وزارة الاعمار و الإسكان و البلديات العامة
دائرة الاشغال و الصيانة العامة

تأثيرالالياف الورقية على الخلطة الخرسانية

مقدم من قبل باحثة
افراح خالد نصير
الايميل : afrahkhalednasser@gmail.com
الرقم الموبايل : 07712966851

التنمية المستدامة هو مصطلح اقتصادي اجتماعي أممي، رسمت به هيئة الأمم المتحدة خارطة للتنمية البيئية والاجتماعية والاقتصادية على مستوى العالم، هدفها الأول هو تحسين ظروف المعيشية لكل فرد في المجتمع، وتطوير وسائل الإنتاج وأساليبه، وإدارتها بطرق لا تؤدي إلى استنزاف موارد كوكب الأرض الطبيعية، حتى لا نحمل الكوكب فوق طاقته، ولا نحرم الأجيال القادمة من هذه الموارد، (تلبية احتياجات الجيل الحالي دون إهدار حقوق الأجيال القادمة)، ودون الإفراط في استخدام الموارد الطبيعية المتبقية على كوكبنا.

إن كثيراً من المصادر الطبيعية التي نسخرها في خدمة التنمية الشاملة في بلادنا تتناقص مصادرها باستمرار، فهي (غير متجددة)، وخاصة مصادر الطاقة والمياه والمواد الأولية التي يتضاعف استهلاك العالم لها بشكل مضطرد منذ الثورة الصناعية، بينما ظل الاعتقاد الخاطئ السائد بأن الأرض هي مصدر لا ينضب للثروات، ومورِدٌ لطاقة لامحدودة [1].

لكن جرس الانذار دق بالخطر، وذلك عندما أكدت تقارير الخبراء في اللجنة الدوليّة لتغير المناخ، أن أنشطة الإنسان هي المسؤولة عما وصلت إليه الأخطار على مستقبل البشرية برمّتها، من تلوث للهواء والانبعاثات الغازية في الغلاف الجوي وارتفاع حرارة الكرة الأرضية، ومظاهر ذوبان الجليد في القطبين، والذي يصاحبه ارتفاع منسوب مياه البحار مما يهدد بكوارث طبيعية بالغة الخطورة.

ذلك يعني أن المسؤولية في كل تلك المخاطر تقع على عاتق أنماط التنمية السائدة التي نستخدمها. لذا فقد استنفرت جهود الامم المتحدة وعدد كبير من المنظّمات الإقليمية والوكالات الدوليّة المتخصصة والمنظّمات غير الحكومية، والدول لمواجهة مهمة التصدي لهذا الواقع، وتبني تطبيق أهداف التنمية المستدامة نحو إقامة مجتمع عالمي إنساني متضامن لمواجهة كل التحدّيات العالمية، والقضاء على الفقر، تغيير أنماط الانتاج والاستهلاك في المصادرغير المستدامة، وحماية الموارد الطبيعية وحسن إدارتها ، ومنع تدهور البيئة العالمية، وتراجع التنوع البيولوجي والتصحر، ومعالجة تلوث المياه والهواء والبحار.

مواد البناء تستهلك كمية كبيرة من المواد غير المتجددة . و من ناحية اخرى , اكثر نفايات الورق تنتهي في مواقع دفن النفايات من تلك اعادة تدويرها, وهذا يكلف اقتصاديا. نتجية لذلك تدوير نفايات الورق لاستخدامها ضمن مواد البناء تشكل خطوة نحو التنمية المستدامه. و من ناحية اخرى خلال عملية تصنيع السمنت تنبعث نسبة عالية من غاز ثنائي اوكسد الكاربون بالاضافة الى كلفة لتصنيع السمنت . من ما جعل التوجه نحو استعمال مواد بديله بشكل جزيئ للسمنت لغرض تصنيع خرسانه الاعتيادية (ordinary concrete) , لها اقل ضررا على البيئة و ذات كلفة منخفضة في التصنيع و البناء و بالمواصفات جيدة في الخواص الميكانيكية تلبي حاجة المجتمع . في هذا بحث تم استخدام الالياف الورق (نفايات الورق) كمادة المضافة للحجم الخرسانه

يدخل هذا نوع من الخرسانه في بناء البيوت المنخفضة الكلفة كذلك مناسب لبناء المحلات و احواض الزهور و الاثاث في الساحات العامة . ان استخدام الخرسانة الورقية كجدران مالئة يلقى قبولا اكثر من متخصصي مجال البناء .

يواجه العراق تحديا خطيرا في التخلص من النفايات في العديد من مدافن النفايات في جميع انحاء البلاد. بسبب ارتفاع التكاليف التخلص من هذه النفايات و المشاكل البيئية المحتمله و الجهد و الوقت المبذولين لذلك . في هذا البحث تم استخدام نفايات الورقية الذي تم اخذها من المدراس و المكتبات و من الاله تقطيع الورق في الخلطات الخرسانية لاستخدامها في مشاريع البناء .[2].

الخرسانة الخضراء هو مفهوم يعبر عن استخدام مواد صديقة للبيئة في تصنيع الخرسانة، لجعلها دائمة لفترة أطول. تُعتبر الخرسانة الخضراء شائعة جداً ورخيصة أيضاً في الانتاج، لأن وعلى سبيل المثال تُستخدم منتجات النفايات كبديل جزئي للإسمنت لتجنب عبء التخلص من النفايات، وللتقليل من استهلاك الطاقة أثناء عملية الانتاج، كما أنها أكثر متانة. ولا يجب ربط هذه الخرسانة بلونها.يمكن استخدام المخلفات لإنتاج منتجات جديدة أو يمكن استخدامها كإضافات حيث تحد من استخدام المصادر الطبيعية وتجعلها قابلة للاستغلال بكفاءة أكبر؛ وبذلك يتم حماية البيئة من الأضرار الناتجة عن التخلص من المخلفات[3] .

الخرسانة الحاوية على اسمنت , الماء , ركام ناعم و خشن و الالياف منفصلة غير مستمرة تدعى الخرسانه الليفية (Fiber Reinforced Concrete) . اكتسبت الخرسانه الليفية انتشارا واسعا في انشاء السقوف , رصف الطرق , الخرسانه مسبقة الصب . السبب الرئيسي لاضافة الالياف الى الخرسانة هو الزيادة المتانة , مقاومة الشد و تحسين خاصية التشقق الناتج. ولكي تكون الخرسانة الليفية مادة ناجحة يجب ان تحقق متطلبات الاقتصادية و الكفاءة بالوقت ذاته[4] .

الخرسانة الورقية هي مادة انشائية تتكون من عجينه نفايات الالياف الورق مع الاسمنت و الركام ناعم و خشن . تعتبر من المواد صديقة للبيئة بسبب عملية تدوير الورق , يساهم خلط المكونات بنسب مختلفة الى انتاج خرسانة ورقية بخصائص منتوعة . عملية انتاجها جدا بسيطة حيث تحتاج الخرسانة الورقية الى كميات كبيرة من الماء . اذ يجب نقع الورق في ماء لمدة ثلاثة ايام . ثم نخلط المكونات الجافة مع الماء لتكوين مزيج تضاف له عجينه الورق . و الذي يصب بدوره في قوالب ثم يسمح لها بالجفاف تحت شمس فعندما تتصلب تصبح خفيفة الوزن و عازل حراري جيد . تحفظ شكلها ولوكانت رطبة و قوية بصورة ملحوظة . وبسبب احتواءها على الياف الورق فهي ذات مقاومه الشد جيدة مضافا الى مقاومة الضغط[3] .

الاستخدام الالياف الورق كمادة اضافية (0.6 ٪ ، 0.8 ٪ و 1 ٪) من حجم الخرسانه في الخلطات الخرسانية , نسبه الخلط الوزنية التي تم استخدامها في الكونكريت التقليدي (1: 1.6: 2.37) من الاسمنت و الرمل و الحصى على التوالي مع نسبة الماء الى الاسمنت (0.48) . تم اجراء فحص قابلية التشغيل , الكثافة الجافة , مقاومه الانضغاط , التوصيل الحراري , امتصاص الماء .باستخدام عينات قياسية في الاعمار (28 , 14 ,7) يوما .

تصميم الخلطة الخرسانية

إن الغرض من تصميم المزيج هو الحصول على نسب مزيج اقتصادي للمواد المتاحة التي تتوافق مع الكثافة المطلوبة لهذا العمل ولديها قابلية تشغيل كافية لوضعها في القالب. تم إجراء العديد من الخلطات التجريبية لتحديد مزيج مناسب يحتوي على الخصائص المرغوب فيها في الحالة الجديدة والمتعززة. كما هو موضوح في جدول رقم (1).

Mix symbol	Details
A	Conventional Mix
P-0.6	Conventional Mix+0.6% paper
P-0.8	Conventional Mix+0.8%paper
P-1	Conventional Mix+1%paper

عملية الخلط و رص الخرسانة :

تم انجاز عملية الخلط الخرسانه داخل مختبر الخرسانه في مختبر بغداد \ مركز الوطني, للمواد الانشائية وزارة الاعمار و الاسكان العراقية باستخدام خلاطة ذات سعة (1.0) م^3 . بعد تحضير الاوزان المطلوبة لكل خلطة تتم وضع حصى و الرمل و الاسمنت و وضعها في الخلاطة و من ثم خلط المواد و هي جافة لمدة دقيقة للحصول على تجانس القوام و من ثم اضافة المادة البديلة و من ثم ماء حتى يتم تجانس الخلط و توزيع نفايات الورق بصورة جيدة . بعد ذلك يتم صب الخرسانة في القوالب الحديدية معكبة ذات الابعاد (100*100*100), و الاسطوانية ذات الابعاد (100*200) و المواشير ذات الابعاد (400*100*100*) مليمتر معكب, (بعد دهن السطح الداخلي للقوالب بدهن المحركات و بطبقة خفيفة بواسطة فرشاة) على شكل ثلاثة طبقات, حيث تم رص كل طبقة بواسطة المنضدة الكهربائية و لمدة 8 ثواني قبل صب الطبقة الاخرى . بعد ذلك اتمام صب و رص الخرسانه تمت المعالجة السطح النماذج بالمالج للحصول على سطح مستو.

السمنت

تم استعمال السمنت البورتلندي الاعتيادي (النوع الاول) في البحث و المعروف محليا ب (الاسمنت الماس بازيان) , و المطابق للمواصفات العراقية الخاصة بالاسمنت البورتلندي م.ق.ع 5\ 1984 [5] . الخواص الفيزيائية و الخواص الكيميائية للسمنت في الجدول (2) و (3). تم اجراء الفحوصات في المركز الوطني للمختبرات الانشائية وزارة الاسكان العراقية \ مختبر بغداد.

Physical properties	Result	Limit of IQS. No.5
Specific surface (m^2\ kg)	330	> 230
Setting time (Vicat's method)		
- Initial setting (hrs:min)	2:45	≥ 45 min
- Final setting (hrs:min)	5:00	≤ 10 hrs
Compressive Strength of Mortar		
- 3 Days	30.02	≥ 15
- 7 Days	35.31	≥ 23
Autoclave (Soundness)	0.01%	≤ 0.8

Oxide composition	Abbreviation	% by weight	Limit of IQS No.5\1984
Lime	CaO	64.6	-
Silica	SiO_2	20.63	-
Alumina	Al_2O_3	5.4	-
Iron oxide	Fe_2O_3	3.65	-
Magnesia	MgO	0.7	≤ 5%
Sulphate	SO_3	2.4	≤ 2.8%
Loss of Ignition	L.O.L.	2.55	≤ 4%
Lime saturation factor	L.S.F.	1	0.66-1.02
Insoluble residue	I.R.	0.9	≤ 1.5
Main compound (Bouge eq.)		By weight of cement	
Tricalcium silicate	C_3S	54.02	-
Diacalcium silicate	C_2S	18.41	-
Tricalcium aluminate	C_3A	8.36	-
Trtracalcium aluminoferrite	C_4AF	11.36	-

الركام الناعم (الرمل)

تم استخدام الرمل الطبيعي الذي تم تجهيزه من منطقة الاخيضر . اجريت الفحوصات من معامل النعومه و تدرج الحبيبي و محتوى الكبريتات, موضحا في جدول رقم (4) و كانت مطابقة للمواصفات القياسية العراقية [6] . تم اجراء الفحص الركام الناعم في المركز الوطني للمختبرات الانشائية \ مختبر بغداد .التدرج الفيزيائي للرمل موضح في الجدول رقم (5).

Properties	Test Results	Limits of IQS No.45\1984
Specific gravity (SSD)	2.5	
Fineness modulus	3.01	
Sulphate content	0.137%	≤ 0.5%
Absorption	1.6	
Clays and Fine material	2.6%	≤ 5%

Sieve size (mm)	Percentage passing %	Limit of IQS No.45\ 1984
10	100	100
4.47	96	90-100
2.36	78	75-90
1.18	61	55-90
0.6	40	35-55
0.3	16	8-30
0.15	5	0-10

الركام الخشن (الحصى)

تم استخدام الحصى المكسر بمقاس (5-19) مم , تم تجهيزه من منطقة النباعي شمال محافظة بغداد . تم تنظيف الحصى و غسله من الاتربة و الشوائب و تجفيفه قبل الخلط . جدول (7) يظهر الخواص الفيزيائية للركام الخشن حسب المواصفة العراقية (رقم 45 \ 1984) [6] . تدرج الحصى موضح في جدول رقم (6). تم اجراء الفحص الركام الناعم في المركز الوطني للمختبرات الانشائية \ مختبر بغداد.

properties	Tests Results	Limit of IQS No.45\1984
Specific gravity	2.6	-
Sulphate content	0.023%	< 0.1%
Water absorption	0.8%	-

الماء

استعمل ماء الشرب الاعتيادي لمدينة بغداد لجميع الخلطات اثناء عمليات المعالجة و الخلط .

1. **الالياف الورق.**

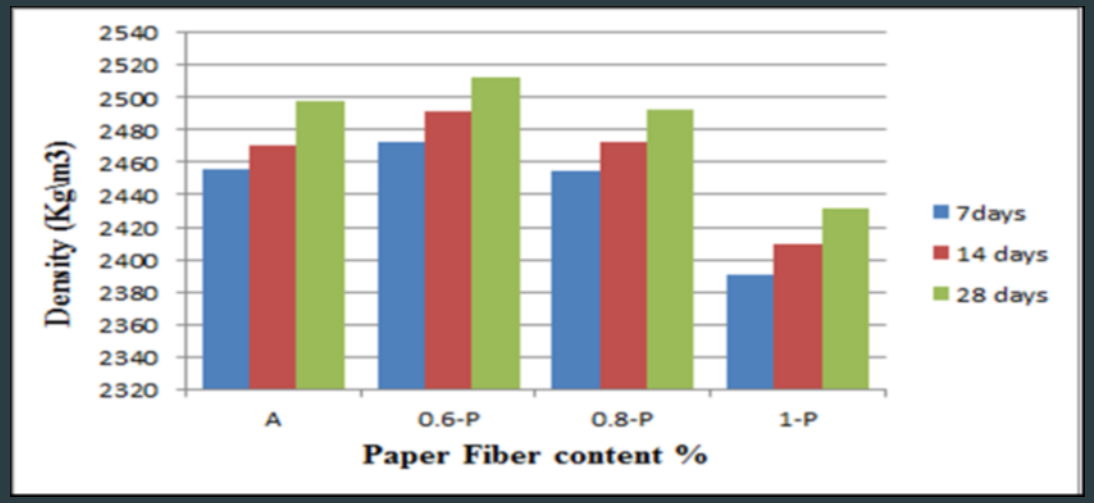
تم تجميع نفايات الورق (ورق الطباعة) من المدراس و الجامعات في بغداد . تم تقطيعها الى قطع صغيرة بابعاد (8*2*0.1) ملم بواسطة جهاز تقطيع الورق . تم تقنيع قطع الورق صغيرة في الماء لمدة(24) ساعة في درجة حرارة الغرفة من اجل منع الورق من امتصاص ماء خلط خرسانة, كما واضح في شكل (1) . بعدها يتم تصفية الورق من الماء و وضعها على سطح خالي من الرطوبة و تترك في الهواء الى لمدة (10) دقائق حتى تصبح قطع الورق في حالة سطح مشبع جاف , طريقة تحضير الالياف الورق موضحا في الشكل (1) .

فحص قابلية التشغيل (الهطول)

تم اجراء فحص الهطول على الخرسانة بعد اكمال عملية الخلط مباشرة, كما موضح في شكل رقم (7) لكل من العينة الاساس (بدون اي اضافة) ,**الخلطات** الخرسانية الحاوية الالياف الورق عند الثلاث النسب (0.6%, 0.8% , 1%) , كان فحص الهطول لعينة الاساس 90 ملم . في حين عند استخدام الالياف الورق كمادة مضافة لحجم الخرسانة تقل نسبة الهطول تتراوح نسبة الهطول (55-70) ملم عند نسبة ماء\ اسمنت (0.48%), وذلك لان الورق يحوي على مواد عضوية يتمص من ماء الخلطة . لذلك , تم تقنيع الالياف الورق في ماء لمدة 24 ساعة ثم تجفيفه لتقليل نسبة الامتصاص الورق من ماء الخلط الخرسانة .

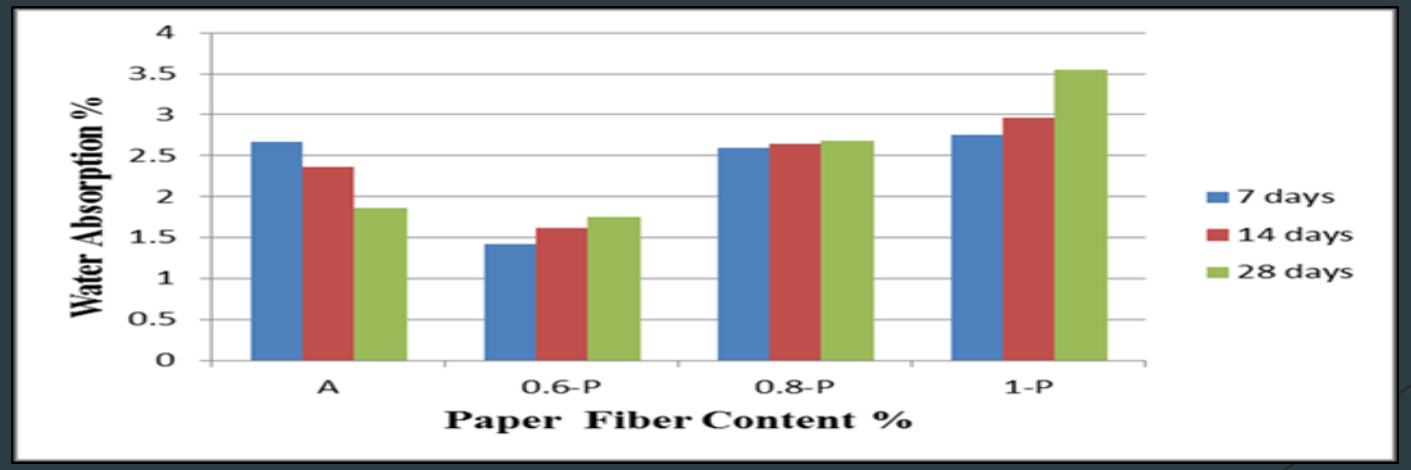
الكثافة

تم تحديد كثافة الخرسانة باستخدام معكبات بوزنها بعد تجفيفها بالهواء . وفقا لمعاير البريطانية (B.S 1881: part 114: 1989) [7], تم اخذ نتائج ثلاث عينات لكل خلطة بثلاث اعمار معالجة بالماء (7 , 14 , 28) يوم الشكل (8), يوضح فحص الكثافة الخلطات الخرسانية الحاوية على الالياف الورق بالنسب الحجمية (0.6% , 0.8% , 1%) اللخرسانة مقارنا بالخلطة الاساس . حيث اظهرت النتائج زيادة الكثافة مع عمر معالجة بالماء و ذلك بسبب استمرارية عملية الاماهة للحصول على متانة كاملة للخرسانة . زادت كثافة بنسبة (0.56%) عند استخدام (0.6%) من الالياف الورق كمادة مضافة للحجم الخرسانة بعمر معالجة (28) يوم . و تعتبر هذة الزيادة نتجية تقليل مسامات و بالتالي زيادة الكثافة . في حين اظهرت النتائج نقصان الكثافة بالنسبة (0.24%) و (2.64%) عند استخدام (0.8%) و (1%) من الالياف الورق على التوالي . و يعتبر هذا نقصان في كثافة الورق قليلة تعمل على تقليل كثافة الخلطات الخرسانية . حيث ان كل ما زادت اضافة نسب حجمية للخرسانة عند استخدام الياف الورق تنخفض كثافة الخرسانة.



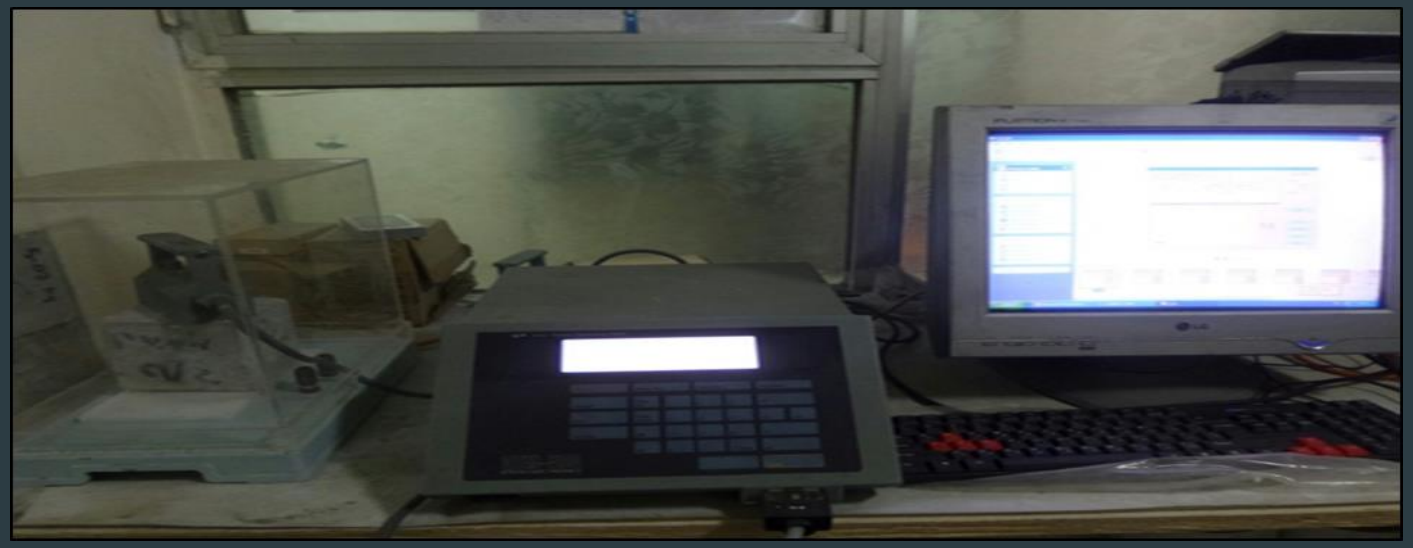
فحص امتصاص الماء

فحص امتصاص الماء هو واحد من اكثر الفحوصات الفيزيائية المؤثرة لقياس متانة الخرسانة ، و التي تعتمد على الكمية الكلية لامتصاص الماء في الخرسانة. اجري الفحص المختبري على ثلاث نماذج معكبة الشكل بأبعاد (100*100*100) مم لكل عمر من الاعمار المعالجة بالماء (7 , 14 , 28) يوم لجميع الخلطات الخرسانية لمعرفة بموجب المواصفة الامريكية (ASTM C642-06) [8] . تم اجراء الفحص امتصاص الماء في مختبر الخرسانة / مختبر بغداد / مركز الوطني اللمختبرات و المواد الانشائية في وزارة الاسكان. الشكل (8), يوضح فحص الامتصاص الخلطات الخرسانية الحاوية على الالياف الورق بالنسب الحجمية (0.6% , 0.8% , 1%) مقارنة بالخلطة الاساس . اظهرت النتائج انخفاض امتصاص الماء بنسبة (5.484%) عند استخدام (0.6 %) من الالياف الورق كمادة مضافة للحجم الخرسانة مقارنة مع الخلطة الاساس . يعود سبب الانخفاض في الامتصاص الماء عند زيادة الكثافة الخرسانة . في حين زادت نسبة الامتصاص الماء بنسبة (38.8%) , (63.81%) عند استخدام (0.8%) , (1%) ، على التوالي مقارنا بالخلطة الاساس . يعود سبب زيادة في الامتصاص الماء نتيجة الالياف الورق مادة السليلوزية تمتص ماء بسهولة و تحتفظ به لفترة اطول.

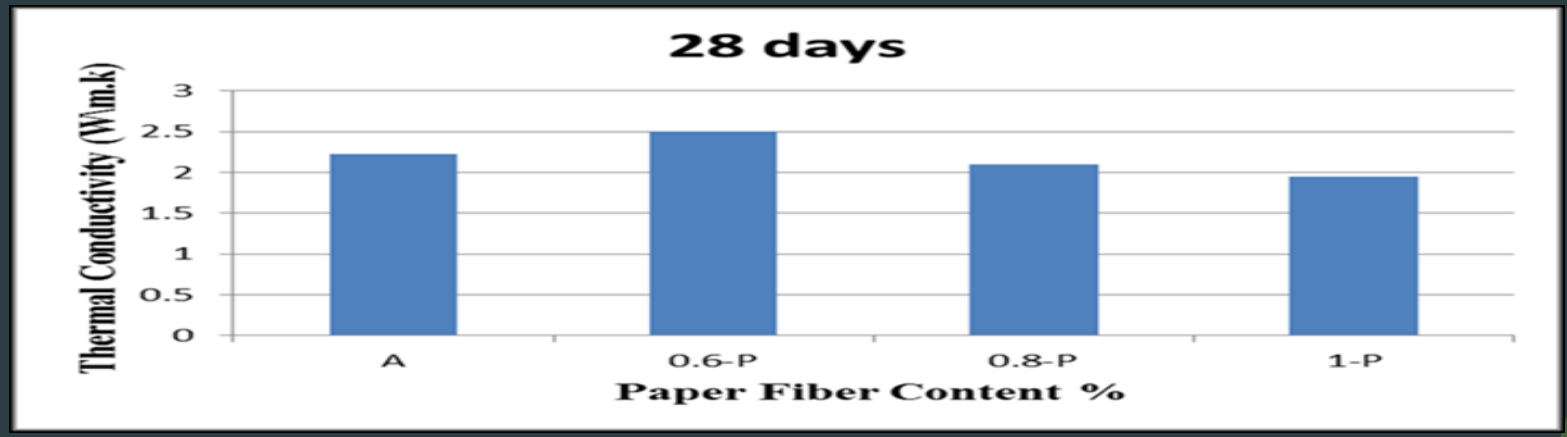


فحص التوصيل الحرارة

تعتبر الخواص الحرارية لمواد البناء عامل مهم يشير اليه بواسطة التوصيل الحراري . حيث اجري الفحص المختبري على ثلاث النماذج المعكبة الشكل بابعاد (100*100*100) مم في عمر 28 يوم لجميع الخلطات الخرسانية بموجب المواصفة الامريكية (ASTM C-1113) [9] . باستخدام جهاز QTM-500 [10] لفحص التوصيل الحرارة كما موضح في الشكل (9) . و الشكل (10), يوضح نتائج الفحص التوصيل الحرارة الالياف الورق مضافة للحجم الخرسانة تم اجراء الفحص التوصيل الحراري في مختبر الخرسانة/ مختبر بغداد/ مركز الوطني اللمختبرات و المواد الانشائية في وزارة الاسكان .



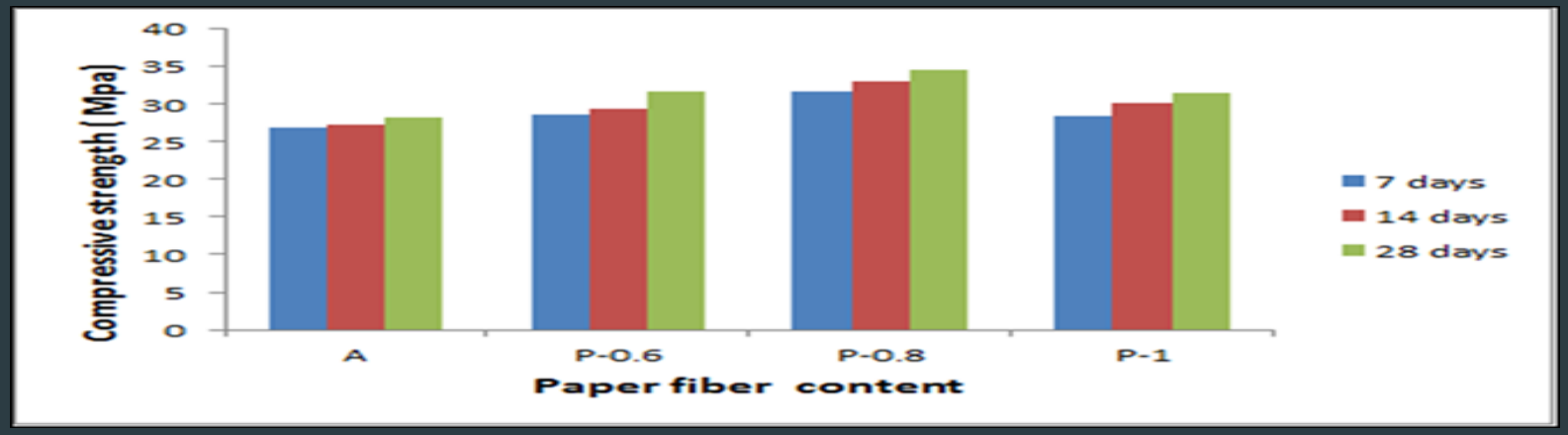
الشكل (14), يوضح فحص التوصيل الحراري الخلطات الخرسانية الحاوية على الالياف الورق بالنسب الحجمية (, 0.8% , 1% 0.6%) مقارنة مع الخلطة الاساس . اظهرت النتائج ازدياد التوصيل الحراري بنسبة (12.72%) عند استخدام (0.6 %) من الالياف الورق كمادة مضافة للحجم الخرسانة و بعمر معالجة (28) يوم مقارنة مع الخلطة الاساس . يعود سبب الازدياد في التوصيل الحرارة بسبب زيادة كثافة الخرسانة . في حين انخفضت نسبة التوصيل الحرارة بنسبة (5.54%) , (12.23%) عند استخدام (0.8%) , (1%) ، على التوالي مقارنة مع الخلطة الاساس . يعود سبب عند زيادة نسبة الالياف الورق تنخفض الكثافة فتنخفض التوصيل الحرارة للخرسانة.



فحص مقاومة الانضغاط

اجري الفحص المختبري على ثلاث نماذج معكبة الشكل بأبعاد (100*100*100) ملم لكل عمر من الاعمار المعالجة بالماء (7 , 14 , 28) يوم لجميع الخلطات الخرسانية, وتخضع للمواصفة البريطانية (BS 1881 , Part 116 : 1989) [11], باستخدام جهاز سعة 2000 كيلونيوتن نوع (Control) الايطالي منشا كما موضح في شكل (11). و الشكل (12), يوضح نتائج الفحص مقاومة الانضغاط الالياف الورق مضافة للحجم الخرسانة و كذلك الخرسانة الاساس(بدون اي اضافة) . تم اجراء الفحص مقاومة الانضغاط في في مختبر الخرسانة/ مختبر بغداد/ مركز الوطني اللمختبرات و المواد الانشائية في وزارة الاسكان .

اظهرت النتائج كما هو موضح في الشكل (19), فحص المقاومة الانضغاط الخلطات الخرسانية الحاوية على الالياف الورق بالنسب الحجمية (0.6% , 0.8% , 1%) للخرسانة مقارنة مع الخلطة الاساس . حيث اظهرت النتائج زيادة المقاومة الانضغاط مع عمر معالجة بالماء و ذلك بسبب استمرارية عملية الاماهة للحصول على متانة كاملة للخرسانة . زادت مقاومة الانضغاط بنسبة (22,57%) عند استخدام (0.8%) من الالياف الورق بعمر معالجة (28) يوم مقارنة بالخلطة الاساس . يعود سبب زيادة الى كون الالياف الورق تملا فجوات و مسامات في الكونكريت و تعمل على زيادة ربط مكونات الخرسانة لذلك تعمل على تقليل الفجوات و زيادة مقاومة الانضغاط الخرسانة.



التطبيقات

1. ان المواد المركبة السمنتية – النفايات القابلة للتدوير يمكن استخدامها في تطبيقات مختلفة، مثل تصنيع مونة اسمنية وخرسانه خضراء ولها مقاومة عالية مقارنة مع الخرسانة الاعتيادية اثناء العمل والخلط والتشكيل.
2. الخرسانة الورقية التي يتم تصنيعها تمتلك خاصية عزل الحراري و صوتي جيد و الاقتصاد بمادة الاسمنت المستعملة للخلط .
3. المواد الخام غير مكلفة وموجودة بصورة حرة.
4. لها دورا مهما في نشر ثقافة البناء الأخضر (المستدام).
5. مناسبة لبناء البيوت واطئة الكلفة مع عمر وديمومة متوسطتين. مناسب ايضا لبناء المحلات، وكابينات التليفون وأحواض الزهور والأثاث في الساحات العامة والمخازن.. أن استخدام الخرسانة الورقية كجدران مالئة يلقى قبولا اكثر من متخصصي مجال البناء

الأشكال توضح بعض استخدامات الخرسانة الورقية

شكل (3) عمل احواض الزهور

شكل (4)كتل بنائية من الخرسانة الورقية

شكل (5)ديكورات من الخرسانة الورقية

شكل (6) عمل المصطبات في الساحات العامة

شكل (7)هياكل من الخرسانة الورقية

شكل (8)عمل وحدات التسقيف

المصادر

.1- Syrian researcher, Article, “Green concrete, concrete manufacturing by using environmental materials”, July 2016. https://www.syr-res.com/article/6885.html

2- https://mewa.gov.sa/ar/Ministry/initiatives/SustainableDevelopment/Pages/default.aspx

3- Hamied M. A., thesis, “Study the behavior of threshold reinforced hybrid concrete”, Civil Engineering Department, Tikrit University. http://ced.ceng.tu.edu.iq/theses.html

4- Kasim M. SH., Article,”Papercrete,الخرسانة الورقية”, Civil Engineering, Kufa university,2018. http://eng.uokufa.edu.iq/archives/5066

5- Central Organization for Standardization and Quality Control, “ Portland Cement”. Iraqi Specifications Measurement (1984/ No. 5).

6- Central Organization for Standardization and Quality Control, “ Utilization of Natural Aggregate Source”. Iraqi Specifications Measurement (1984/ 45).

7- B.S 1881: Part 166.1983. Method for Determination of Density of Hardened Concrete. British Standards Institution.

8- ASTM C642- 06, “ Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete”, Designation: C642-06, (2006).

9- ASTM C- 1113, "Standard Test Method for Thermal Conductivity of Refractories by Hot Wire (Platinum Resistance Thermometer Technique)", Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Vol.15.01, 2013.

10 Quick Thermal Conductivity Meter, "Operation Manual, QTM-500", KYOTO Electronics Manufacturing Co., LTD, Japan, 2014.

11 - B.S 1881: Part 116,‘‘Methods for Determination of Compressive Strength of Concrete Cubes’’, British Standard Institution, (1989

THANK YOU