دراسة تجريبية لإستخدام بعض المواد النانوية في ترميم وصيانة الشرافات الآجرية الحاملة للزخارف في المباني الأثرية بمدينة القاهرة

An Experimental Study of the use of Some Nanomaterials in the Restoration and Conservation of Decorated Brick Battlements in Archaeological Islamic Buildings in Cario

أ.د / محمد كمال خلاف

أستاذ ترميم الآثار- قائم بأعمال عميد كلية الآثار ووكيل الكلية لشئون التعليم والطلاب - جامعة الفيوم

Prof. Mohamed Kamal Khalaf

Professor at the Department of Restoration and Vice Dean for Education and Student Affairs Faculty of Archaeology Fayoum University

mkk00@fayoum.edu.eg

أ.د أحمد علي أحمد فرغلي

أستاذ علوم المواد وتكنولوجيا النانو - عميد كلية الدراسات العليا للعلوم المتقدمة - جامعة بني سويف

Prof. Ahmed Ali Ahmed farghali

Professor of Materials Science and Nanotechnology Dean / Faculty of Graduate Studies for Advanced Sciences - Beni Suef University

ahmedfarghali@gmail.com

الباحث/ محمود حسين رمضان

أخصائي ترميم آثار

Researcher.Mahmoud Husein Ramadan

Restorer of Antiquities

mh1622@fayoum.edu.eg

ملخص البحث

i

يهدف البحث إلي دراسة أثرية و تقنية للشرافات الآجرية الحاملة للزخارف في المباني الأثرية الإسلامية بمدينة القاهرةii ويتضمن دراسة الشرافات الأجرية الحاملة للزخارف السطحيةiiiفي منطقة القاهرة التاريخية.تاريخ الشرافات الأجرية وتعريفها والغرض منها ونشأتها وأهم تطوراتها المعمارية التي مرت بها الشرافات الأجرية وطرزها والعناصر التي تتكون منها وزخارفها وأيضاً تناول مادة الصنع من (الأجر) وطرق الصناعة ومراحلها وتمت الدراسة التجريبية التي تناولت المقارنة بين عدة مواد منها (نانو كربونات الكالسيوم,نانو أكسيد الكالسيوم, نانو السيلكا) تم إستخدامها بتركيزاتها المختلفة وهي ٣%,١% وذلك بهدف الوصول إلي أفضل المواد والتركيزات ذات الكفاءة العالية في مقاومة الرطوبة وقد أعطت مادة نانو كربونات الكالسيوم بتركيز ٣% أفضل النتائج في تقوية ومعالجة الزخارف السطحية.iv

الكلمات المفتاحية

المباني الأثرية في القاهرة التاريخية - الشرافات الأجرية الحاملة للزخارف السطحية - الطوب الأجر - مظاهر التلف - المواد النانوية.

Abstract

The research aims at an archaeological and technical study of the brick battlements decorations in the islamic archaeological buildings in Cairo and includes a study of the brick battlements

surface decorations in historical Cairo area. The history of the brick battlements, their definition, purpose, origin, and the most important architectural developments that the brick battlements went through, their styles, the elements that make them up, and their decorations and also dealt with the manufacturing material from (brick) manufacturing methods and stages and an experimental study was conducted that dealt with the comparison between several materials Including (nano calcium carbonate, nano calcium oxide, nanosilica) that were used in their different concentrations which are 3% 1% in order to reach the best materials and concentrations with high efficiency in resisting moistur. Nano calcium carbonate with a concentration of 3% gave the best results in strengthening and treating surface decorations.

Key words

Archeological buildings in Historic Cairo - Brick battlements surface decorations - Brick - Damage manifestations - Nanomaterials .

المقدمة

تعتبرالشرافات من العناصر الهامة في العمارة الإسلامية وقد أستخدمت الشرافات أعلي جدران المساجد والمدارس في العمائر الإسلامية وكان الغرض الوظيفي للشرافات عنصر معماري دفاعي وأيضاً كان لها غرض فني وجمالي ، والشرافات عبارة عن صف أفقى من الحليات الزخرفية التى توضع بجوار بعضها عند نهاية الشئ أو حافته وهى عادة تتوج واجهات العمائر المدنية والدينية المختلفة سواء من الداخل أو من الخارج ما أتخذ الكثير من الزخارف سواء علي شكل الورقة النباتية الثلاثية أو الورقة النباتية الخماسية،وتكون من الحجر أو الطوب أعلى العمائر مثل السور أو من الخشب مثل المنبر، أو المعدن المصفح للأبواب أستعملت الشرافات لتتويج الواجهات قبل الإسلام في مبانى الأشوريين والإيرانيين كذلك أستعملها الرومان فوق الحصون وتطورت الشرافات عبر العصور من العصر العباسي والفاطمي وكانت تأخذ الشكل المسنن ثم تطورت في العصر الأيوبي والمملوكي وأخذت الشكل المورق والمسنن حتي العصر العثماني إلي جانب ذلك كان للشرافات غرض ديني ففي بعض المنشأات المعمارية كان الغرض منها الإبتهال والدعاء. والشرافات تنوعت في مواد تشكيلها فقد تم تشكيلها من الأحجار وكذلك من الطوب الآجر ومنها ما تم تشكيله من الآجر ذات طابع إسلامي خاصة الزخارف الإسلامية النباتية المحورة عن الطبيعة وقد تميزت العمائر المملوكية في مصر بإستخدام شرافات آجرية وتوجد منها نماذج تحمل زخارف مختلفة وقد تعرضت هذه الشرافات الآجرية ذات الزخارف الموجودة في نهاية الجدران من أعلي إلي التلف والتدهور بفعل تأثير التربة بما تحمله من أملاح علي الجدران الحاملة للشرافات الأجرية ثم التلف المتبادل بين الطوب الأجر والزخارف المحمولة عليها بفعل عوامل التلف المختلفة ومن مظاهر التلف التي ظهرت في هذه الشرافات حدوث شروخ وتشققات في الشرافات الآجرية وما تحمله من زخارف كما أدت الأملاح إلي حدوث تلف في الزخارف السطحية وتأكلها كذلك نتج عن التلف المتبادل بين الأجر والزخارف تقوس في الزخارف السطحية وبالتالي إنفصال طبقاتها عن الآجر الحامل لها أيضاً حدث فقد كامل وجزئي في الشرافات الأجرية نتيجة لضعف التربة الذي نتج عنه ضغوط علي الجدران الحاملة للشرافات الأجرية مما نتج عنها ضعف في قوالب الأجر

الحاملة للزخارف كما حدث تبلور الأملاح علي سطح الزخارف الأجرية نتيجة لإرتفاع منسوب الرطوبة وتسبب وجود شروخ في الطوب الأجر أسفل الزخارف تصدع في الزخارف وكذلك تسبب الفقد في طبقات المونة نتيجة تأثير الرطوبة علي الجدران الحاملة للشرافات الآجرية،ولذلك يهدف البحث إلي عمل الفحوص والتحاليل وعمل دراسة تجريبية لتقييم تأثير المواد المستخدمة في علاج وصيانة الشرافات الأجرية الحاملة للزخارف السطحية وتم ذلك علي نماذج مشابهة من حيث التكوين والتركيب والتشكيل للشرافات الآجرية الحاملة للزخارف المختارة.

صوره (١) توضح شرافة مسننة مسجد الطنبغا المارداني صورة بواسطة الباحث الباحث

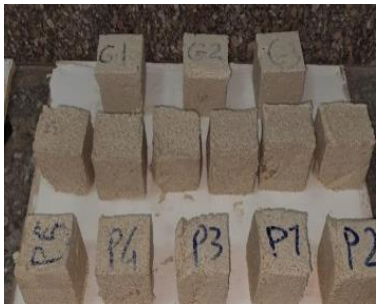
أ - الدراسة التجريبية The experimental study

تمت هذه الدراسة علي عينات تجريبية مماثلة بقدر الإمكان لمكونات الأثر لضمان صحة النتائج.

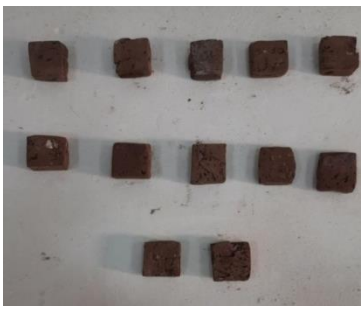
ب - إعداد العينات preparing the samples

تم عمل عينات تجريبية كما توضح الصورة (٢) (٣) من مونة الرمل علي شكل مكعبات أبعادها ٥سم x٥سم x ٥سم والتي تتكون من نسب متفاوتة من الجير والرمل ونسبة ضئيلة من الجبس مع إضافة بعض من مواد النانو التي تم إستخدامها في تقوية العينات مثل مادة نانو كربونات الكالسيوم ٣% ونانو أكسيدالكالسيوم٣% ونانو السيلكا ١ % مع بارالويد B72 ونانو سيلكا ٣% مع بارالويد B72 وتطبيق عينات بإستخدام كلوسيل جي وإستخدام بريمال A33,المونات التي يتم عليها الدراسات التجريبية توضح الصورة (٤) عينات من الطوب الأجر من مسجد الطنبغا المارداني بمنطقة الدرب الأحمر.

صوره (٢) توضح صب عينات من المونات التي يتم عليها الدراسات التجريبية



صورة (٣) توضح مكعبات من العينات التي تم إعدادها للإستخدام في الدراسة



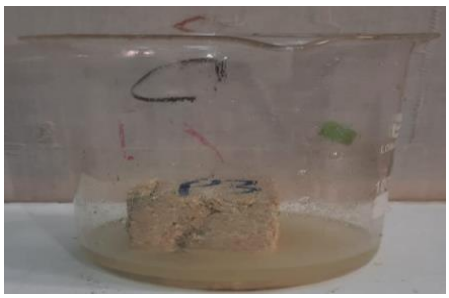
صورة رقم (٤) توضح عينات من الطوب الأجر بعد تجهيزها للدراسة

ج - عملية المعالجة للمونات

عملية التقوية من أهم عمليات العلاج والصيانة للمونات المستخدمة في الشرافات الأجرية الحاملة للزخارف لأنها تحسن خواصها وتمنحها ثبات عالي للعوامل البيئية المحيطة ولذلك يراعي في مواد التقوية أن تكون مناسبة للأثرلذلك تم أختيار مادة نانو السيلكا بتركيز ٣% مع بارالويد B72 وتم إستخدام نانو السيلكا بتركيز أخر ١% مع بارالويد B72 كما تم إستخدام مادة أخري من مواد النانو وهي مادة كربونات الكالسيوم بتركيز ٣% وتم إستخدام نانو أكسيد الكالسيوم بتركيز ٣%. لتطبيقة علي مادة الأثر.

ء- تطبيق مواد التقوية Application of consoldation materials

بعد تحضير مواد التقوية تم تطبيقها علي المكعبات التي تم تجهيزها بواقع مكعبين لكل مادة وقد تمت عملية التقوية بالغمر في مادة التقوية لمدة ثلاث دورات متتالية ثم تركت العينات لمدة شهر لإتاحة الفرصة لإتمام عملية البلمرة الكاملة وتوضح الصور التالية إتمام عملية التقوية كما توضح الصورة (٦) غمر العينة (P3) وهي إحدي العينات المغمورة في مادة التقوية من نانو كربونات الكالسيوم التي تعتبر من أفضل المواد المقوية التي تم إستخدامها في تقوية العينات.



صوره (٥) توضح غمر العنية P3 إحدي عينات المونات في مواد التقوية

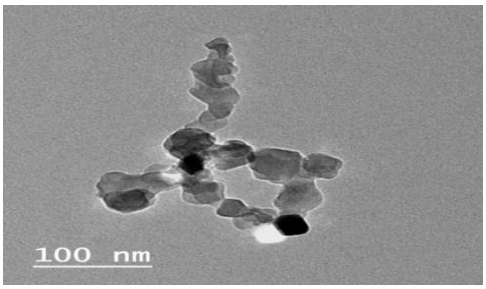
صوره (٦) توضح غمر عينة أخري من إحدي عينات المونات في مواد التقوية

١) مواد التقوية التي تم إستخدامها في عمليات التقوية والتي أعطت نتائج جيده في المعالجة

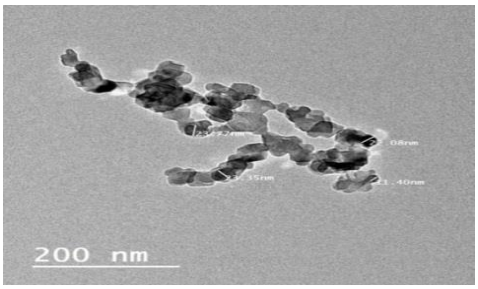
أ- مادة نانو السيلكا Nano SiO2

ب- مادة نانو كربونات الكالسيوم Nano CaCO3

ج- نانو أكسيد الكالسيوم Nano CaO



صورة رقم (٧) توضح فحص مادة نانو كربونات الكالسيوم بإستخدام الميكروسكوب الإلكتروني النافذ



صورة رقم (٨) توضح فحص مادة نانو أكسيد الكالسيوم بإستخدام الميكروسكوب الإلكتروني النافذ

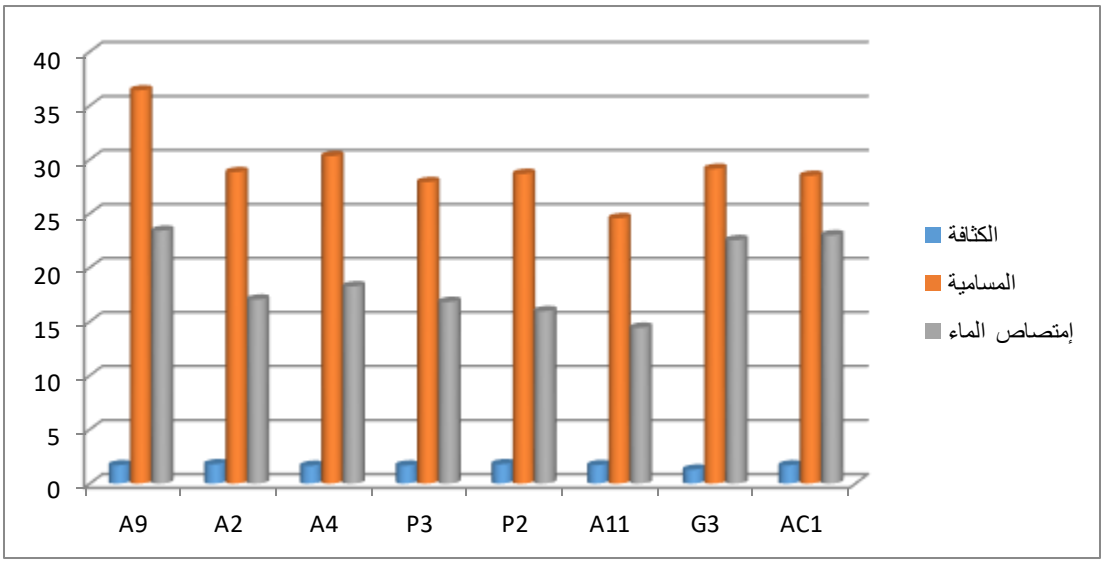
ه - قياس الخواص الفيزيائية والميكانيكة

جدول (١) يوضح المكونات الأساسية للمونات بإضافة المواد النانوية المختلفة التي أستخدمت في التقوية

رقم العينه	جير	رمل	جبس	نانو كربونات كالسيوم ٣ %	نانو أكسيد كالسيوم ٣ %	نانو سيلكا ١ % + بارالويد B 72	نانو سيلكا ٣ % + بارالويد B 72	كلوسيل G	بريمال A33
A9	٤	٢	١	–	–	–	–	–	–
A2	٤	٢	١	–	٠.٥	–	–	–	–
A4	٤	٢	١	٠.٥	–	–	–	–	–
P3	٤	٢	١	–	–	٠.٥	–	–	–
P2	٤	٢	١	٠.٥	٠.٥	–	-_	–	–
A11	٤	٢	١	٠.٥	٠.٥	–	–	–	–
G3	٤	٢	١	–	–	–	–	٠.٥	–
AC1	٤	٢	١	–	–	–		–	٠.٥

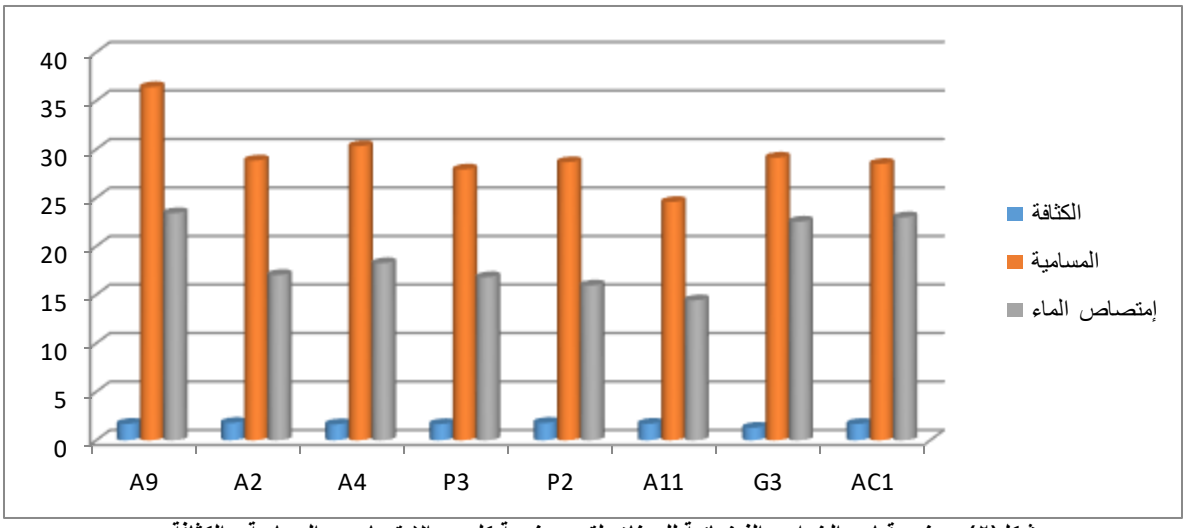
تم قياس متوسط درجات الكثافة والمسامية ونسبة إمتصاص للماء للإستفادة بها فى تحديد أفضل الشرافات ذات الخواص المناسبة ومن خلال الجدول التالي يوضح المكونات الأساسية للعينات ومن خلال الجدول التالي تم الحصول علي نسبة كل من الكثافة والمسامية والإمتصاص وذلك تم من خلال الدراسة التجريبية التأكد من أفضل المواد النانوية التي أثبتت مدي فاعليتها في عملية التقوية والمعالجة والتي طبقت علي العينة رقم (P2) والتي تمت معالجتها وتقويتها بإستخدام مادة نانو كربونات الكالسيوم بنسبة 0.5 بتركيز ٣% مع أكسيد الكالسيوم 0.5 بتركيز ٣% والعينة (A11) والتي تم تقويتها ومعالجتها بإستخدام 0.5 نانو كربونات كالسيوم ٣% .

شكل (١) يوضح قياس الخواص الفيزيائية لكل عينة من العينات لتحديد نسبة كل من الإمتصاص والمسامية والكثافة



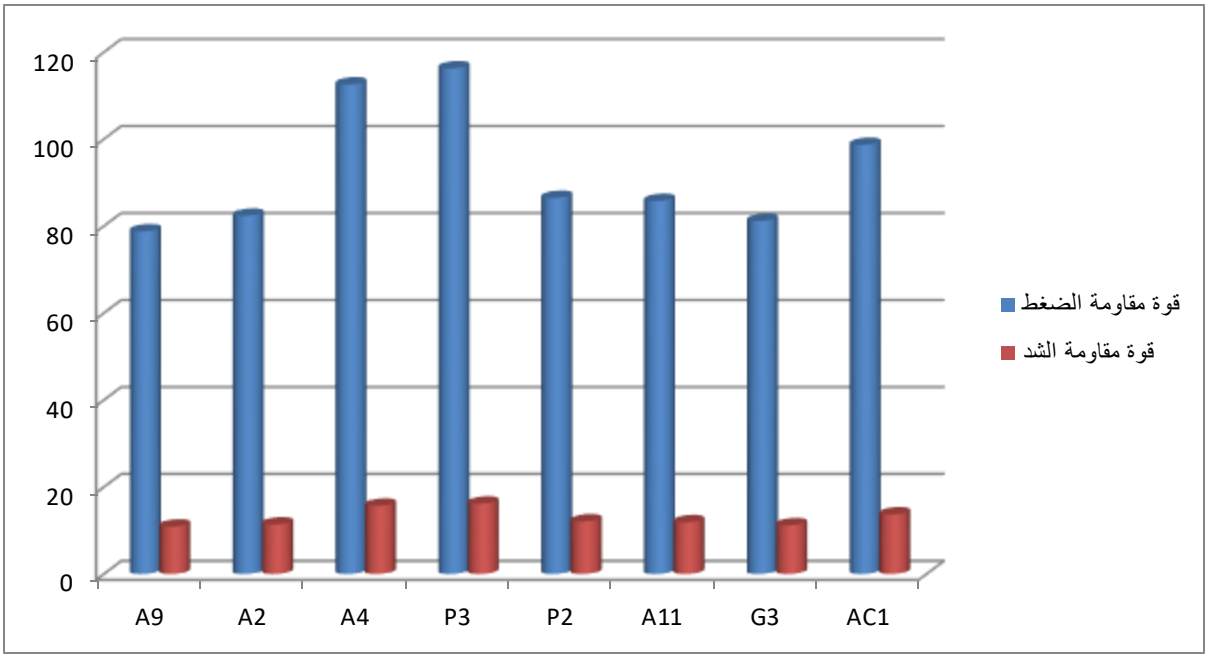
رقم العينة	مكونات العينة	الكثافة (D) جم / سم ٣	المسامية (p) %	الإمتصاص (W) %
A9	عينة قياسية (٤ أجزاء جير + ٢جزء رمل + جزء جبس)	١,٦٩	٣٦,٤١	٢٣,٤١
A2	٤ أجزاء جير + ٢جزء رمل + جزء جبس + نصف جزء نانو أكسيد كالسيوم ٣ %	١,٧٩	٢٨,٨٤	١٧,٠٤
A4	٤ أجزاء جير + ٢جزء رمل + جزء جبس + نصف جزء نانو سيليكا ١ % + بارالويد ب ٧٢ تركيز ٣ %	١,٦٤	٣٠,٣٢	١٨,٢٦
P3	٤ أجزاء جير + ٢جزء رمل + جزء جبس + نصف جزء نانو سيليكا ٣ % + بارالويد ب ٧٢ تركيز ٣ %	١,٦٦	٢٧,٩٢	١٦,٨٢
P2	٤ أجزاء جير + ٢جزء رمل + جزء جبس + نصف جزء نانو أكسيد كالسيوم ٣ % + نصف جزء نانو كربونات كالسيوم ٣ %	١,٧٩	٢٨,٦٧	١٥,٩٦
A11	٤ أجزاء جير + ٢جزء رمل + جزء جبس + نصف جزء نانو كربونات كالسيوم ٣ %	١,٧٠	٢٤,٥٧	١٤,٤٣
G3	٤ أجزاء جير + ٢جزء رمل + جزء جبس + كلوسيل G ٣ %	١,٢٩	٢٩,١٤	٢٢,٤٥
AC1	٤ أجزاء جير + ٢جزء رمل + جزء جبس + بريمال AC 33 ٣ %	١,٦٨	٢٨,٥٠	٢٢,٩٩

جدول (٢) يوضح قياس الخواص الفيزيائية للمونات لتحديد نسبة كل من الإمتصاص والمسامية والكثافة



شكل(٢) يوضح قياس الخواص الفيزيائية للمونات لتحديد نسبة كل من الإمتصاص والمسامية والكثافة

تم قياس متوسط درجات الكثافة والمسامية ونسبة إمتصاص للماء للإستفادة بها فى تحديد أفضل الشرافات ذات الخواص المناسبة ومن خلال الجدول التالي يوضح المكونات الأساسية للعينات ومن خلال الجدول التالي تم الحصول علي نسبة كل من الكثافة والمسامية والإمتصاص وذلك تم من خلال الدراسة التجريبية التأكد من أفضل المواد النانوية التي أثبتت مدي فاعليتها في عملية التقوية والمعالجة والتي طبقت علي العينة رقم (P2) والتي تمت معالجتها وتقويتها بإستخدام مادة نانو كربونات الكالسيوم بنسبة 0.5 بتركيز ٣% مع أكسيد الكالسيوم 0.5 بتركيز ٣% والعينة (A11) والتي تم تقويتها ومعالجتها بإستخدام 0.5 نانو كربونات كالسيوم ٣% .



جدول (٣) يوضح قياس الخواص الميكانيكية للمونات لتحديد قوة الضغط والشد لكل عينة من العينات

رقم العينة	مكونات العينة	قوة تحمل الضغط كجم / سم٢	قوة تحمل الشد كجم / سم٢
A9	عينة قياسية (٤ أجزاء جير + ٢جزء رمل + جزء جبس)	٧٨,٨	١٠,٩
A2	٤ أجزاء جير + ٢جزء رمل + جزء جبس + نصف جزء نانو أكسيد كالسيوم ٣ %	٨٢,٤	١١,٤
A4	٤ أجزاء جير + ٢جزء رمل + جزء جبس + نصف جزء نانو سيليكا ١ % + بارالويد ب ٧٢ تركيز ٣ %	١١٢,٦	١٥,٧
P3	٤ أجزاء جير + ٢جزء رمل + جزء جبس + نصف جزء نانو سيليكا ٣ % + بارالويد ب ٧٢ تركيز ٣ %	١١٦,٣	١٦,٢
P2	٤ أجزاء جير + ٢جزء رمل + جزء جبس + نصف جزء نانو أكسيد كالسيوم ٣ % + نصف جزء نانو كربونات كالسيوم ٣ %	٨٦,٥	١٢,١
A11	٤ أجزاء جير + ٢جزء رمل + جزء جبس + نصف جزء نانو كربونات كالسيوم ٣ %	٨٥,٨	١١,٩

G3	٤ أجزاء جير + ٢جزء رمـل + جزء جبس + كلوسيل G ٣ %	٨١,٢	١١,٢
AC1	٤ أجزاء جير + ٢جزء رمل + جزء جبس + بريمال AC 33 ٣ %	٩٨,٧	١٣,٧

شكل (٣) يوضح قياس الخواص الميكانيكية لتحديد قوة الضغط والشد لكل عينة من العينات

ي- تعريض العينات المعالجة لعوامل التلف الصناعى

(١) تعريض العينات لرذاذ الماء الحمضى(xiv) تعريض العينات لتأثير المحاليل الملحية

(٣) تعريض العينات لدورات التسخين الرطب والجاف xv

(٤) تعريض العينات للتقادم الحرارى xvi

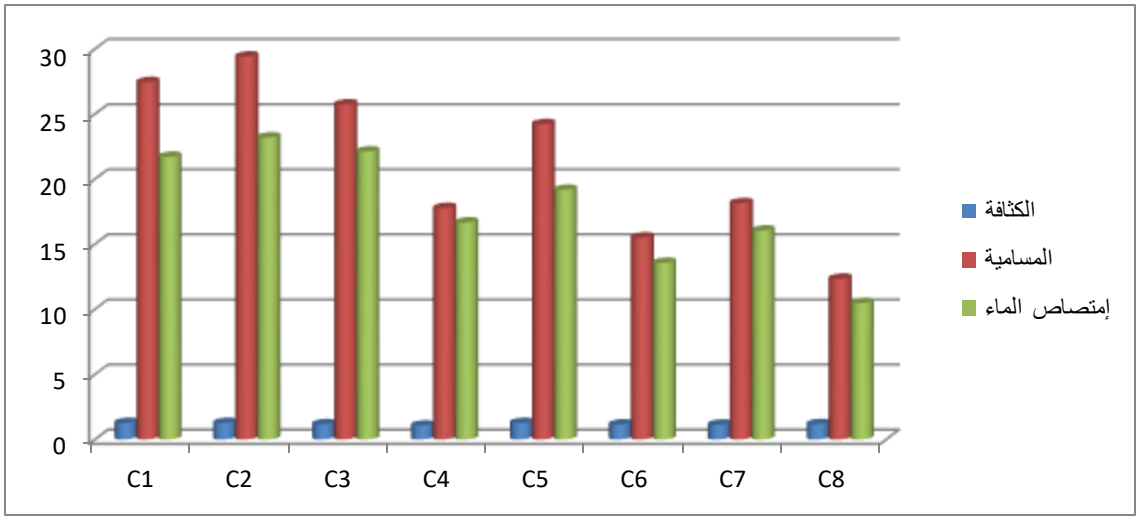
و- نتائج قياس الخواص الفيزيائية والميكانيكية

جدول (٤) يوضح الخواص الفيزيائية للطوب الأجر

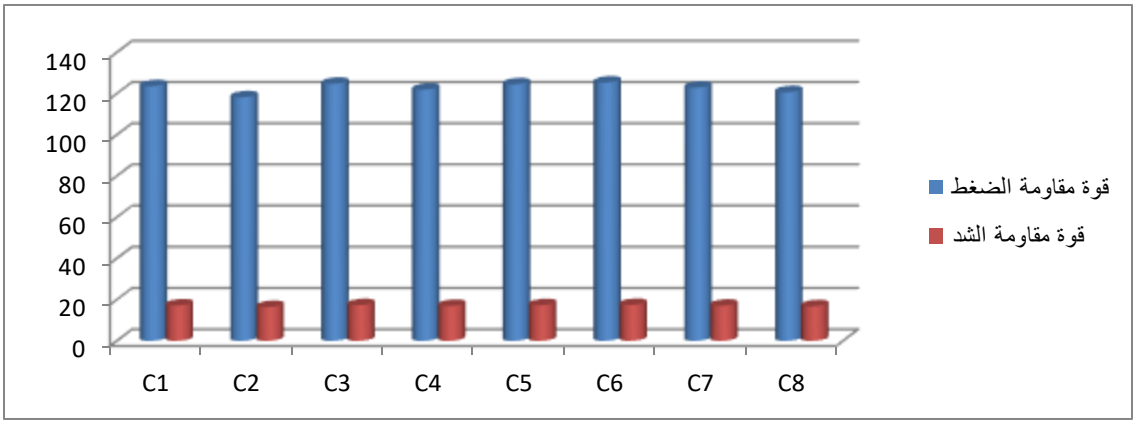
رقم العينة	الكثافة (D) جم / سم ٣	المسامية (p) %	الإمتصاص (W) %
C1	١,٢٦	٢٧,٤٥	٢١,٧١
C2	١,٢٦	٢٩,٤١	٢٣,١٩
C3	١,١٦	٢٥,٧٣	٢٢,١١
C4	١,٠٦	١٧,٧٧	١٦,٦٦
C5	١,٢٦	٢٤,٢٢	١٩,١٧
C6	١,١٤	١٥,٥١	١٣,٥٦
C7	١,١٣	١٨,١٤	١٦,٠٤
C8	١,١٧	١٢,٣٤	١٠,٤٧

جدول (٥) يوضح الخواص الميكانيكية للطوب الأجر

رقم العينة	قوة تحمل الضغط كجم/سم٢	قوة تحمل الشد كجم/سم٢
C1	١٢٣,٦	١٧,١٦
C2	١١٨,٢	١٦,٤١
C3	١٢٤,٨	١٧,٣٣
C4	١٢١,٩	١٦,٩٣
C5	١٢٤,٥	١٧,٢٩
C6	١٢٥,٤	١٧,٤١
C7	١٢٢,٩	١٧,٠٦
C8	١٢٠,٧	١٦,٧٦



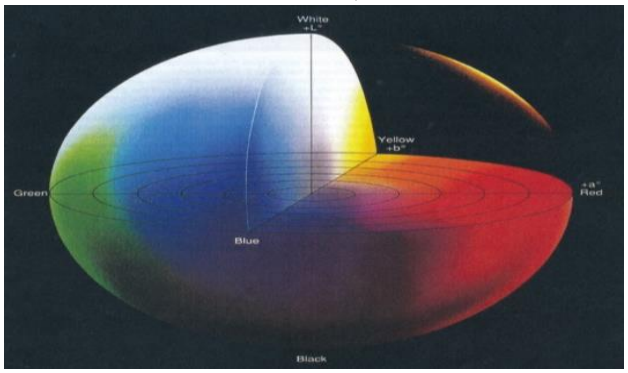
شكل (٤) يوضح الخواص الفيزيائية للطوب الأجر



شكل (٥) يوضح الخواص الميكانيكية للطوب الأجر

(٢) قياس التغير اللونى للعينات المعالجة بعد التقوية والتقادم الصناعي Colorimetric change

يتم قياس التغير اللونى بنظام CIE L a b وهو مقياس عالمى لقياس التغير اللونى لعينات مختلفة وهو يقيس درجة النصاعه التى يرمز لها بالرمز (L) وهى تميل إلى اللون الأبيض الناصع عندما يكون قيمة اللون ١٠٠ وكلما إنخفضت هذه القيمة لتصل إلى (الصفر) كان ذلك دالا على السواد التام.[xvii]



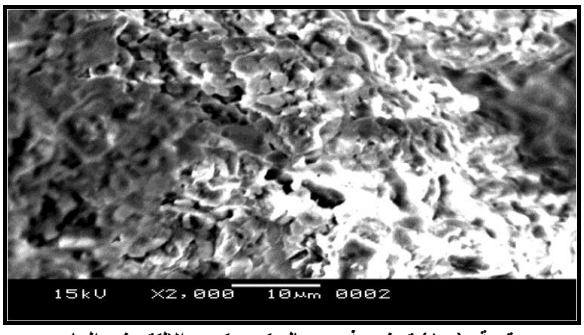
صورة رقم (٩) مرجع CIE Standard S014-4 توضح النموذج لقياس التغير اللوني

جدول رقم (٦) يوضح نتائج قياس التغير اللوني للعينات بعد المعالجة والتقادم الصناعي

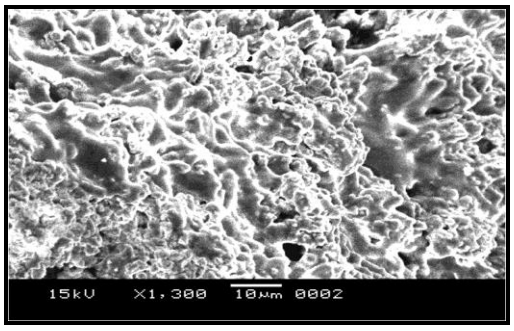
رقم العينة	(قيمة التغير اللوني) الجذر التربيعي لمجموع القيم (ΔE)
A9	١,٥٣
A2	١,٤٢
A4	١,٧٥
P3	١,٩٧
P2	١,٦٤
A11	٢,٧٤
G3	٢,٢٩
AC1	١,٧٨

٣- الفحص بإستخدام الميكرسكوب الإلكتروني الماسح Scanning Electron Microscope بعد إجراء عملية التقادم الصناعي بإستخدام التجوية الملحية

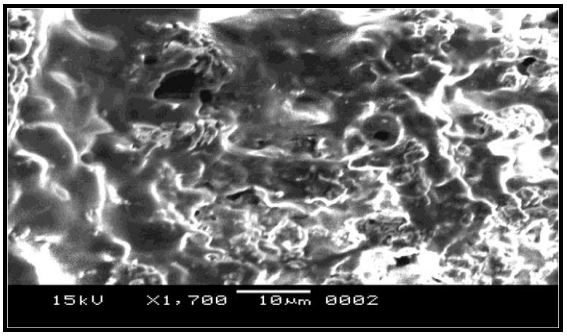
وتم إستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح في المعامل المركزية بهيئة الثروة المعدنية ونوعه Leica S9i بإستخدام التجوية الملحية والتي أكدت أن الأملاح موجودة بشكل مكثف كما توضح الصورة (١٠) (١١) والتي يظهر بها الكثير من الفراغات والتكوينات غير المتجانسة كما توضح الصورة (١٢) لعينة (A4) توضح الأملاح الموجوده داخل الفراغات وأيضاً الصورة (١٣) توضح الإنتشار الجيد للماده بقوة تكبير X4000 للعينة (P3)



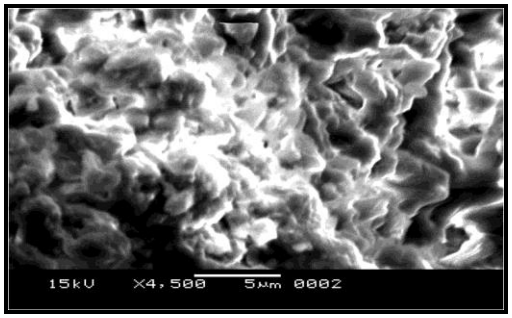
صورة رقم (١٠) توضح فحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM لعينة (A9) توضح الأملاح الموجوده بها بشكل كثيف بقوة تكبير 2000 X



صورة رقم (١١) توضح فحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح) يظهر بها فراغات وتكوينات غير متجانسة بقوة A2 لعينة (SEM 1300 X تكبير



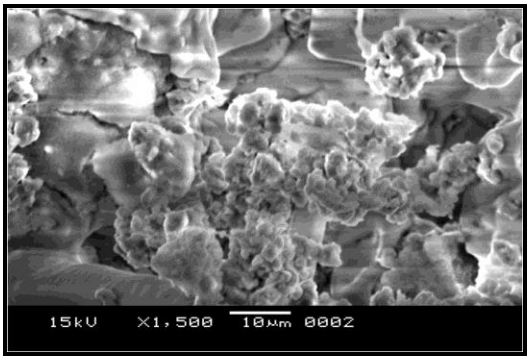
صورة رقم (١٢) توضح فحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM لعينة (A4) يظهر بها فراغات وبعض من الأملاح بقوة تكبير 1700X



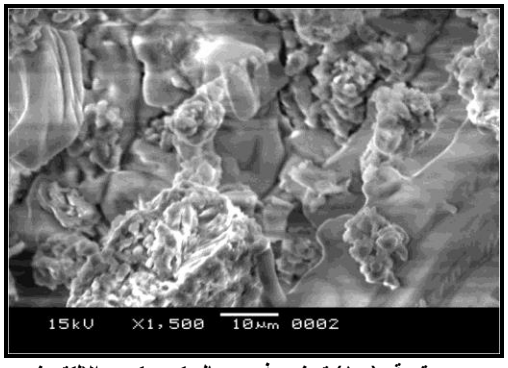
صورة رقم (١٣) توضح فحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM 4500X) توضح الأنتشار الجيد للماده بقوة تكبير P3 لعينة

٤- بعد إجراء عملية التقادم الصناعي بإستخدام المواد النانوية

توضح الصورة رقم (١٤) الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لعينة A9 يتضح بها تأثير الطبقة العازلة بالتجوية وتأثرها بقوة تكبير X1500 وتوضح الصورة (١٥) لعينة A2 يظهر بها تحت الميكروسكوب أملاح لكبريتات الصوديوم بقوة تكبير X1500 وتوضح الصورة (١٦) لعنية A4 يظهر بالعينة شروخ في الطبقة السطحية لها بقوة تكبير X3000

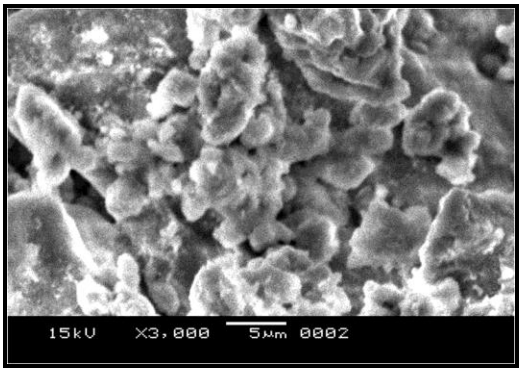


صورة رقم (١٤) توضح فحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM لعينة (A9) يتضح تأثير الطبقة العازلة بالتجوية وتأثرها بها بقوة تكبير X 1500

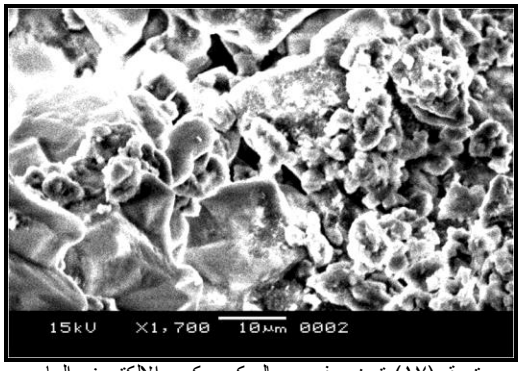


صورة رقم (١٥) توضح فحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM لعينة (A2) يظهر بها أملاح لكبريتات الصوديوم بقوة تكبير 1500X

وتوضح الصورة (١٧) للعينة P3 الفراغات البينية للطبقات المكونة للعينة وبعض بللورات الأملاح الموجوده بين تلك الفراغات المسامية وذلك تحت قوة تكبير X1700

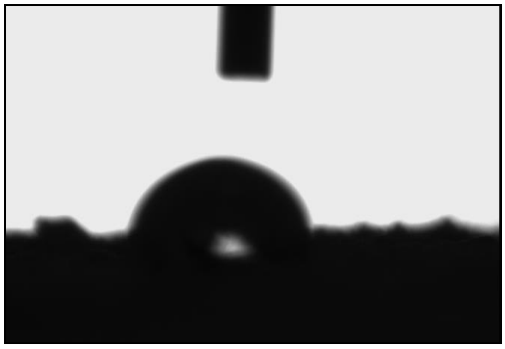


صورة رقم (١٦) توضح فحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM لعينة (A4) يظهر بها شروخ في الطبقة السطحية لها بقوة تكبير 3000X

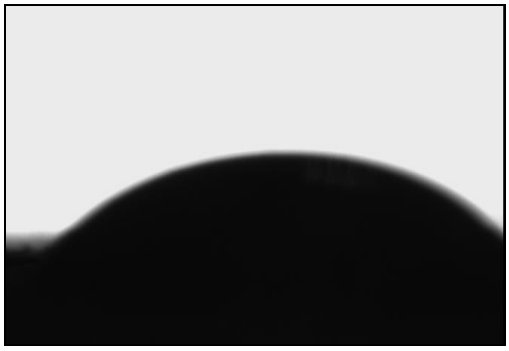


صورة رقم (١٧) توضح فحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM لعينة (P3) يظهر بها فرااغات بينية بين الطبقات المكونة للعينة وبعض من البلورات الملحية بقوة تكبير 1700X

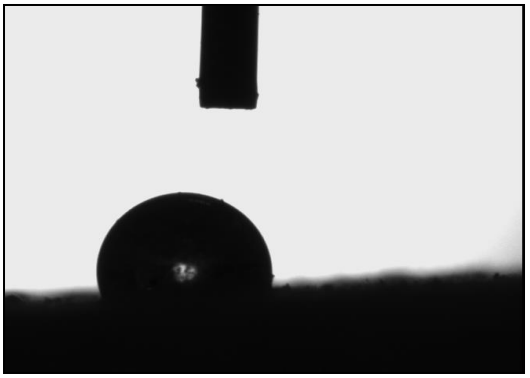
٥- تقدير زاوية التماس لكل عينة



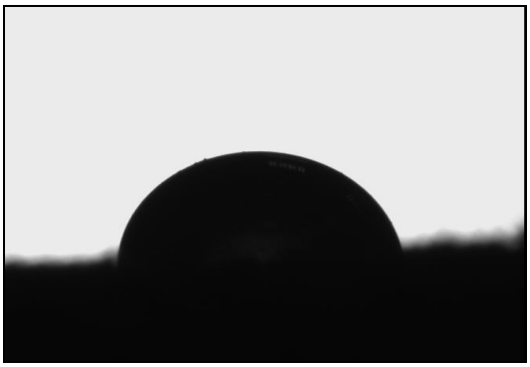
صورة رقم (١٨) توضح تقدير زاوية التماس للعينة رقم (A9)



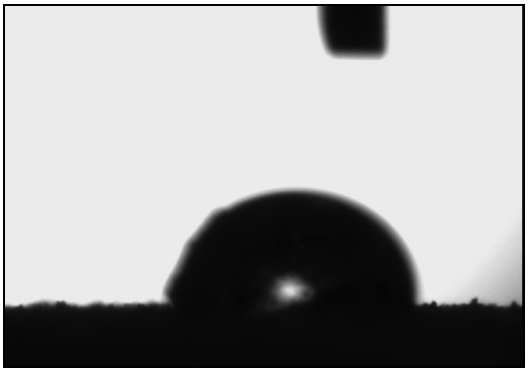
صورة رقم (١٩) توضح تقدير زاوية التماس للعينة رقم (A2)



صـورة رقم (٢٠) توضـح تقدير زاوية التماس للعينة رقم (A4)



صـــورة رقم (٢١) توضـــح تقدير زاوية التماس للعينة رقم (P3)



صـورة رقم (٢٢) توضـح تقدير زاوية التماس للعينة رقم (P2)

صورة رقم (٢٣) توضح تقدير زاوية التماس للعينة رقم (A11)

النتائج

تناولت الدراسة المقارنة بين عدة مواد تم إستخدامها بتركيزاتها المختلفة وهي ٣%,١% وذلك بهدف الوصول إلي أفضل المواد والتركيزات ذات الكفاءه العالية في مقاومة الرطوبة وأيضـــا أظهرت الفحوص الإنتشـــار غير المتجانس لمادة نانو السـيلكا التي تم إسـتخدامها وتغليفها وربطها للحبيبات الدقيقة بينما فشـلت في تغليف الحبيبات الكبيرة والربط بينها بما يدل علي ضـعف المادة وخاصـة تركيز ١% وعدم قدرتها علي ملئ المسـام السطحية ولكن من خلال الفحص إتضـح الإنتشار المتجانس لمادة نانو كربونات الكالسـيوم تركيز٣% ووضـح الفحص الإنتشـار الجيد المتجانس لها ومن خلال المقارنة بين قياسات زوايا الإتصال بين قطرة الماء وسطح العينة تم التعرف علي أفضل التركيزات والعينات من الأعلي إلي الأقل كما توضـــح العينات بعد قياس زاوية التماس أنه من أفضـــل العينات والتي أعطت زاوية تماس العينة (P2) ١٤٢,٨ والعينة (P3) ١٤١,٣ والعينـة (A11) ١٠٠,٤ والعينـة (AC1)٩٦,٥ ثم العينـة (G3) ٩٤ ثم العينـة (A9) ٧٤,٦ ثم العينـة (A2) ٦١,٥ والعينة (A4) والتي أعطت أقل زاوية تماس ٤٠,٩ وأعطت العينات أفضـــل النتائج كما يتم ترتيبها حاليا , العينة (A11) ٢٤,٥٧ مسـامية , إمتصـاص ١٤,٤٣ وكثافة ١,٧٩ , والعينة (P2) مسـامية ٢٨,٦٧ وإمتصـاص ١٥,٩٦ وكثافة ١,٧٠ , والعينة (P3) أعطت مسـامية ٢٧,٩٢ وإمتصـاص ١٦,٨٢ وكثافة ١,٦٦ أما العينة (A2) أعطت مسـامية ٢٨,٨٤ وإمتصـــاص ١٧,٠٤ وكثافة ١,٧٩ والعينة (A4) أعطت مســـامية ٣٠,٣٢ وإمتصـــاص ١٨,٢٦ وكثافة ١,٦٤ والعينة (G3) أعطت مســـامية ٢٩,١٤ وإمتصـــاص ٢٢,٥٤ وكثافة ١,٢٩ والعينة (A9) اعطت مســـامية ٣٦,٤١ وإمتصاص ٢٣,٤١ وكثافة ١,٦٩ والعينة (AC1) أعطت مسامية ٢٨,٥٠ وإمتصاص ٢٢,٩٩ وكثافة ١,٦٨,ولذلك فتأكد هذه الدراسة أن العينة (A11) أعطت نتيجة جيده في معدل الإمتصاص والمسامية والكثافة ولذلك أما بالنسبة لقوة الضغط

والشـد فتم إسـتنتاج أفضـل العينات التي أعطت قوة ضـغط وشـد عالية كما يتم ترتيبها من الأعلي إلي الأقل فأعطت العينة (P3) قوة ضـغط ١١٦,٣كجم/سم٢ وقوة شد ١٦,٢كجم/سم٢ , وأعطت العينة (A4) قوة ضـغط ١١٢,٦كجم/سم٢ وقوة شد١٥,٧ كجم/سم٢ , كما أعطت العينة (AC1) قوة ضغط ٩٨,٧كجم/سم٢ وقوة شد ١٣,٧كجم/سم٢ والعينة (P2) أعطت قوة ضـغط ٨٦,٥ كجم/سـم٢ وقوة شـد ١٢,١كجم/سـم٢ والعينة (A11) أعطت قوة ضـغط ٨٥,٨ كجم/سـم٢ وقوة شـد ١١,٩كجم/سم٢ والعينة (A2) أعطت قوة ضغط ٨٢,٤ كجم/سم٢ وشد ١١,٤كجم/سم٢ والعينة (G3) أعطت قوة ضغط ٨١,٢كجم/سم٢ وشد ١١,٢كجم/سم٢ والعينة (A9) أعطت قوة ضغط ٧٨,٨كجم/سم٢ وقوة شد ١٠,٩ كجم/سم٢. فقد تم تنظيف الشرافات الأجرية الحاملة للزخارف السطحية بإستخدام الفرر والمشارط وتم إسستخدام الكحول والماء بنسبة ١:١ في تنظيف التكلسات التي لم تجدي الفرر والمشارط المعدنية معها نفعاً وفي البعض الأخر فقد تم تجميع وإستكمال لبعض الشـرافات الاجرية الأخري وتمت تقويتها بإسـتخدام المكونات التالية من مواد نانو كربونات الكاللسـيوم ٣% مع المكونات التاليه ٤ جير :٢رمل:١ جبس ولذلك فأعطت نتائج جيده في عملية التقوية والحقن الخلفي لبعض الشرافات الأجرية الحاملة للزخارف , كما تم إسـتخدام نانو أكسـيد الكالسـيوم ٣% مضـافاً إلي تلك المكونات السـابقة فأعطي نتيجه جيدة في التقوية ولذلك من خلال الدراسات التجريبية والتطبيقية تم التأكد من أفضل المواد النانوية التي يمكن إستخدامها في تقوية الشرافات الأجرية الحامه للزخارف.

التوصيات

يوصي بما يلي:

أهمية معرفة المصدر الرئيس للتلف في الشرافات الأجرية الحاملة للزخارف السطحية.

عمل تسجيل مظاهر التلف المختلفه الموجوده علي كل شرافة .

فحص وتحليل العينات بدقة لتحديد التلف والدرجه التي وصل إليها

إستخدام مواد طاردة للماء أن تكون علي درجة عالية من الشفافية

يجب أن تكون الماده علي درجه عالية لكي تسمح بخروج بخار الماء .

إستخدام عمل إختبارات التقادم الصناعي والفحص بعد عملية التقادم

إستخدام مادة نانو أكسيد الكالسيوم ٣% مع بارالويد B73 وذلك طبقا لما تم تحقيقه.

زيادة الأعمال البحثيه لدراسة المواد النانويه المستخدمة في الترميم وخاصة المواد المقوية .

لابد من الإهتمام بعلاج ووضع حلول لمشكلة الرطوبة وخاصة في القاهره التاريخية .

المراجع

1) كمال محمود كمال محمد الجبلاوي :المعني فيما وراء الشرافات ,٢٠١٦م.

kamal mahmud kamal muhamad aljabalawi :almaeniu fima wara' alsharafat ,2016m.

2) وفاء محمود عبد الحليم : العمارة والفنون الإسـلامية في الكجرات فترة حكم سـلاطين المظفر شـاهين، سـنة النشر٢٠٢٠.

wafa' mahmud eabd alhalim : aleimarat walfunun al'iislamiat fi alkajrat fatrat hakam salatin almuzafar shahin, sanat alnashri2020.

3) سـلمان أحمد المحاري,حفظ المباني التاريخيه,المركزالدولي بالإمارات العربيه المتحده لدراسـة صـون وترميم الممتلكات الثقافية،سنة النشر ،٢٠٢١

slman 'ahmad almahari,hifiz almabani altaarikhayhi,almarkazialduwliu bial'iimarat alearabiah almutahadih lidirasat sawn watarmim almumtalakat althaqafiati,sanat alnashr ,2021

4) إسـلام راضـي جاد الشـناوي: النوافذ في العمارة الإسـلامية (الدينية والجنائزية) في دلهي منذ عصـر الدولة المملوكية وحتى نهاية عصر شاه جهان (٦٠٢-١٠٧٦ه / ١٢٠٦-١٦٦٦م) سنة النشر ٢٠١٨م.

'iislam radi jad alshanawi: alnawafidh fi aleimarat al'iislamia (aldiyniat waljanayizia) fi dilhi mundh easr aldawlat almamlukiat wahataa nihayat easr shah jihan (602-1076h / 1206-1666m) sanat alnashr 2018m.

5) كمال محمود كمال محمد الجبلاوي :المعني فيما وراء الشرافات ,٢٠١٦م

kamal mahmud kamal muhamad aljabalawi :almaeniu fima wara' alsharafat ,2016m

6) وفاء محمود عبد الحليم : العمارة والفنون الإسـلامية في الكجرات فترة حكم سـلاطين المظفر شـاهين، سـنة النشر٢٠٢٠

wafa' mahmud eabd alhalim : aleimarat walfunun al'iislamiat fi alkajrat fatrat hakam salatin almuzafar shahin, sanat alnashri2020.

7) محمود حلمي عبد القوي :دراسة لإستخدام الطرق العلميه الحديثة في الكشف عن التصوير الجداري المنفذ علي مداخل العمائر الأسلاميه وطرق العلاج والصيانة,ماجستير,قسم ترميم,جامعة القاهرة ٢٠١٦م.

mahmud hilmi eabd alqawi :dirasat li'iistikhdam alturuq alealamih alhadithat fi alkashf ean altaswir aljidarii almunafadh eali madakhil aleamayir al'aslamih waturuq aleilaj walsiyanati,majistir,qsam tarmimu,jamieat alqahirat 2016m.

8) Christine, B.: Assessment Of Quantitative Salt Analysis By The Water Extraction Method On Lime Mortars, In : 8th International Congress On Deterioration And Conservation Of Stone, Berlin, Germany, 2017,P.1505.

9) Abdelmegeed, M., Hassan, S. (2019) "Diagnostic investigation of decaying limestone in historical buildings at the Mamluks cemetery- city of the dead, Egypt" Egyptian Journal

10) Archaeological and Restoration Studies "EJARS", Volume 9, Issue 2, December – 2019

11) Moncrieff, A., &Weaver,G.,: An introduction to materials, "Science for Conservators" , Vol.1,Routledge,London, U.K,2016

12) Taylor,J: Rainwater, The Building Conservation Directory, Cathedral Communications Limited, U.K, 2015.

13) Kent, D.,:Rain Penetration, The Building Conservation Directory, Cathedral Communications Limited, U.K, 2015.

14) Francesca gheradi pagona noni maravelaki editors ,conserving stone heritage,2022 p39.

15) National Nanotechnology Initiative (NNI) (2016): "What is Nanotechnology?"

16) http://ar.wikipidia .org/wiki.1/11/2022.3

الهوامش

كمال محمود كمال محمد الجبلاوي :المعني فيما وراء الشرافات ,٢٠١٦م.

وفاء محمود عبد الحليم : العمارة والفنون الإسلامية في الكجرات فترة حكم سلاطين المظفر شاهين، سنة النشر ٢٠٢٠.

محمود حلمي عبد القوي :دراسة لإستخدام الطرق العلميه الحديثة في الكشف عن التصوير الجداري المنفذ علي مداخل العمائر الأسلاميه وطرق العلاج والصيانة ,ماجستير,قسم ترميم,جامعة القاهرة ٢٠١٦م

١-. سلمان أحمد المحاري ,حفظ المباني التاريخيه, المركز الدولي بالإمارات العربيه المتحده لدراسة صون وترميم الممتلكات الثقافية،سنة النشر ،٢٠٢١

٢- وفاء محمود عبد الحليم : العمارة والفنون الإسلامية في الكجرات فترة حكم سلاطين المظفر شاهين، سنة النشر ٢٠٢٠.

١- أيمن حسن حجاب: تأثير الرطوبة علي المباني الأثرية الإسلامية وطرق الصيانة القترحة ،مجلة أتحاد الأثاريين العرب ،سنة النشر ٢٠٢٢ ص٣.

2-FrancescaGheradi Pagona Noni maravelaki Editors conserving stone Heritage Traditional and innovative materials and techiques , 2022,p 54.

1-Abdelmegeed, M., Hassan, S. (2019) "Diagnostic investigation of decaying limestone in historical buildings at the Mamluks cemetery- city of the dead, Egypt" Egyptian Journal .

2- Dyer J Verri G, Cuppit J, multispecteral imaging in Reflectance and phoro induced Lumi nescence modes a user manual 2022 P68.

3- Escalante, M.R.; Valenza, J.; Scherer, G.W. (2020) Proceedings of the 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone.

E. BORRELLI, Conservation of Architectural Heritage, Historic structures and materials:1 - ARC Laboratory handbook. 3, ICCROM, pp. 5–7.2019..-

1-Slíí_ková, Z.; Drdácky_, M.; Viani, A. (2015) Consolidation of weak lime mortars by means of saturated solution of calcium hydroxide or barium hydroxide.

CIE Standard S014-4/E:2021 Colorimetry—Part 4: CIE 1976 L*a*b* Color Space, 2021 PP:1-8

Gomez-Villalba, L. S., López-Arce, P., de Buergo, M. A., Zornoza-Indart, A., Fort, R. (2019) Mineralogical and textural considerations in the assessment of aesthetic changes in dolostones by effect of treatments with Ca(OH)2 nanoparticles. Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage