دراسة تأثير الظروف البيئية على مواد بناء مقابر العمال بالجيزة

Studying the effect of environmental conditions on the building materials of workers' tombs in Giza

بدوي محمد إسماعيل، محمود عبد الحافظ محمد آدم، حجاجى خميس مصطفى[1*]

باحث دكتوراة – قسم الترميم – كلية الآثار – جامعة الأقصر

hagagharam517@gmail.com

الملخص

تعانى مود البناء الأثرية فى البيئات المفتوحة من العد من عوامل التل ومظاهر التلف المختلة الى تؤثر على خصائصها القيزيوكيميائية والميكانيكية ومن الأمثلة الواضحة ذلك مواد بناء مقابر العمال بالجيزة لذا يهدف هذا البحث إلي دراسة تأثير الظروف البيئية المختلفة على مواد بناء مقابر العمال بالجيزة، وقد اعتمدت هذه الدراسة علي الزيارات الميدانيه والملاحظات الحقلية المتكررة لمواد بناء مقابر العمال بالجيزة, إضافة إلي دراسة التركيب المعدني لمواد البناء المستخدمة (الطوب اللبن, الحجر الجيرى, الجرانيت, مواد البناء المساعدة) وذلك باستخدام الأساليب العلمية المختلفة في الفحص والتحليل مثل الفحص البصري، والفحص الميكروسكوبى باستخدام الإستريو ميكرسكوب وجهاز الميكروسكوب المستقطب (PM)، والميكروسكوب الالكتروني الماسح (SEM)، والتحليل بحيود الأشعة السينية (XRD), كما تم دراسة الخواص الفيزيائية والميكانيكية، وقد أوضحت نتائج هذه الدراسة تعرض مواد البناء الأثرية فى موقع مقابر العمال بالجيزة لتأثير العوامل المناخية المختلفة مثل التغير فى درجات الحرارة ونسب الرطوبة مما أدى إلى ظهور كثير من مظاهر التلف مثل تزهر أملاح كلوريد الصوديوم والكبريتات علي أسطح مواد البناء الأثرية, والشروخ السطحية والممتدة، بالإضافة إلي القشور السطحية، وكثير من علامات التفكك والتدهور. وذلك نتيجة لتعرض مواد بناء مقابر العمال بالجيزة لعوامل التجوية الفيزيائية والفيزوكيميائية والكيميائية، وتم بناءاً على ذلك وضع خطة علاج للحفاظ عليها من التدهور تتضمن عمليات التنظيف الميكانيكى والكيميائى، وعمليات التقوية والعزل.

الكلمات الدالة: مواد بناء – مقابر العمال – الظروف البيئية – ترميم وصيانة.

Abstract

The Archaeological building materials in the open environments suffer from various damage factors, which affect their physiochemical and mechanical properties. One of the clearest examples of that; the building materials of workers tombs in Giza, this paper aims to studying the effect of the different environmental conditions on the building materials of workers' tombs in Giza. It adopted frequent field studies and remarks on the building materials of workers' tombs in Giza and studying the mineral composition of the building materials (i.e., mud bricks, limestone, granite, and assistant building materials) using various examination and analysis scientific methods, such as examination, stereo microscope, polarizing microscope (PM), scanning electron microscope (SEM), and X-ray diffraction (XRD). The paper also studied the

physical and mechanical properties have also been studied. The results showed that the building materials of workers' tombs in Giza were exposed to various climatic factors, which caused many deterioration manifestations, such as the efflorescence of sodium chloride salts on the surfaces of building materials, surface cracks, surface crusts, and many manifestations of deterioration because these building materials were exposed to physical, physicochemical and chemical weathering. Accordingly, a treatment plan was developed to keep it from deteriorating, including mechanical and chemical cleaning, strengthening and isolation operations.

Keywords: Building materials - workers' tombs - environmental conditions - conservation and maintenance.

المقدمة

تقع مقابر العمال بالجيزة جنوب شرق تمثال (أبو الهول) وخلف الحائط الحجري المعروف باسم ((حيط الغراب)) wall of the crow ، وهى مجموعة مقابر ترجع الي الأسرة الرابعة (2649- 2513 ق.م) وهي خاصة بالعمال البسطاء والحرفيين. وتعتبر من أهم الاكتشافات الأثرية خاصة وأنها تلقي الضوء على الفترة المبكرة للأسرة الرابعة، وقد عكست هذه الجبانة مظاهر الحياة والموت خلال عصر الدولة القديمة والخاصة بالعمال البسطاء، ويحتوى موقع مقابر العمال على مواد بناء متنوعة من الطوب اللبن والحجر الجيري والجرانيت استخدمت فى بناء المقابر والدفنات التي اتخذت أشكال معماريه مختلفة معظمها مقابر مقبية الشكل مقابر من الطوب اللبن هرمية الشكل، مقابر مبنية من الحجر الجيري والطوب اللبن الجرانيت.

وتتعرض مواد بناء هذه المقابر وعناصرها المعمارية والزخرفية إلي العديد من ميكانيكيات التلف والتدهور بفعل عوامل التلف البيئية المختلفة، والتي تتطلب حالتها الراهنة إجراء العديد من عمليات الترميم والصيانة بغية الحفاظ عليها. لذلك يتناول البحث أهم عوامل ومظاهر التلف من خلال التشخيص العلمي للحالة الراهنة ووضع مقترحات العلاج والصيانة الملائمة لها في ضوء نتائج هذه الدراسة.

1- مواد وطرق الدراسة Materials and Methods

1- مواد الدراسة

اعتمدت الدراسة علي الزيارة الميدانية والملاحظات الحقلية لموقع مقابر العمال لتسجيل مظاهر التلف والحصول على العينات اللازمة من مواد البناء (الطوب اللبن، الحجر الجيري، الجرانيت) لإجراء الفحوص والتحاليل .

2- طرق الدراسة

2-1- الفحص البصرى Visual Examination

تعد عملية الفحص البصرى Visual Examination، أولى مراحل الفحص وأبسطها وأقلها تكلفة ، وتستخدم هذه الطريقة فى التعرف المبدئى على مادة الأثر وعلى الحالة الراهنة لمواد البناء الأثرية ومظاهر التلف الموجودة

بها، إلا أنها تعتمد بشكل كبير على الخبرة والمران الطويل فى هذا المجال[1]، وقد إستعان الباحث فى عمليات الفحص البصرى لمواد بناء مقابر العمال بالجيزة موضوع الدراسة وكذلك نواتج التلف الموجودة بها ، بمجموعة من العدسات المكبرة والتى أمكن من خلالها رؤية بعض التفاصيل والمكونات الصغيرة الموجودة بمواد البناء.

2-2- الفحص بإستخدام الإستريو ميكرسكوب Examination by Stereo Microscopy يستخدم الإستريو ميكرسكوب Stereo Microscopy فى فحص العينات الآثرية كما هى دون الحاجة إلى عمل قطاعات رقيقة أو أى معالجات أخرى، وتظهر العينات التى يتم فحصها بهذا الميكروسكوب مجسمة ثلاثية الأبعاد، وتتمتع بدرجة عالية من النقاء والوضوح [2]. وقد تم إستخدام ميكروسكوب من نوع Portable USB Digital Microscope Camera (X10 – 500).

2-3- الفحص بالميكروسكوب المستقطب Polarizing Microscope

تعتبر الدراسة بواسطة الميكروسكوب المستقطب من أهم الطرق والوسائل العلمية التى يمكن من خلالها فحص ودراسة قطاعات المعادن والصخور حيث يتم عمل مقاطع رقيقة thin-sections ومع التكبير يمكن فحص وتعريف المعادن المكونة للمواد الأثرية وكذلك حجم الحبيبات وأيضاً دراسة السطح من خلال ترتيب الحبيبات. ويساعد الميكروسكوب المستقطب في التعرف على المعادن الموجودة بالعينة[3]. وقد تم استخدام جهاز من نوع Leitz Orthoplan – Germany، وكاميرا رقمية ماركة Leica) بمعمل الميكروسكوب المستقطب (الهيئة المصرية العامة للثروة المعدنية- الدقى – مصر).

2-4- الفحص باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح Scanning Electron Microscope (SEM)

يتمييز الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح بمعدل تكبير عالي جداً، ويساعد في التعرف على المكونات الأساسية والتركيب الداخلي الدقيق، ويمكن دراسة حالة المواد الأثرية من حيث الضعف والقوة[4]. ويساعد في التعرف على الفراغات وفحص ميكانيكية الترابط بين الحبيبات[5]. ويعتبر من أهم التقنيات العلمية في مجال الفحص والتحليل لمواد البناء الأثرية حيث يصف مورفولوجيا السطح والشكل البللوري وحجم الحبيبات وتو يعها وطبيعة النسيج،،

[1]) أحمد أبو اليمين أحمد عمر: التصوير الجدارى بمقابر البجوات بالواحات الخارجة – الحالة الراهنة وطرق العلاج والصيانة تطبيقا على احدى المقابر المختارة، رسالة دكتوراة، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2014، ص84.

[2]) ياسر كمال حفنى: تقييم إستخدام المركبات النانوية متعددة الوظائف في حماية الاثار الجرانيتية مع التطبيق العملي علي نوذج مختار، رسالة دكتوراه، قسم الترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة،2016.

[3]) Lopez et al., Archaeological ceramic amphorae from underwater marine environments: Influence of firing temperature on salt crystallization decay, Journal of the European Ceramic Society, Vol. 33,2013, pp. 2031-2042.

[4]) حمادة صادق قطب : دراسة تقنية وعلاج وصيانة أدوات الإضاءة الخزفية الأثرية الإسلامية، تطبيقا على بعض النماذج المختارة، رسالة ماجستير، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2005.

[5]) Tennent et al., The conservation and technical examination of some Spanish luster ceramics, Studies in Conservation, Vol. 37, No. 1,1992, pp. 158-164.

ونوع التلف ومظاهره مثل الشروخ وتبللور الأملاح، فضلاً عن التركيب المعدني سواء في صورة عناصر أو أكاسيد[6].

2-5- الدراسة باستخدام حيود الأشعة السينيةX- Ray by Diffraction Study

تعتبر طريقة التحليل باستخدام حيود الأشعة السينية من الطرق المهمة والتي تتميز بالكفاءة في إعطاء النتائج ، حيث يمكن من خلال هذا النوع من التحليل التعرف على مكونات العينات المتبلورة في صورة مركبات ومعادن [7]، وقد تمت دراسة عينات مواد البناء بإستخدام جهاز التحليل بحيود الأشعة السينية المستخدم فى معمل المتحف المصرى الكبير – وزارة الأثار – والجهاز المستعمل من نوع Panalytical X,pert pro PW 3040/60.

3- النتائج والمناقشات

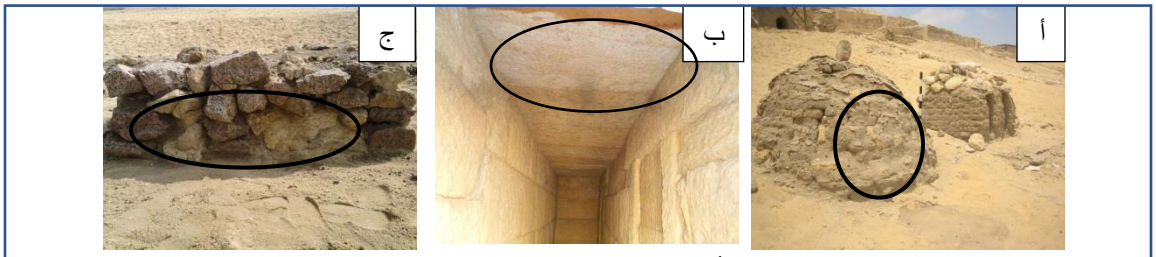
3-1- الفحص البصري Optical investigation

أوضحت نتائج الزيارات الميدانية والملاحظات الحقلية لموقع مواد بناء مقابر العمال بالجيزة أن بيئة الموقع قد توافر بها كل من عوامل التلف الفيزيائية والفيزوكيميائية ، وهو ما أدى إلى تأثر مواد البناء الأثرية حيث ظهر على السطح الخارجي الكثير من مظاهر التآكل السطحي والتفتت وفى بعض الأحيان تكثر التشققات السطحية والممتدة.

ففي قوالب الطوب اللبن يوجد تقشر exfoliation وتفكك الحبيبات المعدنية المكونة للطوب وخاصة في مناطق الأسطح إضافة إلي فقدان أجزاء من قوالب أو قوالب كاملة خاصة في المناطق السفلية من الجدران. أما مواد البناء الحجرية (الأحجار الجيرية، الجرانيت) فتعاني أيضا من العديد من مظاهر التلف أهمها شروخ شعرية دقيقة في بعض الأجزاء, انفصال في الطبقة السطحية في بعض الأجزاء, تحول بعض الأجزاء أسفل القشرة السطحية المنفصلة إلى ما يشبه المسحوق, كما تظهر على غالبية الأحجار ظاهرة التقشر السحطى والاتساخات الطينية (لوحة 1).

[6]) وليد كامل علي الغريب : دراسة التركيب البتروجرافي والإضافات لبعض الآثار الفخارية كأساس علمي للصيانة والترميم، المؤتمر الدولي الأول: المواقع الأثرية والمجموعات المتحفية، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2015.

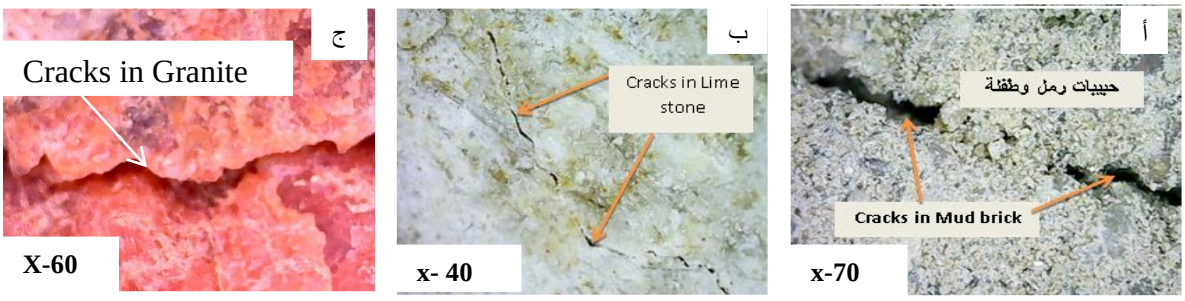
[7]) Lavina, et al., Modern X-ray Diffraction Methods in Mineralogy and Geosciences, Mineralogical Society of America, Vol. 78, 2014, pp.1-31.



لوحة (1) نماذج من مظاهر التلف: فقدان أجزاء من قوالب الطوب اللبن، التقشر السطحى, تفتت وتفكك للحبيبات المعدني، أملاح متزهرة على السطح ، فقدان أجزاء كبيرة من المون الرابطة.

3-2- الفحص باستخدام الإستريو ميكرسكوبExamination by Stereo Microscopy

يعتبر الفحص بإستخدام الإستريو ميكرسكوب من الطرق الهامة لفحص مواد البناء الأثرية، وذللك لانه يساعد فلي التعرف علي حالة مواد البناء الأثرية ومظاهر التلف المختلفة غير الظاهرة للعين المجردة [8]. حيث تم التصوير والفحص بقوة تكبير تتراوح ما بين (20X-100X) وذلك من أجل التعرف علي العديد من مظاهر التلف المختلفة التي تعاني منها مواد البناء الأثرية فى موقع مقابر العمال بالجيزة حيث اتضح من خلال الفحص تأثر مواد البناء الأثرية بعوامل التلف المختلفة والذى ظهر فى صورة شروخ وفى بعض الأحيان ضعف وتفكك كما في اللوحة (2).



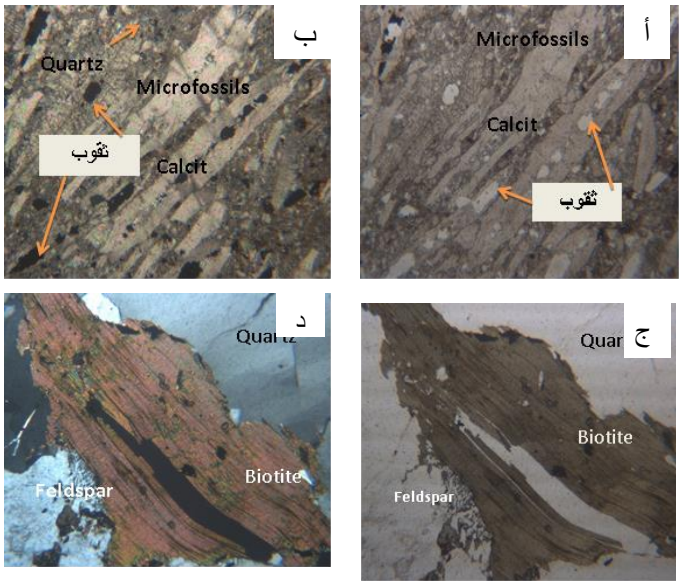
لوحة (2) توضح التصوير بالإستريو ميكرسكوب وتوضيح مظاهر التلف، (أ) توضح مكونات الطوب اللبن وجود شروخ دقيقة،(ب) توضح وجود شروخ دقيقة فى الحجر الجيرى، توضح وجود شروخ دقيقة فى الجرانيت.

3-3 الميكروسكوب المستقطب: - Polarizing Microscope

أوضحت نتائج الفحص بالميكروسكوب المستقطب لعينات الحجر الجيرى والجرانيت المستخدم فى بناء مقابر العمال بالجيزة أن عينة الحجر الجيرى تنتمى إلى الحجر الجيرى النيموليتى الذى يتميز بمكوناته الحفرية المتباينة الأحجام، كما وجد بها حفريات النيموليت Nummlites Gheizanensis المميزة لهضبة الجيزة، كما أوضح الفحص أن المكون الأساسى لتلك الأحجار هو معدن الكالسيت دقيق التبلور، والمسام متوسطة الحجم ومتصلة مع بعضها مكونة

[8]) محمد مصطفي إبراهيم، وآخرون: إعادة ترميم طبق خزفي من مقتنيات متحف الفن الإسلامي بالقاهرة، مجلة كلية الآثار، العدد الثاني والعشرون، 2019، ص 309- 319.

فجوات نتيجة تأثير المياه كما يلاحظ أن المعادن الجيرية مختلطة مع حبيبات الكوارتز. أما عينة الجرانيت فقد اتضح من فحص هذه العينة أنها ذات نسيج خشن Coarse Granite، والتركيب المعدنى للعينة عبارة عن الكوارتز[Quartz (Sio2)] ورغم أنه يتميز بأنه عديم اللون إلا أنه يظهر فى العينة الخاضعة للدراسة ذا شكل رمادى أو شكل ترابى متدرج إلى لون غامق وذلك نتيجة لوجود معادن طينية تتركز على السطح والحواف.كما فى اللوحة(3).



لوحة (3) توضح نتائج الفحص بالميكروسكوب المستقطب،(أ) توضح عينة الحجر الجيرى بالميكروسكوب المستقطب تحت الضوء العادى (X-25 (PL) ، (ب) توضح عينة الحجر الجيرى بالميكروسكوب المستقطب والمحلل (CN)25 -X.

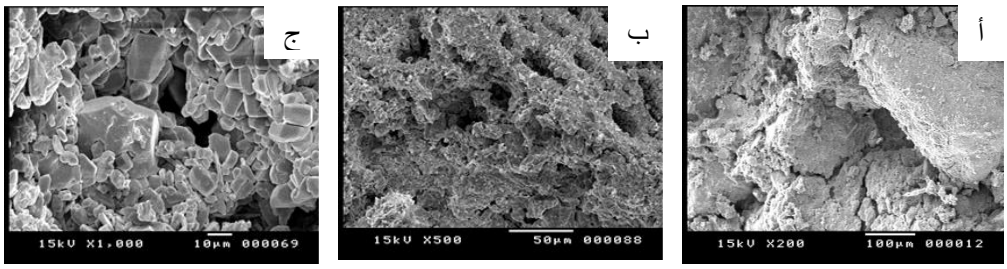
(ج) توضح عينة الجرانيت بالميكروسكوب المستقطب تحت الضوء العادى (X-25 (PL ،(د) توضح عينة الجرانيت بالميكروسكوب المستقطب والمحلل (CN)25 -X.

3-3- الفحص باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح (Scanning Electron Microscope SEM)

يمكن التعرف من خلال الميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) على الصورة الكاملة لشكل الحبيبات وعلاقتها ببعضها، أو التشققات الدقيقة الناتجة عن عمليات التجوية للعينات الأثرية، كما يوضح التشوه أو الكسور في المعادن الثانوية والتي تنتج من تغير الظروف الجوية المحيطة بالمواد الأثرية[9]. وقد أوضح الفحص باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح تعرض مواد البناء (الطوب اللبن – الحجرالجيرى – الجرانيت) بموقع الدراسة إلى عمليات التجوية مما جعلها فى حالة من الضعف والتفكك. كما بينت نتائج الفحص احتواء مواد البناء على نسب من الأملاح، المترسبة بين الحبيبات المعدنية للطوب اللبن والأحجار, إضافة إلي وجود العديد من الفراغات والفجوات والشروخ الدقيقة بين الحبيبات المعدنية وانفصال للبلورات عن بعضها البعض. كما في اللوحة(4).

[9]) Kannan, et al., Scanning Electron Microscope: Principle, Components, Applicaions, ATextbook on Fundmentals and /Applications of Nanotechnology, 2018.

.



لوحة (4) تبين نتائج الفحص بالميكروسكوب الإكتروني الماسح (SEM)، (أ) توضح عينة طوب لبن(X=200) ويظهر عليها الشروخ والتفكك، (ب) توضح عينة حجر جيرى (X=500) ويظهر بالعينة الفرغات وضعف الترابط بين بللورات الكالسيت، (ج) توضح عينة جرانيت (X=1000) ويظهر بالعينة ضعف الترابط بين المكونات المعدنية للجرانيت .

3 – 4- التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية - XRD

أظهرت نتائج التحليل بحيود الأشعة السينية لعينات مواد البناء أن عينة الطوب اللبن تتكون من معدن الكوارتز (Quartz (SiO2) الذى يعتبر من المكونات الأساسية فى العينة بنسبة 80 % بالإضافة إلى معدن الكالسيت [Calcite (Ca CO3)]، بنسبة 5% بين مكونات العينة ، وشوائب من الألبيت [Albite (Na Al Si3 O80] بنسبة 14%، والهاليت [Halite (Na CL)] بنسبة 1%. وبالنسبة لعينة الحجر الجيرى فهى تتكون من معدن الكالسيت (CaCO3كمكون أساسى أساسى بنسبة 100 %. وبخصوص عينة الجرانيت تتكون من معدن الكوارتز [Quartz (SiO2))]، والألبيت [Albite (NaAlSi3O80] ومعدن الأرثوكليز [Orthoclase (K AL Si3 O8)]، وتتمثل بنسب عالية فى العينة، ثم معدن البيوتيت [Biotite (K Mg Fe)3(Al Si3 O10) OH2] بنسب متفاوتة، وقد وجد معدن الهورنبلند Hornblende بنسبة قليلة. كما يوضح الجدول (1) واللوحة (5).

جدول(1) يوضح نتائج التحليل بحيود الأشعة السينية.

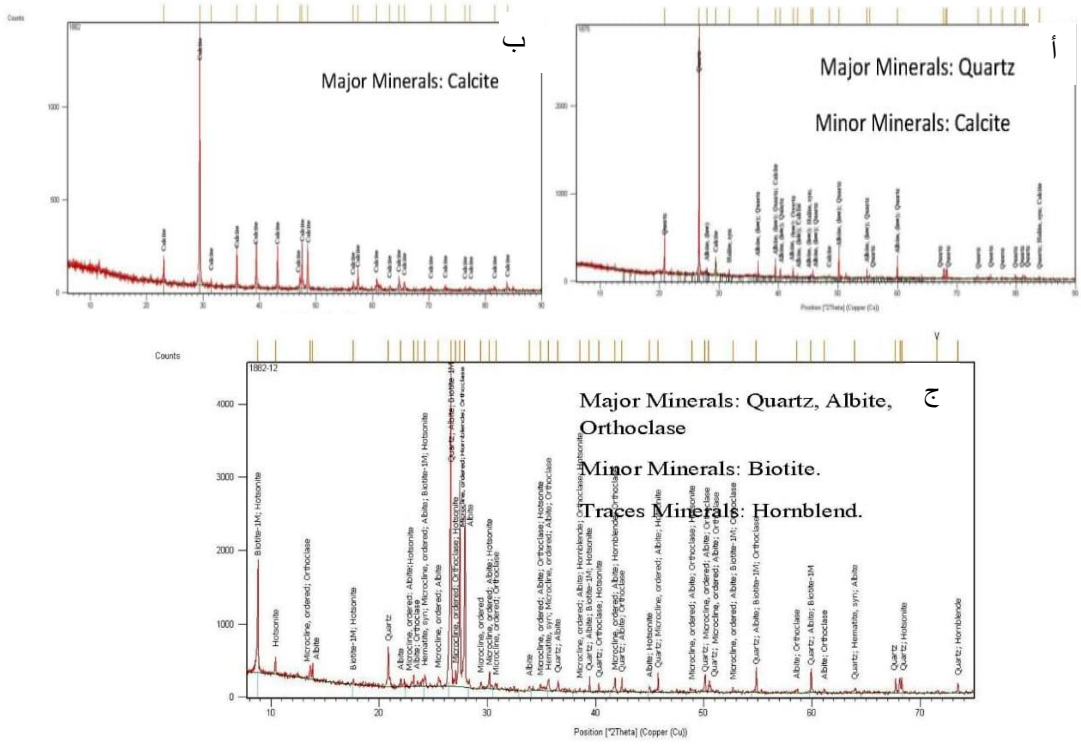
العينة / المكونات	BI	anh	AN	AL	MG	HO	*MI*	*ZI*	OR	Mo	*Gy*	*Ha*	*Qz*	Cal
الطوب اللبن	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+++	++
الحجر الجيرى	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+++
الجرانيت	++	-	-	+++	-	+	-	-	+++	-	-	-	+++	-

توضيح الإختصارات :-

(Q) = Quartz, (Cal) = Calcite, (Ha) = Halite, (Gy) = Gypsum, (Alb) = Albite, (Mo) =Montmorillonite, (OR) = Orthoclase, (Mi) = Microcline, (Zi) ZinkSlphate,

) BI) =Biotite, (HO) = Horn blend, (AN) Ankerite, (ANh) Anhydrite .

= (+++)Major constituent, (++) = Minor constituent, (+) = Traces, (-) = Not determined.



لوحة (5) تظهر نمط التحليل بحيود الأشعة السينية XRD، ((أ) عينة الطوب اللبن، (ب) عينة الحجر الجيرى، (ج) عينة الجرانيت.

4- مناقشة النتائج Discussion of Results

إتضح من نتائج الزيارات الميدانية والملاحظات الحقلية لمواد بناء مقابر العمال والظروف المناخية السائدة فى موقع الدراسة إضافة إلي نتائج فحص وتحليل العينات المأخوذة من مواد البناء بكل من الإستريو ميكرسكوب (Stereo Microscopy) والميكروسكوب المستقطب (PM) والميكروسكوب الإلكترونى الماسح (SEM) والتحليل المعدنى بطريقة حيود الأشعة السينية, أن مظاهر التلف الموجودة بمواد البناء الأثرية تعد نتيجة طبيعية لما تتعرض له مواد البناء من من تجوية فيزيائية Physical weathering وتجوية فيزوكيميائية Physiochemical weathering وتجوية كيميائيةChemical weathering بالإضافة إلى إهمال أعمال الصيانة الدورية. حيث أن التجوية الفيزيائية قد توافر لها كل السبل في موقع الدراسة لكي تلعب دورا هاما في تلف مواد بناء مقابر العمال بالجيزة اعتمادا علي عمليات التمدد والانكماش الحراري Thermal expansion and contraction للمعادن المكونة لمواد البناء نتيجة لما تتعرض لها من تغيرات يومية وموسمية في درجات الحرارة (يصل التباين بين درجة حرارة الليل والنهار إلي (12.5مo) درجة مئوية فى فصل الشتاء ،(13.7مo) فى فصل الصيف), وحيث أن لكل معدن خصائصه الحرارية الخاصة به فعلي سبيل المثال نجد أن معامل تمدد الكوارتز أعلي من معامل تمدد معدن

الكالسيت10، لذا وفي ضوء كل ما سبق فإن كل من الطوب اللبن والحجر الجيرى والجرانيت قد خضعوا للعديد من الإجهادات والتي أدت بدورها إلي العديد من الانفعالات متمثلة في تفكك الحبيبات المعدنية وتشقق وتقشر فى المناطق السطحية وهذا ما ظهر واضحاً على السطح الخارجى للطوب اللبن والحجر الجيرى، بالإضافة إلى تساقط أجزاء من المونة الرابطة الموجودة فى الفواصل (العراميس) الأفقية والرأسية بين قوالب الطو ب اللبن ومداميك الأحجار.

أما عن العوامل الفيزوكيميائية Physiochemical weathering المؤثرة على مواد بناء مقابر العمال بالجيزة فتعتمد علي تبلور أملاح الهاليت Halites saltrystallization (كلوريد الصوديوم NaCl) الموجودة بمواد البناء والمونا ت, حيث وجدت هذه الأملا ح كأحد الشوائب الموجودة ضمن مكونات هذها لمواد [11]، مثلما جاءت في أنماط حيود الأشعة السينية, ومع التباين الشديد في درجة الحرارة، وتسرب الماء إلي الجدران بالخاصية الشعرية أو سقوط الأمطار في فصل الشتا ء, لذا نجد أ ن كل السبل ميسرة لتبلور أملاح الهاليت بين الحبيبات المعدنية المكونة لمواد البناء[12] ، وهذا بدوره أدي إلي المزيد من الاجهادات لهذ ه المواد وتفكك حبيبات المعادن المكونة لها في بعض الأجزاء مع مرور الوقت ، إضافة إلي تكون بقع بيضاء نتيجة لتبلور أملاح الهاليت علي سطح الجدران[13].

أما عن التجوية الكيميائية Chemical weathering المؤثرة على مواد بناء مقابر العمال بالجيزة فتعتمد بصفة خاصة علي عناصر الذوبانية Dissolution، الكربنة Carbonation والأكسدة Oxidation . فالماء المتسرب إلي مواد البناء الأثرية تزداد فاعليته عند إتحاده بغاز ثاني أكسيد الكربون مكونا حمض الكربونيك والذي يؤثر علي الكالسيت CaCO3 (لا يذوب في الماء) الموجود فى الأحجار، محولا اياه إلي بيكربونات الكالسيو م Ca(HCO3)2 (تذوب في ال ماء) أي أنه يتم إزالة الكالسيوم على شكل أيونات ذائبة في الماء ومعني ذلك تحول المادة الصخرية إلي محلول مائي تاركة ورائها فراغات، وهذا ربما حدث بالفعل في بعض الأجزاء من الأحجار الجيرية والتي تكونت علي أسطحها طبقة ناعمة كالبودرة[14]، أما عن الأحجارالجرانيتية بموقع مقابر العمال والتي تتكون من معادن الألبيت ($NaAlSi_3O_8$) ، الكوارتز (SiO_2) والميكروكلين ($KAlSi_3O$) والبيوتيت $K(Mg,Fe)3Al,Si_3O_{10}(O,H,F)_2$ فالكوارتز يبقى على حاله دون تحلل وهو أكثر المعادن مقاومة للتجوية ليكو ن فيما بعد حبيبات من الرمل[15] ، أما الفلسبار فيتحلل مكون سيليكات الومنيوم مائية (معادن طينية)، بالإضافة إلى

[1]0) Galanm, E., the influence of temperature changes on stone decay, in weathering and air pollution. Milano, Mario Adda Editore, 1991.pp. 119-128.

[11]) Di Giulio, A., Reliability of textural analysis of ancient plasters and mortars throughautomated image analysis, Materials Characterization, 2004, pp. 53, 243- 257.

[1]2) Degryse, et al., Study of ancient mortars of Sagalassos (Turkey) in view of their conservation, Cement and Concrete Research, 2002, pp.31-37.

[13]) نهى عبد الحفيظ: دراسة تطبيقية عن ترميم وصيانة الصور الجدارية، تطبيقاً على إحدى مقابر الأفراد بجبانة الجيزة، الدولة القديمة أثناء وبعد الكشف، رسالة ماجستير، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة،2004.

[14]) نبيل أحمد عبد التواب: دراسة علمية تطبيقية فى ترميم وصيانة النقوش الجدارية فى واجهات بعض المقابر الأثرية من آثار التجوية الفيزيوكيميائية والبيولوجية بمنطقة هضبة الجيزة، رسالة دكتوراه، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة،2003.

[1]4) Mackenzie, W., Atlas of Igneous rocks and their textures, Long man group limited, London,1994, pp.101.

أكاسيد البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم وهى مواد قابلة للذوبان على هيئة كربونات وكلوريدات، ونتيجة لتحلل بعض المعادن توجد حفر وأجزاء غائرة في أغلب الأحجار الجرانيتية[16].

أما عن مواد البناء الطينية فيحدث لها انهيار نتيجة تحلل قوالب الطوب اللبن تحللاً كاملاً بسبب مايحدث لمعادن الطين التى تعد المكون والرابط الأساسى لمكونات الطوب اللبن من انتفاش (تمدد) بسبب امتصاص المياه، ثم انكماشها بسبب ظروف الجفاف، وتكرار دورات التمدد والانكماش يؤدى إلى تفتت الطوب اللبن وتحلل مكوناته، وفى كثير من المبانى الطينية التى تتعرض للتأثير المباشر للمياه تتحول قوالب الطوب اللبن إلى مايشبه العجين حيث تضيع معالم الطوب نتيجة التحلل بفعل المياه[17] .

5- توصيات ومقترحات العلاج والصيانة

Recommendations and Suggestions for the Treatment and Conservation

من خلال نتائج الدراسات والفحوص والتحاليل ومناقشتها نوصي ببعض المقترحات والتوصيات الواجب إتباعها لترميم وصيانة العناصر المعمارية والزخرفية بموقع مقابر العمال بالجيزة مع مراعاة ضرورة إجراء الدراسات التجريبية اللازمة قبل تطبيق أي مادة للتنظيف أوالتقوية لنتأكد من ملائمتها حتى لا يترتب علي استخدامها أي مظاهر تلف أخري:

1- إعادة بناء وتثبيت الأجزاء المفككة من مواد البناء.

2- علاج الشروخ والتشققات وهي من أهم مراحل العلاج وتهدف إلى الحفاظ علي العناصر الإنشائية واتزانها، وتكون بطريقة الحقن بالمونة المناسبة وذلك إذا كانت الشروخ والتشققات لا تشكل خطورة بالغة علي العناصر المعمارية [18] .

3- تثبيت القشور والأجزاء المنفصلة باستخدام Paraloid B72 with ethyl silicates للمحافظة عليها من الفقد مع مرور الوقت[19].

4- تقوية الأجزاء الضعيفة والمتآكلة بالفكر Wacker OH100، حيث يعد من مركبات التترااإيثوكسى سيلان (TEOS) ، وهو من المركبات الكيميائية التى تستخدم فى تقوية مواد البناء الأثرية وتتميز بقوة التغلغل العالية[20].

---

[16]) محمد كمال خلاف ، حمدان ربيع عطية : دراسة لأهم مظاهر وميكانيكية تلف بعض العناصر المعمارية والزخرفية بمسجد أحمد البجم (٦٩٢ ه / ١٢٣١ م) ابيار - محافظة الغربية – مصر، مجلة الاتحاد العام للآثاريين العرب ، العدد (11)،2010، ص 18-37 .

[17]) Adam, M., Adobe Architectural Heritage in Egyptian Oases - Risks and Methods for Protection and Rehabilitation, Naif Arab University Journal for Security Sciences - Kingdom of Saudi Arabia,2015, ,p.6.

[18]) حجاجى خميس مصطفى : دراسة ترميم وعلاج وصيانة السرابيوم (مدفن العجول المقدسة) بمطنقة سقارة، رسالة ماجستير، كلية الآثار بقنا، قسم ترميم الآثار، جامعة جنوب الوادى، 2014 ، ص189

[19]) Kotlík, P., Consolidation of Stone by Mixtures of Alkoxysilane and Acrylic Polymer, Studies in Conservation, Vol. 41, No. 2, 1996, pp. 109-119.

[20]) شيماء سيد محد السيد محجوب، ربيع راضى : علاج وصيانة اللوحات الحجرية المنقوشة من عصر الدولة القديمة والمخزنة متحفياً: تطبيقاً على أحد النماذج المختارة، مجلة كلية الآثار – العدد الرابع والعشرون 2021، ص195-206.

3- التنظيف الميكانيكي لإزالة الأتربة والإتساخات السطحية باستخدام الفرش المختلفة، والفرر الخشبية فى حالة إذا كانت اسطح مواد البناء ضعيفة وهشة [21].

5- استكمال قوالب الطوب التالفة أو المفقودة بقوالب مماثلة في مكوناتها وأبعادها للطوب الأثري الأصلي .

5- التنظيف الكيميائى في حالة إذا كانت هناك أي بقايا لمظاهر التلف التي لم يستطيع التنظيف الميكانيكى إزالتها، ويعتبر الماء الخالى من الأملاح هو المادة الكيميائية الأكثر أماناً فى تنظيف مواد البناء الأثرية .

6- استكمال الأجزاء المفقودة حيث تعتبر عملية استكمال الأجزاء المفقودة لجدران بعض المباني أمر مهم؛ حيث تعمل هذه الطبقة على توفير الحماية لأسطح الجدران الأثرية نتيجة ما تقوم بها من وظائف مثل زيادة تماسك مواد البناء، وهذه الطبقة يمكن إزالتها أو إصلاحها عندما تتلف بدلا من زيادة تدهور مواد البناء الأثرية[22].

7- تقوية وعزل الأسطح الخارجية لمواد البناء بمادة (Poly Siloxane) Tegosivin HL100 التي تتميز بخاصية الطرد للماء والتقوية في نفس الوقت[23].

- المراجع References

1- أحمد أبو اليمين أحمد عمر: التصوير الجدارى بمقابر البجوات بالواحات الخارجة – الحالة الراهنة وطرق العلاج والصيانة تطبيقا على احدى المقابر المختارة، رسالة دكتوراة، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2014.

2- حجاجى خميس مصطفى : دراسة ترميم وعلاج وصيانة السرابيوم (مدفن العجول المقدسة) بمطنقة سقارة، رسالة ماجستير، كلية الآثار بقنا، قسم ترميم الآثار، جامعة جنوب الوادى، 2014.

3- حمادة صادق قطب : دراسة تقنية وعلاج وصيانة أدوات الإضاءة الخزفية الأثرية الإسلامية، تطبيقا على بعض النماذج المختارة، رسالة ماجستير، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2005.

4- شيماء سيد محد السيد محجوب، ربيع راضى : علاج وصيانة اللوحات الحجرية المنقوشة من عصر الدولة القديمة والمخزنة متحفياً: تطبيقاً على أحد النماذج المختارة، مجلة كلية الآثار – العدد الرابع والعشرون 2021، ص195 – 206.

6- محمد كمال خلاف ، حمدان ربيع عطية: دراسة لأهم مظاهر وميكانيكية تلف بعض العناصر المعمارية والزخرفية بمسجد أحمد البجم (٦٩٢ ه / ١٢٣١ م) ابيار - محافظة الغربية – مصر، مجلة الاتحاد العام للآثاريين العرب، العدد (11)، 2010، ص18-37.

7- محمد مصطفي إبراهيم، شريف عمر محمد، مني علي عبد ربه القاضي: إعادة ترميم طبق خزفى من مقتنيات متحف الفن الإسلامي بالقاهرة، مجلة كلية الآثار، العدد الثاني والعشرون، 2019،ص309-319.

21) Cultrone, et al., Behavior ofbrick samples in aggressive environments.Water Air and Soil Pollution, 2000, Pp. 119,191–207.

[2]2) Ashurts, J., Methods of repairing and consolidating s tone buildings, In: Conservation of Building & Decorative Stone, Part 2, Elsevier, Oxford, 2004, PP. 17 – 18.

[2]3) Theoulakis, P., Effectiveness of Surface Treatments for Stone in Greece, 9th InternationalCongress on Deterioration and Conservation of Stone, Venice, 2000, Pp. 493-501.

8- نبيل أحمد عبد التواب: دراسة علمية تطبيقية فى ترميم وصيانة النقوش الجدارية فى واجهات بعض المقابر الأثرية من آثار التجوية الفيزيوكيميائية والبيولوجية بمنطقة هضبة الجيزة، رسالة دكتوراه، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2003.

9- نهى عبد الحفيظ: دراسة تطبيقية عن ترميم وصيانة الصور الجدارية، تطبيقاً على إحدى مقابر الأفراد بجبانة الجيزة، الدولة القديمة أثناء وبعد الكشف، رسالة ماجستير، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2004.

10- وليد كامل علي الغريب : دراسة التركيب البتروجرافي والإضافات لبعض الآثار الفخارية كأساس علمي للصيانة والترميم، المؤتمر الدولي الأول: المواقع الأثرية والمجموعات المتحفية، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2015.

11- ياسر كمال حفنى: تقييم إستخدام المركبات النانوية متعددة الوظائف في حماية الاثار الجرانيتية مع التطبيق العملي علي نوذج مختار، رسالة دكتوراه، قسم الترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة،2016.

12 -Adam, M., Adobe Architectural Heritage in Egyptian Oases - Risks and Methods for Protection and Rehabilitation, Naif Arab University Journal for Security Sciences - Kingdom of Saudi Arabia,2015.

13- Ashurts, J., Methods of repairing and consolidating s tone buildings, In: Conservation of Building & Decorative Stone, Part 2, Elsevier, Oxford, 2004.

14- Cultrone, G., Navarro, C., Sebastian, E. and Sebastian, E., Behavior ofbrick samples in aggressive environments.Water Air and Soil Pollution, 2000.

15- Degryse, P., Elsen. J. and Waelkens, M., Study of ancient mortars of Sagalassos (Turkey) in view of their conservation, Cement and Concrete Research, 2002.

15- Di Giulio, A., Reliability of textural analysis of ancient plasters and mortars throughautomated image analysis, Materials Characterization, 2004.

16- Galanm, E., the influence of temperature changes on stone decay, in weathering and air pollution. Milano, Mario Adda Editore, 1991.

17- Kannan, K., Subramanian, J., Janavi, S., Marimutu, K., Raga, D. and Sharmila, J., Scanning Electron Microscope: Principle, Components, Applicaions, ATextbook on Fundmentals and /Applications of Nanotechnology, 2018.

18- Kotlík, P., Consolidation of Stone by Mixtures of Alkoxysilane and Acrylic Polymer, Studies in Conservation, Vol. 41, No. 2, 1996.

19- Mackenzie, W., Atlas of Igneous rocks and their textures, Long man group limited, London, 1994.

20- Theoulakis, P., Effectiveness of Surface Treatments for Stone in Greece, 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Venice, 2000.