جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة ديالى

كلية التربية للعلوم الصرفة

معالجة الشقوق الكونكريتية باستخدام بكتريا *Bacillus subtilis* المعزولة محلياً

رسالة مقدمة الى

كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة ديالى

وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الحياة – الاحياء المجهرية

من قبل الطالبة

مروج محمد صنّاع العبيدي

بكالوريوس علوم الحياة / كلية التربية للعلوم الصرفة / جامعة ديالى

بإشراف

أ.د. عدنان نعمة عبد الرضا العزاوي　　**أ.د. عامر محمد ابراهيم**

١٤٣٤هـ　　٢٠١٣م

1. المقدمة

INTRODUCTION

1-1-المقدمة INTRODUCTION

ان مادة الخرسانة هي من اكثر المواد استخداما في عمليات البناء , اذ تتمتع بمواصفات ومميزات عدة منها القوة , والمتانة , والصلابة ومقاومتها للظروف الخارجية , وغيرها من الصفات الا ان هناك عدد من السلبيات في الخرسانة حيث ان الخرسانة تكون ضعيفة تجاه عمليات الشد , إضافة الى ذلك ان ظهور الشقوق (Cracks) في الخرسانة (Concrete) يعد عيباً , اذ يؤثر على متانتها وتحملها للظروف الخارجية , وهناك عدد من العوامل تسبب هذه الشقوق ومنها الاختلاف في درجات الحرارة (temperature gradient) , و الانكماشات المقيدة (confined shrinkage). (Belie *et al.,*2009).

إن الشقوق الدقيقة (Micro crack) يكون تأثيرها اكبر من الشقوق الكبيرة , اذ تؤثر على خصائص قوة البناء, وتعمل على جعل الخرسانة (concrete) اكثر مسامية , وقابلية نفاذية اكبر لدخول الكيماويات المؤذية مثل الكلوريد , كبريتات , والاحماض المتراكمة لفترات طويلة والتي تسبب في تكسير وتشويه الخرسانة يرافقها حدوث تآكل للفولاذ الموجود داخل الخرسانة , مما يؤدي من تقليل متانة الخرسانة. (Jonkers,2011). بالإضافة الى ذلك هناك سلبيات اخرى للخرسانة منها ان صناعة الاسمنت تضيف ٧٪ من ثاني اوكسيد الكاربون CO_2 الى الغلاف الجوي ولهذه الاضافة تأثير سلبي على البيئة ومنها الاحتباس الحراري (Global Warming). (Worrell *et al.,*2001) .

لمواجهة مشاكل عيوب الخرسانة , هناك وسائل حيوية مثل (استخدام البكتريا في معالجة الشقوق بالخرسانة) وهي تقنية مبدئها انتاج املاح معدنية مثل كربونات الكالسيوم $CaCo_3$ اثناء المسار الايضي للبكتريا في تلك البيئة (Jonkers,2011). يطلق على هذا الفعل او العمل بالتمعدن الحيوي (Biomineralization). تحدث هذه العملية داخل الخلية البكتيرية او خارجها ,حيث ان نشاط البكتريا يحدث تغيرات في المحاليل الكيمائية ذات المستوى العالي من املاح الكالسيوم (حد الاشباع) مما يؤدي الى ترسيب كربونات الكالسيوم $CaCo3$ بوصفه ناتجا ايضيا. ينتج عن هذا السلوك الأيضي خرسانة تتميز بمواصفات عالية الجودة يطلق عليها الخرسانة المعالجة باستخدام البكتريا (Bacterial Concrete). (Sunnil,2010).

2-1- اهداف الدراسة

تهدف الدراسة الى:

١. عزل وتشخيص بكتريا *Bacillus subtilis* المكونة للأبواغ (spores) من التربة الجافة والزراعية.
٢. معالجة الشقوق في الخرسانة ومنع تآكلها بسبب تأثير العوامل البيئية (الماء , وثاني اوكسيد الكاربون , والكيمياويات).
٣. متابعة عمل البكتريا في معالجة الشقوق باستخدام جهاز قياس الموجات الصوتية الفائقة والمجهر الالكتروني الماسح.

2. استعراض المراجع
LITERATURE REVIEW

2-1- بكتريا *Bacillus subtillis*

يعد العالم (Cohn) في عام ١٨٧٢ هو من اكتشف هذه البكتريا و أسماها *Bacillus subtillis* وهي بكتريا ذات شكل عصوي (Rod) يكون طولها(٢-٣مايكرومتر), وعرضها حوالي(٠,٨ – ٠,٧ مايكرومتر). تكون في الغالب بشكل سلاسل , موجبة لصبغة غرام , يكون موقع السوط طرفي (Flagella lateral) , هذه البكتريا لها القدرة على تكوين الابواغ (Spores) , تكون مستعمرات هذه البكتريا على وسط الاغار (agar media) بشكل دائري (round) او غير منتظمة (irregular) , يكون لون سطحها سميك (thick) وغير شفاف (opaque) وقد يصبح لونها بني (brown) او بلون كريمي (cream – color) , تتنوع اشكال المستعمرات مع تنوع مكونات الوسط , يحدث انتشاراً نشطاً لمستعمرات هذه البكتريا على وسط الاغار (agar) , المادة الخلوية النامية على الاغار لا تنتشر في الحال في السوائل , يكون تنفسها هوائي او لا هوائي , في حالة التنفس الهوائي تكون جزيئة الاوكسجين هي المستقبل النهائي للإلكترون , الدرجة الحرارية القصوى لنموها هي (٤٥-٥٥ م°) ودرجة الحرارة الدنيا لنموها هي(٥-٢٠م°). (Holt *et al.,* 1974).

2-2-ألشقوق الخرسانية (The Cracks of Concrete)

الشقوق هي من العوامل الاساسية التي تؤثر على نوعية الخرسانة (concrete) , وتعمل على تآكل الخرسانة المسلحة (reinforcement steel) , اذ توفر الشقوق الدقيقة طريقاً سهلاً لدخول

ايونات الكلورايد والاوكسجين الى الخرسانة. هناك مصادر عديدة لحدوث الشقوق في الخرسانة ومنها الانكماشات الجافة (shrinkage drying) وتتأثر هذه الانكماشات بصورة رئيسة بكمية ونوعية الركام (aggregate) وعجينة السمنت (cement paste) المتضمن في الخلطة. Pickett, (1956). والمصدر الاخر للشقوق هو التفاعلات الكيميائية (chemical reaction) العائدة للمواد المستخدمة في صنع الخرسانة او من المواد التي تكون بتماس مع الخرسانة بعد تصلبها. (Robert, *et al.,* 2007).

تتكون الشقوق ايضا نتيجة عمليات التجوية (Weathering process) مثل التجميد و الذوبان(freezing and thawing) , الرطوبة (moisture) , الجفاف (drying). Powers, (1975). وايضا تحدث الشقوق في الخرسانة نتيجة التحميل الميكانيكي (mechanical loading) الزائد. (Francois, *et al.,* 1998).

2-3- ألعملية الحيوية للعلاج الذاتي (The Biological Self-Healing Process)

من الضروري الكشف عن الأنواع البكتيرية التي لها القدرة على العيش في الخرسانة , وكيفية عملها لتحسين البنى التحتية العامة , وما هو التحفيز الذي يكون سبب التفاعل الكيميائي في البكتريا? , وماذا يحدث لأنواع معينة من البكتريا عندما تتعرض للتحفيز? , وكيف يكون عملها مع بعضها? , ليس فقط لختم الشقوق قبل تكونها لكن ايضا لتقوية البناء المتوافرة فيه .

عند تعرض البكتريا للهواء بالإضافة للطعام المتوافر , فان البكتريا تبدأ بالعملية الكيميائية من أجل تصليب (harden) و لحم (fuse) وملأ (fill) الشقوق في موضع الخرسانة المتضررة. Jonkers *et al.,* 2010) .

عند النظر الى حجم الشق , فانه يتم الأخذ بنظر الاعتبار مدى الشق , اذ يتراوح المدى من النانومتر (nanometer) الى المايكرومتر (micrometer) الى أقصى حد (maximize) للختم المحتمل . بشكل عام فان الشقوق المتكونة في البناء الخرساني والمصمم اعتبارا للمعايير الموضوعة تصل الى حد عرض شق (٠,٢ملم) . (Zwaag *et al.,* 2007), (Brownell *et al.,* 2011) .

في بعض الأحيان فان الشقوق الدقيقة تعمل على ختم (seal) الشقوق , حيث اظهرت البحوث ان هذا يدعى قابلية ختم ذاتي (autonomous healing capacity) , وهذا يعود بدرجة كبيرة الى أعداد جزيئات السمنت غير المتفاعلة والمتوافرة في قالب الخرسانة . (Joseph *et al.,* 2007).

2-4- انواع بكتريا *Bacillus* المستخدمة في مثل هذه الدراسة

هناك العديد من الانواع البكتيرية التي تم استخدامها في عملية العلاج الذاتي للشقوق الخرسانية ومن هذه البكتريا :

* *Bacillus pasteurii* (Patil *et al.,* 2008)

* *Bacillus spharicus* (Kim *et al.,* 2010)

* *Bacillus subtilis* (Sunil 2010) (البكتريا التي تم اختيارها في هذه الدراسة)

* *Bacillus cohnii* (Jonkers *et al.,* 2008)

* *Bacillus pseudofirmus* (Jonkers *et al.,* 2008)

2-5- دور البكتريا في الخرسانة (Role of Bacteria in Concrete)

ان الاحياء المجهرية تختلف عن بعضها البعض الى درجة كبيرة , ومن ضمنها البكتريا (Bacteria) , الطحالب (algae) , الاركيا (Arachaea) , وبعض النباتات والحيوانات المجهرية (microscopic animals and plants) مثل الهائمات (Plankton) . ان استخدام البكتريا في الخرسانة تعد طريقة حديثة , والدور الاول للبكتريا في عملية الترسيب هو توضيح قابليتها لتكوين بيئة قاعدية من خلال نشاطات فسلجية عدة. (Douglas *et al.,* 1998) .

ان طريقة ترسيب المعادن ميكروبيا تتضمن استخدام بكتريا لها قابلية ترسيب كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ بواسطة انتاج انزيم اليوريز(urease enzyme) , هذا الانزيم يحفز تحليل اليوريا الى ثاني اوكسيد الكاربونCO_2 وامونيا (ammonia) ناتجا في زيادة الاس الهيدروجيني (pH) وتركيز مادة الكربونات (carbonate) في البيئة البكتيرية (Fischer *et al.,* 1999) , وان طريقة تثبيت البكتريا لمعالجة الشقوق في الخرسانة يتضمن تغليف (encapsulated) الخلايا البكتيرية في مادة مثبتة لترسيب افضل لكاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ في الشقوق. يحدث ترسيب الكالسايت (calcite) ميكروبيا (MCP) (Microbiologically Calcite Precipitation) كناتج ثانوي في عمليات ايضية ميكروبية شائعة , مثل عملية تحليل اليوريا (urea hydrolysis) , البناء الضوئي (photosynthesis) , اختزال الكبريتات (sulfate reduction) , وغيرها . هذه العملية تعمل على زيادة مستوى القاعدية (Alkalinity) , وبهذا يحصل ترسيب افضل لكاربونات الكالسيوم $CaCO_3$. (Knorre *et al.,* 2000).

2-6-تطبيقات البكتريا في الخرسانة (Application of Bacteria in Concrete)

أ- الخرسانة البكتيرية كعلاج بديل للسطوح الخرسانية

(Microbial Concrete as alternative surface treatment for concrete)

هناك العديد من المواد الكيمياوية و الظروف الفيزياوية المتوافرة في الخرسانة والتي تكون عائدة الى دخول الماء للخرسانة , وان معالجة السطوح الخرسانية يلعب دوراً مهماً في الحد من ترشح الماء والمركبات المؤذية الى الخرسانة , هناك وسائل عدة تعد وسائل حماية لسطح الخرسانة مثل وسائل التغليف , ووسائل طرد الماء , والوسائل المعيقة لظهور المسامات , وبجانب التأثير الايجابي لهذه الوسائل , الا ان لها عدداً من السلبيات مثل :

١) تحتاج الى محافظة مستمرة .
٢) الاختلاف في مكافئ التمدد الحراري في الطبقات المعالجة .
٣) تستخدم مواداً تشترك في تلوث البيئة.
٤) تتجرد بمرور الوقت .

لهذا فان استخدام البكتريا المحفزة للترسيب الحيوي للكربونات تعتبر طريقة حديثة وصديقة للبيئة من اجل الحماية والمعالجة. (Adolphe *et al.,* 1990) .

ب- الخرسانة البكتيرية كعلاج / التآم للشقوق الخرسانية

(Microbial concrete as concrete crack remediation / healing)

إن ظهور الشقوق في الخرسانة يؤدي الى تآكل (Corrosion) الفولاذ (steel) الموجود في داخلها , والذي يؤدي بالنهاية الى تلف البناء السليم , وبدون المعالجة فان الشقوق تمتد وتتسع وبالتالي تسبب اضراراً بالغة. ان الطرق المستخدمة لمعالجة الشقوق الخرسانية منها (epoxy mortar , resins , structural epoxy) , يتم استخدامها اكثر من مرة في معالجة الشق حتى يختم الشق بالكامل. لذا فان هناك طرق فعالة وطويلة الامد وصديقة للبيئة لمعالجة الشقوق في البناء الخرساني . ان الشق المملوء بمزيج حاوي على البكتريا يظهر زيادة ملحوظة في قوة الضغط والصلابة ,مقارنة بشقوق بدون خلايا بكتريا , ومن خلال الفحص المجهري فأنه تم التأكيد على وجود الكالسايت (calcite) في الشقوق المعالجة. (Ramachandran *et al.,* 2001).

ج- النشاط المحلل لليوريا والتمعدن الحيوي

(Ureolytic activity and carbonate biomineralization)

يمكن تعريف التمعدن الحيوي (biomineralization) هو تحفيز ميكروبي لترسيب المعادن وهذا يتم في أي كائن حي يستطيع ان يكون بيئته الدقيقة (microenvironment) تحت الظروف التي تسمح لترسيب كيمائي مثالي خارج خلوي (Hamilton *et al.,* 2003).

هناك العديد من الانواع الميكروبية المختلفة التي تسهم في ترسيب مادة الكربونات في بيئات طبيعية مختلفة من ضمنها التربة Soil ,التكوينات الجيولوجية (Geological formation) , الغشاء الحيوي

للمياه العذبة (Biofilm fresh water) , المحيطات (Oceans) , والبحيرات المالحة (Saline lake) (Bouquet *et al.,* 1973).

ان الطريقة الحديثة لمعالجة الضرر المتكون في البناء تعتمد على استخدام عملية الختم الميكروبي (microbial plugging) حيث تحتوي على نشاط ايضي يحفز ترسيب كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ في شكل كالسايت calcite , وان التمعدن الحيوي (biomineralization)
لكاربونات الكالسيوم هو أحد الطرائق لمعالجة الشقوق في البناء , وان قدرة البكتريا على انتاج هذه المادة يكون بسبب ان الترسيب يحدث كناتج ثانوي في العمليات الايضية الشائعة في البكتريا ومنها تحليل اليوريا urea hydrolysis . (Hammes *et al.,* 2003).

ان اليوريا المتحللة بوساطة انزيم اليوريز (urease enzyme) تقوم بتوليد ايونات الكربونات . عند حصول هذا التحلل في البيئة الغنية بالكالسيوم , فإنه يتم ترسيب مادة الكلسيات بشكل بلورات صلبة , وان القوى الرابطة في هذه البلورات المترسبة تكون معتمدة بالدرجة الأساس على معدل تكوين الكربونات , وتحت الظروف الملائمة فأنه من الممكن توليد كالسايت اسمنتي (calcite – cement) او ما يسمى بالإسمنت الحيوي (bio cement) والذي يمتاز بقوى رابطة عالية. Rafat *et al.,* (2011).

2-7-كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$()

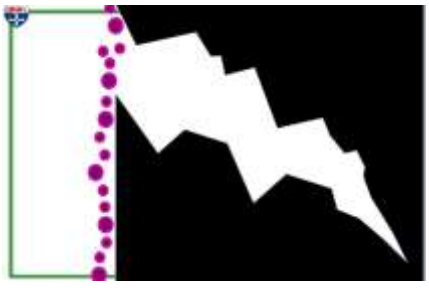
إن كاربونات الكالسيوم هي من الاملاح المنتشرة على الارض , اذ تترسب بأشكال مختلفة مثل الصخور الطبيعية (natural rocks) في التربة (soil) , المياه العذبة (fresh water) , ومياه البحار (marine water). (Ehrlich , 1998) , (Castanier *et al.,* 1999) , حيث ان الزيادة او النقصان في قابلية ذوبان (solubility) الكالسيوم او الكاربونات في المحاليل يسبب ترسيب طبيعي لكاربونات الكالسيوم$CaCO_3$() وان حدوث التغيرات غير الحية (Abiotic change) مثل (التبخير evaporation , تغير الحرارة temperature change , الضغط pressure) او التغيرات الحية (biotic change) مثل التفاعلات الميكروبية (microbial action) كلها تسهم في الترسيب الطبيعي لكاربونات الكالسيوم , حيث ان التغيرات الحية تعمل على ترسيب كاربونات الكالسيوم بصورة تفوق التغيرات غير الحية في معظم البيئات على الارض. (Castanier *et al.,* 2000).

ان ترسيب كاربونات الكالسيوم عن طريق البكتريا تسمى عملية تمعدن حيوي (Biomineralization process) , و التمعدن الحيوي نوعان : تمعدن حيوي محفز مكروبيولوجياً (BIB) (Biologically Induced Biomineralization) , و التمعدن الحيوي الناشئ بوفرة (BOB) (Boundary Organized Biomineralization). في النوع الاول ان حدوث التغيرات في الكائنات الحية في بيئتها يهيأ ظروف ملائمة لترسيب كيمياوي للمعادن ولهذا فان التمعدن الحيوي لا يكون مرتبطاً بصورة مباشرة مع التركيب الخلوي (cellular structures) , بينما في النوع الثاني فان الكائنات الحية تنتج مادة عضوية في او على الجزيئات غير العضوية اثناء نموها. Lowenstam (*et al.,* 1989) , (Mann *et al.,* 1989).

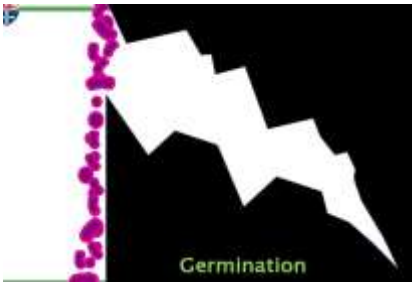
2-8- بكتريا *Bacilla filla*

ان بكتريا *Bacilla Filla* هي بكتريا لها القدرة على ربط knit الشقوق الخرسانية مع بعضها في البناء الخرساني , وذلك بإنتاجها مادة تشبه الصمغ (glue) . تم تطوير هذه البكتريا من قبل مجموعة طلاب من جامعة (Newcastle) , اذ قاموا بأجراء تحوير وراثي (genetically modified) على بكتريا *Bacillus subtilis* وأوجدوا نوعاً جديداً من البكتريا أطلقوا عليها أسم *Bacilla filla* , هذه البكتريا لها القدرة على التزاحم او التجمع (clumpping) داخل الشقوق الخرسانية , عند وصول البكتريا الى اسفل الشق فإنها تنتج مزيجاً من كربونات الكالسيوم $(CaCO)_3$ وصمغ بكتيري (bacterial glue) الذي يندمج مع الخلايا البكتيرية الخيطية (filamentous bacterial cell) لربط الشقوق , وان هذا الصمغ يكون بنفس قوة الخرسانة عند تصلبه.

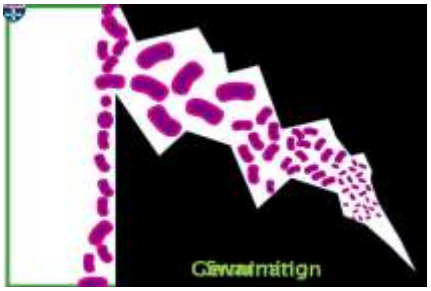
اوضح الباحث (Jennifer Halinan, 2010) ان صناعة وإنتاج الخرسانة يسهم بصورة اساسية على اصدار ثاني اوكسيد الكاربون CO_2 في الغلاف الجوي. لهذا تم ايجاد طريقة لإدامة عمر البناء بطرائق تمكن من خفض هذا الضرر البيئي والعمل باتجاه حلول اكثر استدامة , وهذه الطرائق تكون مفيدة اكثر في المناطق المعرضة للزلازل (earthquake zone) حيث ان مئات البنايات تهدم بسبب عدم وجود طرق لإصلاح الشقوق .وبوصفه جزءاً من البحث فان طلاب هذا البحث لم يأخذوا الفوائد فقط من هذه البكتريا المهندسة (engineered bacteria) , لكن ايضا المخاطر المحتملة على البيئة . ان ابواغ (spores) بكتريا (*Bacilla filla*) تبدأ بالتوالد (germination) عندما تكون بتماس مع الخرسانة كما موضح بالشكل (٢-١ و ٢-٢) , حيث ان احدى الخلايا البكتيرية المتوالدة تسبح داخل الشقوق وتكون لها القدرة على التحسس عندما تصل الى الداخل بسبب تكتل (clumping) البكتريا, هذا التكتل ينشط عملية اصلاح الخرسانة ,حيث عندها تتمايز (differentiating) الخلايا البكتيرية الى ثلاثة انواع و كما موضح بالشكل (٢-٣) : خلايا بكتيرية تنتج بلورات كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ كما موضح في الشكل (٢-٤) , خلايا بكتيرية خيطية (filamentous) كما موضح في الشكل (٢-٥) , وخلايا بكتيرية تنتج صمغ (Levans glue) الذي يكون عامل ربط وملء الشقوق كما موضح في الشكل(٢-٦). (http: //www.popsci.com, 2010).



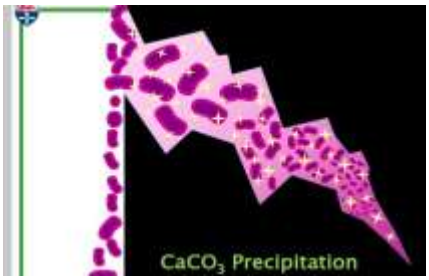
(شكل ٢-١ وجود الخلايا البكتيرية في منطقة التشقق وبدأ عملية توليد صمغ (Levan) وختم الشق)



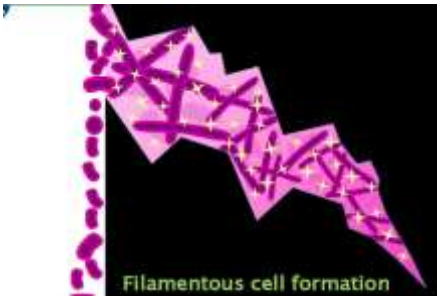
(شكل ٢-٢ عملية بدأ توالد سبورات الخلايا البكتيرية عندما تكون بتماس مع الخرسانة)



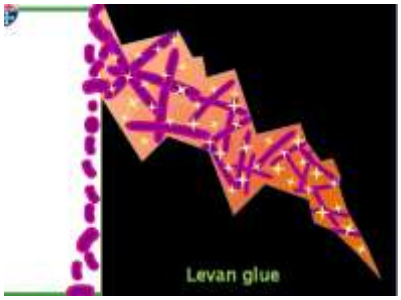
(شكل ٢-٣ الخلايا البكتيرية المتوالدة تسبح الى داخل الشق الخرساني حيث عندها تتكتل وتتمايز داخل الشق الى ثلاث انواع من الخلايا البكتيرية)



(شكل ٢-٤ النوع الاول من الخلايا البكتيرية يتمايز الى بكتريا تنتج بلورات كاربونات الكالسيوم)



(شكل ٢-٥ النوع الثاني من الخلايا البكتيرية يتمايز الى خلايا بكتيرية خيطية)



(شكل ٢-٦ النوع الثالث من الخلايا البكتيرية يتمايز الى بكتريا تنتج صمغ (Levan glue) الذي يعمل على ربط الشقوق الخرسانية)

2-9- ألعملية الكيميائية Chemical Process

يحصل الترسيب الكيميائي لكاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ في البيئة الطبيعية كما هو موضح في المعادلة الاتية:

$(Ca^{+2} + CO_3^{-2} \rightarrow CaCO_{3\downarrow})$ يكون مترافق مع عمليات حيوية عدة , اذ ان التحفيز المايكروبايولوجي لترسيب كاربونات الكالسيوم (MICCP) (Microbiologically Induced

Calcium Carbonate Precipitation) يكون متضمن سلسلة من التفاعلات الكيمياوية الحيوية المعقدة . (Fischer *et al.,* 1999) .

وبوصفه جزءاً من عمليات الأيض , فان بكتريا ***Bacillus subtilis*** تكون لها القابلية على انتاج انزيم اليوريز urease enzyme , الذي يحفز اليوريا (urea) لإنتاج ثاني أوكسيد الكاربون CO_2 والأمونيا NH_3 , وينتج في زيادة الأس الهيدروجيني (pH) في المنطقة المحيطة حيث تبدأ ايونات الكالسيوم Ca^{+2} بالارتباط بالكاربونات Co_3^{-2} لتكوين كاربونات الكالسيوم (Calcium Carbonate) $CaCo_3$.

ان الترسيب الميكروبي لكاربونات الكالسيوم (MICCP) يكون محدداً بعدد من العوامل من ضمنها : تركيز الكاربون غير العضوي المذاب , والأس الهيدروجيني (pH) , وتركيز أيونات الكالسيوم , وتوافر البكتريا التي تكون اللبنة الأولى في هذه العملية الكيميائية. العوامل الثلاثة الأولى تتهيأ بوساطة الأيض في البكتريا , بينما يعمل الجدار الخلوي في البكتريا بوصفه موضعاً للبنة الأولى في العملية. (Hammes *et al.,* 2002) .

ان العملية الكيميائية تتضمن الخطوات الاتية :

أولا, (1مول) من اليوريا يتحلل الى مولين , (1مول) من الكاربامات (Carbamate) و (1مول) من الأمونيا (ammonia) NH_3 { المعادلة الأولى } , بالتدريج تتحلل الكاربامات لتشكل (1 مول) اضافي من الامونيا وحامض الكاربونيك (carbonic acid) { المعادلة الثانية } , هذه النواتج تشكل واحد (1مول) من البيكوربونات (bicarbonate) و (2 مول) من الامونيوم (ammonium) وايونات الهيدروكسيد (hydroxide ions) { المعادلة الثالثة والرابعة } , حيث ان التفاعلين الاخيرين سوف يعطيان بداية لزيادة الأس الهيدروجيني pH , والذي بالمقابل يغير معادلة البيكاربونات , وبالنتيجة سوف تتكون ايونات الكاربونات (carbonate ions) { المعادلة الخامسة }.

(1) $CO(NH_2)_2 + OH_2 \rightarrow NH_2COOH + NH_3$

(2) $COOH + H_2O \rightarrow NH_3 + H_2CO_3\ NH_2$

(3) $CO_3 \leftrightarrow HCO_3^- + H^+H_2$

(4) $2NH_3 + 2H_2O \leftrightarrow 2NH_4^+ + 2OH^-$

(5) $HCO_3^- + H^+ + 2NH_4^+ + 2OH^- \leftrightarrow CO_3^{-2} + 2NH_4^+ + 2H_2O$

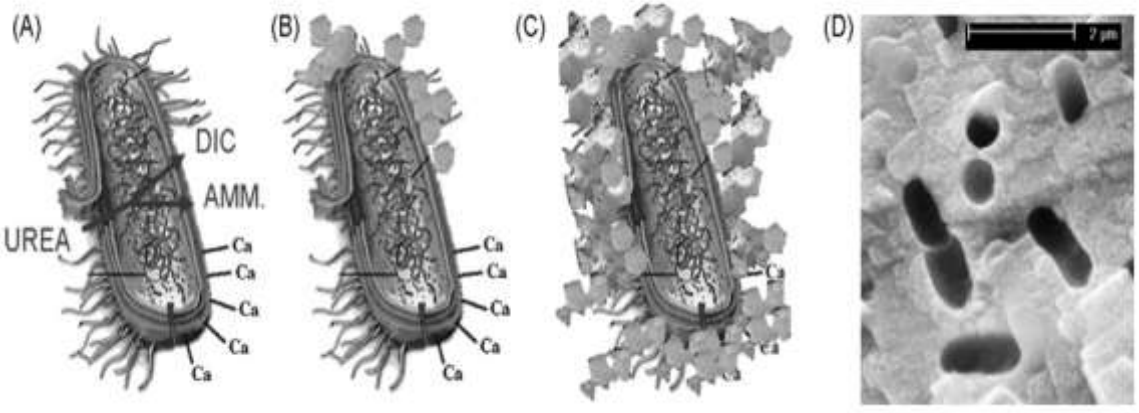
بعد ذلك فان البكتريا تعمل على جذب أيون الكالسيوم Ca^{+2} من البيئة ليترسب على سطحها الخلوي , بعدها تتفاعل ايونات الكالسيوم مع ايونات الكاربونات CO_3^{-2} , وهذا يؤدي الى ترسيب كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ الى السطح الخلوي والذي يخدم في هذه الحالة بوصفه موضعاً للبنة الاولى في العملية الكيميائية . { المعادلة السادسة والسابعة }

(6) Ca^{+2} + Cell $\rightarrow Cell - Ca^{+2}$

(7) Cell-Ca^{+2} + $CO_3^{-2} \rightarrow Cell - CaCO_{3\downarrow}$

وهذه البكتريا التي لها القدرة على ترسيب كاربونات الكالسيوم تتواجد في التربة , الرمل , المعادن الطبيعية وغيرها .(Jonkers *et al.,* 2008) (Kim *et al.,* 2010).

الشكل الاتي يوضح الية ترسيب كاربونات الكالسيوم بوساطة عمل البكتريا , حيث تعمل البكتريا على تحويل اليوريا الى كاربون غير عضوي مذاب DIC (Dissolved Inorganic Carbon) وامونيوم (AMM (Ammonium وتحرره للبيئة (A). وجود ايون الكالسيوم يسبب حالة من عملية فوق الاشباع (supersaturation) وترسيب كاربونات الكالسيوم في الجدار الخلوي للبكتريا (B). تصبح جميع الخلية البكتيرية مغلفة بكاربونات الكالسيوم المترسب (C). بعد تغليف الخلية البكتيرية فان المغذيات المنقولة الى داخل الخلية تصبح محددة مما ينتج في موت الخلية (D). Hammes *et al.,* (2002).



(شكل ٢-٧ يوضح الية ترسيب كاربونات الكالسيوم المحفز من قبل انزيم اليوريز الموجود في البكتريا).

2-10- الخرسانة البكتيرية (Bacterial Concrete)

إن مصطلح الخرسانة البكتيرية (Bacterial Concrete) قدم لأول مرة من قبل الباحثين (Ramakrishnan *et al.,* 2001) وهي تقنية حديثة تم أختيارها لمعالجة الشقوق في الخرسانة , وذلك بأستخدام الأحياء المجهرية المحفزة لترسيب الكالسايت (Calcite). ان التحفيز الميكروبي لترسيب الكالسايت (Microbiologically Induced Calcite Precipitation) (MICP) هي طريقة تدعى أيضا بالتمعدن الحيوي (bio mineralization) , تكون مرغوبة بصورة عالية بسبب ان ترسيب الكالسايت المحفز يكون ناتجاً للنشاطات الأيضية الميكروبية , وبسبب أنها طريقة طبيعية وخالية من التلوث , وتعمل على تحسين مقاومة الانضغاط (compressive strength)والصلابة (stiffness) في نماذج الخرسانة المتشققة. Ramakrishnan *et al.,*2001)).

ان بكتريا *Bacillus subtilis* وتحت الظروف الملائمة تعمل على ترسيب طبقة كالسايت فوق سطح الخرسانة , حيث ان الكالسايت المترسب هو تركيب بلوري خشن له قابلية الالتصاق بصورة مباشرة على سطح الخرسانة , حيث يكون شكل الكالسايت بشكل حراشف (scales) , بالإضافة الى انه تركيب لا يذوب في الماء , حيث يكون مقاوماً للعوامل المؤذية للخرسانة مثل (الكلورايد chlorides , الكبريتات sulphates , ثاني أوكسيد الكاربون , وغيرها) , اذ يؤدي الى خفض تأثير هذه العوامل , لهذا فان الخرسانة البكتيرية يمكن ان تدعى كذلك بالمادة الحيوية الذكية Smart Bio Material)) لعلاج الخرسانة. (Sunil , 2010).

ان المبدأ الأساس لتطبيق هذه الطريقة هو ان انزيم اليوريز الميكروبي الذي يعمل على تحليل اليوريا لإنتاج الأمونيا وثاني أوكسيد الكاربون , وبتحرير الامونيا في الوسط بصورة تدريجية فان الاس الهيدروجيني (pH) يرتفع , مؤديا الى تراكم مادة الكالسايت , ولحماية البكتريا من الاس الهيدروجيني (pH) العالي في الخرسانة , فان البكتريا يتم تثبيتها باستخدام مواد مثبتة مثل(poly urethane ((PU), lime, silica , fly ash) , وبعدها يتم استخدامها لمعالجة الشقوق في الخرسانة . , Day (2003).

2-11-الاسمنت Cement

الاسمنت مادة مصنوعة من مواد عدة مثل حجر الكلس (limestone) , والكالسيوم (calcium) , والسيليكون (silicon) , والحديد (iron) , والالمنيوم (aluminum) , هذا والمزيج يتم تسخينه في (Klin) طوب كبير الى حوالي (٢٧٠٠) فهرنهايت (١,٤٨٢م°) ليشكل ناتجاً يدعى (clinker) الذي يشبه الرخام (marble) , بعدها هذه النواتج يتم سحقها و يضاف لها الجبس (gypsum) ليكون مادة تشبه الطحين (flour like) رمادية اللون (gray color) تعرف بالإسمنت (cement). (Ali , 2011) . ان سمنت بورتلاند PC (Portland cement) هو سمنت شائع الاستخدام في انشاء الخرسانة

2-12- الركام (Aggregate)

إن الركام هو المادة المالئة (filler) والرابطة (binder) لعجينة السمنت (cement paste) , حيث يشكل حوالي (٦٠٪ - ٧٥٪) من حجم الخرسانة. الركام المستخدم في الخلطة يجب ان يكون نظيفاً (clean) , وصلباً (hard) , وقوياً (strong) , ومتيناً (durable) , وخالي نسبياً من الطين و الكيمياويات العالقة به. (Dale *et al.,* 2007).

13-2-الماء (Water)

إن ماء الشرب يكون ملائماً لصنع الخرسانة ولا يستحسن استخدام مياه الابار والخزانات ومياه البحر للخرسانة اذ يظهر على سطح الخرسانة مسحوق ابيض يدعى (efflorescence) . (Bureau , 2007). ويجب ان يكون ماء الخلطة خالياً من الحوامض (acids) , والزيوت (oils) , والقلويات (alkalise) , وغيرها من الشوائب. (US army engineer center , 1992).

3. المواد وطرائق العمل

MATERIALS AND METHODS

3-1- المواد :

3-1-1- الأجهزة و المستلزمات

جدول (٣-١) الأجهزة والمستلزمات المختبرية التي استخدمت في الدراسة

يوضح الجدول التالي الاجهزة والمستلزمات المختبرية التي تم استخدامها في هذه الدراسة :

اسم الجهاز المستخدم	الشركة المصنعة والمنشأ
الموصدة Autoclave	Gallenkamp(ENGLAND)
ميزان حساس Sensitive balance	Kika – werk VF – 2
حاضنةعادية Incubator	Gallenkamp
حاضنة هزازة Shaker Incubator	Gallenkamp
فرن كهربائي Electric Oven	Memmert (GERMANY)
مجهر ضوئي مركب Compound Light Microscope	Olympus (JAPAN)
مقياس الأس الهيدروجيني PH- meter	Kika – werk VF – 2

Qean (Egypt)	Refrigerator	ثلاجة
Butchi (Switzerlnd)	Distillator Water	جهاز تقطير الماء
Gallenkamp	Magnetic stirer	هيتر مع محرك مغناطيسي
Herolab (Germany)	UV- Light source	مصدرللأشعةفوقالبنفسجية
E.L.E. (BRITISH)	Balance	ميزان عادي
Millipore System (UK)	Millipor filter	مرشحات دقيقة
Philips XL30	Scanning electric microscope	مجهر الكتروني ماسح
AFMA (JORDAN)	Glass flask	دوارق باحجام مختلفة
AFMA	Glass tube	انابيب اختبار زجاجية
AFMA	Glass petri dish	اطباق زجاجية
AFMA	Glass bekear	كؤوس زجاجية
AFMA	Glass cylinder	اسطوانات مدرجة
AFMA	Pipette	ماصات
E.L.E.	Electrically operated mixer	خباطة كهربائية
MATEST (ITALY)	Ultrasonic measurement	جهاز قياس الموجات فوق الصوتية
Kika	Centerifuge	جهاز النبذ المركزي
E.L.E.	Vibration	جهازهزاز كهربائي

3-1-2- المواد الكيميائية والحياتية

جدول(٣-٢) المواد الكيميائية والحياتية التي استخدمت في الدراسة

يوضح الجدول المواد الكيميائية والحياتية التي تم استخدامها في هذه الدراسة:

الشركة المصنعة والمنشأ	اسم المادة	
FLUK(Switzerland)	H_2O_2	بيروكسيدالهيدروجين
B.D.H. (ENGLAND)	NaOH	هيدروكسيدالصوديوم
B.D.H.	$CaCl_2$	كلوريد الكالسيوم
B.D.H.	NaCl	كلوريدالصوديوم
Biolife(ITALY)	Agar	أغار

Oxoid(ENGLAND)	Gelatine	جيلاتين
B.D.H.	Na_2CO_3	كاربونات صوديوم
B.D.H.	$NaHCO_3$	بيكاربونات صوديوم
Sigma(USA)	Starch	نشا
B.D.H.	KOH	هيدروكسيدالبوتاسيوم
B.D.H.	α - naphthol	الفا – نفثول
B.D.H.	Methyl red	أحمر المثيل
FLUKA	Paraffine	بارافين
B.D.H	Phenol red	أحمر الفينول
B.D.H	Bromothymol blue	البروم الأزرق
Difco(USA)	Peptone	ببتون
B.D.H.	ClNH_4	كلوريد الأمونيوم
B.D.H.	Dextrose	دكستروز
Gainland(UK)	KH_2PO_4فوسفات البوتاسيوم ثنائية الهيدروجين	
B.D.H.	K_2HPO_4فوسفات البوتاسيوم أحادية الهيدروجين	
Oxoid	Yeast extract	مستخلص الخميرة
Mast	Urea	يوريا
B.D.H.	Acetic Acid 5%	حامض الخليك المخفف
BAGHDAD(IRAQ)	Ethanol	أيثانول
B.D.H	Glucose	كلوكوز
B.D.H	Glycerol	كليسرول
Fluka	N,N,N,N Tetra methyl – p – phenylen diamine dihydrochlorid	كاشف الأوكسيديز
B.D.H.	Xylole	زايلول
B.D.H.	Iodine	يود
B.D.H.	Ammonium oxalate	أوكزالات الأمونيوم
B.D.H.	Safranin	سفرانين
FLUKA	Crystal Violet	البلور البنفسجي
Ajax (AUSTRALIA)	Potassium Iodide	يوديد البوتاسيوم
Iraq	Cement Portland	سمنت بورتلاند

3-1-3- الأوساط الزرعية

جدول(٣-٣) الأوساط الزرعية التي استخدمت في الدراسة

يوضح الجدول الاوساط الزرعية التي تم استخدامها في هذه الدراسة:

الأوساط الزرعية		الشركة المصنعة والمنشأ
وسطالأغار المغذي	Nutreint agar	Oxoid (ENGLAND)
وسط المرق المغذي	Nutreint broth	Oxoid
وسط أغار سيمون- ستريت	Simmon citrate agar	Biolife (ITALY)
وسط ماء الببتون	Peptone water	Mumbi (INDIA)
وسطأغار الدم	Blood agar	Oxoid
وسطأغار الماكونكي	MacConkey agar	Rashmi (INDIA)

2-3- طرائق العمل

1-2-3- طرائق التعقيم

عقمت الاوساط الزرعية السائلة والصلبة والمحاليل الاخرى التي تحتاج الى تعقيم بالموصدة (Autoclave) بدرجة حرارة (١٢١م˚) لمدة (١٥) دقيقة , تحت ضغط (١٥) باوند/^{2}انج , بينما عقمت الزجاجيات المستخدمة في تحضير الأوساط الزرعية بالفرن الكهربائي بدرجة حرارة(١٨٠م˚) لمدة ساعتين , واستخدمت المرشحات الدقيقة ذات قطر (٠,٤٥) مايكرومتر لتعقيم المحاليل التي تتعرض للتلف في درجات الحرارة العالية مثل محلول اليوريا والسكريات .

2-2-3- تحضير الكواشف والمحاليل

1-2-2-3- تحضير المحاليل

أ- محاليل صبغة غرام (Gram Stain)

حضرت محاليل صبغة غرام وفقاً لما ورد في (الحديثي , ١٩٨٨).

ب- محلول ملكايت الاخضر (Malachite Green 5%)

يتكون من ١٠٠مل ماء مقطر , ٥غم من الملكايت الأخضر.

3-2-2-2- تحضير كواشف الاختبارات الكيموحيوية

3-2-2-2-أ- تحضير كاشف الكاتاليز (Catalase reagent)

حضر بتركيز ٣٪ من بيروكسيد الهيدروجين , وأستخدم في الكشف عن أنتاج أنزيم الكاتاليز . (Cawon and Steel, 1993).

3-2-2-2 - ب- تحضير كاشف المثيل الأحمر (Methyl red reagent)

حضر بإذابة ٠,١غم من أحمر المثيل في٣٠٠مل من الكحول الأثيلي بتركيز ٩٥٪ وأكمل الحجم الى ٤٠٠مل بإضافة ١٠٠مل من الماء المقطر. (Cawon and Steel, 1993).

3-2-2-2 -ج- تحضير كاشف الأوكسيديز (Oxidase reagent)

حضر آنياً عند الاستخدام وذلك بإذابة ١غم من مادة (Tetra methyl – p - phenylene diamine dihydrochlorid) في ٩٠مل من الماء المقطر ثم أكمل الحجم الى ١٠٠مل . واستخدم لمعرفة قدرة البكتريا على انتاج انزيم الاوكسيديز. (Cawon and Steel, 1993).

3-2-2-2- د- تحضير كاشف فوكس بروسكاورVP (Voges – Proskauer reagent)

يتكون هذا الكاشف من محلولين :

المحلول A : كاشف الفا- نفثول (٥٪) :

أذيب ٥غم من مادة الفا- نفثول (α- naphthol) في ١٠٠مل من كحول أثيلي بتركيز ٩٩٪ .

المحلول B : كاشف هيدروكسيد البوتاسيوم (٤٠٪) :

أذيب ٤٠غم من هيدروكسيد البوتاسيوم KOH في ٨٠ مل من الماء المقطر ثم اكمل الحجم الى ١٠٠مل. أضيف عند الكشف ٣مل من المحلول (A) و ١مل من المحلول (B) . (Cawon and Steel, 1993).

3-2-2-2- هـ – تحضير كاشف الفينول الأحمر(0.2%) (Phenol red reagent)

حضر بإذابة ٠,٢غم من الفينول الأحمر (Phenol red) في ١٠٠مل من الماء المقطر. (Cawon and Steel, 1993).

3-2-2-2- و- تحضير كاشف البروم الأزرق (Bromothymol blue)

حضر بإذابة ١غم من مادة البروم الازرق في ٢٥مل من هيدروكسيد الصوديوم NaOH عياري ٠,١نورمالي, وبعدها خفف بحجم ٤٧٥مل من الماء المقطر. (الحديثي , 1988).

3-2-3- تحضير الأوساط الزرعية

3-2-3 -أ- حضرت الأوساط الاتية حسب تعليمات الشركة المصنعة والمثبتة على العبوات , ثم عقمت بالموصدة (Autoclave) , وتضمنت الأوساط ما يلي : (وسط الأغار المغذي , ووسط المرق المغذي , ووسط سايمون – ستريت , ووسط أغار الماكونكي , ووسط أغار الدم).

3-2-3 - ب- وسط الكليسرول (Glycerol media)

حضر بحسب ما ورد في (Cawon and Steel, 1993) , وذلك بإضافة ٢٥مل من الكليسرول الى ١٤غم من الأغار المغذي (Nutrient agar) الذائب في ٥٠٠مل ماء مقطر, وبعد ضبط الأس الهيدروجيني(pH= ٧)عقم بالموصدة وحفظ بالثلاجة لحين الاستعمال.

3-2-3 -ج- الوسط الانتقائي (SR-20) لعزل وتشخيص البكتريا

حضر وسط (SR-20) بإضافة ٥غم من ماء الببتون (Peptone water) , ٣غم من المرق المغذي (Nutrient broth) , ٠,٤٢غم بيكاربونات الصوديوم (NaHCO3) , ٠,٥٣غم كاربونات الصوديوم (Na2CO3) , ١٠٠٠مل من الماء المقطر , وبعد ضبط الأس الهيدروجيني pH=١٠عقم بالموصدة وحفظ في الثلاجة لحين الاستعمال.

3-2-3 -د- وسط احمر المثيل (Methyl red media)

حضر احمر المثيل بحسب ما ورد في (Cawon and Steel, 1993) وذلك بإضافة ٥غم من الببتون (Peptone) , ٥غم فوسفات البوتاسيوم احادية الهيدروجين (K_2HPO_4) , ١٠٠٠مل ماء مقطر. وبعد ضبط الأس الهيدروجيني pH=٧,٦ وزع في أنابيب اختبار نظيفة وعقم بالموصدة , وبعد

التعقيم أضيف ٢٠٪ من الكلوكوز المرشح الى وسط المثيل المعقم [تمت اضافة ٠,٢٥غم من الكلوكوز لكل ٥مل من الوسط] .

3-2-3 -هـ- وسط فوكس بروسكاور (Voges- Proskauer media) (VP)

حضر بحسب ما ورد في (Cawon and Steel, 1993) وذلك بإضافة ٠,٥غم ببتون (peptone) , ٠,٥غم فوسفات البوتاسيوم احادية الهيدروجين(K_2HPO_4) , ١غم دكستروز (Dextrose) , ١٠٠مل ماء مقطر. وبعد ضبط الأس الهيدروجيني pH=٧ وزع في انابيب اختبار نظيفة وعقم بالموصدة.

3-2-3 -و- وسط تحلل اليوريا (urease hydrolysis media)

حضر وسط اليوريا بحسب ما ورد في (Cawon and Steel, 1993) وذلك بإضافة ٢غم فوسفات البوتاسيوم ثنائية الهيدروجين(KH_2PO_4) , ١غم ببتون (peptone) , ٥غم كلوريد الصوديوم NaCl , ٢٠غم اغار agar , ١٠٠٠مل ماء مقطر. وبعد ضبط الأس الهيدروجيني pH= ٦,٨عقم بالموصدة , وبعد تبريد الوسط بدرجة حرارة ٤٥م° تمت اضافة ١غم من الكلوكوز المعقم بالترشيح , ٦مل احمر الفينول (Phenol red) تركيز ٠,٢٪ , و ١٠٠مل يوريا معقمة بالترشيح تركيز ٢٠٪ , بعدها وزع الوسط في أنابيب اختبار نظيفة ومعقمة وتم تصليب الوسط بشكل مائل.

3-2-3 -ز- وسط الأكسدة/ التخمر (O\F) (Oxidation\Fermentation media)

حضر بحسب ما ورد في (Cawon and Steel, 1993) وذلك بإضافة ١غم ببتون (peptone) ,و ٢,٥غم كلوريد الصوديوم NaCl ,و ٠,٥غم فوسفات البوتاسيوم احادية الهيدروجين (K2HPO4) ,و ١,٥غم اغار agar ,و ٥٠٠مل ماء مقطر, وبعد ضبط الأس الهيدروجيني PH=٧,١ تمت اضافة الدليل ٧,٥مل من البروم الأزرق (Bromothymol blue) تركيز ٠,٢٪, وبعد التعقيم بالموصدة وتبريد الوسط الى درجة حرارة ٤٥م° اضيف ٥مل من الكلوكوز المعقم بالترشيح , ووزع الوسط في أنابيب اختبار نظيفة ومعقمة.

3-2-3 -ح- وسط تحلل النشأ (Starch hydrolysis media)

حضر بحسب ما ورد في (Cawon and Steel,1993) بإضافة ١٠غم نشأ البطاطا (potato starch) , ١٠٠٠مل الأغار المغذي (Nutrient agar) الذائب ,و ٥٠مل الماء المقطر , وبعد مزج النشأ مع الماء يتم اضافة الاغار المغذي الذائب وضبط الأس الهيدروجيني pH=٧ بعدها يعقم الوسط بالموصدة.

3-2-3 -ط- وسط تحلل الجيلاتين (Gelatin hydrolysis media)

حضر بحسب ما ورد في (Cawon and Steel, 1993) بإضافة ٤غم جيلاتين , ١٠٠٠مل اغار مغذي (Nutrient agar) ,و ٥٠مل ماء مقطر. يتم تذويب الجيلاتين في الماء بعدها يضاف الاغار المغذي الذائب الى المزيج , وبعد ضبط الأس الهيدروجيني pH=٧ وزع الوسط في انابيب اختبار نظيفة وعقمت في الموصدة.

3-2-4- زرع العينات (Sample Culture)

أخذ ١غم من عينة التربة وعمل منه خمس تخافيف عشرية باستخدام ماء مقطر , ثم اخذ امل من التخفيف الاخير واضيف الى الوسط الانتقائي SR-20 , وحضن بدرجة حرارة ٣٧م° لمدة ٢٤ ساعة في حاضنة هزازة بسرعة ٨٠دورة/دقيقة .

3-2-5- تشخيص العزلات البكتيرية

3-2-5-1- الفحوصات المظهرية والمجهرية

شخصت العزلة البكتيرية مبدئيا اعتماداً على الصفات المظهرية وتضمنت شكل المستعمرات , ولونها , وخواصها , ورائحتها , وحجمها على الوسط الانتقائي SR-20 و وسط الاغار المغذي , اخضعت العزلات الى الفحص المجهري باستخدام صبغة غرام للتعرف على شكل البكتريا وترتيبها وتفاعلها مع صبغة غرام ,ايضا أخضعت العزلات الى صبغة ملكايت الخضراء للتعرف على توافر السبورات العائدة لهذه البكتريا.

3-2-5-2- الاختبارات الكيموحيوية

أجري عدد من الاختبارات الكيموحيوية وفقاً (Cawon and Steel, 1993) لغرض تشخيص البكتريا النامية على الوسط الغذائي بعد ٢٤ ساعة وهي المدة اللازمة لنموها. أجريت الاختبارات الكيموحيوية الأتية :

3-2-5-2-أ- اختبار الكاتاليز (Catalase test)

اجري هذا الاختبار للكشف عن قابلية البكتريا على انتاج انزيم الكاتاليز (Catalase) الذي يعمل على كسر جزيئة فوق اوكسيد الهيدروجينH_2O_2() الى ماء واوكسجين . ان ظهور الفقاعات الغازية عند اضافة قطرة من فوق اوكسيد الهيدروجين تركيز ٣٪ المحضر في الفقرة 3-2-3-أ على البكتريا المنقولة الى شريحة زجاجية نظيفة هو دليل على ايجابية الاختبار.

3-2-5-2-3-ب- اختبار الاوكسيديز (Oxidase test)

اجري هذا الاختبار لمعرفة قابلية البكتريا على انتاج انزيم الاوكسيديز والذي له القدرة على اكسدة مادة (Tetra methyl – P – phenylene diamine dihydrochloride) وتكوين ناتج ملون . اختبرت العزلات عن طريق نقل ٣-٥ مستعمرة بكتيرية باستخدام الناقل (Loop) الى ورقة ترشيح واضافة قطرات من الكاشف المحضر في الفقرة 3-2-3-ج ان ظهور اللون البنفسجي بعد ٣٠ ثانية هو دليل على ايجابية الاختبار.

3-2-5-2-3-ج- اختبار المثيل الاحمر (Methyl red test)

اجري هذا الاختبار لمعرفة قابلية البكتريا على تخمير الكلوكوز وتكوين كمية من الحامض تكفي لتغير الأس الهيدروجيني pH من (٧،٢ - ٤). حيث لقح الوسط السائل (MR broth) المحضر في الفقرة 3-2-3-ب بنمو بكتيري وحضن بدرجة حرارة ٣٧م° لمدة ٢٤ساعة. بعدها اضيفت ٥ قطرات من الكاشف , ان ظهور حلقة حمراء هو دليل على ايجابية الاختبار.

3-2-5-2-3-د- اختبار فوكس بروسكاور (Voges Proskauer)

اجري هذا الاختبار لمعرفة قابلية البكتريا على تحليل الكلوكوز جزئيا وتكوين مركب وسطي (Acetoin). اذ لقح الوسط السائل (VP broth) المحضر في الفقرة 3-2-3-د بنمو بكتيري وحضن بدرجة حرارة ٣٧م° لمدة ٢٤ ساعة. بعدها اضيف ١مل من هيدروكسيد البوتاسيوم KOH تركيز ٤٠٪ و ٣مل من الفا نفثول (α-naphthol) تركيز٥٪ الى الانابيب الملقحة وتهويتها لمدة ٣٠ دقيقة, ان ظهور اللون الاحمر هو دليل على ايجابية الاختبار.

3-2-5-2-3-هـ - اختبار تحلل اليوريا (Urease hydrolysis test)

اجري هذا الاختبار لمعرفة احتواء البكتريا على انزيم (urease) الذي يحلل اليوريا الى امونيا وثاني اوكسيد الكاربون مؤديا الى رفع قيمة الأس الهيدروجيني للوسط وبالتالي تغير لون الكاشف (Phenol red). اذ لقحت الانابيب الحاوية على الوسط الزرعي المائل (Urea agar) بالعزلات البكتيرية وحضنت بدرجة حرارة ٣٧م° لمدة ٥ ايام. ان تغير لون الوسط من الاصفر الى الوردي هو دليل على ايجابية الاختبار.

3-2-5-2-و- اختبار استهلاك السترات (Citrate utilization test)

اجري هذا الاختبار لمعرفة ان البكتريا لها القابلية على استهلاك سترات الصوديوم بوصفه مصدراً وحيداً للكاربون. اذ لقحت الانابيب الحاوية على الوسط الزرعي المائل (Simmon citrate agar) بالعزلات البكتيرية وحضنت بدرجة حرارة ٣٧م° لمدة ٧ايام. ان تغير لون الوسط من الاخضر الى اللون الازرق هو دليل على ايجابية الاختبار.

3-2-5-2-ز- اختبار التأكسد \ التخمر(OF) (Oxidation\ Fermentation)

اجري هذا الاختبار لمعرفة ان البكتريا لها قابلية استهلاك الكاربوهيدرات بوصفه مصدراً رئيساً للطاقة. حيث لقحت الانابيب الحاوية على الوسط الزرعي شبه الصلب (O\F) بشكل مضاعف بالعزلات البكتيرية, الانبوبة الاولى تكون مغطاة بالبارافيين (Paraffin) بسمك ٠,٥ سم فوق السطح من اجل اختبار التخمر, والثانية بدون بارافيين من اجل اختبار التأكسد, وحضنت بدرجة حرارة ٣٧م° لمدة ١٤ يوم. ان تغير لون الوسط من الاخضر الى اللون الاصفر في انبوبة التخمر هو دليل على ايجابية الاختبار, وان تغير لون الوسط من الاخضر الى الاصفر في انبوبة التأكسد هو دليل على ايجابية الاختبار ايضاً وان البكتريا (مخمرة – مؤكسدة).

3-2-5-2-ح- اختبار تحلل النشأ (Starch hydrolysis test)

اجري هذا الاختبار وفقاً (Cawon and Steel, 1993) لمعرفة احتواء البكتريا على انزيم (Amylase) الذي يحلل النشأ الى مالتوز. حيث خطط وسط اغار النشا (starch agar) المحضر في الفقرة3-2-3 -ح- بالزرع البكتيري ثم حضن بدرجة حرارة ٣٧م° لمدة ٢٤ ساعة. بعدها اضيفت صبغة اليود على الوسط الزرعي النامي, ان ظهور هالة شفافة حول المستعمرات البكتيرية هو دليل على تحلل النشأ وايجابية الاختبار.

3-2-5-2-ط - اختبار تحلل الجيلاتين

اجري هذا الاختبار لمعرفة احتواء البكتريا على انزيم (Gelatinase) الذي يحلل الجيلاتين مما يسبب خسارته لصفة الجلي. اذ زرعت الانابيب الحاوية على وسط اغار الجيلاتين (Gelatine agar) المحضر في الفقرة3-2-3 -ط- بالزرع البكتيري بطريقة الطعن , ثم حضنت بدرجة حرارة ٣٧م° لمدة (شهر). ان حدوث التميع لوسط الجيلاتين هو دليل على ايجابية الاختبار.

3-2-5-2-ي- اختبار الكشف عن النمو في درجات حرارة مختلفة

لقح وسطان من المرق المغذي (Nutrient broth) بالعزلات البكتيرية , الوسط الاول حضن بدرجة حرارة ٤٥م° والثاني بدرجة حرارة ٦٥م° لمدة ٢٤ساعة , ان ظهور النمو البكتيري في درجة حرارة ٤٥م° هو دليل على ايجابية الاختبار , وان ظهور نمو بكتيري في درجة حرارة ٦٥م° هو دليل على ايجابية الاختبار.

3-2-5-2-ك- اختبار الكشف عن النمو البكتيري في تركيز (pH=5.7)

لقح وسط المرق المغذي (Nutrient broth) بالعزلات البكتيرية , حيث ضبط الأس الهيدروجيني للوسط pH=٥,٧ وحضنت بدرجة حرارة ٣٧م° لمدة ٢٤ ساعة. ان ظهور النمو في هذا التركيز هو دليل على ايجابية الاختبار.

3-2-5-2-ل- اختبار الكشف عن النمو في تراكيز ملحية مختلفة

لقح وسطين من المرق المغذي (Nutreint broth) بالعزلات البكتيرية , الوسط الأول التركيز الملحي فيه ٧٪, والثاني كان التركيز الملحي فيه ٤٪ , وحضنت بدرجة حرارة ٣٧م° لمدة ٢٤ ساعة. ان ظهور النمو في التركيز الملحي ٧٪ هو دليل على ايجابية الاختبار , و ظهور النمو في التركيز الملحي ٤٪ هو دليل على ايجابية الاختبار.

3-2-5-2-م- اختبار الكشف عن النمو على وسط الدم

اجري هذا الاختبار لمعرفة ان البكتريا مرضية ام غير مرضية , اذ خطط وسط اغار الدم (Blood agar) بالزرع البكتيري وحضن بدرجة حرارة ٣٧م° لمدة ٢٤ ساعة. ان ظهور هالة من التحلل في الوسط الزرعي هو دليل على ان البكتريا مرضية.

3-2-5-2-ص- اختبار الكشف عن النمو على وسط الماكونكي

اجري هذا الاختبار لمعرفة ان البكتريا مخمرة للاكتوز ام غير مخمرة , اذ خطط وسط اغار الماكونكي (MacConky agar) بالزرع البكتيري وحضن في درجة حرارة ٣٧م° لمدة ٢٤ ساعة. ان عدم ظهور اختزال في صبغة الماكونكي في الوسط الزرعي هو دليل على ان البكتريا مخمرة للاكتوز.

3-2-6- تحضير نماذج الخرسانة (Preparation of Concrete)

تم اعداد نماذج من المواشير الخرسانية (concrete prisms) باستخدام سمنت بورتلاند العادي (Ordinary Portland Cement) (OPC) , وتألفت خلطة الخرسانة باستخدام مواد هي (حصى , ورمل , وسمنت , وماء) وكما موضح في (الجدول ٣-٤) , وان القوالب التي تم استعمالها لصب نماذج الخرسانة (concrete prisms) تراوحت ابعادها (الطول ٥٠سم × العرض ١٠سم × الارتفاع ١٠سم). وبعد عملية صب جميع النماذج الخرسانية في القوالب وضعت على جهاز (Vibration) لطرد الفقاعات الهوائية من النموذج عند الصب , بعدها وضعت القوالب في درجة حرارة المختبر لمدة (٢٤) ساعة. بعد تصلب النماذج الخرسانية تم استخراجها من القالب وغمرت في حوض ماء لمدة(٢٨) يوماً لغرض المعالجة (curing).

جدول (٣-٤) المواد المكونة للخلطة الخرسانية

المواد	الوزن كغم/م
حصى	١٠١٧
رمل	٧٣٥
سمنت	٤١٨
ماء	٢٢١,٥
w/c	٠,٥٣

(1 : 1.76 : 2.43) w/c = 0.53)

3-2-7- تكوين الشقوق (Creation of Cracks)

تم اجراء تكوين الشقوق في قالب الخرسانة باستخدام شريحة زجاجية بأبعاد وعرض محدد مسبقا اذ وضعت الشريحة الزجاجية في نموذج الخرسانة بعد صبها في القالب, وتم ازالة هذه الشريحة بعد

٢٤ساعة على تصلب نموذج الخرسانة اذ ينتج قالب خرساني بأخدود ضيق (narrow groove) على السطح العلوي للنموذج (وكما مبين في الشكل ٣-٢).



(شكل ٣-٢ يوضح الشكل عملية تكوين الخرسانة ذات الشق الواحد والخرسانة ذات الثلاث شقوق)

3-2-8- انواع الشقوق (Types of Cracks)

لعمل الشقوق في النماذج الخرسانية تم الاعتماد على عدد من المتغيرات التي تم تحديدها في هذا البحث, وهذه المتغيرات هي :

أ- عمق الشق (crack depth)

تم تحديد ثلاثة اعماق للشقوق في نماذج الخرسانة هي (١٠ملم ,و ٢٠ملم ,و ٣٠ملم).

ب- عرض الشق (crack width)

تم تحديد عرضين للشقوق في نماذج الخرسانة هي(١ملم و ٢ملم) , كما موضح في الشكل (٣-٣) و الشكل(٣-٤).



(شكل ٣-٣ يوضح الشكل خرسانة ذات شق واحد بعرض ٢ملم)



(شكل ٣-٤ يوضح الشكل خرسانة ذات شق واحد بعرض ١ملم)

ج- عدد الشقوق (number of crack)

تم اعتماد نماذج ذات شق واحد ,ونماذج ذات ثلاثة شقوق , ان النموذج الخرساني ذو الشق الواحد يكون فيه الشق متغيراً بالعمق والعرض ,اما نموذج الخرسانة ذو الثلاثة شقوق يكون فيه عمق الشق وعرضه ثابتاً (١ملم للعرض , و ١٠ملم للعمق) , كما موضح في الشكل(٣-٥).



(شكل٣-٥ يوضح الشكل قالب خرساني بثلاث الشقوق)

3-2-9-اختبارات تحضير وسط الترسيب (SM-7)

(Preparation of precipitation medium)

3-2-9-1- اختبار تحضير وسط (SM-7) السائل

حضر وسط (SM-7) كما ورد في (Gayle Consalves , 2011) حيث اجري هذا الاختبار لمحاولة انماء البكتريا في وسط (SM-7) من أجل ترسيب مادة كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$, اذ تكون وسط (SM-7) من ٢٧,٩٧ غم يوريا , و ٥١,٧٢ غم كلوريد الكالسيوم , و ٠,٠٤٥٢ غم هيدروكسيد الصوديوم , و ٠,١٦٣ غم كلوريد الامونيوم , و ٠,٣٤٢ غم مستخلص الخميرة (Yeast extract) , و ١٠٠٠مل ماء مقطر, بعدها ضبط الأس الهيدروجيني pH=١٠وعقم الوسط بالموصدة (باستثناء اليوريا عقمت بالترشيح).

3-2-9-2- اختبار تحضير وسط (SM-7) المحور

حضر وسط (SM-7) بإضافة المكونات والنسب نفسها مع خفض نسبة كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ من النسبة ٥١,٧٢ غم الى النسبة ٢غم , بعد ضبط الأس الهيدروجيني pH=١٠ عقم الوسط بالموصدة.

3-2-9-3- اختبار تحضير وسط (SM-7) المدعم

حضر وسط (SM-7) بإضافة المكونات والنسب نفسها مع اضافة مواد اخرى له بوصفها موادا مدعمة لنمو البكتريا , وهذه المواد ٢٧,٩٧ غم يوريا , و ٢غم كلوريد الكالسيوم , و ٠,٠٤٥٢ غم هيدروكسيد الصوديوم , و ٠,١٣٦غم كلوريد الامونيوم , و ٠,٣٤٢ غم مستخلص الخميرة (Yeast extract) , و ١٥غم ماء الببتون (Peptone water) , و ١٣غم مرق مغذي

(Nutreint broth) , و ١٠٠٠مل ماء مقطر. بعد ضبط الأس الهيدروجيني pH=١٠ عقم الوسط بالموصدة.

3-2-9-4- اختبار تحضير وسط (SM-7) مع اضافة مكونات وسط (SR-20) له

حضر وسط (SM-7) بإضافة المكونات والنسب نفسها مع اضافة مكونات وسط (SR-20) لتدعيم النمو البكتيري , وهذه المواد ٢٧,٩٧ غم يوريا , و ٢غم كلوريد الكالسيوم , و ٠,٤٥٢ غم هيدروكسيد الصوديوم , و ٠,١٣٦ غم كلوريد الأمونيوم , و ٠,٣٤٢ غم مستخلص الخميرة (Yeast extract), و ٠,٥ غم ماء الببتون (Peptone water) , و ٣غم مرق مغذي (Nutreint broth) , و ٠,٥٢ غم كاربونات الصوديوم $NaCO_3$, و ٠,٤٢ غم بيكاربونات الصوديوم $NaHCO_3$, و ١٠٠٠مل ماء مقطر, بعد ضبط الأس الهيدروجيني pH=١٠ عقم الوسط بالموصدة.

3-2-9-5- اختبار تحضير وسط (SM-7) بمكونات جديدة

حضر وسط (SM-7) بمكونات جديدة , اذ تمت اضافة ١٣ غم مرق مغذي (Nutreint broth) , و ١غم كلوريد الكالسيوم ,و ٢٧,٩٧ غم يوريا , و ١٠٠٠مل ماء مقطر. بعد ضبط الأس الهيدروجيني pH=١٠عقم الوسط بالموصدة.

3-2-9-6- اختبار تحضير وسط (SM-7) بتراكيز كلوريد كالسيوم مختلفة

حضرت خمسة معاملات من وسط (SM-7) بحجم ١٠٠٠مل وبإضافة المكونات والنسب نفسها للوسط في الاختبار السابق لكن بتغير نسبة كلوريد كالسيوم , وتغير نوعية الحاضنة باستعمال حاضنة هزازة (shaker incubator) , وتغير درجة الحضن.

اذ كانت نسبة كلوريد الكالسيوم في الدورق الاول ١ غم مع ثبات نسبة المكونات الاخرى , وبعد ضبط الأس الهيدروجيني pH=١٠ وتعقيم الوسط بالموصدة , زرع الوسط بالعزلات البكتيرية وحضن في حاضنة عادية بدرجة حرارة ٤٥م° لمدة ٢٤ ساعة.

كانت نسبة كلوريد الكالسيوم في الدورق الثاني ١ غم مع ثبات نسبة المكونات الاخرى , وبعد ضبط الأس الهيدروجيني pH=١٠ وتعقيم الوسط بالموصدة , زرع الوسط بالعزلات البكتيرية , وحضن في حاضنة هزازة (shaker incubator) لمدة ٢٤ ساعة.

كانت نسبة كلوريد الكالسيوم في الدورق الثالث ٢ غم مع ثبات نسبة المكونات الاخرى , وبعد ضبط الأس الهيدروجيني pH=١٠ وتعقيم الوسط بالموصدة , زرع الوسط بالعزلات البكتيرية , وحضن في حاضنة عادية بدرجة حرارة ٤٥م° لمدة ٢٤ ساعة.

نسبة تركيز كلوريد الكالسيوم في الدورق الرابع ٠,٢٤٨ غم مع ثبات نسبة المكونات الاخرى , وبعد ضبط الأس الهيدروجيني pH=١٠ وتعقيم الوسط بالموصدة , زرع الوسط بالعزلات البكتيرية , وحضن في حاضنة عادية بدرجة حرارة ٤٥م° لمدة ٢٤ ساعة.

نسبة تركيز كلوريد الكالسيوم في الدورق الخامس ٠,٤٨ غم مع ثبات نسبة المكونات الاخرى, وبعد ضبط الأس الهيدروجيني pH=١٠ وتعقيم الوسط بالموصدة , زرع الوسط بالعزلات البكتيرية , وحضن في حاضنة عادية في درجة حرارة ٤٥م° لمدة ٢٤ ساعة.

3-2-10- اختبارات تحضير مادة علاج الشقوق

3-2-10-1- اختبار تحضير مادة علاج الشقوق باستخدام (مسحوق السيليكا + محلول NaCl + بكتريا)

اجري هذه الاختبار من اجل ترسيب مادة كاربونات الكالسيوم داخل الشقوق الخرسانية اذ حضرت مادة علاج الشقوق وفقاً لما ورد في (Kim *et al.,* 2010) , اذ تكونت مادة علاج الشقوق من اضافة (Silica gel٣٠٪) والمحضرة من سحق ٣٠غم من مادة السيليكا الزرقاء (Silica blue) واضافتها الى ١٠٠مل ماء مقطر , بعدها اضيف ١٠مل من المحلول الملحي كلوريد الصوديوم NaCl [حضر المحلول الملحي بإضافة ٤٠غم من NaCl الى ١٠٠٠مل ماء مقطر] , والممزوج معه كتلة بكتيرية مطرودة مركزيا واضافتها الى ٣٠٪ من السيليكا.

بعد تحضير مادة العلاج تم حقنها داخل الشقوق الخرسانية باستخدام حقنة (syringe) , بعدها تركت القوالب الخرسانية بدرجة حرارة الغرفة من اجل تصليب مادة العلاج , بعدها غمرت القوالب المعالجة في حوض ترسيب مائي يحتوي على ٢٠غم/لتر من اليوريا , و ١غم/لتر من كلوريد الكالسيوم , لغرض ترسيب مادة كاربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) داخل شقوق الخرسانة , و تركت القوالب لمدة ثلاثة ايام في حوض الترسيب من اجل اتمام عملية ترسيب كاربونات الكالسيوم.

3-2-10-2- اختبار تحضير مادة علاج الشقوق باستخدام (HCl+Silica sol + بكتريا)

اجري هذا الاختبار من اجل ترسيب مادة كاربونات الكالسيوم داخل الشقوق , اذ حضرت المادة بإضافة ١٠مل من (Silica sol) الجاهزة , ٢مل من المحلول البكتيري [بكتريا مطرودة مركزياً معلقة في محلول ملحي (Normal Saline) والمحضر بإضافة ٨,٥ غم من كلوريد الكالسيوم الى ١٠٠٠مل ماء مقطر] , وايضاً اضيف ١٣٠مل من حامض الهيدروكلوريك HCl المخفف تركيز ٤٪ لتحويل (Silica sol) الى (Silica gel) , بعدها تم حقن مادة العلاج داخل الشقوق الخرسانية باستخدام حقنة (Syringe) , وتركت القوالب الخرسانية من اجل تصليب مادة العلاج ومن ثم غمرت القوالب في حوض ترسيب مائي يحتوي ٢٠غم/لتر من اليوريا , و ١غم/لتر كلوريد الكالسيوم , لغرض ترسيب مادة كاربونات الكالسيوم داخل الشقوق الخرسانية , وتركت القوالب لمدة ثلاثة ايام في حوض الترسيب من اجل اتمام عملية ترسيب كاربونات الكالسيوم.

3-2-10-3- اختبار تحضير مادة علاج الشقوق باستخدام (Silica sol + بكتريا)

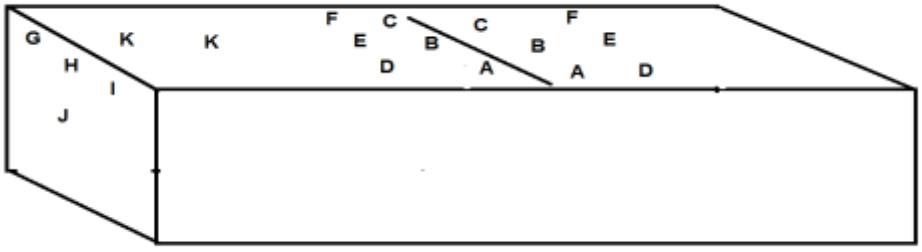
اجري هذا الاختبار من اجل ترسيب مادة كاربونات الكالسيوم داخل الشقوق , اذ حضرت المادة بإضافة ١٠مل من (Silica sol) , و ١مل من وسط SM-7 [المزروع بالبكتريا] . وبعد مزج السيليكا مع وسط SM-7 تم حقن المزيج بوساطة حقنة (Syringe) داخل الشقوق الخرسانية , يتم تكرار عملية الحقن حتى يمتلأ الشق تماما , بعدها تترك القوالب لمدة اسبوع في درجة حرارة الغرفة (من دون وضعها في احواض ترسيب مائية) من اجل تحقيق تصلب كامل لمادة العلاج.

3-2-11- قياس سرعة النبضات الصوتية الفائقة
(Ultra Sonic Pluse Velosity Measurement)

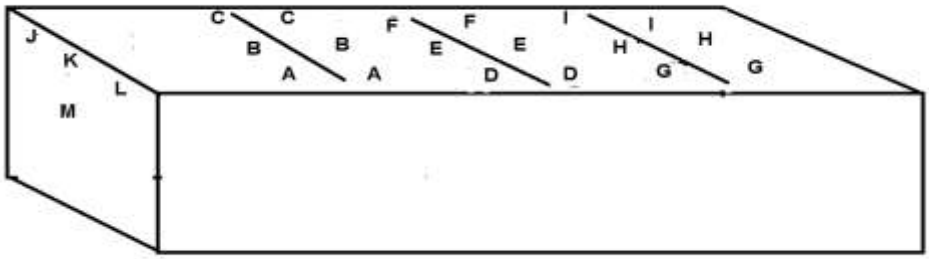
اجري اختبار قياس الموجات الفوق الصوتية في هذه الدراسة على النماذج الخرسانية ذات ابعاد (١٠سم للعرض ×١٠سم للارتفاع × ٥٠سم للطول) وعرض الشقوق التي تم تكوينها في النموذج الخرساني كانت بحدود (١ملم , ٢ملم) وعمقها (١٠ملم , ٢٠ملم , ٣٠ملم). واخذت القياسات قبل وبعد معالجة الشقوق.

حيث اخذت القياسات للنموذج الخرساني من خلال وضع احد اقطاب الجهاز على سطح النموذج بصورة موازية للشق. فيما يخص النموذج ذو الشق الواحد تم تعيين مسافتين لأخذ القياسات , المسافة الاولى تبعد (٥سم) عن الشق وهي قراءة غير مباشرة **[** اخذت القياسات على طول عرض النموذج الخرساني بمقدار ثلاث نقاط (A, B, C) **]** , والمسافة الثانية تبعد (١٠سم) عن الشق وهي قراءة غير المباشرة ايضا **[** اخذت القياسات على طول عرض النموذج الخرساني بمقدار ثلاث نقاط (D, E, F) **]** , ايضا اخذت قياسات من المنطقة الجانبية للنموذج بمسافة قريبة من الحافة العلوية للنموذج بتحديد ثلاثة نقاط (G, H, I) وهي قراءة مباشرة , ومن مركز المنطقة الجانبية بنقطة واحدة (J) وهي قراءة مباشرة ايضا , و نقطة واحدة اخيرة هي (K) والتي تم تحديدها على السطح العلوي للنموذج الخرساني وبمساحة خالية من أي شق وهي تعد قراءة مباشرة ايضا.

اما فيما يخص النموذج ذو الثلاث شقوق فقد تم اخذ القياسات بتحديد ثلاث نقاط , كل نقطة تبعد عن الشق بمسافة (٥سم) , الشق الاول (A, B, C) , الشق الثاني (D, E, F) , والشق الثالث (G, H, I) . ايضا تم اخذ القياسات من المنطقة الجانبية للنموذج بمسافة قريبة من الحافة العلوية للنموذج بتحديد ثلاث نقاط (J, K, L) , ومن مركز المنطقة الجانبية بنقطة واحدة (M). الاشكال (٣-٦ و ٣-٧) توضح شقوق النماذج الخرسانية ونقاط اخذ القراءات المباشرة وغير المباشرة , الشكل(٣-٨) يوضح جهاز الموجات فوق الصوتية المستخدم في هذه الدراسة.



شكل ٣-٦ يوضح نموذجاً خرسانياً ذا شق واحد



شكل ٣-٧ يوضح نموذجاً خرسانياً ذا الثلاث شقوق



شكل ٣-٨ جهاز قياس سرعة النبضات الصوتية الفائقة

3-2-12- التحري عن توافر مادة كاربونات الكالسيوم داخل الشقوق للنماذج الخرسانية

إن الغرض من اجراء الفحص المجهري هو للتأكد من وجود مادة كاربونات الكالسيوم , وتم هذا الفحص باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (Scanning Electron Microscope) SEM , بعد مرور شهر على تصلب مادة العلاج داخل الشقوق الخرسانية يتم كسر اجزاء صغيرة من مادة العلاج المتصلبة , بعدها اخذت هذه العينات المكسورة الى مركز بحوث النانو تكنولوجي والمواد المتقدمة في (الجامعة التكنولوجية \ بغداد) لغرض اجراء الفحص المجهري لهذه العينات والتأكد من توافر مادة كاربونات الكالسيوم.

4. النتائج

4-1- جمع العينات (Samples collection)

جمعت ١٥ عينة من التربة الجافة والتربة الزراعية في مدينة بعقوبة حيث تم اخذ عينة التربة من عمق ١٠سم من سطح التربة.

4-2-عزل البكتريا وتشخيصها

(Isolation & Identiffication Of Bacteria *Bacillus subtilis*)

4-2-1-العزل Isolation

تم اخذ عزلة واحدة من بكتريا *Bacillus subtilis* من مجموع ١٥ عينة معزولة من التربة الزراعية والتربة الجافة , اذ استخدم الوسط الانتقائي SR-20 السائل لزراعة هذه العينة , ثم نميت بعد ذلك على الوسط الانتقائي SR-20 الصلب لغرض تنقيتها, وتم التأكد من تشخيص العزلة من خلال الاختبارات المجهرية , والزرعية , والكيمو حيوية .

4-2-2-التشخيص Identiffication

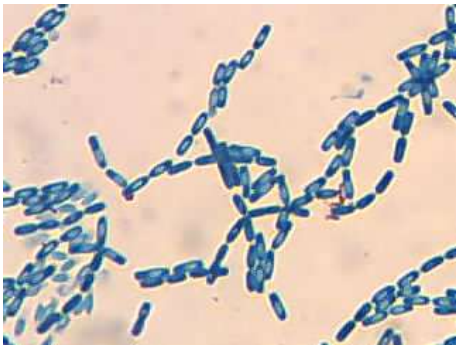
شخصت عزلات بكتريا *Bacillus subtilis* بالاعتماد على صفاتها المظهرية كما موضح في الشكل (٤-١) والاختبارات المجهرية والكيموحيوية (كما موضح في الجدول ٤-١) , اذ اظهرت هذه العزلات بانها خلايا بكتيرية عصوية الشكل, موجبة لصبغة غرام كما موضح بالشكل (٤-٢), مكونة للسبورات كما موضح بالشكل (٤-٣), تكون مستعمراتها شاحبة عند تنميتها على الوسط الانتقائي SR-20 و وسط الاغار المغذي , وبانها مستعمرات كبيرة نسبياً وكثيفة , ذات تحدب قليل وحافات غير منتظمة ولها القابلية على النمو في درجات حرارة مختلفة تتراوح من (٥-٦٥م°) , كما اثبتت هذه العزلات قدرتها على انتاج انزيم الأوكسيديز الذي يعد صفة تشخيصية مهمة لهذه البكتريا , وانتاج انزيم الكاتاليز , واظهرت الاختبارات انها مستهلكة للسترات كما موضح بالشكل (٤-٤), تعطي نتيجة سالبة لاختبار فوكس بروسكاور (VP) كما موضح بالشكل (٤-٥), نتيجة موجبة لاختبار تحلل النشا كما موضح بالشكل (٤-٦), نتيجة سالبة لاختبار تحلل الجيلاتين كما موضح بالشكل (٤-٧) , نتيجة موجبة لاختبار انتاج انزيم اليوريز كما موضح في الشكل(٤-٨), نتيجة موجبة لاختبار التأكسد / التخمر (OF) كما موضح في الشكل(٤-٩) , نتيجة موجبة لاختبار احمر المثيل (MR) كما موضح في الشكل (٤-١٠), نتيجة موجبة للنمو في درجة حرارة(٤٥م°) وسالبة في درجة حرارة(٦٥م°) , نتيجة موجبة للنمو في الاس الهيدروجيني(pH=٥,٧) كما موضح في الشكل (٤-١١), نتيجة سالبة للنمو في تركيز ملحي (٧٪) كما موضح في الشكل (٤-١٢), نتيجة سالبة للنمو على وسط الدم كما موضح في الشكل (٤-١٣), و نتيجة سالبة للنمو على وسط الماكونكي كما موضح في الشكل(٤-١٤).



شكل ٤-١ الصفات المظهرية للبكتريا



شكل ٤-٢ صبغة غرام



شكل ٤-٣ صبغة ملكايت الخضراء



شكل ٤-٤ فحص استهلاك السترات



شكل ٤-٥ فحص فوكس بروسكاور

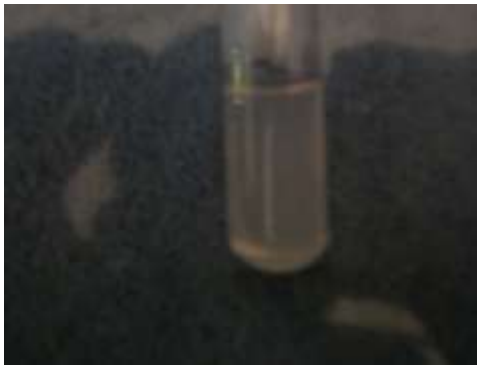


قبل اضافة اليود

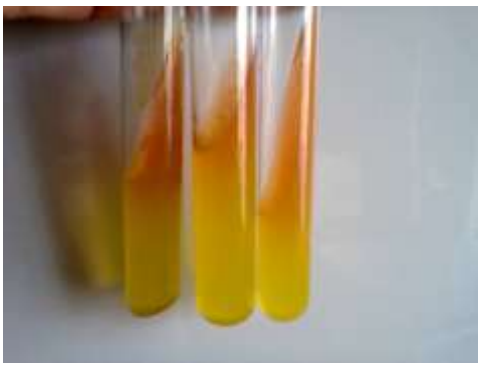


بعد اضافة اليود

شكل ٤-٦ فحص تحلل النشا



شكل ٤-٧ فحص تميع الجيلاتين



شكل ٤- ٨ فحص انزيم اليوريز

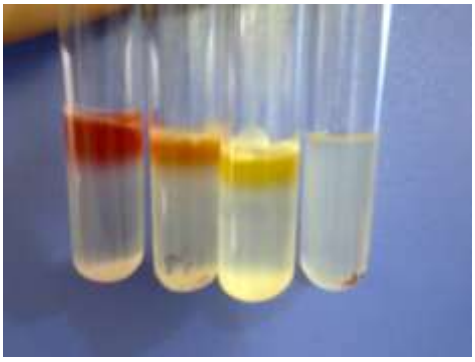


الاوكسيديز

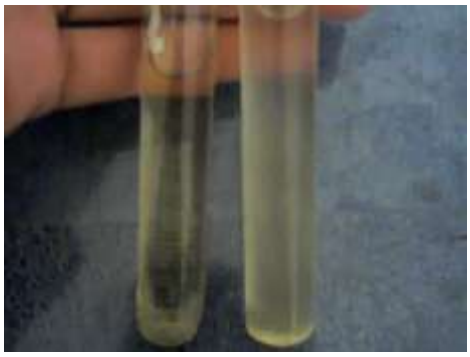


التخمر

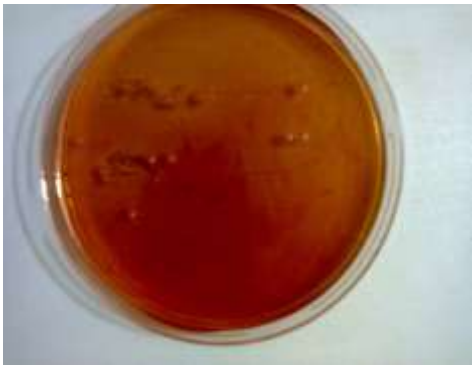
شكل ٤-٩ فحص الاكسدة / التخمر



شكل ٤- ١٠فحص احمر المثيل



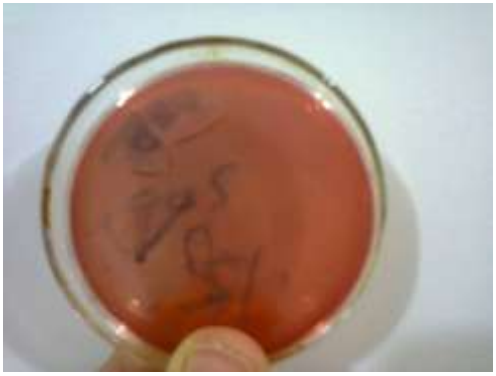
شكل ٤-١١ فحص النمو في pH=٥,٧



شكل ٤-١٢ فحص تحلل الدم



شكل ٤-١٣ فحص النمو في تركيز ملحي ٧% وتركيز ٤%



شكل ٤-١٤فحص الماكونكي

جدول رقم (٤-١) الاختبارات الكيمو حيوية والزرعية لبكتريا (*Bacillus subtillis*)

يوضح الجدول الاختبارات الكيموحيوية والزرعية التي تم اجرائها على بكتريا *Bacillus subtillis*

الاختبارات الكيمو حيوية	نتيجة الاختبار
اختبار استهلاك السترات	**+**
اختبار فوكس – بروسكاور	**-**
اختبار المثيل الاحمر	**+**

اختبار الاكسدة/التخمر	+\+
اختبار تحلل النشا	+
اختبار تميع الجيلاتين	-
اختبار انزيم اليوريز	D
اختبار الكاتاليز	+
اختبار الاوكسيديز	+
النمو في حرارة ٤٥م°	+
النمو في حرارة ٦٥م°	-
النمو في NaCl=٧٪	-
النمو في pH= ٥,٧	+
النمو على وسط الدم	-
النمو على وسط الماكونكي	-

{ (+) : نتيجة موجبة , (-) : نتيجة سالبة , (d) : نتيجة متغايرة **}**

3-4 حفظ العزلات وادامتها (Preservation & maintenance)

حفظت العزلات البكتيرية بعد تشخيصها على وسط الأغار المغذي (Nutrient agar) بشكل مائل (slant) , وحفظت بدرجة حرارة (٤م°), واستمرت عملية الادامة بشكل دوري كل ١٥ خمسة عشر يوماً من خلال تجديد زراعتها وذلك بنقل مستعمرة واحدة الى مائل اغار مغذي جديد لضمان بقائها نشطة طيلة فترة الدراسة. ايضا استخدم وسط الاغار المغذي المضاف اليه الكليسرول (Glycerol) بنسبة ١٥٪ اذ يتم حفظ العزلات بهذه الطريقة لمدة طويلة وتم حفظها في درجة حرارة(- ٢٠م°) لحين استخدامها.

4-4- اختبارات تحضير وسط الترسيب SM-7

4-4-1- قابلية بكتريا *Bacillus subtillis* على النمو في وسط SM-7 السائل

اظهرت نتائج اختبار تحضير وسط SM-7 والمحضر كما ورد في(Gayle Consalves , 2011), من اجل تنمية البكتريا وتكوين مادة كاربونات الكالسيوم لإصلاح الشقوق , اذ اظهرت نتائج الفحص المجهري عدم وجود نمو بكتيري في الوسط الزرعي , وبتكرار عملية الزرع البكتيري لهذا الوسط تم الحصول على نفس النتائج السلبية (أي لم يلاحظ ظهور نمو بكتيري في هذا الوسط), وبتكرار التجربة تم الحصول على نفس النتائج السلبية. حيث تم الاستنتاج الى ان سبب هذه النتائج قد يرجع الى اختلاف البيئة , والذي قد يؤثر على نمو البكتريا المستخدمة في هذه الدراسة والتي تكون متطبعة على ظروف بيئية معينة ومنها عامل الملوحة.

2-4-4 قابلية بكتريا *Bacillus subtillis* على النمو بتراكيز متدرجة من كلوريد الكالسيوم

اظهرت نتائج اختبار تحضير وسط SM-7 والمحضر في التجربة السابقة باستثناء تغير نسبة كلوريد الكالسيوم من تركيز ٥١,٧٢ غم لكل ١٠٠٠لتر الى تركيز ٢غم لكل ١٠٠٠لتر من اجل توفير بيئة منخفضة الملوحة للبكتريا المستخدمة في هذه الدراسة , و بعد مرور ٢٤ ساعة على عملية الحضن وبإجراء الفحص المجهري لهذا الوسط الزرعي , اظهرت النتائج بعدم وجود نمو بكتيري في الوسط والنتيجة كانت سلبية , من خلال هذه النتيجة تم الاستنتاج ان نسبة كلوريد الكالسيوم ٢غم هي نسبة تركيز ملحي عال لإنماء البكتريا فيه , وهذا يؤكد على عامل اختلاف البيئة , او قد يرجع سبب هذه النتائج الى ان البكتريا التي تم تنميتها في هذا الوسط لهذه الدراسة محتاجة الى مواد اخرى مدعمة لنموها.

3-4-4- قابلية بكتريا *Bacillus subtillis* على النمو في وسط SM-7 السائل المدعم بمغذيات عضوية

اظهرت نتائج تحضير وسط SM-7 والمحضر بنفس المكونات باستثناء اضافة مواد مدعمة للنمو وهي (peptone water , Nutrient broth) , وبعد مرور ٢٤ ساعة على عملية الحضن وبإجراء الفحص المجهري , تبين عدم وجود نمو بكتيري في هذا الوسط الزرعي والنتيجة كانت سلبية , وهذا يدل على ان اضافة مواد للوسط بوصفها موادّ مدعمة ليس له دور في عملية نمو البكتريا في هذا الوسط , وهذه التجربة تؤكد ايضا على دور عامل البيئة.

4-4-4- قابلية بكتريا *Bacillus subtillis* على النمو في وسط SM-7 المضاف له مكونات وسط SR-20

اظهرت نتائج اختبار تحضير وسط SM-7 والمحضر بالمكونات نفسها مع اضافة مكونات الوسط الانتقائي SR-20 (بوصفه الوسط الانتقائي الذي نمت فيه البكتريا) , بعد مرور ٢٤ ساعة على عملية

الحضن وبإجراء الفحص المجهري , تبين عدم توافر نمو بكتيري في هذا الوسط الزرعي والنتيجة كانت سلبية , وهذا يدل على ان اضافة مكونات الوسط الانتقائي ليس له دور في عملية نمو البكتريا في هذا الوسط.

4-4-5- قابلية بكتريا *Bacillus subtillis* على النمو في وسط SM-7 بمكونات جديدة

اظهرت نتائج اختبار تحضير وسط SM-7 والمكون من (Nutreint broth , CaCl2 urea) , و بعد مرور ٢٤ساعة على عملية الحضن وبإجراء الفحص المجهري , تبين توافر نمو بكتيري في الوسط الزرعي لكن بشكل قليل , من خلال هذه النتيجة استنتجنا ان النمو القليل للبكتريا النامية في هذا الوسط **(** الذي كان تركيز كلوريد الكالسيوم فيه ١غم لكل ١٠٠٠مل من الماء المقطر**)** قد يكون عائداً الى ان هذه البكتريا تحتاج الى تغير نسبة تركيز كلوريد الكالسيوم , او احتياجها الى فترة حضن اطول من ٢٤ساعة , او احتياجها الى رفع درجة حرارة الحضن اكثر من(٣٠م˚), او احتياجها الى تغير نوعية الحاضنة من حاضنة عادية الى حاضنة هزازة (Shaker) من اجل زيادة نموها.

4-4-6- قابلية بكتريا *Bacillus subtillis* على النمو في وسط (SM-7) السابق مع تغير نسبة (CaCl2) , درجة الحرارة , نوعية الحاضنة

اظهرت نتائج اختبار تحضير وسط SM-7 والمحضر في خمسة معاملات اختلفت فيها نسبة CaCl2 والحاضنة ودرجة الحرارة , اذ بعد مرور ٢٤ ساعة على عملية الحضن لوحظ ان الوسط الزرعي المحضون في الحاضنة الهزازة (Shaker Incubator) كانت درجة العكورة له اكبر من بقية الدوارق الاخرى و المحضونة في حاضنة عادية , وبعد اجراء الفحص المجهري لجميع الدوارق الخمسة تبين ان النمو البكتيري كان بدرجة اكبر في الدورق المحضون في الحاضنة الهزازة بالمقارنة مع المعاملات الاخرى التي كان النمو البكتيري فيها قليل. من هذه النتائج تم التوصل الى ان نسبة CaCl2 والتي هي ١غم لكل ١٠٠٠مل من الماء في الوسط المحضون في الحاضنة الهزازة يعطي نتائج ايجابية اكثر , وهذا يدل على ان البكتريا تحتاج الى مساحة سطحية اكبر للنمو والتكاثر.

4-5- نتائج اختبارات تحضير مادة علاج الشقوق

4-5-1- نتائج اختبار تحضير مادة علاج الشقوق باستخدام (مسحوق السيليكا + محلول NaCl + معلق بكتيري)

بعد مرور ثلاثة ايام على غمر القوالب المعالجة في حوض الترسيب والحاوي على اليوريا ومادة كلوريد الكالسيوم حسب ما ذكر في (Kim *et al.,* 2010) , تم اخراج هذه القوالب المعالجة من الحوض وتركها لمدة ثلاثة ايام اخرى في درجة حرارة الغرفة من اجل تصلب مادة العلاج , بعدها تم ملاحظة درجة تصلب مادة العلاج داخل الشقوق وقياسها, اذ اظهرت نتائج هذا الاختبار ان مادة العلاج لم تكن متصلبة وانما كانت بشكل مسحوق ابيض , بعدها غمرت هذه القوالب مرة ثانية في حوض الترسيب المائي لمدة ثلاث ايام وذلك من اجل اعطاء المدة الكافية لمادة العلاج لكي تتصلب , تم اخراج القوالب من الحوض وتركت لتجف ثم فحصت درجة التصلب لمادة العلاج وتبين انها لم تتصلب وكانت بشكل مسحوق , وبتكرار هذا الاختبار تم الحصول على النتائج السلبية نفسها, وسبب هذا قد يكون عائد

الى ان مادة السيليكا ربما تحتاج الى مادة اخرى تضاف معها بحيث تجعلها تتصلب , او بتغير نوعية مادة السيليكا المستخدمة في الاختبار , او ان مادة علاج الشقوق هذه تحتاج الى فترة اطول لكي تتصلب قد تصل الى اكثر من شهر

4-5-2- نتائج اختبار تحضير مادة علاج الشقوق باستخدام (HCl + Silica sol + معلق بكتيري)

بعد مرور ثلاثة ايام على غمر القوالب المعالجة في حوض الترسيب المائي والحاوي على اليوريا ومادة كلوريد الكالسيوم , اخرجت القوالب من حوض الترسيب , وتركت لمدة ثلاث ايام لتصلب مادة العلاج , وتمت ملاحظة درجة التصلب لمادة علاج الشقوق وقياسها, حيث اظهرت نتائج هذا الاختبار ان مادة العلاج لم تتصلب وانما كانت بشكل كتل صغيرة تتفتت بسهولة عند لمسها , بعدها غمرت القوالب في حوض الترسيب مرة ثانية وتركها لمدة ثلاثة ايام اخرى , وبعد اخراجها تركت القوالب بدرجة حرارة الغرفة لتتصلب , بعدها تبين ان مادة العلاج لم تتصلب وكانت النتيجة سلبية ايضاً , وبتكرار هذا الاختبار تم الحصول على النتائج السلبية نفسها, و سبب هذا قد يكون عائد لكون مادة العلاج قد تحتاج الى وقت اطول لكي تتصلب , او بتغير مادة السيليكا

4-5-3- نتائج اختبار تحضير مادة اصلاح الشقوق باستخدام (Silica sol جاهزة + معلق بكتيري)

بعد تحضير مادة الاصلاح وحقنها داخل الشقوق تركت القوالب المعالجة لمدة سبعة ايام لكي تتصلب من دون وضع القوالب في حوض الترسيب المائي ذلك ان مادة العلاج حاوية على مادة كاربونات الكالسيوم والتي من المفروض تكون متكونة في الوسط الزرعي (SM-7) اذ ان البكتريا النامية في هذا الوسط تعمل على تحليل اليوريا وتكوين مادة الكاربونات التي تتحد مع كلوريد الكالسيوم المتوافر في الوسط الزرعي وبالنهاية تكوين كاربونات الكالسيوم , بعد عملية فحص درجة الصلابة اظهرت نتائج هذا الاختباران مادة العلاج قد تصلبت بالكامل وبشكل جيد , ولم تكن بشكل مسحوق او بشكل كتل مفتتة وان النتيجة كانت ايجابية , بعد هذه العملية اخذت قياسات سرعة انتقال الموجة عبر الشق بوساطة جهاز الموجات فوق الصوتية (Ultra Sonic Pulse Velosity Measuremeant). كما موضح في الشكل(٤-١٥).



شكل ٤- ١٥ اختبار علاج الشقوق المكون من (سيليكا+ معلق بكتيري)

6-4- نتائج اختبار قياس سرعة النبضات الموجية الفائقة Ultra Sonic (Measuremeant)

تم اجراء القياس بالنبضات الصوتية الفائقة قبل عملية معالجة الشقوق وبعدها, اذ اظهرت نتائج المقارنة بين القياسات قبل المعالجة وبعدها الى ان الوقت المنتقل قد انخفض في المناطق القريبة والبعيدة عن الشق , من خلال نتائج اختبار (Silica sol + المعلق البكتيري) تم ملاحظة نتائج قياس الموجات الفوق الصوتية من حيث :

اجريت مقارنة بين النماذج الخرسانية ذات الشق الواحد مع بعضها , أي انه تمت مقارنة النموذج ذي الشق الواحد (بعمق ١٠ملم وعرض ١ملم) مع النموذج ذي الشق الواحد (بعمق١٠ملم و عرض ٢ملم) , وبالاعتماد على عمق ثابت وعرض متغير. من نتائج الموازنة تبين ان النموذج (١٠ملم – ١ملم) اعطى نتائج افضل من النموذج (١٠ملم – ٢ملم) وهذا يكون عائداً لكون عرض الشق ٢ملم يحتاج الى فترة اطول لغرض ملء الشق بمادة كاربونات الكالسيوم بعكس الشق ١ملم ولنفس فترة الفحص.

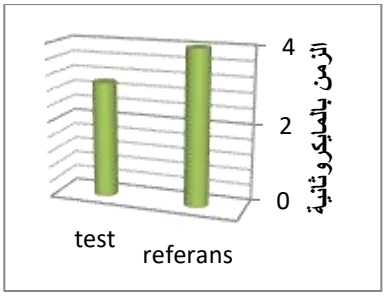
اجريت مقارنة بين النموذج (عمق ٢٠ملم وعرض ١ملم) مع النموذج (عمق ٢٠ملم و عرض ٢ملم) , وبينت النتائج ان عملية المعالجة كانت افضل للنموذج (٢٠ملم – ١ملم) مقارنة للنموذج (٢٠ملم – ٢ملم) وهذا يكون عائد لكون عرض الشق ٢ملم يحتاج الى فترة اطول لغرض ملء الشق بمادة كاربونات الكالسيوم بعكس الشق ١ملم ولنفس فترة الفحص.

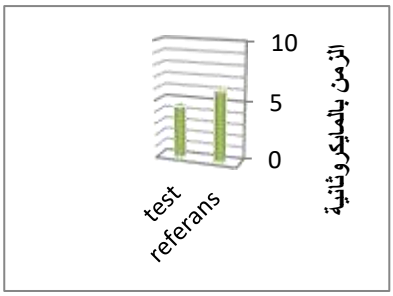
اجريت مقارنة بين النموذج (عمق ٣٠ملم و عرض ١ملم) مع النموذج (عمق ٣٠ملم و عرض ٢ملم) وبينت النتائج ان عملية المعالجة كانت افضل للنموذج (٣٠ملم – ١ملم) موازنة للنموذج (٣٠ملم – ٢ملم) وهذا يكون عائد الى نفس السبب السابق.

اجريت مقارنة للنماذج الخرسانية ذات الثلاث شقوق , وبين النموذج (عمق ١٠ملم وعرض ٢ملم) والنموذج (عمق ١٠ملم وعرض ١ملم) , وبينت النتائج ان عملية المعالجة كانت نتائجها افضل للنموذج (١٠ملم – ١ملم) مقارنة للنموذج (١٠ملم – ٢ملم). من خلال هذه الموازنات تم الاستنتاج انه كلما كان عرض الشق صغير كانت عملية المعالجة افضل , أي بمعنى ان تقنية المعالجة الحيوية المستخدمة في هذه الدراسة تكون ملائمة اكثر للشقوق ذات العرض الدقيق (microcracks).

اختبار النبضات الصوتية الفائقة لمادة علاج التشققات الخرسانية والمكونة من (السيليكا + معلق بكتيري)

***مقارنة النموذج الخرساني ذي شق (٢ملم – ١٠ملم) مع النموذج الخرساني (١ملم – ١٠ملم)**

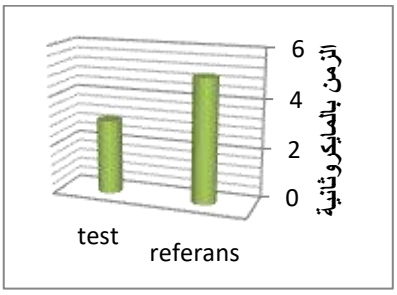


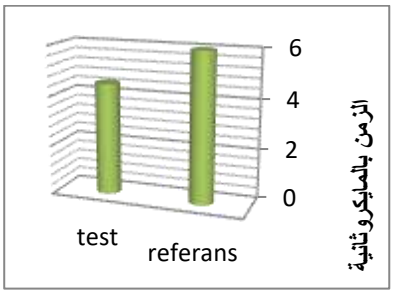


A

١ملم – ١٠ملم ٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-١٦-A) يوضح ان قراءة زمن انتقال النبضة الصوتية الفائقة بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/١٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (٥سم) من الشق كانت (٧٥٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –١٠ملم) كانت حوالي (٧٣٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.

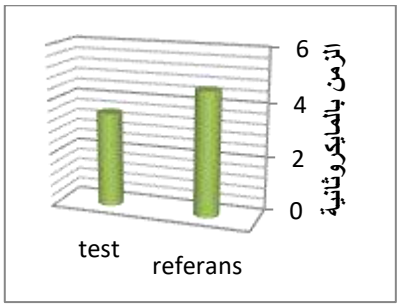


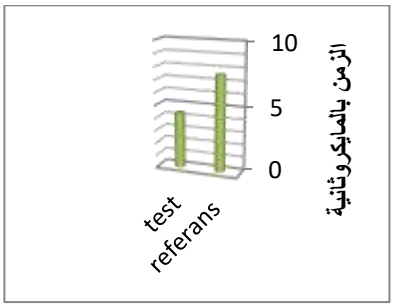


B

١ملم – ١٠ملم ٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-١٧- B)يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/١٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (٥سم) من الشق كانت (٥٨٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –١٠ملم) كانت حوالي (٧٥٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.

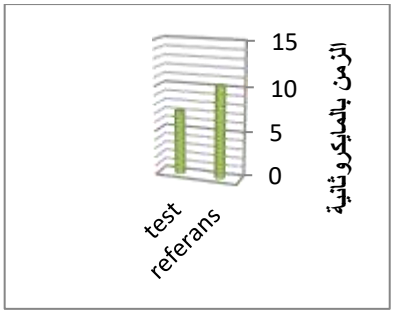


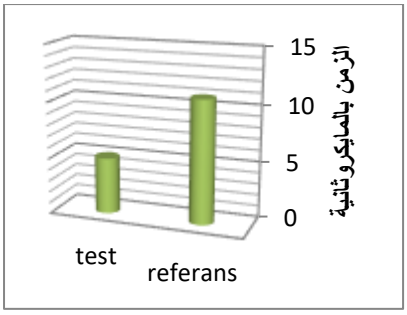


C

١ملم – ١٠ملم ٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-١٨- C)يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/١٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (٥سم) من الشق كانت (٧٦٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –١٠ملم) كانت حوالي (٥٧٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



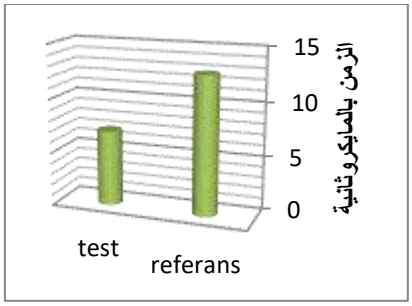


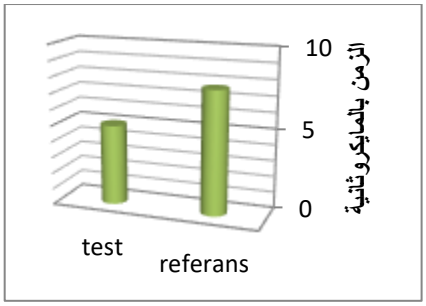
D

٢ملم – ١٠ملم

١ملم – ١٠ملم

شكل (٤-١٩- D)يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/١٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (١٠سم) من الشق كانت (٤٥٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –١٠ملم) كانت حوالي (٦٩٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



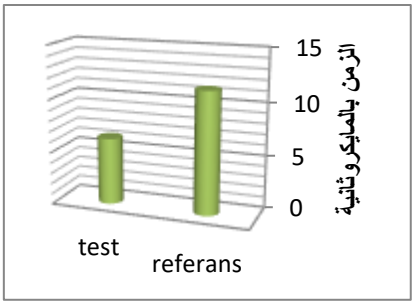


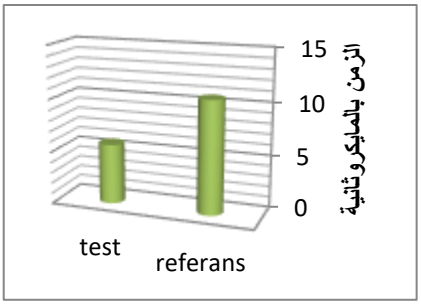
E

٢ملم – ١٠ملم

١ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٢٠- E)يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/١٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (١٠سم) من الشق كانت (٦٤٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –١٠ملم) كانت حوالي (٥٤٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.





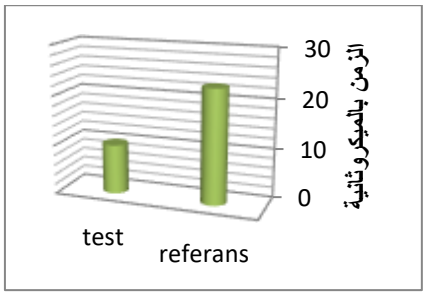
F

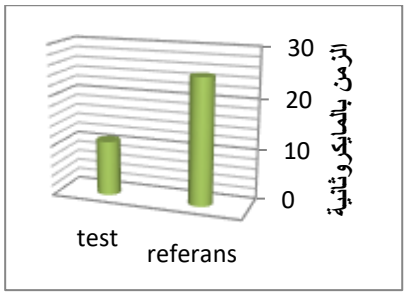
٢ملم – ١٠ملم

١ملم – ١٠مل

شكل (٤-٢١- F)يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/١٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (١٠سم) من الشق كانت (٥٣٪) , , مما يعني حدوث انتشار ترسيب

كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –١٠ملم) كانت حوالي (٥٤٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



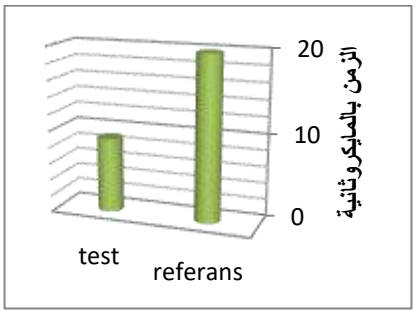


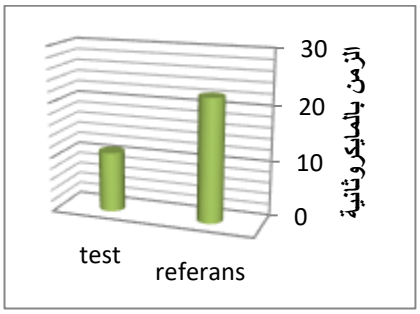
G

١ملم – ١٠ملم

٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٢٢-G)كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة الموجة فوق الصوتية بصورة مباشرة في الشق (١ملم – ١٠ملم) قبل وبعد المعالجة بالنسبة للنقطة (G) حوالي ٤٣٪ بالمقارنة مع الشق (٢ملم – ١٠ملم) حيث القراءة كانت قبل المعالجة وبعدها حوالي ٤٤٪ وهذا يدل على كفاءة تكوين وترسيب كاربونات الكالسيوم في الشقوق المعالجة , وان سبب اختلاف قراءة الموجة قبل المعالجة يعود الى ان انتقال الموجة اعتمد على عمق الشق وليس عرض الشق .



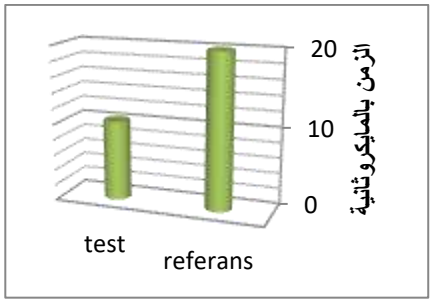


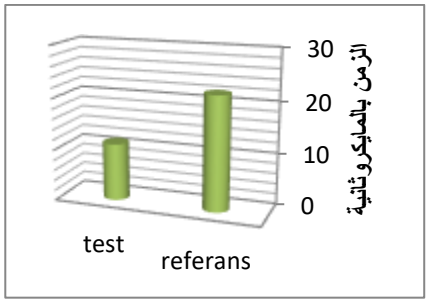
H

١ملم – ١٠ملم

٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٢٣-H) كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة الموجة بصورة مباشرة في الشق (١ملم – ١٠ملم) قبل وبعد المعالجة حوالي ٤٥٪ بالمقارنة مع الشق (٢ملم – ١٠ملم) حيث كانت القراءة قبل المعالجة وبعدها حوالي ٤٥٪ وهذا ايضا يدل على كفاءة ترسيب كاربونات الكالسيوم في الشقوق المعالجة .



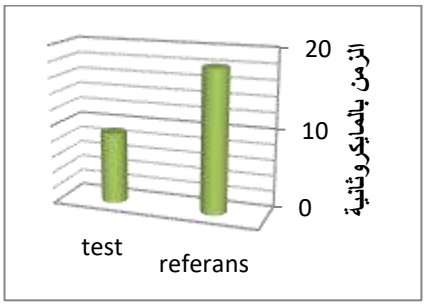


I

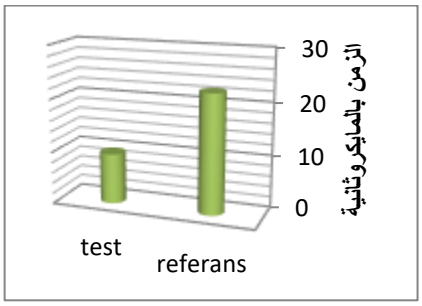
١ملم – ١٠ملم

٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٢٤-I) كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة الموجة بصورة مباشرة في الشق (١ملم – ١٠ملم) حوالي ٥٥٪ بالمقارنة مع الشق (٢ملم – ١٠ملم) اذ كانت القراءة حوالي ٥٥٪ وهذا يكون عائد الى السبب السابق نفسه وهو الكفاءة في ترسيب كاربونات الكالسيوم في الشقوق المعالجة.



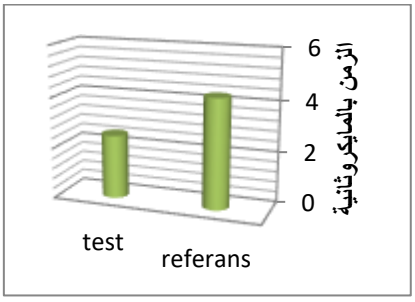
١ملم – ١٠ملم



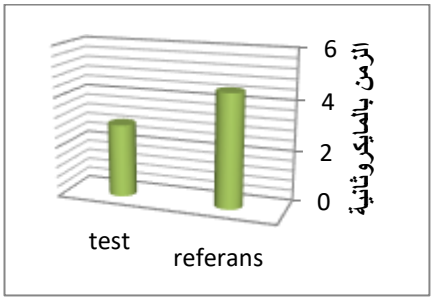
٢ملم – ١٠ملم

J

شكل (٤-٢٥-J) ان الاختلاف بين قراءة المرجع و الفحص للنقطة (J) وهي القراءة المباشرة يعود الى زيادة نواتج اماهة السمنت التي تؤدي الى زيادة كثافة الخرسانة بحيث يقل زمن انتقال الموجة , ويلاحظ بأن القراءات تكون متساوية تقريبا وهي بحدود ٤٠٪وانخفاض سرعة الموجة كان ٦٠٪ فيما يخص الشق (٢ملم – ١٠ملم) و فيما يخص الشق (١ملم – ١٠ملم) فان القراءة كانت ٤٥٪ وانخفاض سرعة الموجة كان ٥٥٪ والسبب يعود الى ان هذه القراءات لا تتأثر بالشقوق لأن القراءة خارج الشق.



١ملم – ١٠ملم

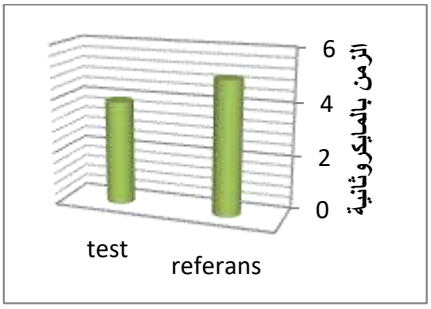


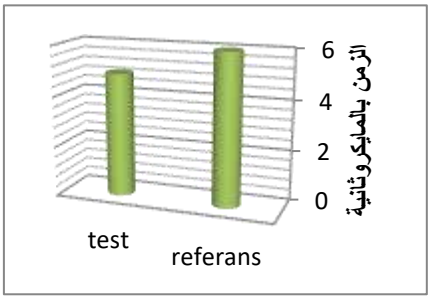
٢ملم – ١٠ملم

K

شكل (٤-٢٦-K)تمثل النقطة (K) قراءة المرجع لأنها واقعة في مكان لا يحتوي على شق (القياس بالطريقة الغير مباشرة) والتي يتم رسم النماذج بالموازنة بها فقط في حالة (٥سم) لان هذه النقطة اخذت على بعد (٥سم). ومن الملاحظ بان قراءة النقاط (A,B,C) والتي هي قراءة تبعد (٥سم) عن الشق كانت تقريبا (٣ – ٤,٥) مايكروثانية وهي قراءة قريبة من قراءة النقطة (K) والتي تساوي تقريبا (٣) مايكروثانية .

***مقارنة النموذج الخرساني ذي شق (٢ملم – ٢٠ملم) مع النموذج الخرساني (١ملم – ٢٠ملم)**



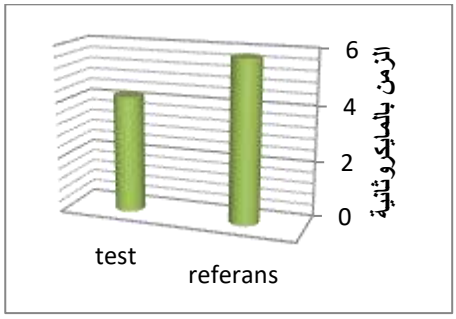


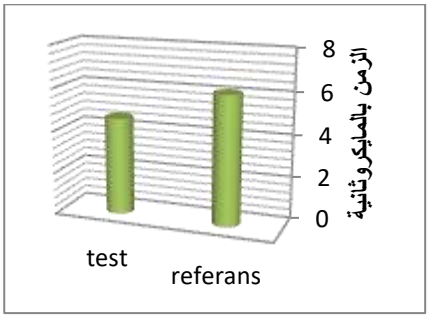
A

١ملم – ٢٠ملم

٢ملم – ٢٠ملم

شكل (٤-٢٧-A) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/٢٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (٥سم) من الشق كانت (٧٨٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –٢٠ملم) كانت حوالي (٨٣٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



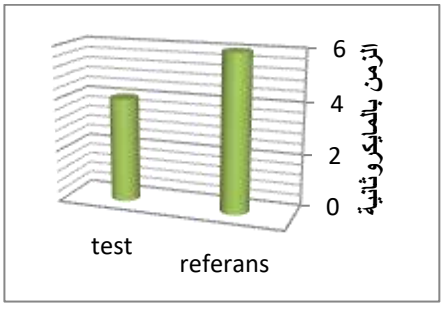


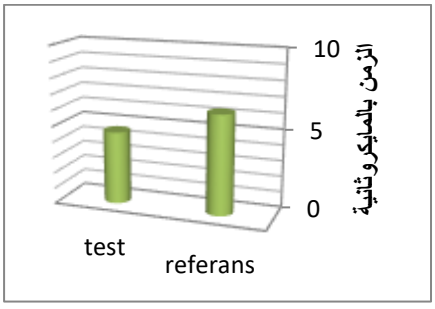
B

١ملم – ٢٠ملم

٢ملم – ٢٠ملم

شكل (٤-٢٨-B) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/٢٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (٥سم) من الشق كانت (٧٢٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –٢٠ملم) كانت حوالي (٢٥٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



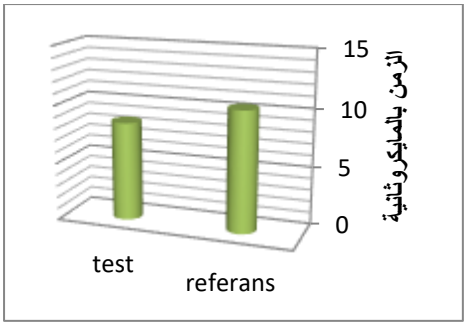


C

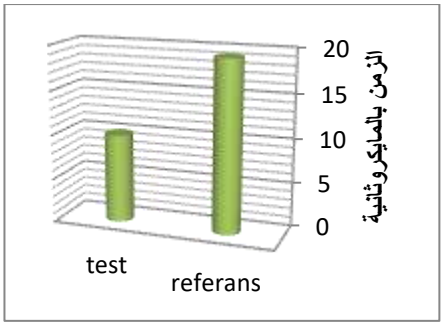
١ملم – ٢٠ملم

٢ملم – ٢٠ملم

شكل (٤-٢٩-C) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/٢٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (٥سم) من الشق كانت (٦٦٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –٢٠ملم) كانت حوالي (٧٣٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



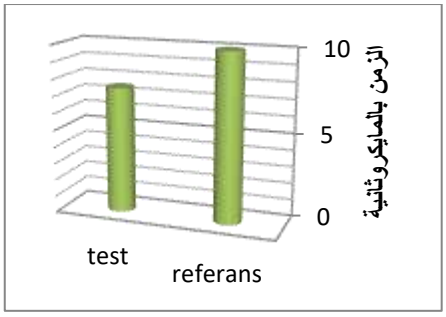
١ملم – ٢٠ملم



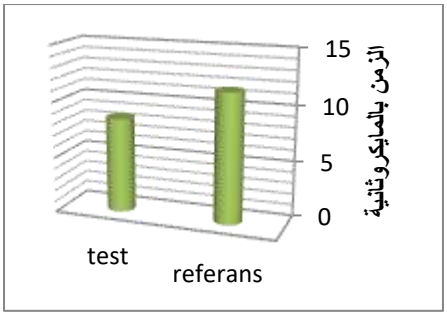
٢ملم – ٢٠ملم

D

شكل (٤-٣٠-D) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/٢٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (١٠سم) من الشق كانت (٨١٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –٢٠ملم) كانت حوالي (٥١٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



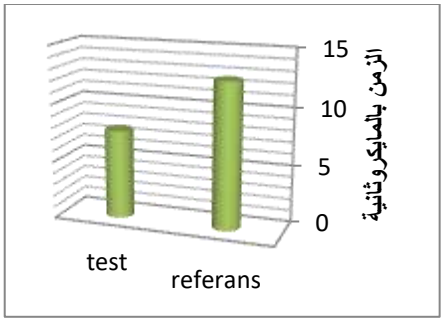
١ملم – ٢٠ملم



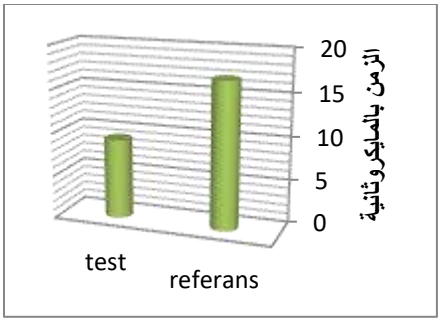
٢ملم – ٢٠ملم

E

شكل (٤-٣١-E) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/٢٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (١٠سم) من الشق كانت (٧٥٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –٢٠ملم) كانت حوالي (٧٣٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



١ملم – ٢٠ملم

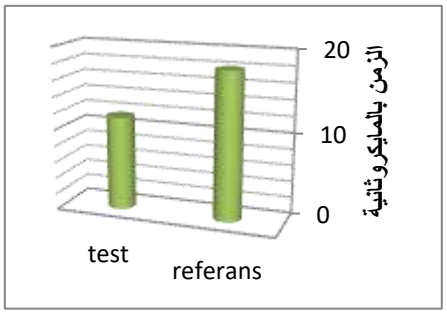


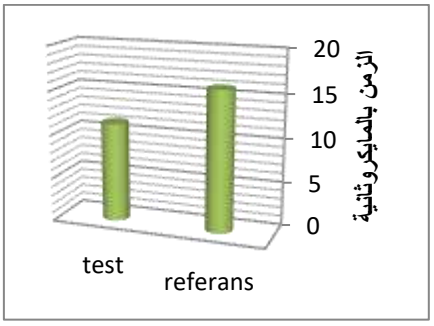
٢ملم – ٢٠ملم

F

شكل (٤-٣٢-F) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/٢٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (١٠سم) من الشق كانت (٦١٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات

الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –٢٠ملم) كانت حوالي (٥٤٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



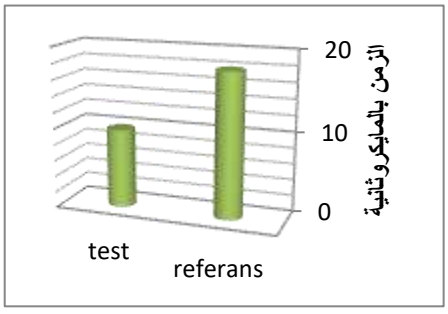


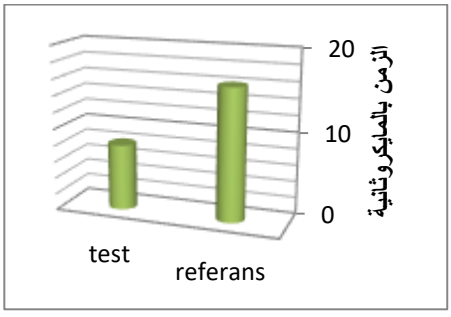
G

٢ملم – ٢٠ملم

١ملم – ٢٠ملم

شكل (٤-٣٣-G)كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة فوق الصوتية لهذه النقطة بصورة مباشرة بالنسبة للشق (٢ملم – ٢٠ملم) بين الفحص والمرجع حوالي ٦٣٪ بينما كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة للشق (١ملم – ٢٠ملم) حوالي٧٠٪ مما يدل على نسبة ترسيب كاربونات الكالسيوم للشقين كانت تقريبا بنفس الكفاءة.



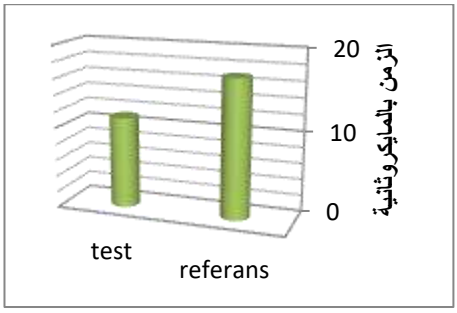


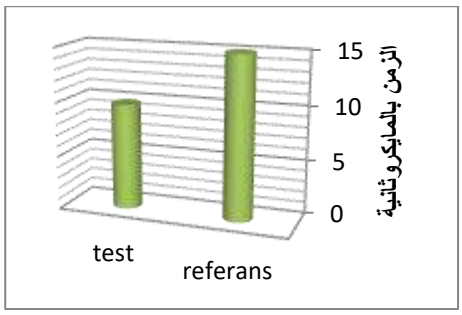
H

٢ملم – ٢٠ملم

١ملم – ٢٠ملم

شكل (٤-٣٤-H)كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة فوق الصوتية لهذه النقطة بصورة مباشرة بالنسبة للشق (٢ملم – ٢٠ملم) بين الفحص والمرجع حوالي ٥٤٪ بينما كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة للشق (١ملم – ٢٠ملم) حوالي٧٠٪ مما يدل على نسبة ترسيب كاربونات الكالسيوم للشقين كانت تقريبا بنفس الكفاءة.



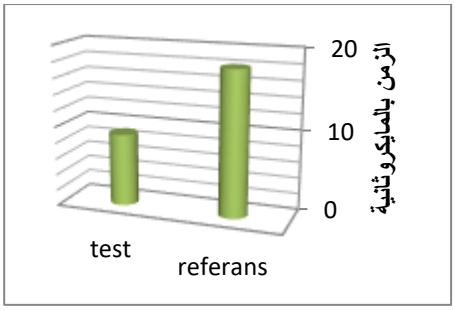


I

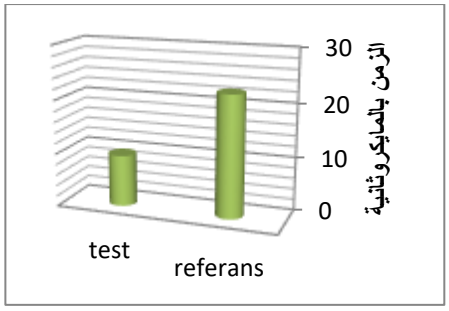
٢ملم – ٢٠ملم

١ملم – ٢٠ملم

شكل (٤-٣٥-I)كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة فوق الصوتية لهذه النقطة بصورة مباشرة بالنسبة للشق (٢ملم – ٢٠ملم) بين الفحص والمرجع حوالي ٦٥٪ بينما كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة للشق (١ملم – ٢٠ملم) حوالي٦٥٪ مما يدل على نسبة ترسيب كاربونات الكالسيوم للشقين كانت تقريبا بنفس الكفاءة.



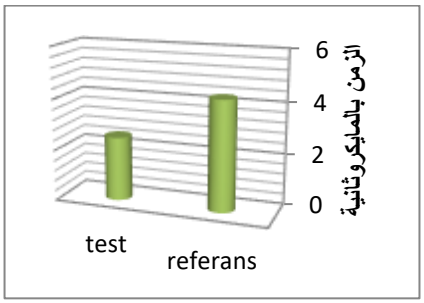
١ملم – ٢٠ملم



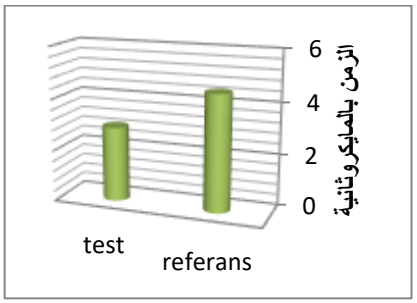
٢ملم – ٢٠ملم

J

شكل (٤-٣٦-J) يوضح الاختلاف بين قراءة المرجع و الفحص للنقطة (J) وهي القراءة المباشرة يعود الى زيادة نواتج اماهة السمنت التي تؤدي الى زيادة كثافة الخرسانة بحيث يقل زمن انتقال الموجة , ويلاحظ بأن القراءات تكون متساوية تقريبا وهي بحدود ٤٠٪ فيما يخص الشق (٢ملم –٢٠ملم) و ٤٥٪ فيما يخص الشق (١ملم –٢٠ملم) والسبب يعود الى ان هذه القراءات لا تتأثر بالشقوق لان القراءة خارج الشق.



١ملم – ٢٠ملم

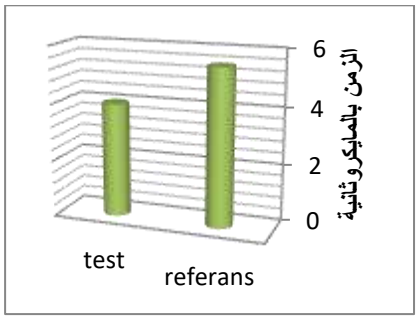


٢ملم – ٢٠ملم

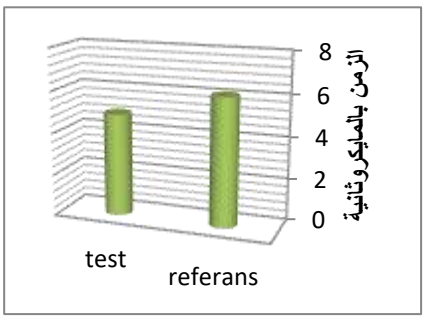
K

شكل (٤-٣٧-K) تمثل النقطة (K) قراءة المرجع لأنها واقعة في مكان لا يحتوي على شق والتي يتم رسم النماذج بالموازنة بها , فقد في حالة (٥سم) لان هذه النقطة اخذت على بعد (٥سم). ومن الملاحظ بان قراءة النقاط (A,B,C) والتي هي قراءة تبعد (٥سم) عن الشق كانت تقريبا (٣ – ٤,٥) مايكروثانية وهي قراءة قريب من قراءة النقطة (K) والتي تساوي تقريبا (٣) مايكروثانية .

***مقارنة النموذج الخرساني ذي شق (٢ملم – ٣٠ملم) مع النموذج الخرساني (١ملم – ٣٠ملم)**



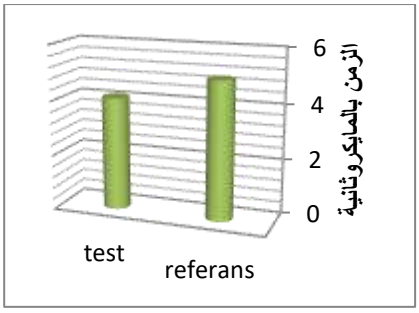
١ملم – ٣٠ملم



٢ملم – ٣٠ملم

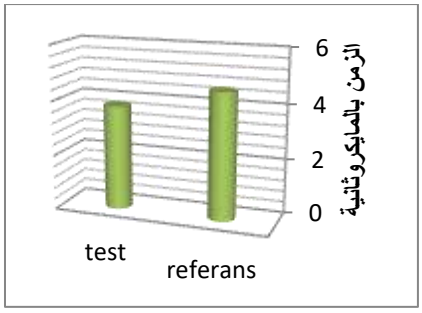
A

شكل (٤-٣٨-A) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/٣٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (٥سم) من الشق كانت (٧٢٪, مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –٣٠ملم) كانت حوالي (٨٣٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



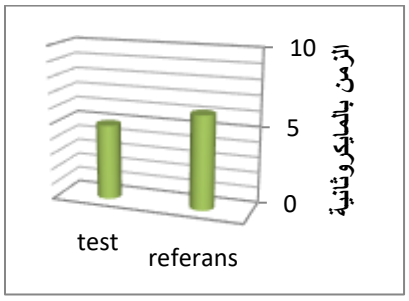
B

٢ ملم – ٣٠ملم



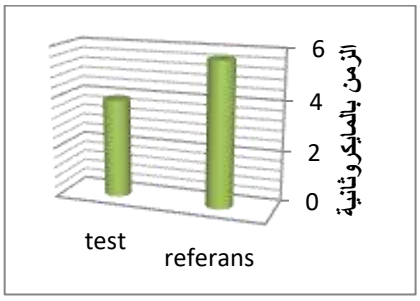
١ملم – ٣٠ملم

شكل (٤-٣٩-B) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/٣٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (٥سم) من الشق كانت (٨٢٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –٣٠ملم) كانت حوالي (٨٢٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



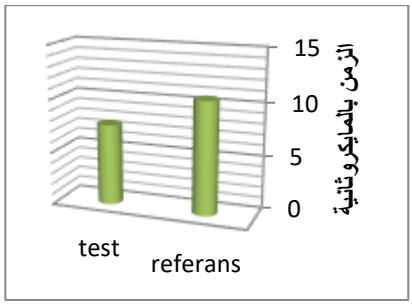
C

٢ملم – ٣٠ملم



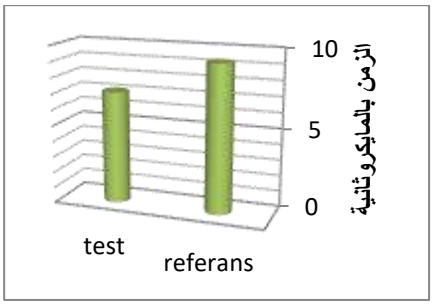
١ملم – ٣٠ملم

شكل (٤-٤٠-C) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/٣٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (٥سم) من الشق كانت (٧٦٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –٣٠ملم) كانت حوالي (٨٠٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



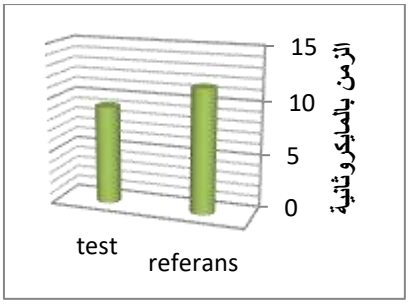
D

٢ملم – ٣٠ملم

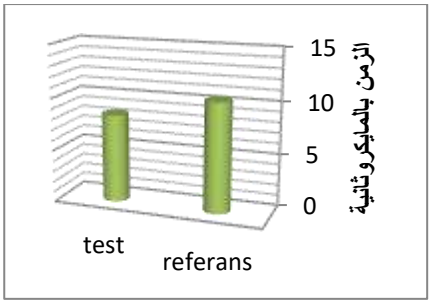


١ملم – ٣٠ملم

شكل (٤-٤١-D) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/٣٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (١٠سم) من الشق كانت (٧٦٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –٣٠ملم) كانت حوالي (٧١٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



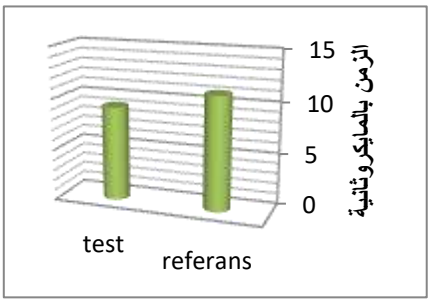
E



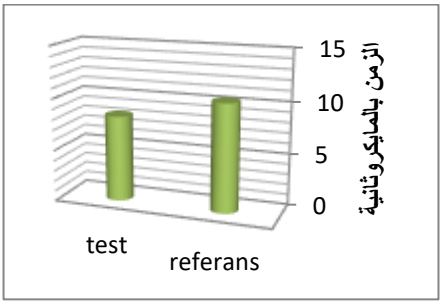
٢ملم – ٣٠ملم

١ملم – ٣٠ملم

شكل (٤-٤٢-E) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/٣٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (١٠سم) من الشق كانت (٨٠٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –٣٠ملم) كانت حوالي (٧٩٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



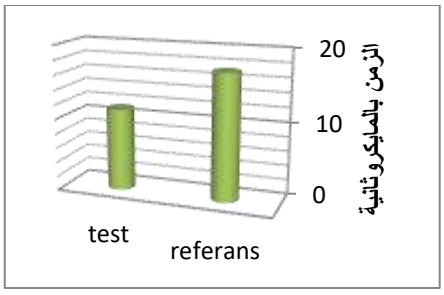
F



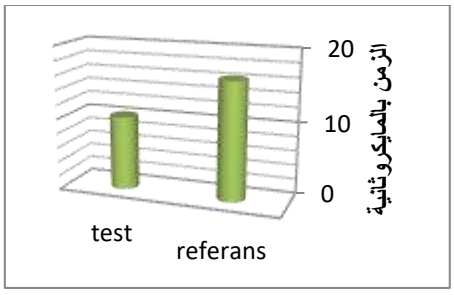
٢ملم – ٣٠ملم

١ملم – ٣٠ملم

شكل (٤-٤٣-F) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/٣٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (١٠سم) من الشق كانت (٧٩٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –٣٠ملم) كانت حوالي (٨٣٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



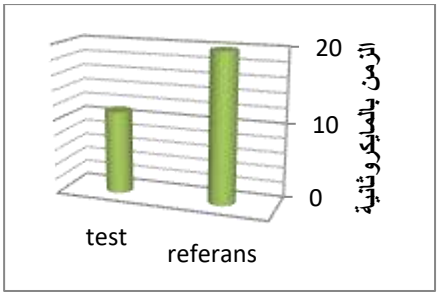
G

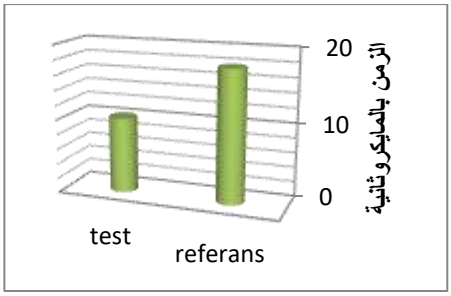


٢ملم – ٣٠ملم

١ملم – ٣٠ملم

شكل (٤-٤٤-G)كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة فوق الصوتية لهذه النقطة بصورة مباشرة بالنسبة للشق (٢ملم – ٣٠ملم) بين الفحص والمرجع حوالي ٦٥٪ بينما كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة للشق (١ملم – ٣٠ملم) حوالي٦٢٪ مما يدل على نسبة ترسيب كاربونات الكالسيوم للشقين كانت تقريبا بنفس الكفاءة.



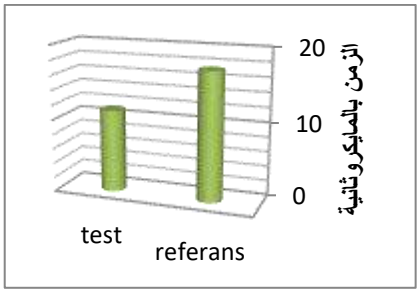


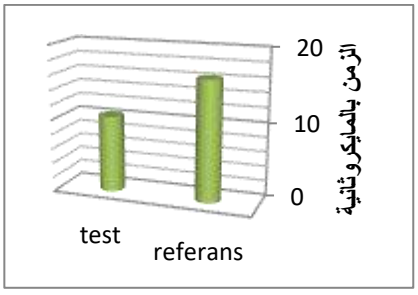
H

٢ملم – ٣٠ملم

١ملم – ٣٠ملم

شكل (٤-٤٥-H)كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة فوق الصوتية لهذه النقطة بصورة مباشرة بالنسبة للشق (٢ملم – ٣٠ملم) بين الفحص والمرجع حوالي ٥٥٪ بينما كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة للشق (١ملم – ٣٠ملم) حوالي٥٧٪ مما يدل على نسبة ترسيب كاربونات الكالسيوم للشقين كانت تقريبا بنفس الكفاءة.



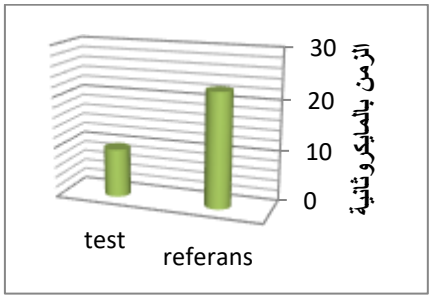


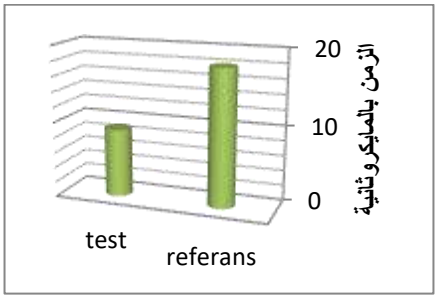
I

٢ملم – ٣٠ملم

١ملم – ٣٠ملم

شكل (٤-٤٦-I)كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة فوق الصوتية لهذه النقطة بصورة مباشرة بالنسبة للشق (٢ملم – ٣٠ملم) بين الفحص والمرجع حوالي ٦٤٪ بينما كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة للشق (١ملم – ٣٠ملم) حوالي٦٣٪ مما يدل على نسبة ترسيب كاربونات الكالسيوم للشقين كانت تقريبا بنفس الكفاءة.



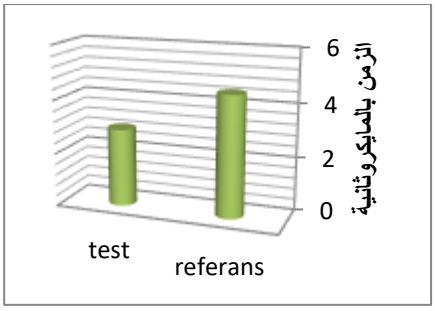


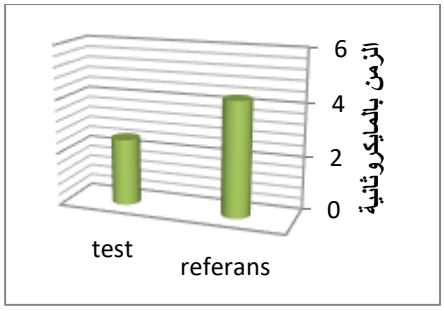
J

٢ملم – ٣٠ملم

١ملم – ٣٠ملم

شكل (٤-٤٧-J) يوضح الاختلاف بين قراءة المرجع و الفحص للنقطة (J) وهي القراءة المباشرة يعود الى زيادة نواتج اماهة السمنت التي تؤدي الى زيادة كثافة الخرسانة بحيث يقل زمن انتقال الموجة , ويلاحظ بأن القراءات تكون متساوية تقريبا وهي بحدود ٤٠٪ فيما يخص الشق (٢ملم –٣٠ملم) و ٤٥٪ فيما يخص الشق (١ملم –٣٠ملم) والسبب يعود الى ان هذه القراءات لا تتأثر بالشقوق لان القراءة خارج الشق.





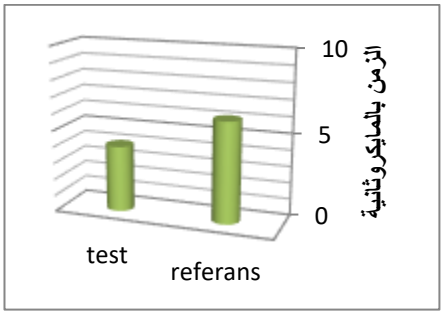
K

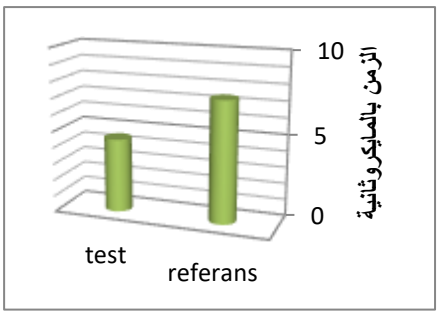
٢ملم – ٣٠ملم

١ملم – ٣٠ملم

شكل (٤-٤٨-K) تمثل النقطة (K) قراءة المرجع لأنها واقعة في مكان لا يحتوي على شق والتي يتم رسم النماذج بالموازنة بها , فقد في حالة (٥سم) لان هذه النقطة اخذت على بعد (٥سم). ومن الملاحظ بان قراءة النقاط (A,B,C) والتي هي قراءة تبعد (٥سم) عن الشق كانت تقريبا (٣ – ٤,٥) مايكروثانية وهي قراءة قريب من قراءة النقطة (K) والتي تساوي تقريبا (٣) مايكروثانية .

***مقارنة النموذج الخرساني ذي الثلاثة شقوق (٢ملم – ١٠ملم) مع النموذج الخرساني ذي الثلاثة شقوق (١ملم – ١٠ملم)**



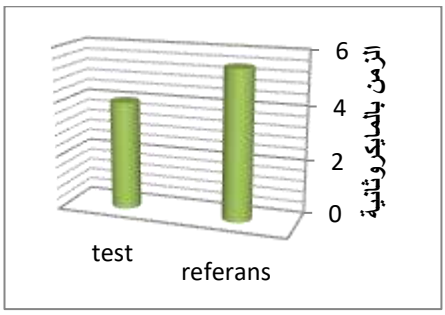


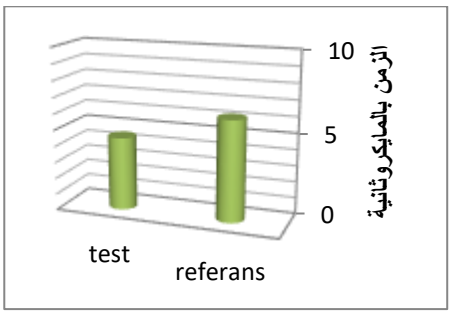
A

١ملم – ١٠ملم

٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٤٩-A) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/١٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (٥سم) من الشق كانت (٦٥٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –١٠ملم) كانت حوالي (٦٠٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



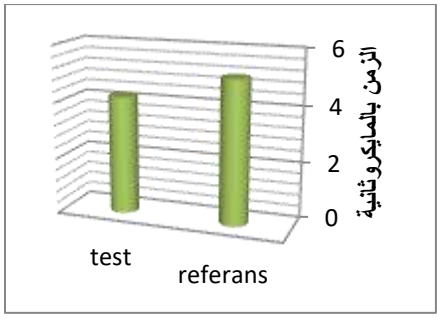


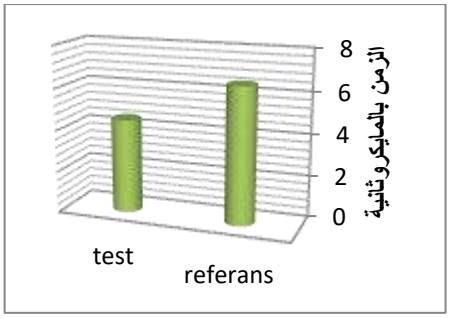
B

١ملم – ١٠ملم

٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٥٠-B) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/١٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (٥سم) من الشق كانت (٧٢٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –١٠ملم) كانت حوالي (٧٢٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



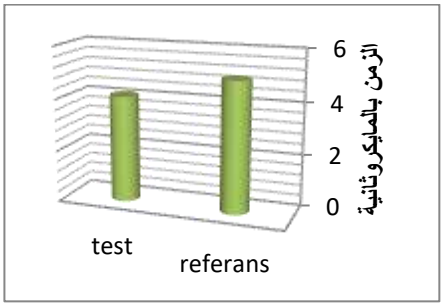


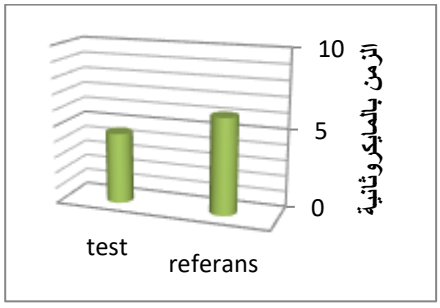
C

١ملم – ١٠ملم

٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٥١-C) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/١٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (٥سم) من الشق كانت (٨٢٪) , مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –١٠ملم) كانت حوالي (٦٩٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



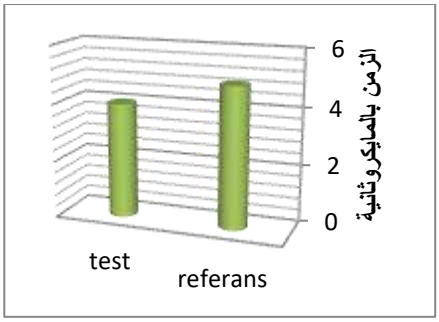


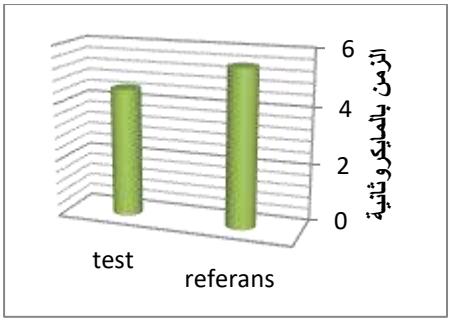
D

١ملم – ١٠ملم

٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٥٢-D) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/١٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (١٠سم) من الشق كانت (٨٢٪), مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –١٠ملم) كانت حوالي (٧٣٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



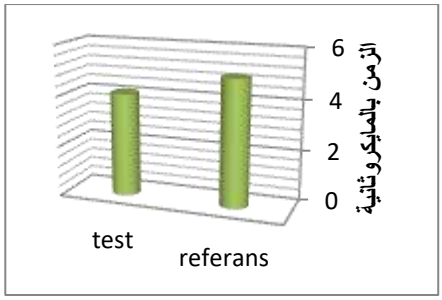


E

١ملم – ١٠ملم

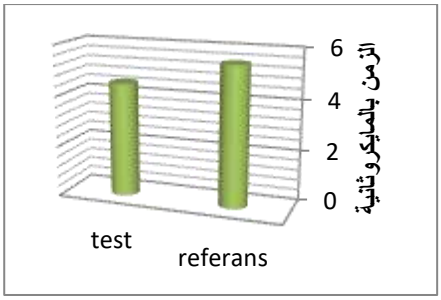
٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٥٣-E) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/١٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (١٠سم) من الشق كانت (٨١٪) مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –١٠ملم) كانت حوالي (٨١٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



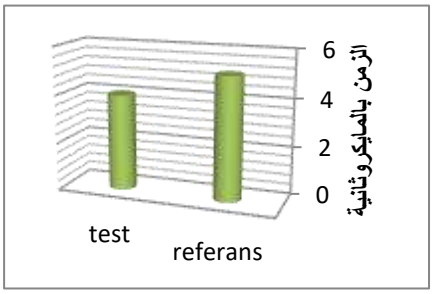
F

١ملم – ١٠ملم



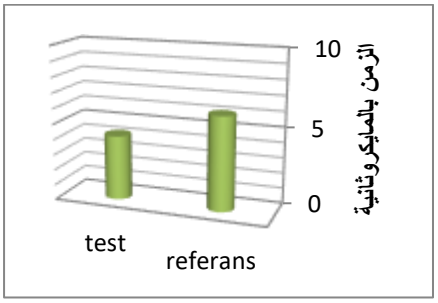
٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٥٤-F) يوضح ان قراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بصورة غير مباشرة في النموذج ذي عرض شق (١ملم/١٠ملم) لهذه النقطة والواقعة على بعد (١٠سم) من الشق كانت (٨٢٪) , مما يعني حدوث انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق . وان جميع القراءات للشق (٢ملم –١٠ملم) كانت حوالي (٨١٪) مما يعني ايضا انتشار ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم على طول الشق.



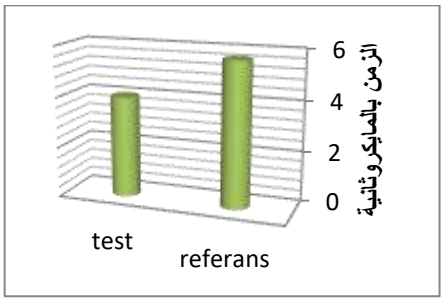
G

١ملم – ١٠ملم



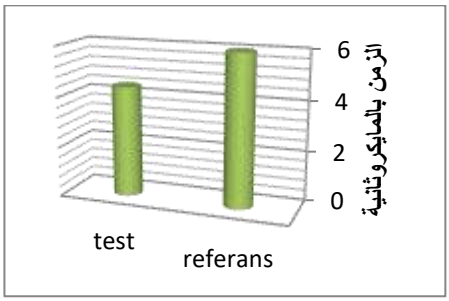
٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٥٥-G)كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة فوق الصوتية لهذه النقطة بصورة غير مباشرة بالنسبة للشق (٢ملم – ١٠ملم) بين الفحص والمرجع حوالي ٦٨٪ , بينما كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة للشق (١ملم – ١٠ملم) حوالي٧٨٪ مما يدل على نسبة ترسيب كاربونات الكالسيوم للشقين كانت تقريبا بنفس الكفاءة.



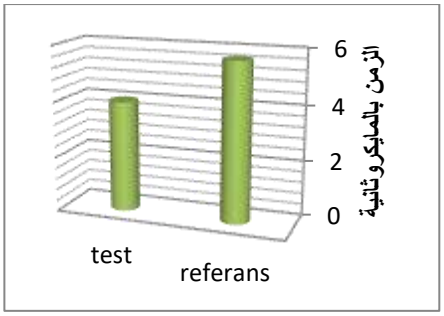
H

١ملم – ١٠ملم



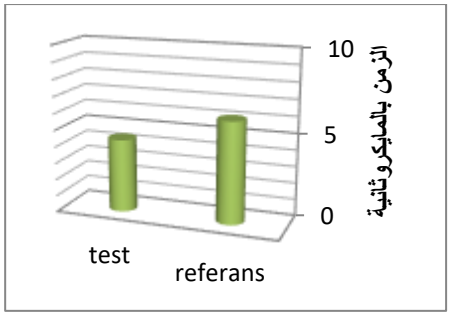
٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٥٦-H)كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة فوق الصوتية لهذه النقطة بصورة غير مباشرة بالنسبة للشق (٢ملم – ١٠ملم) بين الفحص والمرجع حوالي ٧٣٪ , بينما كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة للشق (١ملم – ١٠ملم) حوالي٧٠٪ مما يدل على نسبة ترسيب كاربونات الكالسيوم للشقين كانت تقريبا بنفس الكفاءة.



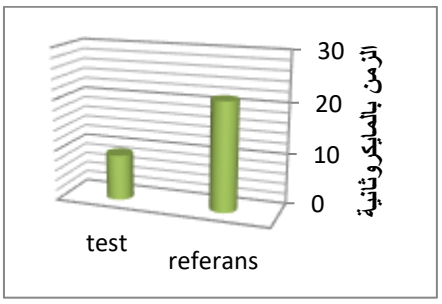
I

١ملم – ١٠ملم



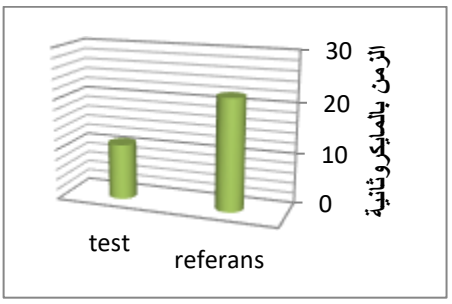
٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٥٧-I)كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة فوق الصوتية لهذه النقطة بصورة غير مباشرة بالنسبة للشق (٢ملم – ١٠ملم) بين الفحص والمرجع حوالي ٧٢٪ , بينما كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة للشق (١ملم – ١٠ملم) حوالي٧٠٪ مما يدل على نسبة ترسيب كاربونات الكالسيوم للشقين كانت تقريبا بنفس الكفاءة.



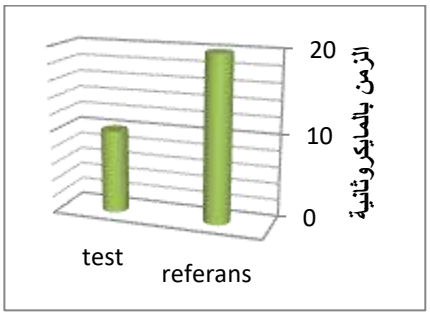
J

١ملم – ١٠ملم



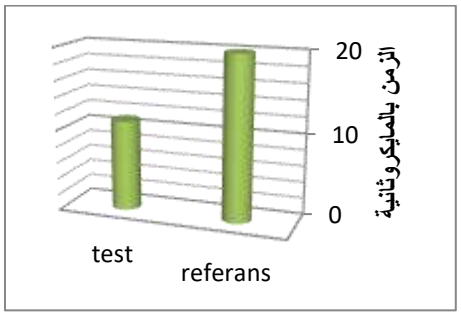
٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٥٨-J)كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة فوق الصوتية لهذه النقطة بصورة مباشرة بالنسبة للشق (٢ملم – ١٠ملم) بين الفحص والمرجع حوالي ٥٠٪ , بينما كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة للشق (١ملم – ١٠ملم) حوالي٤٢٪ مما يدل على نسبة ترسيب كاربونات الكالسيوم للشقين كانت تقريبا بنفس الكفاءة.



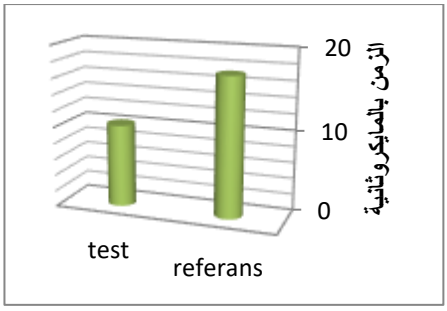
K

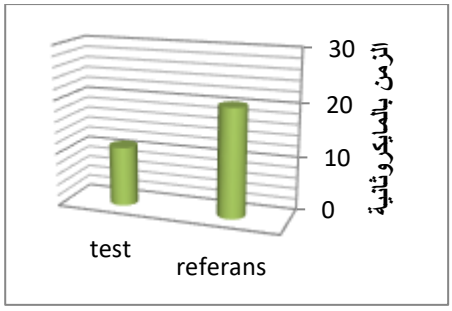
١ملم – ١٠ملم



٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٥٩-K)كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة فوق الصوتية لهذه النقطة بصورة مباشرة بالنسبة للشق (٢ملم – ١٠ملم) بين الفحص والمرجع حوالي ٥٥٪ , بينما كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة للشق (١ملم – ١٠ملم) حوالي٥٠٪ مما يدل على نسبة ترسيب كاربونات الكالسيوم للشقين كانت تقريبا بنفس الكفاءة.



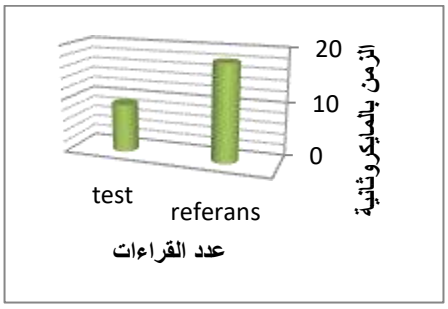


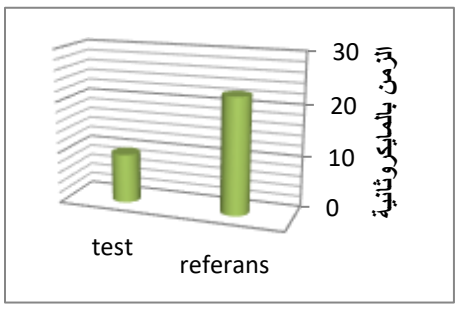
L

١ملم – ١٠ملم

٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٦٠-L)كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة فوق الصوتية لهذه النقطة بصورة مباشرة بالنسبة للشق (٢ملم – ١٠ملم) بين الفحص والمرجع حوالي ٥٤٪ , بينما كانت نسبة انخفاض قراءة سرعة انتقال الموجة للشق (١ملم – ١٠ملم) حوالي٥٩٪ مما يدل على نسبة ترسيب كاربونات الكالسيوم للشقين كانت تقريبا بنفس الكفاءة.





M

١ملم – ١٠ملم

٢ملم – ١٠ملم

شكل (٤-٦١-M)يوضح الاختلاف بين قراءة المرجع و الفحص للنقطة (M) وهي القراءة المباشرة التي تعود الى زيادة نواتج اماهة السمنت التي تؤدي الى زيادة كثافة الخرسانة بحيث يقل زمن انتقال الموجة , ويلاحظ بأن القراءات تكون متساوية تقريبا وهي بحدود ٤٠٪ فيما يخص الشق (٢ملم –١٠ملم) و ٤٥٪ فيما يخص الشق (١ملم –١٠ملم) والسبب يعود الى ان هذه القراءات لا تتأثر بالشقوق لان القراءة خارج الشق.

4-7- نتائج اختبار الفحص بالمجهر الإلكتروني الماسح (SEM)

اظهرت نتائج الاختبار للمجهر الالكتروني الماسح (SEM) توافر بلورات في العينة المأخوذة من مادة العلاج المتصلبة داخل الشقوق الخرسانية, وهذه البلورات هي بلورات كاربونات الكالسيوم CaCO3 (كما موضح بالصور رقم ٤-٦٢) , وعدت هذه نتيجة ايجابية.



(B) (A)



(D) (C)

شكل ٤-٦٢ (A,B,C,D) : صور المجهر الالكتروني الماسح موضحاً وجود بلورات كاربونات الكالسيوم حيث تبدو كاربونات الكالسيوم بشكلها الابري في الشكل (C).

4-8- ألمناقشة Discussion

إن استخدام البكتريا في معالجة التشققات في الخرسانة تعد الدراسة الاولى في العراق... اما في الوطن العربي فقد ذكرت الباحثة (AL-Thawadi, 2011) في دراستها من استخدام البكتريا في زيادة القوة الالية للرمل , وذكرت ان البكتريا تكون لها القدرة على تكوين كاربونات الكالسيوم التي تساعد في تدعيم الخرسانة , اما عالميا فقد اتفقت دراستنا مع نتائج الدراسات السابقة من حيث استخدام البكتريا المكونة لكاربونات الكالسيوم وطريقة عزلها من التربة وانمائها في اوساط قاعدية , ومن بين هؤلاء

الباحثين (Day *et al.,* 2003) (Bang *et al.,* 2001) (Adolphe *et al.,* 1990) (Jianyun *et al.,* 2012) (Kim *et al,* 2010) (Ramakrishnan *et al.,* 2005).

اتفقت دراستنا الحالية مع نتائج الدراسات السابقة في استخدام بكتريا *Bacillus subtilis* من حيث قدرتها على تحمل القاعدية العالية وتكوينها للسبورات عند انماءها في وسط ذو قاعدية عالية , بالإضافة الى تكوينها لإنزيم اليوريز urease enzyme الذي يعمل على تحليل اليوريا الى امونيا وثاني اوكسيد الكاربون (Sunil, 2010).

استخدم عدد من الباحثين أنواع اخرى من جنس بكتريا *Bacillus* غير نوع البكتريا المستخدمة في دراستنا , مثل (*Bacillus pasteurii , Bacillus lentus , Bacillus halodurans , Bacillus sphaericus , Bacillus cohnii , Bacillus pseudofirmus*) هذه الانواع تمتاز ايضا بتكوين السبورات وتحملها للقاعدية العالية باستثناء ان انزيم اليوريز لهذه الانواع يكون ذا نشاط عال (Jonkers & Erik, 2011) (Kim *et al,* 2010) (Patil *et al.,* 2008) (Dick *et al.,* 2006), بعكس البكتريا المستخدمة في دراستنا يكون نشاط انزيم اليوريز لها واطئ حيث أعطت الاختبارات الكيموحيوية نتيجة (d) لاختبار تحليل انزيم اليوريز لمادة اليوريا.

تتفق الدراسة الحالية مع نتائج دراسات سابقة التي اشارت الى استخدام كلوريد الكالسيوم بوصفه مصدراً للكالسيوم من اجل ترسيب كاربونات الكالسيوم , (Ferris *et al.,* 1992) , (Bang *et al.,* 2001) , (Hammes *et al.,* 2002).

بينما نتائج الدراسات السابقة اشارت الى استخدام نترات الكالسيوم واستيت الكالسيوم كمصدر للكالسيوم بدلا من استخدام كلوريد الكالسيوم , باعتبار ان كلوريد الكالسيوم يعمل على الحاق الضرر في الفولاذ الموجود في هيكل الخرسانة المسلحة وذلك لاحتوائه على الكلورايد الذي يسبب تآكل الفولاذ (kim *et al.,* 2010). ان سبب استخدام كلوريد الكالسيوم في دراستنا الحالية يعود الى ان نماذج الخرسانة التي تم العمل بها في هذه الدراسة لا تحتوي على الفولاذ (steel).

اوضحت نتائج دراستنا الى ان استخدام هذه النسبة العالية من كلوريد الكالسيوم في الوسط الزرعي يؤدي الى قتل البكتريا النامية في هذا الوسط , وان نسبة كلوريد الكالسيوم الملائمة لنمو البكتريا بحث دراستنا من اجل ترسيب كاربونات الكالسيوم هي ١غم لكل ١٠٠٠مل من الماء. بينما أشار (Gayle, 2011) في دراسته الى استخدام نسبة عالية من كلوريد الكالسيوم تصل الى ٥١غم لكل ١٠٠٠مل من الماء في وسط ترسيب كاربونات الكالسيوم, و كانت تلك الظروف غير ملائمة للبكتريا المستخدمة في دراستنا الحالية.

اوضحت نتائج الدراسة الحالية ان عملية المعالجة الحيوية كانت نتائجها افضل عند استخدام مادة العلاج المكونة من مادة التثبيت Silica gel والممزوجة مع وسط الترسيب (SM-7) الحاوي على البكتريا وكلوريد الكالسيوم واليوريا اذ نتج عنها ختم كامل للشق مع صلابة عالية , بالإضافة الى ترسيب كاربونات الكالسيوم. (كما مبين في الاشكال من (٤-١٦) الى الشكل (٤-٦١) من اختبار قياس النبضات الموجية الفائقة لمادة العلاج المكونة من Silica Sol + بكتريا) , بالمقارنة مع المواد العلاجية الاخرى و المكونة من (مسحوق Silica + NaCl + معلق بكتيري) ومادة العلاج الثانية المكونة من

(HCl + Silica + معلق بكتيري) اذ نتج عن كلا المادتين ختم غير كامل للشق , وعدم ملاحظة أي تصلب للمادة العلاجية داخل الشق.

وتتفق نتائج الدراسة الحالية مع نتائج الدراسات السابقة التي اشارت الى استخدام مادة السيليكا جل (silica gel) في تثبيت البكتريا وحمايتها من الاس الهيدروجيني العالي القاعدية في نماذج الخرسانة , وايضا استخدامها بوصفها مادة مالئة للشقوق الخرسانية بسبب ان ترسيب كاربونات الكالسيوم لا يتم بشكل كاف عند استخدام البكتريا وحدها في عملية معالجة الشقوق الخرسانية وخصوصا عند معالجة الخرسانة ذات الشقوق الكبيرة , حيث عند استخدام السيليكا الممزوجة مع البكتريا ينتج معالجة للشقوق بمتانة عالية (Bottcher *et al.,* 2004), (Jonkers *et al.,* 2010) , (Kim *et al.,* 2010) .

اشارت نتائج الدراسات السابقة الى استخدام مادة (Poly urethane) (PU) كمادة مالئة ومثبتة للبكتريا عند معالجة الشقوق بدلا عن السيليكا , بسبب ان مادة (PU) تمتاز بقوتها الميكانيكية وثبوتها الكيمياوي الحيوي , وتعمل على حماية البكتريا من الاس الهيدروجيني القاعدي للخرسانة , بالإضافة الى انها تدعم نمو البكتريا بشكل اكثر كفاءة من المواد المالئة الاخرى , وان البكتريا المثبتة باستخدام (PU) تعمل على ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم داخل الشقوق الخرسانية , وان هذه المادة تعطي نتائج ايجابية اكثر في معالجة الشقوق اكثر من المواد الاخرى مثل (Silica , lime , fly ash). (Bang *et al.,* 2001) , (Ramakrishnan *et al.,* 2005) , (Patil *et al.,* 2008).

استخدم المجهر الالكتروني الماسح (Scanning Electron Microscope) (SEM) في هذه الدراسة للكشف عن البكتريا داخل الشقوق الخرسانية وترسيبها لكاربونات الكالسيوم ووجد من خلال الفحص المجهري ان العينات التي تم اخذها من مادة العلاج المتصلبة داخل الشقوق كانت حاوية على كاربونات الكالسيوم وهذا يتفق مع دراسة العديد من الباحثين. و كما موضح في الاشكال (٤-٦٢) الموجودة في نهاية هذا الفصل. (Patil *et al.,* 2008), (Jonkers *et al.,* 2010) , Jianyun *et al.,* 2012)).

استخدم جهاز النبضات الموجية الفائقة (Ultra Sonic measurement) في هذه الدراسة وذلك من اجل تحديد تأثير التقنيات المستخدمة لإصلاح الشقوق على انتشار الموجات الصوتية خلال نماذج الخرسانة , من خلال اخذ القياسات قبل وبعد عملية المعالجة , اظهرت النتائج الى ان الزمن الذي تستغرقه الموجة لتنتقل عبر الشق غير المعالج يكون اطول من الزمن الذي تستغرقه الموجة لتنتقل عبر الشق المعالج (Kim *et al.,* 2010). ايضا من خلال اختبار الموجات فوق الصوتية بينت نتائج الدراسة الحالية ان استخدام مادة علاج الشقوق والمكونة من (Silica Sol + معلق بكتيري) تعطي نتائج افضل من ناحية ملأ الشق بالكامل .وكما هو موضح في الاشكال من (٤-١٦) الى الشكل (٤-٦١) من نتائج اختبار النبضات الموجية الفائقة.

اوضحت نتائج الدراسة الحالية ان النموذج الخرساني ذا الشق بعرض (١ملم) تكون طريقة المعالجة له افضل من النموذج الخرساني ذا الشق (٢ملم) , اذ ان عرض الشق (٢ملم) يحتاج الى فترة اطول لغرض ملأ الشق بمادة العلاج وترسيب كاربونات الكالسيوم بعكس الشق بعرض (١ملم) وبنفس فترة الفحص.

بينت نتائج الدراسة الحالية ان النموذج الخرساني ذا الشق بعمق (٣٠ملم) يحتاج الى وقت اكبر لترسيب كاربونات الكالسيوم بالمقارنة مع النماذج الخرسانية ذات الشق بعمق (١٠ملم و ٢٠ملم).

اوضحت نتائج الدراسة الحالية ومن خلال اختبار الموجات فوق الصوتية ان القراءة زمن انتقال الموجة فوق الصوتية بالنسبة للشق بعرض (١ملم) تكون افضل من الشق بعرض (٢ملم) ويعزى ذلك الى عامل الوقت , لان عرض الشق (٢ملم) يحتاج الى وقت اطول للوصول الى ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل مساوٍ الى ترسيب عرض الشق (١ملم).

اوضحت نتائج الدراسة الحالية ومن خلال اختبار الموجات فوق الصوتية ان نقاط اخذ القراءات الواقعة بنفس المستوى مثل (A,B,C) اعطت نتائج متقاربة , وهذا يدل على ان ترسيب كاربونات الكالسيوم كان بشكل منتظم ومتساوٍ للنقاط الثلاث جميعاً. وان النقاط (D,E,F) ايضا اعطت نتائج متقاربة وهذا يدل على ان ترسيب كاربونات الكالسيوم كان بشكل منتظم ومتساوٍ للنقاط الثلاث جميعاً.

بينت نتائج الدراسة الحالية ومن خلال اختبار الموجات فوق الصوتية ان النقاط الواقعة على مسافة تبعد (٥سم) من الشق تعطي قراءة اقل لزمن انتقال الموجة عبر الشق مقارنة الى النقاط الواقعة على مسافة تبعد (١٠سم) من الشق , وهذا الى ان الموجة المنتقلة من مسافة تبعد (١٠سم) تستغرق وقت اطول من الموجة المنتقلة من مسافة تبعد (٥سم) عن الشق.

بينت نتائج الدراسة الحالية ومن خلال اختبار الموجات فوق الصوتية ان القراءات المباشرة لانتقال الموجات فوق الصوتية ان ترسيب مادة كاربونات الكالسيوم كان بشكل منتظم بالنسبة للنقاط (G,H,I) , بينما عند ملاحظة قراءة النقطة (J) وهي ايضا قراءة مباشرة واقعة في منطقة لا تحتوي على شق , فان زمن انتقال الموجة يكون اقل من القراءات (G,H,I) ويعزى ذلك الى ان عملية ترسيب كاربونات الكالسيوم وتكثيفها يحتاج الى وقت , لان زمن انتقال الموجة يتأثر بكثافة مادة كاربونات الكالسيوم , فكلما كان الترسيب كبير كانت عملية انتقال الموجة اسرع.

5- الاستنتاجات والتوصيات

5-1 الاستنتاجات Conclusions

من خلال الدراسة الحالية يمكن وضع الاستنتاجات الاتية :

١- تبين كفاءة بكتريا *Bacillus subtilis* المعزولة من التربة الزراعية والجافة في عملية ترسيب بلورات كاربونات الكالسيوم .

٢- لوحظ من خلال التجارب انه كلما كان عمق الشق اكبر فان عملية ترسيب كاربونات الكالسيوم تحتاج الى وقت اكبر موازنة بالشقوق ذات العمق الاقل.

٣- بينت النتائج ان النماذج الخرسانية ذات الشق بعرض (١ملم) تكون طريقة المعالجة لها افضل من النماذج الخرسانية ذات عرض شق(٢ملم) والتي تحتاج الى فترة اطول لإتمام عملية الملأ الكامل للشق بمادة العلاج وترسيب كاربونات الكالسيوم , وان قراءة الزمن الذي تستغرقه الموجة بالنسبة للشق بعرض (١ملم) تكون افضل من الشق بعرض (٢ملم) ويرجع سبب هذا الى ان الشق بعرض (٢ملم) يحتاج الى وقت اطول للوصول الى ترسيب كاربونات الكالسيوم.

٤- لوحظ ان نقاط اخذ القراءات الواقعة بالمستوى نفسه مثل (A,B,C) تعطي نتائج متقاربة وهذا يدل على ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم لجميع النقاط الثلاث , وهذا ينطبق على النقاط الثلاث الاخرى (D,E,F) والتي بالمقابل اعطت قراءات متقاربة وهذا يدل على ترسيب كاربونات الكالسيوم بشكل منتظم ايضا.

٥- وجد ان نقاط اخذ القراءات الواقعة على بعد (٥سم) من الشق تعطي قراءة اقل لزمن انتقال الموجة عبر الشق المعالج مقارنة الى النقاط الواقعة على بعد (١٠سم) من الشق , وهذا يعود الى ان الموجة تستغرق وقت اطول من الموجة المنتقلة من مسافة تبعد (٥سم) عن الشق.

٦- بينت نتائج الدراسة ان استخدام مادة العلاج المكونة من (Silica + المعلق البكتيري) اعطت نتائج ايجابية افضل من الطريقة المكونة من (مسحوق Silica + NaCl + معلق بكتيري) ومادة العلاج الثانية المكونة من (Silica + HCl + معلق بكتيري) لمعالجة الشقوق الخرسانية وترسيب كاربونات الكالسيوم.

2-5 التوصيات Recommendations

١- دراسة استخدام طريقة النانو تكنولوجي في دراسة معالجة الشقوق الخرسانية باستخدام البكتريا لترسيب كاربونات الكالسيوم داخل الشقوق الخرسانية.

٢- دراسة استخدام الطرائق الجينية في دراسة بكتريا *Bacillus subtilis* لمعرفة قدرتها على ترسيب كاربونات الكالسيوم.

٣- دراسة استخدام بكتريا *Bacillus subtilis* على النطاق التجاري لمعالجة الشقوق الخرسانية.

٤- دراسة تأثير تركيز البكتريا على طريقة معالجة التشققات الخرسانية.

Summary

The present study was conducted in Diyala province for the period from December 2011 to March 2013 in the laboratory of Graduate Studies and Research in the college of Education of Pure Sciences / University of Diyala, and laboratory of civil Engeneering / University of Diyala, and the aim of the study was to using of bacteria to self-healing of cracks in concrete, and this study was the first of its kind in Iraq ..

This study used bacteria *Bacillus subtilis* isolated from agricultural soils and dry soil, and has the cultivation and development in the selective medium SR-20, underwent tests, biochemical and diagnose bacteria and according to the (Bergys Manual & Medical Bacteria), where conducted laboratory tests preliminary to know the ability of these bacteria to address cracks concrete in terms of their ability to withstand factors existing in the form of concrete, including the pH baseband through development in the selective medium SR-20 with a pH baseband (pH = 10), and tolerance of salinity when planted

in the precipitation medium SM-7 containing chloride Calcium, also was testing Preparation Material treat cracks for the deposition of calcium carbonate crystals.

The results showed the ability of bacteria to withstand selective base in the medium of SR-20, as results showed its ability to carry calcium chloride concentration (0.25g) per(250ml) of water and inability to afford calcium chloride concentration(2g) per (1000ml).

The results also showed that the best way to prepare material treat cracks concrete to precipitate calcium carbonate are using the method consisting of silica + bacteria, where results showed test ultrasound acoustic difference in the time it takes the wave to pass through cracks untreatment, and the time it takes the wave to pass through the cracks treatment in the experience of substance treatment consisting of silica + bacteria, where results showed that Article therapy were completely rigid in the last test.

The test results also showed scanning electron microscopic examination (SEM) create calcium carbonate to treat cracks material consisting of silica + bacteria.

المصادر

* **الحديثي ,** هديل توفيق, (١٩٨٨). " اساسيات علم الاحياء المجهرية " , جامعة البصرة – كلية العلوم. مطبعة جامعة البصرة.

Adolph, J.M.; Loubiere, J.F.; Paradas, J.; and Soleihavoup, F., (1990). Proced de traitment bioloque dune surface artificidle. European Patent 90400G 97.0, (after French patent 8903517, 1989).

Ali, B. (2011). Fundamentals of concrete structure. Lecture . www.populntitor.com/ali-bozer

AL- Thawadi, S.M., (2011). Ureolytic Bacteria and Calcium Carbonate Formation As a Mechanism of Strength Enhancement of Sand. Advanced Science & Engineering Research, 1:(98-114).

Bachmeier, K.L.; Williams, A.E.; Warmington, J.R.; and Bang, S.S., (2002). Urease activity in microbiologically induced calcite precipitation, Journal Biotechnology **93**(2): (171-181).

Bang, S.S.; Galinat, J.K.; and Ramakrishnan, V., (2001). Calcite precipitation induced by polyurethane – immobilized *Bacillus Pasteurii*. Enzyme & Microbial Technology, **28** (4): (404 – 409).

Belie, N.D.; and Muynck W.D., (2009). Crack repair in concrete using biodeposition. International conference on concrete repair, rehabilitation and . retrofitting, (24-26), cape town, south Africa.

Boquet, E.; Boronat, A.; and Ramos, C.A., (1973).Production of calcite (calcium carbonate) crystals by soil bacteria is a general phenomenon. Nature, 246(527 – 529).

Bottcher, H.; Soltmann, U.; Mertig, M.; and Pompe W., (2004). Biocers: ceramics with incorporated microorganisms for bio catalytic. Biosorptive & Functional materials development, Materials Chemistry **14** (2176-2188).

Brownell, B. (2011). Self – healing concrete. Architec , The AIA Magazine (90 - 91).

Bureau, (2007). Concrete basic for building. Cement & Concrete Institute, Midrand, South Africa.

Castanier, S.; Le Metayer – Levrel, G.; and Perthuisot, J.P., (1999). Carbonates precipitation and limeston genesis – The Microbiologist Point of View sediment geol. 126(9 – 23).

Castanier, S.; Le Metayer – Levrel, G.; and Perthuisot, J. P., (2000). Bacterial roles in the precipitation of carbonate minerals. In: Riding RE, Awramik SM, editors. Microbial Sediments. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.

Cawon and Steel, (1993). Edited and rev. by Barrow, G.I., and Feltham, R.K.A., Manual for the Identification of Medical Bacteria. 3rd edition. Dock House,

The water front, Cape Town 8001, South Africa.

Dale, H. P.E.; and Jim J.,(2007).Integrated materials and construction practices for concrete pabement. Astate-of-the-practice manual (8-72).

Day, J.L.; Bang S.S.; Ramakrrishnan V.,(2003). Microbiologically induced sealant for concrete crack remediation.16th Engineering mechanics conference, (16-18), Seattle, Washington.

Douglas, S.; and Beveridye,T.J., (1998). Mineral formation by bacteria in natural communities. FEMS Microbial Ecol,26(79-88).

Ehrlic, H.L.,(1998). Geomicrobiology : Its significance for geology. Earth-Science Review,45 (45-60).

Ferris, F.G.; Stehmeier, L.G.; Kantzas, A.; and Mourits, F.M., (1996). Bacteriogenic Mineral Plugging. Journal. *Can. Pet. Technol.,* 35(8): pp.(56-61).

Francois, R.; Arliguie, G.; Castel A.,(1998). Influence of service cracking on service life of reinforced concrete. Proceedings of the second international conference on concrete under severe conditions, E&FN spon, tromso, Norway. (1),pp.(143)

Gayle, M.G.; Alberg B. I.C.,(2011). Bio concrete-Asustainable substitute for concrete.Environmental Assessment of bioconcrete, Polytechnic University of Catalonia (UPC). Master in Sustainable Development, Barcelona. chapter3.

Hamilton, W. A.,(2003). Microbe influence corrosion as a model system for the study of metal microbe interactions: Aunifying Electron Transfer Hypothses,Bio fouling, 19(1) :pp.(65-76).

Hammes,F.; Boon,N.; De Villiers,J.; Verstraete,W.; Siciliano, S.D.,(2003).Strain-sbecific ureolytic microbialn calcium carbonate precipitation. Applied and environment microbiology,69(8):pp.(4901-4909).

Hammes, F.; Verstraete, W., (2002). Key roles of pH and calcium metabolism in microbial carbonate precipitation.Environmental Science & Biotechnology **1** (1):pp.(3-7).

Holt, J. G.; Liston, J.; Murray, R.G.E.; Niven, C.F.; Ravin, A.W.; Cowan, S.; Tandstanier, R.Y., (1974). Bergys Manual of Determinative Bacteriology. Eight edition, (531- 533).

http://www.popsci.com/science/articale/(2011). Modified bacterial glue can shore cracking concrete.

Jianyun, W.; Kim, V.T.; Nele, D.B.; Willy, V.,(2012). Use of silica gel or polyurethane immobilized bacteria for self – healing concrete. Construction & Building Materials, 26: pp.(532-540).

Jonkers, H.M., (2011). Bacteria – basedself healing concrete. HERON 56(1),pp,(1-12).

Jonkers, H.M. & Erik, S., (2007). Crack repair by concrete – immobilized bacteria. International Conference on self healing Materials, Noordwijk aan zee, The Netherlands.

Jonkers, H.M. & Erik, S., (2009). A two component bacteria-based self-healing concrete. International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting, (215-219).

Jonkers, H.M.; Thijssen,G.; Copuroglu,O.; and Schlangen, E., (2010). Application of bacteria as self – healing agent for the development of sustainable concrete. Ecological Engineering. 36:pp.(230-235).

Joseph, C.; Jefferson,A.D.; and Cantoni, M.B., (2007). Issues relating to autonomic healing of cementitious materials. International Conference on self healing materials, Delft University of Technology, Noordwijk Aan Zee.

Kim, V.; Beli,N.D.; Muynk, W.D., (2010). Use of bacteria to repair crack in concrete. Cement &Concrete Research. (40):pp(157-166).

knorre, H.; Krumbein,W., (2000). Bacterial claciffication. Microbial Sediments, Berlin, Germany.(25-31).

Lowenstam, H.A.; and Weiner,S., (1989). On biomineralization. Laboratoir Durabilite des materiaux et construction, UPS, Toulouse, France. New York, NY.

Maheswaran, S.; kumar, V.R.; Bhuvaneshwari, B.; Palani, G.S.; Ravisankar, K.; Nagesh, R., (2010) Techniques for Preparation and Characterization of

Biomimetic based Construction Materials. Quick Hire Fellow,-Scientist,-Director. CSIR - Structural Engineering Research Centre, CSIR Campus Taramani, Chennai 600113, INDIA.

Mann, S.; Webb,J.; and Williams,R.J.P., (1989). Bio mineralization chemical and bio chemical perspective. (pp. 385). New York: VCH publishers.

Muynck, W.D.; Debrouwer, D.; Belie, N.D.; Verstraete, W., (2008). Bacterial Carbonate Precipitation Improves The Durability of Cementitious Materials. Cement & Concrete Research, 38:(1005-1014).

Patel, P.R.; Patel, S.K., (2011). MICROBIAL CONCRETE: THE PIONEERING WORK ON REPAIRING CONCRETE. Pharamaceutical Sciences & Research, 2(4): pp.(825-828).

Patil, H.S.; Raijiwala, D.B.; Prashant,H.; and Vijay, B., (2008). Bacterial concrete – A self healing concrete, Engineering Research, 12:pp.(1719-1725).

Pikett, G., (1956). Effect of aggregate on shrinkage of concrete. ACI Journal, 52(5):(581-590).

Powers, T.C., (1975). Freezing effects in concrete. Durability of Concrete, SP – 47, American Concrete Institute, Farmington Hillis, (1-11).

Ramachandran, S.K; Ramakrishnan, V.; Bang, S.S., (2001). Remdiation of concrete using micoorganisms. ACI Mater Journal. 98:pp.(3-9).

Ramakrishnan, V.; Panchalan, R.K.; Bang, S.S., (2005). Improvement of concrete durability by bacterial mineral precipitation. International Conference on Fracture, (20-25), Turin, Italy.

Rafat, S.; Navneet, K.C., (2011). Effect of ureolytic bacteria on concrete properties. Construction & Building Materials. 25:pp.(3791-3801).

Reddy, S.S.P., (2010). A study on performance of the bacterial concrete embedded with *Bacillus subtilis* . A Thesis Submitted in the partial fulfillment of the requirements for the award of the degree of **doctor of philosophy** in FACULTY OF CIVIL ENGINEERING. Research & Development Cell. JAWAHARLAL NEHRU TECHNOLOGICAL UNIVERSITY. KUKATPALLY, HYDERABAD-500 085. INDIA.

Reddy, S.V.; Satya, A.K.; Rao, S.MV.; Azmotunnissa, M., (2012). A biological approach to enhance strength and durability in concrete structures. Engineering & Technology. 4(392- 399).

Robert, J.; Frosch and Jeffrey West S., (2007). Causes, Evalution, and Repair of cracks in concrete structures. American Concrete Institute. Reported by ACI Committee 224. Chapter 1.

Stocks, F.S.; Galinat, J.K.; Bang, S.S., (1999). Microbiology precipitation on calcium carbonate. Soil Biology & Biochemistry. 31(1563-1571).

US Army engineer center and school, (1992). Concrete engineering. Subcourse Number EN5466, Edition A, United States Army Engineer School.

Worrell, E.; Price, L.; Martine, N.; Hendrisks, C.; and Media, O.L., (2001). Carbon dioxide emissions from the global cement. Industry Energy & The Environment. 26(303-329).

Zwaag, S.V.D.; and Schmets, A.J., (2007). Self – healing materials. An Alternative Approach to 20 Centuries of Materials Science. SERIES IN MATERIALS SCIENCE 100. Springer-Dordrecht, The Netherland.