جامعـــــة القاهـــــرة
كليـــــة الآثـــــار
قسم ترميم الآثار

دراسة ظاهرة تدهور الأساسات وتأثيرها على المباني الأثرية الإسلامية بالقاهرة وطرق العلاج والصيانة تطبيقاً على احد النماذج المختارة

=

Study of Deterioration Phenomenon of The Foundations and it's Effect on The Islamic Historical Buildings in Cairo and Methods of Treatment and Conservation with Application on One of The Chosen Buildings

بحث لمتطلبات الحصول على درجة الماجستير في ترميم وصيانة المباني والمواقع الأثرية

إعداد

محمد حامد أحمد علي

أخصائي ترميم آثار بالإدارة العامة للبحث العلمي والتدريب بمصر الوسطى

إشراف

ا. د/ محمد عبد الهادي محمد

أستاذ ترميم وصيانة الآثار – كلية الآثار – جامعة القاهرة

المستشار الثقافي لمصر ببولندا سابقاً

ا. د/ السيد عبد الفتاح القصبي

أستاذ ميكانيكا التربة وهندسة الأساسات
كلية الهندسة – جامعة بنها.

ا. م. د/ سيد محمد حميده

استاذ مساعد الترميم الإنشائي والمعماري للمباني والمواقع الأثرية. كلية الآثار – جامعة القاهرة.

١٤٣٧ هـ - ٢٠١٦م

إلى نبع الحنان والدفء.
إلى من ضحوا بكل ما لديهم من أجل راحتي.
إلى بستان حياتي وزهور عمري.

أبـــي الغالـــي
رحمه الله

أمـــي الحنـــون
أطال الله عمرها

زوجتـــي وابنتـــي
عـائلتـــي جميـــعاً
حفظهم الله

شكر وتقدير

بعد الحمد لله والثناء عليه تبارك وتعالى على ما منه علينا سبحانه من توفيق وهداية، أجد لزاماً عليَّ التوجه بالشكر والتقدير لأستاذي الفاضل **ا.د/ محمد عبد الهادي محمد** أستاذ ترميم وصيانة الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة، وأستاذي الجليل **ا.د/ السيد عبد الفتاح القصبي** أستاذ ميكانيا التربة وهندسة الأساسات كلية الهندسة- جامعة بنها، وللأب الروحي ومثلي الأعلى خلال مرحلة الدراسة **ا.م.د/ سيد محمد حميده** أستاذ الهندسة الجيوتقنية بقسم الهندسة المدنية جامعة الأعمال والتكنولوجيا- جدة وأستاذ مساعد الترميم الإنشائي والمعماري للمباني والمواقع الأثرية كلية الآثار- جامعة القاهرة، على ما أولوه لي من رعاية وتوجيه طيلة إعداد هذه الدراسة، جزاهم الله خيراً على ما قدموه وما يقدموه للمدرسة المصرية في ترميم وصيانة الآثار، كما أتقدم بخالص الشكر والتقدير لأساتذتي الأجلاء، **ا.د/ عادل إبراهيم عكارش** أستاذ الجيولوجيا بالمركز القومي للبحوث، **ا.م.د/ ياسر يحيى عبد العاطي** أستاذ مساعد ترميم المباني الأثرية كلية الآثار- جامعة القاهرة ، **وأعضاء هيئة التدريس بكلية الآثار- جامعة القاهرة** جزاهم الله خيراً، أيضاً أتقدم بوافر الإحترام والتقدير لأساتذتي بكلية الهندسة- جامعة القاهرة، **أ.د/ أسامه هدهد** أستاذ هندسة المواد، **أ.د/ صلاح المفتي** أستاذ هندسة المناجم والبترول والفلزات، ولكل **العاملين بمعامل إختبارات المواد ، ومعمل ميكانيكا الصخور بقسم هندسة المناجم والبترول والفلزات** بكلية الهندسة –جامعة القاهرة وكذا **العاملين بالمعامل المركزية بالهيئة العامة للثروة المعدنية" المساحة الجيولوجية المصرية"**، كما أتقدم بفائق الثناء والتقدير **للأستاذ الدكتور عزت حبيب** مدير عام ترميم آثار ومتاحف القاهرة الكبرى، **والأستاذ/ أحمد محمد علي** مدير عام ترميم الآثار الإسلامية والقبطية بشرق ووسط القاهرة **وجميع العاملين بمنطقة آثار شرق ووسط القاهرة** على ما قدموه لي من مساعدة طيلة العمل بالجانب التطبيقي بالرسالة، كذلك أتقدم بوافر التقدير**لأصدقائي وزملاء العمل** والذين ساعدوني أثناء فترة إعداد هذه الرسالة وهم - على سبيل المثال لا الحصر–**ا/ محمد صلاح محمد** المدير التنفيذي للوحدة الإنتاجية ذات الطابع الخاص لتنفيذ مشروعات الترميم بوزارة الآثار، **ا/ شهاب حسين عبد الناصر** مدير عام ترميم آثار ومتاحف مصر الوسطى، **ا/ ممدوح عبده إبراهيم** مدير عام البحث العلمي والتدريب بمصر الوسطى، **ا/ امجد أحمد السيد** مدير إدارة البحث العلمي والتدريب بمصر الوسطى **ا/ احمد طلبة، ا/ زيدان عابد** مديروا ترميم آثار الفيوم. كما أخص بالشكر والعرفان بالجميل لكل من الأساتذة أخصائيوا ترميم الآثار **ا/ عمرو مصطفى سعيد، ا/عصام محمد ا/ وفقي فكري** بشركة المقاولون العرب، **ا/ هاني احمد بدر، ا/ عمرو صلاح عبد الهادي، ا/عمرو مصطفى عبد الحميد، ا/ علي محمد سعيد، ا/ شيماء محمد السيد** أخصائيوا ترميم الآثار بوزارة الآثار، وأخص بالشكر والعرفان بالجميل **للأستاذ/ عصام كامل رئيس تحرير جريدة فيتو** على ما قدمه لي من دعم ومساندة طوال فترة الدراسة، كما أتقدم بأسمى آيات الشكر والإمتنان إلى من قدم لي كل انواع الدعم والمساندة على طول الدوام من عائلتي جميعاً، ولكل من ساهم وساعد في إخراج هذه الرسالة ولو بالدعاء فلهم مني كل عبارات الشكر والثناء والتقدير.

وأخيراً أدعو الله أن أكون قد وفقت في تقديم هذا العمل بالصورة المرجوة، والله الهادي إلى سواء السبيل إنه سميع مجيب. وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين.

ملخص الرسالة

الرسالة بعنوان"**دراسة ظاهرة تدهور الأساسات وتأثيرها على المباني الأثرية الإسلامية بالقاهرة وطرق العلاج والصيانة تطبيقاً على أحد النماذج المختارة**"
وتتألف من **خمسة فصول** كالآتي:

- **الفصل الأول: " النظم الإنشائية لأساسات المباني الأثرية الإسلامية بالقاهرة"**

ويتناول دراسة الأساسات في العصور الإسلامية بالقاهرة، وأنواعها، وطرق وأساليب التأسيس المختلفة. كما يشمل أيضاً دراسة النظم الإنشائية للأساسات عموماً وأنواعها من الناحية الهندسية للإستفادة منها في تحديد أشكال نظم التأسيس التي يمكن الإستعانة بها في تدعيم ومعالجة الأساسات القديمة مع المحافظة قدر الإمكان على الطابع التاريخي لها.

- **الفصل الثاني: "ظاهرة تدهور أساسات المنشآت الأثرية بالقاهرة الإسلامية"**

ويتناول دراسة عوامل ومظاهر تدهور أساسات المباني الأثرية الإسلامية بالقاهرة وتأثيرها على كامل المبنى، وخاصة التأثيرات الجيوتقنية لمشاكل التربة الهندسية والمياة الأرضية والزلازل والإهتزازات على الإتزان الإنشائي لهذه المباني، بإعتبارهم من أخطر العوامل تأثيراً على المباني الأثرية عموماً وعلى مباني القاهرة التاريخية بصفة خاصة.

- **الفصل الثالث: الدراسات الحقلية والمعملية الجيوتقنية لتربة وأساسات المنشآت الأثرية الإسلامية بالقاهرة**

ويتناول دراسات الوضع الراهن، والدراسات الجيوتقنية حيث دراسات التربة من خلال الإختبارات الحقلية والمعملية والدراسات الجيوفيزيقية ودراسة الخواص الديناميكية بها، بالإضافة إلى دراسات المياة الأرضية، وإختبارات الأساسات، والتحليل الإنشائي للمباني الأثرية، وكذلك أعمال الرصد بأنواعه المختلفة، فضلاً عن دراسة الخواص المعدنية والهندسية لمواد البناء، وتحليل هذه الإختبارات لتقييم حالة التدهور ودرجة كفاءة العناصر الإنشائية.

- **الفصل الرابع: " طرق العلاج والصيانة لأساسات المباني الأثرية الإسلامية بالقاهرة "**

وقد تناول دراسة الأساليب المختلفة للعلاج والصيانة من خلال دراسة أعمال الصلب والتدعيم المؤقت، والمعالجات المختلفة لمشاكل المياة الأرضية، التربة، وتدعيم الأساسات، والتدعيم الإنشائي للهيكل العلوي للمنشأ الأثري، وأعمال العزل، والترميم الدقيق لعناصر المبنى، بالإضافة إلى إجراءات الصيانة الوقائية، وذلك بإستخدام أحدث التقنيات والأساليب العلمية.

- **الفصل الخامس: الدراسة التطبيقية (دراسة وتدعيم أساسات مسجد الظاهر بيبرس البندقداري بالقاهرة)**

حيث تم دراسة النظم الإنشائية لأساسات المسجد، والوضع الراهن له، حيث الدراسات التاريخية والمعمارية، بالإضافة إلى إجراء الدراسات الحقلية والمعملية الجيوتقنية لتربة وأساسات ومواد بناء المسجد، حيث دراسات التربة والمياه الأرضية ومواد بناء الأساسات للمسجد كخطوة مهمة لتحديد أنسب طرق العلاج والصيانة والتدعيم المقترحة، وعلى أساس هذه الدراسات تم تحديد عوامل التدهور المؤثرة على أساسات المسجد والعناصر المعمارية الأخرى، وكذلك مظاهر التدهور الناتجة عنها. كما تم سرد لأعمال الترميم التي تمت للمسجد من حيث المعالجات الجيوتقنية – لمشكلة المياة الأرضية، ومشاكل التربة الهندسية- وتدعيم الأساسات، وكذلك التدعيم الإنشائي للهيكل العلوي للمسجد، وأعمال العزل، والترميم الدقيق، ومدى كفاءتها في تحقيق مبادئ الترميم الحديثة، وملاءمتها لظروف الموقع، مع عمل توثيق لكل هذه الخطوات بالصور والجداول والأشكال التوضيحية.

- **النتائج والتوصيات:**

وتختتم الرسالة بمجموعة من النتائج المستخلصة خلال الدراسة، والتي يمكن الإستفادة منها مستقبلاً في بعض المواقع المشابهة لما تم توضيحه في البحث من حيث الظروف والمشكلات، بالإضافة إلى ذكر بعض التوصيات التي قد تساهم في التخلص من المشكلات التي تحيط بالمباني الأثرية بالقاهرة عموماً، ومسجد الظاهر بيبرس على وجه الخصوص.

الكلمات الدالة

دراسات

أساسات

مباني

أثرية

عوامل تدهور

تربة

تدعيم

العلاج

الصيانة

المياة الأرضية

الدراسات الجيوتقنية

القاهرة الإسلامية

فهرس الموضوعات

إسم الموضوع	الصفحة
الإهداء.....	أ
الشكر والتقدير.....	ب
ملخص البحث.....	ج
الكلمات الدالة.....	ه
فهرس الموضوعات.....	و
فهرس الصور.....	ر
فهرس الأشكال.....	ث
فهرس الجداول.....	ظ
مقدمة.....	ب ب
الهدف من البحث.....	دد
الدراسات السابقة.....	ه ه
الفصل الأول: النظم الإنشائية لأساسات المباني الأثرية الإسلامية بالقاهرة	١-٣٩
تمهيد.....	١
أولاً: التخطيط العمراني وطبيعة السطح لمدينة القاهرة الإسلامية وأثره في عمارة المباني	١
(أ) التخطيط العمراني لمدينة القاهرة	١
(ب) طبيعة السطح لمدينة القاهرة وأثره في عمارة المباني	٢
ثانياً : الاساسات فى العصور الاسلامية بالقاهرة.....	٢
(أ) تخطيط (تصميم) المبانى......	٣
(١) وحدة التصميم.....	٣
(٢) التصميم والعناصر المعمارية.....	٤
(ب) التوجيه.....	٤
(ج) الشكل في المسقط الأفقي للمنشآت.....	٥
(د) **حجم وعمق المنشأة** :	٥
(ه) أنواع الأساسات في منشآت القاهرة الإسلامية......	٦
(١) الأساسات المبنية على التربة الصخرية.....	٦
أ) الأساسات الطبيعية	٦
ب) الأساسات شبه الطبيعية	٦
(٢) الأساسات المبنية على التربة الرملية والطينية والوسط المائي.....	٦
(و) مواد بناء أساسات منشآت القاهرة الإسلامية.....	٧
(١) الطوب الأحمر "الآجر".....	٧
(٢) الأحجار.....	٧
أ) الحجر الجيري.....	٧
ب)الرخام	٧
(٣) مونة بناء الأساسات	٩

أ) مونة الجبس.....	٩
ب)مونة الجير.....	١٠
ج)مونة القصرمل.....	١٠
د) مونة الحمرة.....	١٠
(٤) الأخشاب	١١
(ز) طرق وأساليب التأسيس والبناء بالقاهرة الإسلامية.....	١١
(١) حرفيي البناء في العصور الإسلامية بالقاهرة	١١
(٢) الحسبة على البنائين.....	١٢
(٣) أساليب التأسيس والبناء.....	١٣
أ) الأساسات.....	١٣
١) التأسيس على تراكيب صخرية (الأساسات الطبيعية).....	١٣
٢) التأسيس على تربة رملية او طينية رخوة او تربة الردم.....	١٤
أ-تعميق التأسيس.....	١٤
ب- طريقة البراطيم الخشبية.....	١٤
ج- طريقة الخوازيق الخشبية.....	١٤
د-طريقة الأساسات المستمرة	١٤
ه-طريقة القيسونات.....	١٤
٣) التأسيس في الوسط المائي.....	١٤
ب) الحوائط	١٥
١) بناء الحوائط بالأحجار.....	١٧
٢) بناء الحوائط بالطوب الآجر.....	١٧
٣) طريقة الصب.....	١٨
ج) الأعمدة والعقود والمقرنصات.....	١٩
د) الأسقف.....	٢٠
١) الأسقف الخشبية.....	٢٠
٢) القباب والأقبية.....	٢٠
ثالثاً: النظم الإنشائية للمباني.....	٢١
(أ) مراحل وطرق الإنشاء.....	٢٢
(١) طرق الإنشاء التقليدية.....	٢٢
أ) الإنشاء بنظام الحوائط الحاملة.....	٢٢
ب)الإنشاء بنظام الهياكل الإنشائية الخرسانية.....	٢٣
(٢) طرق الإنشاء المميكنة.....	٢٣
(٣) طرق سبق التجهيز.....	٢٣
(ب) النظم الإنشائية للأساسات.....	٢٣
(١) المواصفات الرئيسية للأساسات.....	٢٤

(٢) الخصائص التصميمية للأساسات	٢٤
(٣) تصميم الأساسات	٢٥
(٤) تحديد عمق التأسيس	٢٥
(٥) تأثير توزيع ثقل المبنى على التربة	٢٦
(٦) أشكال الأساسات وحلول التأسيس في المباني الأثرية	٢٦
أ) أساسات في التربة الجيدة إلى متوسطة التحمل	٢٦
ب)أساسات على تربة ضعيفة التحمل ذات سمك كبير	٢٧
(٧) أنواع الأساسات من الناحية الهندسية	٢٧
أ) الأساسات السطحية	٢٨
١) الأساسات الشريطية	٢٩
٢) أساسات القواعد المنفصلة	٢٩
أ- القواعد المشتركة	٣١
ب- قواعد الجار	٣١
ج- قواعد معلقة	٣٢
٣) اللبشة (الأساس الحصيرة)	٣٢
٤) أساسات الأعمدة سابقة التجهيز	٣٢
ب) الأساسات العميقة	٣٤
١) الآبار الإسكندرانى	٣٤
٢) الأساسات الخازوقية	٣٤
٣) قيسونات (أنابيب) الأساسات	٣٥
٤) الستائر الخازوقية	٣٩
	٣٩
الفصل الثاني: ظاهرة تدهور أساسات المنشآت الأثرية بالقاهرة الإسلامية	٤٠-٧٩
تمهيد	٤٠
أولاً: عوامل تدهور أساسات المباني الأثرية بالقاهرة الإسلامية	٤٠
(أ) العوامل الميكانيكية	٤٠
(١) العوامل الإستاتيكية..	٤٠
أ) العوامل الإستاتيكية المباشرة.	٤٠
ب)العوامل الإستاتيكية غير المباشرة(العوامل الجيوتكنيكية)	٤١
١) التربة	٤١
١- جيولوجية مدينة القاهرة	٤٢
٢- طبيعة التربة بمدينة القاهرة	٤٢
٣- تأثير التربة على المنشآت	٤٢
١- تغير الشكل لتربة التأسيس	٤٢
٢- التربة ذات المشاكل الهندسية	٤٣

أ. التربة الهوائية	٤٣
ب. تصلب التربة.....	٤٣
ج. التربة الإنتفاشية	٤٣
د. التربة الإنحلالية.....	٤٤
ه. التربة الإنهيارية.....	٤٤
و. التربة الطينية اللينة.....	٤٤
ز. التربة العضوية	٤٥
ح. تربة الردم.....	٤٥
٤- تأثير هبوط التربة على المنشآت الأثرية	٤٥
٥- أنواع هبوط التربة......	٤٦
١-أنواع الهبوط من حيث أسباب الحدوث	٤٦
أ. الهبوط الناتج عن تأثير الأحمال.....	٤٦
ب. الهبوط الناتج عن إختلال بنية تربة التأسيس.....	٤٦
ج. الهبوط الناتج عن المنشآت المجاورة وحفر الأنفاق قرب المنشآت الأثرية..	٤٧
٢-أنواع الهبوط من حيث ميكانيكية الحدوث.....	٤٧
أ. الهبوط الكلي(المتساوي – المنتظم).....	٤٧
١. الهبوط الفوري.....	٤٧
٢. هبوط التصلب.....	٤٨
ب. الهبوط المتفاوت.....	٤٨
ج. الهبوط المفاجئ.....	٤٩
٦- التأثير الجيوتقني للتربة على منشآت القاهرة الإسلامية.....	٤٩
٧- تأثير الهبوط على الهيكل الإنشائي لمنشآت القاهرة الإسلامية.....	٥٠
٢) المياه الأرضية.....	٥١
أ- معامل سريان المياة الأرضية	٥١
ب-حركة المياة الأرضية وخصائصها.....	٥٣
ج-منسوب المياة الأرضية.....	٥٤
د- تأثير المياة الأرضية على أساسات منشآت القاهرة الإسلامية	٥٤
(٢)**العوامل والقوى الديناميكية.**.....	٥٧
أ) الزلازل......	٥٧
١) التأثيرات الجيوتقنية للزلازل.....	٥٨
أ- الهبوط......	٥٨
ب-تلف وتداعي الأساسات.....	٥٩
ج-التسييل.....	٥٩
١-أسباب وميكانيكية حدوث التسييل	٥٩
٢-التنبؤ بالتسييل.....	٦٠
٣-تأثير التسييل على المنشآت وتربة التأسيس..........	٦٠
٢) تأثير الزلازل على النظام الإنشائي لمنشآت القاهرة الإسلامية.....	٦١
أ- التدهور الإنشائي	٦٢
١- التأرجح.....	٦٣

٢- تدهور العناصر الإنشائية وتصدع وإنهيار المباني	٦٣
ب-التدهور غير الإنشائى......	٦٤
ب) الرياح	٦٥
ج) الإنزلاقات الأرضية.....	٦٦
د) الإهتزازات الناتجة عن الماكينات والمواصلات	٦٦
(ب) العوامل الفيزيوكيميائية......	٦٧
أ- الحرارة.....	٦٧
ب- الرطوبة النسبية.....	٦٧
ج- الأمطار والسيول.....	٦٨
د- الملوثات البيئية	٦٨
(ج) العوامل البيولوجية.....	٦٩
(١) تأثير النباتات والأشجار على أساسات المبانى الأثرية	٦٩
(٢) تأثيرالحيوانات والحشرات والكائنات الدقيقة **..**.....	٦٩
(د)التلف البشري.....	٧٠
(١) عدم الوعى بأهمية التراث المعمارى	٧٠
(٢) إقامة منشآت حديثة بجوار المنشآت الأثرية.....	٧٠
(٣) إهمال الصيانة الدورية للمباني الأثرية	٧١
(٤) الحروب والإضطرابات السياسية والأمنية	٧١
(٥) الحرائق	٧١
(٦)السياسة الخاطئة للدولة فى تنفيذ خطط الصيانة للمواقع الأثرية.....	٧٢
ثانياً : أسباب خاصة لتدهور أساسات منشآت القاهرة الإسلامية.....	٧٢
(أ) أخطاء وعيوب التصميم المعمارى وعمليات التشييد	٧٢
(ب) تدهور مواد البناء	٧٣
(ج)تعرض الأساسات لمواد كيميائية ضارة	٧٣
(د) تردى حالة شبكات المياه والصرف الصحى.....	٧٣
(ه) الكثافة السكانية ووجود مصانع وورش بجوار المبانى الأثرية	٧٣
ثالثاً: مظاهر تدهور الأساسات وتأثيرها على إتزان المنشآت الأثرية	٧٤
(أ) مظاهر التدهور الإنشائية	٧٤
(١)تلف وتداعي الأساسات.....	٧٤
(٢)الشروخ	٧٥
(٣) الأزاحة الأفقية لقواعد الأساسات.....	٧٧
(٤)الميول.....	٧٨
(٥)هبوط وتصدع وإنهيار المنشآت الأثرية	٧٨
(ب) مظاهر تدهور مواد بناء الأساسات والعناصر المعمارية الأخرى.....	٧٩

الفصل الثالث: الدراسات الحقلية والمعملية الجيوتقنية لتربة وأساسات المنشآت الأثرية الإسلامية بالقاهرة.	٨٠- ١٣٤
تمهيد.....	٨٠
أولاً : دراسات الوضع الراهن......	٨٠
(أ) الدراسات التاريخية والتحليل المعماري للمبنى الأثري	٨٠
(ب) الرفع والرصد المساحي للمبنى الأثري.....	٨٠
(ج) الرفع المعماري للوضع الراهن	٨٠
(د) التوثيق الفوتوغرافي.....	٨٠
(ه) تحديد طريقة إنشاء المبنى	٨١
(و) التقدير الأولي للوضع الراهن	٨١
ثانياً : الدراسات الجيوتقنية......	٨١
(أ) دراسات التربة......	٨١
(١) البيانات المطلوب توافرها عن تربة التأسيس.....	٨١
(٢) طرق استكشاف التربة.....	٨١
(٣) عينات التربة.....	٨٢
أ) أنواع العينات	٨٢
١) عينات مقلقلة(مخلخلة التركيب).....	٨٢
٢) عينات غير مقلقلة(سليمة).....	٨٢
ب)معالجة العينات	٨٤
(٤) إجهادات التربة	٨٤
(٥) إختبارات وفحوصات التربة.....	٨٤
أ) الفحوصات السريعة للتعرف على نوع التربة.....	٨٣
١) تجربة الرج (قابلية التوسع).....	٨٣
٢) قوة التربة الجافة.	٨٣
٣) القوام عند حد اللدونة.	٨٤
٤) سرعة الترسيب (تجربة الإنتشار).	٨٤
٥) اختبار التشوه بأظافر اليد.	٨٤
ب)الإختبارات المعملية للتربة (إختبارات التصنيف).....	٨٤
١)قوام التربة (حدود أتربرج)	٨٤
٢)مقاومة القص المباشر	٨٤
٣)إختبار الضغط الثلاثي.....	٨٥
٤)إختبار إنهيارية أو إنتفاخية التربة.....	٨٦
٥)إختبار الإنضغاط اللامحصور.....	٨٦
٦)الخواص الطبيعية و الهندسية	٨٦
أ- التدرج الحبيبي.....	٨٦

ب- المسامية :	٨٧
ج- الإمتصاص.....	٨٧
د- محتوى الرطوبة	٨٧
ه- درجة التشبع	٨٧
و- النفاذية	٨٨
ز- الثقل النوعي	٨٨
ح- الإنضغاطية.....	٨٨
ج) الإختبارات الحقلية للتربة.....	٨٨
١) إختبار الإختراق القياسي.....	٨٩
٢) إختبارالإختراق بالمخروط الديناميكي	٨٩
٣) إختبار الإختراق الإستاتيكي بالمخروط الهولندي.....	٩١
٤) إختبار مقياس الضغط.....	٩١
٥) إختبار الديلاتوميتر(مقياس التمدد الحراري).....	٩١
٦) إختبار مقاومة القص	٩٢
٧) إختبار نفاذية التربة بالموقع.....	٩٣
٨) إختبار تحميل اللوح	٩٣
٩) إختبار القص الدوراني.....	٩٤
١٠) ثابت الارتداد الحقلي.....	٩٤
١١) إختبار قوة تماسك الصخر	٩٥
١٢) إختبار الوحدة الوزنية الجافة.....	٩٥
د) الدراسات الجيوفيزيقية.....	٩٥
١) رادار الإختراق الأرضي.....	٩٥
٢) المقاومة الكهربية (الجسات الكهربية)	٩٧
ه) دراسة الخواص الديناميكية للتربة	٩٨
١) الموجات الصوتية:	٩٨
٢) الموجات السيزمية (الزلزالية)	٩٩
١- **أنواع الموجات السيزمية**	١٠٠
١-الموجات الإنضغاطية.	١٠٠
٢-موجات القص.	١٠٠
٣-موجات رايلي.	١٠٠
٤-موجات لف.....	١٠٠
٢- **أهم الطرق الحقلية لدراسة الموجات السيزمية للتربة**	١٠١
١- إختبار الإنعكاس والإنكسار السيزمي	١٠١
٢- إختبارالتحليل الطيفي للموجات السطحية.....	١٠٢
٣- الإختبار السيزمي بالحفر المقطعية.....	١٠٣

٤- الإختبار السيزمي بالحفر السفلية والعلوية.....	١٠٤
٥- طريقة التحليل للموجات الزلزالية الدقيقة.....	١٠٤
٣- **الطرق المعملية لدراسة الموجات السيزمية**.....	١٠٧
١-الإختبار الدوري ثلاثي المحاور.....	١٠٧
٢-إختبار العمود الرنان.....	١٠٧
و) تحديد قدرة التحمل التربة المسموح به لأساسات المباني الأثرية القائمة.....	١٠٨
ز) دراسة التأثير المتبادل بين التربة الإنتفاشية والمنشأ	١٠٨
ح)تحليل وإختبارات تسييل التربة.....	١١٠
١) الطرق المعملية لتقدير تسييل التربة.....	١١٠
أ-إختبار الضغط ثلاثي المحاور الدوري.....	١١٠
ب- إختبار القص البسيط.....	١١٠
ج-إختبار القص الإرتدادي ثلاثي المحاور.....	١١٠
٢)الطرق الحقلية لتقدير تسييل التربة	١١١
أ- تقدير قابلية التسييل بمعلومية مقاومة الإختراق	١١١
ب- إختبار التفجير.....	١١١
ج- إختبار الخازوق الإهتزازي.....	١١١
٣) تقييم التسييل في المستوى الأرضي..	١١١
ط) تقرير إستطلاع الموقع.....	١١١
(ب) دراسات المياة الأرضية.....	١١٢
(١) طرق قياس منسوب المياة الأرضية (البيزومترات)	١١٣
(٢) دراسة الظروف الهيدروكيميائية والجيوكيميائية داخل الموقع الأثري.....	١١٣
(٣) طريقة أخذ عينات المياة الأرضية للتحليل الكيميائي.....	١١٤
(ج) دراسات الأساسات.....	١١٤
(١) البيانات المطلوب توافرها عن الأساسات.....	١١٤
(٢) إختبارات الأساسات.....	١١٤
أ) المجسات (المكاشف)	١١٤
ب)الفحص بالتصوير المقطعي السيزمي ثلاثي الأبعاد.....	١١٥
ج) المسح بجهاز الميكروجرافيمتري.....	١١٥
(٣) تحليل إختبارات الأساسات.....	١١٦
أ) تحديد درجة معامل الأمان الإنشائي للأساسات والمنشأ.	١١٦
ب)حساب قدرة تحمل الأساسات السطحية المعرضة لأحمال مائلة.....	١١٨
ج)حساب توزيع ضغط التلامس تحت الأساسات.	١١٩
د) حساب قدرة التحمل للأساسات.	١١٩
ه) التحليل الإنشائي للأساسات.	١٢٠
ثالثاً: أعمال الرصد.....	١٢٠

(أ) رصد الهبوط	١٢١
(١) التنبؤ بهبوط المنشآت بالقياسات المساحية المتكررة	١٢١
(٢) التنبؤ بهبوط التربة الناتج من الإنهيار بإستخدام الأيدوميتر.....	١٢١
(ب) رصد الشروخ.....	١٢٢
(١) رصد شروخ الأساسات والحوائط بالإستكشاف البصري	١٢٢
(٢) رصد الشروخ بإستخدام فتانات الجبس والشرائح الزجاجية	١٢٢
(٣) جهاز الرصد المتكامل.....	١٢٢
(٤) محددات ميكانيكا الكسر.....	١٢٢
(ج) رصد الميول.....	١٢٣
(د) الدراسات البيئية.....	١٢٣
رابعاً : دراسة الخواص المعدنية والهندسية لمواد البناء.....	١٢٤
(أ) الدراسة البتروجرافية	١٢٤
(ب)طرق التحليل.....	١٢٤
(١) التحليل الطيفي بإستخدام الليزر(LIBS)	١٢٤
(ج) إختبارات الخواص الميكانيكية.....	١٢٥
(١) اختبار الضغط	١٢٥
أ) اختبار الضغط غير المحصور أو أحادي المحور.....	١٢٥
ب)اختبار الضغط المحصور أو ثلاثي المحور.....	١٢٦
ج)ضغط الماء المسامي(Pp)	١٢٦
(٢) إختبار الشد.....	١٢٧
أ) إختبار الشد المباشر (BTS)	١٢٧
ب)إختبار الشد غير المباشر.....	١٢٧
(٣) إختبار القص المباشر	١٢٨
خامساً : تحليل نتائج الإختبارات لتقييم حالة التدهور ودرجة كفاءة العناصر الإنشائية	١٢٨
(أ) التحليل الرقمي وتقييم معاملات الأمان للثبات الميكانيكي للمنشآت الأثرية.....	١٢٩
(ب) التحليل الإنشائي.....	١٢٩
(١) طريقة العناصر المحددة	١٣٠
(٢) طريقة العناصر التطبيقية.....	١٣٠
(ج) التحليل السيزمي للمنشآت الأثرية.....	١٣١
أ) خواص الهيكل الإنشائي أو الخواص والسمات الإنشائية للمبنى	١٣١
ب) النموذج الهندسي أوالتصميم الهندسي للمنشأ.....	١٣١
ج) البارامترات الخاصة بالحدث السيزمي.....	١٣١
أ) أهمية التحليل السيزمي للمنشآت الأثرية.....	١٣١
ب) برامج الكمبيوتر " Codes " المستخدمة للتحليل الديناميكي السيزمي.....	١٣٢
ج) أنواع التحليل السيزمي	١٣٣