

Republic of Iraq  
Ministry of Higher  
Education and Scientific Research  
University of Technology  
Building and Construction Engineering Department  
Building material and construction engineering branch



# ***Behavior of Hybrid Fiber Reinforced Self-consolidating Concrete Incorporating Nanoparticles***

A Thesis  
Submitted to the Department of  
Building and Construction Engineering of the  
University Technology  
in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of  
Master of Science in Building Materials Engineering

**By**  
**Rana T. Abdulkareem**  
B.Sc. (Eng), 2012  
University of Technology

**Supervised By**

***Asst. Prof. Dr. Maan S. Hassan***

***Asst. Prof. Dr. Iqbal N. Gorgis***

June 2015

Shaban 1439

## **Abstract**

In recent years, self-compacting concrete (SCC) has gained wide application in the construction industry. In spite, there is a limited understanding regarding the factors that influence the combined effect of SCC and hybrid fiber on one hand, the triple effect of SCC and hybrid fiber with SiO<sub>2</sub> nanoparticles incorporation on the other hand due to the possible conflict of these factors on the resultant fresh and hardened properties.

This research concerned studying the combined effect of using nano-silica and/ or hybrid fiber, (i.e. steel fiber and polypropylene fiber), on fresh and key mechanical properties of SCC. A comprehensive experimental work has been carried out, using steel fiber with volume fraction (0.5% and 1.5%), polypropylene fiber (0.05% and 0.15%) and SiO<sub>2</sub> nanoparticles (2% and 4%) by weight of cement with constant w/c ratio (0.48) to produce eleven different mixtures and tested at ages (7, 28 and 90 days).

Fresh properties results showed that adding steel fiber, polypropylene fiber and/or nano-silica had definite adverse effects on all workability properties of fresh SCC. The adverse effects, however, were more pronounced in polypropylene fiber. More dosage of superplasticizer, therefore, should be added to stay within the standard limits.

Comparable to conventional concretes, the presence of steel fiber with SCC provide slight increase in cubical compressive strength and elastic modulus, at 28 days, (up to 10.9 % and 5.5% respectively), while significant enhancement in tensile properties were observed (up to 31.3% and 37.1% for splitting and flexural strength respectively). Polypropylene fiber or hybrid fiber, however, provide lower enhancement, or even negative effects, compared with steel fiber. In contrast, implementation of nano-silica leads to significant improvement in concrete strengths particularly at 4% dosage. The improvements were up to 42.7%, 19.5%,

25%, and 37.1%, for compressive strength, elastic modulus, splitting and flexural strengths respectively. Combined effect of 4% nano-silica and 1.5% of steel fiber provide the superior hardening effect on the flexural performance compared with softening effect provided by other added dosages and thus toughness values were enhanced up to 106.8% compared with reference concrete. Volume fraction 1.5% and 4% SiO<sub>2</sub> nanoparticles seem to be the optimum value based on the nominated properties.

It is also noticed that the increment in the density reached up to (2515.2 kg/m<sup>3</sup>) with a reduction in water absorption and porosity about (2.99% and 16.2%) at 28 days, the degree of improvement is related to the large percentage of steel fiber used and SiO<sub>2</sub> nano-particles.

SEM images showed that the addition of nano-silica has modified the microstructure of the cement paste and increased the average chain length of silicate chains by the consumption of CH, also modifies the internal structure of C–S–H, this behavior is clearly evidence in N4-SCC microstructure in contrast with SCC-Ref. microstructure, where it is easy to recognize the continuous microcracks of SCC-Ref. mix, but it is difficult for N4-SCC due to intermittent or even invisible microcracks.

## الخلاصة

اكتسبت الخرسانة ذاتية الرص في السنوات الاخيرة تطبيقات واسعة في مجال الانشاءات. على الرغم من ذلك هنالك مفاهيم محدودة حول التأثير المشترك للالياف الهجينة على الخرسانة ذاتية الرص من جهة والتأثير المتعدد للالياف الهجينة على الخرسانة ذاتية الرص بادخال المواد النانوية من جهة اخرى نتيجة التأثير المتناقض لهذه العوامل على الخواص الطرية والمتصلبة للخرسانة الذاتية الرص.

يتضمن الجزء العملي دراسة تأثير المواد النانو سليكية مع او بدون الالياف الهجينة (الياف الحديدية، الياف البولي بروبيلين) على الخواص الرطبة والمتصلبة للخرسانة ذاتية الرص. حيث تم القيام بعمل مختبري باستخدام الالياف الحديدية بنسبة (0.5%، 1.5%) و الياف البولي بروبيلين بنسبة (0.05%، 0.15%) و المواد النانوية السليكية بنسبة (2%، 4%) كنسبة من وزن السمنت مع نسبة ماء الى السمنت ثابتة (0.48) لانتاج احد عشرة خلطة مختلفة و مفحوصة عند مختلف الاعمار (7، 28، 90 يوم).

بينت نتائج الفحوص الطرية ان اضافة الالياف الحديدية او الياف البولي بروبيلين او خليط الالياف الهجينة مع او بدون اضافة المواد النانوسليكية ان لديها تأثير معاكس على القابلية التشغيلية للخواص الطرية للخرسانة ذاتية الرص. هذا التأثير للمعاكس كان اكثر وضوحا مع الياف البولي بروبيلين حيث احتاجت الخلطة الى كمية اكبر من المضاف فوق الملدن للبقاء ضمن حدود المواصفات.

بالمقارنة مع الخرسانة التقليدية، وجود الالياف الحديدية بالخلطة الخرسانية ذاتية الرص يعطي زيادة قليلة في مقاومة الأنضغاط و معامل المرونة عند عمر 28 يوم وصلت الى (10.9% و 5.5% على التوالي)، و لوحظ تحسن كبير في خواص الشد (31.3% و 37.1% لمقاومتها شد الانفلاق و الانتشاء بالتتابع). أما بالنسبة لالياف البولي بروبيلين أو الهجينة تعطي تحسن اقل او يكاد ان يكون معدوما بالمقارنة مع الالياف الحديدية حوالي (21.9%،

25% لمقاومة الانفلاق و (20%، 28.6%) لمقاومة الانتشاء عند عمر 28 يوم. ان استخدام النانوسيليكا ادى الى تطور كبير في مقاومة الخرسانة خصوصا عند نسبة 4%. حيث وصل التحسن 42.7%، 19.5%، 25% و 37.1% لمقاومة الأنضغاط، معامل المرونة، الشد و الانتشاء على التوالي. ان التأثير المشترك لنسبة 4% نانوسيليكا مع نسبة 1.5% من الالياف الحديدية يعطي تأثير متفوق على اداء الانتشاء بالمقارنة مع التأثير الاقل الذي توفره النسب الاخرى و لذلك قيم الصلابة تحسنت الى حوالي 106.8% بالمقارنة مع الخلطة المرجعية. النسبة الحجمية لاضافة الالياف (1.5%) مع المواد النانوية (4%) تبدو هي الامثل اعتمادا على الخواص المذكورة اعلاه. الزيادة في الكثافة وصلت الى (2515.2 كغم/م<sup>3</sup>) مع نقصان في نسبة امتصاص الماء والمسامية بحوالي (2.99%، 16.2%) عند عمر 28 يوم، درجة التحسن هذه تعود الى النسبة العالية من اضافة الالياف الحديدية مع المواد النانوية.

اما الفحوصات المجهرية للبنية الداخلية SEM بينت ان اضافة المواد النانوية طورت من البنية الداخلية لعجينة السمنت وزيدت معدل طول السلسلة السليكية لمجموعة السليكات باستنفاد مركب هيدروكسيد الكالسيوم وايضا طورت من التركيب الداخلي لمركب C-S-H هذا التصرف كان واضح جدا في البنية الداخلية للخلطة الحاوية على 4% من المواد النانوية مع 1.5% من الالياف الحديدية بالمقارنة مع نظيرتها المرجعية الغير حاوية

على النانو، حيث من الممكن تمييز الشقوق المستمرة في البنية الداخلية للخلطة المرجعية ولكن من الصعب ذلك في الخلطة المرجعية نتيجة كون الشقوق متقطعة.



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
الجامعة التكنولوجية  
قسم هندسة البناء والانشاءات  
فرع هندسة البناء و ادارة المشاريع

## سلوك الخرسانة ذاتية الرص المعززة بالالياف الهجينة والحاوية على حبيبات نانوية

رسالة مقدمة  
الى قسم هندسة البناء والانشاءات في الجامعة التكنولوجية  
كجزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في  
هندسة مواد البناء

من قبل  
رنا طارق عبد الكريم

(بكالوريوس هندسة قسم البناء والانشاءات- الجامعة التكنولوجية- 2012)

اشراف

أ.م.د. اقبال نعيم كوركيس

أ.م.د. معن سلمان حسن

حزيران 2015

شعبان 1439