التطبيق التكنولوجي في التدعيم بمشروعات الحفاظ علي التراث المعماري
دراسة حالة – مدرسة العيني الأثرية بالقاهرة

ملخص:

هذا البحث يلقي الضوء علي التدخل التكنولوجي الذي أصبح له دوراً فعالاً في عملية الحفاظ بدءاً من الفحص و التوثيق إلى الترميم ثم إعادة التأهيل ، وذلك لما يوفره من وقت وجهد ودقة كبيرة، ويستند التدخل التكنولوجي في تطبيقه إلي جزء يعتمد علي الدراسات والبحوث العملية لما كان عليه المبني في السابق ، ثم إعادته إلى حالته الأصلية طبقاً للمواثيق والأتفاقات الدولية التي خطت اسس التعامل مع هذه الثروات

1. مقدمة:

الهدف من استخدام تطبيقات التكنولوجيا الحديثة هو الحفاظ على التراث كمورد غير متجدد وفحصه وتوثيقه و ترميمه ووقف تدهورة باستخدام الوسائل الحديثة التي توصلت إليها الدراسات والبحوث في هذا المجال .ولقد ساعدت التكنولوجيا في تحسين التعامل مع التراث من خلال:

أ- فهم للعنصرالمراد ترميمة ومعرفة بنائه الداخلي،من حيث فهم حالته وأسباب تلفه وأسباب تحول مادته وضعفها والتحكم في مظاهر ومسببات التلف بالفحوصات والتوثيق.

ب- إمكانية تطبيق حلول جديدة لم تكن متاحة مع الأساليب التقليدية لعمليات الترميم .

ت- وجود وسائل متقدمة في الفحص والتحليل والوقاية التي تعطي لعناصر المبني عمراً إضافياً،وفي نفس الوقت لاتفقد العنصر قيمته الأصلية.

ث- أساليب إنشائية حديثة تحفظ المبني في سجل يمكن الرجوع إليه بسهولة إذا ما تطلب المبني أعمال ترميمية جديدة مستقبلاً.

2- عوامل التلف التي تتعرض لها المباني التراثية

2-1- عوامل التلف الميكانيكي

أ- **الرياح والعواصف** من عوامل التعرية وتسبب النحر للأحجار وللمباني الآثرية خاصة في أثناء حملها حبيبات رمال ذات صلابة عالية

ب- **الإتلاف البشري** وينقسم إلى:

- **الحرائق** وهي تسبب ضرراً بالغاً بالمباني الآثرية خاصة ان معظم مواد البناء في المباني الأثرية قابلة للاشتعال بدرجة كبيرة خاصة الأسقف الخشبية بالإضافة إلى أنها تحدث تحولات كيميائية في مواد البناء الأخرى ولعل من أهم الآثار التي تأثرت بالحريق قصر الجوهرة بالقلعة
- **الحروب** والتي قد يلجأ العدو فيها لتدمير تراث الدول المعماري لمحو حضارة هذه البلاد كما حدث في الحرب العالمية الثانية التي تم فيها تدمير العديد من المباني التاريخية
- **أعمال الهدم والتخريب** وينتج هذا عن طريق ضعف الرقابة على المباني الآثرية مما قد يسبب نهب كنوزها أو مد المرافق فيها يساعد على تلفها وغير ذلك من أعمال التخريب
- **الترميم الخاطيء** الذي قد يؤدي إلى طمس معالم البناء أو تغيير عناصره مما يسبب التلف للآثر كما في الترميمات الأسمنتية التي أحدثتها لجنة الحفاظ على الآثار العربية في منطقة أثار القلعة
- **الأمطار والسيول** تسبب تفكك لمونة البناء وتساقط ملاط الحوائط وقد تسبب ضياع النقوش والألوان وغيرها من خلخلة المبنى وتآكل حجارته ثأثراً بالسيول
- **الزلازل والصواعق** الزلازل قد تهدم المباني الأثرية بالكامل أو تتسبب في تساقط أجزاء منها وذلك ما حدث عام 1992 في الزلزال الذي ضرب القاهرة وتسبب في الضرر لمعظم آثارنا الإسلامية أما الصواعق فقد تسبب الحرائق للمبنى الآثري وقد عرضنا فيما قبل عن تأثير الحرائق على المباني الآثرية

2-2- عوامل التلف الفيزيوكيميائي

أ- التفاوت في درجات الحرارة مما يسبب العديد من المشاكل للأحجار وللأسطح الخارجية للأثار مثل إنهيار ترابط حبيبات هذه الأحجار مما يجعلها سهلة التأثر بالرياح والعواصف بالإضافة إلى التأثير الكبير الذي يسببه هذا التفاوت على طبقات الملاط الآثري

ب - التذبذب في منسوب مياة الرشح والنشع وهو يعتبر من العوامل التي تسبب تلف بالغ في الآثار فتجمع مياة الرشح خاصة في الأماكن القريبة من مجاري المياة تسبب تلف الأساسات بالإضافة إلى مشكلة المياة الجوفية وتأثيراتها التي سبق التحدث عنها

ج - التغيرات الكبيرة في معدلات الرطوبة النسبية التي قد تسبب تفاعلات مع الأسطح الخارجية للآثر وتسبب تبلور للأملاح في خارجها فتصبح الطبقات الخارجية هشة نتيجة سحب بعض المواد المكونة أثناء التفاعل مع الرطوبة النسبية في الجو مما يسبب إضعاف صلابة الأحجار ومونة البناء وملاط الحوائط

3-2- عوامل التلف البيولوجي

أ- النباتات والتي تسبب بذورها التي قد تستقر في الشقوق والفواصل التلف وذلك لنموها في هذه الشقوق التي قد تكون جزء من حائط أو فاصل بين كتلتين من المبنى الأثري وقد يسبب هذا النمو التصدع للمبنى أو قد يسبب له تآكل لمواد بنائه بسبب الإفرازات التي تفرزها خلايا الجذور

ب - الحيوانات ومن أكثر تأثيراتها تلف فضلاتها التي تتركها على الآثار وتسبب تحلل بعض مواد البناء أو الجحور التي تحفرها في الجدران أو تحت الأرض عند الأساسات مثل الفئران والوطاويط

ج - الحشرات مثل النمل الابيض والنحل وتأثيراتهما البالغة بسبب عمل أعشاشهما في حوائط الآثر وبخاصة تأثير النمل الأبيض على تآكل الأخشاب

د- الكائنات الدقيقة وتأثيرها يكون بتفاعلها مع الأسطح الخارجية للآثر سواء بإفراز مواد قلوية أو حمضية مما يخل بالمحتوى الكيميائي للأسطح ويسبب تلفها[1]

3- التدخل التكنولوجي في الحفاظ على التراث:

تتطلب حالة التراث تدخل عاجل حال تعرضها لأحد من مظاهر التلف السابق ذكرها, و تحتاج إلى التدخل بالترميم ولعل من أكثر الطرق التكنولوجية شيوعاً ما أرتبط باستخدام مواد البناء الحديثة بتقنيات متقدمة لتحقيق الأمان الإنشائي للتراث

4- استخدام تكنولوجيا فايبر كربون Carbon Fiberفي تدعيم المبني :

من أهم المواد التي حققت نجاحاً كبيراً في الترميم لتقوية بعض العناصر الإنشائية او أي عنصر به خلل في الأمان الإنشائي , مما يحدث اجهادات شد وقص في هذه العناصر و تسبب الشروخ .

تساعد هذه التكنولوجيا علي تقليل الترخيم والتشويه في العناصر الانشائيه وتساعد علي التقليل من اتساع الشروخ والتي قد تنتج من عدة اسباب منها زياده الاحمال والتغييرات في استخدام المبني ويتم عن طريق هذه التقنيه معالجة التغيير الانشائيه التي تكون قد حدثت داخل المبني في فترات ماضيه وتعتبر مادة الكربون المستخدمه في هذه الوسيلة التكنولوجية ذات ميزة جيده حيث انه يمكن توجيه الالياف بالاتجاه المرغوب حسب الاحتياج والطلب.

من التقنيات التى ظهرت مؤخرا فى مجال الترميم الإنشائى تقوية المبنى بإستخدام الكربون فايبر , حيث أن هذه المادة مرنة وسهلت التشكيل وتقاوم الظروف الطبيعية إلا أن من معوقات استخدامها ارتفاع تكلفتها

بدء العمل بالكود المصري لأسس تصميم و اشتراطات تنفيذ استخدام البوليمرات المسلحة

بالألياف في مجالات التشييد بقرار وزير الأسكان رقم 492 لسنة 2005

تتميز البوليمرات المسلحة بالألياف بامكانيات فنية و أقتصادية عالية لما لها من مقاومة عالية و خفة وزن علاوة على عد قابليته للصدأ, ويتكون من عنصرين أولهما الألياف و الأخر راتنج بوليمري, يتم دمجهما معاً بالموقع أو تصنع كمواد سابقة التجهيز [2] و تنقسم إلى :

أ- الياف الكربون
ب- الياف الزجاج
ت- الياف الأراميد

و تدخل أعمال التدعيم بألياف الكربون في تدعيم المنشأت الأثرية كنوع من أنواع الإصلاح باستخدام الشرائح التي يتم لصقها على السطح الخارجي[3]

من ضمن تأثيرات استخدام الياف الكربون السلبية تأثرها بدرجات الحرارة المرتفعة و الحريق مما يلزم رصدها الدائم لمراجعة سلوكها

تصنع الألياف بأقطار من 5 – 20 ميكرومتر في صورة خيوط متوازية في اتجاه واحد أو في اتجاهين متقاطعين

تتجمع هذه الألياف داخل الوسط المحيط البوليمري المناسب , ثم يتم لصق العديد من الطبقات فوق بعضها حتى الوصول للسمك المطلوب

تعتبر هذه الألياف هي العنصر المقاوم للحمل و هذه المقاومة ترجع إلى نوع و طول و خواص الألياف [4]

الياف الكربون

5- مميزات و مساوىء الألياف الكربونية

تتميز الياف الكربون بما يلي:

أ- أعلى مقاومة للشد
ب- المرونة الشديدة مقارنة بمثيلاتها
ت- انخفاض الكثافة و خفة الوزن
ث- مقاومة البري و التآكل
ج- قيمة سالبة للتمدد الحراري

من ضمن عيوب تطبيقاتها:

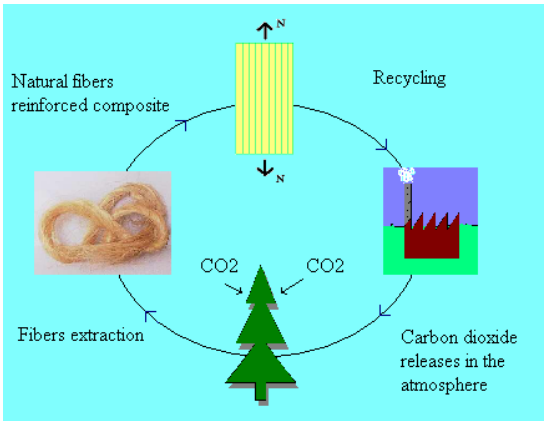
أ- حدوث استطالة نسبية وقت تحرك العنصر الإنشائي
ب- موصل للكهرباء مما يجعلها غير مناسبة للأستخدام في المنشأت المعرضة لمجال كهربائي
ت- تسبب تآكل بعض المعادن كالحديد و الألومنيوم حال ملامستها

6- انواع الواح الألياف الكربونية[5]

أ- الياف الكربون للأستخدام العادي general purpose
ب- الياف الكربون عالي المقاومة high strength
ت- الياف الكربون فائق المقاومة ultra high strength
ث- الياف كربون عاليه معاير المرونة high modulus
ج- الياف كربون فائق معايير المرونة ultra high modulus

7- تطبيقات الألياف الكربونية على المباني التراثية

الياف الكربون Carbon Fiber هي الياف تنتج بالمعالجة الحرارية لألياف عضوية تمهيدية مثل البولي أكريلونيتريل PAN مع القار وذلك في بيئة خاملة [6] وكمادة طبيعية يمكن ان يعاد تدويرها مرة اخرى فتصنف مادة صديقة للبيئة



دورة حياة الياف الكربون
المصدر: fibers for strengthening of timber structures

الغرض من الحفاظ على التراث هو أرجاعة إلى كفاءته كما كان في سابق عصره, ولكن برؤى حديثة تواكب تكنولوجيا العصر

وبدون التأثير على أصوليه التراث[7] , وهنا يأتي القرار بدخول مواد غريبة ليس من أصل المكان أمام بقاء ورفع كفاءة المبنى, شكل هذا بداية أعتبار التكنولوجيا كمنقذ للعديد من الحالات الحرجة في الترميم, فذلك بمثابة احياء التراث مع مواكبه العصر

بدأت فكرة التدعيم بالبوليمرات بصفة أساسية للحفاظ على المنشآت التذكارية ثم أمتدت إلى الحفاظ على المنشآت الخرسانية الجديدة, وذلك لما لها من أمكانية في تحقيق رفع كفاءة إنشائية بدون تشويه للشكل الأصلي للأثر, و اعتبرت كتقنية معتمدة لعلاج تأثيرات الزلازل على المباني التراثية [8], فهي مادة ذات سمك صغير ولا ينتج عن استعماله أي أوزان زيادة عن أستعمالها و تطبيقها على الأسطح, كما أنها تساعد على صمود المباني التراثية أمام الزلازل

كانت فرنسا لها السبق في بداية البحوث على تكنولوجيا العمل بالتدعيم بالياف البوليمرات منذ عام 1946, توالت بعدها البحوث وابدت الألياف تحسين في رفع كفاءة العناصر الإنشائية و خصوصا في مقاومة أعمال الزلازل حيث أن معظم المباني راعت الحموله المحورية و لكن لم تؤخذ كافة الأحتياطات اللازمة لملافاه آثار الأنتقال الجانبي الذي ينتج عن قوى الزلازل[9]

الياف الكربون مادة طبيعية صديقة للبيئة نظراً لأنها جاءت من الطبيعة و يمكن أن يعاد تدويرها مرة اخرى [10], مرتفعة الثمن عند مقاومتها بالألياف الزجاجية, ولكنها على الرغم من ذلك تتميز عنها في الخواص الميكانيكية مما أهلها إلى الأستخدام في معدات الفضاء [11] نظراً لما تتمتع به من خواص و مرونة و مميزات مقاومة للأجهادات و الحركة الجانبية

رشحت الياف الكاربون كتقنية معتمدة للتدعيم المتطور في تدعيم المنشآت التراثية باتت تستعمل في مقاومة أجهادات القص بصفة خاصة عند الحديث عن مقاومة الزلازل[12]

في ميثاق فينسيا الصادر عن الأيكوموس في 1964 والذي تناول الترميم المعماري, وانه يفضل استخدام المواد الأصلية في الترميم مع الأحتفاظ بدرجة التدخل في الحد الأدني[13] و يرجع الحفاظ على التراث بدرجة كبيرة على إبقاؤه في حالة جيدة مما يستلزم وضع الوسائل المناسبة لمراقبة التراث بصفة مستمرة لوقف التدهور حال حدوثه[14]

8- شروط استخدام التكنولوجيا في الحالة الدراسية المختارة:

تهدف الدراسة التطبيقية إلي تقييم نجاح لأستخدام الوسائل التكنولوجيا الحديثة المستخدمة في الترميم من خلال رصد تأثير استخدام التكنولوجيا على المبني التراثي وعناصره،وكذلك تحقيقها للشروط العامة الواجب توافرها وهي كما يلي:

- **المنفعة:**وتعني أن تحقق عملية الترميم الغرض منعا ،فأعمال الترميم لا تتم إلا لسبب معين وهوالحفاظ على التراث وارجاعه لحالته الأصلية
- **الأقتصاد:**يؤثر عنصر الأقتصاد في عملية ترميم المباني التراثية ،خاصاً للبلاد الفقيرة ،وفي بعض الأحيان تكون عملية الترميم بوسائل التكنولوجيا الحديثة مكلفة جداً, ولكن استخدام تطبيقات استخدام مواد حديثة بتطبيق تكنولوجي جديد يعتبر بديل جيد
- **المتانة:**أن تحقق التدعيم الكامل للعنصر المرمم دون التأثير عليه[15].

وكذلك تحقيقها للشروط التي نصت عليها المواثيق الدولية وهي كما يلي:

- **تراجعية:** يجب ان – **عكسية**: ان تكون المادة عكسية الأستخدام فما نقبله نحن قد لا يقبله الجيل القادم عند ترميمه للمباني التراثية ،فقد يقدم العلم وسائل وطرق حديثة أفضل من الموجودة حالياً.
- **توافقيه :**تعني التوافق والأنسجام بين مواد المبني القديمة والمواد الحديثة المستخدمة في الترميم،وذلك لتحقيق

العنصر الجمالي للمبني ،ولا يبدو مشوهاً بسبب أعمال الترميم.

- **الأمان:**يجب التأكد من سلامة استخدام الوسائل التكنولوجيا المستخدمة في الترميم المبني التراثي أو علي القائمين بالترميم بتلك الوسائل التكنولوجيا.

9- حالة دراسية : مشروع ترميم قبة مدرسة العيني بإستخدام نظام التدعيم بالكربون فايبر(carbon Fiber):

9-1- التعريف بالأثر[16]:

- **رقم الأثر:** سنة 102
- **تاريخ أنشاء الأثر:** 1411م/814 هـ
- **عصر أنشاء الأثر:**دولة المماليك الجراسكة
- **نوع الأثر:** مدرسة
- **أسم المنشئ:** بدر الدين محمود بن أحمد بن موسي
- **الجهه المسئولة عن ترميم :** وزارة الثقافة (مشروع تطوير القاهرة التاريخية)

مدرسة العيني
المصدر:القاهرة التاريخية (مجد العمارة الأسلامية),كتاب،2002-2006

9-2- نبذة تاريخية[17]:

هذه المدرسة تقع خلف الجامع الأزهر، وتعتبر ضمن مجموعة فريدة من المنازل الإسلامية، حيث تجاور منزل زينب خاتون وبيت الهراوي ومنزل الست وسيلة، وتطل بواجهتها الشمالية على شارع الإمام محمد عبده بحي الأزهر. وقد أنشأها العيني قاضى القضاه بدرالدين محمود بن أحمد بن موسى، ولد بالشام، وقد جاء إلى القاهرة في أواخر القرن الرابع عشر الميلادي وتولى وظيفة محتسب القاهرة وقاضي القضاه الحنفية لمدة أثنى عشر سنة متوالية ، وقد توفي في عام 1451م ودفن بالقبة الضريحية بالمدرسة.

جدد حفيده الشهابي أحمدالعيني هذا الأثرسنة 870 هـ،وبني إلي جانبه في الجنوب الشرقي داراً للسكني وجدد شبابيك بيت الصلاة والأيوان الغربي سنة 891 هـ ،وفي سنة 1229 هـ جدد الشيخ أحمد الطهطاوي بعض ما تخرب من هذا الجامع ،وفي سنة 1318 هـ حدث به ترميم من طرف دائرة البرنس سعيد سليم باشا ،وفي سنة 1351 هـ جددت لجنة الأثار الإسلامية ما تدهور من المدرسة.

جاءت فكرة تحويل المبانى العلوية الملحقة "بمدرسة العينى" بعد الترميم إلى مركز إبداع الطفل عام 2003 كإنعكاس لكل الجهود المبذولة لتنمية الثقافة وزيادة الوعى الأثرى وإطلاق الإبداعات المكنونة داخل الطاقات البشرية، ولأن أهم الفئات العمرية فى مجتمع الدرب الأحمر هم الأطفال أجيال المستقبل كان على مركز إبداع الطفل أن يكون ملتقى لهؤلاء الأطفال (من سن 6 سنوات إلى 15 سنة) ليفجر ويكشف عما بداخلهم من إبداع فى مجالات الرسم والغناء والموسيقى والشعر

كما كان هذا المركز من أول المراكز التى تستوعب أطفال منطقة الدرب الأحمر ليخدم بذلك أهداف محاربة العشوائيات وأصبح فى أمس الحاجة إلى إظهار الوجه الحضارى للمنطقة الأثرية الغنية بالآثار الإسلامية.

مركز أبداع الطفل بمدرسة العيني
المصدر:القاهرة التاريخية (مجد العمارة الأسلامية),كتاب،2002-2006

9-3- التكوين المعماري لمدرسة العيني:

تتبع هذه المدرسة فى تخطيطها المدارس المملوكية التي تتكون من صحن أوسط يحيط به ايوانين الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي، وتشتمل المدرسة على واجهتين، أولهما الرئيسية بالناحية الجنوبية الشرقية وتطل على عطفة العيني وتضم المدخل الرئيسي بالمدرسة. ويؤدي المدخل الرئيسي إلى صحن سماوي يتقدمه الأيوان الجنوبي الشرقي، وقد قسم إلى قاعتين، الجنوبية وقد خصصت للصلاة أما القاعة الشرقية فهي بيت للصلاة مستطيلة المساحة يتصدر جدار جنوبها الشرقي محراب وينتهي ضلعها الشمالي الغربي بفتحة باب تؤدى للغرفة الضريحية يتوسطها تربتان حجر الأولى تعلو قبر قاضى القضاه بدر الدين العيني والثانية تعلو قبر احمد العسقلاني شارح صحيح البخاري.

9-4- مظاهر تدهور مدرسة العيني:

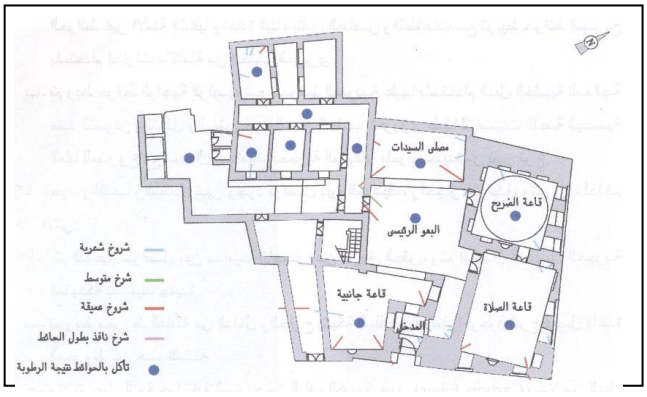
- وجود شروخ عميقة ومتفرقة بقبة الضريح ،وإنفصال أفقي بالمئذنة ،بالأضافة إلي الشروخ الرأسية الموجودة بشبابيك الواجهه الرئيسية والحوائط والعقود والأسقف ،وتنوعت الشروخ مابين شروخ عميقة أومتوسطة أو شعرية.

-وجود تأكل بالزخارف الخشبية وفي أحجار الحوائط .

-زلزال 1992 الذي إلحق بقبة ومئذنة المدرسة بأضرار جسيمة وكذلك الرطوبة.

-هبوط الأساسات بسبب ضعف التربة اسفل المبنى

- عوامل بشرية من سوء الأستخدام



صورة توضح المسقط الأفقي للدور الأول لمدرسة وتوقيع مظاهر التدهور عليه

المصدر:تكنولوجيا الترميم الحديثة آلية لاستمرار حياة المباني التراثية،ص 211

9-5- وصف القبة:

تغطي القبة غرف مربعة المساحة ،وهي علي تربيع سفلي ويليها منطقة إنتقال من خمس حطات من المقرنصات الخشبية عليها زخارف نباتية بالتذهيب وهي ذات عقود مدببة ويفتح علي رقبة القبة أربع نوافذ معقودة بعقود نصف دائرية مغشاه بجص معشق بالزجاج الملون ويليه خوذة القبة هي ملساء.

بعد الدراسات اتخذ فريق العمل القرار بعدم فك القبة و إعادة بناؤها لما له من تأثير على أصولية العنصر[18], و لكن عند وجود اليات للتنبؤ بسلوك المواد معاً تم اختيار أستخدام الياف الكربون لتدعيم القبة الطوب بعد إحلال المون المتهالكة, وظهرت نتائج الدراسة في صالح هذا القرار

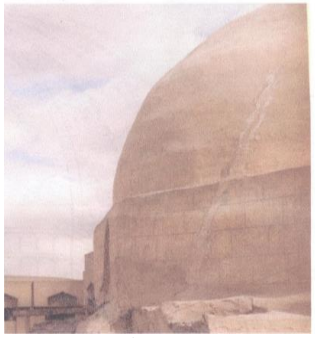
حقق ذلك مبدأ التدخل في الحد الأدنى ووجه ذلك كافة أعمال الترميم التي تلت عملية التدعيم بأستخدام الألياف الكربونية, مع أخذ كافة التدابير اللازمة لمراقبة التغيرات الحادثة بالمبنى وبصفة خاصة العنصر الذي تم أستخدام مواد حديثة به كأجراء دائم في المراقبة[19]

التدخل بإعادة تأهيل ورفع كفاءة القبة

يتم استخدام الياف الكاربون لرفع كفاءة القبة عن طريق استعادتها لمقاومتها التصميمية للأحمال ووقف الترخيمات التي تحدث بها

9-6-حالة القبة قبل الترميم :

يوجد شرخ طولي نافذ بالقبة ،مما يؤثر علي سلامتها الإنشائية مما إدعي لتباع أسلوب ترميم لتدعيم القبة لربط هذا الشرخ.



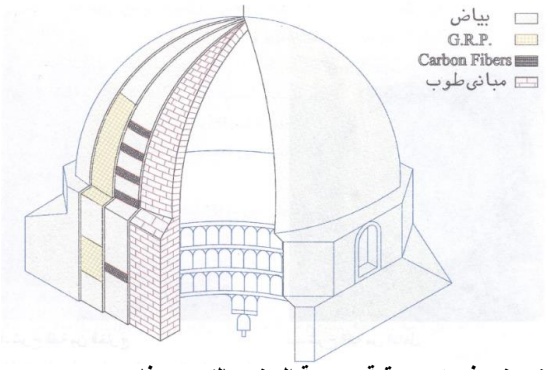
صورة توضح الشرخ الموجود بالقبة من الخارج ومن الداخل
المصدر: المكتب الفني لمشروع القاهرة التاريخية

أستقر الرأي علي أستخدام شرائح كربون فايبر لربط الشرخ وتدعيم قبة الضريح ،وساعد في ذلك بعض العوامل وهي :

9-7- مراحل تطبيق تدعيم القبة بالألياف الكربونية

- تم أزالة طبقة البياض الغير أصلية وذلك لعدم وجود زخارف بالقبة مما سهل استخدام الكربون فايبر.

وبسبب مرونة الكربون فايبر فأنه يتماشي مع شكل وإنحناء القبة.



صورة توضح نموذج تدعيم قبة مدرسة العيني بالكربون فايبر
المصدر: المكتب الفني لمشروع القاهرة التاريخية

صورة لقطات لتكسير البياض الخارجي للقبة
المصدر: المكتب الفني لمشروع القاهرة التاريخية

-يتم مساواه سطح القبة حتي يسهل وضع الطبقة التحضرية .

صورة توضح تسوية سطح القبة
المصدر:القاهرة التاريخية (مجد العمارة الأسلامية),كتاب،2002-2006

-تم وضع الطبقة التحضرية بسمك 6سم ،وهي عبارة عن سيكاتوب 122

صورة توضح الطبقة التحضرية سيكاتوب112
المصدر:القاهرة التاريخية (مجد العمارة الأسلامية),كتاب،2002-2006

-تم عمل اختبار Pull-out test،وذلك لقياس قوي الترابط بين جسم القبة وبين الطبقة التحضرية الموجودة أسفل الكربون فايبر.

صورة توضح جهاز يستخدم قوة تماسك بين الحجر والطبقة التحضرية
المصدر: تكنولوجيا الترميم الحديثة آلية لاستمرار حياة المباني التراثية،ص215

-تم عمل أختبارMoisture content test لقياس نسبة الرطوبة بالمادة التحضرية.

صورة توضح أختبار قياس مستوى الرطوبة في الطبقة التحضيرية
المصدر: تكنولوجيا الترميم الحديثة آلية لاستمرار حياة المباني التراثية،ص 215

-تم لصق الألياف الكربونية carbon Fiber علي سطح الطبقة التحضرية وفردها بدهان الأيبوكسي قبل أن يجف .

صورة توضح دهان الطبقة التحضرية بدهان الأيبوكسي
المصدر:القاهرة التاريخية (مجد العمارة الأسلامية),كتاب،2002-2006

صورة توضح لصق الكربون فايبر علي الطبقة التحضرية
المصدر: تكنولوجيا الترميم الحديثة آلية لاستمرار حياة المباني التراثية،ص 216

-يثبت شبك GRP بمسامير صلب علي الكربون فايبر ،ورش الكربون فايبر بالرمل قبل أن يجف الايبوكسي

تثبيت سطح القبة مع الطبقة التحضرية
تثبيت GRPعلي سطح القبة
صور توضح لقطات للتحضير سطح القبة لدهانها
المصدر: المكتب الفني لمشروع القاهرة التاريخية

صورة توضح اعمال البياض بعد تركيب شرائح الكربون فايبر لاستعداداً لطبقة الدهان
المصدر: القاهرة التاريخية (مجد العمارة الأسلامية),كتاب،2002-2006

الشكل النهائي لقبة مدرسة العيني بعد ترميمها بالكربون فايبر
المصدر: تكنولوجيا الترميم الحديثة آلية لاستمرار حياة المباني التراثية،ص 210

يحظي الممتلك بكافة جوانب أصوليته من حيث أصولية كل من:

- أصولية التصميم فما زال له نفس التصميم الأصلي فيما عدا إضافة التغطية ولكن لم ينتقص أي شئ من تصميمه.
- أصولية الحرفة لأن عمليات الترميم شملت نظافة احجاره وتدعيمها دون العبث بالقيمة الأصلية أو التدخل بحرفية مختلفة، وعند إضافة السقف تم تمييزه وتأريخه حتي يتسني للجمهور معرفة القديم من المضاف.
- أصولية المواد استخدمت نفس المواد الأصلية في الترميم و أضافة السقف تمت بإستخدام مواد متوافقة.
- أصولية الموقع لم يتم تغيير مكان الممتلك أو نقله لذا فهو يلاقي كافة أوجه الأصولية طبقاً لما جاء في وثيقة نارا .

10- النتائج:

10 -1- استخدام المواد الحديثة في الترميم قد يساعد على احتفاظ المبنى بعناصره المتضررة

10 -2- الياف الكربون من اهم المواد التي يمكن اعتبارها كحل أول للتدعيم الإنشائي للعناصر الضعيفة

10-3- لا تتعارض استخدام الألياف الكربونية مع أصولية المباني التراثية

10-4- تساعد الأجهزة الحديثة على اختبار مدى مناسبة التقنيات الحديثة في المواد للمباني التراثية

10 -5- تعمل التكنولوجيا في المواد والأجهزة معا كمنظومة متكاملة للوصول إلى الحل الأمثل في عمليات الحفاظ

10 -6- تقليل التكلفة و الوقت الناتجين عن استخدام الوسائل الأعتيادية في ترميم الآثار

10 –7- تحقيق دقة عالية في تدعيم العناصر الإنشائية المتعرضة لقوى جانبية

10 -8-تحقيق مرونة عالية و الوصول إلى مقاومة احمال الزلازل بشكل فعال

10 -9- عدم تحميل وزن زائد للمباني التراثية كما في مواد التدعيم الشائعة

10-10- تشجيع دراسات تكنولوجيا مواد البناء و توظيف الأجهزة الحديثة لضمان جودة التنفيذ و كذلك السماح بالتطبيق اداه هامة للحفاظ على التراث المعماري

قائمة المراجع

[1] عبد المعز شاهين , ترميم وصيانة المباني الآثرية , صفحة رقم (1986)

[2] اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصري , كود 208, الكود المصري لأسس تصميم و اشتراطات تنفيذ استخدام البوليمرات المسلحة بالألياف في مجالات التشييد, صفحة 1-1, مركز بحوث الإسكان و البناء,2005

[3] Charlez Selwitz , research in conservation, page 85, 1992

[4] اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصري , كود 208, مرجع سابق, صفحة 7-2, مركز بحوث الإسكان و البناء,2005

[5] Debrah D.L.Chung, Carbon Fiber Composites , page 4, 1994

[6] Fatma Marii and Usan Chaidan, technical vocabulary for culture property conservation, page 32, UNESCO, 2011

[7] Robert Layton, Peter G. Stone and Julian Thomas, destruction and conservation of cultural property, page 294, Routledge, 2001

[8] S.Saileysh Sivaraja and others, preservation of historical monumental structures using fiber reinforced polymer (FRP) , page 474, proceeding engineering .54, Elsevier, 2013

[9] غادة العسراوي, مأمون السمكري, دراسة التشوهات و اشكال الأنهيار للأعمدة المدعمة بألياف الكربون, مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية, المجلد الحادي و العشرون – العدد الأول – صفحة 73, 2005

[10] Alann Andre , fibers for strengthening of timber structures, lulea university of technology, page 18, 2006

[11] Alann Andre , previous reference, lulea university of technology, page 41, 2006

[12] Andre de Naeyer, new materials for safeguarding cultural heritage ,page 3, university chant, Belgium

[13] Venice charter , 1964, www.icomos.org/charters

[14] UNESCO, monitoring world heritage,

[15]

[16] طارق المري, ياسمين صبري واخرون, مجد العمارة الإسلامية (مهمة لحفظ التراث 2002- 2006) , صفحة رقم ,2006

[17]

[18] Nara document of authenticity, www.icomos .org

[19] May Cassar, center for historic buildings, university college London, technological requirement for solutions in the conservation and protection of historic monuments and archeological remains, page 10, 2001

ياسمين صبري محمود حجازي

مدرس بقسم الهندسة المعمارية

كلية الهندسة – جامعة الزقازيق

مؤلف رئيسي

مايسة سليم

معيدة بمعهد العاشر

مؤلف مشارك