دراسة تأثير البكتريا المختزلة للكبريت على الخرسانة المسلحة

أ.د.عامر محمد ابراهيم[1] أ.د.عدنان نعمة عبد الرضا[2] سجى محمد محسن[2]

(1) كلية الهندسة/جامعة ديالى (2) كلية التربية للعلوم الصرفة /جامعة ديالى

الخلاصة

تضمنت الدراسة الحالية دراسة قابيلة البكتريا المختزلة للكبريت على إحداث التآكل في الخرسانة المسلحة, إذ تم اختبار قابلية تلك البكتريا على إحداث التآكل في الخرسانة المسلحة باستخدام نماذج خرسانية مسلحة صنعت في مختبر الفحوصات الإنشائية التابع لكلية الهندسة جامعة ديالى, حيث تم دراسة تاثير البكتريا على الخلطة الخرسانية الاعتيادية المقاومة والخلطة الخرسانية العالية المقاومة بإستخدام الاسمنت العادي وحديد تسليح بقطر 16 ملم وبوضعيات مختلفة . وتمت مراقبة جهد التآكل باستخدام جهاز جهد نصف الخلية(Half cell potential) في النماذج الخرسانية المسلحة فقد كان تأثير البكتريا المختزلة للكبريت على النماذج الخرسانية ذات الخلطة الاعتيادية أعلى من النماذج ذات الخلطة الخرسانية عالية المقاومة , إذ أوضحت الدراسة إن جهد نصف الخلية لنماذج الخلطة الخرسانية العالية المقاومة والإسمنت الاعتيادي أفضل من استخدام الخلطة الخرسانية الاعتيادية المقاومة والإسمنت الاعتيادي بنسبة 21% وخلال 28 يوم , لذلك ينصح باستخدام الخلطة الخرسانية العالية المقاومة مع السمنت المقاوم ويعزى ذلك إلى قلة المسامية في الخلطة الخرسانية العالية المقاومة مما يقيد عمل البكتريا .

كلمات دالة: البكتريا المختزلة للكبريت , تآكل الخرسانة المسلحة , التآكل الحيوي.

A Study Of The Effect Of Sulfur-Reducing Bacteria On Reinforced Concrete

Dr. Amer muhammad ibrahem[1] Dr. Adnan Neama[2] Saja Muhammad muhsen[2]

College of Engineering / Diyala University (2) College of Education for Pure Sciences /Diyala University

Received 4 November 2013 ; Accepted 21 November 2013

دراسة تأثير البكتريا المختزلة للكبريت على الخرسانة المسلحة

أ.د.عامر محمد ابراهيم[1] أ.د.عدنان نعمة عبد الرضا[2] سجى محمد محسن[2]

Abstract

This study deals with the ability of the sulfur reducing bacteria to cause corrosion in reinforced concrete . The susceptibly of those bacteria to cause corrosion in reinforced concrete has been tested by using models manufactured in laboratory examination construction of the faculty of engineering –University of Diyala. The study deals with the effect of bacteria on the concrete mix normal resistance and the high resistance of the concrete mix by using ordinary cement and rebar diameter 16 mm and various Bodacat .It has been monitored that the corrosion using a half cell potential in the form of reinforced concrete has an impact on the bacteria –Thus reducing sulfur form concrete . this is done through a mixture which is regular as a model but with high resistance and ordinary cement which is better than using concrete mix normal resistance and ordinary cement by 21% during 28 days . This infact is advisable ; using concrete mix high resistance in quality due to the lack of porosity in the concrete high resistance as this restricte the work of bacteria .

Keywords: sulfur reducing bacteria**,** corrosion of reinforcement concrete**,** biocorrosion.

المقدمة

: يعرف التآكل بأنه إفساد المادة أو خواصها نتيجة تفاعلها مع مؤثرات خارجية أو داخلية أو هو التلف الناتج عن تفاعل مادتين أو أكثر أو مكوناتها في وجود وسط مساعد مثل الحرارة والرطوبة ويحدث التآكل في المنشأت ببطء لكن الخسائر التي يسببها تفوق التصور, فمنها خسائر ماديه واقتصادية ومنها ما يتعلق بصحة الإنسان مما يؤثر علية **(ALAgha ,2006)** . أما التآكل بتأثير الأحياء المجهرية microbiology influenced corrosion يعرف على انه التأثيرات التأكليه الناتجة عن الفعاليات الأيضية للأحياء المجهرية الهوائية واللاهوائية عندما يكون المعدن متصل بالبيئة المحيطة به **(نعمة وآخرون , 2010)** . حيث يأتي دور الأحياء المجهرية في عمليات تآكل الخرسانة عن طريق أنتاج الحامض كما يحصل في التآكل الحيوي للخرسانة والمعادن بوجود الملوثات الفطرية Fungal influenced corrosion كما في جنس *Fusarium sp*. **(Geweely, 2011)**. كذلك يحدث التآكل بوجود البكتريا المختزلة للكبريت والتي تعد مجموعة واسعة من الأحياء المجهرية اللاهوائية والتي تلعب دور مهم في الكثير من العمليات البايوكيميائية **(Barton and Hamilton,2007)**. والتي تعد المسبب الرئيسي للتآكل في الكثير من المعادن مثل النحاس والحديد والنيكل والألمنيوم (**Zuo *etal*.,2004**). وتكون الصفة الرئيسية لهذه المجموعة بأنها مجتمعات بكتيرية لاهوائية إجبارية تكون فعالة في استخدام الكبريتات كمستقبل نهائي للالكترونات خلال التنفس اللاهوائي وتكون قادرة على توليد كبريتيد الهيدروجين من اختزال الكبريتات **(Boetius *etal*.,2000;Sahrani *etal*.,2008)**. حيث يعتبر وجود الكبريتات واحد من الآليات الرئيسية للتآكل في الخرسانة المسلحة

والتي تؤدي إلى حصول تشققات ملحوظة **(Zomora *etal.* ,2012)** . ويكون الدور الأكبر للغشاء الحيوي Biofilm في تحفيز التآكل الحيوي عن طريق توفير الظروف اللاهوائية لهذه البكتريا حيث يتكون الغشاء الحيوي الناضج من خلايا مايكروبية ومواد متعددة السكريد(Exopolysaccharid Substrances (EPS والذي يمنع انتشار الأوكسجين إلى المنطقة الكاثودية وبالمقابل انتشار الايونات السالبة كالكلورايد إلى المنطقة الأنودية وحصول التآكل **(Videla and Herrera,2005)**. ولهذه البكتريا أضرار كثيرة منها تحطيم خطوط نقل المياه في حقول أنتاج النفط وكذلك تعمل على تحليل المعادن من خلال العمليات الأيضيه لها **(Dong *etal.*,2011)**. حيث تتواجد بمعدل واسع في كل مناطق إنتاج النفط متضمنةٍ مناطق حقن المياه وخروجه حيث تسبب سلسلة من المشاكل لتصنيع النفط منها سد أنابيب الضخ أو إنتاج سموم تؤثر على العاملين وتكوين تآكل بفعل منتجات هذه البكتريا **(Korenblum *etal.*,2005)** . إن آلية التآكل الحيوي لحديد التسليح بفعل البكتريا المختزلة للكبريت تتلخص في الشكل (1) .

المواد وطرائق العمل

1- **المزارع الخلطية للبكتريا المختزلة للكبريت (SRB)** :- تم الحصول على المزارع الخلطية من ترسبات نهر دجلة المار بقريه زنبور التابعة لقضاء الخالص .

2- **المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية** :- تم استخدام نوعان من الاسمنت الاعتيادي والمقاوم انتاج شركة الجسر /السليمانية ,أما الركام مجهر من شمال العراق , والماء المستخدم هو الماء الصالح للشرب .

3- **النماذج الخرسانية المسلحة** :- تم عمل النماذج الخرسانية في مختبر الفحوصات الإنشائية التابع لقسم الهندسة المدنية -كلية الهندسة –جامعة ديالى ,حيث تم تصميم نوعان من الخلطة (الاعتيادية ذات مقاومة انضغاط 34.68 ميكاباسكال وعالية المقاومة ذات مقاومة انضغاط 45.51 ميكاباسكال), إذ تتألف الخلطة من مواد مختلفة كما في الجداول(1) و(2) , وان القوالب المستخدمة لصب النماذج مواشير تتراوح أبعادها cm (30× 6 × 6) مع تسليح النموذج باستخدام حديد تسليح بوضعيات مختلفة ,وأثناء عملية الصب تم وضع النماذج على جهاز الهزاز الكهربائي Vibration لطرح الفقاعات الهوائية من النموذج وتسويته في القالب بعدها حفظت النماذج في درجة حرارة الغرفة لمدة 24 ساعة ,حيث تم استخراجها من القالب لغرض استخدامها في تجارب اختبار سرعة التآكل في الخرسانة المسلحة بفعل البكتريا المختزلة للكبريت ويوضح شكل 2 النماذج الخرسانية المسلحة المستخدمة .

4- **اختبار تأثير الجراثيم المختزلة للكبريت على تآكل الخرسانة المسلحة**

تم اختبار تأثير الجراثيم المختزلة للكبريت على حدوث التآكل في الخرسانة المسلحة من خلال تصميم بيئة مصغرة لنمو تلك الجراثيم ووضع النموذج الخرساني بداخلها حيث تم استخدام علب بلاستيكية سعة 1500مل لغرض أتمام عمل الزرع والحضن للنموذج بداخلها كما موضح في الشكل 3 . إذ تمت التجربة عدة مرات شملت المرة الأولى عدم تعقيم النموذج الخرساني حيث تمت الزراعة مباشرة مع مراعاة استخدام الغازات وتوفير الظروف اللاهوائية وبالمقابل تم عمل عينات سيطرة لغرض المقارنة ,أما عملية الزرع الثانية شملت تعقيم النموذج الخرساني بجهاز الموصدة تحت

درجة حرارة 37 مº ولمدة نصف ساعة , أما العلب البلاستيكية فعقمت بالكحول 70% وتم الزرع بنفس الطريق السابقة مع وجود عينات سيطرة أيضا وحضنت النماذج تحت درجة حرارة الغرفة ولمدة ستة أشهر ,حيث تم قياس جهد نصف الخلية (جهد التآكل) باستخدام جهاز Half cell المجهز من شركة canin وحسب الفترات الزمنية المقررة (0, 28 , 60) يوم.

5- فحص النماذج الخرسانية باستخدام جهاز Half cell potential

يستخدم هذا الجهاز لقياس الجهد على سطح الخرسانة المسلحة ليعطي فكرة عن حالة الصدأ في حديد التسليح كما موضح في الشكل 4 ,إذ تم تحضير النماذج الخرسانية للقياس عن طريق ترطيب السطح الخاص بالقياس عدة مرات لنحصل على رطوبة كافية, أما المحلول الخاص بالفحص فهو محلول كبريتات النحاس الذي يحضر من إذابة 40 غرام من تلك المادة في 100مل ماء مقطر والذي يوضع داخل الالكتروليد الخاص بالجهاز والذي يربط إلى الجهاز مباشرة وفي المقابل يوجد قطب أخر يربط من جهة بالجهاز والجهة الأخر تربط إلى حديد التسليح في النموذج وبمجرد وضع الالكتروليد على السطح الرطب يبدأ الجهاز بالقراءة وتسجيل النتيجة عند استقرار القراءة والتي تقاس بملي فولت . إذا كانت القراءة اقل من -200 ملي فولت تعني احتمالية واطئة لحدوث الصدأ , أما إذا كان فرق الجهد بين -200 إلى -350 ملي فولت تعني صدأ فعال لكن غير مؤكد , أما إذا كان فرق الجهد اكبر من -350 ملي فولت تعني احتمالية عالية لحدوث الصدأ **(Chansuriyasak *etal*.,2010)**.

النتائج والمناقشة

1- مقارنة جهد التآكل للنماذج مع عينات السيطرة:

1-1 استخدام الخلطة الخرسانية الاعتيادية المقاومة مع الأسمنت العادي مع حديد تسليح قطر 16ملم

أظهرت نتائج الدراسة الحالية إن جهد نصف الخلية للنموذج الخرساني **A1** والمحتوي على حديد تسليح ممتد على طول القالب وخارج من جهة واحدة مع استخدام الأسمنت الاعتيادي والمعرض للبكتريا إلى نموذج السيطرة كان أعلى بنسبة 65% , أما النموذج الخرساني **A2** المحتوي على حديد تسليح ممتد من منتصف القالب وخارج من جهة واحدة مع استخدام الأسمنت الاعتيادي والمعرض للبكتريا كان الجهد فيه أعلى من جهد السيطرة بنسبة 59% , أما النموذج الخرساني **A3** الذي يحتوي على حديد تسليح ممتد على طول القالب, وخارج من جهتين مع استخدام الأسمنت الاعتيادي والمعرض للبكتريا كان الجهد فيه أعلى بنسبة 68% وكما موضح في الشكل (5) , أما عند المقارنة بين النماذج الثلاثة فنلاحظ إن النموذج A3 احدث أعلى جهد بلغ -660 ملي فولت ثم اتبعه النموذج A1 الذي بلغ الجهد فيه -630 ملي فولت ثم اتبعه النموذج A2 الذي بلغ الجهد -570 ملي فولت, وكما موضح في النسب أعلاه .

2-1 استخدام الخلطة الخرسانية العالية المقاومة مع الأسمنت العادي مع حديد تسليح قطر 16ملم

أظهرت نتائج الدراسة الحالية إن جهد نصف الخلية للنموذج الخرساني **B1** المصنوع من الخلطة الخرسانية عالية المقاومة والمحتوي على حديد تسليح ممتد على طول القالب وخارج من جهة واحدة والمعرض للبكتريا الى نموذج السيطرة كان أعلى بنسبة 40%, أما النموذج الخرساني **B2** المحتوي على حديد تسليح ممتد من منتصف القالب وخارج من جهة واحدة والمعرض للبكتريا كان الجهد فيه أعلى من جهد نماذج السيطرة بنسبة 32% , أما النموذج الخرساني **B3** الذي يحتوي على حديد تسليح ممتد على طول القالب وخارج من جهتين والمعرض للبكتريا كان الجهد فيه أعلى بنسبة 45% وكما موضح في الشكل (5) , أما عند المقارنة بين النماذج الثلاثة فنلاحظ إن النموذج B3 احدث أعلى جهد بلغ -530 ملي فولت ثم اتبعه النموذج B1 الذي بلغ الجهد فيه -520 ملي فولت ثم اتبعه النموذج B2 الذي بلغ الجهد -444 ملي فولت, وكما موضح في النسب أعلاه. فإن مقارنة النماذج الخرسانية مع بعضها على أساس وضعية حديد التسليح إذ كان أعلى جهد للتآكل في النموذج الخرساني ذا حديد تسليح يصل طوله إلى 20 سم والتي تشمل النموذج (A3) ثم تتبعهم النموذج ذا طول 15 سم (A1) ثم تتبعهم النموذج ذا طول10 سم (A2) وخلال الفترات الزمنية نفسها, وتحت الظروف اللاهوائية وتوافر البكتريا المختزلة للكبريت SRB وهذا مطابق لما جاء به **(Antony)** وزملاؤه (2008) إذ أشار إن البكتريا المختزلة للكبريت SRB تعمل على زيادة التيارات الانودية داخل حديد التسليح فكلما زاد طوله زادت تلك التيارات مؤدية إلى حصول فقدان في الوزن, وحصول النقر في الانود مما يقلل من إمكانية حصول التآكل بفعل مكونات الوسط. كذلك أوضحت النتائج إن النماذج الخرسانية المحتوية على حديد تسليح ممتد على طول القالب وظاهر من جهتين أعلى نسبة تآكل مقارنة مع النماذج الخارجة من جهة واحدة , وهذا السبب يعود إلى اكتمال الدائرة الكهربائية واستمرار انتقال الالكترونات.

لوحظ أيضا انخفاض نسبة التآكل بمرور الوقت إذ كانت أعلى قيمة في 28 يوماً ثم بدأت بالانخفاض وهذه النتائج جاءت مطابقة لما جاء به **(Bouis)** وزملاؤه (2007) إذ اثبت إن الغشاء الحيوي الذي تكونه البكتريا على سطح النموذج الخرساني يكون أكثر فعالية بعد مرور 28 يوماً ثم تبدأ فعالية هذه المجتمعات بالتراجع بعد مرور 60 يوماً وكما موضح في الشكل1. إن النتائج المذكوره جميعها جاءت مطابقة لما جاء به **(Antony)** وزملاؤه (2010) إذ اكدوا إن تآكل حديد التسليح يكون أعلى في المراحل الأولى ثم ينخفض بمرور الزمن وهذا جاء مطابق لما ذكر في الشكل1 .

كما أكد ذلك **(Dong)** وزملاؤه (2011) إذ اثبتوا إن منتجات التآكل تشكل بمرور الوقت طبقة حماية تقلل من حدوث عملية التآكل وأيضا توافر النماذج في بيئة محدودة المادة الغذائية مما يجعل عملية التآكل غير مستمرة نتيجة لتثبيط نمو البكتريا .كما جاءت مطابقه لما ذكره **(Zheng)** وزملاؤه (2013) إذ اشاروا إن النشاط البكتيري له تأثير فعال جدا على حديد التسليح وبذلك يحفز التآكل في الخرسانة المسلحة .

كما تطابقت نتائج هذه الدراسة مع ماذكره **(Dan)** وزملاؤه (2011) الذين اثبتوا أن التآكل في المعادن ومن ضمنها حديد التسليح يتأثر بالعوامل البيئية المحيطة تأثرا طرديا إذ وتعد البكتريا من العوامل البيئية المؤثرة في حديد التسليح ومشجعه على حدوث التآكل , وتعتبر شأنها شأن قطرات الندى التي تتكثف على الأسطح المعدنية وبتوافر الأوكسجين تعمل على حصول فقدان بالوزن وتلف المنتج.

جميع النتائج الحالية أثبتت قابلية البكتريا المختزلة للكبريت على إحداث التآكل في الخرسانة المسلحة وتكمن هذه القابلية في قدرة تلك البكتريا على تكوين الغشاء الحيوي والعيش في مجتمعات مشتركة , إذ إن الغشاء الحيوي يتكون من السكريات, والدهون, والأحماض النووية , وحامض البورنيك والبروتينات والتي جميعها تحتوي على المجاميع الوظيفية بما في ذلك مجموعة الكاربوكسيل والأمين والتي تكون قادرة على ربط الايونات المعدنية ,ولذلك فإن الغشاء الحيوي يؤثر على الطبقة الكهروكيميائية لسطح المعدن والتي تؤدي إلى حصول عملية تآكل مؤكدة **(Fang ,*etal.* ,2002)** . كما إن مقاومة الخرسانة للتآكل الحيوي تنخفض تحت الظروف اللاهوائية وتصبح أكثر عرضة للتآكل بفعل البكتريا المختزلة للكبريت SRB , إذ إن وجود الأوكسجين في الأوساط السائلة يقلل من نمو البكتريا واضمحلالها السريع كما إن نمو هذه البكتريا يتأثر بعوامل عديدة منها تركيز ايونات الكبريتيد والأس الهيدروجيني إذ إن تركيز ايونات الكبريتيد تحت الظروف الهوائية يكون اقل من الظروف اللاهوائية **(Wan, *et al.* ,2010).**

2-مقارنة جهد التآكل للنماذج الخرسانية الناتج عن البكتريا المختزلة للكبريت باستعمال الخلطتين {اعتيادية المقاومة (A) وعالية المقاومة (B)}

أظهرت النتائج إن استخدام الخلطة الخرسانية ذات المقاومة الاعتيادية والاسمنت العادي مع حديد تسليح بقطر 16 ملم وتشمل النماذج الثلاثة التي بلغ جهد التآكل فيها اعلى من الخلطة الخرسانية عالية المقاومة (A1=-630 ,A2=-570 ,A3=-660) ملي فولت وبلغت في النماذج الخرسانية العالية المقاومة باستخدام الاسمنت العادي وحديد تسليح بقطر 16 ملم والتي تشمل النماذج (B1=-520 ,B2=-444 ,B3=-530) ملي فولت وخلال نفس الفترة المتبعة 60 يوم كما في الشكل 6 . إذ تكون النماذج الخرسانية العالية المسامية أكثر عرضة للتآكل والمؤثرات الخارجية من النماذج ذات الخلطة الخرسانية عالية المقاومة نظرا لاحتواء الأخيرة على الإضافات الكيميائية والملدنات مع قلة نسبة الماء الى الاسمنت w/c مما يؤدي إلى قلة المسامية. حيث ذكر **(Hansson)** وزملاءه (2007) إن نسبة الماء الى السمنت في الخلطة الخرسانية لها تأثير عالي إذ إن الخلطة ذات المقاومة الاعتيادية تحوي على نسبة ماء الى السمنت أكثر من الخلطة الخرسانية العالية المقاومة وهذا الماء يعمل مع السمنت على ربط الجزيئات من خلال اماهة السمنت وتكوين العجينة الاسمنتية التي بدورها تربط عناصر الركام مع بعضها لتصبح خلطة متجانسة وان نسبة الماء الكبيرة تعمل على تباعد مكونات الخلطة الخرسانية عن بعضها وعند جفاف النموذج سوف يتبخر الماء تاركا فراغات ومسامات كبيرة تعمل كممرات لدخول الماء والأملاح والمواد الأخرى إلى داخل النموذج مؤدية إلى تأكل حديد التسليح , وهذا عكس مع الخلطة الخرسانية ذات المقاومة العالية المحتوية على نسبة ماء اقل وبذلك تكون المسامات اقل مما يؤدي إلى تأثير اقل . إي اثبت إن الخلطات الخرسانية ذات المقاومة العالية وذات المسامات القليلة تكون أكثر مقاومة للبكتريا المختزلة للكبريت من الخلطات الاعتيادية وهذه النتائج جاءت مطابقة لما جاء به (**Khan and Teja**) (2010) إذ اثبت إن مسامية الخلطة الخرسانية له تأثير عالي على إحداث التآكل , إن الخلطات الأقل مسامية تكون اقل عرضة للتآكل حيث تمنع دخول البكتريا ومسببات التآكل الأخرى إلى حديد التسليح وبذلك تعمل على توفير الحماية للخرسانة المسلحة . كما أشار (**Ormellese**) وزملاءه (2006) إن الخرسانة المسلحة تكون معرضة للتآكل بواسطة أسباب كثيرة إضافة إلى البكتريا وتلك الأسباب تكون أكثر شيوعا مثل وجود الكبريتات والكربونات والتي تدخل إلى حديد التسليح عن طريق وجود المسامات في الغطاء الخرساني

.أشار (**Seshadri and Raghunath , 2013**) إن الفرق في معدل التآكل بين الخرسانة الاعتيادية والعالية المقاومة يصل إلى 15 % وهذه النسبة تعتبر كبيرة بالنسبة لعمر البناية لذلك يجب استخدام خلطات عالية المقاومة مع الاسمنت المقاوم للأملاح لتجنب الصدأ الذي يحصل لحديد التسليح وهذا جاء مطابق لنتائج الدراسة الحالية حيث إن نسبة جهد نصف الخلية للخرسانة الاعتيادية المقاومة إلى الخرسانية العالية المقاومة كانت 21 % باستخدام الاسمنت الاعتيادي وحديد تسليح بقطر 16.

الاستنتاجات

1- إن للبكتريا المختزلة للكبريت SRB تأثيراً عالياً على أحداث التآكل في الخرسانة المسلحة ويكمن ذلك في قدرتها على تكوين الغشاء الحيوي , وامتلاكها إنزيم الهيدروجينز الذي يقوم بسحب ايون الهيدروجين من سطح المعدن خلال التنفس اللاهوائي معرض المعدن إلى بيئة التآكل .

2- إن جهد نصف الخلية لنماذج الخلطة الخرسانية العالية المقاومة والأسمنت الاعتيادي أفضل من استخدام الخلطة الخرسانية الاعتيادية المقاومة والأسمنت الاعتيادي بنسبة 21% وخلال 28 يوم .

2- استنتج من الدراسة الحالية إن النماذج الخرسانية المحتوية على حديد تسليح ممتد على طول القالب أحدثت جهد تآكل أعلى من النماذج الأخرى.

3- انخفاض جهد التآكل بمرور الوقت إذ كانت أعلى قيمة بعمر 28 يوماً ثم انخفضت في عمر 60 يوماً , ويعزى ذلك إلى تكون منتجات تآكل تشكل طبقة حماية بمرور الوقت.

المصادر

نعمة ، عدنان ; فليح , عبد الكريم ; ألحديثي ، هديل توفيق ; خلف ، علاء سامي وحسن ، وجدان . (2010) . التأثير التاكلي للجراثيم المختزلة للكبريت المعزولة من أنظمة تبريد الشركة العامة للاسمدة الكيمياوية الجنوبية . مجلة ديالى للعلوم الإنسانية ، (42) : 250 – 272 .

AlAgha,O.M.(2006). Corrosion In Structures.J.AL-Agsa Unv.,10(S.E.):122-144.

Antony ,P.J. ; Singh Raman, R.K. ; Kumar, P. and Raman, R. (2010). Role of microstructure on corrosion of duplex stainless steel in presence of bacterial activity. Corrosion Science 52 : 1404–1412.

Antony ,P.J. ; Singh Raman, R.K. ; Mohanram, R. ; Kumar, P. and Raman, R. (2008). Influence of thermal aging on sulfate-reducing bacteria (SRB)-influenced corrosion behaviour of 2205 duplex stainless steel , Corrosion Science 50 : 1858–1864

Barton ,L.L. and Hamilton ,W.A. (2007). Sulphate-Reduving Bacteria :Environment, and Engineered System. Cambridge University Press. 558.

Boetius, A. ;Raven Schlag , K. ; Schubert , C.J. ; Ricket , D. ; Widdel , F. ; Gieseke , A. ; Amann , R. ; Jorgensen , B. B. ; Witte , U. and Pfannkuche , O. (2000) amarine microbial consortium apparently mediationg anaerobic oxidation of methane . letters to nature , 407 : 623 – 626.

Bouis ,D.; Janvier, M. ; Grimont P.A.D. ; Dupont , I. and Vallaeys, T. (2007). Both sulfate-reducing bacteria and Enterobacteriaceae take part in marine biocorrosion of carbon steel. Journal of Applied Microbiology, 102 : 161–168.

Chansuriyasak ,K. ; Wanichlamlart ,C. ; Sancharoen , P. ; Kongprawechnon ,W. and Tangtermsirikul , S. (2010) . comparison between half-cell potential of reinforced concrete exposed to carbon dioxide and chloride environment . songklanakarin j. sci. technol., 32 (5), 461-468.

Coetser , S. E. and Cloete T. E. (2005). biofouling and biocorrosion in industrial water systems . critical reviews in microbiology, 31:213–232.

Dan ,Z.; Takigawa ,S. ; Muto, I. and Hara, N. (2011). Applicability of constant dew point corrosion tests for evaluating atmospheric corrosion of aluminium alloys. corrosion science , 53 : 2006–2014.

Dong , Z. H. ; Shi , W. ; Ruan , H. M. and Zhang , G.A. (2011). Hetero geneous corrosion of mild steel under srb-biofilm characterised by electrochemical mapping technique. corrosion science , 53 : 2978 – 2987.

Fang ,H.P.F.; Xua, L.C. and Chan, K.Y. (2002).Effects of toxic metals and chemicals on biofilm and biocorrosion. Water Res., 36:4709-4716.

Geweely,N.S.I.(2011) Evalution of ozone for preventing fungal influenced corrosion of rein for ced concrete bridges over the river nile , egyat .biodegradation ,22:243-252,dol 10.1007/s 10532-010-9391-7.

Hansson, C. M.; Poursaee, A. and Jaffer ,S.J.(2007).Corrosion Of Reinforcing Barsin Concrete. Pca R&D Serial No. 3013:1-31.

Khan, A. and Teja , T. (2010). An Experimental Study On Prevention Of Reinforcement Corrosion In Concrete Structures. Ijrras 5 (2):190-195.

Korenblum , E. ; Weid , L.V. ; Santos , A.L.S. ; Rosado , A. S. ; Sebastian , G.V. ; Coutinho C.M.L.M. ; Magalhaes , F.C.M. ; Depaiva , M.M. and Seldin , L. (2005). Production of antimicrobial substances by *bacillus subtilis* lfe-1 , b. firmus h_2o-1 and b. licheniformis t6.5 isolated from and oil reservoirin brazil . journal of applied microbiology , 98 : 667 – 675.

Ormellese ,M. ; Berra, M. ; Bolzoni, F. and Pastore, T. (2006). Corrosion inhibitors for chlorides induced corrosion in reinforced concrete structures. Cement and Concrete Research, 36 : 536 – 547.

Saravia ,S.G.; Guiamet, R.S.and Videla, H.A. (2003). Prevention and protection of the effects of biocorrosion and biofouling, minimising the environmental impact, Rev. Metal Madrid Vol. Extr. : 49-54.

Seshadri,N . and Raghunath , P.N.(2013). Static and cyclic behaviour of high performance corroded steel concrete beams. international journal of engineering and advanced technology (ijeat),2(3):462-466.

Sahrani , F.K. ; Ibrahim , Z. ; Yanya , A. and Aziz , M. (2008). Isolation and indentification of marine sulphate – reducing bacteria , desolfovibrio sp. and *Citrobacter freundii* from pasir gudang , malaysia , science. , 47 : 265 – 371.

Videla , H. A. ; Herrera , L. K. (2005). Microbiologi Cally Influenced Corrosion: Looking To The Future. International Microbiology , 8 : 169 – 180.WWW.Im-Microbios.Org.

Wang ,W. ; Jenkins, P. E. and Ren, Z.(2011). Heterogeneous corrosion behaviour of carbon steel in water contaminated biodiesel . Corrosion Science ,53: 845–849.

Wan ,Y. ; Zhang, D.; Liu, H.; Li ,Y. and Hou, B. (2010). Influence of sulphate-reducing bacteria on environmental parameters and marine corrosion behavior of Q235 steel in aerobic conditions. Electrochimica Acta, 55 : 1528–1534.

Zuo,R. ; Ornek,O. ; Syrett ,BC. ;Green,Rm. ;Hsu ,G.H. ; Mqnsfeld F.B. and Wood, TK.(2004). Inhibiting mild steel corrosion from sulfate – reducing bacteria in three – mile – island process water. appi. microbiol. biotechnd , 64:275-283.

Zamora , M. A. B. ; Santiago H , G. ; Tiburcio , G. C. ; Maldonado – Bandala , E. E. ; Barrios – Durstewist , C. P. ; Nunez – J , R. E. ; Perez – Lopez , T. ; Zambrano R. P. ; Almeraya – Caderon , F.(2012). Evaluation of the corrosion at early age in reinforced concrete exposed to sulfates . int. j. electrochem. sci. , 7: 588 – 600.

Zheng ,B.; Zhao ,Y. ; Xue ,W.and Liu, H. (2013). Microbial influenced corrosion behavior of micro-arc oxidation coating on AA2024. Surface & Coatings Technology 216 : 100–105.

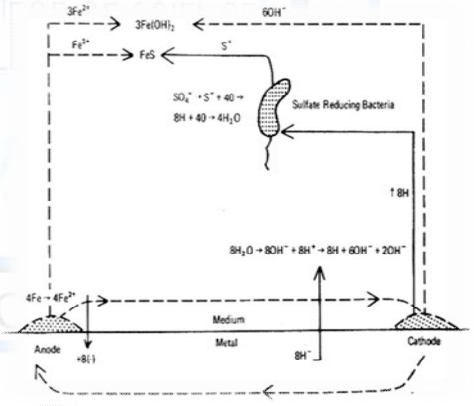
جدول (1) يوضح مكونات الخلطة الخرسانية الاعتيادية المقاومة

المادة	Kg/m³
رمل sand	735
حصو coarse	1017
سمنت cement	418
ماء water	221.5
w/c	0.53

جدول (2) يوضح مكونات الخلطة الخرسانية العالية المقاومة

المادة	Kg /m³
رمل sand	650
حصو coarse	1120
سمنت cement	500
ماء water	190
إضافة plasticizer	100Kg 0.6L/cement
w/c	0.38

شكل (2) يوضح النماذج الخرسانية المسلحة المستخدمة



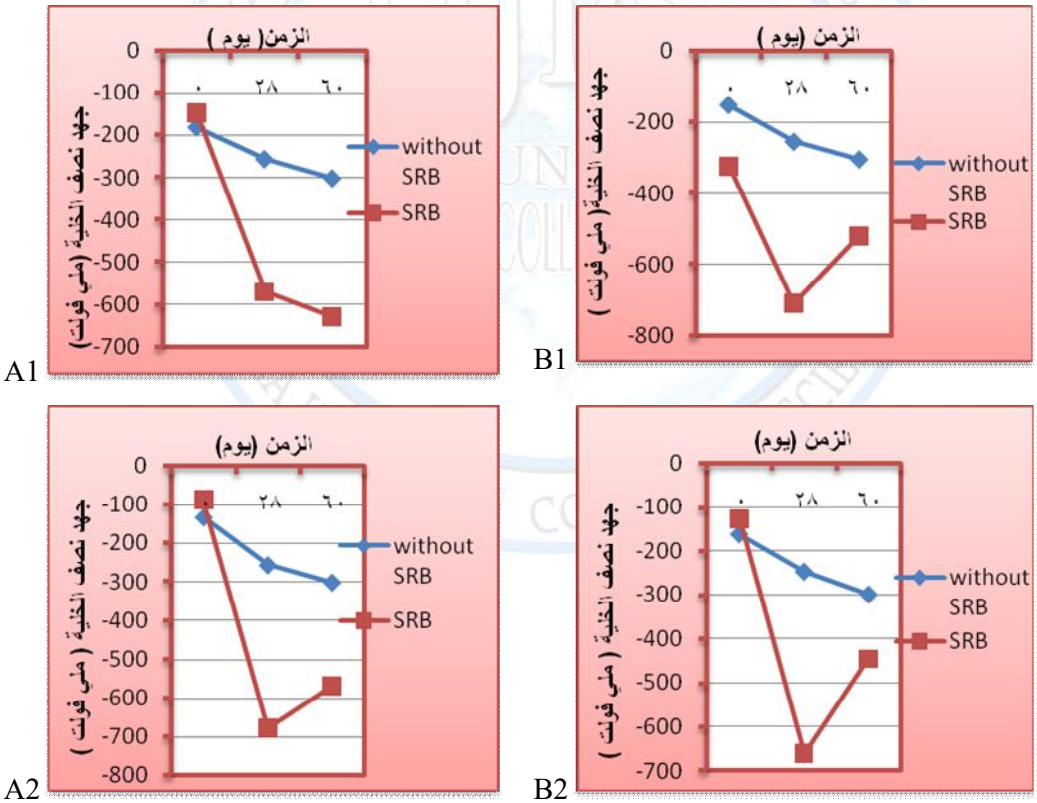
شكل (1) آلية التآكل الحيوي لحديد التسليح بفعل البكتريا المختزلة للكبريت (Coetser and Cloete ,2005)

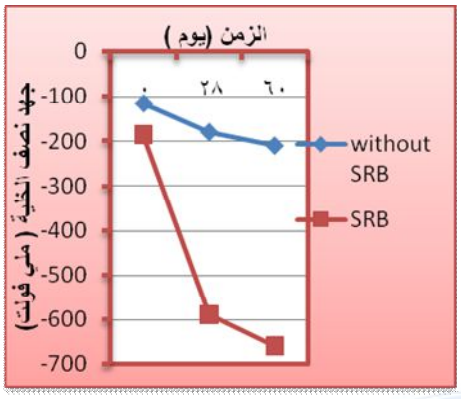
دراسة تأثير البكتريا المختزلة للكبريت على الخرسانة المسلحة

أ.د.عامر محمد ابراهيم[1] أ.د.عدنان نعمة عبد الرضا[2] سجى محمد محسن[2]

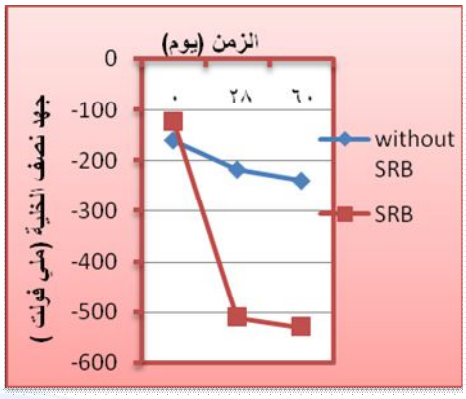
شكل (3) النماذج الخرسانية في أثناء فترة الحضن قبل ظهور النمو

شكل (4) جهاز Half cell potential



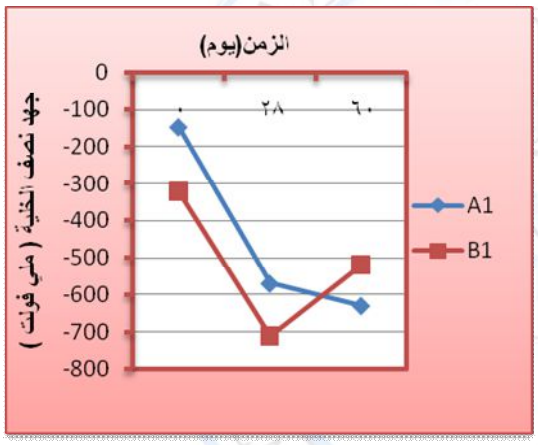


A3

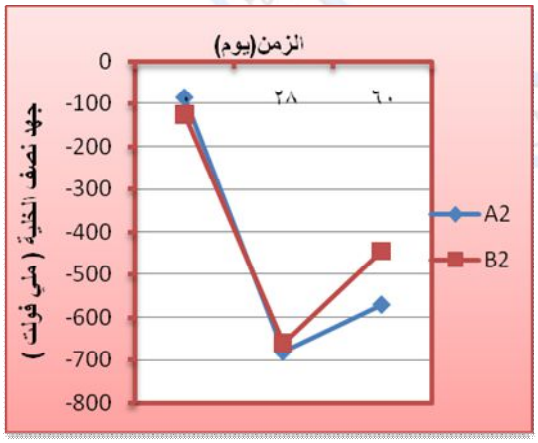


B3

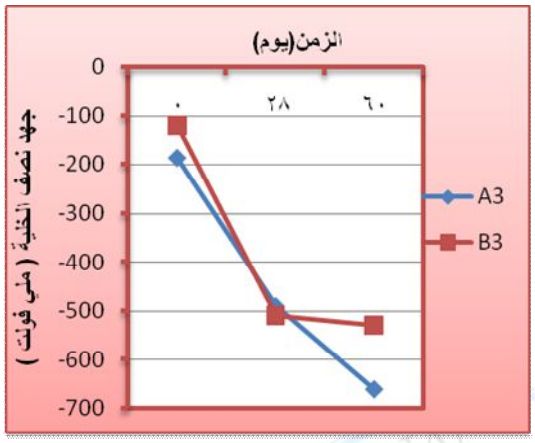
شكل (5) مقارنة سرعة التآكل بين عينات الزرع وعينات السيطرة للنماذج (A1,A2,A3) للخلطة الاعتيادية ومقارنة سرعة التآكل للنماذج(B1,B2,B3) مع عينات السيطرة للخلطة عالية المقاومة



A1,B1



A2,B2



A3,B3

شكل (6) مقارنة النماذج الخرسانية للخلطتين باستخدام الاسمنت العادي وحديد تسليح بقطر 16ملم (A1,B1;A2,B2;A3,B3)