Response of Hybrid Waste Fiber-Self Compacted Reinforced Concrete Slabs Under Static Loading

Dr. Mazin Burhan Al-Deen Abdul Rahman
Engineering College, University of Tikrit/ Tikrit.
Email: mazin_tikrit@yahoo.com
Khaled jamal ahmed
Engineering College, University of Tikrit/ Tikrit.
Email: ce.kja90@gmail.com

Received on:7/1/2016 & Accepted on:21/4/2016

ABSTRACT

This work aims at assessing the behavior of self-compacted concrete (SCC) reinforced with hybrid recycled waste fibers (RWFSCC) in two-way slabs under static loading, Waste plastic fibers (PET) and metal cans fibers and hybrid fibers with aspect ratio (12.5) have been used with volumetric percentages (0.1%, 0.25% and 0.4%) for each type of recycled fibers respectively, in addition to the reference mixture (free of fibers) for the purpose of comparison. The current study has been divided into two parts , the first part is focused on studying the effect of recycled fibers on the specified mechanical properties, namely: the compressive strength and the splitting tensile strength of the hardened SCC, The second part included the study of the behavior of concrete slabs under static loading .The results showed a slightly improvement in the compressive strength of mixtures that containing volumetric ratio (0.1%) of waste recycled fibers , also showed that the plastic fibers have improved both the splitting tensile strength ,as the ratio of the recycled fibers has increased, and the bending strength and toughness of the concrete slabs that containing the hybrid recycled fibers ,whereas the increasing of the metal recycled fibers ratio caused to reduce this increasing and to give a negative effect on the structure of SCC .

Keywords: self-compacted concrete, plastic fibers PET, metal cans fibers, hybrid fibers.

تصرف البلاطات الخرسانية ذاتية الرص ثنائية الاتجاه المعززة بألياف النفايات الهجينة تحت الحمل الساكن

الخلاصة

تهدف هذه الدراسة العملية إلى تقييم سلوك البلاطات الخرسانة ذاتية الرص ثنائية ألاتجاه المسلحة بألياف النفايات الهجينة المعاد تدويرها (RWFSCC) تحت الأحمال الساكنة ،إذ تمَّ إستخدام الياف الفضلات البلاستيكية (PET) والياف العلب المعدنية للمشروبات الغازية والياف هجينة من كلا النوعين وبنسبة باعية (aspect ratio) تبلغ (12.5) وبنسب حجمية (Vf)(0.1%, 0.25% ,0.4%) من كل نوع على التوالي، بالإضافة إلى الخلطة المرجعية الخالية من الألياف لغرض المقارنة ، تم تقسيم الدراسة إلى جزئيين ، ركز الجزء الأول منها على دراسة تأثير الألياف المعادة على الخصائص الميكانيكية والتي تشمل (مقاومة الإنضغاط ومقاومة شد الإنشطار) للخرسانة ذاتية الرص المتصلبة ،

https://doi.org/10.30684/etj.34.9A.17
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

وتضمّن الجزء الثاني دراسة تصرف البلاطات الخرسانية تحت الأحمال الساكنة .أشارت نتائج الفحوصات الميكانيكية إلى تحسن طفيف في مقاومة الإنضغاط للخلطات الحاوية على نسبة حجمية (0.1%) من الألياف المعادة،وقد حسّنت ألياف البلاستك من مقاومة الانشطار بزيادة نسبة ألألياف المعادة ، وزادت مقاومة الإنثناء في البلاطات الحاوية على الياف بلاستيكية وهجينة معادة بينما تنخفض الزيادة بزيادة نسبة الألياف المعدنية المعادة والتي لها تأثير سلبي على بنية الخرسانة ذاتية الرص .
الكلمات الدالة :خرسانة ذاتية الرص، الياف البلاستك ، الياف معدنية ، الألياف الهجينة المعادة .

المقدمة :

تعتبر الخرسانة ذاتية الرص والخرسانة الأعتيادية المتصلبة مادةً هشة ، تمتلك مقاومة شد واطئة ذات فشل قصيف مفاجئ وخطير(Dangerous Sudden Failure) وأن من الصعب فهم طريقة تشكل ونمو التشققات الدقيقة (Micro cracks) فيها وهي عرضه للكسر بقوى الشد تحت الأحمال الحركية والصدمية ولحل هذه المشكله ولإطالة عمر الخرسانة الخدمي، طورت الخرسانه ذاتية الرص المسلحةبالالياف [1]، وقد تم في هذا البحث إستخدام الياف معاد تدويرها من نفايات محلية حيث الإهتمام نحو التدوير الفعال لنفايات للبلاستك المستهلك وغيرها في مختلف القطاعات الصناعيه ينموا بوتيرة متسارعة في العقود الاخيرة ،وأن الغايه الاساسية من استخدام الياف النفايات هي لأسباب بيئية بالدرجة الاساس ويهدف هذا البحث ايظاً الى دراسة مدى قدرة هذه الالياف على تحسين الخواص الميكانيكية للخرسانة ذاتية الرص الحاوية لها وتقييم السلوك الإنشائي للبلاطات الثنائية الاتجاة المعززة بالألياف المعادة .

الهدف من البحث :

هدف البحث هو دراسة التصرف الانشائي للبلاطات الخرسانية ذاتية الرص ثنائية الاتجاه المسلحة والمعززة بنوعين مختلفين من الألياف المعاد تدويرها من البولي أثيلين تريفثالايت (Polyethylene terephthalate PET) والعلب المعدنية للمشروبات الغازية (Aluminium cans) ،وبيان مدى تأثير اضافة نسب حجمية (V_f) مختلفة (0.1% , 0.25% , 0.4%) من هذه الألياف وبنسبة مزج (0% , 100%) و (50% , 50%) و (100% , 0%) معدنية- بلاستيكية على التوالي لكل نوع من انواع الالياف المعادة ،عن طريق فحص البلاطات الخرسانية تحت حمل نقطي ساكن وإيجاد الحمل الأقصى ومنحني الحمل – الاود للبلاطات وحساب قيم المتانة لمعرفة كفاءة هذه البلاطات .

البرنامج العملي للبحث :

المواد :

أُستخدمت خلال هذا البحث مواد متوفرة محلياً ذات كفاءة عالية من حيث الأداء الوظيفي.

السمنت:

تم إستخدام السمنت العراقي البورتلاندي الاعتيادي المحلي الصنع نوع كرسنة (Cresta)، نتائج فحصه كانت مطابقة للمواصفة العراقية القياسية (IQS No.5/1984) [2]،والخواص الكيميائية والفيزيائية لهذا السمنت موضحة في الجدول رقم (1).

الركام الناعم :

تم إستخدام رمل نهري من منطقة سامراء كركام ناعم بعد غربلته على منخل مقاس (4.75 mm) ،إذ كان الرمل مطابقاً لمتطلبات المواصفة القياسية العراقية (IQS No.45/1984) [3]،وضمن منطقة التدرج الثالثة وله معامل نعومة (2.1) .

الركام الخشن :

أستخدم في البحث ركام نهري مدور ذو مقاس أقصى (M.A.S) (12.5mm) من أحد مقالع الركام الطبيعي على نهر دجلة في منطقة سامراء وهو مناسب لإستخدامه في الخرسانة ذاتية الرص ،وكان تدرج الركام الخشن مطابقاً للمواصفة العراقية (IQS No.45/1984)[3] .

ماء الخلط :

أُستخدم ماء الشرب الاعتيادي (Tap Water) في الأعمال الخرسانية للبحث الحالي، وتم استخدامه

Oxides composition	**Content %**	**Limit of Iraqi specification No. 5/1984**
CaO	60.45	-
Al_2O_3	4.65	8% Max
SiO_2	20.11	21% Max
Fe_2O_3	3.62	5% Max
MgO	4.1	5 % Max
SO_3	2.33	2.5 %Max
Loss on Ignition, (L.O.I)	2.72	4 %Max
Insoluble material	1.33	1.5 %Max
Lime Saturation Factor (L.S.F)	0.89	(0.66-1.02)
Physical properties	**Test results**	**Limit of Iraqi specification No. 5/1984**
Specific surface area (Blaine method), (m^2/kg)	308	(230 m^2/kg) lower limit
Setting time (vacate apparatus) Initial setting, (hrs : min) Final setting, (hrs : min)	 2hrs : 15min 4hrs : 10min	 Not less than 45min Not more than 10 hrs

في معالجة النماذج .

جدول (1) الخواص الكيميائية والفيزيائية للسمنت المستخدم في البحث

Compressive strength (kg/cm^2) For 3-day For 7-day	295 347	Not less than 150 kg/cm^2 Not less than 230 kg/cm^2

غبار السليكا:

أستخدم في البحث غبار سليكا من نوع (Sika-fume-HR) والذي يعتبر كناتج عرضي من صناعة السيلكون، وهي مادة بوزولانية فعالة جداً ،وعندما تستخدم في الخرسانة تستخدم كمادة مالئة (filler) وكمادة اسمنتية ، إذ إن الدقائق الصغيرة من غبار السيليكا تملأ الفجوات بين حبيبات السمنت وبين السمنت والركام ، وتتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم الناتج من عملية أماهة الاسمنت لتشكل سليكات كالسيوم اضافية خلال التفاعل وبالتالي تنتج خرسانة أكثف وأقوى وأقل نفاذية و تطابق هذه المادة المواصفة الاميركية (ASTMC1240-03)[4].

الملدن الفائق :

تم إستخدام المضاف المعروف بأسم (Sika ViscoCrete-5930) والذي يعتبر ملدن مقلل للماء لـدرجـــــة فائقه ويستخدم حيث يراد زيادة مقاومة الانضغاط في الأعمار المبكرة والمتأخرة وهو ذو تأثير فعال لإنتاج خرسانة ذاتية الرص عالية الانسياب وذات قابلية تشغيل جيدة ، لايحتوي هذا المضاف على الكلوريدات أو أي مركبات تساعد على تآكل حديد التسليح وهو مطابق للمواصفة الامريكية [5](ASTMC494-C494M/0) (Type F and G).

الألياف المعادة :

ألياف البلاستك المعادة :

تم إستخدام ألياف البلاستك المعاد تدويرها من قناني المياه المعدنية والمشروبات الغازية المنتشرة في السوق المحلية في العراق والمسماة بولي اثيلين تريفثالايت (Poly-ethylene terephthalate) ويرمزلها (PET) والتي تم تقطيعها يدويا بإنتظام على شكل الياف بمعدل طول (25mm) ومعدل عرض (2mm) ومعدل سمك (0.2mm) ونسبة باعية (aspect ratio) تبلغ (12.5) وهي مبينة في الشكل رقم (1) ، والخصائص الفيزيائية والميكانيكية لهذه الالياف مبيّنة بالجدول رقم (2) [6].

الشكل (1) تحضير الياف البلاستك المعاد

جدول (2) الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لألياف (Recycled.PET)[6]

Properties	Values
Density (kg/m^3)	1410
Tensile (Young's Modulus) MPa	1700
Water absorption,24 h (%)	0.5
Melting temperature Tm	538

Ultimate strain ε %	180
Flexural modulus (rigidity) E MPa (3-point -Flexure)	2000
Yield strain ε % (Tensile)	4
Breaking strength σ_B MPa (Tensile)	50

ألياف العلب المعدنية المعادة :

تم استخدام ألياف مستقيمة مقطعة يدويا من صفائح الألومينيوم (قناني المشروبات الغازية Cans) ذات كثافة (2100 kg/m^3)، والتي تم تقطيعها بمعدل طول (25) ملم ومعدل عرض(2mm) وبسمك (0.15mm) وبنسبة باعية مقدارها (12.5) ،وهي مبينة في الشكل رقم (2).

الشكل (2) تحضير الياف المعدنية المعادة

حديد التسليح :

تم إستخدام حديد محزز أوكراني المنشأ بقطر(6mm) لتسليح البلاطات وكانت نتائج فحصه مطابقة للمواصفة الامريكية (ASTM A615)[7]والمبينةفي الجدول رقم (3)، وسلّحت بإتجاهين بواقع 6قضبان لكل إتجاه وبمسافات (95) ملم بين القضبان الحديدية وغطاء خرساني مقداره (12mm).

جدول (3) نتائج فحص حديد التسليح المستخدم

Bars diameters (mm)	Yield stress (f_y) (MPa)	Ultimate strength (f_u) (MPa)	Elongation%	Grade (MPa)
6	621.81	720.34	6.4	520

إنتاج الخرسانة ذاتية الرص :

الخلطات التجريبية :

تم إعتماد المواصفة EFNARC[8] لتصميم الخلطات الخرسانية ذاتية الرص ، حيث تم انتاج (10) خلطات بتثبيت كمية المواد الاولية (السمنت ،الركام الخشن ،الركام الناعم) مع تغيير في نسبة (أبخرة السيليكا ، نسبة الماء/المواد الناعمة وكذلك الملدن الفائق) لبيان تأثيرها على تحقيق متطلبات الرص الذاتي من دون حدوث ظاهـرة الانعزال، وتم إختيار أفضل خلطة حققت متطلبات الرص الذاتي بواسطة إجراء(فحص أنسياب الهطول و زمن الوصول الى القطر (500mm) وفحص القمع V وفحص القمع V بعد 5 دقائق بالإضافة الى فحص الصندوق على شكل L) لكل الخلطات التجريبية والتي حققت أعلى مقاومة انضغاط بعمر 7 ايام وإعتمادها كخلطة مرجعية ، تفاصيل الخلطة ونتائج الفحوصات التي أجريت عليها مبيّنة في الجدول رقم (4) .

جدول (4) تفاصيل الخلطة المرجعية ونتائج الفحوصات التي أجريت عليها

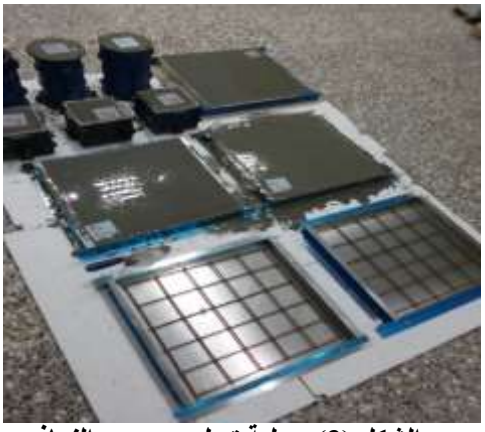
Quantities of Refrence Mix Ingredients (Kg/m^3)									
Filler (%)	SP (%)	w/cm Ratio	Powder		Water	F.A	C.A	(SP) Kg/m^3	Density Kg/m^3
			Sika fume	Cement					
10	3.00	0.34	45	450	170	900	750	14.85	2329.85
Fresh properties &Compressive Strength of SCC									
Flow (mm)	Time flow 50cm (sec)		V Funnel (sec)	V Funnel-5min(sec)		L-Box	Compressive Strength (N/mm^2)at 7days		
730	4		8.55	11		0.977	42.5		

الخلطات الحاوية على الالياف المعادة :

تمت إضافة نسب حجمية (V_f) مختلفة (0.1% , 0.25% , 0.4%) من الألياف المعادة وبنسبة مزج (0% , 100%) و (50% , 50%) و (100% , 0%) معدنية- بلاستيكية على التوالي لكل نوع من انواع الالياف المعاده ، مع زيادة نسبة الملدن من (3%) الى (4%) للتغلب على تأثير الالياف على قابلية التشغيل ،ثم تم إجراء فحوصات تحديد الخواص الطرية للخرسانة ذاتية الرص حسب المواصفة الاوروبية EFNARC لكل خلطة من الخلطات الخرسانية .

الصب والمعالجة :

أستخدمت قوالب الألومينيوم بسمك (2 mm) سهلة الفتح والتركيب كما في الشكل رقم (3) لصب البلاطات جميعها بعد تنظيفها وتزييت أوجهها الداخلية لمنع التصاق الخرسانة وملئت القوالب بالخرسانة وبطبقة واحدة بدون استخدام أي مصدر إهتزاز، بعد صب النماذج و تسوية سطح الخرسانة تم تغطية النماذج بأكياس النايلون مباشرة لتجنب تبخر الماء من سطح الخرسانة غير المتصلبة ولمنع حدوث الانكماش اللدن (plastic shrinkage) وتركت مغطاة لمدة 48 ساعة ، بعدها تفتح القوالب و توضع
النماذج في الماء في أحواض المعالجة كما في الشكل (4) تمهيداً لفحصها بعمر 28 يوما ، ففي الدراسة الحالية تم صب ثلاث نماذج للبلاطات لكل نسبة من الالياف المعادة والخرسانة المرجعية بما مجموعه (30) بلاطة ، وثلاث مكعبات بأبعاد (150*150*150 mm) وثلاثة اسطوانات بقطر (150mm) و إرتفاع (300mm) لكل نوع من الخلطات الخرسانية .



الشكل (3) عملية تسليح و صب النماذج

الشكل (4) معالجة النماذج

فحوصات الخواص الميكانيكية للخرسانة المتصلبة :

فحص مقاومة الانضغاط :

تم أعتماد المواصفة البريطانية (BS 1881: part 116:1989) [9] في إجراء فحص مقاومة الأنضغاط لنماذج مكعبة الشكل بأبعاد (150*150*150) ملم ،إذ تم تحميلها بإتجاه أحادي المحور بإستخدام ماكنة فحص كهربائية نوع (U-test) ذات سعة (2000 kN) وكما في الشكل رقم (5) ، وتم أعتماد معدل مقاومة الانضغاط لثلاث مكعبات لكل نوع من انواع الخلطات بعمر 28 يوم محسوبة من لحظة إضافة ماء الخلط إلى مكونات الخرسانة .

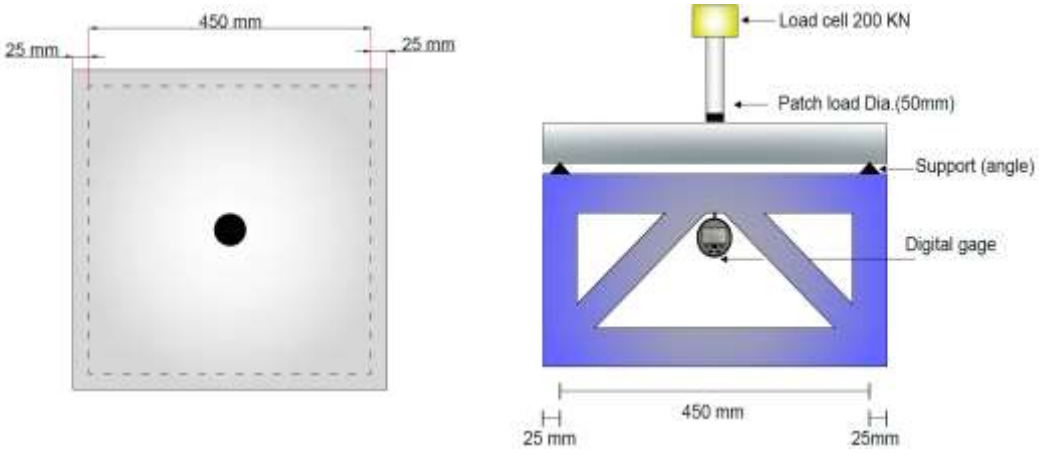
الشكل (5) جهاز فحص مقاومة الانضغاط ومقاومة شد الانشطارالمستخدم بالبحث

فحص مقاومة شد الانشطار:

تم أعتماد المواصفة الاميريكية (ASTMC496-96)[10] لفحص مقاومة شد الانشطار لنماذج اسطوانية من الخرسانة المتصلبة ذات ابعاد (150*300)ملم بعمر 28 يوم، بإستخدام ماكنة الفحص الكهربائية نوع (U-test) ذات سعة (2000 kN) ،وتم حساب مقاومة شد الانشطار كمعدلاً لثلاث نماذج لكل خلطة خرسانية .

فحص مقاومة الإنثناء

تم إجراء فحص مقاومة الانثناء على بلاطات خرسانية ذاتية الرص ثنائية الاتجاه بأبعاد (50*500*500) mm ،أسندت البلاطات إسناداً بسيطا من جميع جهاتها بمسافة صافية بين المساند تبلغ (450 mm) وعرضت لحمل نقطي (patch load) بواسطة ماكنة الفحص (Flexural Testing Machine) سعة (200 kN) وبسرعة تحميل (1 kN/sec) والمبينة في الشكل رقم (6)، وتم إعتماد معدل نتائج ثلاث بلاطات لكل خلطة من الخلطات التسعة الحاوية على نسب حجمية مختلفة من الالياف المعادة بالأضافة الى الخلطة المرجعية لغرض المقارنة .



منظر جانبي منظر علوي

الشكل (6) تفاصيل طريقة اسناد وتسليط الحمل للبلاطات بواسطة جهاز فحص الإنثناء.

النتائج والمناقشة :

الخصائص الطرية للخرسانة ذاتية الرص :

أشارت نتائج الفحوصات الطرية الى إمكانية إنتاج خرسانة ذاتية الرص معززة بالألياف المعادة ولحد نسبة حجمية (0.4%) من دون التأثير الكبير على قابلية التشغيل بسبب (المساحة السطحية والمرونة) العالية للألياف المعادة مقارنة بالألياف المصنعة ، وإن الخصائص الطرية للخرسانة ذاتية الرص تقل قليلاً بزيادة النسبة الحجمية للألياف المعادة وإن تأثير الياف البلاستك (PET) والياف العلب المعدنية (Cans) لهما تأثير متقارب على خصائص الخرسانة ذاتية الرص الطرية وهذه النتائج مطابقة لما توصل اليه الباحث [12].

مقاومة الانضغاط

تم اعتماد معدل مقاومة ثلاثة مكعبات قياسية بعمر 28 يوم لكافة الخلطات الحاوية على نسب مختلفة من ألألياف المعادة ومن خلال النتائج المبينة في الجدول رقم (5) يتبين أن الخلطة الخرسانية (C-SCC1) الحاوية على الياف معدنية بنسبة (0.1%) سجلت أعلى مقاومة انضغاط من بين جميع الخلطات بزيادة (7.82%) مقارنةً بالخلطة المرجعية (R-SCC) بينما تقل مقاومة الانضغاط كثيراً للخلطات الحاوية على الياف معدنية بنسب (0.4% ، 0.25%)، بسبب ضعف هيكل المركب الخرساني وقلة كثافته بزيادة نسبة الألياف لوجود فجوات كبيرة نتيجة تكون فقاعات هوائية محصورة تحت الياف الصفائح المعدنية والتي تستقر بشكل افقي في الخليط الخرساني بسبب شكلها المقوس وعرضها الكبير نسبيا مقارنة بالالياف المصنعة وهذا يؤثر سلباً على تجانس الوسط المادي للمركب ،أما الياف البلاستك المعادة فقد حسنت مقاومة الانضغاط قليلاً للنسب الحجمية (0.1% ، 0.25%) بسبب تجسير الشقوق وتحملها للإجهادات المتولدة في منطقة الشق بالإضافة الى مقاومتها لنشوء الشقوق الدقيقــة (micro crack) وتمنعها من التطور الى مرحــلة الشقوق الكبيـرة (macro crack) . بالنسبة للخلطات الحاوية على نسب من الالياف الهجينة المعادة فقد بينت النتائج الحصول على مقاومة انضغاط أعلى بقليل من الخلطة المرجعية للخلطتين (HY-SCC7, HY-SCC8) الحاويتين على الياف هجينة بالنسب الحجمية (0.1% ،0.25%) على التوالي وإنخفاض في مقاومة انضغاط الخلطة (HY-SCC9) الحاوية على الياف هجينة بنسبة (0.4%) ويمكن أن نستنتج بأنه يمكن السيطرة على انخفاض مقاومة الانضغاط الحاد للخلطات الحاوية على الياف معدنية بإضافة ألياف البلاستك التي تقلل

كثيراً الفجوات الهوائية وتجعل الخرسانة ذاتية الرص أكثر تجانساً وأكثر كثافةً والتي تمتاز بمرونة عالية مقارنة بالألياف المعدنية حيث تشترك معها بمقاومة توسع وإمتداد الشقوق.

مقاومة شد الانشطار

أشارت نتائج فحص شد الانشطار بعمر 28 يوما لكافة الخلطات الخرسانية (والمبينة في الجدول رقم 5) بأن الياف النفايات المعادة بأغلب النسب المضافة قد حسنت من مقاومة شد الانشطار للخرسانة ذاتية الرص وبنسب متفاوتة ،حيث إزدادت مقاومة شد الانشطار للخلطات الحاوية على الالياف المعدنية بنسب حجمية (0.1% ، 0.25%) بالنسب (16.82 ، 21.01) % على التوالي مقارنة بالخلطة المرجعية (R-SCC) بسبب إعاقة نموا التشققات وزيادة وقوة التداخل والترابط بين الالياف المعدنية والمادة الرابطة مع ملاحظة إنشطار الاسطوانة الى جزئين بسبب قلة محتوى الالياف و تبدأ مقاومة شد الانشطار بالانخفاض بزيادة نسبة الالياف حيث إنخفضت مقاومة شد الانشطار للخلطة (C-SCC3) بنسبة (9.88)% بسبب ضعف هيكل المركب الخرساني الناشئ عن وجود فجوات هواء محصورة تحت ألألياف مما يؤثر سلبا على تجانس الوسط المادي للمركب الخرساني ، وعلى العكس من ذلك فقد إزدادت مقاومة شد الإنشطار مع زيادة محتوى الالياف وكانت أعلى زيادة في الخلطة الحاوية على الياف بلاستك بنسبة (0.4%) بزيادة بلغت (46.43%) مقارنة بالخلطة المرجعية ، نفس السلوك قد تم ملاحظته في الخلطات الحاوية على الياف هجينة (معدنية - بلاستيكية) ويمكن تفسير هذه الزيادة الى أن الياف البلاستك تعمل على زيادة ترابط مكونات الخرسانة وتعمل بمبدأ مشابه لعملية التسليح وتعمل كوسط ناقل للإجهادات في منطقة التشققات.

جدول (5) مقاومة الانضغاط ومقاومة شد الانشطار

#	Mix code	*Fiber type*	*Vf (%)*	Comp. - strength (28) day (f_{cu}) MPa	Siplitting tensile strength (28) day (f_t) MPa
1	**R-SCC**	—	0	59.05	3.34
2	**C-SCC1**	100% Cans fibers	0.1	63.67	3.884
3	**C-SCC2**		0.25	53.46	4.042
4	**C-SCC3**		0.4	48.41	3.01
5	**P-SCC4**	100% PET fibers	0.1	60.42	4.5
6	**P-SCC5**		0.25	61.63	4.61
7	**P-SCC6**		0.4	57.11	4.891
8	**HY-SCC7**	50% Cans +50% PET	0.1	60.11	3.812
9	**HY-SCC8**		0.25	60.83	4.06
10	**HY-SCC9**		0.4	52.22	4.316

سلوك الانثناء للبلاطات الخرسانية ذاتية الرص ثنائية الاتجاه المسلحة والعززة بالألياف المعادة :

إنّ الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو لتقييم سلوك الانثناء للبلاطات الخرسانية ذاتية الرص ثنائية الاتجاه المعززة بالألياف البلاستيكية والمعدنية المعادة ،جميع البلاطات لها نفس الابعاد والتسليح ،وتم تقييم نتائج الفحوصات إستناداً لمنحني (الحمل-الأود) عند مركز البلاطة وتحديد الحمل الاقصى وحساب المطيلية والمتانة لمعرفة كفاءة التسليح بالألياف المعادة .

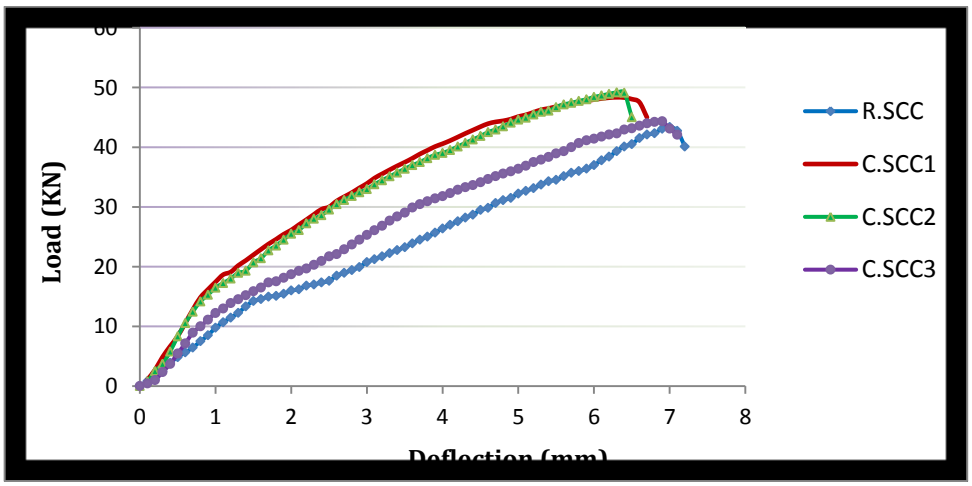
الحمل الأقصى للبلاطات

هنا سيتم توضيح تأثير الياف النفايات المعادة على مقدار أعلى حمل يمكن ان تتحملة البلاطة قبل أن تفشل نهائياً، وذلك عن طريق تسليط حمل نقطي في مركز فضاء البلاطة إذ تم الحصول على قيم الحمل والأود من مقاييس رقمية دقيقة وخزن النتائج طول مدة الفحص، الاشكال (7) و(8) و(9) والجدول رقم (6) تبين النتائج التي تم الحصول عليها من فحص البلاطات تحت الحمل الساكن ، فعند بدأ تسليط الحمل تظهر التشققات الدقيقة اسفل البلاطة في منطقة الشد (tension zone) ابتداءاً من المركز بإتجاه المساند وبزيادة التحميل تصل قضبان حديد التسليح الى مرحلة الخضوع والتي تتضح من خلال منحنيات الحمل – الاود في منتصف البلاطة الخرسانية ،فتتسع التشققات ويزداد عمقها لتصل الى منطقة الانضغاط فيحدث الفشل النهائي عند الحمل الاقصى ، وقد تم الحصول على أعلى حمل أقصى في البلاطات الحاوية على الياف بلاستيكية بنسبة (0.25%) و الياف هجينة بنسبة (0.4%)وهذه الزيادة يمكن أن تعزى الى التحسن الكبير في مقاومة الشد للخرسانة الحاوية على هذه الالياف مع زيادة نسبة الحجمية للألياف وإن زيادة النسبة الحجمية من الالياف في الخلطة تؤدي الى زيادة قوة الترابط للمادة الرابطة في الخرسانة ، ويؤدي هذا إلى عرقلة انتشار الشقوق في كتلة المركب إضافةً الى قابلية هذه الالياف العالية على الانفعال أكثر من الخرسانة فأنها ستزيد من الحمل الاقصى لمقاومة الإنثناء،بينما كانت الزيادة قليلة في الحمل الاقصى للبلاطات الحاوية على الياف معدنية .

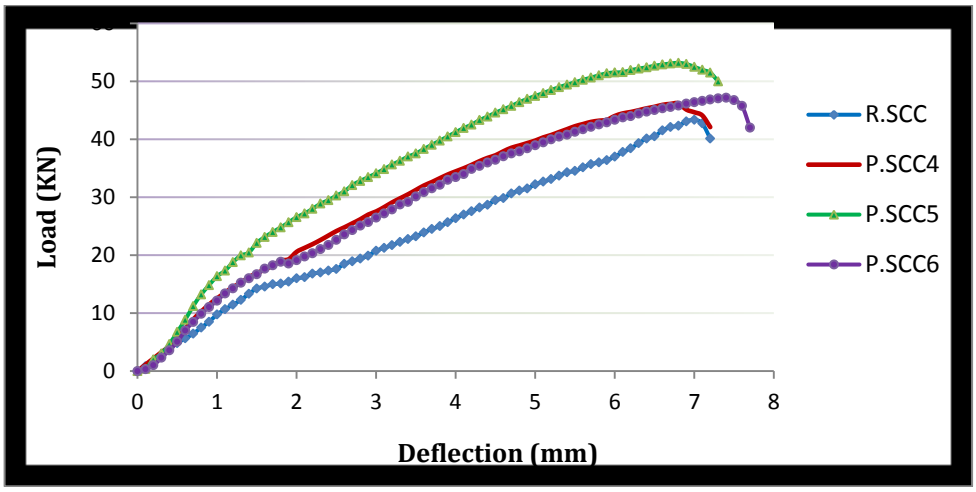
المتانة :

المتانة هي الطاقة اللازمة لكسر النموذج حسب المواصفة القياسية الأمريكية (ASTMC1018)[11] وتكافئ قيمتها قيمة المساحة تحت منحني الحمل-الاود تحت الأحمال الساكنة إلى حد معين من الأود، وعلى هذا الأساس فهناك متانة إلى حدّ الشق الأول (δ_{cr}) (وتسمى ايضاً الرجوعية) ، ومتانة إلى حدّ الخضوع ومتانة إلى حد الفشل وهو مؤشر لقابلية المادة أو العنصر الإنشائي على إمتصاص الطاقة، وبالتالي هو أيضاً مؤشرعلى مقاومة المنشأ للزلازل والأحمال الديناميكية . وتزداد المتانة بزيادة النسبة الحجميه للألياف البلاستيكية والهجينة حيث سجلت اعلى متانة للبلاطات عند النسبة (0.4%)، بينما تقل الزيادة بالمتانة عند زيادة نسبة الالياف المعدنية بسبب تكون فجوات في الهيكل الخرساني والذي تسببه الياف العلب المعدنية المعادة ،أضافةً الى حدوث انكسار وليس سحب لبعض الالياف من المركب الخرساني .

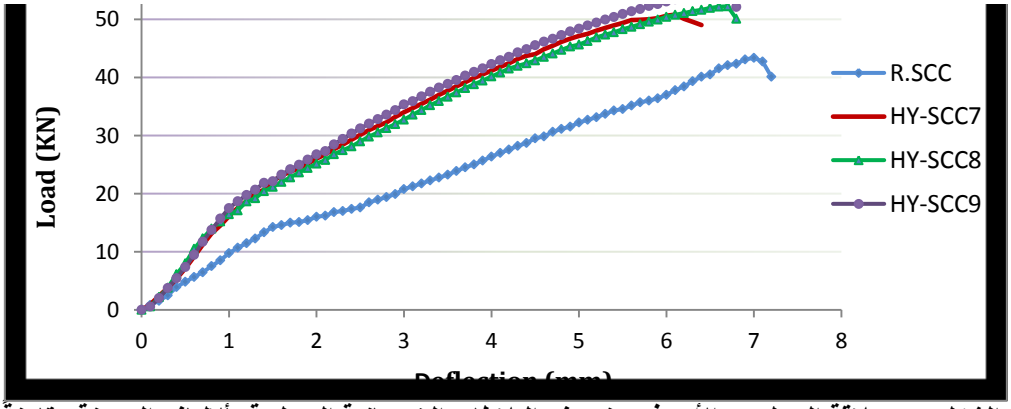
الجدول (6) يبين قيم المتانة (Toughness) في البلاطات الحاوية على الالياف المعادة والبلاطات المرجعية .



الشكل (7) علاقة الحمل مع الأود في منتصف البلاطات الخرسانية المسلحة بألياف العلب المعدنية مقارنةً بالبلاطة المرجعية.



الشكل (8) علاقة الحمل مع الأود في منتصف البلاطات الخرسانية المسلحة بألياف البلاستك المعاد مقارنةً بالبلاطة المرجعية.



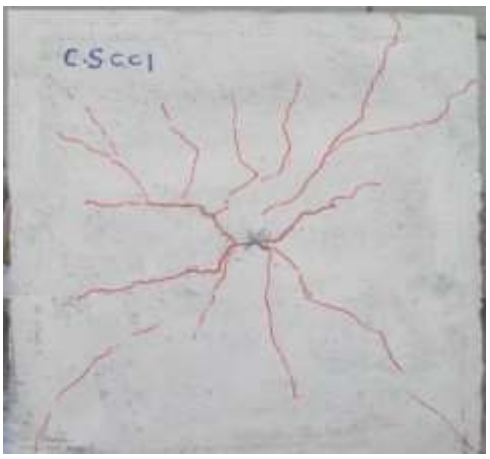
الشكل (9) علاقة الحمل مع الأود في منتصف البلاطات الخرسانية المسلحة بالألياف الهجينة مقارنة بالبلاطة المرجعية

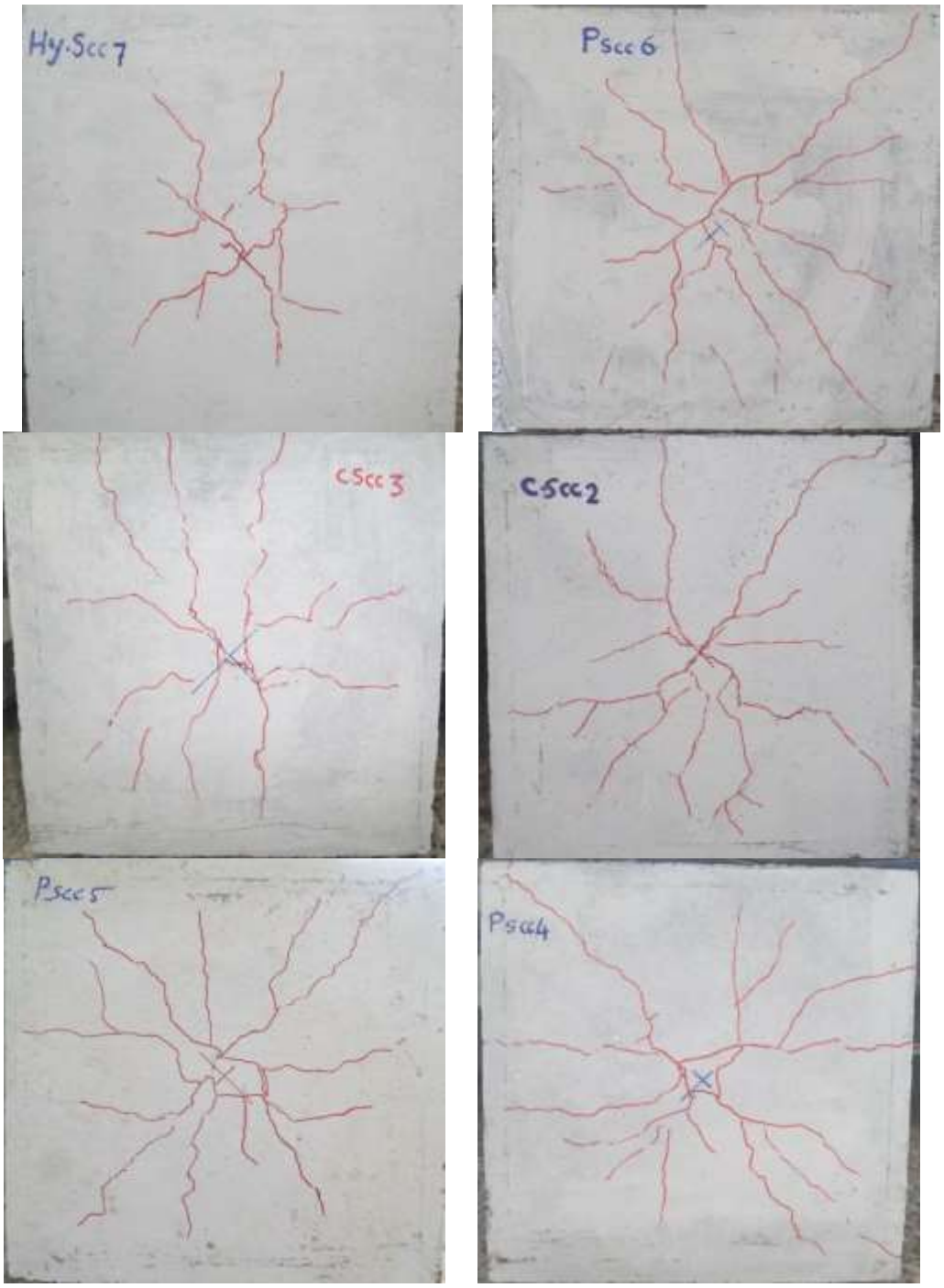
جدول (6) قيم الحمل الاقصى والمتانة للبلاطات الخرسانية

#	Slab Type.	V_f	Load at First crack (kN)	Average Failure Load (kN)	First crack toughness (kN.mm)	Ultimate (toughnesskN.mm)
1	**R-SCC**	0.0 %	14.25	43.37	10.626	163.684
2	**C-SCC1**	0.1 %	18.65	48.36	11.116	232.862
3	**C-SCC2**	0.25 %	19.3	49.17	15.207	204.922
4	**C-SCC3**	0.4 %	17.35	44.35	15.785	175.880
5	**P-SCC4**	0.1 %	19.07	46.21	18.756	193.008
6	**P-SCC5**	0.25 %	20.45	53.2	14.818	234.781
7	**P-SCC6**	0.4 %	18.86	47.17	17.945	267.460
8	**HY-SCC7**	0.1 %	20.66	50.81	15.096	195.359
9	**HY-SCC8**	0.25 %	19.2	52.24	13.395	208.927
10	**HY-SCC9**	0.4 %	21.86	54.68	15.557	223.751

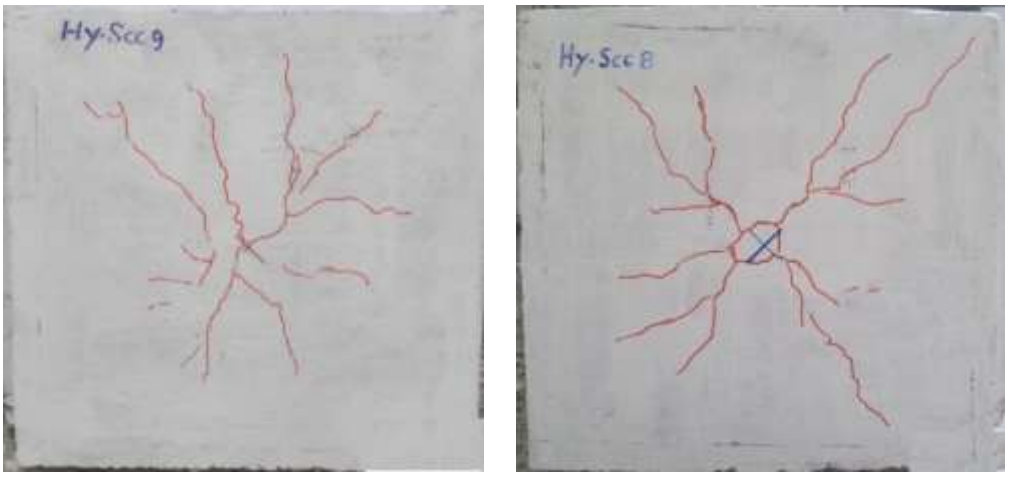
أطوار الفشل :

نوع الفشل في البلاطات الخرسانية المسلحة بالألياف المعادة المفحوصة هو فشل انثناء (فشل شد في أسفل البلاطة نتيجة إنثناءها) ، يحصل نتيجة خضوع حديد التسليح يليهِ سحق الخرسانة في منطقة الانضغاط ، عموماً و للبلاطات جميعها في مجاميع الدراسة الحالية يُلاحظ إنه في المراحل المبكرة من التحميل تبدأ التشققات الأولية بالنمو في مركز البلاطة من المركزوبزيادة التحميل تدريجياً ومع الوقت تبدأ التشققات بالانتشار عشوائيا بإتجاه الحافات وتكون أكثر إتساعاً ،وإن التشققات تظهر نتيجة لتجاوز الاجهادات قيمة مقاومة الخرسانة للتشقق لأن الخرسانة وكما هو معروف ضعيفة في مقاومة الشد ،أما الالياف المعادة فقد ساهمت في تقليل عدد الشقوق وحدّت من أستمراريتها وساعدت على عدم تحويل التشققات الدقيقة إلى تشققات رئيسية ، وكما مبين في الشكل (10-a) و (10-b).





الشكل (a-10) : أنماط الفشل في البلاطات الخرسانية المعززة بألياف النفايات الهجينه



الشكل (b-10) : أنماط الفشل في البلاطات الخرسانية المعززة بألياف النفايات الهجينه.

الإستنتجات:

من خلال الفحوصات المختبرية للخرسانة ذاتية الرص المسلحة بألياف النفايات المعاد تدويرها ، وإستناداً الى النتائج التي تم الحصول عليها تم التوصل الى ألإستنتاجات الاتية :

1- إنّ إضافة الياف البلاستك المعادة والياف هجينة بالنسب الحجمية (0.1% و0.25%) أدت الى زيادة طفيفة بمقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية ،بينما إنخفضت مقاومة الانضغاط للنسبة الحجمية (0.4%) مقارنة بالخرسانة المرجعية ،وقد وجدَ انَّ إضافة (0.1%) من الالياف المعدنية المعادة أعطت أعلى زيادة في مقاومة الانضغاط بنسبة (7.82%) مقابل إنخفاض كبير في مقاومة الانضغاط للنسب الحجمية (0.25% , 0.4%) من الالياف المعدنية مقارنة بالخرسانة المرجعية .

2- إنّ إضافة الياف البلاستك المعادة بالنسب الحجمية (0.1% و0.25% و0.4%) قد زاد من مقاومة شد الانشطار كثيراً وبالنسب (34.73 ، 38.02 ، 46.43)% على التوالي مقارنة بالخرسانة المرجعية ،وبنسب زيادة أقل بالنسبة للالياف الهجينة ،كما تحسنت مقاومة شد الانشطار للخلطات الحاوية على الياف معدنية بالنسب الحجمية (0.1% و0.25%) وتنخفض قليلاً للخلطة ذات المحتوى الحجمي (0.4%) لنفس الخلطة.

3- بيّنت النتائج أن إضافة ألألياف المعادة لها تأثير إيجابي على مقدار الحمل ألأقصى للبلاطات وتحسين سلوكها تحت الانثناء، يزداد الحمل الأقصى لمقاومة الانثناء في البلاطات الخرسانية المسلحة المعززة بالألياف الهجينة المعادة بزيادة النسبة الحجمية للألياف وكانت أعلى نسبة زيادةً بالمقارنة مع البلاطة الخالية من الألياف هي (26.07%) عند النسبة الحجمية (0.4%) من ألألياف الهجينة المعادة وتحدث هذه الزيادة التدريجية في المرحلة التي تلي الخضوع بسبب مقاومة اجهادات الشد المتولدة في الشقوق، أما الالياف البلاستيكية والمعدنية فقد زاد الحمل الاقصى للنسب الحجمية (0.1% و0.25%) ثم تقل الزيادة بزيادة النسبة الحجمية .

4- الألياف المعدنية والبلاستيكية المعادة المستخدمة في هذه الدراسة تفشل بالإنسحاب من الشقوق تحت تأثير قوى الشد (عدا النسبة 0.1% من الالياف المعدنية إذ تم ملاحظة حصول فشل إنكسار لبعض الالياف) وهذا يتطلب طاقة إضافية ، لذلك فقد تحسنت المتانة الكلية لحد الفشل للبلاطات المعززة بالالياف البلاستيكية والهجينة المعادة بزيادة النسبة الحجمية ، بينما تقل الزيادة في المتانة مع زيادة المحتوى الحجمي للالياف المعدنية المعادة .

المصادر:

[1] Kaiping, Liu ;Hewei, Cheng and Jing.en, Zhou ,"Investigation of brucite-fiber-reinforced concrete", Cement and Concrete Research Journal , 2004, Vol. 34, pp. 1981-1986. Available on line at www.sciencedirect.com

[2]المواصفة القياسية العراقية رقم (5)، "السمنت البورتلاندي"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، بغداد،1984.

[3] المواصفة القياسية العراقية رقم (45)،"ركام المصادر الطبيعية المستخدم في الخرسانة والبناء"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، بغداد،1984.

[4] ASTM C1240-03, "Standard Specification for Use of Silica Fume as a Mineral Admixture in Hydraulic-Cement Concrete, Mortar, and Grout".

[5] ASTM C494/C494M, " Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete1", Annual Book of ASTM Standards, 2004, Vol. 04.02, pp. 1–8 .

[6] Abdulkader Ismail Al-Hadithi, Ahmed Tareq Al . Ejbari, Ghassan S. Jameel,"Behaviour of Waste Plastic Fiber Concrete Slabs Under Low Velocity Impact", Iraqi Journal of civil engineering,2013, Vol. 9(1), pp. 135-148.

[7] ASTM A615/A615M -09،"Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement".

[8] EFNARC, "Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete",London, UK: Association House, February 2002, pp. 32.

[9] BS 1881, Part 116, "Method for Determination of Compressive Strength of Concrete Cubes", British Standards Institution, 1989, PP. 3.

[10] ASTM C 496 – 96 "Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens"

[11] ASTM C1018, (Re-approved 2003), "Standard Test Method for Flexural Toughness and First-Crack Strength of Fiber-Reinforced Concrete", Annual Book of ASTM Standards, 2004, Vol. 04.02; pp.1–8.

[12] Sholihin AS'AD ,Purnawan Gunawan ,M.syarif Alaydrus ,"Fresh State Behavior of Self Compacting Concrete Containing Waste Material Fibres",Procedia Engineering ,2011, Vol.14, pp.797–804.