



كلية الآداب



جامعة بنها

مجلة كلية الآداب

مجلة دورية علمية محكمة

دراسة مقارنة لتقييم فاعلية المركبات
التقليدية والنانوية في تقوية وحماية العناصر
المعمارية المشيدة من الالبستر المصرى

إعداد

محمود رفاعي 1- سيد حميده 2 – احمد عبد العال 3

1,2 قسم الترميم – كلية الآثار جامعة القاهرة

3- قسم الهندسة المدنية - كلية الهندسة جامعة نجران

اكتوبر 2023

المجلد 60

<https://jfab.journals.ekb.eg>

المخلص:

- يعتبر مسجد محمد علي باشا اكبر مبنى اثرى استخدمت فيه احجار الالباستر المصرى لذا فقد ركزت الدراسة على دراسة العوامل المختلفة المؤثرة على احجار الالباستر المصرى المستخدم كتكسيات داخلية وخارجية بجامع محمد علي باشا بالقلعة (موضوع الدراسة) كلا على حده ومظاهر التلف الناتجة عن كل عامل من هذه العوامل. وينتمي الالباستر المصرى إلى الصخور الرسوبية كيميائية المنشأ وهو صخر مدمج (دقيق المسام) ويشتمل بشكل أساسي على معدن الكالسيت (كربونات الكالسيوم $CaCO_3$) بالإضافة إلى الاكاسيد الحديدية التي توجد كشوائب في ذلك الصخر. وتتكون جدران مسجد محمد علي بالقلعة من الداخل والخارج وكذلك الاكتاف الاربعه الداخلية والاعمده بارتفاع 11مترا ، وأشارت نتائج الدراسه الى ان خصائصه الفيزيائيه مثل متوسط الكثافه 2.70 جرام/سم³ ، ومتوسط امتصاص الماء 0.017% ، ومتوسط المسامية 0.10% ، ومتوسط مقاومة الضغط 581.33 كيلو جرام/ سم²، ومتوسط مقاومه الشد 4.84 ميغا باسكال، ومتوسط الضغط البرازيلي 10.97 ميغا باسكال، ومتوسط سرعه الموجات الفوق صوتيه 5.78 كيلو لكل ثانيه كما تشير نتائج الدراسه الى ان هذه العناصر المعماريه تعاني من التلف الشديد بفعل عوامل التلف أهمها العوامل الاستاتيكيه وخاصه هبوط التربه اسفل المسجد اثناء اعمال الحفر في قاعات قصر الناصر محمد بن قلوون . وأشارت نتائج الدراسه التجريبيه ان العينات المعالجه ب البارلويد B72 ونانو التيتانيوم قد أعطت أفضل النتائج لذلك يوصى باستخدامها في اعمال العلاج والتقويه للابستر المصرى في اعمال الترميم والصيانه للمسجد الاثرى.

المقدمه:-

- اصل الالباستر المصرى وكيفية تكوينه :-

وفيما يخص اصل الالباستر المصرى فقد اعتبرا كلا من إسماعيل وفرج عام 1957م ان الالباستر المصرى هو عباره عن كربونات كالسيوم معاد تبلورها ، حيث ان عملية إعادة التبلور هذه تبدو واضحة على طول الاسطح المستويه المتصدعه الممتدة في المنطقه الموجوده ناحية الشرق من حلوان وقد ذكر El-Hinnawi 1972 ان الالباستر المصرى قد تكون نتيجة لاعادة تبلور الأحجار الجيريه في موقعها وان عملية التحلل والذوبان التي حدثت للأحجار الجيرية تآثرت بالمياه الجوفية المكربنه وعندما اصبح ضغط ثانى أكسيد الكربون منخفضا بدأت كربونات الكالسيوم في عملية التبلور.

ويرى Zaki 1988 ان الالباستر المصرى قد تكون في الغالب عن طريق ذوبان الحجر الجيري الذى يرجع الى منتصف العصر الايوسينى الأوسط بواسطة المياه الجوفية الكربنه ، ثم امتلات الشقوق والتصدعات الموجوده بالحجر الجيرى اثناء عملية الترسيب وذلك هو الأساس في تكون عروق وعدسات الالباستر المصرى ، ومن وجهة نظر الباحث ان الراى القائل بان الالباستر المصرى قد تكون من محاليل محملة بكربونات الكالسيوم ناتجة عن تاثير عمليات الاذابة التي تعرض لها الحجر الجيري نظرا لانه تعرض لفته زمنيه مطيرة اثناء العصر الايوسينى الأوسط والاعلى أدت الى تكوين نطاق كارستى ، حيث ترسبت هذه المحاليل على هيئة طبقات

خارجية مستمرة فوق اسطح كهوف الحجر الجيري ، ثم تعرض الالباستر لتصدعات وانفلاقات ملئت بعد ذلك باكاسيد الحديد والرمل هو الرأي الصحيح

1- مواد النانو وتطبيقاتها في مجال علاج وصيانته الأحجار :-

تعد دراسة توظيف تقنية النانو تكنولوجي (Nano technology) والمواد النانوية المتناهية في الصغر (Nano materials) في ترميم وصيانة الآثار من الدراسات الحديثة نسبياً ، فهناك العديد من الباحثين والمرممين يحاولون إدخال هذه التقنية في هذا المجال بهدف الاستفادة منها في الحفاظ علي الكثير من التراث الحضاري المنقول وغير المنقول ، كما أن إستخدام هذه التقنية في حماية الأبنية الحجرية لا يزال حديث العهد ويحتاج الي تجارب كثيرة وفترات زمنية طويلة للوصول الي النتائج الإيجابية المرجوه بإستخدام هذه التقنية.

وهناك العديد من المواد النانوية التي تم تطبيقها في مجال تقوية الآثار منها:-

- نانو الجير Nano lime :-

الاسم العلمي هو الجير النانوي Nano lime ، حيث تعتمد علي استخدام جسيمات نانو هيدروكسيد الكالسيوم معلقاً في الكحول الأيثيلي أو الكحول الأيزوبروبيلي ، وقد أكدت الأبحاث أن استخدام حبيبات نانو الجير وازافتها للبوليمرات تؤدي لتدعيمها وتحسين خصائصها الميكانيكية مثل الصلادة ومقاومه الخدش والبري وكذلك مقاومه إجهادات الضغط والشد والقص كمايؤدي لزياده قدره هذه الأحجار علي طرد الماء وتصبح أسطح فوق طارده للماء .

- نانو ثاني أكسيد التيتانيوم Nano titanium dioxide :

يعتبر ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2 titanium dioxide) , والمعروف بالتيتانيا أحد الأكاسيد الطبيعيه لمعادن التيتانيوم , وهو مسحوق أبيض اللون عديم الرائحة , غير قابل للأشتعال , غير سام , وله قدره عاليه علي مقاومه الكائنات الحية الدقيقة ومقاومة الأشعه فوق البنفسجية، ويزيد من تحسن الخصائص الفيزيائية والحرارية والضوئية وأستقرار كيميائي وفيزيائي نتيجة للتحكم في التركيب الجزئي والذري للماده , والحصول علي جسيمات نانوية متجانسة وأكثر نقاوه ودقه وشفافية ،كما تصبح ماده فعاله في طرد الأتربة والأتساخات السطحية ومقاومه للفطريات والبكتريا .

- نانو السيلكا Nano silica :

تعتبر السيلكا (SiO_2 ثاني أكسيد السيلكون) , من أكثر المركبات الكيميائية أنتشاراً في الطبيعه , حيث يتواجد في الطبيعه في صورة معدن (الكوارتز quartz) . وقد أثبتت الدراسات العلمية أن استخدام نانو السيلكا SiO_2 Nano في تقوية الأحجار , ساهمت بدور كبير في تحسين الخصائص الميكانيكية والفيزيوكيميائية .

-نبذه تاريخيه عن الالباستريمسجد محمد علي بالقلعه :-

نظرا لأهمية مسجد محمد علي فقد تم ترميمه والاهتمام به من قبل ولاه مصر من بعد محمد علي حيث قام الخديوى عباس الأول فقد امر باتمام اعمال المسجد حيث توفى محمد علي قبل إتمام المسجد ففرش الارضيات بالرخام ونقش الاكتاف واعمال التذهيب بجميع المسجد والكتابات بالقبه ثم امر بفرشة جميعه بالحصر والابسطه وعمل السلاسل النحاسية لتعليق أدوات الاضاءه بها وعددها 418 مصباحا زجاجيا كما امر بان تحضر من الاستانه تركيبه من الرخام الأبيض وكذلك ستر من القطيفه المشغوله

بالذهب لوضعها على المقبره ، اما في عهد محمد سعيد باشا فقد امر بطلاء المقصوره ،اما في عهد الخديوي إسماعيل فقد جدد أبواب المسجد وامر ببناء دوره المياه المجاوره للمسجد ، اما في عهد الخديوي محمد توفيق امر بإصلاح رخام الصحن واعاده كسوه القباب الرصاصيه،

وقد تم ترميم مسجد محمد علي باقلعه في عهد الملك فاروق الأول من خلال لجنه حفظ الاثار العربيه حيث ظهرت بوادر الخلل بالمسجد من شروخ وانفصالات في أجزاء متفرقه من المسجد وكانت من الخطوره بحيث أدت الى القيام بمشروع الترميم الضخم الذى تم تنفيذه بالمسجد حيث عولج بتقويه الاكتاف الاربعه الداخليه بكسوه من الحجر حول كل كتف واحيطت عند مبدأ العقود باحزمه من الحديد الزهر كما تناول الترميم واعمال التقويه أجزاء أخرى من المسجد وكان العامل الأول في حصول الخلل هو عدم كفاية تثبيت اطراف الشدادات الحديدية الرابطة لارجل العقود الاربعه الحامله للقبه الكبيره وعدم وجود شدادات للعقود الصغيره مما ترتب عليه تقطت احجار ارجل العقود تحت حمل القبه الكبيره ودفح العقود للجدران الخارجيه للمسجد فامالها وتم الانتهاء من اعمال الترميم في يناير عام 1939م .

- موقع الجامع :

ويستخلص من وصف القلعه في القرن الثامن الهجرى - الرابع عشر الميلادى ان الجامع أنشئ في قسم ارض القصر الابلق الذى انشاه الناصر محمد بن قلاوون سنه 714هـ - 1314م ،والذى لايزال كثير من مخلفات ابنيته باقيه تحت جزء من صحن الجامع .

ويقول الجبرتي مؤرخ عصر محمد علي في حوادث سنة 1227هـ - 1812م ان الجامع والكشك (سراى الجوهرة) بنيا على رقعته من الأرض كانت مشغولة بسراى القلعه وما اشتملت عليه من أماكن الدواوين ومقعد قايتباى المواجه للداخل الى الحوش ، وديوان الغورى وما ضمه من مجالس للافندية

1-3- تاريخ انشاء الجامع :

وقد وضع أساسه على الصخر سنة 1246هـ - 1830م واختيرت الحجارة الضخمة لبنائه وكانت تربط بكانات من الحديد يسبك حول أطرافها بالرصاص

1-4- وصف المسجد :-

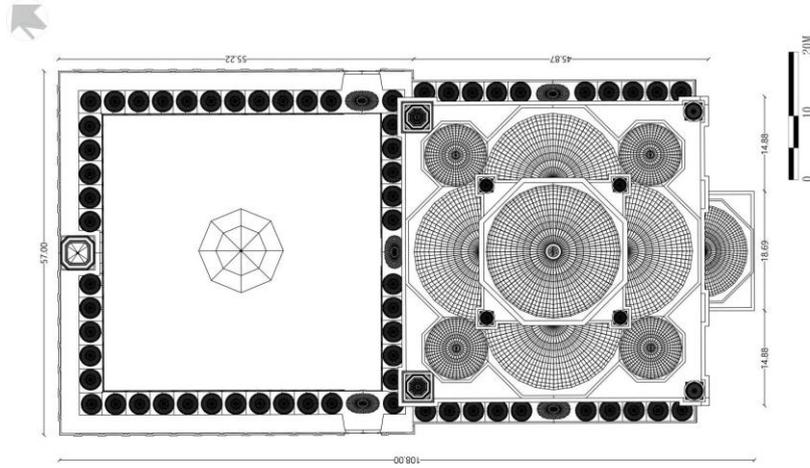
يعد هذا المسجد العظيم بحكم موقعه من اظهر مميزات مدينه القاهره اذ يستطيع كل قادم ان يراه في اول ما يرى منها عند دخوله من ايه جهه من جهاتها وهو بقبابه وماذنه ، وهو مربع الشكل طول ضلعه من الداخل 41مترا تتوسطه قيه مرتفعه قطرها 21مترا وارتفاعها 52 مترا من مستوى أرضية المسجد محموله على اربعة عقود كبيره متكئة أطرافها على اربعة اكتاف مربعه يحوطها اربعة انصاف قباب في كل جهه نصف قبه ، خلاف اربعة قباب أخرى صغيره باركان المسجد ونصف قبه تغطى بروز القبله من الجانب الشرقى ويحازى الجانب الغربى صف من الاعمده المتكئة عليها عقود حامله لسقف دكه المبلغ .

وكسيت جدران المسجد من الداخل والخارج وكذلك الاكتاف الاربعه الداخلية والاعمده بارتفاع 11مترا بالالباستر من

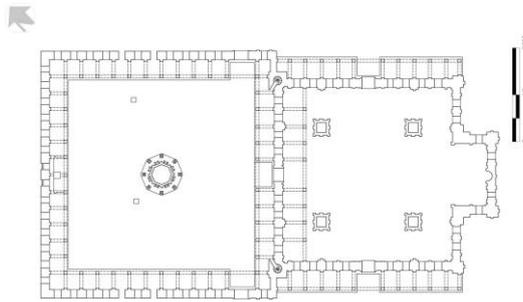
محاجر بني سويف .



صورة 1 توضح منظر جوي لمسجد محمد علي بالقلعة



شكل 1 توضح رسم تخطيطي لمسائط القباب مسجد محمد علي (عمل الباحث)



شكل 2 توضح مسقط أفقي لمسجد محمد علي (عمل الباحث)



صورة 3 توضح الواجهة الجنوبية الشرقية لمسجد
محمد علم



صورة 2 توضح الواجهة الشماليه الشرقيه لمسجد
محمد علم



صورة 5 توضح الواجهة الشماليه الغربيه
لمسجد محمد علم



صورة 4 توضح الواجهة الجنوبيه الغربيه
لمسجد محمد علم

- قام الباحث بإجراء أعمال الرفع والتوثيق للواجهات الخارجيه لمسجد محمد على بالقلعه المشيده من الحجر الجيري والمكسيه بتكسيات من الالباستر بارتفاع 11م كما بالصور.

3- مظاهر التدهور:-

1- ادى تعرض الحجر الى التردد والتباين فى درجات الحرارة اثناء ساعات الليل والنهار الى حدوث شروخ وتشققات وتشوهات خارجية وداخلية فى بنية الحجر نتيجة للتأثيرات الفيزيائية على السطح ، حيث يتعرض سطح الحجر الى اشعة الشمس المباشرة والتي قد تصل الى اكثر من 55° اثناء ساعات النهار فى فصل الصيف والى اقل من 10° اثناء ساعات الليل فى فصل الشتاء ونتيجة للتردد والتباين فى درجات الحرارة ما بين ساعات الليل والنهار يحدث تمدد وانكماش فى بلورة الكالسيت المكون الاساسى لحجر الالباستر المصرى مما يؤدى الى تقطتها وتلف الحجر فى النهاية كما ينتج عن ذلك حدوث شروخ فى التركيب الداخلى للحجر نتيجة لتأثير الضغط الميكانيكى بلورات الحجر .

2- انفصال قشور او صفائح رقيقة او سميكة من سطح الحجر نتيجة لاختلاف تآثر طبقات الحجر بدرجات الحرارة المختلفة كما بالصور (12،13) ويظهر ذلك بوضوح فى الناحية الجنوبية الشرقية من الجامع .

3- حدوث نطق او انفصال الكتل الصخرية الى اجزاء اصغر حجما نتيجة للتمدد والانكماش كما بالصوره رقم (7) .

4- حدوث بهتان لسطح الحجر المعرض بشكل مباشر لاشعة الشمس ، خاصة فى الاجزاء الخارجية كما بالصوره رقم (15) .

5- تشوة فى سطح الحجر وطمس معالمه نتيجة لترسب الاتربة والغبار الصناعى والسناج ونواتج التلوث مما تسبب فى تغير لون سطح الحجر الى اللون البنى او

الاسود بالاضافة الى وجود بعض البقع الحمضية او القلوية التي تؤدي الى صدا سطح الحجر كما بالصورة رقم (18) .

6-تكون قشرة صلبة على السطح الخارجى للحجر تتكون من جزيئات من الفحم وبلورات الجبس وبعض جزيئات الكربون كما بالصورة رقم (14).

7-تسبب تزهير الاملاح على السطح فى حدوث خشونة وفقد السطح لملمسة الناعم المصقول مما سهل من عملية التصاق الاتساخات والأتربة بالسطح كما بالصورة رقم (16،17)

8-ادى تبلور الاملاح داخل الشقوق الموجوده بالحجر الى زيادة اتساع هذه الشقوق نتيجة تاثير التردد والتباين بن درجات الحرارة والرطوبة النسبية مما ادى الى انفصال بعض الاجزاء من الحجر كما بالصورة رقم (9) .

9-استخدام مونات فى عملية استكمال الاجزاء المفقودة ليست من نفس نوع المادة المستخدمة فى عملية التكسية مثل استخدام مونة الجبس والاسمنت كما بالصورة رقم (29) مما ادى الى تاكل اجزاء من التكسيات لان مونة الاسمنت تحتوى على املاح الكبريتات .

10-تشوية منظر التكسيات الموجوده بالجامع نظرا لقيام بعض الزوار بتدوين اسمائهم وتوقيعاتهم على سطح الحجر كما بالصورة رقم (28) وكذلك ترك بعض بقايا الاكل والمشروبات على جدران المبنى مما يؤدي الى تشوية المنظر .

11-تراكم الأتربة والاتساخات على جدران وحوائط الجامع مما ادى الى تشوية المنظر العام للجامع كما بالصورة رقم (19).

12-نتيجة لحدوث هبوط بالتربة ادى الى انفصال بعض التكريبات عن الحائط مما استدعى ادارة الترميم بالمكان الى صلب هذه الاجزاء كما بالصورة رقم (22،23،24،25).

13-بالملاحظة على مدار عامين وجد ان الاجزاء المنفصلة عن الجدران نتيجة لهبوط الارضية مازالت تتحرك رغم عملية الصلب التي حدثت لها مما يدل على خطورة الوضع فى هذه الاماكن ومن الممكن ان تنهار فى اى وقت .



صورة (8-9) توضح تلف وتشققات في تكريبات الأيستر وخاصة في الحواف نتيجة للاحمال وعدم اختيار نوعيه جيده للاحجار المستخدمه

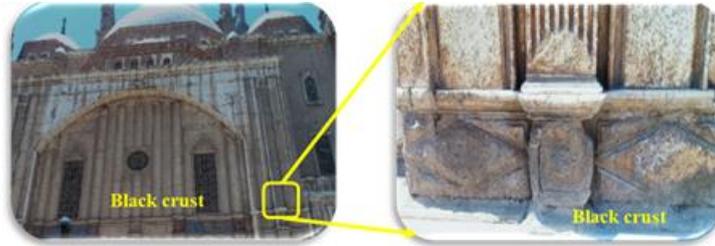
صور (6-7) توضح تشققات في الحجر نتيجة لاحتراقها على اكاسيد الحديد والصلصال والرمل ويتراوح ألوانها ما بين الاحمر والاصفر والاسود



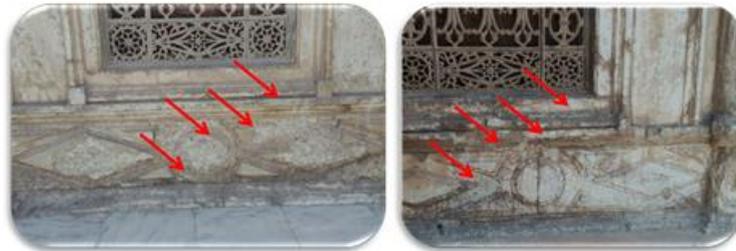
صور (10-11) توضح انفصال التكريبات عن الحائط نتيجة الى صدا كانت الحديد المستخدمه في تثبيت التكريبات عن الحائط نتيجة لتغير حجم الحديد بعد تعرضه



صور (12-13) توضح انفصال حبيبات الحجر واختزال في حجم الحبيبات وحدثت شروخ مختلفه فى الاتجاهات المختلفه



صورة (14-15) توضح تكون قشرة صلب على السطح الخارجى تعرف بظاهرة Black crust



صورة (16-17) توضح تحول حبيبات الحجر الي مسحوقى بفعل فقدانها المادة اللاصقه بين حبيباتها وانفصالها نتيجة دورات الأذى والتلوث للملاح



صورة (18) توضح التلغف الناتج عن الامطار الحامضية وتحول الطبقة السطحية للحجر الي قشرة صلبه سوداء
صورة (19) توضح تكون طبقة من غبار الأتربة والطفله وكاسيد الحديد (الباتينا) باللون البنى على الجزء الداخلى من العمود



صورة (20-21) توضح التلغف الناتج عن الاحمال الزائده في التكسيات الخارجيه من شروخ وانفصالات



صورة (22-23-24-25) توضح شروخ و انفصال التكتسيات الحجرية من الالباستر نتيجة لحدوث هبوط في التربة



صورة (26-27) توضح نمو الأشجار والنباتات بكثرة امام اسوار مسجد كهل على باشا بالقلمه

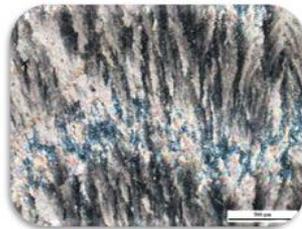


صورة (28-29) توضح التلف البشري وتشويه الاسطح بالكتابة عليها بعض الأسماء نتيجة لظفة الوعي الأثرى وعمليات الترميم الخاطئة عن طريق الاسمنت الأبيض

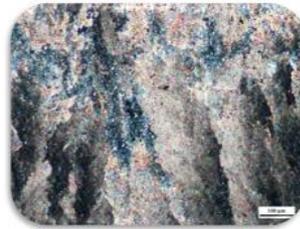
1- الدراسات المعملية:

تمت الدراسة المعملية من خلال الباحث لمعرفة المكونات العينية من الالبستر للوقوف على حاله التلف وقد تمت الدراسة من خلال اجراء الفحوص (الميكروسكوب المستقطب - الميكروسكوب الالكتروني الماسح ESM + EDX) والتحليل (XRD) أ- الدراسات البتروجرافية للالبستر (الميكروسكوب المستقطب) :

تم إجراء الدراسات البتروجرافية في معامل كلية علوم جامعه القاهرة ، وذلك بتحضير شرائح ميكروسكوبية رقيقة (Thin Sections) لعدد خمسة عينات من الالبستر (A1-A5) وذلك لفحصها باستخدام الميكروسكوب المستقطب دلت الدراسات البتروجرافية لعينات الالبستر تتكون أساسا من 70-90% من حبيبات الكالسيت (كربونات الكالسيوم) بالإضافة إلي بعض معادن وتتراوح حجم حبيبات الكالسيت من الحجم الناعم جدا إلي حجم المتوسط و احيانا ذات حجم الكبير . ، هذا بالإضافة الي تواجد أكاسيد الحديد ممثلة بمعدن الهيماتيت والذي تنتشر علي هيئة بقع (لطح) ذات اللون الأحمر ولها حواف محددة وواضحة بالإضافة إلي تواجد بعض بلورات قليلة جدا في أرضية العينة من حبيبات دقيقة من الكوارتز بالإضافة إلي أكاسيد الحديد وغيرها من السليكا الغير متبلورة .



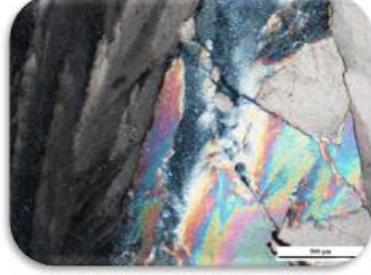
صورة (31) توضح عينة الالبستر تحت الضوء المستقطب
عينه رقم A2



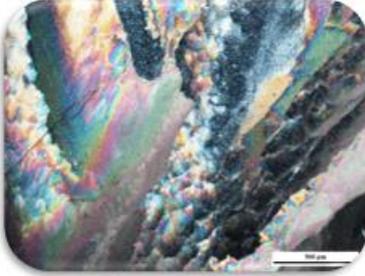
صورة (30) توضح عينة الالبستر تحت الضوء المستقطب
عينه رقم A1



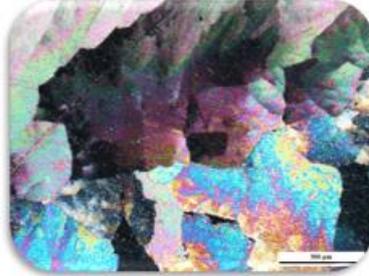
صورة (33) توضح عينه الالبستر تحت الضوء المستقطب
عينه رقم A4



صورة (32) توضح عينه الالبستر تحت الضوء المستقطب
عينه رقم A3



صورة (35) توضح عينه الالبستر تحت الضوء المستقطب
عينه رقم A5

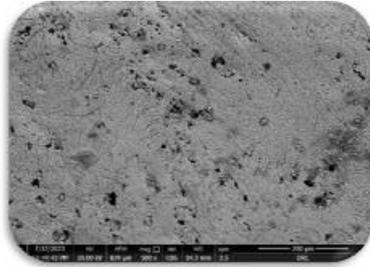


صورة (34) توضح عينه الالبستر تحت الضوء المستقطب
عينه رقم A4

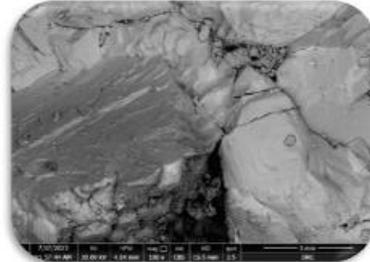
ب-الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح Scanning Electron
Microscope :

هو من أهم الطرق الشائعة الاستخدام في مجال الأثار بشكل واسع حيث له عده استخدامات منها دراسة الملامح المورفولوجيه لسطح العينات وفحص نسيج سطح العينه والتعرف علي درجة التلف وكذلك معرفة وجود أملاح ، وكذلك دراسة المواد المقوية بعد تطبيقها و تعريضها لعوامل التقادم الصناعي .

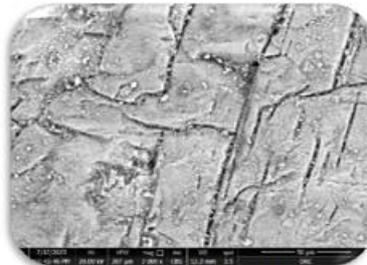
تم فحص عدد ثلثه عينات من الالبستر (B1,B2,B3) وتم فحصها وتحليلها باستخدام SEM المزود بوحده التحليل العنصري EDX بالمركز القومي لبحوث الصحراء بالمطريه.



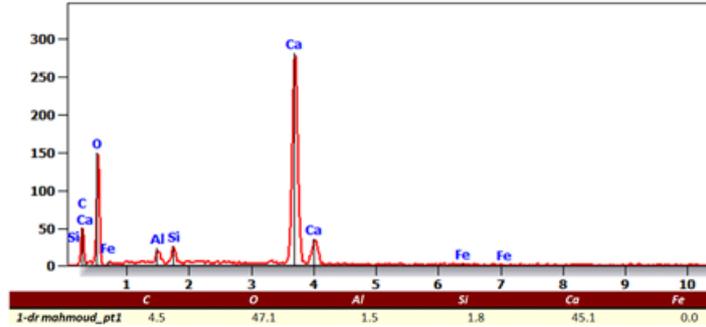
صورة (37) توضح عينة الأيستر بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح بقوة تكبير X500 عينة رقم B2



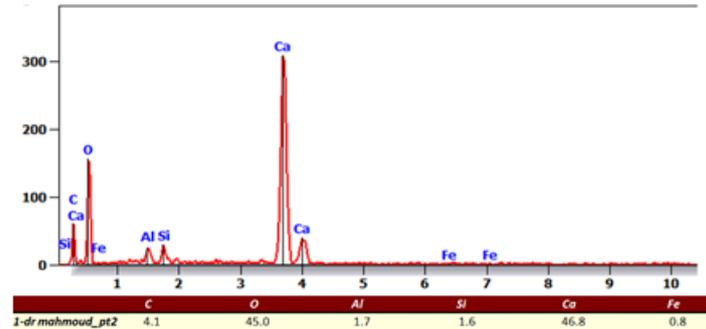
صورة (36) توضح عينة الأيستر بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح بقوة تكبير X100 عينة رقم B1



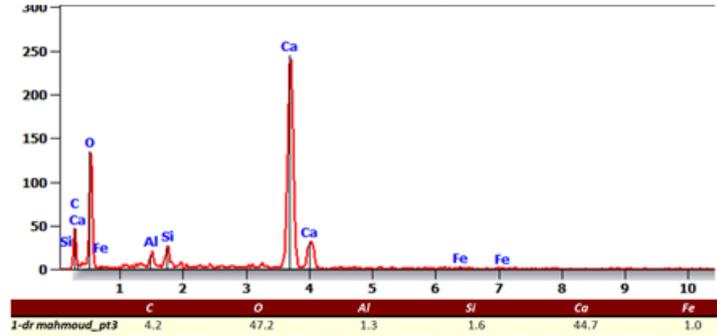
صورة (38) توضح عينة الأيستر بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح بقوة تكبير X2000 عينة رقم B3



شكل 7 يوضح تحليل EDX لعينة الأيستر رقم B1

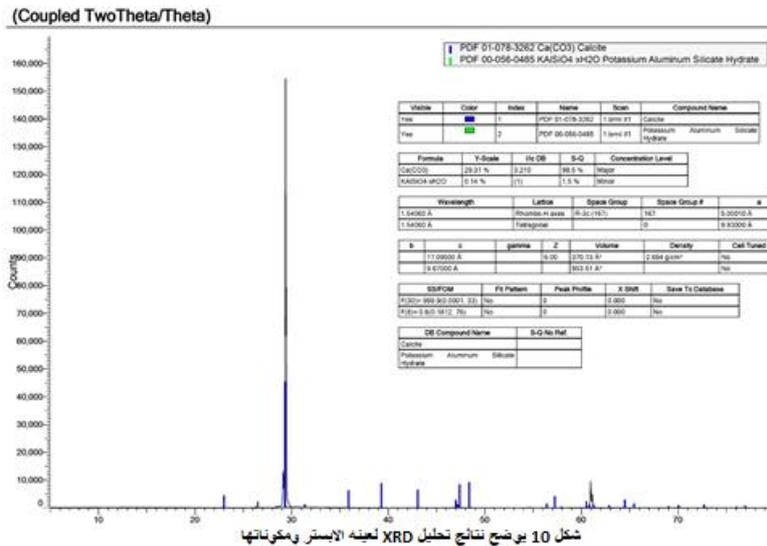


شكل 8 يوضح تحليل EDX لعينة الأيستر رقم B2



شكل 8 يوضح تحليل EDX لعينه الابرستر رقم B3

أ-التحليل بحيود الأشعة السينية للمونات X-ray diffraction : وهو من اهم طرق التحليل المستخدمه في التعرف على المركبات المكونه للاحجار بشكل عام والالبيستر بشكل خاص لمعرفة مكونات الحجر لمعرفة مدى التلف بالالبيستر لوضع استراتيجيه للعلاج .



شكل 10 يوضح نتائج تحليل XRD لعينه الابرستر ومكوناتها

4-الدراسة التجريبية :-

1-4 إعداد العينات :

التكسيات الخارجيه والداخلية المستخدمه في مسجد محمد علي بالقلعة هي من الالبستر المصرى، فقد تم إعداد عدد (33) عينه إسطوانية (طول 5 سم × قطر 2.5 سم) من الالبستر الأثري منهم عدد (30) عينه للتجارب المعملية و عدد (3) عينات مرجعية standard، من اجل التعرف على الخواص الفزيائية والميكانيكيه للالباستر بمسجد محمد علي بالقلعه ومدى فاعليه مواد التقويه التقليديه والنانويه المستخدمه في تحسين هذه الخواص



صورة (39) توضح عينات الالبستر أسطوانية الشكل

تم تجهيز المواد المستخدمه فى عمليات التقوية والحمايه وهي عباره عن بعض مواد التقوية التقليدية متمثله فى (البالوريد ب Baloroyd B72 72 , الفاكر OH100 WACKER) وبعض المواد النانوية المتمثله فى (نانو الجير nano lime , نانو التيتانيوم nano titanium , نانو سيلكا nano silica) . تستخدم المواد النانوية والتقليدية فى صورة منفردة أو مركبة مشتتة فى وسط حامل من الكحول أو النفط المعدني أو الطولوين طبقاً للمادة المستخدمة .

تمت عملية التقوية بطريقة الغمر لمدة 24 ساعة مع استمرار التقليب للمادة المقوية كل 4 ساعات طوال اليوم ، ثم تغليفها لمدة 48 ساعة ، ثم تركها في الهواء لتجف لمدة 21 يوم مع ملاحظته التغيرات باستمرار وتم تقسيم عمليات التقوية علي (3) مراحل كالآتي :

أولاً : إجراء التقوية لعينات الالبستر بمواد التقليدية :

تم عمل عدد (6) عينات لتقوية الالبستر بطريقة الغمر باستخدام (2) مواد تقوية تقليدية وهما (بالوريد ب72 , فاكر OH 100)

1- التقوية باستخدام البالوريد ب 72 paloroyd p72 :

رقم المعالجة	المادة التقليدية	نسبه التركيز	طريقة التقوية	رمز العينه	المذيب المستخدم	عدد العينات
1	البالوريد ب 72 paloroyd B	%5	الغمر	B(1,2,3)	طولوين	3



صورة (41) توضح عينات الالبستر B(1,2,3) وتغليفها لمدة 48 ساعة



صورة(40) توضح مظهر الباليوريد ب72 بتركيز %5 وعده (3) عينات من الالبستر

2- التقوية باستخدام الفاكر OH100Wacker :

رقم المعالجة	المادة التقليدية	نسبه التركيز	طريقة التقوية	رمز العينه	المذيب المستخدم	عدد العينات
2	الفاكر OH100 ←wacker	%5	الغمر	A(1,2,3)	نפט معدني	3



صورة (43) يوضح عينات الإسبر (1,2,3) A وتعليقها لمدة 48 ساعة

صورة (42) يوضح مطول العنبر OH بتركيز 5% وعدة 3 عينات من الإسبر

ثانيا : إجراء التقوية لعينات الالبيستر بمواد النانوية :

تم استخدام (3) مواد تقوية نانوية وهم (نانو سيلكا Nano Silica , نانو جير Nano lime , نانو تيتانيوم Nano titanium)

1- التقوية باستخدام نانو سيلكا Nano silica:

رقم المعالجة	المادة التقليدية	نسبه التركيز	طريقة التقوية	رمز العينه	المذيب المستخدم	عدد العينات
1	نانو سيلكا Nano silica	5%	الغمر	F(1,2,3)	كحول إيثيلي	3
	نانو سيلكا Nano silica	10%	الغمر	G(1,2,3)	كحول إيثيلي	3

2 - التقوية باستخدام نانو جير Nano lime:

رقم المعالجة	المادة التقليدية	نسبه التركيز	طريقة التقوية	رمز العينه	المذيب المستخدم	عدد العينات
1	نانو جير nano lime	5%	الغمر	C(1,2,3)	كحول إيثيلي	3
	نانو جير nano lime	10%	الغمر	D(1,2,3)	كحول إيثيلي	3

3- التقوية باستخدام نانو تيتانيوم Nano titanium:

رقم المعالجة	المادة التقليدية	نسبه التركيز	طريقة التقوية	رمز العينه	المذيب المستخدم	عدد العينات
1	نانو تيتانيوم nano titanium	2.5%	الغمر	H(1,2,3)	كحول إيثيلي	3
	نانو تيتانيوم nano titanium	5%	الغمر	I(1,2,3)	كحول إيثيلي	3



صورة (44-45) توضح محتويات التقوية النانوية بتعزيزها المخطط.

ثالثا : إجراء التقوية لعينات الالبستر بمواد مركبه (مواد تقليدية+ مواد نانويه) :
تم استخدام (2) مواد تقوية نانوية (نانو جير Nano lime , نانو تيتانيوم Nano titanium) مع (2) مواد تقويه تقليدية وهم (بالوريد ب72 , فاكر OH 100)

1- التقوية باستخدام نانو تيتانيوم Nano titanium 2.5% + paloroyd p72
2.5%

رقم المعالجه	الماده التقليديه	نسبه التركيز	طريقة التقوية	رمز العينه	المذيب المستخدم	عدد العينات
1	نانو تيتانيوم nano titanium + بالوريد ب 72 paloroyd B	2.5% 2.5%	الغمر	J(1,2,3)	طولوين	3

2- التقوية باستخدام نانو جير Nano lime 3% + الفاكر OH100Wacker
5% :

رقم المعالجه	الماده التقليديه	نسبه التركيز	طريقة التقوية	رمز العينه	المذيب المستخدم	عدد العينات
1	نانو جير nano lime + الفاكر OH100 wacker	3% 5%	الغمر	E(1,2,3)	نفت معدني	3



صورة (46) توضح عينات الالبستر بعد تمام الجفاف بعد 21 يوم

3- النتائج والمناقشه :-

نتائج الخواص الفيزيائية والميكانيكية لعينات الالبستر بعد عمليات التقوية :

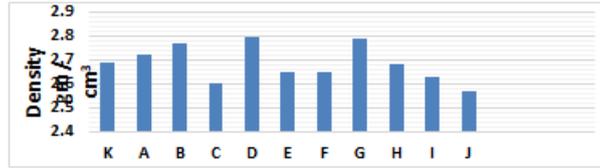
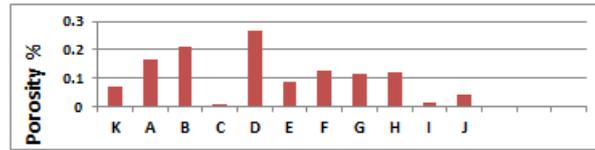
5- 1 الخواص الفيزيائية لعينات الالبستر بعد عمليات التقوية:

code	SAMPLE NUMBER	نوع المعالجه	الحجم (V) سم ³	الوزن المبتل (W2) جرام	الوزن الجاف (W1) جرام	الكثافه (D) جرام/سم ³	المسامية % (A.P)	نسبة الامتصاص % (W.A)
1	K1	stander	29.54	80.3	80.3	2.718348	0.1	0.012
	K2	stander	29.44	80.19	80.18	2.72350543	0.052631579	0.026
	K3	stander	28.54	75.35	75.33	2.6394534	0.057142857	0.019
	المتوسط		29.1733333	78.6133333	78.6033333	2.69376895	0.069924812	0.019
2	A1	OH 5%	28.96	80.21	80.2	2.76933702	0.04761905	0.012
	A2	OH 5%	30.27	80.32	80.3	2.65279154	0.0625	0.024
	A3	OH 5%	29.19	80.33	80.2	2.74751627	0.39393939	0.018
	المتوسط		29.473333	80.286667	80.233333	2.72321494	0.16801948	0.018
3	B1	B72 5%	27.62	75.15	75.14	2.7204924	0.06666667	0.013
	B2	B72 5%	28.84	80.3	80.28	2.78363384	0.06666667	0.024
	B3	B72 5%	28.44	80.2	80.1	2.8164557	0.5	0.0185
	المتوسط		28.3	78.55	78.506667	2.77352731	0.21111111	0.0185
C1	N Lime	29.43	75.84	75.83	2.57662249	0.01190476	0.013	

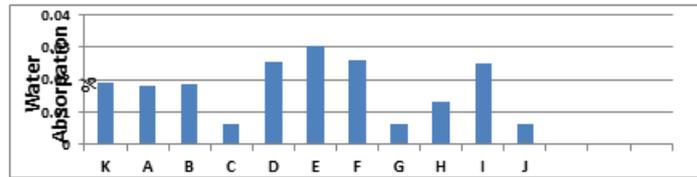
4		5%						
	C2	N Lime 5%	29.43	75.9	75.9	2.57900102	0	0
	C3	N Lime 5%	28.32	75.3	75.2	2.65536723	0	0
	المتوسط		29.06	75.68	75.643333	2.60366358	0.00396825	0.0065
5	D1	N Lime 10%	28.32	75.1	75.07	2.65077684	0.1	0.039
	D2	N Lime 10%	27.32	80.01	80	2.92825769	0.2	0.012
	D3	N Lime 10%	28.32	80.4	80.2	2.8319209	0.5	0.0255
	المتوسط		27.986667	78.50333	78.423333	2.80365181	0.26666667	0.0255
6	E1	OH 5% + N Lime 3%	29.43	80.11	80.08	2.72103296	0.1	0.037
	E2	OH 5% + N Lime 3%	29.32	80.3	80.28	2.73806276	0.06666667	0.024
	E3	OH 5% + N Lime 3%	28.43	80.1	80	2.81392895	0.1	0.0305
	المتوسط		29.06	80.17	80.12	2.75767489	0.08888889	0.0305
7	F1	N Si 5%	28.54	80.02	80.02	2.80378416	0	0
	F2	N Si 5%	29.54	75.94	75.9	2.56939743	0.04255319	0.052
	F3	N Si 5%	29.54	76.3	76.2	2.57955315	0.33333333	0.026
	المتوسط		29.206667	77.42	77.373333	2.65091158	0.12529551	0.026
	G1	N Si 10%	28.43	80.55	80.54	2.83292297	0.01818182	0.013

8	G2	N Si 10%	28.43	80.55	80.55	2.83327471	0	0
	G3	N Si 10%	29.54	80.3	80.2	2.71496276	0.33333333	0.0065
	المتوسط		28.8	80.46666	80.43	2.79372015	0.11717172	0.0065
9	H1	N Ti 2.5%	28.4	75.9	75.88	2.67183099	0.02222222	0.026
	H2	N Ti 2.5%	29.54	80	80	2.70819228	0	0
	H3	N Ti 2.5%	28.43	76.1	76.4	2.68730215	0.33333333	0.013
	المتوسط		28.79	77.33333	77.426667	2.68910847	0.11851852	0.013
10	I1	N Ti 5%	28.45	65.76	65.75	2.31107206	0.01315789	0.015
	I2	N Ti 5%	29.54	85	84.97	2.87643873	0.03	0.035
	I3	N Ti 5%	29.55	80.4	80.4	2.72081218	0	0
	المتوسط		29.18	77.05333	77.04	2.63610766	0.014386	0.025
11	J1	B72 2.5% + N Ti 2.5%	29.55	80.4	80.4	2.72081218	0	0
	J2	B72 2.5% + N Ti 2.5%	29.54	75.36	75.35	2.55077861	0.02777778	0.013
	J3	B72 2.5% + N Ti 2.5%	28.54	70.2	70.2	2.45970568	0.1	0.0065
	المتوسط		29.21	75.32	75.316667	2.57709882	0.0425926	0.0065

جدول رقم (1) يبين نتائج الخصائص الفيزيائية لعينات الالبيستر بعد التقوية

شكل (11) رسم بياني لمعدلات الكثافة الكلية (جم/سم³) لعينات الالبستر بعد التقوية

شكل (12) رسم بياني لنسب المسامية للمسامية لعينات الالبستر بعد التقوية



شكل (13) رسم بياني لنسب المئوية امتصاص المياه لعينات الالبستر بعد التقوية

5-1-2 تحديد وقياس الخواص الميكانيكية لعينات الالبستر بعد التقوية :

تم قياس الخواص الميكانيكية لمواد البناء المعالجة بعد عمليات التقوية لمعرفة الأنسب منها والذي يمكن استخدامه في التطبيق المعمل الحقل وذلك بمقارنتها بالعينات التي لم تتعرض للمعالجات (Standard) .

وقد تمت عمليات القياس والفحص باستخدام طريقتين :

الطريقة الأولى : الفحص بسرعه الموجات فوق الصوتية .

الطريقة الثانية : تحديد مقاومة الضغط و مقاومه الشد اختبار الضغط البرازيلي للعينات المعالجة .

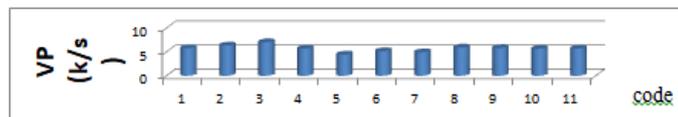
تم تحديد مقاومة الضغط لعينات الطوب الأجر باستخدام جهاز الضغط الرأسي الأحادي بمعامل كلية الهندسة - قسم الهندسة المدنية - جامعة نجران - المملكة العربية السعودية , بمعدل تحميل 6.5 كيلو نيوتن للدقيقة
تم إجراء الأختبارات (سرعة الموجات الفوق صوتيه-الاختبارات الميكانيكية) لعدد (33) عينه من الالبستر , وكانت النتائج كما هي موضحة بالجدول

code	SAMPLE NUMBER	نوع المعالجه	مقاومة الضغط (kg / cm2)	اختبار الضغط البرازيلي (MPa)	مقاومة الشد (MPa)	سرعة الموجات الفوق صوتيه k/sec
1	K1	stander	576	10.87	4.80	5.861664713
	K2	stander	581	10.97	4.84	5.861664713
	K3	stander	587	11.08	4.89	5.627198124
	المتوسط		581.3333333	10.97113208	4.844444444	5.783509183
2	A1	OH 5%	654	12.34	5.45	6.25
	A2	OH 5%	676	12.75	5.63	6.402048656
	A3	OH 5%	687	12.96	5.73	6.326024328
	المتوسط		672.3333333	12.68553459	5.602777778	6.326024328
3	B1	B72 5%	732	13.81	6.10	7.032348805
	B2	B72 5%	725	13.68	6.04	6.983240223
	B3	B72 5%	754	14.23	6.28	7.032348805
	المتوسط		737	13.90566038	6.141666667	7.015979277
4	C1	N Lime 5%	623	11.75	5.19	5.714285714
	C2	N Lime 5%	612	11.55	5.10	5.649717514
	C3	N Lime 5%	610	11.51	5.08	5.714285714

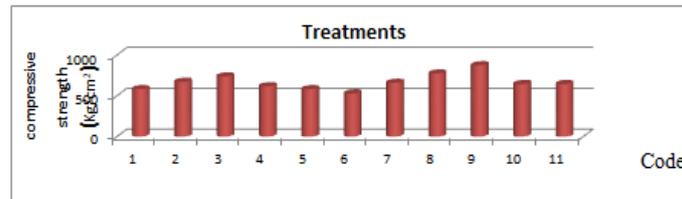
	المتوسط		615	11.60377358	5.125	5.692762981
5	D1	N Lime 10%	567	10.70	4.73	4.178272981
	D2	N Lime 10%	587	11.08	4.89	4.507819687
	D3	N Lime 10%	589	11.11	4.91	4.642525534
	المتوسط		581	10.96226415	4.841666667	4.442872734
6	E1	OH 5% + N Lime 3%	543	10.25	4.53	5.005213764
	E2	OH 5% + N Lime 3%	511	9.64	4.26	5.235602094
	E3	OH 5% + N Lime 3%	533	10.06	4.44	5.224660397
	المتوسط		529	9.981132075	4.408333333	5.155158752
7	F1	N Si 5%	654	12.34	5.45	4.885343968
	F2	N Si 5%	666	11.00	5.55	4.885343968
	F3	N Si 5%	656	12.00	5.47	4.985044865
	المتوسط		658.6666667	11.77987421	5.488888889	4.918577601
8	G1	N Si 10%	676	11.00	5.63	6.049822064
	G2	N Si 10%	876	10.00	7.30	5.841924399
	G3	N Si 10%	767	8.00	6.39	5.861664713
	المتوسط		773	9.666666667	6.441666667	5.917803725
9	H1	N Ti 2.5%	876	9.00	7.30	5.744431419
	H2	N Ti 2.5%	876	8.00	7.30	5.861664713
	H3	N Ti 2.5%	868	9.00	7.23	5.861664713
	المتوسط		873.3333333	8.666666667	7.277777778	5.822586948

10	I1	N Ti 5%	657	10.00	5.48	5.392731536
	I2	N Ti 5%	654	10.00	5.45	5.744431419
	I3	N Ti 5%	621	11.72	5.18	5.861664713
	المتوسط		644	10.57232704	5.366666667	5.666275889
11	J1	B72 2.5% + N Ti 2.5%	745	14.06	6.21	5.861664713
	J2	B72 2.5% + N Ti 2.5%	543	10.25	4.53	5.50996483
	J3	B72 2.5% + N Ti 2.5%	644	12.15	5.37	5.685814771
	المتوسط		644	12.15062893	5.366666667	5.685814771

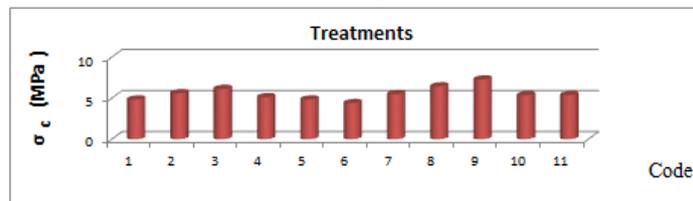
جدول رقم (2) يبين نتائج الخصائص الميكانيكية لعينات الالستر بعد التقوية



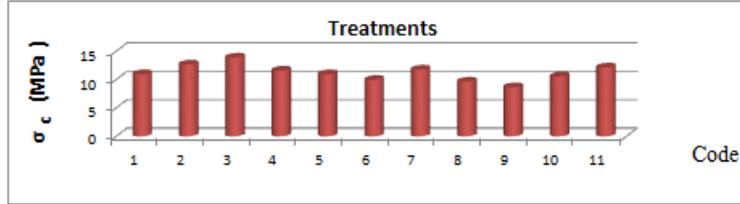
شكل (14) رسم بياني لنتائج الفحص بالموجات فوق صوتية لعينات الالستر بعد التقوية



شكل (15) رسم بياني لنتائج مقاومة الضغط لعينات الالستر بعد التقوية



شكل (16) رسم بياني لنتائج مقاومة الشد لعينات الالستر بعد التقوية



شكل (17) رسم بياني لنتائج اختبار الضغط البرازيلي لعينات الاسترعيد التقوية

2-5 مناقشه النتائج :-

-إتضح من دراسته الخصائص الفيزيائية لعينات الالباستر بمسجد محمد على بالقلعه ،حيث سجلت العينات معدل كثافه يتراوح بين

(2.57-2.8 جرام/سم³)، وسجلت العينات نسبه أمتصاص للماء تتراوح بين (0.0305% - 0.0065%) ، وسجلت العينات نسبه مسامية تتراوح بين (0.26666667%- 0.00396825%) كما بالجدول رقم (1).

-إما بالنسبه لدراسه الخصائص الميكانيكية فتراوحت قيم مقاومه الضغط للعينات المرجعيه standard (576 - 587 kg / cm²) ، بينما تراوحت قيم الفحص بالألتراسونيك للعينات المرجعيه standard ما بين (5.861664713- 5.627198124 k/sec) ، بينما تراوحت قيم اختبار الضغط البرازيلي للعينات المرجعيه standard (10.87 - 11.08 Mpa) ، بينما تراوحت قيم مقاومه الشد للعينات المرجعيه standard (4.80 - 4.89 Mpa).

المراجع

1-و.د.هاملتون وآخرون ، ترجمة محمد فتحى عوض ، المعجم الجيولوجى المصور فى المعادن والصخور والحفريات ، الهيئه المصريه للكتاب ، 1999 .

Aston, B.G., Harrell, J.A. and Shaw, I., Stone, in, ancient -2
Egyptian material and technology, Nicholson. T & show, I.,
.Cambridge university, 2000

Zaki, R.M., Petrological and geochemical studies of som -3
.alabaster rocks in Egypt, 1988

Ewais, G.S., Geological and geomorphologic studies on the -4
limestones, East of Nile Beni-Suef and Minia Governorates,
..Geology dept., Faculty of science, Cairo University, 1990

5- عصام حشمت محمد ، علاج وصيانة الالباستر المصرى المستخدم فى المنشآت
الاثريه ، رسالة ماجستير ، قسم ترميم الاثار ، كلية الاداب بقنا ، جامعة جنوب
الوادى ، 2010 .

Hasan, M.M., et. al, the lower Eocene lime stones and -6
associated Egyptian alabaster and ornamental limestone Mazza
plateau, East Assiut district, Faculty of science, Al-Azhar
.university, 1995

7- بدوى محمد اسماعيل ، عمليات التجوية وتلف الاثار الحجرية الفرعونية القديمة فى
مصر وطرق العلاج والصيانة المقترحة ، بحث غير منشور ، 2005 م .

8- سيد حميده ، الرؤية الهندسية الجيوتقنية التحليلية لمواقع الاثار كمنشآت هندسية
، دار الهاني للتشر والتوزيع، 2010.

9- El Gendi , petrographical and mineralogical studies on some “Egyptian alabaster” occurrences near el minia el gidida , Egypt ., science bulletin, geology, faculty of science, minia university

10-ويليام هـ . ماثيوز ، ترجمة مختار رسمى ، ما هي الجيولوجيا ، الهيئة المصرية العامة للكتاب.

11-محمود احمد ،تاريخ ووصف مسجد المغفور له محمد على باشا الكبير بالقلعه ،وزاره المعارف العموميه ،اداره حفظ الاثار العربيه ،مطبعه دار الكتب المصريه 1939.

12-محمد عبد الهادى ، دراسات علمية فى ترميم وصيانة الاثار الغير عضوية ، مكتبة زهراء الشرق ، 1997.

13-أنور مهران ، توظيف منهجية التشكيل للعناصر المعمارية الحجرية كجزء من منهجية الترميم المعماري والدقيق فى المباني الاثرية تطبيقا علي بعض المنشآت المملوكية والعثمانية بالقاهرة ، رساله ماجستير ، قسم الترميم ، كلية الاثار ، جامعه القاهرة ، 2002.

14-محمد أحمد عبدالله ، أنشاء مباني ورسومات تنفيذية ، الطبعة الثالثه ، مكتبه الانجلو ، 1965.

15-إبراهيم علي عبيدو ، الجيولوجيا الهندسية والخرائط الجيولوجية ، ط3 ، منشأه المعارف الأسكندرية ، 1975.

16-إبراهيم محمد عبدالله ، دراسة علاج وصيانة مواد البناء والعناصر الزخريه بمدينة رشيد، رساله دكتوراه ،قسم الترميم كليه الأثار جامعه القاهرة، 2000.

- 17- محمد بن عتيق الدوسري , التقنية متناهيه الصغر (النانو) , مجلة الأمن والحياة ,
جامعه نايف العربية للعلوم الأمنية , الرياض , 2012 .
- 18- محمود موسي , المستقبل في عصر تكنولوجيا النانو , دار المعارف , القاهرة ,
2009
- 20- عادل العبد الجادر , الثقافة النانوية , مجلة التقدم العلمي , مؤسسة الكويت
للتقدم العلمي , الكويت , العدد 66 , 2009 .
- 21- Kenneth,G,B,Michel,K,B,Engineering Materials ,properties
and selection , pearson, 9th Eidition ,2010 .
- 22- ياسر كمال حنفي , تقييم أسنخدام المركبات النانوية متعددة الوظائف في حماية
الأثار الجرانيتية مع التطبيق العلمي علي نموذج مختار ,دكتوراه ,قسم ترميم , كلية
الاثار , جامعه القاهرة , 2016
- 23- فتح الله الشيخ , محمود مرسي , قصة النانو تكنولوجياي , حاضرها ومستقبلها ,
المكتبة الأكاديمية , الطبعة الأولى , 2009 .
- 24- Jain, N., Bhargava, A., Majumdar, S., Tarafdar, j. and
Panwar, J., Extracellular biosynthesis and characterization of
silver nanoparticles using Aspergillus flavus NJP08: A
.mechanism perspective nanoscale, Vol. 3 (2), 2011
- 25- نهى علوى الحبشى: ماهى تقنية النانو؟ , الطبعة الاولى , وزارة الثقافة
والاعلام, المملكة العربية السعودية, 2011

Moritz,M,G,Geszke-Mortiz, M , the newest achievements in -26
synthesis , immobilization and praztical applications of
antibacterial nanoparticales ,chemical Engineering journal,2013,
.vol .228

Baglioni.p., Giorgi.R.,Chelazz.D, Nano-materials for the -27
conservation and preservation of movable and immovable art
works progress in cultural heritage preservation-Euromed
. ,SAGE journals, 2012

D'Armada,p., Hirst.E, Nano lime for consolidation of plaster -28
.and stone ,journal of architectural conservation,2012

Daniele.V.,Taglieri.G., Nanolime suspensions applied on -29
natural lithotypes: the influence of concentration and residual
water content on carbonation process and on treatment
. effectiveness in journal of cultural heritage 11 , 2010

Chelazzi.D,Poggi.p.,Jaidar.y.,Toccafondi.N.,Giorgi.R.-30
,Baglioni.p.,Hydroxide nanoparticles for cultural heritage:
consolidation and protection of wall painting and carbonate
. maerials journal of colloid and interface science 392 , 2013

Daehne.A, Herm.C ,Calcium hydroxide nanosols for the –31
consolidation of porous building materials – results from EU–
. Stone core, Springer ,2013

Borsoi.G, Lubelli .B, van Hees .R , Veiga .R , Santos Silva –32
.A,Understanding the transport of nanolime consolidants within
.Maastricht limestone, journal of cultural heritage , Elsevir,2016

Bergamonti, L , Alfieri , I , Lorenzi ,A,Mmontenero –33
,A,Predieri ,G , Barone ,G,Mazzoleni,P, Pasquale
,S,Lottici,p,2013 Nanocrystalline tio2 by sol–gel ,
characterization and photocatalytic activity on modica and
. comiso stones , Applied surface science ,Elsevir , vol 282

www.marble.com/wncyclopedia/20/titanium–dioxide,friday , –34
.22/1/2016,5.30pm

35–نور الدين صالح بشينة , الخواص التطبيقية لثاني أكسيد السيلكون من الرمال
الي التقنيات المتقدمه , المجله الجامعه , العدد السابع عشر , المجلد الثاني , 2015

Hemeda. S. 3D finite element coupled analysis model for –36
geotechnical and complex structural problems of historic

masonry structures: conservation of Abu Serga church Cairo
.Egypt. Herit Sci. 2019; 7:6

Ahmed, S., Hemed, S., Moustaph, H., Muhammet, T., -37
Mamoun, M., Abdusalam, U. (2019) CT Scanning and MATLAB
Calculations for Preservation of Coptic Mural Paintings in
.Historic Egyptian Monasteries. Scientific Reports

Hemeda. S., A. Sonbol. Sustainability problems of the Giza -38
pyramids. Herit Sci. 2020

Hemeda. S, K. Pitlakis. Serapeum temple and the ancient -39
annex daughter library in Alexandria, Egypt: geotechnical-
geophysical investigations and stability analysis under static and
seismic conditions. Eng Geol. 2010

Ahmed, S., Hemed, S., Moustaph, H., Muhammet, T., -40
Mamoun, M., Abdusalam,u.(2023) Non-destructive testing of
nano-silica for enhancing the durability of limestone structures
in the valley of the kings, luxor, Egypt

Summary:-

The Mosque of Muhammad Ali Pasha is considered the largest
archaeological building in which Egyptian alabaster stones were
used. Therefore, the study focused on examining the various

factors affecting the Egyptian alabaster stones used as internal and external cladding in the Muhammad Ali Pasha Mosque in the Citadel (the subject of the study), each separately, and the manifestations of damage resulting from each of these factors Egyptian alabaster belongs to sedimentary rocks of chemical origin. It is a compact rock (fine-pores) and mainly contains the mineral calcite (calcium carbonate $CaCO_3$), in addition to the iron oxides that are found as impurities in that rock. The walls of the Muhammad Ali Mosque in the citadel consist of the interior and exterior, as well as the four interior shoulders and columns. The results of the study indicated that its 11 meters high physical properties such as the average density is 2.70 grams/cm³, the average water absorption is 0.017%, the average porosity is 0.10%, the average compressive strength is 581.33 kg/cm², the average tensile strength is 4.84 MPa, the average Brazilian pressure is 10.97 MPa, and the average speed of ultrasonic waves is 5.78 kilometers per second. The results of the study also indicate that these architectural elements suffer from severe damage due to damage factors, the

most important of which are static factors, especially the subsidence of the soil under the mosque during excavation work .in the halls of Al-Nassir Muhammad bin Qalun Palace

The results of the experimental study indicated that the - samples treated with barloid B72 and Nano-titanium gave the best results. Therefore, it is recommended to use them in the treatment and strengthening works of the Egyptian abbreviation .in the restoration and maintenance work of the ancient mosque