisors

Dr. Mayada Al-Ahmad Al Kousa
Professor of civil engineering
Damascus university

Dr. George WARDEH
Professor of civil engineering
Cergy-Pontoise/France

Damascus 2021