

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



BEHAVIOR OF REINFORCED REACTIVE POWDER CONCRETE BEAMS IN TORSION

A THESIS
SUBMITTED TO THE DEPARTMENT OF BUILDING
AND CONSTRUCTION ENGINEERING OF THE
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY IN
STRUCTURAL ENGINEERING

By:

WAMEEDH GHASSAN ABDUL-HUSSEIN

B.Sc. BUILDING AND CONSTRUCTION ENGINEERING
M.Sc. STRUCTURAL ENGINEERING

2010

Abstract

Reactive Powder Concrete (RPC) is an ultra high-strength and high ductility composite material with advanced mechanical properties. RPC is a fiber reinforced, superplasticized, silica fume-cement mixture with very low water-cement ratio (w/c) characterized by the presence of very fine quartz sand (0.15-0.60mm) instead of ordinary aggregate. This type of concrete is of considerable importance in many applications such as long spans bridges, high-pressure pipes, blast resistant structures and also suitable for impermeable containers for hazardous fluids or nuclear wastes.

The experimental part of this work includes testing fifteen beams segments with both solid and hollow sections under pure torsion. The tested beams are 1020mm long, with square cross section of 150mm side length. Different volumes of fraction of fibers (0, 0.5, 0.75 and 1%) with variable amount of transverse and longitudinal steel ratio have been used.

The research has been carried out to investigate the influence of volume of fraction of fibers, beam shape (solid section and hollow section) and the effect of transverse and longitudinal reinforcement ratio on the ultimate torque of the tested beams.

It was found that by adding 1% steel fibers to concrete mix, significantly increase the cracking and ultimate torques. An increase of 43% and 66% in cracking torque and 57.7% and 53.2% in ultimate torque for solid and hollow section respectively has been achieved, as longitudinal and transverse reinforcement ratios ($\rho_s = \rho_l = 0.02$) were kept constant.

An increase up to 37.1% and 55.2% in cracking and ultimate torque respectively has been obtained by using transverse reinforcement ratio (ρ_s) ranging from 0.0 to 0.04. In these tests, the longitudinal reinforcement ratio ($\rho_l = 0.02$) and volume of fraction of fibers ($V_f = 1\%$) were kept constant.

In the numerical part of this study, the three-dimensional 20-node brick elements are used to model the concrete, while the reinforcing bars are modeled as axial members embedded within concrete brick elements. Perfect bond was assumed to occur between the concrete and the reinforcing bars. The compressive behavior of concrete is simulated by an elasto-plastic work-hardening model followed by a perfectly plastic response. This is terminated at the onset of crushing. In tension, a fixed smeared crack model has been used with a tension-stiffening model to represent the retained post-cracking tensile stresses and shear retention model that modifies the shear modulus of rigidity due to cracking.

It was found that the numerical cracking and ultimate torques are affected by increasing the concrete compressive strength. An increase up to 41.3% and 40.7% in ultimate torque for solid and hollow beams has been achieved when the concrete compressive strength increases from 75MPa to 105MPa. The corresponding increase in the cracking torque is 35.6% and 86.6% for solid and hollow beams respectively.

For solid and hollow beams the values of predicted stirrups tensile stresses decrease as the volume fraction of fibers is increased. At the same torque value, it was found that the stirrups tensile stress is decreased by about 34.7% and 26.4% as the volume fraction of fibers is increased from 0.0 to 1%.



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التكنولوجية
قسم هندسة البناء والإنشاءات

تصرف العتبات الخرسانة المسلحة ذات المساحيق الفعالة معرضة لعزوم اللي

رسالة مقدمة الى قسم هندسة البناء و الإنشاءات في الجامعة التكنولوجية
كجزء من متطلبات نيل شهادة الدكتوراه في الهندسة الإنشائية

من قبل:

وميض غسان عبد الحسين

بكالوريوس هندسة البناء و الأنشاءات

ماجستير هندسة إنشائية

2010

الخلاصة

ان الخرسانة ذات المساحيق الفعالة هي خرسانة عالية المقاومة و ذات تجانس عالي . يكون هذا النوع من الخرسانة مسلحاً بالالياف الحديدية و حاوياً على مواد ملدنة متفوقة و ابخرة السليكا مع نسبة قليلة من الماء الى السمنت و بوجود رمل ناعم (0.15-0.60) ملم بدل الركام الاعتيادي . لهذا النوع من الخرسانة اهمية كبيرة في العديد من التطبيقات مثل الروافد ذات الفضاءات العالية المستخدمة في الجسور و انابيب الضغط العالي و المنشآت المقاومة للمتفجرات و كذلك تكون ملائمة للحاويات غير النافذة للسوائل الخطيرة او النفايات النووية.

الجزء العملي من هذا البحث تضمن فحص خمسة عشر نموذجاً لعتبات خرسانية ذات مقاطع صلبة و مجوفة تحت تأثير عزم الالتواء الصرف. العتبات المفحوصة كانت بطول (1020) ملم و بمقطع مربع بابعاد (150) ملم. استخدمت نسب مختلفة من الالياف الفولاذية (0, 5, 0, 75, 0, 1 %) مع نسب مختلفة من حديد التسليح العرضي و الطولي.

تم اجراء البحث لتقصي اثر محتوى الالياف الفولاذية و نسب حديد التسليح العرضي و الطولي على سعة عزوم الالتواء للعتبات المفحوصة.

ادت اضافة 1% من الالياف المعدنية الى الخلطة الخرسانية الى زيادة عزم لي التشقق و عزم اللي الاقصى. حصلت زيادة مقدارها 43% و 66% لعزم التشقق و 58% و 53% للعزم الاقصى للعتبات الخرسانية و المجوفة على التعاقب عندما تكون نسبة التسليح الطولي و العرضي ($\rho_s = 0.02$) ثابتة.

حصلت زيادة مقدارها 37.1% و 55.2% لعزم لي التشقق وعزم اللي الاقصى على التوالي عند استخدام نسبة حديد تسليح عرضي مقدارها ($\rho_s = 0.04$) مع بقاء نسبة التسليح الطولي ($\rho_l = 0.02$) و محتوى الالياف المعدنية ($V_f = 1\%$) ثابتة.

اما الجزء التحليلي من هذا البحث فقد تضمن استخدام العنصر الطابوقي ذو العشرون عقدة لتمثيل الخرسانة، اما حديد التسليح فقد مثل كعنصر احادي البعد مطمور في العنصر الانشائي ثلاثي البعد، و افترض وجود ترابط تام بين مادتي الخرسانة و حديد التسليح. تم تمثيل تصرف الخرسانة تحت تأثير اجهادات الضغط بالانموذج المرن-اللدن ذو التقوية الانفعالية حيث يتضمن هذا الانموذج افتراض سلوكا مرنا للخرسانة في مستهل التحميل يعقبة سلوك مرن-لدن عند حدوث التشقق في الخرسانة، و يستمر تحمل الاجهادات بمعدل انفعال متزايد لحين وصول عتبة اللدونة، و تنتهي هذه المرحلة بحدوث تهشم في الخرسانة. اما تحت تأثير اجهادات الشد فقد تم تبني انموذج التشقق المنتشر لتمثيلة، مع

الاحذ بالحسبان الاجهادات المتبقية في مرحلة ما بعد التشقق حيث ادخل النموذج صلب الشد، و تبني
نموذج احتباس القص و الذي يقوم بتخفيض قيمة معامل الصلابة القصي مع استمرار زيادة التشقق.

اظهرت النتائج التحليلية ان عزمي التشقق و الاقصى يتاثران بزيادة اجهادات انضغاط
الخرسانة. حصلت زيادة مقدارها %40.7 و %41.3 لعزم اللي الاقصى للعتبات الخرسانية و المجوفة
بزيادة اجهادات انضغاط الخرسانة من 75MPa الى 105MPa. في حين حصلت زيادة %35.6 و
%86.6 لعزم لي التشقق للعتبات الخرسانية و المجوفة.

كذلك اظهرت النتائج التحليلية ان اجهادات الشد تقل بزيادة محتوى الالياف المعدنية
المضافة. وجد ان اجهادات الشد تقل بمقدار 34.7 % و 26.4 % عند زيادة محتوى الالياف
المعدنية من صفر % الى 1% للعتبات الخرسانية و المجوفة على التعاقب.