2020

Report on the types of cracks and how to treat them

By : Eng .. Dyaa Ehab Elmogy

Cairo – Egypt

الشروخ CRACKS

أنواعها وأشكالها وأسبابها في المنشآت الخرسانية وطرق فحصها وعلاجها

❖ مقدمة :

إن أهم مظاهر التلف والضرر بالخرسانة المسلحة هي ظهور الشروخ ، بالإضافة للتأثير المعنوي السيء علي مستخدمي المنشأ المصاب بالشروخ فان التأثير الأكثر أهمية وفاعلية للشرخ يكون علي مقاومة ومتانة العناصر الإنشائية وبالتالي المنشأ كله ونقص المقاومة مع الزمن وقد تصل الحالة إلي الإنهيار الجزئي او الكلي للعنصر او المبني ككل.

وتوجد الكثير من العلامات و**المؤشرات التي تسبق تصدع** او انهيار العناصر او المنشأ ككل من أهمها :

1. **تحلل مواد البناء** في المنشآت الخرسانية من أسقف وحوائط وأعمدة وكمرات .
2. **ظهور شروخ** وتشققات مختلفة في الشكل والحجم في العناصر المختلفة .
3. **إنحراف المبنى** عن الوضع الأصلي سواء كانت الإنحراف أفقي أو رأسي .

وتعتمد **درجة خطورة الشروخ** علي :

1. نوع النشأ الخرساني وطريقة سلوكه الاستاتيكي ونوع استخدامه .
2. نوع ومكان ووظيفة العنصر الإنشائي المصاب بالشروخ .
3. طبيعة ونوعية الشروخ الظاهرة .
4. مكان وحجم الشرخ .
5. أسباب الشروخ ومدى إستمرارية تلك الأسباب .
6. حركة الشروخ ومدي تغير شكله وطوله واتساعه وهل هو ممتد إلي مكان اخر ام لا .

ومن المعروف ان الشروخ تأخذ أشكالا مختلفة وتتواجد في أماكن مختلفة في العنصر الخرساني ، كما ان الشرخ الواحد قد يختلف شكله منذ ظهوره وطوال عمره حيث قد يظهر بشكل ويتغير هذا الشكل بالطول او الإتساع مع الزمن .

بالإضافة إلي ان الشرخ الواحد قد يكسب أماكن جديدة مع ظهوره في مكان ما وذلك بامتداد وتمدد الشرخ من مكانه إلي أماكن أخرى ويزيد كل من تغير شكل الشرخ وامتداده من مكان إلي أخر من خطورة هذا الشرخ لذا فالأهم من اكتشاف وعلاج الشرخ إكتشاف أسباب الشرخ وتوابع هذه الأسباب .

(الأهم من إكتشاف و علاج الشرخ إكتشاف أسباب الشرخ وتوابع هذه الأسباب)

❖أنواع الشروخ :

تنقسم الشروخ إلي أنواع عديدة ومتباينة وتم وضع تقسيمات لتقسيم الشروخ من حيث مايلي :
أ- تقسيم الشروخ وفقا لنوع العنصر الإنشائي .
ب- تقسيم الشروخ وفقا لزمن ظهور الشروخ .

أ- تقسيم الشروخ وفقا لنوع العنصر الخرساني :

في أعمال المعاينات والفحص يتم حصر الشروخ وتقسيمها إلي أنواع وفقا لنوع العنصر الإنشائي الموجود به العيب كما يلي :

أ-أ- شروخ الأساسات :

تتمثل الشروخ التي تظهر في الأساسات في الأشكال الآتية :

- شروخ جوانب الأساسات او الشدادات نتيجة صدأ حديد التسليح في هذه العناصر .
- شروخ رأسية في الشدادات تمتد من الأسفل إلي أعلي في مكان إتصال الشداد بالأساسات نتيجة هبوط في الأساسات .
- شروخ مائلة في الشدادات ربط قواعد الجار قرب الأعمدة نتيجة القص .
- شروخ عشوائية من تآكل سطح الاساسات نتيجة هجوم الكبريتات .
- شروخ الخرسانة اللدنة اعلي سطح اللبشة المسلحة نتيجة .
- شروخ عشوائية من تغير لون الخرسانة او تآكل السطح نتيجة استخدام مواد معيبة او نقص في نسبة الإسمنت او صدأ صلب التسليح .

أ-ب- شروخ الطرق والأرضيات :

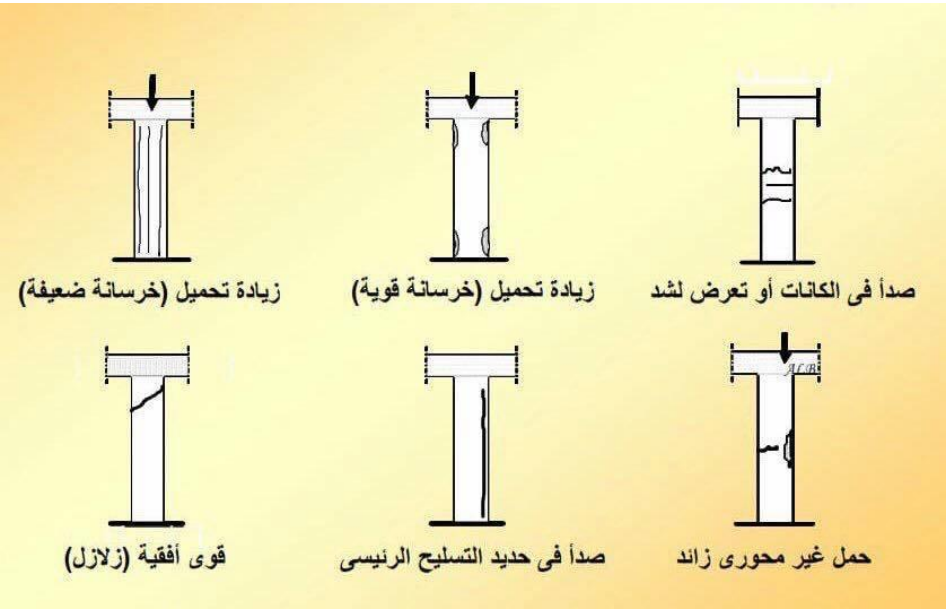
تتمثل الشروخ التي تظهر في الأرضيات في الأشكال الآتية :

- شروخ طولية نتيجة هبوط التربة اسفل الخرسانة للطرق والارضيات .
- شروخ طولية موازية لأسياخ التسليح نتيجة الهبوط اللدن للخرسانة .
- شروخ عشوائية علي السطح العلوي في الأجواء الحارة نتيجة الإنكماش اللدن لو لعدم وجود وصلات تمدد وانكماش كافية .
- شروخ عشوائية علي السطح العلوي في الأجواء الباردة نتيجة استخدام مواد معيبة إذا كان سمك الخرسانة قليل او نتيجة التقلص الحراري المبكر إذا كان سمك الخرسانة كبير .

أ-ت- شروخ الأعمدة :

تتعدد اشكال الشروخ في الأعمدة وتأخذ أشكال منها :

- شروخ في أركان الاعمدة قد تكون مصحوبة بسقوط زاوية العمود نتيجة استخدام شدات خشبية متهالكة وقديمة أو سوء فك الأعمال الخشبية .
- شروخ راسية بالقرب من اركان الاعمدة قد تكون مصحوبة بسقوط زاوية العمود نتيجة صدأ حديد التسليح او عدم وجود كانات او عدم كفتية اعداد الكانات .
- شروخ راسية في منتصف الواجهات الراسية للعمود نتيجة لزيادة التحميل أو نقص القطاع الخرساني أو نقص عدد الكانات او عدم كفايتها .
- شروخ أفقية علي شكل عقد في منطقة الاتصال بين العمود والكمرة نتيجة الهبوط اللدن مع جفاف الخرسانة المستخدمة .
- شروخ افقية في الأعمدة نتيجة هبوط الأساسات .
- شروخ راسية في مناطق اتصال الكمرات بالأعمدة نتيجة إختلاف مراحل الصب لكل عنصر منهم .
- شروخ أفقية في مناطق اتصال الأعمدة بالأساسات لاختلاف مراحل الصب بين الأساسات والاعمدة .
- شروخ في رقاب الأعمدة نتيجة سوء التنفيذ .
- شروخ فاصلة وسقوط الغطاء الخرساني وانبعاج حديد التسليح نتيجة لزيادة المسافات البينية بين الكانات .
- شروخ سرطانية علي جوانب العمود نتيجة استخدامات شدات غير منفذة للماء .
- شروخ راسية مع تمدد عرضي لخرسانة العمود مع وجود رطوبة نتيجة التفاعل القلوي للركام الموجود في الخرسانة .



أ-ث- شروخ الحوائط الخرسانية :

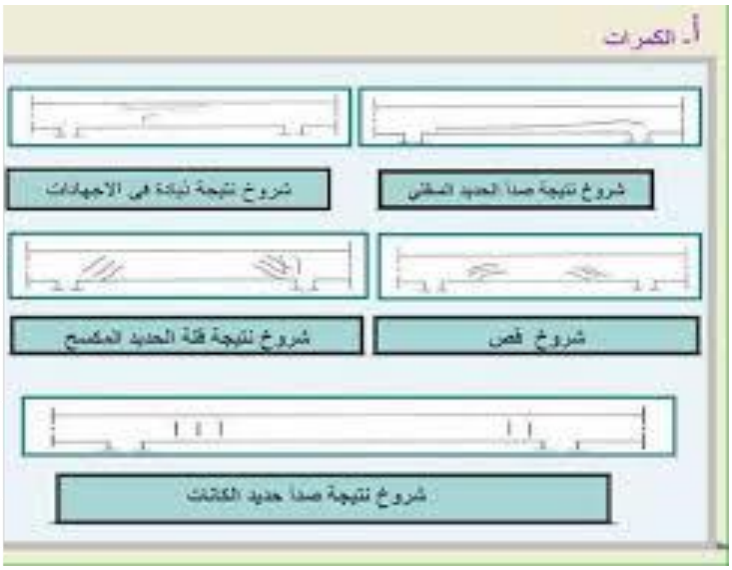
للحوائط الخرسانية أشكال كثيرة فقد تكون Core , shear wall ,Retaining wall وغيرها من الأنواع الخاصة مثل حوائط الخزانات والبدرومات العميقة تحت الأرض وتأخذ هذه الشروخ اشكال منها :

- شروخ مائلة بالقرب من الفتحات نتيجة تركيز الإجهادات والتفاعلات الحرارية .
- شروخ راسية بسبب صدأ الحديد وقد يصحبها تساقط للغطاء الخرساني .
- شروخ مختلفة او شروخ إنحناء بسبب إختلاف درجات الحرارة .
- شروخ مختلفة نتيجة هجوم كيميائي او استخدام مواد معيبة .
- شروخ سرطانية نتيجة استخدام شدات غير منفذه للماء .
- شروخ نتيجة هبوط الأساسات .
- شروخ نتيجة اتقلص الحراري المبكر .

أ-ج- شروخ الكمرات :

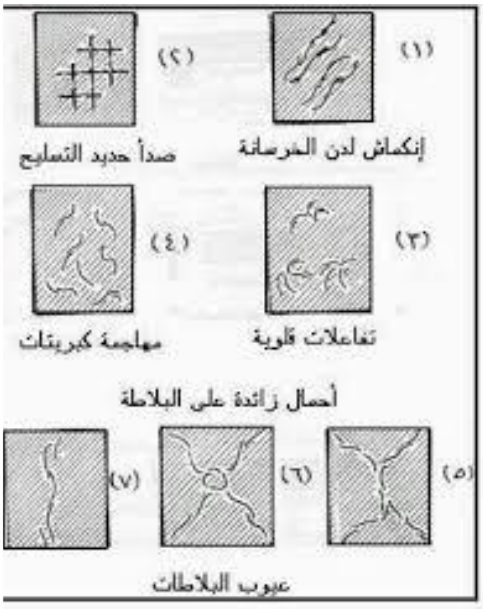
تتنوع الشروخ وتختلف حسب نوع الكمرة رئيسية او ثانوية وتأخذ اشكال منها :

- شروخ مائلة في اتجاه واحد علي جانبي الكمرة بالقرب من الركائز وتكون بسبب قوة القص او مقاومة اللي .
- شروخ مائلة مختلفة الميل بالقرب من الركائز نتيجة نقص حديد التسليح لمقاومة اللي .
- شروخ مائلة وراسية بالكمرات الخارجية نتيجة الإجهادات الحرارية .
- شروخ طولية موازية علي جانب الكمرةنتيجة عدم وجود حديد انكماش (برندات).
- شروخ راسية اعلي الكمرة بالقرب من الركيزة نتيجة نقص الحديد العلوي او عدم وجوده .
- شروخ راسية في منتصف القطاع نتيجة عزوم الإنحناء بسبب عدم كفاية حديد التسليح .
- شروخ سرطانية بسبب استخدام شدات غير منفذة للماء



أ-ح- شروخ الأسقف والبلاطات :

تظهر الشروخ في الأسقف علي كلا الوجهين وتاخذ الاشكال التالية :



- شروخ علي السطح السفلي للبلاطة يأخذ شكل شبكة التسليح نتيجة وجود صدأ حديد التسليح .
- شروخ طولية وموازية للكمرات علي السطح السفلي للبلاطة نتيجة عدم كفاية اطوال رباط اسياخ التسليح بين البلاطة والكمرة .
- شروخ طولية في السطح السفلي للبلاطة مع وجود ترخيم ملحوظ نتيجو زيادة في التحميل او نقص في سمك البلاطة او عدم كفاية حديد التسليح .
- شروخ علي السطح العلوي للبلاطة قرب الكمرة و موازي لها نتيجة نقص او عدم وجود حديد التسليح في هذه المنطقة .
- شروخ سرطانية علي السطح العلوي للبلاطة نتيجة الإنكماش وعدم او نقص المعالجة خاصة في الأجواء الحارة .

ب – تقسيم الشروخ وفقا لزمن ظهورها :

في مرحلة ما قبل تصلد الخرسانة تظهر شروخ الخرسانة اللدنة سواء كانت إنكماش او هبوط او التحريك اما في مرحلة ما بعد التصلد تظهر شروخ إما تكون :
لأسباب إنشائية كقصور في التصميم او تحميل زائد او زحف الخرسانة او فروق هبوط او أخطاء في التنفيذ.
او لأسباب غير انشائية وتكون ناتجة عن عوامل طبيعية او كيميائية او حرارية .
وهنا قسمت الشروخ وفقا للزمن إلي نوعين الأول **شروخ الخرسانة اللدنة (قبل التصلد)** **والثاني شروخ الخرسانة المتصلدة** .

ب-أ- شروخ الخرسانة اللدنة :

وأشهر أشكال تلك الشروخ الثلاث أنواع الأتيه :

- شروخ الأنكماش اللدن للخرسانة plastic shrinkage cracks

وتحدث هذه الشروخ في الساعات الأولى من عمر الخرسانة بسبب القيد الداخلي لحركة الخرسانة ونتيجة لإرتفاع درجة الحرارة او سرعة الرياح تحدث هذه الشروخ .

- شروخ الهبوط اللدن plastic settlement cracks

في الغالب مكونات الخرسانة تضغط علي بعضها البعض ونتقص في حجمها وقد تتعرض الخرسانة اثناء التضاغط إلي عوائق مثل حديد التسليح فيقل التأثير في مناطق وجود التسليح مما يؤدي إلي الهبوط اللدن مسببة شروخ ويزيد احتمالية حدوث هذا الهبوط كلما زاد قطر السيخ ويقل بزيادة الغطاء الخرساني .

- شروخ تحريك الخرسانة اللدنة plastic concrete of movement cracks

إن تحريك الخرسانة بعد صبها بالتحديد بعد الشك الإبتدائي يؤدي إلي شروخ بها وقد يكون سبب من هذه الأسباب في الغالب اما هبوط الركائز الحاملة للعنصر او تهالك الشدة الخشبية او هبوط الأرض اسفل العنصر او تحريك الشدات نفسها بسبب الرياح الشديدة مثلا او زلزال او بسبب سرعة فك الشدات او التعرض لمطر شديد كل هذه الأسباب تعمل بشكل مباشر او غير مباشر علي تحريك الخرسانة مما يحدث شروخ بها .

ب-ب- شروخ الخرسانة المتصلدة :

قد تكون الشروخ الخرسانة المتصلدة لأسباب إنشائية مرتبطة بالأحمال والهيكل والنظام الإنشائي او تكون لأسباب غير انشائية إما طبيعية او حرارية او كيميائية وهنا سيتم تقسيم الشروخ هنا إلي شروخ غير إنشائية وشروخ إنشائية .

ب-ب-أ- شروخ الخرسانة المتصلدة لأسباب غير إنشائية :

وتكون إما طبيعية او حرارية او كيميائية

- شروخ غير إنشائية طبيعية

وتظهر بسبب وجود ركام قابل للإنكماش او شروخ سرطانية نتيجة لإختلاف محتوي الرطوبة في مكان عن الأخر او لأسباب طبيعية أخري .

- شروخ غير إنشائية كيميائية

وتكون بسبب وجود محاليل او مركبات ضارة في التربة او الجو المحيط بالمنشأ او في المياه الأرضية او بسبب وجود محاليل ومواد ضارة داخل المبني نفسه دون أخذ الإحتياطات اللازمة او من تفاعل المواد المكونة للخرسانة نفسها .

- شروخ غير إنشائية حرارية

تظهر هذه الشروخ نتيجة لعدد من الحالات الجوية مثل تجمد و ذوبان الماء او عملية التقلص الحراري المبكر او والإجهادات الحرارية داخل الخرسانة.

ب-ب-ب شروخ الخرسانة المتصلدة لأسباب إنشائية :

وتكون هذه الشروخ بسبب قصور في التصميم وخطأ في توقع الاحمال وحسابها او أخطاء في التنفيذ أو عيوب في الصناعة او زحف الخرسانة او فرق هبوط

- اعتبارات التصميم : إما بسبب عدم كفاية حديد التسليح ، أخطاء في الحسابات الإنشائية ، أخطاء في دراسات التربة ، أخطاء في تصميم الأساسات ، إهمال تأثير الحرارة ، إهمال تأثير احمال الزلازل والرياح حتي لو كانت بسيطة .
- التفاصيل الإنشائية : نقص في التفاصيل الإنشائية ، عدم توضيح طول الرباط وأماكن الحديد الإضافي ، عدم كفاية الكانات ، عدم توضيح قيمة الغطاء الخرساني ، عدم توضيح وجود حديد قطري حول الفتحات ، استخدام اسياخ 10مم في الاعمدة ، عدم كفاية الحديد في الحوائط والاعمدة ،عدم توضيح أماكن الفواصل التمدد والإنكماش .
- الشروخ الناتجة عن زيادة الاحمال : يحدث التحميل الزائد اثناء التنفيذ مثلا من التشوين الخطأ ، العوامل البيئية الغير متوقعه ، الكوارث غير المتوقعة فتؤدي هذه العوامل إلي تصدعات كليه او جزئية في المنشأ .
- الشروخ نتيجة تغيير وظيفة المنشأ واستخدامه : ينتج عن تغيير وظيفة المنشأ تغير في الأحمال المصمم عليها المنشأ مما يؤدي إلي زيادة الحمل علي العناصر المختلفة مما يؤدي لا قدر الله إلي تصدع كلي او جزئي .
- الشروخ الناتجة عن زحف الخرسانة : ان التحميل بأحمال متكررة او تحميل يزيد تدريجيا إلي زيادة الشروخ الشعرية في العنصر نتيجة الزحف مما يؤدي إلي تدهور حديد التسليح في حالة وجود رطوبة وزيادة الترخيم الناتج عن ضعف أداء العنصر .
- الشروخ نتيجة الهبوط المتفاوت : تحدث شروح الهبوط إما بسبب حفر موقع مجاور للمبنى او تغير حالة التربة والمياه الموجودة فيها او سحب المياه اسفل المبني اوموقع بجواره او مرور مركبات ثقيلة بجوار المبنى او تغير وظيفة المبنى والاحمال الواقعة عليه وهنا قد لا يحدث عيوب فقط بل ممكن حدوث إنهيار كلي للمبنى او جزئي مما يدل علي خطورة هذا النوع تحديد.
- الشروخ الناتجة عن إهمال الصيانة وتأخر إكتشافها : إن اهمال الصيانة الدورية وغياب وضعف الحماية يؤثر بالسلب علي العناصر الإنشائية الهامة وسلامتها بحيث يتأخر إكتشاف العيب بسبب الإهمال وبالتالي تزيد تكلفة الإصلاح والحماية او خسارة العنصر الإنشائي ككل نتيجة عدم الأخذ في الإعتبار الصيانة الدورية لإنتشال العناصر الخرسانية من الخطر المحيط بها .

- الشروخ الناتجة عن أخطاء في التنفيذ : تتسبب الطرق الخاطئة في تنفيذ الأعمال علي إنتاج شروخ ومن ابسط هذه الأخطاء ترك الإسمنت معرض للرطوبة مما يؤدي إلي تقليل نعومة الإسمنت وبالتالي التأثير بشكل قوي علي قوة مقاومة الخرسانة مما يؤدي إلي ضعف العناصر الخرسانية أو إستخدام مياه غير صالحة للشرب في عملية الصب وغيرها من الأخطاء الكثيرة .

❖علاج الشروخ :

قبل البدء في عملية علاج الشروخ يفضل تحديد حالة الشرخ أولاً لضمان سلامة التشخيص الفني واختيار مواد فعالة لإنهاء هذا العيب .

- تحديد حالة الشروخ :

إن عمل خطة مدروسة وتصور سليم لطريقة وأسلوب ومواد علاج الشروخ يستلزم تشخيص هذه الشروخ لتحديد سببها وعمقها واتساعها وفاعليتها من عدمه وبالتالي التأثير علي سلامة المبني ويمكن تقسيم الشروخ من حيث نشاطها وفاعليتها إلي نوعين :

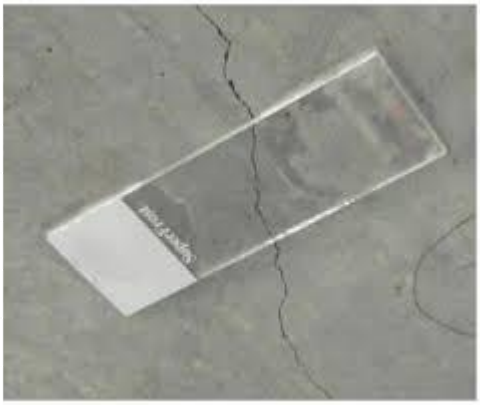
- شروخ فعالة Active cracks : وهي الشروخ المستمرة في الحركة وتتوسع وعلاج هذه الشروخ غير مجدي بسبب ظهورها في مكان اخر بعد العلاج لأن أسباب المؤدية إلي العيب لا زالت قائمة بالفعل **فالقضاء على الأسباب يعتبر قضاء على العيب .**
- شروخ خاملة Dormant cracks : وهي الشروخ المستقرة التي ثبت طولها وعرضها وعمقها واتساعها بسبب زوال المؤثر أي علاج الأسباب المؤدية إلي التشريخ ويكون علاج هذه الشروخ مجدي من كل النواحي .

- الكشف عن فعالية الشروخ :

هناك العديد من الطرق المستخدمة للكشف عن فعالية الشروخ من عدمها من أهمها

- طريقة البؤجة

وتستخدم هذه الطريقة لتحديد فعالية الشروخ وتحديد هل هي فعالة ام خاملة وهي طريقة موقعية بسيطة تستند إلي عمل بؤجة من مونة الجبس والإسمنت



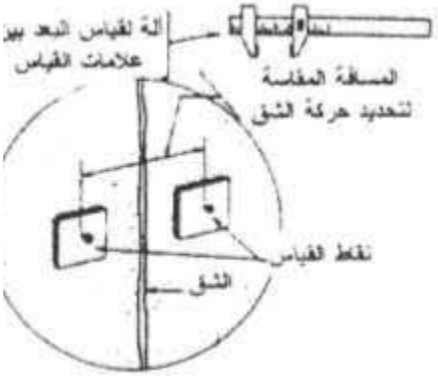
علي الشرخ وتترك لمدة أسبوعين ويتم فحصها مرة اخري فإذا كان هناك شروخ تكون الشروخ فعالة وإن لم يكن تكون شروخ خاملة .

او بإستخدام قطعة زجاجية معلومة الأبعاد وتثبيتها جيدا علي الشرخ .

ويمكن الإستغناء عن الزجاج وعمل البؤجة بالجبس والإسمنت فقط وممكن عمل الإثنين مع بعض ويمكن عمل الزجاج فقط بشرط لصقها جيدا .

- <u>أجهزة الكشف عن الشروخ :</u>

توجد عدة أجهزة لحديد عمق وإتساع وطول الشروخ ومعرفة إذا كانت من النوع الفعال ام من النوع الخامل ومنها :



- جهاز مبسط يثبت علي الشرخ وبه كرتين يتم قياس المسافة بينهم عند وضع الجهاز ويترك لمدة أسبوعين ثم يعاد قياس المسافة مرة اخري فإن وجد ان المسافة زادت هذا يعني ان الشرخ فعال وإن وجد ان المسافة ثابتة يعني ان الشرخ خامل.
- جهاز ميكروسكوبي صغير يوضح إتساع الشرخ .
- تحديد الشروخ بإستخدام جهاز الموجات فوق الصوتية Ultrasonic-pluse-velocitiyويوضح هذا الجهاز أماكن الشروخ وعمقها وإتساعها .

- المواد المستخدمة في علاج الشروخ :

تنقسم المواد المستخدمة في علاج الشروخ والترميم إلي الأصناف التالية :

- إضافات خاصة للخرسانة Special concrete admixtures

حيث تستخدم الإضافات لتحسين خواص الخرسانة وإكساب الخرسانة صفات وخواص جديدة مطلوبة للإستخدام الخاص مثل الملدنات والملدنات عالية الكفاءة وإضافة زيادة الحجم وتقليل الماء حيث تستخدم وبمثرة في عمل القمصان للأعمدة والكمرات والقواعد لميزة زيادة حجمها وقوتها وإضافات تقليل نفاذية الماء .

- الخرسانات ذات الأنواع الخاصة لعمليات الترميم

ومن أمثلة الخرسانة الخاصة الخرسانة البولمرية ومن مميزاتها قوة تصل ل1000كجم/سم^2 وتعطي قوة إلتصاق عالية بالإضافة إلي نسبة فراغات قليلة وقوة ذاتية للسيولة ولكنها غالية التكلفة بالإضافة إلي صعوبة تشغيلية الخرسانو البولمرية .

والخرسانة الليفية ومن اهم فوائدها مقاومة الشد بنسبة تصل إلي 100%

- المونة الإسمنتية الخاصة

وتتكون هذه المونة من إسمنت بالإضافة إلي إضافات الخرسانة والكوارتز المتدرج ومن اهم مميزاتها قليلة الشروخ وتصل إلي المقاومة مبكرا ولها قوة إلتصاق عالية وتستخدم بكثرة في مليء الشروخ وإصلاحها

- المواد الإيبوكسية

وتوجد علي أشكال منها :

أ- مواد إيبوكسية للحام الخرسانة الجديدة: ولها قدرة عالية علي الإلتصاق بقوة بين الخرساة القديمة والخرسانة الجديدة.

ب- مواد إيبوكسية لحقن الشروخ : من مميزاتها ان لها درجة لزوجة منخفضة تعطيها قدرة الإنسياب داخل الشروخ وتتمتع بقوة إلتصاق عالية بالإضافة إلي مقاومة عالية للإحتكاك و لها مقاومة عالية للضغط تصل إلي 600كجم/سم^2

ت- دهانات إيبوكسية مقوية للأسطح : ومن فوائدها انها تمنع نفاذية المياه والمواد الضارة إلي سطح الخرسانة

ث- دهانات إيبوكسية لحماية الأسطح الخرسانية : وتستخدم لحماية سطح الخرسانة من الأبخرة الضارة وعوامل البري والإحتكاك وغيرها .

- طرق وكيفية علاج الشروخ :

تعتبر معالجة الشروخ إحدى خطوات الترميم اللازمة لإعادة المبنى إلي حالة الأصلية وقد يحتاج الأمر إلي خطوات لتلافي حدوث هذا العيب مرة أخرى ، ويتوقف ذلك علي الفحص الإنشائي والفني للمبنى والأسباب المختلفة المحتملة وبالتالي تحديد خطوات العلاج اللازمة .

- طريقة علاج الشروخ الشعرية الغير نافذة :

يتم علاج هذه الشروخ الغير خطيرة إنشائياً وإنما تعتبر مؤثرة علي الشكل الجمالي للمنشأ وذلك لأن سببها غالباً إنكماش الخرسانة مما يؤدي إلي أنها غير نافذة إلي أعماق كبيرة وتكون منتشرة بشكل عشوائي وطريقة علاجها كالتالي :

1. تنظيف سطح الخرسانة تماماً من الأجزاء المفككة والضعيفة وزبد الإسمنت والأتربة .
2. ضمان جفاف سطح الخرسانة تماماً .
3. دهان سطح الخرسانة عدة أوجه بمادة إيبوكسية ذات لزوجة منخفضة لضمان التسرب داخل هذه الشروخ الشعرية .

- طريقة علاج الشروخ الأفقية قليلة الإتساع :

تتم المعالجة علي الوجه التالي :

1. يتم توسيع الشروخ من أعلي بعرض 5 مم علي الأقل .
2. في حالة الشروخ النافذة حتي السطح المقابل للخرسانة يتم سد احد الجوانب بستخدام المونة الإسمنتية البولمرية لضمان تمددها وإحكام إغلاق الشروخ من هذا الجانب .
3. يتم تنظيف الشروخ جيدا من الأجزاء الضعيفة والمفككة من الخرسانة ولا يتم علاج الشروخ بهذه الطريقة غلي في حالة جفاف الأسطح تماماً .

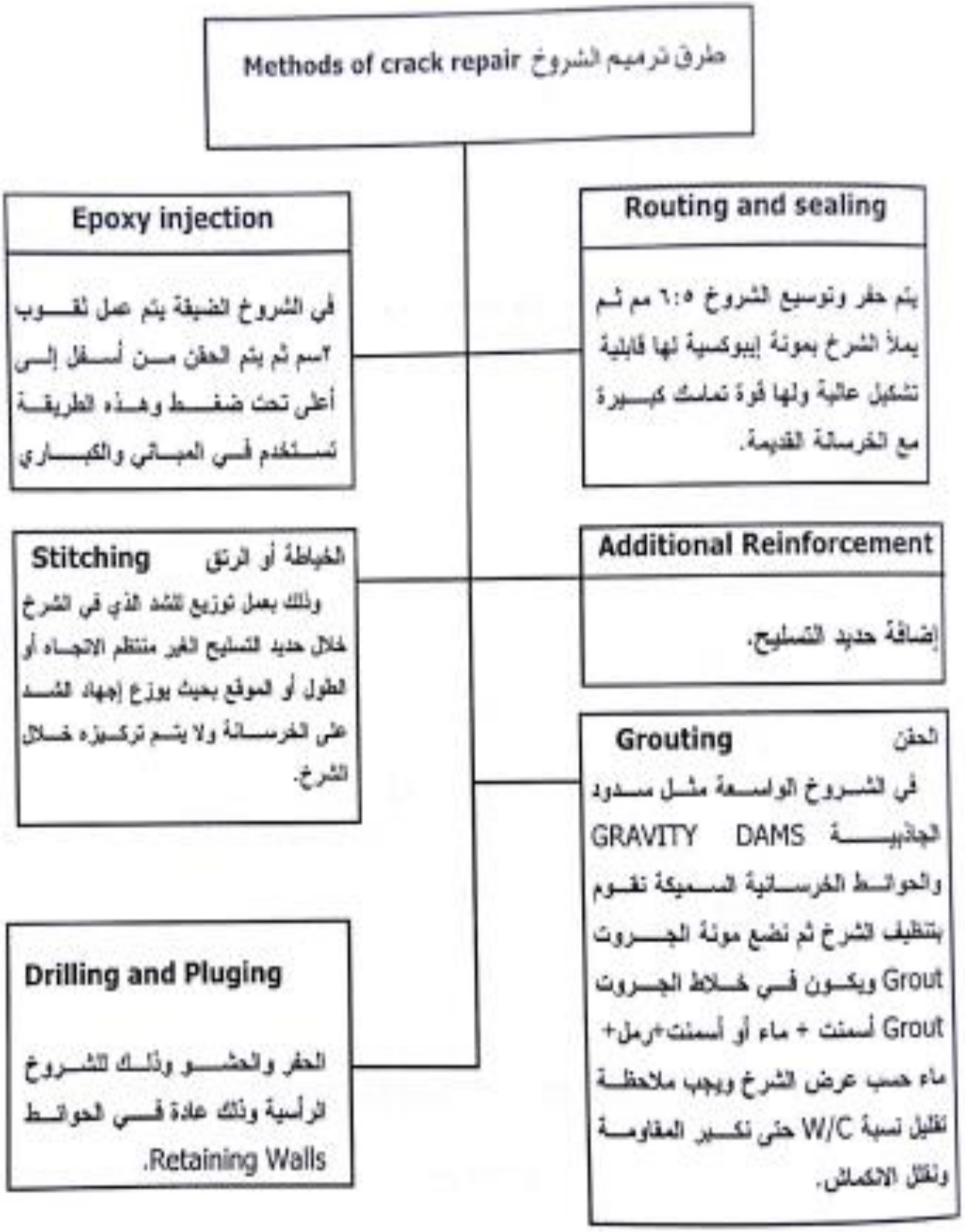
4. صب مادة إيبوكسية قليلة اللزوجة مثل كيما بوكسي 103 داخل الشرخ مباشرة حتي يمتليء .

- طريقة علاج العميقة في الأسطح الرأسية :

1. ضمان جفاف سطح الخرسانة .
2. ضمان خلو سطح الخرسانة من أي أجزاء مفككة او ضعيفة .
3. توسيع الشروخ حتي 5مم وتنظيفها بالهواء المضغوط .
4. يتم تقفيل الشروخ بواسطة مونة إيبوكسية مناسبة ذات لزوجة منخفضة .
5. يتم عمل ثقوب في الأسطح السابق تقفيلها علي مسافات تتراوح من 30سم إلي 60 سم .
6. يتم تثبيت أنابيب ذات صمام مانع للرجوع ويتحدد عمق هذه الأنابيب طبقا لعمق الشروخ ودرجة مسامية الخرسانة .
7. يتم حقن المادة الإيبوكسية قليلة اللزوجة في الأنابيب ويستمر الضغط من أسفل إلي أعلي بستخدام مضخة خاصة تعمل بضغط الهواء .
8. إذا كان الشرخ نافذ إلي الجهة الأخرى يتم إغلاقه بالمونة الإيبوكسية المناسبة .
9. يجب التأكد من تاريخ صلاحية المواد الإيبوكسية والتأكد من أنها لازلت لديها الكفاءة حتي إنهاء عملية الضخ .
10. يجب تنظيف الأدوات و الأسطح بعد عملية الضخ .

- معالجة الشروخ المتسعة :

1. يتم تفتيخ الشروخ علي شكل V وتعتمد ابعاد الفتحات علي عمق وشكل الشروخ .
2. يتم تنظيف الشروخ وإزالة الأجزاء المفككة والضعيفة .
3. ملء الشروخ بمونة الإسمنتية الخاصة مثل المونة البولمرية .
4. يتم ترطشة الشروخ بطبقة من روبة الايبوند قبل ملء الشروخ بالمونة البولمرية .


Methods of crack repair طرق ترميم الشروخ
Epoxy injection
في الشروخ الضيقة يتم عمل ثقوب ٢سم ثم يتم الحقن من أسفل إلى أعلى تحت ضغط وهذه الطريقة تستخدم في المباني والكباري
Routing and sealing
يتم حفر وتوسيع الشروخ ٥:٦ مم ثم يملأ الشرخ بمونة إيبوكسية لها قابلية تشكيل عالية ولها قوة تماسك كبيرة مع الخرسانة القديمة.
Stitching الخياطة أو الرتق
وذلك بعمل توزيع للشد الذي في الشرخ خلال حديد التسليح الغير منتظم الاتجاه أو الطول أو الموقع بحيث يوزع إجهاد الشد على الخرسانة ولا يتم تركيزه خلال الشرخ.
Additional Reinforcement
إضافة حديد التسليح.
Grouting الحقن
في الشروخ الواسعة مثل سدود الجاذبية GRAVITY DAMS والحوائط الخرسانية السميكة تقوم بتنظيف الشرخ ثم نضع مونة الجروت Grout ويكون في خلاط الجروت Grout أسمنت + ماء أو أسمنت+رمل+ ماء حسب عرض الشرخ ويجب ملاحظة تقليل نسبة W/C حتى نكسير المقاومة وتقل الانكماش.
Drilling and Pluging
الحفر والحشو وذلك للشروخ الرأسية وذلك عادة في الحوائط Retaining Walls.

❖ صور توضيحية :

- شروخ في السقف مع وجود الرطوبة أدت إلي صدأ الحديد وتساقط الغطاء الخرساني .

- شرخ في حائط مباني نتيجة زيادة تأثير الإجهادات .

- عيوب في التنفيذ تؤدي إلي عيوب ما لم يتم إصلاحها علي الزمن البعيد

- ملء الشروخ بمادة إيبوكسية

- شروخ في الأعمدة نتيجة زيادة الأحمال .

- شروخ في الأعمدة نتيجة زيادة القوة الجانبية .

❖المصادر :

- كتاب ترميم المنشآت الخرسانية -دكتور السيد عبد الفتاح القصبي -الطبعة الثالثة .
- الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت الخرسانية - دكتور كمال مصطفى والدكتور عزيز شنودة .
- كتاب أسباب إنهيارات المباني - مهندس خليل إبراهيم واكد – الطبعة الثالثة .