مجلة تكريت للعلوم الهندسية/المجلد 18/العدد 3/ أيلول 2011، (16-29)

مقاومة الخرسانة خفيفة الوزن والحاوية على المضافات للتأثير الحامضي الكيمياوي

سلوى هادي أحمد

مدرس مساعد

قسم هندسة البيئة – جامعة تكريت

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تأثير حامضي الكبريتيك H_2SO_4 بتركيز (8%) والهيدروكلوريك HCl بتركيز (8%) ومياه الفضلات الصناعية من معمل البان جامعة تكريت (pH= 5.1، $SO_4^{=}$ = 850mg/L ، Cl^-=750 mg/L ، TDS = 2500 mg/L) على الخرسانة خفيفة الوزن باستخدام الحجر الجيري (Limestone) كركام خفيف الوزن أو بأستخدام المادة الرغوية. كما استخدمت الملدنات الفائقة (SP) لتحسين خواص الخرسانة خفيفة الوزن. حيث تم قياس تأثير الحوامض ومياه الفضلات عن طريق احتساب النسبة المئوية للنقصان بالوزن ومقاومة الانضغاط بأستخدام مواشير خرسانية بأبعاد (100*100*400) ملم والمعدة أصلا لفحص معامل الكسر حيث تم اخذ قطعتي كل موشور بعد اجراء فحص معامل الكسر ليتم غمر الجزء الاصغر من الموشور كلياً في المحاليل اعلاه و مراقبة صعود الاملاح عن طريق غمر (100) ملم من الجزء الثاني من الموشور في المحلولين الحامضيين، أظهرت نتائج الفحوصات ان H_2SO_4 يكون تأثيره اكثر من HCl بالنسبة للنقصان بالوزن على الخرسانة الاعتيادية بينما يكون تأثير HCl كبيرا على الخرسانة خفيفة الوزن بأستخدام الركام خفيف الوزن (Limestone) وتأثيره اقل من H_2SO_4 بالنسبة للخرسانة خفيفة الوزن عند استخدام المادة الرغوية . كذلك تبين بأن تأثير H_2SO_4 على الخرسانة الاعتيادية بالنسبة للنقصان بالمقاومة يكون اقل من تاثير HCl ، بينما يكون تاثير H_2SO_4 كبير على الخرسانة خفيفة الوزن الحاوية على المادة الرغوية وتاثيره اقل على الخرسانة خفيفة الوزن الحاوية على SP و Limestone. اما بالنسبة لمياه الفضلات فقد تم غمر المواشير كلياً فيها ولوحظ بانها لم تؤثر كثيرا على النسبة المئوية للنقصان بالوزن بسبب قلة تركيز الكبريتات والكلوريدات في مياه الفضلات المستخدمة ، اما بالنسبة للفقدان بالمقاومة فقد اظهرت النتائج بان مياه الفضلات لا تؤثر كثيرا على مقاومة الخرسانة الاعتيادية والخرسانة خفيفة الوزن الحاوية على الحجر الجيري Limestone كركام خشن ، بينما يكون تاثيرها كبير على الخرسانة خفيفة الوزن الحاوية على SP و Limestone معا كركام ناعم وخشن وعلى الخرسانة الحاوية على المادة الرغوية .

الكلمات الدالة : خرسانة خفيفة الوزن ، حامض الكبريتيك ، حامض الهيدروكلوريك ، الملدنات الفائقة ، المادة الرغوية .

مجلة تكريت للعلوم الهندسية/المجلد 18/العدد 3/ أيلول 2011، (16-29)

Chemical Acidic Attack Resistance of Lightweight Concrete with Additives

Abstract

This research was studied the effect of H_2SO_4(8%) , HCl (8%) acidic and wastewater(pH= 5.1, $SO_4^{=}$ = 850mg/L, Cl^-=750 mg/L , TDS = 2500 mg/L) on the lightweight concrete by using limestone as lightweight aggregate and using the foam material (LightCrete). Super plasticizers (SP) also used to enhance the properties of the lightweight concrete. Studying the effect of acidic solution and wastewater was done by calculating the percentage of decrease in weight and compressive strength of concrete prisms (100 * 100 * 400) mm, where the small portion of the flexural modulus test was submerged completely in the above solutions, and the salt rising was observed by immersion (100) mm depth from the second portion of the prism in the above solutions. Results show that the H_2SO_4 have influence larger than HCl for the decrease of weight on the normal concrete while the effect of HCl was larger than H_2SO_4 on lightweight concrete with limestone and its effect was less than H_2SO_4 on the lightweight concrete with foam. The results also shown that the effect of H_2SO_4 on the normal concrete by decreasing of compressive strength was less than the effect of HCl, while the effect of H_2SO_4 on foam lightweight concrete was large and its effects was small on lightweight concrete containing SP and Limestone .The wastewater didn't shown significant effect on the weight decrease percentage due to lack of concentration of sulfates and chlorides in the wastewater, but for the loss of compressive strength, the results showed that the wastewater does not significantly effect on the resistance of normal concrete and lightweight concrete containing Limestone, while the effect was larger on lightweight concrete with SP and Limestone used as fine and coarse aggregates and on lightweight concrete with foam.

Key Words :lightweight concrete , sulfuric acid , Hydrochloric acid , (HRWRA) , foam material.

الرموز المستخدمة

HRWRA : High Range Water Reduce Admixture (مضافات تقليل الماء ذات المدى العالي)
LWC : Light Weight Concrete (خرسانة خفيفة الوزن)
LWFA : Light Weight Fine Aggregate (ركام ناعم خفيف الوزن).
SP : superplasticizer (الملدنات الفائقة)
TDS : Total Dissolved Solid (المادة الصلبة الذائبة الكلية)
C: Cement
w/c : Water Cement ratio (نسبة الماء /الاسمنت)
C_3A : $3CaO.Al_2O_3$ الومينات الكالسيوم الثلاثية
C_3S :$3CaO.SiO_2$ سليكات الكالسيوم الثلاثية

المقدمة

الإضافات هي مواد غير الركام والاسمنت والماء تضاف إلى الخلطة الخرسانية أثناء عملية الخلط وبكميات صغيرة لغرض إعطاء الخرسانة خواص معينة [1].

من أهم المضافات وأكثرها شيوعا هي إضافات لتقليل ماء الخلط (plasticizer and superplasticizer (HRWRA). والتي تكون عموما سائلة وتضاف إلى الخلطة بنسبة تتراوح من (1-3)% من وزن الاسمنت حيث تقوم هذه الملدنات بزيادة قابلية التشغيل لتحسين خواص الخرسانة المتصلدة عن طريق تقليل نسبة الماء إلى الاسمنت (w/c) مع ثبات قابلية التشغيل كما يؤدي إلى زيادة المقاومة المبكرة وتقليل النفاذية وفي حالة استخدامه مع إضافات تحسين اللزوجة يؤدي إلى أنتاج خرسانة ذاتية الرص.

إحدى المشاكل التي تواجه المنشات الخرسانية وخصوصا الأسس والجدران الساندة والمنشآت البحرية هو تعرضها للأملاح والحوامض مما يؤدي إلى تقليل مقاومتها .

تقوم الحوامض بإضعاف المنشآت الخرسانية حيث إن الخرسانة هي مادة قاعدية لذا فأن مكوناتها تتأثر بالحوامض، و التفاعل الذي يحدث بين الحامض والمكونات التي تحتوي على الكالسيوم تؤدي إلى تكون أملاح كلسية والتي يمكن أن تذوب في الماء وتتسرب مؤدية إلى خسارة في وزن الخرسانة وتماسكها. الحوامض يمكن أن تأتي من التربة ،المياه الجوفية ، الأمطار، تلوث الهواء و مياه الفضلات [2] حيث تحتوي مياه الفضلات على ملوثات كيميائية مثل الكلورايد والكبريتات ومركبات النتروجين والفوسفات والتي تكون قيم pH لها مختلفة ، فبالنسبة لمياه الفضلات المنزلية تتراوح قيم pH لها من (6– 7) بينما في مياه الفضلات الصناعية فأن قيم pH تختلف باختلاف الصناعة فقد تكون حامضية او قاعدية .

بألاضافة إلى ذلك فأنها تحتوي على مواد عضوية وأحياء مجهرية مثل البكتريا والتي تبقى فعالة بتوفر الظروف الملائمة لها . كما أن هنالك نوع مهم من البكتريا الموجودة في مياه الفضلات تسمى genus Thiobacillus التي تنمو بدرجات حرارة (25–35) م˚ والتي تتكون من مجموعتين ، الأولى : تنمو في المحاليل ذات pH متعادل وتكون مسؤولة عن تحول عنصر الكبريت (S) إلى حامض الكبريتيك عند تفاعله مع مياه الفضلات والثانية : مسؤولة عن إنتاج ايون الكبريتات (SO_4^-) و كبريتد الهيدروجين (H_2S) [3].

إن استخدام الاسمنت المقاوم هو احد الحلول لزيادة مقاومة الخرسانة للأملاح الكبريتية والحوامض ولكن هذا الأسمنت يستخدم لمقاومة الكبريتات فقط ولا يقاوم الكلوريدات .

ومن ناحية أخرى فقد اثبت (Boyd and Mindess) [4] بأن تقليل نسبة الماء إلى الاسمنت (w/c) تزيد من مقاومة الخرسانة للأملاح الكبريتية أكثر مما يزيدها استخدام الاسمنت المقاوم وذلك بسبب تقليل النفاذية وزيادة المقاومة . حيث قام الباحثان بغمر الاسطوانات الخرسانية في محلول Na_2SO_4 بتركيز (5%) مع نسب (w/c) مختلفة باستخدام سمنت بورتلاند اعتيادي وسمنت مقاوم للأملاح ، أبعاد الاسطوانات كانت (100*200) ملم غمرت في محلول Na_2SO_4 بتركيز (5%) وبارتفاع (100) ملم وتركت ارتفاع الاسطوانة معرضة للهواء في ظروف المختبر وتمت مراقبة صعود الأملاح، وعند استخراج النماذج تم قياس مقاومة الشد للاسطوانات اعتمادا على طريقة حديثة معتمدة من قبل مؤسسة البحوث البريطانية(British Search Establishment) كما أوصى الباحثان باعتماد فحص الشد الحديث عند اخذ نماذج اللباب للخرسانة (core test).

قام الباحثون (Naryanaa et al.) [5] بقياس مقاومة الخرسانة الحاوية على ملدنات فائقة ورماد بركاني ومواد ناعمة خاصة لحامض الهيدروكلوريك

HCL . حيث تم غمر مكعبات خرسانية بالكامل في محلول حامض الهيدروكلوريك بتركيز (5%) لمدة (60) يوم ولاحظ الباحث بان تأثير الحامض يقل بعد (10) أيام وذلك بسبب تكون طبقة تمنع اختراق الحامض للخرسانة . اعتمد الباحثون في قياس تأثير الحامض على النسبة المئوية للنقصان بالوزن والمقاومة .

قام الباحثون (Vuk et al.) [6] بقياس مقاومة عجينة الاسمنت الحاوية على مسحوق الجير (limestone) لمحلول كبريتات المغنسيوم $MgSO_4$ ، كما قام بقياس تأثير إضافة الـ (Slag, Fly ash and Silica fume) على مقاومة عجينة الاسمنت لكبريتات المغنسيوم واستنتج بأن الاسمنت الحاوي على نسبة قليلة من C_3A و C_3S يعطي مقاومة جيدة كما ان المضافات اعلاه تعطي مقاومة جيدة واقتراح نسباً معينة لهذه الاضافات .

قام الباحث (Irassar ,E.F) [7] بدراسة تأثير محلولي كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 وكبريتات المغنسيوم $MgSO_4$ على عجينة الأسمنت ومونة الأسمنت والخرسانة الحاوي على الجير . واستنتج بأن نسبة (w/c) عندما تكون قليلة تزيد من المقاومة للأملاح وكذلك نسبة C_3A واستنتج أيضا عند زيادة نسبة الـ Limestone أكثر من (15%) تؤدي إلى تقليل مقاومة الخرسانة للأملاح .

قام الباحثون (Nehdi et al.)[8] بدراسة تأثير محلولي كبريتات الصوديوم وكبريتات المغنسيوم على المواشير الخرسانية الحاوية على نسب مختلفة من (w/c) و(Fly ash , Silica fume)، حيث تم غمر مواشير خرسانية في المحلولين بتركيز 10% ولمدة 90 يوم وقياس مقدار الانكماش لهذه المواشير واستنتج بان كبريتات الصوديوم تسبب تمدد للمواشير اكثر من كبريتات المغنيسوم والذي يزداد بزيادة (w/c) ولاحظ أيضا بان المواشير الخرسانية الحاوية Fly ash يقل التمدد فيها عند غمرها في محلول كبريتات الصوديوم ولا يقل عند غمرها في محلول كبريتات المغنسيوم، اما بالنسبة للمواشير الخرسانية الحاوية Silica fume فلا يحدث فيها أي تمدد عند غمرها باي من المحلولين .

قام الباحثون (Gutiérrez-Padilla et al.)[9] بدراسة تأثير البكتريا الموجودة في مياه الفضلات المنزلية ذات قيم pH واطئة، على انابيب الصرف الصحي المصنعة من الخرسانة وبنسب (w/c) مختلفة حيث استنتج بان الانابيب الخرسانية ذات (w/c) واطئة تكون مقاومتها افضل للتاكل البكتيري من الانابيب الخرسانية ذات (w/c) عالية حتى في حالة انخفاض قيم pH .

في هذا البحث تم الاستفادة من مواشير الخرسانة (بأبعاد 100*100*400) ملم المستخدمة لفحص مقاومة الشد غير المباشر في الخرسانة [10] في قياس مقاومة الخرسانة للأحماض ومياه الفضلات الصناعية لمعمل ألبان جامعة تكريت، حيث يتم الاستفادة من قطعتي الموشور بعد فحص الشد غير المباشر حيث ينكسر الموشور الى قطعتين وذلك عن طريق غمر قطعة بشكل كامل ووضع القطعة الأخرى بشكل عمودي لمراقبة صعود الأملاح ويتم الاعتماد على النسبة المئوية للفقدان بالوزن والمقاومة للقطعة المغمورة كلياً، وكما موضح بالشكل (1).

البرنامج العملي

المواد المستخدمة

1- سمنت بورتلاند اعتيادي مصنوع في معمل طاسلوجة – سليمانية ، حسب المواصفة العراقية رقم (5) لسنة 1984 [11] وحسب الخصائص الفيزيائية والكيميائية الموضحة في الجدول (1).

2- رمل ذو تدرج (2) حسب المواصفة العراقية رقم (45) لسنة 1984 ، جدول (2) يوضح الخصائص الفيزيائية والكيميائية للرمل المستخدم .

3- حصى مدرج وحصى مكسر مدرج (Crashed stone) حسب المواصفة العراقية رقم (30) لسنة 1984 ، وكما موضح تدرجه في الجدول (3) وخصائصه الفيزيائية والكيميائية في الجدول (4) .

4- الملدنات الفائقة (HRWR (superplasticizer) - Sikament ®FFN وحسب المواصفات الموضحة في جدول [12] (5).

5- الحجر الجيري Limestone المكسر والمدرج من منطقة الصينية–بيجي–صلاح الدين ويستخدم كركام خشن حسب التدرج الموضح في الجدول (6) واحياناً كركام ناعم حسب التدرج الموضح في الجدول (7) للحصول على خرسانة خفيفة الوزن[13] ، الجدول (8) يوضح الخصائص الفيزيائية والكيميائية للحجر الجيري.

6- حامض الهيدروكلوريك HCL مخفف بالماء المقطر الى تركيز (8%).

7- حامض الكبريتيك H_2SO_4 مخفف بالماء المقطر الى تركيز (8%).

8- مياه فضلات صناعية لمعمل البان جامعة تكريت ($SO_4^{=}$ = 850mg/L،pH=5.1 ، TDS = 2500 mg/L ، Cl^- =750 mg/L).

9- مادة رغوية (Sika® lightcrete I- 50) وحسب المواصفات الموضحة في الجدول (9)،تستخدم للحصول على خرسانة خفيفة الوزن[14] .

10- ماء صالح للشرب لاستخدامه بالخلطة الخرسانية وحسب المواصفة العراقية رقم 25 لسنة 1986 المعدل للمياه الصالحـــة للشرب [15].

الخلطات المستخدمة

الجدول (10) يوضح انواع الخلطات الخرسانية المستعملة والمكونة للمواشير الخرسانية[10] .

الفحوصات المختبرية

النقصان بالوزن

يتم قياس الوزن الجاف للنماذج قبل الغمر ثم يتم غمر قطعة واحدة كلياً والقطعة الأخرى توضع بشكل عمودي بحيث يغمر منها فقط (100ملم) لمراقبة صعود الأملاح في المحلولين الحامضين وكما موضح بالشكل (2) . يتم استخراج النماذج المغمورة كلياً بعد 60 يوما وغسلها وتجفيفها كلياً (في فرن درجة حرارته C^0 50 ولمدة 48 ساعة) كما في الشكل (3) ، وقياس وزنها لمعرفة نسبة النقصان بالوزن تحت تأثير المحاليل أعلاه وكما موضحة في الجدول (11) و (12) .

تغمر مجموعة أخرى من النماذج كليا وبظروف لا هوائية لمدة (60) يوماً بعد قياس الوزن الجاف لها قبل الغمر في مياه الفضلات الصناعية لمعمل الالبان لقياس النسبة المئوية للنقصان بالوزن والمقاومة وكما موضحة نتائج الفحص في الجدول (13).

النقصان بالمقاومة

يتم غمر النماذج (مواشير خرسانية بابعاد 100*100*400) ملم كلياً في المحلولين الحامضيين وفي مياه الفضلات وبعد 60 يوما يتم استخراجها من المحاليل وغمرها كلياً في الماء لمدة 48 ساعة ثم يتم فحص مقاومة الانضغاط لها حسب المواصفة البريطانية (B.S.1881 art 4:1970) [16] وكما موضحة نتائج الفحص في الجداول (11)، (12) و (13). كما يتم فحص

مقاومة الانضغاط للمواشير المناظرة لها والتي لم تغمر في اي محلول بعد غمرها لمدة (48) ساعة في الماء ويتم قياس مقاومة الانضغاط لها بنفس الطريقة اعلاه ليتم بعدها احتساب النسبة المئوية للنقصان بالمقاومة.

النتائج و المناقشة

بالنسبة لصعود الأملاح تم ملاحظة ان قطع الموشور المغمورة بأرتفاع (100ملم) ، يكون صعود الأملاح فيها لمدة (10 أيام) سريعاً ثم يتباطئ بشكل كبير كما تم ملاحظة أن صعود الأملاح بالنسبة للنماذج المغمورة جزئياً في حامض H_2SO_4 تكون أكثر وأكثف منه بالنسبة للنماذج المغمورة في حامض HCL وكذلك ظهور الأملاح ذات اللون الأصفر يكون أكثر بالنسبة للنماذج المغمورة في حامض H_2SO_4 كما في الشكل (2).

عند قياس النسبة المئوية للنقصان بالوزن والنسبة المئوية للنقصان بالمقاومة بالنسبة للنماذج المغمورة كلياً في المحلولين الحامضيين فقد وجد إنها تختلف باختلاف نوعية المواد المكونة للخلطة الخرسانية وكما موضح في الشكل (4) و(5) فقد اظهرت نماذج (LWC8) اعلى نسبة نقصان بالوزن وأعلى نسبة نقصان بالمقاومة في حالة غمرها في محلول حامض الكبريتيك وهي الخلطة التي تحتوي على المادة الرغوية والسبب يعود الى كون المادة الرغوية ذات مقاومة قليلة للكبريتات ، اضافة الـ عدم احتوائها على limestone والذي تكون مقاومته للكبريتات عالية . اقل نسبة فقدان بالوزن كانت في نماذج الخلطة (LWC6) الحاوية على SP و Limestone كركام ناعم وخشن واقل نسبة فقدان بالمقاومة كانت في الخلطة الخرسانية (LWC4) الحاوية على Sp و Limestone كركام خشن .

اما بالنسبة للنماذج المغمورة في حامض الهيدروكلوريك فقد كانت اعلى نسبة فقدان بالوزن لنماذج الخلطة الخرسانية (LWC6) الحاوية على نسبة عالية من SP و Limestone كركام ناعم وخشن بينما اقل نسبة فقدان بالوزن كانت في الخلطة الخرسانية الاعتيادية (R)، واعلى نسبة فقدان بالمقاومة كانت في الخلطة الخرسانية (LWC5) الحاوية على المادة الرغوية وSP واقل نسبة فقدان بالمقاومة للخلطة الخرسانية (LWC2) الحاوية على اقل نسبة من SP و Limestone .

اما النماذج المغمورة في مياه الفضلات فقد اظهرت النتائج بان نسبة النقصان بالوزن قليلة مقارنة بالمحاليل الحامضية بسبب قلة تركيز الكبريتات والكلوريدات وزيادة تركيز الكالسيوم .اما اعلى نسبة فقدان بالمقاومة فكانت في الخلطة الخرسانية (LWC6) بسبب احتوائها على نسبة عالية من الـ SP و Limestone كركام ناعم وخشن واقل نسبة فقدان بالمقاومة مقارنة مع الخرسانة الاعتيادية كانت في الخلطة الخرسانية (LWC1) وهي الخلطة الحاوية على Limestone والخالية من SP.

الاستنتاجات

<u>التأثير الكيمياوي للكبريتات الناتج من غمر النماذج في حامض الكبريتيك</u>

1- اضافة الملدنات الفائقة (SP) ومادة الـ Limestone كركام خشن وناعم الى الخرسانة خفيفة الوزن يؤدي الى زيادة مقاومتها ضد هجوم الكبريتات ويقلل النقصان بالوزن .
2- تقل مقاومة الخرسانة خفيفة الوزن والحاوية على المادة الرغوية والحصى المكسر وغير الحاوية على الـ Limestone ، لهجوم الكبريتات حتى في حالة احتواء النماذج على

مادة الـ (SP) وكذلك تكون نسبة النقصان بالوزن لها عالية .

3- كلما زادت نسبة الـ (SP) المضافة الى الخرسانة خفيفة الوزن تزداد مقاومتها لهجوم الكبريتات وتقل نسبة النقصان بالوزن .

التأثير الكيمياوي للكلوريدات الناتج من غمر النماذج في حامض الهيدروكلوريك

1- نسبة النقصان بالوزن للخرسانة الاعتيادية لهجوم الكلوريدات اقل من نسبة النقصان بالوزن للخرسانة خفيفة الوزن باستعمال الـ Limestone والمادة الرغوية .

2- مقاومة الخرسانة خفيفة الوزن الحاوية على المادة الرغوية اعلى من مقاومة الخرسانة خفيفة الوزن الحاوية على الـ Limestone ، وكذلك نسبة النقصان بالوزن بوجود المادة الرغوية تكون اقل منه في حالة وجود Limestone .

3- اضافة مادة الـ SP مع Limestone الى الخرسانة خفيفة الوزن يزيد من نسبة النقصان بالوزن ويقلل من مقاومة الانضغاط.

التأثير الكيماوي الناتج من غمر النماذج في مياه الفضلات الصناعية لمعمل البان جامعة تكريت

1- نسبة النقصان بالوزن للخرسانة الاعتيادية لهجوم الكلوريدات اقل من نسبة النقصان بالوزن للخرسانة خفيفة الوزن باستعمال الـ Limestone والمادة الرغوية .

2- اضافة SP و Limestone الى الخرسانة خفيفة الوزن يزيد من نسبة النقصان بالوزن ويقلل من مقاومتها لتاثير مياه الفضلات.

3- اضافة المادة الرغوية للخرسانة خفيفة الوزن يزيد من نسبة النقصان بالوزن ويقلل مقاومتها لتاثير مياه الفضلات .

4- اضافة SP فقط للخرسانة خفيفة الوزن يزيد من نسبة النقصان بالوزن ويقلل مقاومتها لتاثير مياه الفضلات.

5- تكون مقاومة الخرسانة الاعتيادية لتاثير مياه الفضلات اعلى من مقاومتها لتاثير حامض الكبريتيك بسبب قلة تركيز الكبريتات في مياه الفضلات وزيادة تركيز الكالسيوم فيها مما يعطي مقاومة اكبر للخرسانة الاعتيادية .

6- يكون تاثير حامض الكبريتيك على نسبة النقصان بالوزن للخرسانة الاعتيادية اكثر من تاثير حامض الهيدروكلوريك ومياه الفضلات .

7- يكون تاثير حامض الهيدروكلوريك على نسبة النقصان بالمقاومة للخرسانة الاعتيادية اعلى من تاثير حامض الكبريتيك ومياه الفضلات .

التوصيات

1- دراسة تأثير تراكيز مختلفة من حامضي HCl و H_2SO_4 على مقاومة الانضغاط للخرسانة.

2- دراسة تأثير اضافة مواد ناعمة بوزولانية على مقاومة الخرسانة للاحماض.

3- دراسة تأثير الاحماض على مونة الخرسانة مع المضافات .

المصادر

1- الامام ، محمود " تكنولوجيا الخرسانة "، جامعة المنصورة ، مصر (2002).

2- Wilbur,J. and Watson , Sara Ruth ,"Acid Attack on Concrete", Bridge Rehabilitation Topics and News , 2002.

3- HAMPTON ROADS SANITATION DISTRIC, 2006 ," Basic in corrosion in Wastewater Collection and

Treatment System : The Corrod Environment and Materials", Coating Manual , Appendix A.

4- Boyd , Andrew J. and Mindess , Sidney ,"The use of tension testing to investigate the effect of w/c ratio and cement type on the resistance of concrete to sulfate attack", Cement and Concrete Research ,No. 34, (2004) , pp. 373 – 377.

5- Narayana , SMV ; Swamy , N. Kumara ; Abbaiah , G. , "Enhancement of Durability of Normal Strength Concrete using Fly ash and Heavy weight Microfine Barytes Filler – study of Acid Resistance " , IE (I) Journal – CV , July 11,2007, pp. 18 - 22.

6- Vuk ,T. ; Gabrorsek , R. ; Kaucic , V. , "The influence of mineral admixtures on sulfate resistance

7- Irassar , E.F ," Sulfate attack on cementitious materials containing containing limestone filler— A review " , Cement and Concrete Research, No. 39, (2009), pp. 241–254

of limestone cement pastes aged in cold $MgSO_4$ solution", limestone filler— A review", Cement and Concrete Research, No. 39, (2009), pp. 241–254.

8- Nehdi , M.; Hayek , M." Behavior of blended cement mortars exposed to sulfate solution cycling in relative humidity ", Cement and Concrete Research,No. 35 , (2005), p.731-742.

9- Gutiérrez-Padilla, Ma. Guadalupe D.;Bielefeldt,Angela:Ovtchinnikov , Sergu ei;Hernandes ,Mark ;Silverstein , Joann, "Biogenic sulfuric acid attack on different types of commercially produced concrete sewer pipes", Cement and Concrete Research,No. 40 , (2010), pp.293 – 301 .

10- Ghanee, Ahmed Adnan, "Mechanical Properties and Dynamic Response of Lightweight Reinforced Concrete Beams", M.Sc. thesis, Tikrit University, Iraq,2010.

11- (I.O.S) ,Iraq specification 5/1984.

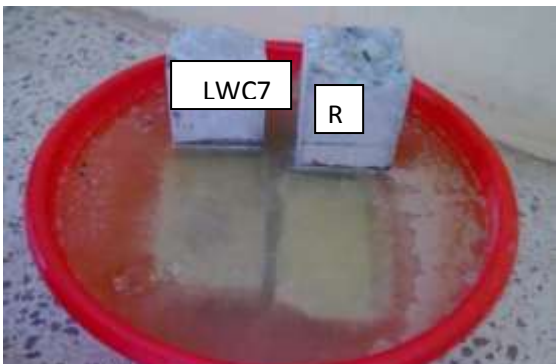
12- Sikament® FFN Data Sheet ,SIKA Co. edition 11.10.2007.

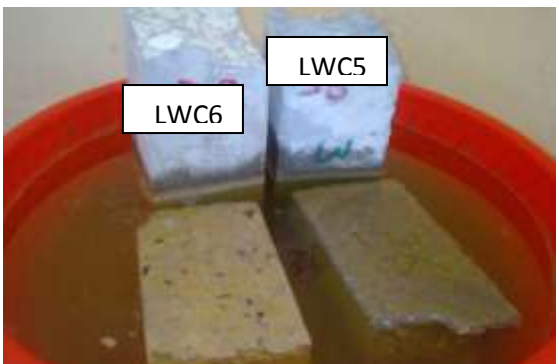
13- ASTMC330-00," Standard Specification for Lightweight Aggregate for Structure Concrete".

14- Sika® Lightcrete l-500 Data Sheet ,SIKA CO. edition 04/07/2007.

15- عباوي ، سعاد عبد و حسن محمد سلمان،" الهندسة العملية للبيئة : فحوصات الماء" ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل . (1990)

16- يوسف ، هناء عبد ،" فحوصات في تكنولوجيا الخرسانة " ، مطبعة الجامعة التكنولوجية ، بغداد (1997).

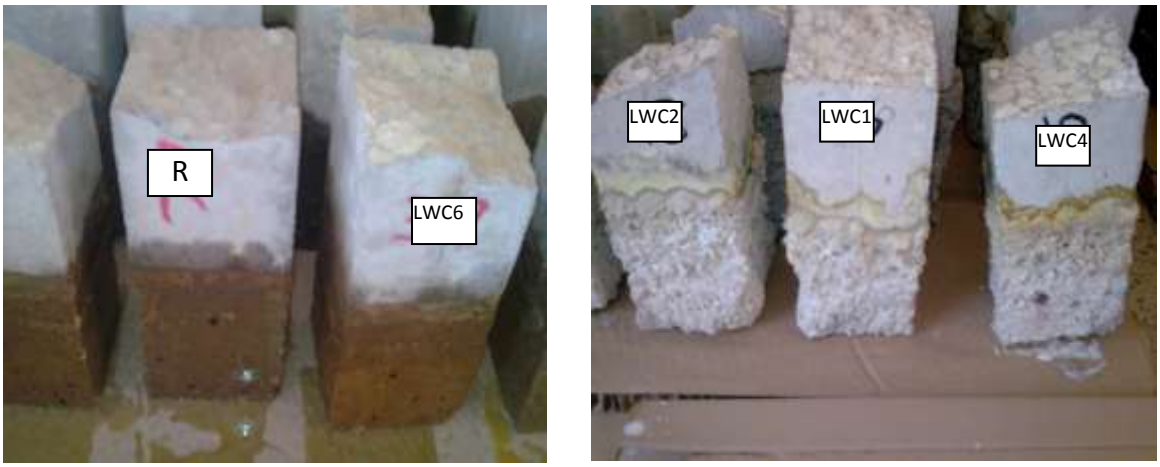




(ب) (أ)

الشكل (1): مواشير الخرسانة مغمورة في :

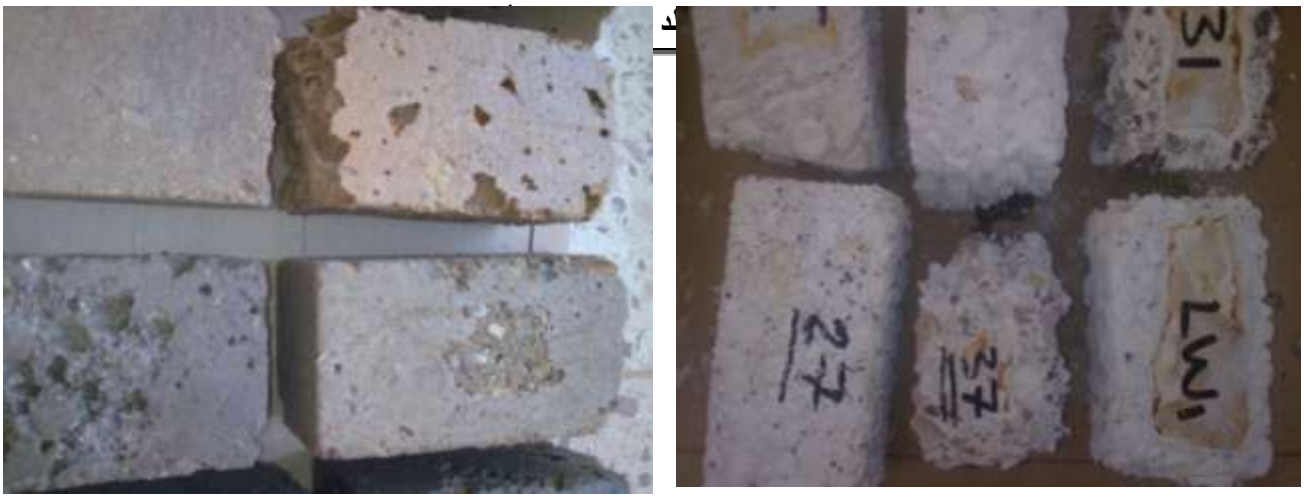
أ- محلول حامض الكبريتيك H_2SO_4، ب- محلول حامض الهيدروكلوريك HCl .



(ب) (أ)

الشكل (2): صعود الاملاح في مواشير الخرسانة مغمورة في

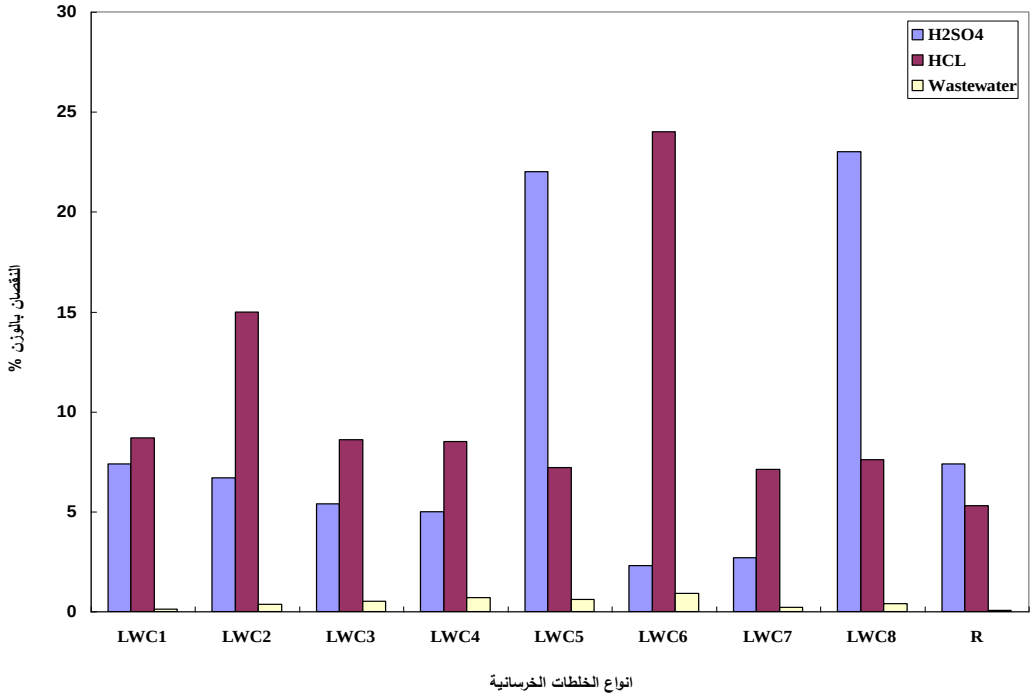
أ- محلول حامض الكبريتيك H_2SO_4، ب- محلول حامض الهيدروكلوريك HCl .



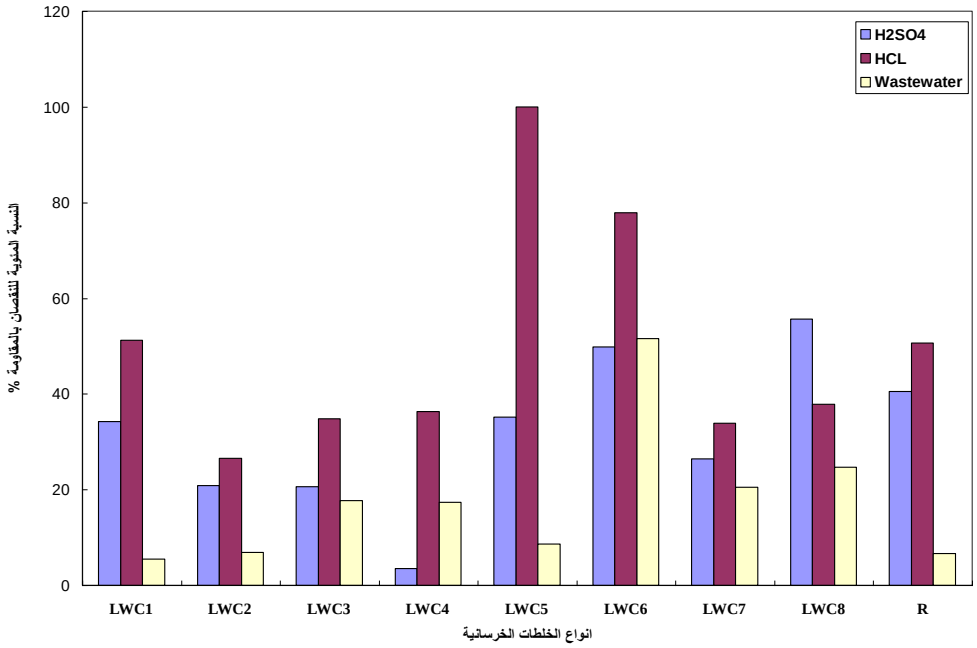
(ب) (أ)

الشكل (3): التأثير الكيمياوي الحاصل للنماذج المغمورة كلياً في:

أ – محلول حامض الكبريتيك H_2SO_4 ، ب– محلول حامض الهيدروكلوريك HCl .



الشكل (4) /النسبة المئوية للنقصان بالوزن لأنواع مختلفة من خلطات الخرسانة خفيفة الوزن



شكل (5): النسبة المئوية للنقصان بمقاومة الانضغاط لأنواع مختلفة من خلطات الخرسانة خفيفة الوزن

جدول (1): الخصائص الفيزيائية والكيميائية للاسمنت البورتلاندي الاعتيادي[9]

الاكاسيد	المحتوى %	حدود المواصفة العراقية رقم 5 لسنة 1984
SiO_2	13.4	اكثر من 21%
Al_2O_3	4.6	اكثر من 8%
Fe_2O_3	-----	اكثر من 6%
MgO	----	اكثر من 5%
SO_3	1.1	اكثر من 2.8%
Loss on Ignition , L.O.I	0.95	اكثر من 4%
مواد غير قابلة للذوبان	1.05	اكثر من 1.5%
Lim saturation factor, L.S.F	0.9	(1.2 – 0.66)
الخصائص الفيزيائية	**نتائج الفحص**	**حدود المواصفة العراقية رقم 5 لسنة 1984**
المساحة السطحية النوعية m^2/kg	301.5	250 m^2
زمن البقاء البقاء الأولي/ساعة :دقيقة البقاء النهائي / ساعة :دقيقة	 0.55 7:00	 لا يقل عن 45 دقيقة لايزيد عن 10 ساعات
مقاومة الانضغاط MPa for 3-day	28.7	15 MPa كحد ادنى

جدول (2):الخصائص الفيزيائية والكيميائية للرمل

الخاصية	المواصفة	نتائج الفحص	حدود المواصفة
الكثافة النوعية	ASTM C128-01	2.6	------
الامتصاص %	ASTM C128-01	2.2	--------
الفقدان بالوزن الجاف kg/m^3	ASTM C29/C29M/97	1590	--------
محتوى الكبريتات SO_3, %	(I.O.S.)No.45-84	0.08	0.5(اكبر قيمة)
مواد انعم من منخل 0.075 mm%	(I.O.S.)No.45-84	1.3	5 (اكبر قيمة)

جدول (3): تدرج الحصى والحصى المكسر

حجم المنخل	المتراكم العابر %	حدود المواصفة ASTM C33-01
37.5 mm (11/2 in)	100	100
25.0 mm (1in)	90.52	95 -100
12.5 mm (1/2 in)	33.67	25 – 60
4.75 mm (No. 4)	3.22	0 – 10
2.36 mm (No.8)	1.09	0 – 5

جدول (4):الخصائص الفيزيائية والكيميائية للحصى والحصى المكسر

الخاصية	المواصفة	نتائج الفحص	حدود المواصفة
الكثافة النوعية	ASTM C128-01	2.6	----------
الامتصاص %	ASTM C128-01	2.3	---------
الفقدان بالوزن الجاف, kg/m^3	ASTM C29/C29M/97	1593	----------
محتوى الكبريتات % ,SO_3	(I.O.S.)No.45-84	0.08	0.5(اكبر قيمة)

جدول (5): مواصفات الملدنات الفائقة (HRWRA (superplasticizer – Sikament ® FFN)[10]

الخاصية	خرسانة superplasticizer
الشكل	سائل لزج
اللون	سائل متجانس بني
الكثافة النسبية	1.2-1.24 kg /l , at 20 C°
قيمة pH	6.42
نقطة الانجماد	- 5 C°
محتوى ايون الكلورايد الكلي	اكثر من 0.1 % ، كلور حر
اوكسيد الصوديوم المكافئ Na_2O%	اكثر من 7%

جدول (6): تدرج الحجر الجيري المستخدم كركام خشن

حجم المنخل	المتراكم العابر %	حدود المواصفة ASTM C330
25.0 mm (1 in)	100	95 – 100
12.5 mm (1/2)	35.82	25 – 60
4.75 mm (No. 4)	9.54	0 – 10

جدول (7): تدرج الحجر الجيري المستخدم كركام ناعم [11](LWFA)

حجم المنخل	المتراكم العابر %	حدود المواصفة ASTM C330-00
9.5 mm (3/8 in)	100	100
4.75 mm (No. 4)	90.38	85 - 100
1.18 mm (No. 16)	66.83	40 - 80
300 µm (No.50)	15.89	10 -35
150 µm (No.100)	6.09	5- 25

جدول (8) : الخصائص الفيزيائية والكيميائية للحجر الجيري المستخدم كركام خشن وناعم

الاكاسيد	المحتوى %
SiO_2	65.41
CaO	8.87
SO_3	0.31
Fe_2O_3	2.09
Gypsum	6.79

جدول (9): الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة الرغوية(Sika® lightcrete I- 50)

الخاصية الفيزيائية والكيميائية	Sika® lightcrete I- 50
اللون	سائل اصفر غامق
التركيب الكيمياوي	سائل صناعي للهواء المقصود
الكثافة	1,0075 – 1,0175 kg/l , at 20 C°
قيمة pH	9–11
نقطة الانجماد	– 5 C°
محتوى ايون الكلورايد الكلي	أكثر من 0.1% ، كلور حر

جدول (10): مكونات الخلطات الخرسانية المكونة للمواشير[8]

Sample No.	Cement	Sand/C	Limestone/C	Crush stone/C	Sp% from cement weight	W/C	Gravel/C	Lc% from cement weight	LWFA/C
LWC1	1	0.582	2.616	0	0	0.487	0	0	0
LWC2	1	0.584	2.375	0	1	0.329	0	0	0
LWC3	1	0.584	2.375	0	2	0.365	0	0	0
LWC4	1	0.584	2.375	0	3	0.343	0	0	0
LWC5	1	1.194	0	2.602	1	0.261	0	1	0
LWC6	1	0	2.385	0	3	0.356	0	0	0.585
LWC7	1	1.195	0	2.6	0	0.37	0	1	0
LWC8	1	1.194	0	2.602	0	0.359	0	2	0
R	1	1.3	0	0	0	0.399	3	0	0

جدول (11):النسبة المئوية للنقصان بالوزن ومقاومة الانضغاط للنماذج المغمورة كلياً في حامض H_2SO_4.

رقم النموذج	النسبة المئوية للنقصان بالوزن*	النسبة المئوية للفرق بالنقصان بالوزن عن الخرسانة الاعتيادية*	النسبة المئوية للنقصان بالمقاومة**	النسبة المئوية للفرق بالنقصان بالمقاومة عن الخرسانة الاعتيادية**
LWC1	7.4	0	34.248	0.155
LWC2	6.7	9.4	20.8	0.486
LWC3	5.4	27	20.569	0.492
LWC4	5	32.4	3.525	0.913
LWC5	22	-197.2	35.189	0.131
LWC6	2.3	68.9	49.765	-0.227
LWC7	2.7	63.5	26.426	0.348
LWC8	23	-210.8	55.596	-0.371
R	7.4	0	40.537	0

*النسبة المئوية للنقصان بالوزن =((وزن النموذج قبل الغمر بالمحلول – وزن النموذج بعد الغمر بالمحلول)/ وزن النموذج قبل الغمر بالمحلول)*100

** النسبة المئوية للنقصان بالمقاومة =(مقاومة الانضغاط للنموذج غير المغمور – مقاومة الانضغاط للنموذج بعد الغمر بالمحلول/ مقاومة الانضغاط للنموذج قبل الغمر بالمحلول)*100

*النسبة المئوية للفرق بالنقصان بالوزن عن الخرسانة الاعتيادية = ((النسبة المئوية للنقصان بالوزن للخرسانة الاعتيادية – النسبة المئوية للنقصان بالوزن للنموذج)/ النسبة المئوية للنقصان بالوزن للخرسانة الاعتيادية)*100

** النسبة المئوية للفرق بالنقصان بالمقاومة عن الخرسانة الاعتيادية = ((النسبة المئوية للنقصان بالمقاومة للخرسانة الاعتيادية – النسبة المئوية للنقصان بالمقاومة للنموذج)/ النسبة المئوي للنقصان بالمقاومة للخرسانة الاعتيادية)*100

جدول (12): النسبة المئوية للنقصان بالوزن ومقاومة الانضغاط للنماذج المغمورة كلياً في حامض HCl .

رقم النموذج	النسبة المئوية للنقصان بالوزن	النسبة المئوية للفرق بالنقصان بالوزن عن الخرسانة الاعتيادية	النسبة المئوية للنقصان بالمقاومة	النسبة المئوية للفرق بالنقصان بالمقاومة عن الخرسانة الاعتيادية
LWC1	8.7	64.100	51.196	-1.17
LWC2	15	-183	26.5	47.6
LWC3	8.6	-62.2	34.848	31.1
LWC4	8.5	-60.3	36.264	28.33
LWC5	7.2	-35.8	100	-97.6
LWC6	24	-352.8	77.891	-53.9
LWC7	7.1	-33.9	33.889	33
LWC8	7.6	-43.3	37.814	25.2
R	5.3	0	50.6	0

جدول (13) : النسبة المئوية للنقصان بالوزن ومقاومة الانضغاط للنماذج المغمورة كلياً في مياه الفضلات الصناعية لمعمل ألبان جامعة تكريت.

رقم النموذج	النسبة المئوية للنقصان بالوزن	النسبة المئوية للفرق بالنقصان بالوزن عن الخرسانة الاعتيادية	النسبة المئوية للنقصان بالمقاومة	النسبة المئوية للفرق بالنقصان بالمقاومة عن الخرسانة الاعتيادية
LWC1	0.12	-71.4	5.508	16.4
LWC2	0.35	-400	6.882	-4.3
LWC3	0.5	-614	17.703	-168.5
LWC4	0.7	-900	17.293	-162.2
LWC5	0.6	-757.1	8.585	-30.2
LWC6	0.9	-1185.7	51.530	-681.5
LWC7	0.2	-185.7	20.5	-210.9
LWC8	0.4	-471.4	24.7	-255.2
R	0.07	0	6.593	0