دراسة علاج وصيانة مدرسة إينال اليوسفى
٧٩٤ – ٧٩٥هـ / ١٣٩٢ – ١٣٩٣م أثر رقم (١١٨)

د. عبد الظاهر عبد الستار*

مقدمه :

الأمير إينال اليوسفى (١) أحد المماليك البلبغاوية وبدأ عمارة المدرسة سنة ٧٩٤هـ – ١٣٩٢م وقد توفى فى نفس العام قبل أن يتم عمارتها فدفن فى قبة قجماس خارج باب النصر . وأمر السلطان برقوق بأن يشيد له مدفن (قبة) بمدرسته وتمت عمارة المدرسة فى سنة ٧٩٥هـ – ١٣٩٣م ونقل بها . المدارس الإسلامية قد اعتمدت (٢) جدار القبلة قاعدة لتخطيط البناء ، وهذا البناء هو أكبر الإيوانات اتساعا ، ويتوسط المدرسة فناء مكشوف (سماوى) ، ولحماية الطلبة والمصلين من الشمس والأمطار فيما بعد تم تسقيفه فى المساحات الصغيرة وإقامة شخشيخة وأقيمت أبنية الخدمات حول الصحن المكشوف .

أعمال الترميم السابقة بالمدرسة :

فى العصر العثمانى تم ترميم كتلة المدخل (١) ضمن ما تم من ترميم لبعض المنشآت الدينية الجركسية . فشيدت على نظام الطراز السائد فى ذلك العصر ، ويتجلى ذلك بوضوح فى كتلة مدخل المدرسة والمئذنة التى تعلوها وهى من نوع المآذن التى تنتمى إلى القرن ١١هـ – ١٧م .

وقد قامت لجنة حفظ الآثار العربية سنة ١٨٩٧م بأعمال الترميم (٣) وكان أهم تلك الأعمال هو إعادة الجزء (القبلى) من واجهة المدرسة والتى تقع أسفل الكتاب وكان فى الأصل سبيلا ، وينتهى فى الركن القبلى (الجنوب الغربى) من واجهة المدرسة بعامود ضخم من الجرانيت يعلوه تاج كرونثى ، ربما كان مجلوبا من أحد المواقع القديمة .

وفى فترة ماضية شيدت تكسية حول العمود وتم إشغال مكان السبيل بدكان (حانوت) وقد قامت لجنة حفظ الآثار العربية وبمعرفة هرتس بك بترميم ذلك الجزء من المدرسة وإعادته إلى حالته الأصلية .

وتم تركيب رفرف خشبى أعلى الكتاب لوقاية الأطفال من شمس الصيف وأمطار الشتاء ، وإزالة الأحجبة الخشبية الداخلية واستبدالها بحوائط من الحجر يتخللها باب من الخشب ، كما تم عمل سقف جديد للدركاه يتوسطها شخشيخة .

الوصف المعمارى للمدرسة :

تقع المدرسة على شارع الخيامية ، وتطل واجهتها الشمالية الغربية على الشارع السالف الذكر (صور ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤) .

والواجهة تتكون من كتله المدخل الرئيسى من حنية (دخلة Recess) كبيرة ، وباب المدرسة مكون من دلفتين يكسوها شكل بخارية من البرونز المفرغ ، ويتقدم المدخل مكسلتان يميناً ويساراً . ويعلو فتحه الباب عتب مستقيم flat lintel مكون من سبع ضبح معشقة joggled vousoirs أوسطهم المفتاح key stone ويعلو فتحة الباب عتب مستقيم

---

* أستاذ مساعد بقسم ترميم الآثار – كلية الآثار – جامعة القاهرة

Flat Lintel مكون من سبع صنج معشقة Joggled vousoirs أوسطهم المفتاح key stone و يعلو العتب نفيس Tympanumيلي فى الارتفاع العقد العاتق Releiving arch لتخفيف الأحمال على العتب يعلو ذلك فتحة شباك مستطيلة الشكل يشغلها مصبعات معدنية metal grills وتنتهى حنية المدخل بعقد ثلاثى Trifoil arch , وبالخارج يحيط بالمدخل حلية حجرية (جفوت) Moldings .

وعلى يمين المدخل تمتد الواجهة مع سمت المدخل ويشغلها حنيتان ، الأولى تطل من الداخل على الإيوان الشمال الغربى المقابل لإيوان القبلة . والحنية الثانية تطل من الداخل على المدفن (القبة)

وكل من الحنيتين تتشابهان فى الشكل المعمارى وإحداهما تتخللها فتحة شباك أسفل يشغل من الخارج بمصبعات معدنية ، ومن الداخل دلفتان حشو من الخشب ، ويعلو فتحة الشباك عتب مستقيم مكون من صنج يعلوه نفيس يعلوه عقد عاتق ، يلى ذلك فى الارتفاع قندلية من فتحتين مستطيلتين تنتهى بنصف دائرة يعلوهما فتحة مستديرة يشغلها خشب منجور من الخارج ، وجص بالزجاج الملون من الداخل ، وتنتهى الحنية بشطف حتى كرنيش بسيط ويعلو الواجهة شريط كتابى يمتد بطول الواجهة ويعلو مع كتلة المدخل ، ويتوج الواجهة كلها شرفات ذات الورقة الثلاثية Trifoil crenellationsوعلى يسار المدخل الرئيسى يقع السبيل الذى يشغله حاجز من الخشب يحصر بين فتحاته الخرط الميمونى والصهريجى ، ويعلو السبيل مباشرة الكتاب المطل على الواجهة بحاجز خشبى مكون من حشوات وخرط فى مستوى الجلسة يعلوها ثلاث دلف زجاجية ، ويعلو الكتاب فى نهاية الواجهة رفرف خشبى محمول على كرادى (كوابيل) من الخشب لحماية الكتاب من شمس الصيف وأمطار الشتاء ، يلى السبيل والكتاب يساراً واجهة ، وعلى ارتفاع قليل نسبياً مدخلان صغيران أحدهما يؤدى إلى سكن الشيخ والآخر يؤدى إلى دورة المياه والوضوء . لكن الآن يشغلهما كشك خشبى (دكان) لبيع الملابس .

ويلى المدخل الرئيسى ممر ذو قبو تؤدى يميناً إلى السبيل ويساراً إلى داخل المدرسة التى يتوسطها الدركاه .

وتتكون المدرسة من الداخل من إيوانين، الأول هو إيوان القبلة الكبير في الجنوب الشرقى (اتجاه القبلة) يعلو مساحته سقف مستقيم من براطيم والواح خشبية ، ويتقدم الإيوان كتفان يميناً ويساراً يعلوهما عقد كبير محدب ، ويصعد إلى الإيوان بدرجة واحدة .

وجدار القبلة يتوسطه حنية القبلة التى يكتنفها عمودان من الرخام مثمن القطاع على قاعدة مربعة يليها قاعدة العمود المثمن على شكل ناقوس وكذلك تاج العمود ناقوس مقلوب الشكل ، وترتفع حنية القبلة التى تنتهى بعقد نصف دائرة ، ويعلوها فتحة مستديرة يشغلها جص بالزجاج الملون ، ويسار حنية الصلاة يقع المنبر (يمين الإمام) ويمين ويسار الحنية (القبلة) كذلك تقع كتبيات (دواليب كتب حائطية) يعلوها فتحات نهايتها نصف دائرة وجدار الإيوان في الشمال الشرقى يتخلله بابان يفتحان على منور سماوى للإضاءة والتهوية ، ويعلو كل منهما فتحة شباك مستطيل يشغله مصبعات خشبية والجدار الآخر الجنوب الغربى المقابل له يتخلله بابان يؤديان إلى مصلى صغير . وفى المقابل لإيوان القبلة يقع الإيوان الآخر وهو أصغر فى المساحة قليلاً جهة الشمال الغربى والمطل على الواجهة ويصعد إليه أيضاً بدرجة واحدة ، ويتقدمه عقد محدب كبير نسبياً لكن أقل من إيوان القبلة الرئيسى ، وسقفه المستقيم كذلك مكون من براطيم وألواح خشبية ، ويقع بالجدار في الشمال الشرقى للإيوان باب ومدخل المدفن (القبة) (مدفن إينال اليوسفى) ، ويتوسط المدفن تركيبة رخامية ، وهناك حنية فى

اتجاه القبلة (محراب صغير) يعلوها فتحة مستديرة يشغلها جص بالزجاج الملون ، وجدران المدفن مرتفعة يتخللها حنيات كبيرة بعقد محدب ، ويتخلل الجدار في الشمال الغربى للمدفن فتحة شباك أسفل يعلوها فتحة قنديلية بالواجهة على شارع الخيامية .

وترتفع قبة المدفن على قاعدة مربعة فوق مستوى السقف ، ويتوسط كل جانب قنديلية من فتحتين يعلوها أخرى مستديرة ، ويشغل الأركان الأربعة مناطق انتقال من الداخل كل منها يتكون من خمسة صفوف تعلو بعضها من حنيات المقرنص تنتهى برجل دلاية ، ويتدلى من مركز القبة جنزير لحمل الإضاءة (غير موجودة) . والجدار المقابل للمدفن يتخلله شباك كبير يعلو شباك آخر صغير على ممر المدخل .

ويتوسط المدرسة دركاه بسيطة وصغيرة نسبيا يعلوها شخشيخة حديثة (لجنة ضغط الآثار العربية) ، وبالجانب الشمال الشرقى للدركاه يقع باب يؤدى إلى سلم من قلبتين يصعد بواسطته إلى سطح المدرسة ، وبالجانب المقابل يوجد باب على ممر يسقف قبو من الآجر يؤدى إلى منور سماوى يحيط به الضوء ودورات المياه .

المئذنة : Minaret

تعلو المئذنة كتلة المدخل الرئيسى ، وتتكون من قاعدة مربعة قليلة الارتفاع وتنتقل بمثلثات مسطحة مائلة قمتها لأسفل لتحديد المرحلة التالية من البدن المثمن القطاع يتخلله فتحتان لإضاءة السلم الدائرى من الداخل ، وينتهى البدن المثمن ببروز بسيط لتحديد الشرفة والتى يحيط بها من الخارج دروة من الخشب البسيط ، ويعلو الشرفة منطقة بدن المئذنة ذات الشكل الإسطوانى وتنتهى بثمان فتحات مثل المزاغل لإنارة وتهوية الفراغ الداخلى ، وينتهى أعلى المئذنة بالشكل المخروطى مثبت بقمته شكل الكورة والرمح المعدنى ، ويصعد إلى شرفة المئذنة بسلم داخلى حلزونى حجرى .

القبة : The Dome

تمتد قبة المدفن بجدرانها الأربعة وهى مربعة القطاع ، وتمتد حتى أعلى سطح المدرسة ثم تبدأ مرحلة الانتقال من الخارج فى الأركان بالدخول لتشكيل مثمن من الأركان الأربعة مباشرة تحصر بينها فى الجدران الأربعة قنديليات كل منها مكون من فتحتين يعلوهما فتحة مستديرة . وفوق المثمن تشكل قاعدة القبة الدائرية يتخللها اثنتا عشرة فتحه لإضاءة المدفن تحصر بينهما دخلات على شكل الفتحات ، يعلوها شريط كتابى غائر حول القبة ، يعلو ذلك الزخرفة المنحوتة على سطح القبة الخارجى فى شكل أضلاع إشعاعية مركزها أعلى القبة فى مستويات غائرة وبارزة ونهايتها مضفرة بجفت ، ويعلو القبة الصارى ذات الهلال فى اتجاه قبلة الصلاة .

التقنية المعمارية ومواد البناء المستخدمة فى تشييد المدرسة :

تم استخدام مواد البناء من كتل الأحجار المجلوبة من المحاجر (٤) المحيطة بالقاهرة مثل محاجر المقطم والجبل الأحمر ، والعدسة والعمارة وتمتاز كتل أحجار هذه المحاجر بأنها من الحجر الجيرى مختلف الألوان منها الأحمر والأصفر والأبيض الناصع البياض ، وأمكن الاستفادة من تلك الألوان فى استخدام تقنية (نظام الأبلق) فى واجهات بعض المنشآت . كما أن المعمار بخبرته فطن إلى استخدام كتل الأحجار فى وضع المرقد (الوضع الموازى للترسيب الطباقى للأحجار فى المحجر) مما يزيد من تحمل الأحجار للتجوية المختلفة .

وقد قسمت الأحجار طبقا لحجمها ، فالأحجار ذات الأحجام الكبيرة سميت (أحجار آلة) والأحجام الصغيرة سميت (بطيحا) ومهذبة قليلا ، وغير ذلك سميت (دبشا) والحجم الكبير منه سمى عجالى والصغير حلوانى .

وأغلب الأحجار التى استخدمت فى المنشآت المملوكية من الأحجار المشذبة التى يتراوح أبعادها حوالى ٣٠ × ٧٠سم .

كما أن الآجر استخدم على نطاق ضيق فى بعض العناصر المعمارية التى استلزمت ذلك ، ويختلف من مبنى لآخر .

والمدرسة موضوع البحث شيدت من كتل الأحجار الجيرى المشذب بالواجهة والحوائط الأساسية الأخرى الحاملة ، وكذلك ممر المدخل (الجدران الحاملة للمئذنة) ، والقبو البرميلى Barrel Vault الذى يغطى الممر ، والجدران الداخلية للمدرسة ، وجدران المدفن والقبة كاملة بمناطق الانتقال الداخلية والخارجية ، والمئذنة من القاعدة المربعة والبدن المثمن ، والبدن الأسطوانى حتى القمة المخروطية (حاجز الشرفة من قوائم وعوارض الخشب البسيط) ودرج السلم المؤدى إلى سطح المدرسة كذلك من الحجر الجيرى مثبت على رأس الدرج الدرابزين المكون من الكوبستة والبرامق الخشبية ، وسلم سكن الشيخ . وبعض الجدران السميكة شيدت بنظام الطبقتين مثل الجدران المطلة على المناور السماوية ، والجدران الداخلية للمدرسة شيدت بنظام الأبلق الملون (الأصفر والأحمر) ، والجدران من الخارج المطلة على المناور ، وبئر السلم ، والمصلى المجاور لإيوان القبلة الكبير ، والحجرات أسفل سكن الشيخ مشيدة جميعها من كتل الأحجار الجيرية غير المشذب التى تتبادل فى البناء مع عدة مداميك من الآجر استخدمت فيها مونة الحمرة (جير + مسحوق الطوب الأحمر + رمل) وكسيت الجدران فى هذه الحالة بالملاط Plaster واستخدم حجر دستور مشذب يحيط بالنوافذ والأبواب تلك التقنية تعود فى الاستخدام إلى فترة الحكم الرومانى بمصر .

وقد استخدمت تقنية البناء بالآجر فقط فى بقية المناطق بالمدرسة ، وهى حجرتان جنوب الدركاه أسفل سكن الشيخ ، وقبو الممر المؤدى إلى دورات المياه والوضوء ، وكذلك جميع مبانى سكن الشيخ .

إعداد قوالب الآجر :

اتبعت تقنية إعداد قوالب الآجر بنفس التقنية التى اتبعت قديما وحتى الآن ، وذلك بأن يتم تصنيع الطوب اللبن من الطمى الأرضى (٥) فى مراحل متتابعة من عجن وتخمير وتشكيل القوالب ، ثم تنشر فى الهواء لمرحلة الجفاف الطبيعى وتغطى من عوامل التجوية القاسية حتى الجفاف تماما ، يلى ذلك مرحلة الحرق داخل (٦) قمائن بدرجات أعلى من ٥٥٠م٥ حتى يتم التخلص نهائيا من الماء الممتص كيميائيا وتحول معادن الطفلة إلى طور آخر بالتحول إلى اللون البنى المحمر (قوالب الطوب الأحمر – الآجر) .

تقنيات الخشب بالمدرسة :

باب المخل الرئيسى الضخم والمكون من دلفتين صنع بطريقة الحشوات ومغطى من الخارج بشكل بخارية من سبيكة البرونز المفرغ ، كذلك توجد عدد من المصبعات الخشبية الداخلية ، وفتحات القنديليات الخارجية تشغل بالمنجور (المنجور مصطلح يطلق على بعض الأشكال الهندسية المصنعة من أضلاع خشبية داخل إطار) ، والحواجز الخشبية الخارجية ،

والداخلية منها يتخللها باب خشبى من دلفتين للسبيل ، أيضا واجهة الكتاب بالإضافة إلى النوافذ والأبواب صنعت جميعها طبقا للأصول الصناعية فى اتباع طرق التجميع والحشوات .

وغطيت أسقف المدرسة بتقنية السقف الخشبى المسطح ، والمكون من براطيم خشبية أعلى الجدران على بحر المساحة الضيق يعلوها ألواح خشبية مثبتة بجوار بعضها بإحكام بشكل عكسى على البراطيم لتغطية مساحة السقف يعلو ذلك تقنيات أخرى من أخشاب ومواد عزل والسطح الخارجى بالمونات والتكسية بمربعات كتل الحجر الجيرى مع عمل حساب ميول صرف مياه الأمطار . وبالإيوان الكبير يتدلى على الجدران أفاريز خشبية ملونة.

بالإضافة إلى سقف الدركاه والشخشيخة وسقف الإيوان الأصغر المطل على شارع الخيامية المسقوف ببراطيم وألواح خشبية حديثة تعود إلى فترة ترميم لجنة حفظ الآثار العربية ١٨٩٨م .

والمنبر الخشبى حالته جيدة لكن يحتاج إلى التنظيف وإعادة الدهان الشفاف على لون الخشب ، ويتكون من مقدمة ترتفع درجة واحدة ثم دلفتين مصنعة بطريقة الحشوات يعلوها عتب مرفوف يتدلى منه مقرنص يعلوه شرفات ثلاثية الورقة ، وجانبا المنبر (ريشتان) مصنعان بطريقة الحشوات (مفروكة) والكوبسته يمين ويسار تحصر مساحات من الخرط حتى مقعد الخطيب ، ويعلو مقعد الخطيب القوائم الأربعة تنتهى بشرفات ثلاثية الورقة ، ويعلو كل ذلك الخوذة ذات الهلال داخله نجمة ، وأسفل جلسة الخطيب غرفة الميكروفون .

الرخام : Marble

الرخام صخر متحول من الحجر الجيرى ومكون كربونات الكالسيوم المتبلورة (٧) واستخدم الرخام فى شكل عمودين يكتنفان محراب القبلة ، وكذلك استخدم فى التركيبة الرخامية للمدفن .

الجرانيت : Granite

الجرانيت من الصخور النارية وتتفكك جبيباته السطحية نتيجة للتجوية العنيفة كما أن بعض مكوناته من الفلسبارات والبلاجوكليز (٨) يمكن أن تتحول إلى الكلولنيت Kaolenite واستخدم فى الشكل العمود الجرانيتى الضخم ذات التاج الكرونثى فى ركن السبيل .

أرضية المدرسة : Floor

يقترب مستوى أرض المدرسة من مستوى أرض الشارع تقريبا ومساحة الأرضية يكسوها مربعات من الحجر الجيرى ، كما أن هناك هبوطاً قليلا فى أرضية الدركاه (٩) مما يؤكد زيادة محتوى رطوبة الأرض ، وارتفاع منسوب المياه التحت سطحية Sub soil water ، وهذا واضح أيضا من ارتفاع منسوب مياه الرشح والنشع من خلال المسام والخاصية الشعرية لكتل الأحجار الجيرية ومواد البناء المستخدمة فى المدرسة وتلف الرطوبة الواضح على أسطح تلك المواد (١٠ ، ١١) .

عوامل التلف التى أثرت على المدرسة : Detericration Factor on madrasa

هناك العديد من عوامل التلف التى أثرت على موقع المدرسة منها ما هو جوى مثل غازات التلوث الجوى Pollutants ومنها ما هو أرضى hydrospher تلك العوامل تعمل معا أو منفردة بجانب العوامل البيولوجية ، والزلزال الذى وقع عام ١٩٩٢م .

تقع المدرسة بشارع الخيامية حيث أنها تقع بمنطقة تجارية تكثر بها حركة النقل الخفيف، والموقع أيضا على مقربة من شارع بورسعيد ذات الحركة الكثيفة فى وسائل النقل المختلفة ، بالإضافة إلى أن منطقة وسط القاهرة تقع فى ملتقى حركة اتجاه الرياح السائدة domenint winds (١٢) الشمالية الغربية والقادمة من المناطق الصناعية فى شبرا ومسطرد ومحطة الكهرباء التى تعمل بالوقود فى شبرا ، وكذلك الرياح القادمة من المناطق الجنوبية الغربية ، والشرقية أحيانا من المنطقة الصناعية بحلوان وما جاورها (١٣) ومنطقة حرق الفخار بالفسطاط . كل تلك المناطق والأنشطة الصناعية المختلفة تبعث بنفاياتها من التلوث الجوى بتركيزات مختلفة التى تؤثر على مختلف مواد البناء وتلعب دورا خطيرا فى تلف تلك المواد ، وأهم الملوثات الغازية (١٤ ، ١٥) Pallutants هى :-

أول أكسيد الكربون : CO

أول أكسيد الكربون ليس له رائحة ، وأن أكثر من ٩٠% من غاز أول أكسيد الكربون فى المدن (١٦) ينتج من وسائل النقل بواسطة احتراق الوقود ، وتزيد خطورته على صحة الإنسان بواسطة اتحاده مع هيموجلوبين الدم ويسبب نقص حاد فى الأكسجين .

ويمكن أن يتحول إلى ثانى أكسيد الكربون الجوى بالاتحاد مع الأكسجين .

ثانى أكسيد الكربون : CO_2

تتعدد مصادره ، لكن أهم تلك المصادر هو الانبعاث الناتج من الوقود الحفرى المستخدم فى المصانع ومحطات توليد الطاقة ومحركات الاحتراق بالسيارات ، وكذلك عملية التمثيل الضوئى للنبات . وزيادة هذا الغاز فى الجو يزيد من ارتفاع درجة حرارة الجو (مثل الصوبة أو الاحتباس الحرارى) كما أنه يشارك فى الأمطار الحمضية .

ويكمن تأثير غاز ثانى أكسيد الكربون CO_2الجوى على مواد البناء ، وخاصة الصخور الكربوناتية مثل الحجر الجيرى Calcium carbonate والدلوميتى Dolomite غير القابل للذوبان فى الماء ، والذى يتحول بدوره إلى بيكربونات الكالسيوم الليين والقابل للذوبان فى الماء (١٧) مما يؤدى إلى زيادة معدلات تلف التآكل والنحر للمنشآت الأثرية .

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$$

$$MgCO_3 + CO_2 + H_2O = Mg(HCO_3)_2$$

Insoluble soluble

وهو ما قد يحدث فى مدرسة إينال اليوسفى نتيجة لموقعها المتوسط لمصادر غاز ثانى أكسيد الكربون الجوى CO_2 وتلف وتآكل أسطح بعض الكتل لأحجار البناء المستخدمة .

أكاسيد الكبريت : Sx

الدور الخطير الذى تلعبه أكاسيد الكبريت Sx فى تلف الأحجار والمنشآت الأثرية (١٦ ، ١٧) كالتالى :

تنبعث أكاسيد الكبريت فى الهواء نتيجة حرق الوقود الحفرى المحتوى على الكبريت ، ويبلغ حوالى ٢% من الوزن (١٦) للفحم والبترول المستخدم فى المصانع ومحطات توليد الطاقة ، كما تسهم السيارات بنصيب كبير فى كمية هذا الغاز ، كما أنه كذلك يشارك فى الأمطار الحمضية وميكانيكية التلف كالتالى .

$$S+O_2 \rightleftharpoons SO_2$$

$$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons {}_2SO_3$$

$$SO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_4$$

ويترسب ثانى أكسيد الكبريت على أسطح المبانى الحجرية ذات الخاصية الهيجروسكوبية ويتأكسد بمصاحبة الرطوبة الجوية مكوناً معدن الجبس (١٨) كالتالى :

$$CaCO_3 + SO_3 + H_2O \rightleftharpoons CaSO_4 + 2H_2O + CO_2$$

أكاسيد النيتروجين : NOx

غاز خامل وثابت فى الغلاف الجوى السفلى Tropospher ، لكن ينشط تحت درجات حرارة مرتفعة (١٢٠٠م) وضغط شديد ، وينبعث من حرق الوقود الحفرى فى درجات حرارة عالية أيضاً ، وكذلك يشارك فى الأمطار الحمضية الخطيرة لتحوله إلى حمض النيتريك مع الرطوبة المتزايدة الجوية (١٩) ودوره فى تلف المبانى الأثرية كالتالي

$$N_2+O_2 \rightleftharpoons {}_2NO$$

ويتحول إلى ثالث أكسيد النيتروجين سريعاً فى وجود الأوزون

$$2NO + O_3 \rightleftharpoons NO_3 + O_2$$

$$NO_3+H_2O \rightleftharpoons H_2NO_4$$

وهذا العامل من التلف يشترك معه فعل الأملاح القابلة للذوبان فى الماء

(Kaufmann 1960) والتآكل البيولوجى للصخور الكربوناتية فى عمليات النيترة (Nitrification) ليكون نترات الكالسيوم $Ca(No3)_2$

$$2CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4 + 4O_2 \longrightarrow Ca(NO_3)_2 + CaSO_4 + 2CO_2 + 4H_2O$$

مكونات الجبس بمساعدة حمض الكبريتيك الجوى المتلف .

أيضا هناك بعض مصادر للملوثات الغازية الجوية المتخلفة عن صناعات الزجاج والسيراميك ، التى تلعب دورا كذلك فى التلف مثل فلوريد الهيدروجين ، وبمساعده الهواء الجوى يكون قشرة سطحية صلبة وغير قابلة للذوبان فى الماء ، وفى طور جديد من فلوريت الكالسيوم (Caf_2) Flourite على أسطح الأحجار الجيرية يصاحبها شروخ وشقوق تسمح بزيادة معدلات التلف .

تأثير تلف مركبات الأملاح :

تحتوى الأحجار الجيرية الطبيعية على مكونات الأملاح بنسب ضئيلة جدا وخاصة كلوريد الصوديوم NaCl وتصبح جزءاً من بنية الحجر وتماسكه وثابتة جدا ، لكن عند زيادة محاليل الأملاح من مصادرها الأرضية يختل هذا التوازن وتنشط ميكانيكية الأملاح الخطيرة والمتلفة عن طريق تشبع تربة التأسيس بالمياه المتسربة من خطوط الصرف الصحى المحملة

بمركبات محاليل الأملاح لكل من الكلوريدات والنترات والمواد العضوية التى تزيد من معدلات تلف كتل الأحجار والمونات (٢٠) المكونة لطبقات الأساس (١٧) وترتفع المياه الأرضية عبر المسام والخاصة الشعرية حاملة معها مركبات الأملاح الخطيرة والمتلفة لمواد البناء (٢١) المكونة منها المنشأة الأثرية .

ومركبات محاليل الأملاح تصبح فى حالة متميئة hydration وذات كثافة عالية تدمر بنية المسام الداخلية ، وتتحرك محاليل مركبات الأملاح ، إلى الأسطح الحرة لتأخذ شكلا جديدا من التزهر والتبلور لتفسد المظهر السطحى للحجر (٢٢ ، ٢٣) والآجر (٢٤، ٢٥) وكذلك تدمر أسفل مواضعها بواسطة الضغوط الموضعية الكبيرة لهذه الأملاح (١٩) ومركبات الأملاح الشائعة هى الكربونات Carbonates والكبريتات Sulfates والكلوريدات chlorides والنترات Nitrates التى تتعامل بالتلف مع كتل الأحجار الجيرية وتحدث تغييرات لأطوارها مثل الكربونات التى تتحول إلى البيكربونات ، والكبريتات التى تحول الحجر الجيرى إلى الجبس المتلف لها ، والكلوريدات التى تحدث تلفاً عبر المسام وعلى أسطح الكتل الحجرية ، والنترات التى تحول الأحجار الجيرية إلى نترات الكالسيوم طبقة لينة قابلة للذوبان فى الماء .

كما أن زيادة الرطوبة فى تربة التأسيس تعمل على تواجد ونشاط (١٧) بعض الفطريات الأشن والطحالب والموس ، والبكتريا التى تساعد أيضا على زيادة معدلات التلف البيولوجى نتيجة لزيادة بعض مركبات الأملاح بالتربة الحاملة لها بالإضافة أيضا إلى تلف جذور بعض النباتات .

تربة التأسيس والتغيرات التى حدثت :-

تدل قطاعات الجسات التى تمت بالقرب من موقع مدرسة اينال اليوسفى فى مدرسة السلطان الغورى (٢٦) على أنها من طبقة الرديم تمتد من سطح الأرض حتى عمق أكثر من ثلاثة أمتار ثم يمتد بعد ذلك لأسفل فى العمق الرديم المختلط لأكثر من تسعة أمتار .

كذلك تدل قطاعات الجسات التى أجريت بالقرب اكثر من موقع مدرسة اينال اليوسفى فى مدرسة وقبة محمود الكردى على شارع الخيامية كذلك على بعد عدة أمتار دلت على وجود طبقة عمق ٦,٣٠م من سطح الأرض (٢٧) تتكون من الرديم ، يلى ذلك فى العمق طبقة من كسر الحجر الجيرى ورمل وطمى بنى اللون .

ومن خصائص قطاعات تلك الجسات أنها تتكون من تربة رديم غير متماسك وقابل للانتفاش والحركة عند زيادة أو نقصان منسوب المياه الأرضية (٩) مما أدى معه إلى الهبوط غير المنتظم فى مستوى سطح أرضية مدرسة اينال اليوسفى واضحة في منطقة الدركاه وفى بعض المناطق الأخرى بالمدرسة وخاصة بمنطقة المدفن ويتضح ذلك أعلى الجدار الشمالى الشرقى .

ومن ذلك يتطلب العناية بتحسين تربة التأسيس كما حدث تماما لأساسات مسجد وقبة محمود الكردى المجاور ، وذلك باستخدام خوازيق ايريه مسلحة تمتد بعمق حوالى ١٥م حتى عمق الطبقة المتماسكة والمتجانسة (Micro Piles) مع مبيدات مسلحة ممتدة على جانبى الجدران وعزلها (٢٨ ، ٢٩ ، ٣٠ ، ٣١ ، ٣٢) .

تحليل عينات من مواد البناء المستخدمة :

تم أخذ بعض العينات المختلفة لمواد البناء من مناطق مختلفة من مدرسة اينال اليوسفى وأجريت عليها الفحوص بطريقة حيود الأشعة السينية X.R.D لمعرفة مكوناتها والتغيرات التى طرأت عليها نتيجة للتجوية المختلفة كالتالى :

عينة رقم (١) حجر جيرى Lime stone

توضح انعكاسات X.R.D أن المكون الأساسى هو كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ (٣٤) للحجر الجيرى مادة البناء الأساسية بجانب بعض المركبات الأخرى المتواجدة بنسب ضئيلة مثل الجبس (كبريتات الكالسيوم المائية $CaSO_4.2H_2O$) وهذا المركب فى الغالب لغاز التلوث الجوى من الكبريتات والمتحول بواسطة الأكسجين والماء والذى يعتبر (٣٥) عامل تلف خطير على مواد البناء وخاصة الحجر الجيرى المتحول إلى الجبس بالإضافة إلى العوامل البيولوجية وفوسفات الباريوم الضئيلة جدا ترجع إلى شوائب ، كذلك بعض مكون الصرف الصحى .

عينة رقم (٢) عينة مونة Mortar

عينة المونة طبقا لما توضحه الانعكاسات لحيود الأشعة السينية تتكون أساسا من الجير $CaCO_3$ والجبس $CaSO_4.2H_2O$ كمادة رابطة أساسية ، كما تحتوى على الرمال كمادة مالئة Sio_2 ثانى أكسيد السيلكون ، بالإضافة إلى قليل جدا من الطفلة وهى شائبة فى المونة وحساسة جدا للتلف ، وعينة المونة هذه مصابة بتلف أيونات مركبات الأملاح لكلوريد الصوديوم Nace إلى بعض المكونات الضئيلة جدا من مياه الصرف الصحى .

عينة رقم (٣) قشرة سطحية على كتل الأحجار

انعكاسات حيود الأشعة السينية توضح أنها تتكون أساسا من مركب كلوريد الصوديوم Halite Na Cl من الأملاح الشائعة فى المبانى الإسلامية المتلفة والخطيرة على مواد البناء بأشكال متنوعة بالإضافة إلى المكونات الضئيلة جدا من مياه الصرف الصحى . التى ترتفع بواسطة الخاصة الشعرية عبر مسام الأحجار وتتعامل بالتلف فى الأطوار المختلفة.

عينة رقم (٤) عينة من قشرة أملاح

انعكاسات حيود الأشعة السينية توضح أن العينة تتكون أساسا من مركب كلوريد الصوديوم Na Cl (Halite) وهو من أخطر مكونات مركبات الأملاح والشائع جدا بالإضافة إلى كمية ضئيلة من حبيبات الرمال ضمن مكون المونة. (٣٦) .

عينة رقم (٥) عينة مونة

تدل انعكاسات حيود الأشعة السينية أن العينة تتكون أساسا من الجير $CaCO_3$ Calcite والجبس Gypsum $CaSO_4.2H_2O$ بالإضافة إلى الرمال ثان أكسيد السيلكون مالء للمونة وبعض شوائب المونة من الطفلة .

عينة رقم (٦) عينة من الحجر الجيرى (أحجار البناء)

يتضح من انعكاسات حيود الأشعة السينية أن العينة تتكون أساسا من كربونات الكالسيوم Calcite $CaCO_3$ وهى مادة البناء الأساسية بالمدرسة بالإضافة إلى نسبة ضئيلة جدا من مركبات الأملاح والتى يمكن أن تعزو إلى مياه الصرف الصحى .

عينة رقم (٧) عينة من الآجر (قوالب الطوب الأحمر)

عينة الآجر ، ويتضح من انعكاسات حيود الأشعة السينية أن المكونات الأساسية لهذه العينة هى السليكات لكل من الصوديوم والألمنيوم والكالسيوم والبوتاسيوم بشكل متداخل ، وهى مكونات للطفلة الأرضية بعد الحرق بالإضافة إلى نسب ضئيلة جدا من مركبات أملاح الكبريتات لكل من البوتاسيوم والمنجنيز وكذلك كلوريد الصوديوم Halite NaCl المتسربة عبر تربة الأساس ، مؤدية إلى التلف الواضح بطبقات أساس المدرسة .

عينة رقم (٨) عينة حجر جيرى

يتضح من انعكاسات حيود الأشعة السينية أن العينة تتكون أساسا من كربونات الكالسيوم Calcite $CaCO_3$ وهى مادة البناء الأساسية بالإضافة إلى نسب ضئيلة من كلوريد الصوديوم Halite NaCl أحد مركبات الأملاح السائدة بمنطقة الآثار الإسلامية فى المياه الأرضية ، ويعتبر من أهم مصادر تلف مواد البناء .

النتائج والتوصيات :

يتضح من نتائج حيود الأشعة السينية تواجد بعض مركبات الأملاح مثل كلوريد الصوديوم Halite NaCl والجبس Gypsum – $CaSO_4.2H_2O$ بالإضافة إلى بعض المركبات الضئيله لمياه الصرف الصحى مثل النترات والبوتاسيوم والماغنسيوم والفوسفات والزنك . كل تلك لمركبات تدخل فى ميكانيكية تلف خطيرة لتلف مواد البناء المكون منها مدرسة اينال اليوسفى فى أطوار متنوعة (٣٦)

بالإضافة إلى بعض التصدعات الضئيلة ببعض الجدران الرئيسية ومن ذلك كله يلزم القيام السريع بإعداد مشروع كامل الدراسة لمواد البناء المكون منها المدرسة والبدء فورا عقب الدراسة بأعمال الصيانة والترميم لمدرسة اينال اليوسفى بشارع الخيامية . على أن تبدأ بتحسين تربة التأسيس وكذلك تقوية الأساس بأحد الحلول الملائمة مثل استخداد الخوازيق الإبرية Micro piles والميد المسلحة على جانبى الجدران الرئيسية وإجراء أعمال التكسية والعزل لأرضية المدرسة .

بالإضافة إلى أعمال الترميم لسطح المدرسة بتقنية التكسية والعزل مع حساب ميول صرف مياه الأمطار دون إحداث تلف . كما أنه يجب القيام بإعداد مشروع كبير جديد لخطوط الصرف الصحى ترتبط بالخطوط الرئيسية الجديدة بشارع بورسعيد والقريب من المنطقة لتجنب المتسرب حاليا من الخطوط القديمة لمياه الصرف الصحى التى تؤدى إلى التلف الخطير لجميع مواد البناء المكونة للمنشآت الأثرية بالمنطقة .

وبعد القيام بكافة أعمال التقوية والصيانة والترميم يجب إخلاء كافة الأنشطة التجارية على واجهة مدرسة اينال اليوسفى بما يتلاءم مع هذا الأثر الجميل بالمنطقة .

المراجـــــع

(١) على أحمد الطايش (دكتور) : العمائر الجركسية الباقية بشارع الخيامية رسالة دكتـــوراه غير منشوره كلية الآثار جامعة القاهرة ١٩٨٩م ص ٣٢- ٤٨ .

(٢) أحمد فكرى (دكتور) : مساجد القاهرة ومدارسها (المدخـــل) مطبعـــة دار المعـــارف بمصر ١٣٨١هـــ - ١٩٦١م ص ١١٨ - ١٢٢.

(٣) تقارير لجنة حفظ الآثار العربية ١٨٩٧م .

(٤) محمد مصطفى نجيب (دكتور) : القاهرة ، تاريخها ، فنونها ، آثارها - العمـــارة فـــى عصر المماليك مؤسسة الأهرام سنة ١٩٧٠م ص ٢٣٤ - ٢٤٣ .

(٥) عبدالظاهر عبدالستار أبو العلا (دكتور) : مسجد الصالح طلائع بين الموقع والبيئـــة . مؤتمر الدراسات والبحوث البيئية جامعة عين شمس ١٩٩٦ص ٥ .

(٦) WOROOLL . W.C., Ceramic row material pergamon press, edd 1982, P.16 England,2nd

(٧) CHARLES S. & GEORGES . The Rocks and Minerols of World, London 1977 p 20 .

(٨) HEINRICH E. Microscopic identification of Minerals , London Mcgraw Hill 1965, p 45

(٩) FOUD . B. ABOUD , structural consideration in the restoration of Islamic Monuments in Cairo The Arab Cont ., Inter ., Symp, on Protection and restoration of Islamic Monuments 3-5 May 1993 pp. 3-4

(١٠) PUHRINGER ,J., Salt disintegration Swedish Council Of building Research . D.15. 1983 .

(١١) SEELEY, J.N., The clay minerals and the decay of Lime stone , inter ., Symp., on deterioration and protection of stone Monuments , Paris, June 1978 , pp. 1- 34

(١٢) ABD EL ZAHER A. ABD EL – ELA , Impact environmental on Al azher Mosque and complex of el chori Symp., of the restoration and Conservation of Islamic monuments in Egypt Cairo 1993 , the Americal University in Cairo Press 1995 , p. 100

(١٣) المركز القومى للبحوث . وحدة تلوث الهواء . التلوث فى حلوان ١٩٨٨م .

(١٤) REGANTI .V. ETALS., Air Pollution and microclimate influence on Stone decay , Vol.,I RILEM , 1993 , PP 196- 203

(١٥) GAURI , L.K., AND HOLDERN , J.R., Pollutants effects on stone Monuments , environ ., sci ., tech ., vol ., is 1981, p. 386

(١٦) طلعت إبراهيم الأعوج (دكتور) التلوث الهوائى والبيئـــة – الهيئـــة المصريـــة العامة للكتاب حـــ١ سلسلة علوم الحياة (٣٧) ١٩٩٤م ص٩١ .

(١٦) WINKLER . E.M. Applied Mineralogy , decay of stone . New York 1975 P. 87 –96

(١٧) AMAROSO AND FASSINA V : stone decay and conservation atmosphric , Pollution cleaning , consolidation and protection Materials , Sceince Monograph II 1983 PP. 53-100

(١٩) عبدالظاهر عبدالستار أبو العلا (دكتور) صيانة الأحجار والمبانى الحجرية تطبيقا على تمثال أبي الهول وإحدى مقابر المنطقة رسالة دكتوراه كلية الآثار جامعة القاهرة غير منشورة ١٩٨٩ ص ٨١ .

(٢٠) MORA., P. ETALS., conservation of wall painting , Butter worth, London , 1983

(٢١) BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT DIGEST, rising damp in walls , Daignosis and treatment 1986, P.22

(٢٢) TORRACA .G., porous building materails . materials sceince for Architectural conservation 2nd , edd, ICCROM , 1982. P 106

(٢٣) STAMBOLOV & . VAN ASPREN DE BOER., the deterioration and Conservation of porous building materials in monuments a review of the literature I.C.C. rome 1976, P. 15 .

(٢٤) ROBINSON . G., charcterization of bricks and their resistance to Deterioration mechanisms, committee on monuments 1982 p. 145

(٢٥) PUHRINGER , J. Salt disintegration swedish council building research D. 15, 1983 .

(٢٦) عزت عبدالشافى (دكتور) طرق حماية وترميم المنشآت ذات التراث المعمارى الإسلامي ندوة نحو صيانة بيئة متكاملة للآثار الإسلامية . المقاولون العرب ٤-٥ مايو ١٩٩٣ ص ٨ .

(٢٧) صالح لمعى (دكتور) تقرير فنى حول نتائج الاختبارات الفنية والهندسية للعينات الصخرية بمدرسة محمود الكردى ، تنفيذ مؤسسة أسوان للإنشاء والتعمير ١٩٩٨ .

(٢٨) TREVI ., Examples of Field Application of Jet – Grouting and Micro Piles, designed and performed , Arab cont ., symp., Cairo 3-4 May 1993 .

(٢٩) BERTERO. M, MERLI.M, MARCHI . G, PAVIANI .A.,: Foundation Improvement by jet- grouting of a historical buildings in cevia, Italy - Experimental investigation . Towerds Global treatment of the Islamic Monuments Arab cont. symp., Cairo 3-4 May 1993, p 381 .

(٣٠) KARAMER, S.L., HOLTZ, RD., soil improvement and Foundation Remediation . Report of workshop, university of washington , Dept . of civil engineering , seattle, washington , Auguot. 1991

(٣١) METCELL .J.K., Soil improvement – state of the Art. Report .. Proc 10th . inter., Conf. SMFE, stockholm 1981, vol4. Pp 509- 565.

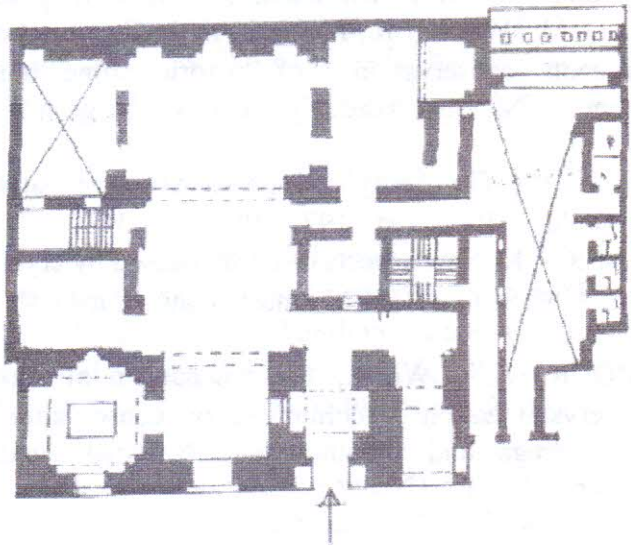
(٣٢) RIZOPOULOS , G., jet Grouting Piling works Practical Application (in Greek) . constructor, 1994, No I, pp. 82-86 .

(٣٣) ERHARD M. WINKIER., Problems in the deterioration of stone , Committeeon conservation of historic stone buildings and monuments , National Academy press , washington D.C. 1982 , p. 108 .

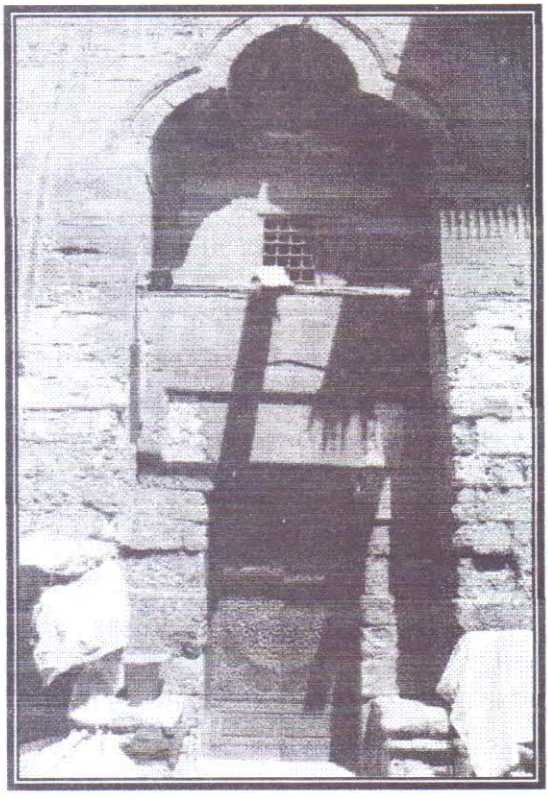
(٣٤) PRICE, A. C., The decay and preservation of natural building stones , Build ., Res ., Est., 1975 , PP. 350 – 353 .

(٣٥) ZEHNDER , K. New aspects of decay caused by crystallization of Gypsum, UNESCO , RILEM , inter., cong., Paris , 1993 , pp. 107-117 .

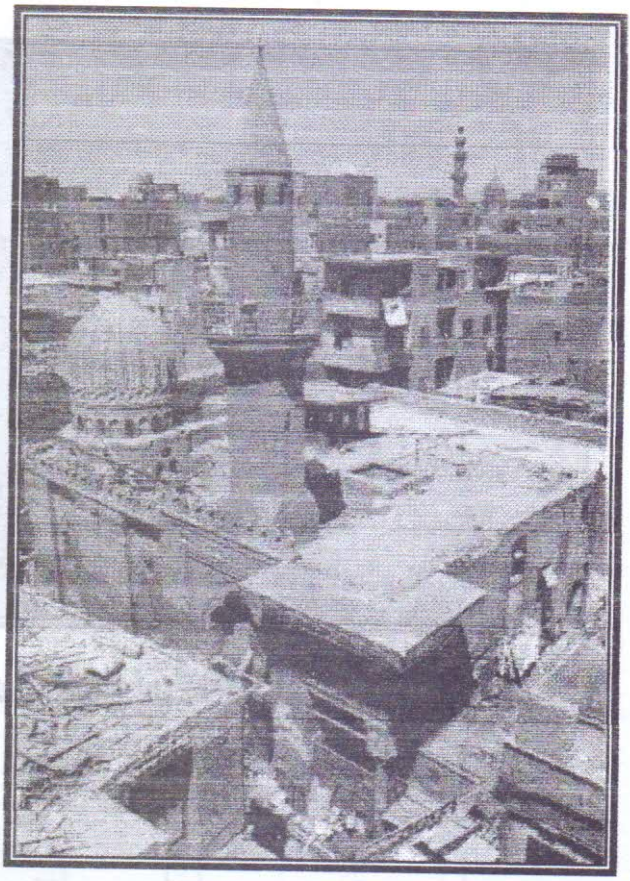
(٣٦) SEYMOUR. Z, LEWIN ., The mechanism of masonry decay through crystallization , committee on conservation of historic stone Buildings and monuments , National Academy press washington 1982 , P. 120 .



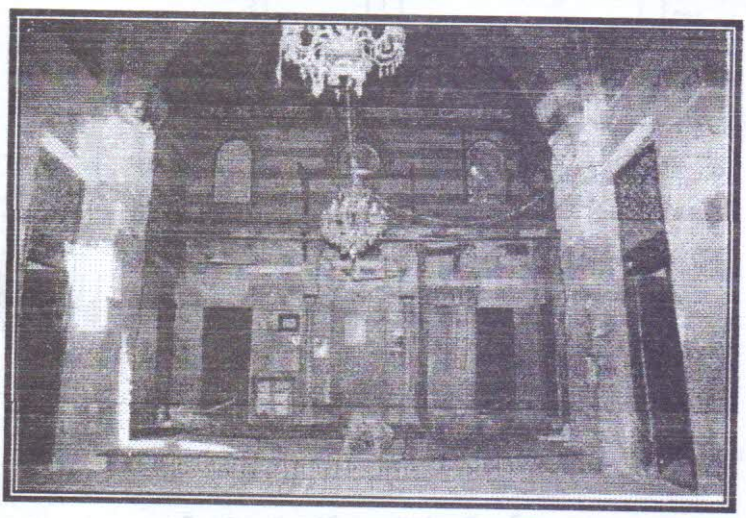
المسقط الأفقي لمدرسة الأمير اينال اليوسفي (هيئة الآثار)



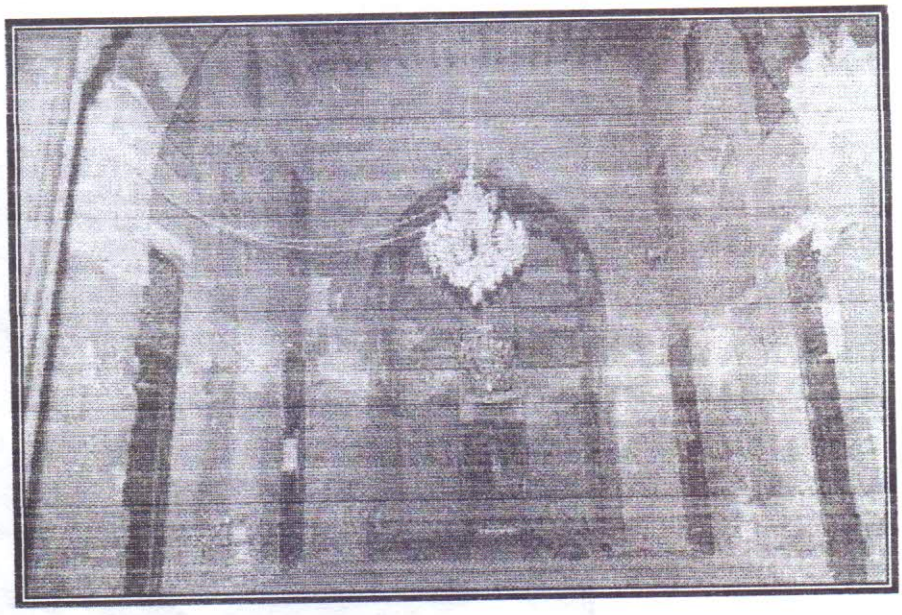
(١) مدخل مدرسة اينال اليوسفي



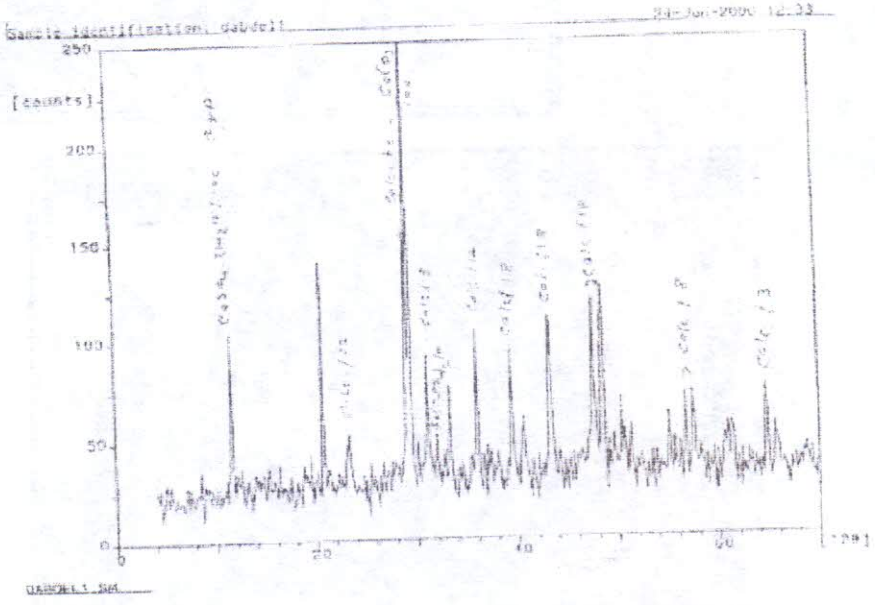
(٢) مدرسة اينال اليوسفي



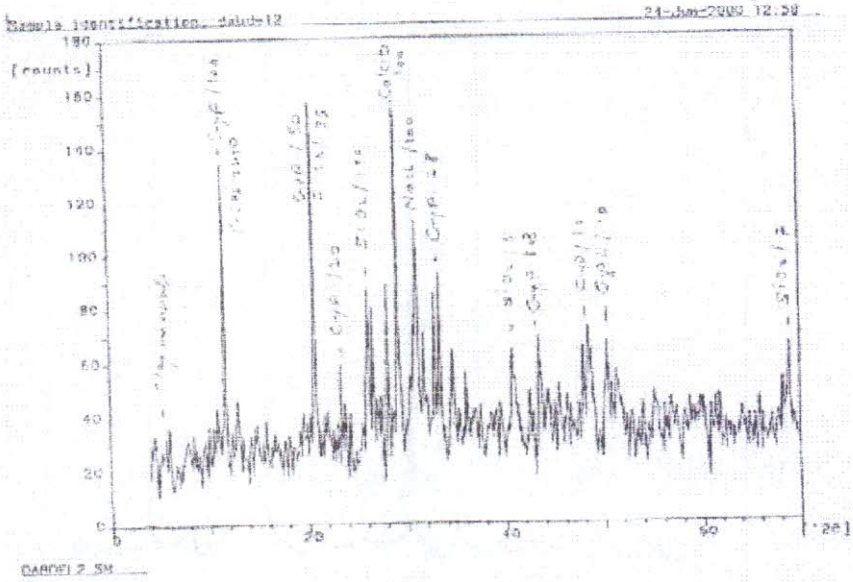
(٣) إيوان القبلة ــ مدرسة إينال اليوسفي



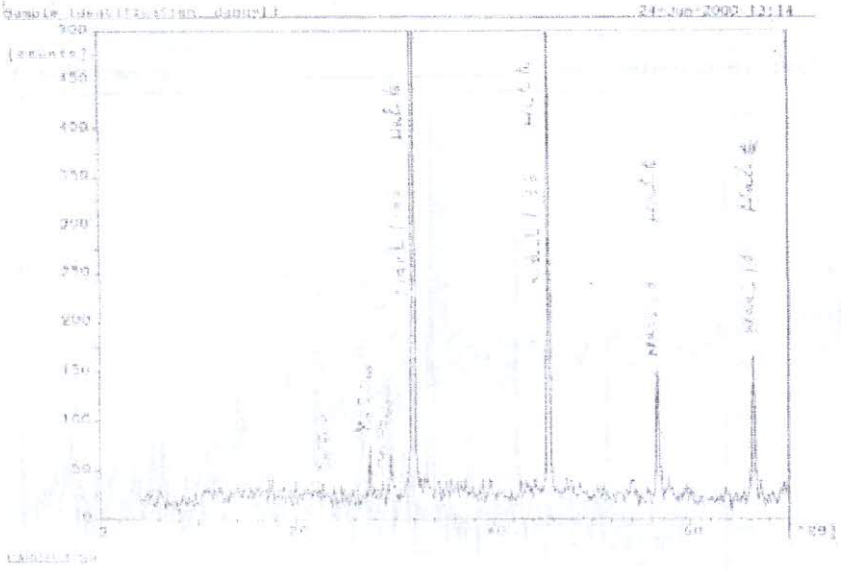
(٤) الايوان المنقابل لايوان القبلة – مدرسة اينال اليوسف



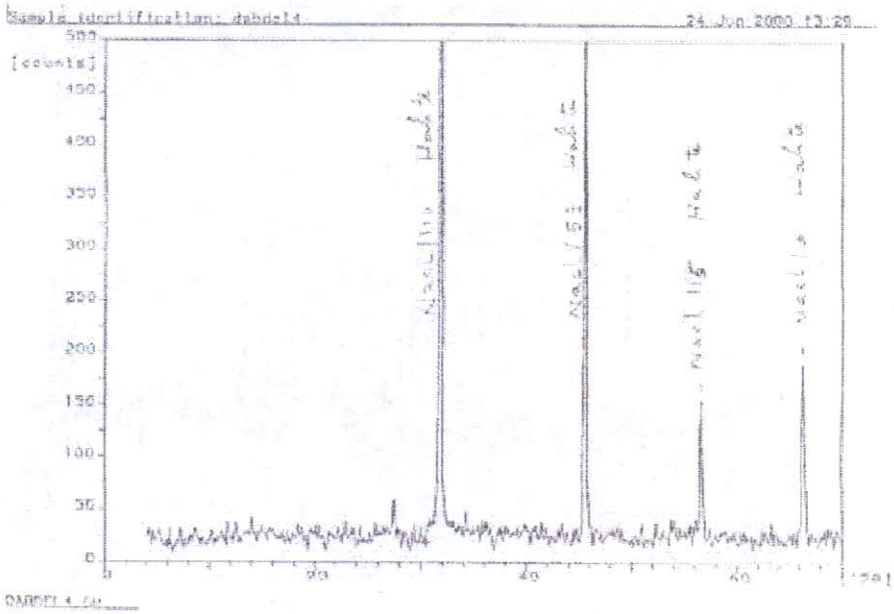
عينة رقم (١) – حجر جيري



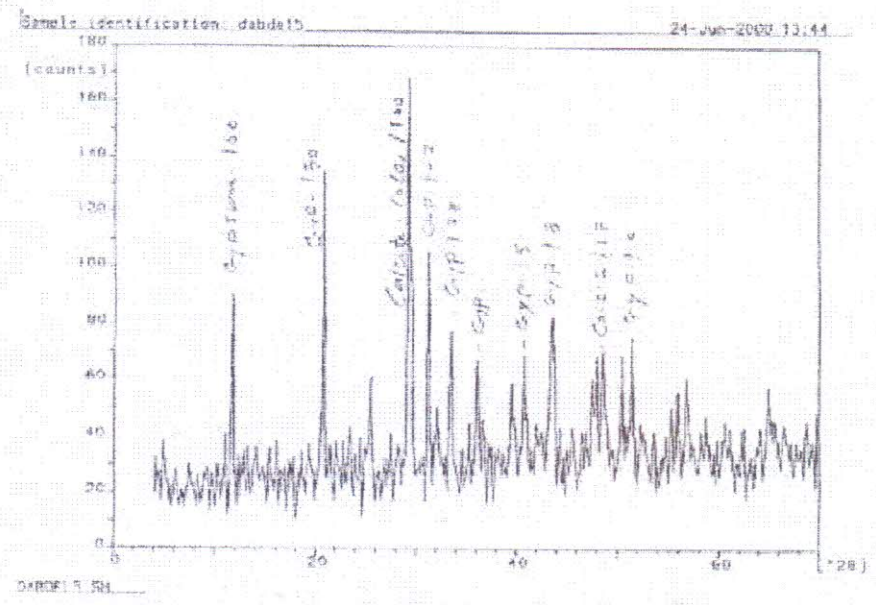
عينة رقم (٢) ــ مــونــة



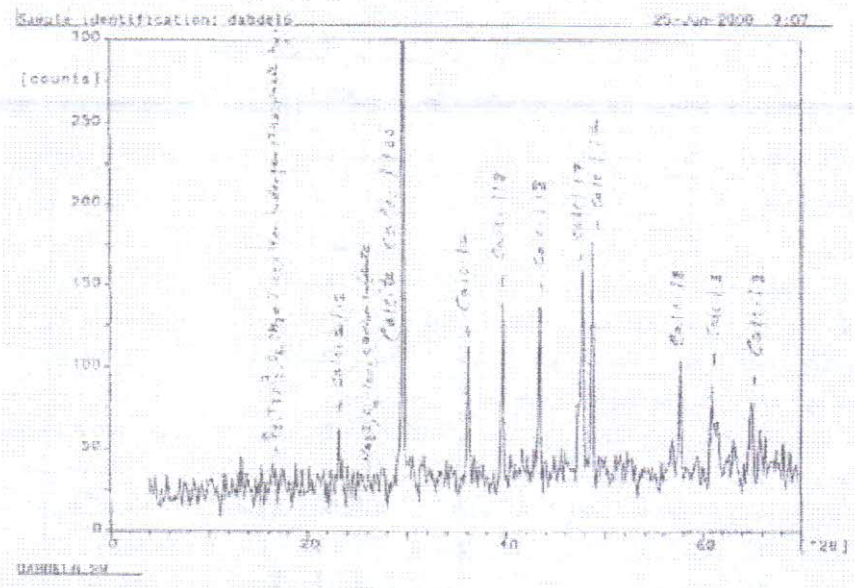
عينة رقم (٣) ــ قشرة حجر جيري (أملاح)



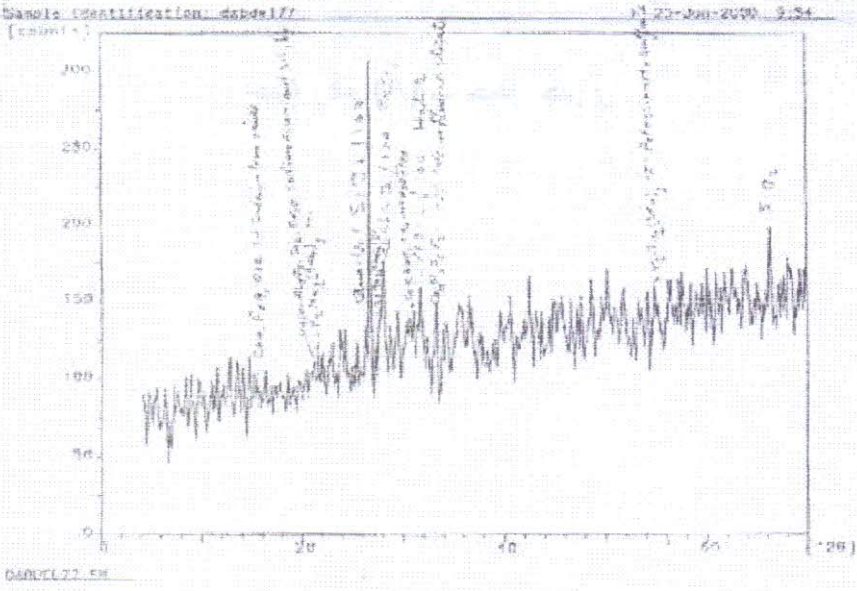
عينة رقم (٤) ــ أملاح



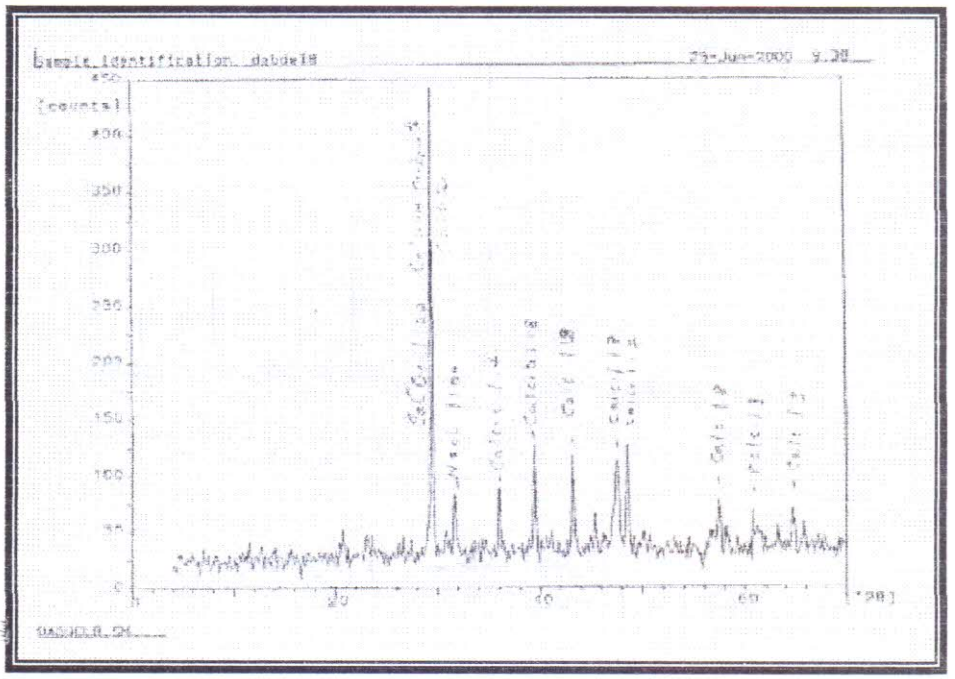
عينة رقم (٥) ــ مونة



عينة رقم (٦) ــ حجر جيري



عينة رقم (٧) - آجــر (طول أحمر)



عينة رقم (٨) ــ حجر جيري