الاستفادة من الأساليب الحديثة في ترميم فتحات الزجاج الجصي بمسجد السيدة زينب

أ.د.م/ محمد على حسن زينهم*
أ.م.د/ أحمد سيد أحمد شعيب** مصمم / إبراهيم بدوي إبراهيم***

مقدمة:

تعود ندرة الفن الإسلامي إلى أسباب كثيرة تجمع بين القيم الجمالية والقيم المادية التجارية والعضوية فالمواد الأساسية التي تصنع منها الأعمال الفنية الإسلامية وخاصة الزجاج المعشق بالجص تجمع بين ثلاث خامات هي الخشب والجص والزجاج وهي مواد قابلة للزوال والفناء بعوامل الطبيعة والزمن.

ولقد حبا الله مصر وأمدها بتاريخ فني كبير وحضارة إسلامية واسعة الانتشار تركزت في المنشآت الدينية والبيوت والوكالات والأسبلة والمدارس والخنقاوات والمساجد ومنها مسجد السيدة زينب – رضي الله عنها – وهو موضوع هذه الدراسة ويرجع تاريخه إلى عام ١٨٨٤م في عهد الخديوي محمد توفيق والمسجد له قيمة فنية كبيرة نظراً لما يحويه من زخارف جصية وخشبية وكذلك طراز معماري مميز يضم النوافذ الجصية المعشقة بالزجاج عدد كبير حوالي ١٩٧ قطعة فنية متنوعة الطرز والألوان وغاية في الإتقان والدقة والحرفية العالية وتعد هذه النوافذ بحق من أجمل فتحات الزجاج المعشق في مصر في ذلك الفترة المتأخرة من العصر الحديث وقد تأثرت هذه المجموعة الكبيرة والتي لا توجد في أي منشأة إسلامية أخرى بهذا العدد بعوامل التلف الظاهرية والتشرخ وفقدان أجزاء كبيرة من الجص وكذلك فقد معظم الزجاج الملون إلى جانب تلف معظم الإطارات الخشبية لهذه الأعمال.

ونظراً للأهمية الفنية والأثرية لتلك النوافذ رأينا أن من واجبنا المحافظة على هذا الإرث الحضاري من الاندثار وذلك من خلال ترميم هذه الأعمال الفنية وفقاً لمنهج دقيق يتحدد بالخطوات الآتية:-

١- الدراسة التاريخية.
٢- دراسة عوامل التلف.
٣- الدراسة العلمية للفحص والوقاية والعلاج .
٤- الدراسة العلمية للترميم الدقيق للزجاج والجص ومعالجة الإطار الخشبي.
٥- النتائج التطبيقية للبحث.

والسيدة زينب ولدت في المدينة المنورة في السنة الخامسة من الهجرة وهي بنت الإمام على بن أبي طالب كرم الله وجهه – ابن عم الرسول – عليه السلام – وأمها سيدة نساء العالمين السيدة فاطمة الزهراء– بنت الرسول – عليه السلام وهي زوجة – عبد الله بن جعفر بن أبي طالب.

وقد دخلت السيدة زينب أرض مصر في الأول من شعبان عام واحد وستين من الهجرة وقد أقامت في نفس المكان المنشأ عليه المسجد في دار "مسلمة بن مخلد" والي مصر الذي ترك لها منزله لتقيم فيه تقرباً وزلفى إلى الرسول– عليه السلام – وقد أقامت السيدة زينب في

---

* أستاذ بكلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان.
** أستاذ مساعد بقسم الترميم بكلية الآثار جامعة القاهرة.
*** ماجستير في ترميم الزجاج ومدير تنفيذي بمكتب A3R للتجميل المعماري والترميم.

مصر عاماً أو يزيد قليلاً وفي عشية يوم الأحد الموافق - الرابع عشر- من شهر رجب عام اثنين وستين من الهجرة انتقلت إلى جوار ربها وأنزل جثمانها الطاهر إلى المثوى الأخير في نفس المكان الذي عاشت فيه والذي جعل مزاراً يؤمه الناس من جميع الأقطار حتى يومنا هذا[1].

الدراسة التاريخية والوصفية للمسجد:-

المسجد في بداية الأمر كان عبارة عن زاوية صغيرة تقع في ضاحية بحرية من مدينة الفسطاط وكان الخليج المصري يمر بالقرب منه وهذا الجامع يقع بخط قناطر السباع من درب الجماميز وقد قام الأمير على باشا الوزير المتولي عام ٩٥٦ هجرياً بإعمار مقام السيدة زينب عمارة عظيمة[2].

وكذلك قام الأمير عبد الرحمن كتخدا في عام ١١٧٣هجرياً بتجديد المسجد وأنشأ إلى جواره مقام الشيخ محمد العتريس .

وقد حدث للمسجد تشقق وتصدع فعهد إلى عثمان بك المعروف بالطنبورجي المرادي عام ١٢١٠هجرياً فقام بهدمه وشرع في بناء عمارته من جديد ولكن حادثة الفرنسيس قد أجلت إنشاء المسجد إلى أن قامت الدولة العثمانية فعهدت للوزير يوسف باشا بإنشائه إلا أنه قد حدث تراخ في تعمير المسجد حتى استقرت أسرة محمد على باشا في ولاية مصر واهتم بذلك فعهد بالمسجد إلى "زين الفقار كتخدا" فأتم المسجد على حالته وزخرفه ووضع له النوافذ الزجاجية المعشقة بالجص وزخرفه بالنقوش والأصباغ وصلي به "محمد على باشا" وكبار رجال الدولة عام ١٢١٧هـ وقد أدخل إلى عمارة المسجد الكثير من التعديلات والتحسينات في عهد سعيد باشا في عام ١٢٧٥هـ وقد ساءت حالة المسجد في فترات متأخرة من عهد "الخديوي سعيد باشا".

وقد أصدر خديوي مصر "محمد توفيق" الأمر إلى "محمد زكي باشا" مدير الأوقاف بإعادة إنشاء مسجد وضريح السيدة زينب على أفضل طراز معماري وأن يختار له أفضل المهندسين والمعماريين في مصر فاختار له الطراز المملوكي المعروف عنه الغنى والثراء الفني والضخامة فتم هدم المسجد القديم بالكامل وأقام بدلاً منه مسجداً على مساحة ١١٣٢,١٩٨متراً وذلك بخلاف المساحة التي أقيم عليها الضريح وهي مساحة مربعة تقترب من ٢٥٠م٢ وقد انتهي من إعمار المسجد والضريح في عام ١٨٨٤م وهو ما نراه الآن.

ثم جرت التوسعة الأولى لهذا المسجد على الجزء القديم "الخاص بالخديوي توفيق" في عهد الملك "فاروق الأول" ملك مصر والسودان عام ١٩٤١م فأضاف جزءا على نفس مواصفات المسجد القديم وبروح تقترب من تلك التي أنشئ عليها المسجد ثم أضيفت التوسعة الثانية وبمساحة تصل ٦٠٢,١متراً على المسجد في عهد الرئيس جمال عبد الناصر وذلك في عام ١٩٦٤م فكانت الإضافة على نفس النسق المعماري وأضيفت مساحة بمقدار ١٧٤٩,٣٦متراً وفي عهد الرئيس محمد حسنى مبارك وذلك في عام ١٩٩٩م تم إضافة التوسعة الثالث بمساحة قدرها ٣٠٧٠,٨٤٠متراً وبذلك أصبح إجمالي مساحة المسجد في جميع مراحلها حتى الآن ٦٥٥٤,٤٩متراً

---

[1] إبراهيم جلهوم ــ عبد السلام حماد ــ السيدة زينب رضي الله عنها ــ ص ٨٣ ــ دار سامح للطباعة والنشر ــ القاهرة ــ ١٩٨٣م.

[2] علي باشا مبارك ــ الخطط التوفيقية ــ الهيئة العامة المصرية للكتاب ــ الجزء الخامس ــ ص٢٢ ــ القاهرة ــ ١٩٨٥.

الوضع الراهن لحالة الشبابيك الزجاجية المعشقة بالجص بمسجد السيدة زينب:-

تعد الأعمال الفنية الجصية بمسجد السيدة زينب من أجمل أعمال الزجاج المؤلف بالجص وتعود قيمة هذا الفن عند المسلمين لأسباب كثيرة منها أن تلك الشبابيك تجمع ما بين القيمة الجمالية العالية وخاصة أن الشمس ساطعة في بلاد المشرق العربي وهذا يضفي على أعمال الزجاج وألوانه قيماً جمالية والقيمة النفعية أيضا لما يحافظ على الفتحات ويخفف من الأحمال على الحوائط ويمنع دخول الحشرات داخل المبنى وكذلك القيمة الروحية وهي أساس عقيدة الدين الإسلامي وكذلك القيمة البيئية التي عرفها الفنان المسلم قبل أي فنان آخر فأخذ من البيئة المحيطة به وأضاف إليها الخامات ونظر إلى عمارته المحيطة به فأحسن توظيف هذا الفن.

ومن خلال الدراسة السطحية والنظرية بالعين المجردة والتصوير الضوئي على الفتحات الجصية لوحظ أن المسجد يحتوى على عدد ١٩٧ فتحة ما بين القندلية والشمسية والقمرية وكذلك القندلية المركبة وبالتوصيف المعماري لهذه الفتحات وجد أن جدار القبلة يحتوى على :-

ـ عدد ٨ قندليات + ٤ شمسية + ٢ قمرية.

نسبة الفقد في الزجاج في شبابيك رواق القبلة تتراوح ما بين ١٠:٤٠% القندليات.

نسبة الفقد في الزجاج في شبابيك رواق القبلة تتراوح ما بين ١٠:٣٠% الشمسيات.

نسبة الفقد في الزجاج في شبابيك رواق القبلة تتراوح ما بين ٨٥:١٠٠% في إحدى القمريتين.

نسبة التلف الظاهري للجص في شبابيك رواق القبلة تتراوح ما بين ٤٠:٧٠%.

نسبة الفقد في الجص في شبابيك جدار القبلة تتراوح ما بين ١٥:٢٥%.

ـ أما في حالة الجدار الجنوبي الموازي لميدان السيدة زينب لوحظ أن نسبة التهالك في الشبابيك والقندليات تزيد عن نسبة المفقود في جدار القبلة كما أن عدد الوحدات الجصية المعشقة بالزجاج تتراوح ما بين عدد أربع وحدات قندليتان ثلاثية ومستطيلان ونسبة بالزجاج بإحدى هذين القندليتين تصل إلى ١٠٠% إعتام وكذلك حوالي ٩٥% مفقود في الأخرى.

ـ والجدار الموازي لشارع السوق "السد الجواني" يحوى في مضمونه عدد ٤ قندليات تتراوح نسبة الفقد فيها بين ٤٠:٧٥% زجاج ونسبة التالف والمتهالك والمفقود في الجبس تتراوح ما بين ٤٠:٥٠%.

ـ أما في الجدار الموازي لشارع السد والملاصق للتوسعة الأخيرة فنجد أنه يحتوي على ١٥ قندلية ثلاثية + عدد ٦ شبابيك مستطيل جميعهم بلا استثناء بهم نسبة من فقد الزجاج تصل إلى ما يقرب من ٦٠% والتالف والمتهالك والمفقود من الجبس يتراوح ما بين ٢٥:٧٠% .

ـ أما عدد الشبابيك الموجودة بضريح السيدة زينب فيصل إلى حوالي ٣٦ شباك ما بين القندلية الثلاثية والقندلية المركبة "السداسية" والشمسيات وكذلك شبابيك رقبة القبة وتحتاج معظم هذه الأعمال إلى تدخل فوري وحاسم وسريع لترميمها نظراً لأن نسبة الفاقد في الزجاج تصل إلى حوالي ٣٥% ونسبة التالف من الجبس تصل إلى حوالي ٢٥% والمتهالك والفاقد في الجبس تصل إلى حوالي ١٥% وتعد هذه القبة من أهم الأعمال المميزة للزجاج المعشق بالجص في هذا العصر وهناك الكثير من الشبابيك في الجدران الفاصلة والقباب الفرعية وكذلك بمدخل الضريح وكل هذه الأعمال يجب أن يتم ترميمها والمحافظة عليها والشكل رقم

(٢) يوضح الهيكل الأساسي للفتحات الجصية الموجودة بالمسجد من قنديلات وقمريات وشمسيات.

المنهج العلمي لترميم الفتحات بالمسجد:-

لقد تم اتباع منهج علمي للترميم بعد التأكد والحصر والبحث والفحص بالعين المجردة والتصوير الفوتوغرافي لفتحات المسجد تأكد لنا أن هناك عدة عوامل يمكن معرفتها مباشرة من خلال ملامسة الأثر أدت إلى تلفه وتدهور حالته في الوضع الراهن ومن هذه العوامل ما يلي:-

تأثير القاذورات والتلف البيولوجي وكذلك الطيور :-

لقد أدت العوامل البيئية المحيطة بالمسجد إلى وجود كمية كبيرة من الأتربة والقاذورات والإتساخات الملتصقة بسطح الجص والزجاج إلى تكوين طبقة رقيقة من هذه الإتساخات التصقت بهذه الأسطح بفعل عدم التنظيف والصيانة المستمر مما أدى بهذه القاذورات والإتساخات والأتربة إلى التفاعل مع سطح الزجاج والجص فأدت إلى تكون بعض البكتيريا الدقيقة والكائنات الحية والحشرات على سطح كل من الجص والزجاج فأدت إلى تحلل كربونات الكالسيوم نتيجة إلى وجود الرطوبة مع هذه الإتساخات التي أدت إلى تواجد بعض النباتات والكائنات الحية التي تداخلت مع بعض الشروخ والقطع المتهالكة من النافذة .

كما أن هناك بعض الطيور قد أقامت أعشاشاً لها حول الشبابيك الجصية نظراً لارتفاعها عن الأرض وبالتالي فهي تخرج فضلاتها على الفتحات الجصية مما يؤدي إلى تلف وطمس الزجاج الملون ويؤثر ذلك على نشاط البكتيريا الدقيقة التي تنشط في تلف الجبس نتيجة لما تفرزه من إنزيمات لها تأثير حمضي متلف وكذلك تنشط ناخرات الأخشاب في زيادة مهاجماتها للأخشاب ويؤثر ذلك في تآكل الإطار الخشبي للنافذة والتي تؤثر بدورها على جماليات الشكل العام للشبابيك الزجاجية المعشقة بالجص وكذلك تؤثر على ترابط الهيكل الجصي وشفافية الزجاج والأشكال من (٣-٦) توضح بعضاً من هذه التلفيات.

ـ الرياح والعواصف:-

هي من أهم عوامل التعرية التي تؤدي إلى انهيار وتحطم النوافذ الزجاجية المعشقة بالجص لأنها تحمل معها حبيبات الرمال ذات الصلادة [٣] بمقياس موهز، العالية لأن الجبس وهو المادة الأساسية ودرجة صلادته لا تتعدى ٢,٥ على مقياس موهز للصلابة وتحدث الرمال شبه إعتام للزجاج من خلال الاصطدام به المرة تلو الأخرى ويمكن للرياح أن تحطم الشباك تماماً إذا كانت عدوانية بدرجة تكفي لفك الروابط الجبسية [٤].

ـ طبيعة المكان وتأثره بالرطوبة والتلوث :-

أقيم مسجد السيدة زينب على بداية الخليج المصري الذي كان يمر من على جوانبه قديماً ويتأثر المسجد بطبيعة الحال بهذا العامل الآن العامل الأساسي هو عامل فيزو كيميائي وهو مياه الرشح المحملة بالأملاح والتي تتسرب إلى أساسات المباني ثم ترتفع بفعل الخاصية

---

* دراسة مسحية خاصة بالباحث على أعمال الزجاج بالمسجد ١٩٩٨م.

[٣] د/ عبد المعز شاهين ـ ترميم وصيانة المباني الأثرية والتاريخية ـ ص ١٦٩ـ المجلس الأعلى للآثار ـ القاهرة ـ ١٩٩٤م.

[4]- Corning Incorporated, Science and Technology, Conrning Research, New York, 1997.

الشعرية الذي ينتقل بدوره إلى الأعمال الزجاجية المعشقة بالجص عن طريق امتصاص الإطار الخشبي وتشبعه بالماء ويزداد هذا العامل خطورة مع التغير الدوري في منسوب مياه الرشح وقد ينتج عن ذلك تشبع في الأساسات وبطبيعة الحال يتغير التركيب البنائي للأساسات وقد تتحرك وتحدث تصدعاً للمسجد وإذا هبطت أساسات المسجد إلى أسفل فهذا يعنى انفصال الشباك الزجاجي فيتحطم، والمسجد يعتبر من أكبر المساجد في مصر ويزدحم في جميع الأوقات بالزائرين والمصلين علاوة على مشكلة الصرف الصحي الذي كانت تتسرب مياهه تحت أساسات المسجد فتؤدي إلى تلف الأساسات ومن ثم تلف الأعمال الفنية الزجاجية وغيره من الأعمال الفنية بالإضافة إلى مشكلة دخول الكهرباء إلى المسجد وما حدث من تشويه بصري من جراء التوصيل غير المحسوب وخاصة في قبة ضريح السيدة زينب كما كان للرطوبة تأثيراً سلبياً على الزجاج والجبس نظراً لأنها تساعد على انخفاض نسبة أيونات الكالسيوم في الزجاج وتزيد من نسبة أكسيد الصوديوم مما يؤدي إلى هجرة أيونات الصوديوم من الزجاج ويحل محلها هيدروجين الماء مكوناً طبقة لامعة تشبه سطح الزجاج الهيدروجيني ويصعب تمييز هذه الطبقة بالعين المجردة ولكنها تظهر تحت الميكروسكوب على شكل العديد من الحفر التي تكون شروخاً في طبقة الزجاج وبهجرة أيونات الصوديوم لسطح الزجاج فإنها تتفاعل مع شق الهيدروكسيد (OH) المكون الثاني للماء مكونة طبقة من هيدروكسيد الصوديوم والتي تتفاعل بدورها مع ثاني أكسيد الكربون الموجود بالجو مكونة طبقة من كربونات الصوديوم هذه الطبقة لها قدرة عالية على امتصاص كميات من الرطوبة مكونة قطرات على سطح الزجاج كمرحلة أولية للتلف وإذا لم يتم العلاج سريعاً فإن الزجاج يتعرض لتكوين طبقة من الأكاسيد المعدنية غير القابلة للذوبان في المادة والموجودة في تركيب الزجاج بجانب السيليكا التي تظهر في صورة سيليكون معلق على سطح الزجاج وتكون هذه الطبقات في بداية تكوينها في صورة طبقات رقيقة قليلة العدد على سطح الزجاج وبانكسار الضوء الساقط عليها ترى الأطياف الأساسية للضوء حيث تظهر ألوان الطيف على سطح الزجاج مختلف الألوان باختلاف زوايا سقوط الضوء وباختلاف وجهات النظر ويعرف ذلك باسم ظاهرة تداخل الألوان.

وبمرور الوقت يزداد سمك هذه الطبقات وبالتالي يفقد الزجاج شفافيته متحولاً لزجاج نصف شفاف ثم إلى زجاج معتم في حين أن الطبقة السفلية لهذه الطبقة المعتمة تكون غالباً شفافة والزجاج الشفاف عموماً يتميز بتساوي تعامله مع الأشعة الضوئية ولكن حين يصاب بالإعتام فإنه يشتت كل أشعة الضوء الساقط ولا تنفذ منه أي إشعاعات وتكون بذلك درجة الإعتام ١٠٠%.

كما أن هناك ظاهرة يجب معالجتها في هذه الفتحات حيث أن الغازات الناتجة من الدخان ومن عوادم السيارات من أخطر الغازات التي تؤثر على الفتحات الزجاجية في وجود الرطوبة الزائدة التي تعمل على أكسدة غاز ثاني أكسيد الكبريت إلى غاز ثالث أكسيد الكبريت الذي يتفاعل مع الرطوبة مكوناً حامض الكبريتيك [٥].

$$2So2 + O2 \longrightarrow 2So3 \qquad 2So3 + 2H2O \longrightarrow 2H2So4$$

تعتبر مادة الجص قاسماً مشتركاً بذات الأهمية لمادة الزجاج ويتميز الجبس بصلابته المنخفضة ٢,٥ "بمقياس موهز" بالإضافة إلى أنه يمكن ذوبانه في حامض الهيدروكلوريك

---

[٥] سلوى جاد الكريم ــ علاج وصيانة أربع قطع أثرية ــ دبلومة معادلة للماجستير كلية الآثار ــ جامعة القاهرة ــ ١٩٨٢م.

Hcl وتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد وتركيبه الكيميائي $CaSO4.H2O$ كبريتات كالسيوم لامائية.

ـ الترميم الخاطئ:-

يعتبر الترميم بواسطة مرممين غير متخصصين أو قليلي الخبرة والمعرفة بأصول صناعة هذه النوافذ أو غير الدارسين لطبيعة مادتي الزجاج والجص دراسة الأصول الفنية والتكنولوجية والكيميائية لتصنيع هذه الأعمال الفنية من أهم المخاطر وهذا ما حدث في ترميم خاطئ لبعض نوافذ المسجد حيث تم استكمال جبس من العناصر الزخرفية لأحد الشبابيك استكمالاً خاطئاً مما أدى إلى تشويه الرؤية الجمالية للنافذة وكذلك استخدام الملونات الزيتية على طبقة الزجاج الشفاف وطلائه بملونات اللاكيه لتركيبها واستبدال الزجاج الملون الأصلي المفقود بهذا الزجاج وكذلك استخدام جبس حديث وغير معالج "بنفس مواصفات الجبس المصنوع منه النافذة" لسد الفراغات البينية الناتجة من حدوث شروخ مما أدى إلى انفصال طبقة الجبس الذي أضيف على الشباك القديم وكذلك استخدام الأسمنت مع الجبس ليزيد من قوة صلابة وحدث أن معامل تمدد وانكماش الأسمنت يختلف عن معامل تمدد وانكماش الجبس فحدث انفصال لهذه الترميم الخاطئ الجديد في أحد شبابيك رقبة القبة الخاصة بضريح السيدة زينب ولذلك يجب أن تكون الدراسة والتخصص هما العنصر الفاصل في الترميم الدقيق للأعمال الفنية التطبيقية في العمارة وخاصة في مجال ترميم الزجاج الأثري وذلك من خلال اتباع المناهج العلمية والفنية لطبيعة مادتي الزجاج والجبس.

وبعد هذه الدراسة كان علينا اتباع منهج علمي للترميم يتحدد في المنهج التحليلي للمواد المستخدمة في عمليات الترميم ثم المنهج التجريبي لاستنباط وتصنيع مواد مشابهة لتلك المواصفات المستخدمة في صناعة هذه الأعمال الأثرية ثم إجراء عمليات التجريب العلمي الدقيق لهذه النتائج على عينات تتشابه مع ظروف الأثر القديم .

ـ مراحل الفحص والدراسة لبعض العينات الأثرية:-

يجب اتباع بعض الطرق والوسائل العلمية الحديثة لتحليل وفحص الأثر للتأكد من التركيب الكيميائي والتحقق من مواد تصنيعه ونوعيته وكذلك لتحديد التغيرات المختلفة التي قد تطرأ على التركيب البنائي لها ومن هنا يجب أيضاً التعرف على المواد المشابهة التي يمكن الاستفادة بها في عمليات الترميم وكذلك في عمليات التقوية والحفظ والعزل وتحديد أهم هذه المواد التي تتوافق والخواص الفيزيائية والكيميائية للخامات المستخدمة في الأثر ومن أجل تحقيق ذلك تم إجراء الفحص على العينات الأثرية كالتالي:-

وسائل وطرق التحليل والفحص للأثر [٦]:-

١- الفحص العيني بالعين المجردة ومن خلال العدسة المكبرة يمكن فحص السطح الأثري وما به من نواتج تلف مختلفة.

٢- استخدام تحليل تشتت الأشعة السينية E.DX في عينات من الجبس والزجاج وهو التحليل بطريقة تشتيت الأشعة السينية وهذه الطريقة تستخدم في تحليل المواد الأثرية العضوية أو غير العضوية أما في صورتها الصلبة أو في صورة مساحيق بغرض التعرف على عناصرها المعدنية ونسبها التقريبية حيث تم فحص عينات مختلفة من الزجاج والجبس والموضحة في الأشكال والجداول التالية (١) (٢).

---

[6] **Corning Incorporated, Science and Technology, Conrning Research, New York, 1997.**

٣- استخدام تحليل بطريقة حيود طيف الإسبكتروجراف وذلك للتعرف على التحليل الكمي والكيفي لمكونات عينات من الزجاج الملون وكذلك عينة من الجبس.

٤- الفحص عن طريق استخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح "SEM" وذلك لدراسة أسطح العينات لمعرفة مكوناتها ومظاهر التلف المختلفة عليها.

عينة الزجاج الأحمر:-

- يلاحظ انخفاض نسبة السيليكا بمقدار كبير حيث وصلت إلى ٥٧,٣٠% والنسبة المتعارف عليها في زجاج سليكات الصوديوم والكالسيوم تتراوح ما بين ٧٣:٦٨% وانخفاض نسبة السيليكا يقلل من متانة الزجاج .
- أما بالنسبة لأكسيد الصوديوم نسبته ١١,٨٨% فهي نسبة متوسطة وهي في نفس الوقت تساعد الزجاج على مقاومة تأثير الرطوبة .
- على الجانب الآخر ارتفعت نسبة البوتاسيوم إلى ١٣,٦١% وهي نسبة كبيرة جداً في ظل وجود أكسيد الصوديوم القلوي.
- أما نسبة أكسيد الكالسيوم ٤,١٣% وهي تعتبر ضعيفة جداً بالنسبة للمتعارف عليها.
- أما بالنسبة لتواجد أكسيد الزنك والتي بلغت نسبته ١٠,٦١% فتعتبر أحد العوامل الملونة للزجاج.

عينة الجبس (شكل ٨):-

- تعتبر نتيجة التحاليل قياسية بالمقارنة بنتائج تحاليل العينات القديمة فالمكون الأساسي هو كبريتات الكالسيوم المائية $CaSo4.H2O$ والتي بلغت نسبتها ٤٢,١٠% .
- وقد بلغت نسبة ثاني أكسيد السيليكون $SiO2$ الذي بلغت نسبتها ١,١٣% وهذا يدل على وجوده كمادة مالئة .
- كما تعتبر نسبة كربونات الكالسيوم ٥٦,٧٦% أضافها الصانع القديم عن عمد لحصوله على تماسك أعلى في ترابط ذرات الجبس وكذلك سهولة فرد وتنعيم السطح وكذلك سهولة تفريغ المسطح الجبسي.

التحليل بطريقة جيود طيف الإسبكتروجراف:-

Spectrograph (AE.SP)

وتستخدم هذه الطريقة في التحليل الكيفي والكمي للعناصر المختلفة بأي عينة أثرية وتعتمد نظرية عمل هذا الجهاز على اختلاف طاقة الانبعاث لجميع العناصر المعروفة في الطبيعة وهذه الطاقة تنتج من حركة الإلكترونات في المدارات الذرية عند اكتسابها الطاقة ثم فقدانها في صورة انبعاث ويتم فصل الأطوال الموجية المختلفة لهذه الطاقات حيث تعتبر الأطوال الموجية عن الطاقة الخاصة بكل عنصر معين ويتميز بها عن العناصر الأخرى وقد استخدمت هذه الطريقة في تحليل العينات اللونية الآتية:-

ـ العينات الست الأولى من الزجاج لستة ألوان مختلفة وأيضاً أماكنها مختلفة وهي تتراوح بين الضريح وقمرية أعلى المحراب الرئيسي وكذلك شباك في قبة الخديوي توفيق والجدول رقم (٣) يوضح تركيب العناصر الأساسية لكل لون وكذلك العناصر المعدنية الثانوية بالنسب المختلفة.

وبعد الحصول على المعلومات العلمية للمواد المستخدمة في تنفيذ الأثر من خلال التحاليل التي تمت عليه قد تم تحضير بعض العينات من الجبس مشابه لنفس مواصفات التحاليل الناتجة لمادة الجبس من الأثر وكذلك تم إنتاج بعض نوعيات من الزجاج الملون طبقاً للنتائج العلمية التي حددت النسبة المئوية لتركيب خلطات الزجاج المفقود وتم صناعته بالطرق اليدوية المناسبة وبعد الحصول على تلك المواد بدأت المرحلة النهائية لعملية الترميم .

١- البدء بأعمال التسجيل لكل مراحل الأثر في الوضع الراهن وأثناء العمل لتوثيق الأعمال .

٢- توثيق العناصر الزخرفية عن طريق التنقل على ورق الكلك واستكمال النواقص منها من واقع تأصيل العناصر الزخرفية وبالمقارنة بنموذج مشابه موجود داخل حرم المسجد .

الوصف التفصيلي لعملية الترميم لإحدى الشمسيات بالمسجد:-

والذي تم بعد ذلك إجراء عمليات الترميم على جميع الفتحات بهذه المواصفات باختلاف كل حالة على حدة.

ـ وصف العمل :-

شمسية على شكل مستطيل ينتهي بعقد دائري ومركز واحد ١٤٧سم×٥٢,٥ سم وهي ضمن شكل يمثل أكثر من نموذج متميز يعبر عن فترة زمنية هامة في تاريخ الزجاج المعشق بالجص في مصر وهو تصميم زخرفي منفذ بطريقة التماثل والتي اشتهر بها الطراز العثماني في ذلك الوقت في أعمال الزجاج أو الزخرفة على حد السواء فيظهر في ذلك النموذج أهم السمات المميزة للفنون العثمانية وهي استخدام التحويرات الهندسية للزهور والنباتات وأشهرها زهرة "اللالا" والقرنفل الموزعة بطريقة التماثل حول محور رأسي يحيط بها إطار هندسي مكون من جزئين الخارجي عبارة عن إطار حول النموذج من الجهة الخارجية على شكل دوائر منتظمة التوزيع والإطار الثاني الداخل عبارة عن مستطيلات منتظمة التوزيع أيضاً ومنتصف الهيكل الرئيسي عبارة عن دائرتين متداخلتين يصل بينهما وحدة هندسية تكون الإطار العام للشكل وعلى جانبي التكوين توجد بعض الزهور والأغصان ويعلو هذا التصميم عن الأرضية المفرغة بطريقة التخريم لتحدث بعداً ثانياً في التصميم.
والشكل فاقد نسبة كبيرة من الزجاج الملون أما الجص فنرى تهشم واضح في الجزء الأوسط تاركاً فارغاً كبيراً وذلك بالإضافة إلى الشروخ الطولية والعرضية وحالة التلف المتكون على سطح الشباك الجصي وأيضاً وجود فتحات صغيرة بالإطار الخشبي إلى جانب تقشر طبقات الطلاء الحامي للجزء الخشبي ووجود بقع لونية سوداء على سطح الإطار الخشبي.

مرحلة ترميم وصيانة الشمسية:-

تعتبر مادة الجص قاسماً مشترك بذات الأهمية لمادة الزجاج في هذا العمل الفني ذي الصفة الأثرية ويتميز الجص بصلادته المنخفضة بالإضافة إلى أنه يمكن ذوبانه في حامض الهيدروكلوريك Hcl ونظراً لتواجد النوافذ الجصية في بيئة مفتوحة وهو عرضه بذلك إلى العديد من مظاهر التلف حيث يتعرض داخل المسجد وخارجه إلى نسبة من التلوث الجوي الذي يحيط بأرجاء المسجد ومن هذه الملوثات غاز ثاني أكسيد الكربون Co2 ، وغاز ثاني أكسيد الكبريت SO2 ويعتبر الغاز الأول خطير عند تفاعله مع الرطوبة ويكون حمض الكربونيك H2Co3 أما الغاز الثاني فعند اتحاده بالرطوبة يكون حمض أكثر فاعلية وهو حمض الكبريتيك الخطير "H2SO4 " "سالفوريك أسد" الذي بدوره يؤثر على كربونات الكالسيوم الموجودة بصورة كبيرة في عينات الجبس وتحويله إلى جبس "CaSo4 2H2O " ذات الحبيبات الكبيرة نسبياً عن الجبس العادي والسناج الذي يتراكم على سطح الجص يؤدي إلى تغير لون الجص من اللون الأبيض إلى اللون البني الغامق إلى اللون الرمادي وذلك بالاتحاد مع بعض ذرات الأتربة والسناج المتراكمة على سطح الجص والزجاج معاً هذا بالإضافة إلى حدوث ارتفاع في نسبة بخار الماء بصورة ملحوظة الأمر الذي يؤدي إلى حدوث إذابة وهجرة للأملاح من داخل الجص إلى السطح وبالتالي تؤدي هجرة هذه الأملاح إلى السطح إلى ترك فراغات بينية داخل المكونات البلورية للجص تؤدي إلى ضعف عام للجص وتزيد من سرعة تلفها لسطح الجص أنها ترتكز على سطح الجص فيلتصق بها ذرات التراب والسناج .

وبما أن الشمسية في حالة ضعيفة من الجهة الأمامية فبدأنا العمل بها بالتنظيف الميكانيكي عن طيق الفرش الناعمة جداً المخصصة لذلك وبعد إزالة كم كبير من الأتربة والسناج وخيوط العنكبوت التي توجد في الفراغات وعلى سطح الزجاج ثم استخدام جهاز الشفاط الكهربي لغزالة الجزء المتبقي من الأتربة والذي تتركه الفرش لنعومته الشديدة ثم بدأنا بعد ذلك في استخدام بعض المحاليل والمذيبات الكيميائية العضوية الطيارة والتي تتميز بخاصية سرعة الانتشار والتبخر من على سطح الجص والزجاج معاً .

ثم استخدام الكحول الإثيلي والطولوين بنسبة ٥:١ يعطي نتيجة جيدة ولكن أمكن التوصل إلى أن محلولاً مكوناً من الكلوروفورم مع الزيلين بنسبة ٢:١ يمكن استخدامه في تقوية الأجزاء الضعيفة ويمكن استخدام هذا المركب أيضاً كمادة تنظيف لسطح الجص من الاتساخات والبقع مع استخدام الإسبيداج والزنك وأكسيد الرصاص في التأثير المباشر على إزالة العوالق الملتصقة بسطح الجص وذلك عن طريق استخدام الاحتكاك الخفيف المباشر على السطح وبذلك أمكن إزالة الاتساخات من على سطح الأثر دون حدوث أي أضرار مستقبلية "فظهرت نتائج جيدة جداً لإزالة الاتساخات".

وكذلك تم استخدام مركب من الكلوروفورم مع الكحول الإثيلي بنسبة ٣:١ [1] وذلك لإزالة الاتساخات الملتصقة بالأسطح التي يصعب إزالتها بالطرق الميكانيكية وقد تم استخدام الأمونيا المخففة بنسبة ١٥:١ للتنظيف والتقوية في بعض الأماكن التي لوحظ أن حالات الجص فيها ضعيفة كما تم التوصل أيضاً إلى استخدام بعض المركبات على ضوء الفحص والتحليل التي تمت على الأثر دون حدوث أي أضرار مستقبلاً .
A.D.C – ADI Conpxel [2] .

وهو مركب كيميائي شفاف يطلى به سطح الجص مرة بعد مرة وذلك بعد تنظيف السطح جيداً من الأتربة والغبار وذلك باستخدام فرش ناعمة جداً ويتم تخفيف هذا المركب بمادة كيم سولف بنسبة ١:١ ويم ذلك أولاً على قطعة من الجص الأثري ولكن من جزء أثري مفقود من شمسية أخرى ولكن لها نفس المواصفات الأثرية ومظاهر التلف .
وبعد التطبيق هذه المواد على قطعة من الجص الأثري والتي لها نفس عمر وصفات الشمسية المراد ترميمها أجريت لها التحاليل اللازمة فوجدنا الآتي أولاً زيادة صلابة الجص من ٢,٥:٢ على مقياس موهز وكذلك تم استخدام مركب من مركبات مادة لاتكس البوتادين سترين وهذا المركب يضع قوة مقاومة للإجهادات ومواجهة الضغط والشد وتقليل الانكماش وعدم نفاذية الماء إلى سطح الجص.

---

[1] **Albinas Elskus, The Art of Painting on Glass, Techniques and designs for Stained Glass, USA, 1980, p 137.**

[2] **إبراهيم بدوي إبراهيم ــ الاستفادة من الأسس العلمية والفنية في ترميم وحفظ وصيانة الزجاج الجصي ــ رسالة ماجستير ــ كلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان ــ١٩٩٨م.**

وتمت بعد ذلك عملية استكمال الأجزاء الناقصة مثل الفراغات بالمنطقة الوسطى نتيجة للشقوق والشروخ الناتجة عن الزلزال فتم عمل عجائن خاصة من مادة الجص مع إضافة جزء من مادة A.D.C ايدكريت بدون إضافة إليها مباشرة ولكن تم إضافة الماء مع الفنافيل بنسبة ٥:١ ثم أضيف إليها نسبة من الكحول الأبيض كمضاد فطري وتم عمل اللازم نحو معالجة الشروخ واستكمال الجص المفقود في الشمسية تم بعد ذلك تمت عملية تجفيف للحواف مرة أخرى ثم تم طلاء الشمسية بمادة أخرى هي A.D.B ايديبكس وهي مادة عازلة للرطوبة والحرارة [3] ولابد من هنا ذكر نوعية الجص المستخدمة في عملية الترميم والاستكمال وهي جبس البلاح مضافاً إليه بعض العناصر التي تم الحصول عليها من نتائج التحليل ولأن هذا النوع من الجبس به نسبة من الشوائب ويتميز بأنه بعد التشكيل يميل إلى الاصفرار لتعطي نفس المظهر اللوني للجص من الناحية الأثرية في اللون.

أما عن الترميم والصيانة من الجهة الخلفية فتم اتباع نفس الخطوات التي أتبعت في الجهة الأمامية ولكن مع تكرار استخدام المواد سالفة الذكر أكثر من مرة وتم استخدام جهاز السيشوار ليعطي لنا هواء ساخناً يساعد على طرد المياه وتجفيفها من سطح الجص والملاحظ أنه باستخدام جهاز السيشوار تخرج المحاليل الملحية على سطح الجص حيث يتبخر الماء وتظهر بلورات الأملاح البيضاء على سطح الجص وتمت إزالتها ميكانيكياً وتمت تقوية الجص وتم تصنيع الزجاج بالمواصفات الناتجة من التحاليل الخاصة بالزجاج له نفس المواصفات اللونية والمساحات الهندسية وتم إعادة الزجاج إلى وضعه الطبيعي من الجهة الخلفية وذلك عن طريق لصق قطع الزجاج التي لها نفس مواصفات الزجاج الموجود في الشمسية والتي تم الحصول عليها من طرق تصنيع خاصة لإنتاج هذا الزجاج القديم الذي له نفس السمك والدرجات اللونية [4] عن طريق استخدام مواد أيبوكسية في لصق الزجاج [5] أولاً على الجهة الخلفية من الشمسية الجصية ثم يتم عمل عجائن من الجص بنفس النسب سالفة الذكر لتثبيت الحواف وملء الفراغات البينية الموجودة بين قطع الزجاج وبعضها البعض ثم تم بعد ذلك طلاء الخلفية كاملة بمادة A.D.B لتقوية سطحه وبعد ذلك تم التعامل مع الإطار الخشبي عن طريق التنظيف من الأتربة وإزالة طبقة الدهان المتحللة.

فنبدأ أولاً بعمل تسخين حراري للإطار الخشبي وذلك عن طريق جهاز السيشوار لمدة طويلة نسبياً لضمان القضاء على البكتيريا وخروج النسبة الأكبر من الماء المحتوى على الإطار وبعد ذلك يتم تنعيم الإطار الخشبي للوصول إلى سطح ناعم جداً وتم عمل من المواد المختلفة خاصة ويتم علاج الشقوق والفراغات في الإطار الخشبي بها ثم يتم عمل تنعيم لتلك الأجزاء ثم تطلى بنفس لونها الأثري ثم بعد ذلك يتم عزلها بمادة البولي يوريثان المستعمل في علاج الأخشاب ضد الرطوبة والحرارة وبعدها يتم تثبيت القطعة الزجاجية الشفافة في مكانها بالجهة

---

[3] **Corning Incorporated, Science and Technology, Conrning Research, New York, 1996, Vol 4 , p 84**

[4] **Jo Marshall, Glass Source book, quantum book, London, 1998 , p 73.**

[5] **Eric Risser, Stained and Decorated Glass, Marchall Caviendation Limited, London, 1993 , p 158**

الخلفية لتحافظ لنا على الشمسية وسهولة تنظيفها دون المساس وبعد الحصول على شمسية قوية نؤكد صلاحيتها دوماً والشكل رقم (١٣) يوضح لنا مراحل هذه العملية يمكن أن نحدد عدة نتائج وتوصيات للبحث تتحدد بالآتي:-

النتائج التطبيقية والتوصيات

١- توصلت هذه الدراسة إلى توصيف وحصر الأعمال الفنية الزجاجية بمسجد السيدة زينب.

٢- توصل البحث إلى تقوية الفتحات عن طريق العجائن الجصية التي تم التوصل إليها عن طريق التحليل وملئ الأجزاء المتهالكة من مادة A.D.C واستكمالها بالجص ثم طبع التصميم عليها.

٣- حصر العوامل التي أدت إلى تلف الأثر ووضعها في صورة لجميع المتخصصين بالمسجد لتلافيها مستقبلاً.

٤- تم تحديد الطرق العلمية للفحوص المعملية والتكنولوجية التي أدت إلى إعمار وترميم الفتحات الزجاجية المعشقة بالجص في المسجد بصورة مناسبة للتطور العلمي والتكنولوجي الحديث.

ـ التوصيات :-

يوصي البحث بأن عملية الترميم ـ عملية فنية وأثرية وهندسية وتاريخية متضامنة ـ يجب أن تكون متكاملة في كل مواقع ترميم الآثار حتى نصل بآثارنا إلى مستوى جيد دائماً.

المراجع العربية والأجنبية:

١. إبراهيم بدوي إبراهيم ـ الاستفادة من الأسس العلمية والفنية في ترميم وحفظ وصيانة الزجاج الجصي ـ رسالة ماجستير ـ كلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان ـ١٩٩٨م.

٢. إبراهيم جلهوم ـ عبد السلام حماد ـ السيدة زينب رضي الله عنها ـ دار سامح للطباعة والنشر ـ القاهرة ـ ١٩٨٣.

٣. د/ عبد المعز شاهين ـ ترميم وصيانة المباني الأثرية والتاريخية ـ مطابع المجلس الأعلى للآثار ـ القاهرة ـ ١٩٩٤م.

٤. على باشا مبارك ـ الخطط التوفيقية ـ الهيئة العامة المصرية للكتاب ـ القاهرة ـ ١٩٨٥م.

٥. سلوى جاد الكريم ــ علاج وصيانة أربع قطع أثرية ــ دبلومة معادلة للماجستير كلية الآثار ــ جامعة القاهرة ــ ١٩٨٢م.

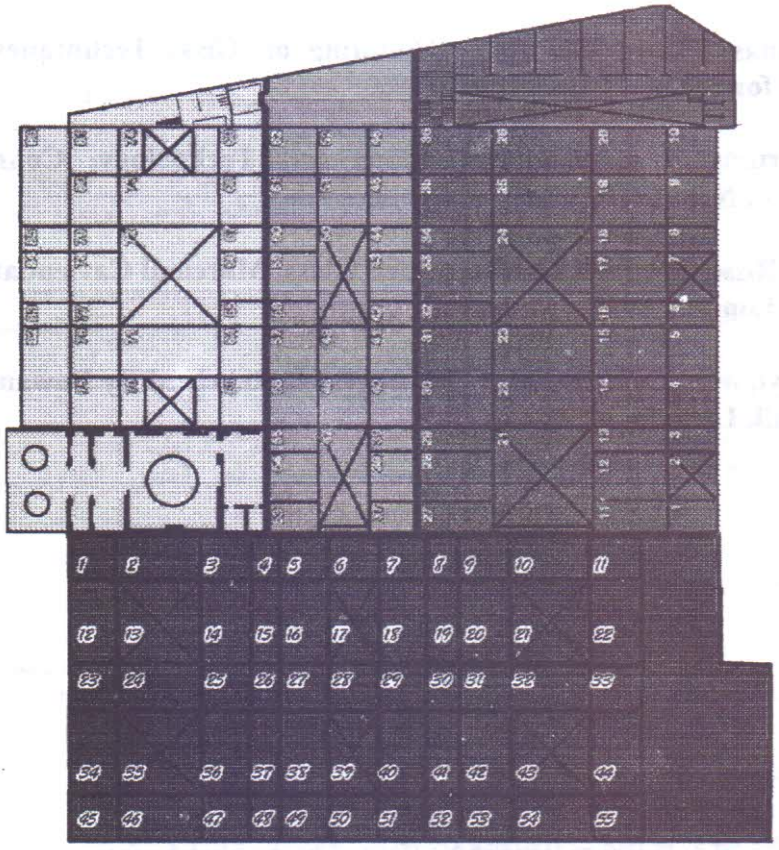
6- Albinas Elskus, The Art of Painting on Glass, Techniques and designs for Stained Glass, USA, 1980.

7- Corning Incorporated, Science and Technology, Conrning Research, New York, 1997.

8- Eric Risser, Stained and Decorated Glass, Marchall Caviendation imited, London, 1993.

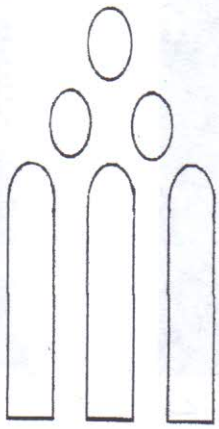
9- Weyl, w.a., Colored Glass , Monograph, Reprined By Dawans, Of Pall Mall, London, 1959.

الأشكال واللوحات :

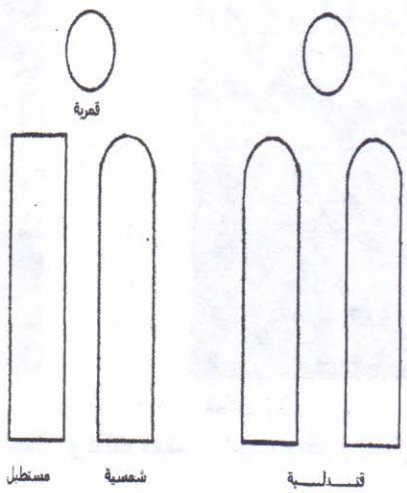


- المسجد القديم في عهد الخديوي محمد توفيق1884
- التوسعة الأولى في عهد الملك فاروق الأول1942
- التوسعة الثانية في عهد الرئيس جمال عبد الناصر1964
- التوسعة الثالثة في عهد الرئيس محمد حسني مبارك1999

شكل (١)
يوضح المسجد القديم والتوسعات التي أضيفت عليه خلال فترات الزمن المتلاحقة.

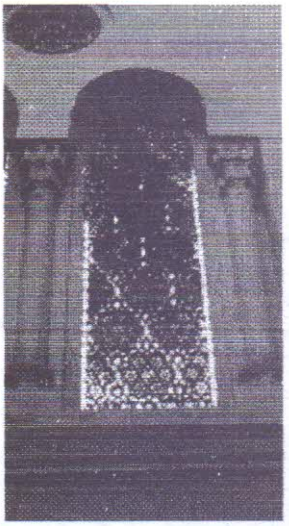


قندلية مركبة

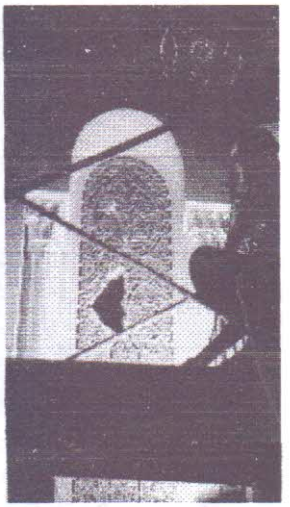


شكل (٢)
الرسومات الهندسية لأشكال النوافذ

شكل (٣)



شكل (٤)



شكل (٥)

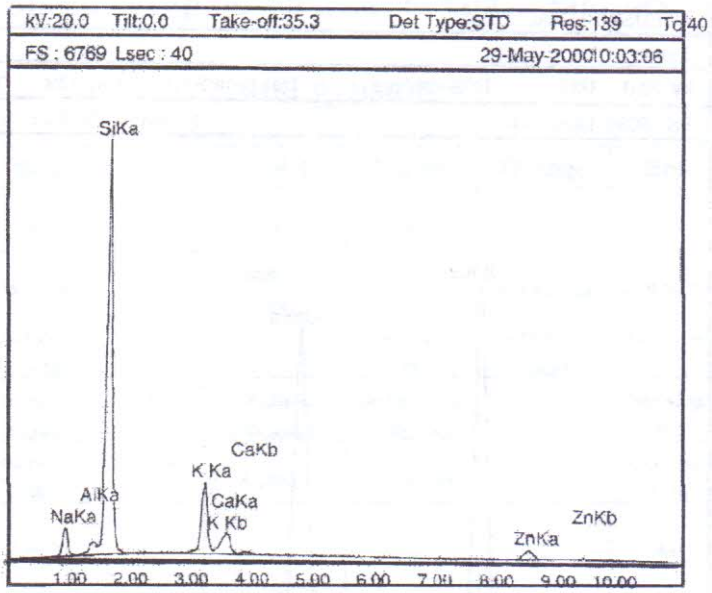
شكل (٦)

شكل (٣) يوضح حالة ولون الجص وكذلك تهشم الشباك وفقد لكل الزجاج الملون ــ الشباك من جدار التوسعة.

شكل (٤) يوضح انسداد في فراغات الجبس نتيجة لتواجد الأتربة والقاذورات وأعشاش الطيور وفقد معظم الزجاج الملون مما أدى إلى ضياع تفاصيل الشباك هندسياً - الشبَاك من الجدار الغربي الملاصق للميضأة.

شكل (٥) يوضح تهشم في منطقة الوسط للشباك وفقد كامل في الزجاج الملون - بالجدار الغربي للمسجد.

شكل (٦) يوضح شباك جصي شج نصفين غير أن الفنان المسلم القديم قد عالجه من الداخل بأربطة من الكتان"بغرض التدعيم" فتماسك ولكنة فاقد للإطار الخشبي أو منفصل عنه وفقد كامل في الزجاج الملون - شباك بداخل الضريح.

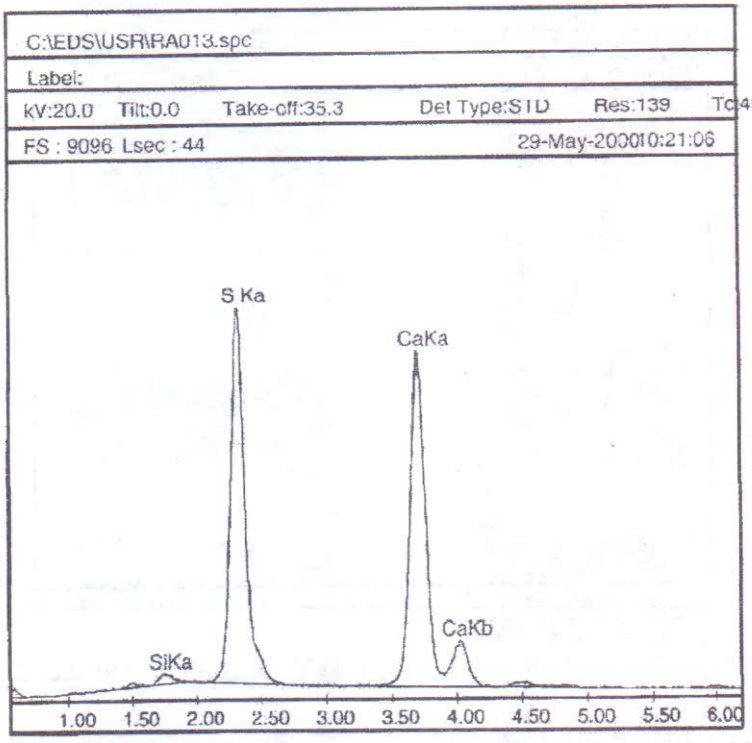


طريقة تشتت الأشعة السينية "EDX":-

EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Element Normalized
SEC Table : Default

Element	Wt%	At%	K-Ratio	Z	A	F
Nak	11.88	15.85	0.0551	0.9995	0.4607	1.0061
Alk	2.46	2.80	0.0149	0.9942	0.5962	1.0211
Sik	57.30	62.54	0.4091	1.0230	0.6965	1.0020
KK	13.61	10.67	0.1075	0.9739	0.8081	1.0038
Cak	4.13	3.16	0.0333	0.9964	0.8075	1.0010
Zan	10.61	4.98	0.0926	0.8771	0.9950	1.0000
Total	100.00	100.00				

شكل (٧) يوضح نتيجة التحليل بطريقة تشتت طاقة الأشعة السينية (EDX) وجدول (١) لعينة من الزجاج الأحمر من شباك بقبة الضريح.



EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Element Normalized
SEC Table : Default

Element	Wt%	At%	K-Ratio	Z	A	F
Sik	1.13	1.46	0.0091	0.0170	0.7727	1.0262
SK	42.10	47.41	0.3978	1.0119	0.9161	1.0191
Cak	56.76	51.13	0.4933	0.9920	0.8761	1.0000
total	100.00	100.00				

شكل (٨) يوضح نتيجة التحليل بطريقة تشتت طاقة الأشعة السينية (EDX) وجدول (٢) لعينة جبس من شباك قبة الضريح.

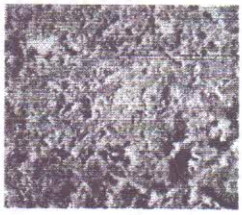
Spectrographic Analysis of Glass Samples and gypsum

	Blue	Green	Violet	Yellow	Orange	Red	Gypsum
Major >10%	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Ca
Manor 1-10%	B,Cu,Na	Al,B,Ca,Cu,Cr,Na	Al,B,Ca,Na	Al,B,Na	Al,B,K,Na,zn	Al,B,Na,Zn	Al, Mg,Si,Sr
Trace 0.1-1%	Al,Ba,Ca, Co,Sb	Co,Mn,p		Ca,Co, Pb	Ca,Cd,Co,Cu,Mn,Pb	Cd,Cu,Co, K	Co
Faint Trace 0.01-0.1%	Cr,Hg,Li,K,Ni,pb,Sn	Ba,Hg,K, Mg,Ni,Ti	Cu,Fe,Hg,K,Mg,Mn,p,pb,Ti	Ba,Cu,Fe,Hg, K,Mg,Mn,p	Ba,Cr,Hg,p,	Ba,Ca,Hg, p,Pb,Ti	Ba,Fe,Mn,Na, p
Very Faint Trace 0.001-0.01%	Cd,Fe,Mg, Mn	Fe,pb,Sn, Zr	Cr,Sn,Zr	Cr,Sn,Ti,Zr	Fe,Mg,Sn,Ti	Cr,Fe,Mg, Mn,Sn	Cu,Cr,Hg,Ni, pb,Ti
Very Very Faint Trace 0.0001-0.001%	Ag,Ti	–	–	–	–	Ag	B

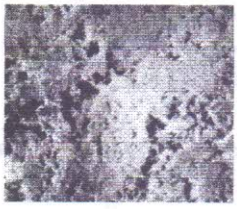
جدول (٣) يوضح التركيب الكيميائي الزجاج والجبس*

* تم التحليل بالمركز القومي للبحوث في ٢٢/١/٢٠٠٠م شعبة البحوث الفيزيقية قسم الطيف.

الفحص باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني SEM والتي تصل قوة تكبيره إلى ٢٠٠٠٠٠ وذلك لمعرفة مكونات ومظاهر التلف المختلفة والصور الآتية توضح ذلك:-



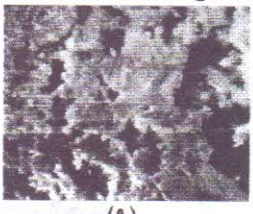
(٧)



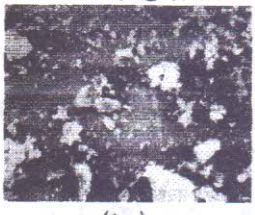
(٨)

(٧) صورة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) لعينة من مادة الجبس بشباك قبة الضريح قبل المعالجة والتقوية بقوة تكبير X 500 ويظهر من الصورة تجانس حبيبات الجبس في الأماكن القوية مع ظهور بعض الفراغات والمسام البينية في مواقع الضعف.

(٨) صورة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) لعينة الجبس السابقة بقوة تكبير X 750 توضح الفراغات والمسام البينية بين حبيبات ومكونات الجبس قبل المعالجة والتقوية.



(٩)

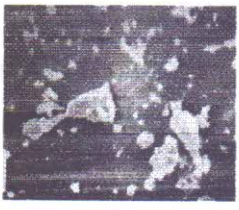


(١٠)

(٩) صورة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) لنفس العينة السابقة بقوة تكبير X 1000 توضح التفكك الموضعي لحبيبات ومكونات مادة الجبس الداخلية قبل المعالجة والتقوية بالبارالويد ب ٧٢ بتركيزاته المختلفة.

(١٠) صورة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) لعينة من الزجاج الأحمر من شباك بقبة الضريح حيث يتضح من الصورة التجانس النسبي لسطح الزجاج مع وجود بعض المواضع التي ينتشر بها الشوائب الرملية sandy impurities بأشكال مختلفة على السطح الزجاجي وبين الحبيبات مع انعدام وجود الفقاقيع الهوائية Air Publes وقوة تكبير X200 قبل المعالجة والتقوية.

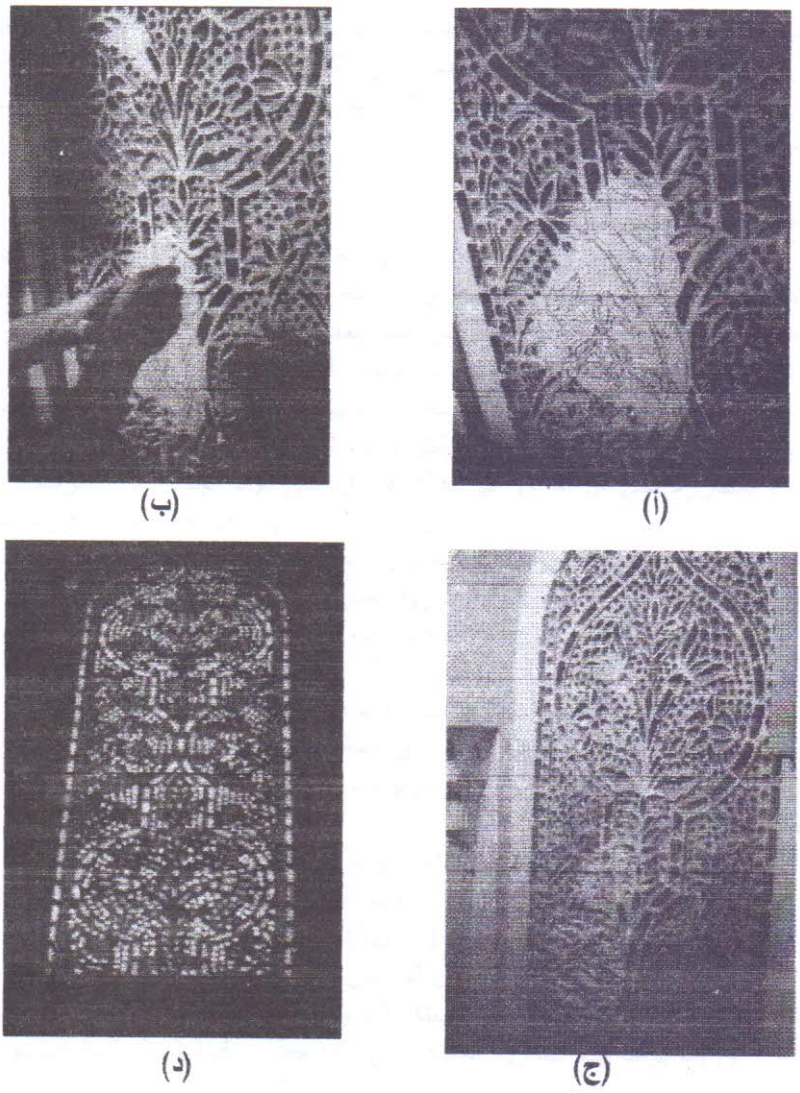
(١١)



(١٢)

(١١) صورة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) لنفس عينة الزجاج بقوة تكبير X 500 توضح حجم وشكل الشوائب الرملية المنتشرة على سطح الزجاج وبين مكوناته الزجاجية مع ثبات جسم الزجاج الأصلي قبل المعالجة والتقوية والتنظيف.

(١٢) صورة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) لنفس العينة بقوة تكبير X 750 مع تركيز واضح على الشوائب الرملية المنتشرة على السطح الزجاجية وبين مكونات الزجاج نسبياً والتي تختلف في شكلها وحجمها عن مكونات الزجاج الأصلية قبل الترميم والتنظيف.



شكل (١٣)

(أ) بعد معالجة الفجوة بالجبس المعالج وطبع التصميم عليها
(ب)بداية عملية التفريغ حسب التصميم المستكمل للشكل القديم.
(ج) الانتهاء من تفريغ الجزء المرمم في الجبس وبداية عملية التنظيف للتصميم الجبسي.
(د) شكل النافذة بعد الانتهاء من عملية الترميم للجبس والزجاج والإطار معاً "الشكل النهائي".