الفصـــل الثالـــث

عوامـــل تلـــف الفسيفســـــاء

Mosaic deterioration factors

عوامل تلف الفسيفساء

قسم معظم الباحثين عوامل تلف الآثار طبقا لطبيعة هذه العوامل الى: عوامل فيزيائية (رطوبة وحرارة وضوء) ، وعوامل كيميائية (غازات ضارة)، وعوامل بيولوجية (نباتات وكائنات دقيقة).

ونظرا لأن هذه العوامل لاتعمل منفردة عند تعاملها مع الأثر بل قد تشترك مع بعضها فى إحداث تلف بعينه، مثل التحلل الذى يحدث لقطعة فسيفساء رخامية بفعل تأثير حمض الكبريتيك، فالحمض بذاته لايوجد معلقا فى الهواء الجوى ولكن قد يوجد المكون الأساسى له – غاز ثانى اكسيد الكبريت – الذى يتحول فى وجود أقل نسبة من الرطوبة الى حمض الكبريتيك، أيضا التشرخ الذى يحدث فى لوحة فى الفسيفساء منفذة على دعامة مسلحة بحديد قابل للصدأ ، إذ يصدأ الحديد بشدة فى وجود الماء والهواء أو فى الجو الرطب .

لذلك يمكن تقسيم عوامل تلف الفسيفساء طبقا لتأثيرها الضار أو مظهر التلف الناتج عنها كما يلى:

أولا: عوامل التلف الميكانيكى (Mechanical destructive factors):

وهى تلك العوامل التى تؤدى الى تلف الفسيفساء دون احداث تغير كيميائى لمكوناتها ، وأهم هذه العوامل :

- الضغوط الميكانيكية .
- اختلاف درجات الحرارة اليومى والموسمى.
- الصقيع – الرياح – الزلازل

ثانيا : عوامل التلف الكيميائى (Chemical decomposition factors):

وأهم هذه العوامل: الماء وغازات التلوث الجوى ، وتؤدى الى تلف الفسيفساء بتغيير التركيب الكيميائى لخامات صناعتها حيث تساعد على اتمام عمليات التحلل الكيميائى المعروفة ، وأهمها :

- التميؤ وفقد الماء .
- الكربنة .
- الذوبـــان.
- التأكســـد.

ثالثا : عوامل التلف البيولوجي (Biodeterioration factors):

أهمـــــــــها:

- الاصابات النباتية .
- أخطاء الانســـــــــان .

وهذا التقسيم للعوامل المؤدية الى تلف الفسيفساء لايعنى عدم اشتراك هذه العوامل وتأثيرها كلها أو بعضها فى وقت واحد على الفسيفساء ، بل يساعد على دراسة دور كل عامل على حدة ومظهر التلف الناتج عن وجوده.

أولا: عوامل التلف الميكانيكى

1- الضغوط الميكانيكية (Mechanical Stresses) :

تتعرض مواد الانشاء المختلفة فى المبانى الأثرية إلى العديد من الضغوط التى تسبب تفتتها عند زيادة نسبتها وضعف مقاومة هذه المواد للضغوط الموجهة خاصة الضغوط العمودية - قوى الشد أو الضغط

(Compressive or tensile stresses)[1] وهذه تؤدى الى تشويه دائم وشروخ دقيقة فى العناصر المعمارية والفنية . [2]

(Permenant deformation and microscopic cracks).

وأهم قوى الضغط ذات التأثير المتلف : الأحمال Loads حيث أن زيادتها تؤدى الى انهيار كامل لبعض أو كل المبنى .

وتنقسم الأحمال طبقا لمدة تأثيرها وبقاء قيمتها إلى :

أ - حمل ثابت (Dead Load) وهو الذى نقل مدة تأثير دائمة ، وتبقى قيمته ثابتة لاتتغير مثل: وزن المنشأ نفسه.

ب - حمل متحرك (Live Load) وهو الذى تتغير مدة تأثيره وموضعه على المنشأ مثل: الأثاث والاشخاص فى المبانى ، والمركبات فوق الكبارى. [3]

والحمل الثابت ليس له تأثير يذكر على المبنى اذ تكون قيمته محسوبة قبل الانشاء ، إلا أن تأثيره الضار على المبنى يظهر عند اضافة جزء جديد فوق المبنى القديم، أو نتيجة للتآكل أو التدهور فى العناصر المعمارية المحملة تحت تأثير عوامل التلف المختلفة أو التدمير الجزئى لبعض هذه العناصر بواسطة التعديات البشرية، اذ تزداد كثافة الحمل الثابت عن قدرة العناصر

---

(1) صالح أحمد صالح : محاضرات فى علاج وصيانة الأحجار والمبانى الحجرية .قسم الترميم ، كلية الآثار ، 1982-1988.

(2)Torraca, g. : Op. Cit., 1982, p.24.

(3) فهيم حسين ثابت : الهندسة المدنية . مطبوعات جامعة الأزهر ، القاهرة ، 1968، ص 143.

المعمارية على التحمل فتحدث بداية تصدعات فى المبنى تنتهى بالانهيار الكامل. [1]

أما الحمل المتحرك كالضغوط الناتجة عن حركة المشى أو وضع الأثاث فوق الفسيفساء أو الصدمات التى قد تتعرض لها الأرضيات المصنوعة من الفسيفساء، تؤدى الى ضغوط ميكانيكية عمودية على السطح مما ينتج عنها حدوث ضغط أفقى على الجزء العلوى من الدعامة واحتكاك فى الجزء السفلى ..

(Morizontal compression of the upper part of the support and traction in the lower part).

ويتسبب هذا الضغط فى انزلاق الطبقات المشكلة للدعامة كما أن الأبسطة تترتب على شكل طبقات (Stratification beds) طبقا لهشاشيتها.

وعندما يكون الضغط رأسيا (Vertical stress) وحينما يوجد بالدعامة مساحات ذات مقاومة ضعيفة وأخرى قوية فان الدعامة تنتفخ (ظاهرة التطبيل) فى الأماكن الضعيفة أو تتشقق أو تتكسر أو تغطس مكانها.[2]

(The support buckles, cracks, breaks or sinks).

وقد لاحظ الباحث وجود هذه الظاهرة واضحة جدا فى الفسيفساء الجدارية بضريح السلطان قلاوون بشارع المعز.

---

(1)Bassier, C.: Some problems in the conservation of mosaics. In : Mosaics No.1, ICCROM 1977, p.69.

(2) Ibid.

2- اختلاف درجة الحرارة (Diffrence in temperature):

تتعرض مواد البناء لاختلاف درجات الحرارة اليومية والموسمية، وهذا الاختلاف مصدر مهم من مصادر التلف بسبب الضغوط الموضعية الناتجة عن عملية التمدد والانكماش التى تتم عند ارتفاع وانخفاض درجة الحرارة .[1]

وتعتبر الشمس هى المصدر الرئيسى لحرارة الأرض، حيث ترسل أشعتها الى الأرض فيشكل موجات اشعاعية مستقيمة الخطوط ومختلفة الأطوال الموجية ، وعادة مايمتص الغلاف الغازى نسبة كبيرة من أطوال هذه الموجات والتى تعرف بالأشعة تحت الحمراء (Infra Red) وطولهاالموجى 7600 انجستروم بينما يحجز الأوزون كمية كبيرة من أقصر هذه الموجات وتعرف بالأشعة فوق البنفسجية (Ultra violet) وطولها الموجى أقل من 3400 انجستروم، أما بين هذه وتلك فهى الأشعة المرئية (Invisible Light) وطولها الموجى من 7600-3400 أنجستروم[2]، وتعرف بضوء الشمس (Sun Light) حيث تعتبر أكثر أنواع الأشعة أثرا على القشرة الأرضية ، ذلك أن هذه الأشعة عندما تصل إلى الأرض تمتص جزءا منها وتحوله الى موجات ذات طاقة اشعاعية هى : الحرارة.[3]

---

(1) Torraca, G. : Op. Cit., 1982, p. 25.

(2) فاطمة محمد حلمى : محاضرات فى تطبيقات التكنولوجيا الحديثة فى مجال الآثار، قسم الترميم ، كلية الآثار ، 1984.

(3) سعاد الصحن : الجغرافيا العامه ، دار الهلالى للطباعة ، القاهرة ، 1985، ص 181.

ويظهر التأثير المتلف لاختلاف درجات الحرارة على الفسيفساء عند تعرضها لأشعة الشمس المباشرة حيث تختزن طبقة الفسيفساء طاقة حرارية عالية تختلف باختلاف الخامات المستخدمة فى تكوينها، وعندما ينقطع مصدر الحرارة تفقد الفسيفساء حرارتها بالبرودة . وهذا التذبذب اليومى فى درجات الحرارة ارتفاعا وانخفاضا يؤدى الى تمدد وانكماش فى خامات صناعة الفسيفساء (Materials expand on heating and contract on cooling) ومن ثم اضعاف تماسكها وتفتتها ، كما أن الضغوط الناتجة عن التمدد الحرارى (thermal expansion) تحدث تشوهات و شروخ فى طبقة الفسيفساء نفسها (Cause deformations and cracks)[1] وهذه تختلف باختلاف معامل التمدد الحرارى لمواد صناعة الفسيفساء. (أنظر جدول رقم 1).

جدول رقم (1)
معامل التمدد الحرارى لبعض المواد التى تستخدم فى صناعة أو ترميم الفسيفساء

نوع المادة	استخدامها	معامل تمددها
الحجر الجيرى	يستخدم فى تشييد الجدران	7×10^{-6}
الطوب	يستخدم فى تشييد الجدران	5×10^{-6}
الزجاج القلوى(10٪)	يستخدم فى صنع الفسيفساء الزجاجية	$8ر4 \times 10^{-6}$
الرخام	يستخدم فى صنع الفسيفساء الرخامية	6×10^{-6}
ملاط الأسمنت	يستخدم فى اعداد الجدران والأرضيات	$10 \div 11 \times 10^{-6}$
ملاط الجير	يستخدم فى اعداد الجدران والأرضيات	$8 \div 10 \times 10^{-6}$
الخرسانة	تستخدم فى تحضير الأرضيات	10×10^{-6}

(1) Bassier, C.: Some problems in the conservation of mosaics. In: Mosaics No.1. ICCROM. 1977, p. 69.

الحديد	يستخدم فى التسليح	11ر5 ×10 ^{6}
الصلب	يستخدم فى التسليح	10÷14×10 ^{6}
الألومنيوم	يستخدم فى التسليح (حديثا)	23ر8 ×10 ^{6}
النحاس	يستخدم كمواسير فى فتحات المياه	16ر8×10 ^{6}
راتنج البولى استر	يستخدم فى صناعة دعائم جديدة (ترميم)	100÷150×10 ^{6}
راتنج الايبوكس	يستخدم فىصناعة دعائم جديدة (ترميم)	60×10 ^{6}
مونة الايبوكس مع الرمل 1:5	تستخدم فى صناعة دعائم جديدة (ترميم)	20×10 ^{6}
راتنج الاكريلك	يستخدم فى صناعة داعائم جدية (ترميم)	70÷80×10 ^{6}
راتنج بولى فينيل كلوريد	يستخدم كمادة لاصقة فى نظام التماسك المؤقت	70÷80×10 ^{6}

ويزداد التأثير المتلف لهذا العامل فى حالة الفسيفساء المنفذة على دعائم مسلحة بالحديد، حيث أن سرعة تمدد الحديد وانكماشه يؤدى الى طرد قطع الفسيفساء وانفصالها عن الدعامة.

ويظهر هذا التأثير واضحا فى فسيفساء نافورة الحديثة الأثرية بمتحف الفن الاسلامى بباب الخلق.(النظر الصورة رقم 5).

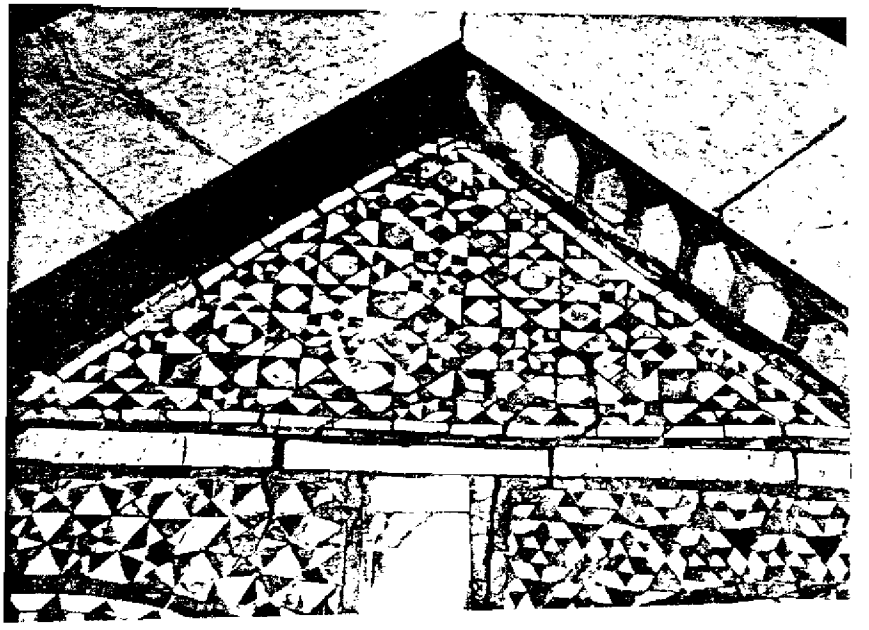
الى جانب الحرارة الناتجة عن الشمس كأحد مصادر تلف الفسيفساء المكشوفة سواء الجدارية أو الأرضية، أيضا توجد الحرارة الناتجة عن احتراق الوقود أو من الحرائق التى تحدث فىالمبانى الأثرية أو المناطق المجاورة لها.[1]

---

(1) روبرت لافون : التلوث ، سلسلة قضايا الساعة. العدد (1) ، مؤسسة الاهرام، 1977، ص 32.

وهذه الحرارة أكثر تأثيرا على الفسيفساء من تلك الناتجة عن أشعة الشمس اذ تكون قوية ومباشرة، وتؤدى الى عمليات التفكك السريع للفسيفساء وانفصالها عن الدعامة نتيجة لاثارتها لظاهرتى التمدد والانفصام (Dilation and Cleavage) فى قلب طبقات الرصف[1] (Stratification Layers).

بالاضافة الى التحلل السريع للملاط الرابط عند فقده لمحتواه المائى وانكماشه[2] محدثا شروخ فى طبقة الفسيفساء تزداد اتساعا فى حالة الدعائم المسلحة بالحديد.



صورة رقم (5) توضح تلف الفسيفساء الأرضية بسبب التفاوت فى درجات الحرارة والرطوبة . فسقية رخامية بحديقة المتحف الفن الاسلامى

---

(1) Bassier, C.: Op. Cit., 1977, p. 69.

(2) صالح أحمد صالح : محاضرات فى علاج وصيانة الأحجار والمبانى الحجرية، قسم الترميم، كلية الآثار ، 1982-1988.

أما القطع نفسها فقد تتحول الى مصهور اذا كانت مصنوعة من الزجاج أو تتفحم – يصبح لونها أسود – اذا كانت من الفخار ، أو تؤدى الى انفصال بلوراتها اذا كانت الفسيفساء مصنوعة من الرخام.[1]

3- الصقيـــــع (Frost):

فى البلاد الأوربية أو البلاد التى تنخفض فيها درجة الحرارة الى درجة التجمد (Freezing Point) فان الماء المتخلل مسام المواد يتجمد ويؤدى تجمده الى زيادة حجمه[2] – من المعروف أن الماء يزداد حجمه بمقدار 9٪ عند التجمد – هذه الزيادة تـــــؤدى الى ضغـــــوط هائلة (Large Stresses) على جدران المسام تقدر بأكثر من 2000 كجم/سم2[3]. وتكون النتيجة تفتت مواد صناعة الفسيفساء بواسطة الضغوط الميكانيكية الداخلية (Internal mechanical stresses).

فى المقابل يوجد نوع آخر من التلف الميكانيكى للفسيفساء بواسطة الصقيع لايعتمد على المياه الداخلية الموجودة فى مسام المواد أو الشقوق بل يعتمد على قوة دفع الثلج Frost have اذ أن استمرار تصادم بلورات الثلج بأسطح المواد يؤدى إلى تلفها.[4]

---

(1) Torraca, G.: Porous building materials. Materials Science for architectural conservation. ICCROM. 1982. p.28.

(2) Torraca, G. : Op. Cit., 1982, p. 31.

(3) مصطفى محمود سليمان : الجيولوجيا العامة ، مطبوعات جامعة الزقازيق ، 1985، ص 180.

(4) Torraca, G.: Op.Cit., 1982, p.31.

4- الريـــــــاح (Wind) :

الرياح هى: حركة الهواء السطحية نتيجة لارتفاع وانخفاض مستوى الضغط الجوى[1] . وقد ثبت أن سرعة الرياح تزداد فى المناطق المكشوفة عنها فى المناطق المنزوعة أو المقام عليها المبانى. [2]

والرياح فى حد ذاتها ليس لها تأثير يذكر على الآثار المكشوفة، لكن تأثيرها يصبح محتملا بل أكيدا عندما تكون محملة بالمفتتات الصخرية الصلبة ومنها الرمال. ويقدر سرعة الرياح وشدتها بقدر طاقتها على حمل حبيبات أكثر وأكبر حجما ونقلها من مكان لآخر. [3]

وقد ثبت أن الجفاف شرطا أساسيا لامكانية حمل الرياح للمفتتات الصخرية[4] وهذه المفتتات الصخرية من الأسباب الرئيسة لتآكل الأسطح الأثرية المعرضة للرياح حيث تؤدى الى تفتته ميكانيكيا.

---

(1) فهمى هلالى : الطقس والمناخ ، دراسة فى طبيعة الجو وجغرافيا المناخ، دار المعرفة الجامعية ، الأسكندرية ، 1987، ص 126.

(2) جلين أ. شواب وآخرين : المبادئ الأولية لهندسة الأرض والمياه، دارجون وايلى وابنائه ، نيويورك ، 1978، ص 200.

(3) صالح أحمد صالح : محاضرات فى علاج وصيانة الأحجار والمبانى الحجرية ، قسم الترميم ، كلية الآثار ، 1982-1988.

(4) سعاد الصحن : الجغرافيا العامة ، دار الهلالى للطباعـــــة، القـــاهرة ، 1985، ص 102.

ويظهر التأثير الضار للرياح بصفة خاصة على الأسطح التى عانت من تفكك حبيباتها نتيجة للتغير فى درجة الحرارة والرطوبة أو نتيجة للتحولات الكيميائية للمعادن المكونة لها حيث تكون عرضة للحمل والنقل. [1]

ويلاحظ أن مقدار التلف يتوقف على شدة الرياح ونوع ماتحمله من مفتتات صخرية ،ودرجة صلابتها ، كذلك نوع السطح المكشوف وقوة ترابطه خاصة اذا كان مكونا من قطع صغيرة مثل الفسيفساء.

أيضا تحمل الرياح السف (الدخان) والأتربة أثناء حركتها وفى وجود الرطوبة تلتصق بالأسطح الأثرية وتطمسها[2] ، كما تساعد الرياح على سرعة البخر (Evaporation) [3] وهذا يؤدى الى زيادة عملية تزهر الأملاح (Efflorescence) فى مسام قطع الفسيفساء وعلى أسطحها وفى مناطق اللحام بين القطع .مما يؤدى الى الاسراع فى عمليات التلف .

5- الـــزلازل (Earthquakes):

من المعروف علميا أن الأرض دائمة الحركة وليست ساكنة كما يتراءى للعيان ومادامت الأرض تتحرك فان كل ماعليها يتحرك، ولكن بمقدار يقاس بسنتيمترات قليلة ، وفى اتجاه معين، فاذا ماحدث تغير فى تحرك

---

(1) سعاد الصحن : المرجع السابق ، ص 152.

(2) منى فؤاد على : دراسة صيانة بعض الصور الجدارية بمنطقة سقاره مع التطبيق العملى على احدى مقابر المنطقة .رسالة ماجستير ، كلية الآثار 1988، ص 92.

(3) Torraca, G. : Porous building materials, Materials Science for architectural conservation, ICCROM, 1982, pp. 34-35.

الأرض بقدر أكبر مما هو معتاد ، ولو تغير اتجاه الحركة ، فان ذلك يحدث تصادم بين صخور القشرة الأرضية ، هذا التصادم يولد طاقة تحدث هزات عند انطلاقها من مركزها ، هذه الهزات قد تكون ضعيفة فلا يشعر بها الانسان وقد تكون قوية يشعر بها الانسان[1]. وتسمى الزلزال.

ويقاس مقدار الزلزال ويحدد مركزه بواسطة جهاز (السيزموجراف) ومقدار الزلزال هو قياس مطلق لاتساع الموجات الزلزالية التى تعتمد على كمية الطاقة المنطلقة من الزلزال ، وكلما اتسعت الموجات الزلزالية المسجلة علىالسيزوجراف كلما كان المقدار عاليا والعكس صحيح.

ومقدار الزلزال له قيمة مطلقة يتم تحديدها علىمقياس وصفه (ريختر) وسمى باسمه، ويستخدم عالميافى جميع المراصد ويتراوح بين الصفرو 9ر8[2].

كما أن مقدار الزلزال وبالتالى شدته تتناسب عكسيا مع المسافة ، فكلما بعدت المسافة عن مركز الزلزال كلما قل الشعور به والعكس صحيح، وهذا ماحدث فى زلزال دهشور 1992/10/12 حيث أثر تأثيرا مباشرا علىمبانى القاهرة وبعض المحافظات المجاورة ولم يشعربه سكان أسوان وقنا، وهذايعنى أن التأثير الزلزالى يمتد الى دائرة حول مركز الزلزال وليس له اتجاه معين . [3]

---

(1) محمد الشرقاوى: الزلازل وتوابعها / مؤسسة الأهرام 122 ، ص 11.

(2) محمد الشرقاوى : المرجع السابق، ص 28.

(3) محمد الشرقاوى : المرجع السابق ، ص 29.

ولاشك أن المبانى الأثرية من أكثر المبانى عرضة للتلف بسبب الهزات الأرضية لقدمها وضعف مواد ربطها ، وكذلك ضعف قوى تحملها لضغوط الشد الناتجة عن الزلازل ، وبالتالى مقدار تأثيرها على المبنى .

والمرحلة النهائية لهذه التأثيرات هى : ظهور شروخ تختلف فى الطول والعرض والعمق خاصة فى الأكتاف والكمرات والأعتاب وكذلك الحوائط وقد ينهار المبنى ككل ويتلف كل ماتفذ على جدرانه أوأرضياته من أعمال فنية. [1]

من المعروف أن النقل الثقيل (Traffic) والقطارات (Trains) والماكينات (Machinery) والقنابل الصوتية(Sonic boom) تحدث اهتزازات (Vibration) فى أرضيات الطرق وفى المبانى المجاورة ينتج عنها اجهادات شد وضغط سريعة ومتتابعة فى عناصر المبانى (Building structures) وهذه تؤدى الى تلف خطير فى المبانى أو قد تحدث انهيارات (Collapse) جزئية أو كلية للمبانى الأثرية[2] ، تتشابه فى ذلك مع الهزات الناتجة عن الزلازل ، مما يؤدى الى ضياع كل أعمال الفن المنفذة على الجدران أو الأرضيات فى هذه المبانى ومنها بالطبع الفسيفساء.

وتقاس الاهتزازات داخل المبانى بواسطة مقاييس العجلة (Accelerometers) التى تحول النبضات الميكانيكية (Mechanical impulses) الى وحدات كهربائية (Electrical ones) وهذه يتم تسجيلها

---

(1) بيشار جا : الآثار والزلازل . هيئة الآثار المصرية ، 1992، ص 29.

(2) Iorraca, G.: Porous building materials. Materials Science for Architectural Conservation, 1982, p.50.

وتحليلها ومقارنتها ببيانات التردد (Ferquency) والسعة (Amplitude) والسرعة (Velocity) أو مايسمى : عجلة الاهتزاز[1] .

(Acceleration of the vibration)

وقد أثبتت المواصفات القياسية الحديثة البيانات التالية لقيمة الاهتزازات التى تسبب تلف المبانى[2].

السرعة القصوى المسموح بها	التلف الناتج
5-3	تسبب حدوث شروخ دقيقة ظاهرة أكبر من 02رمم. فى العناصر الثانوية كالجدران الداخلية (التواصل) والطلاءات .
30-5	تسبب شروخ ظاهرة فىالعناصر الأساسية مثل : جدران المبانى والأعمدة والدعائم والأرضيات .
اكبر من 100	تسبب شروح كبيرة وثابتة تؤدى الى انقصاص القدرة على التحمل.

---

(1) Ibid. p. 52.

(2) Ibid. p. 55.

ثانيا : عوامل التحلل الكيميائى

Chemical Decomposition Factors

1- المـــــاء (Water)

الماء هـو أحد الضـرورات الأساسية للحياة علـى الكـرة الأرضيـة ، ويوجد فى كل مكان، فوق سطح الأرض وتحتها، وفى الغـلاف الهوائـى، فـى صورته السائلة، كما فـى المجـارى المائيـة، وفـى صورتـه الصلبـة، كمـا فـى المثالج، وفى صورته الغازية ، كما هو الحال فى الغلاف الجوى، والماء دائـم الحركة والتغير من صورة إلى أخرى طبقا للظروف الطبيعية السـائدة ، وتتـم حركة الماء وتغيره من صـورة إلـى أخـرى فـى دائـرة مغلقـة تسـمى بـالدورة المائية. [1] (Hydroligic cycle).

ويلعـب المـاء دورا اساسيا فـى عمليـات تلـف الفسيفسـاء الأرضيـة والجدارية علىحد سواء ، نظرا لتعدد مصادره واختلاف تأثيراته ، ومـن أهـم مصادر المياه التى تؤدى الى تلف الفسيفساء مايلى:

أ- التسرب من الأرض (Seepage up from the ground):

المياه التى تتسرب من الأرض الى دعائم الفسيفساء اما أن تكون ميـاه جوفية تحت سطحية ، أو مياه متسربة من عيوب الصـرف الصحى[2] أو ميـاه رشح ونشع من أراضى زراعيـة قريبـة. وهـذه أو تلـك تصـل الـى الفسيفسـاء

---

(1) مصطفى محمود سليمان : الجيولوجيا العامة . مطبوعات جامعة الزقازيق - 1985م ، ص 292.

(2) Majewski, L.: The Cleaning, Consolidation and Treatment of Wall Mosaics. In: Mosaics No.I. ICCROM . 1977, p. 56.

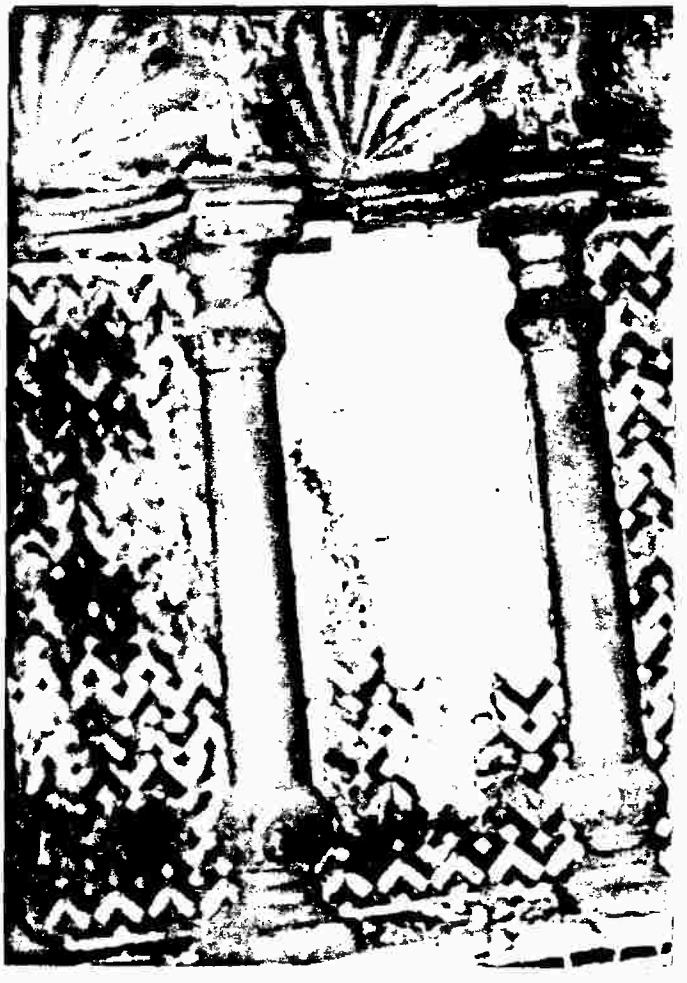
بالخاصة الشعرية Capillarity عن طريق المسام الضيقة فى التربة وخامات الحوامل الرئيسية أو طبقات التحضير، ويعتمد نجاح هذه العملية على : مسامية هذه المواد ، وحجم الحبيبات المكونة لها والسطح النوعى لهذه الحبيبات، والتوتر السطحى للمسائل، ودرجة لزوجته[1] . وكذلك درجة حرارة الجو التى تساعد على ارتفاع معدل البخر من الأسطح المساميه المعرضه خاصة فى الأرضيات المنفذة بالفسيفساء وبالتالى تؤدى الى الاسراع من عمليات تلف مواد الفسيفساء على العكس من ذلك فإن زيادة معدل بخر المياه من أسطح الجدران المعرضة للشمس أو للحرارة يعوق ارتفاع الماء بالخاصة الشعرية الى أعلى من داخل الجدران ، مما يقلل ضررها على الفسيفساء الجدارية التى تنفذ على أسطح الجدران ، خاصة القباب ، إلا أن هذه المياه تتسبب من ناحية أخرى فى تلف المحاريب المغشاه بالفسيفساء وكذلك الوزرات الرخامية المنفذة علىارتفاع منخفض يتعدى خمسة أمتار فى المساجد الأثرية كما حدث فى محراب قبة السلطان المنصور محمد بن قلاوون بشاعر المعز لدين الله الفاطمى .(انظر الصورة رقم 6)

ب - رشح المياه من الأسقف والجدران (Leaking roofs and walls)

مياه الرشح أو النشع من الأسقف والجدران تنتج عن الأمطار أو عيوب الصرف الصحى ،وتنفذ من خلال مناطق اللحام فى الجدران أو الأسقف ، أو تتحرك داخل مسام مواد البناء فى اتجاه الجاذبية الأرضية (انظر الصورة رقم 6) بخاصية الانتشار (Diffusion) حيث تنتقل المياه من

---

(1) أحمد شعيب : الأسس العلمية لعلاج وصيانة الآثار الحجرية . رسالة ماجستير، كلية الآثار، 1983، ص 36.



صورة رقم (6) توضح

تلف فسيفساء محراب ضريح السلطان قلاوون بسبب زيادة الرطوبة والأملاح واستخدام مونة الجبس بالاضافة إلى الاهتزازات الناتجة عن حركة المرور بشارع المعز لدين الله

المنطقة ذات المحتوى المائى الأعلى (Higher water content) الى المنطقة ذات المحتوى المائى الأقل (Lower water content) [1].

حيث تؤدى هذه المياه الى اذابة ونزح المواد الرابطة لحبيبات الكتل الحجرية والمون المستخدمة فى البناء أو فى تنفيذ لوحات الفسيفساء " الأمر الذى يؤدى الى هشاشيتها وضعف تماسكها مما قد يعرضها للإنهيار ".[2]

هذا الى جانب زيادة نسة الأملاح القابلة للذوبان فىالماء فى الجدران التى تصل اليها المياه الناتج عن عيوب الصرف الصحى والتى توجد على هيئة محاليل مائية ملحية تتخلل مسام الجدران وتتبلور عند ارتفاع الحرارة على أسطح موادها خاصة اذا كانت مسامية كالحجر الجيرى والرملى، أو تتبلور فى مناطق اللحامات ، أو تتبلور تحت سطح طبقة الفسيفساء، أو بين القطع المكونة لها وباستمرار عملية البخر يزداد النمو البلورى للاملاح وينتج عن ذلك ضغوطا موضعية تؤدى الى حدوث تفكك وانفصال لقطع الفسيفساء.

---

(1) Torraca, g.: Porous building materials. Materials Science for architerctural Conservation ICCROM, 1982, p. 13.

(2) محمد كمال خلاف: دراسة علاج وصيانة المحاريب الاثرية بمدينة القاهرة تطبيقا على محاريب مزخرفة بالفسيفساء. رسالة ماجستير ، اشراف د. فاطمه محمد حلمى ، د. عبدالعزيز أحمد خليل ، قسم الترميم ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، ص 64.

جـ - ميـــاه التكثف(*) (Condensation Water)

هى المياه التى تتكون على الأسطح الباردة فى صورة طبقة رقيقة عندما تكون درجـــة حرارة السطح أقل من نقطة ندى " الهواء المجاور (The Dew point temperature of the nearby air) حيث يتحول بخار الماء الموجود فى الهواء الجوى الى قطرات مائية تلتصق بالسطح وتتحرك الى داخل المسام فىالمواد المسامية . (1)

د- ميـــاه الأمطار(Raine Water):

الأمطار هى أحد صور المـاء المتساقط من الغلاف الجوى ، والصورة الثانية هى الثلوج، وتقدر المياه التى تسقط سنويا على سطح اليابسة بحوالى 26000 ميل مكعب يغور معظمها الى تحت سطح الأرض ، ويتبخر جزء منها الى الغلاف الجوى ، وتحمل المجارى المائية جزءا آخر لتصبه فىالبحار والمحيطات . (2)

وتحدث المياه تأثيرات متلفة متباينة أهمها: انزلاق أو زحف التربة (Creeping or Sliding) أسفل اساسات المبنى، خاصة اذا كانت تربة

(*) التكثف : تحول بخار الماء الموجود فى الهواء الجوى ، الى قطرات مائية على أثر وصول الهواء الى نقطة نداه .وقد يحدث التكاثف أحيانا قبل الوصول بالهواء الى نقطة نداه فيما لو توفرت بالجو ذرات من المواد الصلبة الدقيقة غير المرئية ، وإن كان مع استمرار تكونها تصبح مرئية وحينئذ تسمى Haze .

(1) Terraca, G. : Op.Cit., 1982, p. 14.

(2) مصطفى محمود سليمان : الجيولوجيا العامة . مطبوعات جامعةالزقازيق ، 1985م، ص 293.

طفلية، وذلك بعد غسل ونزح بعض مكوناتها كالغرين والطين وترك المواد الصلبة كالحصى والرمال [1] . مما يؤدى الى انهيار المبنى ككل .

كذلك فان تشرب التربة الطفلية للمياه تؤدى الى انتفاخ حبيباتها نتيجة للإدمصاص الفيزيائى للماء بواسطة حبيبات التربة وكبر حجم هذه الحبيبات، نتيجة لذلك ، ثم انكماش هذه الحبيبات وعودتها الى حجمها الطبيعى بعد فقدان هذا الماء، مما ينتج عنه حركات متتابعة وغيرمنتظمة فى التربة أسفل أساسات المبنى [2] ، أو أسفل أساسات الأرضيات المصنوعة من الفسيفساء، وتكون النتيجة تصدع الجدران وبالتالى تشقق وتكسر الفسيفساء الجدارية، أو هبوط الأرض وتكسر وانهيار الفسيفساء الأرضية [3] .(انظر الشكل رقم 5)

أما اذا تسربت المياه خلال مسام المواد الداخلة فىصناعة الفسيفساء، فانها تتعرض لعملية البخر من الأسطح المكشوفة عند ارتفاع درجة الحرارة، وتتبلو الاملاح الذائبة فى مسام قطع الفسيفساء أو بين الفواصل واللحامات. وباستمرار عملية البخر وتبلور الاملاح يزداد النمو البلورى للأملاح وينتج

---

(1) عبدالمعز شاهين : ترميم وصيانة المبانى الأثرية والتاريخية ، الادارة العامة للآثار والمتاحف ، المملكة العربية السعودية ، 1982، ص 265.

نقطة الندى : عبارة عن درجة الحرارة التى يصل فيها حجم معين من الهواء الى درجة التشبع ببخار الماء

(2) صالح أحمد صالح: محاضرات فى علاج وصيانة الأحجار والمبانى الحجرية ، قسم الترميم، كلية الآثار ، 1982-1988م.

(3) Majewski, L.: The cleaning consolidation and treatment of wall mosaics . In Mosaics. No.l, ICCROM 1977, p.56.

عن ذلك ضغوط موضعية [1] تؤدى الى حدوث تفكك وانفصال لقطع الفسيفساء. ويكون الضرر بالغا عند سقوط مياه الأمطار التى تغسل سطح الفسيفساء فتظهر مناطق التحلل[2]، كما أن الرياح المحملة بالرمال تؤدى الى تساقط القطع شبه المنفصلة.

هذا بالاضافة الى أن المياه تساعد على تنشيط عمليات التحلل الكيميائى لمواد صناعة الفسيفساء بواسطة غازات التلوث الجوى. [3]

أيضا تساعد المياه على نمو النباتات فى دعائم الفسيفساء ، وكذلك الكائنات الدقيقة على أسطح الفسيفساء مما يؤدى الى ضعفها وتحللها. [4]

كما أن مياه التكاثف تثبت الأتربة والمعلقات الجوية على أسطح الفسيفساء فتطمس معالمها. [5]

---

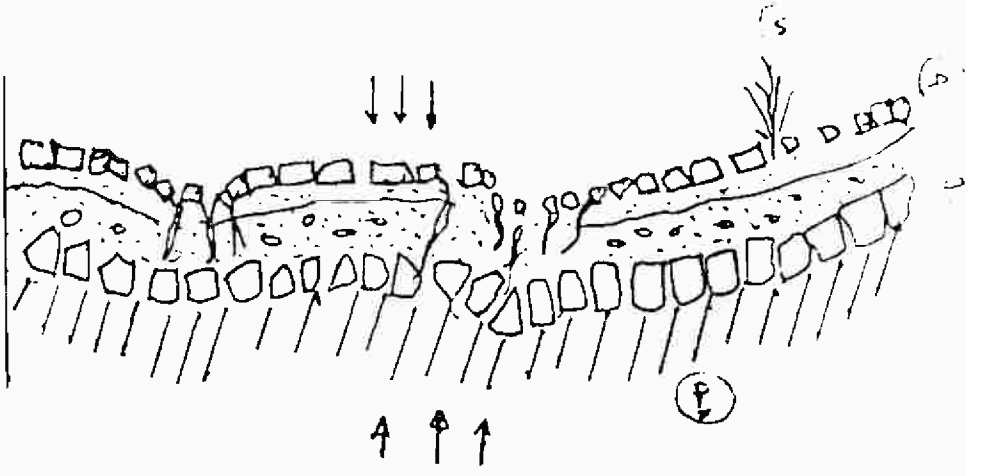
(1) Torraca. G.: Poous building materials. Materials Science for Architectural Conservation ICCROM 1982 , pp. 32-33.

(2) Ibid.

(3) مصطفى محمود سليمان : الجيولوجيا العامة ، مطبوعات جامعة الزقازيق ، 1985، ص 181.

(4) Veloccia. M.L.: Conservation Problems of Mosaics in Situ. In: Mosaics. No. I, 1977. p.42.

(5) حسام الدين عبدالحميد : المنهج العلمى فى علاج وصيانة المخطوطات والأخشاب والمنسوجات الأثرية . الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة، 1984، ص 196.



شكل رقم (5) تأثير المياه على الفسيفساء الأرضية

2- الهـــــــواء (Air):

هو الجزء الغازى من القشرة الأرضية ، ويتكون فى صورتـه الجافة من عـدة غـازات مختلطـة ، كـالنتروجين وثـانى أكسـيد الكربـون والاكسـجين والأرجـون وأوزون ، وبعـض الغـازات النـادرة كـالنيون والهليـوم والميثـان والهيدروجين وكلها مختلطة مع بعضهـا البعـض ، كمـا تتداخـل مـع مكونـات الهواء الأخرى فى تلاحم وتجانس يصعب معـه تمييز أحدهمـا عـن الآخـر[1] (انظر الجدول رقم 2)

---

(1) محمد أحمد الشهاوى : ماذا تعـــــرف عن الأوزون ؟ ، مجلة منبر الاسلام - العدد (10) - مايو 1989- ص 75.

جدول رقم (2)

يوضح متوسط مكونات الهواء الجاف غير المعرض للتلوث[1]

الغاز	التركيز نسبة مئوية حجما	الغـــــاز	التركيز نسبة مئوية حجما
النتروجين	78ر01	الاكسجين	20ر94
الارجون	93ر	ثانى اكسيد الكربون	$16ر3\times10^{-6}$
النيـــون	$8ر1\times10^{-3}$	الهيليوم	$2ر5\times10^{-4}$
الميثـــان	$3ر1\times10^{-4}$	الكريتون	1×10^{-5}
الهيدروجين	$5\times\times10^{-5}$	اكسيد النيتروز	4×10^{-5}
أول أكسيد الكربون	1×10^{-5}	الزينون	8×10^{-6}
الأوزون	2×10^{-6}	ثانى اكسيد النيتروجين	1×10^{-6}
الأمونيا	1×10^{-6}	ثانى اكسيد الكبريت	2×10^{-10}

ويتلوث الهواء عندما توجد به مواد غريبة ، كالغبار والدخان ورزاز الماء وأول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت وغيرها. ومن أهم مصادر مواد التلوث، الوسائل الصناعية المستخدمة فى صناعة الحديد والصلب، وصناعة تكرير البترول وغيرها من المصانع التى تستخدم منتجات طاقة ينتج عن استخدامها الأكاسيد الضارة ، مثل أكاسيد الكبريت والكربون ، بالاضافة الى

---

(1) ابراهيم سالم منصور : التلوث ، مجلة المهندسين ، العدد (373) ، ابريل 1986، ص 66.

وسائل النقل ذات المحركات والتى ينتج عن احتراق الوقود المستخدم فى تشغيلها الأكاسيد الضارة مثل: أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون وأيضا مركبات الرصاص.[1]

ويعتبر غاز ثانى أكسيد الكبريت (SO_2) أكثر غازات التلوث خطرا على المواد الأثرية خاصةالكربوناتية ، حيث يتحول هذا الغاز فى وجود أقل نسبة رطوبة الى حمض كبريتوز ثم حمض كبريتيك (Sulphurous and sulfuric acids) الذى يهاجم كربونات الكالسيوم ويحولها الى كبريتات الكالسيوم المائية (الجبس) (Hydrated culcium sulphate)[2] **ويحرر ثانى اكسيد الكربون** (CO_2) حيث تترسب كبريتات الكالسيوم على سطح الفسيفساء بصورة يصعب ازالتها.

هذا بالاضافة الى أن الكالسيت ($CaCO_3$) عندما يتحول الى جبس ، كما يذكر (Majewski) فان الجبس يشغل ضعف حجم الكالسيت تقريبا (Gypsum occupics twice the volume as calcite)[3] مما يؤدى الى تفكك قطع الفسيفساء وانفصالها عن ملاط الدعامة . وتوضح المعادلات الكيميائية التالية كيفية تحول الكربونات الى كبريتات فى وجود ثانى اكسيد الكبريت أو حمض الكبريتيك :

---

(1) روبرت لافون : التلـــــوث ، سلسلة قضايا الساعة ، العدد (1)، مؤسسة الأهرام، القاهرة 1977، ص 34,

(2) أحمد شعيب: الأسس العلمية لعلاج وصيانة الآثار الحجرية ، رسالة ماجستير ، كلية الآثار ، 1983، ص 70.

(3) Majewski, L.: The Cleaning Consolidation and Treatment of wall mosaics. In: Mosaics No. 1 ICCROM 1977, p.42.

$$SO_2 + O \longrightarrow SO_4$$

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

$$H_2SO_4 + CaCO_3 \longrightarrow CaSO_4 . 2H_2O + CO_2$$

$$SO_2 + CaCO_3 \xrightarrow{Dry} CaSO_4$$

$$CaSO_3 + H_2O + O \longrightarrow CaSO_4 + 2H_2O$$

$$SO_2 + CaCO_3 \xrightarrow{Wet} CaSO_4 . 2H_2O$$

أما الأتربة الدقيقة التى تثيرها الرياح ، فقد تكون محملة ببذور النباتات أو بويضات الحشرات وعند ترسيبها على سطح الفسيفساء أو فى الشقوق والفجوات تهدد بانتشار التلف البيولوجى.[1]

كما أن غبار المدن الصناعيةالذى يتكون فى الغالب من ذرات كربون تحيط بها مواد قطرانية نتيجة للاحتراق غير الكامل للوقود[2] .. يلتصق بسطح الفسيفساء أو أى مادة أثرية مكشوفة ويطمس معالمها.

كما يؤدى الهواء عند تخلله مسام التربة الى صدأ المعادن المدفونة[3]، خاصة معدن الحديد الذى استخدم ومازال يستخدم حتى الآن فى تسليح الأرضيات المنفذ عليها الفسيفساء.

---

(1)Veloccia, M.L.: Conservation Problems of mosaics in Situ. In: Mosaics No.I. 1977, p. 42.

(2) حسام الدين عبدالحميد : المنهج العلمى لعلاج وصيانة المخطوطات والاخشاب والمنسوجات الأثرية ، القاهرة 1984، ص 196.

*** التأثيرات المشتركة للماء والهواء – التحلل الكيميائى:**

(Chemical decomposition)

تحدث عمليات التحلل الكيميائى للمواد الأثرية عند تعرضها لتأثير الماء والهواء ، وأهم هذه العمليات : الكربنة (Carbonation) والتميؤ (Hydration) والذوبان (Solution) والتأكسد (Oxidation).[1]

وهذه العمليات تؤدى الى تحلل المواد الداخلة فى صناعة الفسيفساء أو فصل أحد مكوناتها نهائيا ، نتيجة لتفاعل كيميائى بينها وبين الأكسجين أو ثانى أكسيد الكربون أو عن طريق الاتحاد مع الماء أو فقده.

أ- عملية الكربنة :

تشكل وسائل النقل المختلفة المصدر الرئيسى لأول أكسيد الكربون ، بالاضافة الى اشتعال المركبات العضوية المحتوية على الكربون[2]. وهذا الغاز عند تأكسده يتحول الى ثانى أكسيد الكربون (Carbon dioxide) الذى يتحول فى وجود الرطوبة الجوية أو المياه الى حمض الكربونيك(Carbonic acid)..

$$CO + O \rightarrow CO2$$

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$$

---

(3) صالح أحمد صالح : محاضرات فى علاج وصيانة المعادن ، قسم الترميم ، كلية الآثار ، 1983.

(1) مصطفى محمود سليمان : الجيولوجيا العامة – مطبوعات جامعة الزقازيق 1985، ص 181.

(2) ابراهيم سالم منصور : التلوث –مجلة المهندسين – العدد (373) ابريل 1986، ص 71.

ورغم أن هذا الحمض من الأحماض الضعيفة ، الا أن المحاليل التى تحتوى عليه ، يمكنها اذابة مادة كربونات الكالسيوم، التى تدخل فى اعداد أرضيات الفسيفساء المصنوعة من ملاط الجير. والمكون الأساسى لقطع الفسيفساء الرخامية . حيث تحلل ببطء وتتحول الى بيكربونات ذائبة [1].

Calcium bicarbonate

$$H_2CO_3 + CaCO_3 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

كذلك فان زيادة المحتوى المائى لطبقات الفسيفساء المنفذة على أرضية من ملاط الجير وجفاف الجو المحيط بالفسيفساء، فان الماء يذيب كربونات الكالسيوم التى تترسب على المسطح فور تبخر المياه فى صورة طبقة جيرية تطمسه وتشوه مظهره. [2]

ب - **التميؤ وفقد الماء : (Hydration and dehydration)**

يتحد الماء الناتج عن عملية التكثيف أو غيرها مع بعض المعادن مكونا مايسمى : بالمعادن المائية، وتسمى هذه العملية الكيميائية اضافة الماء. (Hydration) والعكس أى عندما يفقد الماء من تركيب المعدن ليصبح معدنا جديدا وتسمى هذه العملية فقدان الماء (Dehydration). [3]

---

(1) Torraca, G. : Op. Cit., 1982, p.38.

(2) منى فؤاد على : دراسة صيانة بعض الصور الجدرايـة بمنطقة سقارة مع التطبيق العملى على احدى مقابر المنطقة ، رسالة ماجستير ، كلية الآثار ، 1988م، ص 82.

(3) مصطفى محمود سليمان : الجيولوجيا العامة - مطبوعات جامعة الزقازيق، 1985، ص 184.

ومن أشهر الأمثلة على ذلك ، تحول معدن الجبس فـى مـلاط الجبـس الى الانهيدرايت عند فقد ماء التبلور ، وتحول الانهيدرايت الى جبس باضافـة الماء. [1]

$$CaSO_4.2H_2O \xrightarrow{\text{over } 170^{\circ}C} Cacso_4 + 2H_2O$$

Gypsum → → Anhydrite

هذا التحول من طور الى آخر يؤدى الى حـدوث انكمـاش وتمـدد فـى أبعاد الخلية البنائية للجبس ينتج عنها انفعالات شديدة فى المـلاط[2] تؤدى فـى النهاية الى حدوث شروخ وتشققات غير منتظمـة فـى الفسيفسـاء المنفـذة علـى أرضية من الجبس.

جـ - عملية الأكسدة : (Oxidation)

عند تفاعل الاكسجين (O^{-2}) مع الحديد (Fe^{+2}) فى الجو يتكون فـى البداية أكسيد الحديدوز (Ferrous Oxide Feo) وبزيادة الاكسجين، يتحـول هذا الاكسيد الى أكسيد الحديديك بطوريه الفاوجاما[3](Fe_2O_3 Fe_2O_3).

أمـا فـى وجـود الرطوبـة أو الميـاه تتكـون الأكاسـيد القاعديـة للحديـد (ليمونيت) (Limonite Fe - OH) ، وليبيـد وكروسـيتLipidocrocite (Feo- OH) وجيوثيت (Goethite Feo . OH) ويعتمـد ذك علـى تركيز

---

(1) المرجع السابق .

(2) صالح أحمد صالح : محارات فى علاج وصيانة الأحجار والمبانى الحجرية ، قسم الترميم ، كلية الآثار ، 1982، 1988م.

(3) باهرة عبدالستار: معالجة وصيانة الآثار . المؤسسة العامة للآثار والتراث - العراق - 1981، ص 73-76.

الاكسجين الذائب فى الماء وكذلك المساحة المعرضة من جسم المعدن[1] هذه النواتج تختلف طبقا للوسط المحيط.

ففى الوسط القلوى (Alkaline medium) يتكون أولا هيدروكسيد الحديدوز ($Fe(OH)_2$) الذى يتحول فى وجود الاكسجين الجوى الى أكسيد الحديد القاعدة (Feo. OH) أو أكسيد الحديد المغناطيسى Fe_3O_4 وذلك يعتمد على درجة القلوية.

أما فى الوسط المتعادل (Neutral medium) أو قليل الحموضة تتكون هيدروكسيدات الحديد المعقدة (Fe. 2Hydroxo-complexex) التى تتأكسد الى أكسيد الحديد القاعدى (Feo-OH).

وعندما تكون ظروف التأكسد سريعة (Fast oxidation) فان هيدروكسيد الحديدوز $Fe(OH)_2$ أو الهيدروكسيدات المعقدة Hydroxo Complexes تتحول الى أكسيد الحديد القاعدى Feo-OH فى حين يتكون اكسيد الحديد المغناطيسى Magnetite Fe_3O_4 فى ظل ظروف التأكسد البطئ (Very slow oxidation) [2] وتكون المحصلة النهائية لهذه التفاعلات تكون النواتج المعروفة باسم الصدأ (Rust).

---

(1) صالح أحمد صالح: محاضرات فى علاج وصيانة المعادن – قسم الترميم – كلية الآثار – 1983.

(2) Kamal, K,J. and Others: Corrosion of iron dowels and clamps. In: The deterioration of Monuments 5th international congress on deterioration and conservation of stone. Nicholas copernicus university, 1988. p. 3.

وعند تعرض الحديد المستخدم فى تسليح أرضيات الفسيفساء لعمليات الأكسدة ، فانه يصدأ ويزداد حجمه ، ويؤدى الى تفكك وانفصال الفسيفساء.

د- عملية الذوبان : Solution

اذابة الماء للاملاح القابلة مثل كلوريد الصوديوم (NaCl) وتسرب المحلول الملحى الى طبقة الفسيفساء، سواء كانت فسيفساء أرضية أو جدارية وبتبخر الماء بتأثير حرار الجو، يترك الأملاح لتتبلور على السطح أو بين قطع الفسيفساء أو أسفلها . (انظر الصورة رقم 7).

وباستمرار عملية تبلور الأملاح الذائبة، سواء من التربة أو من مواد البناء أو من رزاز البحر[1] يتسبب الضغط الناتج عن النمو البلورى فى تفكك قطع الفسيفساء وانفصالها.

ويكون الضرر بالغا عند هبوب الرياح الحاملة للرمال أو الأمطار القوية المستمرة أو الهزات الأرضية الطبيعية ، كالزلازل ، أو الصناعية كتلك التى تحدث نتيجة لحركة السيارات بجوار المبانى الأثرية[2] ، حيث تتسبب فى حدوث فجوات[3] تختلف فى اتساعها طبقا لمناطق القوة والضعف فى

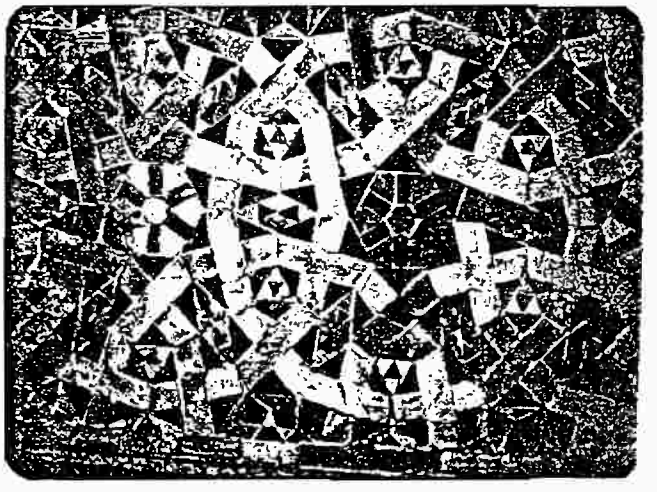
---

(1) منى فؤاد على: دراسة صيانة بعض الصور الجدارية بمنطقة سقارة مع التطبيق العملى على احدى مقابر المنطقة – رسالة ماجستير – كلية الآثار 1988، ص 85.

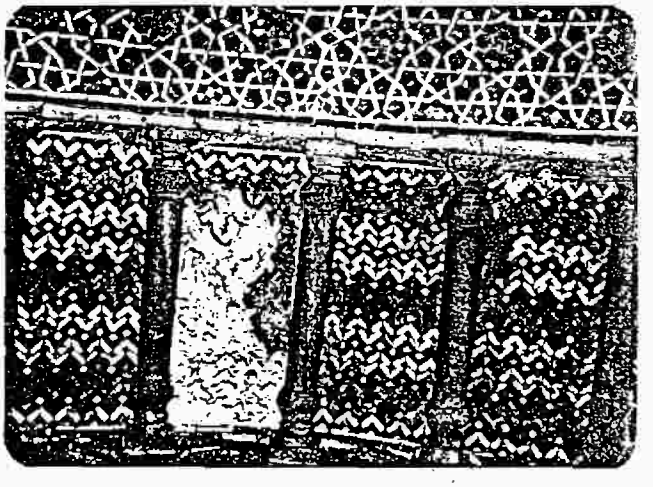
(2) أحمد شعيب : الأسس العلمية لعلاج وصيانة الأحجار. رسالة ماجستير ، كلية الآثار، 1983، ص 87.

(3) Majewski, L.: The cleaning consolication and Treatment of wall masaics. In: Mosaics. In : Mosaics, No. 1. ICCROM 1977, p. 56.

الفسيفساء، ويظهر، ويظهر ذلك واضحا فى فسيفساء محراب ضريح السلطان قلاووة بشارع المعز.(انظر الصورة رقم 8).



تبلور الأملاح بين قطع الفسيفساء . قبة السلطان قلاوون



صورة رقم (8) توضح

التلف الناتج عن الاهتزازات الناتجة عن حركة السيارات بجوار

قبة السلطان قلاوون

ثالثا: عوامل التلف البيولوجى

Biodeterioration Factors

وهى تلك العوامل ذات الطبيعة الحية وتأثيرها فى الغالب تأثير ميكانيكى وأهم هذه العوامل :

- الاصابات النباتية .
- أخطـــــــاء الانسـان .

1- الاصابات النباتية (Plant infestation):

لعله يكون من المفيد عند دراسة التأثيرات المتلفة للاصابة بالنباتات تقسيمها الى قسمين :

- الاصابات بالحشائش والنباتات الراقية.
- الاصابة بالكائنات الدقيقة .

أ - الاصابة بالحشائش والنباتات الراقية:

تعتبر الحشائش من أهم عوامل تلف الفسيفساء الأرضيـة بصفـة خاصة، حيث تغرس جذورها البصيلية أو الريزوميـــة أو الوتديـــــة (Bulbs, Rhizomes and tap) فى سطح الفسيفساء ودعائمها. [1] وغالبا

---

(1) Veloccia, M.L.: Conservation proplems of Mosaics in Situ. In: Mosaics No.I ICCROM. 1977. p.42.

ماتكون هذه الجذور سميكة وممتدة فى العمق لعدة أمتار فتؤدى فى النهاية الى تلف قطع الفسيفساء بالاضافة الى دعائمها. [1]

ويتزايد ضرر هذه النباتات على الفسيفساء الموجودة فى الأماكن المكشوفة أو المساحات المنزرعة (in open country or in planted areas) حيث ينقل الهواء بذور النباتات - التى تنمو بسهولة فى التربة الفقيرة للمواد الغذائية اللازمة لنمو النبات - الى شقوق وفواصل وفجوات الفسيفساء، وعند نموها قد تؤدىالى افرازات نباتية (Vegetable matter) تشوه مظهر الفسيفساء، كما أن جذورها تؤدى الى تفتت الدعامات[2]. (انظر صورة رقم9)

كذلك فان نمو الجذور أسفل طبقة الفسيفساء أو بجانب خطوط البناء تساعد على تجميع الأتربة المحمولة بالهواء، وهذه تشكل تربة خصبة لنمو النباتات ، علاوة على ماقد تحتويه من بذور لحشائش أو أعشاب تنمو وتمتد وتنتشر حتى تغطى سطح الفسيفساء بعباءة خضراء (Mantel of vegetation) تحجب رؤيته بالاضافة الى أن جذورها تؤدى الى تكسر الدعامات وهبوط الأرضيات. [3]

---

(1) Villa, A.: The removal ofweeds from out door Mosaic surfaces In: Mosaics No. I ICCROM 1972, p.49.

(2) Villa, A.: The removal of weeds from out door mosaic surfaces. In: Mosaics No. I, ICCROM. 1977, p.49.

(3) Ibid.

صورة رقم (9) توضح

التلف الناتج عن نمو النباتات فى الفسيفساء الأرضية (فيلا 1977)

ب - الكائنات الدقيقة (Micro organisms):

الى جانب النوع السابق من الاصابات النباتية يوجد نوع آخر منها هو الاصابة بالكائنات الدقيقة مثل: الطحالب والأشنيات. (*) التى يمكن أن تساوى الأولى فى الخطورة، وقد تختلف عنها فى أسلوب الانتشار وفى مظهر الاصابة. (1)

ومن المعروف أن معظم الكائنات الدقيقة تنمو فقط فوق الأرضيات المتروكة (Undisturbed pavement) وتفضل الأماكن المغلقة أو المغطاه

(*) فطر الأشن : هى النباتات المركبة من قطر وطحلب يعيشان معيشة تكافلية تقوم على تبادل المنفعة. حيث يقوم الفطر بامتصاص الماءمن رطوبة الجو ويعطيه للطحلب الذى يقوم بعملية البناء الضوئى ويكون السكر الذى يعطيه للفطر.

(1) Villa, A. : Op. Cit., 1977 p. 50.

قليلة أو عديمة التهوية أو الاضاءة (Little or no ventilation or light) الا أنه لوحظ نمو مستعمرات من الطحالب الخضراء فى الأجواء الرطبة (Humid Condition) على وجه الخصوص ، حتى فى المساحات المفتوحة جيدة التهوية وأيضا فى المساحات المغطاه أو المسقوفة . هذا النمو فى الغالب يكون بصورة دورية وببطء شديد الا أنه يكون سريعا فى أواخر الخريف ومنتصف الربيع حيث يؤدى فى النهاية الى تحلل وتآكل قطع الفسيفساء[1]

Corroding and staining the tesserae

هذا وقد ثبت أن الطحالب تهاجم الفسيفساء فى الغالب من حواف القطع إذ تنمو أولا فوق ملاط الروبه (مونه خفيفة) grout الذى عادة مايكون رطبا (Damper) وتغطية بطبقة رقيقة بنية رمادية[*] (Grey Brown Film) قد تميل نحو الاخضرار[*] فى الأماكن جيدة التهوية وهذه تؤدى فىالنهاية الى تعتيم اللون واظلام التصميم.(انظر الصورة رقم 10).

(Tarnishing the colour and obscuring the desing)

---

(1) Veloccia, M.L.: Conservation problem of mosaic insitu. In: Mosaics. No I. 1977, p. 44.

(*) يعزى اللون البنى فى الطحالب البنية الى وجود صبغ بنى يسمى (fucoxanthin) فيكوزانثين .

(*) يعزى اللون الأخضر فى الطحالب الى وجود حاملات اصباغ تسمى (Chlorophlastids) تحتوى على صبغة الكلورفيل الخضراء.

صورة رقم (10) توضح

التلف الناتج عن نموالكائنات الدقيقة فى الفسيفساء الأرضية (فيلوشيا 1977)

أضف الى ذلك أن قطع الفسيفساء المصابة تصبح أكثر مسامية (Much, more porous) حتى عندما تترك الطحالب الدعامات دون مهاجمتها[1].

بصفة عامة يمكن القول : بأن الفسيفساء الأرضية معرضة لخطر مجموعة كبيرة من النباتات يتراوح حجمها من الأشجار الى الطحالب ، فجذور النباتات تهاجم الدعامات وتسبب تفتتها أما الكائنات الدقيقة فتهاجم القطع وتسبب تآكلهاأو تبقعها أو على الأقل تحدث بها ثقوب دقيقة (Micro- Porforation).

---

(1) Veloccia, M.L.: Conservation problems of mosaic in situ. In: Mosaics No. 1 . 1977. p. 44.

2- أخطاء الانسان (Human mistakes):

الانسان هذا الكائن المفكر بأنى الحضارات قديما وحديثا هو نفسه قد يؤدى الى اتلاف الآثار التى نوضح ثقافته وتاريخه فى العصور السابقة ، أما عن جهل بأساليب صيانتها وترميمها أو عن اهمال لها وعدم شعور بأهميتها ، أو عن طريق التوسع الزراعى أو العمرانى فى المناطق الأثرية أو عن طريق تلويث البيئة ، أو قطع أجزاء منها بهدف التبرك.

وبناء عليه يمكن تقسيم مايحدثه الانسان من تلف بالآثار بصفة عامة بالفسيفساء بصفة خاصة على النحو التالى:

- الاتلاف غير المتعمد - الاتلاف المتعمد - الترميم الخاطئ

1- الاتلاف غير المتعمد:

وهو ذلك الاتلاف الذى يحدث رغما عن فاعله، مثل الاتلاف الذى يحدث عند المشى على الفسيفساء الأرضية، أيضا تبقع أرضيات الفسيفساء ببقع الزيوت أو الدهون فى الأماكن المستغلة أو تغطية الفسيفساء الجدارية بالسناج (الدخان) المتصاعد من احتراق الوقود أو الحرائق .

2- الاتلاف المتعمد:

هو ذلك الاتلاف الذى يحدث عن قصد بغرض السرقة ، مثل أعمال لصوص الآثار[1] . أو عند التوسع العمرانى أو الزراعى فىالأماكن الأثرية.وقد دمر 90٪ من الفسيفساء فى فرنسا بسبب العامل الأخير. [2]

---

(1) صالح أحمد صالح: محاضرات فى علاج وصيانة الأحجار والمبانى الحجرية ، قسم الترميم، كلية الآثار ،1983م.

3- **أخطاء الترميم :**

أخطاء عمليات ترميم الفسيفساء كثيرة ومتنوعة منها :

أ - استعمال الحديد القابل للصدأ فى تسليح أرضيات الفسيفساء يؤدى الى طرد طبقة الفسيفساء اذا تعرض لعوامل الصدأ . مثل ماتم لفسيفساء محراب مسجد الست مسكة بالسيدة زينب . والفسيفساء الجدارية بضريح السلطان قلاوون بشارع المعز لدين الله.

ب - استخدام ملاط الجبس فى عمل أرضيات الفسيفساء يؤدى الى احداث شروخ وانبعاجات فى الفسيفساء اذا تعرض لعملية فقد ماء التبلور (Dehydration) عند ارتفاع درجة الحرارة . أو لعملية التحلل البطئ عند زيادة المحتوى المائى للملاط ، وأهم مثال على ذلك ، محراب قبة السلطان قلاوون بشارع المعز لدين الله.

ج - استخدام ملاط الاسمنت فى ترميم الفسيفساء يؤدى الى تآكل قطع الفسيفساء بسبب مايحتويه هذا الملاط من أملاح مثل : كبريتات الكالسيوم ($CasO_4$) وكبريتات الصوديوم (Na_2SO_4) وسيليكات الصوديوم (Na_2SO_4) وسيليكات الصوديوم (Na_2SO_3) والتى تزداد شراستها فى وجود الرطوبة أو المياه ، التى تحرر الاملاح القابلة للذوبان ، حيث تهاجر الى السطح وتؤدى الى تفتيته. [1]

---

(2) Bassier, C.: Some problems in the conservation of mosaics. In: Mosaics, No. 1 1977 p. 68.

(1) Torraca, g.: Porous building materials. Materials Science for architectinal conservation.ICCRON. 1982 pp. 29-37.

هذا بالاضافة الى أن ملاط الأسمنت قليل المسامية ولايسمح بتبخر الماء بسهولة مما يؤدى الى خلق قوى شد (Tension) بين الملاط ومادة الجدران عندما توجد مياه متخلله بينهما سواء عند انخفاض درجة الحرارة، أو التجمد (Freezing) أو ارتفاع درجة الحرارة ، والتبخر (Evaporation) وتكون النتيجة سهولة انفصاله عن الجدران ، أوزيادة رطوبتها.[1]

أيضا فان ملاط الاسمنت قديؤدى الى تزهر أملاح قليلة الذوبان مثل: كربونات الكالسيوم، ($CaCO_3$) على السطح فتشوهه كما يصعب ازالتها،وربما تتسبب فى التلف الموضعى للاسطح الأثرية عن طريق مايسمى بضغوط التبلور (Crystallization stresses) وهى فى ذلك تشبه التلف الذى يحدث عند تبلور أملاح كبريتات الصوديوم ($Na_2 SO_4$) السريعة الذوبان فى الماء.[2]

هذا وقد حدثت كارثة للفسيفساء فى العديد من متاحف فرنسا بسبب أخطاء عمليات الترميم وأهم هذه الأخطاء كما ذكرها باسير(Bassier).

1- أخطاء عمليات النزع :

- خطوط القطع كانت واسعة جدا خاصة فى المساحات الصغيرة من الفسيفساء مثلما حدث فى فسيفساء (The drunkennes of Hercules) حيث مثلت القطوع 25٪ من المساحة الكلية.

---

(1) Torraca, g. : Op. Cit., 1982, p. 80.

(2) Ferragni, D. and Others: Easis de laboratoire sur de coulis a base de ciinent in : Mortars, Cements and grouts used in the conservation of Historic buildings. Rome. 1981, pp. 195-200.

- القطع دون اعتبار للتصميم.

- استخدام البيتومين الذى تسرب الى داخل القطع وتحول الى مادة غير عكسية.

- استخدام الغراء الحيوانى الذى هوجم بالحشرات والكائنات الدقيقة مما أدى إلى أضعاف قوته وفقد القطع التى لم يستمر تماسكها مع بعضها. [1]

2- أخطاء عمليات النقل :

حيث تم نقل الفسيفساء المنوعة الى حوامل جديدة من الشمع أو الجبس أو الجير أو الأسمنت ، مما تسبب فى الكثير من التلفيات ، فالشمع يشتعل عند تعرضه للنار. والجبس ضعيف المقاومة وسريع التأثر بالرطوبة . والجير ضعيف ومقاومته لاتتحمل بانوه أكثر من 50 سم. لذلك فان زيادة وزن البانوه ، بزيادة سمك ملاط الجير الذى وضع فيه سدائب من الخشب أو أسياخ من الحديد بهدف التقوية تسبب فى تشرخ الفسيفساء وتكسرها. [2]

أما الأسمنت فقد أدى الى ظاهرة التلف الحفرى (The gravest deterioration) سواء عند استخدامه فى الملاط أو كروبه (grout) لملء الفواصل واللحامات بسبب احتوائه على أملاح قابله للذوبان فى الماء.

كذلك فان استخدام الأسمنت فى صنع دعائم الفسيفساء فى فرنسا، أدى الى انبعاج الاجزاء التى استخدم فى دعائمها نتيجة لانكماشه بعد الجفاف . وقد عالج المرممون هذا العيب بخطأ آخر اذ قاموا بتسوية سطح الفسيفساء

---

(1) Bassier, C.: Some problems in the conservation of mosaics. In: Mossaics, No. I. ICCROM. 1977, p.10.

(2)Ibid.

بالجلى وهذه العملية أدت الى انقاص أحجام القطع عدة ملليمترات كذلك ثبت أن التسليح لم يلتصق بالفسيفساء جيدا لذلك تحولت الفسيفساء الى شرائح 8رقيقة (Thin plaques) عندما تعرضت للضغوط ، أيضا عندما تعرضت الفسيفساء للحرارة تمددت الدعامة(*) مثيرة للضغوط المماسيه (Tangential stresses) بين طقة التسليح وطبقة الفسيفساء حيث انفصلت الأخيرة وتفككت قطعها . كما أن وجود الرطوبة أدى الى تأكسد حديد التسليح وزيادة حجمه بسبب نواتج الصدأ مما أدى الى طرد الفسيفساء. (1)

*****

(*) ثبت أن معامل التمدد الحرارى للخرسانة المسلحة 10 × 10-6مليمتر/ درجة مئوية وأن التغير فى درجة الحرارة حتى 30 5م يؤدى الى تمدد الخرسانة فى قطعة طولها 1م يتراوح بين 3ر-4ر ملليمتر .

(1) Bassier , C. : Op. Cit., 1977, p. 70.