علاج ظاهرة الانفصال الجزئي (التطبيل) للبلاطات الخزفية بواجهة سبيل مصطفى سنان بمنطقة الدرب الأحمر، القاهرة - دراسة حالة

Treatment of the manifestation of partial separation (bulging) of ceramic tiles on the façade of Mustafa Sinan's Sapil at Al-Darb al-Ahmar area, Cairo - A case study

شريف عمر محمد عبدالعال
قسم ترميم الآثار- كلية الآثار- جامعة القاهرة
Sherif_omar_m@cu.edu.eg

الملخص:

يتناول هذا البحث دراسة تطبيقية لعلاج ظاهرة الانفصال الجزئي "التطبيل" وأعمال الصيانة لمجموعة البلاطات الخزفية بواجهة سبيل مصطفى سنان بشارع سوق السلاح - الدرب الأحمر، القاهرة؛ حيث كانت تعاني من التدهور نتيجة لتعرضها لعوامل التلف المختلفة على مدار السنوات الماضية. من أهم مظاهر التلف التي أصابتها: التشوه وطمس زخارفها نتيجة لوجود الاتساخات المتراكمة والملتصقة بشدة بسطح البلاطات. بالإضافة إلى وجود تشرخ وتكسر وفقدان في بعض البلاطات، مع وجود ظاهرة الانفصال الجزئي (التطبيل) التي أصابت معظم البلاطات بسبب تلف وضعف المونة المستخدمة في تثبيتها بالجدران. وهذه الظاهرة تعد شائعة في غالبية التكسيات الخزفية. وقد تم دراسة مكونات هذه البلاطات الخزفية وتشخيص حالتها في دراسة سابقة. وتهدف الدراسة الحالية إلى التعرف على مونة اللصق وتحديد مكوناتها مع عرض طرق الترميم والصيانة والمواد المستخدمة التي نفذت لحماية هذه البلاطات وعلاج ظاهرة التطبيل. تمت الدراسة بواسطة حيود وتفلور الأشعة السينية والميكروسكوب الإلكتروني الماسح لتحليل وفحص المونة. وتبين أنها تتكون من الجبس والجير ونسبة ضئيلة من الرمل مع وجود ملح كلوريد الصوديوم، كما تبين وجود تآكل وتلف في بلورات معدن الجبس. ونفذت أعمال الترميم من خلال التنظيف الميكانيكي بالفرش الناعمة والخشنة والفرر الخشبية، ثم التنظيف الكيميائي بالكحول الإيثيلي تركيز 99.9% لإزالة البقع شديدة الالتصاق. وقد استخدم البريمال PRIMAL AC33 لعلاج الشروخ والكسور في البلاطات الخزفية. كما تم علاج ظاهرة التطبيل بحقن مونة الليدان LEDAN® D1 مضاف إليها مادة Styrene-butadiene rubber (SBR) خلف البلاطات. ولتثبيت البلاطات المنفصلة تماماً وملء الفواصل واستكمال المفقود فقد تم استخدام مونة مكونة من الجير الهيدروليكي الطبيعي NHL3.5 والرمل مع إضافة مادة (SBR) لتحسين خصائص المونة المستخدمة. وأخيراً تمت عملية التقوية والعزل بالمتراكب النانوي PF4 ، لحماية البلاطات الخزفية وجعلها أكثر استقراراً.

الكلمات الدالة: بلاطات خزفية، تدهور، تطبيل، شروخ، علاج، حقن، تقوية.

Abstract

This research focuses on an applied study to treat the manifestation partial separation, known as " bulging". In addition, the conservation process for a collection of ceramic tiles on the façade of Sabil Mustafa Sinan's, located in Soq al-Silah Street at Al-Darb al-Ahmar area, Cairo. Over the years, these tiles have suffered from degradation due to various damaging factors. The most of deterioration aspects they have experienced include deformation and obscuring of their decorations caused by the accumulation of stubborn dirt adhered strongly to the tiles' surfaces. Moreover, there are cracks, breakage, and loss of some tiles. Furthermore, the phenomenon of bulging has affected

all the ceramic tiles on the Sabil façade due to the deterioration and weakening of the mortar used to fix them on the walls. This is a common phenomenon in many ceramic claddings. The composition of the ceramic tiles was identified and diagnosed in a previous article that was published in 2022. The present study aims to identify the adhesive mortar, determine its components, chemical composition, current restoration, maintenance methods, and discuss the materials used to protect these tiles and treat the bulging phenomenon. The results and techniques used in this study can be beneficial for similar cases. The study was done using X-ray diffraction and X-ray fluorescence analysis, as well as scanning electron microscopy to investigate the mortar samples. The mortar consists of gypsum, lime, a small proportion of sand, and halite. It is observed also a damage to gypsum mineral crystals. The restoration process involved mechanical cleaning using soft and coarse brushes and wooden spatulas. This was followed by chemical cleaning using 99.9% ethyl alcohol to remove stubborn dirt adhered to the tiles' surfaces. PRIMAL AC33 is used to restore the cracks and breakage of the tiles. For treating the bulging problem, a mortar grouting of LEDAN® D1, with Styrene-butadiene rubber (SBR). Natural hydraulic lime NHL3.5 and sand with SBR, was used to fix the completely separated tiles, fill the gaps between tiles, and replace the missing portions. PF4 nanocomposite was used to consolidate and protect the ceramic tiles, then assembly them to be more stable and resistant to uncontrollable deterioration factors caused by climate change and its negative impact on the archaeological objects.

Keywords: Ceramic tiles, Degradation, Bulging, Cracks, Treatment, Grouting, Consolidation.

1. المقدمة Introduction

تسهم عمليات الترميم والصيانة للبلاطات الخزفية في تعزيز السلامة والاستقرار العام لها. فإذا لم يتم إصلاح وترميم البلاطات المتضررة والتالفة في الوقت المناسب وعلاج ظاهرة التطبيل Bulging، فقد يؤدي ذلك إلى تدهور أكبر وزيادة خطر الانفصال والسقوط وفقد هذه البلاطات. لذلك تُعد عملية الترميم والصيانة للتكسيات الخزفية التي تزين واجهات الكثير من العمائر الأثرية والتاريخية من العمليات المهمة للمحافظة على الغرض الوظيفي والجمالي لها[1]. ولعل أقدم مثال على استخدام هذا النوع من الزخرفة يرجع إلى الأسرة الثالثة من عصر الدولة القديمة؛ حيث استخدمت بلاطات صغيرة زرقاء من مادة الفاينس المصري Egyptian faience في تزيين جدران المقبرة الجنوبية Southern Tomb للملك "زوسر" بسقارة[2]. أما البلاطات الخزفية المستخدمة في كسوة الجدران والقباب للعديد من المنشآت، فقد برع المسلمون فيها بصفة خاصة في العصرين المملوكي والعثماني؛ حيث امتازت بتنوعها وتتعدد أشكالها وزخرفتها وكذلك أساليب صناعتها[3]. وتُعد البلاطات الخزفية التي تزين واجهة سبيل وكتاب مصطفى سنان (أثر رقم 246) بشارع سوق السلاح بمنطقة الدرب الأحمر، جنوب القاهرة، خير مثال لهذه التكسيات. والسبيل أنشأه الأمير "مصطفى جلبي سنان باش زاده" خلال العصر العثماني، وذلك عام 1040هـ/ 1630م. وهو سبيل مستقل كان

[1] Russo, A., Veiga. M. R., Fátima Vaz, M., and Carvalho, A. P., Effect of the Conservation Treatment of Historical Ceramic Tiles on the Tensile Adhesion Strength, International Journal of Architectural Heritage, 5:2,2011 , pp. 241-250.

[2] عبد العال، سعاد، *المجتمع المصري القديم*، القاهرة،2002، ص68.

[3] ماهر، سعاد، *الفنون الإسلامية*، الهيئة المصرية العامة للكتاب، 2005، ص19.

يعلوه كُتّاب اندثر ولم يَعُد له وجود حالياً[4]. للسبيل واجهتان واحدة تطل على حارة الشماشرجي وبها كتلة المدخل للسبيل والأخرى المطلة على شارع سوق السلاح وهي تتزين بمجموعة من البلاطات الخزفية (موضوع الدراسة) موجودة بمنطقة النفيس أعلى شباك التسبيل ومجموعة أخري على يمين ويسار وأعلى النص التأسيسي بالواجهة، وهي ترجع إلى العصر العثماني (تاريخ بناء السبيل) وهي ذات زخارف نباتية بألوان متعددة على أرضية بيضاء معتمة. وأهم ما يميز هذه البلاطات أنها جاءت مشتملة على معظم العناصر الزخرفية العثمانية. والهدف من وجودها على واجهات الأسبلة أن يخفف الملل الناتج عن امتداد الحجارة في هذه الواجهات[5].

ولا شك أن هناك علاقة وثيقة بين تلف البلاطات والجدران الحاملة لها. فتلف الجدران يسهم بشكل كبير ومباشر في تدهور وسوء حالة البلاطات الخزفية. ففي العمارة تكون الزخرفة بالتكسيات الخزفية في تركيب طبقي يتكون من ثلاثة أجزاء، الجزء الأول يمثل الجدران الحاملة للبلاطات الخزفية، والجزء الثاني يمثل المونة الرابطة بين الجدران والبلاطات، أما الجزء الثالث فيمثل البلاطات الخزفية. وبالتالي فإن تلف الجدران يؤثر سلباً على حالة البلاطات [6].

وتعد ظاهرة الانفصال الجزئي (التطبيل) من مظاهر التلف المنتشرة في غالبية التكسيات الخزفية بالعمائر المختلفة، وهي تحدث نتيجة لتلف مونات اللصق والربط المستخدمة في تثبيت البلاطات، ولعل من أهم أسباب تلف هذه المونات هو التعرض لدرجات حرارة عالية، وزيادة معدلات الرطوبة، والتذبذب بينهما ما بين الارتفاع والانخفاض؛ حيث يحدث تمدد وانكماش لهذه المونات. كما يمكن أن تحدث تغيرات كيميائية لهذه المونات نتيجة الإصابة بالأملاح المختلفة، وبالرغم من أن المونات خلف البلاطات قد تضعف أو تتساقط، فقد تظل البلاطات في مكانها نتيجة وجود اللاصق حول البلاطة (مونة ملء الفواصل). ونتيجة لضعف وتحلل المونة تتكون فراغات خلف البلاطات[7]، كما يمكن حدوث انبعاج (بروز السطح الخارجي المستوي للبلاطات لأعلى قليلاً، ويحدث صوت مميز عند النقر عليه (التطبيل). ويمكن أن تحدث أيضاً نتيجة لعدم التجانس في مكونات البناء المختلفة المستخدمة في المباني التي تحمل بلاطات خزفية؛ حيث يتلف كل منها بدرجات متفاوتة (الأحجار- الملاط - المونات وغيرها) وبالتالي يؤثر بالسلب على حالة المونة اللاصقة والتكسيات الخزفية التي تحملها. هذا بالإضافة إلى عوامل التلف الخارجية الأخرى وخاصة الاهتزازات التي تحدث للمبنى[8].

تعاني البلاطات الخزفية بواجهة السبيل من العديد من جوانب التدهور المتمثلة في الاتساخات والشروخ والتكسر مع فقدان في بعض البلاطات، بالإضافة إلى وجود بعض المظاهر الناتجة عن عيوب عملية التصنيع، مع

---

[4] سعدات، محمود فتوح محمد، *فضائل النفسية والاجتماعية والقيمية لبناء الأسبلة المائية الوقفية الخيرية (موسوعة نهر الحسنات الجاري)*، الجزء الاول: بناء الأسبلة المائية، الطبعة الثانية، الهدى للطباعة، 1436هـ، ص 33- 100.

[5] الحسيني، محمود حامد، *الأسبلة العثمانية بمدينة القاهرة 1517-1798هـ*، مكتبة مدبولي، ص 108-109.

[6] مدكور، فاطمة صلاح.، خلاف، محمد كمال.، دراسة تلف وتقنيات الترميم والصيانة لجدران الجامع الأزرق المكسوة بالخزف القرن 11هـ/ 17 م بالقاهرة، دراسات في آثار الوطن العربي 7، 2005، ص849-866.

[7] العدوي، الشيماء عبدالرحيم عبدالرحمن حسين، دراسة تحليلية مقارنة في تحديد أسباب ومظاهر تلف المكونات المختلفة للإكساءات الخزفية في القباب والجدران الأثرية، وتطبيقات العلاج والصيانة في بعض المنشآت الأثرية الإسلامية بالقاهرة، رسالة دكتوراه، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة،2010، ص 93.

[8] Durbin, L., *Architectural Tiles: Conservation and Restoration*, Elsevier Butterworth Heinemann, First published, 2005, p.120.

وجود ظاهرة التطبيل في غالبية البلاطات (وجود فراغ بين البلاطة والجدار الحامل لها) نتيجة لتلف وضـــعف المونة الرابطة بين البلاطات الخزفية وجدران الواجهة (شكل 1) وذلك نتيجة تعرض السبيل وما عليه من تكسيات زخرفية لعوامل التلف المختلفة والمتمثلة في الرطوبة والأملاح وغازات التلوث الجوي بالإضـــافة إلى الإهمال وعدم التدخل بالعلاج لعقود عديدة. وهذا ما تم رصـده ودراسـته بشـكل تفصـيلي وعمل توصـيفCharacterization كامل لهذه البلاطات والتعرف على تركيبها الكيميائي Chemical Composition من خلال تحديد مكونات البدن ونوع وألوان طبقة التزجيج وتحديد درجات الحرق التقريبية لها، بالإضـــافة إلى مكونات المونة المســـتخدمة في تثبيت البلاطات وتشـخيص ودراسـة مظاهر التلف والتدهور لكل من البلاطات والمونة المسـتخدمة في تثبيتها على الواجهة؛ حيث تم تناول ذلك في دراسة سابقة نشرت مؤخرا[9]. وقد ساعدت تلك الدراسة السابقة بشكل كبير في التحفيز لإجراء وتنفيذ عملية الترميم والصيانة بشكل علمي سليم، وهذا ما سيتم تناوله في هذه الدراسة.

وعند إجراء وتنفيذ أعمال الترميم والصـيانة للبلاطات الخزفية لابد من اختيار الطرق والمواد الملائمة لحالة هذه التكســيات؛ حيث يوجد حالياً العديد من مواد التنظيف واللصـــق ومواد ملء الفواصـــل والمونات ومواد التقوية وغيرها من المواد المسـاعدة في عمليات الترميم. وهذه المواد يجب انتقاء المناسـب منها حسـب نوع وحالة البلاطات الخزفية ونوع المبنى المنفذة عليه، وكذلك طبقاً لموقعها في البناء (داخل المبنى – خارج المبنى) وموقع البناء نفســـه وغيرها من الشروط التي تسهم بشكل كبير في تحديد مواد وطرق العلاج[10].

إن علاج ظاهرة التطبيل يتم من خلال التثبيت والتقوية بمون الحقن Grouts لتعويض تلف المونة وضـــعف الالتصـــاق بين الجدار والبلاطات. ويتم ذلك من خلال حقن مون أو مواد لاصـــقة. وتعرف هذه العملية في الهندســـة المدنية بالحقن grouting وذلك مع الضغط اليسير على السطح. ومن أهم المواصفات المطلوبة لمواد الحقن: التصلب في وقت مناســـب، والانكماش في أقل الحدود الممكنة، والقوة الميكانيكية لمواد الحقن يجب ألا تكون زائدة عن المون القديمة التقليدية، وإتاحة الفرصـــة لمرور بخار الماء، واللزوجة المناســـبة. وهناك العديد من مواد الحقن والتي من أشهرها مونة الجير المائي[11].

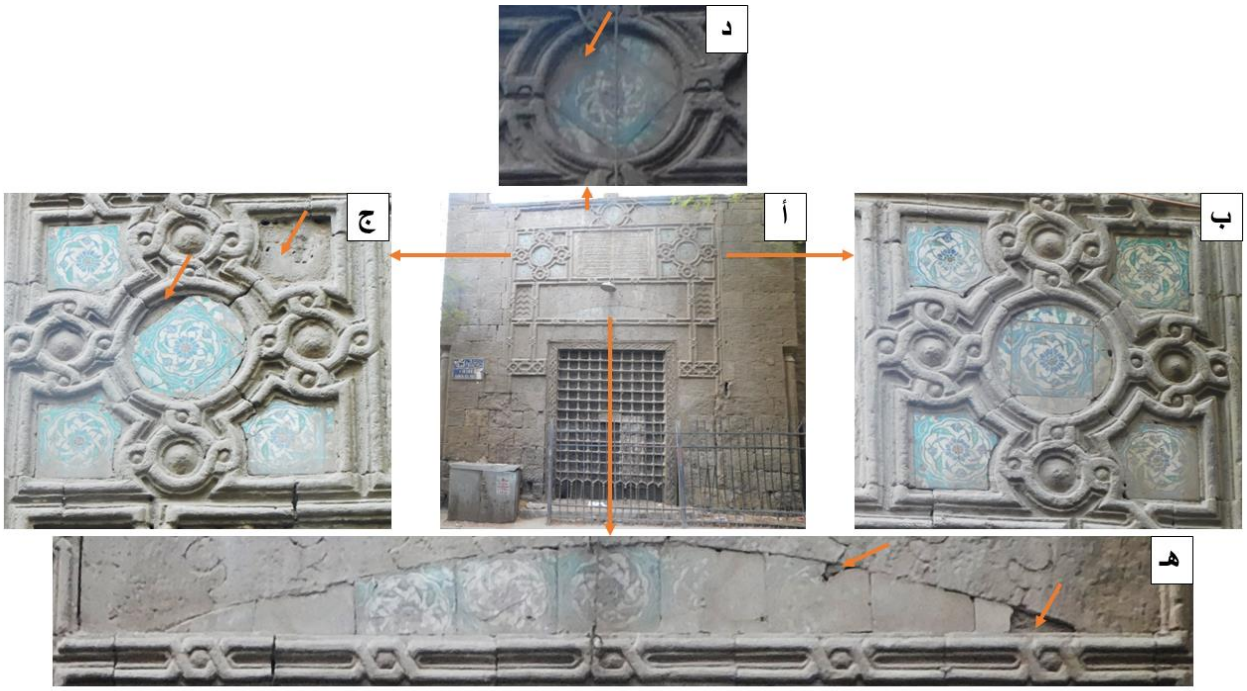
تهدف هذه الدراســـة إلى التعرف على مكونات مونة التثبيت واللصـــق وعلاج وحماية البلاطات الخزفية بواجهة سبيل مصطفى سنان، وزيادة العمر الافتراضـي لها من خلال تطبيق طرق الترميم والصيانة المختلفة وعلاج ظاهرة التطبيل باستخدام مواد تتوافق مع حالة وطبيعة هذه البلاطات والمونة المستخدمة في تثبيتها، مع استخدام مواد نانومترية حديثة تم تجربتها ســابقاً واســتخدامها في عملية التقوية والعزل وذلك بعد التخلص من كل جوانب التدهور. وكذلك عمل اســـتقرار لها لحمايتها والحفاظ على مظهرها الجمالي (إظهار القيم الجمالية) مع ضـــمان الأداء الأمثل للبلاطات على المدى الزمني الطويل. ويؤدي هذا إلي تعزيز مفهوم الاســـتدامة Sustainability وتجنب التلف والاستبدال الكامل لها مستقبلاً، مع إمكانية استخدام هذه الطرق والمواد في حالات مشابهة.

---

9 Omar, Sh., Characterization of the ottoman ceramic tiles in the façade of Mustafa Sinan's sapil (Cairo, Egypt), SCIENTIFIC CULTURE, vol. 8, issue 2, 2022, pp. 1-15.

10 العدوي، الشـيماء عبدالرحيم عبدالرحمن حسـين، دراسـة تحليلية مقارنة في تحديد أسـباب ومظاهر تلف المكونات المختلفة للإكسـاءات الخزفية في القباب والجدران الأثرية، وتطبيقات العلاج والصـيانة في بعض المنشـآت الأثرية الإسـلامية بالقاهرة، ص 239.

11 كامل، عبدالله محمود أحمد، دراسة ميكانيكية تلف المحاريب الجصية الأثرية بالمنشآت الدينية الإسلامية وطرق علاجها- تطبيقاً على أحد المحاريب الجصية المختارة بمدينة القاهرة، رسالة ماجستير، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2008، ص 134- 135- 137.



شكل (1) يوضح مظاهر التلف والتدهور وحالة البلاطات الخزفية بواجهة سبيل مصطفى سنان المتمثلة في تراكم الاتربة والاتساخات وطمس الزخارف والفقد لبعض البلاطات والشروخ والكسور، (أ) واجهة السبيل المطلة على شارع سوق السلاح، (ب، ج) المجموعة التي على يسار ويمين النص التأسيسي، (د) البلاطة الموجودة أعلى النص، (هـ) البلاطات بمنطقة النفيس.

2. مواد وطرق الدراسة: Materials and methods

عانت مجموعة البلاطات الخزفية ومونة اللصق المستخدمة في تثبيتها بواجهة سبيل مصطفى سنان، من الكثير من جوانب التدهور المختلفة. تم أخذ بعض العينات من مونة ربط ولصق البلاطات من أماكن مختلفة بالتكسيات الخزفية ودراستها باستخدام حيود وتفلور الأشعة السينية للتعرف على تركيبها الكيميائي وحالتها، والفحص باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح.

2. 1. التوثيق:

استخدم برنامج الأتوكاد (إصدار 2018) لتوثيق البلاطات الخزفية بواجهة السبيل.

2. 2. التحليل باستخدام حيود الأشعة السينية (XRD):

جهاز حيود الأشعة السينية X-Ray diffraction المستخدم في دراسة وتحليل عينات المونة بالمواصفات الآتية:

PAN analytical X-Ray Diffraction equipment model X′Pert PRO with Secondary Monochromator, Cu-radiation (l=1.542Å) at 45 kV, 35 mA and scanning speed 0.04 o/sec. were used. The diffraction peaks between 2q =2° and 60°, corresponding spacing (d, Å) and relative intensities (I/I^o) were obtained. The diffraction charts and relative intensities are obtained and compared with ICDD files.

بمعامل الهيئة المصرية العامة للثروة المعدنية – وزارة البترول- الدقي- جمهورية مصر العربية.

2. 3. التحليل باستخدام تفلور الاشعة السينية XRF- Spectrometer:

نوع ومواصفات جهاز الاسبكتروميتر Spectrometer المستخدم في التحليل الكيمائي بواسطة تفلور الأشعة السينية X-Ray Fluorescence Spectrometer لعينة المونة كالآتي:

Axios advanced, Sequential WD_XRF Spectrometer, PNA analytical 2005.
بمعمل التجهيز والتحاليل الكيميائية باستخدام الأشعة السينية الفلوروسينية (XRF). المركز القومي للبحوث – الدقي – جمهورية مصر العربية.

2. 4. الفحص باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM:

الميكروسكوب الإلكتروني الماسح Scanning Electron Microscope (SEM) المستخدم في دراسة وفحص عينة المونة بالمواصفات الآتية:

Model Quanta 250 FEG (Field Emission Gun) attached with EDX Unit (Energy Dispersive X-ray Analyses), with accelerating voltage 30 K.V., magnification14x up to 1000000 and resolution for Gun.1n). FEI company, Netherlands.
بالمركز القومي للبحوث – الدقي – جمهورية مصر العربية.

2. 5. التنظيف:

تم استخدام الطرق الميكانيكية من خلال الفرش الناعمة والخشنة والفرر الخشبية للتخلص من الأتربة والاتساخات بسطح البلاطات الخزفية مع استخدام مضخة الهواء pump أثناء مرحلة التنظيف. تلى ذلك التنظيف الكيميائي باستخدام الكحول الإيثيلي تركيز 99.9% للتخلص من البقع والاتساخات الملتصقة بشدة بسطح طبقة التزجيج.

2. 6. علاج الشروخ والكسور:

استخدمت مادة البريمال AC33 لعلاج مشكلة الشروخ والكسور الموجودة ببعض البلاطات.

2. 7. علاج ظاهرة الانفصال الجزئى (التطبيل) :

تم علاج مشـكلة التطبيل من خلال عملية الحقن بمونة تتكون من مادة الليدان (Ledan D1) مع إضـافة نسـبة 3% من مادة Styrene-butadiene rubber (SBR) والماء.

2. 8. تثبيت ولصق البلاطات الخزفية المنفصلة تماماً وملء الفواصل واستكمال المفقود:

استخدمت لهذه الحالات مونة الجير الهيدروليكي الطبيعي (NHL 3.5) مع الرمل الناعم بنسبة (1:2) وأضيف إليها مادة styrene butadiene rubber (SBR) بنسبة 3%.

2. 8. تقوية وعزل البلاطات الخزفية:

تمت عملية التقوية والعزل باستخدام مادة PF4 وهي من المواد النانومترية المركبة Nanocomposites وتم تطبيقها باستخدام الفرشاة.

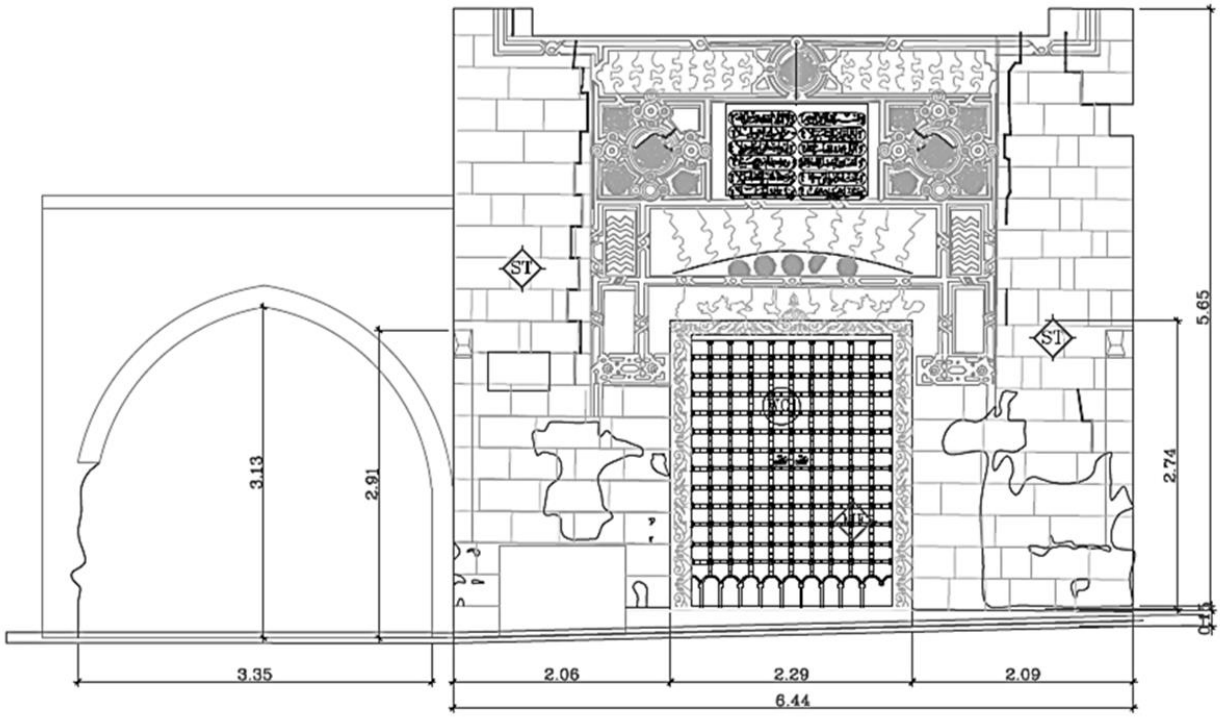
3. النتائج والمناقشة Results and discussion

3. 1. التوثيق :

أصبح برنامج AutoCAD من الأدوات المهمة في التسجيل والحفظ الرقمي للآثار وإدارة البيانات Data Management وسهولة الحصول عليها؛ حيث يستخدم في رسم الأثر وتسجيل الأبعاد عليه وكذلك توضيح مظاهر التلف. وأصبح منذ فترة وحتى الآن يستخدم في الدراسات المتعلقة بعلم الآثار وصيانتها والحفاظ عليها؛ حيث يساعد في إنشاء مجموعات بيانات التصميم والتي شكلت مكونًا مهمًا وفريدًا للعديد من المحفوظات الرقمية الأثرية[12].

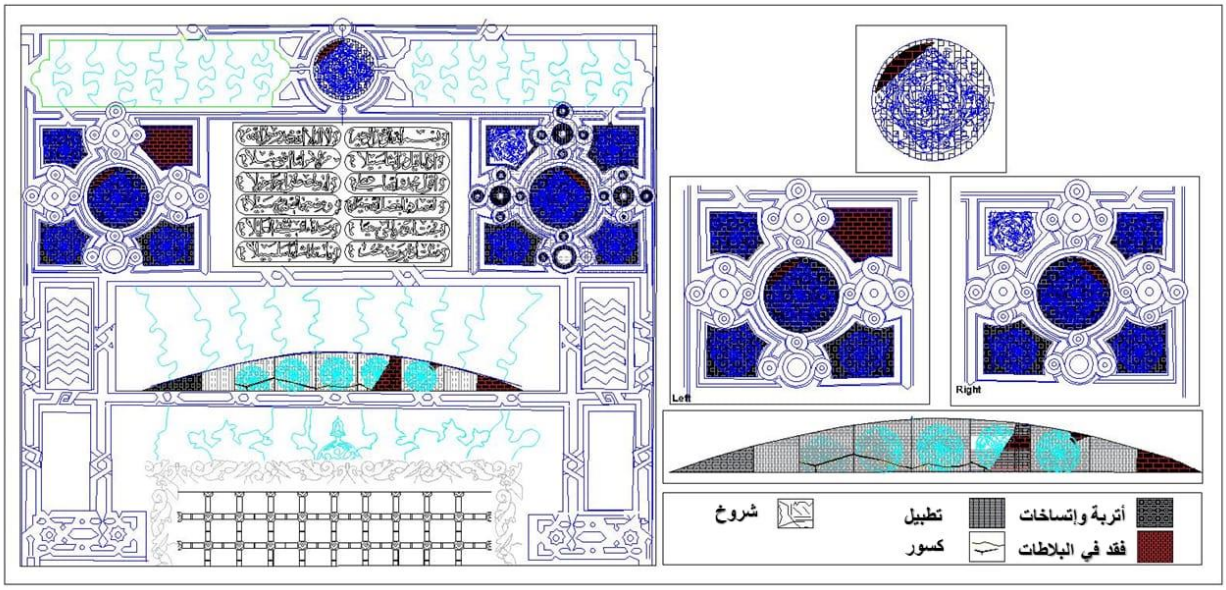
تم استخدام برنامج الأتوكاد في تسجيل وتوثيق أبعاد الواجهة الشمالية الشرقية للسبيل المطلة على شارع سوق السلاح؛ حيث تبلغ أبعادها (العرض 6.44م والارتفاع 5.65م) (شكل2)، في حين أن البلاطة الخزفية الكاملة ذات أبعاد 25سم x 25سم والسمك 1سم).

هذا بالإضافة إلى توثيق مظاهر التلف للبلاطات الخزفية موضوع الدراسة من خلال عمل خريطة وُقعت عليها الاتساخات والكسور والشروخ والانفصال والفقد لبعض البلاطات (شكل3).



شكل (2) التوثيق باستخدام برنامج الأتوكاد لواجهة السبيل المطلة على شارع سوق السلاح (الأبعاد: 6.44م للعرض، 5.65م لارتفاع الواجهة)

[12] Green ,K. , Niven, K. , Field, G. , Migrating 2 and 3D Datasets: Preserving AutoCAD at the Archaeology Data Service, ISPRS International Journal of Geo-Information ,2016, 5, 44, pp.1-13.



شكل (3) خريطة التلف للبلاطات الخزفية بواجهة سبيل مصطفى سنان

3. 2. التحليل باستخدام حيود الأشعة السينية (XRD)

تبين من خلال التحليل بواسطة حيود الأشعة لعينات المونة المستخدمة في تثبيت البلاطات الخزفية بالمجموعة الموجودة على يسار النص التأسيسي أنها تتكون من مركب الجبس Gypsum بنسبة 57.5%، والأنهيدريت Anhydrite بنسبة 19.2%، والكوارتز Quartz بنسبة 10.8%، والكالسيت Calcite بنسبة 10%، بالإضافة إلى وجود الهاليت Halite بنسبة 2.6% (شكل 4- أ).

أما العينة الثانية التي أُخذت من مونة الربط للبلاطات الموجودة أعلى النص التأسيسي فقد احتوت على نفس المركبات مع اختلاف يسير في نسب المركبات بالعينة، فنجد الجبس Gypsum بنسبة 65%، والكالسيت Calcite بنسبة 16.4%، والكوارتز Quartz بنسبة 13.1%، والأنهيدريت Anhydrite بنسبة 4.4%، والهاليت Halite بنسبة 1.2%(شكل4- ب).

هذه النتائج تتوافق أيضا مع نتيجة التحليل للعينات التي تم أخذها من مونة لصق البلاطات المفقودة على يمين النص التأسيسي ومنطقة النفيس ونشرت في الدراسة السابقة؛ حيث ظهرت أيضا هذه المركبات مع اختلاف النسب[13]. ويدل ذلك على أن المونة المستخدمة في تثبيت ولصق كل مجموعات البلاطات الخزفية بواجهة السبيل تتكون من الجبس والجير والرمل نظراً لتواجد مركبات الجبس والكالسيت والكوارتز. وهي إحدى أنواع المونات الشائعة في تثبيت البلاطات في هذه الفترة[14] . ووجود معدن الأنهيدريتAnhydrite كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ ناتج من حدوث تحول جزء من معدن الجبس إلى الأنهيدريت وهذا سبب تلف وتحلل وضعف المونة، هذا التغير والتحول في المونة

[13] Omar, Sh., characterization of the ottoman ceramic tiles in the façade of Mustafa Sinan's sapil (Cairo, Egypt), pp. 1-15.

[14] Abd-Elrahim, EL., Weshahy, I., The mortar damage and its harmful effects on the glazed ceramic tiles in Terbana mosque – Alexandria, Egypt, SHEDET, Annual peer-reviewed journal issued by the Faculty of Archaeology, Fayoum University, Issue no. 4, 2017, pp.155-166.

بسبب عوامل التلف الخارجية وخاصة ارتفاع درجات الحرارة ومعدلات الرطوبة والتذبذب بينهما[15]. وهذا هو السبب في ضعف المونة وفقدانها لخصائصها وعدم قدرتها على تثبيت البلاطات مما أدى إلى تساقط بعض البلاطات. كما أن وجود مركب الهاليت بنسبة قليلة في نتائج التحليل لعينات المونة دليل على وجود ملح كلوريد الصوديوم القابل للذوبان في الماء. وهذا الملح قد يكون ناتجاً من ارتفاع معدلات الرطوبة بشتى مصادرها وخاصة تحت السطحية وما تحتويه من أملاح، كما أن معظم مواد البناء تحتوي على نسبة من الأملاح وبخاصة القابلة للذوبان في الماء (مثل كلوريد الصوديوم) والتي يمكن أن تنتقل إلى المونة مما يؤدي إلى سرعة تلفها. فعندما تتراكم وتتبلور الأملاح خلف البلاطات الخزفية تعمل على دفع البلاطات وتساقطها[16].

3. 3. التحليل باستخدام تفلور الأشعة السينية (XRF)

إن التحليل الكيميائي باستخدام مطياف تفلور الاشعة السينية X-ray fluorescence spectrometer يعد من الطرق المهمة المستخدمة لدراسة التركيب الكيميائي للمونات والمواد الأثرية [17]، وذلك للحصول على تحليل كمي دقيق للعينة؛ حيث يتم الحصول على العناصر التي تتكون منها العينة ونسبتها الدقيقة[18]. وتبين من نتيجة تحليل المونة بواسطةXRF (جدول 1) أنها تحتوي على نسبة عالية من مجموعة SO_3 بلغت (48.97%) ونسبة من أكسيد الكالسيوم CaO وصلت (30.54%) مع نسبة قليلة من الرمل الناعم نتيجة لوجود ثاني أكسيد السيليكونSiO_2 بنسبة (8.02%) بالإضافة إلى وجود نسبة قليلة جدا من ملح كلوريد الصوديوم نتيجة لوجود أكسيد الصوديوم Na_2O بنسبة (1.87%) والكلورCl بنسبة (1.42%).

وبناء على ذلك فإن المونة المستخدمة في تثبيت البلاطات تتكون بشكل أساسي من الجبس، مضاف إليها نسبة قليلة من الجير والرمل الناعم، مع وجود تزهر ملحي من كلوريد الصوديوم. وهذا يؤكد نتائج التحليل باستخدام حيود الأشعة السينية (XRD).

جدول (1) يوضح النسب الوزنية للعناصر (Wt%) المكونة لعينة مونة لصق وتثبيت البلاطات الخزفية بواسطة (XRF)

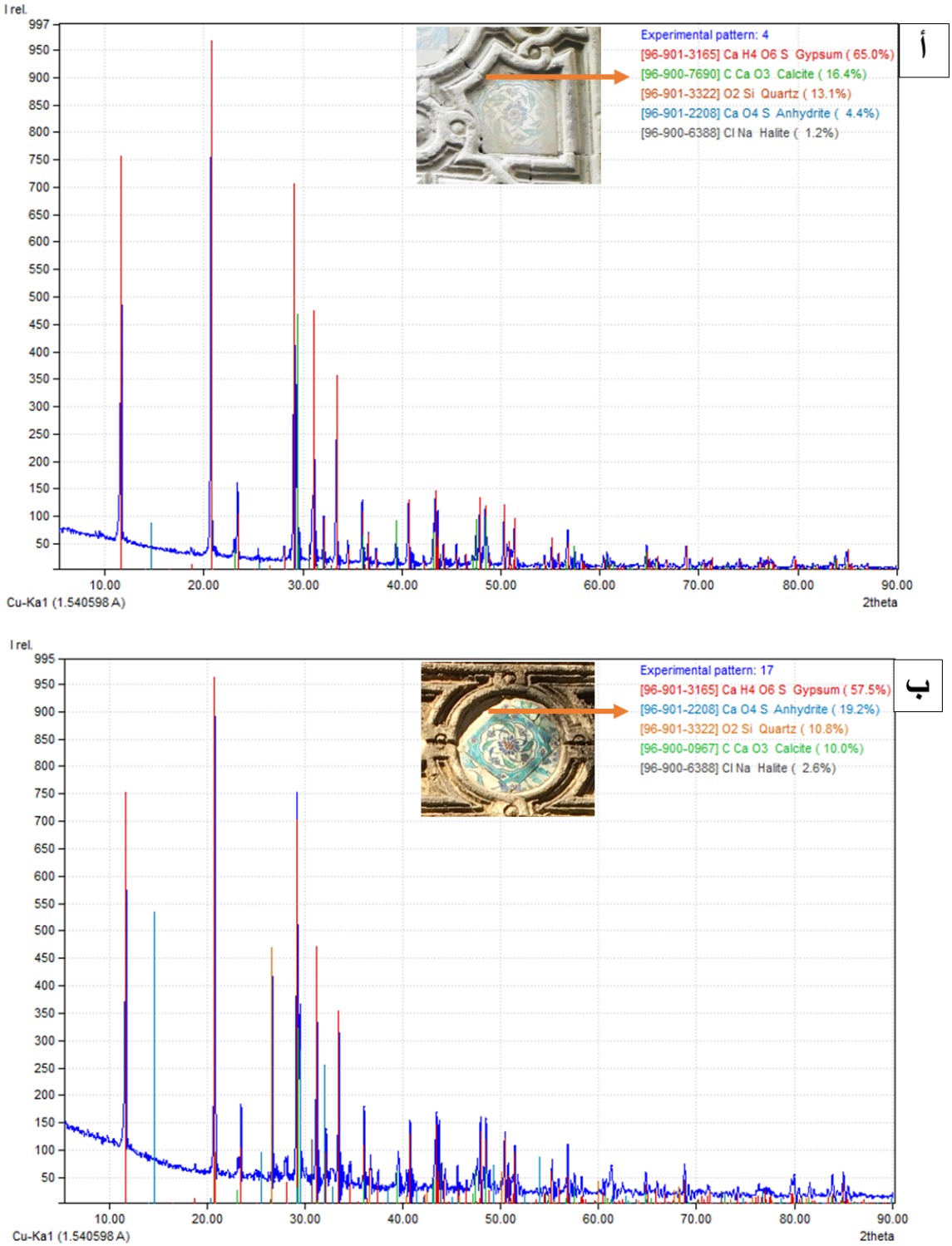
Main constituent	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_3	SO_3	Cl	LOI	PbO	SrO
(Wt%)	8.02	0.11	1.70	0.88	0.12	30.54	1.87	0.43	0.05	48.97	1.42	5.55	0.013	0.326

[15] Kamel, A. M.A.., Dehydration of Gypsum Component of Plasters and Stuccos in Some Egyptian Archaeological Buildings and Evaluation of K_2So_4 Activator as A Consolidant, SCIENTIFIC CULTURE, Vol. 5, No. 2, 2019, pp.49-59.

[16] Omar, Sh., characterization of the ottoman ceramic tiles in the façade of Mustafa Sinan's sapil (Cairo, Egypt), pp. 1-15.

[17] Spoto, S.E., Paladini, G., Caridi, F., Crupi, V., D'Amico, S., Majolino, D., and Venuti, V., Multi-Technique Diagnostic Analysis of Plasters and Mortars from the Church of the Annunciation (Tortorici, Sicily), Materials 2022,15,958, p.1-2.

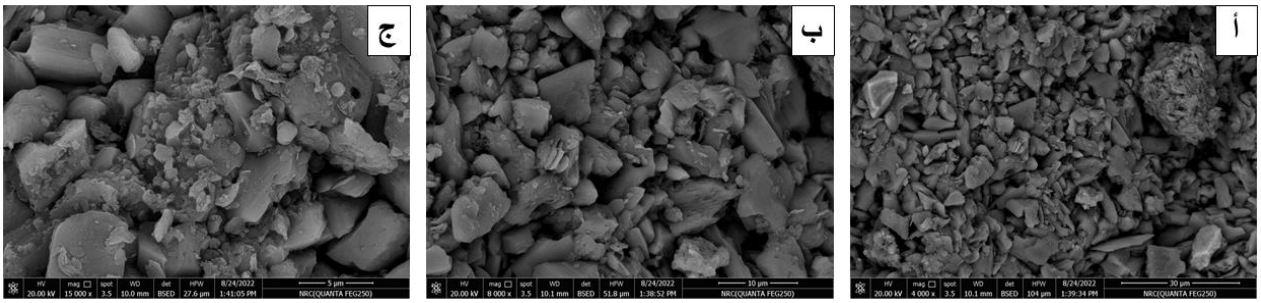
[18] عبدالعال، شريف عمر محمد، دراسة تقنية وعلاج وصيانة تماثيل الاوشابتي المصنوعة من القاشاني (الفاينس) المحفوظة بالمخازن وإعدادها للعرض المتحفي تطبيقاً على بعض النماذج المختارة، رسالة ماجستير، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2013، ص 120.



شكل رقم (4) يوضح نتائج التحليل بواسطة حيود الأشعة السينية (XRD) لعينات المونة (أ) عينة مونة تثبيت البلاطة أعلى النص التأسيسي، (ب) عينة مونة تثبيت البلاطات على يسار النص، ووجود مركبات الجبس، الأنهيدريت، الكالسيت، الكوارتز، الهاليت.

3. 4. الفحص باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح SEM:

تبين من خلال نتائج الفحص لمونة تثبيت البلاطات الخزفية لمنطقة النفيس باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) شكل البلورات الجبسية وهي المكون الأساسي لمونة الربط، مع عدم انتظام شكل بلوراتها وتآكل حوافها واستدارتها، وهذا المظهر الميكروسكوبي يميز بلورات الجبس المتقادمة والتي تعرضت للتلف. ومما يميز بلورات الجبس هنا - كونها بلورات أثرية - كبر حجمها وظهورها في شكل متكتل (شكل5) وذلك عند مقارنتها بمونة الجبس الحديثة، التي تظهر بلورات الجبس فيها في صورة شكل إبري طولي. على الرغم مما أصاب بلورات الجبس المكونة لمونة التثبيت من تلف والذي ربما ساعد عليه أيضا التحول الجزئي لطور الجبس الرابط إلى طور الأنهيدريت؛ إلا أننا نلاحظ أن التركيب الداخلي الدقيق للبلورات يظهر عليه بشكل عام الكثافة، وربما يكون قد ساعد على ذلك تداخل النموات البلورية المختلفة لمكونات المونة المعدنية من جبس وكالسيت وكوارتز[19].



شكل (5) يوضح نتائج فحص عينة مونة تثبيت بلاطات منطقة النفيس بواسطة الميكروسكوب الالكتروني الماسح (أ) قوة تكبير4000X، (ب) قوة تكبير8000X، (ج) قوة تكبير15000X

3. 5. التنظيف

الهدف الرئيسي لجميع أعمال الترميم والصيانة هو زيادة الثبات الكيميائيchemical stability للقطع المعالجة. وعملية التنظيف جزء مهم من عملية الثبات والاستقرار والحماية للأثر؛ حيث إن الاتساخات يمكن أن تكون مصدرًا قويًا للتدهور والتلف من خلال تفاعلها مع سطح الأثر[20]. لذلك فإن عملية التنظيف للخزف تعد من العمليات المهمة للغاية، وتتمثل في إزالة المواد الغريبة عن الأصل. وتهدف هذه العملية إلى إزالة هذه المواد الغريبة والمشوهة التي تغطي السطح وتحجب الألوان والزخارف. وبصفةً عامة، يجب توخي الحذر أثناء عملية التنظيف وإزالة هذه العوالق حتى لا يحدث ضرر لسطح الخزف [21]، وبخاصة في حالة هذه البلاطات موضوع الدراسة نظراً لضعف وتلف طبقة التزجيج؛ حيث يمكن أن يحدث لها تقشر وخدوش. هذا، ويعد التنظيف الميكانيكيMechanical cleaning أول العمليات التي يتم البدء بها ويمكن التحكم فيها بسهولة - مقارنة بالتنظيف الكيميائي - لإزالة الأتربة والعوالق ضعيفة الالتصاق بالسطح الأثري، باستخدام أدوات التنظيف الميكانيكي، والتي تختلف طبقاً لحالة سطح الأثر ونوع الاتساخ

[19] Middendorf, B., Physico-mechanical and microstructural characteristics of historic and restoration mortars based on gypsum: current knowledge and perspective, Geological Society London Special Publications· January 2002,P.167.

[20] Abd-Allah, R., Chemical cleaning of soiled deposits and encrustations on archaeological glass: A diagnostic and practical study, Journal of Cultural Heritage 14 ,2013, pp. 97–108.

[21] محمد، فاطمة صلاح مدكور، *الخزف وتكنولوجيا صناعته وترميمه*، مكتبة زهراء الشرق، ط 1، القاهرة، 2020، ص105-106.

[22]، واستخدم لهذا الغرض، الفرش الناعمة، تلاها استخدام فرش أكثر خشونة (فرش الأسنان) في بعض المناطق والتي كانت الاتساخات فيها ملتصقة بشدة بسطح البلاطات، تلي ذلك استخدام فرر خشبية[23] لإزالة بعض التكلسات والتي صعب إزالتها بالفرش المختلفة. كما تم عمل تطرية موضعية لهذه التكلسات عن طريق قطن مبلل بمحلول من الماء المقطر والكحول الإيثيلي بنسبة 1: 1. ثم إزالتها بالفرر الخشبية. تلي ذلك التنظيف باستخدام المحاليل الكيمائية أو استخدام الكمادات المحتوية على بعض المواد المنظفة لإزالة ما تبقى من رواسب واتساخات؛ حيث تعمل هذه المواد على إضعاف وتفكك الروابط التي يتكون منها الاتساخ وبالتالي يسهل إزالتها [24]. وقد تم استخدام الكحول الإيثيلي تركيز 99.9% في أعمال التنظيف الكيميائي؛ حيث أعطى نتائج جيدة في إزالة البقع شديدة الالتصاق وتنظيف سطح البلاطات الخزفية بشكل تام (شكل6).

[22] Abd-Allah, R., Al-Muheisen, Z., and Al-Howadi, S., Cleaning strategies of pottery objects excavated from Khirbet Edh-Dharih and Hayyan Al-Mushref, Jordan: four case studies, Mediterranean Archaeology and Archaeometry, Vol. 10, 2010, pp. 97-110.

[23] Abdel-Rahim, N., study and reconstruction of archaeological ceramic dish (CUERDA SECA) from Mumlok period (13th To 15th Century), Al FUSTAT, EGYPT, American International Journal of Contemporary Scientific Research, Vol. 3 No. 13, 2016, pp.1-13.

[24] Casaletto, M., Ingo, G., Riccucci, C., De Carro, T., Bultrini, G., Fragala, I., Leoni M., Chemical cleaning of encrustations on archaeological ceramic artefacts found in different Italian sites, Applied Physics A 92 ,2008, pp. 35-42.

شكل (6) يوضح عمليات التنظيف الميكانيكي والكيميائي للبلاطات الخزفية، (أ، ب) استخدام الفرش الناعمة، (ب) استخدام فرشاة الأسنان، (د، هـ) استخدام الفرر الخشبية في إزالة التكتلات شديدة الالتصاق والاستخدام بشكل موازي للسطح، (و) التنظيف الكيميائي باستخدام القطن المبلل بالكحول الإيثيلي، (ز) توضح بلاطات منطقة النفيس قبل وبعد عمليات التنظيف.

3. 6. علاج الشروخ والكسور

تعد عملية التجميع للآثار الخزفية من أكثر العمليات التي تحتاج إليها تلك النوعية من الآثار، نظراً لطبيعة المادة؛ حيث إنها سهلة الكسر والتهشم، وكثيراً ما نلاحظ وجود هذه الظاهرة في غالبية البلاطات الخزفية التي تكسو الجدران سواء من الداخل أو الخارج.

ولعل من بعض أسباب التشرخ والتكسر للبلاطات الخزفية هو سوء وضعف الصناعة، وتلف وضعف مونة التثبيت واللصق، وعيوب في عملية تركيب البلاطات، أو ربما نتيجة للأملاح وتبلورها، أو حدوث تحركات واهتزازات في المبنى نفسه، الذي يحمل تلك البلاطات[25]. ويجب التدخل لمعالجة هذه الشروخ والكسور، للحفاظ على كل أجزاء البلاطة وعدم فقدان أي قطعة منها.

توجد الكثير من المواد اللاصقة adhesive materials التي تستخدم في عملية التجميع. وتم علاج الشروخ والكسور في هذه الدراسة باستخدام مادة البريمال AC33 (Primal AC33) وهو يعد من أكثر بوليمرات الأكريليك Acrylic polymers استخداماً (وهو عبارة عن بوليمر مشترك من إيثيل أكريلات ethyl acrylate وميثيل ميثاكريلاتmethyl methacrylate) [26] ؛ حيث يستخدم بشكل كبير في مجال ترميم المواد الأثرية المختلفة.

[25] Mahaboonpachai, T., Kuromiya, Y., and Matsumoto, T., Experimental investigation of adhesion failure of the interface between concrete and polymer-cement mortar in an external wall tile structure under a thermal load. Construction and Building Materials, Vol. 22, Issue 9, 2008, pp. 2001–2006.

[26] Cocca, M., D'Arienzo, L., D'Orazio, L., Gentile, G., Martuscelli, E., polyacrylates for conservation: chemico-physical properties and durability of different commercial products, polymer Testing 23 ,2004, pp. 333–342.

ويتميز بخصـائص فيزيائية وميكانيكية عالية، كما يتم اسـتخدامه بكثرة في تجميع وتقوية الآثار الخزفية[27]، وهو مقاوم جيد للظروف الجوية ومستقر كيميائياً ويمكن تخفيفه بالماء أو الكحول.

وتم اختيار البريمالAC33 لإمكانية وسـهولة اسـترجاعه؛ حيث أجريت المعالجة والبلاطات في مكانها بالواجهة من خلال التطبيق المباشر بحقن الشروخ والكسور بواسطة سرنجة كبيرة الحجم (شكل7) بها مادة البريمال AC33، لكي يسهل مستقبلاً إعادة التدخل بالترميم وذلك بعمليات نزع هذه البلاطات وإعادة تجميعها أو تثبيتها مرة أخرى.

شكل (7) يوضح علاج الكسور والشروخ للبلاطات من خلال عملية الحقن بمادة البريمال AC33

3. 7. علاج ظاهرة الانفصال الجزئى (التطبيل) للبلاطات الخزفية

تم التعرف على هذه الظاهرة من خلال الطرق الخفيف بالأيدي على سـطح البلاطة فيحدث صـوتاً مميزاً يعرف باسم (التطبيل). وهذا يدل على وجود انفصـال جزئي للبلاطة عن المونة الرابطة بالجدران ووجود فراغ خلف البلاطة، نتيجة ضـعف وتلف وتحلل مونة التثبيت. ويتم علاج هذه الظاهرة في كثير من الأحيان عن طريق عملية الحقن بالمونة grouting من خلال إدخال مادة سـائلة متكتلة bulked fluid material يتم حقنها خلف التكسـيات الزخرفية كالجص، والجداريات والفسيفساء وغيرها لملء الشروخ والفراغات وإعادة إنشاء أو تحسين قوى الالتصاق والترابط بين الطبقات المنفصلة. وهي طريقة مهمة لتثبيت الأسطح في الموقع، ذلك لأن الحفظ في الموقع من العمليات والممارسات المهمة الراسخة لعدم فصل ونقل التكسيات الزخرفية المعمارية، والمحافظة عليها بموقعها[28].

والمونة المستخدمة في عملية الحقن لعلاج ظاهرة التطبيل للبلاطات الخزفية بواجهة سبيل مصطفى سنان، يمكن توضيح مكوناتها ونسبها وبعض خصائصها في الجدول (رقم 2):

جدول (2) يوضح مكونات وخصائص مونة الحقن المستخدمة في علاج ظاهرة التطبيل للبلاطات الخزفية

[27] Mohamed, H.M., Mohamed, W.S, Evaluating nano Primal AC33 for protection and consolidation processes of archaeological pottery: a comparison study with silica and montmorillonite nanoparticles, Pigment & Resin Technology, 2023.

[28] BIÇER-ŞIMŞIR, B., GRIFFINو I., PALAZZO-BERTHOLON, B., and RAINER, L., Lime-based injection grouts for the conservation of architectural surfaces. Reviews in Conservation 10, 2009, pp.3–17.

م	المادة	تركيبها	الاستخدام- الخصائص
1	**Ledan D1**	عبارة عن مونة تتكون من مركب الجير الطبيعي مع مواد هيدروليكية خاصة مستقرة كيميائياً natural lime compound, special hydraulic binders chemically بالإضافة إلى الركام aggregates والبوزولانا فائقة التهوية super ventilated.	تستخدم هذه المادة في عمليات الحقن للمونات التي أساسها الجير والجبس حيث لها قوة ربط عالية لهذه المونات حتى في ظروف الرطوبة ودرجات الحرارة العالية[29].
2	**Styrene Butadiene rubber (SBR)**	هو عبارة عن مستحلب مطاطي يتكون من بوليمر يحتوي على البوتادين butadiene والستايرين styrene والماء.	هذه المادة هي بديل للأسمنت ويمكن خلطها ودمجها بنجاح مع مواد مختلفة لتحسين خصائصها وإعطاء قوة ميكانيكية ومتانة لها[30]. وتزيد من قوة الانضغاط للمونات[31]، كما تزيد من قوة اللصق للملاط[32] . كما تستخدم لإكساب مونة الجير قدراً عاليا من اللدونة[33].
النسب المستخدمة*		**1 كجم من مادة الليدان: 0.8 لتر ماء مقطر: 3 %من مادة SBR.**	

3. 7. 1. أسلوب التطبيق وعملية الحقن

يمكن توضيح خطوات التطبيق وعمل الثقوب وعملية حقن المونة بعد تجهيزها من خلال النقاط التالية:

- تم تنظيف وإزالة المونة التالفة القديمة المستخدمة في ملء الفواصل بين البلاطات لتسهيل عمل ثقوب يتم الحقن من خلالها (تستخدم هذه الفواصل في عملية الحقن)

[29] https://www.tecnoediletoscana.com/de/d1, (12-5-2023).

[30] Khan, A. N., Bheel, N., Ahmed, M., Abbasi, R. A, and Sohu, S., Use of styrene butadiene rubber (SBR) polymer in cement concrete. Indian Journal of Science and Technology 13(05), 2020, pp.606-616.

[31] Idrees, M. , Saeed, F., Amin, A., Hussain, T., Improvement in Compressive Strength of Styrene-Butadiene-Rubber (SBR) Modified Mortars by Using Powder Form and Nanoparticles, Journal of Building Engineering, Vol. 44, 2021, P.102651.

* **ملحوظة:** يتم اتباع تعليمات الشركة المصنعة لهذه المواد من حيث نسب الخلط وطريقة الاستخدام.

[32] Yao. Sh., Ge, Y., Effect of Styrene Butadiene Rubber Latex on Mortar and Concrete Properties, Advanced Engineering Forum, Vol. 5 ,2012, pp.283-288.

[33] كامل، عبدالله محمود أحمد، دراسة ميكانيكية تلف المحاريب الجصية الأثرية بالمنشآت الدينية الإسلامية وطرق علاجها- تطبيقاً على أحد المحاريب الجصية المختارة بمدينة القاهرة، ص69.

- تم عمل ثقوب صـــغيرة جداً (بزاوية ميل 45 درجة) في الفواصـــل الموجودة حول البلاطات بمثقاب معدني وبمساعدة بعض الفرر والأدوات المعدنية وذلك بحرص وحذر شديد جداً حتى لا يحدث تلف لحواف البلاطات.
- تلي ذلك تنظيف الثقوب بالنفخ بواسطة مضخة الهواء" Pump ".
- تم عمل محلول مائي من الكحول الإيثيلي والماء المقطر بنسـبة 1:1 وحقنها داخل الثقوب بواسـطة سـرنجة طبية كبيرة الحجم. وذلك بهدف تنظيف الثقوب والفراغات الموجودة خلف البلاطات الخزفية من الأتربة والعوالق وكذلك تطرية مونة الربط القديمة[34].
- بعد ذلك تم تجهيز وخلط مونة من مادة الـــ "Ledan D1 "مع إضافة الماء المقطر وإضافة مادة الـــ "SBR" بالنسب المشار إليها سابقاً.
- تلى ذلك حقن المونة بواســطة مضــخة بلاســتيكية وســرنجة كبيرة الحجم داخل الثقوب والفتحات حتى امتلأت الفراغات الموجودة خلف كل بلاطة. وتم الاســتدلال على ذلك بخروج مونة الحقن من ثقب آخر موجود حول البلاطة.
- عند اسـتخدام السـرنجة لإتمام عملية الحقن تم تمرير طرفها خلال إسـفنجة أو قطنة، تم إمسـاكها بشـكل خفيف وضغطها على سطح البلاطة. وبعد ذلك تم مراقبة عملية الحقن، وعند بلل الإسفنجة أو القطنة فإن ذلك يعد مؤشراً لانتهاء الحقن بملء الفراغ خلف البلاطة بمادة الحقن، ووجب إيقاف عملية الحقن، ثم تنظيف الســطح. وبطبيعة الحال فإن عملية الحقن للبلاطات لابد أن تتم من أسفل لأعلى لضمان كفاءة عملية الحقن (شكل رقم 8)
- بعد الانتهاء من عملية الحقن تم تنظيف أســطح البلاطات من بقايا مونة الحقن باســتخدام القطن المبلل بالكحول الإيثيلي تركيز 99.9%.
- تركت البلاطات المعالجة لمدة 24 ساعة لتجف المونة تماماً وبعدها تم اختبار العينة بواسطة الطرق على سطح البلاطة للتأكد التام من عدم وجود تطبيل[35].

[34] كامل، عبدالله محمود أحمد، دراسـة ميكانيكية تلف المحاريب الجصـية الأثرية بالمنشـآت الدينية الإسـلامية وطرق علاجها- تطبيقاً على أحد المحاريب الجصية المختارة بمدينة القاهرة، ص 136.

[35] مصـطفى، صـالح لمعي، مشـروع توثيق وترميم تكسـيات جدار القبلة بالمسـجد النبوي الشـريف، المدينة المنورة – المملكة العربية السعودية، مطبوعات مركز إحياء تراث العمارة الإسلامية، كتاب غير منشور، 1443هـ - 2022، ص 394-395.

شكل (8) يوضح عملية الحقن للبلاطات الخزفية لعلاج ظاهرة التطبيل، (أ، ب) عمل الفتحات والثقوب في الفواصل بين البلاطات، (ج، د) الحقن بمحلول من الكحول الإيثيلي والماء بنسبة 1:1 لتنظيف وتطرية المونة خلف البلاطات، (هـ، و) حقن المادة باستخدام المضخة البلاستيكية، (ز) استخدام سرنجة كبيرة الحجم في عملية الحقن، (ح) توضح التأكد من إتمام الحقن بخروج المادة من إحدى الفتحات، (ط) توضح مجموعة البلاطات على يسار النص التأسيسي بعد الانتهاء من عملية الحقن.

3. 8. تثبيت ولصق البلاطات الخزفية المنفصلة تماماً وملء الفواصل واستكمال المفقود

بعد إزالة المونة القديمة والتالفة المستخدمة في ملء الفواصل بين البلاطات، وتنظيف المونة القديمة الملتصقة بخلفية إحدى البلاطات الخزفية المنفصلة تماماً بمنطقة النفيس وكذلك بقايا المونة القديمة الموجودة بالجدران[36]، تم تحضير مونة حديثة تتوافر فيها قوة لصق جيدة للحصول على قوة ربط مناسبة. كذلك فإن التركيب المعدني والكيميائي للمونة المستخدمة لابد وأن يتوافق مع المونة القديمة المستخدمة وكذلك مكونات البلاطة وأيضاً سطح الجدران، من أجل احترام واتباع المبادئ الأخلاقية للصيانة، وتجنب التدهور المبكر للبلاطات الخزفية مستقبلاً. والجدير بالذكر أن

[36] مدكور، فاطمة صلاح.، خلاف، محمد كمال.، دراسة تلف وتقنيات الترميم والصيانة لجدران الجامع الأزرق المكسوة بالخزف القرن 11هـ/ 17 م بالقاهرة، ص849-866.

المونات المكونة من الجير والجبس، قد استخدمت منذ العصور القديمة وتحديدًا في الفترة ما بين القرن السادس عشر الميلادي ومنتصف القرن العشرين في أعمال التشييد والبناء (كالملاط ومواد لاصقة للبلاطات)[37] . وطبقاً لنتائج التحليل المختلفة للمونة المستخدمة في تثبيت هذه البلاطات وجد أنها تتكون من الجبس والجير ونسبة ضئيلة من الرمل. وتتلف هذه التكسيات نظراً لوجود معدلات عالية من الرطوبة بشتى مصادرها بمبنى السبيل والنابعة من المحيط البيئي، إلى جانب الغرض الوظيفي للسبيل بشكل أساسي، الأمر الذي أدى إلى تلف وتدهور وتحلل المونة القديمة وفقدانها لخصائصها مما ترتب عليه فقدان بعض هذه البلاطات[38]. إن الهدف من تثبيت البلاطات المنفصلة هو المحافظة عليها ومنعها من الفقد والضياع، كما أن الهدف من استبدال مونة ملء الفواصل التالفة هو منع تسرب السوائل التي يمكن أن تتغلغل خلف البلاطات وتعمل على تفكك المادة الرابطة المثبتة للبلاطات. كما أن انتظام واكتمال الفواصل Grouts بين البلاطات يزيد من جمال التكسيات الخزفية[39]. ومن المونات الحديثة التي تم استخدامها مونة الجير الهيدروليكي الطبيعي Natural hydraulic lime (NHL) ؛ حيث اكتسبت في السنوات الأخيرة اهتماماً متزايدًا من الباحثين، ليس فقط كمواد ترميم للآثار والمباني التاريخية، ولكن أيضا كمواد صديقة للبيئة فيما يتعلق بمواد الربط الحديثة كالأسمنت؛ حيث يتم أثناء عملية التصلب استهلاك جزء من ثاني أكسيد الكربون المنبعث من خلال تكليس calcinations الحجر الجيري أثناء عملية الكربنة، وبالتالي تقليل التأثير البيئي الهدام المرتبط بالغازات المسببة للاحتباس الحراري. وهذه المونة يتم تصلبها بالماء بدلاً من الهواء ومن هنا جاء مصطلح "هيدروليكي". لذلك فإن من مميزات استخدام ملاط الجير المائي الطبيعي هو أنه يتصلب في الظروف الرطبة وتحت الماء. ويعد هذا ميزة كبيرة في حالة وجود ظروف رطبة، كما أنها تتفوق على المونات الجيرية الهوائية aerial lime mortars الأكثر استخداما، وهي متوافقة من حيث الخصائص الكيميائية والفيزيائية chemical and physical characteristics مع المواد المستخدمة قديماً في أعمال البناء للمباني الأثرية والتاريخية. كما توفر ضمان مستوى متوافق وكافٍ من القوة الميكانيكية mechanical strength ، علاوة على ذلك فإن المستوى المناسب من القوة الميكانيكية يمكن أن يسمح أيضًا باستخدام هذه المادة الصديقة للبيئة في المباني الحديثة أيضا[40]. يتم تصنيع مواد ربط الجير الهيدروليكي من تكليس الحجر الجيري المسحوق المحتوي على الطين (حجر جيري طيني) عند حرقه في درجات حرارة تتراوح بين 900 :1050 درجة مئوية؛ حيث يتم طرد ثاني أكسيد الكربون. ثم تشكل السيليكا والألومينا من الطين مراحل سيليكات وألومينات تفاعلية. وهي تستخدم بشكل عام في علاج المونات التالفة وبديل مناسب عن المونات الأسمنتية الضارة على المباني الأثرية والتاريخية[41].

---

[37] Russo, A., Veiga. M. R., Fátima Vaz, M., and Carvalho, A. P., Effect of the Conservation Treatment of Historical Ceramic Tiles on the Tensile Adhesion Strength, International Journal of Architectural Heritage, 5:2,2011 , pp. 241-250.

[38] Omar, Sh., characterization of the ottoman ceramic tiles in the façade of Mustafa Sinan’s sapil (Cairo, Egypt), pp. 1-15.

[39] العدوي، الشيماء عبدالرحيم عبدالرحمن حسين، دراسة تحليلية مقارنة في تحديد أسباب ومظاهر تلف المكونات المختلفة للإكساءات الخزفية في القباب والجدران الأثرية، وتطبيقات العلاج والصيانة في بعض المنشآت الأثرية الإسلامية بالقاهرة، ص 265.

[40] Apostolopoulou, M., Armaghani. D. J., Bakolas, A., Douvika, M. G., Moropoulou, A., and Asteris, P. G., Compressive strength of natural hydraulic lime mortars using soft computing techniques, Procedia Structural Integrity 17 ,2019, pp. 914–923.

[41] Cristiano, F., Mike. L., and Richard J, B., Chemical and physical characterization of three NHL 2 binders and the relationship with the mortar properties, Euro-American Congress REHABEND, 2016, pp. 1-8.

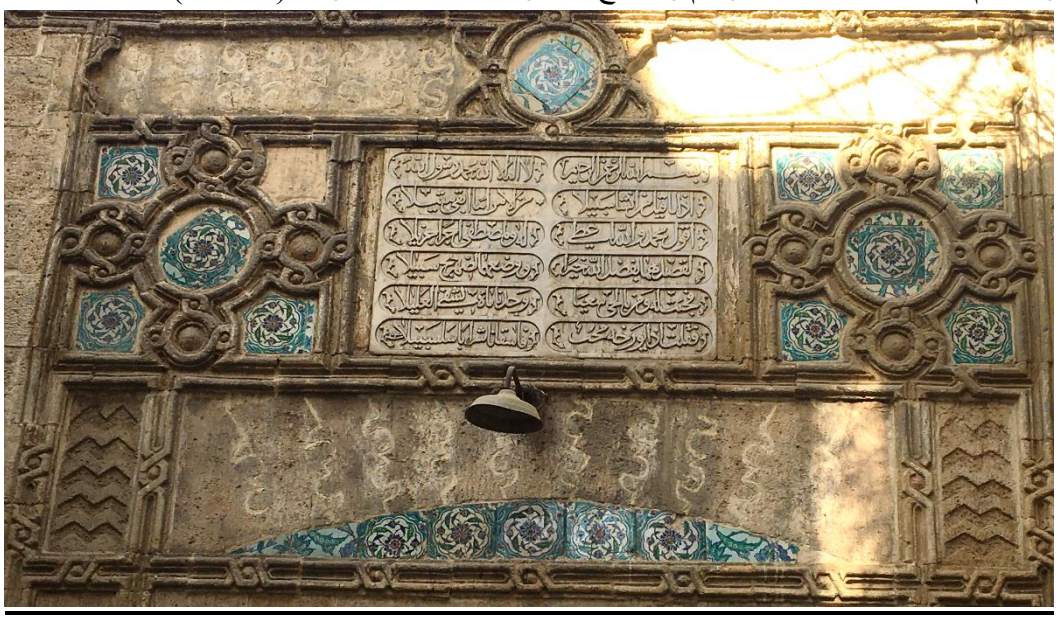
تم استخدام مونة الجير الهيدروليكي الطبيعي (NHL 3.5) فرنسي الصنع بنسبة (1) جزء جير مائي: (2) جزء رمل نظيف، أضيف إليها مادة (styrene butadiene rubber (SBRبنسبة 3 % إلى ماء الخلط، لتحسين خصائص المونة وإعطائها قوة الربط المناسبة[42]. وتم التطبيق باستخدام الفرر المعدنية في تثبيت البلاطة المفصولة وكذلك في ملء الفواصل بين البلاطات. كما تم استخدامها أيضاً في استكمال المفقود من البلاطات بالواجهة وتطبيقها بمستوى أقل من مستوى سطح البلاطات، وذلك طبقاً لتعليمات الجهة المالكة المتمثلة في وزارة الآثار؛ حيث قررت عدم تصنيع بلاطات حديثة في الوقت الحاضر وتركيبها مكان المفقودة أو استكمالات لونية للأجزاء الصغيرة المفقودة من إحدى البلاطات، والاستعاضة عن ذلك بالمونة التي تم الإشارة إليها بالمستوى المطلوب (شكل رقم9).

شكل (9) يوضح إعادة تثبيت إحدى البلاطات الخزفية المنفصلة تماماً واستكمال المفقود وملء الفواصل، (أ، ب) إحدى البلاطات المفصولة بمنطقة النفيس، (ج) تنظيف المونة القديمة من الجدران وظهر البلاطة وترطيب الجدران (د) وضع مونة على ظهر البلاطة، (هـ) الضغط على البلاطة لتثبيتها، (و) ترطيب الجزء المفقود من احدى البلاطات بعد تنظيفها، (ز) استخدام فرر معدنية في عملية الاستكمال المفقود بالمونة، (ح) الجزء المفقود بعد الاستكمال (ط، ي، ك) استكمال جزء من بلاطة بمنطقة النفيس، (ل) ملء الفواصل لإحدى البلاطات.

[42] مصطفى، صالح لمعي، مشروع توثيق وترميم تكسيات جدار القبلة بالمسجد النبوي الشريف، المدينة المنورة – المملكة العربية السعودية، 2022، ص 407.

3. 9. تقوية وعزل البلاطات الخزفية

عملية التقوية والعزل للبلاطات الخزفية وبخاصـــة الموجودة خارج المباني من الإجراءات المهمة التي يتم تنفيذها من أجل حماية هذه البلاطات وتجنب التلف المستقبلي، وتقوية طبقة التزجيج والتي غالباً ما تكون ضعيفة، كما تقوم عملية العزل بتوفير طبقة حماية لهذه البلاطات من الظروف البيئية المحيطة وبخاصة الرطوبة النسبية والملوثات الجوية العالية وتأثيراتها السلبية. ولا شك أن تقنية النانو قد بلغت ذروتها في الوقت الحاضر في كل المجالات، وهذه التقنية الواعدة تبشر بقفزة هائلة في كل أفرع العلم المختلفة والتي من خلالها أصبح التطور التكنولوجي يتم بسرعة فائقة، وأصبحت في الوقت الحاضر تستخدم في عملية الحفظ والصيانة لمواد الآثار. ومن بين المتراكبات النانوية Nanocomposites الواعدة، متراكب بي إف 4(PF4) حيث يتركب من جزيئات ثاني أكسيد التيتانيوم النانوية Titanium dioxide nanoparticles المشتتة في بوليمر ألكيل الكوكسي سيلان alkyl alkoxy silane ، ويعد من المتراكبات النانوية متعددة الوظائف Multi-function[43]. ومن خلال الدراسات التجريبية التي تمت على هذا المتراكب بعد تطبيقه على مواد مزججة، ثبت أن له عدة مميزات في تقوية وحماية طبقة التزجيج، حيث حسن بشكل كبير من قوة الانضغاط للعينات المعالجة، كما أنه من المتراكبات فائقة الطرد للماء ultra-hydrophobic[44]، وله مقاومة عالية للأشعة فوق البنفسجية والكائنات الحية الدقيقة. وبالتعبية تم تطبيقه باستخدام الفرشاة في تقوية وعزل البلاطات الخزفية التي تزين واجهة سبيل مصطفى سنان لحمايتها والمحافظة عليها من عوامل التدهور المختلفة. وبهذه المرحلة تم الانتهاء من أعمال الترميم والعلاج لمجموعة البلاطات الخزفية (شكل 10).



شكل رقم (10) يوضح مجموعة البلاطات الخزفية بواجهة سبيل مصطفى سنان بعد الانتهاء من اعمال الترميم والصيانة

[43] عبدالعال، شريف عمر محمد، تتبع ظاهرة التغير اللوني في الفاينس المصري القديم- دراسة تجريبية لعملية التلف وطرق الصيانة والحماية المختلفة تطبيقاً على نماذج مختارة، رسالة دكتوراه، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2018م ص219، 222، 223.

[44] Ibrahim, M. M., Mohamed, S. O., Hefni,Y. K. and Ahmed, A. I., ,Nanomaterials for Consolidation and Protection of Egyptian Faience form Matteria, Egypt, Journal of Nano Research, vol.56, 2019, pp. 39-48.

4. الاستنتاجات Conclusions

من خلال دراسة وترميم وصيانة البلاطات الخزفية العثمانية التي تزين واجهة سبيل مصطفى سنان، تم الحصول على العديد من النتائج المهمة حول ترميم وصيانة التكسيات الخزفية؛ حيث تسببت الأتربة والاتساخات المختلفة في طمس وتشوه زخارفها، وفقدانها لوظيفتها الجمالية، بالإضافة إلى الشروخ والكسور. ونتيجة لتلف مونة الربط والتثبيت لهذه البلاطات بواجهة السبيل فقد حدث انفصال كلى لبعضها وتم فقدها تماماً، والبعض الآخر أصيب بظاهرة التطبيل، وهي انفصال البلاطة بشكل جزئي عن الجدار ووجود فراغ خلفها. هذه الظاهرة توجد في غالبية التكسيات الخزفية بالعمائر المختلفة سواء كانت البلاطات داخلية أو خارجية. كما تبين من خلال دراسة المونة بواسطة طرق الفحص والتحليل المختلفة أنها تتكون بشكل أساسي من مادة الجبس المضاف إليها نسبة من الجير والرمل الناعم. كما تبين أن تلف وضعف المونة حدث نتيجة لتحول جزء من معدن الجبس إلى الأنهيدريت مع وجود إصابة من ملح كلوريد الصوديوم بسبب تعرض مبنى السبيل لعوامل التدهور المختلفة والتي من أهمها ارتفاع معدلات الرطوبة ودرجات الحرارة والتذبذب ما بين الارتفاع والانخفاض، مع عدم التدخل لفترات طويلة بالترميم والصيانة المبنية على أسس علمية ومنهجية سليمة. اعتمدت عمليات الترميم والصيانة لهذه البلاطات على استخدام مواد حديثة ثبت نجاحها في حالات مشابهة، سواء كانت هذه الحالات داخل مصر أو خارجها، وتوافقها مع حالة ونوع البلاطات وكذلك مواد بناء السبيل. وقد استخدم برنامج AutoCAD في تسجيل وتوثيق حالة المبنى وما عليه من تكسيات زخرفية ومظاهر تلف. وتم التنظيف لأسطح البلاطات الخزفية بحرص شديد لعدم خدش أو تقشر طبقة التزجيج الضعيفة المتشرخة غالبا. وتم البدء بالتنظيف الميكانيكي ثم الكيميائي. وقد أعطى الكحول الإيثلي تركيز 99.9% نتائج جيدة في إزالة بقايا الاتساخات والبقع شديدة الالتصاق بالسطح. كما تبين أن أفضل طريقة لعلاج الشروخ والكسور للبلاطات وخاصة عند عدم نزعها (كما في هذه الحالة) هو الحقن بمادة لصق مناسبة، وقد أعطى البريمال AC33 نتائج جيدة في ذلك. ولعلاج مشكلة التطبيل فقد أعطى خليط من مادة الليدان LEDAN® D1 ومادة SBR قوة ربط جيدة للمونة من خلال عملية الحقن خلف البلاطات. وتم اتخاذ كافة التدابير والإجراءات والحرص الشديد عند إجراء عملية الحقن؛ حيث تتطلب هذه العملية مهارة وخبرة وخاصة عند عمل الثقوب والفتحات التي يتم من خلالها عملية حقن للمونة الحديثة. ولتثبيت البلاطات المنفصلة تماماً تم استخدام مونة حديثة من الجير المائي الطبيعيNHL3.5 المضاف إليها نسبة من الرمل مع مادة SBR. ونظراً لوجود العديد من الشروخ الدقيقة وضعف طبقة التزجيج للبلاطات وضمان الحماية المستقبلية فقد تم استخدام المتراكب النانوي PF4 في تقوية وعزل البلاطات؛ حيث إنها من المواد التي يفضل استخدامها في تقوية أسطح المواد المزججة، نظراً لخصائصها المميزة من حيث قدرتها العالية على التقوية وطرد الماء، وعمل حماية ذاتية لأسطح البلاطات الخزفية. وتوصي الدراسة بضرورة الاهتمام بأعمال الترميم والصيانة للتكسيات الخزفية في المباني الأثرية والتاريخية، والتدخل العاجل لحماية التكسيات ذات الحالة الحرجة، وعدم تأخير أو إهمال أعمال الترميم. كما أنه من الضروري نشر الدراسات العلمية التي تتناول مثل هذه التدخلات الناجحة بأعمال الترميم؛ حيث يعد ذلك بمثابة وثيقة مهمة لتوثيق هذه الأعمال والإجراءات، والتي يمكن الاستعانة بها مستقبلاً عند دراسة أو عمل صيانة دورية أو وقائية لهذا التراث الثقافي المادي، كما يمكن أن يتم تطبيقها في حالات مماثلة.

المراجع

أولاً: المراجع العربية:

- الحسيني، محمود حامد، الأسبلة العثمانية بمدينة القاهرة 1517-1798هـ، مكتبة مدبولي.
- سعدات، محمود فتوح محمد، فضائل النفسية والاجتماعية والقيمية لبناء الأسبلة المائية الوقفية الخيرية (موسوعة نهر الحسنات الجاري)، الجزء الاول: بناء الأسبلة المائية، الطبعة الثانية، الهدى للطباعة، 1436هـ.
- عبد العال، سعاد، المجتمع المصري القديم، القاهرة،2002.
- عبدالعال، شريف عمر محمد، دراسة تقنية وعلاج وصيانة تماثيل الاوشابتي المصنوعة من القاشاني (الفاينس) المحفوظة بالمخازن وإعدادها للعرض المتحفي تطبيقاً على بعض النماذج المختارة، رسالة ماجستير، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2013.

- عبدالعال، شريف عمر محمد، تتبع ظاهرة التغير اللوني في الفاينس المصري القديم- دراسة تجريبية لعملية التلف وطرق الصيانة والحماية المختلفة تطبيقاً على نماذج مختارة، رسالة دكتوراه، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2018م .
- العدوي، الشيماء عبد الرحيم عبد الرحمن حسين، دراسة تحليلية مقارنة في تحديد أسباب ومظاهر تلف المكونات المختلفة للإكساءات الخزفية في القباب والجدران الأثرية، وتطبيقات العلاج والصيانة في بعض المنشآت الأثرية الإسلامية بالقاهرة، رسالة دكتوراه، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة،2010.
- كامل، عبد الله محمود أحمد، دراسة ميكانيكية تلف المحاريب الجصية الأثرية بالمنشآت الدينية الإسلامية وطرق علاجها- تطبيقاً على أحد المحاريب الجصية المختارة بمدينة القاهرة، رسالة ماجستير، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2008.
- ماهر، سعاد، الفنون الإسلامية، الهيئة المصرية العامة للكتاب، 2005.
- مدكور، فاطمة صلاح، الخزف وتكنولوجيا صناعته وترميمه، مكتبة زهراء الشرق، ط 1، القاهرة، 2020.
- مدكور، فاطمة صلاح، خلاف، محمد كمال.، دراسة تلف وتقنيات الترميم والصيانة لجدران الجامع الأزرق المكسوة بالخزف القرن 11هـ/ 17 م بالقاهرة، دراسات في آثار الوطن العربي 7، 2005.
- مصطفى، صالح لمعي، مشروع توثيق وترميم تكسيات جدار القبلة بالمسجد النبوي الشريف، المدينة المنورة – المملكة العربية السعودية، مطبوعات مركز إحياء تراث العمارة الإسلامية، كتاب غير منشور، 1443هـ - 2022.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

- Abd-Allah, R., Al-Muheisen, Z., and Al-Howadi, S., Cleaning strategies of pottery objects excavated from Khirbet Edh-Dharih and Hayyan Al-Mushref, Jordan: four case studies, Mediterranean Archaeology and Archaeometry, Vol. 10, 2010.
- Abd-Allah, R., Chemical cleaning of soiled deposits and encrustations on archaeological glass: A diagnostic and practical study, Journal of Cultural Heritage 14 ,2013.
- Abd-Elrahim, EL., Weshahy, I., The mortar damage and its harmful effects on the glazed ceramic tiles in Terbana mosque – Alexandria, Egypt, SHEDET, Annual peer-reviewed journal issued by the Faculty of Archaeology, Fayoum University, Issue no. 4, 2017.
- Abdel-Rahim, N., study and reconstruction of archaeological ceramic dish (CUERDA SECA) from Mumlok period (13th To 15th Century), Al FUSTAT, EGYPT, American International Journal of Contemporary Scientific Research, Vol. 3, No. 13, 2016.
- Apostolopoulou, M., Armaghani. D. J., Bakolas, A., Douvika, M. G., Moropoulou, A., and Asteris, P. G., Compressive strength of natural hydraulic lime mortars using soft computing techniques, Procedia Structural Integrity 17, 2019.
- BIÇER-ŞIMŞIR, B., GRIFFINو I., PALAZZO-BERTHOLON, B., and RAINER, L., Lime-based injection grouts for the conservation of architectural surfaces. Reviews in Conservation 10, 2009.
- Casaletto, M., Ingo, G., Riccucci, C., De Carro, T., Bultrini, G., Fragala, I., Leoni M., Chemical cleaning of encrustations on archaeological ceramic artefacts found in different Italian sites, Applied Physics A 92 ,2008.

- Cocca, M., D'Arienzo, L., D'Orazio, L., Gentile, G., Martuscelli, E., polyacrylates for conservation: chemico-physical properties and durability of different commercial products, polymer Testing 23 ,2004.
- Cristiano, F., Mike. L., and Richard J, B., Chemical and physical characterization of three NHL 2 binders and the relationship with the mortar properties, Euro-American Congress REHABEND, 2016.
- Durbin, L., Architectural Tiles: Conservation and Restoration, Elsevier Butterworth Heinemann, First published, 2005.
- Green ,K. , Niven, K. , Field, G. , Migrating 2 and 3D Datasets: Preserving AutoCAD at the Archaeology Data Service, ISPRS International Journal of Geo-Information ,2016.
- Ibrahim, M. M., Mohamed, S. O., Hefni, Y. K. and Ahmed, A. I., Nanomaterials for Consolidation and Protection of Egyptian Faience form Matteria, Egypt, Journal of Nano Research, vol.56, 2019.
- Idrees, M. , Saeed, F., Amin, A., Hussain, T., Improvement in Compressive Strength of Styrene-Butadiene-Rubber (SBR) Modified Mortars by Using Powder Form and Nanoparticles, Journal of Building Engineering, Vol. 44, 2021.
- Kamel, A. M.A.., Dehydration of Gypsum Component of Plasters and Stuccos in Some Egyptian Archaeological Buildings and Evaluation of K_2So_4 Activator as A Consolidant, SCIENTIFIC CULTURE, Vol. 5, No. 2, 2019.
- Khan, A. N., Bheel, N., Ahmed, M., Abbasi, R. A, and Sohu, S., Use of styrene butadiene rubber (SBR) polymer in cement concrete. Indian Journal of Science and Technology 13(05), 2020.
- Mahaboonpachai, T., Kuromiya, Y., and Matsumoto, T., Experimental investigation of adhesion failure of the interface between concrete and polymer-cement mortar in an external wall tile structure under a thermal load. Construction and Building Materials, Vol. 22, Issue 9, 2008.
- Middendorf, B., Physico-mechanical and microstructural characteristics of historic and restoration mortars based on gypsum: current knowledge and perspective, Geological Society London Special Publications· January 2002.
- Mohamed, H.M., Mohamed, W.S, Evaluating nano Primal AC33 for protection and consolidation processes of archaeological pottery: a comparison study with silica and montmorillonite nanoparticles, Pigment & Resin Technology, 2023.
- Omar, Sh., Characterization of the ottoman ceramic tiles in the façade of Mustafa Sinan's sapil (Cairo, Egypt), SCIENTIFIC CULTURE, vol. 8, issue 2, 2022.
- Russo, A., Veiga. M. R., Fátima Vaz, M., and Carvalho, A. P., Effect of the Conservation Treatment of Historical Ceramic Tiles on the Tensile Adhesion Strength, International Journal of Architectural Heritage, 5:2, 2011.

- Spoto, S.E., Paladini, G., Caridi, F., Crupi, V., D'Amico, S., Majolino, D., and Venuti, V., Multi-Technique Diagnostic Analysis of Plasters and Mortars from the Church of the Annunciation (Tortorici, Sicily), Materials, 2022.
- Yao. Sh., Ge, Y., Effect of Styrene Butadiene Rubber Latex on Mortar and Concrete Properties, Advanced Engineering Forum, Vol. 5 , 2012.

ثالثاً: المواقع الإلكترونية:

- https://www.tecnoediletoscana.com/de/d1, (12-5-2023).