جامعة القاهرة

كلية الآثار
قسم ترميم الآثار

دراسة التداعيات الإنشائية للجدران الحاملة الحجرية بالمباني التراثية في المملكة العربية السعودية ومنهجية علاجها وترميمها– تطبيقًا على أحد النماذج المختارة

بحث مقدم لنيل درجة الدكتوراه في ترميم وصيانة الآثار

إعداد

حسن صلاح عبدالمولى محمود
أخصائي الصيانة الإنشائية للمباني الأثرية والتراثية بوزارة الآثار

إشراف

أ.م. د. / ياسر يحيى أمين عبدالعاطي
أستاذ الترميم الإنشائي المساعد
قسم ترميم الآثار - كلية الآثار - جامعة القاهرة

أ. د. / عبدالناصر بن عبدالرحمن الزهراني
أستاذ ترميم وصيانة الآثار وعميد كلية السياحة والآثار-
جامعة الملك سعود - المملكة العربية السعودية

٢٠١٩ م – ١٤٤٠ هـ

ملخص البحث Summary

يحتوي هذا البحث على ستة فصول رئيسية كالتالي:

الفصل الأول: تناول مقدمة عامة عن الإنشاء بنظام الجدران الحاملة في المباني التراثية وأنماط وتقنيات بناء هذه الجدران، كما تناول دراسة أنماط وتقنيات بناء الجدران الحاملة بالمباني التراثية بمدينة جدة التاريخية بناءً على الدراسة الميدانية والمسح المنهجي الشامل، إضافة إلى دراسة أنواع وخواص مواد بنائها.

الفصل الثاني: تناول أسباب تدهور الحالة الإنشائية للجدران الحاملة بمباني جدة التراثية، بدءاً بدراسة أنماط وصور التداعيات الإنشائية لهذه الجدران ودراسة مسبباتها وميكانيكية حدوثها وتقييم خطورتها، يلى ذلك دراسة تأثير عوامل وقوى التلف المختلفة على تدهور الحالة الإنشائية لهذه الجدران والتي تضمنت تآثير عيوب تقنيات الإنشاء الأصلية، وتآثير الأحمال الرأسية والأفقية، وتآثير عوامل التلف الفيزيوكيميائية، وتآثير عوامل التلف البيولوجية وعوامل الإتلاف البشري.

الفصل الثالث: شمل هذا الفصل الفحوص والتحاليل والإختبارات المعملية المختلفة لعينات مواد الإنشاء المجمعة من الجدران الحاملة موضوع الدراسة، لتوضيح تركيبها المعدنى وخصائصها الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية ومن ثم تقيم حالتها الإنشائية الفعلية.

الفصل الرابع: وتمت فيه الدراسة التجريبية، ويتضمن دراسة وتعيين الخواص الميكانيكية للمنشورات الجدارية الحجرية المحاكية للطبقات الخارجية بالجدران الحاملة الحجرية ذات الرقتين بالمباني التراثية بجدة التاريخية وتحديد سلوكها الإنشائي وميكانيكية وأنماط انهيارها تحت تأثير الأحمال المحورية الرأسية، بالإضافة إلى توضيح دور بعض طرق ومواد التقوية والتدعيم في تحسين مقاومة وخواص هذه الطبقات والوحدات الحجرية المستخدمة في إنشائها.

الفصل الخامس: يتناول منهجية التدخل العلمية لتدعيم وتقوية وترميم الجدران الحاملة بالمباني التراثية، متضمنًا التدعيمات الإنشائية المؤقتة، والمتطلبات الأساسية لإختيار أساليب التدخل الإنشائي المناسبة للجدران الحاملة المتداعية وتقنيات تدعيمها وتقويتها، إضافة إلى تقنيات معالجة مشكلة الرطوبة المرتفعة بها، وكذلك طرق علاج وصيانة أسطح طبقاتها الخارجية.

الفصل السادس: يتناول الدراسة التطبيقية للرسالة على الجدران الحاملة بمسجد الشافعي، فيغطي الدراسات التاريخية والمعمارية للمبنى، وأعمال التوثيق المعماري والمساحي ودراسة النظام الإنشائي له، فضلاً عن الدراسات الإنشائية وحساب وتقييم الإجهادات في الجدران الحاملة، واختتم الفصل بتصميم جميع أعمال التدعيم والتقوية والترميم المناسبة لجدران المبنى.

واختتم البحث بالإستنتاجات المستخلصة من الدراسة والتوصيات والمراجع.

الكلمات الدالة

* المباني التراثية
* الجدران الحاملة
* التداعيات الإنشائية
* ميكانيكية الانهيار
* الشروخ الإنشائية
* التشوه
* التدعيم والتقوية
* تسليح العراميس
* الحقن
* مونة نانو الجير

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ فَوَجَدَا فِيهَا جِدَارًا يُرِيدُ أَن يَنقَضَّ فَأَقَامَهُ ﴾

صدق الله العظيم

سورة الكهف، الآية (٧٠).

الإهداء

إلى روح أبي الطاهرة

إلى والدتي ينبوع التضحية والعطاء

إلى إخواني وأخواتي الأعزاء

إلى زوجتي رمز المحبة والوفاء

إلى أبنائي الأحباء أدم وأنس وأسلم

إلى هؤلاء جميعًا أهدي هذا البحث

الباحث

الشكر والتقدير

الشكر والحمد لله على توفيقه ومعونته وستره والحمد لجلاله على تيسيره للصعاب التي واجهتني في إعداد هذا البحث، اللهم لك الحمد كما ينبغي لجلال وجهك وعظيم سلطانك.

أود أن أتقدم بجزيل الشكر وعظيم الإمتنان إلى كل من مد لي يد العون والمساعدة وساهم في إخراج هذا العمل إلى حيز الوجود، وأخص بالشكر والتقدير والإمتنان مشرفي وأستاذي الفاضل **الأستاذ الدكتور ياسر يحيى أمين** أستاذ الترميم الإنشائي بكلية الآثار جامعة القاهرة الذي لم يتوان لحظة عن تقديم التوجيه والنصح والإرشاد والرعاية والمتابعة المستمرة لي ومنحي الكثير من وقته، فله مني جزيل الشكر والتقدير وجزاه الله عني خير الجزاء.

كما أتقدم بخالص شكري وإمتناني إلى **الأستاذ الدكتور عبدالناصر بن عبدالرحمن الزهراني** أستاذ ترميم وصيانة الآثار بكلية السياحة والآثار جامعة الملك سعود على مشاركة سيادته في الإشراف على هذا البحث وعلى مساندته ومتابعته المستمرة لي أثناء إجراء الدراسة الميدانية والتطبيقية وعلى ما قدمه لي من نصح وإرشاد، كما أشكره على كرم ضيافته وحسن إستقباله وعظيم خلقه كلما إلتقيت به فى المملكة العربية السعودية.

وأتوجه بالشكر **للأستاذ الدكتور محمد عبدالهادي** أستاذ ترميم وصيانة المباني والمواقع الأثرية لتفضله بالموافقة على مناقشتي.

كما أتوجه بالشكر **للأستاذة الدكتورة جيهان عبدالرحمن أحمد حمدى** أستاذ مساعد الهندسة المدنية بكلية الهندسة بجامعة بنها لتفضلها بالموافقة على مناقشتي.

كما أتقدم بخالص شكري وتقديري إلى صديقي وأخي العزيز **الدكتور سامح عبدالسلام** إستشاري ترميم وصيانة المباني التراثية بمؤسسة التراث بالمملكة العربية السعودية على مساعدته لي أثناء فترة تواجدي بالمملكة العربية السعودية.

كما أتقدم بخالص شكري وتقديري إلى صديقي **الدكتور عبدالله محمود أحمد** بكلية الآثار جامعة القاهرة، على تشجيعه ومساندته لي طوال فترة إعداد البحث.

كما أتقدم بخالص شكري وتقديري إلى **الأستاذ الدكتور حسام هدهد** بمعمل إختبار المواد بكلية الهندسة جامعة القاهرة على مساعدته لي فى إجراء الإختبارات الميكانيكية للمنشورات الجدارية الحجرية الخاصة بالدراسة التجريبية، فله مني جزيل الشكر والإمتنان.

كما أتقدم بخالص شكري وتقديري إلى **المهندس أحمد سيد إبراهيم والكيميائي عمرو عبدالرحمن الشافعي والأستاذ الدكتور مصطفى ذكي مصطفى** بمعمل إختبار المواد بوحدة التحاليل والخدمات العلمية المركزية بالمركز القومي للبحوث على مساعدتهم لي فى إجراء الإختبارات الخاصة بتعيين الخواص الفيزيائية والميكانيكية فلهم مني جزيل الشكر والإمتنان.

كما أتقدم بوافر الشكر إلى **الأستاذ الدكتور محمد ابراهيم الانبعاوي** بقسم الجيولوجيا بكلية العلوم جامعة القاهرة على مساعدته لي فى تفسير نتائج الدراسة البتروجرافية.
كما أتقدم بوافر الشكر إلى إلى **الدكتور أمين محمد القوني** بوحدة الميكروسكوب الإلكتروني الماسح بالإدارة المركزية للمعامل بالهيئة المصرية العامة للثروة المعدنية على مساعدته لي فى إجراء الفحص والتصوير والتحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسج، فله مني جزيل الشكر والتقدير.
كما أتقدم بوافر الشكر إلى **الأستاذ الدكتور مدحت صبحي والمهندس ماجد عمرو محمد** بالمركز القومي لبحوث الإسكان والبناء على مساعدتهم لى فى إجراء التحليل والدراسة بحيود الأشعة السينية، فجزاهم الله عني خير الجزاء.
كما أتقدم بعميق شكري وتقديري إلى أخي وصديقي **الأستاذ أحمد رضوان** مدير المكتب الفني بوحدة ترميم الآثار بشركة المقاولون العرب على تشجيعه ومساندته لي والذي كان يخفف من همومي كلما ضقت صدرا فجزاه الله عني خير الجزاء ووفقه الله لما فيه الخير له.
كما أتقدم بخالص الشكر إلى **الأستاذ وليد شعبان** أخصائي ترميم وصيانة الآثار بمنطقة آثار الفيوم **والأستاذ على سعيد** أمين متحف بمتحف كوم اوشيم.
وحتى لا أنسى أحد فكل الشكر والتقدير والإمتنان والعرفان لكل من ساهم في إنجاز هذا العمل المتواضع ولكل من ساندني ولو بكلمة تشجيع.

فهرس الموضوعات

الموضوع	رقم الصفحة
المقدمة	أ : ب
الهدف من الرسالة	ت
الدراسات السابقة	ث : غ
الفصل الأول: دراسة أنماط وتقنيات ومواد بناء الجدران الحاملة بالمباني التراثية بجدة التاريخية.	١ : ٥٨
١.١ الإنشاء بنظام الجدران الحاملة في المباني التراثية	١
٢.١ أنماط وتقنيات بناء الجدران الحاملة الحجرية في المباني التراثية	٣
٣.١ أنماط وتقنيات ومواد بناء الجدران الحاملة بالمباني التراثية بجدة التاريخية	٩
١.٣.١ نبذة عن مدينة جدة التاريخية	٩
٢.٣.١ أنماط وتخطيط البيوت التراثية بجدة التاريخية	١١
٣.٣.١ أنماط الجدران الحاملة الحجرية بالمباني التراثية بجدة التاريخية	١٥
٤.٣.١ تقنيات بناء الجدران الحاملة بالمباني التراثية بجدة التاريخية	١٩
٥.٣.١ مواد بناء الجدران الحاملة الحجرية بالمباني التراثية بجدة التاريخية.	٣٩
١.٥.٣.١ أحجار البناء	٤٠
١.١.٥.٣.١ الحجر الجيري الحفري	٤١
٢.١.٥.٣.١ الحجر المرجاني	٤٤
٢.٥.٣.١ مونة البناء واللياسة	٤٩
٣.٥.٣,١ الأخشاب المستخدمة في البناء	٥٥
١.٣.٥.٣,١ خشب أشجار النخيل	٥٦
٢.٣.٥.٣,١ خشب الطرفاء (الأثل)	٥٧
٣.٣.٥.٣,١ خشب العرعر	٥٧
٤.٣.٥.٣,١ خشب العتم	٥٧
٥.٣.٥.٣,١ خشب القندل	٥٧
٦.٣.٥.٣,١ خشب الساج (التيك)	٥٨
الفصل الثاني: أسباب تدهور الحالة الإنشائية للجدران الحاملة بمباني جدة التراثية	٥٩ : ١٤٠
٢-١ أنماط وصور التداعيات الإنشائية ومظاهر تلف الجدران الحاملة بمباني جدة التراثية ومسبباتها	٥٩
١.١.٢ تدهور الحالة الإنشائية لأساسات الجدران الحاملة ببعض المباني التراثية	٥٩
٢.١.٢ انتشار الشروخ الإنشائية الرأسية في الجدران الحاملة الحجرية	٦٢
٣.١.٢ وجود بعض الشروخ الإنشائية المائلة بالجدران الحاملة الحجرية	٦٤
٤.١.٢ انفصال في أركان الجدران الحاملة المتقاطعة والمتعامدة	٦٦
٥.١.٢ تلف الحشوة الداخلية بالجدران الحاملة الحجرية ذات الرقتين	٦٧

٦.١.٢ حدوث تشكل أو تشوه شديد للجدران الحاملة الحجرية ذات الرقتين	٦٩
٧.١.٢ تلف الأربطة الخشبية المدعمة للجدران الحاملة الحجرية ذات الرقتين	٧٢
٨.١.٢ تدهور حالة العقود الحجرية بالجدران الحاملة وتداعيها إنشائيًا	٧٣
٩.١.٢ تلف مكونات الطبقات الخارجية بالجدران الحاملة الحجرية ذات الرقتين	٧٥
١٠.١.٢ حدوث انهيارات جزئية وكلية للجدران الحاملة الحجرية	٧٧
١١.١.٢ تدهور حالة الجدران الحاملة نتيجة لاستخدام مونة الأسمنت الأسود	٧٩
١٢.١.٢ وجود مُشْكلات إنشائية بالأسقف المرتكزة على الجدران الحاملة	٨٢
٢.٢ عوامل تدهور الحالة الإنشائية للجدران الحاملة بمباني جدة التراثية	٨٣
١.٢٠٢ تأثير عوامل الإتلاف البشري	٨٣
١٠١٠٢.٢ تأثير هجر المباني التراثية	٨٣
٢٠١٠٢.٢ تأثير التعلية أو الإرتفاعات الزائدة والإضافات المستحدثة	٨٣
٣٠١٠٢.٢ تأثير الكثافة السكانية العالية والتكدس السكاني في المبنى الواحد	٨٤
٤٠١٠٢.٢ تأثير سوء دمج المرافق في المباني التراثية	٨٥
٥٠١٠٢.٢ تأثير الحرائق المتكررة والإطفاء العشوائي بالطريقة الرطبة	٨٧
٦٠١٠٢.٢ تأثير عمليات التدخل غير المناسبة	٨٩
٧٠١٠٢.٢ تأثير الإهمال وعمليات الهدم والتخريب والتطور العمراني	٩٠
٢.٢.٢ تأثير عيوب تقنيات الإنشاء الأصلية	٩١
١.٢.٢.٢ العيوب المتعلقة بالتصميم الإنشائي الأصلي للمباني التراثية	٩١
٢.٢.٢.٢ العيوب المتعلقة بإختيار مواقع التأسيس ونوعية الأساسات	٩٣
٣.٢.٢.٢ العيوب المتعلقة بإختيار نوعية مواد البناء وسوء تجهيزها	٩٤
١.٣.٢.٢.٢ العيوب المتعلقة بمصدر الأحجار وعمليات استخراجها وتشكيلها	٩٤
٢.٣.٢.٢.٢ العيوب الناتجة عن إختيار مكونات مونة البناء وسوء تجهيزها	٩٦
٣.٣.٢.٢.٢ العيوب الناتجة عن إختيار أخشاب الأربطة الخشبية وسوء تجهيزها	٩٨
٤.٢.٢.٢ تأثير العيوب المتعلقة بعملية تشييد الجدران نفسها	٩٩
٣.٢.٢ تأثير عوامل التلف الميكانيكية	١٠١
١.٣.٢.٢ تأثير الهبوط المتفاوت للتربة والأساسات	١٠٢
٢.٣.٢.٢ تأثير الأحمال الواقعة على الجدران الحاملة بالمباني التراثية	١٠٥
١.٢.٣.٢.٢ تأثير الأحمال الرأسية	١٠٦
٢.٢.٣.٢.٢ تأثير الأحمال الأفقية	١١١
١.٢.٢.٣.٢.٢ تأثير الاهتزازات	١١٣
٢.٢.٢.٣.٢.٢ تأثير الرياح والعواصف والأعاصير	١١٦
٤.٢.٢ تأثير العوامل الفزيوكيميائية	١١٨
١.٤.٢.٢ تأثير مصادر الرطوبة	١١٨
١.١.٤.٢.٢ تأثير المياه تحت السطحية	١١٩
٢.١.٤.٢.٢ تأثير الرطوبة الجوية وظاهرة التكثف	١٢٣

٣.١.٤.٢.٢ تأثير رذاذ البحر	١٢٥
٤.١.٤.٢.٢ تأثير الأمطار والسيول	١٢٧
٥.١.٤.٢.٢ تأثير وجود صهاريج وخزانات المياه	١٣٠
٢.٤.٢.٢ تأثير التغير في درجات الحرارة الجوية	١٣١
٥.٢.٢ تأثير عوامل التلف البيولوجية	١٣٦
١.٥٠٢٠٢ تأثير الأشجار والنباتات	١٣٦
٢.٥٠٢٠٢ تأثير الطيور	١٤٠
الفصل الثالث: دراسة وتقييم حالة مكونات الجدران الحاملة موضوع الدراسة	١٤١:١٧٦
١.٣ جمع وإعداد عينات الدراسة	١٤١
٢.٣ التحاليل	١٤٣
١.٢.٣ التحليل المعدني بحيود الأشعة السينية	١٤٣
٢.٢.٣ التحليل الكيميائي (العناصري) باستخدام وحدة EDX الملحقة بالمجهر الإلكتروني الماسح	١٥٠
٣.٣ الفحوص	١٥٥
١.٣.٣ الفحص البتروجرافي بالمجهر المستقطب	١٥٥
٢.٣.٣ الفحص بالمجهر الضوئي	١٦٤
٣.٣.٣ الفحص بالمجهر الإلكتروني الماسح	١٦٨
٤.٣ إختبار وتعيين الخواص الفيزيائية والميكانيكية للوحدات البنائية الحجرية	١٧٣
١.٤.٣ نتائج إختبار الخواص الفيزيائية	١٧٥
٢.٤.٣ نتائج الإختبارات الميكانيكية	١٧٥
الفصل الرابع: الدراسة التجريبية لتقييم بعض مواد وطرق تدعيم وتقوية الجدران الحاملة	١٧٧ : ٢١٦
١.٤ توصيف مكونات المنشورات الجدارية	١٧٧
١.١.٤ توصيف أحجار البناء وتقييم بعض مواد تقويتها	١٧٧
١.١.١.٤ التوصيف الفيزيائي	١٧٧
٢.١.١.٤ التوصيف الميكانيكي	١٧٨
٢.١.٤ دراسة وتقييم بعض مواد تقوية أحجار البناء	١٧٩
١.٢.١.٤ إعداد وتجهيز العينات	١٨٠
٢.٢.١.٤ تطبيق مواد التقوية والعزل	١٨٠
١.٢.٢.١.٤مواد التقوية والعزل المُختارة	١٨٠
٢.٢.٢.١.٤ أساليب تطبيق مواد التقوية والعزل على العينات الحجرية	١٨٣
٣.٢.١.٤ تقييم مدى كفاءة وفاعلية مواد التقوية	١٨٥
١.٣.٢.١.٤ تعيين نسبة المادة الصلبة المترسبة من مواد التقوية	١٨٥
٢.٣.٢.١.٤ دراسة تأثير مواد التقوية على الخواص الفيزيائية للعينات الحجرية المُقواة	١٨٥
٣.٣.٢.١.٤ دراسة تأثير مواد التقوية على الخواص الميكانيكية للعينات الحجرية المُقواة مقارنة بعيناتها القياسية	١٨٨

٤.٣.٢.١.٤ دراسة تأثير مواد التقوية على مورفولوجية وطبيعة أسطح العينات الحجرية المُقواة	١٨٩
٥.٣.٢.١.٤ دراسة العينات الحجرية المُقواة باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) مقارنة بعيناتها القياسية	١٩١
٣.١.٤ مونة البناء	١٩٤
١.٣.١.٤ التوصيف الفيزيائي	١٩٥
٢.٣.١.٤ التوصيف الميكانيكي	١٩٥
٢.٤ دراسة المقاومة الميكانيكية والسلوك الإنشائي للمنشورات الجدارية التي تمثل الطبقات الخارجية للجدران الحاملة ذات الرقتين	١٩٧
١.٢.٤ إعداد العينات المنشورية الجدارية وتقويتها وتدعيمها	١٩٧
٢.٢.٤ إعداد وإجراء الإختبار	٢٠١
٣.٢.٤ نتائج الإختبار والمناقشة	٢٠٣
١.٣.٢.٤ المنشورات الجدارية الحجرية غير المُقواة	٢٠٤
٢.٣.٢.٤ المنشورات الجدارية الحجرية المُقواة بنانو الجير	٢٠٨
٣.٣.٢.٤ المنشورات الجدارية الحجرية المُقواة بتسليح العراميس الأفقية	٢١١
٤.٢.٤ خلاصة نتائج الإختبارات	٢١٤
الفصل الخامس: المنهجية العلمية لتدعيم وتقوية وترميم الجدران الحاملة بالمباني التراثية	٢١٧ : ٣٠٣
١.٥ التدعيمات الإنشائية المؤقتة	٢١٧
١.١.٥ أعمال صلب وتدعيم الجدران الحاملة	٢١٧
١.١.١.٥ الصلبة المائلة	٢١٨
٢.١.١.٥ الصلبة الأفقية (الطياري)	٢٢٠
٣.١.١.٥ الصلبة الرأسية	٢٢١
٢.١.٥ تقوية وتدعيم الفتحات بالجدران الحاملة	٢٢٢
٣.١.٥ أعمال صلب العقود بالجدران	٢٢٢
٤.١.٥ عمليات تربيط وتحزيم الجدران الحاملة	٢٢٣
٢.٥ المتطلبات الأساسية لإختيار أساليب التدخل المناسبة للجدران الحاملة المتداعية	٢٢٤
١.٢.٥مرحلة توثيق تاريخ المبنى	٢٢٤
٢.٢.٥ مرحلة توثيق النظام الإنشائي	٢٢٥
٣.٢.٥ مرحلة التشخيص والتقييم	٢٢٥
٤.٢.٥ التقييم التفصيلي للجدران الحاملة الحجرية قبل التدخل	٢٢٦
٥. ٣ علاج وصيانة أسطح الجدران الحاملة الحجرية	٢٢٩
١.٣.٥ تنظيف أسطح الجدران الحاملة الحجرية	٢٣٠
١.١.٣.٥ التنظيف الميكانيكي	٢٣٠
٢.١.٣.٥ التنظيف بالماء	٢٣٣
٣.١.٣.٥ التنظيف الكيميائي بالكمادات	٢٣٤

٢.٣.٥ تقوية أسطح الجدران الحاملة الحجرية	٢٣٧
١.٢.٣.٥ تقوية وحدات البناء الحجرية	٢٣٧
٢.٢.٣.٥ معالجة وتقوية مونة الفواصل بين الأحجار	٢٤٠
٣.٢.٣.٥ معالجة وتقوية طبقات التكسية أو اللياسة (الملاط)	٢٤٤
١.٣.٢.٣.٥ تثبيت وتقوية الأجزاء المنفصلة والآيلة للسقوط بمون حقن	٢٤٤
٢.٣.٢.٣.٥ استكمال الأجزاء المفقودة من طبقات التكسية	٢٤٧
٤.٢.٣.٥ علاج وتقوية الأربطة الخشبية بالجدران الحاملة	٢٤٩
٥.٢.٣.٥ استبدال الأجزاء التالفة من مكونات الجدران الحاملة	٢٥١
٦.٢.٣.٥ الإستكمال الإنشائي أو إعادة بناء الأجزاء المفقودة من الجدران	٢٥٢
٧.٢.٣.٥ حماية أسطح الجدران الحاملة الحجرية من الرطوبة	٢٥٣
٣.٣.٥ معالجة مشكلة الرطوبة المرتفعة في الجدران الحاملة	٢٥٤
١.٣.٣.٥ تقنية التهوية الطبيعية	٢٥٥
٢.٣.٣.٥ تقنية إنشاء طبقات مانعة (عازلة) للرطوبة	٢٥٦
٣.٣.٣.٥ تقنية النزح الأسموزي الكهربائي	٢٦٢
٤.٣.٣.٥ تقنية السيفونات الهوائية أو الجوية	٢٦٣
٥.٣.٣.٥ تقنية الملاط المسامي المهوي	٢٦٥
٦.٣.٣.٥ تقنية تقليل أجزاء الجدران الماصة للرطوبة	٢٦٦
٤.٥ التدخل الإنشائي لتدعيم وتقوية الجدران الحاملة المتداعية إنشائيًا	٢٦٧
١.٤.٥علاج الجدران الحاملة متعددة الطبقات الضعيفة بتقنية الحقن	٢٦٧
١.١.٤.٥ أهداف تقنية الحقن	٢٦٨
٢.١.٤.٥ مشاكل ومعوقات تقنية الحقن	٢٦٩
٣.١.٤.٥ الخواص الواجب توافرها في مون الحقن	٢٦٩
٤.١.٤.٥ مون الحقن	٢٧١
٥.١.٤.٥ طرق وأساليب الحقن	٢٧٤
٢.٤.٥ معالجة مشكلة الشروخ في الجدران	٢٨١
١.٢.٤.٥ الكشف عن الشروخ	٢٨١
٢.٢.٤.٥ علاج الشروخ الإنشائية (النافذة وكبيرة العمق)	٢٨٣
٣.٢.٤.٥ علاج الشروخ السطحية	٢٨٨
٣.٤.٥ معالجة مشكلة التَشكُل في الجدران الحاملة	٢٨٩
١.٣.٤.٥ العلاج بالفك وإعادة البناء	٢٨٩
١.١.٣.٤.٥ فك الجدار بالكامل وإعادة بناءه	٢٨٩
٢.١.٣.٤.٥ فك الجزء المنبعج فقط من الجدار وإعادة بناءه	٢٩٠
٢.٣.٤.٥ العلاج بإعادة التموضع بالضغط	٢٩١
٤.٤.٥ معالجة مشكلة الإنفصال في الجدران المتعامدة أو المتقاطعة	٢٩٣
٥.٤.٥ تقنية التكحيل الإنشائي للجدران الحاملة	٢٩٧
٦.٤.٥ تقنية الربط العرضي للجدران الحاملة	٣٠١

الفصل السادس: الدراسة التطبيقية لتدعيم وتقوية وترميم الجدران الحاملة موضوع الدراسة	٣٠٤ : ٣٣٩
٦:١ الدراسة التاريخية والمعمارية لمسجد الشافعي	٣٠٤
٦:١:١ موقع المسجد وتاريخ إنشائه وأهميته	٣٠٤
٦:١:٢ الوصف العام للمسجد	٣٠٤
٦:٢ الدراسات الإنشائية للجدران الحاملة بمسجد الشافعي	٣١١
٦:٢:١ الدراسة الجيوتقنية	٣١١
٦:٢:٢ دراسة مواد بناء الجدران الحاملة	٣١٣
٦:٢:٣ دراسة النظام الإنشائي	٣١٤
٦:٢:٤ التداعيات الإنشائية وتقييم الوضع الراهن	٣١٥
٦:٢:٥ حساب وتقييم الإجهادات في الجدران الحاملة	٣٢٥
٦:٣ الخطة المقترحة لأعمال التقوية والتدعيم والترميم للجدران الحاملة موضوع الدراسة	٣٢٧
٦:٣:١التدعيم الإنشائي المؤقت للجدران الحاملة المتداعية	٣٢٧
٦:٣:٢علاج مشكلات تربة تأسيس الجدران الحاملة	٣٢٨
٦:٣:٣ علاج مشكلات أساسات الجدران الحاملة	٣٣٠
٦:٣:٤ علاج مظاهر التدهور والتداعيات الإنشائية بالجدران الحاملة	٣٣١
٦:٣:٤:١ معالجة التشكلات (الميول) الحادثة بالجدران الحاملة	٣٣١
٦:٣:٤:٢ معالجة الشروخ الإنشائية بالجدران الحاملة	٣٣٣
٦:٣:٤:٣ معالجة الأربطة الخشبية المدمجة في الجدران	٣٣٥
٦:٣:٤:٤ التقوية الميكانيكية لأسطح الطبقات الخارجية بالجدران الحاملة	٣٣٥
٦:٣:٤:٤:١ معالجة وتقوية مونة الفواصل بين كتل البناء الحجرية	٣٣٥
٦:٣:٤:٤:٢إستبدال الأجزاء المتهالكة من كتل البناء الحجرية	٣٣٦
٦:٣:٤:٤:٣ إعادة بناء الأجزاء المنهارة من طبقات الجدران الحاملة	٣٣٧
٦:٣:٤:٥ حقن وتقوية الجدران الحاملة الضعيفة	٣٣٧
٦:٣:٤:٦ إزالة بقايا طبقة اللياسة الأسمنتية الحديثة	٣٣٩
٦:٣:٤:٧ إستخلاص الأملاح من على أسطح الجدران الحاملة وتنظيفها	٣٣٩
٦:٣:٤:٨ التقوية الكيميائية لأسطح الطبقات الخارجية الضعيفة بالجدران	٣٣٩
٦:٣:٤:٩ إعادة لياسة الجدران الحاملة	٣٤٠
استنتاجات الدراسة	٣٤١
التوصيات	٣٤٣
قائمة المراجع	٣٤٥:٣٦٢

فهرس الصور

رقم الصورة	الموضوع	رقم الصفحة
١-١	تنوع سماكات الجدران الحاملة ذات الرقتين بمباني جدة التاريخية	١٦
٢-١	نسيج الأسطح الخارجية للطبقتين الخارجيتين من الحجر المنحوت بمداميك أفقية منتظمة ومدعمة بالأربطة الخشبية	١٧
٣-١	نسيج الأسطح الخارجية للطبقتين الخارجيتين المبنية من الحجر الدبش	١٨
٤-١	نسيج الأسطح الخارجية للطبقتين الخارجيتين المبنية من الحجر المنحوت	١٩
٥-١	أساس سطحي بنفس سمك جدارن الدور الأرضي	٢٧
٦-١	اساس سطحي بسمك يزيد عن سمك الجدار المبني فوقه اعلى سطح الارض	٢٧
٧-١	أساسات سطحية بنفس سمك جدارن الدور الأرضي بمباني جدة	٢٧
٨-١	الأسلوب الإنشائي للجدران الحاملة ذات الرقتين المدعمة بالأربطة الخشبية في بعض المباني التراثية بجدة التاريخية	٣٢
٩-١	ربط الجدران الحاملة المتعامدة عند الأركان بالأربطة الخشبية	٣٢
١٠-١	تنوع أشكال مقاطع الأربطة الخشبية العرضية بالجدران الحاملة ذات الرقتين في بعض المباني التراثية بجدة التاريخية	٣٣
١١-١	العتب الخشبي المغطي لإحدى الفتحات	٣٤
١٢-١	بعض أنواع العقود الحجرية المستخدمة في تغطية الفتحات	٣٤
١٣-١	السلالم وفحل الدرج	٣٥
١٤-١	توضح ألوان طبقة اللياسة الخارجية بجدران مباني جدة التراثية	٣٨
١٥-١	كتل الأحجار الجيرية الحفرية والمرجانية التي كانت تستخدم في بناء جدران المباني التراثية بجدة التاريخية	٤٠
١٦-١	كتل الحجر الجيري الحفري والمرجاني المستخدمة في بناء جدران مباني بجدة التراثية	٤١
١٧-١	كتل الحجر المرجاني المتواجدة بنسبة قليلة جدًا ضمن كتل الحجر الجيري الحفري بالجدران الحاملة بمباني جدة التراثية	٤١
١٨-١	الحجر الجيري الحفري البحري المستخدم في جدران المباني التراثية بجدة التاريخية	٤٣
١٩-١	توضح التركيب الدقيق للحجر الجيري الحفري البجري المستخدم في جدران المباني التراثية بجدة التاريخية تحت الميكرسكوب الضوئي تكبير ١٠٠×	٤٤
٢٠-١	توضح الصخر المرجاني المستخدم في المباني التراثية بجدة	٤٥
٢١-١	تحت الميكروسكوب الضوئي، (أ): توضح التركيب الدقيق للصخر المرجاني المستخدم في جدران المباني التراثية بجدة تكبير ١٠٠×، (ب): رواسب بحرية متصلدة، (ج): مرجان متحجر تكبير ٢٠٠×	٤٦
٢٢-١	(أ): توضح مظهر أحد الأحجار المرجانية المستخدمة في جدران المباني التراثية بجدة التاريخية، (ب، ج): توضح التركيب الدقيق لهذا الحجر تحت الميكرسكوب الضوئي تكبير ١٠٠×،	٤٧
١-٢	ضعف الحالة الإنشائية للأساسات السطحية بأحد المباني التراثية بجدة التاريخية	٦١
٢-٢	ارتفاع منسوب المياه تحت السطحية وتسربها إلى الأساسات	٦١
٣-٢	انتشار الشروخ الإنشائية الرأسية العميقة بكامل إرتفاع الجدران الحاملة الحجرية ببعض المباني التراثية بجدة التاريخية	٦٣

٢-٤	انتشار الشروخ الإنشائية الرأسية بمناطق معينة من الجدران الحاملة وليست بكامل ارتفاعها	٦٤
٢-٥	انتشار الشروخ الإنشائية المائلة أو القطرية العميقة ومتوسطة العمق في الجدران الحاملة ببعض المباني التراثية بجدة التاريخية	٦٥
٢-٦	شروخ انفصال رأسية بين الجدران الحاملة المتقاطعة والمتعامدة	٦٦
٢-٧	انهيار وتساقط جزء كبير من الطبقة الخارجية للجدران الحاملة ذات الرقتين، وتلف الحشوة الداخلية وظهور الفراغات والفجوات والشروخ بها وانهيارها جزئيًا	٦٧
٢-٨	انهيار وتساقط أجزاء من الطبقة الخارجية للجدران وتشرخ وتلف طبقة الحشوه الداخلية وظهور الفراغات والفجوات بها	٦٨
٢-٩	انبعاج وانفصال الطبقات الخارجية نتيجة لضعف وتشرخ وتلف الحشوة الداخلية وفقد الربط والتماسك بينها وبين الطبقتين الخارجيتين	٦٨
٢-١٠	توضح شروخ انبعاج أفقية بالجدران الحاملة نتيجة لتلف طبقة الحشوة الداخلية	٦٩
٢-١١	حدوث ميول في الجدران الحاملة ببعض المباني التراثية بجدة التاريخية	٧٠
٢-١٢	حدوث انبعاج في الجزء السفلي من الجدار الحامل ذات الرقتين وظهور شروخ انبعاج أفقية به	٧١
٢-١٣	انبعاج (انتفاخ أو تكريش) في الأجزاء السفلية من الجدران الحاملة ذات الرقتين وظهور شروخ انبعاج أفقية ببعض المباني التراثية بجدة التاريخية	٧١
٢-١٤	حدوث ضعف وتحلل وتلف شديد في الأربطة الخشبية المدعمة للجدران الحاملة ببعض المباني التراثية بجدة التاريخية	٧٢
٢-١٥	جفاف وانضغاط الأربطة الخشبية المدعمة للجدران الحاملة	٧٣
٢-١٦	تحلل وتآكل الأربطة الخشبية وانزلاق الكتل الحجرية أعلاها	٧٣
٢-١٧	حدوث تحلل وتآكل وتشرخ في الأربطة الخشبية وانفصالها عن الجدران الحاملة المدعمة لها	٧٣
٢-١٨	تلف وتداعي عقد حجري نصف دائري يعلو فتحة باب المدخل الرئيسي بجدران أحد المباني التراثية بجدة التاريخية	٧٤
٢-١٩	انتشار الشروخ الإنشائية عند قمم العقود في الفتحات المعقودة بالجدران الحاملة ببعض المباني التراثية بجدة التاريخية	٧٤
٢-٢٠	ضعف وتفتت وتآكل في الكتل الحجرية المستخدمة في بناء الطبقات الخارجية للجدران الحاملة ذات الرقتين وتفككها وانهيارها جزئيًا نتيجة تحلل وفقد المونة الرابطة لها	٧٥
٢-٢١	تأثير الرطوبة ورذاذ البحر المالح والأملاح والمياه الأرضية على مكونات الطبقات الخارجية للجدار الحاملة (الأحجار والمونة الرابطة لها وطبقة اللياسة)	٧٦
٢-٢٢	تآكل وتفكك الكتل الحجرية المستخدمة في الطبقات الخارجية للجدران الحاملة ذات الرقتين، وتحلل وتساقط المونة الرابطة لها	٧٦
٢-٢٣	تآكل وتلف أحجار الطبقات الخارجية للجدران الحاملة والمونة الرابطة لها نتيجة لاستخدام مونة الأسمنت الأسود في لياستها	٧٦
٢-٢٤	تآكل وتفتت أحجار ومونة البناء وطبقة اللياسة وتشوهما نتيجة للحرارة الشديدة بسبب الحرائق وإطفائها عشوائيًا بالطريقة الرطبة	٧٧
٢-٢٥	حدوث ضعف وتقشر وتشرخ في طبقات اللياسة التاريخية وتساقطها من على أسطح الجدران الحاملة ببعض المباني التراثية	٧٧
٢-٢٦	الانهيارات الجزئية للجدران الحاملة الحجرية ببعض المباني التراثية بجدة التاريخية	٧٨
٢-٢٧	الانهيارات الكلية للجدران الحاملة الحجرية ببعض المباني التراثية بجدة التاريخية	٧٩
٢-٢٨	تأثير استخدام الأسمنت الأسود البورتلاندي على تلف مكونات الجدران الحاملة الحجرية ببعض المباني التراثية بجدة التاريخية	٨٠
٢-٢٩	انتشار استخدام مونة الأسمنت الأسود في لياسة الجدران الحاملة ببعض المباني التراثية، وما نتج عنه من انتشار الشروخ وارتفاع الرطوبة وتزهر الأملاح	٨١
٢-٣٠	انفصال في طبقات عزل السطح، نتيجة لعدم تثبيتها بطريقة صحيحة، وتسرب مياه	٨٢