

An experimental study for treatment and conservation of bird droppings effect on wall painting and mural inscriptions

وانل جمال حسام الدين^{1*}، شعبان محمد عبد العال²، مصطفى احمد عبد الفتاح³
¹ أخصائي ترميم اثار وزارة السياحة والآثار، ² استاذ ورئيس قسم ترميم الاثار كلية الاثار جامعة الفيوم
³ معاون الامين العام للمجلس الاعلى للآثار وزارة السياحة والآثار
*King_wael14@yahoo.com

الملخص

تتعرض اللوحات والنقوش الجدارية في المناطق الأثرية للعديد من عوامل التلف المختلفة، بما في ذلك فضلات الطيور التي تؤثر على استدامة القطعة الأثرية. تهدف هذه الدراسة إلى إجراء دراسة تجريبية لعلاج وحفظ تأثير فضلات الطيور على اللوحات الجدارية والنقوش من الحجر الرملي. تم تحضير عينات تجريبية مماثلة لمكون الحجر الرملي في العديد من المعابد المصرية في الدولة القديمة. تم استخدام USB Microscope لتحديد الخصائص على السطح. تم استخدام مجهر ستيريو لفحص العينات غير الشفافة في ثلاثة أبعاد. تم استخدام مجهر الاستقطاب لفحص البلورات والمواد غير البلورية. تم استخدام حيود الأشعة السينية (XRD) لدراسة خصائص خواص المواد مثل التركيب البلوري وحجم البلورات والانفعال. تم استخدام XRF للتحليل النوعي للعينات. تم استخدام FT-IR لتحديد المجموعات والمكونات الوظيفية في إسقاط الطيور. تم استخدام التحليل الطيفي لرامان لتحديد الهياكل الكيميائية المختلفة. تم إجراء التنظيف الميكانيكي. تم إجراء التنظيف الكيميائي باستخدام نانو تيتانيوم (TiO₂-NPS). تم التقوية باستخدام أربع مواد (Paraloid B 72، Wacker OH 100، Nano-Calcium Hydroxide، و Paraloid B 72 محمل بهيدروكسيد الكالسيوم النانوي). أعطى الكحول الإيثيلي 95٪ أفضل النتائج في تنظيف الطبقات الرقيقة من الأتساخات وفضلات الطيور. أعطى النانو تيتانيوم أفضل النتائج في التنظيف، وخلق طبقة حماية سطحية، وتثبيط النمو الميكروبيولوجي. أعطى Paraloid B 72 المحمل بهيدروكسيد الكالسيوم النانو أفضل النتائج من حيث الكثافة والمسامية والامتصاص والخواص الميكانيكية المحسنة.

الكلمات الدالة: فضلات الطيور، علاج، صيانة، صور جدارية، نقوش جدارية، دراسة تجريبية.

Abstract

Wall paintings and inscriptions in archaeological areas are exposed to many different factors of damage, including bird droppings, which affect the sustainability of the artifact. This study aims to conduct an experimental study for the treatment and preservation of the effect of bird droppings on mural paintings and inscriptions from sandstone. Experimental samples were prepared similar to the sandstone component of many Egyptian temples in the ancient state. USB Microscope was used to identify characteristics on the surface. The Stereo Microscope was used for examining opaque specimens in three dimensions. The Polarizing microscope was used to examine crystals and non-crystalline substances. X-ray diffraction (XRD) was used for the study of the

characterization of material properties like crystal structure, crystallite size, and strain. XRF was used for the qualitative analysis of the samples. FT-IR was used to identify the functional groups and components in the bird dropping. Raman spectroscopy was used to identify the different chemical structures. Mechanical cleaning was done. Chemical cleaning was performed using nano-titanium (TiO₂-NPS). Consolidation was done using four materials (Paraloid B 72, Wacker OH 100, Nano-Calcium Hydroxide, and Paraloid B 72 loaded with Nano-Calcium Hydroxide). Ethyl alcohol 95% gave the best results in cleaning the thin layers of dirt and bird droppings. The nano-titanium gave the best results in cleaning, creating a surface protection layer, and inhibiting microbiological growth. Paraloid B 72 loaded Nano Calcium Hydroxide gave the best results in terms of density, porosity, absorbency, and improved mechanical properties.

Keywords: bird droppings, treatment, maintenance, wall painting, mural inscriptions, experimental study.

1- المقدمة:-

تعانى الصور والنقوش الجدارية من تأثير فضلات الطيور حيث تكمن خطورة الفضلات فى احتوائها على الاملاح والاحماض مثل حمض النيتريك و الفسفوريك التى تتفاعل كيميائيا مع الصور والنقوش الجدارية حيث ان حمض الفسفوريك حمض معدنى قوى يتفاعل مع مركبات الحديد الداخلة فى تكوين المواد الملونة والحجر الرملى مكونا املاح عديمة اللون كما يودى إلى تلف سطح الحجر بحدوث تحلل كيميائي له⁽¹⁾ تحتوى ايضا فضلات الطيور ر على الكبريت الذى يتحول فى وجود الرطوبة الى حامض الكبريتيك كما ينتج عن الفضلات الكثير من البقع والاتساخات التى تشوه سطح النقوش الجدارية وتلتصق به التصاقا شديدا وخاصة مع طول بقاءها على الصور والنقوش الجدارية. كما ينتج تلف ميكانيكى من حركة الطيور على الصور والنقوش الجدارية والتى ينتج عنها حركة الهواء باستمرار على الصور الجدارية فيتسبب فى سقوط التصوير او النقش الجدارى كما يساهم فى سقوط الطبقات اللونية نتيجة لحركة الهواء العمودية على سطح الصور الجدارية⁽²⁾. بالاضافة الى تآثر التلف الميكروبيولوجى الناتج عن فضلات الطيور بشكل كبير فى تلف الصور والنقوش الجدارية الملونة إضافة إلى أن مخلفات هذه الطيور تكون غنية بالمركبات العضوية وخاصة الفوسفات واليوريا التى تتغذى عليها الكائنات الحية الدقيقة⁽³⁾. وقد تم عمل دراسة تجريبية لاختبار افضل المواد للعلاج والصيانة وذلك بعمل نماذج محاكاة مشابهة فى التركيب للصور والنقوش الجدارية وتوقيع مظاهر التلف عليها، ثم تم اختيار طرق الفحص حيث تم استخدام الميكروسكوب

¹ Finamore, E. (2016). Where Did Trafalgar Square's Pigeons Come From? Retrieved April 18, 2017, from <http://londonist.com/2016/07/where-did-trafalgar-square-s-pigeons-come-from>

² Petersen, K., Yun, and Krumbien, W.E. on The Occurrence of Alkalito Lerant and Alkaliphilic Microorganisms on Wall paintings and their interaction in Restoration , consolidation ,in proceedings of the 3rd Intern. Conf. on Bio deterioration of Cultural Property ,Thailand, 1995,PP.62-72

³ عبد الفتاح البنا دراسة مقارنة للمواد والطرق المختلفة المستخدمة في علاج وصيانة الأثار الحجرية وتأثيرها على خواصها، رسالة وماجستير، قسم الترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 1990، ص89.

الضوئي YAXUN موديل YX-AK32 Portable Digital Microscope والتي تصل قوة تكبيره x1000 فى التعرف علي معالم سطح النقوش الجدارية وفضلات الطيور بصورة مكبرة واضحة وتم استخدام الفحص باستخدام الاستيريو ميكروسكوب ZEISS-Stemi 508 – CR190- CL4500 LED - Sterio Microscope بالمتحف القومى للحضارة للتعرف على التركيب الطبقي للنقش الجدارى والتعرف على مظاهر التلف عليه كما تم استخدام الميكروسكوب المستقطب Compact Polarizing Microscope CX31-P- Olympus-IMS بمركزبحوث وصيانة الاثار للتعرف على المكونات المعدنية والشكل النسيجي وشكل وحجم الحبيبات المعدنية وعلاقتها مع بعضها البعض وبالأخرين ولتحديد التلف الداخلي اعتماداً على الخصائص البصرية للمعادن وكذلك تحديد التلف الميكانيكي للحبيبات المعدنية الناشئة عن الضغوط كما شملت ايضا دراسة طرق التحليل باستخدام حيود الاشعة السينية بجهاز philips analytical x-ray بمركزبحوث وصيانة الاثار وذلك للتعرف على التركيب الكيميائى والمعدني حيث تستخدم هذه الطريقة في دراسة المواد المتبلورة وذات التركيب البلوري المنتظم⁽⁴⁾ والتحليل باستخدام تفلور الاشعة السينية بجهاز Bruker ELIO XRF Portable Micro XRF Spectrometer SN- 177 بالمتحف المصرى بالتحليل للتعرف على العناصر الداخلة فى تكوين مركبات الصور والنقوش الجدارية⁽⁵⁾ كما تم استخدام التحليل بالاشعة تحت الحمراء باستخدام جهاز Infinity-FTIR صناعة شركة SHIMADZU اليابانية بمركزبحوث وصيانة الاثار للتعرف على الوسيط العضوى الرابط للمواد الملونة⁽⁶⁾ كما تم استخدام التحليل بمطياف الرامان Raman Confocal Microscope - Bruker –Senterra 11 بمركزبحوث وصيانة الاثار للتعرف على مكونات فضلات الطيور والذى اعطت النتائج انها تتكون من مجموعة من الاملاح والاحماض⁽⁷⁾.

تم عمل دراسة تجريبية لاختبار افضل المواد للعلاج والصيانة وذلك بعمل نماذج محاكاة مشابهة فى التركيب للصور والنقوش الجدارية وتوقيع مظاهر التلف عليها ثم عمل دراسة تجريبية لطرق التنظيف والتقوية عليها حيث تم التنظيف الميكانيكى باستخدام الفرر والمشارط والاستيكات والفرش⁽⁸⁾ والذى ساعد على ازاله اجزاء كبيرة من فضلات الطيور والعوالق السطحية المتكلسة على السطح ثم تمت عملية التنظيف الكيميائى باستخدام المحاليل الكيميائية وقد تم إعداد خمسة محاليل كيميائية لاختبار مدى كفاءتها حيث تم استخدامها منفصلة عن بعضها البعض أو كخليط مع بعضها بنسبة معينة⁽⁹⁾ كما تمت دراسة طرق التقوية باستخدام اربع مواد وهى مادة البارالويد ب72 وهو عبارة عن بلورات شفافة صلبة يمكن أن تذوب في العديد من المذيبات العضوية وتنتج شركة Rohm& Hass ومادة الفاكر OH100 التى تحتوي على سيليكات الإيثيل وميثيل إيثيل كيتون والأسيتون والتي تتميز بقدرتها العالية على النفاذية وتنتجها شركة Wacker Chemie الألمانية، وشركة CTS الإيطالية ومادة النانو هيدروكسيد الكالسيوم وهى عبارة عن مادة هيدروكسيد الكالسيوم النانوية المشتتة أو الذاتية فى الكحول الأيزوبروبيلى وتنتجها شركة IBZ-Salzchemice GmbH& Co. KG الألمانية ومادة البارالويد B72 المدعم بحبيبات نانو هيدروكسيد الكالسيوم والتي تم تحضيرها معمليا فى المركز القومى للبحوث بالدقى .

⁴ K. J'ANSSENS and R. VAN GRIEKEN: X Ray Based methods of analysis in non destructive microanalysis of cultural heritage materials ,2004,pp 130-145

⁵ Stodulskiss , Farrell, Engineering Geology for Society and Territory. Preservation of Cultural Heritage 1984

⁶ Stuart B.H., Analytical Technique In Materials Conservation, Wiley, 2007, p.243.

⁷ Sepulveda M., et.al., Micro-Raman spectral identification of manganese oxides black pigments in an archaeological context in Northern Chile, Heritage Science, 2015, Vol.3(32), pp.1-6

⁸ Ashurst, J., Cleaning Masonary Building, In Conservation Building and Decorative Stone, Vol. 2, London, 1990, p. 125

⁹ Mass ,P., the use of abrasive cleaning for stone building surfaces, in conservation of building and decorative stone, Vol,Londone,1990,PP.109:121

2- المواد وطرق العمل Materials and methods

2-1- اعداد العينات

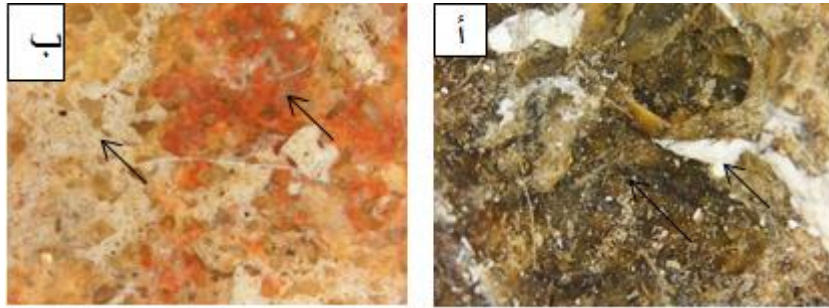
تم اعداد نموذج محاكاة تجريبي مشابه في التركيب للصور والنقوش الجدارية ، وهو عبارة عن قطعة حجر رملى 30 X 30 سم ، وتم وضع التصميم عليها وتلوينها وتطبيق مظاهر التلف من طبقة اتربة واتساخات وعوالق سطحية – فضلات الطيور، بالنسبة لعملية التقوية تم اعداد مكعبات من الحجر الرملى من جبال السلسلة باسوان ، وبالنسبة للالوان تم اعداد قطعة حجر رملى 30 X 30 سم وتقسيمها الى مقاسات 5 X 5 سم وتم تلوينها واستخدام الغراء الحيوانى كوسيط

2-2 - المواد والادوات المستخدمة فى تحضير العينات التجريبية

مواد وادوات تجهيز العينات التجريبية حجر رملى - ست مواد ملونة – غراء حيوانى
مواد وادوات التنظيف فرش – مشارط – فرر- استيكاك – قطن – استيكة – كحول ايثيلى 95% - اسيتون – طولوين- صابون متعادل – ماء مقطر – كمادة مورا – كمادة ورقية محملة بالنانو تيتانيوم
مواد التقوية مادة البارالويد ب72 – فاكر OH100- نانوكالوسيل (Nano lime) – بارالويد B72 المدعم بحبيبات النانو هيدروكسيد الكالسيوم (Nano lime)

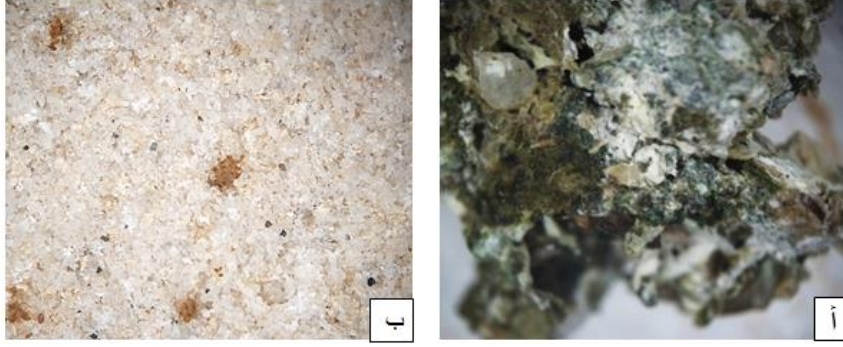
3- طرق الفحص :

3-1 الفحص باستخدام الميكروسكوب الضوئى ، تم استخدام الميكروسكوب الضوئى YAXUN موديل YX-AK32 وPortable Digital Microscope والتي تصل قوة تكبيره 1000x فى التعرف على معالم سطح النقوش الجدارية وفضلات الطيور بصورة مكبرة واضحة التفاصيل كما هو موضح باللوحه رقم 1



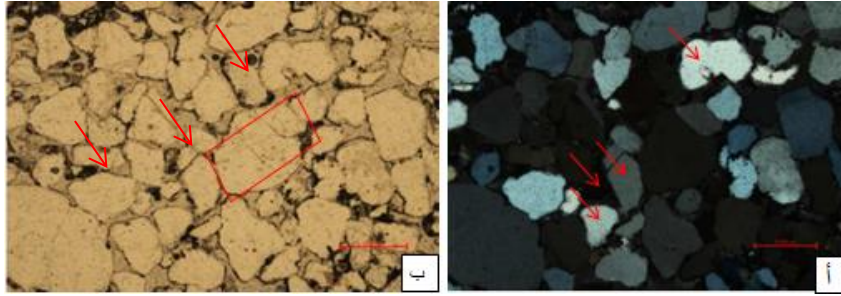
لوحة رقم (1) توضح الفحص بالميكروسكوب الضوئى المحمول بقوة تكبير 25X ، (أ) فضلات الطيور ويتضح ظهور اللون الابيض وهو الفضلات السائلة واللون الداكن المخضر هو الفضلات الصلبة ، (ب) عملية فحص سطح النقوش الجدارية حجر رملى وبقايا لون احمر وظهور الاملاح

3-2 الفحص بالاستيريو ميكروسكوب تم استخدام جهاز ZEISS-Stemi 508 – CR190- CL4500 LED - Sterio Microscope بالمتحف القومى للحضارة المصرية للتعرف على سطح العينة بصورة اوضح وبقوى تكبير مختلفة والتعرف على شكل الطبقة السطحية للنقش الجدارى واتضح من خلال الفحص فى الصورة (أ) شكل فضلات الطيور يمثل اللون الابيض بها الفضلات السائلة واللون الغامق هى الفضلات الصلبة وفى الصورة (ب) شكل حبيبات السليكا والتي تمثل الحجر الرملى وبقايا لون احمر واملاح كما هو موضح باللوحه رقم 2.



لوحة رقم (2) توضح الفحص بالاستيريو ميكروسكوب بقوة تكبير X32.5 ، (أ) مظهر تلف فضلات الطيور، (ب) توضح شكل الطبقة السطحية للنقش الجداري حجر رملي وبقايا لونية واملاح

3-3 الفحص بالمكروسكوب المستقطب تم استخدام جهاز Compact Polarizing Microscope CX31-P- Olympus-IMS بمركز البحوث للتعرف علي المكونات المعدنية والشكل النسيجي شكل وحجم الحبيبات المعدنية وعلاقتها مع بعضها البعض ولتحديد التلف الداخلي اعتماداً علي الخصائص البصرية للمعادن وتشير الاسهم الى تغير في حجم الحبيبات واشكالها وعدم انتظامها وتكوين الفراغات بينها نتيجة لعمليات التلف المختلفة كما هو موضح باللوحة رقم 3.



لوحة رقم (3) توضح الفحص بالمكروسكوب المستقطب بقوة تكبير X100، (أ) توضح حامل التصوير (حجر رملي) في الضوء المستقطب حيث تتضح من الاسهم شكل الحبيبات والفراغات البينية ، (ب) توضح حامل التصوير(حجر رملي) في الضوء العادي حيث تتضح من الاسهم شكل الحبيبات

4- طرق التحليل

3- التحليل بطريقة الحيود بالأشعة السينية: X- Ray Diffraction Analysis

تم تحليل العينات المختلفة بحيود الأشعة السينية بهدف التعرف على تركيبها الكيميائي والمعدني حيث تستخدم هذه الطريقة في دراسة المواد المتبلورة وذات التركيب البلوري المنتظم. وقد تمت الدراسة بهدف التعرف على المكونات المعدنية ومدى تأثيرها في عمليات التلف التي تتعرض لها الصور والنقوش الجدارية. وقد تبين من التحليل ان الحامل هو من الحجر الرملي وصيغته الكيميائية $(\text{K Al Si}_3 \text{O}_8 - \text{Al}_2 (\text{Si}_2 \text{O}_5) (\text{OH})_4 - \text{Si} \text{O}_2)$ ، اللون الابيض هو من الجبس والكالسيت وصيغته الكيميائية $(\text{Ca} (\text{So}_4) (\text{H}_2\text{O})_2 - \text{Ca} \text{CO}_3)$ ، اللون الاحمر هو من الهيماتيت وصيغته الكيميائية $(\text{Fe}_2 \text{O}_3)$ ، اللون الازرق هو من الازرق المصري الازوريت والاراجونيت وصيغته الكيميائية $(\text{Ca} (\text{CO}_3) - \text{Cu}_3 (\text{OH})_2 (\text{CO}_3)_2)$ ، اللون الاخضر هو من الكوبروفيت والكالسيت وصيغته الكيميائية $(\text{Ca} (\text{CO}_3) - \text{Ca} (\text{CO}_3))$ ، اللون الأصفر هو من الكالسييت و الماجميت وصيغته الكيميائية $(\text{Ca} \text{Cu Si}_4 \text{O}_{10} - (\text{CO}_3))$

بالجدول رقم 1 ، اللون الاسود هو من الكالسيت والجرافيت وصيغته الكيميائية (C - Ca CO₃) كما هو موضح

جدول رقم (1) يوضح نتائج التحليل بحيود الاشعة السينية %								
اللون الاسود	اللون الاصفر	اللون الاخضر	اللون الازرق	اللون الاحمر	اللون الابيض	الحجر الرملي	الصيغة الكيميائية	المركبات
-	-	27	17	60	-	66	Si O ₂	Quartz
-	-	-	-	-	-	9	Al ₂ (Si ₂ O ₅) (OH) ₄	Kaolinite
-	-	-	-	-	-	12	K Al Si ₃ O ₈	Microcline
10	89	34	20	15	82	-	Ca Co ₃	Calcite
69	-	9	-	-	17	-	Ca (So ₄) (H ₂ O) ₂	Gypsum
19	-	-	-	23	-	11	Fe ₂ O ₃	Hematite
-	-	13	60	-	-	-	Cu ₃ (OH) ₂ (CO ₃) ₂	Azurite
-	-	16	-	-	-	-	Ca Cu Si ₄ O ₁₀	Cuprorivaite
-	10	-	-	-	-	-	Fe ₂₁ H O ₃₂	Maghemite
-	-	-	-	-	-	-	C	Graphite

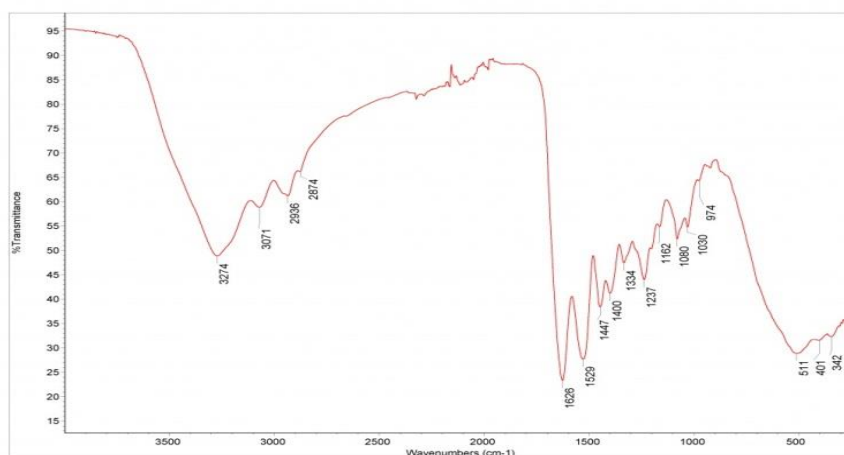
4- 2 التحليل بطريقة تفلور الاشعة السينية X-Ray Fluorescence

استخدمت هذا التحليل في التعرف على العناصر الداخلة في تركيب الصور والنقوش الجدارية وقد تم تحليل سبعة عينات من مكونات الصور والنقوش الجدارية وهي (الحامل – اللون الابيض – اللون الاحمر – اللون الازرق – اللون الاخضر – اللون الاصفر – اللون الاسود) باستخدام جهاز تفلور الاشعة السينية ماركة بروكر وكانت النتائج كما هي موضحة بالجدول رقم 2

جدول رقم (2) يوضح نتائج التحليل بتفلور الاشعة السينية %							
اللون الاسود	اللون الاصفر	اللون الاخضر	اللون الازرق	اللون الاحمر	اللون الابيض	الحجر الرملي	العناصر
-	-	57.38	75.86	87.97	-	98,78	Si
13,3	2,53	0.31	0.31	9.37	-	1,15	Fe
-	-	-	-	-	-	0,05	Zr
-	-	-	-	-	-	0,02	Cd
86.7	97.47	27.54	21.13	1.67	99.93	-	Ca
-	-	0.05	-	-	0,07	-	Sr
-	-	-	-	1	-	-	K
-	-	7.31	2.61	-	-	-	Cu
-	-	7.4	-	-	-	-	Cl
-	-	0.02	-	-	-	-	As

3-4 التحليل بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) Fourier Transform Infra-Red

استخدم هذا التحليل في التعرف على المواد العضوية وغير العضوية والتي لها درجات متفاوتة من الإمتصاص في نطاق الأشعة تحت الحمراء عن طريق التعرف على المجموعات الوظيفية المميزة لكل مركب⁽¹⁰⁾ وقد استخدم هذا التحليل للتعرف على الوسيط اللوني الرابط للمواد الملونة حيث تم تحليل عينة لون باستخدام جهاز Infinity-FTIR صناعة شركة SHIMADZU اليابانية وإتضح تطابق مناطق الإمتصاص في العينة مع مناطق الإمتصاص للغراء الحيواني كما هو موضح بالصورة رقم 1 والجدول رقم 3



صورة رقم (1) توضح نمط التحليل بالأشعة تحت الحمراء ومناطق الامتصاص لعينة الوسيط اللوني

جدول رقم (3) يبين الطول الموجي والمجموعات الفعالة في الوسيط اللوني

CH3-Bend	CH3-Bend	CH3-Bend	CH3-Bend	C=C-Stretch	CH-Stretch	CH-Stretch	CH-Stretch	CH-Stretch	Function Groups
1082.0	1163.08	1535.34	1500.6	1334.7	2850.7	2879.7	2922.1	2956.8	Wave Number F
7			2	4	9	2	6	7	
C.O.C Group	C.O.C Group	C.O.C Group	C.O.C Group	C.O.C Group	C.O.C Group	C.O.C Group	CH3-Bend	CH3-Bend	Function Groups
406.98	418.5	567.0	555.5	619.15	921.91	977.91	1033.85	1064.71	Wave Number F
	5	7							

¹⁰ Smith B.C., Fundamentals of Fourier Transform Infrared Spectroscopy, Second Edition, CRC, 2011, p. 53.

4-4 التحليل بواسطة مطياف الرامان Raman Microscope

تم دراسة وتحليل عينات فضلات الطيور باستخدام ميكروسكوب مطياف الرامان والذي يعتمد على استخدام اشعة الليزر في التحليل⁽¹¹⁾ بهدف التعرف على التركيب البنائي والجزئي للمواد العضوية وغير عضوية الداخلة في تركيب العينة ومدى تأثيرها في عمليات التلف⁽¹²⁾ وقد تم استخدام جهاز – Raman Confocal Microscope - Bruker – Senterra 11 وقد تم التعرف من خلال هذا التحليل على كلا من الفوسفات وحمض اليوريك اسيد ونترات الامونيوم واليوربا نترات وكبريتات الكالسيوم والكالسيت وكبريتات الماغنسيوم وكبريتات الحديد كما هو موضح بالجدول رقم 4

جدول رقم (4) يبين مكونات فضلات الطيور الناتج بالتحليل بمطاف الرامان		
العينة	المواد الناتجة من التحليل	الطول الموجي الذي تم التحقيق عنده ⁽¹³⁾
فضلات الطيور	فوسفات	498.03 - 505.49 – 994.03 – 1004.63
	اليوريك اسيد	1174.32-1417.92- 607.87
	نترات امونيوم	1022.37- 1087.84- 1092.62
	يوربا نترات	624.65- 639.68- 1157.10
	كبريتات كالسيوم	1004.36-1022.37-994.03-607.87-661.52-
	كالسيت	444.17-458.21-490.98
	كبريتات ماغنسيوم	
	كبريتات حديد	
	كلوريد الصوديوم	1700 – 1100: 1000 – 900 : 800 – 500 : 400

5- عمليات العلاج

1-5 عمليات التنظيف

1-1-5 التنظيف الميكانيكي

يعتبر التنظيف الميكانيكي من أهم مراحل الترميم للأثر ، ومن الممكن أن يكتفي المرمم بعمليات التنظيف الميكانيكي عند الوصول إلى النتيجة المطلوبة⁽¹⁴⁾ ويهدف مثل هذا النوع من التنظيف إلى فك الارتباط بين حبيبات الإتساخ وبعضها البعض، وكسر الإتصال الميكانيكي بين الأثر والمكونات السطحية ، دون التأثير على الأثر نفسه ومن مميزاته أنه لا يضيف أي مواد قد تضر بالأثر نفسه وتبدأ عمليات التنظيف بالأدوات السابق ذكرها من أعلى إلى أسفل ويكون التنظيف في إتجاه واحد وبشكل عمودي على الأسطح ، ويتم التنظيف عن طريق الإختزال لهذه المكونات العالقة خاصة في الأجزاء الضعيفة منها ، وعند إعتراض عمليات التنظيف أجزاء قوية التماسك، فإنه ليس من المفترض إزالتها بقوه لأن ذلك يشكل خطرا كبيرا على اماكن إرتباط الإتساخات بسطح الأثر، وتزداد هذه

¹¹ Anglos D., Couris S., Fotakis C., Laser Diagnostics of Painted Artworks, Laser-Induced Breakdown Spectroscopy in Pigment Identification, Applied Spectroscopy, Vol. 51 (7), 1997, pp. 1025-1030.

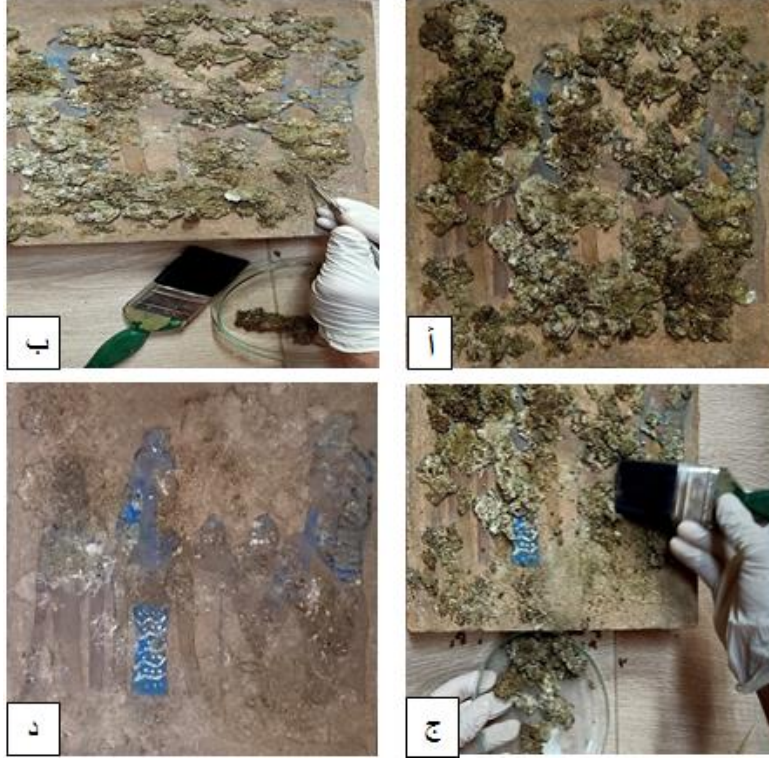
¹² Colomban P., Potential and Drawbacks of Raman (Micro)Spectrometry for The Understanding of Iron and Steel Corrosion, New Trends and Developments in Automotive System Engineering, www.intechopen.com ,2011, pp. 568-584.

¹³ Sepulveda M., et.al., Micro-Raman spectral identification of manganese oxides black pigments in an archaeological context in Northern Chile, Heritage Science, 2015, Vol.3(32), pp.1-6.

¹⁴ Price, C., Stone conservation, the Getty conservation institute, 1996, PP.13:25.

دراسة تجريبية لعلاج وصيانة تأثير فضلات الطيور على الصور والنقوش الجدارية

الخطوره إذا كانت مناطق الإرتباط تحتوى على المواد الملونه (15) وقد تم استخدام هذه الادوات التقليدية فى ازالة الاتساخات والعوالق السطحية وفضلات الطيور من على سطح النموذج التجريبي كما هو موضح باللوحة رقم 4



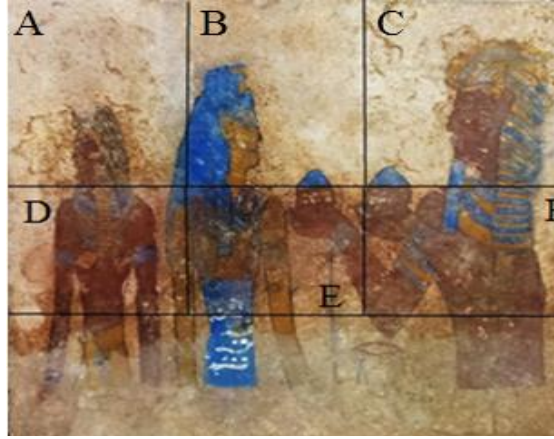
لوحة رقم (4) توضح عملية التنظيف الميكانيكى، (أ) توضح النموذج التجريبي به مظاهر التلف قبل التنظيف، (ب) توضح اثناء عملية تنظيف فضلات الطيور بالمشارط، (ج) توضح التنظيف بالفرشاة، (د) توضح النموذج بعد الانتهاء من عملية التنظيف

2-1-5- التنظيف بالمحاليل الكيميائية

تم التنظيف الكيميائي باستخدام بعض المواد الكيميائية في إزالة العوالق السطحية والأتربة وفضلات الطيور المتكلسة على أسطح العينات للصور والنقوش الجدارية والتي لم تستطع طرق التنظيف الميكانيكي التخلص منها وقد تم إعداد خمسة محاليل كيميائية لاختبار مدى كفاءتها في تنظيف الأتربة والعوالق السطحية وفضلات الطيور من على سطح النموذج التجريبي حيث تم استخدامها منفصلة عن بعضها البعض أو كخليط مع بعضها بنسبة معينة كما هو موضح بالجدول رقم 5 وتم إجراء عملية التنظيف الكيميائي للعينات باستخدام استيكات خشبية ملفوف عليها قطع من القطن في صور تنظيف موضعي واستمرت هذه العملية حتى تمت عملية التنظيف والحصول على نتائج مختلفة كما هو موضح بالصورة رقم 1

¹⁵ Jaeschke, H., the cleaning of new kingdom temple wall painting ,at luxor and Abydos (in)conservation in ancient Egyptian collection archetype publication,london,1995,PP.16:17

جدول رقم (5) يوضح مكونات ونسب مواد التنظيف المحاليل الكيميائية والنتائج					
م	الرمز	المكونات	النسب المستخدمة	نتيجة التنظيف	ملاحظات
1	A	اسيتون + كحول ايثيلي 95%	100 : 5	جيد	ازالة الالوان بنسبة طفيفة
2	B	كحول ايثيلي 95% + ماء مقطر	1 : 2	ممتاز	ازالة الالوان بنسبة طفيفة
3	C	صابون متعادل + ماء مقطر	100 : 5	جيد	امن على الالوان
4	D	كحول ايثيلي 95%	كما هو	ممتاز	ازالة الالوان بنسبة طفيفة
5	E	اسيتون + طولوين	1 : 2	متوسط	ازالة وبهتان الالوان
6	F	صابون متعادل + ماء مقطر + كحول ايثيلي 95%	10 : 100 : 10	جيد	ازالة الالوان بنسبة طفيفة



صورة رقم (2) توضح نتائج عملية التنظيف الكيميائي

3-1-5- التنظيف بكمادات عجائن التنظيف

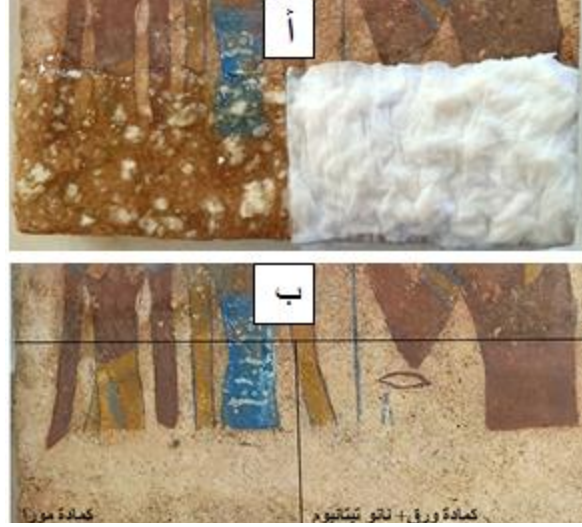
3-1-5-1 كمادة مورا: تم استخدام كمادة مورا حيث تم تجهيز مكونات الكمادة وتطبيقها على السطح وبعد التطبيق يتم تغطيتها بواسطة طبقة رقيقة من البولي إيثيلين وحتى لا تتعرض للجفاف حيث إنه من الصعب إزالة الكمادة بعد تعرضها للجفاف ويبلغ زمن التطبيق حوالي 24 ساعة⁽¹⁶⁾ ومن الممكن تكرارها أكثر من مرة وبعد تمام عملية التنظيف يتم إزالة مكونات الكمادة من على السطح ثم يتم تنظيف السطح بشكل موضعي لإزالة بقايا الكمادة ومن مميزات هذه الكمادة إنها آمنة كيميائياً. وقد أعطت كمادة مورا نتيجة ملحوظة في إزالة الاتساخات والعوالق السطحية وفضلات الطيور المتكلسة على سطح النموذج التجريبي

3-1-5-2 كمادة لب الورق المحملة بالنانو تيتانيوم تم استخدام كمادة لب الورق المحملة بالنانو تيتانيوم وقد تم تطبيق كمادة لب الورق بعد خلطها بمركب نانوالتيتانيوم ثم تم وضعها على الاتساخات وفضلات الطيور التي تنتشر على سطح النموذج التجريبي لتجريب مدى فاعلية النانو تيتانيوم في إزالة طبقات الاتساخات الصلبة من الأسطح الجدارية الملونة وقد أعطت نتائج ممتازة وذلك لما يتميز به النانو تيتانيوم في تكوين طبقة واقية لحماية اسطح الصور

¹⁶ Mora,P. and philippot, P., Conservation of wall paintings, Iccrom, Rome, 1995,P.46.

دراسة تجريبية لعلاج وصيانة تأثير فضلات الطيور على الصور والنقوش الجدارية

والنقوش الجدارية وتتميز هذه الطبقة بخاصية التنظيف الذاتي او الحماية الذاتية وتحسن من الخصائص التنظيفية للسطح وتزيد من مقاومة لعوامل التلف المختلفة سواء عوامل بيولوجية او فيزيوكيميائية او بشرية دون اى تأثير على الخواص الاصلية او السطحية البصرية للسطح المعالج (17)



لوحة رقم (5) توضح عملية التنظيف بكمادات عجائن التنظيف، (أ) توضح عملية تطبيق الكمادة الورقية المحملة بالنانو تيتانيوم وكمادة مورا ، (ب) توضح بعد الانتهاء من عملية التنظيف بالكمادة الورقية المحملة بالنانو تيتانيوم وكمادة مورا

2-5 عملية التقوية

1-2-5 - تم دراسة الخواص الفيزيائية (الكثافة - المسامية - الامتصاص) والميكانيكية للحجر الرملى بعد عملية التقوية وبعد اجراء عملية التجوية الصناعية (التجوية الحرارية والملحية) عليه كما هو موضح بالجدول رقم 6 ، 7 ، 8، 9، وكانت كالاتى :

جدول رقم (6) يوضح معدل التغير فى الكثافة لعينات الحجر الرملى المقواة بعد التجوية الصناعية					
مادة التقوية	الرمز	العينة القياسية جم/سم ³	الكثافة بعد التقوية جم/سم ³	الكثافة بعد التجوية جم/سم ³	معدل التغير فى الكثافة %
الفاكر OH100	W	2.17	2.25	2.22	1.33%
البارالويد B72	P	2.17	2.20	2.18	.90%
مادة الكالوسيل نانولاييم	N	2.17	2.23	2.18	2.24%
مادة البارالويد B72 المدعمة بحبيبات مادة الكالوسيل	PN	2.17	2.27	2.24	1.32%

جدول رقم (7) يوضح معدل الانخفاض فى نسبة امتصاص الماء لعينات الحجر الرملى المقواة بعد التجوية الصناعية					
مادة التقوية	الرمز	العينة القياسية %	نسبة امتصاص الماء بعد التقوية %	نسبة امتصاص الماء بعد التجوية %	معدل الانخفاض فى نسبة امتصاص الماء %

¹⁷ Mosquera, M. , New Water –Repellent Nano materials for protecting and consolidating stone, 11th International Congress on Deterioration and conservation of stone ,Torun,2008,P.312.

4.22	6.91	6.63	12.6	W	الفاكر OH100
2.80	9.17	8.92	12.6	P	البارالويد B72
1.35	11.30	11.15	12.6	N	مادة الكالوسيل
4.58	4.57	4.37	12.6	PN	مادة البارالويد B72 المدعمة بحبيبات مادة الكالوسيل

جدول رقم (8) يوضح معدل الانخفاض في نسبة المسامية لعينات الحجر الرملي المعالجة بعد التجوية الصناعية					
معدل الانخفاض في نسبة المسامية %	نسبة المسامية بعد التجوية %	نسبة المسامية بعد التقوية %	العينة القياسية	الرمز	مادة التقوية
6.04	13.68	12.90	%27.3	W	الفاكر OH100
2.34	17.48	17.08	%27.3	P	البارالويد B72
4.18	22.42	21.52	%27.3	N	مادة الكالوسيل
4.07	10.22	9.82	%27.3	PN	مادة البارالويد B72 المدعمة بحبيبات مادة الكالوسيل

جدول رقم (9) يوضح معدل التغير في مقاومة الضغط لعينات الحجر الرملي المعالجة بعد التجوية الصناعية				
نسبة التغير في مقاومة قوة الضغط %	مقاومة قوة الضغط كجم/سم ²	العينة القياسية	الرمز	مادة التقوية
%61.43	66.9	41.1	W	الفاكر OH100
%74.19	55.4	41.1	P	البارالويد B72
%93.81	43.81	41.1	N	مادة الكالوسيل
%53.66	76.6	41.1	PN	البارالويد B72 المدعمة بحبيبات مادة الكالوسيل

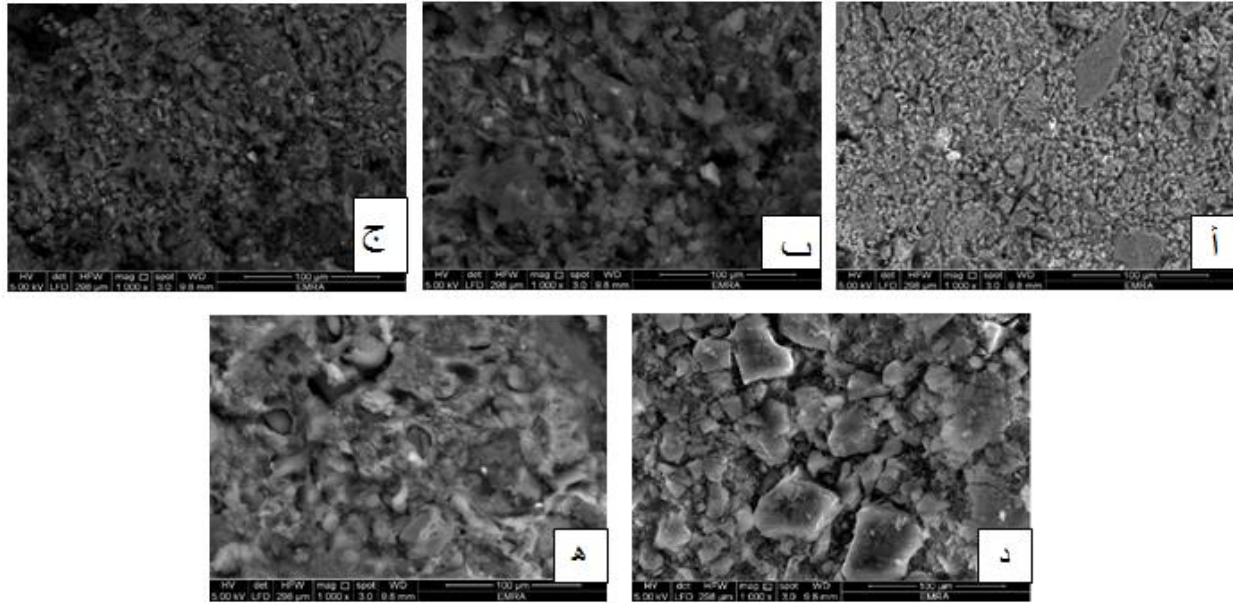
5-2-2 تقييم مواد التقوية بعد التجوية الصناعية بالفحص بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني الماسح

Evaluation of Consolidation materials after industrial weathering by scanning electron microscope (SEM)

تم استخدام جهاز الميكروسكوب الإلكتروني الماسح بمركز بحوث الثروة المعدنية بالدقى من نوع Quanta FEG250 مزود بوحدة تشتيت بسرعة جهد 200 فولت : 30 كيلو فولت في فحص العينات المقواة بمواد التقوية السابقة بعد التجوية الصناعية ومن خلال فحص العينات المعالجة بمادة الفاكر OH100 إتضح نجاحها في الإنتشار الجيد والمتجانس بين الحبيبات المعدنية وتغليف الدقيق منها بصورة كاملة ، كما وجدت بعض التشوهات والثقوب بين حبيبات الحجر وبعض التشققات الدقيقة في أجزاء من البوليمر المألثة للمسام الكبيرة نسبية، كما لوحظ تلاشي مادة البوليمر في بعض الأجزاء وظهور الأملاح على السطح ، ولعل السبب في ظهور بللورات الأملاح على السطح هو أن المواد السليكونية تعمل على ربط الحبيبات المعدنية عند تبلورها دون غلق المسام مما يسمح للرطوبة أو المحاليل الملحية من التبخر خارج الأحجار وترسيب الأملاح على السطح، كما أن هذه البوليمرات تحتاج إلى نسبة من الرطوبة لتتم عملية البلمرة، وكل هذا يساعد على التخلص من الأملاح الداخلية للأحجار. أما عن العينات المعالجة بمادة

دراسة تجريبية لعلاج وصيانة تأثير فضلات الطيور على الصور والنقوش الجدارية

البارالويد (B27) إتضح إنتشار البوليمر بشكل غير متجانس نتيجة للتقلص والتلاشى فى بعض الاجزاء حيث يظهر بكثافة في بعض المناطق ويملىء المسام لكنه لا يستطيع ملء المسام الكبيرة، كما أنه يغلف الحبيبات المعدنية الدقيقة والكبيرة ولا يحدث الربط الجيد بين هذه الحبيبات حيث تبدو الحبيبات الكبيرة والصغيرة ضعيفة الارتباط ، كما وجد ظهور لبعض حبيبات الاملاح على السطح وبين الحبيبات. أما عن العينات المعالجة بمادة النانو لايم (Nano lime) اتضح تاثر وتلاشى اجزاء كبيرة من مادة التقوية نتيجة لعمليات التجوية كما ان الاجزاء المتواجدة من البوليمر تلاحظ فيها انتشار المادة بشكل متجانس وتغلف الحبيبات المعدنية بشكل كبير دون أن تسد المسام كما انها لم تقم بربط حبيبات الحجر والفراغات البينية بين الحبيبات واضحة. أما عن العينات المعالجة بمادة البارالويد المدعمة بحبيبات النانو هيدروكسيد الكالسيوم (النانو لايم) اتضح من خلال الفحص ان المادة متغلغلة بصورة جيدة داخل المسام مع وجود الربط الجيد للحبيبات ولذلك فقد أظهرت درجة كبيرة من الثبات لعمليات التجوية الصناعية المختلفة، وذلك مقارنة بالعينات المعالجة بمواد التقوية السابقة كما هو موضح باللوحة رقم 6



لوحة رقم (6) توضح التصوير بالميكروسكوب الالكترونى الماسح ، (أ) توضح فحص العينة القياسية بدون تقوية ، (ب) توضح فحص العينة المقواة بالفاكر OH100 ، (ج) توضح فحص العينة المقواة بالبارالويد 3% B72 ، (د) توضح فحص العينة المقواة بالنانو لايم (هيدروكسيد الكالسيوم) ، (هـ) توضح فحص العينة المقواة بالبارالويد المدعم بحبيبات النانو لايم

3-2-5 قياس التغير اللوني لعينات المواد الملونة

تم أختبار مقياس التغير اللوني (فوتومتري Photometry) بجهاز نوع COLORIMETER PCE-XXM20 بمتحف الفن الاسلامى وتم القياس بأخذ ثلاث قراءات لكل عينة لحساب قيم $(\Delta L, \Delta a, \Delta b)$ وذلك لمعرفة الفروق اللونية بين كل قيمة من هذه القيم ونظيرتها فى العينة القياسية ، ومن ثم يتم حساب ΔE لتحديد الفارق النهائى فى التغير اللوني الذى حدث بين العينات قبل وبعد التقوية كما هو موضح بالجدول من رقم 10 الى رقم 15

جدول رقم (10) يوضح نتائج قياس التغير اللوني للون الابيض عند التقوية بمواد التقوية المختلفة

العينة Sample White	القياسات قبل التقوية			القياسات بعد التقوية			الفارق بين القياسين			
	Colour values						Total colour difference			
	L	a	B	L	A	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE
S القياسية	80.82	-26.68	5.29							
P72 3%				79.82	-34.16	1.50	-1.00	-7.48	-3.78	4.7
pN				81.56	-33.04	2.80	0.75	-6.36	-2.49	3.7
W				83.16	-29.93	1.65	2.34	-3.25	-3.64	3.9
N				82.00	-29.02	3.09	1.18	-2.34	-2.20	2.3

جدول رقم (11) يوضح نتائج قياس التغير اللوني للون الاحمر عند التقوية بمواد التقوية المختلفة

العينة Sample Red	القياسات قبل التقوية			القياسات بعد التقوية			الفارق بين القياسين			
	Colour values						Total colour difference			
	L	a	B	L	A	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE
S القياسية	22.83	60.95	6.82							
P72 3%				28.45	50.87	4.87	5.62	-10.08	-1.95	6.3
pN				27.41	56.27	5.05	4.58	-4.68	-1.77	4.8
W				26.85	49.25	4.40	4.01	-11.70	-2.42	5.1
N				25.61	52.69	7.10	2.78	-8.26	0.28	3.6

جدول رقم (12) يوضح نتائج قياس التغير اللوني للون الاصفر عند التقوية بمواد التقوية المختلفة

العينة Sample Yellow	القياسات قبل التقوية			القياسات بعد التقوية			الفارق بين القياسين			
	Colour values						Total colour difference			
	L	a	B	L	A	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE
S القياسية	29.31	51.21	32.52							
P72 3%				36.40	44.28	32.88	7.09	-6.92	0.36	7.6
pN				34.93	48.07	29.87	5.62	-3.13	-2.65	5.7
W				35.80	44.09	29.61	6.49	-7.12	-2.90	6.8
N				34.81	46.71	27.92	5.50	-4.50	-4.60	5.8

جدول رقم (13) يوضح نتائج قياس التغير اللوني للون الازرق عند التقوية بمواد التقوية المختلفة

العينة Sample Blue	القياسات قبل التقوية			القياسات بعد التقوية			الفارق بين القياسين			
	Colour values						Total colour difference			
	L	a	B	L	A	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE
S القياسية	25.67	-100.4	-25.91							
P72 3%				30.04	-84.86	-32.54	4.37	15.56	-6.63	6.5
pN				29.26	-93.41	-34.62	3.59	7.00	-8.70	5.5
W				29.45	-101.0	-31.26	3.78	-0.62	-5.35	4.3
N				28.26	-84.40	-28.31	2.59	16.01	-2.40	4.5

دراسة تجريبية لعلاج وصيانة تأثير فضلات الطيور على الصور والنقوش الجدارية

جدول رقم (14) يوضح نتائج قياس التغير اللوني للون الاخضر عند التقوية بمواد التقوية المختلفة										
Sample العينة Green	القياسات قبل التقوية			القياسات بعد التقوية			الفارق بين القياسين			
	Colour values						Total colour difference			
	L	a	b	L	A	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE
القياسية S	49.86	-97.49	36.48							
P72 3%				50.41	-74.49	30.00	0.55	22.98	-6.48	4.3
pN				50.07	-85.97	33.04	0.20	11.50	-3.43	2.1
W				50.26	-80.54	32.17	0.40	16.92	-4.30	3.2
N				50.14	-86.09	30.84	0.28	11.37	-5.64	2.3

جدول رقم (15) يوضح نتائج قياس التغير اللوني للون الاسود عند التقوية بمواد التقوية المختلفة										
Sample العينة Black	القياسات قبل التقوية			القياسات بعد التقوية			الفارق بين القياسين			
	Colour values						Total colour difference			
	L	a	B	L	A	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE
القياسية S	0.00	-41.24	-13.68							
P72 3%				3.49	-41.63	-12.00	3.49	-0.39	1.68	3.6
pN				1.00	-42.47	-12.99	1.00	-1.23	0.69	1.2
W				1.50	-41.89	-13.68	1.50	-0.65	-0.00	1.5
N				1.50	-40.53	-12.13	1.50	0.71	1.55	1.7

6- النتائج والمناقشة: results and discussion

ولقد اعطت النتائج النهائية لجميع طرق الفحص والتحليل على العينات التي تم دراستها بالموقع محل الدراسة
اولا: الحامل و الوسيط والالوان

اتضح من خلال طرق الفحص والتحليل ان حامل التصوير هو من الحجر الرملى واللون الاحمر هو الهيماتيت واللون الابيض هو كربونات الكالسيوم واللون الاصفر هو الجوثيت (ماجيت) واللون الازرق هو الازرق المصرى الازوريت وارجونيت واللون الاسود هو الكربون (جرافيت وماجنيتيت) واللون الاخضر هو الاخضر المصرى الكوبروفيت والملاكيث وهذا ما تم تحقيقه بواسطة التحليل بطريقة بعيود الاشعة السينية وتم تأكيد هذه النتائج من خلال تحليل العناصر باستخدام طريقة تفلور الاشعة السينية و اتضح من خلال التحليل بالاشعة تحت الحمراء ان الوسيط اللوني المستخدم هو الغراء الحيوانى

ثانيا: فضلات الطيور

اتضح من خلال التحليل بواسطة مطياف الرامان ان عينات فضلات الطيور الصلبة والسائلة تحتوى على املاح واحماض وهى كالتالى الفوسفات – يوريك اسيد – نترات امونيوم – يوريا نترات – كبريتات كالسيوم – كالسيث – كبريتات ماغنسيوم – كبريتات حديد – كلوريد صوديوم

● بالنسبة لعمليات التنظيف

اتضح من خلال الدراسة التجريبية لعملية التنظيف إمكانية ازالة وتنظيف الاتساخات والعوالق السطحية وفضلات الطيور من على أسطح الصور والنقوش الجدارية باستخدام المحلول المكون من كحول ايثيلى 95% + ماء مقطر بنسبة 2: 1 كما يمكن استخدام الكحول الايثيلى 95% بمفرده فى بعض الاحيان واللذان اعطا أفضل النتائج فى تنظيف الطبقات الرقيقة من الاتساخات والعوالق السطحية وفضلات الطيور ، أما الأماكن التي تحتوى على طبقات

كثيفة من الاتساخات والعوالق السطحية وفضلات الطيور وتحتوى على تلف ميكروبيولوجى فقد أعطت الكمادة الورقية المحملة بالنانو تيتانيوم أفضل النتائج في زالتها وتكوين طبقة حماية مستقبلية وعمل تثبيط للنمو الميكروبيولوجى

• بالنسبة لعمليات التقوية

وقد اتضح من خلال الدراسة النتائج الاتية :

ان مادة البارالويد B72 المدعمة بحبيبات مادة الكالوسيل (Nano Lime) المذابة فى الاسيتون - الكحول الأيزوبروبيلى بنسبة 3% أعطت أفضل النتائج لتقوية الحامل (الحجر الرملى) كما اعطت افضل النتائج مع اللون الاصفر والاخضر والاسود حيث تغلغلت مادة التقوية بين حبيبات اللون وقامت بعملية الربط المتجانس لها ولم تحدث تغيير فى اللون. كما اتضح أن مادة الكالوسيل (Nano Lime) و مادة البارالويد B72 المدعمة بحبيبات مادة الكالوسيل (Nano Lime) اعطت افضل النتائج مع اللون الابيض والاحمر . وأعطى الفاكر OH100 و مادة الكالوسيل (Nano Lime) افضل النتائج مع اللون الازرق المصرى . لذا يوصى باستخدام هذه المواد والطرق فى علاج وصيانة الصور والنقوش الجدارية المتأثرة بفعل فضلات الطيور.

7- الخلاصة

تتكون العديد من الصور والنقوش الجدارية في المعابد المصرية القديمة من الحجر الرملي ، والذي يتعرض للعديد من عوامل التلف التي تهدد بقائه مثل فضلات الطيور. حيث تحتوي فضلات الطيور على أملاح وأحماض تتفاعل مع مكونات الحجر الرملي مسببه تلف ميكانيكي وكميائي للحجر الرملي. لعلاج التلف الناتج عن فضلات الطيور يتم تنظيف الطبقة السطحية ميكانيكا. ثم يتم تنظيف البقايا الملتصقة بالحجر باستخدام كمادة النانوتيتانيوم حيث اعطت افضل نتائج غير متلفة لمكونات الحجر الرملي. لتقوية الحجر الرملي يتم استخدام مادة البارالويد B72 المدعمة بحبيبات مادة نانو هيدروكسيد الكالسيوم (Nano Lime) المذابة فى الاسيتون - الكحول الأيزوبروبيلى بنسبة 3%. لتقوية طبقة الالوان يتم استخدام مادة الكالوسيل (Nano Lime) و مادة البارالويد B72 المدعمة بحبيبات مادة نانو هيدروكسيد الكالسيوم (Nano Lime) مع اللون الابيض والاحمر والاخضر والاصفروالاسود ، مادة الفاكر OH100 و مادة الكالوسيل (Nano Lime) مع اللون الازرق المصرى .

اولا : المراجع العربية

1- عبد الفتاح البنا دراسة مقارنة للمواد والطرق المختلفة المستخدمة في علاج وصيانة الآثار الحجرية وتأثيرها على خواصها، رسالة وماجستير، قسم الترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 1990، ص89.

ثانيا : المراجع الاجنبية

1. Finamore, E. (2016). Where Did Trafalgar Square's Pigeons Come From? Retrieved April 18, 2017, from <http://londonist.com/2016/07/where-did-traffic-square-s-pigeons-come-from>, 2017
2. Petersen, K., Yun, and Krumbien ,W.E. on The Occurrence of Alkalito Lerant and Alkaliphilic Microorganisms on Wall paintings and their interaction in Restoration , consolidation ,in proceedings of the 3rd Intern. Conf. on Bio deterioration of Cultural Property ,Thailand, 1995,PP.62-72
3. K. J'ANSSENS and R. VAN GRIEKEN: X Ray Based methods of analysis in non destructive microanalysis of cultural heritage materials ,2004,pp 130-145
4. Stodulskiss , Farrell, Engineering Geology for Society and Territory. Preservation of Cultural Heritage 1984
5. Stuart B.H., Analytical Technique In Materials Conservation, Wiley, 2007, p.243.

6. Sepulveda M., et.al., Micro-Raman spectral identification of manganese oxides black pigments in an archaeological context in Northern Chile, Heritage Science, 2015, Vol.3(32), pp.1-6
7. Ashurst, J., Cleaning Masonary Building, In Conservation Building and Decorative Stone, Vol. 2, London, 1990, p. 125
8. Mass ,P., the use of abrasive cleaning for stone building surfaces, in conservation of building and decorative stone,Vol,Londone,1990,PP.109:121
9. Mosquera,M. , New Water –Repellent Nano materials for protecting and consolidating stone,11th International Congress on Deterioration and conservation of stone ,Torun,2008,P.312.
10. Smith B.C., Fundamentals of Fourier Transform Infrared Spectroscopy, Second Edition, CRC, 2011, p. 53.
11. Anglos D., Couris S., Fotakis C., Laser Diagnostics of Painted Artworks, Laser-Induced Breakdown Spectroscopy in Pigment Identification, Applied Spectroscopy, Vol. 51 (7), 1997, pp. 1025-1030.
12. Colomban P., Potential and Drawbacks of Raman (Micro)Spectrometry for The Understanding of Iron and Steel Corrosion, New Trends and Developments in Automotive System Engineering, www.intechopen.com ,2011, pp. 568-584.
13. Sepulveda M., et.al., Micro-Raman spectral identification of manganese oxides black pigments in an archaeological context in Northern Chile, Heritage Science, 2015, Vol.3(32), pp.1-6.
14. Price, C., Stone conservation, the Getty conservation institute, 1996, PP.13:25.
15. Jaeschke, H., the cleaning of new kingdom temple wall painting ,at luxor and Abydos (in)conservation in ancient Egyptian collection archetype publication,london,1995,PP.16:17
16. Mora,P. and philippot, P., Conservation of wall paintings, Iccrom, Rome, 1995,P.46.
17. Mosquera,M. , New Water –Repellent Nano materials for protecting and consolidating stone,11th International Congress on Deterioration and conservation of stone ,Torun,2008,P.312.