الفصـــل الســـابع
صيانـــة الأحجـــار
Coservation of Stone

٧-١- التشـــخيص Diagnosis:

قبل البـدء فى عـلاج وصيانـة الأحجـار ، يجـب أولا دراسـة عوامـل التلف التى تؤثر فيها ، وتؤدى إلى تلفها ..

هذه الدراسة تشمل :

* تحديـد نـوع الحجـر ، وتركيبـه الكيميـائى أو المعدنـى سـواء فـى الأجـزاء الأصلية السليمة التـى لـم يصبهـا التلـف، أو تلـك التـى أصابهـا التلـف وتحلـل أجزائها.

* معرفة كمية الشروخ بالحجر ، وتصنيفها ، ومعرفة المسام الداخلية وكيفية انتشارها داخـل الأحجـار ، وذلـك لتجنـب ازديـاد المـاء ، ولتحديـد بدايـة الإجهادات الداخلية – راجع الفصل الأول .

إذ أن المياه تشكل عامل أساسى وهام من عوامل تحلل المواد الأثريـة حيث أنها تنتشر داخل الأحجـار المسامية ، وتتلفهـا ، كمـا أنهـا تنتشـر أيضـا داخل الكثير من المواد الإنشائية الأخـرى فـى المبـانى الأثريـة، وذلـك بطـرق متعددة ... مثل : التكاثف ، الإرتفاع الشعرى ، رشح مياه المطر ..

* مسح عـام لحـالات الطقـس والمنـاخ .. مثـل : الاختـلاف فـــى معـدلات الحرارة والرطوبة ، ومستوى التلوث الجوى ، التربة الملحية .. الرياح ..

هذا المسح ربما يمدنـا بمعلومـات إضافيـة موثقـة عـن أصـل عمليـات التلف المختلفـة .. مثـل: تبلـور الأمـلاح Salt Crystallization والصقيـع Frost التكاثف فى الجو الملوث .

* دراسة بيولوجية .. وذلك إذا توقعنا وجود عوامل تلف بيولوجيـة .. مثـل: الفطريات Algae والبكتريا Bacteria .. التى يجب تحليلهـا لمعرفـة نوعهـا وطرق مقاومتها .

وكما أوضحنا فى الفصل الأول .. فإن اتحاد عوامل التلف المختلفة تتعلق بالحجر نفسه ، أو بالبيئة المحيطة به ، وربما تكون نتيجة لعدد مختلـف من عمليات التلف ..

والدراسات السابقة ربما تناسب حالة واحدة فقط ، وليس كل الحالات.

وبصفة عامة فإن الاسـتعدادات اللازمـة لصيانـة الآثـار يجب أن تتم فقط بعد دراسة وتعريف عمليات التلف ، أو على الأقل بناء هذه الاسـتعدادات على أساس تجريبى .. وذلك لتجنب الأخطاء التى قد تنتج عن التصنيف غـير الدقيق لأسباب التلف على المدى البعيد .

٧-٢- التنظيف Cleaning:

يجب تنظيف أسطح الأحجار جيدا قبـل تطبيـق عمليـات التقويـة Consolidant والحماية Protective لها .

أيضـا يجب أن نحـافظ علـى سـطح الحجـر نظيفـا ، ومحميـا مـن المطربصفة خاصة، حيث أن مياه المطر قـد تتسـرب داخـل المسام ، وتـودى إلى تفتت الحجر ببطء شديدSlowly eroded .

ولسوء الحظ فإن عمليات التنظيف المتعددة أو الواسعة الانتشار حاليا، تسبب بعض الأضرار للأسطح المسامية ، وربمـا تشـكل خطـر محتمـل علـى الآثار التى يتم تنظيفها فى المستقبل ، أى بعد التنظيف .

أضف إلى ذلك أنه يجب الوضع فىالاعتبار أن بعض المواد ، ربما تفقد لو تم تطبيق عمليات التنظيف عليها بطريقة غير سليمة لذلك فإن عمليات التنظيف يجب أن تتم بحساسيه خاصة وبتقنيات عاليه، خاصة للأسطح المزخرفة أو المرسوم عليها .

وفيما يلى نذكر قائمة بعمليات ومواد التنظيف التى تسبب بعض الأضرار لمواد الآثار :

- الأحماض Acids:

تؤدى إلى تفتت غير منتظم لأسطح الأحجار ، كما تؤدى إلى تكوين أملاح ذائبة Soluble salts وهذه يحتمل ادمصاصها داخل مسام الحجر ، مما ينتج عنه إجهادات داخلية Internal Stresses .

ومن أمثلة الاحماض الخطرة على الآثار الحجرية : حمض الهيدروكلوريك Hydrochloric Acid وحمض الكبريتيك Sulphuric acid وحمض النيتريك Nitric acid ، كما يلاحظ أن حمض الهدروفلوريك Hydrofluroic acid وملح بايفلوريد الأمونيا Ammonium bifluoride أقل خطورة على الأحجار من الأحماض السابق ذكرها ، حيث تكون أملاحا قليلة الذوبان ، ولكنها فىالمقابل أكثر خطورة على المرمم الذى يقوم باستخدامها فى عمليات التنظيف .

القلويات Alkali:

مثل الصودا الكاويه Caustic Soda والبوتاسا الكاويه Caustic potash إذا استخدمت فى تنظيف الأحجار قد تسبب تكوين أملاح قابلة للذوبان .

- ضخ المياه Water jets :

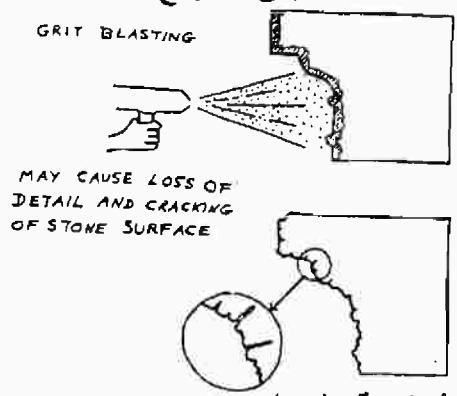
استخدام طريقة إطلاق المياه أو ضخ المياه ، ربما يسبب تخلل عميق للمياه داخل مسام الحجر ، خاصة إذا تم استخدام كميات كبيرة من المياه فى هذه العملية .

وإذا تسربت المياه إلى داخل الحجر، تؤدى إلى زيادة الرطوبة داخل المبانى الأثرية ، وربما تعجل من تأثير بعض عمليات التلف أو تتسبب فى وجود بعض عمليات التلف.

- النسف بالحصى Gritblasting:

الحصى الرطب أو الجاف عند استخدامه فى عمليات التنظيف بطريقة النسف، قديسبب ضياع سطح الحجر الذى يتم تنظيفه وتعريض سطح جديد لعمليات التلف.

هذا فى الوقت الذى يسبب فيه النسف بالحصى ظهور سطح جديد غير منتظم ، ويحتوىعلى شروخ عديدة Veryirregular & Full of cracks وهذه النتائج فى الغالب تؤدى إلى تسريع معدلات التلف . انظر الشكل رقم (٤١).



شكل رقم (٤١) يوضح

طريقة النسف بالحصى لتنظيف أسطح الأحجار ومدى خطورتها

- النحت أو الكشط Chiselling or scraping :

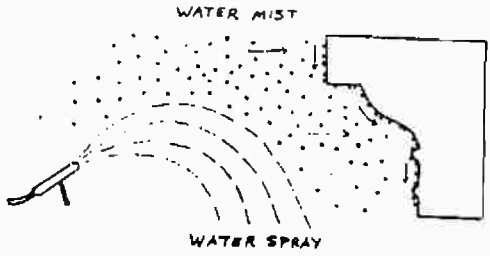
حيث يتم استخدام الادوات المعدنية أو الفرش المختلفة لتعطى نفس نتائج الطريقة السابقة ، لكن على مساحات أوسع .

وبصفة عامة فإن عمليات تنظيف الأحجار فى المبانى التاريخية أو الأحجار المستخدمة فى الأعمال الفنية عمليات عالية الدقة ، ويجب أن تتم بحرص شديد ، ومهارة فائقة ، مع ملاحظة إستمرار تطوير هذه العمليات لتناسب كل حالة .

وفيما يلى نذكر أمثلة لأهم الطرق المناسبة للاستخدام فى تنظيف الأحجار فى المبانى الأثرية .

- رذاذ الماء Water mists:

طريقة التنظيف باستخدام رذاذ الماء عملية متخصصة جدا ، وتؤدى إلى تحلل قشرة السناج Soot crust التى قد تغطى الأحجار ، لأن نقط المياه الدقيقة جدا The tiny droplets تتعلق فى الهواء مكونة سطح نوعى كبير ، وخالقة لسطح بينى متسع Creat alarge interface عندما تترسب على سطح الحجر . انظر الشكل رقم (٤٢)



طريقة تنظيف باستخدام رذاذ الماء

- النسف الدقيق Micro- Blasting:

تتم عملية النسف هذه باستخدام أجهزة تطرد الحصى بقوة كبيرة ، وبسرعة عالية فى صورة عمود دقيق جدا Very narrow beam of grit ويمكن التحكم فى قوى طرد الحصى ، طبقا لنوع الرواسب المطلوب إزالتها، ومدى تماسكها ، وقوة التصاقها بالحجر .

ومن مميزات هذه الطريقة أنه يمكن تطبيقها فى المساحة المطلوب نظافتها فقط ، وذلك حسب رغبة المرمم.

ويلاحظ أنه إذا أحسن إستخدام هذه الطريقة ، وأحسن توظيفها جيدا ، فإنه يمكن التخلص من أو إزالة الطبقات السميكة أو الصلبة من الرواسب غير المرغوب فيها فوق سطح الحجر أو الأعمال الفنية، دون فقد أى تفاصيل، ودون إحداث أدنى تلف بسطح العمل الفنى على وجه الخصوص.

- كمادات الطين Clay packs:

تضع كمادات الطين من طينات عالية الإدمصاص ، مثل : طينة Sepiolite وطينة Attapulgite والتى غالبا ماتقوى بألياف سيليلوزيه قصيرة Short cellulose fibres ويخلط بالماء .

هذه الكمادات بطيئة النتائج ، إلا أنها آمنة التأثير خاصة على طبقات السناج، أيضا فإنها مفيدة جزئيا عندما تستخدم فىالتخلص من الأملاح القابلة للذوبان من مسام الحجر .

الهلاميات القلويه Basic Jellies:

حيث تعالج الطبقات المترسبة على سطح الأحجار ، بطبقة من عجينة هلامية القوام ، قاعدية الخواص (قلوية) تحتوى على بيكربونات

Bicarbonates وعوامل كيميائية أخرى Chemical agents تعمل على ازالة أيونات الكالسيوم ، وتحتفظ بها ذائبة فى المياه وتسمى هذه العوامل : عوامل فصل Sequestering agents وهذه العوامل أكثر تأثيرا ، وأنشط فعلا من كمادات الطين على القشرة الصلبة من الرواسب غير المرغوب فيها.

المادة الهلامية (جل) تتكون من: لواصق ذائبة Sluble adhesive مثل: ميثيل سيليلوز Methyle cellulose أو السيليكاجل Silicagel دقيقة الحبيبات Micronized silica، هذه اللواصق تجعل عجينة البيكربونات سهلة التطبيق على الأسطح الرأسية والمتدلية Vertical or overhanging surfaces دون أن تسمح للسائد بالجريان خارج المساحات المعالجة.

وبمقارنة كل طرق التنظيف الدقيقة ، والمناسبة للاستخدام فى تنظيف المواد الأثرية ، نجد أنها بطيئة نسبيا، وتحتاج إلى شخص متخصص، ومتدرب تدريبا عاليا على استخدام هذه الطرق.

لذلك فإن عمليات تنظيف المبانى الأثرية، أو الآثار بصفة عامة، عمليات غالية الثمن جدا إذا ماقورنت بطرق التنظيف التجارية The commercial cleaning التى غالبا مايتم تطبيقها عند الحفاظ على المبانى غير الأثرية..

بعض الأسطح الحجرية المتحللة تكون ضعيفة جدا بحيث لاتستطيع احتمال أى عمليات تنظيف ، لذلك إذا حدث وتم تنظيفها بطريقة غير مناسبة، ربما تفقد كمية كبيرة من موادها ، وقبل أن يحدث ذلك لابد من معالجة السطح المطلوب تنظيفه معالجة خاصة تسمح بعمليات التنظيف.. هذه المعالجة تتضمن التقوية المؤقتة Temporarity consolidated كأن يعالج السطح بأحد الراتنجات الصناعية المناسبة ، من مجموعة ثرموبلاستيك

Thermoplastic ، وبعد ذلك يتم التنظيف باستخدام طريقة النسف بالحبيبات الدقيقة أو طريقة الهلاميات القاعدية .

وأحيانا تتم عمليات التقوية الجزئية بالتناوب مع عمليات التنظيف حتى يتم الحصول على نتائج مرضية ، لإزالة الرواسب المتكلسة على سطح الأحجار.

٧-٣- التقويه Consolidation

- **الأهداف Definition of Aims**

نتيجة لعمليات التحلل والتفتت التى تحدث للأحجار عند تعرضها لعوامل التلف ، يحدث أن يفقد الحجر تماسكه ، ويتآكل سطحه لأعماق كبيرة هذامن ناحية، ومن ناحية أخرى قد يتشقق الحجر ، أو تحدث به شروخ ، تسمح بإنفصال شظايا صغيرة Splinters أو قطع كبيرة نسبيا من حواف الشروخ أو الشقوق .

ويكون الهدف من صيانة الأحجار فى المبانى الأثرية أو الأعمال الفنية.. هو تجنب أى فقد أو ضياع أى جزء من الحجر مهما كان صغيرا.

لذلك فإن عمليات التقوية .. بمعنى إعادة الترابط والتماسك للمادة.. تعتبر من أهم عمليات الصيانة خاصة إذا فقدت الأحجار تماسكها ، وأصبح بقاؤها مهددا بخطر الضياع.

بعض عمليات التقوية أيضا تعطى الحجر نوعا من الحماية ، إذ أنها تعمل على تحسين قدرته على مقاومة العوامل البيئية المتلفة ... مع أن هذه الفكرة ليست دائما صحيحة ،إذ أنه من الممكن أن يتم معالجة الحجر وتقويته،

إلا أنه يظل في حاجة ماسة إلى معالجات أخرى لحمايته Protective treatment.

ويجب حماية الحجر المعرض لبيئة سيئة أو بيئة عدوانية An aggressive enviroment عن طريق طبقة حماية قربانية Sacrifical protective layer أى طبقة حماية مؤقتة يمكن ازالتها كل فترة .. هذه الطبقة تنفذ غالبا على شكل طبقة سطحية ، بينها وبين الأصل مسافة صغيرة، وتعمل كطبقة واقية ، تقى السطح المعالج من العوامل البيئية المتلفة، وكلما أصبحت هذه الطبقة غير قادرة على تأدية و ظيفتها، يتم التخلص منها ...لذلك أطلق عليها هذا الاسم: طبقة حماية قربانية Sacrificial protective layer.

- التشبيع Impregnation:

المواد المقوية عادة تكون فى صورة سائل ،وعندما تعالج الأحجار بالمقويات وتتخلل الأخيرة سطح الحجر ، وربما تمتد إلى أعماق كبيرة بعيدا عن السطح ، حتى تصل إلى الجزء السليم من الحجر The sound core of the stone وتؤدى فى النهاية إلى ارتباط الأجزاء التالفة التى كان من الممكن إزالتها بالأجزاء السليمة .

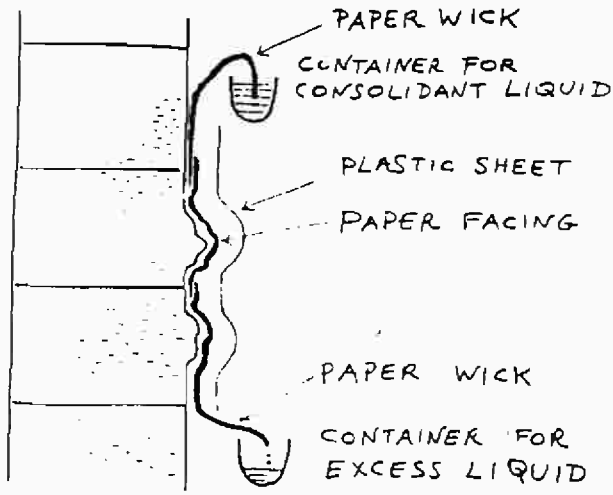
وهذا هو الهدف من عملية التشبيع بالمقويات وتكون عملية التشبيع سليمة وصحيحة ، وأدت الغرض منها، عندما تصل المادة المستخدمة فى التقوية عن طريق التشبيع إلى لب الحجر Core of the stone وتؤدى إلى ترابط وتماسك جميع مكوناته .

ومن السهل تنفيذ عملية التشبيع للأحجار التى يتم نقلها إلى المعمل ،وذلك عن طريق نقعها فى محلول مناسب ، حيث يمكن انجاز هذه العملية

بنجاح خاصة فى الأحجار الصغيرة ... ويزداد نجاح المرمم فى تنفيذ عملية التشبيع ، إذا تمت فى جو مفرغ من الهواء Under a vacuum حيث أن إزالة الهواء من المسام الداخلية فى الحجر ، يسمح بإحلال السائل المقوى كله وبالتالى تزداد فرصة المقوى فى التغلغل وملىء المسام الداخلية للحجر وربط جميع مكوناته .

وفى حالة الأحجار المستخدمة فى البناء والتى لايسهل نزعها ونقلها الى المعمل لتجرى لها عملية تشبيع بتفريغ الهواء أو فى جو مفرغ ، تظل التقنيات التقليدية هى الأمثل دائما عند تقوية هذه الأحجار .

ومن أمثلة هذه الطرق - تكنيك الغطاء الورقى Paper-facing technique. انظر الشكل رقم (٤٣).



شكل رقم (٤٣) يوضح

طريقة التشبيع باستخدام تكتيك الغطاء الورقى لتقوية الأحجار

ويعتمد الأساس النظرى لهذا التكنيك على حفظ سطح الحجر وكذلك الغطاء الورقي رطبا أو مبللا باستمرار لعدة ساعات ، وفى بعض الأحيان لعدة أيام To keep the surface continuously wet مع تجنب عملية البخر التى قد تحدث للسائل المقوى حتى يتم إنجاز عملية التشبيع لأكبر عمق ممكن Until deep penetration.

وفى هذا التكنيك – كما هو موضح فى الشكل رقم (٤٣) يتم تغطية السطح بغطاء ورقى Paper sheets يلتصق بسطح الحجر بواسطة لاصق خفيف Light adhesive ويحفظ الغطاء الورقى بعد ذلك وباستمرار مبللا بسائل التشبيع .

تكنيك آخر فى التقوية هو : **تكنيك التفريغ Vacuum** هذا التكنيك يمكن تنفيذه أو تطبيقه على المواد كبيرة الحجم ، أو على قطاع من مبنى، وذلك عن طريق لف ورق بلاستيك أو مطاط A Plastic or Rubber Sheet على سطحها، مع عمل مص للهواء Suction بواسطة صمام Valve يمر خلال طبقة الورق " أى يتم تفريغ الهواء من بين الورق وسطح الجدار مثلا" وبعد ذلك يتم حقن السائل المقوى داخل الحجر من خلال قطاع مناسب، يترك بدون تغطية Left free

– مقويات الحجر Stone consolidants:

يمكن تقسيم مقويات الحجر إلى مجموعتين :

- مجموعة المقويات غير العضوية .
- مجموعة المقويات العضوية .

أولا: مجموعة المقويات غير العضوية Inorganic Consolidants:

المقويات غير العضوية ، تشمل : السوائل التى فى الظروف المناسبة تكون مواد غير قابلة للذوبان Insoluble substances .

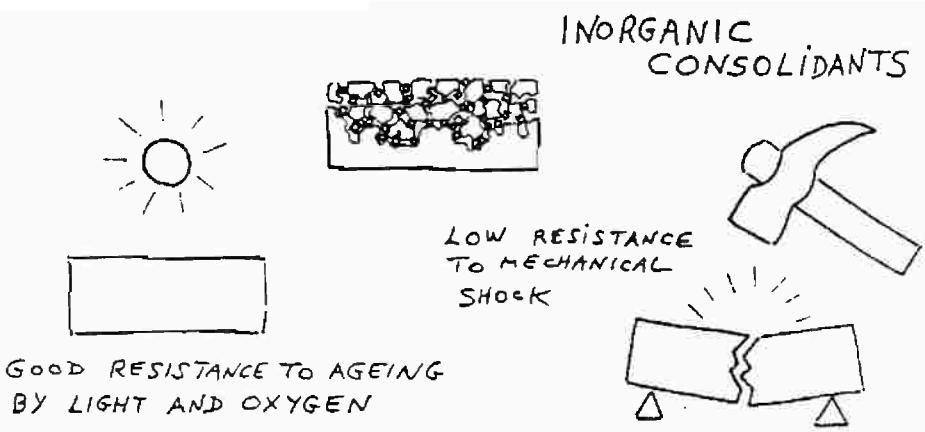
ويجب أن نعرف بداية أن المقويات غير العضوية من خواصها أنها تكون روابط من البللورات المنفصلة عن بعضها فى الأحجار المتحلله .

ويعتمد تأثير المقويات غير العضوية فى تقوية الأحجار علىتكوين السيليكا المائية Hydrated silica مثلما يحدث فى حالة السيليكات والفلوسيليكات Fluosilicates أو تكوين كربونات الكالسيوم أو الباريوم Calcium or Barium Carbonates مثلما يحدث فى طرق التقوية باستخدام الباريوم والجير Lime and Baryta Processes أو تكوين الومينا كما فى طريقة التقوية باستخدام الومينات البوتاسيوم Potassium aluminate process.

كما أن بعض المقويات غير العضوية تكون : أملاحا ذائبة Soluble salts كمنتج جانبى Byproduct فى تفاعلات التقوية ، على سبيل المثال : تلك الاملاح التى تتكون بواسطة سيليكات الصوديوم أو سيليكات البوتاسيوم.

ويلاحظ أن مثل هذه المقويات التى تكون أملاح تستخدم فقط فىحالة إتخاذ الاحتياطات اللازمة لازالة أى أملاح ذائبة تتكون على سطح الحجر بعد التقوية .

كما يلاحظ أن المقويات غير العضوية تتمتع بخواص جيدة ضد القدم Ageing بواسطة الضوء والأكسجين إلا أن أهم عيوبها أنها لاتقاوم الصدمات الميكانيكية .انظر الشكل رقم (٤٤)



شكل رقم (٤٤) يوضح

مقاومة المقويات غير العضوية لعامل القدم وعدم مقاومتها

للصدمات الميكيانكية

ثانيا : مجموعة المقويات العضوية Organic Consolidants:

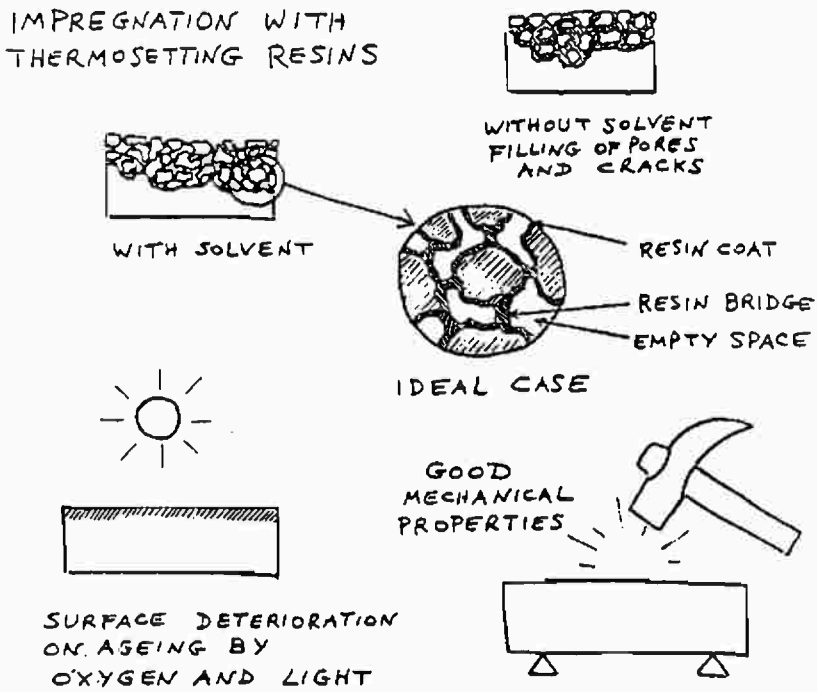
تعتمد هذه المقويات فى الأساس على لدائن ثرموسيتنج Thermo-setting synthetic plastics التى تستخدم فى علاج الحجر . وتكون فى صورة سائلة ، وتخلط بمجمد أو مصلب Hardener والأخير يسبب شك المقوى بعدما يأخذ مكانه داخل مسام الحجر ، أو الشروخ الموجوده به .

وتستخدم راتنجات الإيبوكس والبولى إستر فى أغراض تقوية الأحجار ، وغالبا ماتخلط هذه الراتنجات مع المذيبات Solvents التى تسبب

لزوجتها Viscosity وتؤخر تفاعلات شكلها، وتعمل على ملء كل الفراغات الموجودة فى الحجر بمادة الراتنج قبل تصلبه .

ويلاحظ أن المقويات العضوية تعمل على تحسين الخواص الميكانيكية للحجر المقوى، إلا أن الراتنجات نفسها تتحلل ببطء تحت تأثير الأكسجين والضوء ، على عكس المقويات غير العضوية . انظر الشكل رقم (٤٥)

كما أن المقويات العضوية تبقى داخل مسام الحجر لفترة طويلة جدا، وتعمل كمادة واقية أو حافظة ضد عوامل التجوية .



شكل رقم (٤٥) يوضح

مقاومة المواد العضوية للصدمات الميكانيكية

وعدم مقاومتها لعامل القدم

- السيليكونات Silicones:

تتميز السيليكونات بخواص المقويات العضوية وغير العضوية فى نفس الوقت ، أى أن جـــزء منها عضوى ، وآخـــر غير عضوى راجع فصل (١١).

لذلك فإننا نجد أن السيليكونات من الممكن أن تمثل حل وسط بين خواص كل من : المقويات العضوية وغير العضوية عند التقوية .

السيليكونات فى طبيعتها تحتوى على جزء عضوى ، وجزء آخر غير عضوى، لذلك فهى تجمع فى خواصها بين مجموعتى المقويات - كما أسلفنا.

ومن أهم خواص السيليكونات الهامة جدا والمفيدة جدا عند استخدامها فى التقوية ، أنها مواد طاردة للماء ، وبما أن الماء عامل أساسى من عوامل تلف المواد الأثرية ، فإن خاصية طرد الماء Water Repllency عامل هام يخفض معدلات تلف هذه المواد .

أيضا فإن السيليكونات تتأكسد بواسطة الأكسجين والضوء ، بصورة أكثر بطئا من راتنجات ثرموسيتنج.

- المقويات المؤقتة Temporary consolidants:

تستخدم المقويات المؤقتة عندما يكون المطلوب تقوية الحجر فى الحال، ولكن القرار النهائى فى اتخاذ النوع الأمثل فى عمليات الصيانة يجب أن يتخذ ويكون له الأولوية ، وعادة تستخدم فىمثل هذه الحالات ، أيا من راتنجات الثرموبلاستيك أو راتنجات الثرموسيتنج . انظر الفصل (١٠) حسب الحالة التى يراها المرمم .

راتنجات ثرموبلاستيك لاتتخلل مسام الحجر الصغيرة بسهولة، وذلك لأن جزئياتها كبيرة جدا، أيضا فإن خواصها الميكانيكية أقل من الخواص الميكانيكية لراتنجات ثرموسيتنج.

وبالرغم من ذلك فإن راتنجات ثرموبلاستيك تتمتع بصفة العكسية Reversible حيث يمكن إذابتها وتحويلها إلى حالة السيوله باستخدام أحد المذيبات المناسبة ، فى حين أن راتنجات ثرموسيتنج والسيليكونات ، والمقويات غير العضوية ، مواد غير عكسية Irreversible Materials أى غير قابلة للإذابة .

علاوة على ذلك ، بعض راتنجات الثرموبلاستيك، وبصفة خاصة ، راتنجات الاكريلك Acrylic resins أكثر مقاومة لعملية الأكسدة من راتنجات ثرموبلاستيك.

ولاشك أن عملية اختيار المقوى المناسب للحجر المتحلل تظل عملية صعبة الحل فى معظم الحالات ، ويجب أن تتم على أسس سليمة، وغالبا ماتتم عملية الإختبار بناء على إختبارات التجوية المقارنة Comparative wathering tests التى تتم على عينات من الأحجار.

فى مثل هذه الاختبارات يتم عمل عينات من الأحجار ، ومعالجة بعض منها بمقويات مختلفة ، وترك بعضها دون علاج ، وتعريض الجميع فى نفس الوقت لدورات التجوية ، ويتم بعد ذلك مقارنة النتائج التى يتم الحصول عليها.

كما يعتمد إختيار طريقة التقوية فى بعض الأحيان على نوع الحجر ، فالحجر الرملى ، يفضل أن يعالج بمقويات من نوع السيليكا فى حين يفضل

معالجة الحجر الجيرى باستخدام مقويات من نوع كربونات الكالسيوم أو كربونات الباريوم .

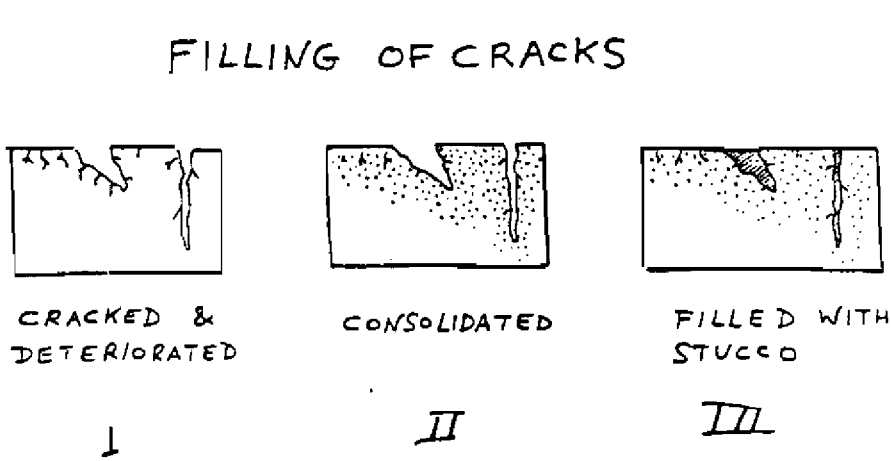
السيليكونات وراتنجات ثرموسيتنج يمكن تطبيقها على أى نوع من أنـــواع الحجـــر.

- اللواصق والمعاجين Adhesive & Stuccoes :

عمليات التقوية عادة لاتسد الفتحات التى تزيد عن ١٠مم ، لذلك فإننا غالبا ماتلجأ إلى المواد اللاصقة ، وذلك لمعالجة الشروخ الواسعة حتى لاتكون سبباً فى تجميع المياه داخلها .

لذلك فإنه من أهم متطلبات ترميم الأحجار ، محاولة دمج سطح الحجر Compact surface حتى نتجنب تخلل السوائل الضارة Aggressive Liquids داخل مسامه ، وكذلك لمنع تأثير الملوثات البيئية على السطح ، ويتم ذلك من خلال ملء الشروخ بمادة لاصقة مناسبة ، من شأنها تحسين الخواص الميكانيكية للمنطقة المحيطة بالشروخ، وكذلك غلق الطرق أمام المياه الزائدة حتى لاتتغلغل داخل الأحجار.

وتعتبر راتنجات ثرموسيتنج ، خاصة راتنجات الإيبوكسى ، فى الحالة السائلة ، من أكثر الراتنجات إستخداما فى معالجة الشروخ الدقيقة حيث يتم إستخدامها مع مالء مناسب فى صورة معجون . أما فى حالة الشروخ الواسعة نوعا فيستخدم عادة معاجين تتكون من : مالء مناسب ، عادة بودرة الحجر نفسه ، مع مادة رابطة ، إما أن تكون عضويه - راتنج صناعى - أو غير عضويه - جير نقى أو سيليكات الإيثيل Ethyl Silicate . انظر الشكل رقم (٤٦).



شكل (٤٦) يوضح

أسلوب معالجة الشروخ والفجوات داخل الأحجار .

١- شروخ وفجوات .

٢- الشروخ والفجوات بعد تقويتها .

٣- الفجوات بعد ملئها .

٤-٧- الحماية Protection:

- الأغشية السطحية **Surface Films:**

طريقة استخدام الأغشية السطحية لحماية سطح الحجر طريقة قديمة، استخدمت فى الماضى ، ومازالت تستخدم حتى الآن .

والمواد التى استخدمت لهذا الغرض شملت : الزيوت الجفوفه مثل : زيت بذر الكتان Linseed oil والدهن الحيوانى Animal Fats والشموع Waxes وشمع البرافين Paraffin wax.

ولكى يتم استخدام الأغشية السطحية لحماية الأحجار يجب تنفيذها فوق سطح قوى ونظيف ، وعادة يكون العلاج جيدا، إذا كان سطح الحجر لم يتعرض مسبقا لظروف التجوية Unweathered أما الحجر الذى تعرض للتلف بسبب التجوية، فيجب أولا تنظيفه ، إذا كان متسخا Dirty وتقويته إذا كان ضعيفا .

هذا وتعطى طبقات التغطية السطحيه حماية جيده فى حالة الأحجار قليلة المساميه، أما فى حالة الأحجار عالية المساميه فقد يحدث أن تتسرب المياه إلى الحجر من طرق جانبية غير السطح ، وفى هذه الحالة ، فإن زيادة المياه تؤدى إلى نمو الضغوط الداخليةInternal stresses فى السطح البينى (بين الغشاء والحجر).

وبالرغم من ظهور مواد كثيرة ، لها خواص جيدة ، وأنواع تجارية منها، تعطى درجات مختلفة من التقويه، إلا أن شمع البرافين – فى العصر الحديث – مازال مستخدما كمادة حماية جنبا إلى جنب مع شمع الميكرو كريستالين Micro crystalline wax.

كما أن راتنجات الأكريلك ، والسيليكونات أيضا مازالت مستخدمة كمادة حماية سطحية لأسطح الأحجار.

وبصفة عامة فإن الاتفاق على استخدام المواد الكيميانية فى عملية التغطية السطحية ، يجب أولا إختبارها لمعرفة قدرتها على حماية سطح الحجر ضد عوامل التجويه من عدمه، وذلك قبل استخدامها كمادة تغطية سطحيه ، مع مقارنة نتائج الاختبارات ، واختيار أفضل المواد التى تحقق الغرض .

وقد يكون من الأفضل إختيار مادة حماية لهـا عمـر محـدد ، أو عمـر إفتراضى معروف ، وذلك لاستخدامها كطبقة حمايه قربانيه Sacrificial مـع مراعاة إتخاذ الاحتياطات اللازمة لتكرار عمليـة التغطيـة فـور إنتهـاء العمـر الافتراضى للمادة المستخدمة فى الحماية .

- **الحماية البيئيه Enviromental protection:**

لاشك أن التحكم فى عوامل التلف البيئيـة التـى تؤثـر علـى الأحجـار تشكل أفضل طرق حمايتها ...

لذلك يرى بعض العلماء ، نقل الأحجار إلى بيئة متحكم فيها ، خاصـة الأحجار التى يسهل نقلها .. كالتماثيل الصغيرة .. وغيرها .. ولكن هذا الحـل لايكون دائما ملائمـا لكـل أنـواع الأحجـار ، خاصـة ، تلـك المسـتخدمة كمـادة إنشاء.

لذلك إقترح العلمـاء حـلا آخـر .. وهـو إسـتخدام طبقـة حمايـة مؤقتـه Temporary protection حيث يتم عزل سطح الحجر باستخدام طبقة عزل حرارية معتمه An Opque Thermal Insolation Layer على شكل خزائن عرض كبيرة .

ويجب أن يكون واضحا ، أنه يتم الإزالة الدوريـة لهذ الطبقـة عندمـا يصبح الجو صافيا فى المواسم التى يقـل فيهـا تلـوث الهـواء ، وتنخفـض فيهـا نسب التكاثف ، ولايحدث فيها تجمد للمياه داخل مسام الحجر .

وفى هذه الحالة فقط يمكن كشـف الحجـر لـيراه الـزوار ، وكذلك ليتـم الكشف الدورى عليه وفحصـه بمعرفة المسئولين عن عمليات الصيانة.

أيضا فإن خزائن العرض الشفافة Trans parent show cases حل آخر بديل، إلا أن خطورتها تكمن فى أن درجة الحرارة بداخلها ، قد ترتفع بصورة كبيرة ، عندما تتعرض لأشعة الشمس المباشرة ، كما يحدث فى الدفيئة Green house أو المباشرة ، كما يحدث فى الدفيئة Green house أو مايسمى: تأثير الصوبه الزجاجية Green house effect كما أن التمدد الحرارى الناتج عن ذلك- تأثير الصوبه- يسبب ضغوط مختلفة على الحجر.

على جانب آخر فإن تكييف الهواء داخل فترينات العرض غالى جدا، وغير موثوق فيه Unreliable.

الأسقف الخارجية يمكن حمايتها ضد المطر ، ولكن يصعب حمايتها من ظاهرة التكاثف ، لذلك فإن اختيار الحلول المناسبة لمعالجة السطح بطبقة رقيقة واقية يمكن أن يكون حلا مناسبا لحماية سطح الحجر من التكاثف .

وبصفة عامة يمكن الوصول إلى حماية بيئية جيدة للأحجار فى الحالات الآتية :

* مراجعة نظم المياه داخل المبانى ، وفى هذه الحالة يمكن التحكم فى نسب إرتفاع الرطوبة داخل الجدران .

* التحكم فى البيئة ، وفى هذه الحالة يمكن وقاية سطح الأحجار من ظاهرة التكاثف.

ولكن فى كثير من الأحيان يصعب تطبيق هذه الاقتراحات خاصة فى حالة الأحجار ذات القيمة الغنية ، الموجودة فى الأسطح الخارجية للمبانى ، والتى تتعرض مباشرة لعوامل التجوية الشديدة .

- الحفـــظ Maintenance:

كل إقتراحات صيانة الآثار لها زمن محدد ... بمعنى أن كل مـادة قد تستخدم فى صيانة المواد الأثرية لهـا عمـر إفتراضى ، أحيانـا لايمكـن توقـع إنتهاؤه بدقة ...

لذلك فإن صيانة الآثار أو الأحجار الأثرية يتطلـب توقـع فتـرة زمنيـة محددة ، لنظام صيانة محدد .. يمكن إستخدامه فى هذه الفترة .. وقد لايصلـح فى المستقبل ، حيث يمكن ظهور نظام آخر أفضل منه ...

فمثلا، إذا فشلت نظم الحماية المختلفة المعروفة حاليا - نظـم الحمايـة ضد مياه المطر ، الأغشية السطحية الواقية ، الأسقف ... الـخ - قد يكتشـف فى وقت آخر، أو فى المستقبل ، نظـم أخـرى أكـثر قـدرة علـى حمايـة سـطح الأحجار مـن سابقتها ، لذلك يجـب باستمرار تطويـر نظـم الحمايـة المختلفـة للمبانى الأثرية ..

كما أن سياسة حماية المبانى الأثرية تتطلب تغييرات عميقـة فـى نظـم البناء ، وتدريبات متوالية على خدمات الصيانة .. وهذه تشمل:

تطويـر الأدوات، والعـدد، والآلات، وإدخـال نظـام التحكـم الآلـــى Remote Control فى المواد والآلات المستخدمة فى الصيانة .

ويكون الهدف من هذه السياسة تجنب هجـوم عمليات التلف بصـورة تفوق إجراءات الصيانة ، مما يضر عمليات الترميم ويجعلها غير ذات قيمة .

وفى النهاية يجب اعتبار الأحجار القديمة ، مثل مريض فى مستشفى، أو مريض يحظى بالرعاية الكاملة داخل بيته، لذلك يجب عمل تقرير تحليلى Aclinical file مبنى على الملاحظة الدقيقة للأثر ، لكـى يمكـن إنقـاذه بقـدر

المستطاع .. كما يجب وضع مثل هذا التقرير بل وكل الحقائق عن الأثر .. فورا، وبصورة دوريه أمام المتخصصين لمعرفة حالة الأثر ... كما أن الزيارات الدورية المتكررة، والتقارير العاجلة ، تشبه التمرينات الطبية، التى يجب فعلها باستمرار بمعرفة القائمين على الصيانة ..