دراسة لاسباب و حلول الشروخ في المباني وتطبيق استخدام Spall TX عالي التقنية في ترميم شروخ خرسانية دقيقة نتيجة الانكماش اللدن للخرسانة بمبنى تجاري تحت الانشاء مكون من طابق واحد بمدينة بني سويف الجديدة.

A study of the causes and solutions of cracks in buildings and the application of the use of high-tech Spall TX in the restoration of fine concrete cracks as a result of plastic shrinkage of concrete in a one-floor commercial building under construction in the new city of Beni-Suef.

د.م / لميس سيد محمدي عبد القادر
مدرس بقسم تكنولوجيا الانشاءات المعمارية
كلية التكنولوجيا و التعليم / جامعة بني سويف
lamisabdelkader@hotmail.com

الملخص :

يناقش البحث طريقة معالجة أحد أنواع الشـــروخ الدقيقة الغير نافذة و الغير انشـــائية والتي حدثت في مبنى تجاري تحت الإنشـاء بمدينة بني سـويف ، حيث يبدأ بسـرد الأهداف المرجوه وشـرح منهج المتبع بداية من الدراسـة النظرية لأنواع الشـروخ وأسـبابها وطرق معالجتها ثم المنهج التطبيقي العملي في معالجة الشـروخ في المبنى محل الدراسـة ، ثم المقدمة ثم يناقش بعض أسـباب الشـروخ الإنشـائية والتي منها الناتجة عن قلة نسبة الحديد داخل القطاعات الخرسانية ونتيجة خطأ في نسب الخلطة الخرسانية وقلة القطاع الخرسانى عن القطاع التصـميمى ، ونتيجة حدوث هبوط متفاوت فى التربة، والشـروخ من شـد الانحناء أو شـروخ القص التى تتمدد بإسـتمرار ، وقوع شـظايا متناثرة من الخرسـانة فى مناطق الضـغط، ثم جدول لتوضـيح انواع الشروخ المختلفة التى تظهر فى الحوائط وتوصيفها ومدى خطورتها ، ومناقشة عدة أسباب لتصدع وانهيار المبانى الخرسـانية منها القصـور في عمل الدراسـات اللازمة لخواص التربة عند موقع الإنشـاء ، والأخطاء التصـميمية ، وإسـتخدام عمالة سـيئة فى التنفيذ تؤدى إلى سـوء تنفيذ المبنى ، وكما يناقش البحث بعض أنواع الشـروخ التي تحدث لأسـباب غير إنشـائية والتي منها الهبوط أثناء الصـب وأثناء تصـلد الخرسـانة ، ونتيجة الانكماش اللدن والتي هي حالة الدراســـة ، والتقلصـــات الحرارية ، وإنكماش الجفاف ، وانفعالات فروق الحرارة والعوامل الجوية ، وتآكل وصـدأ حديد التسـليح والخرسـانة، ثم بعمل جدول يوضـح النسـب المئوية لأسباب التصدعات بالمبانى طبقاً لسنة الإنشاء بداية لما قبل سنة 1950 إلى ما بعد سنة 1980، ثم دراسة حلول ومعالجات الشروخ في المباني وبعض أنواع المواد المستعملة فى الترميم ، والاضـافات الخاصـة التي تزيد من قوة الخرسـانها وتقويها ، وتزويد قابليتها للتشـغيل وتقليل الإنكماش ، وإضـافات زيادة حجم الخلطة مع تقليل مياه الخلط ، وإضافات تقليل نفاذية المياه ، والمونة الأسمنتية الخاصة ذاتية السيولة قليلة الإنكماش، والمواد الايبوكسـية المسـتخدمة فى ترميم وتقوية المنشـآت الخرسـانية، ومواد ايبوكسـية لحقن الشـروخ، والدهانات الإيبوكسية المقوية للأسطح، والدهانات الإيبوكسية لحماية الأسطح الخرسانية ، والخرسانة ذات النوعية الخاصة لأعمال الترميم، والخرسانة البولمرية، وخرسانة الألياف ، والخرسانة الأسمنتية البولمرية،

ثم الجزء التطبيقي من البحث وهو دراسـة ترميم مبنى تجاري تحت الانشـاء مكون من طابق واحد علوى ، وبالتعريف بالمبنى وذكر ما وجد بعد فحص المبنى ومعاينته، وتحليل العلل والشروخ بالمبنى وتحديد أسباب ونوعية تلك الشـروخ ، ثم شـرح الخطوات المأخوذة لحل المشـكلة، ولم تم اختيار spall TX عالي التقنية وذكر مواصفاته وبعض مميزاته واستخدامه ، ثم دراسة ما تم عمله في علاج الشروخ الدقيقة الشعرية غير النافذة قليلة الإتسـاع فى الأسـقف الأفقية التي وجدت ببلاطة سـقف الدور الارضـي بمادة spall TX عالية التقنية ثم ذكر نتائج البحث والتوصيات والمراجع.

Abstract:

The research discusses the method of treating one of the types of non-permeable and non-structural microcracks that occurred in a commercial building under construction in the city of Beni Suef. The introduction discusses some of the causes of structural cracks resulting from the lack of iron within the concrete sections in the proportions of the concrete mixture and the lack of the concrete section compared to the design section some other types of structural cracks. The research also discusses some types of cracks that occur for non-structural reasons including drop during pouring and during concrete hardening, and as a result of plastic shrinkage, which is the case Study, heat cramps. And shrinkage of drought, agitation of temperature differences and weather factors, corrosion and rust of steel reinforcement and concrete. Then making a table showing the percentages of the causes of cracks in buildings according to the year of construction starting from before 1950 to after 1980. As well as studying solutions and treatments for cracks in buildings and some types of materials used in restoration, special additives that increase the strength of concrete and strengthen it. Such as epoxy materials used in the restoration and strengthening of concrete structures, epoxy materials for cracks injection, surface-strengthening epoxy paints, epoxy paints to protect concrete surfaces, special quality concrete for restoration work, polymeric concrete, fiber concrete and polymer cement concrete. However, the applied part of the research which is a restoration study for a commercial building under construction consisting of one floor by introducing the building and mentioning what was found after examining and inspecting the building, then analyzing the faults and cracks in the building and determining the causes and quality of those cracks. Then explaining the steps taken to solve the problem, and the reason of choosing high-tech spall TX. As mentioning its

specifications and some of its advantages and its use, then studying what was done in the treatment of small capillary non-permeable cracks of little width in the horizontal ceilings that were found in the ceiling slab of the first-floor slab with high-tech spall TX. Then mention research results, recommendations and references.

الكلمات المفتاحية : الشروخ الخرسانية – Spall TX - تكنولوجيا – عالي التقنية – الترميم

Spall TX , Concrete Cracks, Technology, High tech, Restoration

أهداف البحث:

تعتبر الشـــروخ من العوامل التي تهدد التشـــطيبات الداخلية للمباني وقد تؤثر على عمر المبنى إذا لم تتم معالجتها بشكل جذري و سليم ، و يهدف البحث إلى معالجة الشروخ التي حدثت في مبنى تجاري مكون من طـابق واحد نتيجـة تعرضـــــه الـدائم للأمطـار و تفـاوت درجـات الحرارة والاختلاف الكبير بين الرطوبـة والجفاف، و اثبات فاعلية Spall TX في معالجة الشروخ الدقيقة الغير نافذة و الغير انشائية التي قد تحدث في المباني نتيجة الانكماش اللدن للخرسانة.

منهج البحث :

اولا ســتكون الدراســة التحليلية للمادة العلمية وتجميع المادة العلمية لدراســة الشــروخ و انواعها و الحلول المتبعة لكل نوع منها ، ثم الدراســة التطبيقية باســتخدام التجربة العملية في حل مشــكلة الشــروخ الأفقية في ارضية الدور الاول من المبنى التجاري وذلك باستخدام Spall TX عالي التقنية.

المقدمة :

عند ملاحظة الشــروخ في المنشــأ الخرســاني يجب اختيار ســمكه وطوله وعمقه وكذلك ملاحظة ما إذا كان يتسع بمرور الوقت أم لا توجد طرق كثيرة تستخدم للدراسة مثل استخدام بقع الجبس فوق الشروخ ومتابعة حدوث الشــروخ في الجبس باســتخدام جهاز يقيس العرض بين كرتين من الحديد مثبتتين على جانبي الشــرخ ولقياس تشــوه أو انحناء عناصــر المنشــئ التي تحدث فيها الشــروخ الإنشــائية يجب اســتخدام نقط المناســيب المعروفة كمرجع للقياس وبالملاحظة والقراءات المختلفة نتعرف على نوع الشروخ من حيث أسبابها وغالبا ما تؤثر عدة أســباب في وقت واحد يمكننا في هذا البحث اقتراح طريقة العلاج وذلك بتقوية المنشــأ أو بحقن الشروخ.

أولا التعريف بأنواع الشروخ في المنشآت الخرسانية و التي تنقسم إلى :

1- <u>الشروخ الإنشائية:</u>

إن تحميل المبنى يتسبب في حدوث بعض الإجهادات في الشد فى الخرسانة المسلحة ولذلك فإن الكمرات عادة ما يحدث بها شروخ فى الناحية المعرضة للشد تحت تأثيرعزم الانحناء.

و من أسباب الشروخ الإنشائية:

2-1 شروخ ناتجة عن قلة نسبة الحديد داخل القطاعات الخرسانية :

أ- نقص التسليح فى اتجاه الشد فى القطاعات الخرسانية لمقاومة عزم الإنحناء.

ب- عدم وضع حديد تسليح كاف لمقاومة القص فى الكمرات من حديد مكسح وكانات أو وضع الكانات على مسافات غير مطابقة للمواصفات والتصميمات الإنشائية وهذا السبب يعتبر من أكثر الأسباب حدوثاً فى تنفيذ المبانى فى مصر مما يؤدى إلى كثير من حالات التصدع.

3-1 شروخ نتيجة الخلطة الخرسانية:

نتيجة قلة جودة الخلطة الخرسانية ومن أمثلة ذلك عدم استخدام ركام مطابق للمواصفات من حيث تدرجة أو خواصة كما يحدث كذلك تلاعب فى نسبة الأسمنت فى الخلطة الخرسانية بحيث يصبح اقل من المطلوب فى التصميمات الإنشائية والمواصفات الفنية للمشروع.

4-1 شروخ نتيجة قلة القطاع الخرسانى عن القطاع التصميمى:

يحدث الكثير من التلاعب فى تنفيذ القطاعات الخرسانية بحيث تصبح أقل من المفروض لها فى التصميمات الإنشائية ، فمثلا تنفيذ إحدى الكمرات بقطاع 25X 40 والمطلوب لها فى اللوحات التصميمية للمشروع 25X 70.

5-1 شروخ نتيجة حدوث هبوط متفاوت فى التربة :

وهذه الشروخ تظهر عادة فى حالة ضعف تربة التأسيس تحت المبنى وخصوصاً فى حالة عدم دراسة خوصاها قبل الإنشاء وبالتالى عدم إختيار نوع الأساس المناسب.

وفى هذه الحالة تظهر شروخ مائلة فى الحوائط نتيجة حدوث هبوط فى بعض اجزاء التربة الأكثر من الأجزاء الأخرى مما يؤدى لحدوث هبوط غير منتظم.

وفى بعض الاحيان تكون الشروخ علامات للخطر مثل :

1- فى الخرسانة قد تحدث الشروخ فى مناطق اجهادات الضغط فى مناطق الضغط فى الخرسانة والتى تمثل خطرا على المنشأ.

2- شروخ من شد الانحناء أو شروخ القص التى تتمدد بإستمرار.

3- وقوع شظايا متناثرة من الخرسانة فى مناطق الضغط (الأعمدة وأسطح الضغط فى الكمرات والبلاطات) فإنها تمثل خطورة .

وفى حالة حدوث هذه الشروخ فإن عملية نزع وتوفير وتقليل الأحمال من المنشأت تصبح ضرورية ثم يتم دراسة أسباب هذه العلل حتى يتمكن إجراء الترميمات اللازمة.

ومن الأسباب الرئيسية لحدوث العلل والشروخ فى المنشا الخرسانى زيادة الأحمال عن الحدود المسموح بها.

2- جدول 1 يوضح انواع الشروخ المختلفة التى تظهر فى حوائط المبانى وتوصيفها ومدى خطورتها على المبنى:

الأعراض	الأسباب المحتملة
1- شروخ نشطة (مستمرة الاتساع) :	

أ- شروخ رأسية. ب- شروخ مائلة.	زيادة العزوم. زيادة فى القص أو الإلتواء.
2- شروخ ساكنة: أ- رأسية أو مائلة. ب- شرخ منفصل ممتد بكامل طول العضو الإنشائى. ت- شروخ عند تغير القطاع . ث- شروخ عند تغير فى شكل المنشأ. ج- شرخ عزوم منفصل فى منطقة تكون العزوم فيها قليلة. ح- شروخ سطحية ساكنة.	زيادة مؤقتة فى الأحمال انكماش محكوم الحركة أو درجات حرارة مكوم الحركة. تركيز موضعى للإجهادات. نقص فى وصلات التحكم (فواصل الهبوط أو فواضل التمدد). توقف سيخ فى المنطقة يعمل باية للشرخ. معالجة ضعيفة – فقدان للمياه السطحية – رياح شديدة أثناء الصب.
3- تناثر وتفتت الخرسانة.	اجهادات ضغط زائدة أو هجوم كيماوى.
4- انتفاخ وتضخم فى الخرسانة.	تفاعل الركام القلوى.
5- فقدان لون الخرسانة أو تغير لونها. 6- تآكل الخرسانة.	هجوم كيميائى – نمو الطحالب – صدأ حديد التسليح. كشط أو إحتكاك بالخرسانة – هجوم كيميائى – خرسانة ذات نفاذية عالية.
7- حدوث إجهادات وخضوع للحديد.	تحميل زائد.
8- انقصاف إجهادات وخضوع للحديد.	حدوث كسر هش أو وصول إجهادات الكلال للحديد Fatigue.
9- حدوث ترخيم زائد لعضو الإنشائى.	تحركات الأساسات – تحميل زائد – وضع خاطئ لحديد التسليح.

3- <u>توجد أسباب عديدة لتصدع وانهيار المبانى الخرسانية نذكر منها:</u>

- القصور فى عمل دراسات ابحاث التربة لدراسة خواصها الطبيعية قبل تنفيذ البناء.
- الأخطاء التصميمية.
- إستخدام عمالة سيئة فى التنفيذ تؤدى إلى سوء تنفيذ المبنى.
- هجوم العوامل الطبيعية والكيميائية على المبنى مثال ذلك:

- تآكل حديد التسليح.
- الانهيار بالشروخ فى الخرسانة.

- سقوط الغطاء الخرسانى.
- عوامل الرطوبة.
- تفتت الخرسانة بواسطة العوامل الكيميائية.
  - التعلية على المبنى الذى لا يحتمل هذه التعلية.
  - المؤثرات الحرارية من أمثال الانكماش والزحف Shrinkage and Creep.
  - زيادة الترخيم نتيجة زيادة الأحمال Excess of Deflection.
  - الأحداث غير الطبيعية مثل:

الحرائق، الزلازل ، الهبوط المتفاوت Differential Settlements، أحمال الصدمات Impact Loads ، حدوث زيادة غير محسوبه مسبقا فى الأحمال (إستخدام بعض المساحات السكنية كمخازن قطع غيار مثلا) ، الاانفجارات (القنابل أو أنابيب البوتاجاز والغاز الطبيعى).

1-3 <u>القصور في عمل الدراسات اللازمة لخواص التربة عند موقع الإنشاء:</u>

وهذا القصور يكون من نتيجة عدة أخطاء :

1-1-3 عدم اختيار النوع المناسب للأساس.

2-1-3 عدم التقدير الحقيقى لجهد تصميم الأمان للتربة مما يؤدى إلى إنهيار التربة تحت الاساس فى حالة تجاوز إجهادات التحميل قدرة تحمل التربة تحت الأساس.

3-1-3 عدم إختيار المنسوب المناسب للتأسيس.

4-1-3 التأسيس على تربة غير صالحة من عيوبها الآتى:

- إنضغاط كبير لطبقات التربة تحت تأثير أحمال المبنى مما يعرض المبنى إلى هبوط متفاوت تحت تأثير أجزائه المختلفة بمقدار كبير تتجاوز المسموح به فى المواصفات.
- التأسيس على تربة قابلة للإنتفاخ عند غمرها بالمياه ويحدث هذا فى المناطق الجافة التى تتواجد فيها حركة مياه ارضية أو يكون منسوب المياه عند أعماق كبيرة.

وهذا العيب الخطير يؤدى إلى تعريض أساسات المبنى إلى تحركات إما إلى أعلى او لأسفل حسب نوع التربة والأسماء الشائعة لهذين النوعين من التربة:

- التربة الطفيلية والباجة: ولا يمكن إكتشاف والتفريق بين هذين النوعين إلا بواسطة إجراء التجارب المعملية اللازمة على عينات من التربة.

5-1-3 حدوث تحركات للتربة نتيجة لأعمال الحفر كتنفيذ أساسات لمبنى مجاور بطريقة خاطئة وبدون إتخاذ الإحتياطات اللازمة لسند جوانب الحفر عند الوصول إلى منسوب التأسيس المطلوب.

6-1-3 حدوث تصدعات لبعض المنشآت نتيجة الاهتزازات الناتجة عن دق الخوازيق الميكانيكية للمبانى المجاورة.

7-1-3 تخفيض المياه الأرضية إلى ما تحت منسوب التأسيس التصميمى قد يؤدى إلى إنضغاط غير منتظم لطبقات التربة .

2-3 <u>الأخطاء التصميمية:</u>

1-2-3 عدم إسناد التصميمات الإنشائية إلى مهندسين متخصصين مما يتسبب فى حدوث كثير من الأخطاء مثل:

أ- حساب أحمال الأعمدة بطرق تقريبية خاطئة دون الأخذ فى الاعتبار ردود افعال الكمرات وتأثير إستمرارية هذه الكمرات ورد الفعل نتيجة عزوم الانحناء الغير متساوية عند الركائز يمين ويسار الكمرات.

ب- عدم مراعاة أطوال وإمتدادات أسياخ تسليح الكمرات والبلاطات الكابولية والتى يجب ألا تقل عن مرة ونصف طول الكابولى داخل البلاطات والكمرات المجاورة مما قد يؤدى غالبا إلى إنهيار بالكونات المبانى.

ت- إنهاء حديد التسليح الرئيسى وعمل بجنش فى مناطق العزوم القصوى.

ث- عمل كوابيل كمرية داخلية (داخل جسم بلاطة المبنى) مما يجعل الترخيم لهذه الكوابيل يتسبب فى تشريخ البلاطات المجاورة لها.

ج- عدم مراعاة إستمرارية حديد التسليح العلوى فى مناطق العزوم وهذه الاستمرارية تكون فوق الركائز الوسيطة للكمرات مما يؤدى إلى حدوث شروخ فى الأوجه العليا للكمرات وكذلك بالنسبة لبلاطات الاسقف.

ح- يحدث كثيرا تعديلات فى الرسومات الإنشائية دون الرجوع إلى المهندس المصمم.

خ- تقليل وإنقاص القطاعات الخرسانية بواسطة المقاولين أو الملاك والاقتصاد مما يؤدى إلى إنعدام الأمان فى قطاعات الخرسانة.

د- تقليل وإنقاص حديد التسليح من حيث الأسياخ أو أقطارها بغرض التوفير.

ذ- تعلية أدوار أكثر من المقرر المصمم لها اعمدة وأساسات المبنى أو إزالة بعض الحوائط الحاملة دون الرجوع إلى المهندسين المتخصصين.

3-3 <u>إستخدام عمالة سيئة فى التنفيذ تؤدى إلى سوء تنفيذ المبنى:</u>

من الأخطاء الشائعة فى التنفيذ الأخطاء الآتية:

1- استعمال ركام غير مطابق للمواصفات من حيث تدرجه ووجود زلط كبير الحجم يسبب حدوث فجوات بالخرسانة وبالتالى تتسبب هذه الفجوات فى حدوث صدأ لحديد التسليح داخل الخرسانة.

2- عدم تنفيذ كانات الأعمدة ، والكمرات طبقا للرسومات.

3- اهمال دمك الخرسانة فى الأعمدة والكمرات جيداً.

4- عدم دمك التربة فى الأدوار الأرضية قبل تبليط الأرضيات قد يسبب تكسيرا فى بلاط الأرضيات بعد تركيبها.

5- عدم عمل ميول بارضيات الحمامات أو دورات المياه مما يسبب للمياه التى تسبب بدورها تآكل فى السقف الخرسانى وفى أرضيات الحمامات.

6- عدم عمل كمرات لتوزيع حمل السقف على الحوائط عند بناء المساكن بنظام الحوائط الحاملة.

7- إستخدام اسمنت غير مطابق للمواصفات نتيجة سوء التخزين الذى قد يعرضه للرطوبة التى تقلل من قوة الأسمنت.

ومن الأخطاء الخطيرة التى تقع فيها نوعيات العمالة غير المدربة الأخطاء الآتية:

أ- إستخدام مياه المصارف فى خلط الخرسانة فى بعض القرى حيث تحتوي هذه المياه على أملاح ضارة تؤثرعلى قوة ومتانة الخرسانة.
ب- شراء انواع رديئة من حديد التسليح والأسمنت لتقليل التكاليف.
ت- خلط مكونات الخرسانة بصورة خاطئة وعلى التربة مباشرة فتختلط بها الأتربة التى قد تسبب أضراراً جسيمة للخرسانة.
ث- رص حديد التسليح فى العناصر الإنشائية بطريقة خاطئة تسبب إنهيارات مفاجئة.
ج- عدم دمك الخرسانة أو صب الخرسانة دون تكثيفها بدرجة كافية مما يؤدى إلى وجود فجوات تضعف القطاع الخرسانى وتتسبب فى صدأ حديد التسليح.

4- شروخ لأسباب غير إنشائية

وهى شروخ ليست نتيجة لأخطاء فى التصميم أو لتعرض المنشأ لأحمال غير عادية ومن هذه الشروخ الأنواع الآتية:

4-1 شروخ نتيجة الهبوط أثناء الصب وأثناء تصلد الخرسانة:

السبب : لوحظ أن أسياخ التسليح والشدة الخشيبة يمكن أن تمنع حركة الخرسانة الطازجة والتى بدأت فى الصلادة وذلك أثناء الصب والهزهزة.
وفى بعض الحالات فإن الشروخ نتيجة الهبوط أثناء الصب تستطيع الوصول الى حديد التسليح وبالتالى تصبح خطرة جداً ولكن من المعتاد أن تكون هذه الشروخ صغيرة وسطحية.

4-2 شروخ نتيجة الانكماش اللدن:

السبب: وتكون نتيجة التبخر السريع جداً لمحتوى الرطوبة والمياه من سطح الخرسانة أثناء تصلدها وهى مازالت لدنة.
والخرسانة اللدنة يكون جفافها أثناء التصلد يعتمد على عدة عوامل منها وبصفة خاصة درجة الحرارة وسرعة الرياح.
والرياح الجافة والتعرض المباشر لاشعة الشمس يسببان معدلاً للتبخر أعلى من معدل إرتفاع المياه داخل الخرسانة إلى سطح الخرسانة.
وعموماً فإن الشروخ اللدنة نتيجة إنكماش الخرسانة تكون عادة صغيرة فى الطول وسطحية وتظهر فى وقت واحد فى الإتجاهات العرضية.
وخطورة شروخ الإنكماش اللدن تقل وتتضاءل فى الوحدات الخرسانية سابقة التجهيز والمنتجة بعناية والمعالجة جيداً.

4-3 شروخ نتيجة التقلصات الحرارية:

السبب: أثناء عملية الإمتصاص والصلادة المبكرة للخرسانة ينتج عنها حرارة بكمية ملحوظة فى الخرسانة نتيجة التفاعل الكيميائى بين الماء والأسمنت.
وفى حالة الخرسانة سابقة التجهيز فإنها تنال عادة معاملة حرارية عن طريق العلاج بالبخار وهذه المعاملة تستنفذ مقداراً كبيراً من الحرارة ، وإجهادات الشد الحرارية يمكنها إحداث شروخ والتى تكون عموماً رفيعة ونادراً ما تكون ملحوظة إنشائياً ولكنها تشكل أسطح ضعيفة بداخل

الخرسانة ، أما فى حالة الخرسانة سابقة التجهيز فإن إنكماش الجفاف العادى بعد عمل وصلات العناصر سابقة التجهيز قد يؤدى إلى تمدد هذه الشروخ.

4-4 شروخ إنكماش الجفاف:

السبب : أن هذا النوع من الشروخ يظهر عندما يتعرض تقلص العناصر الإنشائية ذات التسليح الصغير، وفى حالة الكمرات سابقة التجهيز فإن خرسانة الوصلات يكون صبها على حدود البواكى الخرسانية المتصلدة سابقة التجهيز، وخرسانات الوصلات تكون غالباً ذات محتوى مائى عالى لتسهيل عملية الصب .

5-4 انفعالات فروق الحرارة:

السبب: إن هيكل المنازل سابقة التجهيز غالباً يقوم بتسهيل تأثير الإختلاف فى درجات الحرارة (نتيجة عوامل الجو الطبيعية أو نتيجة الحرارة) ، ولذلك فإن الشروخ تظهر فى البواكى المحشورة (Sandwich Panels) عندما يكون كل من وجهى الباكية مرتبطاً بقوة فى الهيكل الخرسانى ، ومن الآثار الحرارية أيضاً الصدمة الحرارية (Thermal Shock) والتى ينتج عنها كمية ملحوظة من الشروخ نتيجة الارتفاع المفاجئ لدرجة الحرارة ، فإن كانت الطبقة الخارجية للبواكى المحشورة رفيعه جداً (بسمك حوالى 3 سم) فإن تدميرها بواسطة الحرارة يصبح محتمل الحدوث ، أما فى حالة وجود إختلاف ملحوظ فى درجات الحرارة بين وجهى البلاطة الخرسانية أو الكمرة فإن ذلك يؤدى إلى تولد الشروخ.

6-4 الشروخ نتيجة العوامل الجوية :

يوجد نوعان رئيسيان من العلل التى تصيب المنشأت الخرسانية نتيجة أثر العوامل الجوية وهى كالآتى :

4-6-1 تآكل وصدأ حديد التسليح:

ويظهر حول أسياخ حديد التسليح مسبباً شروخاً على طول هذه الأسياخ وغالبا ما تسقط الخرسانة (الغطاء الخرسانى يسقط من حول الأسياخ) مثال ذلك سقوط الغطاء الخرسانى السفلى للبلاطات الخرسانية وينتج عن ذلك كشف حديد التسليح.

وهذه العلة من صدأ حديد التسليح تكون أكثر سهولة فى إصابة الخرسانة عند:

- وجود كلوريد الكالسيوم فى الخرسانة (فى بعض الحالات تضاف بعض الإضافات المحتوية على كلوريد الكالسيوم تضاف على الخلطة الخرسانية وذلك لزيادة سرعة إمتصاصها).
- الرطوبة فى الهواء.
- المسامية العالية للخرسانة.
- الرطوبة ذات الملوحة العالية على سواحل البحار، تحمل داخل نفسها كلوريد الكالسيوم وذلك فإن خطر حدوث صدأ لحديد التسليح يصبح أكثر حدوثاً في المدن الساحلية.

وهذة الشروخ الناتجة من صدأ حديد التسليح يجب ترميمها وعلاجها لأنها خطرة على متانة المنشأ لأنها تقلل من مساحة القطاع الفعال لحديد التسليح عن طريق التآكل بالصدأ.

2-6-4 تآكل الخرسانة:

توجد تفاعلات كيميائية مختلفة يمكن أن تؤدى إلى دمار وتآكل الخرسانة والحالة الكثيرة الحدوث غالبا تكون تولد الاترنجات (المواد الإترنجية) نتيجة اتحاد وتفاعل الكبريتات مع الومنيات الأسمنت فى وجود الماء، وفى هذه الحالة تنتج أملاح ذات حجوم أكبر من المواد المحتوية عليها الخرسانة لذلك يحدث تمدد يؤدى على التشريخ وتفتت الخرسانة.

كما توجد علل كيميائية أخرى يمكن أن تظهر نتيجة عوامل كثيرة منها على سبيل المثال استعمال أنواع من الركام غير ملائمة وغير مطابقة للمواصفات.

جدول 2 يوضح النسب المئوية لأسباب التصدعات بالمبانى طبقاً لسنة الإنشاء:

سنة الإنشاء / سبب التصدع	قبل سنة 1950	1950 – 1960	1960 - 1970	1970 - 1980	بعد 1980
عامل الزمن	%100	%25	%6,7	ـــــ	ـــــ
عدم صيانة المبنى والأعمال الصحية	%50	%62,5	%33	%44	%17
سوء تنفيذ	ـــــ	%25	%33	%60,9	%82
عدم دراسة خواص التربة والأساسات	ـــــ	%37,5	%47	%21,7	%8
تصميم	ـــــ	ـــــ	%12	%4	ـــــ

7-4 العوامل الكيميائية التى تؤدى إلى تلف الخرسانة.

إن التحلل والفساد الكيميائى الذى يطرأ على الخرسانة يكون عادة نتيجة لهجوم شرس على نسيج مادة الأسمنت.

8-4 إعتبارات خاصة لتأمين تحميل الخرسانة مع الزمن.

- الحد الأقصى لمحتوى الأملاح والمواد الضارة فى ماء الخلط.
- الحد الأقصى لمحتوى أيونات الكلوراید فى الخرسانة.
- الخرسانة فى الظروف الحمضية.
- الخرسانة فى الظروف الكبريتية.
- الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت.
- الحد الأقصى لمحتوى الأسمنت.

- العوامل الطبيعية المؤدية لتلف الخرسانة.
- تلف الخرسانة بواسطة الحرائق والجليد.
- تآكل حديد التسليح.
- تأثير الزلزال
- المصادر المختلفة للرطوبة
  - الرطوبة الداخلة أثناء عملية إنشاء المبنى.
  - الرطوبة نتيجة المياه الأرضية.
  - الرطوبة نتيجة مياه الأمطار والثلوج.
  - الرطوبة نتيجة النشطة الإنسانية.
  - تكثيف بخار الماء.
- إنفجارات الغاز الطبيعى أو أنابيب البوتاجاز.

5- حلول و معالجات الشروخ فى المبانى أنواع المواد المستعملة فى الترميم:

5-1 الاضافات الخاصة التي تزيد من قوة الخرسانها و تقويها.

5-1-1 إضافات لتزويد قابلية للتشغيل Workability وتقليل الإنكماش وزيادة قوة الخرسانة (ملينات الخرسانة):

أ- زيادة مقاومة الخرسانة للضغط بدون الحاجة إلى زيادة كمية الأسمنت المستعملة فى الخلطة عن المعدلات العادية.
ب- زيادة قابلية التشغيل مما يؤدى إلى تحسين فى دمك الخرسانة ونستطيع بإستعمالها الحصول على خرسانة متجانسة باقل نسبة ممكنة من الفراغات.
ت- تقليل الانكماش مما يؤدى الى تفادى حدوث الشروخ الشعرية.
ث- سهولة عملية صب الخرسانة خصوصا فى حاله الخرسانة المحتوية على نسبة عالية من حديد التسليح.

5-1-2 إضافات زيادة حجم الخلطة مع تقليل مياه الخلط:

يمكن استعمال الخلطة الناتجة فى الآتى:

أ- حشو فجوات مسامير التثبيت.
ب- حشو فواصل الإتصال بين الوحدات سابقى التجهيز.
ت- ترميم وتقوية العناصر الإنشائية المختلفة.
ث- حشو أسفل قواعد الماكينات والكبارى.

5-1-3 إضافات تقليل نفاذية المياه.

أ- الحصول على مونة أسمنتية أو خرسانية قليلة النفاذية ولها مقاومة عالية للأملاح.

ب- زيادة سيولة الخرسانة وبالتالى زيادة قابلية التشغيل.
ت- بطئ زمن الشك للخرسانة مما يقلل من إستخدام فواصل الصب الغير مرغوب فيها.

4-1-5 المونة الأسمنتية الخاصة ذاتية السيولة قليلة الإنكماش.

ومن مميزاتها:

أ- قوة تحمل للضغط مبكرة عالية.
ب- قوة تحمل للضغط نهائية (اى بعد 28 يوماً) تصل إلى حوالى 600 كجم/سم2.
ت- ذاتية السيولة مما يساعد على حشو الفراغات وملئ الشروخ.
ث- ذات قوة تلاصق عالية مع جميع مع جميع أنواع الأسطح.
ج- قليلة الشروخ مما يؤدى إلى تقليل نسبة الشروخ الحادثة من الإنكماش.
ح- إستعمال المونة الخاصة
خ- ترميم الأعمدة والكمرات (بعمل قمصان لها).
د- ملئ الشروخ وإصلاحها.
ذ- حشو الفراغات وفجوات المسامير التثبيت.

5-1-5 الخلطات الخاصة لأعمال الترميم:

أ- مقاومة عالية لإجهادات الضغط تصل الى 1000 كجم / سم2 للمكعبات القياسية بعد 28 يوماً
ب- قابلية عالية للتشغيل بدون زيادة كيمات المياه المستعمله فى الخلط.
ت- نفاذية منخفضة للمياه تؤدى إلى زيادة مقاومتها للأملاح والمواد الكيميائية.
ث- نسبة قليلة من الانكماش.

2-5 المواد الايبوكسية المستخدمة فى ترميم وتقوية المنشآت الخرسانية:

1-2-5 مواد ايبوكسية للحام الخرسانة الجديدة:

هذه المواد عباره عن مواد سائلة متوسطة اللزوجة على هيئة مركبين تخلط وتدهن بها الخرسانة القديمة على سطحها قبل صب الخرسانة الجديدة مباشرة ومن مميزات هذه المركبات أن لها قوة التصاق عالية بين الخرسانة القديمة والجديدة تزيد عن مقاومة الشد للخرسانة وتستعمل هذه المواد فى أعمال الترميم مثال أعمال قمصان الأعمدة والكمرات.

2-2-5 مواد ايبوكسية لحقن الشروخ.

وتتكون من مركبين يتم خلطهما قبل الاستعمال مباشرة ومن مميزات هذه المواد ان لها درجة لزوجه منخفضة تعطيها قدرة تسرب كبيرة إلى اعماق الشروخ قليلة الإتساع ومن مميزاتها أيضا تمتعها بقوة التصاق عالية مع الخرسانة ويراعى عدم إستخدام أى مواد مذيبة مع هذه المواد الايبوكسية نظراً لتطايرها بعد الجفاف والتصلد وتكون فراغات داخل الخرسانة مكان تطايرها.

<u>مميزاتها</u>

أ- مقاومة عالية للضغط (حوالى 600 كجم / سم2)
ب- مقاومة عالية للإنحناء (حوالى 250 كجم / سم2)
ت- غير قابلة للإنكماش.
ث- مقاومة تماسك عالية مع الخرسانة (أكثر من 25 كجم / سم2)
ج- مقاومة عالية للمواد الكيماوية.
ح- مقاومة عالية للإحتكاك.

إستخدامها

أ- ترميم الشروخ الخرسانية.
ب- لحام جميع أنواع المواد مثال الحديد والخرسانة وأشاير حديد التسليح فى الخرسانة.
ت- عمل طبقات مقاومة للإحتكاك والتآكل.
ث- عمل طبقات مقاومة للأحمال الميكانيكية.
ج- عمل طبقات مقاومة للمواد الكيماوية.
ح- تثبيت الحوائط.

3-2-5 دهانات إيبوكسية مقوية للأسطح:

تمنع نفاذية المياه وتكسب سطح الخرسانة مقاومة للمواد الكيماوية وتقاوم الاحتكاك وتساعد على عدم تكون أتربة على سطح الخرسانة وهى تتكون من مركبين من المواد الإيبوكسية منخفضة اللزوجة تحتوى على مواد مذيبة.

4-2-5 دهانات إيبوكسية لحماية الأسطح الخرسانية.

أ- تستعمل لحماية الأسطح الخرسانية من البرى والاحتكاك وتأثير المواد والأبخرة الكيماوية ومن أمثلة هذه الدهانات دهان الإيبوكسى ذو المرونة العالية الذى يستعمل عادة فى حماية السطح الخرسانية المعرضة للشروخ أو التى تحتوى على شروخ شعرية حيث تساعد المرونة الزائدة فى الدهان على تغطية الشروخ دون حدوث شروخ بطبقة الدهان كما تعطى مقاومة عالية لنفاذية المياه وتأثير المواد الكيماوية.

3-5 <u>الخرسانة ذات النوعية الخاصة لأعمال الترميم:</u>

1-3-5 الخرسانة البولمرية:

مكوناتها وطريقة الصنع:

- مواد بولمرية سائلة مثل مواد الإيبوكسى أو البولى إيست ، وتورد المواد البوليمرية على هيئة مركبين سائلين.
- المواد المالئة من الركام الطبيعى المتدرج من الرمل والزلط.
- المواد الناعمة مثل الأسمنت.

وطريقة صـنع هذه الخرسـانة تتم بخلط مركب المواد البولمرية جيدا ثم خلط المواد المالئة مع المواد الناعمة ثم خلطها مع مركب المواد البولمرية كما يجب اسـتعمال المعدات الميكانيكية لخلط الخرسـانة البولمرية لمدة مناسبة لا تقل عن خمسة دقائق.

ويجب ان يتم تصميم نسب خلط مكونات الخرسانة البولمرية طبقاً للخواص المطلوبة.

مميزاتها:

أ- مقاومة عالية للضغط تصل إلى 1000 كجم / سم2.
ب- مقاومة عالية للإنحناء تصل إلى 400 كجم / سم2.
ت- مقاومة عالية للشد تصل إلى 200 كجم / سم2.
ث- نسبة فراغات قليلة.
ج- قوة إلتصاق عالية.
ح- معامل إنكماش منخفض.
خ- قوة ذاتية للسيولة.

عيوبها:

أ- إرتفاع أسعار المواد البولمرية.
ب- صعوبة تشغيل المواد البولمرية.

2-3-5 خرسانة الألياف:

مكوناتها:

أ- زلط ورمل بنفس نسب مكونات الخرسانة العادية والتدرج المناسب.
ب- نسبة عالية من الأسمنت.
ت- الياف الصـلب أو ألياف الفيبرجلاس وتختلف نسـبة الألياف المسـتخدمة طبقاً لنوع الألياف المسـتعملة والخواص المطلوبة.
ث- إضافة لزيادة السيولة فائقة الجودة Super Plasticizer.

مميزات خرسانة الألياف:

أ- زيادة المقاومة المبكرة للخرسانة بنسبة تصل إلى 50%.
ب- زيادة مقاومة الإنحناء بنسبة تصل إلى 80%.
ت- مقاومة الشد بنسبة تصل إلى 100%.
ث- زيادة المقاومة للصدمات بنسبة تصل إلى 2000%.
ج- تقليل الشروخ الناتجة عن الإنكماش.
ح- تقليل انبعاج الكمرات.

الإستعمالات:

أ- عمل قمصان للأعمدة الخرسانية.
ب- ملئ الشروخ فى العناصر الخرسانية المختلفة.
ت- تنفيذ الأساسات المعرضة للإهتزازات والأحمال المتحركة.
ث- الطبقات الخرسانية المعرضة للبرى.
ج- إعادة ترميم الطرق وممرات الطائرات وأرضيات المصانع.
ح- تغليف الأعمدة الحديدية لوقايتها من المؤثرات الخارجية.
خ- تنفيذ الأبنية والمنشآت العسكرية.

ويوجد فى السوق المصرية حالياً نوعين من الألياف التى تناسب الإستخدام فى خرسانة الألياف وهما:

1- ألياف الفيبرجلاس التى تتميز بمقاومة عالية للمواد الكيميائية والقلويات.
2- ألياف الهاركس المصنوعة من الصلب الغير قابل للصدأ Stainless Steel .

ويترواح طول هذه الألياف بين 15 – 30 مم ومن مميزاتها سهولة خلطها مع مكونات الخرسانة بانتظام دون الحاجة إلى معدات خاصة.

5-3-3 الخرسانة الأسمنتية البولمرية:

مكوناتها:

1- رمل وزلط بنفس نسب الخلطة الخرسانية العادية ونفس متطلبات التدرج ونسبة المياة التصميمية المعروفة.
2- الأسمنت بنسب تصميمية معروفة طبقاً لإجهادات الخرسانة المطلوبة (نفس المطلوب للخلطة الخرسانية).
3- إضافة عبارة عن مستحلبات المواد البولمرية مثل مستحلب البولى فينيل اسيتيت تضاف إلى ماء الخلطة المستعملة بنسبة 1:4 إلى 1:6.

مميزاتها:

1- مقاومة عالية للضغط.
2- قابلية عالية للالتصاق مع الخرسانة القديمة.
3- مقاومة عالية لنفاذية المياه وتأثير المواد الكيماوية.
4- درجة مرونة عالية تساعد فى تفادى الشروخ الناتجة عن الإنكماش.

6- ترميم مبنى تجاري تحت الانشاء مكون من طابق واحد علوى:

1-6 التعريف بالمبنى :

وصف المبنى و مكانه : مبنى تجاري مكون من طابق ارضي و أول بمدينة بني سويف الجديدة.
المساحة : 350م2

2-6 فحص و معاينة المبنى :

تم فحص ومعاينة المبنى لتحديد العيوب والشروخ الموجودة به وهذا الفحص انقسم إلى قسمين:

1- الفحص البصرى.
2- الفحص بإستخدام التجارب المعملية من تجارب اختبارات غير متلفة للخرسانة وعمل كشف للقواعد والأساسات لتحديد حالتها وعمل جسات وأبحاث تربة لتحديد نوع تربة التأسيس.
3- دراسة الرسومات الإنشائية والمعمارية للمبنى وكذلك تقرير الجسات للتربة واشتراطات التنفيذ.
4- تحديد نوعية وأساليب إستعمال المبنى لتحديد الأحمال المؤثرة عليه ومقدار العناية به كما تم تحديد الظروف الطبيعية المحيطة به.

شكل (1) يوضح الشروخ الأفقية التي وجدت في ارضية سقف الدور الارضي بالمبنى. المصدر:12

شكل (2) يوضح تنظيف سطح الخرسانة تماما من أجزاء الخرسانة الضعيفة أو المفككة أو زيد الأسمنت. المصدر : 12

شكل (3) مادة Spall TX بعد سحبها بسرنجة مخصصة لحقن الشروخ الخرسانية. المصدر : 12:

3-6 تحليل العلل و الشروخ بالمبنى و تحديد أسباب ونوعية تلك الشروخ:

وجدت شروخ دقيقة في بلاطة سقف الدور الارضي و قد تم تحديد الأسباب التى أدت إلى حدوث هذة العيوب والتصدعات بالمبنى تحت الدراسة ألا وهي شروخ نتيجة الانكماش اللدن للخرسانه وهي شروخ غير انشائية وغير خطرة على المبني و حديث ليس نتيجة لأخطاء فى التصميم أو لتعرض المنشأ لأحمال غير عادية، و غالبا تكونت نتيجة التبخر السريع جداً لمحتوى الرطوبة والمياه من سطح الخرسانة أثناء تصلدها وهى مازالت لدنة، حيث أن الخرسانة اللدنة يكون جفافها أثناء التصلد يعتمد على عدة عوامل منها وبصفة خاصة درجة الحرارة وسرعة الرياح والرياح الجافة والتعرض المباشر لاشعة الشمس و هذة العوامل التي قد تسبب معدلاً للتبخر أعلى من معدل إرتفاع المياه داخل الخرسانة إلى سطح الخرسانة ، و حيث أن الشروخ اللدنة تتكون نتيجة إنكماش الخرسانة تكون عادة صغيرة فى الطول وسطحية وتظهر فى وقت واحد فى الإتجاهات العرضية.

4-6 الخطوات المأخوذة لحل المشكلة :

1- وضـع خطة كاملة للحلول المناسـبة لإصـلاح العيوب والتصـدعات وأساليب تنفيذها.
2- اختيار المواد المناسبة لعملية الترميم أو التقوية.
3- وضع برنامج لتنفيذ هذه الإصلاحات لا يتعارض مع سلامة العناصر الإنشائية للمبنى.

شكل (4) يوضح حقن الشروخ الخرسانية بمادة Spall TX أكثر من مرة للشرخ الواحد. المصدر : 12

5-6 تم اختيار spall TX عالي التقنية لهذة المواصفات :

هوعباره عن مواد سائلة متوسطة اللزوجة لها درجة لزوجه منخفضة تعطيها قدرة تسرب كبيرة إلى اعماق الشروخ قليلة الإتساع ، وله قوة التصاق عالية بينه و بين الخرسانة و تزيد عن مقاومة الشد للخرسانة ، كما وتمتعه بقوة التصـــاق عالية مع الخرســـانة، و قد تم مراعاة عدم إستخدام أى مواد مذيبة مع Spall TX نظراً لانها تتطاير بعد الجفاف والتصلد وتكون فراغات داخل الخرسانة مكان تطايرها.

شكل (5) يوضح ملئ الشروخ بالرمل بعد حقنها بمادة Spall TX عدة مرات متتالية. المصدر : 12

ومن مميزاته :

أ- مقاومة عالية للضغط (حوالى 700 كجم / سم2)
ب- مقاومة عالية للإنحناء (حوالى 300 كجم / سم2)
ت- غير قابلة للإنكماش.
ث- مقاومة تماسك عالية مع الخرسانة (أكثر من 27 كجم / سم2)
ج- مقاومة عالية للمواد الكيماوية.
ح- مقاومة عالية للإحتكاك.

شكل (6) يوضح أنه يتم ضغط ومساواة سطح الرمل بعد ملئ الشروخ به بحيث يتم التماسك بينه و بين المادة المستخدمه والخرسانة. المصدر : 12

استخدامه:

أ- لحام جميع أنواع المواد مثال الحديد والخرسانة وأشاير حديد التسليح فى الخرسانة.
ب- عمل طبقات مقاومة للمواد الكيماوية.
ت- عمل طبقات مقاومة للإحتكاك والتآكل.
ث- ترميم الشروخ الخرسانية.
ج- تثبيت الحوائط.
ح- عمل طبقات مقاومة للأحمال الميكانيكية.

شكل (7) يوضح استخدام Spall TX بعد ملئ الشروخ و دمكها بالرمل لمزيد من التماسك. المصدر: 12 .

6-6 طريقة علاج الشـروخ الشـعرية غير النافذة قليلة الإتسـاع فى الأسـقف الأفقية التى وجدت ببلاطة سقف الدور الارضي بمادة spall TX عالية التقنية:

1- ضمان جفاف سطح الخرسانة تماما. شكل (1)
2- تنظيف سـطح الخرسـانة تماما من أجزاء الخرسـانة الضـعيفة أو المفككة والضعيفة وكذلك إزالة زبد الأسمنت. شكل (2)
3- توسيع الشروخ حتى 5 مم. شكل (3)
4- تنظيف الشروخ جيدا من الأجزاء المفككة للخرسانة. شكل (4)
5- فى حالة الشـروخ النافذة حتى السـطح المقابل للخرسـانة يتم سـد الشرخ من الجهة الأخرى بإستعمال مونة إيبوكسية مناسبة. شكل (5)
6- حقن الشـروخ الخرسـانية الصـغيرة عدة مرات ب Spall TX ذو الزوجه المنخفضـة حيث يمكنه التسـرب داخل الشـروخ الشـعرية حتى تمتلئ.شكل (5)
7- تم ملئ الشروخ بالرمل بعد الانتهاء من حقنها أكثر من مرة بمادة Spall TX. شكل (6)
8- تم ضـغط ومسـاواة سـطح الرمل بعد ملئ الشـروخ به بحيث يتم التماسـك بينه و بين المادة المسـتخدمه والخرسانة. شكل (7)
9- ثم يستخدم Spall TX ثانية لملئ الشروخ و دمكها بالرمل لمزيد من التماسك.
10- حك سـطح الخرسـانة بعد أن تجف المادة و تتماسـك مع الخرسـانة و تصـبح كأنها جزء منها ، ثم بتنضيف السطح و مساواته تماما . شكل (8)

شكل (8) يتم حك سطح الخرسانة بعد أن تجف المادة و تتماسك مع الخرسانة و تصبح كأنها جزء منها ، ثم بتنضيف السطح و مساواته تماما .المصدر:12

7- نتائج البحث :

يمكن استخلاص نتائج البحث كالتالي :

1- تعتبر الشروخ الشعرية غير النافذة من الشروخ الغير انشائية و الغير خطرة على المبنى و لكن من المهم عدم اهمالها حتى لا تتوسـع و تتمدد نتيجة لجفاف الخرسـانة أو الانكماش اللدن أو التعرض للعوامل الجوية الطبيعية.
2- استخدام Spall TX في ترميم الخرسانه و ترميم و لحام الشروخ الصغيرة عن طريق حقنها يعتبر من أنجح الحلول المستخدمة في معالجة الشروخ الشعرية غير النافذة من الخرسانة.
3- من أهم عوامل متانة و صـلابة المبنى و زيادة عمره الافتراضـي هي متابعة ترميمة و صـيانته في المواعيد المحددة .
4- من أهم العوامل التي تسبب الشـروخ الشـعرية في الخرسـانة هي خاصـية الانكماش اللدن و التي قد تحدث نتيجة التبخر السـريع جداً لمحتوى الرطوبة والمياه من سـطح الخرسـانة أثناء تصـلدها وهى مازالت لدنة.

8- التوصيات :

- يوصـى باسـتخدام Spall TX في معالجة الشـروخ الشـعرية الدقيقة و الغير انشـائية المتكونة في الخرسانة.
- يوصى بعمل صيانة للمباني المتعرضة بشكل دائم للعوامل الجوية المتغيرة و متابعة أعمال الصيانة و الترميم و الحفاظ عليها وفحصها اذا ما وجدت بعض الشروخ الدقيقة و الصغيرة.
- يوصى بعمل فحص دقيق للتربة عند بداية العمل في تنفيذ أي مشروع.

9- المراجع :

1- Axel Ritter, **smart materials in architecture, interior architecture and design**, birkhauser publishers for architecture, basel. 2007

2- Addington, M., **smart materials and new technologies for the architecuture and design professions**, Elsevier, oxford, 2005.

3- Design Ecologies: **Essays on the Nature of Design,** published by Princeton Architectural Press, New York, 2010

4- Dr. Nagwan Shehata, **Nano Technology's Effect in Development of Interactive interior Design, Visual Arts Between Stability and Variation Conference**, Faculty of Fine Arts, Alexandria University, 2007.

5- Jencks, Charles, **Architecture Today**, Academy Editions, London, 2001

6- Michael F.Ashby, Paulo J.Ferreira & Daniel L.Schodek, **Nanomaterials , Nanotechnologies and design** , Elsevier, Burlington , Ms 01803 , USA & Oxford OX2 8DP, UK, 2009.

7- Medhat A. Haroun, Sherif Sedky, **Applications of Nanotechnology in Construction Engineering**, School of sciences and Engineering, The American University in Cairo, Egypt.

8- Victor, G., **Encyclopedia of vibrations, actuators and smart structures**, University of South Carolina, Columbia. 2000

9- Rodger DC,FongAJ,Wen Let al .**Flexible Praylene multielectrode array technology for high-destiny neural stimulation** , and recording .Sense Actuators B chem.2008

10- Vollath, Dieter (2008). **Nanomaterials: An Introduction to Synthesis, Properties and Application**, John Wiley & Sons, Ltd., NJ.

11- لميس سـيد محمدي عبد القادر – دور التقنية في تطوير العناصـر المعمارية التقليدية – رسـالة ماجستير – جامعة الإسكندرية – 2011

12- www.epoxysolutions.net