



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

## استخدام الخرسانة البوليمرية لمعالجة الأرضيات المعرضة للحوامض الكبريتية

مشروع سنوي مقدم الى  
الجامعة التكنولوجية قسم هندسة البناء والانشاءات فرع البناء وإدارة المشاريع  
وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في  
علوم هندسة مواد البناء

من قبل  
علي عبدالله عيادة

بإشراف  
د. زينب عامر شمس الدين

1431هـ



مستلم

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(وسع ربي كل شيء علما فلا تتذكرون)

صَدَقَ اللَّهُ الْعَلِيُّ الْعَظِيمُ

سورة الانعام (٨)

# الإهداء

بدانا بأكثر من يد وقاسينا أكثر من هم وعانينا الكثير من الصعوبات  
وهانحن اليوم والحمد لله نطوي سمر الليالي وتعب الأيام وخلاصة مشوارنا بين  
دفتي هذا العمل المتواضع .

إلى منارة العلم والامام المصطفى إلى الأمي الذي علم المعلمين إلى سيد الخلق  
إلى رسولنا الكريم سيدنا محمد صلى الله عليه واله وسلم .

إلى النبيوع الذي لا يمل العطاء إلى من حاكت سعادتي بخيوط منسوجة من  
قلبها إلى والدتي العزيزة .

إلى من سعى وشفى لأنعم بالراحة والهناء الذي لم يبخل بشئ من أجل دفعي  
في طريق النجاح الذي علمني أن أرتقي سلم الحياة بحكمة وصبر إلى  
والدي العزيز .

إلى من حبهم يجري في عروقي ويلهم بذكرهم فؤادي إلى أخواتي وأخواني  
إلى من سرنا سويًا ونحن نشق الطريق معًا نحو النجاح والإبداع إلى من تكا  
تفنا بدأ بيد ونحن نقطف زهرة وتعلمنا إلى زملائي وزميلاتي .

إلى من علمونا حروفا من ذهب وكلمات من درر وعبارات من أسمى وأجلى  
عبارات في العلم إلى من صاغوا لنا علمهم حروفا ومن فكرهم منارة تنير لنا  
سيرة العلم والنجاح إلى أساتذتنا الكرام .

علي عبدالله عيادة

## فهرست المحتويات

الفصل الأول _ المقدمة	
1	1-1 المقدمة
2	2-1 الغرض من البحث
3	3-1 استراتيجية البحث
الفصل الثاني _ استعراض البحوث السابقة	
4	1-2 المقدمة
4	2-2 البحوث السابقة
الفصل الثالث _ الخرسانة البوليمرية	
8	1-3 المقدمة
8	2-3 الخرسانة البوليمرية
9	3-3 انواع الخرسانة البوليمرية وتطبيقاتها في مجال الهندسة المدنية
9	1- 3-3 الخرسانة البلاستيكية Plastic Concrete (PC)
9	2-3-3 الخرسانة البوليمرية الأسمنتية Polymer Cement Concrete (PCC)
10	3-3-3 الخرسانة الأسمنتية المحقونة بالبوليمرات Polymer Impregnated Concrete (PIC)
11	4-3 التآكل في الخرسانة
12	5-3 تأثير الكبريتات على الخرسانة
13	5-3 حامض الكبريتيك

## الفصل الرابع - الجانب العملي

15	1-4 المقدمة
15	2-4 المواد الأولية
15	1-2-4 الاسمنت
16	2-2-4 الركام الناعم
17	3-2-4 البوليمر
18	4-2-4 طلاء الايبوكسي
19	5-2-4 حامض الكبريتيك المركز
19	6-2-4 الماء
19	3-4 الخلطات المستخدمة
19	1-3-4 خلطة المونة المرجعية (R)
19	2-3-4 خلطة المونة المعدلة بالبولىمر
20	4-4 تهيئة وصب النماذج
20	1-4-4 القوالب الفولاذية (50 * 50 * 50) ملم
20	2-4-4 الخلاط الكهربائي (mixer)
21	3-4-4 النسب الوزنية وتحضير المواد وصبها
21	4-4-4 معالجة النماذج
22	1-4-4-4 المعالجة الرطبة
22	2-4-4-4 المعالجة الجافة في الهواء
22	3-4-4-4 وضع النماذج بالحامض
22	5-4 الفحوصات والنتائج المختبرية
22	1-5-4 فحوصات مقاومة الانضغاط
25	2-5-4 فحص الموجات فوق الصوتية

26	1-2-5-4 طريقة إجراء فحص الموجات فوق الصوتية
28	2-2-5-4 نتائج فحص الموجات فوق الصوتية
29	3-5-4 الكثافة الكلية

الفصل الخامس _ مناقشة النتائج	
30	1-5 المقدمة
30	2-5 النتائج ومناقشتها
الفصل السادس _ الاستنتاجات والتوصيات	
35	1-6 المقدمة
35	2-6 الاستنتاجات
38	3-6 التوصيات

## الخلاصة :

يهدف البحث الى دراسة امكانية تحضير وتصنيع الخرسانة البوليمرية وبنسب مختلفة من المادة الرابطة ( البوليمرية ) والمالئات ( السيليكات، الرمل و الحصى )، لغرض استخدامها كموايد بناء غير تقليدي كبديل للخرسانة الاسمنتية نظرا لمواصفاتها الميكانيكية العالية وتحملها للرطوبة والتآكل.

تمت دراسة الخواص الميكانيكية والفيزيائية لجميع نماذج الخرسانة البوليمرية والتي تم تصنيعها مختبريا وباستخدام استايرين بيوتادين ربر (Styrene Butadiene Rubber) بنسبة اضافة (5%، 7%، 10%) من وزن الاسمنت، كذلك استخدم طلاء الايبوكسي . أمكن تصنيع نماذج من المكعبات بأبعاد (50 \* 50 \* 50) ملم من المونة الاسمنتية مختلفة بنسبة خلط (3:1) اسمنت ورمل لكل الخلطات المونة الاسمنتية ونسبة ماء/الاسمنت (0.45-0.4) وبمواصفات تؤهلها للاستخدام كموايد بناء غير تقليدي مقاومة للحوامض الكبريتية وخاصة حامض الكبريتيك ( $H_2SO_4$ ) المخفف بنسبة (10% & 15%) من تركيزه الاصلي صبت النماذج ووضع قسم منها في الماء وهي المعالجة الرطبة والقسم الاخر ترك في الهواء ليجف وهي المعالجة الجافة بعمر (28، 60، 90) يوم الكلا المعالجتين وبعد اكتمال (28) يوم من الصب اخذت نماذج ووضع داخل الحامض.

اجريت الفحوصات المختبرية ولوحظ ازدياد مقاومة الانضغاط للنماذج الخلطة المرجعية قبل وضعها في الحامض وهذا يدل على استمرار عملية الاماهة للاسمنت بينما انخفضت المقاومة بعد وضعها في الحامض

ان مقاومة الانضغاط للخلطة المعدلة بالبولىمر تنخفض مقارنة مع الخلطة المرجعية لكل الاعمار وهذه النتائج متوافقة مع البحوث السابقة حيث اشارة الى ان اضافة البولىمر لايحقق زيادة في مقاومة الانضغاط وهذا يعزى الى ان طور امهة غشاء البولىمر يسبب اعاقه جزئية لطور امهة الاسمنت. تاكل جميع النماذج الموضوعة داخل الحامض بتركيز (15%) من تركيزه الاصلي.

تاكل جميع النماذج الموضوعة داخل الحامض بتركيز (15%) من تركيزه الاصلي بعد مرور (28) يوم من وضعها فيه. كذلك النماذج الموضوعة داخل الحامض بتركيز (10%) من تركيزه الاصلي بعد مرور نفس الفترة وهذا خلاف ماخطط له في البحث نتيجة هذا التفاعل مع الحامض تكون مركب الجبس  $(CaSO_4 \cdot 2 H_2O)$  .



# الفصل الأول

## المقدمة

## 1-1 المقدمة :

تعدُّ الخرسانة في عصرنا الحاضر من مواد الإنشاء الأولى، فلا يوجد حقلٌ من حقول الهندسة إلا وتتصدر الخرسانة أولى مواد الإنشائية، والفضل في ذلك يعود إلى الصفات الهندسية للخرسانة التي تميزها عن غيرها من مواد البناء الأخرى، كقابليتها للتقوُّلِب واقتصاديتها ومتانتها العالية، فضلاً عن مقاومتها العالية للحرارة، وإمكانية صبها في المكان وأيضاً الشكل الجمالي الذي تعطيه للعناصر الإنشائية المنفذة منها.

إن الخسائر الاقتصادية الكبيرة التي يسببها تآكل الخرسانة، قد جعلت منها المشكلة الكبرى للبنية التحتية في الدول الصناعية، وخلال العقود الثلاثة الماضية بلغت هذه المشكلة نسباً مقلقة، أدت إلى تكاليف إصلاح عالية إن كان في الخرسانة أو في حديد التسليح الذي يهاجم ويتآكل بالأوساط الكيميائية القاسية نتيجة نفوذية الخرسانة، وهذه التكاليف تجاوزت تكاليف الإنشاء الأولية، تفادياً لانهيار المنشآت في حالات خاصة [1] .

في الوقت الحاضر هنالك اهتمام عالمي واسع في تكنولوجيا الخرسانة نحو تحسين ديمومة الخرسانة، اليوم ونتيجة للتقدم التكنولوجي الهائل أصبح من الممكن استعمال مدى واسع من المواد في صناعة الخرسانة. إن أحد أهم الطرق لتحقيق ذلك هو باستخدام المواد البوليمرية والتي أصبحت واسعة الاستخدام حول العالم. هنالك العديد من البحوث المتوفرة حول ديمومة الخرسانة المطورة بالبوليمر للبيئات القاسية (مثل أيونات الكلوريدات والكبريتات) ولكن هنالك نقص واضح في الدراسات التي تهتم بسلوك الخرسانة المطورة بالبوليمر تحت تأثير الحوامض وخصوصاً التراكيز المخففة منها [2] . يمكن أن تضاف المواد البوليمرية على خليط المواد الخرسانية الاسمنتية مما سيكسبها قوة ميكانيكية من جهة ومقاومة عالية للماء والملح والتعرية من جهة أخرى [3] .

إن البوليمر كلمة لاتينية تتكون من مقطعين بولي (poly) وتعني متعدد والمقطع (mer) وتعني جزء أي متعدد الجزيئات [4] . تستخدم البوليمرات على نطاق واسع في الصناعات وكذلك قطاع الإنشاءات بما يعرف بالخرسانة البوليمرية (polymer concrete) وخاصة في الأماكن المعرضة للمياه والسوائل المختلفة نظرا لما يتمتع به هذا النوع من الخرسانة من مواصفات عالية، كما تستخدم في أعمال التبليط الطرق كبديل عن التبليط بالاسفلت بسبب ديمومتها العالية (مقاومتها للظروف البيئية والخدمية ) بالإضافة إلى مقاومتها العالية [5].

## 2-1 الغرض من البحث

يتم في هذا البحث دراسة تأثير إضافة البوليمر استايرين بيوتادين ربر ( SBR ) ( Styrene Butadiene Rubber ) على خصائص الخرسانة كمثال واقعي لكي يعطينا نظرة على مدى تأثير إضافة البوليمر إلى الخرسانة للحصول على منتج من الخرسانة مضاف لها مادة كيميائية متوافقة من حيث الخواص يمكن استعمالها مع كافة أنواع السمنت البورتلاندي الاعتيادي واستخدام طلاء الايبوكسي على أن يكون هذا المضاف متعدد الأغراض واقتصادي و يعمل على تحسين المقاومة و المرونة وذات قوة ربط عالية ومقاوم للمواد الكيميائية... الخ .

### 3-1 استراتيجية البحث

يتضمن البحث ستة فصول ، يشمل الفصل الأول المقدمة العامة بالإضافة إلى الغرض من البحث واستراتيجية البحث أما الفصل الثاني فيتم توضيح وإدراج أهم البحوث السابقة التي لها علاقة بالموضوع والفصل الثالث التعرف على الخرسانة البوليمرية وتطبيقاتها في الهندسة المدنية . اما الفصل الرابع يشمل الأعمال المختبرية من تهيئة المواد الأولية وفحصها وصب النماذج وإجراء المعالجة اللازمة لها وأخيرا إجراء أهم الفحوصات الميكانيكية والفيزيائية وإدراجها في جداول، أما الفصل الخامس فيتضمن مناقشة نتائج الفحوصات ومقارنتها مع المواصفات العالمية وتوضيح ذلك بمخططات . والفصل السادس والأخير يحتوي على أهم الاستنتاجات والتوصيات المستقبلية للبحث .

الفصل الثاني

البحوث السابقة

## 1-2 المقدمة:

يتضمن هذا الفصل استعراض للبحوث المحلية والعالمية ذات العلاقة بالخرسانة البوليمرية بشكل عام مع التركيز على الخرسانة المضاف لها الستايرين بيوتادين ربر (SBR) .

## 1-2 البحوث السابقة

في عام 1923 ظهر لأول مره مفهوم تطوير الخرسانة بالبوليمر من قبل (Cresson) حيث استخدمت مواد أكساء طرق تتكون من مستحلبات المطاط الطبيعي (natural rubber latexes) وتم استخدام الإسمنت كماده مائه (filler) [6] .

في عام 1978 قام (Nagaaraj) [6] وآخرون بأجراء دراسة للخرسانة وبعض المواد المستخدمه في تطويرها كالألياف والبوليمرات، من ضمن هذه الدراسة قام الباحثون بأجراء عملية مسح لاستخدام الخرسانة المغمورة بالبوليمر لغرض دراسة خواصها الميكانيكية والسبل ألكفيله بتطويرها لغرض الحصول على طريقه اقتصاديه لإنتاج هذا النوع من الخرسانة.

في عام 1978 قام (Ohama & Fukuchi) [6] بالبحث عن طرق إنتاج الخرسانة العالية المقاومة ومن ضمن ماتم دراسته الخرسانة المغمورة بالبوليمر حيث تم الحصول على مقاومة انضغاط تتراوح بين (224-249) نيوتن/ملم<sup>2</sup> للخرسانة المغمورة ببوليمر البوليستايرين باستخدام التسخين الحراري المغلق وبنسب خلط مختلفة وباستخدام الإسمنت البورتلاندي الاعتيادي.

في عام 1994 قام (Walters.DG.) [6] وآخرون بتجارب اضافة البوليمرات على شكل مساحيق وقد لوحظ زيادة قوة الربط وتقليل النفاذية وزيادة معايير الكسر وديمومة اكثر.

في عام 1996 قام (Fu.X.L.) [6] وآخرون بتحسين مقاومة الربط بين الياف الكربون والسمنت بواسطة اضافة بوليمر من نوع (methyl cellulose) الى خليط السمنت وقد أعطت النتائج تحسن اكبر في مقاومة الربط وفي هذه الطريقة تمت معالجة الخرسانة بالاوزون.

في عام 2000 قام الباحث (عبدالقادر اسماعيل) [6] دراسه خواص الخرسانة الخالية من الركام الناعم بعد اضافة بوليمر (SBR) حيث لاحظ من خلال الفحوصات المختبرية زيادة واضحة في مقاومة الانضغاط ومعايير الكسر والكثافة بشكل واضح.

في عام 2001 قام الباحث (البديري عدنان) [9] بدراسة امكانية انتاج خرسانة بوليمرية عالية الاداء ومتينة باستخدام مستحلب (SBR) واستخدام المضاف المقلل للماء بدرجة متفوقة في هذه الدراسة وكذلك دراسة التأثير المشترك لمستحلب (SBR) والمضاف المقلل للماء بدرجة متفوقة. ان استخدام مستحلب (SBR) بنسبة 7% من وزن الاسمنت يؤدي الى تحسينات كبيرة في الخواص الفيزيائية والميكانيكية للخلطات الخرسانية .

في عام 2006 قام الباحث (أحمد سلطان علي) [21] بدراسة الخواص الميكانيكية والديمومة لخرسانة المواد الناعمة الفعالة والمطورة بالبوليمر والمعرضة للمنتجات النفطية. الغرض الاساسي من الدراسة هو تحويل خرسانة المساحيق الفعالة لكي تتضمن الحصى

والبوليمر (SBR) والميتاكاوولين عالي الفعالية في الخلطة ودراسة تأثير المواد الجديدة على خواص الخلطة الخرسانية من حيث متطلبات ماء الخلط والخواص الميكانيكية والديمومة بعد التعرض لنوعين من المشتقات النفطية (زيت الغاز والنفط الابيض) خلال 180 يوم من خلال اربع مجاميع من الخلطات كل مجموعة تتضمن ثلاث انواع من الخلطات.

في عام 2007 قام الباحث (حسن صنيح ) [2] بدراسة اداء الخرسانة المطورة بالبوليمر والمعرضة لتأثير ثلاثة تراكيز مخففة من حامض النتريك باستعمال نوعين من المواد البوليمرية (مطاط الستارين بيوتادين وراتنج الايبوكسي) وتم اضافة المادتين بنسب (5,10,15) % من وزن الاسمنت واثبتت النتائج بان اضافة المواد البوليمرية يؤدي الى تحسين مهم في جميع خواص الخرسانة وفي جميع الاعمار حيث ان هنالك زيادة في مقاومة الانضغاط و مقاومة الشد و مقاومة الانثناء ومعامل المرونة الساكن وصلابة الانثناء والامواج فوق الصوتية ومعامل المرونة الديناميكي و مقاومة الصدم ، بينما هنالك انخفاض في المسامية والامتصاص السطحي والامتصاص الكلي واختراق ايون الكلوريد وانكماش الجفاف والنفذية للاعمار كافة ان نسب التحسن هذه تتناسب طرديا مع الزيادة في نسبة البوليمر الاسمنت واستخدام راتنج الايبوكسي فيما عدا تلك الحاصلة بمقاومة الانضغاط حيث ان نسبة الزيادة تتناقص مع زيادة محتوى البوليمر.

في عام 2008 قام (ملحم عصام و حنا بسام) [1] بدراسة مقاومة الخرسانة على الضغط وتأثيرها في مقاومة الأوساط الحامضية وإخضاعها إلى وسطين حامضيين قاسيين هما حامض الكبريت وحامض الآزوت بتركيز (3 %) وقيمة  $PH \leq 4$  ، تشير نتائج غمر العينات الخرسانية بالحامض، وغير المطلية بالبوليمر أو الايبوكسي إلى نقص وزن العينات وانخفاض مقاومتها. وكانت نسبة النقص في المقاومة أعلى في العينات ذات المقاومة الأعلى على الضغط، في



حين لم تتأثر مقاومات العينات المحفوظة بالحامض والمظلية بالبولمير. وهذا يشير إلى أن معالجة سطوح الخرسانة بطلاءات ذات مقاومة كيميائية عالية أفضل كثيرًا من تحسين مقاومتها على الضغط، ضمن الشروط المعتمدة في البحث والممكنة عمليًا ومحلّيًا .

في عام 2008 قام (سركيس زاربه) [3] وجماعته الى دراسة امكانية تحضير وتصنيع الخرسانة البوليمرية وبنسب مختلفة من المادة الرابطة ( البوليميرية ) والمالئات ( السيليك، الرمل و الحصى ) لغرض استخدامها كمواد بناء غير تقليدي كبديل للخرسانة الاسمنتية نظرا لمواصفاتها الميكانيكية العالية وتحملها للرطوبة والتآكل. تمت دراسة الخواص الميكانيكية والحرارية والفيزيائية لجميع نماذج الخرسانة البوليمرية والتي تم تصنيعها مختبريا وباستخدام راتنج البولي استر الغير مشبع كمادة اساس رابطة ولنسب مختلفة من المالئات .

أمكن تصنيع نماذج خرسانية مختلفة وبمواصفات تؤهلها للاستخدام كمواد بناء غير تقليدي وذلك باستخدام نسب وانواع مختلفة من المالئات، حيث تم تصنيع المرمر والكاشي الصناعي بالاضافة الى اعمدة وبلاطات من الخرسانة البوليمرية وبمواصفات ميكانيكية وحرارية وبسرعة انجاز عالية.

# الفصل الثالث

## الخرسانة البوليمرية

## 3-1 المقدمة

يهدف هذا الفصل الى التعرف على الخرسانة البوليمرية وماهي انواعها وتطبيقاتها في الهندسة المدنية والتعرف على التاكل في الخرسانة و تأثير الكبريتات على الخرسانة ايضا التعرف على حامض الكبريتيك وبعض استخداماته .

## 3-2 الخرسانة البوليمرية

البوليمر أو الراتنج هو أسم لمادة عضوية تتكون من العديد من الجزيئات المتشابهة ذات الوزن الجزيئى المرتفع والجزئ الواحد من هذه الجزيئات يسمى مونومر. أما الخرسانة الراتنجية فهي خرسانة خاصة يتم الحصول عليها بمعاملة الخرسانة العادية بمواد البوليمر التي تعمل كمواد لاحمة أو مألئة للفراغات بين حبيبات الركام . وتمثل المواد البوليمرية حوالى 6 إلى 15% من وزن الخرسانة ومن أمثلتها مواد أو مركبات البوليستر و الأيبوكسى وقد تصل تكاليف خرسانة البوليمر حوالى (2-3) مرات تكاليف الخرسانة العادية [ 7 ] ويعيب البوليمرات العضوية ضعف مقاومتها للحريق ودرجات الحرارة المرتفعة [ 6 ] . ومن مميزاتها مقاومة ضغط عالية (1000 كجم/سم<sup>2</sup>) ومقاومة شد ( 100 كجم/سم<sup>2</sup> ) مقاومة عالية للانكماش والعوامل الخارجى [8]. وان امتصاص هذه الخرسانة للماء يكون قليل جدا نظرا لملى المسامات وسدها بغشاء البوليمر مما يؤدي الى انخفاض نفاذية هذا النوع من الخرسانة [6].

### 3-3 انواع الخرسانة البوليمرية وتطبيقاتها في مجال الهندسة المدنية

#### 3-3-1 الخرسانة البلاستيكية Plastic Concrete (PC)

عبارة عن ركام متماسك مع بعضه بواسطة مادة رابطة من البوليمرات. والخرسانة البلاستيكية لها خواص ميكانيكية عالية وزمن معالجتها قصير ولها إنكماش قليل جدا ومقاومة عالية للكيميائيات وتتوقف الخواص على نوع الراتنج المستخدم وكميته في الخلطة ومن أهم الأنواع المستخدمة (الأيبوكسي و البولي استر و الفينول فورمالدهيد و فورفورال أستيون ) وتطبيقاتها في مجال الهندسة المدنية [7] :

أ- طبقة حماية سطحية لأسطح الجسور (Bridges) والمصانع وأماكن الخدمات والسلالم

والخرسانة المسلحة ومسبقة الصب .

ب- ترميم الخرسانة التي حدثت بها تشققات نتيجة الحرارة أو الإنكماش أو الاهتزازات .

ت- لصق الخرسانة الحديثة والقديمة أو الوحدات مسبقة الصب .

ث- لصق الخرسانة على المعادن كطريقة للتقوية والتسليح الخارجي .

#### 3-3-2 الخرسانة البوليمرية الأسمنتية Polymer Cement Concrete (PCC)

وهي التي تصنع بخلط الأسمنت والركام ويضاف إليها ماء الخلط المضاف إليه الراتنج .

أي أنها خرسانة تقليدية مع إحلال جزء من ماء الخلط بواسطة مواد راتنجية. ومن أهم المونومرات

الشائعة الاستخدام كإضافة للخرسانة (فينيل اسيتات، فينيل كلوريد، الإكريلات، مستحلبات

البيتومين، المطاط و الإيبوكسيات ) تطبيقات هذا النوع من المواد يشمل لصق البلاط والحقن

وتسوية السطوح واكساء ارضيات الجسور [7].

### 3-3-3 الخرسانة الأسمنتية المحقونة بالبوليمرات Polymer Impregnated Concrete (PIC)

وهي الخرسانة الأسمنتية المتصلبة والتي سبق صبها ويتم حقنها أو غلغلتها بواسطة مونومرات ذات لزوجة منخفضة ثم تتم البلمرة لهذه المونومرات بعد ذلك وهي داخل الخرسانة وتنقسم إلى ثلاثة أنواع [7]:

- أ- الخرسانة المغمورة كلياً : وتستخدم لمقاومة درجات الحرارة العالية أو عند التعرض إلى المياه المالحة. وفيها يتم بدعتنشيط عملية البلمرة وذلك أما بالإشعاع أو بالحرارة وأهم المونومرات التي تستخدم في هذه الطريقة هي ( الميثيل ميثا كريات، الستيرين و الكلوروستيرين ) [7].
- ب- الخرسانة المغمورة جزئياً : يتم عمل هذه الخرسانة كأسلوب لتبسيط عملية الغمر وتقليل التكاليف وذلك لاستيفاء التطبيقات التي تتطلب المتانة أكثر من القوة وأهم المواد المستخدمة في هذه الطريقة هي (البولي إسترسترين و الميثيل ميثا كريات ) وتتأثر خواص الخرسانة الناتجة بدرجة كبيرة بعمق الغلغلة بالبوليمر وبالتالي مقدار التشبع به وبصفة عامة فإن الخرسانة المغمورة جزئياً تعطى نتائج عالية جداً وإن كانت أقل نسبياً من الخرسانة المغمورة كلياً. [7]
- ت- الخرسانة المغمورة سطحياً : وهي شبيهة بالخرسانة المغلغلة جزئياً وإن كانت المونومرات المستخدمة في هذه الطريقة لها لزوجة منخفضة وبالتالي فهي أكثر تطايراً ولها معدلات بطيئة في الاختراق داخل الخرسانة وهذه الطريقة من الغمر مناسبة في جسور (Bridges) الطرق السريعة. [7]

تطبيقاتها هذا النوع من الخرسانة في مجال الهندسة المدنية :

- أ- خرسانة محطات تنقية المياه المالحة (مقاومة الحرارة & المواد الكيماوية).

ب-أرضيات الجسور (Bridges) المسبقة الجهد (prestressed) .

ت-الدعامات الخرسانية لأسقف مناجم الفحم.

ث-الأنفاق والمنشآت تحت الماء.

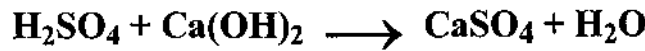
ج-قواعد المضخات والمنشآت البحرية والخرسانة الخفيفة.

ح-أنابيب الصرف الصحي .

### 4-3 التآكل في الخرسانة

التآكل في المنشآت من أهم المشكلات التي تؤرق العاملين في حقل الإنتاج والتشغيل والصيانة فهو التفتت الناتج عن تفاعل مادتين أو أكثر أو مكوناتهما في وجود وسط مساعد كالحرارة والرطوبة والأملاح، كما أنه إفساد للمادة أو خواصها نتيجة تفاعلها مع المؤثرات الخارجية أو الداخلية بحيث يفقد المنشأ مواصفاته التصميمية والغرض من استخدامه ، فالمنشآت الصناعية و الأبنية السكنية والصحية والبحرية والجسور والمطارات كلها تتأثر سلبا بالتآكل في حال إهمال علاجه ويحتاج إلى تكاليف باهظة لإعادة استثمارها وتشغيلها ، لذا نحن مدعوين إلى البحث عن أفضل الحلول لتجنب حدوثه والإقلال من أضراره على المنشآت وعلاجها[10]. وبصفة عامة ، الأسمنت بورتلاندي ليس لديه مقاومة جيدة للأحماض [11]. وقد درس كثير من الباحثين، الدور الذي يمارسه تآكل الخرسانة في ديمومتها، ولا بد من التأكيد أن مسألة حماية الخرسانة ليست مسألة هندسة إنشائية فحسب، بل هي بوضوح حقل متعدد الفروع من العلم والهندسة فمعرفة كهروكيميائية التآكل،وكيميائية البيئة، والبنية المجهرية للجسم الصلب، والتأثيرات المتعددة في عملية التآكل يعدُّ ضروريًا جدًا من أجل المساهمة في تطوير المقاومة الميكانيكية والكيميائية للخرسانة وتحسينها[1]. وبالتالي ان الأحماض جميعها

ضارة بالخرسانة حيث إنها تتفاعل مع مونه الأسمنت الأمر الذي يؤدي الى نقص التماسك بين حبيبات الركام و بالتالي تفتت الخرسانة السطحية [12]. مثلاً عند تعرض الخرسانة الى حامض الكبريتيك ( $H_2SO_4$ ) فانه سوف يتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم  $(Ca(OH)_2)$  الموجود في الخرسانة ويكون ناتج التفاعل الجبس  $(CaSO_4 \cdot 2 H_2O)$  كما في التفاعل الكيميائي ادناه [13].



### 3-5 تأثير الكبريتات على الخرسانة

تعتبر المناطق الواقعة بالقرب من البحار ذات طبيعة بيئية ضارة بالخرسانة وحديد التسليح أعمال الخرسانة في التربة الكبريتية. الكبريتات هي مواد أملاح معدنية طبيعية توجد في التربة أو المياه . بعض أنواع التربة غنية بالجبس والتي هي نوع من كبريتات الكالسيوم  $(CaSO_4)$  وكذلك كبريتات المغنيسيوم  $(MgSO_4)$  عندما تبطل التربة بسبب السقاية أو المطر فإن بعض هذه الكبريتات تذوب في الماء وتتخلل إلى الخرسانة ذات النوعية غير الجيدة والتي تحتوي على مسامات كثيرة عندها تبدأ مهاجمة الكبريتات للخرسانة بالظهور على شكل شقوق شعرية أو على شكل بودة بيضاء تدعى Efflorescence ولكن يجب ملاحظة أنه ليس كل بودة بيضاء تظهر على الخرسانة تدل على مهاجمة الكبريتات للخرسانة . وأفضل طريقة للتأكد من ذلك هو إجراء الفحص الكيميائي. وعندما تتخلل الكبريتات إلى مسامات الخرسانة تبدأ بالتفاعل مع مركباتها أي مع الملاط الأسمنتي ثم يبدأ التفاعل بتدمير هذا الملاط الذي يغلف حبيبات الركام ويربطها بقوة وعندما تجف الكبريتات تتكون مواد جديدة تدعى Ettringite على

شكل بلورات تحتل الفراغات الموجودة في الخرسانة وعندما تستمر هذه العملية فإنها تسبب تشقق الملاط الأسمنتي أكثر وأكثر وتسبب التشقق للخرسانة عندها تزداد نفاذية الخرسانة وتزداد وتيرة هذه العملية ويبدأ حديد التسليح بالتعرض أكثر لعوامل التآكل وفي نهاية الأمر تبدأ الخرسانة بالتفتت وتفقد ترابطها مع حديد التسليح اويقل عمر الخرسانة المسلحة بشكل كبير وتبدأ العناصر الخرسانية بالتشظي والسقوط [10].

### 5-3 حامض الكبريتيك :

يعتبر حامض الكبريتيك مادة كيميائية سائلة زيتية الشكل عديمة اللون والرائحة، تتفاعل كيميائياً مع جميع المواد الكيميائية الأخرى. وتستخدم على نطاق واسع في معظم الصناعات الكيميائية المهمة . تستخدم مادة حمض الكبريتيك في صناعات عديدة، منها على سبيل المثال [14]:

أ- معالجة المياه.

ب- صناعة البطاريات

ت- صناعة الأسمدة الكيماوية (الأسمدة الفوسفاتية والمركبة والسائلة).

ث- صناعة الصابون والمنظفات.

ج- صناعة بعض مشتقات البترول

ح- صناعة الورق

خ- صناعة الحديد والنحاس و سحب الألمنيوم.

د- صناعة البتروكيماويات.



# الفصل الرابع

## الجانب العملي

## 1-4 مقدمة عامة:

في هذا الفصل يتم شرح الأعمال المختبرية كافة من خلال التطرق إلى خواص ونوع المواد المستخدمة في البحث ومصادرها إضافة إلى المواصفات الفنية المتعلقة بها كما يتم التطرق إلى كيفية تهيئة الخلطات الخرسانية المستخدمة والنماذج وأهم الفحوصات الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية للمواد الأولية .

## 2-4 المواد الأولية:

## 1-2-4 الاسمنت

استخدم اسمنت بورتلاندي اعتيادي من انتاج معمل طاس لوجة في السليمانية وتم اجراء الفحوصات الخاصة في مختبر الخرسانة للجامعة التكنولوجية قسم هندسة البناء والانشاءات كما موضح في جدولان (4- 1) و(4- 2) نتائج الخواص الفيزيائية و التحليل الكيميائي وتبين النتائج ان السمنت مطابق بموجب المواصفات العراقية رقم (5) لسنة 1984 .

جدول (1-4) الخواص الفيزيائية لمادة الاسمنت

الفحص	النتائج	حدود المواصفة العراقية رقم (5) لسنة 1984
زمن التماسك الابتدائي	130 دقيقة	لا يقل عن 45 دقيقة
زمن التماسك النهائي	176 دقيقة	لا يقل عن 10 دقيقة
الثبات	0.5 mm	لا يزيد عن 10 ملم
مقاومة الانضغاط بعمر (3) ايام	27.7 N/mm <sup>2</sup>	لا يقل عن 15 N/mm <sup>2</sup>
مقاومة الانضغاط بعمر (7) ايام	29.9 N/mm <sup>2</sup>	لا يقل عن 23 N/mm <sup>2</sup>

## جدول (2-4) نتائج التحليل الكيميائي لمادة الاسمنت

حدود المواصفة العراقية رقم (5) لسنة 1984	محتواها (%)	الأكاسيد الداخلة بتكوين الاسمنت
–	20.24	SiO <sub>2</sub>
–	4.55	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
–	3.11	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
–	62.51	CaO
لا تزيد عن 5%	3.41	MgO
لا تزيد عن 2.5%	2.21	SO <sub>3</sub>
لا تزيد عن 4%	3.60	L.O.I
لا تزيد عن 1.5%	1.28	I.R
1.52-0.66	1.01	L.S.R
–	6.8	C <sub>3</sub> A
–	13.3	C <sub>2</sub> S
–	59.342	C <sub>3</sub> S
–	9.5	C <sub>4</sub> AF

## 2-2-4 الركام الناعم

استخدم الرمل المستخرج من مقلع الاخضر مغسول ومجفف بفرن التجفيف بدرجة حرارة 70°م ومار من منخل رقم # 16 ( 1.18mm ). واستخدم الرمل المستخرج من مقلع الاخضر كركام ناعم في كافة الخلطات وان تدرجه المنخلي موضح في الجدول (2-4) وهو مطابق للمواصفة العراقية رقم 45 لسنة 1984 ضمن تدرج المنطقة الثالثة وبينت الفحوصات الفيزيائية للوزن النوعي والامتصاص ومحتوى الاملاح الكبريتية للركام الناعم

كما في الجدول (4-4). أجريت الفحوصات في مختبر الخرسانة للجامعة التكنولوجية قسم هندسة البناء والإنشاءات .

جدول (3-4) التدرج المنخلي للرمل المستخدم

قياس المنخل (mm)	النسبة المئوية المارة	حدود المواصفة العراقية رقم (5) لسنة 1984
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

جدول (4-4) الفحوصات الفيزيائية للركام الناعم

الناتج	الفحص
2.6	الوزن النوعي
1.6	الامتصاص (%)
0.27	محتوى الأملاح الكبريتية (%)

#### 3-2-4 البوليمر

مادة بوليمرية من الستايرين و البيوتادين (GIC SBR EXTRA) على هيئة لاتكس (Latex) من انتاج شركة الخليج الدولية للكيماويات ، مصمم خصيصا " للاستعمال في كافة اعمال البناء عند الحاجة الى تحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية لخرسانة الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي [17]. والخواص لهذه المادة مبينة في الجدول (4-5) .

الجدول (5-4) الخواص الفيزيائية والكيميائية لبوليمر الستايرين بيوتلايدين ربر (SBR) [17]

الخواص	الوصف
المظهر	مستحلب ابيض
الكثافة النوعية	$1.02 \pm 0.02 @ 25^{\circ}\text{C}$
الدالة الحامضية PH	7-10.5
مقاومة التجمد والانصهار	ممتاز
محتوى الكلوريدات	لا شيء
قابلية الاشتعال	غير قابل للاشتعال
التوافقية	يمكن استعماله مع كافة انواع الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي

#### 4-2-4 طلاء الايبوكسي

من انتاج شركة (X-Calibur Construction Systems Inc) حيث تم اجراء

الفحوصات السمية الكيماوية ومقارنتها وفق المواصفة البريطانية (BS 6920) كمافي الجدول

(6-4).

الجدول (6-4) فحص السمية الكيماوية لمادة الايبوكسي [19]

نوع الفحص	نتيجة الفحص (ppm)	حدود المواصفة البريطانية (BS 6920)
تركيز الكاديوم (Cd)	0.001	لايزيد عن 0.005 ppm
تركيز الكروم (Cr)	0.02	لايزيد عن 0.05 ppm
تركيز الحديد (Fe)	0.08	لايزيد عن 0.2 ppm
تركيز الرصاص (Pb)	0.001	لايزيد عن 0.05 ppm
تركيز النيكل (Ni)	0.001	لايزيد عن 0.05 ppm

## 5-2-4 حامض الكبريتيك المركز

من انتاج شركة (BIOSOLVE) الامانية بتركيز (95-99)%

## 6-2-4 الماء

تم استخدام ماء الإنسالة الاعتيادي الصالح للشرب لمدينة بغداد في جميع الخلطات الخرسانية المستخدمة في هذا البحث. واستخدم الماء المقطر لتخفيف حامض الكبريتيك .

## 3-4 الخلطات المستخدمة:

تم استخدام مونة الاسمنت وليس الخرسانة

## 1-3-4 خلطة المونة المرجعية (R) :

تتكون من اسمنت ورمل بنسبة خلط (3: 1) وبنسبة ماء الى الاسمنت (w/c) (0.45) .

## 2-3-4 خلطة المونة المعدلة بالبوليمر:

استخدم مادتين من البوليمر هي :

اولا" : ستايرين بيوتادين ربر (SBR) :

تتكون من اسمنت ورمل بنسبة خلط (3:1) وبنسبة ماء الى الاسمنت (w/c) (0.4)

مضاف اليها مادة البوليمر (SBR) بنسب (5%، 7%، 10%) من وزن الاسمنت لكل خلطة .

ثانيا" : طلاء الايبوكسي (Epoxy) :

حيث تم استخدام الايبوكسي لطلاء نموذج من المونة الاعتيادية لاتحتوي على أي

مضاف وذلك بعد تجفيفه من الماء وتم طلائه بسمك (1-1.5) ملم مع مراعاة غلق الفجوات

الموجودة على سطح النموذج .

إن مادة الإيبوكسي صممت خصيصاً لتصمد أمام أكثر مواد الصناعة الكيميائية عدوانية بما فيها (98 %) من الحامض الكبريتي فضلاً عن عدة كيمياويات ومذيبات عضوية. وهو نظام ثنائي التركيب يمتاز بمقاومة عالية للأحماض الرئيسية، وقوة التصاق عالية على السطوح الخرسانية [1].

#### 4-4 تهيئة وصب النماذج

##### 1-4-4 القوالب الفولاذية (50 \* 50 \* 50) ملم

لعدم توفرها في المختبر تم استخدام قوالب نحاسية نفس الابعاد، تستخدم للجص حيث تم تنظيفها وتزيتها مع ملاحظة عدم الاكثار من الزيت لانه يؤثر على مقاومة الانضغاط وتترك على الطاولة لكي ينزل الزيت الزائد.

##### 2-4-4 الخلاط الكهربائي (mixer)

تم استخدام الخلاط لخلط المواد الخاصة بكل خلطة يتم تحضيرها مع مراعاة عند صب المونة المضاف لها SBR تشغيل الخلاط لمدة دقيقتين فقط لتجنب دخول الهواء ويضاف الماء بصورة تدريجية اثناء الخلط الحين الحصول على مونة متجانسة القوام [17]، وذلك الان SBR يقلل نسبة الماء / الاسمنت .

## 4-4-3 النسب الوزنية وتحضير المواد وصيها

تم اعداد خلطة مونة الاسمنت بعد تحديد نسبة خلط (3:1) اسمنت ورمل ونسبة ماء/الاسمنت (0.45-0.40) حيث تم وزن (1000) غرام من الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي و (3000) غرام من الرمل الناعم المار من منخل رقم 16 ،تم خلط المواد يدويا وهي جافة ثم وضعت في الخلاط الكهربائي وخلطة لمدة دقيقتين من وضع الماء المهيء مسبقا بالتدريج . علما بان فحص الانسياب اجري بموجب المواصفة الامريكية ASTM C 1437-01 [18] وكان مقداره (110)% .

صبت النماذج في القالب على شكل طبقتين متساويتين وورست كل طبقة لطرد الفقاعات الهوائية باستخدام هزاز كهربائي ولمدة دقيقة واحدة فقط ثم سوي سطح القالب بواسطة المالح ثم وضعت النماذج على المنضدة مستوية وتم تغطيتها بغطاء نايلون بلاستيكي لمدة (24) ساعة . كانت درجة حرارة المختبر عند الصب تتراوح (18-25) م° علما بان فترة الصب (من 2009/11/4 الى 2010/2/14).

## 4-4-4 معالجة النماذج

تم فتح النماذج في اليوم الثاني بعد مرور (24) ساعة وغمرها في الماء نظيف يستبدل كل اسبوع لمدة (28) يوم[16]. ولمدة (28،60،90) يوم.تم استعمال اسلوبان للمعالجة لتحديد ايهما افضل . كذلك يتم وضع النماذج بعمر (28) يوم داخل الحامض ولمدة (90) يوم لغرض ملاحظة التأثيرات الجانبية للحامض ودراسة التغيرات الحاصلة لمونة الاسمنت .



## 1-4-4-4 المعالجة الرطبة

تترك النماذج داخل الماء حتى وقت الفحص لمدة (28،60،90) يوم .

## 2-4-4-4 المعالجة الجافة في الهواء

تترك النماذج في الهواء لتجف حتى وقت الفحص لمدة (28،60،90) يوم وهذه

المعالجة لا تشمل الخلطة المرجعية.

## 3-4-4-4 وضع النماذج بالحامض

وضع نماذج داخل حامض الكبريتيك المخفف لمدة (90) يوم بتركيز (10&15) %

من تركيز الحامض الاصلي بعد اكمالها للمعالجة الرطبة او الجافة بعمر (28) يوم وكذلك يتم

طلاء مكعب من الخلطة المرجعية بالايوبوكسي ووضعه في الحامض ايضا"وبنفس ظروف

التعرض للنماذج الاخرى لغرض المقارنة بين النتائج .

## 5-4 الفحوصات والنتائج المختبرية

## 1-5-4 فحوصات مقاومة الانضغاط

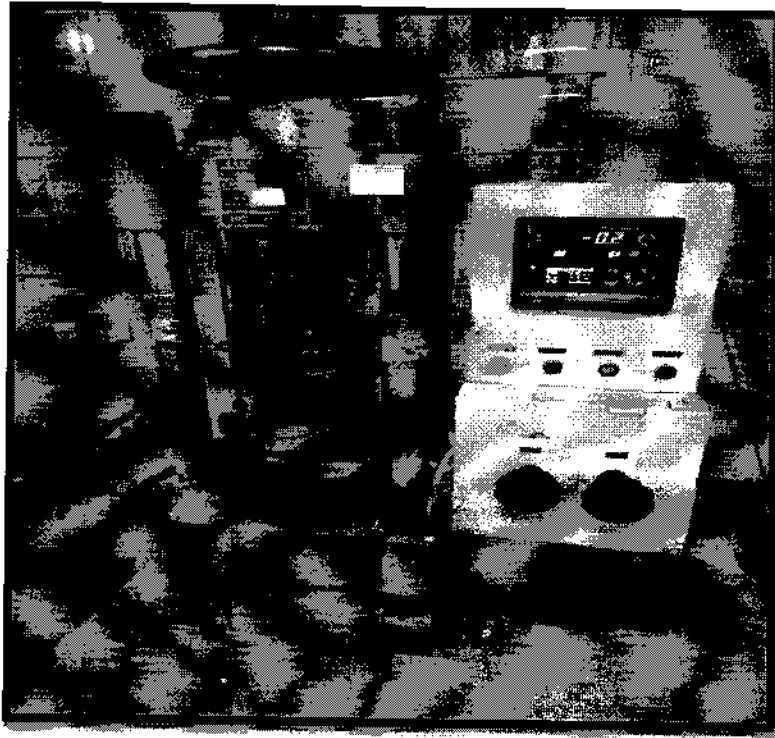
تم اجراء فحص مقاومة الانضغاط بموجب المواصفة البريطانية [20] لنماذج

المعالجة الرطبة والمعالجة الجافة في الهواء وذلك باستخدام ماكينة الفحص الاوتوماتيكي بسعة

(2000) كيلو نيوتن الموضحه في الشكل (1-4) وكما موضحه النتائج في الجداول (4-7)

، (4-8) ، (4-9) وبعمر (28،90،60) يوم على التوالي ولكلا المعالجتين والنماذج الموضوعة

داخل الحامض وكما موضحه النتائج في جدول (4-10) وبعمر (28) يوم .



الشكل (4-1) ماكينة الفحص الأوتوماتيكي

الجدول (4-7) فحص مقاومة الانضغاط للخلطة المرجعية و المعدلة بالبولىمر بعمر (28) يوم

نوع الخلطة	رمز الخلطة	نوع المعالجة	مقاومة الانضغاط N/mm <sup>2</sup>
الخلطة المرجعية	R	رطبة	31.2
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-5%	رطبة	27.36
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-7%	رطبة	29.12
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-10%	رطبة	29.6
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-5%	الجافة بالهواء	23
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-7%	الجافة بالهواء	25.44
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-10%	الجافة بالهواء	32.4

الجدول (4-8) فحص مقاومة الانضغاط للخلطة المرجعية والمعدلة بالبوليمر بعمر (60) يوم

نوع الخلطة	رمز الخلطة	نوع المعالجة	مقاومة الانضغاط N/mm <sup>2</sup>
الخلطة المرجعية	R	رطبة	44.12
الخلطة المعدلة بالبوليمر	SBR-5%	رطبة	29.77
الخلطة المعدلة بالبوليمر	SBR-7%	رطبة	30.6
الخلطة المعدلة بالبوليمر	SBR-10%	رطبة	29
الخلطة المعدلة بالبوليمر	SBR-5%	الجافة بالهواء	31
الخلطة المعدلة بالبوليمر	SBR-7%	الجافة بالهواء	33.88
الخلطة المعدلة بالبوليمر	SBR-10%	الجافة بالهواء	28.32

الجدول (4-9) فحص مقاومة الانضغاط للخلطة المرجعية والمعدلة بالبوليمر بعمر (90) يوم

نوع الخلطة	رمز الخلطة	نوع المعالجة	مقاومة الانضغاط N/mm <sup>2</sup>
الخلطة المرجعية	R	رطبة	56.12
الخلطة المعدلة بالبوليمر	SBR-5%	رطبة	32.18
الخلطة المعدلة بالبوليمر	SBR-7%	رطبة	31
الخلطة المعدلة بالبوليمر	SBR-10%	رطبة	28
الخلطة المعدلة بالبوليمر	SBR-5%	الجافة بالهواء	25
الخلطة المعدلة بالبوليمر	SBR-7%	الجافة بالهواء	16.3
الخلطة المعدلة بالبوليمر	SBR-10%	الجافة بالهواء	21

الجدول (4-10) فحص مقاومة الانضغاط للنماذج الموضوعة داخل الحامض لفترة (90) يوم بعد معالجتها لمدة (28)

نوع الخلطة	رمز الخلطة	نوع المعالجة	مقاومة الانضغاط N/mm <sup>2</sup>
الخلطة المرجعية	R	رطبة	11.16
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-5%	رطبة	20.64
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-7%	رطبة	14.2
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-10%	رطبة	19.9
الخلطة المعدلة بالبولىمر (طلاء الايبوكسي)	Epoxy	رطبة	34
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-5%	الجافة بالهواء	16.36
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-7%	الجافة بالهواء	16.64
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-10%	الجافة بالهواء	15.88

#### 4-5-2 فحص الموجات فوق الصوتية

تم اجراء الفحص باستخدام جهاز الموجات فوق الصوتية كما في الشكل (4-2) حسب المواصفة الامريكية (ASTM C597-2003) [2]. فى هذا الفحص يتم إحداث نبضات عبارة عن موجات فوق صوتية لتسرى خلال الجزء المختبر ويتم تعيين زمن إنتقالها .حيث وجد أن سرعة النبضات خلال جسم صلب يعتمد على كثافة المادة المختبرة وخواص المرونة لها حيث يستعمل هذا الفحص فى مجال الخرسانة لإستنتاج الاتي [7] :

أ- قيمة مقاومة الخرسانة للضغط.

ب- قياس معايير المرونة للخرسانة.

ت- مدى تجانس الخرسانة.

ث- مراقبة تطور قيم مقاومة الخرسانة للضغط.

ج- قياس عمق طبقة الخرسانة.

ح- تحديد درجة تلف الخرسانة

خ- اكتشاف الشقوق والفجوات بالخرسانة.

#### 4-5-2-1 طريقة اجراء فحص الموجات الفوق الصوتية [7] :

أ- يتم ضبط الجهاز مع جزء المعايرة المرفق مع الجهاز قبل بدء الإختبار على العينة.

ب- يتم قياس المسافة التى تسيرها النبضات (Path Length) بدقة (أى طول السير) .

ت- يوضع المرسل Transmitter والمستقبل Receiver على العينة وأن يكون الإتصال تام

بين سطحى المرسل والمستقبل و سطح العينة يستخدم لهذا الغرض الشحم أو عجينة

الجلسرين أو الصابون السائل

ث- عند وضع المرسل والمستقبل على العينة يستمر هذا الوضع حتى تثبت القراءة وإذا تأرجحت

النتائج بين قرائتين يؤخذ المتوسط.

ج- يكون الرقم معبراً عن الوقت (T) لسريان النبضات خلال الجزء المختبر و (V) سرعة

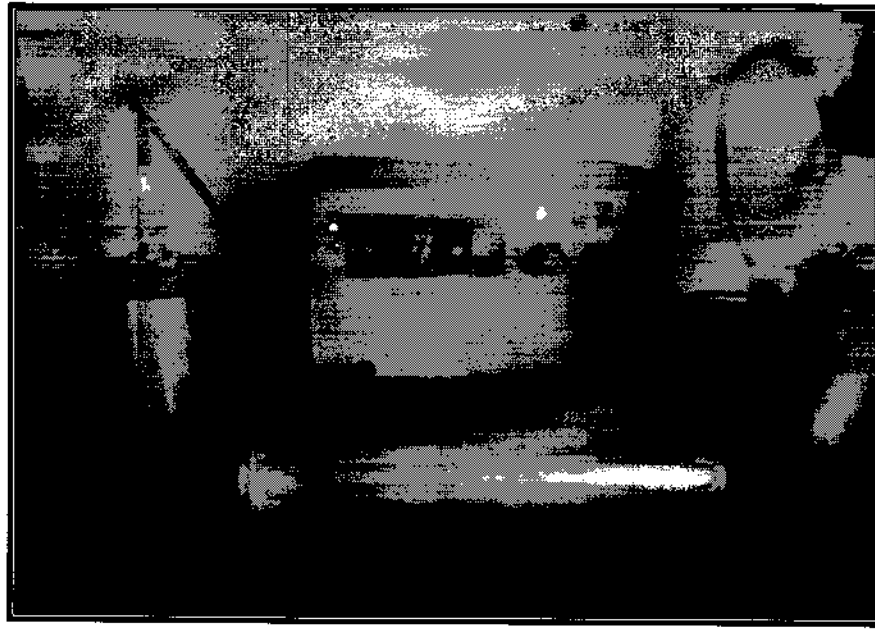
النبضات وكما موضح بالمعادلة ادناه.

$$V = L / T \text{ km/sec} \text{ -----}(1)$$

حيث ان :

$L$  = طول المسار المقاس

$T$  = زمن إنتقال الموجة



الشكل (2-4) جهاز الموجات فوق الصوتية.

#### 2-2-5-4 نتائج فحص الموجات فوق الصوتية

تم اجراء الفحص على النماذج الموضوعة داخل الحامض لاحظ الشكل (3-4)

لقياس مقاومة الانضغاط بعمر (28) يوم لغرض المقارنة بين النتائج وكما موضحة بالجدول

(11-4) وبتطبيق المعادلتين ادناه نحصل على مقاومة الانضغاط ( $f_c'$ ) بوحدات ( $N/mm^2$ )

مع ملاحظة العمر المراد حساب عنده المقاومة .

$$V = L / T \text{ km/sec} \text{ -----(1)}$$

$$f_c' = e^{0.53 \cdot V} \cdot 2.8 \text{ -----(2)}$$



الشكل (3-4) النماذج الموضوعة داخل الحامض بعمر (28).

الجدول (4-11) نتائج فحص الموجات فوق الصوتية لنماذج الموضوعة داخل الحامض

بعمر (28) يوم

نوع الخلطة	رمز الخلطة	نوع المعالجة	مقاومة الانضغاط N/mm <sup>2</sup>
الخلطة المرجعية	R	رطبة	12.56
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-5%	رطبة	14.62
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-7%	رطبة	14.93
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-10%	رطبة	18.61
الخلطة المعدلة بالبولىمر (طلاء الايبوكسي)	Epoxy	رطبة	20.75
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-5%	الجافة بالهواء	17.31
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-7%	الجافة بالهواء	14.51
الخلطة المعدلة بالبولىمر	SBR-10%	الجافة بالهواء	14.18

## 3-5-4 الكثافة الكلية

تم استخدام مكعبات (50 \* 50 \* 50) ملم لإيجاد الكثافة الكلية ( $\text{kg/m}^3$ ) مجففة بالهواء

ويعمر (90-60-28) بموجب المواصفة ASTM C597-2003 [22] وكما موضحة النتائج

في الجدول (12-4).

الجدول (12-4) نتائج فحص الكثافة الكلية لنماذج الخلطات الخرسانية المستخدمة

الكثافة الكلية ( $\text{kg/m}^3$ )			نوع المعالجة	رمز الخلطة	نوع الخلطة
90 يوم	60 يوم	28 يوم			
2384	2364	2140	رطبة	R	الخلطة المرجعية
2344	2280	2200	رطبة	SBR-5%	الخلطة المعدلة بالبوليمر
2280	2256	2109	رطبة	SBR-7%	الخلطة المعدلة بالبوليمر
2232	2300	2343	رطبة	SBR-10%	الخلطة المعدلة بالبوليمر
2104	2112	2120	الجافة بالهواء	SBR-5%	الخلطة المعدلة بالبوليمر
2200	2192	2208	الجافة بالهواء	SBR-7%	الخلطة المعدلة بالبوليمر
2212	2230	2240	الجافة بالهواء	SBR-10%	الخلطة المعدلة بالبوليمر



# الفصل الخامس

## مناقشة النتائج

## 1-2 المقدمة:

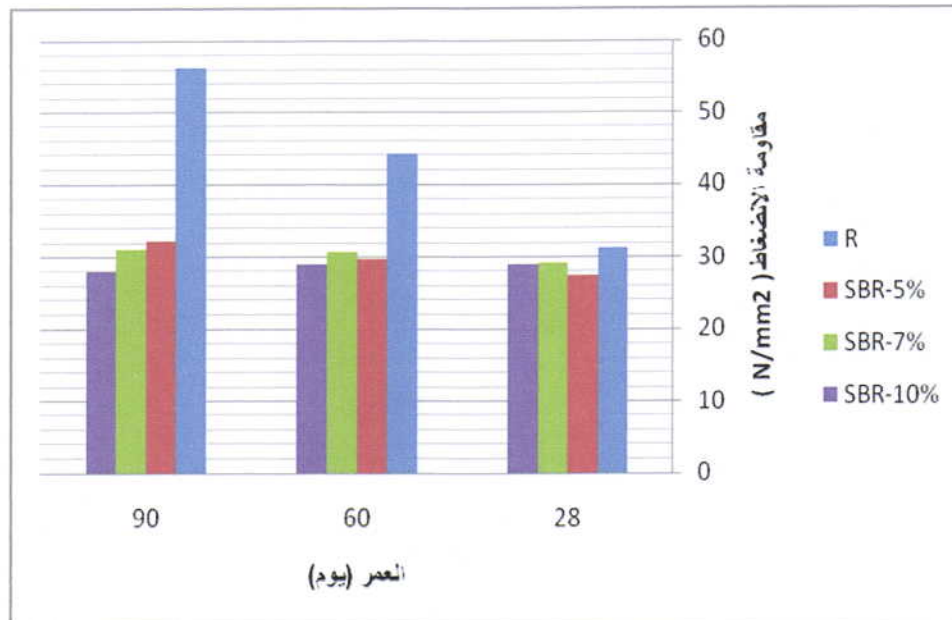
يشمل هذا الفصل مناقشة نتائج الفحوصات التي توصلنا اليها في المختبر والمقارنة بينها وتمثيلها باشكال (منحنيات) بواسطة برنامج الاكسل

## 2-5 النتائج ومناقشتها

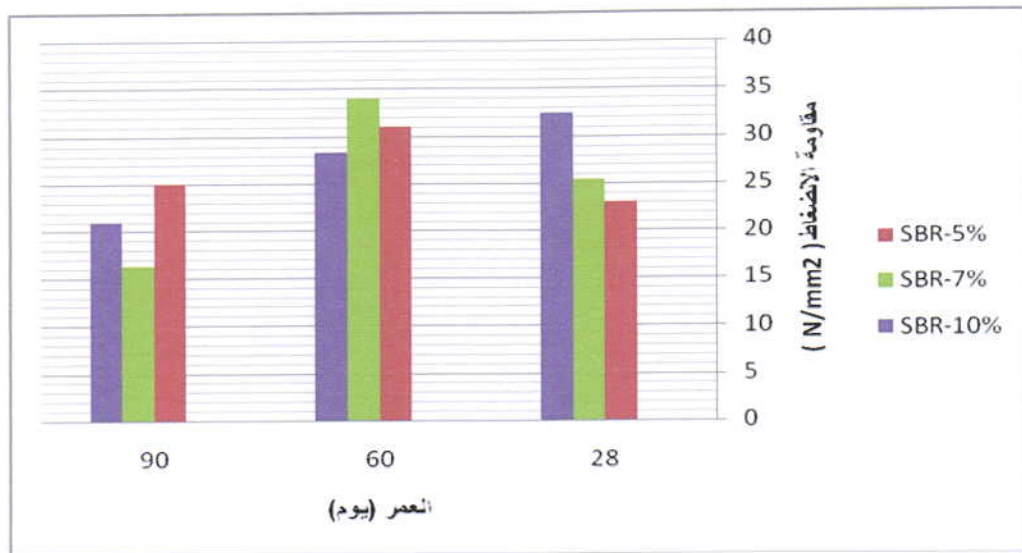
وفقا" لنتائج الفحوصات للمكعبات بابعاد (50 \* 50 \* 50) ملم المستخدمة في البحث اجريت مقاومة الانضغاط لنماذج الخلطات المستخدمة في البحث في الشكل (5-1) مقاومة الانضغاط للنماذج المعالجة الرطبة في الماء حيث يلاحظ تطور تدريجيا مقاومة الانضغاط للخلطة المرجعية بازياد عمر الفحص لكن العكس لنماذج الخلطة المعدلة بالبولىمر حيث يلاحظ من الشكل نقصان في المقاومة مقارنة مع الخلطة المرجعية بينما عند مقارنة النتائج للخلطة المعدلة بالبولىمر يلاحظ تقارب ازياد مقاومة الانضغاط عند اضافة (SBR) بنسبة (5% و 7% و 10%) من وزن الاسمنت في عمر (28) يوم لآكن قلة المقاومة عند اضافة (SBR) بنسبة (10%) من وزن الاسمنت خلال (60 و 90) يوم.

اما للنماذج المعالجة الجافة بالهواء يلاحظ من الشكل (5-2) حيث يلاحظ تطور تدريجيا مقاومة الانضغاط للخلطة المعدلة بالبولىمر في عمر (28 و 60) يوم ونقصانها في عمر (90) يوم الاكن بازياد نسبة اضافة (SBR) ازدادة المقاومة في عمر (28) يوم الاكن في عمر (60) يوم قلة المقاومة لكلا النسبتان (5% و 10%) مقارنة مع النسبة (7%) من اضافة (SBR) من وزن الاسمنت .اما في عمر (90) يوم قلة مقاومة الانضغاط للنماذج مقارنة مع عمر (28 و 60) يوم .

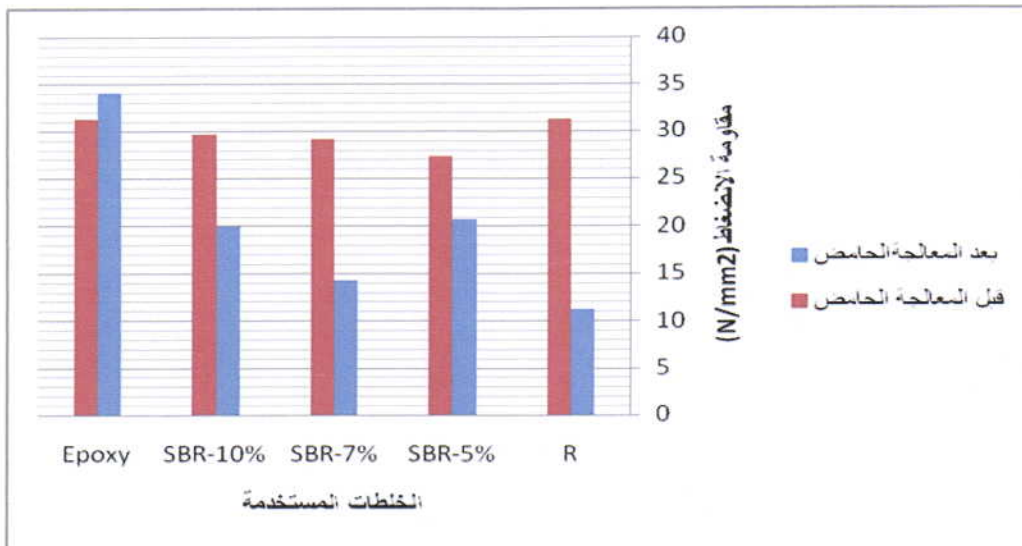
الشكل (3-5) والشكل (4-5) يوضحان الفرق بين مقاومة الانضغاط للنماذج قبل وبعد وضعها في الحامض بعمر (28) يوم يلاحظ النقصان في مقاومة الانضغاط لجميع الخلطات المستخدمة ولكلا المعالجتين الرطبة والجافة. تبين نتائج فحص الموجات فوق الصوتية للنماذج الموضوعة في الحامض الكلا المعالجتين الرطبة والجافة حدوث نقصان في مقاومة الانضغاط للخلطات المستخدمة كما في الشكل (5-5) والشكل (6-5) . يلاحظ من الشكل (7-5) زيادة الكثافة بازدياد العمر لنماذج المعالجة الرطبة بالماء بينما العكس لنماذج المعالجة الجافة بالهواء



الشكل (1-5) مقاومة الانضغاط للنماذج المعالجة بالماء

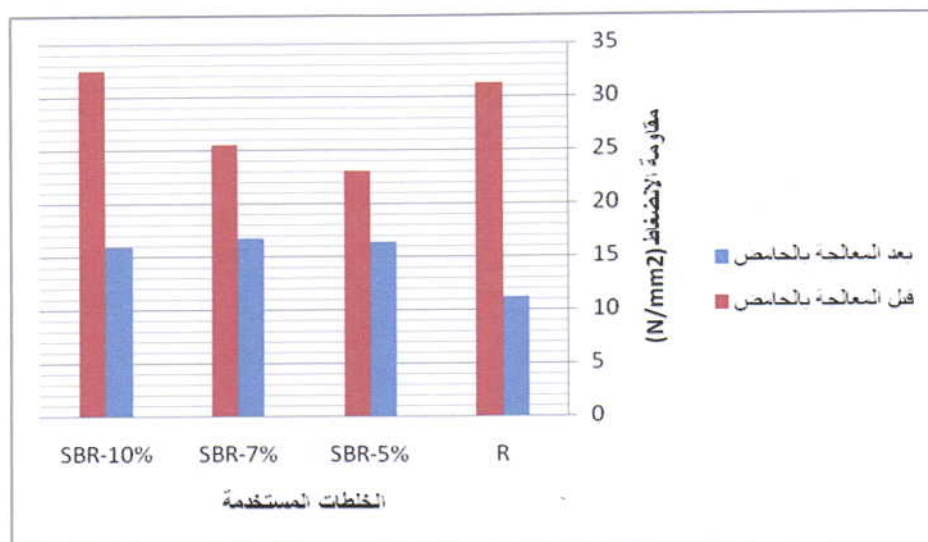


الشكل (2-5) مقاومة الانضغاط للنماذج المعالجة الجافة بالهواء



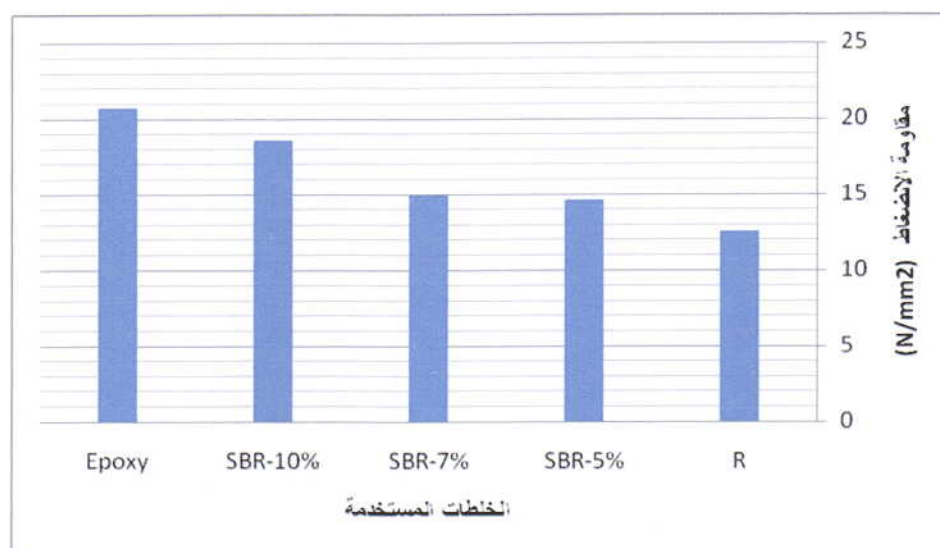
الشكل (3-5) مقاومة الانضغاط للنماذج المعالجة الرطبة بالماء قبل وبعد وضعها في الحامض

بعمر (28) يوم



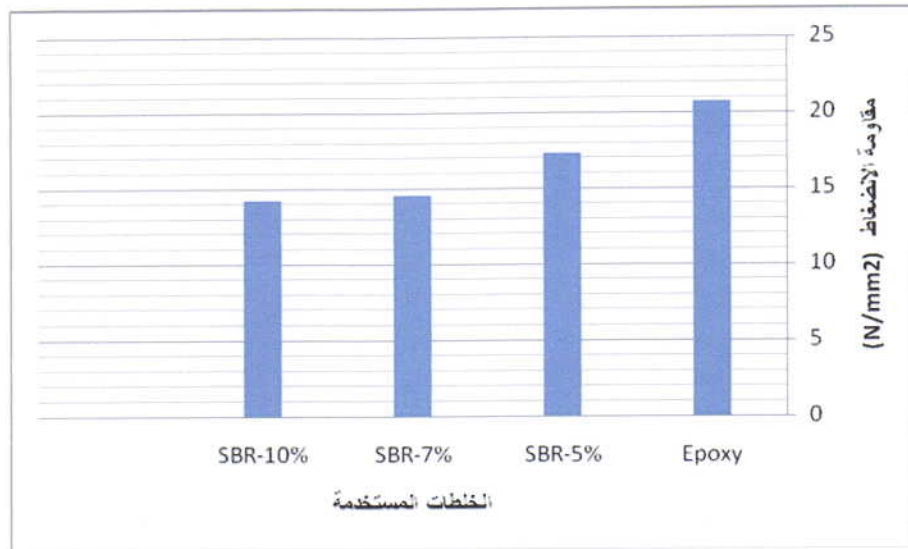
الشكل (4-5) مقاومة الانضغاط للنماذج المعالجة الجافة بالهواء قبل وبعد وضعها في الحامض

بعمر (28) يوم

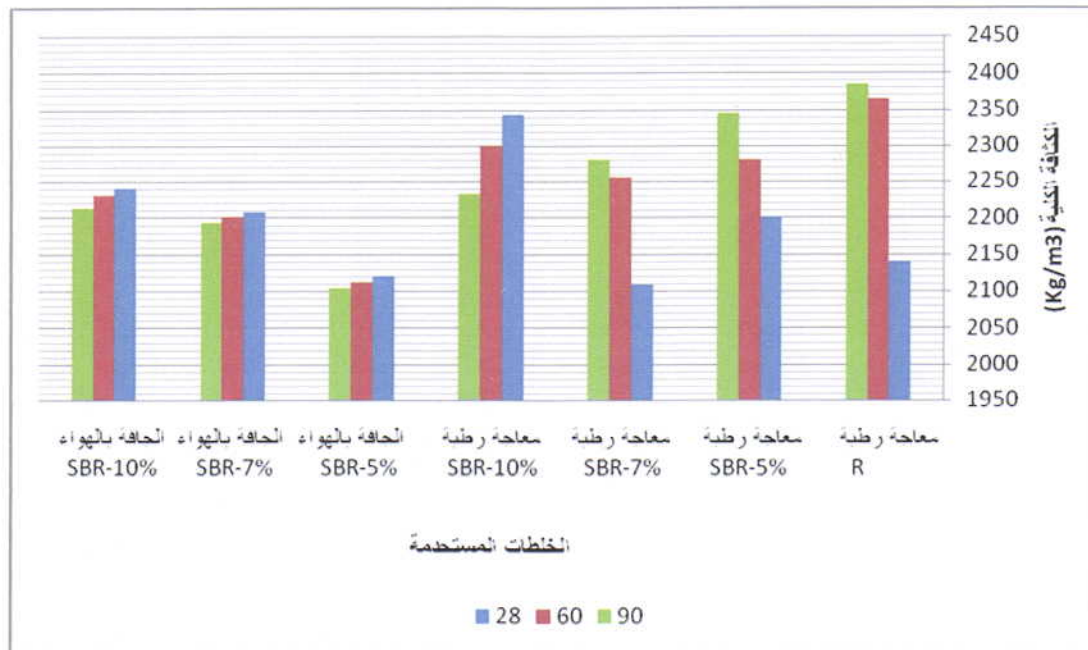


الشكل (5-5) نتائج فحص الموجات فوق الصوتية لنماذج المعالجة الرطبة بالماء

الموضوعة في الحامض بعمر (28) يوم



الشكل (5-6) نتائج فحص الموجات فوق الصوتية لنماذج المعالجة الجافة بالهواء الموضوعة في الحامض بعمر (28) يوم



الشكل (5-7) الكثافة الكلية لنماذج الخلطات المستخدمة

## الفصل السادس

### الاستنتاجات و التوصيات

## 1-6 المقدمة

يشمل هذا الفصل اهم الاستنتاجات استنادا على نتائج الفحوصات المختبرية ويليها

التوصيات المستقبلية

## 2-6 الاستنتاجات

1- ازدياد مقاومة الانضغاط للنماذج الخلطة المرجعية قبل وضعها في الحامض وهذا يدل على استمرار عملية الاماهة للاسمنت بينما انخفضت المقاومة بعد وضعها في الحامض كما في الشكل (3-5).

2- ان مقاومة الانضغاط للخلطة المعدلة بالبولىمر تنخفض مقارنة مع الخلطة المرجعية الكل الاعمار وهذه النتائج متوافقة مع البحوث السابقة حيث اشارة الى ان اضافة البولىمر لايحقق زيادة في مقاومة الانضغاط وهذا يعزي الى ان طور اماهة غشاء البولىمر يسبب اعاقلة جزئية لطور اماهة الاسمنت.

3- انخفاض اوزان النماذج الموضوعة في الحامض بسبب التاكل بالحامض وتبخر الماء الموجود داخل النموذج .

4- يعود انخفاض مقاومة الانضغاط الى تكون الفجوات الهواء المقصود داخل النموذج الحاوي على المضاف سبب في نقصان مقاومة الانضغاط. كذلك لوحظ حدوث عطل في جهاز فحص الانضغاط الاوتوماتيكي. كذلك الاختلاف في درجات الحرارة في المختبر اثناء فترة المعالجة.



5- تعرضت النماذج الخلطة المرجعية والمعدلة بالبولىمر (SBR) جميعها الى التاكل بالحامض الكبريتك المخفف بتركيز (10% و 15%) من تركيزه الاصلي وكان تاثير تركيز الحامض (15%) اكبر من (10%) وهذا يدل على ضعف (SBR) في مقاومة حامض الكبريتك المخفف كما في الشكل (5-8)

6- تاكل جميع النماذج الموضوعة داخل الحامض بتركيز (15%) من تركيزه الاصلي بعد مرور (28) يوم من وضعها كما في الشكل (5-7). كذلك النماذج الموضوعة داخل الحامض بتركيز (10%) من تركيزه الاصلي بعد مرور نفس الفترة وهذا خلاف ماخطط له في البحث نتيجة هذا التفاعل مع الحامض تكون مركب الجبس ( $\text{CaSO}_4$ ) وماء ( $\text{H}_2\text{O}$ ) كما في الشكل (5-9)



الشكل (5-8) النماذج الموضوعة في الحامض بتركيز (10% و 15%)



الشكل (5-7) النماذج الموضوعة بالحامض بتركيز (15%) من تركيزه الاصلي



الشكل (5-9) يوضح تفاعل حامض الكبريتيك مع مكونات النماذج

### 3-6 التوصيات

أوصي باستخدام مواد أخرى مقاومة للحوامض الكبريتات اما ان تضاف مع الخرسانة كالليف الكاربون او استخدام طلائات الايبوكسي لطلاء الارضيات المعرضة للحوامض الكبريتية العمل على وضع برنامج مراقبة دورية لصيانة الاضرار الحاصلة في المنشىء وخاصة المنشآت الخاصة كمصانع انتاج البطاريات بعد التخلص من المسبب.

- [1] ملحم عصام، حنا بسام، "مقاومة الخرسانة على الضغط وتأثيرها في مقاومة الأوساط الحامضية" اصدارات جامعة دمشق للعلوم الهندسية، 2008 ، 27 صفحة.
- [2] حسن صنيديح ، "ديمومة الخرسانة المطورة بالبولىمرو المعرضة لبيئة قاسية" اطروحة ماجستير، الجامعة التكنولوجية، 2007
- [3] سركيس زاربه وجماعته "تحضير الخرسانة البولىميرية وتقييم خواصها المختلفة" وزارة العلوم والتكنولوجيا، 2008
- [4] عبد ال ادم ،كوركيس، "تكنولوجيا وكيمياء البولىمرات" اصدارات جامعة البصرة ، 1981، الصفحة 27
- [5] "Properties of Materials" By C.V.Y.chong, pp.153-159.
- [6] "الخرسانة البولىميرية" من الانترنت 11 الصفحات 1-9  
[www.arab-eng.org](http://www.arab-eng.org)
- [7] ا.د.محمود امام ، "كتاب الخرسانة" اصدارات جامعة المنصورة، مصر، الصفحات 177 ، 175 ، 48,49,50,51
- [8] " نبذة مختصرة عن انواع الخرسانة" من الانترنت  
[www.sabraeng.com](http://www.sabraeng.com)
- [9] البديري عدنان، "ديمومة الخرسانة ال (SBR) للمحالييل القاسية" اطروحة ماجستير، الجامعة التكنولوجية، 2001
- [10] م.عودة محمد الاغا، "التآكل في المنشآت وآثاره السلبية" من الانترنت  
[www.arab-eng.org](http://www.arab-eng.org)
- [11] "مشروع خواص ومقاومة مواد" من الانترنت الصفحة 10  
[www.muslimeng.org/vb/showthread.php?t=4094](http://www.muslimeng.org/vb/showthread.php?t=4094)

[12] ACI Committee 201-2R-01, "Guide to Durable Concrete" 41pp12.

[13] "Sulfuric Acid Attack on concrete"

[www.waterloo-biofilter.com](http://www.waterloo-biofilter.com)

[14] "حامض الكبريتيك"

[www.arab-eng.org/vb/t8456.html](http://www.arab-eng.org/vb/t8456.html)

[16] د. هناء عبد يوسف "تكنولوجيا الخرسانة" إصدارات الجامعة التكنولوجية قسم هندسة البناء والانشاءات.

[17] "GIC SBR Extra", Gulf International Chemicals 1pp

[18] American Society for Testing and Materials C1437-01, "Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar," 2001, 2pp

[19] "فحوصات الايبوكسي شركة المبروك للمقاولات" 2009

[20] British Standard BS 1881, part 116, 1983, "Method for Determination of Compressive Strength of Concrete Cubes", 1983

[21] أحمد سلطان علي، "تحسين الأداء والديمومة لخرسانة المساحيق الفعالة المحورة بالبولىمر والمعرضة للمشتقات النفطية"، اطروحة ماجستير، الجامعة التكنولوجية، 2006

[22] ASTM C597-2003, "Standard Test Method for Pulse Velocity through Concrete," Annual Book of ASTM Standard American Society for Testing and Materials, Vol. 04. 02, 2003.