مقدمة

مما لا شك فيه أن مشكلة تصدع المنشآت الخرسأنية قد أصبحت من المشاكل الملحة التي يجب أن تتكاتف الجهود للوصول إلى حلها , و من أهم أسباب هذه المشكلة عدم وجود الوعي الكافي بأسباب التصدع حتى يمكن تلافيها و بطرق العلاج حتى يمكن إتباعها , و طريقة تناول مشكلة تصدع المنشآت الخرسأنية و كيفية إصلاحها يجب أن تماثل طريقة تناول الطبيب لمشكلة المرض و كيفية علاجه فالطريقتأن تشملأن :

التنقيب عن الأسباب و الفحص ثم التشخيص السليم بالتحليل و الدراسة فوصف العلاج الناجح بالدواء أو الجراحة , مع الحرص على الوقاية لمنع المرض من الحدوث اصل فالوقاية خير من العلاج .

و لكي نتناول مشكلة تصدع المنشآت هذا التناول فلا بد لنا من معرفة الأشكال المختلفة للتصدع أي (الأعراض , الأسباب) , و كذلك لا بد من أن 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 , ثم معرفة طرق عمل اختبارات و التحاليل المختلفة للأعضاء الخرسأنية , و بعد توضيح طبيعة الخرسأنة المسلحة كمادة أنشائية و خصائصها و بالذات تلك المرتبطة بالتصدع و الخرسأنة المسلحة هي الجسم الذي يصاب بالعلل و الأمراض .

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 فاختباره للتأكد من نجاحه و ذلك بعد أن بينا خواص المواد المستخدمة في مدأواتها و حمايتها و بينا تركيباتها و طرق استخدامها حسب حالة المنشآت المريضة , و من المفيد التعرف على وسائل الوقاية و حماية المنشآت من التصدع و طرق صيأنة و حماية المنشآت ليتسنى لنا حماية المنشأ من أن يصاب بالعلل التي تقلل من عمره الافتراضي أو تمنع من أداءه لوظيفته الأداء الأمثل .

أنواع وأسباب عيوب الخرسانة المسلحة
Causes and types of defects in reinforced concrete

أن ظهور بعض العيوب في الأعضاء الخرسانية قد تؤثر على المظهر فقط و قد تكون دليلا على وجود تدهور خطير يجب تداركه و سرعة إصلاحه , و قد يتمثل في هذه العيوب التلف الحادث كله و قد تكون هذه العيوب مجرد إشارة إلى وجود مشاكل اعمق و اخطر , أن خطورة ظهور أي عيب من عيوب الخرسانة يعتمد على نوع المنشأ كما يعتمد على وقت ظهور و شكل هذا العيب الأمر الذي يستوجب ضرورة التعامل مع مشكلة ظهور عيوب في الأعضاء الخرسانية بالاهتمام الواجب و الفهم الكامل بسبابها و مدى خطورتها .

أسباب العيوب بالمنشآت

١) <u>إهمال عمل الجسات</u>

يجب عمل جسه واحدة على الأقل لمعرفة تتابع التربة و تحديد المواصفات و خواص كل طبقة و معرفة منسوب المياه الجوفية و تحديد درجة حمضية أو قلوية هذه المياه (معرفة PH) , بعض الملاك لا يقومون بعمل جسات للتربة و البعض يهمل في مواصفات تقرير الجسات فتنفذ بطريقة خاطئة .

٢) <u>إهمال تنفيذ و استلام الحفر</u>

- **عدم استواء القاع و أفقيته وعدم راسية جوأنب الحفر**
- **عدم الدمك الجيد لقاع الحفر .**

٣) إهمال تنفيذ اعمال الردم

- قد يحدث أثناء الردم أن يقوم المنفذ باستخدام المعدات مثل (اللودر و القلابات) التي تمر على القواعد القاعدية و المسلحة و السملات و هذا خطر لأنه قد يحدث كسور في هذه الخرسانة أو في السملات الرابطة للمبنى .

- قد يحدث أثناء الردم أن تتلاشى معالم الخنزيرة المثبتة حول المبنى

٤) عيوب التربة و الأساسات

أن العيوب التي يمكن إرجاعها إلى التربة أو الأساسات قد تكون نتيجة قصور في الدراسات المناسبة أو الكافية لطبيعة الموقع أو الظروف المعرضة لها , بناءاً على طبيعة الأحمال المنقولة إليه من المنشأ , أو بناءاً على خواص التربة و تحملها أو منسوب التأسيس غير لطبيعة تكوين طبقات التربة

٥- قصور التصميمات والتفاصيل الأنشائية

إن القصور في التصميم قد يرجع إلىأخطاء في الحسابات سواء بالنسبة للأحمال هو النظام الإنشائيأو عدم صحة الافتراضات التي بني على أساسها التصميم أو عدم اخذ كل البيئة المحيطة في الاعتبار , و قد يكون وراء العيوب في المنشات القصور فيالتفاصيل الإنشائية و التي قد لا يبينها المصمم بأسلوب واضح على اللوحات الإنشائية

و يبين جدول (١-١) التالي مجالات قصور التصميم و التفاصيل و كيفية التعرف على الأخطاء التي تنجم عنها .

الحالة	المجال	الأخطاء التي يمكن أن تحدث	التعرف عليها
القصور في التصميم	الحسابات	-- أخطاء في التحليل الإنشائي -- عدم كتابة الأبعاد	-- مراجعة النوتة الحسابية -- مراجعة اللوحات مع النوتة
	الأحمال	عدم اخذ كل حالات التحميل في الاعتبار (رياح زلازل أحمال متطررة)	مراجعة حالات التحميل
	الافتراضات	أخطاء في افتراض الأحمال أو حركة الأوزان	مراضعة الأوزان و الأحمال حسب طبيعة المنشأ
	المواد / الأعضاء	أخطاء في تقدير مقاومة المواد و الأعضاء للاجتهادات المختلفة	مراجعة ملاحظات اللوحات
	الدعامات	عدم اخذ تأثير الحركة نتيجة الاحتكاك عند الركائز المتحركة	تفاصيل الدعامات
	التمدد / الأنكماش	عدم وجود وصلات كافية	مراجعة لوحات الوصلات
	الظروف المحيطة	عدم اخذ كل الظروف المحيطة في الاعتبار	مراجعة حالات الحدود
القصور في التفاصيل	الغطاء الخرسأني	عدم تحديد الغطاء الخرساني المناسب للظروف التي سيتعرض لها المنشأ	لوحات التفاصيل
	أطوال التماسك	عدم تحديد أطوال التماسك المناسبة للأسياخ و خاصة في نهايات الكمرات	لوحات البلاط و الكمرات
	الوصلات	عدم تحديد أماكن وصلات الصب و التمدد أو عيوب في تفاصيلها	هل الوصلات تسمح بالحركة
	القطاعات	تكدس الحديد مما يسبب التعشيش أو استعمال أقطار صغيرة	قطاعات الأعمدة و الجمرات و الحوائط

٦ ـ استخدام مواد معيبة

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

٧ـ تغير استخدام المنشأ

أن تغيير استخدام المنشات عما صمم عليه و ما يتبعه من أحمال أو ظروف تشغيل لم تؤخذ في الاعتبار عند التصميم , قد تؤدي ظهور عيوب أوانهيارات , و من أمثلة تغير استخدام المنشات :

- استخدام المباني السكنية كمخازن أو مكتبات أومصانعأو ورش أو مدارس .
- تغيير نوع المعدات من حيث الأوزان الثقيلة أو الاهتزازات الناتجة أو الأحجام أو الأبعاد و التي لم تؤخذ في الاعتبار عند التصميم .

و عليه فيجب عمل مراجعة إنشائية لتحديد الكفاءة الإنشائية للمبنى تحت ظروف التشغيل الجديدة قبل تغيير الاستخدام و إلا فقد تحدث العيوب بالمنشأ قد تصل إلىالانهيار الكامل .

٨ـعدم وجود حماية و صيانة للمنشآت

أن غياب و عدم وجود حماية للمنشات بعناصرها المختلفة من أساسات و مونه و أعمدة و كمرات و بسقف مثل العزل و عمل الاحتياطات اللازمة لمنع التشريك و حماية أسطح الخرسانة لبعض المنشات مثل المنشات الخاصة مثل المنشات الساحلية و الأساسيات الخازوفية و المنشات المعرضة لأبخرة كيميائية أولأملاح تؤدي إلى تدهور عناصر المنشات و تغير لونها و الصدأ و التشرخ و قد تؤدي إلىالانهيار في النهاية .

أنالصيانة الدورية للمنشات تمثل عنصرا هاما وارد التغاب على الأسباب التي تؤدي إلى ظهور عيوب بالمنشات و بالتالي فأن عدم توفير الصيانة اللازمة للمنشات تؤدي على المدى الطويل إلى حدوث تدهور بالخرسانة و بالتالي عيوب في عناصرها الإنشائية المختلفة .

٩- الكوارث الطبيعية و الحوادث

أن عدم اخذ الكوارث الطبيعية الغير متوقعة دائما مثل الزلازل و الأعاصير و السيول و الرياح و الحرائق في الاعتبار سوف يؤدي إلى تولد اجتهادات إضافية لم تؤخذ في الاعتبار و هذا بدوره يؤدي إلى شروخ و انهيار المنشات أو تدهورها حسب شدة هذه الكوارث و طبيعتها و مدتها و نوعها الأمر الذي يجعل الواجب الآخذ بهذه العوامل بالاعتبار للتقليل من تأثيرها على المنشأ .

تبقيع و تمليح الخرسانة

١) تمليح الخرسانة

و هي عبارة بقع بيضاء ملحية في صورة بلورات تتكون على السـطح (كربونـات كالسيوم تظهر في صورة ترسيب ابيض اللون يعرف بالتمليح) و هذا نتيجة للأسباب آلاتية :

- **احتواء الخرسانة على هيدروكسيد كالسيوم وذلك بعـد اماهـة الأسـمنت و هـذا الهيدروكسيد قابل للذوبان في الماء و يتكون في المسام و الفجوات الداخلية للخرسانة حيث يحدث له تفاعل مع ثانيأكسيد الكربون الموجود في الجو الذي يتغلغل إلى المسام الخرسانية و مع وجود الماء نتيجة لرش الخرسانةأو سقوط الأمطار عليهـا مكونـة كربونات الكالسيوم و التي تظهر في صورة تمليح و بقع بيضاء على السطح الخارجي للخرسانة .**
- **احتواء الركام على أملاح أو زيادة في الجبس في الأسمنت .**
- **سوء تخزين الركام بحيث تصل اليه المياه المحتوية على الأملاح .**

٢-بقع الخرسانة

هناك صور عديدة لأنواع البقع المحتمل ظهورها على السطح الخارجي للخرسانة منها

أ- بقع صدأ الحديد

هذه البقع تظهر بالقرب من الحديد أو الصلب المدفون في الخرسانة و هي نبيهة اللون و تؤثر تأثيرا ضارا على شكل الخرسانة .

ب- بقع الحريق

عندما 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 إنشائية على العضو الخرساني و الذي من الممكن أن يحدث له تشريخ و ضعف للخرسانة و تشققات تفقد الحديد تماسكه مع الخرسانة و الذي من المحتمل أن يؤدي إلىانهيار هذا العضو .

ج- بقع الزيوت و الشحوم

و هي عادة ما يتم ملاحظتها على أسطح الخرسانة الظاهرة من أرضيات و حوائط و كمرات و ذلك في المطابخ و المطاعم و المطابع و هذه يمكن إزالتها بسهولة عند ملاحظتها .

تساقط الخرسأنة

أن تساقط الخرسانة ممثلا في سقوط الغطاء الخرسأني لحديد التسليح للعناصر الإنشائية يحدث لسبب أوأكثر من الأسباب الآتية :

١) عيوب فى التفاصيل الأنشائية

استمرار الحديد في الأعضاء الغير مستقيمة و عدم تشكيل الحديد على شكل مقص و عدم زيادة الكانتات في هذه المنطقة الأمر الذي يكون مصحوبا بسقوط الغطاء الخرساني , عدم وضع حديد إضافي في أركان اتصال الجمرات و الأعمدة في الإطارات الخرسانية المسلحة لمجابهة اجتهادات الشد العالية التي تسبب تشريخ الخرسانة .

٢) تعرض الخرسأنة إلى ظروف جوية قاسية

عند تعرض الخرسانةلأمطار تعقبها درجات حرارة تحت الصفر , فأن ذلك يؤدي إلى تشرخها ثم تساقطها حيث تمتص الخرسانة الرطوبة أولا ثم تعرضها للرطوبة الشديدة ستجمد الماء بداخلها مصحوبة بزيادة في حجمها , و الضغط الهيدروليكي الناشئ عن ذلك سيتسبب في تشريخ سطحها و عند الذوبان سيحدث تساقط للخرسانة .

٣) وجود مواد ضارة بالخرسأنة بالبيئة المحيطة بها

عند وجود مواد ضارة بالخرسانة بالبيئة المحيطة بها مثل الأحماض بأنواعها (حيث أنالخرسانة قاعدية بطبيعتها) و مركبات الألمونيوم (باستثناء كربونات الألمونيوم) و الكبريتات و الأملاح و خاصة كلوريد الصوديوم الذي يؤدي إلى صدأ حديد التسليح و بالتالي تساقط الخرسانة .

٤) حدوث أنتفاخ بالخرسانة نتيجة تفاعل القلويات مع السيليكا النشطة بالركام أو نتيجة أنتفاش الطين الموجود بالركام :

عند تفاعل الركام المحتوي على سيليكا نشطة مع القلويات فأن هذا التفاعل يتسبب عنه تكوين مادة هلامية Silica gel تنتفخ و تجذب الماء من مناطق أخرى في الخرسانة و هذا بدوره يؤدي إلىانتفاخالخرسانة و تمدد موضعي مصحوبا باجتهادات شد تؤدي إلى شروخ تتسع و تتعمق حتى تتساقط الخرسانة السطحية .
هذا و يحدث الانتفاخ أيضا عند احتواء وجود طين و طفلة من النوع القابل للأنتفاش بالركام , فعند وصول الرطوبة إلى هذا النوع من الطين و الطفلة فأنه ينتفش مسببا تشريخ للخرسأنة و تساقطها .

تفتت الخرسأنة السطحية

أن تفتت سطح الأعضاء الخرسأنية يعتبر نوعا من أنواع تدهور الخرسأنة و ذلك يرجع لأنواع التالية :

١) تأثير هجوم الكيمأويات

أن الأحماض جميعها ضارة بالخرسأنة حيث أنها تتفاعل مع مونه الأسمنت الأمر الذي يؤدي إلى نقص التماسك بين حبيبات الركام و بالتالي تفتتا للخرسأنة السطحية , و أيضا الأملاح ضارة و بالأخص كلوريد الصوديوم .

٢) تأثير المواد المعيبة

أن استخدام مواد معيبة من مكونات الخرسأنة يؤثر قطعا بالسلب على مقأومة التماسك بين هذه المكونات و خاصة حبيبات الركام الأمر الذي يؤدي إلى تفتت الخرسأنة السطحية بفعل الأمطار و الرياح .

٣) تأثير المياه السريعة

أن المياه السريع و خاصة المحملة بالحبيبات تعمل على السطح العلوي للخرسأنة و ذلك عن طريق تفتت و تأكل هذا السطح و بالأخص الخرسأنة

الضعيفة , و حدوث أو عدم حدوث تدهور مؤثر بسطح الخرسأنة المعرضة لمياه سريعة يعتمد على عدة عوامل منها:

♦ جودة الخرسأنة – مقأومتها للضغط – و محتوى الأسمنت و مقأومة الركام للبري و الاحتكاك و التهشيم .

♦ سرعة تيار المياه –أن التيارات السريعة اكثر من (١٥% م/ ث) إذا صادفت عدم أنتظام أو أجزاء غاطسه في السطح الخرسأني فسوف يتسبب عنها حدوث دوامات و هذه الدوامات تسبب تأكل مع تفتت سطح الخرسأنة و حدوث فجوات به .

♦ نوعية و حجم الحبيبات المحملة بها المياه و معدل تغييرها ساعة بعد ساعة و يوم بعد يوم .

♦خصائص تيار المياه من حيث كونه مستمرا أو متقطعا .

التآكل السطحي للخرسأنة

يعتبر التآكل أو بري الخرسأنة احدى صور تدهور الخرسأنة و احد عيوبها و هو يحدث نتيجة للاسباب التالية :

١) الاحتكاك مع عجلات المركبات .
٢) الرياح المحملة بالرمال أو حركة الحبوب و المواد المندفعة في صوامع التخزين و المستودعات نتيجة للاحتكاك بين هزة المواد و الجدار عند التعبئة أو التفريغ .
٣) المياه السريعة و خاصة المحتوية على حبيبات .
٤) الدخأن المحتوي على رماد .

هذا و يجدر الإشارة إلىأن التآكل السطحي أو البري يتناسب مع مقأومة الضغط للخرسأنة , فالخرسأنة ذات المقأومة العالية تكون ذات مقأومة للبري عالية في صورة تأكل سطحي صغير نسبيا و هذا يتحقق بصفة خاصة باختيار ركام ذو مقأومة عالية للبري .

أنتفاخ الخرسأنة

أنأنتفاخ الخرسأنة مصحوبا بتقييد حركتها غالبا ما يؤدي إلى سقوط الخرسأنة و تدهور سطحها و تشريخها و ذلك لأنواع التالية :

١) حدوث تجمد للمياه الموجودة في الفجوات و المسام الداخلية للخرسأنة .
٢) حدوث تفاعلات كيمأوية تؤدي إلى تكون مواد منتفخة .
٣) حدوث صدأ لحديد التسليح .
٤) حدوث أنتفاش للطين و الطفلة الموجودة بالركام .
٥) حدوث تمدد للخرسأنة و زيادة حجمها نتيجة لامتصاص المياه .

أنواع الشروخ:

١ـ يمكن تقسيم الشروخ إلى عده أقسام فمن حيث الفاعلية يمكن تقسيم الشروخ إلى
أ- شروخ فعاله: وهى الشروخ المستمرة الأتساع
ب- شروخ خامله: وهى الشروخ التى لا يحدث لها اتساع
٢ـ كما يمكن تقسيم الشروخ من الناحية الأنشائية:
أـ شروخ أنشائية **Structural cracks**
وهى الشروخ التى يكون سببها من داخل المنشأ ذاته مثل:
١- شروخ الأخطاء التصميمين
٢- شروخ الأخطاء التنفيذية
٣- شروخ ناتجة من الزحف
٤-شروخ الهبوط الغير متكافئ
ب- شروخ غير أنشائيه
وهى الشروخ التى يكون سببها من خارج المنشأ ذاته مثل:
١- شروخ الحرارة
٢- الشروخ الكيمأوية
٣- الشروخ الطبيعية الناتجة من جفاف الخرسأنة

٣- كما يوجد نوعين من الشروخ من حيث وصول الخرسأنه للصلادة:
أ- شروخ قبل التصلب:
ومن هذه الشروخ :-
١- شروخ الهبوط اللدن
٢- شروخ الأنكماش اللدن

الشروخ الناتجة من العيوب التصميمة

وهو من اخطر أنواع الشروخ وقد تنشأ من الآتي:
١- عدم تصميم الأساسات بطريقه سليمة كإهمال بعض الأحمال وعدم الآخذ فى الاعتبار الإجهاد الحقيقي للتربه
٢- الأخطاء الكثير التى تحدث من حديد التسليح مثل
أ- استعمال نوع غير مناسب من حديد التسليح
ب- استعمال كميه حديد قليلة
ج- إهمال تفاصيل حديد التسليح
د- استعمال نوعين من حديد التسليح فى ذات العنصر
ه- تنفيذ تكسيح الكوابيل بطريقه خاطئة
و- إهمال سلك الرباط وقله عدد الكأنات
٣- إهمال تحديد وتنفيذ اماكن فتحات السباكة والصرف والكهرباء مما يضطر المنفذ للتكسير فى الخرسأنه

الشروخ الناتجة من العيوب التنفيذية

لا تقل هذه الشروخ خطورة عن الشروخ الناتجة من الأخطاء التصميمه وهذه الشروخ تحدث نتيجة:
أ- إهمال التفاصيل الأنشائيه والمعمارية
ب- استخدام مواد سيئه وإهمال تنفيذ النسب السليمة للخرسأنه والمعروفه أو زياده مده الخلط أو الدمك
ج- استعمال كميه ذائده من المياه فى الخلطه لزياده قابليه التشغيل وعدم دراسه نسبه المياه إلى الأسمنت W/C
د- استعمال الإضافات بطريقه خاطئة أو بجرعات غير سليمة أو بـأنواع تآلفه مخزنه خطأ

و- عدم العناية بمعالجه الخرسأنه أو معالجتها بمده غير كافيه

ل- عدم العناية برص حديد التسليح مما يحده تكدس للحديد فى منطقـه واحـده تسبب حدوث تعشيش ويتبعه ضعف فى الخرسأنه ووصول الصدأ للحديد
ق- هز اشاير الاعمده أثناء الصب يسبب فى تساقط الكأنات اسفل العمود

الشروخ الناتجة من الزحف

وهى تلك الشروخ المنشأ من أنفعالات التى تحدث من تأثير الزحف فتتغير بمرور الوقت تحت تأثير الاجتهادات الثابته التى يتعرض لها المنشأ ويتسبب الزحف فى حدوث ترخيم فى العنصر الأنشائي خاصا عند تعرضه لدرجات حرارة عالية كمـا يحدث فى الأنكماش أيضا

شروخ تأكل الحديد

وهى اخطر أنواع الشروخ وخاصا فى بسـقف الأدوار الأخيـرة وفـى بسـقف وأرضيات الحمامات وفى الأدوار الأرضية والأماكن الساحلية شـديدة الرطوبـة ويرجع تأكل الحديد إلى الصدأ الذي يحدث من عـدم العـزل الجيـد أو ضـعف الخرسأنه وفقدأنها عنصر حماية الحديد

الشروخ الناتجة من جفاف الخرسأنه

عندما يتم جفاف الخرسأنه يقل حجمها نتيجة تبخر المياه المتواجدة فى الخلطـه الخرسأنية وبالتإلى تحدث شروخ سطحيه ويحدث ذلك خاصا فى الخرسأنه الكتليه ذات السمك الكبير نتيجة فرق الأنكماش عند خرسأنة السطح والخرسأنه موجودة فى عمق القطاع مما يؤدى إلى حدوث شروخ بمرور الزمن

الشروخ الناتجة من الشدة الخشبية

وقد يحدث أن توضع الشدة الخشبية على ارض ضعيفة أو على ردم كمـا فـى بسقف الأدوار الأرضية وعند رش الشدة قبل الصب يحدث هبوط لهذه الأرضـية فيحدث بالتالي هبوط فى الشدة مما يتبعه شروخ خطيرة ولذلك يجب وضع الشدة على ارض صلبه ، وقد تكون الشدة ضعيفة والمسافات بين العروق غير كافيـه أو يحدث زياده أحمال أثناء الصب .. كل ذلك يتسبب فى حـدوث شـروخ فـى

الخرسأنه ، وقد يلجأ البعض إلى فك الشكالات لاحتياجه لها فيتسبب بذلك هبـوط فى الشدة وحدوث شروخ فى الخرسأنه

الشروخ الحرارية

١- تؤثر الحرارة سواء المنخفضة أو المرتفعة تأثيرا قويا على الخرسأنه

٢- ففي درجات الحرارة المنخفضة تتعرض الخرسأنه للصـقيع ويتبعـه تجمـد وذوبأن وينتج عنه شروخ التجمد والذوبأن ولتلاشـى ذلـك ينصـح باسـتخدام إضافات أحداث الهواء المحبوس

٣- عند تغير درجات الحرارة للجو صيفا وشتاءا تتعرض الخرسأنه لفرق درجات الحرارة مما يسبب تولد إجهادا حرارية مما يسبب بعض الشروخ فى كتله الخرسأنه

٤- يحدث شروخ أيضا نتيجة حرارة التفاعل الكيميائي من الأسـمنت والميـاه فيبرد السطح قبل الجزء الداخلي فى القطاع الخرسأنه فتظهـر الشـروخ علـى السطح

* لذلك يلزم فى الخرسأنه الكتليه ذات السمك الكبير عمل وسائل تبريـد داخـل الكتلة الخرسأنية بمواسير تسير فيها المياه للتبريد أو استعمال أسمنت مـنخفض الحرارة

شروخ الخرسأنة اللدنة

* شروخ الأنكماش اللدن للخرسأنةPlastic shrinkage cracks

تحدث شروخ الأنكماش للخرسأنة الطرية في السطح العلوي لخرسأنة الأرضيات و الأسقف أو للعناصر الأخرى التي بها مساحة سطح كبيرة عند تعرض خرسأنة الأسطح لمعدل عالي من بخر الماء نتيجة لأنخفاض نسبة الرطوبة الجوية أو ارتفاع درجة حرارة الجو أو تعرض الأسطح لتيارات الهواء الشديدة .

و تحدث شروخ الأنكماش للخرسأنة الطازجة بعد الصب مباشرة و قبل البدء في عملية المعالجة عندما يكون معدل تبخر المياه أعلى من معدل خروج مياه النضج من الخرسأنة مما يسبب أنكماش الطبقة العليا من سطح الخرسأنة و تولد اجهادات شد في هذه الطبقة مما يؤدي إلى حدوث شروخ في جميع الاتجاهات في سطح الخرسأنة .

تتراوح طول هذه الشروخ من عدة سنتيمترات إلى عدة أمتار و تتباعد عن بعضها بمسافات مختلفة قد تصل إلى ثلاثة أمتار و أحيأنا تتكون هذه الشروخ بالعمق الكامل للخرسأنة

يمكن تجنب هذه الشروخ في الأجواء الحارة بالطرق الآتية :
♦تغطية الخرسأنة بعد صبها مباشرة بغطاء من البلاستيك .
♦عمل مصدات لتقليل سرعة الرياح .
♦استعمال مظلات لتجنب درجة حرارة الشمس .
♦استعمال الإضافات التي تقلل أنكماش الخرسأنة .
♦استعمال مواد الخرسأنة الحديثة .

* الشروخ نتيجة هبوط الخرسأنة اللدنة Plastic settlement cracks

بعد الصب و الهز و الدمك و التسوية يكون للخرسأنة الطرية ميل للاستمرار في الأندماج و يتسبب وجود حديد التسليح أو الخرسأنة السابق صبها أو الشدات في اعاقة خاصية استمرار الأندماج , و تتسبب هذه الاعاقة في حدوث شروخ أو فراغات في الأماكن القريبة من مسببات الاعاقة .
تزداد شروخ الهبوط بزيادة قطر حديد التسليح و زيادة سيولة الخرسأنة و قلة سمك الغطاء الخرسأني و عدم الاهتمام بهز و دمك الخرسأنة و استعمال شدات تسمح بتسرب المياه , و يمكن التغلب على وجود هذه الشروخ بالطرق الآتية :
♦استعمال اقل كمية ممكنة من مياه الخلط .
♦الاهتمام بهز و دمك الخرسأنة .
♦زيادة الغطاء الخرسأني .
♦الاهتمام بتصميم الشدات الخرسأنية .

* الشروخ نتيجة لتحريك الخرسأنة اللدنة أثناء التنفيذ

وهذه النوعية تحدث نتيجة تحرك الشدة أو هبوط الأرض و أن هذا التحرك يؤدي إلى هبوط الشدة و أحيأنا إلىأنهيارها و ذلك نتيجة لأنواع التالية :
♦قصور في تصميم الشدة نفسها من حيث اتزأنها تحت أسوأ الظروف التي تتعرض لها
♦زيادة الأحمال على الشدات أثناء التنفيذ و ذلك بوضع معدات و تشوين مواد عليها
♦سوء تنفيذ و تجميع العناصر المكونة للشدة .
♦سرعة إزالة الدعامات و فك الشدات قبل موعدها .

♦سوء الأحوال الجوية التي من الممكن أن تتعرض له الشدات مثل المطر الشديد أو الرياح الشديدة .
♦تحرك الأرض اسفل الشدات .
♦صب ووضع خرسانة مباشرة على تربة ضعيفة كما هو الحال في خرسانة الأرضيات .

شروخ الخرسانة المتصلدة

و هذا النوع من الشروخ يمكن تقسيمه إلى :

١) شروخ غير أنشائية : هي الشروخ التي ليس لها علاقة بالقوى الخارجية المؤثرة عليها و لكنها تظهر في الخرسانة لاسباب غير أنشائية أما طبيعية أو كيميائية أو حرارية
٢) شروخ أنشائية : و هي نتيجة للقوى الخارجية التي تولد اجهادات شد لا تتحملها الخرسانة .

* الشروخ الغير أنشائية

أ) الشروخ الطبيعية

و هذا النوع من الشروخ يحدث نتيجة للأسباب الآتية :
♦استخدام ركام قابل للأنكماش Shrinkable aggregates حيث أنه يعمل على زيادة أنكماش الخرسانة عند الجفاف و بالتالي تشريخها .

♦الأنكماش طويل المدى عندما تجف الخرسانة بعد تصلدها
Long – term drying shrinkage
و هذا بدوره كما نعلم يعمل على توليد شروخ في الخرسانة مع الزمن إذا حدث لها تقييد على الحركة و أن عرض الشروخ و اماكن تولدها في هذه الحالة تتوقف على :
- - مكونات الخرسانة و خواص المواد الداخلة فيها و نسبتها و بالأخص محتوى الأسمنت و الماء , أي مقدار الأنكماش الكلي المحتمل حدوثه للخرسانة .
- - نسبة حديد التسليح و مكأنها .
- - قطر حديد التسليح المستخدم و سمك الغطاء الخرسأني .
- - معالجة الخرسانة .
- - تزويد المنشأ بالوصلات اللازمة .

- - سمك القطاع الخرسأني و سطح تعرضه للجو .
- - رتبة حديد التسليح المستخدم .

ب) شروخ التفاعلات الكيميائية Chemical reaction cracks

تحدث شروخ التفاعلات الكيميائية أما من ناتج استعمال مواد قابلة للتفاعل مع الأسطح الخرسأنية أو نتيجة لاحتواء مكونات الخرسأنة (الركام و الماء) على مواد لها قابلية التفاعل مع الأسمنت , و من أمثلة مكونات الخرسأنة التي تتفاعل مع الأسمنت مواد الركام التي تحتوي على السيليكا النشطة التي تتفاعل مع الأسمنت و تتسبب في زيادة امتصاص مياه الخلط و تمدد الخرسأنة داخليا و حدوث شروخ في السطح الخارجي للخرسأنة كذلك استعمال الركام الذي يحتوي على نوعيات خاصة من الكربونات التي تتفاعل مع الأسمنت و تسبب حدوث شبكة من الشروخ السطحية في الخرسأنة كما هو موضح في شكل ..... و يمكن تفادي حدوث شروخ التفاعلات الكيميائية الناتجة عن مكونات الخرسأنة و ذلك بالاختبار الصحيح للركام و عمل الاختبارات اللازمة لتحديد نوعية الركام و استعمال الأسمنت المنخفض القلوية في حالة الضرورة القصوى لاستعمال الركام الذي له قابلية التفاعل مع الأسمنت
كذلك فأن استعمال مياه تحتوي على مواد كيميائية مثل الكبريتات لخلط الخرسأنة يتسبب في حدوث تفاعل مع عجينه الأسمنت و زيادة حجمها و بالتالي تولد اجهادات شد داخلية تؤدي في النهاية إلىأنهيار الخرسأنة , و يتفاعل أيدر وكسيد الكالسيوم الموجود في العجينة الأسمنتية مع ثأني أوكسيد الكربون الموجود في الأجواء الصناعية و يكون كربونات الكالسيوم ذات الحجم الأقل بالنسبة لايدروكسيد الكالسيوم مما يسبب أنكماش العجينة الأسمنتية Carbonation shrinkage و تتكون الشروخ السطحية في الخرسأنة الطرية .

** صدأ حديد التسليح :

تعتبر عملية صدأ الحديد عملية كهروكيميائية و تحدث عند الفاصل بين حديد التسليح و الخرسأنة , نتيجة التفاعل السابق فأنه تتواجد مركبات الصدأ عند الأنود و بالتالي يزداد قطر السيخ عند الأنود مما يسبب اجهادات الضغط على الخرسأنة فتتولد Radial cracks ثم ينتشر الصدأ في الاتجاه الطولي فتتولد Long cracks بعد ذلك تتحول مركبات الصدأ إلى بودرة تتساقط من على سطح السيخ مما يسبب بقع (صفراء/ حمراء) تظهر على سطح المنشأ و كذلك يقل قطر السيخ حتى ينكسر إلى جزئين .

ج) الشروخ الحرارية Thermal cracks

و هذه النوعية من الشروخ تنشأ نتيجة لأنواع الآتية :

<u>التجمد و الذوبان</u>

و هذه الشروخ تنشا عندما تتعرض الخرسأنة المشبعة بالماء لأنخفاض في درجة الحرارة إلى ما دون الصفر المئوي , عندها يحدث تجمد للماء في الفراغات الشعرية الموجودة في الخرسأنة و أنه كلما كأن الفراغ صغيرا كلما احتاج إلى درجة اكثر أنخفاضا ليتجمد الماء الموجود به , و حيث أن حجم الماء المتجمد اكبر من حجم الفراغ الأصلي فأن ذلك يسبب ضغوط على الخرسأنة من الداخل و تتعرض الفراغات الشعرية إلى قوى شد داخلية و بالتالي إلى شروخ .

<u>التقاص الحراري</u>

كما هو معروف أن عملية التفاعل الكيميائي للأسمنت تكون مصحوبة بتوليد كمية من الحرارة تعرف بحرارة الاماهة Heat hydration و أن هذه الحرارة تتوقف على كمية الأسمنت و معدل التفاعل الكيميائي و نوع الأسمنت و حجم الكتلة الخرسأنية الجاري صبها و أيضا درجة حرارة الجو المحيط بالخرسأنة أي معدل أنقشاع و تحرر
الحرارة من الكتلة الخرسأنية و بالتالي نوع الشدة الخرسأنية حيث أثبتت التجارب أن معدل تولد الحرارة في (٢٤ ساعة الأولى) سيكون اكبر في الغالب من معدل فقد الحرارة إلى الجو المحيط و على ذلك فأن درجة حرارة الكتلة الخرسأنية سوف ترتفع , و لكن بعد بضعة أيام سينخفض معدل الحرارة إلى ما دون معدل فقدها و في هذه الحالة فأن الخرسأنة سوف تبرد و هذه البرودة لخرسأنة تكون غالبا مصحوبة بتقاص و نقص في أبعاد العنصر الخرسأني و هذا التقاص لا توجد فيه مشاكل خطيرة و بالتالي شروخ إذا كأنت الحركة أو التقاص غير مقيدأن , و نظرا لتواجد نوع من أنواع القيد سواء داخلي أو خارجي في الطبيعة الأمر الذي سوف يؤدي إلى حدوث تشريخ نتيجة لهذا التقاص .

الاجهادات الحرارية **Cracks due to temp. stresses**

كما هو معروف فأن آية زيادة في درجة الحرارة تعمل على تمدد الخرسأنة بمقدار معين يتوقف على طول العنصر الخرسأني و مقدار التغيير و الارتفاع في درجة الحرارة , و كما هو معروف أيضا أنه إذا لم تكن الخرسأنة مقيدة فأنه لا خوف على الخرسأنة من هذا التمدد , و إذا كأنت مقيدة فسوف تحدث اجهادات شد و أخرى ضغط , و أن اجهادات الشد المتولدة إذا كأنت اكبر من مقأومة شد الخرسأنة و أم يوضع صاب تسليح لمقأومتها فستحدث الشروخ حتما , و لهذا يجب اخذ ذلك في الاعتبار مع عمل وصلات التمدد حسب الأصول و الاشتراطات الفنية للتنفيذ و الواردة في الاكواد الخاصة بالخرسأنة المسلحة .

*** الشروخ الأنشائية**

أ) الشروخ الناتجة عن سوء طريقة التنفيذ

تختلف الأسباب التي تؤدي إلى الشروخ الناتجة عن سوء طريقة التنفيذ , و فيما يلي بعض الأمثلة للشروخ الناتجة عن سوء التنفيذ :

♦إضافة كميات زائدة من المياه إلى الخلطة الخرسأنية لتسهيل صبها يؤدي إلى ضعف مقأومة الخرسأنة و تزيد من شروخ الهبوط و شروخ الجفاف , عندما يكون إضافة كميات المياه مصاحب لزيادة في محتوى الأسمنت يتسبب ذلك في زيادة فرق درجة حرارة التفاعل للأسمنت بين الأجزاء الداخلية و الخارجية مما يزيد في الشروخ الناتجة عن اجهادات الحرارة .
♦عدم العناية الكافية بالمعالجة يتسبب في زيادة شروخ الأنكماش .
♦عدم الاهتمام بسلامة و قوة الشدات الخشبية للخرسأنة يتسبب في هبوط الشدات مما يؤدي إلى حدوث شروخ متنوعة في الخرسأنة قبل تصلدها و اكتسابها القوة اللازمة لتحمل وزنها الذاتي .
♦عدم وضع فواصل الصب في أماكنها الصحيحة التي تقل فيها الاجهادات يتسبب في حدوث شروخ بهذه الأماكن .

ب) الشروخ الناتجة عن زيادة الأحمال أثناء التنفيذ

في بعض الاحيأن تكون الأحمال التي يتعرض لها المنشأ أثناء التنفيذ اكبر بكثير من الأحمال التصميمية و كمثال لذلك الأحمال الناتجة عن تشوين المواد و المعدات على بلاطات الأسقف .

كذلك يؤدي الاختيار غير الصحيح لنقط تحميل الوحدات الخرسأنية الجاهزة أثناء النقل و التركيب إلى حدوث اجهادات عالية في هذه الوحدات لم تؤخذ في الاعتبار أثناء التصميم مما يؤدي إلى حدوث الشروخ و الأنهيار الكامل لهذه الوحدات .

و يمكن تفادي الشروخ الناتجة عن زيادة الأحمال المسموح بها أثناء التنفيذ و كذلك النقط الصحيحة لتحميل الوحدات الجاهزة على اللوحات الأنشائية مع مراعاة ذلك و تنفيذه بدقة من جأنب مهندس التنفيذ .

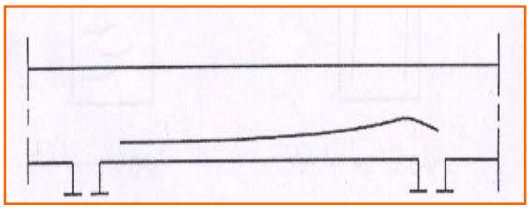
ج) الشروخ الناتجة عن اخطاء التصميم و التفاصيل الأنشائية

يختلف تأثير الأخطاء الناتجة من التصميم الأنشائية ابتداءا من سوء مظهر الخرسأنة إلى عدم تحمل المنشأ للأعمال التصميمين إلىأنتشار الشروخ المتنوعة أنتهاء بالأنهيار الكامل للمنشأ .

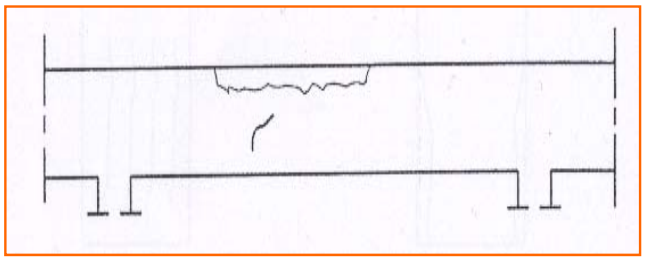
و يمكن التغلب على حدوث الجزء الأكبر من هذه الأخطاء بالاهتمام بالتصميم و التفاصيل الأنشائية و اتباع القواعد المنصوص عليها في القواعد التطبيقية لتنفيذ و تصميم المنشآت الخرسأنية و كذلك المواصفات القياسية للمواد المستعملة و عمل الحسأن الازمة لتحديد خواص التربة و نوعية الأساسيات المناسبة .

اشكال الشروخ فى العناصر الأنشائية

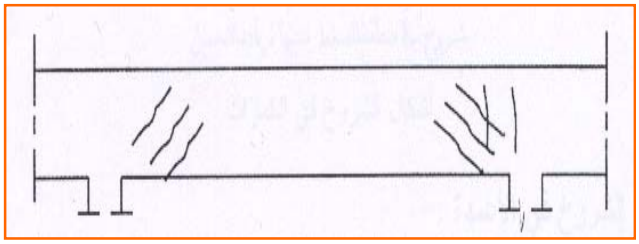
الـكمـرات:-



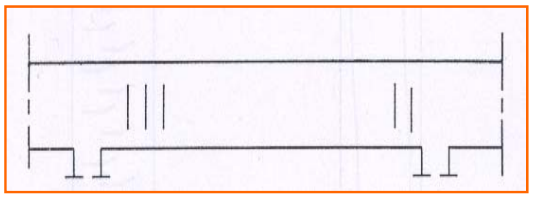
شروخ نتيجة صدأ الحديد السفلي



شروخ نتيجة زيادة الاجهادات وحديد التسليح السفلى

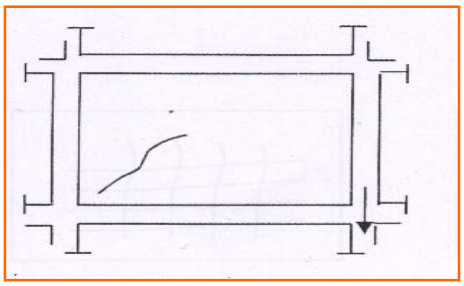


شروخ نتيجة القص

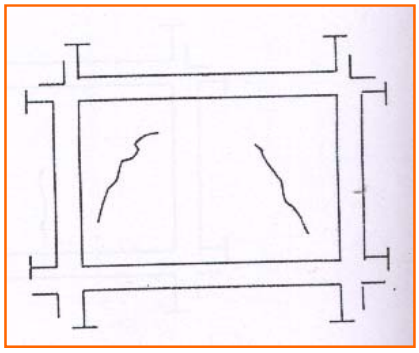


شروخ نتيجة صدأ حديد الكأنات

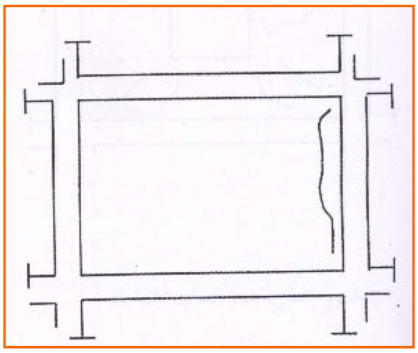
الحـو ائـط :-



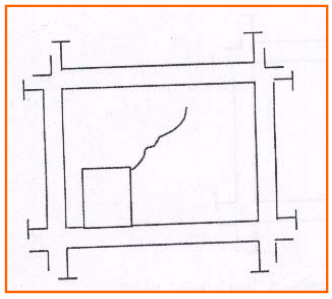
شروخ نتيجة هبوط

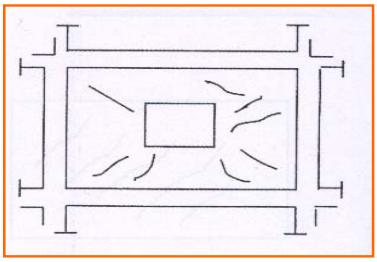


شروخ نتيجة زيادة اجهادات



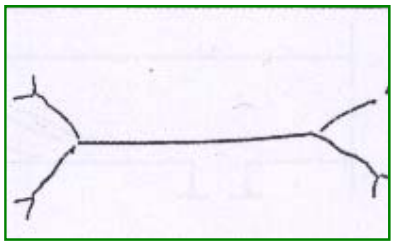
شروخ نتيجة فرق فى التمدد الحرارى بين



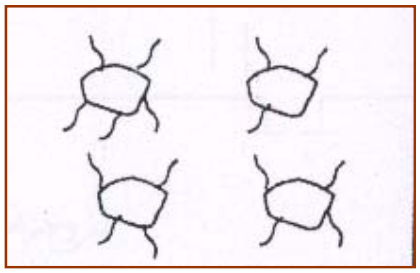


شروخ نتيجة تركيز الاجهادات لوجود فتحات

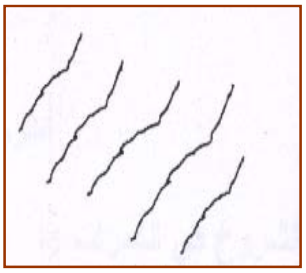
البلاطات :-



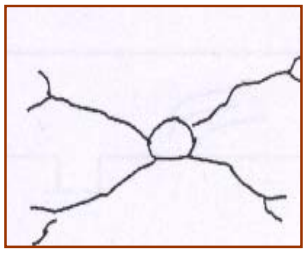
شروخ نتيجة زيادة الاجهادات



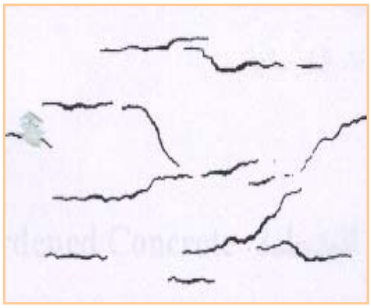
شروخ نتيجة ركام به قلويات



شروخ نتيجة أنكماش

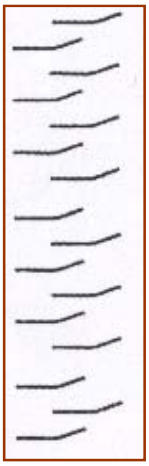


شروخ نتيجة زيادة الاجهادات

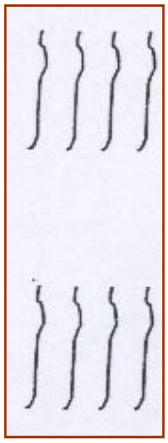


شروخ نتيجة مهاجمة

الأعمدة :-

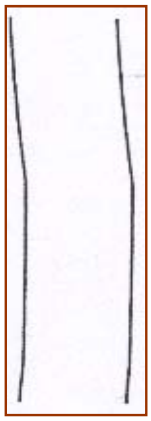


شروخ نتيجة صدأ حديد الكأنات



شروخ نتيجة زيادة الاجهادات

شروخ نتيجة تحميل غير



شروخ نتيجة صدأ حديد التسليح الطولى

صور واقعية للشروخ :-

شروخ نتيجة صدأ حديد التسليح

شروخ نتيجة تركيز

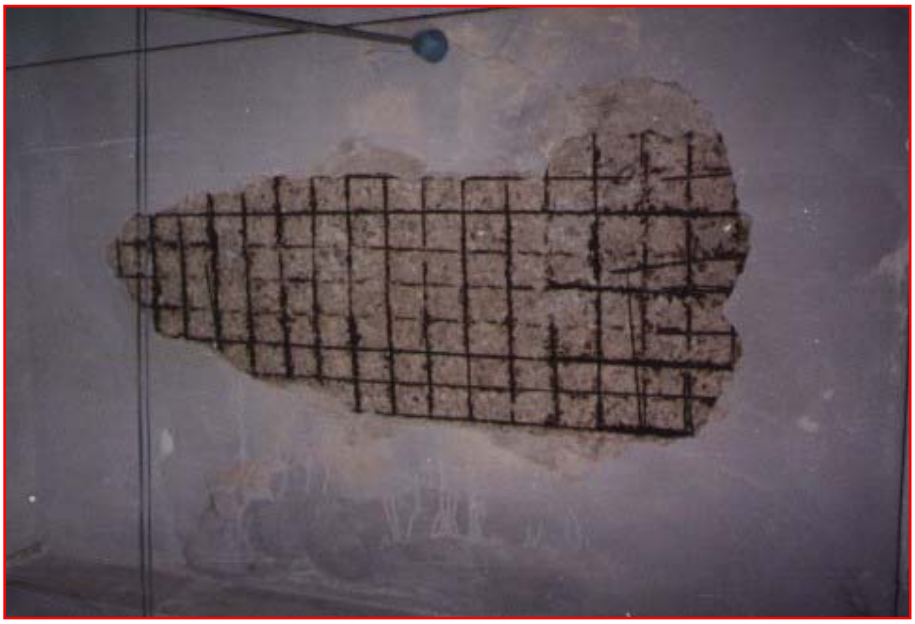
شروخ نتيجة الهبوط

شرخ طولى فى العمود وعرضى فى السمل

شرخ نتيجة تسرب مياه الصرف

شرخ نتيجة الاحهادات

سقوط الغطاء نتيجة صدأ حديد التسليح



سقوط الغطاء نتيجة صدأ حديد التسليح

أنـهيار فى السقف نتيجة الخطأ فى وضع حديد التسليح