



جامعة الموصل

كلية الهندسة

التحليل غير الخطي بطريقة العناصر المحددة للسقوف

الخرسانية الليفية المسلحة عالية المقاومة

أحمد أسعد ياسين محمد

رسالة ماجستير علوم في

الهندسة المدنية/إنشاءات

بإشراف

الأستاذ المساعد الدكتور

إياد أمجد عبدالرزاق أغوان

الملخص

بصورة عامة يمكن تقسيم البحث إلى ثلاثة مراحل رئيسية، المرحلة الأولى تضمنت دراسة شاملة للخرسانة عالية المقاومة والمسلحة بألياف فولاذية بكافة خصائصها، حيث تمت الاستعانة بنتائج العديد من البحوث العملية المنشورة في مجلات عالمية وتم اقتراح العلاقات التكوينية بعد إجراء التحليل التراجعي لهذه النتائج باستخدام برنامجي MATLAB و SPSS. من أهم العلاقات التكوينية المقترحة في هذا البحث هي: علاقة نسبة الألياف مع مقاومة الانضغاط المحوري ومقاومة الشد المحوري ومعامل المرونة وغيرها من المعادلات التي سيتم التطرق إليها في الفصل الثالث.

تم اقتراح معادلات جديدة لتمثيل صلابة الشد و معامل القص المتشقق وتم مقارنة هذه المعادلات مع المعادلات المستخدمة في البحوث السابقة وقد تم الحصول على توافق جيد بين المعادلات المقترحة والمعادلات السابقة كما مبين في الفصل الثالث.

تتضمن المرحلة الثانية تطوير البرنامج الخاص لتحليل البلاطات واستخدام العلاقات التكوينية المقترحة في التحليل. استخدم في هذه الدراسة برنامج خاص للتحليل غير الخطي باستخدام طريقة العناصر المحددة، تم برمجة هذا البرنامج بلغة فورتران وتم ادخال المعادلات المشتقة في هذه الدراسة. استخدم في هذه الدراسة عنصر إنحاء البلاطة ذو ثمانية عقد والتي تحتوي في كل عقدة على ٣ درجات لحرية الحركة (w , θ_x and θ_y). مثلت الخرسانة بتقسيم سمك العناصر إلى ١٠ طبقات أما حديد التسليح فقد مثل بطبقة منتشرة (Smearred layer) في داخل طبقات الخرسانة.

تم الاستعانة بنتائج فحص البلاطات في العديد من البحوث المنشورة في مجلات عالمية وبعض رسائل الماجستير، حيث تم نمذجة هذه البلاطات وتحليلها وتم الحصول على توافق جيد بين نتائج الدراسة الحالية والنتائج المختبرية من حيث منحنى الحمل - إزاحة و من حيث نمط التشقق في البلاطة، البلاطات التي تم تحليلها في هذا البحث هي (S8,

(S11, S16, S3, S5 and S42) ، جميع البلاطات المستخدمة في هذا البحث هي بسيطة الاسناد من جميع الجهات مع حمل مركز في المنتصف باستثناء البلاطة S5 فانها بسيطة الاسناد من جهتين متقابلتين مع حمل خطي مركز في المنتصف وموازي للمساند.

تتراوح مقاومة انضغاط الخرسانة للبلاطات أعلاه من ٤١ إلى ٧١ ميكاباسكال ونسبة الألياف المضافة من ٠,٥% إلى ١,٢% من حجم الخرسانة.

تبين من دراسة نتائج التحليل أن النماذج المقترحة للمعادلات التكوينية للخرسانة الليفية عالية المقاومة جيدة جداً وصالحة للإستخدام في تحليل البلاطات الخرسانية الليفية عالية المقاومة، وأن تأثير نموذج صلابة الشد يؤثر على النتائج أكثر من نموذج استبقاء القص، أما بالنسبة لمعاملات النقرس لكل من النموذج المقترح لصلابة الشد و لنموذج استبقاء القص، فإن القيم (TS_2 ($Bt = 0.005-0.5$), $Bg=0.001-0.05$) مع النموذج BC1 أثبتت كفاءتها في تحليل جميع البلاطات الخرسانية الليفية المسلحة عالية المقاومة و أن هناك تداخل بين نموذج صلابة الشد ونموذج استبقاء القص ويتبين هذا التداخل من خلال منحنيات الحمل- إزاحة المبينة في الفصل الرابع.

أما المرحلة الثالثة فتتضمن دراسة حدودية للعديد من العوامل المهمة التي تؤثر على تحمل البلاطة، حيث أظهرت الدراسة أن تغيير مقاومة انضغاط البلاطة من ٤٠ إلى ١٢٠ ميكاباسكال يؤدي إلى زيادة حمل التشقق بمقدار ١٦٠% وزيادة الحمل الأقصى بمقدار ٣٦% وزيادة الإزاحة العظمى بمقدار ٥٢,٦٧%، وان إضافة الألياف إلى الخرسانة يحسن من مطيليتها ويزيد قوة تحمل البلاطة، فعند زيادة نسبة الألياف من ٠% إلى ٢% يؤدي إلى زيادة الحمل الأقصى بمقدار ١٩,٢٩% وزيادة في الإزاحة العظمى بمقدار (٣٠,٦٤%) عند مقاومة انضغاط قدرها ٥٨,٥ ميكاباسكال.

Abstract

In general, this thesis can be divided into three main stages. The first stage included a comprehensive study about high strength steel fiber concrete properties, for this purpose many experimental results from published articles in international journals are studied and new constitutive relationships are proposed after performing regression analyses on these results using statistical programs like MATLAB and SPSS.

The proposed constitutive relationships include the relation between steel fiber ratio with compressive strength, modulus of elasticity, tensile strength and a lot of other equations discussed in chapter 3.

Tension stiffening and cracked shear modulus are the most important proposed equations and these equations are compared with other equations from the previous studies and good agreement is achieved as discussed in chapter 3.

The second stage included the developing of the program that will be used for nonlinear analyses using finite element method and inserting the proposed equations inside the code of the program. This program is coded in FORTRAN language. In the present study, the plate bending eight node element is used with three degrees of freedom at each node (w , θ_x and θ_y). the concrete is simulated using layered approach and the thickness is divided into 10 layers and the steel reinforcement is simulated as smeared layer.

For checking the validity of the program, a lot of experimental data are collected from many articles published in international journals and from previous master thesis which are dealing with testing high strength fibrous reinforced concrete slabs in the laboratory. These slabs are modeled and analyzed using the proposed program and a good agreement is achieved between the present study and the experimental results regarding load deflection curves and crack patterns. The analyzed slabs in this study are (S8, S11, S16, S3,

S5 and S42) and all of them are simply supported from all sides with point load in the center of the slab except for slab S5 which is simply supported from two opposite sides and line load at the middle of the slab and parallel to the supports.

The compressive strength of the studied slabs is varying from 41 to 71 MPa with fiber content ratio from 0.5% to 1.2% from concrete volume.

From studying the results of the analyses, the proposed constitutive relationships are proven to be suitable in the nonlinear analysis of high strength steel fiber reinforced concrete slabs and the tension stiffening model has more effect on the results than the cracked shear modulus model. For curvature factor of tension stiffening model and cracked shear modulus model, the values (TS_2 ($B_t=0.005-0.5$), $B_g=0.001-0.05$) with model BC_1 proven to be the best values for analyzing high strength steel fiber reinforced concrete slabs, and there is interaction between the tension stiffening model and cracked shear modulus model and this interaction is clear in load deflection curves as discussed in chapter 4.

The third stage included parametric study for many important properties that affect the strength of the slab. This study shows that increasing the compressive strength from 40 to 120 MPa will increase the cracking load by 160%, the ultimate load by 36% and the maximum deflection by 52.67%. Increasing the fiber volume ratio from 0 to 2% will increase the ultimate load by 19.29% and maximum deflection by 30.64% for compressive strength equal to 58.5 MPa.

University of Mosul
College of Engineering



Nonlinear Finite Element Analysis of High Strength Fibrous Reinforced Concrete Slabs

Ahmed Asaad Yaseen Mohammed

M.Sc. Thesis

Civil Engineering / Structures

Supervised by

Assistant Prof. Dr. Ayad Amjad Abdul-Razzak

2019 A.D.

1441 A.H.