

اسم المشروع:التشققات في الأجزاء الكونكريتية أسبابها و معالجاتها

المهندس المدني: صباح نجيب خسرو

رقم الهوية : ١٠٠٧٥

الفصل الأول

١.١ : مقدمة عامة

الخرسانة هي عبارة عن خليط غير متجانس من الركام و الأسمنت و الماء مع بعض الفراغات و يمكن اضافة بعض المواد الأخرى (المضافات) للحصول على خواص معينة.

مما لا شك فيه ان مشكلة تشقق المنشآت الخرسانية قد اصبحت من المشاكل الملحة التي يجب ان تتكاتف الجهود للوصول الى حلها , و من أهم أسباب هذه المشكلة عدم وجود الوعي الكافي بأسباب التشقق حتى يمكن تلافيها و بطرق العلاج حتى يمكن اتباعها .

و لكي نتناول مشكلة تشقق المنشآت فلا بد لنا من معرفة الأشكال المختلفة للتشقق أي(الأعراض , الأسباب) و لا بد من ان نتعرف على وسائل تشخيص الحالة من فحص و كشف عن العيوب و إجراء التجارب و التحاليل اللازمة ثم عمل دراسة و تحليل للأعراض للوصول للتشخيص السليم. و لا بد لنا أخيرا من التعرف على طرق العلاج المختلفة و متى يستخدم كل منها و ما هي الخطوات الدقيقة بأعداد العضو للإصلاح ثم لعمل الإصلاح فاختره للتأكد من نجاحه و ذلك بعد ان بينا خواص المواد المستخدمة في مداواتها و حمايتها و بينا تركيباتها و طرق استخدامها حسب حالة المنشآت المتضررة و من المفيد التعرف على وسائل الوقاية و حماية المنشآت من التشقق و طرق صيانة و حماية المنشآت ليتسنى لنا حماية المنشآت من ان يصاب بالعلل التي تقلل من عمره الافتراضي او تمنع من أداءه لوظيفته الأداء الأمثل.

١.٢ : اهمية الدراسة

١-المحافظة على المنشآت الخرسانية سليمة وخاليه من التشققات

٢- معرفة الاسباب الرئيسييه التي تؤدي لظهور التشققات

٣- الحد من ظهور التشققات واستمرارها بالتوسع على طول السطح والعمق الذي ستخترقه

٤- تحديد نوع الشقوق من اجل التعامل معها

٥- تمهيد الطرق لاجراء الاصلاح بشكل تام عن طريق مراقبة الشقوق

٦- اعادة الخرسانة الى ما كانت عليه قبل تضررها بالشقوق

١.٣: اسلوب الدراسة

نلخص اسلوب دراسة المشروع من خلال الاطلاع على المصادر الهندسية وتجميع المعلومات عن التشققات الحاصلة في الخرسانة . فقد تم مناقشة الاسباب والانواع وطرق الاصلاح للشقوق الخرسانية في هذا البحث. ففي الفصل الثاني تم التطرق الى انواع التشققات والفصل الثالث قدم خلاصه لاسباب التشققات الخرسانية وكيفية تكونها في الخرسانة بينما الفصل الرابع تم التطرق فيه الى كيفية تقويم التشققات الخرسانية . الفصل الخامس فتم فيه شرح مفصل لطرق اصلاح الشقوق لذلك فان الهدف الاساسي دراسة جميع الاسباب والانواع وطرق الاصلاح من اجل المحافظة على المنشآت الخرسانية سليمة وخالية من التشققات.

الفصل الثاني

أنواع التشققات

٢.١ : أنواع التشققات

تعتبر التشققات في الخرسانة من أهم العناصر التي تعطي مؤشراً واضحاً عن حالة المنشأ فهي تتباين تبعاً لخطورتها وتأثيراتها على المنشآت ومدة ظهورها كما تتباين من حيث اتساعها وعمقها ودرجة تأثيرها على المنشأ. لذلك، فقد قام العلماء بتقسيم التشققات وفقاً لعدة معايير منها:

- حسب نوع التشققات وتأثيرها على المنشأ (التشققات البسيطة والتشققات الخطرة).
 - أو حسب طبيعتها (تشققات ذاتية: ناتجة عن الانكماش اللدن أو الهبوط أو التقلص المبكر أو الجفاف.
 وتشققات خارجية: ناتجة عن زيادة الحمولات أو سوء استخدام المبنى أو سوء التنفيذ أو سوء التصميم أو عدم استعمال مواد مطابقة للمواصفات).

أو حسب أسباب التشققات: تشققات إنشائية تتعرض الخرسانة المسلحة لاجهادات الشد عند تحميل المنشأ ، ولذلك تحدث تشقق في الخرسانة (وهذا طبيعي) في الجانب المعرض للشد تحت تأثير عزمالانحناء .

فإذا كان التسليح المستخدم موزعاً بالشكل الملائم وكانت الخرسانة جيدة النوعية فإن هذه الشقوق تكون دقيقة بالقدر الكافي لتجنب تآكل الحديد . وعموماً فإن هذه الشقوق مقبولة إذا كان سمكها 0.2 مم وقد أثبتت التجارب أن التآكل والصدأ يتزايدان بسرعة فقط عندما يزيد سمك الشق عن ٤.٠ مم.

وقد تظهر بعض الشقوق نتيجة اجهادات القص ، وإن كانت نادرة ، وتكون شقوقاً قطرية مائلة في اتجاه قضبان التسليح وتحدث بسبب عيوب في ترابط قضبان الحديد ذات القطر الكبير مع الخرسانة ، خاصة إذا كان غطاء الحديد قليل السمك ، أو إذا كان جنش القضبان قصيرة مما يؤدي إلى ضعف الربط بين قضبان الحديد والخرسانة أو إذا كانت هذه الشقوق معقولة في الحدود المسموح بها وتشير إلى سلوك طبيعي للمنشأ فلا خطر منها ولكن في بعض الحالات تكون هذه الشقوق ظاهرة بدرجة تشكل خطراً مثل

- ١ - شقوق عزومالانحناء أو القص التي يزداد اتساعها بصفة مستمرة .
 - 2- شقوق تحدث فيأجزاء الخرسانة المعرضة للضغط وهذا ينبه إلى أن هناك سلوكاً غير عادي يحدث في المنشأ .
 - 3- تشققت الخرسانة في مناطق الضغط (الأعمدة أو البلاطات في الجانب المعرض للضغط) وهذه الحالة من أقصى درجات الخطورة على المنشأ .
- عند حدوث مثل هذه الأنواع من الشقوق فقد يكون من الضروري يتدعيم المنشأ وتزال الأحمال فوراً ، وبعد ذلك يدرس أساس ومصدر الخلل في المنشأ، ونبدأ في حل مشكلة تقوية المنشأ وكيفية معالجة الشقوق.

وقد يكون سبب الخلل زيادة في الأحمال على المنشأ ، أو أن التسليح غير كاف ، أو أنواعية الخرسانة رديئة أو أن هناك هبوطاً في التربة أو حسب تصلب الخرسانة (تشققات قبل التصلب وتشققات بعد التصلب).

وهناك أنواع أخرى منها: تشققات نشطة (مستمرة الاتساع) وتشمل (تشققات رأسية وتشققات مائلة ومن أسبابها زيادة في العزوم وزيادة في القص.)

وتشققات ساكنة وتكون على الشكل التالي:

١- رأسية أو مائلة سببها زيادة مؤقتة في الأحمال

٢- شقوق منفصلة ممتدة بكامل طول العضو الإنشائي سببها انكماش محكوم الحركة أو درجات حرارة محكومة الحركة

٣- تشققات سطحية ساكنة سببها معالجة ضعيفة – فقدان للمياه السطحية – رياح شديدة أثناء الصب.

وغير ذلك من المعايير التي تتفق جميعها على أن ظاهرة التشقق في الخرسانة هي ظاهرة خطيرة يجب دراستها فور مشاهدتها أو الوقاية ما أمكن من حدوثها ثم معالجة ما ظهر، وذلك لتلافي المشكلات قبل حدوثها.

الفصل الثالث

أسباب التشققات

٣.١: التشققات الناتجة عن اخطاء في التصميم

- يختلف تأثير الأخطاء الناتجة من التصميم الإنشائية ابتداء من سوء مظهر الخرسانه الى عدم تحمل المنشأ للأحمال التصميميه وانتشار الشقوق المتنوعة وانتهاء بالانهيار الكامل للمنشأ. تنتج هذه الأخطاء لبعض الأسباب التالية أو جميعها:
- ١- عدم اتباع شروط المواصفات القياسية والقواعد التطبيقية لتصميم وتنفيذ الخرسانة المسلحة (مثل تصميم الخلطات الخرسانية)
 - ٢- اختيار مقاطع إنشائية غير مناسبة.
 - ٣- الأخطاء الحسابية.
 - ٤- استعمال تسليح غير كافي.
 - ٥- إهمال تأثير الإجهادات الحرارية.
 - ٦- إهمال تأثير القيود على حركة الأعضاء المعرضة لتغيرات حجمية.
 - ٧- إهمال تفاصيل حديد التسليح وأماكن توقفها وتوزعها والاختلاف في أقطارها وعدم الاهتمام بتفاصيل الأتاري وحديد التسليح وحديد الوصل بين العناصر والحديد الأفقي واستعمال حديد مختلف في نفس العنصر.
 - ٨- نقص البيانات أو عدم توضيح أماكن فواصل التمدد والتقلص وقيمة الغطاء الخرساني وعدم تحديد أماكن فواصل الهبوط وعدم تحديد أماكن فواصل الصب.
 - ٩- أخطاء ناتجة عن افتراض خاطئ للأحمال وحركة الأوزان على المنشأ أو عدم الأخذ بالاعتبار بعض الأحمال مثل الرياح والزلازل.
 - ١٠- عدم أخذ تأثير تركيز الإجهادات في الاعتبار وبالأخص عند الأركان الداخلية.
 - ١١- سوء اختيار الأساسات المناسبة للتربة الحاملة للمنشأ.
 - ١٢- عدم حساب الهبوط الكلي المتوقع تحت الأساسات ومقارنته بالحدود المسموح به لنوعية التربة.
 - ١٣- عدم الاهتمام بتصميم الجسور الرابطة للأساسات وخصوصاً للأساسات التي تقع بجوار المنشآت القائمة.
 - ١٤- إهمال الظروف المحيطة بالموقع والتي قد تؤثر على التصميم مثل منسوب ونوعية أساسات المباني المجاورة والتغيير المنتظر في منسوب المياه الجوفية.



شكل رقم (٢.١) التشققات في الابنية

٣.٢: التشققات الناتجة عن اخطاء في التنفيذ

ومن اسبابه:

- ١- عدم الاهتمام بالتفاصيل المعطة بالمخططات واعتماد المهندس المنفذ على خبرته الخاصة والشخصية.
- ٢- عدم العناية بقراءة الملاحظات والتحذيرات الموجودة على المخططات.
- ٣- عدم الاتصال بالمهندس المصمم لاستيضاح بعض النواحي الفنية الغير واضحة على المخططات.
- ٤- عدم تتبع التعديلات المتتالية والمراحل الخاصة بالتصميم وتعديلاته.
- ٥- عدم دراية وإلمام المهندس المنفذ بالموصفات والشروط الفنية الخاصة بالمنشأ موضوع التنفيذ.
- ٦- التخزين غير المناسب للمواد سواء الاسمنت أو الحصى أو الرمل أو الإضافات.
- ٧- عدم فحص المواد المكونة للخرسانة وذلك لبيان مدى تطابقها مع المواصفات القياسية.
- ٨- استخدام حديد تسليح صدأ أو عليه زيوت أو طين أو مكونات أخرى تؤدي لعدم تماسكه مع الخرسانة بعد الصب.
- ٩- استخدام حصويات غير متدرجة وغير متطابقة مع نسب تصميم الخلطة أو تحتوي على شوائب مثل الأملاح أو المواد العضوية أو مواد ناعمة كثيرة.
- ١٠- استخدام اسمنت منتهي المدة أو اسمنت لا يتلاءم وطبيعة الظروف الجوية المحيطة بالمنشأ أو لا يتلاءم ونوعية الأملاح الموجودة بالتربة والملاصقة مباشرة للأساسات.
- ١١- استخدام مياه غير مناسبة للخلط مثل مياه البحر أو مياه جوفية تحوي على أملاح أو حموض ضارة أو استخدام مياه تزيد عن الحد المسموح به.
- ١٢- وجود عيوب في القوالبمن حيث قوتها واتزانها وأبعادها وعدم نفاذيتها ومنسوبها مما يؤدي إلى حدوث هبوط أثناء وبعد صب الخرسانة.
- ١٣- عدم المعاييرة الصحيحة للمواد المستخدمة.
- ١٤- عيوب في طريقة الصب من ناحية الخلط أو النقل أو الهز أو المعالجة أو استخدام كميات زائدة من الماء أو المبالغة

- في أعمال الهز وعدم اتخاذ الحماية اللازمة للخرسانة في ظروف الحرارة الشديدة الجفاف والرياح الشديدة أو التجمد أو ضمن الماء أو الفك المبكر للقالب قبل وصول الخرسانة إلى المقاومة المناسبة لتحميلها وغير ذلك.
- 15- إهمال القيام بتنفيذ الفحوصات المختبرية اللازمة للتأكد من جودة الخرسانة مثل تعيين مقاومة الانضغاط ودرجة الامتصاص أو نسبة الرص أو قابلية التشغيل.
- 16- أخطاء تعديل حديد التسليح من حيث أنواع أو أقطار الحديد وعدم وضعه في أماكنه الصحيحة والمسافات المحددة بالمخططات وبالتشكيل والأطوال والامتداد المناسب مع التثبيت الجيد للحديد.
- 17- هز الحديد بعد تجمد الخرسانة ابتدائياً وبالأخص هز أسياخ الأعمدة مما يؤدي إلى سقوط الأتاري وتراكمها في أسفل العمود أو تباعدها عن الحدود المقررة مما يؤثر على كفاءة العمود.
- 18- عدم ترك مسافة كافية بين حديد التسليح والقالب الخشبي للحصول على التغطية المناسبة طبقاً لنوع العنصر والمواصفات الخاصة به.
- 19- عدم وضع كراسي تحت حديد تسليح مما يؤدي إلى سقوط الحديد العلوي أثناء الصب إلى الأسفل وعدم وجود حديد في مناطق الشد.
- 20- عدم وضع وصلات الحديد في الأماكن المناسبة وبالأطوال المحددة والعدد الكافي للحديد وبنفس القطر.
- 21- عدم الاهتمام بتنفيذ فواصل الصب في الأماكن الغير معرضة لقوى وإجهادات عالية وعدم تخشين سطحها من أجل التماسك عند متابعة الصب.
- 22- عدم الاهتمام بتنفيذ فواصل التمدد والهبوط في المنشأ أو العناصر الإنشائية بشكل جيد وعدم العناية بنظافتها ومعالجتها وفق الأصول مما يعني أنها ستصبح منطقة ضعيفة لتسرب الرطوبة والمياه الجوفية التي تؤثر على المدى البعيد في حدوث صدأ في التسليح ثم تشقق الخرسانة.
- 23- عدم استقامة الأعمدة وخاصة رقاب الأعمدة.
- 24- عدم نزع المياه من المناطق المجاورة للأساسات.
- 25- الصب على تربة غير صالحة تحتوي على مواد عضوية أو طين.
- 26- عدم الاهتمام بمواد الردم بين الأساسات واستخدام تربة تحتوي على مواد عضوية تعمل على تآكل حديد التسليح.
- 27- عدم عزل الأساسات في حالة ارتفاع منسوب المياه الجوفية عن منسوب الأساسات.
- 28- الخطأ في تنفيذ أعمال الأكساء التي تؤدي إلى حدوث التشققات والعيوب في البناء مثل عدم الاهتمام بالتمديدات الصحية مما يؤدي إلى تسرب المياه الأسنة إلى الجدران والأساسات وتفاعلها مع حديد التسليح.
- 29- كسر أو فتح ثقب كبير في السقف أو الجسور لتمرير التمديدات الصحية الأرضية في أماكن خطيرة.
- 30- عدم تنفيذ طبقات العزل للرطوبة أو الماء خصوصاً بالأسقف الأخيرة للمنشأ أو تنفيذ ذلك بطريقة سيئة غير مطابقة للمواصفات الفنية أو استخدام مواد عازلة غير سليمة.
- 31- عدم الاهتمام برص التربة بشكل جيد قبل التبليط مما يؤدي إلى تكسير هذه الأرضيات وتسرب المياه إلى تربة التأسيس الأمر الذي يؤدي إلى هبوط تلك الأساسات بشكل متفاوت يؤدي لحصول تشققات خطيرة بالمنشأ.
- 32- القيام بصباخرسانة من ارتفاعات عالية مما يؤدي إلى فصل مكوناته وبالتالي حصول فجوات فيه.
- 33- الحفر الخاطئ من قبل عمال التمديدات الكهربائية والصحية وخصوصاً في الأعمدة.

٣.٣: الأخطاء الناتجة عن ضعف المواد المستخدمة

ان مواد البناء المعيبة هي المواد التي لا تفي في خواصها بمتطلبات المواصفات القياسية و هي احد الأسباب الهامة وراء ظهور العيوب بالمنشآت , كما ان القصور في تصميم الخلطة الخرسانية بحيث تفي بالخواص المطلوبة لها في الحالة الطازجة و بعد التصلد من مقاومة و خواص طبيعية و قوة تحمل تحت ظروف التشغيل قد يؤدي الى ظهور عيوب عديدة بالمنشآت , كما قد يكون وراء ظهور عيوب في المنشأ استخدام إضافات للخرسانة غير مناسبة او بكميات غير مناسبة او ان تكون الإضافات غير مطابقة للمواصفات .

ومن المواد التي تعتبر من المواد الاساسيه في ظهور التشققات الخرسانيه هي:

٣.٣.١: التدرج الغير مناسب للركام

وبصورة عامة يمكن تعريف الانعزال بانه انفصال مكونات الخليط الغير المتجانس والمتباين التركيب بحيث يصبح توزيعها غير منتظم . وفي حالة الخلطات الخرسانية فان الاسباب الرئيسية لحصول الانعزال هي الاختلاف في المقاس الحبيبي والوزن النوعي لمكوناتها . لذلك فمن الممكن التحكم في مدى الانعزال باختبار التدرج المناسب للركام . ولغرض الحصول على هيكل خرساني كثيف وخالي من التشققات الخرسانيه يجب أن يكون تدرج ركام الخرسانة مناسباً وذلك بتحديد نسبة الركام الناعم والركام الخشن في الخليط . بالإضافة إلى ذلك يكون تدرج حبيبات الركام عاملاً مهماً في السيطرة على قابلية تشغيل الخرسانة الطرية . فعند تحديد كمية الركام الموجود في وحدة الحجم للخرسانة تكون قابلية تشغيل الخليط أكثر عندما يكون تدرج الركام مناسباً وبذلك تكون الحاجة لكمية الماء اللازمة للخليط أقل وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة مقاومة الخرسانة الناتجة وبالتالي انتاج خرسانه خاليه من التشققات .

٣.٣.٢: نوعية المياه المستخدمة

أهمية الماء في الخرسانة:

1. عنصر أساسي في التفاعل الكيماوي مع المادة الاسمنتية ، وهو ضروري أيضا لكي يمتصه الركام المستعمل في الخرسانة.
 2. إن الماء ضروري لعمليات انضاج ومعالجة الخرسانة أثناء تصلبها.
 3. يعطي الماء الخليط المؤلف من الركام الخشن والناعم والاسمنت درجة مناسبة من الليونة تساعد على التشغيل والتشكيل.
 4. بوجود الماء يمكن خلط مقدار أكبر من الركام بنفس الكمية من الأسمنت.
 5. إن الماء يعطي حجماً للخرسانة يتراوح ما بين 15-20 %.
 6. يضيع جزء من الماء الموجود في خلطة الخرسانة أثناء عملية التبخر.
- عادةً يكون الماء الشرب هو المناسب لاستخدامه في الخرسانة. وبشكل عام فإن الماء الذي لونه ولا طعم مميز له يمكن أن يستخدم في خلط الخرسانة، ولكن استخدام ماء ملوث في الخليط لن يؤثر فقط على قوة الخرسانة بل يمكن أن يؤدي إلى ظهور لطف على الخرسانة بالإضافة إلى صدأ الحديد التسليح وتغير دائم في حجم الخرسانة وتقليل تانة الخرسانة. وتتصل المواصفات

عادة على أن الماء يجب أن يكون خاليًا من الكلور يداتو الكبريتاتو الأملحفي ماء الخليطو الإفابنالا اختبار اتيجبأنتجى على الخليط لتحديد تأثير اح تواء الماء على هذها الملو ثاتقى صفاتا الخرسانة الناتجة .وقديستخدم الماء أيضاً فى عملياتغسيلو بلالار كامالمستخدمفى الخرسانة . يعتبر الماء الصافي الصالح للشرب صالحا لخلط الخرسانة وانضاجها .ويسمح باستعمال الماء غير الصالح للشرب في حالة عدم توفر الماء الصالح لشرب على أن لا يزيد تركيز الشوائب فيه عن نسب معينة تحددتها المواصفات .

٣.٤ : التشققات الناتجة عن الحرائق

يتأثر مختلف أنواع الأبنية من جراء نشوب الحرائق فيها. وقد يكون الضرر كبيراً، شاملاً أو جزئياً للمبنى، وفي كثير من الأحيان قد يكون من الضروري هدم المبنى جزئياً أو كلياً. وفي مطلق الأحوال فإن مقدار الضرر الناجم عن أي حريق يتعلق إلى حد كبير بدرجة الحرارة التي وصل إليها الحريق وبالتالي درجة تسخين المنشأ ككل أو بعض عناصره الانشائية. وكذلك فإن الحرائق تعتبر من الحوادث فعندما يتعرض أي منشأ خرساني للحريق عادة ما يسوء سطحها بفعل النيران و الدخان المتصاعد من الحريق تاركة لون اسود على سطحها و هذا اللون الأسود يلزم إزالته و ذلك إذا لم تؤثر درجة حرارة الحريق و مدته إنشائيا على العضو الخرساني و الذي من الممكن ان يحدث له تشريح و ضعف للخرسانة وتشققات تفقد الحديد تماسكه مع الخرسانة و الذي من المحتمل ان يؤدي الى انهيار هذا العضو.

٣.٥ : التشققات الناتجة عن تآكل حديد التسليح

وهي تنتج عن تأكسد حديد التسليح بسبب رطوبة الجو المحيط أو تسرب المياه من مواسير المياه أو زيادة نسبة الكلوريدات بالخلطة أو التحول الكربوني للخرسانة الخارجية أو حدوث تشققات نتيجة أسباب أخرى غير الصدأ مما يسهل وصول الرطوبة إلى التسليح ويبدأ الصدأ وبالتالي يؤدي إلى حدوث العيوب والتشققات الخرسانية.

وكذلك فإن الصدأ وتآكل المعادن هو عملية كهروميكانيكية تحتاج إلى عدد من العوامل منها الأكسدة والرطوبة وتدفق الإلكترون ضمن المعدن. إن المفتاح والحل لحماية المعدن من التآكل في الخرسانة هو بإيقاف أو عكس التفاعلات الكيميائية. وهذا يحصل بقطع امداد الاوكسجين او الرطوبة او بتجهيز الالكترونات الفائضة على الاقطاب لمنع تشكيل الايونات المعدنية وبصوره عامة فان افضل حماية للمنشآت الخرسانية ضد صدأ حديد التسليح الذي ينتج عن التآكل والتشقق هو استخدام خرسانة ذات نفاذية قليلة و غطاء مناسب. إن الزيادة في الغطاء الخرساني له تأثير في عملية تاخير عملية صدأ الحديد بالاضافة بزيادة المقاومة للتشقق الحاصل بسبب الصدأ او الشد المستعرض .



شكل رقم (٣.٢) يبين حديد التسليح و عيوبه

٣.٦ : التشققات الناتجة عن الاضرار البيئية

ان العمليات الناتجة عن الظروف الجوية كالتجمد والذوبان والرطوبة والتجفيف والبرودة تؤدي الى تشقق الخرسانة. ان هذا النوع من التشققات يكون واضح ويعطي انطباع بان الخرسانة على حافة التفكك. بالرغم من كون هذا التفكك قد لا يتقدم تحت سطح الخرسانة. ان الاضرار الشائعة في الخرسانة هي التي تكون ناتجة من عمليات الذوبان والتجمد، والتي هي عبارة عن تدهور فيزيائي. حيث تتضرر الخرسانة بتمجد الماء في عجينة قوام الاسمنت او الركام او كليهما. اما في الخرسانة المتصلبه فان الضرر الناتج من التجمد يحصل بسبب حركة الماء الى مناطق التجمد بسبب الضغط الهيدروليكي المتولد من بلورات الجليد. ان جزيئات الركام تكون محاطة بعجينة قوام الاسمنت والتي ستمنع فقدان الماء من خلالها. وعندما تصبح هذه الجزيئات على درجة فوق الدرجة الحرجة للتشبع فان الزيادة في امتصاص الماء خلال عملية التجمد ستؤدي الى تشقق هذه العجينة الاسمنتية المحيطة او قد تتضرر جزيئات الركام نفسها. لذلك فان افضل حماية للخرسانة من تأثيرات التجمد والذوبان هو استخدام نسبة واطئه من محتوى الماء الى الاسمنت بالنسبة لمحتوى الماء الكلي واستخدام الكمية المناسبة من الهواء. ان العوامل الجوية الاخرى كالرطوبة والجفاف والحرارة تؤدي الى حدوث تغيرات حجمية كبيره وبالتالي ستؤدي الى حدوث تشققات بالخرسانة. وكذلك الظروف الجوية فعند تعرض الخرسانة لامطار تعقبها درجات حرارة تحت الصفر، فان ذلك يؤدي الى تشققها ثم تساقطها حيث تمتص الخرسانة الرطوبة أولا ثم تعرضها للرطوبة الشديدة ستجمد الماء بداخلها مصحوبة بزيادة في حجمها، و الضغط الهيدروليكي التجمد والذوبان وهذه الشقوق تنشأ عندما تتعرض الخرسانة المشبعة بالماء لانخفاض في درجة الحرارة الى ما دون الصفر المئوي عندها يحدث تجمد للماء في الفراغات الشعرية الموجودة في الخرسانة و انه كلما كان الفراغ صغيرا كلما احتاج الى درجة اكثر انخفاضاً ليتجمد الماء الموجود به، و حيث ان حجم الماء المتجمد اكبر من حجم الفراغ الأصلي فان ذلك يسبب ضغوط

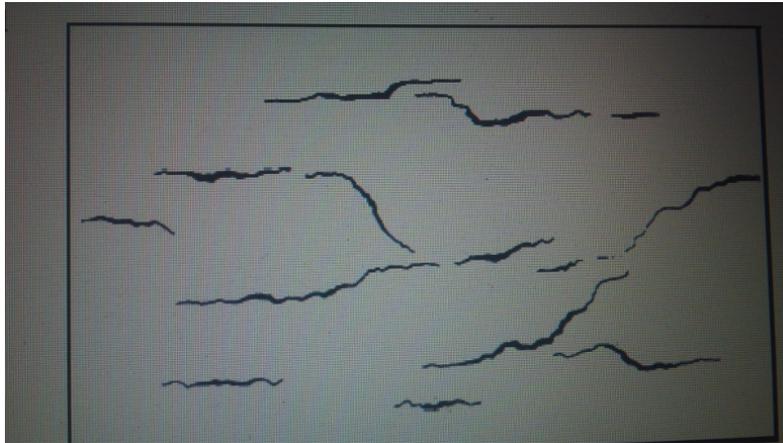
على الخرسانة من الداخل و تتعرض الفراغات الشعرية الى قوى شد داخلية و بالتالي الى شقوقان الشقالناشئ عن ذلك سيتسبب في تشقق سطحها و عند الذوبان سيحدث تساقط للخرسانة .

٣.٧ : التشققات الناتجة عن الحوادث والكوارث وزيادة الحمولات الغير متوقعة

ان عدم اخذ الكوارث الطبيعية والحوادث الغير متوقعة دائما مثل الزلازل و الأعاصير و السيول و الرياح و الحرائق في الاعتبار سوف يؤدي الى تولد اجهادات إضافية لم تؤخذ في الاعتبار و هذا بدوره يؤدي الى الشقوق انهيار المنشآت او تدهورها حسب شدة هذه الكوارث و طبيعتها و مدتها و نوعها الأمر الذي يجعل الواجب الأخذ بهذه العوامل بالاعتبار للتقليل من تأثيرها على المنشأ .

٣.٨ : تشققات الانكماش اللدن :

وهي نوع من انواع التشققات التي تحدث في الخرسانة المصبوبة حديثا والتي غالبا ما تكون مساحتها السطحية المعرضة للهواء عالية كالسقوف و الارضيات , وهي تحدث قبل انكماش الجفاف نتيجة لتعرض الخرسانة المصبوبة الى فقدان رطوبتها عندما يكون الجو حار و قدر رطوبة قليل ويزداد اذا كانت الرياح شديدة الهبوط و السرعة . وعندما يفقد السطح مائه بسرعة اعلى من نسبة الماء الصاعد الى سطح الخرسانة نتيجة النضح عندها يجف سطح الخرسانة معرضا عجينة الاسمنت المحيطة بالركام للانكماش . وبما ان انكماش الركام اقل بكثير من عجينة الاسمنت فان ذلك سيؤدي الى تولد اجهادات على العجينة الاسمنتية الضعيفة و هذا سيجعلها معرضة للتشقق . هذه التشققات غالبا ما تكون غير عميقة وقصيره وتنتشر بشكل عشوائي وبكافة الاتجاهات . كذلك تكون على شكل طبقة شعرية تتراوح اطوالها من سنتيمترات قليلة الى امتار وتتفصل هذه التشققات عن بعضها بمسافات قليلة وقد تصل احيانا الى امتار . يمكن التخلص من هذه التشققات باجراءات بسيطة و غير معقدة حيث انه حال انجاز عملية الصب حيث يكون الهدف الاساسي هو المحافظة على بقاء سطح الخرسانة بحالة رطبة مثل استخدام اغطية بلاستيكية و حواجز الريح لتخفيض الرياح و الشمسيات لتخفيض درجة الحرارة السطحية و هذه الشقوق موضحة في الشكل (٣-٣)



شكل رقم (٣.٣) تشققات الانكماش اللدن التقليدية

٣.٩ : تشققات التقلص الحراري المبكر:

تتولد أثناء عملية التصلب المبكر حرارة ناتجة عن التفاعل الكيميائي بين الاسمنت والماء وغالباً ما تتولد كمية كبيرة من الحرارة وترتفع درجة حرارة الخرسانة أكثر بكثير عن درجة حرارة الجو المحيط وخاصة في العناصر الضخمة، وبعد أيام قليلة لا تزيد عن ١٠ أيام يهبط معدل تولد الحرارة إلى أقل من معدل فقدانها (لانخفاض درجة التفاعل) فتتخفف درجة حرارة الخرسانة إلى درجة حرارة الجو المحيط، وخلال هذه التغيرات التي تطرأ على درجة حرارة الخرسانة تعاقب حركة التقلص الناتجة عن انخفاض درجة حرارتها وتتولد نتيجة لذلك إجهادات شد تسبب التشققات. وتتناسب هذه الإجهادات مع مقدار التغير في درجة الحرارة ومعامل التمدد الحراري ومعامل المرونة ودرجة إعاقة الحركة.

٣.١٠ : التشققات الناتجة بسبب تفاعل الخرسانة مع الكبريتات :

تنتج عن استخدام مياه تحتوي على كبريتات قابلة للذوبان أو من تربة تحتوي على كبريتات، وعندما تتسرب هذه المواد إلى الخرسانة وتتفاعل مع ألومينات الكالسيوم المائية تتفاعل معها مكونة ألومينات الكالسيوم الكبريتية ويصاحب ذلك زيادة كبيرة في الحجم تؤدي إلى إجهادات شد موضعية عالية تسبب تآكل الخرسانة وتشققها مع الزمن .

٣.١١ : التشققات نتيجة هبوط التربة وفروق الهبوط النسبية للأساسات:

وتحدث للأسباب التالية:

- 1- بسبب انكماش وانتفاخ التربة بسبب تسرب المياه نتيجة الأمطار أو كسر أنبوب مياه فإن التربة تنتفخ ويزداد حجمها وهذه الحركة أكثر وضوحاً في التربة المتماسكة الطينية ثم بعد إزالة الأسباب تنكمش التربة مما يؤدي إلى تشققات في المباني الطويلة قليلة الارتفاع.
- 2 - في حال تباين مساحات الأساسات المنفردة نتيجة تباين أحمال الأعمدة تبايناً كبيراً فإن الهبوطات تتناسب طرماً مع مساحة القاعدة مما يؤدي إلى فرق هبوط بين الأساسات الكبيرة والصغيرة.
- 3 - الهبوط نتيجة عدم الاتزان الناجم عن عوامل جيولوجية أو اصطناعية أو الاثنين معاً فمثلاً في التربة الطينية ذات الميل من المتوقع أن تتحرك الأساسات الهابطة مع الميل ببطء إذا زادت درجة الميل عن ١٠/١ ويحدث هبوط أشد في حالة تساقط الجليد أو وجود جرف قريب .

٣.١٢ : التشققات نتيجة لعدم وجود صيانة وحماية للمنشآت :

ان الصيانة الدورية للمنشآت تمثل عنصراً هاماً واردة التغلب على الأسباب التي تؤدي إلى ظهور عيوب بالمنشآت وبالتالي فإن عدم توفير الصيانة اللازمة للمنشآت تؤدي على المدى الطويل إلى حدوث تدهور بالخرسانة وبالتالي عيوب في عناصرها الإنشائية المختلفة. ومن أسبابها:

- 1- غياب وجود حماية للمنشآت وخاصة الأساسات وبقية العناصر الإنشائية المكونة للمنشآت مثل العزل وعمل الاحتياطات اللازمة لمنع التشقق وحماية أسطح الخرسانة لبعض المنشآت الخاصة مثل المنشآت الساحلية ومصانع الكيماويات والصباغة والطويات والورق والأنفاق والطرق وغير ذلك.
- 2- ضرورة حماية المنشآت ضد الحرائق الناتجة عن عيوب التوصيلات الكهربائية أو توصيلات الغاز أو المواد القابلة للاشتعال.

- 3 - عدم توفير الصيانة اللازمة للمنشآت تؤدي على المدى الطويل إلى حدوث تدهور للخرسانة وبالتالي عيوب في العناصر الإنشائية المختلفة بالإضافة إلى عدم سلامة العناصر والوصلات وأعمال الصرف الصحي ومياه الأمطار ونظام التغذية بالمياه والتوصيلات الكهربائية والغاز وأجهزة التبريد والتسخين.
- وكذلك من الاسباب التي تؤدي الى حصول التشققات هي
- 1- تعرض الأجزاء الخرسانية أثناء التنفيذ لأحمال أكبر كثيراً من تلك الواقعة عليها أثناء استعمال المبنى.
 - ٢- فك القوالب بعد ثلاثة أو أربعة أيام حيث مقاومة الخرسانة ضعيفة ثم وضع القالب للسقف الذي يعلوه وصبه مباشرة.
 - 3- تخزين مواد البناء والمعدات الثقيلة فوق العناصر الخرسانية
 - 4 - تغيير مكان ومواضع الحمولات التي توضع على العنصر الخرساني عن تلك المبيّنة في المخططات مما يسبب حمولات زائدة عن تلك المصمم عليها.
 - 5 - تعرض العناصر الخرسانية إلى صدمات فجائية غير متوقعة من أحمال متحركة.
 - 6 - استخدام المنشأ في غير الأغراض التي خصص لها، كأن يستخدم العقار السكني كمشفى أو مبنى إداري أو مخزن، مما يزيد إلى أكثر من ثلاثة أضعاف الحمل التصميمي الأصلي للمنشأ وهذا يؤدي إلى حدوث تشققات في عناصر المبنى المختلفة وإجهاد الخرسانة لقيم أكثر من المسموح بها.
 - 7-إضافة طوابق على المنشأ غير محسوبة مما يؤدي إلى زيادة الحمولات على الأعمدة والأساسات.

الفصل الرابع

تقويم درجة التشققات الكونكريتية

٤.١ : - تحديد موقع وامتداد التشققات في الخرسانه

تشمل عملية تقويم التشققات على تحديد مواقعها وامتدادها وأسباب حدوثها ومدى الاحتياج للترميم وقد يضطر المهندس الذي يقوم بهذه العملية إلى إعادة دراسة المخططات ودراسة المذكرة الحسابية وإعادة الحسابات ومراجعة المواصفات ومطابقة ذلك كله مع ما تم تنفيذه وتدوين أي تعارض أو تباين ومن ثم إعطاء الرأي حول الترميم أو الإصلاح أو الحل المناسب. وتتم عملية تقويم التشققات وفق منهجية واضحة حسب الخطوات التالية:

٤.١.١ : الفحص البصري :

يستعان بمخطط وضع راهن للمبنى يحتوي على شبكة المحاور التي صمم على أساسها وذلك لتحديد المواقع المختلفة والمتضررة بدقة ومن ثم تدوين الملاحظات التالية عليه:

1- أماكن الشقوق وأبعادها.

2- المواقع التي تشققت فيها حواف الخرسانة.

٣- أماكن التسليح الظاهر وبقع الصدأ إن وجدت.

4- مدى تآكل الخرسانة.

ترفق هذه الملاحظات بصور فوتوغرافية توضح حالة المنشأ وشكل الشقوق وتساعد في مناقشة ودراسة الحالة مع عدد من الخبراء في مختلف الاختصاصات.

٤.١.٢ : الفحص الآلي :

يمكن الطرق على السطح بواسطة مطرقة لاكتشاف التشققات القريبة من السطح بدلالة التطبيل الذي يدل على وجود نقاط ضعف أو تشققات تحت السطح.

كما يمكن استخدام ميكروسكوب صغير مزود بتدرج على عدسته الخارجية لقياس عرض الشقوق.

كما يمكن استخدام أجهزة الموجات فوق الصوتية التي تعطي قيمة مكتوبة لزمان عبور الموجات وبالتالي تدل على وجود شقوق أو تجاوزيف.

وهناك أجهزة أشعة سينية وأشعة جاما لاستكشاف مستويات التشقق الموازية لاتجاه الأشعة.

وهناك أجهزة لتحديد أماكن التسليح وعمقها وقياس قطر الحديد.

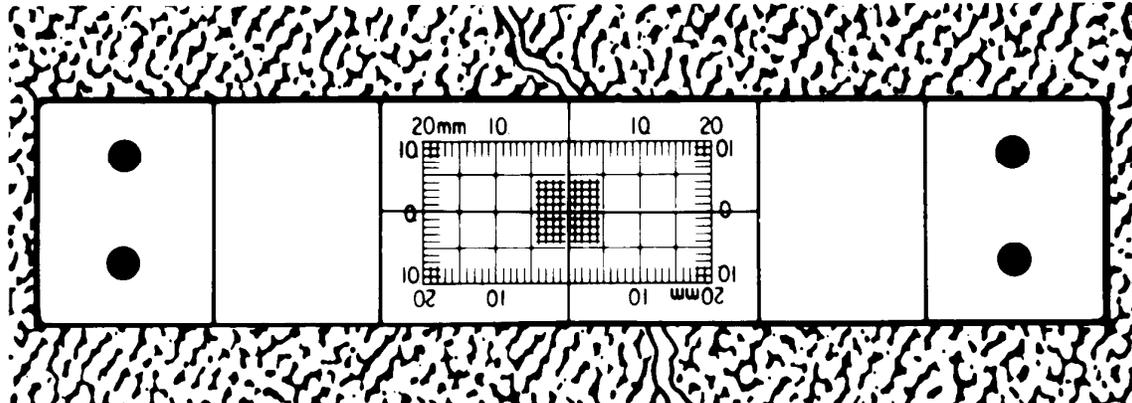
وكذلك يمكن قياس الشقوق الدقيقة الى حوالي ٠,٠٠١ انج باستخدام جهاز مقارن الشقوق والذي عباره عن مجهر صغير

يمكن حمله باليد مع قياس على العدسة يكون اقرب للسطح المراد ملاحظته كما في الشكل ٤.١ ادناه .

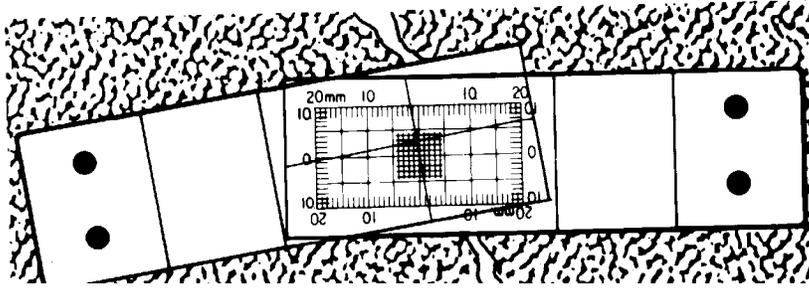


شكل رقم (٤.١)المقارن المستخدم لقياس عرض الشقوق

اما الحركة فيمكن مراقبتها من خلال استخدام (مؤشر الحركة الميكانيكي) وانواعه مبينة في الشكل (٤.٢) ادناه فالمؤشر او مراقب الشقوق الموضح في الشكل (أ: ٤.٢) يعطي قراءة مباشرة لازاحة الشقوق ودورانه بينما المؤشر في الشكل(ب: ٤.٢)فانه يقوم بتوسيع حركة الشقوق (٥٠ مره) ثم يقوم بحساب اقصى مدى لهذه الحركة خلال فترة القياس , كما ان لهذا المؤشر فوائد اخرى هو انه لا يحتاج الى حماية ضد الرطوبة .

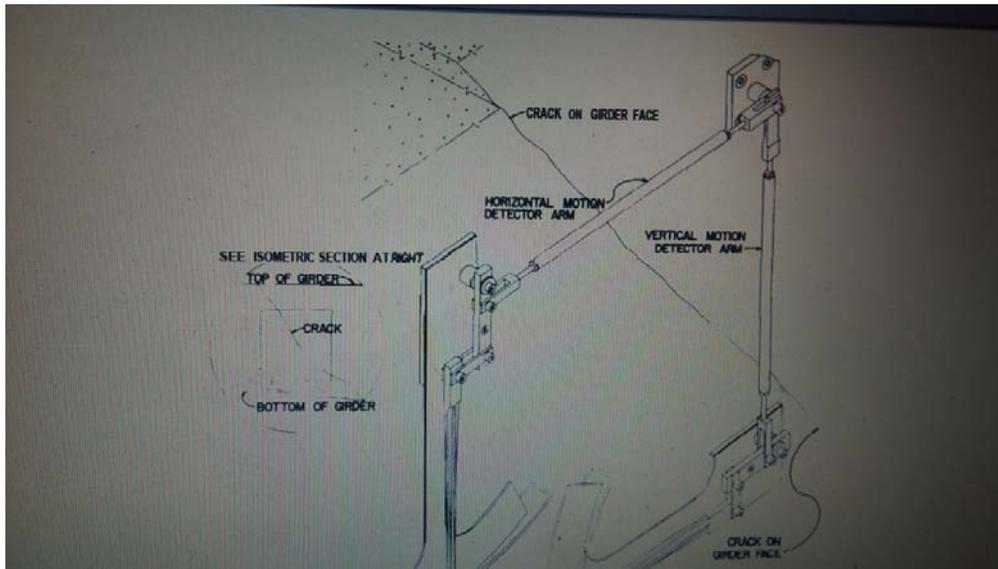


Newly Mounted Monitor



Monitor After Crack Movement

الشكل رقم (أ: ٤.٢) مراقب الشقوق



الشكل (ب: ٤.٢) مؤشر حركة الشقوق

٤.١.٣: الفحص المختبري: ويشمل

1-الاختبارات الغير متلفة للخرسانة.

2-الاختبارات المتلفة.

ويعتبر من أهم الأعمال أخذ الجزرات (القلوب) الخرسانية التي تستخرج من أماكن مختارة في المنشأ وذلك لبيان نوعية الخرسانة بواسطة اختبارات الضغط واختبار التفاعلات الكيماوية أو أية مواد ضارة.

٤.١.٤:مراجعة المخططات :

يجب مراجعة التصميم الإنشائي ومخططات التسليح التنفيذية حتى يمكن التعرف على أماكن الضعف أو المراحل التي يمكن أن تظهر عندها التشققات ويمكن مراجعة الحسابات للتأكد من أن التسليح كافيًا لتحمل ما تعرض له المنشأ من أحمال

٤.١.٥ : الحكم على الشقوق :

من الصعب وضع حدود حول عرض الشقوق المقبولة، لذلك فإن الكودات العالمية وضعت بعض الحدود التي تؤخذ بالاعتبار عند تصميم المنشآت الخرسانية :

-الكود البريطاني: يقبل حداً يصل إلى ٠.٢ مم.

-الكود الأمريكي: يقبل شقوقاً حتى ٠.٤١ مم في الأجزاء الداخلية، و ٠.٣٣ في الأجزاء الخارجية.

-الكود السوري: ٠.٣ مم.

٤.٢ : مراجعة تفاصيل ومخططات البناء

ان التصميم الهيكلي الاصيل للمنشأ ووضع حديد التسليح والمخططات الاخرى يجب ان تتم مراجعتها للتأكد من وجود سمك غطاء الخرسانة على طول حديد التسليح المثبت والذي يؤدي الى كفاية او زيادة في المقاومة والمتانة الواجب الحصول عليها. اما عند مراجعة التفاصيل الخاصة بالحمل الحقيقية المسلطة على المنشأ ومقارنتها بالاحمال التصميميه فيجب ان تعطى عناية خاصة عند اخذها بالحسبان . ان هيئة الخرسانة وظروف الاعاقة المتولده ووجود الفواصل في المنشأ يجب ان ياخذ بنظر اعتبار حساب اجهادات الشد الناتجة عن تشوه الخرسانة (زحف، انكماش، حراره... الخ) كذلك اهمية خاصة للشقوق التي تزداد بشكل متوازي في البلاطات الخرسانية ذات الاتجاه الواحد والتي تبدأ بالتكوين اولاً على العتبات السانده لها .

طريقة مراقبة تطور تشققات البناء ٤.٣ :

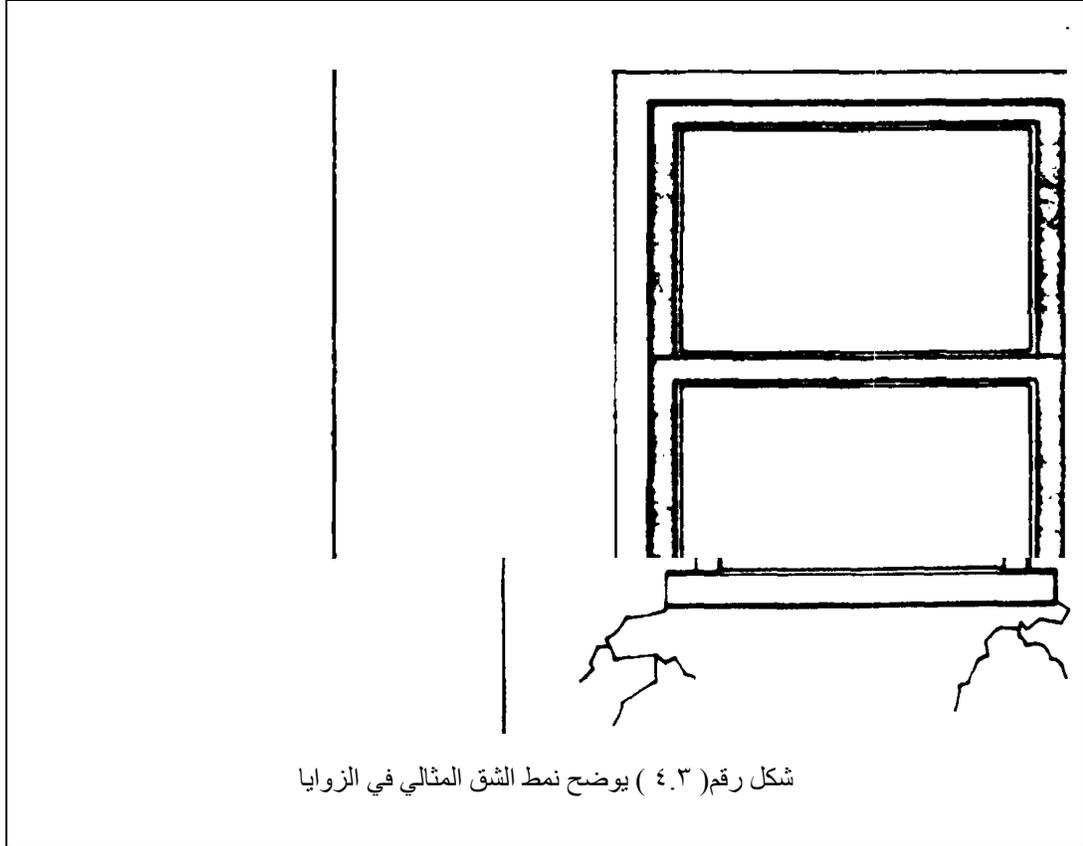
قبل تقرير السلامة الإنشائية للبناء المنشق من عدمها، يلزم مراقبة ظواهر التشقق، وأول خطوة في عملية المراقبة هي تحديد جميع التشققات على مخططات خاصة مع تسجيل تاريخ التحديد

تراقب التشققات كما يأتي

١- يسجل في المخططات طول الشق وثخائته واتجاهه ومكانه. أما على الموقع فتحدد نهايتا الشق بإشارة

٢- وضع لصائق جصية ، مع كتابة التاريخ عليها

٣- تراقب الشقوق بالكشف عليها مرة عدة أيام أو عدة أسابيع حسب سرعة تطور ظهور الشقوق واتساعها



شكل رقم (٤.٣) يوضح نمط الشق المثالي في الزوايا

٤-٤ : اختيار طريقة إصلاح التشققات :

يتم تحديد أسلوب الإصلاح على التقويم الدقيق عن أسباب التشققات ومداها ويتم اختيار الأسلوب المناسب تبعاً لما نرغب تحقيقه من الأهداف التالية:

- 1- استعادة المقاومة أو زيادتها.
- 2- استعادة الصلابة أو زيادتها.
- 3- تحسين الأداء الوظيفي للمبنى.
- 4- إكساب الخرسانة خاصية عدم النفاذية للماء.
- 5- تحسين المظهر الخارجي لسطح الخرسانة.
- 6- تحسين متانة الخرسانة.
- 7- منع وصول المواد التي تساعد على تآكل الخرسانة أو صدأ حديد التسليح

٨- الحد من زيادة صدأ حديد التسليح بفعل التأثيرات البيئية الخارجية.

ويتم تنفيذ خطوات الإصلاح عن طريق التشخيص السليم وتحديد تقويم مدى جدوى الإصلاح والعلاج من عدمه ووضع خطة العمل وتحديد أولويات العمل. واختيار وتحديد طريقة الإصلاح مع مراعاة ضرورة إزالة الأسباب الأصلية التي أدت إلى ظهور العيوب. وسوف يتم التطرق إلى طرق إصلاح التشققات وبشكل مفصل في الفصل الخامس..

الفصل الخامس

اصلاح التشققات الخرسانية

5.1: مراقبة الشقوق

الشقوق عندما تظهر في المنشأ الخرساني يجب اختبار سمك الشق وطوله ويجب ملاحظة الشقوق عمقهم من المهم ملاحظة ما إذا كان الشق يتسع بمرور الوقت أم لا . وهناك طرق كثيرة تستخدم لدراسة ذلك (مثل استخدام بقع الجبس فوق الشقوق ومتابعة حدوث الشقوق في الجبس ، أو باستخدام جهاز يقيس العرض بين كرتين من الحديد مثبتتين على جانبي الشق .

ويجب قياس تشوه أو انحناء عناصر المنشأ التي تحدث فيها الشقوق الإنشائية باستخدام نقط المناسيب المعروفة كمرجع للقياس (من الضروري معرفة الهبوط النهائي للأساسات) وسوف تقودنا الملاحظة وأخذ القراءات المختلفة إلى معرفة نوع الشقوق من حيث أسبابها . وغالباً ما تؤثر عدة أسباب في وقت واحد

5.2: المواد المستخدمة في معالجة الخرسانه

i. تستخدم البوليمرات العضوية والإسمنت في علاج الشقوق وسوف نشير إليها بالروابط . وأكثر البوليمرات العضوية استخداماً في الترميمات الإنشائية هي الروابط الإيبوكسية . وهي عبارة عن مركب أساسي أو مصلد أو معجل للتصلب ، حيث يجب خلطها بالنسب المحددة . وللروابط الإيبوكسية خاصية الالتصاق بالخامات كالخرسانة والحديد وقلة الانكماش ، كما أنها ذات قوة شد وضغط عاليتين . ويعيب البوليمرات العضوية ضعف مقاومتها للحريق ودرجات الحرارة المرتفعة . والروابط الإيبوكسية تنتمي إلى فصيلة البوليمرات حرارية التصلد وهي تشمل ضمن تركيبها البوليرثان مجهزاً على هيئة مركبين خلطهما عند الاستخدام وبعدها البوليمتر من نفس الفصيلة . وهو يتكون عادة من ثلاث مركبات (أساس راتنجي ، وسيط مساعد ، ومعجل تصلب) .

وهناك فصيلة أخرى من الروابط العضوية تتكون من البوليمرات البلاستيكية وهي سريعة التصلب و تلتصق بالخرسانة ، وهي ذات انكماش عال في الظروف الجافة ولذا فإن استخدامها الرئيسي يكون في سد الشقوق في حالات الرطوبة والتشبع لمقاومة تسرب الماء . والإسمنت المستخدم هنا هو الإسمنت البورتلاندي العادي ، كما أن الإسمنت قليل الانكماش والإسمنت سريع التصلب يمكن خلطهما بالبوليمرات العضوية .



شكل رقم (٥.١) يوضح كيفية معالجة الشقوق

٥.٣: طرق معالجة الشقوق

تعتبر معالجة الشقوق إحدى خطوات الترميم اللازمة لإعادة المبنى إلى حالته الأصلية وقد يحتاج الامر إلى خطوات أخرى لتلافي حدوث الشقوق مرة أخرى، ويتوقف ذلك على الدراسة الإنشائية وتحديد اسباب الشقوق وبالتالي خطوات العلاج اللازمة.

٥.٣.١: المعالجة باستخدام حقن الايبوكسي

مادة الايبوكسي . عبارة عن راتنج اي مادة صمغية وهو خليط من مادتين كيميائيتين احدهما صمغ والآخر مصلب تتحدان معا مكونة مادة لاصقة شديدة الصلابة تحتاج ما بين ٦ - ٨ ساعات للتصلب.

ويتم تحويلها الى مواد صلبة عن طريق تفاعل كيميائي وتتكون من base +reactor +filler ويتم خلطها جميعا مع بعضها البعض لتحويلها من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة. وتستخدم في صيانة ارضيات (المصانع +المكاتب+المنازل) ويتم استخدامها في ارضيات المصانع بشكل كبير لتحملها المواد الكيميائية كما تستخدم في تعبئة الفواصل لوجودها بعدة اشكال مواد صلبة +flexible+ لواصلق .

ويتم تنفيذ وتطبيق هذه المواد من قبل مختصين في هذا المجال لصعوبة العمل في هذه المواد وخلال عملية التنفيذ يكون هناك عملية اصلاح للأرضيات عن طريق معجونة خاصة من الايبوكسي لاغلاق المسامات الموجودة في الارضية .

يمكن من خلال استعمال طريقة المعالجة هذه اعادة ربط الشقوق الضعيفه وذلك بواسطة حقن الايبوكسي ،فالتقنيات الشائعة والمستخدمة تكون بتأسيس مدخل وبوابات تهوية على نهاية الفواصل وعلى طول التشققات وختم هذه الشقوق الموجوده على السطوح المعرضة بواسطة الحقن بالايوكسي تحت الضغط .يعتبر الحقن بالايوكسي ناجحا وفعال في عمليات الاصلاح للشقوق الخرسانية في المباني والجسور والسدود والمنشآت الخرسانية الاخرى .وعلى العموم حتى اذا لم

يتم معالجة الاسباب بشكل صحيح والتي ادت الى حدوث التشققات سيكون من الطبيعي عودة وتكرر الثقوب من موقع الشق الاصلي. ان حقن الايبوكسي يحتاج الى درجة عالية من المهارة في التنفيذ والانهاء وتطبيق مثل هذه التقنيات قد يكون محدود في المحيط الحراري فالاجراءات العامه المتبعه في حقن الايبوكسي ستكون على خطوات منها :

١ – تنظيف الشقوق

٢ – غلق وختم الشقوق

٣ – تثبيت المداخل وفتحات التهوية

٤ – خلط الايبوكسي

٥ – حقن الايبوكسي

٦ – ازالة الختم السطحي

❖ بخصوص استخدام مواد الاصلاح الجاهزة مثل مواد الايبوكسي او غيرها فكما هو معلوم فان مواصفات هذه المواد تختلف من حيث الخواص الفيزيائية (التمدد والتقلص) عما هو في الخرسانة وبالتالي فقد لوحظ انه بعد فترة من استخدام هذه المواد في الاصلاح قد حصل تشققات بين مواد الاصلاح والخرسانة مما يؤدي بعد فترة الى انفلاتها من الخرسانة ومن خلال المشاهدات فان عمر الاصلاح لا يزيد عن ٥ سنوات والبعض يسمي هذا النوع من الاصلاح الصيانة التجميلية اما الصيانة الانشائية فيجب فيها ازالة الخرسانة المتضررة والحديد المتضرر.

وتختلف الشقوق من حيث سمكها وطولها ودرجة امتدادها ونفاذها ويتم معالجتها على النحو التالي :

أ- معالجة الشقوق الشعرية الغير نافذة:

يمكن علاج الشقوق الشعرية الغير نافذة لأعماق كبيرة والمنتشرة بشكل غير منظم في الاسطح الخرسانية والتي تتكون عادة من زيادة انكماش الخرسانة بدهانها عدة اوجه بمادة ايبوكسية منخفضة اللزوجة يمكنها التسرب داخل الشروخ الشعرية مثل مادة الكيمابوكسي ١٠٣ تى وفي جميع الاحوال، يجب أن يكون سطح الخرسانة تام الجفاف ونظيفا وخاليا من أجزاء الخرسانة الضعيفه او المفككة أو زبد الاسمنت.



شكل رقم (٥.٢) المعالجة بالحقن

ب - معالجة الشقوق الأفقية قليلة الاتساع:

فى حالة الشقوق الأفقية الاتساع تتم المعالجة على الوجه التالى:

اولا: يتم توسيع الشقوق من اعلى بعرض ٥ مم على الاقل.

ثانيا: فى حالة الشقوق النافذة حتى السطح المقابل للخرسانة يتم سد الشق من الجهة الاخرى باستعمال المونة الايبوكسية

كيمابوكسى ١٦٥ او المونة الاسمنتية البولمرية.

ثالثا: يتم تنظيف الشق جيدا وازالة الاجزاء المفككة من الخرسانة ولا يتم علاج الشقوق بهذه الطريقة الا فى حالة تمام

جفاف سطح الخرسانة.

رابعا: يتم صب مادة ايبوكسيه قليلة اللزوجة مثل مادة كيمابوكسى ١٠٣ داخل الشق مباشرة .



شكل رقم (٥.٣) يوضح تنظيف الشق قبل المعالجة

ج- معالجة الشقوق العميقة بطريقة الحقن:

تصلح طريقة معالجة الشقوق بالحقن تحت تأثير ضغط الهواء لجميع أنواع الشقوق الخرسانية الأفقية والرأسية سواء كان الشق من جهة واحدة أو نافذة إلى السطح الآخر من الخرسانة ويتم حقن الشقوق طبقاً للخطوات التالية:

اولاً: يحدد مسار الشق ويتم توسيعه إلى عمق وعرض ١-٢سم.

ثانياً: يملأ الشق بمونة إيبوكسية مثل مادة كيما بوكسى ١٦٥ ويتم العمل من الجهتين في حالة الشقوق النافذة.

ثالثاً: تعمل ثقوب في السطح السابق ملئه بالمونة الإيبوكسية (من جهة واحدة فقط في حالة الشقوق النافذة) وذلك على مسافات تتراوح بين ٢٥-٥٠سم وبعمق يتحدد طبقاً لعمق الشق ودرجه مسامية الخرسانة وتثبت مواسير معدنية في الثقوب.

رابعا: يبدأ الحقن من اسفل من خلال المواسير المعدنية بعد تثبيت صمام مانع للرجوعه ويتم الحقن باستعمال مواد إيبوكسية قليلة اللزوجة مثل مادة كيما بوكسى ١٠٣ ويستمر الحقن حتى خروج مادة الحقن من الماسورة التي تلى النقطة التي يتم الحقن من خلالها مباشرة.

خامساً: بعد إتمام الحقن من جميع النقاط يتم الحقن من الوجه الآخر في حالة الشقوق النافذة.

د- معالجة الشقوق المتسعة:

في حالة الشقوق المتسعة والنافذة يتم العلاج على الوجه التالي:

اولاً: ينظف الشق وتزال جميع الاجزاء المفككة بالهواء المضغوط.

ثانياً: يتم ملء الشق باستعمال إحدى المواد التالية:

١. المونة الاسمنتية البوليمرية (مونة الايبوند ٦٥)

٢. المونة الاسمنتية البوليمرية المسلحة بالالياف (مونة كونفيس ٢ إف).

٣. المونة الايبوكسية (مونة كيما بوكسى ١٦٥).

٤. فى حالة المونة الاسمنتية البولمرية والمسوحة بالالياف يتم ترطيب الشق بالمياه ثم طرطشة الاسطح بطبقه من مونة الايبوند قبل ملء الشق مباشرة.

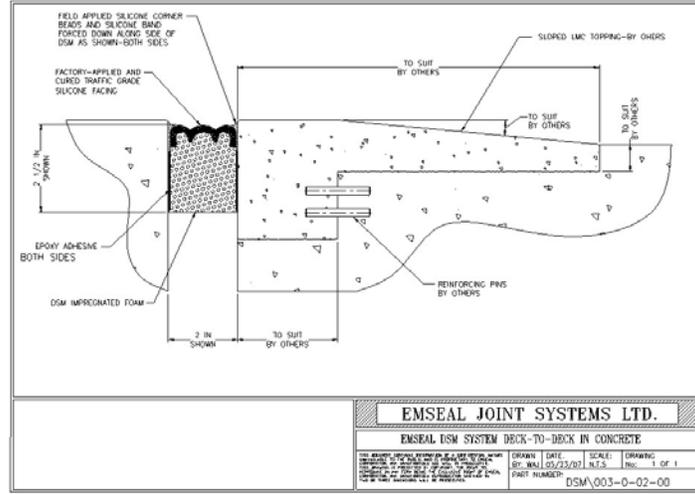
٥. فى حالة استعمال المونة الايبوكسية ، يجب ان يكون السطح جافا تماما ويدهن بطبقة الكيمابوكسى.

- معالجة الشقوق العريضة

عندما يكون عرض الشق كبيراً وعميقاً داخل الخرسانة بحيث يصل إلى التسليح فيجب معالجته لتجنب تآكل الحديد . أما إذا حدث هذا التآكل في الحديد فعلا فيجب إزالة الغطاء الخرساني المغلف للحديد ، تنظيف قضبان الحديد ، ويستبدل الغطاء المزال بخرسانة جيدة كغطاء للحديد (ومن المهم في هذه الحالة استخدام الرتجات الغروية اللاصقة والترميم بخرسانة وغالباً ما تتميز الشقوق الناتجة عن تمدد (CEMENT GUN)عالية المقاومة بالدفع بالهواء باستخدام مدفع الإسمنت الخرسانة باحتوائها على نسبة كبريتات عالية . وقد يكون من الضروري في هذه الحالة إزالة الخرسانة المعابه وتغييرها . وإذا كانت الشقوق ناتجة عن أسباب ميكانيكية (مثل زيادة الأحمال أو نقص التسليح أو استخدام خرسانة رديئة أو هبوط التربة) فيجب أن نتأكد من السيطرة على هذه الأسباب قبل البدء في ترميم المبنى خاصة إذا كانت هذه الشقوق مستمرة في الزيادة بالخرسانة الجديدة . او قد يتطلب الامر اضافة قضبان جديده او ازالة الخرسانه المعابه.

5.2 : الاصلاح باستخدام الفواصل

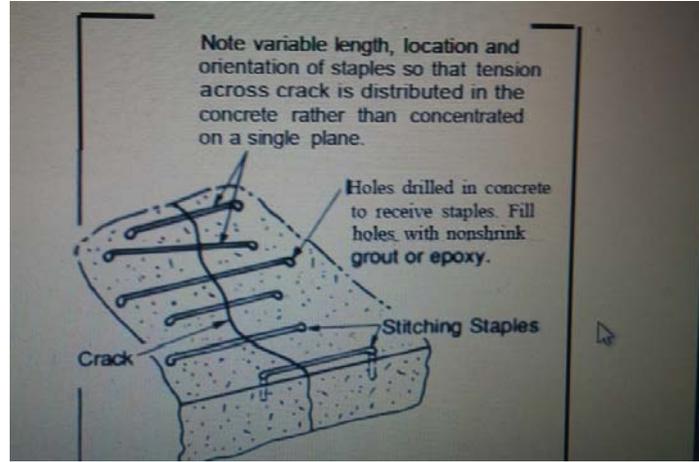
فواصل الحركة هي مفيدة أيضا عند وضع الخرسانة داخل منطقة تحدها الجدران أو المياني ، أو عندما يكون الجسم مثل تغطية فتحة والتي ستدرج ضمن بلاطة ، لأنها تسمح على منع الضغوط على الهياكل ، ، وكذلك فان هناك تمددات تحصل نتيجة التغيرات الحرارية مما تسبب في تصدعات داخل البلاط ، أو الجدار حيث يتم استعمال فواصل من الخشب او البلاستيك او مانعات التسرب وغيرها .



شكل رقم (٥.٤) يوضح فواصل الحركة

٥.٣: المعالجة بالتخييط

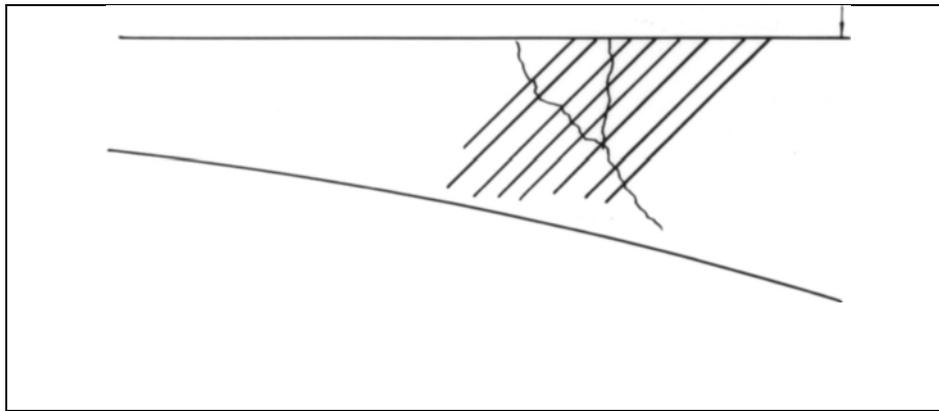
يعرف التخييط بحفر الشقوق على جانبي الشق وتحشيتها بوحدات معدنية على شكل (u) تكون ذات اقدام قصيرة (بشكل مشبك مزدوج السن) ويكون امتدادها على طول الشق كما في الشكل ادناه. يمكن استعمال التخييط عندما يراد بناء واعادة تاسيس مقاومة الشد بصورة رئيسية على طول المقاومه (اعاقة المنشأ) بشكل كلي وبالتالي القضاء على الاسباب التي تؤدي الى حصول التشققات. لذلك فانها تعتبر عملية ضرورية لتقوية المقاطع الحاوية على الشقوق او المقاطع التي تكون مجاوره لها باستخدام تقنية اضافات حديد التسليح بطرق صحيحة. فطريقة التخييط تتم من خلال اتباع عدد من الخطوات تكون من حفر الثقوب على جانبي الشق وتنظيف هذه الثقوب وارساء اقدام المشابك المعدنية في هذه الثقوب بالاضافة الى انه يجب ان تكون قابلة للتغيير بالطول او المركز او كليهما. كذلك يجب وضعها بشكل تكون فيه قادره على نقل الاجهادات على طول الشق بحيث لا تنتقل الاجهادات بشكل مفرد على هذه المستويات الحاوية على الشقوق وانما بشكل متفرق على جميع اجزائها.



اصلاح الشقوق بطريقة التخييط شكل رقم (٥.٥)

المعالجة باستعمال قضبان التسليح الاعتيادية ٤.٥:

يمكن اصلاح التشققات الحاصلة في الخرسانة المسلحة او عوارض الجسور بصورة ممتازة عن طريق اضافة قضبان حديد التسليح وربطها في المكان المخصص باستخدام الايبوكسي وهذه التقنية تكون من حفر الثقوب التي ستقطع هذه الشقوق بزاوية تقريبا ٩٠ درجة كما في الشكل ادناه ثم تملأ الشقوق والثقوب بواسطة الحقن بالاييبوكسي وتوضع قضبان حديد التسليح باتجاه الثقوب المحفوره. نمودجيا يتم استخدام القضبان باقطار تتراوح من ١٢ الى ١٦ ملم وبامتداد لا يقل عن ٠.٥ متر على كل جهة من جهات الشق ويجب ان تكون المسافة مناسبة بين كل حديد تسليح واخر لاكمال عملية الاصلاح بشكل جيد. يمكن ان توضع قضبان التسليح باي شكل مناسب بالاعتماد على المعادلات التصميمية واماكن وضع حديد التسليح. ويعمل الايبوكسي على ربط القضبان الى الجدران الحاوية على الثقوب واملأ مقاطع هذه الشقوق حيث ان عملية ربط سطح الشقوق الخرسانية يعود بفوائد تحسين المنظر وتسليح المقاطع الحاوية على الشقوق. ومن الجدير بالذكر ان الايبوكسي المستخدم في هذه العملية يجب ان يكون واطىء اللزوجة.



شكل رقم (٥.٥) يوضح استعمال قضبان حديد التسليح في الاصلاح

5.5: المعالجة بالثقيب والسد

وتتلخص هذه الطريقة بعمل الثقوب على طول المسار الشقي ومن ثم تحشيتها لينتشل بذلك وتد، وهذه الطريقة تكون ملائمة عندما يكون توزيع الشقوق بشكل خط مستقيم وسهلة الوصول من جهه واحده. وهذه الطريقة غالبا ما يتم استخدامها في عمليات اصلاح الشقوق العمودية في الجدران الساندة. فالثقوب التي سيتم حفرها سيترأوح قطرها من ٢ الى ٣ انج ويجب ان يكون مكانها في المركز ويتبع الشق. وفتحة الثقب يجب ان تكون كبيرة كفاية لتقطع الشق على طول الوند بعد ذلك يجب تنظيف الثقوب والتي حفرت بشدة ثم ملؤها بحشوة الاسمنت. فهذه الطريقة والتي تستعمل طريقة الوند كحشوه تعمل على منع الحركة العكسية لمقاطع الخرسانة المجاوره للشقوق. اما في بعض الحالات الضرورية كشدة التعرض للمياه وعدم انتقال الاحمال في المنشآت الثقوب المحفورة يجب ان تملأ بمواد مرنة ذات معاملات قليلة عوضاً عن التحشية بالاسمنت.

٥:٦: المعالجة بالتحشية

وتنقسم الى نوعين

٥.٦.١: التحشية بالاسمنت البورتلاندي.

للشقوق العريضة والجدران الخرسانية السميكة وبعض الشقوق الخاصة ذات الاهمية في السدود سيتم اصلاحها عن طريق ملؤها بالاسمنت البورتلاندي. وتعتبر هذه الطريقة فعالة في ايقاف تسربات الماء لكن يعاب عليها انها لا تلتصق انشانيا بمقاطع الشقوق. وتتكون هذه الطريقة من عملية تنظيف للخرسانة على طول مسار الشق حيث تثبت القواعد وختم الشقوق بين هذه القواعد بطلاء اسمنت او مادة مانعة للتسرب او حتى تحشيتها ثم غسل الشقوق لتنظيفها والقيام بعمليات تجريبية للختم. بعد كل هذه الاجراءات سيتم تحشية المنطقة باكملها. خليط الحشوه قد يكون من الاسمنت او الاسمنت مضاف اليه الماء والرمل وهذا كله يعتمد على عرض الشق كما ان نسبة الماء الى الاسمنت يجب ابقائها منخفضة وذلك لتعظيم المقاومة وتخفيض الانكماش.

٥.٦.٢: التحشية الكيميائية.

تتكون الحشوه الكيميائية من محلول لاثنين او اكثر من المواد الكيميائية (الاوربثانات، سيليكات الصوديوم) والتي تشترك لتكوين هلام (جل) او ترسبات صلدة او رغوة. وعلى العكس من الحشوة الاسمنتية والتي تتكون من جزيئات صلبة مغمورة في سائل. وعادة ما يتم استخدام التحشية الكيميائية للشقوق الضعيفة بعرض (٠.٠٥) ملم ومن بين الفوائد لهذه الطريقة انها تتضمن امكانية الاستعمال في اغلب الاوضاع والاجواء (حتى في حالة كون الرطوبة زائدة عن المعقول). اما من مساوئها فانها تحتاج الى درجة عالية من المهارة لغرض تثبيتها كما انها تعمل على تقليل المقاومة.

5.7: الشفاء الذاتي

هي عملية اصلاح طبيعية للشقوق الخرسانية تدعى ب(الشفاء الذاتي) وتحدث في الخرسانة بوجود الرطوبة وغياب اجهادات الشد. وتعتبر من التطبيقات العملية لانغلاق الشقوق الساكنة في البيئة الرطبة. والتي قد تحصل في الكتل الخرسانية الضخمة. فعملية الشفاء الذاتي تحدث من خلال استمرار عملية اماهة الاسمنت وكربنة هيدروكسيد الكالسيوم في عجينة قوام الاسمنت بواسطة ثنائي اوكسيد الكربون المتكون نتيجة احاطة الماء والهواء. وباندفاع بلورات كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم والتي سوف تتجمع وتتراكم ثم يزداد حجمها مع زيادة الشقوق حيث تنظف وتلتف هذه البلورات تبعا لتاثيرات الاواصر الكيميائية المتكونة بين البلورات المجاورة وبين تلك البلورات الموجودة على سطح عجينة قوام الاسمنت والركام وبالنتيجة فان جزء من مقاومة الشد سيتم استعادته من قبل الخرسانة الحاوية على مقاطع الشقوق وبعدها يمكن ان يغلق الشق بينما لايمكن حصول الشفاء في حالة كون الشقوق فعالة او تلك التي تكون معرضة الى حركة خلال فترة الشفاء. كذلك فانه لا يحصل شفاء عند وجود تدفق سلبي للماء خلال هذه الشقوق حيث ان الماء سوف يقوم بتذويب وغسل الترسبات الجيرية بعيدا، كما ان تشبع الشقوق والخرسانة المجاورة لهذه الشقوق بالماء خلال عملية الشفاء الذاتي ستكون ضرورية لتطوير المقاومة بشكل اساسي. اخيرا يعتبر الشفاء الذاتي جيدا حالما تظهر الشقوق بينما تاخيره سيعمل على تقليل القوة المعادة..

5.8: معالجة التشققات الناتجة عن صدأ حديد التسليح

هناك طرق مختلفة لحماية حديد التسليح من الصدأ ومن اهمها:

١ - ازالة اجزاء الخرسانة المتضرر هالي ما وراء حديد التسليح بعمق ٢٥ ملم وتنظيف حديد التسليح جيدا من الصدأ الموجود على سطحه .

٢ - اضافة بعض المواد الى الاسمنت لتقليل نفاذيته. قد تكون هذه العملية اقل كلفة ولكن عمر حمايتها اقل.

٣ - استخدام موانع الصدأ: وهي نوعين يعتمد النوع الاول على حماية الطبقة السلبية حول حديد التسليح ويعتمد النوع الاخر على منع توغل الاوكسجين داخل الخرسانة .

٤ - استخدام الحديد المجلفن ويعتبر الحديد المجلفن ذو كفاءة مناسبة خصوصا للمباني التي تتعرض للكربنة

٥ - دهان حديد التسليح ب (الابوكسي) هذه الطريقة اعطت نتائج ايجابية وخاصة لحديد التسليح المعرض لمياه البحر, لكن ينصح بعدم طلاء حديد التسليح ب(الابوكسي) لانه في حالة حدوث الصدأ لايمكن حمايته بالحماية الكاثودية ولانه في حالة حدوث قصور في الطلاء فسيسرع عملية الصدأ في حالة وصول الكلورايد اليه .

٦ - استخدام حديد(stainless steel) نظرا لارتفاع تكاليف هذا النوع من الحديد فان استخدامه يتم في نطاق محدود.

٧ - حماية اسطح الخرسانة من النفاذية باستخدام مادة سائلة يتم رشها او دهنها او الواح وطبقات من المطاط او البلاستيك .

٨ - يفضل ان تطلى اسطح الخرسانة بعد الانتهاء من اصلاحها بمواد عازلة وذلك لتحسين ادائها المستقبلي .

٩ - استخدام دهانات مقاومة للعوامل الجوية في المناطق الساحلية .

الفصل السادس

الأستنتاجات والتوصيات

تم التوصل الى عدد من الاستنتاجات واقتراح لبعض التوصيات في موضوع اسباب الشقوق الخرسانية وطرق اصلاحها

٦.١ : الاستنتاجات:

- ١ – يعتبر انكماش الجفاف السبب الرئيسي والشائع لحصول التشققات في الخرسانه في المناطق الحارة والجافة مثل العراق.
- ٢ – يمكن اعتبار الصدا الناتج عن حديد التسليح والتلوثات التي تصيب الخرسانه كعامل اساس اخر في تشققات الخرسانه المتصلبه .
- ٣ – اي خطأ انشائي بسيط في المخططات والتصاميم ولو كان صغيرا جدا فانه يؤدي الى ظهور التشققات.
- ٤ – ضعف الخبره واستخدام عمال غير مهرة يؤدي الى ظهور المشاكل والاختفاقات.
- ٥ – تغير استخدام المنشأ ما سينتج عنه من اختلاف لاحمال مسببه ظهور التشققات.
- ٦ – ان ترك الشقوق واهمالها سيكون له اضرار بالغه قد تؤدي الى تطورها وتاثر خدمة المنشأ .
- ٧ – يجب ان تستند عملية الاصلاح الى قاعدة بيانات ومعلومات دقيقه قبل البدء بعملية الاصلاح .
- ٨ – قد لاتكون النتائج مضمونه في اصلاح الشقوق وذلك يعود الى التقييم السييء وضعف خبرة الشخص الممارس وان التقييم الصحيح هو الذي يوفر الاختيار الامثل لطرق الاصلاح والاجراءات المتبعه فيها .
- ٩ – قد تكون هناك ظروف تحتم حصول التشققات لايمكن السيطرة عليها مثل عمليه الهبوط بالاسس والتعرض الى الاحمال المفاجئه الطارئه.
- ١٠ – استخدام الاجهزه والتقنيات الحديثه يكون له الاثر في تقييم الشقوق.
- ١١ – ان مادة الايبوكسي هي الاكثر استعمالا ونجاحا في عملية اعاده ربط واصلاح الشقوق.

٦.٢ : التوصيات :

- ١ – المحافظة على سطح الخرسانة المصبوبة حديثاً بحالة رطبة لمنع حصول الانكماش اللدن.
- ٢ – السيطرة على كمية الركام والمحتوى المائي وتمنع وتقلل حصول تشققات انكماش الجفاف.
- ٣ – توفير الغطاء الخرساني بشكل مناسب واستعمال خرسانه ذات نفاذية قليلة تضمن عدم حصول صدأ في حديد التسليح وبالتالي عدم حصول التشققات.
- ٤ – التأكد وفحص المواد الداخلة في الخرسانة وفحص الماء المستخدم في الخلط لتلافي الاضرار الناتجة عن التفاعلات الكيماوية.
- ٥ – التأكد من مواصفات البناء والمخططات ومراجعتها بدقة ومراقبة سير عمليات البناء .
- ٦ – تجنب استخدام المنشأ لأغراض اخرى .
- ٧ – التركيز على استخدام عمال يتمتعون بالخبرة اللازمة.
- ٨ – استخدام شخص ذو مهارة عند الحاجة الى تقييم الشقوق والاستفادة من خبرته.
- ٩ – عدم البدء بعملية الاصلاح للشقوق الى بعد القضاء على اسباب الشقوق.
- ١٠ – يجب تحديد وبدقه موقع الشق وعرضه وامتداده والمدى الذي اخترقه ووصلت اليه هذه الشقوق وذلك لاختيار الطريفة المناسبة من طرق الاصلاح.
- ١١ – بعد التأكد واجراء ما تم التوصيه به يجب البدء بعملية الاصلاح وفق نتائج التقييم المقترحة.

المصادر

- 1- ACI Committee 224 , "Causes ,Evaluation and Repair of Cracks" ACI 224 r -01 'ACI Manual of Concrete Practice 2004 ,Michigan, USA .
- 2- ACI Committee 564 , "Concrete Repair Guide , ACI 564R -96 "ACI Manual of Concrete practice 2004, Michigan , USA
- 3- Neville ,A.M "Properties of Concrete " Final Edition , 2000 ,Pitman . UK
- 4- US Bureau of Reclamation "Guide to Repair Concrete " 1998 .USA .
- 5- WWW.arab-eng.org