ENGINEERING RESEARCH JOURNAL (ERJ)

Vol. 1, No. 41 Jul. 2019, pp. 140-146.

Journal Homepage: www.feng.bu.edu.eg

أحدث التقنيات والتطبيقات المستخدمة فى رصد وعلاج المبانى الأثرية

The Latest Technologies and Applications used in Archaeological Buildings Monitoring and Treatment

أسامه النحاس[1] , هالة عبد المعز[2], شيماء عبد السلام [2]

[1] قسم الهندسةالمعمارية بكليةالهندسة بشبرا-جامعه بنها

[2] قسم الهندسة المعمارية بالمعهد التكنولوجى العالى بالعاشر من رمضان – فرع 6 أكتوبر

الملخص: يتناول البحث عدة تقنيات متبعة مؤخراً لتسهيل مرحلة علاج العناصر المعمارية الحجرية بجانب تطوير كفاءة مواد الترميم الخاصة بالمبانى الأثرية فمنها ما يكون تفاعله مع مواد البناء الأثرية أسرع ومنها ما يزيد من قوة ترابطها إنشائياً ومنها ما يعطى المبنى عمر إفتراضى أطول لإنسجام المادة مع مواد البناء الأثرية ومازالت الدراسات البحثية مستمرة للوصول للمزيد لكى يخدم إتجاهات الحفاظ على المبانى الأثرية ويسهل على المرمم إتخاذ القرار سواء فى الرصد أو العلاج.

مقدمة

تعتبر التقنيات الحديثة فى أى مجال تطوراً فى حد ذاتها فعند التحدث على تقنيات الرصد أو التوثيق فلقد أصبح الحاسوب بجميع تطبيقاتة وبرامجه أداة متقدمة تسهل العمل وسوف يذكر مثال بمتن البحث وكذلك المواد المكملة أو المحسنة للمون المستخدمة فى الحقن أو التكسية التى تم إكتشافها من خلال تجارب معملية منها ماتم إعتمادة وبدأ إنتاجه فى السوق ومنها الذى مازال تحت الإختبار وخاصة المواد المعالجة بتقنية النانو فلقد أحدثت طفرة فى مجال الترميم وذلك لصغر حجمها وقدرتها على التفاعل مع المواد الأثرية وقابليتها للتشكيل ولعل بإستمرار الأبحاث يتم إصدار العديد من التقنيات التى تساعد فى الحفاظ على المبنى الأثرى.

مشكلة البحث

نظراً لإصرار المهتمين بالعمل فى مجال الترميم الأثرى على إتباع الطرق التقليدية فى علاج المبانى الأثرية فهم يفقدون العديد من المزايا الناتجة عن إستخدام الأساليب الحديثة من دمج المواد الأثرية الأصلية والمواد المعالجة الحديثة بتقنيات تطبيق متطورة تم إستخدامها دولياً حيث أنها تحسن من خواص المادة وتزيد من قوة إحتمالها و يعطى نتائج علاج عالية فيرفع من العمر الأفتراضى للمبنى الأثرى لذا وجب التركيز على هذا الجانب للوصول إلى منهجية واضحة فى علاج المواد الأثرية بأفضل الطرق .

هدف البحث

رصد بعض التقنيات الحديثة التى من خلالها سيتم الإرتقاء بعملية الرصد والعلاج والتى تمت على أيدى باحثين كان إتجاههم الرئيسى تسهيل عملية الترميم وسوف يتم رصد كافة نتائج الأبحاث التى تم نشرها فى حدود الدراسة والتى من خلالها سيتم إدخال الإمكانيات والأدوات التى تساعد فى عملية الحفاظ والترميم على المبانى الأثرية.

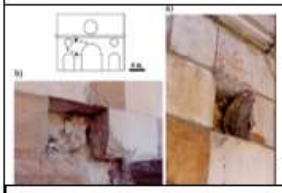
طرق حديثة لحل المشاكل التى يتعرض لها المبنى الأثرى

من خلال بعض التطبيقات الحديثة فى المبانى الأثرية سيتم شرح حلول لبعض مشاكل **الحجر** كمادة أساسية فى المبنى الأثرى سواء فى مرحلة الرصد أو مرحلة تنفيذ العلاج.

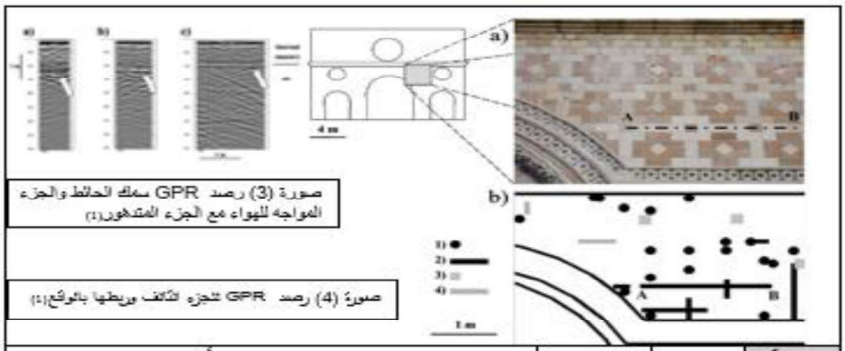
المرحلة المنفذ بها التقنية	المشكلة	التقنية المستخدمة لحل المشكلة	
مرحلة الرصد والتوثيق	صعوبة رصد ومعاينة المشكلة إلاعند الحفر والتكسير	تقنية GRP	• عباره عن موجات كهرومغناطيسية (إرسال وإستقبال) يعمل من خلال مسح جزء من الواجهة لتحديد أماكن التدهور فيتراوح تردد الموجات من 10 إلى 2000 MHz لمسح 4-5 أمتار. • يجرى مسوحات على الواجهة لرصد الأجزاء المدمرة أو التى تحتاج لعلاج سريع التى لا يمكن التعرف عليها من الكشف المبدئى. • توفر مجموعة كبيرة من البيانات من خلال إستطلاعات الواجهات بهدف التخطيط لعملية الترميم لمعرفة سمك البناء الداخلي وموقع الإنفصال أو الشقوق.

الحالة الدراسية : collemaggio basilica

صورة (1) واجهة Collemaggio أثناء الحصول على بيانات GPR (1)



صورة (2) بعد رصد GPR للجزء التالف تم نزع الحجر ووجد التلف فعليا ثم تم بدء المعالجة(1)



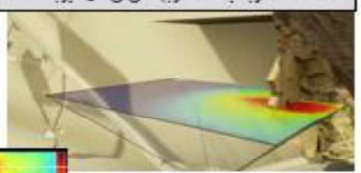
صورة (3) رصد GPR سمك الحائط والجزء المواجه للهواء مع الجزء المتدهور(1)

صورة (4) رصد GPR للجزء التالف وربطها بالواقع(1)

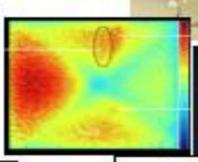
المرحلة المنفذ بها التقنية	المشكلة	التقنية المستخدمة لحل المشكلة	
مرحلة الرصد والتوثيق		تقنية الأشعة الكونية	• عبارة عن شرائح فيلمية تثبت فى أقرب مكان للرصد وجهاز رصد يتصل بأجهزة متقدمة((digital electronic device تعمل على رصد كل الذبذبات الناتجة عن أشعة خاصة تسمى الميو التى تأتى من الشرائح وتترجم إلى رسومات فراغية يسهل قرائتها سواء من الحجم أو تحديد المكان بدقة. يعمل على رصد الفراغات فى الأماكن التى يصعب الوصول لها دون حفر للإكتشاف .

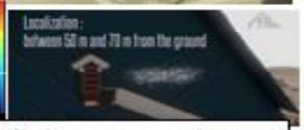
الحالة الدراسية : هرم خوفو الأكبر

صورة (5) بدأ إصدار ذبذبات (2)



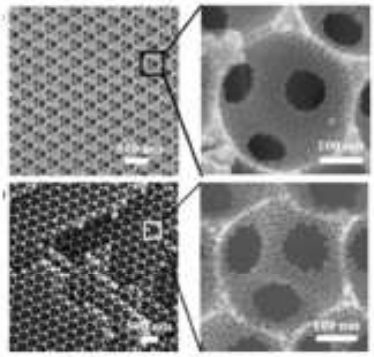
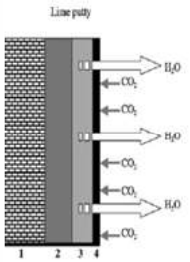
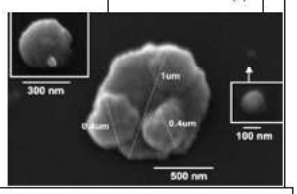
صورة (6) تثبيت الشرائح الفيلمية بالهرم (2)





صورة (7) تحديد حجم الفراغ ومكانة بدقة عالية (2)

صورة (8) قزامة الذبذبات معشياً (2)

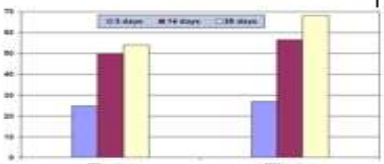
مرحلة العلاج	تسوس الحجر	جسيمات السيليكا النانوية	• عبارة عن معالجة تمت من خلال عملية Ultrasonic Sonochemistry والتى تساعد على تكوين ثنائى اكسيد السيليكون (SiO_2) الغير متبلور وسيليكات الليثيوم التى من خلالها لا يمكن للماء التسرب أو الذوبان على سطح الحجر (5). • يرتفع معدل تسوس الحجر كونه فى الهواء الطلق فيتعرض للتأثيرات الجوية الطبيعية لذا يحدث الكثير من التفاعلات الكيميائية فى المسام الشعرية و التى تساعد على تدهوره ويتسبب الماء أيضا فى زيادة نسبة أملاح الحجر من خلال تبلور الجزيئات بداخل مسامه ومع التجمد والذوبان تسوء حالته. • فعند خلط مزيج الحماية فى الموقع سواء للأحجار أو الأخشاب يوجد ما يطلق عليه ظاهرة الفقاعات فى السائل ولكن مع وضع سيليكات الليثيوم وأكسيد السليكون في البنية النانوية يتم التخلص من هذه الظاهرة التى يمكن من خلالها تسرب مياه الأمطار ومن ثم تسرب الأملاح إلى تجويف الحجر أو زياده الرطوبة فى طبقات الخشب وعند تطبيقها لا تؤثر تماماً فى الخواص الطبيعية للمواد الأثرية.  صور(9) بتكبيرات مختلفة لمحاولة القضاء على ظاهرة الفقاعات فى ذائب السيليكا والتآلف مع الجزيئات النانوية(4)
مرحلة العلاج	تنظيف الحجر من الطلاء القديم لعلاجه.	جسيمات نانوية خاصة للكالسيوم وهيدروكسيد الباريوم لتوحيد الطلاء.	• عبارة عن مركبات نانوية تضاف إلى المذيبات العضوية حتى تعمل على تشتيت الجزيئات المتبلورة فى الأعمال الحجرية لسهولة تنظيفها وذلك من خلال وضع نسب تركيز مختلفة من هيدروكسيد الكالسيوم والباريوم وذلك بعد إختبارات عديدة لمعرفة نسبة التركيز إلى نسبة التكلس الموجودة.  صورة (10) تمثل تخطيطي للطبقات الجدارية والطلاء حيث تشتت الصبغة من خلال تفاعلات هيدروكسيد الكالسيوم (5)  صورة(11)مجموعات من جسيمات هيدروكسيد الكالسيوم النواة من خلال إعداد تفاعلات متجانسة في الماء عند 908 درجة مئوية، مسجلة بواسطة المسح المجهري الإلكتروني (SEM) (5)

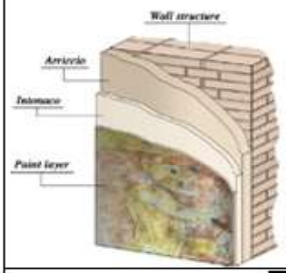
الحالة الدراسية : إنقاذ لوحات الحائط في أمريكا الوسطى

La Antigua Ciudad Maya de Calakmul

توجد اللوحات بمحمية يسودها بيئة الغابات الإستوائية ويتخللها مناطق تحوى المباني والآثار وممرات بها ألواح حجرية سجل عليها الأحداث التاريخية لانها تمثل شاهدا ثمينا على التاريخ ونظراً للطقس ترتفع الرطوبة النسبية لذا تصبح أسطح اللوحات مبللة دائما ومع الضوء ودرجة الحراره يمثل الحفاظ عليها تحدى كبير لذا قرر المرممون إستخدام المواد النانوية لتشتيت الجسيمات المتبلورة إلى متناهية الصغر وإستخلاص بعض من المواد الأصلية ومحاولها إعاده تدويرها وإستخدامها فى خليط العلاج مرة أخرى لتجنب حدوث فصل فى الطبقات وذلك بجانب خليط من هيدروكسيد الكالسيوم والجسيمات النانوية حيث تم إختيار مزيج من hydroxides وتطبيقه في البداية هذا الخليط المستخدم كان مفيدا وأدى إلى توطيد جيد فى طبقات اللوحات الجدارية ومن ثم تم تطبيق البروبانول على اللوحات بالفرشاة. فيشكل هيدروكسيد الباريوم 20٪ بالوزن من إجمالي الجسيمات النانوية المستخدمة حيث تسمح الجسيمات بإختراق خليط العلاج للوحة دون تشكيل ثقل عليها وتم المراقبة بعد أسبوع حتى ستة أشهر.

صوره(12)اللوحة الجدارية مع وجود الكبريتات على السطح وتلف طبقة الطلاء وبعد ستة أشهر من تطبيق هيدروكسيد الكالسيوم /الباريوم مزيج جسيمات متناهية الصغر (5)

مرحلة العلاج	الترطيب	تقنية النانو فى دمج الطين مع البدرة الأسمنتية لتقليل درجة الحرارة	• أجريت بعض الأبحاث التى تهدف إلى تقليل إمتصاص خلطات الترميم لدرجات الحرارة فتم عمل تجربة سميت نظام (MO) فهو عبارة عن خلط نسبة 98% من الأسمنت مع 2%من الطين المنشط المونتوموريلايت وسمي الخليط (ANC MO1) وتم إختبارها خلال3,14,28 يوم فى درجات حرارة 20,40,60 درجة مئوية وأثبتت كفائتها من خلال الترطيب وقوة الضغط ويتم التحكم فى الخواص الميكانيكية للخليط من خلال المسامية لقدرتها على إمتصاص المواد النانوية وتقاطعها معها لنصل إلى خليط طين نانوى يساعد بطريقة فعالة على الترطيب وتقليل إكتساب درجة الحرارة . • فهذا الخليط سمح بقوة علاج وترطيب جيدة حيث يمكن إستخدامة فى بياض القباب لعكس أشعة الشمس أو حتى فى الواجهات وذلك للترطيب وعدم تقادم البياض بشكل سريع والحفاظ عليه. صورة (13) جزيئات الطين النانوية النشط (s) صورة (14) جزيئات الطين النانوية المعطلة(s) صورة(15) تعثير نتائج الخليط الجديد أفضل من الخليط الأسمنتى العادى (s) 
	محاولة تحسين عملية الربط بين طبقات التلييس	تقنية النانو فى علاج وتقويه مادة الجير	• عبارة عن مواد تقوية غير عضوية تعمل على تقوية المادة الأثرية كالجير من خلال إستخدام جزيئات نانوية صغيرة الحجم (نانو هيدروكسيد الكالسيوم). • تتميز بإستخدام الكحول عوضاً عن الماء مما يساعد فى تحسين عملية الربط والتقوية لأن إستخدام الإيثانول أو إيزوبروبايل الكحول كمذيب أدى إلى خفض معدل تكتل وترسب جزيئات هيدروكسيد الكالسيوم مما أدى إلى التقليل من قابلية تكوين طبقة بيضاء على السطح المقوى وأيضاً له قدرة على التغلغل بعمق كبير والقدرة على تقوية المواد ذات المسامية المنخفضة نظراً لصغر حجم حبيباتها . • تعتمد تقنية التقوية بمواد النانو على تبخر الكحول وتكوين هيدروكسيد كالسيوم صلب ويتحول فيما بعد إلى كربونات الكالسيوم" كالسيت "حيث يتبخر المذيب" الكحول" دون أن يترك ورائه ترسبات أو مركبات مثلفة غير مرغوب بها وصنع منها منتج تجاري تحت اسم Nanorest ore.
مرحلة العلاج	العزل	المواد الهجينة النانوية	• قام العلماء بإنتاج مواد نانوية مهجنة وكمثال على هذه المواد "المطاط المعدني" مستخدمين طرق العزل الكيميائي الذي مكنهم من إنتاج مادة ذات ميزات مختلطة لكلا النوعين المعدن والمطاط حيث بقيت متصفة بالمرونة وقابلية التمدد وقابلية العودة للحالة البدائية (من صفات المطاط) ولكن بإمكانها أيضاً توصيل الطاقة الكهربائية (من صفات المعدن). • إستخدمت النانو المغنطيسية فى صنع محفزات لعمليات التفاعل وإكتشاف طريقة لإنتاج العازل الحرارى(الإيدوجيل). • وتستمر الأبحاث فى محاولة للحصول على أفضل التقنيات فى الحفاظ على المبانى الأثرية فمثلا تتبنى إيطاليا حديثا إتجاه يسمى NANOFORART هو تطوير للمواد النانوية للمحافظة على المواد الأصلية للمبنى فالتحدى الرئيسي في NANOFORART هو محاولة عمل مزيج من المواد الوظيفية الناشئة عن التطورات الأخيرة في علوم النانو مع المواد الأصلية للوصول لتقنيات مبتكرة في ترميم وصيانة

			المبنى الأثرى فمن أهم الأهداف هى التوافق الضروري مع الأصل وأداء دائم في الإستجابة للتغيرات البيئية الطبيعية.
	مواد الربط وإزالة الكبريتات وتوحيد اللون	إستخدام جسيمات الهيدروكسيد النانوية ومواد كربونات الكالسيوم فى الحفاظ على الالوحات الجدارية	• **Intonaco** هى المادة الجصية التى يلصق عليها اللوحات الجدارية وعند إضافة كربونات الكالسيوم يمنع الإنكماش والتكسير عند التجفيف وزيادة القوة الميكانيكية للجص فى الطبقة الداخلية. • **Arriccio** هى المادة الرملية القابلة للطلاء فعند إضافة كربونات الكالسيوم لها تتشتت الجزيئات وتتحرك نحو السطح فتشكل شبكة كربونات بلورية ذات سطح أملس فبالتالى لا يمكن للماء المحمل بالأملاح التشعب فى الصور الملصقة على الزخارف الجصية أو الأملاح. • مادة الربط يجب أن يتم إمتصاصها داخل الحجر وخلال عملية تبخرها، تموضع مادة الربط في المكان المناسب داخل بنية الحجر. ويجب أن لا تتقلص كثيرا، إذ أن جميع المواد تتقلص عندما تجف، وكذلك مواد الربط لذا يجب أن تكون لاصقة بما فيه الكفاية لجسيمات الحجر. لكن لا يجب أن تسبب إغلاقا تاما للمسامات.  صورة (16) طبقات الجدار(7)

الحالة الدراسية : لوحات جدارية بالقرن ال 15 بكنيسة إيطالية

تم تنظيف الكبريتات التى بسببها طمست الجدارية بألوانها وإستخدمت نظرية Ferroni–Dini method (Baglioni 2006) من خلال تطبيق طريقة **Arriccio – Intonaco** ليتم إضافة كربونات الكالسيوم لمنع إنكماش الجدارية وبالتالى ثبات مظهرها بالإضافة إلى إعادة طلائها بالمادة الرملية المدعمة ببلورات الكربون التى تستقبل الطلاء ولا تمتصة وبالتالى تظل الألوان بنفس الدرجات وتساعد على عدم تسرب المياه لها وبالتالى تحميها من الأملاح.

صورة (17) لوحة جدارية تحكى مشهد من قصة الصليب الحقيقى من أعمال Piero della Francesca

الخلاصة

على الرغم من أن تكنولوجيا النانو تعتبر أهم نظرية للمعرفة الإنسانية في المستقبل القريب إلا انها لازالت تقتصر على عدد قليل من التطبيقات ولكن أهم أهدافها هو حفظ وإستعادة التراث الثقافي وحماية المبنى الأثرى على طول الزمن فتم إجراء محاولات فى دهانات الجدار وإزالة الأحماض من الورق والخشب ومواد الحقن وكلها تعتمد على صغر المادة النانوية والقدرة على التغيير فى خواصها الميكانيكية فمازال هناك العديد من الإتجاهات الحديثة فى مجالات الحفاظ والرصد للمبانى الأثرية التى من أهمها تقنيات الحاسب الآلى وإستخدام تكنولوجيا النانو ومازال الباحثون يجتهدون للوصول للأفضل دائما....

توصيات

- تلعب مواد النانو دورًا مهمًا في الحفاظ على الفن والعناصر المعمارية لأنها قادرة على الإستجابة للحاجة و الحفاظ لأقصى قدر ممكن مثل المادة الأصلية ولكن بخواص متقدمة لذا يجب البحث الدائم فى هذا المجال للوصول لأفضل المواد التى سوف تساعد المرمم على العمل فى مشاريع الحفاظ.
- ضرورة إثراء منظمات البحث العلمى بالدعم المادى والمعنوى للعمل على أحدث التقنيات والتوجهات بالأبحاث العلمية للتوصل لأفضل النتائج فى مجال الترميم بالمواد النانوية أو التقنيات الأخرى.
- ضرورة تبادل الخبرات الدولية لتوسيع الرؤية العلمية حول التقنيات الحديثة التى تساعد فى تسهيل عمليات الترميم ومشاريع الحفاظ.
- نشر الوعى والإهتمام بين المعماريين والأثريين والمرممين بمتابعة التقنيات الحديثة والمواد النانوية المستخدمة فى الترميم والحفاظ.
- التشجيع على إقامة مصانع محلية لإنتاج المواد النانوية بصورة تجارية لتحقيق الوفر فى تكلفة هذه المواد.
- عقد الندوات وورش العمل للمختصين والمهتمين بعمليات الترميم والحفاظ الأثرى لمواكبة أحدث التقنيات والمواد المستخدمة فى عمليات الترميم والرصد.

المراجع

[1] Danilo ranalli .marco scozzafava -Ground penetrating radar investigation for restoration of historic buildings the case study of the collemaggio basilica (l'aquila.italy) journal of cultural heritage(5)(2004) https://bit.ly/2TNRjsL

[2]Discovery of big void in khufus pyramid by observation of comsmic-ray muons.nature magazine.2017

[3] Lavinaia de ferri -Study of silica nanoparticales-polysiloxane hydrophobic treatments for stone-based monument protection- journal of cultural heritage(12)(2011)

[4] Santina die salvo-Nanotechnology for culture heritage-international journal of science;technology and society(2014)

[5] Rodorico giorgiand.moria ambrosi and others .Nanoparticles for Cultural Heritage Conservation: Calcium and Barium Hydroxide Nanoparticles for Wall Painting Consolidation. Chemistry a european journal.1443.2010.p2.

[6] THERMO – MECHANICAL PROPERTIES OF ACTIVATED NANO CLAY CEMENT PASTES AT DIFFERENT CURING TEMPERATURES S.Taha Physics Dep., faculty of science, Fayoum University .G.M.Nasr Physics Dep., faculty of science, Cairo University. M.Morsy and H.shoukry. Building physics Dep., Housing and Building National Research Center (HBRC) article.

[7] David chelazzi.giovanna poggi. hydroxide nanoparticles for culture heritage consolidation and protection of wall painting and carbonate materials. journal of colloid and interfaces science

[8] NANO-MATERIALS FOR THE CONSERVATION AND PRESERVATION OF MOVABLE AND IMMOVABLE ARTWORKS P. Baglioni a, R. Giorgi a, D. Chelazzi aa Department of Chemistry and CSGI, University of Florence, via della Lastruccia 3, Sesto Fiorentino, 50019 Florence, Italy .