

تقييم كفاءة المونات المحسنة بالمواد النانوية في صيانة التماثيل الملكية الجرانيتية

أحمد محمد صادق¹ ، محسن محمد صالح²

هيئة المتحف المصري الكبير¹
قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة²
sadek88gem@gmail.com

الملخص:

يتناول البحث دور الإضافات النانوية في تحسين خواص المونات التقليدية لاستخدامها في عمليات التدعيم والحقن لمناطق التقشر Exfoliation والشروخ بالآثار الجرانيتية. دائما ما ترتبط عمليات التقوية للآثار الجرانيتية بوجود مونة استكمال تدعيمية وخاصة لحواف الطبقات التي تعاني من ظاهرة الانفصال الطبقي "التورق Exfoliation"، ولعل هناك متسع من المواد التي يمكن بسهولة إدراجها في حقل العلاج والصيانة للآثار الجرانيتية، مع العلم بأن أسلوب التطبيق يمثل جزءا كبيرا من نجاح عملية الاستكمال، أما الباقي يتوقف علي النسبة المكونة للمونة.

تم اختيار مادة نانو الكاولين ونانو السيليكا لإدراجهم ضمن مكونات المونات الجرانيتية كمحسنات ثم تقييم مدي التحسن الذي حدث علي المونات المختلفة وذلك من خلال حساب زاوية الاتصال بين الماء و سطح المونة، وكذلك حساب قيم التغير اللوني وإجهادات الضغط، ومن الجدير بالذكر بأنه تم تقسيم المونات الجرانيتية لقسمين أحدهما بمسحوق الجرانو- ديوريت كمادة مألئة لتصبح تلك المونات مناسبة لاستخدامها مع الآثار المنحوتة من الجرانو- ديوريت، بينما استخدم مسحوق الجرانيت الوردي كمادة مألئة لصنع مونة جرانيتية ذات لون وردي ملائمة للآثار المنحوتة من الجرانيت الوردي. هذا وقد تم تعزيز كلا منهم بمسحوق الميكروبالون لتحسين خواص المونات والتقليل من حدوث الشروخ وكذلك للمساهمة في ضبط معدل الكثافة والنقل النوعي، بعد الانتهاء من إعداد وصب المونات التجريبية تم تقسيم كل نوع لثلاث أجزاء (قياسي - جزء يخضع للتجوية الحرارية - جزء يخضع للتجوية الملحية) ومن خلال تتبع وتقييم كفاءة المونات الجرانيتية التجريبية فقد تم التوصل لأفضل المونات التي يمكن استخدامها في علاج التماثيل الجرانيتية ومن هذه الأنواع مونة الجرانو- ديوريت النانوية & مونة الجرانيت الوردي والمهجنين بنانو الكاولين أو بنانو السيليكا.

الكلمات الدالة: المونات الجرانيتية، الميكروبالون، نانو الكاولين، نانو السيليكا، خاصية طرد الماء، زاوية الاتصال بين الماء و سطح المونة ، قيم التغير اللوني، برنامج التقادم المعجل.

Abstract:

The Study deals with the Role of Nano Materials additives in improving the properties of traditional Mortars for use in reinforcement and Injection processes for Exfoliation and cracks in royal Granite Statues.

The Consolidation processes of Granite Antiquities are always associated with the presence of a reinforcement supplementary Mortar, especially for the edges of the layers that suffer from the phenomenon of "thinning - Exfoliation". Perhaps there is a wide range of Materials that can be easily incorporated into the Treatment and Conservation field of Granite Antiquities, the method of application represents a large part of the success of the completion process, while the rest depends on the percentage of the Mortar component. Nano kaolinite and Nano Silica were selected for inclusion among the components of Granite Mortars to assess the extent of improvement in the various Mortars by calculating the Angle of Water fall on the Mortar surfaces as well as calculating the values of Color change and pressure stress, the Granite mortars were divided into two parts, one of which was used Grano- diorite Powder as a filler in it to make these Mortars suitable for use with Royal Statues made of Grano- diorite Stone, While the others have used pink Granite powder to fit the statues made of this Pink Granite, each of them has been enhanced with Micro ballon powder to improve the properties of the Mortar and reduce the occurrence of cracks as well as to contribute to

reducing the density rates. - part undergoes thermal Weathering - part undergoes Salt Weathering) Through tracking and evaluating the efficiency of experimental Mortars, the best Mortars that can be proposed as Treatment modules for Granite Statues have been found, and among these types are Grano diorite & Pink Granite hybrid with Nano Kaolinite or Nano Silica.

key words: Granite Mortars, Micro ballon, Nano kaolinite, Nano Silica, super-hydrophobic, Water Contact Angle, Colorimetric change, Aging.

1- المقدمة:

تعد الدراسة التجريبية للأساليب الحديثة والتقليدية مرحلة هامة لا يمكن إغفالها، حيث تساهم في التعرف علي مدي فاعلية هذه المواد في العلاج والصيانة للتماثيل الملكية الجرانيتية، ومن أمثلة هذه النوعية التمثال المزدوج لرمسيس الثاني وماعت والذي تم اكتشافه بسان الحجر ثم عرض بالمتحف المصري بالتحجير وفي عام 2019م تم إعادة نقل وعرض التمثال المزدوج إلي المتحف المصري الكبير ليصبح أحدي العلامات البارزة بالدرج العظيم، ويعاني التمثال من انفصال طبقي بالسطح الخارجي مما أدى لفقد أجزاء كبيرة من القشرة السطحية والحاملة للنقش بظهر التمثال، الأمر الذي يستدعي البدء الفوري في وضع خطة تدخل لعلاج وصيانة التمثال والتي تشمل حقن وتدعيم القشور شبه المنفصلة وإعادة صياغة الترميمات القديمة. وتعرف المونة علي إنها عجينة ربط وملء قابلة للتطبيق تستخدم لتجميع الكتل في هيكل بنائي واحد وتسمي علي حسب نوع المادة الرابطة فيطلق عليها مونة طينية عندما يكون الطين هو المادة الرابطة للمكونات أو جيرية عندما يكون الجير هو المسئول عن الربط...إلخ، كما أن تكنولوجيا النانو كان لها دور واضح في تحسين خواص المونات للارتقاء بكفاءتها سواء كمادة مضافة لتحسين الخواص أو كمادة مالئة، ولعل الاستكمال هو الهدف للمحافظة علي الهيكل العام للأثر ويكون مميذا عن الأصل (Elsen, J., 2006)، كما تساهم في استمرارية بقاء الأثر، وقد كانت تتم في البداية طبقا للاجتهادات الشخصية، وربما تكون مونات التدعيم والاستكمال هي السبب الرئيسي في التلف مثل المونات الأسمنتية والحبسية، فمواد الاستكمال لا بد بأن تكون علي قدر من الاسترجاعية والقوة اللازمة للبقاء علي المدي الزمني البعيد وإلا كان عدم الاستكمال سبباً في فناء الأثر جزء بعد الأخر (Frank, G., Matero, 1995) وللمونات أهمية كبيرة من حيث نوعها وكذلك أسلوب خلطها وتطبيقها ومدي صلاحيتها، كما يجب أن تكون خاملة كيميائياً فلا يتغير لونها او حجمها وأن تتخضع مئانتها عن الأثر بمقدار درجة أو اثنين، ومما لا شك فيه أن الإضافات النانوية ساهمت في تقنين بعض سلبيات المونات التقليدية حيث أكسبت المونة صفة المقاومة ضد التلف الميكروبي فتعمل علي تمعدنها (Ruffolo, S.A., et al, 2010)، وعلي صنع أسطح كارهة للماء فضلا عن خصائص التنظيف الذاتي (Rodica, M, Sanda, M, Daniela, T, 2018)، وكذلك التركيب الشبكي الذي قلص عملية الانفصال بفعل الأملاح (Radu Claudiu Fierascu (Elvin. G., et al., 2007) وتحسين خصائصها الميكانيكية كالصلادة والبري والخدش وإجهادات الضغط (et.al.2020K)، وتحسين خصائصها الميكانيكية كالصلادة والبري والخدش وإجهادات الضغط (PAUL, D.R., and ROBESON, L.M., 2008) بالإضافة إلي مساهمتها في التغلغل والانتشار بداخل الانفصالات الداخلية كالتطويل Exfoliation، كما ساعدت حبيبات الميكروبولون في صنع مونات أكثر تماسكا وذات كثافة ضئيلة لا تمثل حملا علي الاثر وجعلها أكثر انسيابية فيمكن حقنها بالشقوق والفراغات الداخلية، ولا شك أن استخدام مطحون الرمل هو الأفضل والأنسب من استخدامه بشكله الطبيعي، حيث يساهم في اعداد مونة قادرة علي التغلغل بداخل الانفصالات الداخلية، ولعل الوصول لمونة مناسبة لعمليات الحقن والتدعيم للتماثيل الملكية الجرانيتية يعد هو الهدف والغاية المطلوبة.

2- المكونات الأساسية للمونة الجرانيتية: The main components of granitic Mortar

تتكون المونات الجرانيتية التي سوف نتناولها من ثلاث أجزاء أ- مادة مالئة، ب- مادة رابطة، ج- مادة محسنة، حيث يمثل مسحوق الجرانيت الوردي والجرانو- ديوريت المادة المالئة الأساسية والمماثلة للمكونات المعدنية للأثار الجرانيتية، وكذلك مسحوق الرمل والميكروبالون والمسئولين علي المحافظة قوام المونة ومنع انكماشها بعد الجفاف، بينما يمثل البارالويد B72 المادة الرابطة لمكونات المونة، وتمثل حبيبات نانو الكاولين Nano kaolinite ونانو السيليكا Nano silica مواد محسنة للخواص.

3- المواد النانوية الداعمة: Supporting Nano Materials

حيث تمت التجارب العلمية للمونات عن طريق عمليات التهجين بنانو السيليكا ونانو الكاولين كلا منهما علي حدي بنسبة 5%.

4- مادة نانو السيليكا: Nano silica تمت عملية التحضير لحبيبات نانو السيليكا بمعامل كلية الدراسات العليا للنانو تكنولوجي - جامعة القاهرة حيث اتصفت بأنها ذات لون بيج براق، كما تميزت بأنها اسفنجية الشكل Two Nano –Spongy Granules Nano particles فحبيباتها مثقبة، والذي بدوره يساعد علي انتشارها الجيد بالوسيط وقلة ترسيبها، وبلغ الحجم النانوي لحبيبات نانو السيليكا المستخدمة في تحضير المونات التجريبية موضوع الدراسة لـ 35 NM. يفضل استخدام نانو سليكا SiO_2 بتركيز 5% من حجم المواد المالئة بالمونة (2008 Manoudis, P.N. et al., وبالمقارنة بين المواد التقليدية وبين النانو سليكا في تحسين خواص المونات، اتضح إن عمليات التمدد والانكماش تعد أكثر ثباتا مع $Nano SiO_2$ والتي ساعدت علي تحسين الخواص الميكانيكية بمعدل من 5:7%، كما يكسب سطحها فيلم من النانو سليكا وكذلك القدرة علي التحكم في معدل الامتصاص للماء (2006 Ten Kuo, W., et al., وهناك أنواع تباع تجاريا تحت مسمى (poly alkyl siloxane) (2008 Manoudis, P.N. et al., (El-Toni.A.M, Shu Yin and TsugioSato,2005)، كما أن شكل وتضاريس طبقة الحماية والتقوية يعتمد علي كثافة وحجم مادة العزل فهي تتناسب طرديا مع تركيزها فعندما تزيد نسبة تركيز النانو سليكا عن 10% (silica v / w % 0,1) يزيد الحجم بمعدل 50% (silica / w % 0,1) وقد تصبح طبقة النانو سليكا في شكل غير متجانس (P.N. Manoudis, A et al.,2009)، ونظرا لضخامة المساحات المحددة بالنسبة لجسيمات النانو سليكا فإنها تشكل مواد سليكاتية شديدة التفاعل دائما تبقي في شكل معلقا نظرا لصغر حجمها (Bjornstrom . J, et al.,2004).

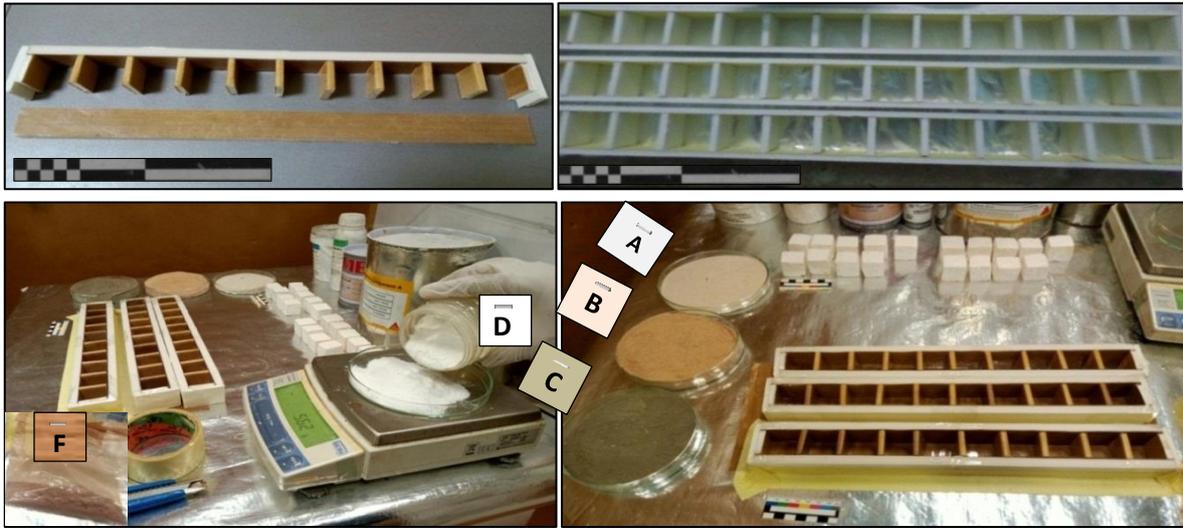
5- نانو الكاولين: Nano Kaolinite تعد حبيبات مادة النانو كاولين $Al_2O_3 . 4SiO_2$ "Kaolinite" من المواد شائعة الاستخدام كمادة مالئة وداعمة، حيث تعمل علي تحسين الخواص بمادة الأساس سواء المونات - البوليمرات - الإيبوكسيات - والسليكونات -الميكروبالون، وذلك لما تمتاز به تلك الحبيبات النانوية من خصائص فريدة، حيث يعكس تأثير حجم حبيبات نانو الكاولين إيجابا علي التركيب الصفائحي لمادة الأساس ، ومن ثم علي خصائص البوليمر المهجن الفيزيائية والكيميائية، وذلك من خلال تغليف سلاسل البوليمر المهجن بطبقة حماية واقية من تلك الحبيبات النانوية، وتزيد من صلابته أثناء عملية التحضير (Zaarei A, Sarabi, A.) (F,2010). في البيئات الساحلية والتي تعاني منها الأثار الجرانيتية من عوامل النحر والتجوية المختلف، كما ان المونات الجيرية والتي تعتمد بشكل كبير علي الجير المطفى "الهيدروليكي" تم اختبارها و ثبت من التجارب المعملية مدي نجاح تلك المونات وخاصة عند دمجها بكسر الجرانيت (John J. Hughes,2019)، كما تبين أن إضافة الجير ذو البنية النانوية "CaLoSiL" Nano lime لمواد التقوية السيليكاتية "OH100" Wacker واستيل 1000 Estel 1000 ، علي أن يكون CaLoSiL مذابا في 5% من الكحول الإيثيلي " Nano OH lime and Ethyl Silicate Solution" يساعد علي تحسين خواص التغلغل والتوزيع بداخل كلا من الأحجار والمونات السيليكاتية (Giovanni Borsoi, et. al.2012)، أما فيما يخص المونات التجريبية فلا بد بأن تخضع لمرات من الغمر في سياق مقارن ما بين المعالجة بالمركبات النانوية وغير المعالجة، وذلك في اناء زجاجي

مملوء بالمادة النانوية علي أن يكون هناك شبكة بلاستيكية بالأسفل وبعد ذلك يتم وضع تلك العينات بجهاز الموجات فوق الصوتية عن 60 هرتز 60 min وذلك لصياغة ظواهر التجمع النانوي للمجاميع النانوية وإعادة توزيعها بشكل متساوي، ثم تبدأ مرحلة الصب للعينات وتركها للجفاف في درجة حرارة الغرفة ليعقبها مجموعة من الاختبارات القياسية لاستدراك مدى نجاح المجاميع النانوية في تحسين خواص المونات من عدمه (G. Borsoia, B., et.al., 2016)، (Arnulf Daehne1 and Christoph Herm2,2013)، وفيما يلي نتناول بعض المونات التجريبية المقترحة كفروض علاجية للأثار الجرانيتية المختلفة والتي تم إدراجها في برنامج تقييم الكفاءة وذلك لاستنباط الأفضل والمناسب منها في عمليات العلاج والصيانة، وذلك أيضا في سياق مقارنة لمدي نجاح الإضافات النانوية من نانو الكاولين Nano Kaolinite ونانو السيليكا Nano silica في تحسين الخواص الفيزيو ميكانيكية للمونات لإنتاج فصائل جديدة محسنة تساعد بعزم في مواجهة عوامل التلف وأيضا لمواكبة التطور التقني الذي نعاصره في إطار قبول أو رفض تلك المحسنات، وتشير بعض الدراسات الحديثة لاستخدام الرماد البركاني كمواد مألثة تتمتع بالثبات الكيميائي وسهولة الخلط والاستخدام .

6- إعداد وتجهيز قوالب الصب للمونات الجرانيتية التجريبية:

Preparing and Equipping Casting molds for Experimental Mortars

نظرا لأن معظم المونات التي تم إدراجها بالجانب التجريبي كفروض علاجية تستلزم طبقات عزل حتي لا تلتصق بالقالب ولذلك تم استخدام التفلون Teflon (يتكون من متعدد رباعي فلورو الايثيلين) لمنع الالتصاق بجميع جدران القالب المستخدم للصب، وعلي أن تكون مساحة الفراغات الداخلية 3سم × 3سم × 3سم، شكل رقم (1).



شكل (1) يوضح تجهيز قوالب الصب والخامات الخاصة بالمونات المختلفة، حيث أن "A" رمل مطحون، "B" بكرة جرانيت وردي، "C" بكرة جرانو- ديوريت، "D" ميكروبالون، "F" نانو كاولين

7- إعداد وصب مونة الميكروبالون الزجاجي – والمهجنة بنانو كاولين :

Preparing and Casting Micro ballon Mortar

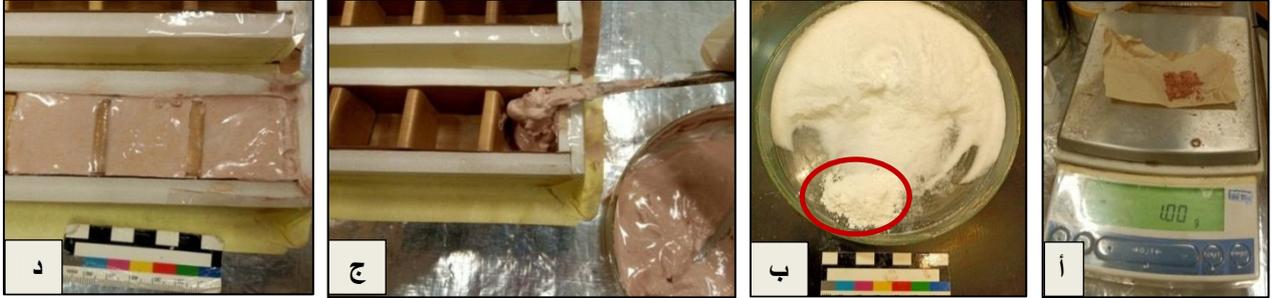
حيث تم إعداد مونة الميكروبالون الزجاجي (كود M) في البارالويد بتركيز 15% بلونها الأبيض الناصع، كما تم إعداد نفس المونة ثم تم تدعيمها بحبيبات نانو الكاولين بنسبة 5% من حجم الميكروبالون قبل إضافة البارالويد B72 ، وفيما يلي أشكال رقم (2) يوضح مرحلة الصب لمونات الميكروبالون المهجنة وغير المهجنة.



أشكال رقم (2) يوضح (أ) صب مونة الميكروبالون في B72 بتركيز 15% (ب) توضح إضافة نانو الكاولين مع مونة الميكروبالون بنسبة 5%، (ج) مرحلة الخلط والتصين للمونة

8- صب مونة الميكروبالون + نانو الكاولين & نانو السيليكا: Casting Mortar of Micro ballon + Nano kaolinite & Nano Silica

تتكون المونة من الميكروبالون الزجاجي مضاف له نانو كاولين (كود M+K) وأخري مضاف لها نانو السيليكا (كود G+S) بنسبة 5% من حجم الميكروبالون، وفيما يلي أشكال رقم (3) توضح عملية الوزن والخلط والصب لمونات الميكروبالون النانوية.



أشكال (3) يوضح (أ ، ب) مراحل الوزن والمعايرة للإضافة النانوية – (ج) ملء القالب بالمونة– (د) الانتهاء من الصب

9- مونة الإستكمال المكونة من مسحوق الجرانيت الوردي + الرمل المطحون + الميكروبالون في البارالويد و مهجنة بحبيبات نانوية: Mortar Consisting of Granite and Crushed Sand , Micro ballon in paraloid 15% and hybridized with Nano particles

تمت عملية الخلط للمواد المألثة والمحسنة بمونة الجرانيت الوردي عن طريق مزجها بالبارالويد B72 بتركيز 15%، وفيما يلي جدول (1) يوضح النسب التي تم إدراجها.

جدول (1) يوضح مكونات مونة الجرانيت الوردي – نسبة التركيز – الدرجة اللونية

م	مكونات مونة الجرانيت الوردي "مواد مألثة – مواد رابطة"	النسبة – التركيز	الدرجة اللونية للمونة
1	مسحوق الجرانيت الوردي	40%	درجات اللون الوردي
2	الميكروبالون	40%	
3	رمل مطحون	20%	
4	بارالويد B72	15%	
الإضافة النانوية			
A	نانو كاولين	5% من حجم المونة	
B	نانو سليكا	5% من حجم المونة	
C	نانو كاولين+ نانو سليكا	5% من حجم المونة	

10- إعداد وتجهيز مونة الجرانيت الوردي المهجنة بنانو الكاولين & نانو السيليكا: preparation of Pink Granite Mortar hybridized with Nano Kaolinite & Nano Silica

تتميز مونة الجرانيت الوردي المهجنة بنانو الكاولين (كود G+K) أو بنانو السيليكا (كود G+S) بأنها علي قدر كبير من المضاهاة للجرانيت الوردي دقيق الحبيبات أو خشن الحبيبات سواء من ناحية المظهر الشكلي أو التركيب المعدني، كما تتصف هذا النوع من المونة بقدر من المرونة وسهولة التشكيل والحقن بداخل الشقوق والفجوات المختلفة، وكذلك لا ينتج بعد الجفاف أي شقوق بالمونة أو انكماش، وفيما يلي أشكال (4) توضح إعداد مونة الجرانيت الوردي المهجنة وغير المهجنة.



أشكال (4) يوضح (أ ، ب) مراحل المعايرة لمكونات مونة الجرانيت الوردي المهجنة وغير المهجنة – (ج) مرحلة الملء لمربعات قالب الصب بمونات الجرانيت الوردي المختلفة

11- تقييم كفاءة مونات الجرانو- ديوريت المهجنة بنانو الكاولين & نانو السيليكا:

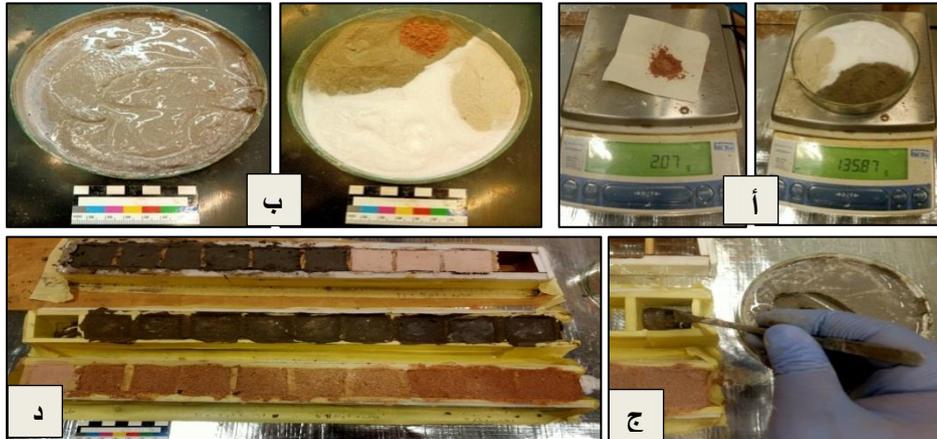
Evaluate the efficiency of Grano- diorite Mortar hybridized with Nano – Kaolinite & Nano Silica

حيث تم استخدام مسحوق حجر الجرانو- ديوريت مع الرمل النقي المطحون والميكروبالون كمواد مالئة وتم استخدام البارالويد B72 بتركيز 15% كمادة ربط (كود RG)، كما تم إعداد نفس المونة وإضافة نانو الكاولين (كود RG+K) كمادة محسنة وأخري بإضافة نانو السيليكا (كود RG+S) بنسبة 5% من حجم المواد المالئة، وفيما يلي جدول (2) يوضح النسب التي تم إدراجها في أعداد مونات ملائمة للأثار التي نحتت من حجر الجرانو- ديوريت.

جدول (2) يوضح مكونات مونة الجرانو- ديوريت – نسبة التركيز – الدرجة اللونية

م	مكونات مونة الجرانو- ديوريت "مواد مالئة – مواد رابطة"	النسبة – التركيز	الدرجة اللونية للمونة
1	بذرة الجرانو- ديوريت	40%	درجات اللون الرمادي
2	الميكروبالون	40%	
3	رمل مطحون	20%	
4	البارالويد B72	15%	

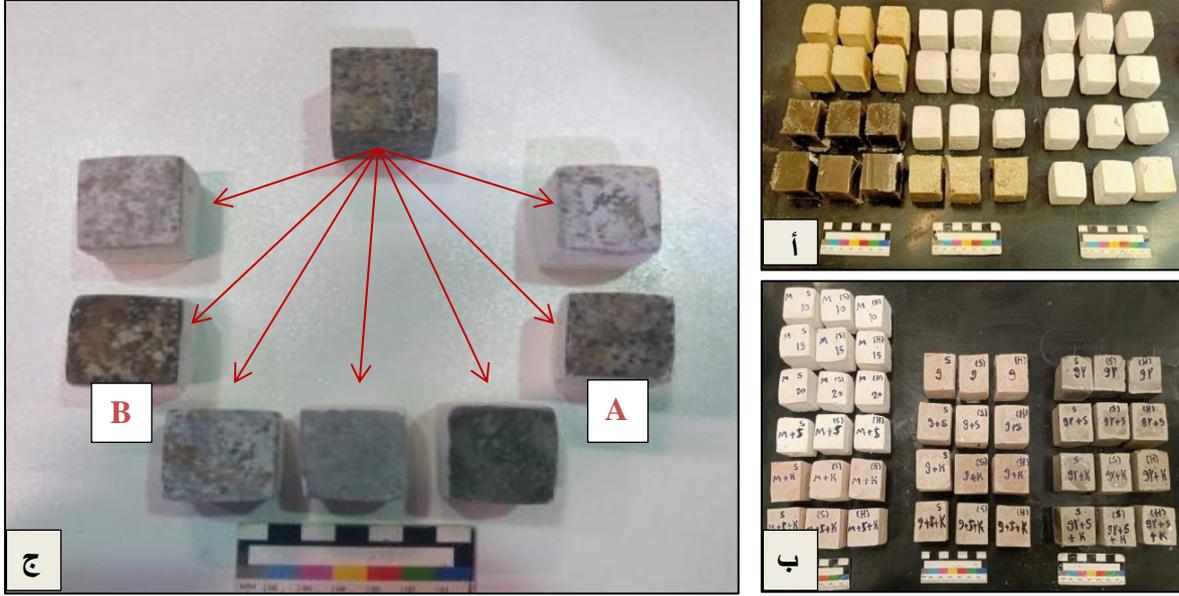
تتميز بلونها الرمادي مضاهي للون الاثر وكذلك بتركيبها السيليكاتي، وقد يستغرق زمن الجفاف حوالي 72 ساعة في درجة حرارة الغرفة، وفيما يلي أشكال (5) توضح مراحل الخلط والأعداد والصب لمونات الجرانو- ديوريت.



أشكال (5) توضح (أ ، ب) مرحلة الخلط والصب لمونات الجرانو- ديوريت المختلفة- (ج) مرحلة الصب – (د) بعد الانتهاء من الصب

تقييم كفاءة المونات المحسنة بالمواد النانوية في صيانة التماثيل الملكية الجرائيتية

وفيما يلي أشكال (6) توضح بعد الانتهاء من إعداد وتنفيذ المونات التجريبية لتصبح جاهزة لتقييم كفاءتها كمونات استكمال للآثار الجرائيتية المختلفة.



الأشكال (6) توضح (أ، ب) بعد الانتهاء من تنفيذ المونات التجريبية – (ج) أعداد تجارب لونية مضاهاة للجرانو- ديوريت والتي تم تنفيذها علي مكعبات من الميكروبولون، حيث تبين تقارب الدرجات اللونية للعينتين (B-A)

وفيما يلي جدول (3) يوضح الخواص الفيزيو- ميكانيكية للمونات الجرائيتية التجريبية المختلفة بعد الانتهاء من الإعداد.

جدول (3) يوضح قيم الخواص الفيزيو- ميكانيكية للمونات التجريبية القياسية المهجنة وغير المهجنة

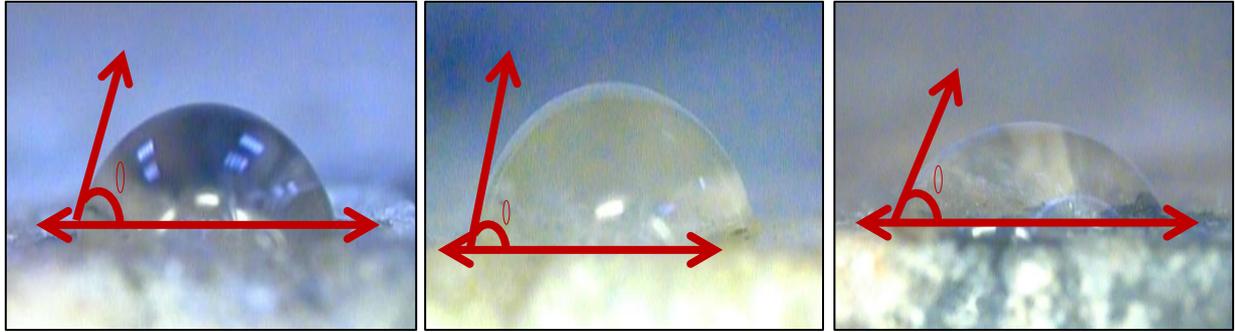
الخواص الفيزيو- ميكانيكية للمونات التجريبية القياسية المهجنة وغير المهجنة المعالجة				الأبعاد			الكود
قوة تحمل الضغط كجم/سم ²	نسبة امتصاص الماء %	المسامية %	الكثافة جم/سم ³	الارتفاع	العرض	الطول	
22,22 كجم/سم ²	0,28	9,22	0,31 جم/سم ³	3 سم	3 سم	3 سم	M10
27,90 كجم/سم ²	0,27	8,78	0,38 جم/سم ³	3 سم	3 سم	3 سم	M 15
39,07 كجم/سم ²	0,15	8,40	0,35 جم/سم ³	3 سم	3 سم	3 سم	M 20
38,49 كجم/سم ²	0,06	4,59	0,29 جم/سم ³	3 سم	3 سم	3 سم	M+K
32,55 كجم/سم ²	0,08	4,70	0,29 جم/سم ³	3 سم	3 سم	3 سم	M+S
176,05 كجم/سم ²	1,14	3,45	1,67 جم/سم ³	3 سم	3 سم	3 سم	G
154,16 كجم/سم ²	0,02	2,70	1,57 جم/سم ³	3 سم	3 سم	3 سم	G+K
166,04 كجم/سم ²	0,04	3,1	1,38 جم/سم ³	3 سم	3 سم	3 سم	G+S
172,21 كجم/سم ²	1,09	4,85	2,20 جم/سم ³	3 سم	3 سم	3 سم	GR
159,70 كجم/سم ²	0,02	2,88	1,41 جم/سم ³	3 سم	3 سم	3 سم	GR+K
173,11 كجم/سم ²	0,05	2,92	1,80 جم/سم ³	3 سم	3 سم	3 سم	GR+S

12- تقييم الكفاءة من خلال حساب زوايا اتصال الماء بأسطح المونات : Efficiency Assessment by calculating the Angles of Water Contact With Mortars Surfaces

تم تقييم دور الإضافات النانوية من نانو الكاولين و نانو السيليكا في تحسين خواص المونات وتعزيزها بأسطح كارهه للماء super-hydrophobic surfaces، وذلك بحساب قيم زوايا اتصال الماء بأسطح المونات ومن خلال مقارنتها يمكن تقنين مدي التحسن، حيث تعطينا زاوية التلامس مؤشرا علي مدي جودة (أو مدي ضعف) المركب النانوي علي السطح أثناء تطبيق مادة العزل والتقوية النانوية أو المونات المعالجة، حيث توفر زوايا التلامس مؤشرا مفيدا لكيفية تأثير تلك المركبات علي انتشار الماء (Charu Dwivedi, Sandip) (Patil,2017)، (Biswadeep Chaudhuri,2018).

13- تقييم زوايا الاتصال لمونات الميكروبالون المهجنة وغير المهجنة: Assessment of Contact Angles for hybrid and non-hybrid Micro- ballons

تبين من خلال تحليل النتائج بتحس مونة الميكروبالون المعالجة بنانو الكاولين Kaolinite و نانو السيليكا Nano silica، حيث يبلغ قيمة التحسن بعد إضافة نانو الكاولين بمقدار 11° وبعد إضافة نانو السيليكا بمقدار 8°، وفيما يلي أشكال (7:9) توضح قياس زاوية الاتصال بين الماء و سطح مونات الميكروبالون.



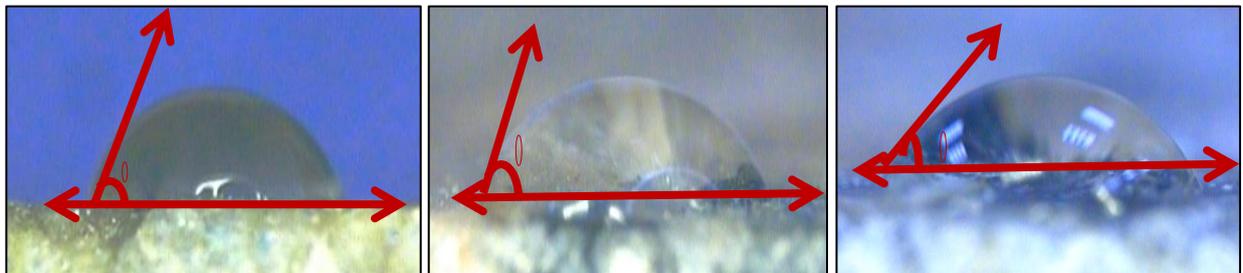
صورة (9) زاوية اتصال الماء بسطح مونة الميكروبالون المعالجة بنانو السيليكا والتي تقدر ب 77°

صورة (8) زاوية اتصال الماء بسطح مونة الميكروبالون المعالجة بنانو كاولين وتقدر ب 80°

شكل (7) زاوية اتصال الماء بسطح مونة الميكروبالون غير المعالجة والتي تقدر ب 69°

14- تقييم زوايا الاتصال لمونات الجرانيت الوردي المهجنة وغير المهجنة: Assessment Contact Angles for hybrid and non-hybrid Pink Granite

تبين من خلال تحليل النتائج بتحس مونة الجرانيت الوردي المعالجة بنانو الكاولين Kaolinite و نانو السيليكا Nano silica، حيث يبلغ قيمة التحسن والتحول لأسطح كارهه للماء بعد إضافة نانو الكاولين وذلك بمقدار 22° وبعد إضافة نانو السيليكا بمقدار 20°، وفيما يلي أشكال (10:12) توضح قياس زاوية الاتصال.



شكل (12) زاوية اتصال الماء بسطح مونة الجرانيت المعالجة بنانو السيليكا والتي تقدر ب 72°

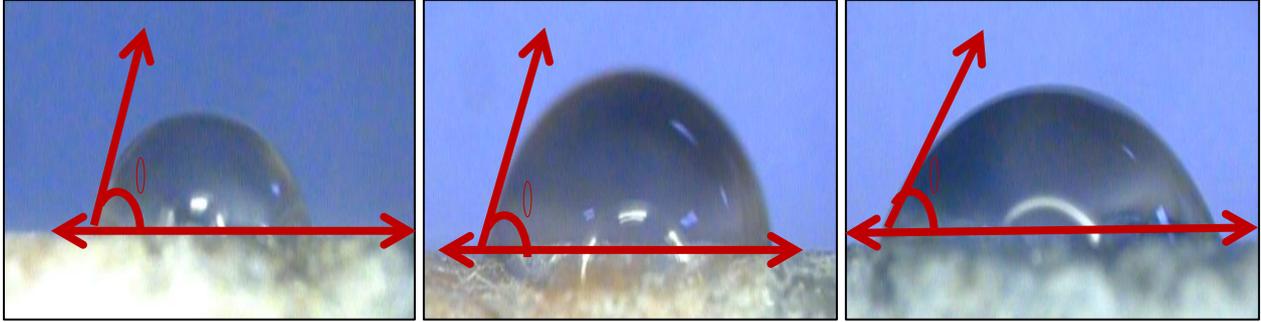
شكل (11) زاوية اتصال الماء بسطح مونة الجرانيت المعالجة بنانو الكاولين وتقدر ب 74°

شكل (10) زاوية اتصال الماء بسطح مونة الجرانيت غير المعالجة والتي تقدر ب 52°

15- تقييم زوايا الاتصال لمونات الجرانو- ديوريت المهجنة وغير المهجنة: Assessment

of Contact Angles for hybrid and non-hybrid Grano- Diorite

تبين من خلال النتائج بتحسّن خواص مونة الجرانو- ديوريت المعالجة بنانو الكاولين Kaolinite ونانو السيليكا Nano silica، حيث يبلغ قيمة التحسن بعد إضافة نانو الكاولين بمقدار 9° وبعد إضافة نانو السيليكا بمقدار 10°، وفيما يلي أشكال (13: 15) توضح قياس زاوية الاتصال بين الماء وسطح مونات الجرانو- ديوريت.



شكل (15) زاوية اتصال الماء بسطح مونة الجرانو- ديوريت المعالجة بنانو السيليكا والتي تقدر ب 77°

شكل (14) زاوية اتصال الماء بسطح مونة الجرانو- ديوريت المعالجة بنانو الكاولين و تقدر ب 76°

شكل (13) زاوية اتصال الماء بسطح مونة الجرانو- ديوريت غير المعالجة والتي تقدر ب 67°

16- تقييم المونات المهجنة وغير المهجنة بعد التجوية المعجلة: Evaluation of hybrid and Non-hybrid Mortars After accelerated Weathering

تم استخدام فرن من إنتاج شركة CTA نوع M 120- VN والموجود بالمتحف المصري الكبير، وتمت عملية التقادم طبقا للمواصفات الاوربية 12370/2000، وذلك للمونات المهجنة وغير المهجنة، حيث أشارت دراسة Hughes, John لمعايير التقادم للمونات، والتي ذكرت خطوات التقادم المعجل مشيراً لأنها استغرقت 28 يوماً طبقاً لما أشارت له المواصفات الأوروبية (John J. Hughes and Torsten) (Howind,2016) كما تشير بعض الدراسات علي إمكانية تطبيق المقويات النانوية علي المونات بعد صبها ثم اختبار كفاءة تلك الإضافة (Miloš Drdácý,2009).

17- تقييم كفاءة المونات التجريبية بعد التقادم الحراري للمجموعة (H) of experimental Mortars after performing thermal Aging

تم تعريض المونات لدرجة حراره 105° درجة مئوية في الفرن لمدة 24 ساعة للوصول للوزن الثابت وتم اخذ الوزن الجاف للتوصل لمعدل الفقد في الوزن في نهاية عمليات التقادم، وفيما يلي الأشكال (16) توضح برنامج التقادم المعجل .



الأشكال رقم (16) توضح (أ، ب) مرحلة التقادم الحراري لمكعبات المونة التجريبية – (ج) مرحلة التجوية الملحية

وفيما يلي جدول (4) يوضح قيم التغير اللوني للمونات التجريبية قبل وبعد التقادم الحراري

الكود	القياسات قبل التقادم			القياسات بعد التقادم الحراري			فارق بين القياسات			تربيع الفرق			جمع الترتيب	الجزر التربيعي للقيم E
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*		
M10	70,33	2,57	19,09	73,20	3,09	17,01	2,9	0,52	2,08	8,41	0,27	4,32	13,00	3.60
M 15	68,02	3,01	20,92	65,80	2,07	22,05	2,23	0,94	1,13	4,97	0,88	1,27	7,12	2.66
M 20	75,35	5,21	22,77	77,00	4,22	19,70	1,65	0,99	3,07	2,72	0,98	9,42	13,12	3.62
M+K	62,07	8,08	14,99	65,11	7,20	13,76	3,04	0,88	1,23	9,24	0,77	1,51	11,52	3.39
M+S	67,12	4,10	17,31	69,12	4,66	19,80	2	0,56	2,72	4	0,31	7,39	11,70	3.42
G	69,13	6,83	11,20	74,24	8,29	12,08	5,11	1,46	0,88	26,11	2,13	0,77	29,01	5.38
G+K	63,09	5,38	11,00	63,55	5,90	9,00	0,46	0,52	2	0,21	0,27	4	4,48	2.11
G+S	67,24	6,13	10,07	66,54	6,18	7,59	0,7	0,05	2,48	0,49	0,002	6,15	6,64	2.57
GR	69,04	1,72	9,38	75,08	1,80	10,02	6,04	0,08	0,64	36,48	0,006	0,40	36,89	6.07
GR+K	56,58	1,50	7,23	56,09	2,00	8,50	0,49	0,5	1,27	0,24	0,25	1,61	2,10	1.44
GR+S	55,71	0,15	5,37	55,13	0,20	7,97	0,58	0,05	2,6	0,33	0,002	6,76	7,09	2.66

مناقشة النتائج لقيم التغير اللوني: تميزت جميع المونات بثبات ضد التجوية الحرارية فلم يتم تسجيل أي تغير ملحوظ عن المعيار المسموح به، وتعتبر مونة الجرانو- ديوريت والمهجنة بنانو الكاولين + نانو السيليكا الأقل في قيم التغير اللوني، كما تمثل مونة الجرانو- ديوريت و الجرانيت أعلى قيم في التغير اللوني فقد تجاوزا المعيار المسموح به ولكن بنسبة قليلة للغاية.

18- تقييم كفاءة المونات التجريبية بعد إجراء التقادم الملحي: Evaluate the efficiency of experimental Components after performing saline Aging

تمت مراحل التجوية الملحية طبقا لما تنص عليه المواصفة الأوربية وفيما يلي جدول (5) يوضح قيم التغير اللوني للمونات التجريبية المختلفة.

جدول (5) يوضح قيم التغير اللوني للمونات المهجنة وغير المهجنة بعد التقادم الملحي

الكود	القياسات قبل التقادم			القياسات بعد التقادم الحراري			فارق بين القياسات			تربيع الفرق			جمع الترتيب	الجزر التربيعي للقيم E
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*		
M10	70,33	2,57	19,09	73,20	3,09	17,01	2,9	0,52	2,08	8,41	0,27	4,32	13,00	3.60
M 15	68,02	3,01	20,92	65,80	2,07	22,05	2,23	0,94	1,13	4,97	0,88	1,27	7,12	2.66
M 20	75,35	5,21	22,77	77,00	4,22	19,70	1,65	0,99	3,07	2,72	0,98	9,42	13,12	3.62
M+K	62,07	8,08	14,99	65,11	7,20	13,76	3,04	0,88	1,23	9,24	0,77	1,51	11,52	3.39
M+S	67,12	4,10	17,31	69,12	4,66	19,80	2	0,56	2,72	4	0,31	7,39	11,70	3.42
G	69,13	6,83	11,20	74,24	8,29	12,08	5,11	1,46	0,88	26,11	2,13	0,77	29,01	5.38
G+K	63,09	5,38	11,00	63,55	5,90	9,00	0,46	0,52	2	0,21	0,27	4	4,48	2.11
G+S	67,24	6,13	10,07	66,54	6,18	7,59	0,7	0,05	2,48	0,49	0,002	6,15	6,64	2.57
GR	69,04	1,72	9,38	75,08	1,80	10,02	6,04	0,08	0,64	36,48	0,006	0,40	36,89	6.07
GR+K	56,58	1,50	7,23	56,09	2,00	8,50	0,49	0,5	1,27	0,24	0,25	1,61	2,10	1.44
GR+S	55,71	0,15	5,37	55,13	0,20	7,97	0,58	0,05	2,6	0,33	0,002	6,76	7,09	2.66

مناقشة النتائج لقيم التغير اللوني: تميزت معظم المونات بمقاومة جيدة ضد عمليات التجوية الملحية وتعتبر مونة الميكروبالون والجرانو- ديوريت المهجنة بنانو السيليكا الأكثر مقاومة للتغير اللوني الناتج من التجوية

تقييم كفاءة المونات المحسنة بالمواد النانوية في صيانة التماثيل الملكية الجرائيتية

الملحية، ثم يأتي في المرتبة الأخيرة مونة الجرانو- ديوريت غير المهجنة والمهجنة بنانو السيليكا، حيث تجاوزا معيار التغير اللوني المسموح به بمقدار بسيط، كما نلاحظ تجاوز المونة النانوية للجرانو- ديوريت المهجنة بنانو الكاولين والسيليكا في البيئات الملحية معيار التغير اللوني المسموح به.

19- دراسة المظهر السطحي للمونات المهجنة وغير المهجنة قبل وبعد التقادم بالميكروسكوب الديجيتال : Study the Surface Appearance of hybrid and non-hybridized mortars before and After Aging by Digital Microscope

تمت عملية الدراسة للمونات المختلفة بعد الانتهاء من الجفاف الكامل وايضا من برنامج التقادم الحراري والملحي لتصبح المونات جاهزة للتقييم والمقارنة في أوضاعها الثلاثة 1- عينات قياسية 2- عينات بعد التقادم الحراري 3- عينات بعد التقادم الملحي، وفيما يلي بعض نتائج عمليات الفحص للمونات التي تم ادراجها كفروض علاجية.



أشكال (17) يوضح مونة الميكروبالون + نانو كاولين (أ) قبل برنامج التقادم، تكبير 300x - (ب) بعد التقادم الحراري، تكبير 300x - (ج) بعد التقادم الملحي، تكبير 300x



أشكال (18) يوضح مونة الجرائيت المكونة من مسحوق الجرائيت + مطحون الرمل +ميكروبالون +نانو كاولين (أ) قبل التقادم، تكبير 300x - (ب) بعد التقادم الحراري، تكبير 300x - (ج) بعد التقادم الملحي، تكبير 300x



أشكال (19) لمونة جرانو- ديوريت (مسحوق جرانو- +رمل مطحون +ميكروبالون +نانو الكاولين) (أ) قبل برنامج التقادم، تكبير 300x - (ب) بعد التقادم الحراري، تكبير 300x - (ج) بعد التقادم الملحي، تكبير 300x

مناقشة نتائج الفحص بالميكروسكوب الديجيتال: تبين تحسن خواص المونة عند إضافة مادة مالئة في هيئة مطحون الرمل والذي ساهم في الحصول علي قوام دقيق قابل للتشكيل والحقن وكذلك في تقليل معدل امتصاص الماء، نجاح المحسن النانوي في تقليل فعل التجوية الحرارية والملحية من خلال صنع فيلم طارد للماء وللبورات الملحية وكذلك في المساهمة في تقليل معدل الدكانة اللونية والتي غالبا ما نلاحظها كنتيجة لتعرض المونات

لتأثير حراري، وفيما يلي جدول (6) يوضح قيم الخواص الفيزيو- ميكانيكية للمونات المختلفة قبل وبعد برنامج التقادم المعجل.

جدول (6) يوضح قيم الخواص الفيزيو- ميكانيكية للمونات المختلفة قبل وبعد برنامج التقادم المعجل

الكود	الكثافة جم/سم ³	الكثافة جم/سم ³		المسامية %		الامتصاص %		جهد الضغط كم/سم ²	
		بعد التقادم الحراري	بعد التقادم الملحي	بعد التقادم الحراري	بعد التقادم الملحي	بعد التقادم الحراري	بعد التقادم الملحي	بعد التقادم الحراري	بعد التقادم الملحي
M10	0,31	0,28	0,29	9,93	% 9,96	1,77	2,12	21,08	17,32
M 15	0,38 جم/سم ³	0,33 جم/سم ³	0,33 جم/سم ³	9,20	% 9,35	2,01	%2,15	24,08 جم/سم ²	23,47 جم/سم ²
M 20	0,35 جم/سم ³	0,31 جم/سم ³	0,31 جم/سم ³	8,90	% 8,92	1,07	%2,00	33,23 جم/سم ²	31,09 جم/سم ²
M+K	0,29 جم/سم ³	0,27 جم/سم ³	0,27 جم/سم ³	4,71	% 4,73	0,96	%1,89	33,80 جم/سم ²	33,87 جم/سم ²
M+S	0,29 جم/سم ³	0,26 جم/سم ³	0,24 جم/سم ³	4,96	% 4,95	0,92	%1,91	29,53 جم/سم ²	28,51 جم/سم ²
G	67,1 جم/سم ³	1,63 جم/سم ³	1,53 جم/سم ³	3,98	%4,03	1,23	%2,33	138,88 جم/سم ²	133,22 جم/سم ²
G+K	75,1 جم/سم ³	1,72 جم/سم ³	1,71 جم/سم ³	2,99	% 3,05	1,11	%1,83	142,13 جم/سم ²	137,11 جم/سم ²
G+S	38,1 جم/سم ³	1,35 جم/سم ³	1,32 جم/سم ³	3,98	% 4,09	0,97	%1,92	145,70 جم/سم ²	143,00 جم/سم ²
GR	02,2 جم/سم ³	1,99 جم/سم ³	1,90 جم/سم ³	5,24	% 5,40	1,89	%2,09	149,91 جم/سم ²	144,20 جم/سم ²
GR+K	41,1 جم/سم ³	1,37 جم/سم ³	1,35 جم/سم ³	3,03	% 3,10	0,90	%1,80	149,03 جم/سم ²	136,09 جم/سم ²
GR+S	80,1 جم/سم ³	1,76 جم/سم ³	1,76 جم/سم ³	3,10	%3,17	0,79	%1,85	150,12 جم/سم ²	136,90 جم/سم ²

مناقشة النتائج: سجلت مونات الميكروبولون أقل قيمة في الكثافة بينما سجلت مونات الجرانو- ديوريت أعلى قيم في مقاومة الضغط، كما لوحظ قلة مقاومة مونات الميكروبولون للتجوية الملحية ووجود فروق كبيرة في قيم ونتائج كلا من التجوية الملحية والحرارية، بينما امتازت مونات الجرانيت الوردي بثبات فعال ضد الظروف المختلفة التي تعرضت لها سواء في التجوية الملحي أو الحراري ولعل المونات التي تم تهجينها بنانو الكاولين والأخرى المهجنة بنانو السيليكا فقد أعطوا نتائج مرضية قبل وبعد التقادم وبخاصة في التجوية الحرارية.

20- الاستنتاجات : Conclusions

- أثمرت الدراسة التجريبية عن الوصول لنتائج مرضية وطرق وأساليب حديثة تتناسب كفروض علاجية للأثار الجرانيتية، حيث انحصرت الدراسة التجريبية حول استنباط أفضل مونات للاستكمال التدعيمي علي أن تتمتع بقدر من الاسترجاعية عند اللزوم وتساهم في تطوير علم الترميم للأثار الجرانيتية وتحقيق الهدف المنشود منها في تدعيم وتقوية وحقق الأجزاء الضعيفة ذات البنية المنهكة ، وفيما يلي أهم النتائج التي تم التوصل لها.
- إضافة مادة مائة في شكل مطحون الرمل ضمن مكونات المونة الجرانيتية يزيد من مرونة المونة وتماسكها ويجعلها قابلة للحقن والتشكيل .
- إضافة الميكروبولون بنسبة 40% ضمن المواد المائة بالمونة الجرانيتية عملت علي تحسين معدل التماسك والتغلغل وتقليل الكثافة والشروخ.
- توافق الخواص الفيزيو- ميكانيكية للمونات الجرانيتية مع طبيعة الاثار الجرانيتية من حيث التركيب الكيميائي والتشابه اللوني ومعدلات التمدد والانكماش وتتميز ايضا بأنها أقل من حيث الصلابة والصلادة.

- تبين من خلال الدراسة المجهرية وتتبع المظهر السطحي للمونات إنتشار الحبيبات النانوية سواء لنانو الكاولين أو لنانو السيليكا بشكل جيد كدليل علي قابليتهما علي الامتزاج الجيد والمساهمة في تعزيز التشابه الكيميائي ما بين نانو الكاولين ومعادن الفلسبارات بالجرانيت وكذلك بين نانو السيليكا والمعادن السيليكاتية بالجرانيت.
- من خلال الاختبارات المعملية تبين فاعلية إضافة نانو الكاولين & نانو السيليكا بنسبة 5% لمونة الميكروبالون وكذلك للمونات الجرانيتية المختلفة، حيث ساعدت في تحسين خواص الطرد للماء ومنع تبلور الأملاح بداخل المونة، حيث يبلغ قيمة التحسن بعد إضافة نانو الكاولين بمونة الميكروبالون بمقدار 11° وبعد إضافة نانو السيليكا بمقدار 8°، ويبلغ قيمة التحسن والتحول لأسطح كارهه للماء بمونة الجرانيت الوردي بعد إضافة نانو الكاولين بمقدار 22° وبعد إضافة نانو السيليكا بمقدار 20°، كما يبلغ بمونة الجرانو-ديوريت بعد إضافة نانو الكاولين بمقدار 9° وبعد إضافة نانو السيليكا بمقدار 10°، هذا بالإضافة في تحسين خواص المقاومة البكتيرية.
- انخفاض معدل الانكماش وبخاصة بمونات الميكروبالون لتصل إلي 0.05. بدلا من 0.09. وبالتبعية تم ملاحظة قلة اختفاء الشروخ والتشققات.
- من خلال المقارنة بين المونات التقليدية والمهجنة تبين نجاح المحسن النانوي في تقليص معدلات التغير اللوني Color meter وهو الأمر الذي يشير لارتفاع المقاومة لعمليات التجوية الحرارية والملحية.
- استنباط مونات جرانيتية نانوية تتميز بالاسترجاعية والديمومة ومقاومة لعوامل التلف تساهم في تحقيق الغاية من استخدامها وبدون أن تسبب أي ضرر سواء في المدى القصير أو البعيد.

21- الشكر والتقدير: Acknowledgements:

إلي روح شيخ المرممين أستاذنا الجليل الأستاذ الدكتور محمد عبدالهادي محمد رحمة الله عليه.

22- المراجع : Reference

1. Arnulf Daehne and Christoph Herm (2013)*" Calcium hydroxide Nano sols for the consolidation of porous building materials - results from EU-STONECORE"Science,1:1<http://www.heritagesciencejournal.com/content/1/1/11,P.4:5.>, Ash Cement Paste, P.3:4.
2. Biswadeep Chaudhuri (2018) " Biopolymers-graphene oxide Nano platelets composites with enhanced conductivity and biocompatibility suitable for tissue engineering applications , Contact Angle Measurement, ,Science Direct, P.1.
3. Björnström . J, et al., (2004) " Accelerating effects of colloidal Nano-silica for beneficial calcium-silicate-hydrate formation in cement , Chemical Physics Letters 392 242–248 ,PP.1:3.
4. Charu Dwivedi, Sandip Patil,(2017) "Electro spun Nano fibrous Scaffold as a Potential Carrier of Antimicrobial Therapeutics for Diabetic Wound Healing and Tissue Regeneration" Contact Angle ,Science Direct,p.1.
5. Elsen,J. ,(2006)"Microscopy OF Historic Mortars – Aare View Cement And Concrete Research" ,V.361issue8, P.1416:1424.
6. Elvin. G., et al.,(2007) "Nanotechnology for Green Building , Green Technology Forum",p. 21-23.
7. El-Toni.A.M ,Shu Yin and Tsugio Sato (2018) "Dense silica coating of titanium Nanoparticles by seeded green calcium hydroxide nano-plates derived from waste oyster shells", Journal of Environmental Management" Vol. 223,.
8. Frank,G.,Matero(1995) "A programme for the conservation of architectural plasters in earthen ruins in the American southwest ",National Monument ,USA, in conservation and Management of Archaeological Sites ,v. p.6:10

9. G. Borsoia, B. Lubellia,b, R. van Hees ,et. al.(2016)" Effect of solvent on Nano lime transport within limestone: How to improve in-depth deposition" Science Direct Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Colloids and Surfaces A: Physico chem. Eng. Aspects 497 171–181,P.172.
10. Giovanni Borsoi, et. al.(2012)" Microstructural Characterization of Consolidate Products for Historical Renders: An Innovative Nano structured Lime Dispersion and a More Traditional Ethyl Silicate Limewater Solution" Microsc. Microanal. 18, 1181–1189, doi:10.1017/S1431927612001341 ,pp.16:18.
11. John J. Hughes (2019) "Mortars for pointing granite masonry: a feasibility Study",PP.1:6.
12. John J. Hughes and Torsten Howind (2016) " Science And Art: A Future For Stone Proceedings Of The 13thmn International Congress On The Deterioration And Conservation Of Stone "6th to 10th September, Paisley, Scotland,PP.559:563.
13. Miloš Drdácý1, a, Zuzana Slížková1,b and Gerald Ziegenbalg(2009) "A Nano Approach to Consolidation of Degraded Historic Lime Mortars "Journal of Nano Research Vol. 8 ,2009, pp 13-22 ,© ,Trans Tech Publications, Switzerland, doi:10.4028/www.scientific.net/JNanoR.8.13,p.16.
14. Manoudis, P.N. et al.,(2008)" Super hydrophobic films for the protection of outdoor cultural heritage assets", Phys A DOI 10.1007/s00339-009-5233-z,P.2:8.
15. P.N. Manoudis, A et al.,(2009)" Fabrication of super-hydrophobic surfaces for enhanced stone protection, Surface & Coatings Technology" 203 1322–1328,pp2:3.
16. Radu Claudiu Fierascu ,Mihaela Doni and Irina Fierascu(2020) "Selected Aspects Regarding the Restoration/Conservation of Traditional Wood and Masonry Building Materials: A Short Overview of the Last Decade Findings, applied sciences, Received: 17 December 2019; Accepted: 7 February 2020; Published: 9 February 2020,pp.4:7.
17. Ruffolo, S.A., et al.,(2010)" ZnO and ZnTiO₃ Nano powders for antimicrobial stone coating "Appl Phys A, 2010, 100: 829–834,P.2.
18. Rodica,M, Sanda ,M, Daniela ,T (2018) " Nano technologies in Cultural Heritage –Materials and instruments for Diagnosis and Treatment" Additional information is available at the end of the chapter<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.71950>, Chap. 10,.
19. Ten Kuo,W., et. al. ,(2006) "Effects of Nano-Materials on Properties of Waterworks Sludge Ash Cement Paste".
20. Zaarei A, Sarabi, A. F, Sharif, S. M& Kassiriha M(2010) "Preparation and Evaluation of Epoxy-Clay Nanocomposite Coatings for Corrosion Protection", Int. J. Nano sci. Nano technology ", Vol. 7, p. 125:127.