Improvement the Corrosive Strength of R.C Jndustrial Water Tanks Exposed To Salphric Acid By Using Fabricated Fibers

Dr.Shakir Ahmed Saleh
Building and Construction Engineering Department, University of Technology/ Baghdad
Dr.Zainab Aamer Shams Al-Din
Building and Construction Engineering Department, University of Technology/ Baghdad
Email:zainebeamer@yahoo.com
Dr. Rafaa Zaer Jasim
Ministry of Industry and Metals

Received on: 14/3/2011 & Accepted on: 1/3/2012

ABSTRACT

The main purpose of this research is to minimize the corrosive action of dilute sulfuric acid solution (10% concentration) on concrete industrial water tanks in batteries factories. Concrete incorporated with carbon and polypropylene fiber chips in proportions (3 – 5) % and (0.5 – 1) % by volume was used respectively . Super plasticizer type SP 603 Tufflow with a dosage of (2 -2.6) L/100kg cement was also added . Mechanical test such as compressive strength test and physical tests such as ultrasonic pulse velocity , bulk density, and water absorption tests were done to the samples after curing in normal water for (7 , 28 , 60 , 90 , 180) days and then they were exposed to dilute sulfuric acid solution (10% concentration) for (7 , 30 , 60 , 90, 180) days . The samples cured in water for 28 days , then they were dried in electrical oven at 110°C before they were exposed to acid solution . Test results show a noticeable improvement in durability of suggested concrete mixes against aggressive dilute acids .

تطوير مقاومة تآكل خزانات المياه الصناعية الخرسانية المعرضة لحامض الكبريتيك باستخدام الألياف الصناعية

الخلاصة

إن الهدف الأساسي من البحث هو تقليل الفعل التاكلي لحامض الكبريتيك المخفف بتركيز (10%) لخزانات المياه الصناعية الخرسانية لمعامل البطاريات . استخدمت الخرسانة المعززة بألياف الكاربون و البولي بروبلين بنسب (3 – 5)% و (0,5 – 1)% حجما على التوالي بالإضافة إلى الملدن المتفوق بوزمة (2 - 2,6) لتر / 100 كغم سمنت كمضاف خرساني أيضا . أجري فحص مقاومة الانضغاط و الفحوص الفيزيائية مثل فحوص سرعة الموجات فوق الصوتية و الكثافة الكلية و امتصاص الماء للنماذج المعالجة بالماء لمدد (7 ، 28 ، 60 ، 90، 180)

https://doi.org/10.30684/etj.30.11.15
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.

يوما و أجريت نفس الفحوصات على النماذج المعرضة إلى محلول حامض الكبريتيك المخفف بتركيز 10 % و للفترات (7 ، 30، 60، 90، 180) يوما علما بان فترة التعرض تمت على نماذج معالجة بالماء لمدة 28 يوما وجففت بفرن تجفيف كهربائي بدرجة 110 °م . أظهرت النتائج تحسنا ملحوظا في ديمومة خلطات الخرسانة المقترحة عند تعرضها لمحلول حامض الكبريتيك المخفف .

الكلمات المرشدة :
ألياف البولي بروبلين ، ألياف الكاربون ، حامض الكبريتيك المخفف ، الخرسانة ، خزانات المياه الصناعية ، الملدن المتفوق .

مقدمة

تتعامل العديد من المصانع مع حامض الكبريتيك كإنتاج أو استخدام وان خزانات أو أرضيات مثل هذه المصانع تتعرض إلى هذه المحاليل الحامضية القاسية مما يؤدي إلى تدهورها. إن الدراسات والتقارير المعدة من قبل وزارة الصناعة والمعادن / الهيئة العامة للبحث والتطوير الصناعي / مركز بحوث الطاقة والبيئة [1] أوصت في دراستها (تقييم الواقع البيئي للشركة العامة لصناعة البطاريات لمعملي بابل 1و2) لعام 2008 ضرورة إدامة بناية قسم الشحن بما فيها الأرضيات والجدران ومعالجة الأماكن المتضررة . إن طلاء الأرضيات و الجدران وخزانات المياه الصناعية وقنوات تصريف هذه المياه بمواد مقاومة للحوامض ذات سمك قليل تعني سهولة اختراقها من حامض الكبريتيك المخفف مرة أخرى وهذا يعني استمرار صيانة الأجزاء المتضررة ، وبناء على ذلك تم اقتراح هذا البحث لتحسين ديمومة الخرسانة عند تعرضها لحامض الكبريتيك المخفف .

تعمل الألياف المضافة إلى الخرسانة المسلحة على تحسين العديد من خواصها الهندسية أي تتم الاستفادة من خواص الألياف الجيدة في تحسين خواص الخرسانة و إكسابها ميزات جيدة وجديدة مما يعني زيادة العمر الخدمي لهذه المنشآت و تقليل كلفة صيانتها .

تعتبر ألياف الكاربون مادة غير فعالة في الظروف البيئية القاسية المحيطة بالمنشأ فهي مقاومة لتأثير الحوامض و القواعد و التأثيرات الحرارية كالانجماد و الذوبان ...الخ . فان استخدام هذه الألياف في المنشآت الخرسانية يزيد من ديمومتها وهي الحل الأمثل لمثل هذه الظروف . تتكون ألياف الكاربون بصورة أساسية من ذرات الكاربون و التي يتم صناعتها بتعريض أنواع من البوليمرات (Polyacrylonitrite) و مختصرها (PAN) بنسبة 90% و الرايون (Rayon) بنسبة 10% إلى درجات حرارة عالية دون حرقها مما يؤدي إلى فصل الذرات غير الكاربونية و بطرق صناعية معينة تنتج هذه الألياف و التي تتنوع أشكالها فهي أما طبقات Sheets أو شرائح Chips[2] .

أنتج البولي بروبلين لأول مرة تجاريا في خمسينيات القرن الماضي بعد اكتشاف محفزات Ziegler Natta . أنتج أولا بطريقة المعجون الرطب slurry process بتفاعل البروبلين بوجود مادة محفزة في محلول لإنتاج مزيج متبلور وغير متبلور من البوليمرات كما تطورت حاليا صناعة البولي بروبلين باستخدام البروبلين السائل وزيادة كفاءة المحفزات [3]

درس حباشة [4] تأثير استبدال السليكا الفعالة بنسبة (5 -10) % من وزن السمنت مع مضاف مقلل للماء بوزمة اعتيادية ووزمة مضاعفة على نماذج خرسانية مكعبة ، اسطوانية و موشورية مغمورة في حامض الكبريتيك المخفف بتركيز(15-25)% حيث أظهرت النتائج تحسنا ملموسا في الخواص الميكانيكية للخرسانة الحاوية على السليكا الفعالة عند مقارنتها بالخرسانة المرجعية لنفس فترة التعرض .

وضح الباحث Dejke [5] في مقدمة بحثه ، إن تعريض الخرسانة المعززة بألياف الكاربون إلى بيئة حامضية أثبتت ديمومتها العالية في مقاومة هذه الظروف مع انخفاض طفيف في مقاومة الشد .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

أدرج Neville [6] جدولا بأهم الحوامض المؤثرة على الخرسانة ومنها حامض الكبريتيك الشديد التأثير على الخرسانة الاعتيادية والتي لا تقاوم الأحماض القوية أو المركبات التي تتحول إلى أحماض لمهاجمته مركب هيدروكسيد الكالسيوم في السمنت ويحل بدلا عنه مركب C-S-H وعليه من الضروري تقليل محتوى السمنت في الخرسانة بالإضافة إلى استخدام مضافات كالمواد البوزولانية ومسحوق خبث الأفران والألياف وغيرها .

الجانب العملي:

1 - المواد المستخدمة :

أ- السمنت : استخدم في الخلطة سمنت مقاوم للأملاح الكبريتية سعودي المنشأ ونتائج فحوصاته الكيمياوية و الفيزياوية مبينتين في الجدولين (1 و 2) 0 تشير نتائج الفحص إلى أن السمنت المستخدم مطابق للمواصفة العراقية رقم (5) لسنة (1984) .

ب – الركام الناعم : استخدم الرمل من مقلع الاخيضر كركام ناعم في كافة الخلطات و تدرجه المنخلي موضح في الجدول (3) و هو مطابق للمواصفة العراقية رقم (45) لسنة (1984) ضمن منطقة التدرج الثالثة وقد أظهرت الفحوصات المختبرية بان الوزن النوعي والامتصاص ومحتوى الأملاح الكبريتية للركام الناعم المستخدم هي (6, 2) و (6, 1%) و(27, 0 %) على التوالي.

ج – الركام الخشن : استخدم الركام الخشن من مقالع النباعي في الخلطات الخرسانية و هو مطابق للمواصفة العراقية رقم 45 لسنة 1984وذو مقاس أقصى 10 ملم وبينت الفحوصات المختبرية بان الوزن النوعي والامتصاص ومحتوى الأملاح الكبريتية له 2,64 و 9, 0 % و 07, 0 % على التوالي .

د- الملدن المتفوق : استخدم الملدن المتفوق باسم تجاري SP 603 Tufflow المجهز من شركة الخليج الدولية للكيمياويات سلطنة عمان وهو عبارة عن مضاف خرساني سائل اسود اللون خالٍ من الكلوريدات يتكون من مادة السلفونيت نفتالين مع مضافات أخرى لزيادة قابلية تشغيل الخرسانة الطرية دون التأثير على زمن التماسك الابتدائي و تقليل نسبة الماء / السمنت في الخلطة لإنتاج خرسانة عالية المقاومة علما بان الملدن المتفوق مطابق للمواصفة ASTM C494 type G .

ه- ألياف الكاربون و البولي بروبلين : استخدمت ألياف الكاربون و البولي بروبلين على شكل رقائق و ابرز خواصها موضحة في الجدولين (4 و 5) .

2- الخلطات المستخدمة : تم في هذا البحث استخدام خلطة واحدة من الخرسانة وبنسبة وزنية 1 : 2 : 4 ونسبة ماء : سمنت تراوح مقدارها بين 0.5 – 0.6 وبما يؤمن هطول مقداره 40 ملم . تم إضافة ألياف الكاربون إلى هذه الخلطة وبنسبتين حجمية احدهما 3 % والأخرى 5 % و البولي بروبلين بنسبتين حجميتين 0.5 % و 1 % وتم التحكم بنسبة الملدن المتفوق المضاف للمحافظة على هطول الخلطة المستخدمة .

3- تهيئة النماذج وظروف التعرض : تم إجراء الخلط باستخدام خلاطة ميكانيكية مختبرية و تم صب نماذج من المكعبات الخرسانية بالقوالب الفولاذية القياسية 100 ملم للخرسانة ورصها بشكل متكامل باستخدام المنضدة الهزازة وبعد تسوية سطح القالب ترك في جو المختبر مغطى بالنايلون لمدة 24 ساعة بعدها نزعت النماذج وعرضت لظروف التعرض المطلوبة في الدراسة و كما يلي :

أ – ثلاثون مكعبا من كل خلطة تم غمرها في الماء الاعتيادي لغاية ستة أشهر وأجريت عليها فحوصات مقاومة الانضغاط ، سرعة الموجات فوق الصوتية ، الكثافة الكلية والامتصاص الكلي للماء للأعمار (7، 28 ، 60 ، 90 ، 180) يوما

ب – ثلاثون مكعبا من كل خلطة غمرت بمحلول حامض الكبريتيك المخفف H_2SO_4 بتركيز 10 % لمدة أقصاها ستة أشهر بعد أن عولجت بالماء لمدة 28 يوما وجففت بفرن تجفيف كهربائي

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

بدرجة110 °م وفحصت بنفس الفحوصات الواردة في(أ) ولأعمار تعرض (7 ، 30 ، 60 ، 90 ، 180) يوما .

4- الفحوصات : تم إجراء الفحوصات التالية لغرض تقييم تأثير محلول حامض الكبريتيك المخفف على الخلطات الخرسانية المقترحة :

أ – فحص مقاومة الانضغاط : اجري فحص مقاومة الانضغاط بموجب المواصفة : BS 1881 Part 116 لعام 1983على المكعبات الخرسانية وكانت كل نتيجة تمثل المعدل لثلاثة مكعبات .

ب – فحص الموجات فوق الصوتية : اجري هذا الفحص بموجب المواصفة ASTM C597-02 وان سرعة هذه الموجات تعتبر المعدل لثلاث قراءات .

ج – فحص الكثافة الكلية : تم قياس الكثافة الكلية للنماذج بموجب المواصفة ASTM C 642 -97 وتمثل كل نتيجة المعدل لثلاثة نماذج .

د – فحص الامتصاص : اعتمدت المواصفة ASTM C 642 -97 في فحص امتصاص الماء حيث كانت نتائج نسبة الامتصاص تمثل المعدل لثلاثة نماذج .

ه– فحص الهطول Slump Test للخرسانة بموجب المواصفات الأمريكية ASTMC143-01 حيث كانت قيمة الهطول للخلطة المرجعية وللخلطات الأخرى بحدود 40 ملم .

النتائج و مناقشتها :

أظهرت نتائج فحص مقاومة الانضغاط للنماذج المغمورة في الماء و الموضحة في الجدول رقم (7) و للأعمار(7 ، 28 ، 60 ، 90 ، 180) تحسنا ملحوظا مع زيادة عمر النماذج المعالجة بالماء و ذلك نتيجة استمرار عمليات الاماهة ولكن بمعدلات اقل مع مرور الزمن وعند إضافة ألياف الكاربون بنسبة 3 % تحسنت مقاومة الانضغاط بنسبة 6.8% بعمر سبعة أيام وبعمر 180 يوما بنسبة 3.37% و بنسبة تقارب 16% بعمر سبعة أيام و 10 % بعمر 180 يوما للنماذج الحاوية على 5% ألياف الكاربون ، أما بالنسبة لألياف البولي بروبلين فقد تحسنت بنسبة 1.17 % بعمر سبعة أيام و 0.77 % بعمر 180 يوما للنماذج الحاوية على 0.5 % الياف البولي بروبلين و 2 % بعمر سبعة أيام و 1.3% بعمر 180 يوما للنماذج الحاوية على 1% ألياف البولي بروبلين علما بان مقاومة الانضغاط ازدادت عند إضافة ألياف الكاربون و البولي بروبلين بالنسبتين المذكورتين آنفا ولنفس عمر النموذج ولكن بنسب متفاوتة وهذا ما تم توضيحه في الشكل رقم (1) إن سبب التحسن في مقاومة الانضغاط النسبي يعود إلى تداخل الألياف مع هيكل الخرسانة فضلا عن الزيادة الناتجة من الملدن المتفوق المضاف والمطابق للمواصفة الامريكية ASTM - 04 C494 و جعله أكثر تماسكا مؤديا إلى تأخير الانفعال مع الزمن الذي يسبب فشل النموذج أثناء فحص مقاومة الانضغاط . اظهر غمر النماذج بمحلول حامض الكبريتيك بتركيز 10 % وللأعمار (7 ، 30 ،60، 90 ،180) يوما انخفاضا في مقاومة الانضغاط مع زيادة فترة الغمر وهذا ما تم توضيحه في الشكل رقم (2). إن سبب التدهور في مقاومة الانضغاط عند تعرض النماذج لمحلول حامض الكبريتيك المخفف يعود إلى التأثير السلبي للكبريتات وإحلالها للمركب C_3S_2 . 3H (الجل) الذي يعتبر أساس قوة الخرسانة وان إحلاله يؤدي إلى تفتت الخرسانة و ضعف مقاومتها . من جهة أخرى فان مهاجمة الحوامض ومنها حامض الكبريتيك للخرسانة يتناسب طرديا مع الجذر التربيعي للزمن [6] و ذلك لانتقال المركبات المهاجمة خلال الطبقة القليلة النفاذية المتبقية من انحلال مركب هيدروكسيد الكالسيوم ، في حين إن هذا التدهور قد تناقصت نسبته عند استخدام ألياف الكاربون و البولي بروبلين وبنسب متفاوتة بسبب عملها على تقليل امتصاص الماء و زيادة الكثافة وبالتالي تقليل تسرب محلول حامض الكبريتيك للخرسانة. تعتبر مقاومة الانضغاط مؤشرا للعديد من الخواص و منها زيادة الكثافة الكلية (للنماذج المغمورة بالماء) بنسبة 3.98 % بعمر سبعة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

أيام و 8.6 % بعمر 180 يوما لنماذج ألياف الكاربون 3 % و 7 %بعمر سبعة أيام و 12 % بعمر 180 يوما لنماذج ألياف الكاربون 5 % ، أما نماذج ألياف البولي بروبلين فقد ازدادت الكثافة الكلية بنسبة 1.5 % بعمر سبعة أيام وبنسبة 2.4 % بعمر 180 يوما لنماذج ألياف البولي بروبلين 0.5 % و بنسبة 2.42 % بعمر سبعة أيام وبنسبة 3.82 % بعمر 180 يوما لنماذج ألياف البولي بروبلين 1 % وهذا ما تم توضيحه في الجدول رقم (11) و الشكل (3) وبالتالي زيادة سرعة الموجات فوق الصوتية الطولية و موضح في الجدول رقم (9) أما النسبة المئوية لامتصاص الماء فقلت بمقدار تراوح من 12.36 % بعمر سبعة أيام إلى 11.77% بعمر 180 يوما للنماذج بدون ألياف و من 12.2% بعمر سبعة أيام إلى 11.68 % بعمر 180 يوما لنماذج ألياف الكاربون 3 % ومن 12.13 % بعمر سبعة أيام إلى 11.6 % بعمر 180 يوما لنماذج ألياف الكاربون 5 % ، أما لنماذج ألياف البولي بروبلين فقلت بمقدار تراوح بين 12.3 % بعمر سبعة أيام إلى 11.71% بعمر 180 يوما لنماذج ألياف البولي بروبلين 0.5 % ومن 12.26 % بعمر سبعة أيام إلى 11.65% بعمر 180 يوما لنماذج ألياف البولي بروبلين 1 % وموضح في الجدول رقم (13) 0 إن النماذج المغمورة بمحلول حامض الكبريتيك فقد أظهرت انخفاضا في الكثافة الكلية وهذا ما تم توضيحه في الجدول رقم (12) وبالتالي انخفاض سرعة الموجات فوق الصوتية الطولية و موضح في الجدول رقم (10) أما النسبة المئوية لامتصاص الماء فزادت بمقدار تراوح بين من 12.02 % بعمر سبعة أيام إلى% 12.39 بعمر 180 يوما للنماذج بدون ألياف و من 11.85% بعمر سبعة أيام إلى 12.03% بعمر 180 يوما لنماذج الياف الكاربون 3% و من 11.71 % بعمر سبعة أيام إلى12.28% بعمر 180 يوما لنماذج ألياف الكاربون 5 % أما لنماذج أليـاف البولي بروبلين فقد أظهرت زيادة في النسبة المئوية لامتصاص الماء من 11.96 % بعمر سبعة أيام إلى 12.28 % بعمر 180 يوما لنماذج ألياف البولي بروبلين 0.5% و من 11.91 % بعمر سبعة أيام إلى 12.19% بعمر 180 يوما لنماذج ألياف البولي بروبلين 1 % وموضح في الجدول رقم (14) . لاحظ الأشكال (3 ، 4، 5، 6)

الاستنتاجات :

1- إن استخدام ألياف الكاربون في الخرسانة بنسبة 3% حجما قللت تدهور مقاومة الانضغاط بنسبة 11.5 % بعمر سبعة أيام أما لألياف الكاربون بنسبة 5 % حجما فكانت 23.3 % للنماذج المغمورة بمحلول حامض الكبريتيك المخفف بتركيز 10 %.
2- إن استخدام ألياف البولي بروبلين في الخرسانة بنسبة 0.5% حجما قللت تدهور مقاومة الانضغاط بنسبة 3.7 % بعمر سبعة أيام أما لألياف البولي بروبلين بنسبة 1 % حجما فكانت 4.3% للنماذج المغمورة بمحلول حامض الكبريتيك المخفف بتركيز 10 %.
3- إن إضافة ألياف الكاربون إلى الخرسانة أعطت نتائج أفضل من إضافة أليـاف البـولي بروبلين وذلك لكون خواص ألياف الكاربون أفضل من خواص ألياف البولي بروبلين .

المصادر

[1]. وزارة الصناعة والمعادن, الهيئة العامة للبحث والتطوير الصناعي، مركز بحوث الطاقة والبيئة ، " تقييم الواقع البيئي للشركة العامة لصناعة البطاريات لمعملي بابل (1و2) " ، 2008
[2]. Vossoughi F. , "Electrical Resistivity of Carbon Fiber Reinforced Concrete , " 2004 , 19 PP
www.ce.berkeley.edu.au

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[3]. Brown , R ., Shukla, A .and Natarajan , K . R. ,"Fiber Reinforcement of Concrete Structures ," University of Rhode Island , 2002.
[4]. Habasha, H., " Sulfuric Acid Resistance of High Performance Concrete Containing Silica Fume and High Range Water Reduction Agent , M .Sc , Thesis "University of Technology , Baghdad , 2000
[5].Dejke , V. , " Durability and Service Life Prediction GFRP for Concrete Reinforcement ,". valter@bm.chalmers.se
[6]. Neville, A . M . ,"Properties of Concrete ," 4th Edition , Pearson Education , 2005, PP.506 -508 .
[7]. American Society for Testing and Materials C143-01 , " Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar , " 2001.
[8]. British Standard BS 1881 : Part 116 : 1983 , " Method for Determination of Compressive Strength of Concrete Cubes , " 1983
[9]. American Society for Testing and Materials C597-02 , " Standard Test Method for Pulse Velocity through Concrete," 2002.
[10]. American Society for Testing and Materials C 642-97 , " Standard Test Method for Density , Absorption and Voids in Hardened Concrete," 1997.
[11]. American Society for Testing and Materials C 494 -04 , " Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete, " 2004
[12]. Hannant , D . J . , " Fiber Cement and Fiber Concrete , " John Wiley and Sons , 1978

جدول (1) : التحليل الكيميائي للسمنت المقاوم لأملاح الكبريتات

نوع المركب	النتائج (%)	الحدود المسموح بها حسب المواصفات العراقية رقم (5) لعام 1984
SiO_2	22.041	-
Al_2O_3	3.531	-
Fe_2O_3	3.783	-
CaO	63.21	-
MgO	2.282	لا تزيد عن 5%
SO_3	2.401	لا تزيد عن 2.5%
L.O.I	0.643	لا تزيد عن 4%
I.R	0.97	لا تزيد عن 1.5%
L.S.R	0.89	1.02-0.66
C_3A	1.7	لا تزيد عن 3.5 %

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول (2) : الخواص الفيزياوية للسمنت المقاوم لأملاح الكبريتات

الخواص	النتائج	الحدود المسموح بها حسب المواصفات العراقية رقم (5) لعام 1984
زمن التماسك الابتدائي	122 دقيقة	لا يقل عن 45 دقيقة
زمن التماسك النهائي	176 دقيقة	لا يزيد عن 10 ساعات
الثبات	1 ملم	لا يزيد عن 10 ملم
مقاومة الانضغاط بعمر 3 يوم	26.6 نيوتن /ملم^2	لا يقل عن 15 نيوتن / ملم^2
مقاومة الانضغاط بعمر 7 يوم	43 نيوتن / ملم^2	لا يقل عن 23 نيوتن / ملم^2

جدول (3) : التدرج المنخلي للرمل

قياس المنخل(ملم)	النسبة المئوية المارة %	الحدود المسموح بها حسب المواصفة العراقية رقم (45) لعام 1984 (zone 3)
9.5	100	100
4.75	95	100-90
2.36	93	100-85
1.18	79	100-75
0.6	61	79-60
0.3	28	40-12
0.15	0	10-0
معامل النعومة = 2.44	-	

ملاحظة : أجريت الفحوصات المختبرية و المبينة نتائجها في الجداول (1، 2،3) في مختبرات قسم هندسة البناء والإنشاءات / الجامعة التكنولوجية .

جدول (4) : خواص ألياف الكاربون

الخواص	النتائج [2]	النتائج [12]
الكثافة (كغم / م^3)	1850	1900
معامل المرونة (GPa)	300	380 – 230
مقاومة الشد (MPa)	2450	2600 – 1800
الاستطالة عند الكسر(%)	0.75	1 – 0.5

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول (5) : خواص ألياف البولي بروبلين

الخواص	النتائج [3]	النتائج [12]
الكثافة (كغم / م^3)	900	900
معامل المرونة (GPa)	1.4	Up to 8
مقاومة الشد (MPa)	33	400
الاستطالة عند الكسر(%)	20	8

جدول (6) : أنواع الخلطات المستخدمة في البحث

نوع الخلطة	الملدن المتفوق(لتر/100 كغم سمنت)	نسبة الماء / السمنت
بدون ألياف	2	0.5
3% ألياف الكاربون	2.25	0.5
5% ألياف الكاربون	2.6	0.6
0.5% ألياف البولي بروبلين	2.1	0.5
1% ألياف البولي بروبلين	2.15	0.5

جدول (7) : نتائج فحص مقاومة الانضغاط للنماذج المعرضة للماء

معالجة النماذج بالماء / أنواع الخلطات	(7) أيام	(28) يوما	(60) يوما	(90) يوما	(180) يوما
بدون ألياف	25.6	31.32	34.41	36.67	38.9
3 % ألياف الكاربون	27.43	34.68	37.8	39	40.21
5 % ألياف الكاربون	29.66	37.78	40	41.5	42.8
0.5 % ألياف البولي بروبلين	25.9	31.8	34.6	36.8	39.2
1 % ألياف البولي بروبلين	26.1	32.6	35	37.1	39.4

جدول (8): نتائج فحص مقاومة الانضغاط للنماذج المعرضة لمحلول حامض الكبريتيك المخفف

فترة التعرض للمحلول / انواع الخلطات	(7) أيام	(30) يوما	(60) يوما	(90) يوما	(180) يوما
بدون ألياف	30.4	28	25.34	23.9	23.6
3 % ألياف الكاربون	33.9	33.4	33.1	32.6	31.9
5 % ألياف الكاربون	37.5	37.2	36.8	36.5	36.2
0.5% ألياف البولي بروبلين	31.55	29.2	26.5	25	24.68
1 % ألياف البولي بروبلين	31.7	29.35	26.67	25.1	24.77

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- فترة التعرض للمحلول بعد معالجة النماذج بالماء مدة (28) يوما وتجفيفها باستخدام فرن كهربائي .

جدول (9): سرعة الموجات فوق الصوتية للنماذج المعالجة بالماء

نوع الخلطة	سرعة الموجات فوق الصوتية الطولية (كم/ثا)				
	7 أيام	28 يوم	60 يوم	90 يوم	180 يوم
بدون ألياف	4.03	4.06	4.08	4.09	4.11
3% ألياف الكاربون	4.23	4.31	4.37	4.4	4.43
5% ألياف الكاربون	4.3	4.44	4.51	4.57	4.64
0.5% ألياف البولي بروبلين	4.08	4.13	4.15	4.16	4.18
1 % ألياف البولي بروبلين	4.13	4.17	4.21	4.22	4.25

جدول (10) :سرعة الموجات فوق الصوتية للنماذج المعالجة بمحلول حامض الكبريتيك المخفف

نوع الخلطة	سرعة الموجات فوق الصوتية الطولية كم / ثا				
	7 أيام	28 يوم	60 يوم	90 يوم	180 يوم
بدون ألياف	4.06	3.85	3.72	3.61	3.5
3% ألياف الكاربون	4.33	4.2	4.13	4.07	4.04
5% ألياف الكاربون	4.46	4.37	4.31	4.3	4.27
0.5% ألياف البولي بروبلين	4.14	4.03	3.93	3.84	3.78
1 % ألياف البولي بروبلين	4.19	4.09	4.02	3.96	3.89

جدول (11) : الكثافة الكلية للنماذج المعالجة بالماء

نوع الخلطة	الكثافة الكلية (غم / سم ^{3})				
	7 أيام	28 يوم	60 يوم	90 يوم	180 يوم
بدون ألياف	2.01	2.05	2.06	2.07	2.09
3% ألياف الكاربون	2.09	2.16	2.2	2.24	2.27
5% ألياف الكاربون	2.15	2.23	2.27	2.3	2.34
0.5% ألياف البولي بروبلين	2.04	2.07	2.1	2.13	2.14
1 % ألياف البولي بروبلين	2.06	2.1	2.13	2.15	2.17

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول (12) : الكثافة الكلية للنماذج المعالجة بمحلول حامض الكبريتيك المخفف

نوع الخلطة	الكثافة الكلية (غم / سم ^{3})				
	7 أيام	28 يوم	60 يوم	90 يوم	180 يوم
بدون ألياف	2.06	2	1.95	1.88	1.8
3% ألياف الكاربون	2.18	2.15	2.12	2.1	2.08
5% ألياف الكاربون	2.26	2.24	2.23	2.21	2.2
0.5% ألياف البولي بروبلين	2.08	2.03	1.99	1.95	1.9
1 % ألياف البولي بروبلين	2.11	2.07	2.04	2.01	1.98

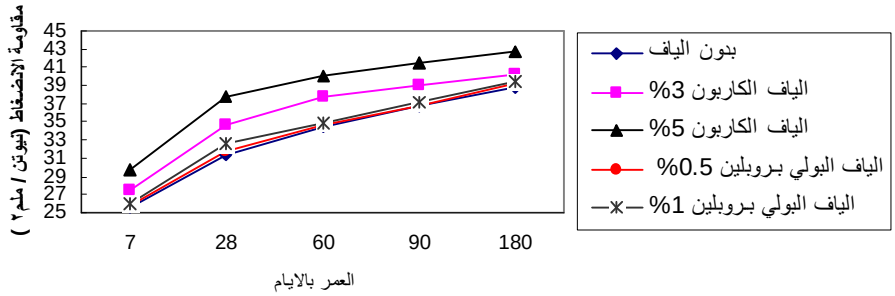
جدول (13): امتصاص الماء للنماذج المعالجة بالماء

نوع الخلطة	امتصاص الماء(%)				
	7 أيام	28 يوم	60 يوم	90 يوم	180 يوم
بدون ألياف	12.36	12.05	11.9	11.83	11.77
3% ألياف الكاربون	12.2	11.9	11.8	11.72	11.68
5% ألياف الكاربون	12.13	11.79	11.72	11.65	11.6
0.5% ألياف البولي بروبلين	12.3	11.93	11.88	11.78	11.71
1 % ألياف البولي بروبلين	12.26	11.88	11.83	11.74	11.65

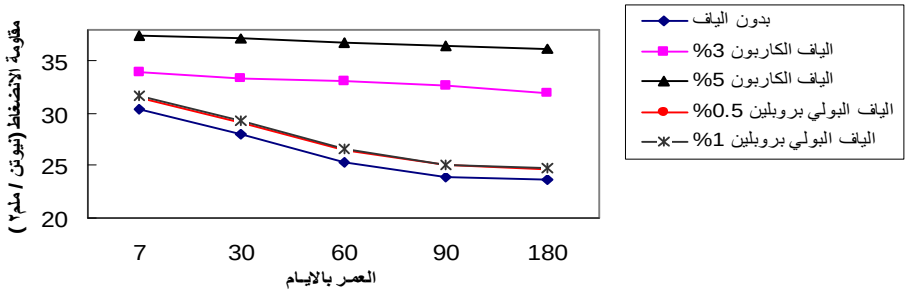
جدول (14) امتصاص الماء للنماذج المعالجة بمحلول حامض الكبريتيك المخفف

نوع الخلطة	امتصاص الماء(%)				
	7 أيام	28 يوم	60 يوم	90 يوم	180 يوم
بدون ألياف	12.02	12.1	12.18	12.25	12.39
3% ألياف الكاربون	11.85	11.9	11.95	11.98	12.03
5% ألياف الكاربون	11.71	11.76	11.79	11.81	11.85
0.5% ألياف البولي بروبلين	11.96	12.03	12.09	12.16	12.28
1 % ألياف البولي بروبلين	11.91	11.98	12.05	12.12	12.19

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

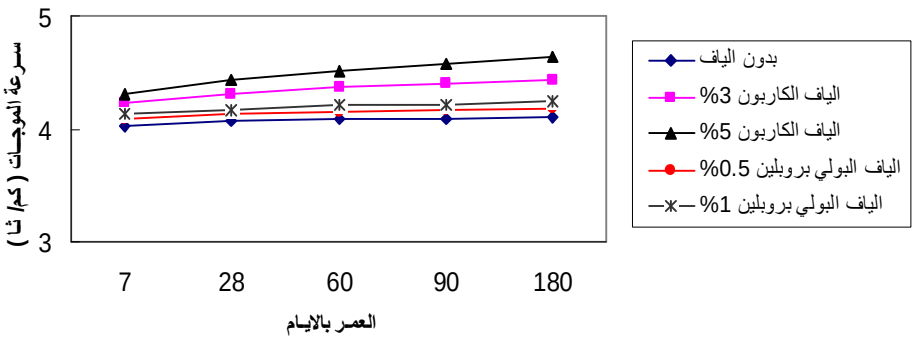


شكل (١) : مقاومة الانضغاط للنماذج المغمورة بالماء

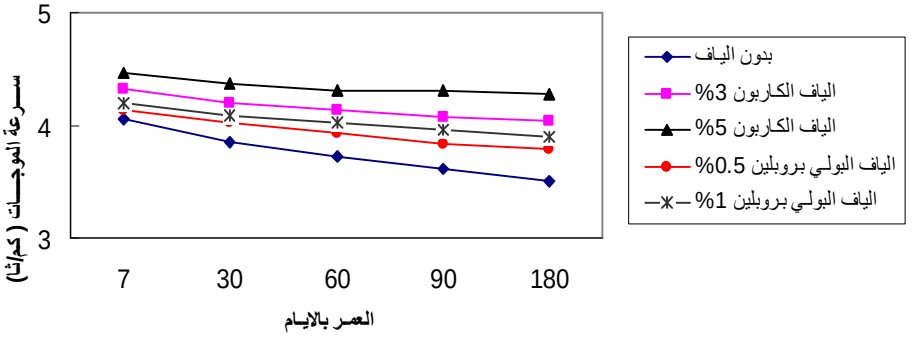


شكل(٢) : مقاومة الانضغاط للنماذج المغمورة بالمحلول

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

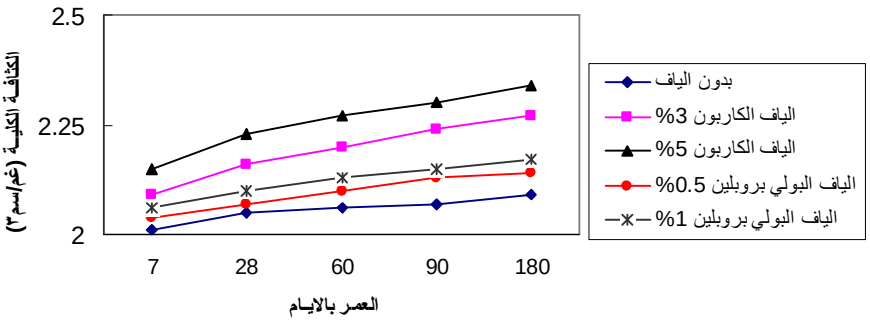


شكل(٣) : سرعة الموجات فوق الصوتية للنماذج المغمورة بالماء

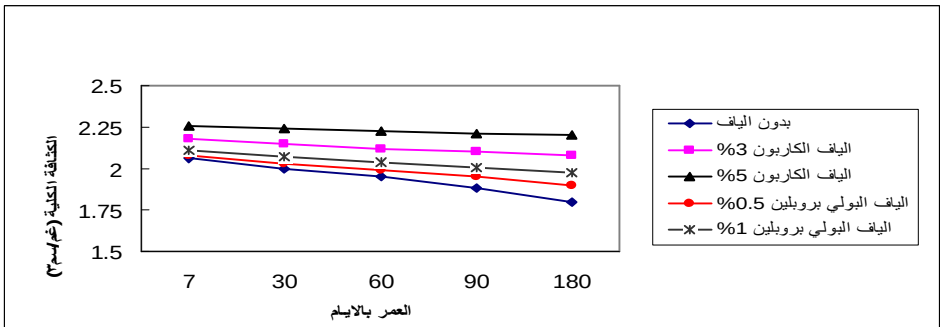


شكل(٤) : سرعة الموجات فوق الصوتية للنماذج المغمورة بالمحلول

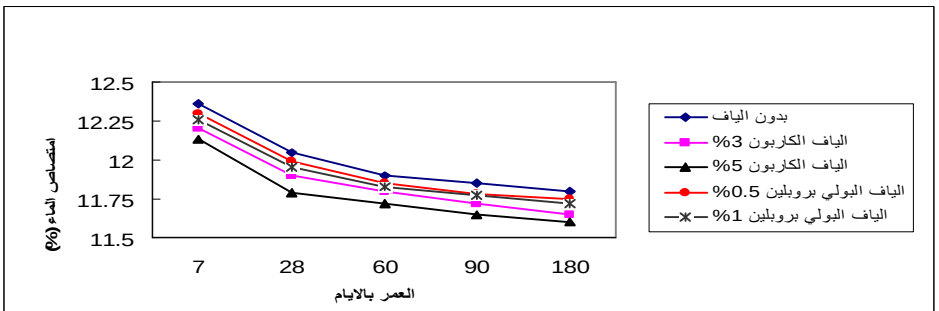
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل(٥) : الكثافة الكلية للنماذج المغمورة بالماء

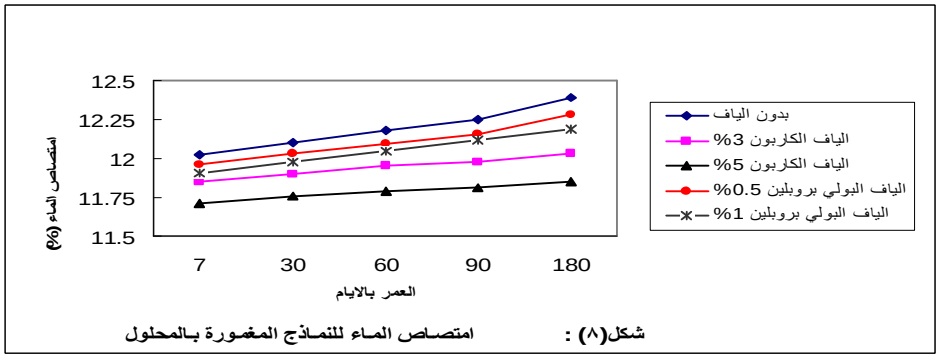


شكل(٦) : الكثافة الكلية للنماذج المغمورة بالمحلول



شكل(٧) : امتصاص الماء للنماذج المغمورة بالماء

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل(٨) : امتصاص الماء للنماذج المغمورة بالمحلول

صورة (1) : أرضية معمل البطاريات في الوزيرية المتآكلة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com