زيادة عمر الهياكل البحرية الخرسانية في دولة الكويت

رسالة مقدمة من الطالب

سعود شمروخ ضويحى فراج السبيعي

بكالوريوس هندسة (ميكانيكا) – كلية الهندسة والتكنولوجيا

الأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري – ٢٠٠٠

ماجستير في العلوم البيئية – معهد الدراسات والبحوث البيئية – جامعة عين شمس – ٢٠١٢

لاستكمال متطلبات الحصول علي درجة الدكتوراه الفلسفة

في العلوم البيئية

قسم العلوم الهندسية

معهد الدراسات والبحوث البيئية

جامعة عين شمس

٢٠١٨

صفحة الموافقة على الرسالة

زيادة عمر السيالكل البحرية الخرسانية في دولة الكويت

رسالة مقدمة من الطالب

سعود شمروخ ضويحى فراج السبيعي

بكالوريوس الهندسة الميكانيكية – الأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري– ٢٠٠٠ – ماجستير في العلوم – IRES – جامعة عين شمس – ٢٠١٢

لاستكمال متطلبات الحصول علي درجة الدكتوراه في الفلسفة في الهندسة

وقد تمت مناقشة الرسالة والموافقة عليها:

اللجنـة	**التوقيع**
١- أ. د./ سـونيـا الـصيـرفـي **أستاذ الهندسة الساحلية** **جامعة عين شمس – القاهرة**	
٢- أ. د./ عبد الـعظيم مـحمـد عـلي **رئيس هيئة النقل البحري** **وزارة النقل والمواصلات**	
٣- أ. د./ رنـدة عبد الـكـريـم **أستاذ كيمياء المواد والتآكل** **جامعة القاهرة**	

٢٠١٨

زيادة عمر الهياكل البحرية الخرسانية في دولة الكويت

رسالة مقدمة من الطالب

سعود شمروخ ضويحى فراج السبيعي

بكالوريوس هندسة (ميكانيكا) – كلية الهندسة والتكنولوجيا

الأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري – ٢٠٠٠

ماجستير في العلوم البيئية – معهد الدراسات والبحوث البيئية – جامعة عين شمس – ٢٠١٢

لاستكمال متطلبات الحصول علي درجة الدكتوراه الفلسفة

في العلوم البيئية

قسم العلوم الهندسية البيئية

تحت إشراف :

١- أ. د./ سونيا الصيرفي

أستاذ الهندسة الساحلية

جامعة عين شمس

٢- د./ خالد مخلف العنزي

أستاذ الكيمياء بقسم تكنولوجيا الهندسة الكيميائية – كلية الدراسات التكنولوجية

الهيئة العامة للتعليم التطبيقي – دولة الكويت

ختم الإجازة :

أجيزت الرسالة بتاريخ / /٢٠١٨

موافقة مجلس المعهد / /٢٠١٨ موافقة مجلس الجامعة / /٢٠١٨

٢٠١٨

معهد البحوث والدراسات البيئية (IRES)

جامعة عين شمس

صفحة التعريف بمقدم الرسالة

الاســـــــــــــــم : المـهندس/ سعود شمروخ ضويحى فراج السبيعي

تـــــاريخ المـــــيلاد : **٢٥ / ١١ / ١٩٦٩م**

محـــــل المـــــيلاد : **الكويت**

الدرجـــة الجامعيـــة الأولى : **بكالوريوس بدرجة امتياز**

التخصـــــــــــص : **الهندسة الميكانيكية**

الجهـة المانحـة للدرجـة الجامعيـــة الأولـــى : **الأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا**

تـــــاريخ المـــــنح : **٢٠١٨**

الوظيفـــــــــــة : **باحث مساعد بالكويت**

أَعُوذُ بِاللهِ مِنَ الشَّيْطَانِ الرَّجِيمِ

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

﴿قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا

إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ﴾

صَدَقَ اللهُ الْعَظِيمُ

سُورَةُ الْبَقَرَةِ ٣٢

شـــكـــر وإهـــــداء

- الـحـمد لله الذي بـنعمـتـه تـتـم الـصـالـحـات.
- والشُـكـر الـوفـيـر لله سـبحانـه وتـعـالـى على إتمام هذه الرسالة.
- **وأهدى التقدير والإعزاز لـ** أ.د./ سونيا الصيرفي **أستاذ الهندسة الساحلية– جامعة عين شمس،** القاهرة، لإرشاداتها المهنية والتقنية والفنية البناءة والمناقشات القيمة والاقتراحات لهذه الرسالة والتي بدونها لا يمكن إنجاز هذه الدراسة.

- **والشُكر يمتد إلى** أ.د./ خـالـد العنزي **أستاذ الكيمياء في كلية الدراسات التكنولوجية – التابعة للهيئة العامة للتعليم التطبيقي بدولة الكويت** لمساعدته أثناء المناقشات القيمة والاقتراحات لهذه الرسالة والتي بدونها لا يمكن إنجاز هذه الدراسة.

- **والشُكر يمتد** إلى أساتذة قسم الهندسة لعلوم الهندسة والبيئة **في معهد الدراسات والبحوث البيئية** بجامعه عين شمس على المساندة المستمرة والدعم.

- **والشُكر يمتد إلى** أفـــراد عـائـلـتـي على المساندة والدعم. وأخيراً، أتقدم بالعرفان إلى جميع من دعموا الدراسة وكذا الهيئات والمنظمات بدولة الـكويـت.

الباحـــث

المستخلص

نظرا لأهمية المنشآت الخرسانية في البيئة البحرية بالكويت ، فتهدف الدراسة الى زيادة عمرها عند تعرضها للكلوريد. فتم تحديد منهجيتها وتشمل **الدراسة النظرية والدراسة المعملية الأولية** و**الدراسة التحليلية** و **الدراسة الميدانية** و**الدراسة الاستنتاجية**.

ففي "**الدراسة النظرية**" تمت مراجعة الدراسات السابقة في مجال الخرسانة المعرضة للكلوريد وسلوكها. وعلى أساسها تم تحديد المشاكل التي لم يتم حلها من قبل الدراسات السابقة.

أما في " **الدراسة المعملية الأولية**"، تم قياس تركيز الكلوريد في منطقتين أحداهما في منطقة محيطة بالخليج والأخرى بداخله حيث وجد أن هذين التركيزين هما ٥٠٠٠ و ٤٥٠٠٠ جزء في المليون، على التوالي. كما تم اقترح ثلاثة معالجات للخلطة الخرسانية لتعزيز سلوكها وذلك بإضافة مواد صديقة للبيئة واقتصادية تتواءم مع حجم الاستثمارات الصغيرة وهى **برادة الحديد** و**مادة السيكا** و**رقائق الألياف الزجاجية**. وتم تصميم برنامج معملي؛ وأعد ٣٢ عمود مقسم الى ٤ مجموعات (٨ أعمدة بدون أضافات لتكون بمثابة قيم مرجعية و٨ ذو خلطة بها برادة الحيد و٨ بها مادة السيكا أو٨ بها رقائق الألياف الزجاجية. وكل مجموعة مكونة من مجموعتين فرعيتين وتشمل ٤ أعمدة. فتم غمر المجموعة الفرعية الأولى في الكلوريد أي في مياه مالحة بنسبة تركيز ٥,٠٠٠ppm لتماثل الهياكل البحرية **المحيطة بالخليج**. وتم غمر المجموعة الفرعية الثانية في مياه مالحة بنسبة تركيز ٤٥,٠٠٠ ppm لتماثل الهياكل البحرية داخل مياه الخليج. وتم انتشال الأعمدة بعد مضى ١ و٨ و١٦ و٢٤ شهر وتم استخراج قلب خرساني من كل منهم واختبارهم بعد هذه الفترات. **وهذا عكس الدراسات السابقة التي تحققت من سلوك الخرسانة لمدة لا تزيد عن عام**. وأخذت القياسات لتحديد خصائص الخرسانة الفيزيقية (إجهاد الضغط) والكيمائية (نسبة أيونات الكلوريد) بعد مضى تلك الأزمنة. والغرض من هذه الدراسة هو تحديد التأثير المنفرد للكلوريد بصرف النظر عن العوامل البيئية الأخرى مجتمعة (الرياح والحرارة والرطوبة والأمواج والتيارات البحرية).

أما في " **الدراسة التحليلية**"، فقد تم تحليل القياسات وعمل رسوم بيانية بين المتغيرات وإجراء **تحليل إحصائي** لاستنباط معادلات لمقدار تغير تلك الخصائص مع الزمن.

وبالنسبة للـ "**دراسة الميدانية**" فقد أجريت للمنطقتين الذى تم قياس تركيز الأملاح عندهما (أحداهما في **منطقة محيطة بالخليج العربي** والأخرى **داخل الخليج**). وتم تجهيز، لكل منطقة، ١٦عمود مقسمة الى ٤ مجموعات فالمجموعة الأولى ذو خلطة تقليدية بدون أي أضافات لتكون بمثابة قيم مرجعية للعينات الأخرى والمجموعة الثانية مضاف اليها برادة الحديد والمجموعة الثالثة مضاف اليها مادة السيكا والمجموعة الرابعة مضاف اليها رقائق الألياف الزجاجية وكل مجموعة بها ٤ أعمدة. وتركها في **الهواء الطلق** في **المنطقة المحيطة بالخليج العربي** لتتعرض لظروفها البيئية. كما تم ترك ١٦ عمود **داخل الخليج العربي** ذو نسبة تركيز ٤٥,٠٠٠ ppm لتتعرض لظروفها البيئية. وتم انتشالهم بعد مضى ١ و٨ و١٦ و٢٤ شهر واستخراج قلب خرساني منهم. والغرض من هذه الدراسة هو تحديد تأثير العوامل البيئية الأخرى مجتمعة (الرياح والحرارة والرطوبة والأمواج والتيارات البحرية). وتم التوصل الى الإضافة المناسبة لكلا المنطقتين لتمثلا دولة الكويت بصفة عامة وتم التوصل الى مقدار الزيادة في عمر الهياكل الخرسانية البحرية كما تم تعيين مقدار الزيادة لكلا المنطقتين.

وأخيرا، في "**الدراسة الاستنتاجية**"، تم استخلاص نتائج كما توصلت الدراسة الى توصيات لممارسة الهندسية والبحث العلمي وتوصيات على مستوى المجتمع الكويتي ومستوى متخذي القرارات في دولة الكويت.

فالابتكارية في هذه الدراسة هي التوصل لخصائص الهياكل الخرسانية البحرية المعرضة للكلوريد مثل الخصائص الفيزيقية (إجهاد الضغط) والخصائص الكيمائية (نسبة أيونات الكلوريد). فالهياكل البحرية في المنطقة المحيطة بالخليج أوضحت تغيرا طفيفا في مقدار تناقص إجهاد الضغط وتزايد نسب أيونات الكلوريد على مدار ٢٤ شهر. وأما الهياكل داخل الخليج فأوضحت تغيرا كبيرا في مقدار تلك القيم على مدار نفس الفترات المشار اليها سابقا. كما أوضحت الدراسة أن مقدار التغير للأعمدة ذو رقائق الألياف الزجاجية متوافق مع البيئة في دولة الكويت. حيث تمت الاختبارات على مدار **عامين** تحت تأثير الظروف **البيئية الكويتية**. فتتميز تلك النتائج عن مثيلاتها بالنسبة **للمدة الاختبارية** وكذا **الظروف البيئية** (الرطوبة والأمواج والتيارات البحرية).حيث أن الدراسات السابقة قامت بدراسة تلك الخصائص في **أزمنة أقل** وبالظروف **البيئية المصرية**.

الملخص

هدفت الدراسة الى زيادة عمرها عند تعرضها للكلوريد. فتم تحديد منهجيتها وتشمل **الدراسة النظرية والدراسة المعملية الأولية** و**الدراسة التحليلية** و**الدراسة الميدانية** و**الدراسة الاستنتاجية**.

ففي "**الدراسة النظرية**" تمت مراجعة الدراسات السابقة في مجال الخرسانة المعرضة للكلوريد وسلوكها. وعلى أساسها تم تحديد المشاكل التي لم يتم حلها من قبل الدراسات السابقة.

أما في " **الدراسة المعملية الأولية**"، تم قياس تركيز الكلوريد في منطقتين أحداهما في منطقة محيطة بالخليج والأخرى بداخله حيث وجد أن هذين التركيزين هما ٥٠٠٠ و ٤٥٠٠٠ جزء في المليون، على التوالي. كما تم اقترح ثلاثة معالجات للخلطة الخرسانية لتعزيز سلوكها وذلك بإضافة مواد صديقة للبيئة واقتصادية تتواءم مع حجم الاستثمارات الصغيرة وهى **برادة الحديد** و**مادة السيكا** و**رقائق الألياف الزجاجية**. وتم تصميم برنامج معملي؛ وأعد ٣٢ عمود مقسم الى ٤ مجموعات (٨ أعمدة بدون أضافات لتكون بمثابة قيم مرجعية و٨ ذو خلطة بها برادة الحيد و٨ بها مادة السيكا أو٨ بها رقائق الألياف الزجاجية. وكل مجموعة مكونة من مجموعتين فرعيتين وتشمل ٤ أعمدة. فتم غمر المجموعة الفرعية الأولى في الكلوريد أي في مياه مالحة بنسبة تركيز ppm٥,٠٠٠ لتماثل الهياكل البحرية **المحيطة بالخليج**. وتم غمر المجموعة الفرعية الثانية في مياه مالحة بنسبة تركيز ٤٥,٠٠٠ ppm لتماثل الهياكل البحرية داخل مياه الخليج. وتم انتشال الأعمدة بعد مضى ١ و٨ و١٦ و٢٤ شهر وتم استخراج قلب خرساني من كل منهم واختبارهم بعد هذه الفترات. **وهذا عكس الدراسات السابقة التي تحققت من سلوك الخرسانة لمدة لا تزيد عن عام**. وأخذت القياسات لتحديد خصائص الخرسانة الفيزيقية (إجهاد الضغط) والكيمائية (نسبة أيونات الكلوريد) بعد مضى تلك الأزمنة. والغرض من هذه الدراسة هو تحديد التأثير المنفرد للكلوريد بصرف النظر عن العوامل البيئية الأخرى مجتمعة (الرياح والحرارة والرطوبة والأمواج والتيارات البحرية).

أما في " **الدراسة التحليلية**"، فقد تم تحليل القياسات وعمل رسوم بيانية بين المتغيرات وإجراء **تحليل إحصائي** لاستنباط معادلات لمقدار تغير تلك الخصائص مع الزمن.

وبالنسبة للـ "**دراسة الميدانية**" فقد أجريت للمنطقتين الذى تم قياس تركيز الأملاح عندهما (أحداهما في **منطقة محيطة بالخليج العربي** والأخرى **داخل الخليج**). وتم تجهيز، لكل منطقة، ١٦عمود مقسمة الى ٤ مجموعات فالمجموعة الأولى ذو خلطة تقليدية بدون أي أضافات لتكون بمثابة قيم مرجعية للعينات الأخرى والمجموعة الثانية مضاف اليها برادة الحديد والمجموعة الثالثة مضاف اليها مادة السيكا والمجموعة الرابعة مضاف اليها رقائق الألياف الزجاجية وكل مجموعة بها ٤ أعمدة. وتركها في **الهواء الطلق** في **المنطقة المحيطة بالخليج العربي** لتتعرض لظروفها البيئية. كما تم ترك ١٦ عمود **داخل الخليج العربي** ذو نسبة تركيز ٤٥,٠٠٠ ppm لتتعرض لظروفها البيئية. وتم انتشالهم بعد مضى ١ و٨ و١٦ و٢٤ شهر واستخراج قلب خرساني منهم. والغرض من هذه الدراسة هو تحديد تأثير العوامل البيئية الأخرى مجتمعة (الرياح والحرارة والرطوبة والأمواج والتيارات البحرية). وتم التوصل الى الإضافة المناسبة لكلا المنطقتين لتمثلا دولة الكويت بصفة عامة وتم التوصل الى مقدار الزيادة في عمر الهياكل الخرسانية البحرية كما تم تعيين مقدار الزيادة لكلا المنطقتين.

وأخيرًا، في "**الدراسة الاستنتاجية**"، تم استخلاص نتائج كما توصلت الدراسة الى توصيات لممارسة الهندسية والبحث العلمي وتوصيات على مستوى المجتمع الكويتي ومستوى متخذي القرارات في دولة الكويت.

فالابتكارية في هذه الدراسة هي التوصل لخصائص الهياكل الخرسانية البحرية المعرضة للكلوريد مثل الخصائص الفيزيقية (إجهاد الضغط) والخصائص الكيمائية (نسبة أيونات الكلوريد). فالهياكل البحرية في المنطقة المحيطة بالخليج أوضحت تغيرا طفيفا في مقدار تناقص إجهاد الضغط وتزايد نسب أيونات الكلوريد على مدار ٢٤ شهر. وأما الهياكل داخل الخليج فأوضحت تغيرا كبيرا في مقدار تلك القيم على مدار نفس الفترات المشار اليها سابقا. كما أوضحت الدراسة أن مقدار التغير للأعمدة ذو رقائق الألياف الزجاجية متوافق مع البيئة في دولة الكويت. حيث تمت الاختبارات على مدار **عامين** تحت تأثير الظروف **البيئية الكويتية**. فتتميز تلك النتائج عن مثيلاتها بالنسبة **للمدة الاختبارية** وكذا **الظروف البيئية** (الرطوبة والأمواج والتيارات البحرية).حيث أن الدراسات السابقة قامت بدراسة تلك الخصائص في **أزمنة أقل** وبالظروف **البيئية المصرية**.

وقد استخلصت الدراسة النتائج والتوصيات التالية:

١- النتائج

بناء على المراحل الدراسية تم استنتاج الآتي:

- **أسباب تزايد التآكل في المنشآت الخرسانية هي الآتي:**

✓ عدم كفاية الدراسة أثناء التصميم وعدم إتباع المواصفات القياسية لتصميم وعدم اختيار النظام الانشائي المناسب لنقل الاحمال واهمال الظروف البيئية مثل وجود الأملاح .

✓ اهمال في التنفيذ وتصميم الخلطات وعدم استخدام المعدات المناسبة أثناء الخلط و الصب وقلة كفاءة الشدة الخشبية أو فكها قبل أن تصل مقاومة الخرسانة إلى المستوى المناسب.

✓ إهمال معالجة فواصل الصب

✓ اهمال الغطاء الخرساني المناسب .

✓ اهمال مكونات الخرسانة كاستعمال حصويات غير متدرجة أو تحتوي على أملاح أو مواد عضوية

✓ استعمال اسمنت منتهي الصلاحية

✓ استعمال مياه من براميل بها زيوت ومواد عضوية.

✓ إهمال في عزل الماء و الرطوبة لاحتوائها على نسبة عالية من الاملاح أو الكلوريد الضارة التي تتسرب إلى داخل الخرسانة فتصل الى الحديد فتآكل بدرجة كبيره.

✓ إهمال المؤثرات التي تؤثر سلبا على المنشأ عند التصميم.

✓ الصب في درجات حرارة عالية مما يؤدي إلى تشقق الخرسانة و تكوين الفجوات الهوائية.

- وبناء على النتائج المعملية، تم استنتاج الآتي للتركيزين المختبرين اللذان يعبران عن الهياكل البحرية الخرسانية المحيطة بالخليج العربي وبداخله:

- ✓ الخصائص الفيزيقية والكيميائية للخرسانة تدهورت بعد مرور عامين من غمرها في مياه مالحة تبعا لتركيز الملوحة بها، وخاصة بالنسبة **للأعمدة الغير معالجة** حيث أظهرت تدهورا ملحوظا. أما الأعمدة **المعالجة (ببرادة الحديد)** والأعمدة **المعالجة (بمادة السيكا)** فأظهرت تدهورا أقل نسبيا من نظيرتها الغير معالجة. أما الأعمدة **المعالجة (برقائق الألياف الزجاجية)** فقد أثبتت تحملها لتلك الظروف.
- ✓ **رقائق الألياف الزجاجية** تزيد من عمر الخرسانة بنسبة ٢٤ مثلا عن مثيلتها للخرسانة التقليدية، وذلك في المرحلة الزمنية المختبرة وهى عامين .
- ✓ **رقائق الألياف الزجاجية** هي الإضافة المتوافقة مع البيئة الكويتية في المنشآت المحيطة بالخليج وبداخله.

- وبناء على التحاليل الإحصائية **Regression Analysis** للتركيزين المختبرين اللذان يعبران عن الهياكل البحرية الخرسانية المحيطة بالخليج العربي وبداخله:
  - ✓ تم استنباط معادلات تربط ما بين الخصائص الفيزيقية والزمن، والكيمائية والزمن.
  - ✓ المعادلات تتواءم بشكل جيد مع القياسات، أي أن R^2 اقتربت من واحد صحيح.
- وبناء على الدراسة الميدانية للمنطقتين اللذان يعبران عن الهياكل البحرية الخرسانية المحيطة بالخليج العربي وبداخله فقد أتضح:
  - ✓ تختلف نتائج الدراسة المعملية مع نتائج الدراسة الميدانية اختلافًا طفيفًا، وذلك يشير الى أن الكلوريد هو العامل المؤثر الأكبر بالنسبة للعوامل البيئية الأخرى مجتمعة (الرياح والحرارة والرطوبة والأمواج والتيارات البحرية)
  - ✓ يمكن تطبيق نتائج الدراسة في دول أخرى في المناطق المحيطة بالخليج العربي.
  - ✓ يمكن تطبيق نتائج الدراسة في دول أخرى في مناطق داخل الخليج.

٢- التوصيات

وبناء على النتائج السابقة أوصت الدراسة بعدة إرشادات للممارسة الهندسية والأبحاث المستقبلية وتوصيات على المستوى الاجتماعي ومتخذي القرارات بدولة **الكويت:**

فبالنسبة للممارسة الهندسية، فقد أوصت الدراسة بالآتي:

- للمحافظة على الخصائص الفيزيقية والكيمائية للمنشآت الخرسانية المعرضة للكلوريد يجب اضافة **رقائق الألياف الزجاجية** للخرسانة المستخدمة في الهياكل البحرية المحيطة بالخليج العربي وأيضا بداخله.
- استخدام المعادلات المستنبطة للتنبؤ بالخصائص الفيزيقية والكيمائية وذلك لأنها تتواءم بشكل جيد مع القياسات، حيث أن R^2 اقتربت من الواحد الصحيح.

أما بالنسبة للدراسات المستقبلية، فقد أوصت الدراسة بالآتي:

- إجراء دراسات مماثلة لمعالجات جديدة مبتكرة وذلك لتحسين الخصائص الفيزيقية والكيمائية للخرسانة المستخدمة في المنشآت الخرسانية المعرضة للكبريتات واختبارها على مدة زمنية أطول من ٢٤ شهر وذلك لتحديد الخصائص للخرسانة بعد مدة الغمر لمدة أطول.
- إجراء دراسات مماثلة بدمج الإضافات السابقة مثل السيكا ورقائق الألياف الزجاجية معا.

فبالنسبة لأفراد المجتمع، فقد أوصت الدراسة بالآتي:

- بزيادة الوعى الفردي والمجتمعي أثناء أنشاء الخرسانات البحرية بحيث لا يجوز إهمال الدراسات أثناء التصميم أو الإهمال في التنفيذ وتصميم الخلطات أو الإهمال في معالجة فواصل الصب أو اهمال الغطاء الخرساني.
- إتباع المواصفات القياسية العالمية أو الخاصة بدولة الكويت.

فبالنسبة للمسؤولين على مستوى الدولة، فقد أوصت الدراسة بالآتي:

- أن تسن القوانين بمنع استعمال حصويات غير متدرجة أو تحتوي على أملاح أو مواد عضوية.
- عمل مواصفات بالنسبة لاستعمال الأسمنت من حيث صلاحيته.
- بناء مصانع الخرسانة بمياه الشرب حتى لا تستخدم مياه من البراميل التي بها زيوت ومواد عضوية .
- عمل مواصفات للعزل من الماء والرطوبة.

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة
شكر وإهداء	أ
المستخلص	ب
الملخص	د
المقدمة	١
١- تأثيرات الكلوريد على الخرسانة	٢
٢- تكون صدأ الحديد وحدوث التآكل	٦
٣- تآكل الخرسانة	٧
٤- التركيب الكيميائي للأسمنت المستخدم بالخرسانة	٨
٥- الحد من آثار الكلوريد	٩
٦- أهداف الدراسة	١٠
٧- منهجية الدراسة	١٢
٨- الشكل الهيكلي للرسالة	١٣
الباب الأول: مراجعة الدراسات السابقة	
مقدمة	١٥
١-١ سلوك الخرسانة المغمورة فى الكلوريد	١٧
١-١-١ أسباب الصدأ والشروخ	١٧
١-١-٢ تعزيز الخرسانة (الحماية الكاثودية)	٢٠
١-٢ السلوك الهيكلي للخرسانة المنغمسة في الكلوريد	٢١
١-٣ الطرق الحديثة لمعالجة الخرسانة	٢٧
١ - ٤ تلف المنشآت في الخليج بسبب التآكل فى الخرسانة	٣١

الموضوع	الصفحة
١-٤-١ الحل الأمثل لحماية هذه المنشآت الخرسانية	**٣١**
١-٤-٢ اتباع الطرق المتخصصة في البناء	**٣١**
١-٤-٣ السبب الرئيسي في تدهور الخرسانة	**٣١**
١-٤-٤ تحسين متانة الخرسانة	**٣٢**
١-٤-٥ تحسين قضبان التسليح	**٣٣**
١-٤-٦ غطاء الخرسانة لحديد التسليح	**٣٣**
١-٤-٧ خلطة الخرسانة	**٣٤**
١-٤-٨ حماية الأسطح	**٣٥**
١-٥ دراسات وتحليلات لمعرفة أسباب تآكل المنشآت فى الخليج	**٣٥**
١-٦ الدراسات الحديثة لتحسين الخرسانة في الخليج	**٣٦**
١-٧ الخلاصة	**٣٦**
الباب الثاني: الدراسة المعملية الأولية	
مقدمة	**٣٨**
٢-١ كيفية دراسة مدى تأثير الإضافات	**٣٨**
٢-٢ اقتراح الإضافات الصديقة للبيئية لتعزيز الخرسانة ومواصفاتها	**٣٨**
٢-٢-١ مواصفات برادة الحديد كإضافة للخلطة الخرسانية	**٣٩**
٢-٢-٢ مواصفات السيكا كإضافة للخلطة الخرسانية	**٤٠**
٢-٢-٣ مواصفات الألياف الزجاجية كأضافة للخلطة الخرسانية	**٤٢**
٢-٣ أعداد البرنامج المعملى	**٤٣**
٢-٤ تفاصيل الأعمدة	**٤٧**
٢-٥ تجهيز الأعمدة	**٤٩**
٢-٥-١ اختبار المواد المستخدمة فى الأعمدة	**٤٩**
٢-٥-٢ بناء خزانات المياه المالحة	**٥٠**
٢-٥-٣ كيفية خلط مكونات الأعمدة	**٥١**
٢-٦ اختبار خصائص الخرسانة	**٥٣**
٢-٦-١غمر الأعمدة	**٥٣**