

الفصل الثالث

عوامل تلف الفسيفساء

**Mosaic deterioration factors**

obeykandi.com

## 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 لا يوجد 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:

### أولاً: 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 الكيميائي (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 .
- الذوبان .
- التأكسد .

## ثالثا : عوامل التلف البيولوجى (Biodeterioration factors):

أهمها:

- الاصابات النباتية .
- أخطاء الانســــــــــــــــان .

وهذا التقسيم للعوامل المؤدية الى تلف الفسيفساء لايعدى 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)<sup>(1)</sup> وهذه تؤدي الى تشويه دائم  
وشروخ دقيقة في العناصر المعمارية والفنية .<sup>(2)</sup>

(Permenant deformation and microscopic cracks).

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

وتنقسم الأحمال طبقاً لمدة تأثيرها وبقاء قيمتها إلى :

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

ب - حمل متحرك ( Live Load ) وهو الذي تتغير مدة تأثيره  
وموضعه على المنشأ مثل: الأثاث والاشخاص في المباني ، والمركبات فوق  
الكلية.<sup>(3)</sup>

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 في العناصر المعمارية المحملة  
تحت تأثير عوامل التلف المختلفة أو التدمير الجزئي لبعض هذه العناصر  
بواسطة التعديت البشرية، اذ تزداد كثافة الحمل الثابت عن قدرة العناصر

---

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

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

(3) فهم 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 نتعرض لها الأرضيات المصنوعة من الفسيفساء، تؤدي 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 فإن الدعامة تنتفخ (ظاهرة التظليل) 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 بصريح 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 (Difference in temperature):

تعرض مواد البناء لاختلاف درجات الحرارة اليومية والموسمية، وهذا الاختلاف مصدر مهم من مصادر التلف بسبب الضغوط الموضعية الناتجة عن عملية التمدد والانكماش التي تتم عند ارتفاع وانخفاض درجة الحرارة. (1)

وتعتبر الشمس هي المصدر الرئيسي لحرارة الأرض، حيث ترسل أشعتها إلى الأرض في شكل موجات اشعاعية مستقيمة الخطوط ومختلفة الأطوال الموجية، وعادة مايمتص الغلاف الغازي نسبة كبيرة من أطوال هذه الموجات والتي تعرف بالأشعة تحت الحمراء (Infra Red) وطولها الموجي 7600 انجستروم بينما يحجز الأوزون كمية كبيرة من أقصر هذه الموجات وتعرف بالأشعة فوق البنفسجية (Ultra violet) وطولها الموجي أقل من 3400 انجستروم، أما بين هذه وتلك فهي الأشعة المرئية (Invisible Light) وطولها الموجي من 3400-7600 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 إلى موجات ذات طاقة اشعاعية هي: الحرارة. (3)

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

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

(3) سعاد الصحن : الجغرافيا العامه، دار الهلال 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 في تكوينها، وعندما ينقطع مصدر الحرارة تفقد الفسيفساء حرارتها بالبرودة . وهذا التذبذب اليومي في درجات الحرارة ارتفاعا وانخفاضاً يؤدي الى تمدد وانكماش في خامات صناعة الفسيفساء (Materials expand on heating and contract on cooling) ومن ثم اضعاف تماسكها ونفتتها ، كما أن الضغوط الناتجة عن التمدد الحراري (thermal expansion) تحدث تشوهات و شروخ في طبقة الفسيفساء نفسها (Cause deformations and cracks)<sup>(1)</sup> وهذه تختلف باختلاف معامل التمدد الحراري لمواد صناعة الفسيفساء. (أنظر جدول رقم 1).

#### جدول رقم (1)

معامل التمدد الحراري لبعض المواد التي تستخدم في صناعة أو ترميم الفسيفساء

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

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

$10 \times 11 \div 5$	يستخدم فى التسليح	الحديد
$10 \times 14 \div 10$	يستخدم فى التسليح	الصلب
$10 \times 23 \div 8$	يستخدم فى التسليح (حديثاً )	الألومنيوم
$10 \times 16 \div 8$	يستخدم كمواسير فى فتحات المياه	النحاس
$10 \times 150 \div 100$	يستخدم فى صناعة دعائم جديدة (ترميم)	راتنج البولى استر
$10 \times 60$	يستخدم فى صناعة دعائم جديدة (ترميم)	راتنج الايبوكس
$10 \times 20$	تستخدم فى صناعة دعائم جديدة (ترميم)	مونة الايبوكس مع الرمل 1:5
$10 \times 80 \div 70$	يستخدم فى صناعة دعائم جديدة (ترميم)	راتنج الاكريليك
$10 \times 80 \div 70$	يستخدم كمادة لاصقة فى نظام التماسك المؤقت	راتنج بولى فينيل كلوريد

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

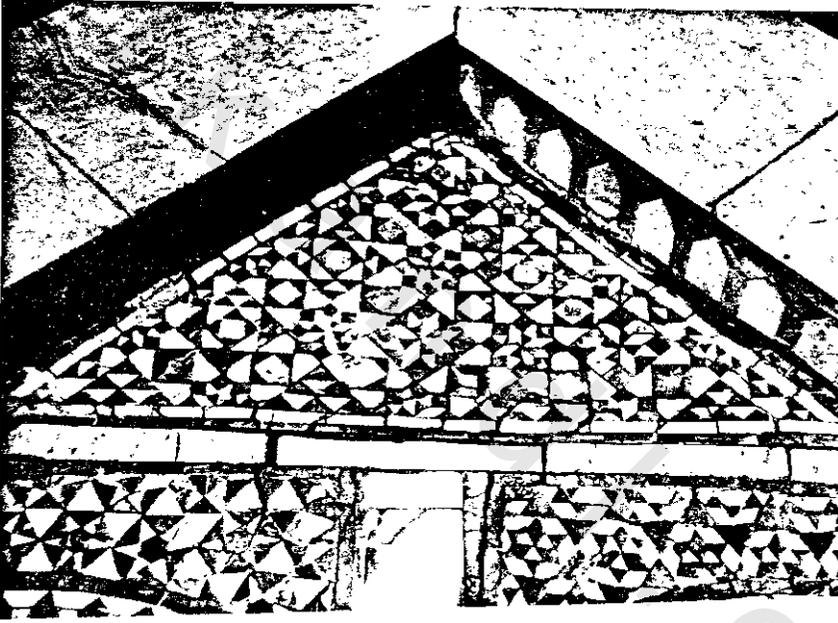
ويظهر هذا التأثير واضحاً فى فسيفساء نافورة الحديثة الأثرية بمتحف الفن الاسلامى بباب الخلق. (النظر الصورة رقم 5).

الى جانب الحرارة الناتجة عن الشمس كأحد مصادر تلف الفسيفساء المكشوفة سواء الجدارية أو الأرضية، أيضاً توجد الحرارة الناتجة عن احتراق الوقود أو من الحرائق التى تحدث فى المباني الأثرية أو المناطق المجاورة لها. (1)

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

وهذه الحرارة أكثر تأثيراً على الفسيفساء من تلك الناتجة عن أشعة الشمس إذ تكون قوية ومباشرة، وتؤدي إلى عمليات التفتك السريع للفسيفساء وانفصالها عن الدعامة نتيجة لآثارها لظاهرتي التمدد والانقسام (Dilation and Cleavage) في قلب طبقات الرصف<sup>(1)</sup> (Stratification Layers).

بالإضافة إلى التحلل السريع للملاط الرابط عند فقدته لمحتواه المائي وانكماشه<sup>(2)</sup> محدثاً شروخ في طبقة الفسيفساء تزداد اتساعاً في حالة الدعائم المسلحة بالحديد.



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

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

( 2 ) صالح أحمد صالح : محاضرات في علاج وصيانة الأحجار والمباني 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 تؤدي الى انفصال بلوراتها اذا كانت الفسيفساء مصنوعة من الرخام. (1)

### 3- الصقيع (Frost):

في البلاد الأوربية أو البلاد التي تنخفض فيها درجة الحرارة الى درجة التجمد (Freezing Point) فان الماء المتخلل مسام المواد يتجمد ويؤدي تجمده الى زيادة حجمه (2) - من المعروف أن الماء يزداد حجمه بمقدار 9% عند التجمد - هذه الزيادة تؤدي الى ضغوط هائلة (Large Stresses) على جدران المسام تقدر بأكثر من 2000 كجم/سم<sup>2</sup> (3). وتكون النتيجة تفتت مواد صناعة الفسيفساء بواسطة الضغوط الميكانيكية الداخلية (Internal mechanical stresses).

في المقابل يوجد نوع آخر من التلف الميكانيكي للفسيفساء بواسطة الصقيع لا يعتمد على المياه الداخلية الموجودة في مسام المواد أو الشقوق بل يعتمد على قوة دفع الثلج Frost have اذ أن استمرار تصادم بلورات الثلج بأسطح المواد يؤدي 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- الرياح (Wind) :

الرياح هي: حركة الهواء السطحية نتيجة لارتفاع وانخفاض مستوى الضغط الجوي<sup>(1)</sup>. وقد ثبت أن سرعة الرياح تزداد في المناطق المكشوفة عنها في المناطق المنزوعة أو المقام عليها المباني.<sup>(2)</sup>

والرياح في 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.<sup>(3)</sup>

وقد ثبت أن الجفاف شرطا أساسيا لامكانية حمل الرياح للمفتتات الصخرية<sup>(4)</sup> وهذه المفتتات الصخرية من الأسباب الرئيسة لتآكل الأسطح الأثرية المعرضة للرياح حيث تؤدي الى تفتته ميكانيكيا.

---

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

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

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

(4) سعاد الصحن : الجغرافيا العامة ، دار الهلال للطباعة، القاهرة ، 1985، ص 102.

ويظهر التأثير الضار للرياح بصفة خاصة على الأسطح التي عانت من تفكك حبيباتها نتيجة للتغير في درجة الحرارة والرطوبة أو نتيجة للتحويلات الكيميائية للمعادن المكونة لها حيث تكون عرضة للحمل والنقل. (1)

ويلاحظ أن مقدار التلف يتوقف على شدة الرياح ونوع ماتحملة 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) والأثرية أثناء حركتها وفي وجود الرطوبة تلتصق بالأسطح الأثرية وتطمسها(2)، كما تساعد الرياح على سرعة البخر (Evaporation) (3) وهذا يؤدي الى زيادة عملية تزهير الأملاح (Efflorescence) في مسام قطع الفسيفساء وعلى أسطحها وفي مناطق اللحام بين القطع. مما يؤدي الى الإسراع في عمليات التلف.

## 5- الزلازل (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، وفي اتجاه معين، فاذا ماحدث تغير في تحرك

---

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

(2) منى فواد على : دراسة صيانة بعض الصور الجدارية بمنطقة سقاره مع التطبيق العملي 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 ، فإن 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 الإنسان وقد تكون قوية يشعر بها الإنسان<sup>(1)</sup>. وتسمى الزلازل.

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

ومقدار الزلازل له قيمة مطلقة يتم تحديدها على مقياس وصفه (ريختر) وسمى باسمه، ويستخدم عالمياً في جميع المراصد ويتراوح بين الصفر و9<sup>(2)</sup>.

كما أن مقدار الزلازل وبالتالي شدته تتناسب عكسياً مع المسافة ، فكلما بعدت المسافة عن مركز الزلازل كلما قل الشعور به والعكس صحيح، وهذا ما حدث في زلزال دهشور 1992/10/12 حيث أثر تأثيراً مباشراً على مباني القاهرة وبعض المحافظات المجاورة ولم يشعر به سكان أسوان وقتها، وهذا يعني أن التأثير الزلزالي يمتد إلى دائرة حول مركز الزلازل وليس له اتجاه معين .<sup>(3)</sup>

- 
- (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 المباني الأثرية من أكثر المباني عرضة للتلف بسبب الهزات الأرضية لقدمها وضعف مواد ربطها ، وكذلك ضعف قوى تحملها لضغوط الشد الناتجة عن الزلازل ، وبالتالي مقدار تأثيرها على المبنى .

والمرحلة النهائية لهذه التأثيرات هي : ظهور شروخ تختلف فى الطول والعرض والعمق خاصة فى الأكتاف والكمرات والأعتاب وكذلك الحوائط وقد ينهار المبنى ككل ويتلف كل مانفذ على جدرانه أو أرضياته 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 المباني المجاورة ينتج عنها جهودات شد وضغط سريعة ومتتابعة فى عناصر المباني (Building structures) وهذه تودى الى تلف خطير فى المباني أو قد تحدث انهيارات (Collapse) جزئية أو كلية للمباني الأثرية<sup>(2)</sup> ، تتشابه فى ذلك مع الهزات الناتجة عن الزلازل ، مما يودى الى ضياع كل أعمال الفن المنفذة على الجدران أو الأرضيات فى هذه المباني ومنها بالطبع الفسيفساء.

وتقاس الاهتزازات داخل المباني 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 التي تسبب تلف المباني(2).

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

( 1) Ibid. p. 52.

( 2) Ibid. p. 55.

## ثانيا : عوامل التحلل الكيميائي

### Chemical Decomposition Factors

#### 1- الماء (Water)

الماء هو أحد الضرورات الأساسية للحياة على الكرة الأرضية ، ويوجد في كل مكان، فوق سطح الأرض وتحتها، وفي الغلاف الهوائي، في صورته السائلة، كما في المجارى المائية، وفي صورته الصلبة، كما في المثالج، وفي صورته الغازية ، كما هو الحال في الغلاف الجوى، والماء دائم الحركة والتغير من صورة إلى أخرى طبقا للظروف الطبيعية السائدة ، ويتم حركة الماء وتغيره من صورة إلى أخرى في دائرة مغلقة تسمى بالدورة المائية. (1) (Hydrologic cycle).

ويلعب الماء دورا اساسيا في عمليات تلف الفسيفساء الأرضية والجدارية على حد سواء ، نظرا لتعدد مصادره واختلاف تأثيراته ، ومن أهم مصادر المياه التي تؤدي الى تلف الفسيفساء مايلي:

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

المياه التي تتسرب من الأرض الى دعائم الفسيفساء اما أن تكون مياه جوفية تحت سطحية ، أو مياه متسربة من عيوب الصرف الصحي (2) أو مياه رشح ونشح من أراضى زراعية قريبة. وهذه أو تلك تصل الى الفسيفساء

---

(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<sup>(1)</sup> . وكذلك درجة حرارة الجو التى تساعد على ارتفاع معدل البخر من الأسطح المسامية المعرضة خاصة فى الأرضيات المنفذة بالفسيفساء وبالتالى تؤدى الى الإسراع 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 على ارتفاع 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 بالإضافة إلى الاهتزازات الناتجة عن حركة المرور بشارع المعز لدين الله

المنطقة ذات المحتوى المائي الأعلى (Higher water content) الى المنطقة ذات المحتوى المائي الأقل (Lower water content) (1).

حيث تؤدي هذه المياه الى اذابة ونزح المواد الرابطة لحبيبات الكتل الحجرية والمون المستخدمة فى البناء أو فى تنفيذ لوحات الفسيفساء " الأمر الذى يؤدي الى هشاشيتها وضعف تماسكها مما قد يعرضها للإهيار". (2)

هذا الى جانب زيادة نسبة الأملاح القابلة للذوبان فى الماء 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 تؤدي 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.

### ج - مياه التكثف (\*) (Condensation Water)

هى المياه التى تتكون على الأسطح الباردة فى صورة طبقة رقيقة عندما تكون درجة 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 فى المواد المسامية . (1)

### د - مياه الأمطار (Raine Water):

الأمطار هى أحد صور الماء 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 فى البحار 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 نداء .وقد يحدث التكثف أحيانا قبل الوصول بالهواء الى نقطة نداء 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 جامعة الزقازيق ، 1985م، ص 293.

طفلية، وذلك بعد غسل ونزح بعض مكوناتها كالغرين والطين وترك المواد الصلبة كالحصى والرمال (1) . مما يؤدي الى انهيار المبنى ككل .

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

أما اذا تسربت المياه خلال مسام المواد الداخلة في صناعة الفسفيساء، فانها تتعرض لعملية البخر من الأسطح المكشوفة عند ارتفاع درجة الحرارة، وتتبلو الأملاح الذائبة في مسام قطع الفسفيساء أو بين الفواصل واللحامات. وباستمرار عملية البخر وتبلور الأملاح يزداد النمو البلوري للأملاح وينتج

---

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

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

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

( 3 ) Majewski, L.: The cleaning consolidation and treatment of wall mosaics . In Mosaics. No.1, ICCROM 1977, p.56.

عن ذلك ضغوط موضعية<sup>(1)</sup> تؤدي الى حدوث تفكك وانفصال لقطع الفسيفساء. ويكون الضرر بالغا عند سقوط مياه الأمطار التي تغسل سطح الفسيفساء فتظهر مناطق التحلل<sup>(2)</sup>، كما أن الرياح المحملة بالرمال تؤدي الى تساقط القطع شبه المنفصلة.

هذا بالإضافة الى أن المياه تساعد على تنشيط عمليات التحلل الكيميائي لمواد صناعة الفسيفساء بواسطة غازات التلوث الجوى.<sup>(3)</sup>

أيضا تساعد المياه على نمو النباتات في دعائم الفسيفساء ، وكذلك الكائنات الدقيقة على أسطح الفسيفساء مما يؤدي الى ضعفها وتحللها.<sup>(4)</sup> كما أن مياه التكاثف تثبت الأتربة والمعلقات الجوية على أسطح الفسيفساء فتطمس معالمها.<sup>(5)</sup>

---

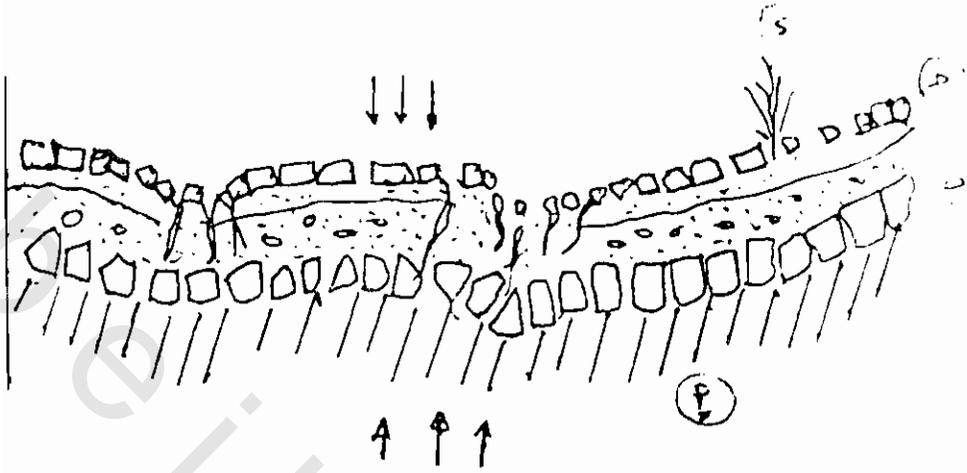
( 1 ) Torraca. G.: Poous building materials. Materials Science for Architectural Conservation ICCROM 1982 , pp. 32-33.

( 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- الهواء (Air):

هو الجزء الغازي من القشرة الأرضية ، ويتكون في صورته الجافة من عدة غازات مختلطة ، كالنيتروجين وثنائي أكسيد الكربون والاكسجين والأرجون وأوزون ، وبعض الغازات النادرة كالنيون والهليوم والميثان والهيدروجين وكلها مختلطة مع بعضها البعض ، كما تتداخل مع مكونات الهواء الأخرى في تلاحم وتجانس يصعب معه تمييز أحدهما عن الآخر (1) (انظر الجدول رقم 2)

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

## جدول رقم (2)

يوضح متوسط مكونات الهواء الجاف غير المعرض للتلوث<sup>(1)</sup>

الغاز	التركيز نسبة مئوية حجما	الغاز	التركيز نسبة مئوية حجما
النيتروجين	78,01	الأكسجين	20,94
الأرجون	93ر	ثاني أكسيد الكربون	$10^{-6} \times 3,16$
النيون	$10^{-3} \times 1,8$	الهيليوم	$10^{-4} \times 5,2$
الميثان	$10^{-4} \times 1,3$	الكريبتون	$10^{-5} \times 1$
الهيدروجين	$10^{-5} \times 5$	أكسيد النيتروز	$10^{-5} \times 4$
أول أكسيد الكربون	$10^{-5} \times 1$	الزئبق	$10^{-6} \times 8$
الأوزون	$10^{-6} \times 2$	ثاني أكسيد النيتروجين	$10^{-6} \times 1$
الأمونيا	$10^{-6} \times 1$	ثاني أكسيد الكبريت	$10^{-10} \times 2$

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

(1) إبراهيم سالم منصور : التلوث ، مجلة المهندسين ، العدد (373) ، إبريل

1986، ص 66.

وسائل النقل ذات المحركات والتي ينتج عن احتراق الوقود المستخدم في تشغيلها الأكاسيد الضارة مثل: أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون وأيضاً مركبات الرصاص.<sup>(1)</sup>

ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكبريت ( $SO_2$ ) أكثر غازات التلوث خطراً على المواد الأثرية خاصة الكربوناتيّة ، حيث يتحول هذا الغاز في وجود أقل نسبة رطوبة الى حمض كبريتوز ثم حمض كبريتيك ( Sulphurous and sulfuric acids) الذي يهاجم كربونات الكالسيوم ويحولها الى كبريتات الكالسيوم المائية ( الجبس ) ( Hydrated calcium sulphate )<sup>(2)</sup> ويحرر ثاني اكسيد الكربون ( $CO_2$ ) حيث تترسب كبريتات الكالسيوم على سطح الفسيفساء بصورة يصعب ازالتها.

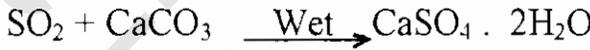
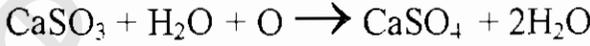
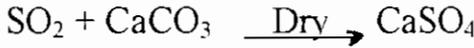
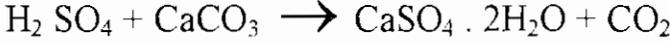
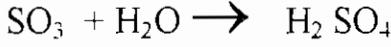
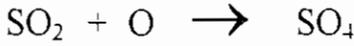
هذا بالإضافة الى أن الكالسييت ( $CaCO_3$ ) عندما يتحول الى جبس ، كما يذكر (Majewski) فإن الجبس يشغل ضعف حجم الكالسييت تقريباً (Gypsum occupies twice the volume as calcite)<sup>(3)</sup> مما يؤدي الى تفكك قطع الفسيفساء وانفصالها عن ملاط الدعامة . وتوضح المعادلات الكيميائية التالية كيفية تحول الكربونات الى كبريتات في وجود ثاني اكسيد الكبريت أو حمض الكبريتيك :

---

( 1 ) روبرت لافون : التلوث ، 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.



أما الأثرية الدقيقة التي تثيرها الرياح ، فقد تكون محملة ببذور النباتات أو بويضات الحشرات وعند ترسيبها على سطح الفسيفساء أو فى الشقوق والفجوات تهدد بانتشار التلف البيولوجي.(1)

كما أن غبار المدن الصناعية الذى 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.1. 1977, p. 42.

( 2 ) حسام الدين عبد الحميد : المنهج العلمى لعلاج وصيانة المخطوطات والاشخاب والمنسوجات الأثرية ، القاهرة 1984، ص 196.

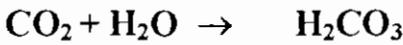
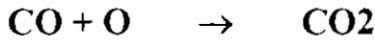
\* التأثيرات المشتركة للماء والهواء - التحلل الكيميائي:

(Chemical decomposition )

تحدث عمليات التحلل الكيميائي للمواد الأثرية عند تعرضها لتأثير الماء والهواء ، وأهم هذه العمليات : الكربنة ( Carbonation ) والتميو (Hydration) والذوبان ( Solution ) والتأكسد (Oxidation) .<sup>(1)</sup> وهذه العمليات تؤدي الى تحلل المواد الداخلة في صناعة الفسيفساء أو فصل أحد مكوناتها نهائيا ، نتيجة لتفاعل كيميائي بينها وبين الأكسجين أو ثاني أكسيد الكربون أو عن طريق الاتحاد مع الماء أو فقده.

أ- عملية الكربنة :

تشكل وسائل النقل المختلفة المصدر الرئيسي لأول أكسيد الكربون ، بالإضافة الى اشتعال المركبات العضوية المحتوية على الكربون<sup>(2)</sup>. وهذا الغاز عند تأكسده يتحول الى ثاني أكسيد الكربون (Carbon dioxide) الذى يتحول فى وجود الرطوبة الجوية أو المياه الى حمض الكربونيك (Carbonic acid) ..



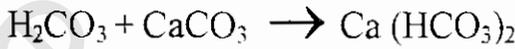
(3) صالح أحمد صالح : محاضرات فى علاج وصيانة المعادن ، قسم الترميم ، كلية الآثار ، 1983.

(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 ، إلا أن المحاليل التي تحتوى عليه ، يمكنها إذابة مادة كربونات الكالسيوم، التي تدخل فى اعداد أرضيات الفسفساء المصنوعة من ملاط الجير. والمكون الأساسى لقطع الفسفساء الرخامية . حيث تحلل ببطء وتتحول الى بيكربونات ذائبة<sup>(1)</sup>.

Calcium bicarbonate



كذلك فإن زيادة المحتوى المائى لطبقات الفسفساء المنفذة على أرضية من ملاط الجير وجفاف الجو المحيط بالفسفساء، فإن الماء يذيب كربونات الكالسيوم التي تترسب على المسطح فور تبخر المياه فى صورة طبقة جيرية تطمسه وتشوه مظهره.<sup>(2)</sup>

ب - التميو وفقد الماء : ( Hydration and dehydration )

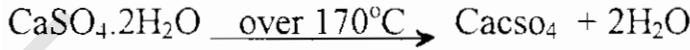
يتحد الماء الناتج عن عملية التكثيف أو غيرها مع بعض المعادن مكونا مايسمى : بالمعادن المائية، وتسمى هذه العملية الكيميائية اضافة الماء. (Hydration) والعكس أى عندما يفقد الماء من تركيب المعدن ليصبح معدنا جديدا وتسمى هذه العملية فقدان الماء (Dehydration).<sup>(3)</sup>

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

( 2 ) منى فؤاد على : دراسة صيانة بعض الصور الجدرائية بمنطقة سفارة 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 فى ملاط الجبس الى الانهيدرايت عند فقد ماء التبلور ، وتحويل الانهيدرايت الى جبس باضافة الماء. (1)



Gypsum → → Anhydrite

هذا التحول من طور الى آخر يؤدي الى حدوث انكماش وتمدد فى أبعاد الخلية البنائية للجبس ينتج عنها انفعالات شديدة فى الملاط<sup>(2)</sup> تؤدي الى النهاية الى حدوث شروخ وتشققات غير منتظمة فى الفسفساء المنفذة على أرضية من الجبس.

### ج - عملية الأكسدة : ( Oxidation )

عند تفاعل الاكسجين ( $\text{O}^{2-}$ ) مع الحديد ( $\text{Fe}^{+2}$ ) فى الجو يتكون فى البداية أكسيد الحديدوز ( Ferrous Oxide Feo ) و بزيادة الاكسجين ، يتحول هذا الاكسيد الى أكسيد الحديدك بطوريه الفاجاما<sup>(3)</sup> ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

أما فى وجود الرطوبة أو المياه تتكون الأوكاسيد القاعدية للحديد (ليمونيت ) ( Limonite Fe - OH ) ، وليبيد وكروسيت Lipidocrocite ( Feo- OH ) وجيوثيت ( Goethite Feo . OH ) ويعتمد ذلك على تركيز

( 1 ) المرجع السابق .

( 2 ) صالح أحمد صالح : محارات فى علاج وصيانة الأحجار والمباني 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<sup>(1)</sup> هذه النواتج تختلف طبقا للوسط المحيط.

فى الوسط القلوى (Alkaline medium) يتكون أولا هيدروكسيد الحديدوز  $(Fe(OH)_2)$  الذى يتحول فى وجود الاكسجين الجوى الى أكسيد الحديد القاعدة  $(FeO \cdot OH)$  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  $(Fe \cdot 2Hydroxo-complex)$  التى تتأكسد الى أكسيد الحديد القاعدى  $(FeO \cdot OH)$ .

وعندما تكون ظروف التأكسد سريعة (Fast oxidation) فان هيدروكسيد الحديدوز  $Fe(OH)_2$  أو الهيدروكسيدات المعقدة Hydroxo Complexes تتحول الى أكسيد الحديد القاعدى  $FeO \cdot OH$  فى حين يتكون اكسيد الحديد المغناطيسى Magnetite  $Fe_3O_4$  فى ظل ظروف التأكسد البطئ (Very slow oxidation)<sup>(2)</sup> 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

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

وباستمرار عملية تبلور الأملاح الذاتية، سواء من التربة أو من مواد البناء أو من رزاز البحر<sup>(1)</sup> 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 المباني الأثرية<sup>(2)</sup> ، حيث تتسبب فى حدوث فجوات<sup>(3)</sup> 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.

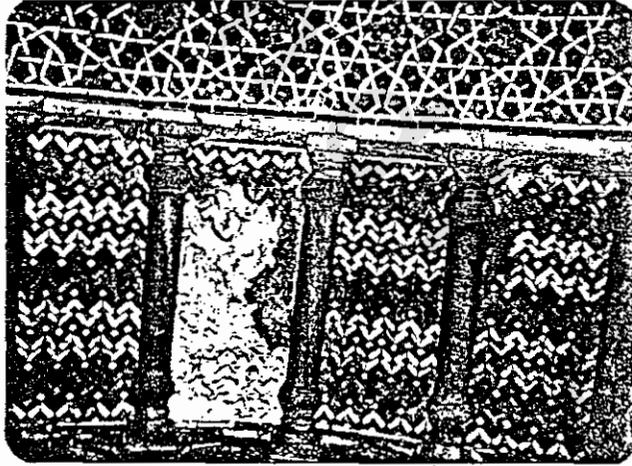
( 2 ) أحمد شعيب : الأسس العلمية لعلاج وصيانة الأحجار. رسالة ماجستير ، كلية الآثار، 1983، ص 87.

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

الفسيفساء، ويظهر، ويظهر ذلك واضحا في 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

## ثالثًا: عوامل التلف البيولوجي

### Biodeterioration Factors

وهي تلك العوامل ذات الطبيعة الحية وتأثيرها في الغالب تأثير ميكانيكي وأهم هذه العوامل :

- الاصابات النباتية .
- أخطاء الانسان .

#### 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 الأرضية بصفة خاصة، حيث تغرس جذورها البصيلية أو الريزومية أو الوتدية ( Bulbs, Rhizomes and tap ) في 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 تؤدى الى افرازات نباتية (Vegetable matter) تشوه مظهر الفسيفساء، كما أن جذورها تؤدى الى تفتت الدعائم (2). (انظر صورة رقم 9)

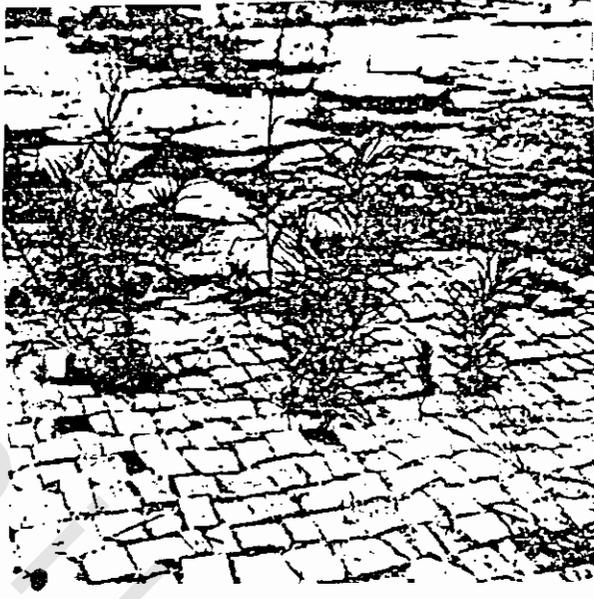
كذلك فان نمو الجذور أسفل طبقة الفسيفساء أو بجانب خطوط البناء تساعد على تجميع الأتربة المحمولة بالهواء، وهذه تشكل تربة خصبة لنمو النباتات ، علاوة على ماقد تحويه من بذور لحشائش أو أعشاب تنمو وتمتد وتنتشر حتى تغطى سطح الفسيفساء بعباءة خضراء (of Mantel vegetation) تحجب رؤيته بالاضافة الى أن جذورها تؤدى الى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

---

( 1 ) Villa, A.: The removal of weeds 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. 1, ICCROM. 1977, p.49.

( 3 ) Ibid.



صورة رقم (9) توضح

التلف الناتج عن نمو النباتات في 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. (\*) التي يمكن أن تساوى الأولى في الخطورة، وقد تختلف عنها في أسلوب الانتشار وفي مظهر الاصابة. (1)

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

---

(\*) فطر الأشن : هي النباتات المركبة من قطر وطحلب يعيشان معيشة تكافلية تقوم على تبادل المنفعة. حيث يقوم الفطر بامتصاص الماء من رطوبة الجو ويعطيه للطحلب الذي يقوم بعملية البناء الضوئي ويكون السكر الذي 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 وأيضاً فى المساحات المغطاه أو المسقوفة . هذا النمو فى الغالب يكون بصورة دورية وبيطء شديد الا أنه يكون سريعاً فى أواخر الخريف ومنتصف الربيع حيث يؤدي فى النهاية الى تحلل وتآكل قطع الفسيفساء<sup>(1)</sup>

### Corroding and staining the tesserae

هذا وقد ثبت أن الطحالب تهاجم الفسيفساء فى الغالب من حواف القطع إذ تنمو أولاً فوق ملاط الروبه ( مونه خفيفة ) grout الذى عادة مايكون رطباً (Damper) وتغطية بطبقة رقيقة بنية رمادية<sup>(\*)</sup> (Grey Brown Film) قد تميل نحو الاخضرار<sup>(\*)</sup> فى الأماكن جيدة التهوية وهذه تؤدي فى النهاية الى تعتيم اللون واطلام 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 ( Chloroplastids ) تحتوى على صبغة الكلورفيل الخضراء .



صورة رقم (10) توضح

التلف الناتج عن نمو الكائنات الدقيقة في الفسيفساء الأرضية (فيلوشيا 1977)

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

بصفة عامة يمكن القول : بأن الفسيفساء الأرضية معرضة لخطر مجموعة كبيرة من النباتات يتراوح حجمها من الأشجار الى الطحالب ، فجزور النباتات تهاجم الدعامات وتسبب تفتتها أما الكائنات الدقيقة فتهاجم القطع وتسبب تأكلها أو 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 يودى الى اتلاف الأثار 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 ما يحدثه الانسان من تلف بالأثار بصفة عامة بالفيسفساء 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 الفيسفساء الأرضية، أيضا تبقع أرضيات الفيسفساء ببقع الزيوت أو الدهون فى الأماكن المستغلة أو تغطية الفيسفساء الجدارية بالنساج (الدخان ) المتصاعد من احتراق الوقود أو الحرائق .

### 2- الاتلاف المتعمد:

هو ذلك الاتلاف الذى يحدث عن قصد بغرض السرقة ، مثل أعمال لصوص الأثار<sup>(1)</sup> . أو عند التوسع العمرانى أو الزراعى فى الأماكن الأثرية. وقد دمر 90% من الفيسفساء فى فرنسا بسبب العامل الأخير.<sup>(2)</sup>

---

( 1 ) صالح أحمد صالح: محاضرات فى علاج وصيانة الأحجار والمباني 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 يؤدي 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 يؤدي 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 يؤدي الى تآكل قطع الفسيفساء بسبب مايتويه هذا الملاط من أملاح مثل : كبريتات الكالسيوم (  $CaSO_4$  ) وكبريتات الصوديوم (  $Na_2SO_4$  ) وسيليكات الصوديوم (  $Na_2SO_4$  ) وسيليكات الصوديوم (  $Na_2SO_3$  ) والتي تزداد شراستها فى وجود الرطوبة أو المياه ، التي تحرر الاملاح القابلة للذوبان ، حيث تهاجر الى السطح وتؤدي 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 architectnal conservation. ICCRON. 1982 pp. 29-37.

هذا بالإضافة الى أن ملاط الأسمنت قليل المسامية ولايسمح بتبخر الماء بسهولة مما يؤدي 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 ، أو زيادة رطوبتها.(1)

أيضا فان ملاط الاسمنت قديودي الى تزهـر أملاح قليلة الذوبان مثل: كربونات الكالسيوم، ( $CaCO_3$ ) على السطح فتشوهه كما يصعب ازالتها، وربما تتسبب في التلف الموضعي للأسطح الأثرية عن طريق مايسمى بضغوط التبلور ( Crystallization stresses ) وهي في ذلك تشبه التلف الذي يحدث عند تبلور أملاح كبريتات الصوديوم ( $Na_2 SO_4$ ) السريعة الذوبان في الماء.(2)

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

### 1- أخطاء عمليات النزاع :

- خطوط القطع كانت واسعة جدا خاصة في المساحات الصغيرة من الفسيفساء مثلما حدث في 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 ciment in : Mortars, Cements and grouts used in the conservation of Historic buildings. Rome. 1981, pp. 195-200.

- القَطْع دون اعتبار للتصميم.

- استخدام البيتومين الذى تسرب الى داخل القَطْع وتحوّل الى مادة غير عكسية.

- استخدام الغراء الحيوانى الذى هوجم بالحشرات والكائنات الدقيقة مما أدى إلى أضعاف قوته وفقد القَطْع 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 لانتحمل 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) لملاء الفواصل واللحامات بسبب احتوائه على أملاح قابله للذوبان فى الماء.

كذلك فان استخدام الأسمنت فى صنع دعائم الفسيفساء فى فرنسا، أدى الى اتباع 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 بالفيسفساء جيدا لذلك تحولت الفيسفساء الى شرائح 8 رقيقة (Thin plaques) عندما تعرضت للضغوط ، أيضا عندما تعرضت الفيسفساء للحرارة تمددت الدعامة<sup>(\*)</sup> مثيرة للضغوط المماسية (Tangential stresses) بين طقة التسليح وطبقة الفيسفساء حيث انفصلت الأخيرة وتفككت قطعها . كما أن وجود الرطوبة أدى الى تأكسد حديد التسليح وزيادة حجمه بسبب نواتج الصدأ مما أدى الى طرد الفيسفساء. (1)

\*\*\*\*\*

---

(\*) ثبت أن معامل التمدد الحرارى للخرسانة المسلحة  $10 \times 10^{-6}$  ملليمتر/درجة مئوية وأن التغير فى درجة الحرارة حتى 30 م يودى الى تمدد الخرسانة فى قطعة طولها 1م يتراوح بين 3-4 ملليمتر .

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