

إلى

إلى من علمني أن ما عند الله هو خير مما يجمعون

إلى مثال الكفاح والصبر وكل أخلاقيات الإسلام

إلى أمي الحبيبة

إلى والدي الحبيب

أهدي هذا الكتاب

## شكر وتقدير

بسم الله الرحمن الرحيم

(ذلك فضل الله يؤتيه من يشاء والله ذو الفضل العظيم)

صدق الله العظيم

تقدم بخالص الشكر والتقدير :

إلى جميع أساتذتنا الذين زودونا بعلمهم وبأروع المفردات والعبارات والذي نكن لهم كل

الاحترام والتقدير والعرفان ونختص بالشكر لأستاذنا الفاضل

الدكتور/أبو بكر عبدا لله عبد الحفيظ السقاف الذي أشرف على بحثنا ولم ينخل علينا بأبي

معلومة كنا بحاجة إليها .

وشكر خاص إلى كل من ساعدنا ومد يد العون لإتمام بحثنا .

## مشاريع التخرج

### المقدمة:

تعتبر مشاريع التخرج ذات أهمية بالغة في حياة الطالب الجامعي وهي نتاج لحصيلة خمس سنوات من الدراسة الأكاديمية التي يقضيها الطالب بالنسبة لكلية الهندسة ومعرفة المستوى الحقيقي الذي وصل إليه ومدى قدرته على تطبيق ما درسه في الواقع العملي والتعرف على المشاكل والصعوبات التي سيواجهها وكيفية التغلب عليها قبل ممارسته للحياة العملية بعد تخرجه، كما أنها تعتبر (أي مشاريع التخرج) فرصة للتدريب العملي على استعمال الأجهزة المساحية وأجهزة المختبرات المعملية والبرامج الهندسية مثل (الأوتوكاد- ستاد برو- اللاند.... وغيرها) التي سيتعامل معها في الحياة العملية. بالإضافة إلى أن مشاريع التخرج تكسب الطالب الثقة بنفسه وبمعلوماته وقدرته على إنجاز أي عمل يوكل إليه في حياته المهنية، وكذلك تكسبه نوع من الخبرة وإن كانت محدودة. هذا على سبيل المثال لا الحصر. وهذا ما لمسناه في بحثنا هذا (مشروع التخرج- صيانة وترميم تصدعات وانهيئات المباني) والذي يعتبر من أهم المواضيع بل وأخطرها التي تهتم المهندسين والمتخصصين قبل التفكير في تصميم وتنفيذ المنشآت، بالإضافة إلى كونه أول مشروع تخرج يختص بتصديعات وانهيئات المباني على مستوى كلية الهندسة إن لم يكن على مستوى الجامعات اليمنية.

## مقدمة المشروع

تشتهر بلادنا بالتراث المعماري الأصيل الذي ينتشر في مختلف مدن ومحافظات الجمهورية من خلال اختلاف تنوع المباني من حيث المواد المستخدمة في البناء أو طريقة التنفيذ والتي لاتزال صامدة خلال القرون الماضية وإلى الآن أمام المتغيرات المناخية والعوامل الأخرى المسببة لانحيار المباني، وفي ظل التطور العلمي وظهور التكنولوجيا الحديثة في التصنيع للمواد والمعدات والآلات المستخدمة في البناء الحديث فقد شهدت بلادنا في الآونة الأخيرة تطوراً مذهلاً في البنى التحتية وخاصة ما يتعلق بالمنشآت العمرانية الحديثة والضخمة والتي تعتبر ثروة قومية ووطنية يجب المحافظة عليها، ولذلك كان لابد من عمل الدراسات والبحوث العلمية لمعرفة أسباب تصدع المباني ووضع الحلول والمعالجات للحد من هذه الظاهرة والتي تخص معظم المهندسين المدنيين وخاصة الإنشائيين نظراً لعلاقته بأمان المنشآت التي يتم تنفيذها ولتلافي المشكلة التي تؤرق المهنيين منهم بتصدع هذه المنشآت. لذلك فإن الهدف الأساسي من هذا البحث (مشروع التخرج- الجزء الأول- صيانة وترميم تصدعات وانحيارات المباني) ممثلاً في جميع أجزائه المختلفة هو إمداد الطالب والباحث والمهندس الإنشائي بالمعلومات الشاملة والكافية ذات الصلة بهذا الموضوع، الأمر الذي يتطلب الوقوف على تفاصيل مكونات وعناصر أضلاع المثلث المقفل والتي يعزى إليها انحيار معظم المنشآت الخرسانية المسلحة ممثلة في الضلع الأول وهو خاص بطبيعة وخواص المواد المكونة للخرسانة المسلحة من (زلط ورمال وأسمنت وحديد وماء وخرسانة عادية) مع مراقبة ضبط وتأكيد الجودة لمواد وأعمال الخرسانة المسلحة، الضلع الثاني وهو خاص بالسلوك الإنشائي للعناصر الخرسانية المختلفة المكونة للهيكل الإنشائي وطرق التصميم المختلفة لهذه العناصر والمعرضة لأحمال خارجية مختلفة تنتج عنها إجهادات داخلية مختلفة من إجهادات عمودية شد أو ضغط نتيجة لعزوم الإنحاء أو قوى عمودية أو إجهادات قاصة نتيجة لقوى قاصة أو عزوم لي أو إجهادات مركبة..... الخ، مع التفاصيل الخاصة بحديد التسليح ومتطلبات التشغيل حتى يصبح الهيكل الإنشائي آمناً وقادراً على تحمل الأحمال الواقعة واتي سوف تقع عليه مستقبلاً مع توفير معامل أمان كافي لمجابهة الكوارث الطبيعية..... الخ وطبقاً للكودات العالمية المستخدمة لتنفيذ وتصميم المنشآت الخرسانية، الضلع الثالث وهو يتعلق بالتنفيذ واشتراطاته حتى يمكن تلافي العيوب التي من المحتمل أن تنشأ نتيجة للقصور في هذا البند والتي تتسبب في تشريح الخرسانة وقد حاولنا أن نقوم بتجميع ما هو متاح ونافع من مراجع علمية مناسبة مع كتابة المصطلحات العلمية باللغة الإنجليزية عن طريق الترجمة مرة وتبسيط المعلومة مرة أخرى وبقدر المستطاع وحسب إمكانياتنا المحدودة لتكون سهلة في توصيلها وذلك بالتوضيح عن طريق الرسومات البيانية والأشكال والصور والجداول المنشورة في كتب و موارد عديدة وواسعة من المراجع والبحوث والدراسات العلمية والعالمية والمحلية والإنترنت. لذلك فإن بحثنا هذا مكون من تسعة أبواب يختص بعيوب وفحص وعلاج وتقوية المنشآت الخرسانية المسلحة المختلفة وكذلك تأثيرات الزلازل على استقرار المنشآت وكيفية رصد الهبوط للمباني بالإضافة إلى طرق الحماية والاحتياطات للمنشآت الخرسانية المسلحة.

كما يحتوي هذا البحث في نهايته على دراسة بالصور الملونة عن أسباب انحيارات المباني وطرق الترميم والصيانة.

## الباب الأول

### عيوب وانهيارات وتصدعات المباني

#### الفصل الأول

تصدعات المباني وأسبابها:

1-1- مقدمة:

2-1- التقسيم العام لعيوب المنشآت الخرسانية:

1-2-1- بالنسبة لمظهر وشكل هذه العيوب.

2-2-1- بالنسبة لمستوى حدوث ونوع وخطورة هذه العيوب.

3-2-1- بالنسبة للأسباب المؤدية إلى حدوث هذه العيوب.

#### الفصل الثاني

تشرخ الخرسانة:

1-2-1- مقدمة:

2-2-1- تصنيف الشروخ الخرسانية:

1-2-2-1 شروخ قبل تصلب الخرسانة:

- الانكماش اللدن للخرسانة.
- هبوط الخرسانة اللدنة.
- تحريك الخرسانة اللدنة أثناء التنفيذ.

2-2-2-1 شروخ تظهر بعد تصلب الخرسانة:

1. شروخ غير انشائية:

- طبيعي.
- كيميائي.
- حرارية.

2. شروخ إنشائية:

- قصور في التصميم.
- تحميل زائد.
- زحف الخرسانة.
- فرق الهبوط في التربة.
- أخطاء في التنفيذ.

#### الفصل الثالث

أسباب الشروخ وأشكالها وأماكن ظهورها.

## الفصل الأول

### 1-1- مقدمة:

تزايدت في الفترة الأخيرة ظاهرة تصدع وانهيار المنشآت الخرسانية بجميع أنواعها. ولما كانت هذه المباني الخرسانية تشكل جزءاً أساسياً من الثروة القومية للبلاد وتمس طبقة كبيرة من المواطنين، وبما أن معظم وأغلب المباني في بلادنا قديمة، وبسبب الكوارث الطبيعية الغير متوقعة والتي لم تؤخذ في الاعتبار عند تصميم هذه المباني مثل الهزات الأرضية "الزلازل" وبسبب نقص أو قصور في التصميم الهندسي والمواصفات والمقاييس العلمية للعناصر الإنشائية وعدم الالتزام الكامل بتطبيق مقاييس الجودة عند التنفيذ، وكذلك القصور وعدم الالتزام بالصيانة الصحيحة أو عمل إصلاحات خاطئة، كانت هذه العوامل هي المؤدية إلى ظهور العيوب والانهارات في الأبنية كما هو الحال في الواقع الآن على هذه الأبنية القديمة. وكان لزاماً بل ومن الواجب ضرورياً على المتخصصين دراسة هذه الظاهرة ومعرفة أسبابها وطرق علاجها والوقاية منها. ومن هذا المنطلق ولأهميته فقد حرصنا في بحثنا المتواضع هذا أن نتطرق (بالشرح والصورة) لجميع تلك العوامل ومعرفة الأسباب ووضع الحلول والمعالجات لها بالطرق العلمية والحديثة..

### 2-1- التقسيم العام لعيوب المنشآت الخرسانية:

#### 1-2-1- بالنسبة لمظهر وشكل هذه العيوب (تصدع ظاهري):

يعتبر مظهر العيوب بالنسبة للمنشآت الخرسانية أول ما يدركه شاغل هذه المنشآت عند بدايتها وبالتالي المهندس عند فحصه لهذه المنشآت. والعيوب الظاهرة للخرسانة بالمنشآت تتضمن مايلي:

- تشريخ cracking وما يتبعه من تشكلات وميل للمنشأ.... الخ.
- تساقط الخرسانة.
- التآكل السطحي.
- تفتت الخرسانة.
- انتفاخ الخرسانة.
- تبقيع وتمليح الخرسانة.

#### 2-2-1- بالنسبة لمستوى حدوث ونوع وخطورة العيوب (تصدع مواد الإنشاء+العنصر الإنشائي):

إن حدوث عيب في أي منشأ خرساني يمكن أن يحدث إما على مستوى المادة (material) أو على مستوى العنصر الإنشائي (structural element) أو على مستوى المنشأ ككل (structure as whole).

### 1-2-2-أ. عيوب على مستوى المادة:

وهي تشمل معظم العيوب التي سببها المواد المستخدمة في الإنشاء من خرسانة وحديد تسليح وإضافات وهذه العيوب يمكن أن تؤدي إلى (شروخ\_تساقط الخرسانة\_تآكل للخرسانة\_تفتت\_تبقيع وتمليح\_تهشيم موضعي\_صدأ في حديد التسليح.....الخ).

### 1\_2\_2\_ب \_ عيوب على مستوى العناصر الإنشائية:

وهي التي تظهر بالعناصر الإنشائية المكونة للمنشأ (الأعمدة\_الكمرات\_البلاطات\_القواعد) وتكون هذه العيوب في إحدى الصور التالية/ (تشكل وترخيم زائد \_ تدهور للخرسانة المسلحة للعضو).

### 1\_2\_2\_ج \_ عيوب على مستوى المنشأ ككل: يمكن تقسيمها إلى نوعين هما/

#### أولاً: عيوب تتعلق بصلاحية المبنى للاستخدام مثل:

- تعرض المنشأ إلى فرق في الهبوط (هبوط غير منتظم تحت أجزائه) يؤدي إلى انحرافه أو ميله أو التواءه عن وضعه الأصلي وتشربه.
- انزلاق المنشأ نتيجة لوجوده على تربة غير متجانسة.
- تعرض المنشأ إلى أزاحه أفقيه زائدة عن الحدود المسموح بها.
- تعرض المنشأ إلى هبوط رأسي زائد عن الحدود المسموح بها.
- تعرض المنشأ إلى اهتزازات زائدة غير مريحة.
- تعرض المنشأ إلى شروخ غير مقبولة في عناصره المكونة له.

#### ثانياً: عيوب تتعلق بأمان المنشأ مثل:

- الشروخ الإنشائية.
- الصدأ الشديد لحديد التسليح.
- الحمل الزائد عن الأحمال المسموح بها (تغير غرض استخدام المبنى).

### 1\_2\_3 \_ بالنسبة للسبب المؤدي إلى حدوث العيوب (أسباب التصدعات للمباني):

يمكن تصنيف الأسباب المؤدية إلى انهيار المباني حسب الشكل رقم (1).

1. سوء التنفيذ.
2. العوامل الجوية والظروف المحيطة مثل تصدعات الانكماش و الحرارة و التشققات الذاتية التي تحدث في الخرسانة في عمرها الأول.
3. ميكانيكا التربة وهندسة الأساسات.
4. صدأ التسليح.
5. قصور في التصميم.
6. مواد كيميائية.
7. كوارث طبيعية.

### 1-3-2-1- أسباب التصدعات المتعلقة بسوء التنفيذ:

- يعتبر سوء التنفيذ أحد أهم الأسباب المؤدية إلى التصدعات في المباني ويرجع ذلك إلى:
1. استعمال مواد أولية غير مطابقة للمواصفات.
  2. استعمال خرسانة فقيرة وضعيفة ومقاومتها أقل بكثير من المطلوب في مواصفات المشروع.
  3. تقليل كمية التسليح وتقليل عرض القطاعات وسمكها.
  4. عدم مراعاة الظروف المناخية والبيئية المؤثرة وعدم أخذ الاحتياطات لفروق درجات الحرارة بين الخرسانة والجو الخارجي وخاصة عند صب كميات ضخمة من الخرسانة.
  5. إهمال الدعم الجيد للشدات وعدم مراعاة أصول الصناعة والمواصفات في كيفية تثبيتها وخاصة عند إنشاء الأذرع، وفي بعض الحالات إزالة الشدات قبل حصول الخرسانة على المقاومة المطلوبة.
  6. إضافة أحمال جديدة فوق البلاطات أو الجسور أو الأعمدة دون مراعاة لما تتطلبه من حلول إنشائية صحيحة.
  7. إهمال التصريف الصحيح لمياه الأمطار وسوء تنفيذ الميول والصرف الصحي وعدم العزل الجيد للأنابيب.
  8. إهمال أنظمة ضبط الجودة ومراقبتها في المصنع والموقع.
  9. عدم اختيار جهاز الإشراف الجيد والمقاول الكفاء القادر على استدراك الأخطاء وحل مشكلات التنفيذ.
  10. سوء اختيار أماكن الفواصل وتنفيذ بعضها وإهمال الأخرى.
  11. زيادة تحميل الأعضاء الخرسانية في عمرها الأول عما تتحمله مقاومتها كتخزين مواد الإنشاء ومعدات التشييد.
  12. قطع أسياخ التسليح وإيجاد فتحات في الخرسانة لم تؤخذ بعين الاعتبار في التصميم الإنشائي.



### 1-2-3-2- أسباب التصدعات التي تتعلق بميكانيكا التربة وهندسة الأساسات:

تأتي التصدعات التي تنشأ بسبب مشكلة في ميكانيكا التربة وهندسة الأساسات في المرتبة الثالثة وكثيراً منها يتعلق بارتفاع منسوب المياه الجوفية ، و أهم الأسباب التي تؤدي إلى تصدعات المباني في مجال ميكانيكا التربة وهندسة الأساسات هي:-

1. التربة الانتفاخية.
2. التربة الإنهيارية.
3. الدراسات الناقصة وغير المتكاملة عن أحوال التربة أو التخمين الخاطئ لتحملها ، وإهمال تقارير خبراء التربة.
4. عدم تجانس التربة في المواقع.
5. هبوط التربة مع الزمن.
6. هبوط التربة تحت تأثير التأسيس للمباني المجاورة.
7. ارتفاع منسوب المياه الجوفية أو تأثير الأمطار والمجاري والزراعة والتسريبات.
8. ردميات غير مناسبة ودمك غير جيد.
9. تغير خواص التربة بتغير نسبة الرطوبة وارتفاع المياه الجوفية.
10. زيادة الأحمال على الأساسات.
11. القطع الصخري ومشكلات التأسيس عليه.
12. نسبة أملاح أو كلوريدات وكبريتات عالية.
13. إهمال عزل القواعد والمنشآت التحتية بالشكل المناسب.

### 1-3-3-2- الأسباب التي تؤدي إلى تصدعات الخرسانة بسبب صدأ التسليح:

يأتي صدأ التسليح في المرتبة الرابعة و يتركز عادةً في المدن الساحلية والقريبة من البحار والأنهار ، وفيما يلي أهم الأسباب المؤدية إلى صدأ التسليح ومنه يتضح أن جزءاً مهماً منها يرجع إلى سوء التنفيذ أو قصور التصميم فيما يخص الخرسانة والغطاء الخرساني، و الأسباب المؤدية إلى تصدعات الخرسانة بسبب صدأ حديد التسليح يمكن إيجازها في الآتي:

1. توفر الكلور في أشكاله المختلفة بكميات كبيرة قريباً من الأسطح الخرسانية.

## مشروع التخرج-2006-2007م

2. إهمال استعمال العوازل المختلفة التي تمنع أو تحد من تسرب الكلوريدات والرطوبة والهواء.
3. زيادة نسبة الكلوريدات في الهواء أو الوسط من حول الخرسانة.
4. تخزين المواد الكيميائية التي تعمل على صدأ حديد التسليح.
5. إهمال وقصور في تصميم وتنفيذ الغطاء الخرساني المطلوب.
6. ضعف الخرسانة.
7. زيادة نسبة الماء/الاسمنت.
8. إهمال احتياطات الجو الحار والظروف البيئية الأخرى وأثر الحرارة على تعجيل التفاعلات الكهروكيميائية.
9. رشوحات وترسبات التمديدات الصحية وغيرها.
10. مياه الأمطار والمياه الجوفية ومياه الري والزراعة وغيرها.
11. المد والجزر.
12. احتواء الرمل الناعم و الخشن وماء الخلطة على نسبة عالية من الكلوريدات.
13. انخفاض نسبة الاسمنت عن الحد الأدنى لها.
14. تطبيق المواصفات الأجنبية دون النظر إلى الظروف البيئية المحلية المختلفة.
15. إهمال ضبط الجودة ومراقبتها بالنسبة للخرسانة وموادها.
16. إهمال وإغفال الدمك والهز المناسب.
17. عدم العناية بالمعالجة للأسطح الخرسانية المختلفة مما يساعد على وجود الانكماش و التشققات الحرارية التي تساعد على تسرب الأملاح والرطوبة والهواء إلى داخل الخرسانة.
18. الكربنة.
19. استعمال الاسمنت المقاوم للكبريتات في البنية التحتية.

### 4-3-2-1 أسباب التصدعات المتعلقة بأخطاء التصميم:

- وتعتبر من الأسباب الرئيسية في عملية التصدعات في المباني و هذه الأسباب هي:
1. عدم شمول المخططات والمواصفات للتفاصيل الضرورية واللازمة لحسن التنفيذ.

2. الاعتماد على مواصفات عالمية أو أجنبية قد لا تتناسب مع ظروف البلد وكفاءة العمال وطريقة التنفيذ.
3. اختيار مخططات نموذجية وتنفيذها في مناطق مختلفة دون مراعاة ظروف كل موقع.
4. اختيار مواد غير مناسبة أو صعوبة التنفيذ مع توفر المواد التي تعطي إمكانات أكبر وكذلك استخدام المواد في غير موضعها كاستخدام التسليح عالي المقاومة مع خرسانة ضعيفة جداً.
5. إغفال حساب بعض القوى الأفقية التي تنشأ من أشكال المباني.
6. إهمال توفير التسليح اللازم لمقاومة الانكماش والإجهادات الحرارية.
7. عدم تصميم الغطاء الخرساني بما يتناسب وظروف المنشأ والبيئة المحيطة.
8. عدم اختيار الاستشاري أو المهندس الكفء للقيام بعملية التصميم.
9. النقص في مقاسات العناصر الإنشائية وتسليحها لمقاومة الأحمال والعزوم والقص.

#### 1-2-3-5 أسباب التصدعات المتعلقة بسوء استعمال المباني وإهمال الصيانة:

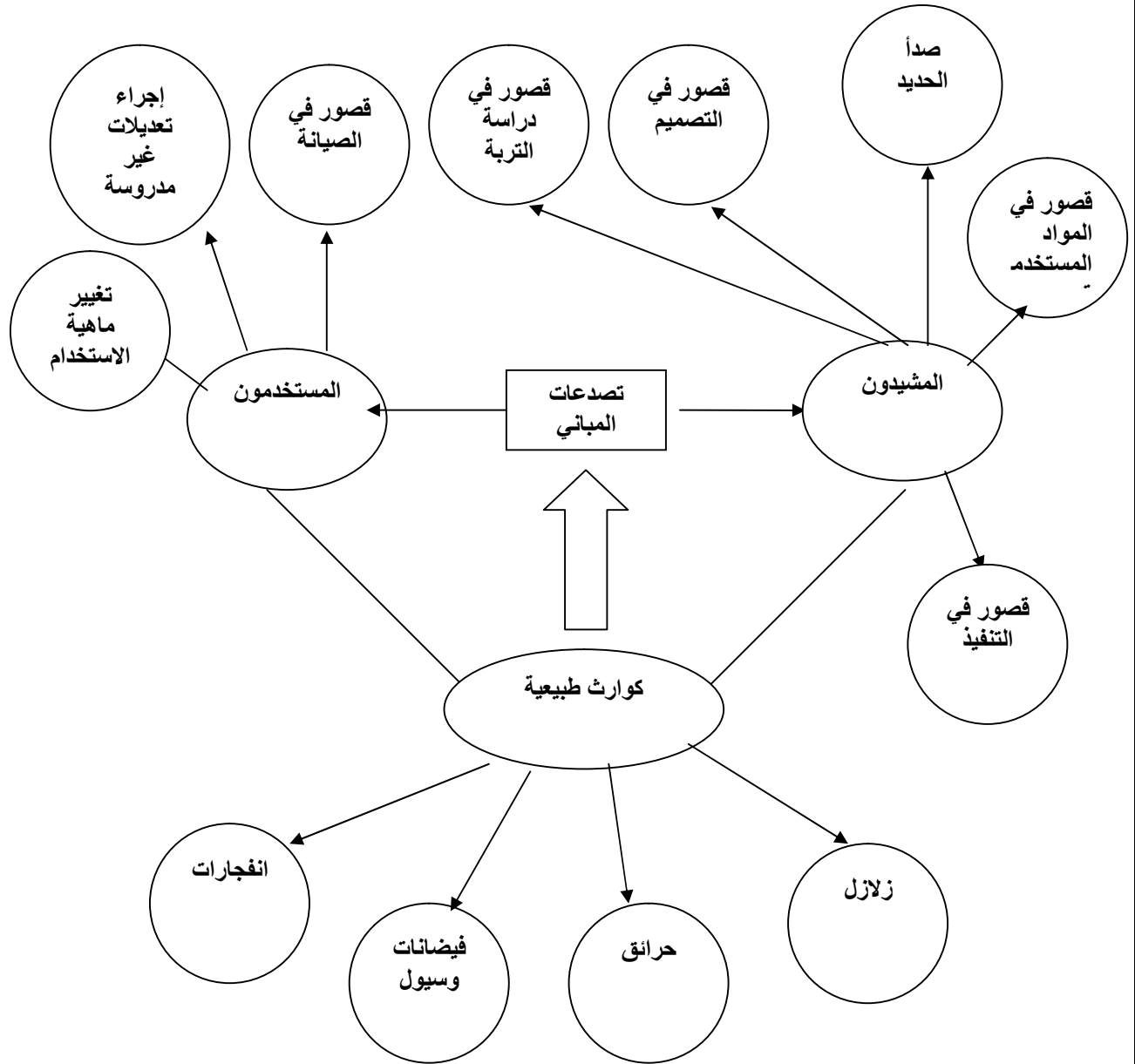
يعتبر سوء الاستعمال وإهمال الصيانة للمباني من الأسباب الهامة في تصدع المباني و ينتج ذلك مما يأتي:

1. زيادة الطوابق في المباني القديمة.
2. تغطية الفرق في اختلاف المناسيب بكميات من الرمل لها أوزان كبيرة.
3. زيادة الأحمال نتيجة لأعمال الترميم كزيادة سمك البلاطة والطبقة العازلة لتفادي تسرب المياه والتخزين السيئ لمواد الترميم فوق المبنى.
4. فقدان الصيانة الدورية والوقائية والعلاجية.
5. الصيانة والإصلاحات الخاطئة.
6. الصيانة المتأخرة بعد فوات الأوان واستفحال الأضرار.

#### 1\_2\_3\_6\_ تغيير الغرض الذي أنشأ من أجله المبنى:

من أخطر الأسباب التي تؤدي إلى انهيار المباني بل وأكثرها خطورة وهذا ما نجده في كثير من البلدان النامية بوجه عام وفي اليمن بوجه خاص ،حيث شهدت الفترة الأخيرة تحول المباني السكنية إلى قاعات للأفراح والمناسبات وكذلك المباني المدرسية التي

صممت لأحمال محدده لاستيعاب طاقة طلابية تم على أساسها تنفيذ المبنى تقوم إما بزيادة الطاقة الاستيعابية من الطلاب أو بتحميل المبنى فوق طاقته من خلال بناء طوابق إضافية دون اخذ الاعتبارات التصميمية التي انشأ من أجلها المبنى هذا من جانب، ومن جانب آخر نظرا لما تشهده بلادنا من تطور عمراني كبير خاصة في البنى التحتية ونتيجة الكثافة السكانية المتزايدة والإقبال على المدن الرئيسية بدأت ظاهره التوسع الرأسي للمنشآت تزيد أكثر فأكثر دون مراعاة لاعتبارات التصميم من حيث مقاومه الزلازل والتأثيرات المناخية والبيئية... الخ. ولذلك حرصنا في بحثنا هذا على عمل جداول (1\_1 و 2\_1) تبين الفروق بين الأحمال الميتة والحية لبعض المواد المستخدمة وأنواع المباني الشائعة الاستخدام المأخوذة من كثير من المراجع العلمية وبحسب الكودات العالمية، أما ما يخص الزلازل وتأثيراتها على المنشآت خاصة المناطق الأكثر عرضه لها في اليمن فسنحدث عنها لاحقا بالباب العاشر..



شكل رقم (1)

مخطط يوضح أسباب انهيار وتصدع المباني

(1-1) جدول يبين الفروق بين الأحمال الميتة لبعض المواد

نوع المادة	الحمل الميت كجم/م <sup>3</sup>
طوب احمر	1800-1600
رخام	2800
خرسانة مسلحه	2500
خرسانة عادية	2200
حديد صلب	7850
حديد زهر	7250
رصاص	1200
خشب زان	680
خشب ابيض	400

(2-1) جدول يبين الفروق بين الأحمال الحية لبعض الاستخدامات

نوع المنشأ	الحمل الحي (كجم/م <sup>2</sup> )
ا- أسطح نهائية:- 1. أفقيه لا يصل إليها (غير مستخدمة). 2. مائلة (زاوية الميل اكبر من 20) غير مستخدمة.	100 50
3. أسطح غير مستخدمة من الزجاج أو البلاستيك أو الحديد... الخ.	60-20
ب- المباني السكنية:- 1. غرف سكنية. 2. سلالم. 3. بلكنات.	200 300 300
ج- المباني الإدارية:- 1. غرف مكاتب. 2. غرف حفظ الملفات في المكاتب. 3. أرشيف.	250 200م ارتفاع 1000-500
4. سلالم. 5. بلكنات.	400 400
د- المستشفيات:- 1. غرف علاج المرضى. 2. عناية علاج المرضى. 3. غرف الجراحة. 4. غرف الأشعة. 5. سلالم وطرقات. 6. بلكنات.	250 250 400 فأكثر 400 فأكثر 400 400

مشروع التخرج - 2006-2007م

نوع المنشأ	الحمل الحي (كجم/م <sup>2</sup> )
هـ- المدارس والمستشفيات:-	400 فأكثر
1. معامل.	
2. صالات رياضية.	500
3. غرف حفظ الكتب.	1000
4. غرف تخزين الكتب.	400م ارتفاع
5. غرف الإطلاع.	400
6. سلالم وطرق.	400
و- القاعات والصالات ودور العبادة:-	400
1. ذات مقاعد ثابتة.	
2. ذات مقاعد غير ثابتة.	500
ز- المحلات:-	1000 فأكثر
محلات البيع بالجملة والمخازن.	
ح- الفنادق:-	200
1. غرف النزلاء.	
2. غرف الخدمة العامة.	400
3. غرف الطعام والمطاعم.	400
4. السلالم والطرق.	400
ط- المكتبات:-	1000
1. غرف حفظ الكتب ذات أرفف وممرات.	
2. غرف تخزين الكتب.	400م ارتفاع
3. غرف الإطلاع.	400
ي- المسارح والسينما:-	300
1. غرف تغيير الملابس.	
2. الشرفات.	500
3. القاعات الرئيسية والبلكنات ذات المقاعد الثابتة.	400



مشروع التخرج - 2006-2007م

نوع المنشأ	الحمل الحي (كجم/م <sup>2</sup> )
4. السلالم والطرقات.	500
ك- الورش:- يجب حساب الأحمال طبقاً للاستخدام الفعلي والوزن الفعلي للماكينات مع اعتبار الاهتزاز الديناميكي إضافة إلى 200 كجم/م <sup>2</sup> على باقي المسطح بحيث لا يقل متوسط الحمل عن 600 كجم/م <sup>2</sup> .	
ل- أرصفة الشحن.	1500
م- الجراجات:- 1. عربات الركوب (لا يزيد الارتفاع الصافي عند الدخول عن 2.4 م).	300
2. عربات ركوب + عربات سياحية + عربات أجرة.	400
3. ممرات الجراجات.	500

## الفصل الثاني

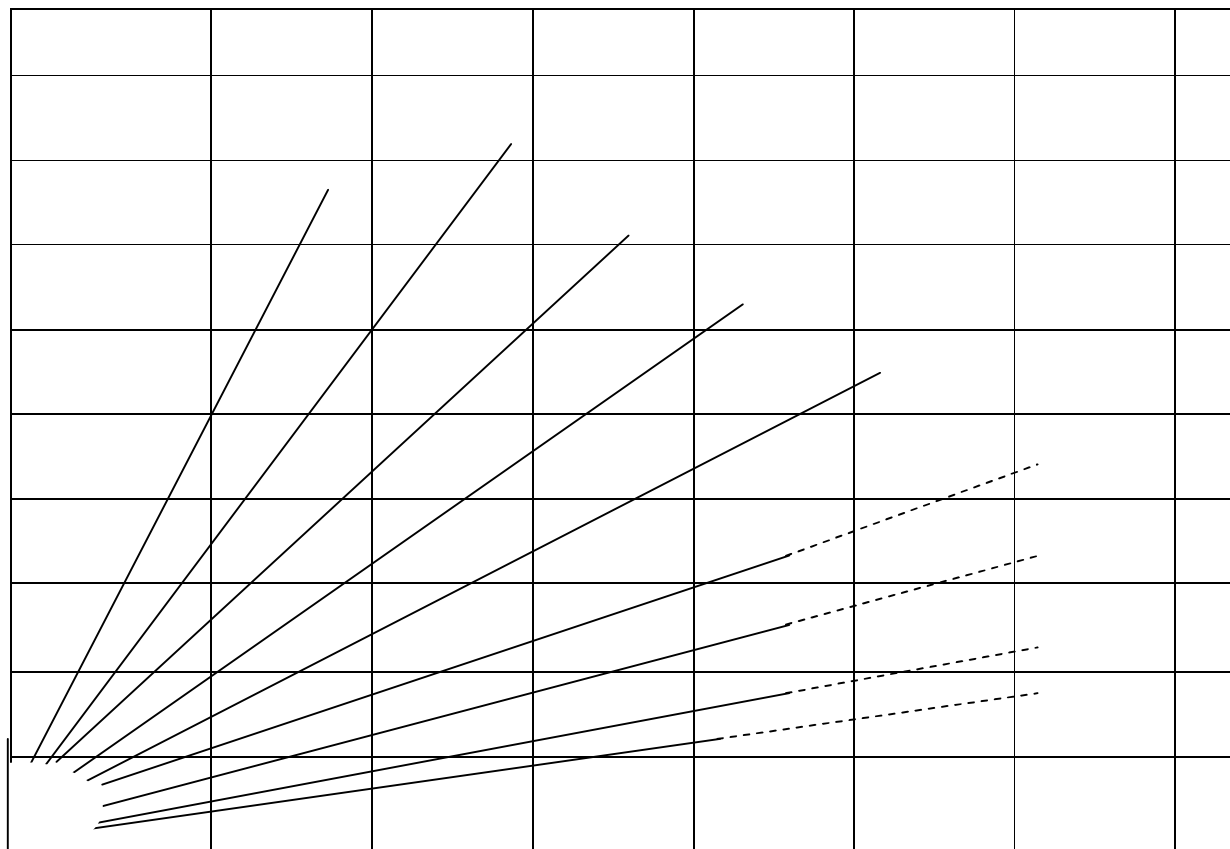
### الشروخ الخرسانية

#### 1-2-1- مقدمة:

إن ظهور الشروخ في الخرسانة المسلحة له أسباب عديدة كما سوف يرد في الباب الثاني وإن هذه الشروخ تأخذ أشكالاً ودلالات عدة تختلف حسب وقت ظهورها وأماكن تولدها واتساعها وكيفية انتشارها والسبب الرئيسي في حدوثها وتكوينها.

إن تأثير الشروخ المتولدة في الخرسانة يتراوح ما بين تأثيرها على المظهر فقط وبين تأثيرها على مقاومته العنصر الخرساني وتحمله مع الزمن وأن دلالاتها تختلف من أنها تدل على حدوث أخطاء بسيطة في التنفيذ إلى دلالاتها على حدوث تدهور وانهييار إنشائي خطير. حيث تعتمد مدى خطورة الحالة عند ظهور الشروخ على نوع المنشأ الخرساني وعلى طبيعة الشرخ ومكانه وسبب هذا الشرخ وكيفية انتشاره واتساعه مع الزمن. (مثلاً الشروخ في المباني الحكومية والمدارس.... الخ قد تكون مقبولة ولكنها قد لا تكون غير مقبولة في المباني السكنية والشروخ التي يسمح بها في المباني السكنية تصبح غير مقبولة في حالة الخزانات وهكذا....

\* يبين الشكل رقم (2) الشروخ المقبولة من ناحية المظهر وعلاقتها بنوع المباني ومسافة الرؤية.



شكل رقم (2) الشروخ المقبولة من ناحية المظهر وعلاقتها بنوع المباني ومسافة الرؤية .

## 1\_2\_2\_1 تصنيف الشروخ الخرسانية:

يمكن تصنيفها حسب المخطط شكل(3).

## 1\_2\_2\_1 شروخ تظهر قبل تصلب الخرسانة:

- شروخ الانكماش اللدن ( Elastic Shrinkage Cracking):

تحدث هذه الشروخ نتيجة التبخر السريع للمياه من سطح الخرسانة وهي لدنة (أثناء مرحلة التصلب)، وهذا التبخر السريع يتوقف على عوامل كثيرة أهمها درجة الحرارة ، إذ أن أشعة الشمس المباشرة تجعل معدل التبخر أعلى من معدل طفو الماء على سطح الخرسانة. وتكون شروخ الانكماش اللدن عادة قصيرة وسطحية.

## 1\_2\_2\_2 شروخ تظهر بعد تصلب الخرسانة:

أولاً: الشروخ الغير إنشائية:

### 1- الشروخ الطبيعية: هذا النوع يحدث نتيجة لما يلي/

أ\_ استخدام ركام قابل للانكماش حيث انه يعمل على زيادة انكماش الخرسانة عند الجفاف وبالتالي تشرخها.

ب\_ الانكماش طويل المدى عندما تجف الخرسانة بعد تصلبها (long term drying shrinkage) وهذا بدوره كما نعلم يعمل على توليد شروخ في الخرسانة مع الزمن إذا حدث لها تقييد على الحركة وأن عرض الشروخ وأماكن تولدها في هذه الحالة تتوقف على ما يلي:

- مكونات الخرسانة وخواص المواد الداخلة فيها ونسبها وبالأخص محتوى الأسمنت والماء.
- نسبة حديد التسليح ومكانها.
- قطر حديد التسليح المستخدم وسمك الغطاء الخرساني.
- معالجة الخرسانة.
- تزويد المنشأ بالوصلات اللازمة.
- سمك القطاع الخرساني ومسطح تعرضه للجو.
- رتبة حديد التسليح المستخدم.

## 2-الشروخ الكيميائية: تنشأ نتيجة للمهاجمة الكيميائية لسبب أو لآخر ومنها/

- تعرض الخرسانة لمياه جوفيه تحتوي على محاليل ضاره.
- تعرض الخرسانة لمواد كيميائيه ضاره ومخزونه بداخل المنشأ الخرساني.
- تفاعل كيميائي بين مكونات الخرسانة نفسها مثل التفاعل القلوي للركام.

### \* تأثير المواد الكيميائية على الخرسانة:

- \_ حدوث صدأ حديد التسليح.
- \_ حدوث كربنه للسطح (ذوبان الأجزاء الصلبة وتآكل الخرسانة).
- \_ حدوث تشرخ للخرسانة وتعرض الحديد للصدأ.

### \* لماذا يصدأ الحديد؟

يحدث الصدأ في حديد التسليح في أي عنصر خرساني لأحد السباب التالية:

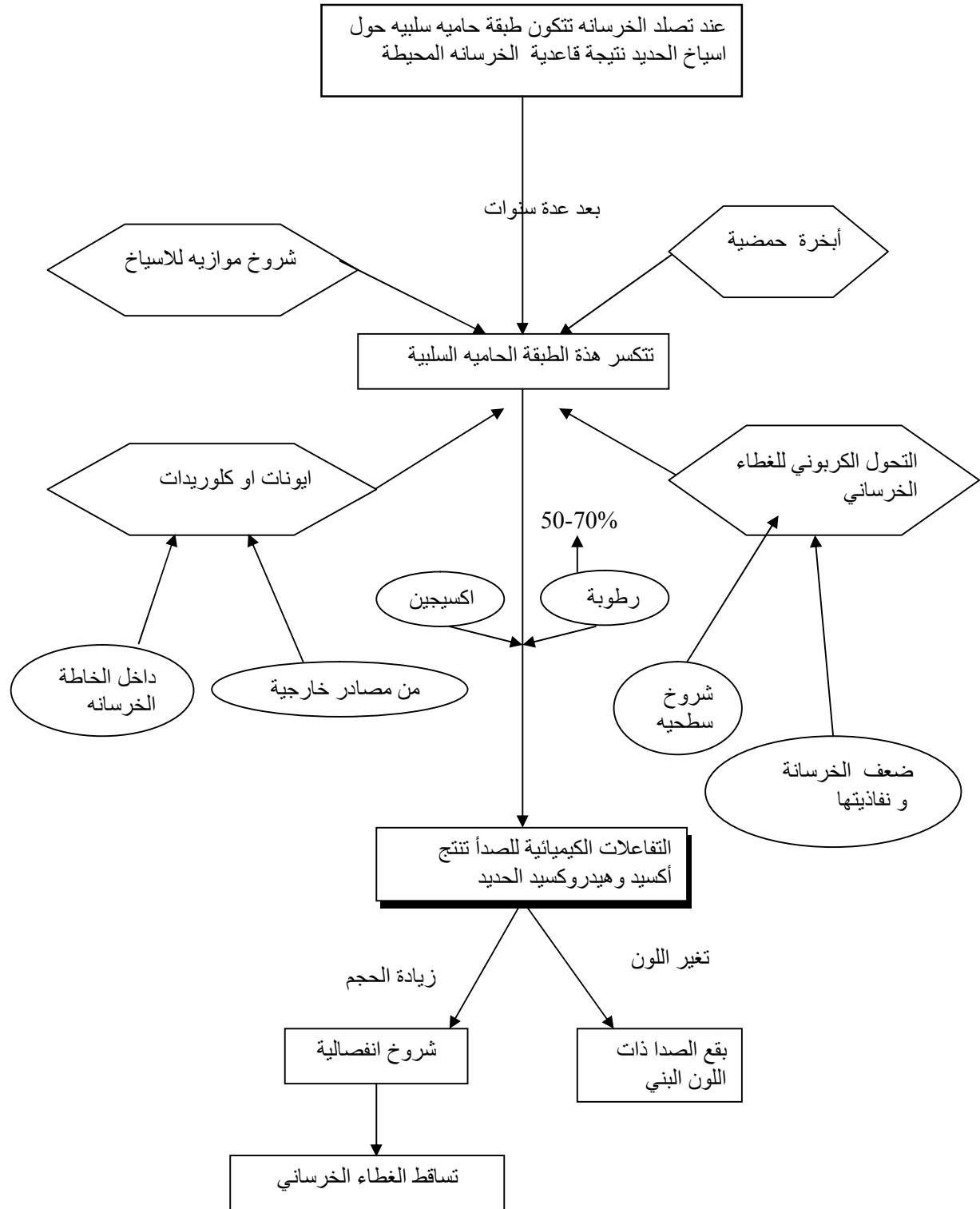
1. نقص الغطاء الخرساني عن حد معين مع وجود الرطوبة والأكسجين في الجو المحيط حيث يعتبران وقود لعملية الصدأ.
2. فقد الحماية السلبية التي توفرها الخرسانة للأسياخ(بالرغم من وجود غطاء خرساني كافي) وذلك بفقد قاعدية الخرسانة المحيطة بالأسياخ ونقص قيمتها إلى الحد الذي ينخفض فيه الأس الهيدروجيني إلى(10)أو اقل وهذا يحدث نتيجة للعوامل التالية:

- أ-تعرض العضو الخرساني إلى أبخره أو محاليل حمضيه.
- ب-التحول الكربوني للخرسانة في الغطاء الخرساني.
- ج- وجود الكلوريدات وزيادة محتواها في الخلطة الخرسانية.
- د-وجود شروخ سطحه على الخرسانة وذلك إلى عمق يصل إلى أسياخ الحديد، خاصة إذا كانت الشروخ موازية لصلب التسليح.

❖ كيفية ومراحل تدهور الخرسانة نتيجة لصدأ الحديد:

يبين الشكل رقم(4) مراحل تدهور الخرسانة نتيجة لصدأ الحد

## مشروع التخرج - 2006-2007م



الشكل رقم (4) مراحل تدهور الخرسانة نتيجة لصدأ الحديد

### 3- شروخ الانكماش الحراري (Thermal Shrinkage Cracking):

تتولد هذه الشروخ أثناء عملية التصلب المبكرة للخرسانة بسبب الحرارة الناتجة من التفاعل الكيميائي بين الماء والإسمنت، وعند ما تبرد الخرسانة وتنكمش تبدأ الإجهادات الحرارية في الظهور والنمو، خاصة إذا كان التبريد غير منتظماً في جميع أجزاء العنصر الخرساني فيحدث إجهاد الشد الحراري شروخاً دقيقة.

### 4- الشروخ الناتجة عن فروق الإجهاد الحرارية

#### (Differential Thermal Strains):

إن أسلوب الإنشاء في المنشآت مسبقة الصب يساعد على التأثير باختلاف درجة الحرارة لاختلاف الطقس الطبيعي، ولذا تظهر الشروخ في البحور (Spans) المحصورة عند ما يكون اتصال وجهيها بالمنشأ متيناً، كما أن الحرارة المفاجئة لها تأثير آخر، إذ يولد الارتفاع المفاجئ في درجة الحرارة سلسلة من الشروخ أيضاً إذا حدث اختلاف كبير في درجة الحرارة بين وجهي بلاطة أو كمر. وهذا التأثير نادر الحدوث في المنشآت السكنية، ولكن قد يحدث في منشآت معدنية مثل حوائط الخزانات، وفي حالات خاصة عندما يكون السائل المخزون داخل الخزان ساخناً أو بارداً جداً.

كما تحدث إجهادات بالمنشأ نتيجة اختلاف درجة الحرارة بين أجزاء المختلفة، فعندما تتعرض أطراف واجهة المبنى لأشعة الشمس المباشرة يلاحظ أنها تتمدد، بينما تظل درجة حرارة باقي المنشأ منخفضة، فينتج عن ذلك ظهور شروخ قطرية في زوايا أرضيات المنشآت الطويلة جداً أو المتينة جداً.

وتقلل الشروخ الناتجة عن الانكماش وفروق درجات الحرارة من متانة المنشأ وهذا يعني أن الإجهادات لا تتزايد بعد حدوث الشروخ .

### 5- شروخ نتيجة التآكل:

وهو من أنواع الشروخ الناتجة من تأثير عوامل التعرية على المبنى، وهناك نوعان رئيسيان من العيوب يساعدان على تزايد تأثير عوامل التعرية على المنشأ الخرساني، وهما: أ- تآكل حديد التسليح:-

ينتج تآكل حديد التسليح من نمو وتزايد الصدأ حول حديد التسليح منتجاً شروخاً بامتداد طولها، وقد يؤدي ذلك إلى سقوط الخرسانة كاشفة حديد التسليح، وتساعد كلوريدات

الكالسيوم الموجودة في الخرسانة على ظهور هذا العيب، كما تساعد على ذلك الرطوبة المشبعة بالأملاح في المناطق الساحلية، وبالتالي فإن خطورة تآكل الحديد تزداد في هذه المناطق.

#### ب- نحر الخرسانة :-

هناك تفاعلات كيميائية تؤدي إلى تهتك الخرسانة، والحالة الأكثر شيوعاً هي تكوين أل-Ettringit، نتيجة اتحاد الكبريت مع ألومينات الإسمنت في وجود الماء، ويكون الملح الناتج ذا حجم أكبر من العناصر المكونة له، والتمدد الناتج يؤدي إلى تفجر الشروخ وسقوط أجزاء الخرسانة المتهتكة. وقد يظهر خلل كيميائي نتيجة اختيار حبيبات ( حصى ) غير ملائمة و بالتالي فإن النتوءات والحفر التي تظهر على السطح الخرساني تعني أن الحبيبات المعزولة قد تفتتت.

#### ثانياً: الشروخ الإنشائية NON-STRUCTURAL CRAKS:

##### 1-شروخ الأخطاء التصميمية Design mistakes cracks:

من أخطر أنواع الشروخ وقد تنشأ من الآتي:

أ- عدم تصميم الأساسات بطريقه سليمة كإهمال بعض الأحمال وعدم الأخذ في الاعتبار الإجهاد الحقيقي للتربة.

ب- الأخطاء الكثيرة التي تحدث من حديد التسليح ومنها ما يلي:

- استعمال نوع غير مناسب من حديد التسليح.
- استعمال كميه حديد قليلة.
- إهمال تفاصيل حديد التسليح.
- استعمال نوعين من حديد التسليح في ذات العنصر.
- إهمال الكوابيل للبلطات والكمرات.
- تنفيذ تكسيح الكوابيل بطريقه خاطئة.
- إهمال سلك الرباط والتربيط.
- قلة عدد الكانات.

ت- عدم العناية بوضع المواصفات العامة في الرسومات خاصة في ما يلي:

- تفاصيل التمدد والانكماش.



## مشروع التخرج-2006-2007م

- قيمه الغطاء الخرساني.
- مطابقة الرسومات المعمارية مع الرسومات الإنشائية.
- إهمال وتحديد وتنفيذ أماكن فتحات السباكة والصرف الصحي والكهرباء مما يضطر المنفذ للتكسير في الجدران والخرسانة.
- ث- شروخ الأخطاء في التنفيذ APPLICATION MISTAKES CRACKS:  
لا تقل هذه الشروخ خطورة عن شروخ الأخطاء التصميمية بل إن احتمالات الشروخ في التنفيذ تمثل نسبه كبيره ومن هذه الشروخ ما يحدث نتيجة:

- استخدام مواد سيئة.
- إهمال التفاصيل الإنشائية والمعمارية.
- إهمال تنفيذ النسب السليمة للخرسانة أو زيادة مداه الخلط والدمك.
- قصور في المعالجة.
- هز اشاير الأعمدة أثناء الصب يسبب تساقط الكانات.
- عيوب في رص الحديد.
- عيوب في فواصل الصب.
- عيوب في الشدات الخشبية.

### ج- شروخ زحف الخرسانة CREEP CRACKS:

قد تكون الشروخ الشعرية السبب الرئيسي بالنسبة لأداء العناصر الخرسانيه وخاصة بالنسبة لصدأ حديد التسليح.

### ح- شروخ نتيجة التحميل الزائد:

- تعرض الأعضاء الخرسانية أثناء التنفيذ لأحمال اكبر بكثير من تلك الواقعة عليها أثناء التشغيل.
- فك الشدات الخشبية بعد 3-4 أيام .
- تخزين مكان ومواضع الأحمال التي توضع على العنصر الخرساني عن تلك المبينة في الرسومات.
- تعرض العناصر الخرسانية السابقة التجهيز إلى أحمال واجهادات اضافيه.

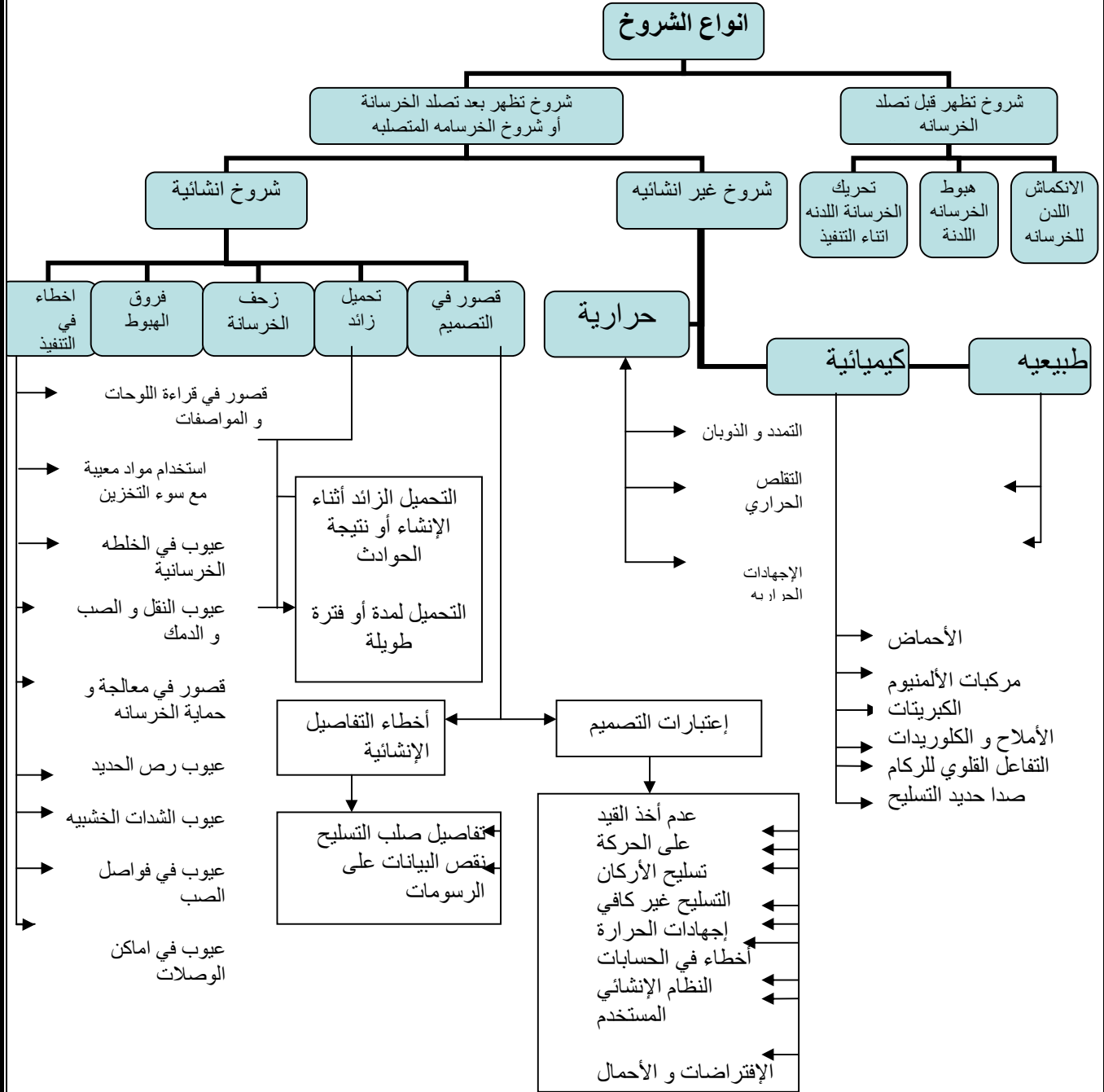
## مشروع التخرج-2006-2007م

- أضافه ادوار لم تكن ضمن التصميم.

خ- شروخ نتيجة هبوط التربة:وقد تكون نتيجة لما يلي/

(انكماش وانتفاخ التربة- التضاغط - الهبوط الكلي الزائد- الهبوط نتيجة عدم

الاتزان).



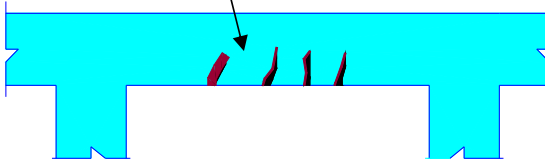
شكل رقم(3) أنواع الشروخ بالخرسانة

### الفصل الثالث

## أسباب الشروخ وأشكالها وأماكن ظهورها

توجد أسباب عديدة لظهور الشروخ في العناصر الإنشائية ينعكس ذلك من خلال أشكالها وأماكن هذه الشروخ.

شروخ عزوم موجبة - انهيار في منطقة الشد



شكل (1) أشرخ عزوم موجبة في الجسر

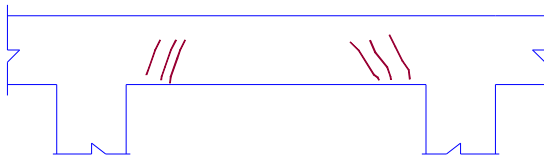
#### 1- التشرخات الرأسية في وسط

#### الجسور (تشرخات إجهادات عزوم

موجبة):

تظهر في منتصف الجسر و هذه التشرخات تبدأ من الأسفل على شكل تشرخات شعيرية. سببها يرجع إلى تجاوز العزم للقيم المسموحة. تتزايد هذه التشرخات بزيادة حمل الجسر حتى تتجاوز منتصف ارتفاع الجسر. الشكل (1) يوضح هذا النوع من التشرخات و مكان حدوثها في العتبات.

#### 2- التشرخات المائلة في طرف الجسور (تشرخات إجهادات قص):



شكل (2) شروخ مائلة نتيجة لوجود إجهادات قص

تظهر في طرف الجسر و سببها يرجع إلى تجاوز قوى القص للقيمة المسموحة.

الشكل (2) يوضح هذا النوع من التشرخات.

### 3- التشققات المائلة بجانب الفتحات السفلية للنوافذ :

سببها وجود هبوط متفاوت في إحدى قواعد المبنى أو أكثر.



صوره رقم(1) شرخ مائل بجانب فتحة النافذة السفلية

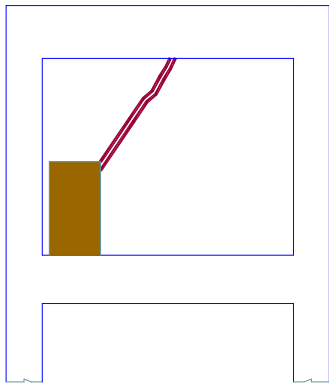
و خصوصاً إذا ظهرت علامات أخرى من وجود هبوط مثل ملاحظة تشرخات الهبوط في جميع الأدوار ولم تقتصر على دور واحد من أدوار المبنى إذا كان مكون من عدة أدوار.

الصورة رقم (1) توضح هذه الحالة.

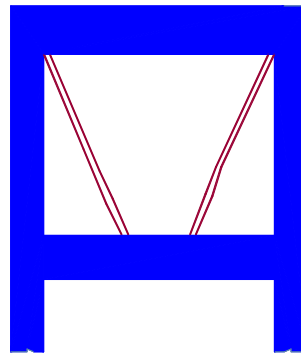
### 4- شرخين مائلين يبدآن من زاوية العمود العلوية إلى منتصف الجسر السفلي بزاوية

45° من طرفي

الجدار:



شكل (4) شرخ قطرية في جدران المباني عبر فتحات الأبواب و النوافذ



شكل (3) شرخ قطرية في جدران المباني ( شرخ خطرة )

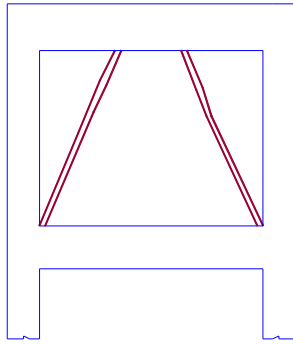
و يمكن أن يكون السبب هو وجود ضعف في الجسر السفلي أو الميدة الأرضية و غالباً ما تكون الميدة مكسورة.

الشكل التخطيطي( 3 ) يعطي توضيح لبيان هذا النوع من التشرخات

**5- تشريخات مائلة بجانب فتحات الأبواب و النوافذ العليا:**

و هي تشريخات قصيرة ( 25 - 30 سم ) و ضيقة ( 1 - 2 مم ).  
و يرجع سبب هذه التشققات إلى نقص طول الأعتاب أو أنها غير موجودة ، مما يؤدي إلى تشقق التلبيس و البلوك وأحياناً تحدث هذه التشريخات تحت ضربات الباب المتلاحقة.  
شكل (4) يوضح هذا النوع من التشريخات.

**6- شريخين مائلين ينطلقان من زاوية العمود السفلية إلى منتصف الجسر العلوي:**



شكل (5) شروخ قطرية في  
جدران المباني (شروخ خطرة)

تحدث هذه الشروخ بسبب وجود هبوط متفاوت  
لإحدى القواعد ( مكان وجود الشرخ ) و يترافق  
عادة مع تشققت في أطراف النوافذ السفلية.  
شكل ( 5 ) يوضح هذا النوع من التشريخات.

**7- شروخ في المباني تحت الكمرات مباشرة:**

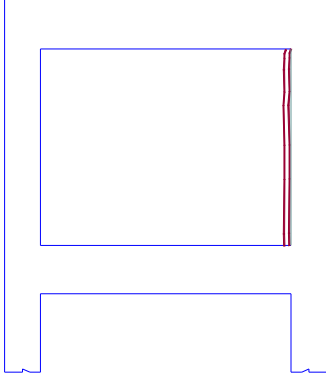
والسبب هو أن الخرسانة لم تصب مباشرة على مباني الطوب أو يرجع السبب إلى عدم  
الملء بالمونه جيداً عند نهاية المباني ووصلها بالكمرة الخرسانية المصبوبة سابقاً.

**8- هبوط في أرضيات الحجرات:**

والسبب يرجع إلى وجود ترخيم في البلاطة المسلحة.

### 9- شرح عمودي في مكان اتصال البلك مع الأعمدة الخرسانية:

شروخ تمدد و انكماش و السبب في ظهور هذه التشققات هو أن معامل التمدد الحراري للبلك يختلف عنه في الخرسانة ، فتؤدي اختلاف مسافة التمدد بين البلك و الخرسانة إلى حدوث تشققات في هذه المنطقة. شكل (6) يوضح هذه الشروخ. ولمعالجة هذه الشروخ يتم خلع التلييس ثم ينشر شبك معدني في منطقة الاتصال و بعد ذلك يعاد عمل التلييس.



شكل (6) شرح عمودي مكان اتصال البلك مع الأعمدة الخرسانية

### 10- وجود ترخيم في البلكونات مع وجود تشققات من أعلى:

يعود السبب إلى عدم تسليح البلكونه بشكل جيد.

### 11- وجود هبوط في البلكونات و عدم وجود تشققات:

هذه الحالة تدل على أن حديد التسليح صمم ونفذ بشكل جيد ولكن السبب يرجع إلى ميلان المبنى نتيجة لعدم الاتزان ككل و هذا نادراً ما يحدث. لذلك يكون السبب الأرجح هو أن صب البلكونة و الأجزاء القريبة منها صبت بعد فترة معينة من صب بقية السقف و تصلب الخرسانة السابقة ، فحدث فاصل أو ضعف ارتباط بصبيات البلكونات و الأجزاء القريبة منها.

### 12- شروخ في الميدة الأرضية:

يحدث هذا الشروخ بسبب هبوط القاعدة التي تحت الميدة أو وجود تربة انتفاخية تحت الميدة و تسرب المياه إلى تلك التربة.

**13- شرخ رأسى فى منتصف الميدة الأرضية:**

يرجع السبب إلى انتفاخ التربة تحت الميدة بسبب تسرب المياه إليها.

**14- شرخ فى الميدة الأرضية قرب العمود و يميل بزاوية 45 درجة:**

يرجع السبب إلى هبوط فى القاعدة فى تلك المنطقة.

**15- شروخ منتظمة العرض فى الجزء الوسطى من الجدران الكبيرة العرض:**

هذه الشروخ هي شروخ انكماش وتتميز التشريحات الناتجة عن الانكماش بأنها منتظمة فى العرض من قمة الجدران إلى أسفلها وتمتد حتى مسافة 50 سم تقريباً من الأساس.

**16- تشريحات منتظمة العرض عبر عتبة الباب أو عتبات النوافذ فى الجدران الصغيرة**

**العرض:**

هذه الشروخ هي أيضاً شروخ انكماش.

**تشريحات الجدران الحاملة:**

**17- شرخ منتظم العرض على شكل سلم فى جدران البلك من أعلى إلى أسفل:**

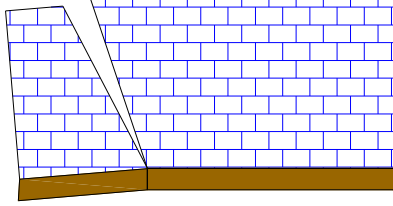
هذه الشروخ هي شروخ تمدد ناتجة عن عدم وجود فواصل تمدد و تمر الشروخ فى فواصل البلك لضعف تماسكها.

**18- شرخ رأسى منتظم العرض فى جدران البلك من أعلى إلى أسفل:**

هذا النوع من الشروخ هي شروخ تمدد أيضاً ولكن قوة تماسك المونة الإسمنتية تكون أقوى من البلك فيمر الشرخ فى البلك لضعفه مقارنة بالمونة الإسمنتية التي بين البلك.

### **19- ظهور شرخ قطري ينطلق من الزاوية العليا للحائط متجهاً نحو الأسفل:**

و سبب هذا الشروخ هو هبوط زاوية الحائط. و هذا الشرخ أو التشوهات تكون قطرية تبدأ قرب زوايا الحوائط من اعلي إلى أسفل مبتعدةً عن زواياه. و تتميز هذه التشوهات



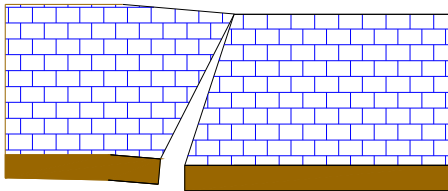
شكل(7) هبوط في نهاية الجدار

بأنها عريضة من اعلي و يقل عرضها تدريجياً حتى تنتهي في أسفل الجدار، ويرجع سببها إلى وجود أحمال مركزة أو زائدة (لم تؤخذ في الاعتبار عند تصميم أساسات الجدران) في زوايا الحيطان. شكل (7) عبارة عن شكل توضيحي لهذه النوعية من تصدعات الجدران.

### **20- ظهور شرخ قطري ينطلق من نهاية أو طرف الحائط السفلي متجهاً نحو الأعلى:**

سبب هذه الشروخ هبوط الجزء الطرفي للحائط. و هذا الشرخ أو التشوهات تكون قطرية تبدأ قرب نهاية الحائط من أعلى إلى أسفل مبتعدةً عن طرف الجدار. يتميز هذا الشرخ (أو التشوهات) بأنه عريض من أعلى و يقل عرضه تدريجياً حتى ينتهي في أسفل الجدار. و يرجع السبب إلى انجراف التربة تحت أساس الجدار عند الأطراف بمعدل اكبر منه في بقية الحائط، مما يؤدي إلى هبوط الجزء الطرفي للجدار بشكل أكبر من الجزء الآخر كما هو موضح في الشكل (8).

### **23- شرخ عمودي في الجزء الوسطي لحائط خرساني:**



شكل 9 شرخ في وسط الجدار

هذا الشرخ يظهر عادة كشق عمودي في الحوائط الخرسانية، عرض هذا الشرخ يكون أكبر كثيراً في أسفل الحائط منه قرب الأعلى و غالباً ينتهي هذا الشرخ في اعل الجدار.

و يرجع سببه إلى حدوث هبوط في الجزء الوسطي للجدار كما هو موضح في الشكل (9).



## 24- شرخ قطري في البلك أو الأحجار:

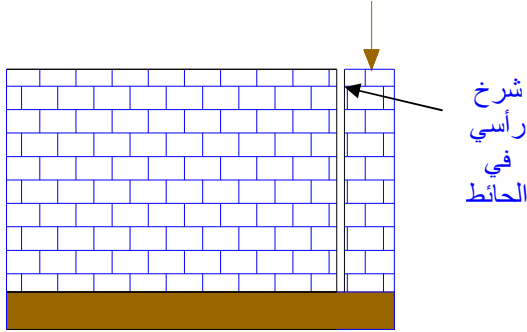


صورة 2 شرخ قطري في جدار من الطوب

هذا الشرخ يظهر عادة كشق قطري في البلك أو الأحجار، و يتميز هذا الشرخ بأن عرضه يكون أكبر كثيراً في أسفل الحائط منه قرب الأعلى و غالباً ينتهي هذا الشرخ في أعلى الجدار.

و يرجع سببه إلى حدوث هبوط في الجزء الوسطي للحائط. الصورة رقم (2) توضح هذا النوع من الشروخ.

حمل مركز



شكل 10 شرخ رأسي في الحائط تحت تأثير الحمل المركز

## 25- شرخ رأسي قرب نهاية جدار:

هذا الشرخ يتكون نتيجة لحمل مركز قرب نهاية الجدار مما يسبب إجهادات قص عالية تؤدي إلى ظهور هذه التشوهات. ويتميز هذا النوع من

الشروخ بأنة منتظم في العرض على طول الشرخ ولكن قد يبدو أعرض عند منتصف الجدار وذلك لخروج الجزء الطرفي للجدار عن مستوى بقية الجدار شكل (10).

## 26- تشوهات أفقية في جدار قرب حمل أفقي مركز:

تحدث هذه التشوهات نتيجة لإجهادات قص عالية نتيجة للأحمال الأفقية المركزة على الجدران.

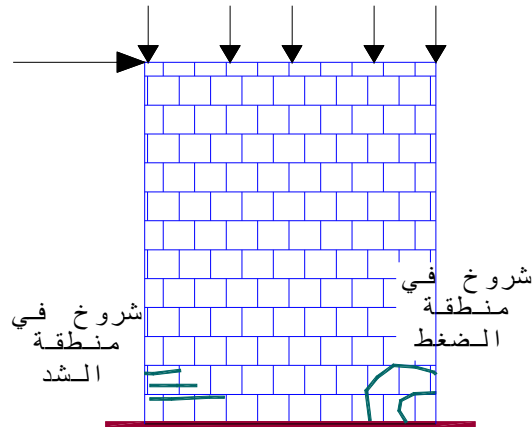
## 27- - شرخ أفقي قرب منتصف جدار:

تظهر هذه التشوهات في جدران البدروم و الجدران الساندة نتيجة لضغط أفقي ناتج عن ضغط تربة مشبعة بالماء على الجزء السفلي للجدران الساندة محدثة إجهادات انحناء تفوق إجهادات مقاومة الجدران، فتظهر تشوهات أفقية في الجزء الوسطي للجدران.

و تكون التشريحات اعرض من الجهة الخارجية للجدر عنها في الجهة المخفية. و تترافق مع هذه الحالة وجود ميلان في الجدار إلى الخارج.

## 28- ظهور شروخ أفقية في أسفل جدار حامل على شكل فاصل بين المونة الإسمنتية والطوب أو الأحجار:

هذه الشروخ هي شروخ ناتجة عن عزم انحناء (إجهادات شد) نتيجة لتعرض الجدار لقوى أفقية بسبب الحركات الأرضية أو الاهتزازات أو الزلازل أو الانزلاقات أو الانهيارات أو الانفجارات. شكل (11) يبين مكان الشرخ الأفقي في الجدار المعرض لقوى أفقية.



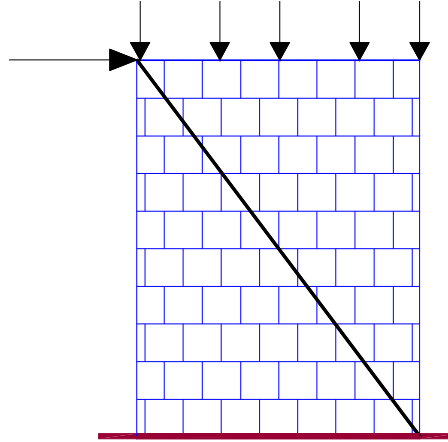
شكل (11) شرخ أفقي في جدار نتيجة الشد و تهشم في الجهة الأخرى نتيجة للضغط

## 29- وجود تهشم أو تكسر في البلك في أسفل جدار حامل:

تظهر هذه الحالة عند تعرض الجدار إلى أحمال أفقية مثل الحالة السابقة و تكون في الغالب مصاحبة لها و في الجهة الأخرى من الجدار. و هذه الشروخ هي شروخ ناتجة عن عزم انحناء (إجهادات ضغط) ونتيجة لزيادة إجهادات الضغط عن مقاومة الضغط للحائط يظهر هذا السلوك في الجدران التي تكون فيها مقاومة القص عالية و يكون ارتفاعها كبير مقارنة بعرضها.

### 30- شرخ قطري في جدار حامل يتخلل البلك:

يظهر هذا الشرخ نتيجة لتولد إجهادات شد قطرية (محصلة الأحمال الأفقية و الرأسية) وهي عبارة عن إجهادات قص، و يظهر هذا النمط من الشروخ عندما تكون مقاومة البلك للشد أقل من مقاومة تماسك المونة الإسمنتية فيسري الشرخ في البلك لأنها المادة الأضعف، لذلك يظهر الشرخ مستمراً في خط مستقيم شكل(12).

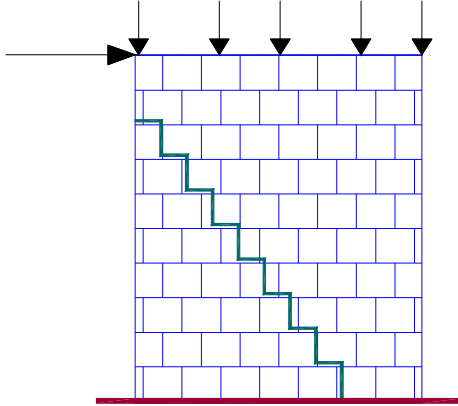


شكل(12) شرخ قطري في جدار  
حامل يتخلل البلك

### 31- شرخ قطري في جدار حامل على شكل سلم يتخلل المونة الإسمنتية الأفقية و

الرأسية بين البلك:

يظهر هذا النمط من الشروخ نتيجة لإجهادات الشد القطرية مثل الحالة السابقة ولكن عندما تكون مقاومة البلك للشد اكبر من مقاومة التماسك للمونة الإسمنتية فإن الشرخ في هذه الحالة يسري في المونة الإسمنتية لضعفها مقارنةً بالبلك.



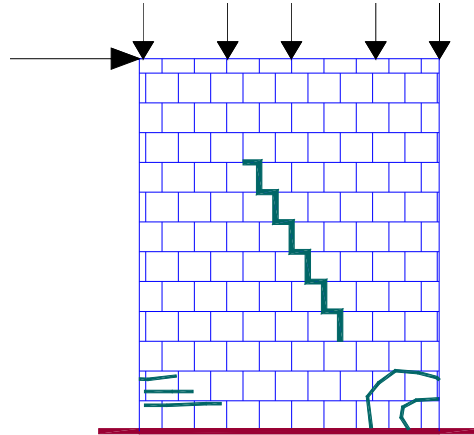
شكل (13) شرخ قطري في جدار حامل  
يتخلل المونة الإسمنتية بين ألبك

### 32- شرخ أفقى فى جدار بين المونة الإسمنتية و البك وانفصال المونة الإسمنتية عن البك:

تظهر هذه التشققات عند انفصال المونة الإسمنتية عن ألبك نتيجة لانزلاق ألبك، و يظهر هذا النمط من الشروخ عندما تكون الأحمال الرأسية قليلة أو غير موجودة لأن الأحمال الرأسية تمنع الجدار من الانزلاق أفقياً شكل(13).

### 33- ظهور شروخ أفقية و قطرية فى جدار حامل:

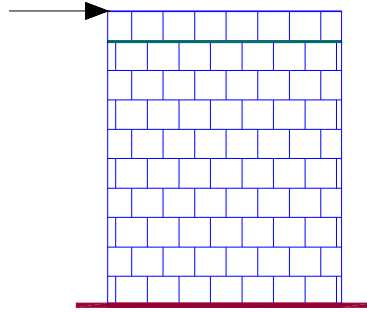
هذه الحالة هي عبارة عن مزيج من الثلاث الحالات السابقة. فالشروخ الأفقية في منطقة الشد هي شروخ ناتجة عن إجهادات انحناء (إجهادات شد) و التهشم في الجهة المقابلة تحدث بسبب إجهادات الضغط، بالإضافة إلى ظهور شروخ قطرية نتيجة لاجهادات القص. و يظهر هذا لسلوك في الجدران التي يكون فيها ارتفاع الجدار مساوياً لعرضه و تكون مقاومة الانحناء و القص للجدار متساوية شكل (14).



شكل (14) شروخ أفقية و قطرية فى جدار  
حامل

### 34- شروخ أفقية في جدار:

تظهر شروخ أفقية في جدار حامل قرب قوى أفقية و قريبة من نقطة تأثير القوة الأفقية. هذه الشروخ ناتجة عن إجهادات قص شكل (15).



شكل (15) شروخ أفقي في جدار  
نتيجة لإجهادات قص

### 35- شروخ أفقية في الجسور الخرسانية:

وجود شروخ أفقية في الجسور الخرسانية في أماكن قضبان التسليح السفلي للجسور يدل على صدأ حديد التسليح شكل (16).

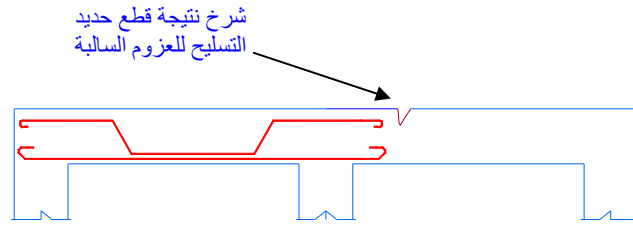


شكل (16) شروخ طولية على طول مكان حديد التسليح  
السفلي للعتبة

### 36- تشرخات في الجهة العليا من الجسر المستمر (Continues Beam):

تظهر هذه التشرخات في أعلى الجسر قرب الدعامات أو الأعمدة في منطقة العزوم السالبة. و تحدث هذه التشرخات نتيجة لقطع أسياخ التسليح العلوية في تلك المنطقة حيث ماتزال العزوم السالبة كبيرة و عدم امتدادها بشكل كافي أو عدم وجود تسليح كافي لمقاومة العزوم السالبة

شكل (17).



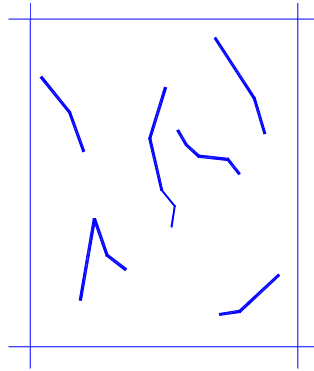
شكل (17) شرخ إجهادات عزوم سالبة

### 37- ظهور تشرخات في منتصف العمود و بروز أو نفش للغطاء الخرساني:

تحدث هذه الحالة نتيجة لزيادة الأحمال التي يحملها العمود عن الأحمال التصميمية مما يؤدي إلى انبعاج حديد التسليح (buckling).

### 38- تشرخات غير منتظمة في البلاطة:

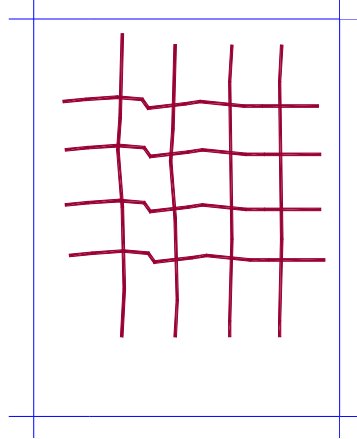
تظهر تشرخات غير منتظمة في البلاطات نتيجة لوجود الكبريتات شكل (18).



شكل (18) شروخ غير منتظمة في البلاطات نتيجة لوجود الكبريتات

### **39- تشرخات موازية لتسليح البلاطة في الاتجاهين:**

عندما تكون التشرخات في أماكن وجود التسليح في الاتجاهين فإن هذا يدل على صدأ في تسليح الحديد للبلاطة (شكل 19).



شكل (19) شروخ في البلاطات موازية  
لحد يد التسليح نتيجة لصدأ حديد التسليح

### **40- تشرخات شعرية تغطي جزء كبير من سطح الخرسانة:**

تغطي هذه التشرخات معظم سطح الخرسانة و معظمها تشرخات شعرية.

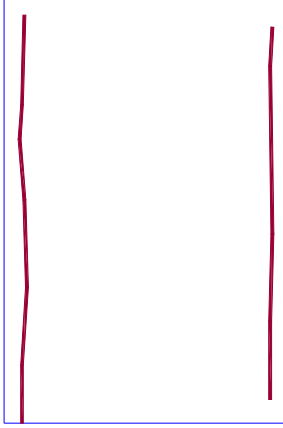
### **41- حدوث شرخ بين الجدار وبلاطة الأرض:**

وجود شرخ أواصل بين الجدار و بلاطة أرضية نتيجة لهبوط متفاوت أو لوجود تربة انتفاخية تحت البلاطة الأرضية و وجود رطوبة أو تسرب للمياه إلى تلك التربة سواء كانت مياه تصريفات صحية أو مياه أمطار. و يمكن التفريق بين مياه التصريفات الصحية و مياه الأمطار من خلال أثرها. فظهور الشروخ في مواسم الأمطار يدل على أن السبب هو مياه الأمطار و ظهور تملح و بقع داكنة بصورة سريعة في المناطق المجاورة يدل على أن السبب هو مياه التصريفات الصحية.

#### 42- حدوث شروخ رأسية قرب ركن عمود و تمتد على طول

##### العمود:

وجود شروخ قرب حافة العمود ( أي على بعد 2-3 سم من ركن العمود) و تمتد بطول العمود يكون سببها صدأ حديد التسليح الطولي للعمود شكل (20).



شكل(20) تشريخات في الأعمدة على طول حديد التسليح نتيجة لصدأ حديد التسليح

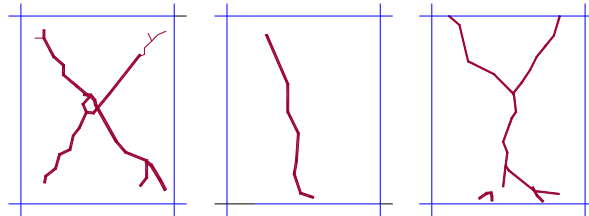
#### 43- حدوث شروخ بين بناء قديم وجديد:

إقامة بناء جديد بجانب بناء قديم يحدث تشريخات في البناء القديم نتيجة لحدوث هبوط متفاوت بالنسبة للبناء القديم في الجهة التي أقيم فيه بناء جديد.

#### 44- وجود شروخ في منتصف البلاطة السفلى و امتدادها من المنتصف في اتجاه أركان

##### البلاطة:

وجود تشريخات في منتصف البلاطة تنفرع منها تشريخات متشعبة تدل على أن التشريخات سببها زيادة الأحمال على البلاطة عن الأحمال التصميمية نتيجة لتغيير غرض المنشأ مثل تغيير مبنى سكني إلى مبنى تعليمي تزيد فيه الأحمال الحية عن المبنى السكني أو قد يكون سبب التشريخات ناتجة عن تقليل سمك البلاطة أو كمية التسليح، شكل (21) يبين هذا النوع من التشريخات.



شكل(21) اشكال مختلفة لتشريخات البلاطات نتيجة لزيادة الأحمال عن الأحمال التصميمية

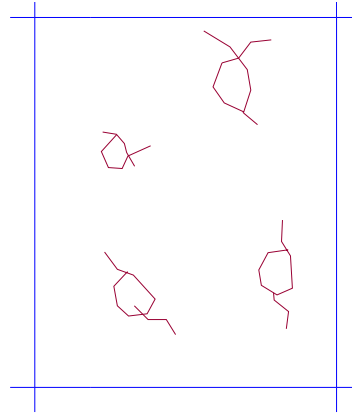


**45- تشرخات غير منتظمة على الخرسانة و تختلف عن شروخ الانكماش:**

ظهور مثل هذه التشرخات يحدث نتيجة لوجود أملاح الكبريتات.

**46- ظهور تشرخات في بقع متفرقة على وجه الخرسانة:**

ظهور بقع متفرقة تنطلق منها تشرخات قصيرة تكون التشرخات مع تلك البقع ما يشبه نجوم {كما هو موضح في شكل(22)} يدل على أن الركام يحتوي على مواد قلوية.



شكل (22) تشرخات على بقع مختلفة من  
البلاطات على شكل نجوم نتيجة لوجود مواد  
قلوية في الرمل الناعم أو الخشن

**47- شرخ رأسي في منتصف جدار في المباني الهيكلية:**

عندما يوجد شرخ رأسي في منتصف جدار في المباني الهيكلية ولا توجد تشرخات أخرى في باقي الجدران فهذا يدل على حدوث ترخيم في الجسر الموجود أعلى أو أسفل الجدار.

## الباب الثاني

### التشخيص السليم لأسباب التشرخات والتصدعات في المباني

2\_1\_ مقدمة.

2\_2\_ الفصل الأول:

فحص المباني.

2\_2\_1\_ خطوات تقييم وتشخيص عيوب المنشآت.

2\_2\_2\_ معايير وفحص المبنى:

- خارجيا.

- داخليا.

2\_3\_ الفصل الثاني:

اختبارات كفاءه الخرسانة المتصلبة

- اختبارات غير متلفه للخرسانة.

- اختبارات متوسطة الإتلاف للخرسانة.

- اختبارات متلفه للخرسانة.

## 2\_1\_ المقدمة:-

التشخيص السليم لمعرفة سبب التشرخات و التصدعات في المباني يمثل أول و أهم خطوة للترميم الجيد والناجح للمنشآت و المباني. لذلك من المهم جداً معرفة السبب الحقيقي لتصدع المنشأ من خلال معاينة التصدعات ودراسة شكل هذه التصدعات ومكان حدوث التشرخات وربطها مع بعض ومع نوع الحالة الإنشائية للمبنى ودراسة الأسباب المحتملة واستبعاد الأسباب غير المحتملة حتى يتم تحديد السبب أو الأسباب الحقيقية لهذه التصدعات. ولعمل ذلك، يجب القيام بعملية مسح ودراسة و استقصاء عن المبنى من كافة النواحي و كذلك المنطقة المحيطة بالمبنى لمعرفة ما إذا كانت التصدعات مقتصرة على المبنى فقط أم أن الأضرار قد شمله المباني المجاورة. كما يجب دراسة التفاصيل التنفيذية ومواد البناء وظروف التنفيذ والمشكلات التي حدثت خلال التنفيذ ومعرفتها ، والتحقق من وجود تصدعات في المباني المجاورة و معرفة بداية ظهور التشرخات (الموسمية)، ويمكن أيضاً الحصول على معلومات من الذين قاموا بتنفيذ المبنى حول توقعاتهم عن الأسباب المحتملة للتصدعات. ومن المهم أيضاً مراقبة التصدعات لمعرفة مدى نشاط التشرخات.

## الفصل الأول

### فحص المباني

#### 2\_2\_1\_ خطوات تقييم وتشخيص عيوب المنشآت:

فيما يلي موجز لخطوات تقييم وتشخيص للعيوب التي يتم ملاحظتها في المنشآت وهي:-

1. معاينة وفحص المبني للوقوف على نوعية هذه العيوب مع الكشف عن الشروخ وتحديد أماكنها.
2. عمل الاختبارات اللازمة لتحديد نوعية الخرسانة والتربة والمباني إذا لزم الأمر.
3. عمل الدراسة الفنية الإنشائية اللازمة للمبني.
4. تحديد أسباب العيوب التي تم رصدها ومدى خطورتها.
5. وضع الحلول المناسبة لتحديد طرق وأساليب وخطوات العلاج والترميم أو التقوية أو الحماية بالإضافة إلى اختيار المواد والمعدن المناسبة واللائمة لطرق الترميم المقترحة.
6. وضع برنامج لتنفيذ العلاج والترميم بحيث لا يتعارض مع سلامة العناصر الإنشائية المكونة للمبني.

#### 2\_2\_2\_ معاينه وفحص المبني:

أولاً: الفحص الخارجي: تكون عملية فحص المبني من الخارج وفق الخطوات الآتية:

- 1- فحص الشروخ الخارجية للمبني ومكانها وشكلها وعرضها ومعرفة أماكن الشروخ (بجوار الأعمدة من آخر أدوار المبني حتى الأساسات) لتحديد ما إذا كان الهبوط في الأساسات ناتج عن التربة أو نتيجة لبناء حديث لمبني كبير بجوار مبني صغير أو نتيجة سحب مياه وحفر بجوار المبني بعد إقامته. أما إذا كانت التشرخات مقتصرة في عدد معين من الطوابق فقط، فيدل ذلك على أن الخلل محلي ومرتبطة ببعض العناصر الإنشائية التي يجب دراستها لتحديد ما إذا كان السبب نتيجة لأخطاء تنفيذية أو لزيادة الأحمال عن الأحمال التصميمية.
- 2- البحث عن تسرب للمياه إلى الأساسات ووجود مياه رشح بالواجهة نتيجة مياه متسربة من الصرف الصحي أو مياه الأمطار.
- 3- ملاحظة طبيعة تربة الموقع و معرفة ما إذا كانت متجانسة أو غير متجانسة.

- 4- معاينة ترخيم البلكونات و هل هناك تشرخات فيها ومكان هذه التشرخات لمعرفة ما إذا كانت التشرخات نتيجة لعدم تسليح البلكونه بشكل جيد أم هناك سبب آخر.
- 5- معاينة وجود رشح في الدور الأرضي لعدم وجود طبقة عازلة للأساسات والحوائط.
- 6- معاينة وجود تشرخات حول الفتحات مثل أبواب البلكونات والشبابيك ومعاينة الأعتاب إن كانت غير موجودة أو عدم كفاية تلك الأعتاب لحمل ما فوقها.
- 7- معاينة السطوح والفواصل ومناسيب مختلفة في البلاطات و البحث عن أي فتحات يمكن للمياه أن تتسرب من خلالها إلى الخرسانة المسلحة ووجود طبقة عازلة للحرارة أو الرطوبة بالسطوح.

#### ثانياً: الفحص الداخلي: تكون عملية فحص المبنى داخليا وفق الخطوات الآتية:

- 1- معاينة مكان التشرخات في حوائط المباني الهيكلية ومكانها واتجاهها و عرضها و مدى انتظامها في العرض وكذلك وجود فاصل بين الجدران في الزوايا و تحت الكمرات مباشرة .
- 2- البحث عن وجود شروخ نافذة في الحوائط بحيث ترى النور الخارجي.
- 3- البحث عن وجود رشح في الأرضيات الخاصة بدورات المياه وفحص التمديدات الصحية وأنابيب المياه لمعرفة ما إذا كان السبب نتيجة لخلل في مواسير المياه أو غيره.
- 4- معاينة هبوط أرضيات الحجرات أو تشرخات ممتدة من الجدران إلى الأرضيات.
- 5- معاينة مكان التشرخات في الكمرات و البلاطات و الأعمدة لمعرفة ما إذا كانت تلك التشرخات ناتجة عن زيادة الأحمال أم لا، و هل تم سقوط غطاء الخرسانة بها وظهور حديد التسليح ومعرفة ما إذا كان ذلك ناتج عن صدأ حديد التسليح.
- 6- ملاحظة التشرخات حول فتحات الأبواب و النوافذ و هل هي قصيرة حول الفتحات أم أنها ممتدة إلى الأرضيات.

## الفصل الثاني

### اختبارات كفاءه الخرسانة المتصلبة

#### 2\_3\_1\_ مقدمة:

تصنع الخرسانة من مزج نسب معينة من اربعة مواد هي الإسمنت و الركام الناعم و الخشن والماء ، و احياناً مواد مضافة لاعطاء خواص معينة للخرسانة الطرية أو الصلبة. و تعتمد خواص الخرسانة الطرية و الصلبة على نوعية ونسب مكونات الخرسانة وكذلك طرق المعالجة بعد الصب. وعند حدوث خلل في نسب الخلط كزيادة نسبة الماء الى الإسمنت مثلاً، فإن مقامة الخرسانة تنخفض بشكل كبير. ولمعرفة مقدار تأثر مقاومة الخرسانة المتصلبة نتيجة لعدم التقيد بنسب الخلط المحددة، تجرى إختبارات مختلفة للخرسانة منها الإختبارات الغير متلفة للخرسانة والإختبارات قليلة الإتلاف للخرسانة والإختبارات المتلفة للخرسانة. كما توجد إختبارات أخرى للكشف على الغطاء الخرساني وحديد التسليح وغيره. وفيمايلي إستعراض سريع لأهم الإختبارات التي تجرى لتقييم الخرسانة المتصلبة والإجهزة المستعملة في هذه الإختبارات.

#### 2-3-2- الاختبارات الغير متلفة للخرسانة:

تهدف الاختبارات الغير متلفة للخرسانة إلى اختبار العنصر الخرساني دون إحداث تلف أو انهيار به. وتتنوع الاختبارات تبعاً لنوع الجهاز المستخدم و طريقة الاختبار ومن أهم طرق الاختبارات ما يلي:

1. طريقة الصلادة وتشمل نوعين من الاختبار:

أ. الاختبار بطريقة الارتداد.

ب. الاختبار بطريقة العلامة.

2. طريقة النبضات.

3. طريقة الإشعاع.

4. طرق الرنين.

**أهم تطبيقات الاختبارات الغير متلفة للخرسانة:**

1. اختبار قوة ضغط الخرسانة المتصلدة.
  2. اختبار صلادة سطح الخرسانة.
  3. الكشف عن أماكن حديد التسليح و أقطارها.
  4. كشف الشروخ في الخرسانة وتحديد أماكنها واتساعها.
  5. تحديد محتوى الرطوبة.
  6. تعيين كثافة الخرسانة.
  7. تحديد معايير المرونة للخرسانة.
- وتعتبر اختبارات مقاومة الضغط من أهم الاختبارات التي تساعد المهندس الإنشائي على تقييم حالة المباني.

**أسباب إجراء اختبارات الخرسانة:**

- 1- ظهور تشوهات وتصدعات في المباني.
- 2- عدم الالتزام بنسب الخلط المحددة في المواصفات.
- 3- فك الشدات المبكر والصب دون إشراف هندسي.
- 4- في حالة عدم إجراء اختبارات مقاومة للضغط للخرسانة أو إتلاف العينات المأخوذة للاختبار.
- 5- الشك في نوع الأسمنت المستخدم أو الركام.
- 6- عدم قيام المقاول بإتمام أعمال المعالجة للخرسانة.
- 7- في حالة مطابقة نتائج اختبارات مقاومة الضغط للمقاومة المطلوبة بسبب حدوث خطأ في أخذ العينات أو في معالجتها أو في إجراء الاختبارات.

**أهم الأجهزة المستعملة في مجال اختبارات الخرسانة:**

1. مطرقة شميدت Schmidt Hammer
2. أجهزة الموجات فوق صوتية أو أجهزة قياس سرعة النبضات
- 3- أجهزة الكشف عن حديد التسليح
- 4- أجهزة قياس الغطاء الخرساني.

### 1- مطرقة شميدت Schmidt Hammer



صورة رقم (1) مطرقة شميدت

تستخدم مطرقة شميدت لتحديد مقاومة الضغط للخرسانة عن طريق تعيين رقم الارتداد. حيث يعتمد عمل الجهاز على النظرية التي تنص على أن قوة الارتداد كتلة مرنة يعتمد على قوة السطح الذي تصطدم به. ويستخدم رقم الارتداد هذا في الحصول على القيمة التقريبية لمقاومة الضغط للخرسانة.

#### مميزات مطرقة شميدت:

- 1- جهاز صغير الحجم يمكن استعماله في المواقع المختلفة.
- 2- يعطي نتائج سريعة لمقاومة الضغط وسهل الاستعمال.
- 3- لا يسبب تلف للخرسانة.
- 4- جهاز لا يتطلب احتياطات كثيرة أو معقدة.
- 5- سهل المعايرة.
- 6- يتحمل ظروف العمل الشاقة أكثر من الأجهزة الأخرى.
- 7- رخيص الثمن مقارنة بالأجهزة الأخرى المستخدمة لهذا الغرض.

#### طريقة عمل مطرقة شميدت:

- 1- يتم إخراج الرأس المتحرك بالضغط الخفيف على مفتاح (زرار) بالجهاز.
- 2- يوضع الجهاز عمودياً على السطح الخرساني المراد اختباره كما هو موضح في الصورة (2)، ثم يضغط الجهاز فتتزلق الرأس إلى داخل الجهاز وقبل اختفائها ينفك الشاكوش ويحدث صدمة أو طرقة على الرأس.
- 3- عند الاصطدام يرتد الشاكوش الطارق مسجلاً رقماً يتناسب مع صلادة السطح المختبر.





صورة رقم (2) وضع مطرقة شميدت عمودية على سطح الخرسانة عند إجراء الاختبار

4- ينقل الجهاز إلى نقطة أخرى وتكرر الخطوتين السابقتين 2، 3 وهكذا حتى يتم اختبار النقاط المطلوبة.

5- بعد الانتهاء من العمل يعاد الجهاز إلى وضعة الأصلي بجعل الرأس داخل الجهاز.

### أنواع الأجهزة:

هناك نوعين من الأجهزة من حيث قراءة رقم الارتداد:

أ- أجهزة تعطي القراءة للنتيجة بواسطة مؤشر على تدرج بجسم الجهاز.

ب- أجهزة تعطي القراءة للنتيجة بواسطة أداة تسجيل على شريط ورقي.

و يعتبر النوع الثاني أفضل للأسباب الآتية:

- 1- لا يحتاج لشخص آخر لتسجيل القراءة حيث يتم ذلك ألياً.
- 2- يمكن الرجوع إلى التسجيل البياني للقراءة في أي وقت.
- 3- عدم إمكانية التلاعب أثناء استخدام النوع الأول من الأجهزة عند تدوين القراءة بواسطة شخص آخر غير الذي يقوم بأخذ القراءات.
- 4- نسبة الخطأ اقل من النوع الأول.

### الاحتياطات اللازمة عند إجراء الاختبار بمطرقة شميدت:

- 1- يجب أن يكون الجهاز معاير قبل الاستخدام.
- 2- ينظف السطح المختبر بأحجار الكاربورندوم المزودة مع الجهاز ويجب أن يكون خالي من التعشيش أو المسامية.
- 3- يجب أن يكون السطح خالي من النتوءات وبعيد عن أماكن أعمال الخرسانة.
- 6- تزال أي مونه أو طبقات بياض قبل إجراء الاختبار وينظف مكان اخذ القراءات.
- 7- تزال طبقة الخرسانة الضعيفة.
- 8- في حالة الأسطح الخرسانية القديمة يتم إزالة السطح المتصلد لمسافة واحد سنتيمتر.

## مشروع التخرج-2006-2007م

- 9- يتم اختبار النقط في المناطق العلوية حيث إن الخرسانة تكون أكثر دمكا في الأجزاء السفلية من العضو الإنشائي.
- 10- يفضل إجراء الاختبارات على الأسطح الراسية- أعمدة - حوائط خرسانية - جوانب كمرات - جوانب قواعد.
11. تؤخذ احتياطات خاصة في حالة الأعضاء النحيفة (بلاطات 10سم - 15سم) حيث أن مرونة هذه الأعضاء قد تؤثر على رقم الارتداد.
- 12- في حالة الأسطح المبللة في الأماكن القريبة من مصادر المياه مثل دورات المياه وغيره، فإن الجهاز يعطي نتائج مظلمة تقل بحوالي 30% عن القيمة الحقيقية. لذلك تستخدم جداول خاصة بالتصحيح في هذه الحالة.

### معايرة الجهاز:

يجب معايرة الجهاز في الحالات الآتية:

- 1- عند تغيير نوع الركام المستخدم ( بازلت - جرانيت - حجر جيري، و غيره).
- 2- يتم معايرة الجهاز بعد كل 2000 صدمة على الأكثر.
- 3- يعاير الجهاز عند تركه مدة دون استعمال.
- 4- يتم معايرة الجهاز عند عمل أى صيانة له.

### طريقة إجراء الاختبارات وإعداد النتائج:

- 1- تحدد مساحة على العضو الخرساني المراد اختباره في حدود 30 x 30 سم و تؤخذ حوالي 15 قراءة موزعة داخل هذه المساحة و التي تعتبر نقطة قياس.
- 2- يجب أن لا تقل المسافة بين كل قراءتين عن 2.5 سم.
- 4- يعمل كروكي للعنصر الخرساني وتحدد عليه مواقع النقط.

- 5- يحسب متوسط أرقام الارتداد لكل نقطة على حدة وتستبعد القراءات الشاذة بحيث لا يزيد الفرق بين أي رقم ارتداد والمتوسط عن 5 وحدات. وإذا كان ثلثي القراءات لا تنحرف عن المتوسط بمقدار 2.5 وحدة فيعتبر رقم الارتداد مقبول.
- 6- تحول متوسط أرقام الارتداد الخاص بكل نقطة إلى مقاومة ضغط نيوتن/مم<sup>2</sup> أو كجم/سم<sup>2</sup> بواسطة المنحنيات الخاصة بالجهاز.
- 7- تحسب مقاومة الضغط المتوسطة للخرسانة بحيث لا يزيد معامل الاختلاف لمفردات مقاومة الضغط عن 15%.

#### زاوية ميل الجهاز:

يستخدم الجهاز في الوضع الأفقي أي لاختبار أسطح راسية مثل الحوائط والأعمدة وبذلك اعتبرت زاوية ميل الجهاز بالنسبة للمستوى الأفقي، و في حالة استخدام الجهاز للأسطح المائلة أو في الوضع الرأسي للجهاز عند اختبار الأسقف أو الأرضيات، يتم تصحيح القراءات طبقاً للمنحنيات المناسبة. و يجب التنبيه في حالة الزوايا الموجبة التي تصحح بطرح القيم من قراءة المؤشر نتيجة تأثير الجاذبية الأرضية وفي حالة الزوايا السالبة يتم التصحيح بإضافة بعض القيم إلى قراءة المؤشر.

#### مصادر الأخطاء المحتملة:

- 1- عدم المعايرة عند استخدام ركام مختلف.
- 2- العناصر الخرسانية النخيفة مثل البلاطات التي سماكتها 100-150 مم تعطي قراءات اقل من الحقيقة نتيجة لمرونتها.
- 3- وجود فراغات أو تعشيش أو نتوءات في الخرسانة .
- 4- الأسطح الخرسانة الرطبة وحديثة الصب تعطي أرقام ارتداد اقل من الحقيقة.
- 5- الخرسانية الجافة القديمة يكون سطحها أكثر صلادة من داخلها فتعطي أرقام ارتداد اكبر من الحقيقة.

## 2- الموجات فوق الصوتية Ultrasonic Plus Velocity:

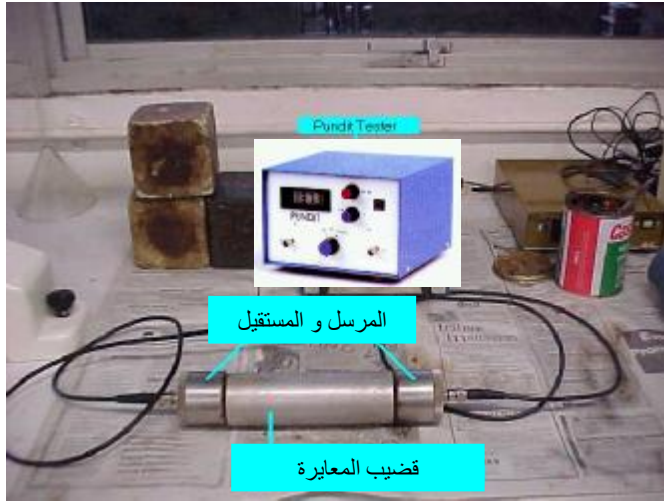
### فكرة استخدام الموجات فوق الصوتية:

في هذه الطريقة يتم أحداث نبضات عبارة عن موجات فوق صوتية لتسري خلال الجزء المختبر ويتم تعيين زمن انتقالها، حيث وجد أن سرعة النبضات خلال جسم صلب يعتمد على كثافة وخواص المرونة للمادة المختبرة.

### استخدامات طريقة الموجات فوق الصوتية:

تستعمل هذه الطريقة في مجال الخرسانة لمعرفة الآتي:

1. قيمة مقاومة الخرسانة للضغط.
2. مدى تجانس الخرسانة.
3. قياس المرونة للخرسانة.
4. تحديد أماكن الشروخ والفجوات في الخرسانة.
5. تحديد درجة تلف الخرسانة.
6. قياس سمك طبقة الخرسانة.
7. مراقبة تطور قيم مقاومة الضغط للخرسانة.



صورة رقم(3) جهاز الموجات فوق الصوتية

### طريقة إجراء الاختبار:

استخدام أجهزة الموجات فوق الصوتية لإنتاج نبضات مناسبة مع المادة لإجراء اختبارات معينة على الخرسانة ، يتطلب كفاءة عالية. ويجب ضبط الجهاز مع جزء المعايرة المرفق مع الجهاز قبل بدء الاختبار على العينة. و يتم قياس المسافة التي تسيرها النبضات بدقة (طول المسار) كمايلي:

1. يوضع المرسل Transmitter والمستقبل Receiver على العينة بحيث يكون الاتصال تام بين سطحي المرسل والمستقبل وسطح العينة ويستخدم لهذا الغرض الشحم أو الصابون السائل.
2. عند وضع المرسل والمستقبل على العينة يستمر هذا الوضع حتى تثبت القراءة وإذا تأرجحت القراءات يؤخذ المتوسط.
3. يكون الرقم معبراً عن الوقت T لسريان النبضات خلال الجزء المختبر.

4. تكون سرعة النبضات (V) كالآتي:

$$V=L/T \text{ km/sec}$$

حيث:

$L$  = طول المسار المقاس

$T$  = زمن انتقال الموجة

5. يستخدم منحنى المعايير الخاص لإيجاد مقاومة ضغط المكعب المكافئ. ودقة النتائج (باستخدام هذه الطريقة) تتراوح بين 20% من القيمة المحسوبة لمقاومة الضغط، لذلك يطرح 10 % من المقاومة الناتجة لإيجاد قيمة مناسبة لمقاومة الخرسانة المختبرة.

#### وضع المرسل والمستقبل:

توجد ثلاث طرق لوضع المرسل والمستقبل:

1. في اتجاهين متضادين (قياس مباشر)
  2. في الجوانب المجاورة (قياس نصف مباشر)
  3. في نفس السطح (قياس غير مباشر)
- وتستخدم الطريقة الأولى في حالة إمكانية وضع المرسل والمستقبل بهذا الوضع وهو أفضل وأدق وضع. أما في الطريقة الثانية فيتم الانتقال على طول السطح وذلك في حالة إمكانية الوصول إلى سطح واحد فقط من العنصر المراد اختباره. وفي هذه الحالة تكون العملية أقل كفاءة من الطريقة المباشرة وذلك لأن معظم الطاقة تتجه إلى داخل الخرسانة.

### العوامل المؤثرة على النتائج:

هناك عدة عوامل تؤثر على نتائج الاختبار و هذه العوامل هي:

#### 1. نسبة الرطوبة:

العينات المشبعة تعطي نتائج أعلى من العينات الجافة بعكس اختبار مطرقة شميدت ولذلك يستحسن دمج الطريقتين معاً.

#### 2. درجة الحرارة:

درجات الحرارة العادية لا تؤثر على سرعة النبضات.

3. نوع الركاب: زمن انتقال النبضات يتأثر بنوع الركاب المستخدم وشكله وحجمه ونسبة الخلط لذلك تعمل منحنيات خاصة لكل نوع من أنواع الركاب.

4. درجة الصلادة: الخرسانة التي وصلت لدرجة تصلد تعادل 50% من قوتها لا تؤثر على سرعة سريان الموجات.

#### 5. طول المسار:

لا يؤثر طول المسار على نتائج قياس سرعة النبضات و لكن إذا كان طول المسار صغيراً جداً فإن الوسط الغير متجانس للخرسانة له تأثير كبير. وقد وجد أن سمك أكبر من 100مم أو 150مم مع استخدام ركاب من 20مم إلى 40مم يعتبر غير مؤثر على النتائج.

#### 6. عمر الخرسانة:

سرعة الموجات تتأثر بزيادة عمرا للخرسانة حتى عمر 7 أيام.

#### 7. حديد التسليح:

حديد التسليح له تأثير في زيادة سرعة النبضات، لذلك يفضل تفادي حديد التسليح ما أمكن. وتوجد حالتين لوضع حديد التسليح بالنسبة لخط سير النبضات: الحالة الأولى: أن يكون محور السبخ عمودي على مسار النبضات وفي هذه الحالة تتأثر القراءات بقطر الأسياخ التي تعترض مسارها ويتم تطبيق معامل تصحيح يعتمد على قطر الأسياخ.

الحالة الثانية: عندما يكون محور السبخ موازي لخط سير النبضات، ففي هذه الحالة تخرج أول موجه وتنتجه لتسير من خلال السبخ في المنطقة الموجودة فيها و يطبق معامل التصحيح.

و لجهاز الموجات فوق الصوتية استعمالات أخرى أهمها:

1- قياس درجة التجانس في الخرسانة:

معامل الاختلاف للسرعات (V) يعطى دلالة عن حالة تجانس الخرسانة وقد أعتبر أن معامل اختلاف مقداره 1.5-2.5% يدل على أن الخرسانة جيدة وذلك في حالة إجراء الاختبار على القلوب الخرسانية ويعتبر الاختلاف من 6 إلى 9% مناسب في حالة إجراء الاختبار على العنصر الإنشائي نفسه.

2- اكتشاف الشروخ والفجوات في الخرسانة:

تعتمد فكرة استخدام الجهاز في اكتشاف الشروخ والفجوات على حقيقة أن النبضات لا تسرى في الفراغ فتسلك الموجه مساراً أطول ولذلك تختلف تبعاً لسرعة النبضات. إذ أن زمن انتقال النبضات يزيد نتيجة لوجود الشروخ ويمكن معرفة ذلك مقارنة بزمن الانتقال خلال الخرسانة السليمة للتعرف على خواص وطبيعة الشروخ والفجوات بدقة 15% و يمكن كذلك قياس عمق الشرخ على وجهه التقريب.

3- تحديد درجة تلف الخرسانة:

تستعمل الموجات فوق الصوتية في التعرف على درجة تلف الخرسانة نتيجة لحريق أو عوامل كيميائية أو ميكانيكية و ذلك بتحديد سرعة الموجات في الأجزاء السليمة من العنصر الإنشائي واعتبار أن سرعة انتقال الموجه خلال الطبقة التالفة مساوياً للصفر. وتحسب عمق الطبقة التالفة من العلاقة:

$$t = (TVc-L)$$

حيث:

$$T = \text{عمق الطبقة التالفة}$$

$$VC = \text{السرعة الفعلية للموجات في الخرسانة.}$$

$$T = \text{زمن انتقال الموجه في الخرسانة الموجودة.}$$

$$L = \text{طول مسار الموجه في الخرسانة.}$$

ويجب إجراء الاختبارات بدقة لأن نسبة الخطأ تكون كبيرة في حالة عدم القياس بدقة.

4- قياس معايير المرونة:

## مشروع التخرج-2006-2007م

يستعمل جهاز الموجات فوق الصوتية في قياس معايير المرونة للخرسانة وذلك باستخدام منحنيات تم معايرتها على خرسانات ذات قيم مختلفة لمعايير المرونة.



صورة رقم (4) ميكروسكوب لقياس عرض الشروخ

### 3- ميكروسكوب قياس عرض الشروخ:

ميكروسكوب صغير و سهل الاستخدام و مصمم لقياس عرض الشروخ في الخرسانة و غيره (صورة رقم 4).

ويرتبط الميكروسكوب بمصدر ضوء يمكن التحكم بشدة ضوءه كما يمكن استخدام هذا الميكروسكوب في كل ظروف العمل. و يمكن توضيح صورة السطح بواسطة عقدة يمكن إدارتها و كذلك يمكن إدارة عدسة المنظار لتتبع اتجاه الشرخ. وهو مزود بمقياس كل قسم رئيسي فيه عبارة عن (0.2) مم و يقسم القسم الرئيسي إلى عشرة أقسام فرعية مقدار كل قسم عبارة عن (0.02) مم.

### 4- جهاز الكشف عن الغطاء الخرساني cover meters :

يستخدم هذا الجهاز في الكشف عن الغطاء الخرساني و مراقبة تدهور الغطاء الخرساني بسبب صدأ حديد التسليح.



صورة رقم (5) جهاز الكشف والتقييم للغطاء الخرساني



##### 5- جهاز تحديد مواقع وتوجيه و أقطار حديد التسليح Rebar Locator:

يستخدم هذا الجهاز في تحديد مواقع حديد التسليح و اتجاهها و أقطارها و كذلك الغطاء الخرساني فوق حديد التسليح و بعض هذه الأجهزة لها مجس منفرد و البعض الآخر لها ثلاثة مجسات.



صورة رقم (6) جهاز تحديد مواقع وتوجيه و  
أقطار حديد التسليح Rebar Locator

##### 6- جهاز الكشف عن صدأ حديد التسليح في الخرسانة Corrosion Analyzing

##### :Instrument



صورة رقم (7) جهاز كشف الصدأ في  
حديد تسليح الخرسانة

يستخدم هذا الجهاز في الكشف عن الصدأ في حديد تسليح الخرسانة. و يمكن بواسطة هذا الجهاز الكشف عن الصدأ في حديد تسليح العناصر الخرسانية في المباني قبل أن يصبح الصدأ مرئي بالعين المجردة وقبل حدوث ضرر في الخرسانة المحيطة بحديد التسليح. لذلك، فإن هذا النوع من الأجهزة يساعد في التقييم و الترميم للمباني. و هذا النوع من الأجهزة سهل الاستخدام.

## 2- الاختبارات قليلة الإلتلاف للخرسانة:

### اختبار القلب الخرساني Core Test:

يعتبر هذا الاختبار من الإختبارات المتلفة جزئياً للخرسانة ويستخدم لتعيين مقاومة الضغط للخرسانة بصورة حقيقية وواقعية و ذلك بواسطة اختبار عينة مأخوذة (القلب الخرساني) من بعض الأعضاء الإنشائية الأساسية كالأعمدة و الكمرات و البلاطات و الأساسات.

### الجهاز المستخدم لأخذ العينات:

الجهاز المستخدم عبارة عن مثقاب به آلة ثقب اسطوانية من الماس ويعمل بالضغط الهيدروليكي.

### العينات:

تؤخذ عينات اسطوانية بقطر 150مم من العناصر الخرسانية المراد اختبارها وهو المقياس القياسي للعينات ولكن العينات الأكثر استخداما هي التي بقطر 100 مم وذلك حرصاً على سلامة العينات أثناء انتزاعها وطول العينة يجب أن لا يقل عن 95% من قطرها. و يجب أن تستخرج عينة عمودية على السطح الموجود فيه ويدون رقم العينة ومكانها واتجاه أخذها مباشرة.

### الفحص البصري للعينة:

يتم فحص العينة بالعين المجردة أو باستخدام عدسة تكبير لتحديد الآتي:

- 1- وصف الركam في العينة من حيث الحجم و النوع و الشكل و أكبر مقاس للركام.
- 2- المسامية و التعشيش و حجم الفراغات وأماكن وجودها واتجاهها وتحديد أسبابها كنقص المونة الإسمنتية أو الدمك أو انفصال حبيبي.
- 3- توزيع مكونات الخرسانة و مدى انتظامه.
- 4- درجة دمك الخرسانة.
- 5- التغيرات الظاهرة في الخلطة الخرسانية بين العينات المأخوذة.
- 6- مكان و مقياس حديد التسليح و مدى تماسكه مع الخرسانة.
- 7- ملاحظات أخرى غير معتادة.

### قياس العينة:



صورة رقم (8) جهاز أخذ عينات القلب الخرساني

- 1- القطر: يقاس قطرين متعامدين للمقطع العلوي و الأوسط و السفلي للعينة ويؤخذ المتوسط .
- 2- الطول: بالنسبة لارتفاع العينة يؤخذ المتوسط لأكبر و أقل ارتفاع للعينة بعد وضع الغطاء على نهايتي العينة إلى أقرب نصف سنتيمتر.
- 3- حديد التسليح: يقاس قطر حديد التسليح وموضعه و المسافات بينه.

### تجهيز سطح عينة القلب الخرساني:

يتم تجهيز السطح بعمل غطاء بأقل سمك ممكن بالمونة الإسمنتية مع الرمل الناعم بنسبة 3 إلى 1 ويسوى و يوضع فوقه صفيحة من الحديد أو الزجاج مدهونة بزيت. وفى اليوم الثاني تكرر العملية للطرف الآخر من العينة.

### إجراء الاختبار على عينة القلب الخرساني:

- 1- يتم اختبار العينة بعد وضعها في الماء لمدة لا تقل عن 48 ساعة.
- 2- ينظف سطح العينة من أي أتربة أو عوالق.
- 3- توضع العينة رأسياً تماماً في محور الماكينة ولا توضع أي قطع مساعدة أعلى العينة.
- 4- يتم وضع الحمل على العينة بمعدل بطيء حتى حدوث الكسر.
- 5- تحسب مقاومة الضغط  $F_c$  من العلاقة:  $f_c = P/A$

## مشروع التخرج-2006-2007م

حيث:  $P$  = الحمل الذي حدث عنده كسر العينة،  $A$  = مساحة مقطع العينة محسوب من متوسط أقطار العينة المقاسة.

- 6- يتم عمل تصحيح لنتيجة مقاومة الضغط على أساس نسبة (الطول/القطر) لتحويل القلب الخرساني إلى اسطوانة قياسية (15×30 سم).
- 7- للحصول على القيمة المناظرة للمكعب يضرب الناتج  $\times 1.25$ .

### تقرير اختبار القلب الخرساني:

يجب أن يشتمل التقرير على الآتي:

- 1- تاريخ أخذ العينة
  - 2- القطر المتوسط و أكبر و أقل طول للعينة.
  - 3- مقاومة الضغط المقاسة و معامل التصحيح للعينات الاسطوانية.
  - 4- مقاومة الضغط المحسوبة للمكعب.
  - 5- شكل الكسر وشكل الخرسانة.
  - 6- وصف نوع الركام وتوزيع المواد بالخلطة الخرسانية.
  - 7- درجة الدمك للخرسانة.
  - 8- مقياس حديد التسليح وموضعه و المسافات بين كل سيخين إن وجدت.
  - 9- صور للعينات ترفق مع التقرير.
- و يتحقق من اختبارات القلب الخرساني معرفة مقاومة الضغط للخرسانة بشكل مباشر و أدق من الاختبارات الغير متلفة للخرسانة مثل مطرقة إشميدت أو بواسطة أجهزة الموجات فوق الصوتية . كذلك يمكن معرفة سمك الغطاء الخرساني و أقطار حديد التسليح و نسب مكونات الخلطة الخرسانية(الركام الخشن و الناعم والاسمنت) وتوزيعها و درجة الدمك للخرسانة.

### تقييم النتائج:

- 1- يتم عمل ثلاث عينات على الأقل للخرسانة المراد اختبارها.
- 2- تعتبر العينة مقبولة إذا كانت مقاومة الضغط لا تقل عن 80% من المقاومة المطلوبة.

3- الفرق في نتائج القلوب لا يزيد عن 25% من المتوسط.  
فإن لم تتحقق الثلاثة الشروط السابقة يجرى اختبار تحميل.

### 3- الاختبارات المتلفة للخرسانة:

#### اختبار التحميل:

الغرض من الاختبار هو اختبار كفاءه العناصر الإنشائية فى تحمل الأحمال التصميمية التي صمم من أجلها. ويجرى الاختبار على الكمرات أو البلاطات أو الأسقف أو المنشأ ككل. يتم إجراء اختبار التحميل إذا كان هناك شك فى كفاءه المنشأ لخلل في طريقة التنفيذ أو لوجود هبوط غير منتظم فى أجزاء من المنشأ أو بسبب فشل نتائج القلب الخرساني أو غير ذلك.

ولا يجوز إجراء اختبار التحميل قبل مرور ستة أسابيع من ابتداء تصلد الخرسانة. في هذا الاختبار تحدد العناصر المراد اختبارها و يقاس سهم الانحناء قبل إجراء الاختبار. ثم تحمل تلك العناصر بحمل مقداره مرة ونصف الحمل الحي المنصوص عليه فى التصميم بالإضافة إلى حمل مكافئ لجميع الأحمال الميتة فى صورتها النهائية (مثل الأرضيات والقواطع والتليس ..... و غيره) على اربعة مراحل متساوية مع مراعاة عدم حدوث أي صدمات أثناء التحميل و يقاس سهم الإنحناء بعد كل مرحلة تحميل. ثم يترك الحمل لمدة 24 ساعة ويقاس سهم الإنحناء الاقصى و عرض التشوهات.

#### تقييم اختبار التحميل:

يعتبر المنشأ قد أستوفى الأمان إذا تحقق ما يلي:

1- إذا كانت أكبر قيمة لسهم الانحناء  $S_{max}$  فى العنصر المختبر أقل من أو تساوي

$$S_{max} \leq L_y / 2.5t$$

حيث  $L_t$  = البحر مقاساً بالمتر،  $t$  سمك العنصر بالسنتيمتر

تؤخذ  $L_t$  فى حالة الكوابيل بضعف المسافة لبحر الكابولي.

$L_t$  = طول الإتجاه الأصغر فى حالة البلاطات اللاكمرية أو ذات الإتجاهين.

2- يجب أن يكون الجزء المسترجع من سهم الإنحناء الأقصى بعد 24 ساعة من رفع الحمل لا يقل عن 75% من قيمة سهم الإنحناء الأقصى ، وعرض الشروخ في حدود المسموح به.

3- إذا لم يسترجع 75% على الأقل من سهم الانحناء الأقصى الذي سجل بعد التحميل في خلال 24 ساعة من رفع مرة ونصف الحمل الحي يجب إعادة الاختبار بنفس الطريقة السابقة.

4- إذا لم يختفي على الأقل 75% من سهم الإنحناء الذي ظهر أثناء الاختبار الثاني أو إذا كانت عروض الشرخ أكبر من المسموح به فيعتبر العنصر المختبر غير مقبول.

## الباب الثالث

### مواد الترميم والمعدات المستعملة في ترميم وإصلاح وتقوية المنشآت والمباني

#### 3\_1\_ مقدمة.

#### الفصل الأول:

#### 3\_2\_ مواد الترميم:

- أسس إختيار مواد الترميم
- مواد الترميم ( الخصائص العامة)
- مواد الترميم (خصائص محددة للترميم)

#### الفصل الثاني

#### 3\_3\_ المعدات المستعملة في الترميم والإصلاح والتقوية

- معدات ازاله الخرسانة المعيبة.
- معدات رش الخرسانة،
- معدات الضخ والحقن لمواد الإصلاح(الابيوكسي)

## الفصل الأول

### مواد الترميم

#### 3\_1\_ مقدمة:

تعتبر مواد الترميم والإصلاح للمنشآت من حيث نوعيتها وكميتها وكيفية استخدامها والاستفادة بأقصى كفاءة لها وبالتالي إختبارها هي الخطوة الأساسية لنجاح أي عملية للترميم حيث بأنها تعتبر هي الدواء المتمم لتنفيذ التشخيص السليم والخطة المدروسة للترميم.

\* هذا وتجدر الإشارة إلى أنه إذا تم التشخيص السليم للعوامل التي ملاحظتها ورصدها في أي منشأ وبالتالي تم الوقوف على الأسباب المباشرة والغير مباشرة لتدهور الخرسانة ممثلاً في الشروخ وسقوط السطح الخرساني والتفتت والتآكل.. الخ. من أشكال تدهور الخرسانة فالخطوة التالية هي وضع خطة الإصلاح الخاصة بالترميم أو التقوية وهذه الخطة بجانب أنها تشمل خطوات تنفيذ أسلوب العلاج المقترح الا أنها تتضمن أيضاً نوعية المواد المناسبة للترميم والمتوافقة مع السطح الذي سيتم ترميمه وكذلك المعدات والماكينات التي سوف تستخدم في العلاج بالإضافة إلى فريق وطاقم تنفيذ مدرب وله خبرة فنية في مثل هذه الأعمال فإن ذلك سوف يؤدي إلى إتمام عملية الترميم أو الإصلاح بكفاءة عالية وبالتالي نصل بالمنشأ إلى بر الأمان بحيث يصبح قادراً على تحمل الأحمال الواقعة والتي تقع عليها مستقبلاً مع وجود معامل أمان كافي.



### 3\_2\_ أسس اختيار مواد الترميم:

اختيار مواد الترميم المناسبة هي الخطوة الثانية بعد التشخيص الجيد لسبب تصدعات المباني. و أهمية الاختيار الجيد لمواد الترميم المناسبة يكمن في ملائمة مواد الترميم للعناصر المراد ترميمها وكفاءتها و ديمومتها. لذلك فالاختيار المناسب لمواد الترميم المناسبة يعتبر من الخطوات الأساسية لإنجاح عملية الترميم. و لكي يتم اختيار المواد المناسبة توجد عدة أسس تؤخذ في الاعتبار هي:

- 1- توافق مواد الترميم مع سطوح العناصر المراد ترميمها لكي يحدث تجانس بينها والتصاق جيد يفي بالغرض المستخدمة لأجله.
- 2- إمكانية تهيئة سطوح العناصر المراد ترميمها بسهولة ولانتمتها لمواد الترميم المختارة فلا يصلح مثلاً ترميم بالمواد الإيبوكسية على سطح خرساني متآكل و ضعيف فلن يحدث التصاق جيد بين هذا السطح و مواد المونة الإيبوكسية فيحدث فاصل بينهما و يجب في هذه الحالة إزالة الأجزاء الضعيفة و عمل تنظيف و تهيئة للسطح الخرساني قبل الترميم.
- 3- يجب أن تختار مواد الترميم ذات أساس يقبله السطح المراد ترميمه فمثلاً السطح الرطب لايقبل مواد إيبوكسية عادية بل تستخدم مواد إيبوكسية ذات أساس مائي تقبله السطوح الرطبة.
- 3- ملائمة مواد الترميم لتأدية الغرض من الترميم مع التأكد من كفاءتها و صلاحيتها عند الاستخدام وتجربة هذه المواد عملياً.
- 4- يجب إتباع إرشادات المنتج عند تخزين هذه المواد بطريقة صحيحة في أماكن مغلقة غير معرضة للحرارة أو الرطوبة.
- 5- ملائمة المواد التحضيرية اللازمة لتجهيز السطح و دراسة البطانة اللازمة بحيث تكون متوافقة مع السطح و الوسط المحيط به أو المعرضة له.
- 6- دراسة خصائص مواد الترميم المختلفة وكيفية استخدامها.

**3\_3\_ أهم مواد الترميم الشائعة الاستخدام في ترميم المنشآت هي:**

**3 3 1 مواد الترميم ( الخصائص العامة):**

**1- المواد الإيبوكسية (Epoxy Materials):**

تعتبر المواد الإيبوكسية من المواد الكيماوية ذات الكفاءة العالية التي تستخدم في العديد من الأغراض الإنشائية فتستخدم كدهان مقاوم للكيماويات و الرطوبة لحماية واجهات المباني مما تساعد في ديمومة المباني. و تأتي المواد الإيبوكسية بأشكال جيدة و ألوان متعددة فتصلح كوجه نهائي. كما تستخدم المونة الإيبوكسية في الترميمات وزرع الاشجار و عمل القمصان و تثبيت الأسياخ الإضافية في الكمرات و الأسقف و ذلك لمقاومتها العالية في الشد و الضغط. و كذلك تستخدم المواد الإيبوكسية كدهانات عازلة في المنشآت الهامة و في البدرومات و في حمامات السباحة و خزانات المواد الكيماوية. أيضاً تستخدم المونة الإيبوكسية في ملئ عراميس السيراميك للمصانع لمنع تسرب المواد الكيماوية إلى الخرسانة.

و يتكون الإيبوكسي من مركبين هما:

الراتنج أو الريزن ( Resin ) و المصلب ( Hardener ). و تصنع مادة الإيبوكسي من خلط هذين المركبين بنسب محدد في النشرة الخاصة بالمصنوع.

**طريقة استخدام المواد الإيبوكسية:**

1- تحتاج مواد الإيبوكسي الى أسطح قوية صلبة خالية من الاجزاء الضعيفة و الاوساخ و بقع الزيت لإتمام عملية الالتصاق بشكل جيد، لذلك تزال الاجزاء الضعيفة من السطح المراد ترميمه وينضف جيداً و يتم خلط كمية تكفي لإستخدام نصف ساعة حيث أن الإيبوكسي يتصلب خلال ساعة الى ساعة و نصف.

2- لرش الإيبوكسي يستخدم مسدس لاهوائي يعتمد على الضغط الكهربائي وليس ضغط الهواء لكي لاتحدث فقاعات هواء في الدهان.

3- يمكن فرد عجينة المونة الإيبوكسية بالبروة أو المسطرين أوسكينه معجون كبيرة.

- 4- توجد مضخات خاصة لحقن مواد الإيبوكسي السائلة داخل الشروخ بعد تنضيفها جيداً بالكمبرسور الهوائي و ازالة الاجزاء الضعيفة. و يجب قفل السطح الخارجي للشرخ النافذة بمونه سريعة التصلب غير منفذه للمياه و تثبت أنابيب معدنيه بها صمامات عدم رجوع ثم يتم رش مواد الإيبوكسي بمضخة خاصة فيندفع الهواء من الانابيب المركبة و يتم ملئ الشرخ بالمونه الإيبوكسية و بعد ذلك تزال المونه التي تم وضعها.
- 5- يجب إتباع طرق السلامة وأخذ الإحتياطات الازمة مثل تهوية المكان المستخدم فيه الإيبوكسي و يجب ان يرتدي العاملين القفازات و النظارات و الكمادات للوقاية من الغازات و الابخره الكيماوية نتيجة تفاعل مواد الخلط.
- 6- تجهيز المونه الإيبوكسية للترميم و الحقن كمايلي:
- أ- يتم تجهيز مادة الإيبوكسي الشفاف بمركبيه الرتنج و المصلب.
  - ب- يتم تحضير ماده مائه مناسبة مثل البازلت الناعم أو الأسمنت .
  - ج- يخلط المركبين بالطريقة و بالنسب الصحيحة حسب إرشادات المنتج.
  - د- تملئ الشروخ بالمادة المائلة.
  - هـ- يدهن السطح المراد ترميمه بوجه تحضيره من برا يمر إيبوكسي أو إيبوكسي مخفف بالمذيب.

## **2- المونه الإيبوكسية بالألياف المسلحة:**

يعتبر استخدام المونه الإيبوكسية بالألياف من أقوى طرق الترميم و العزل المائي و الكيميائي لما تتمتع به من مقاومة عالية للمياه والكيماويات وإمكانية الحصول على اجهادات عالية. لذلك تستخدم هذه المواد في زرع الاشجار و قمصان الأعمدة و الكمرات و الحوائط الخرسانية.

تتكون المونه الإيبوكسية بالألياف من نفس مكونات المونه الإيبوكسية بالإضافة إلى ألياف الصلب بنسبة 1 % إلى 5 % من وزن المونه الإيبوكسية.

## **3- المواد الإيبوكسية المرنة:**

تعتبر مواد الإيبوكسي المرنة من أفضل المواد المناسبة لحقن الشروخ الحرارية و الشروخ الإنشائية و الشروخ الفعالة و تتميز بالمرونة الشديدة ولونها أبيض يميل للاصفرار. تتكون المواد الإيبوكسية المرنة من مركبين كالمواد الإيبوكسية. تستخدم مواد مائلة مثل بودرة

البازلت أو الكوارتز بنسبة 1: 5 إلى 1: 8 إلى الإيبوكسي لعمل مونه مناسبة في أعمال الترميمات.

#### 4- المونه الأسمنتية بألياف الفيبر جلاس :

تضاف ألياف الفيبر جلاس إلى الخرسانة أو المونه لكي تزيد من مقاومتها للكيماويات و تزيد من الاجهادات و تقلل من الانكماش و تزيد من مقاومة الخرسانة للبري. و تتكون المونه الأسمنتية بألياف الفيبر جلاس من مكونات الخرسانة المعتادة مع ركام متدرج نظيف ويضاف اليها الياف فيبر جلاس 12 مم بنسبة من 1% إلى 4% . و يضاف اليها ايضاً إضافات لزيادة الاجهاد و السيولة. تعطي هذه الخرسانة مقاومة انضغاط من 500 كجم / سم<sup>2</sup> إلى 1000 كجم / سم<sup>2</sup> . و تتكون مونه الالياف من الاتي:

- 1- رمل نضيف متدرج 1 م.<sup>3</sup>
- 2- أسمنت بورتلا ندي عادي 350 كجم.
- 3- إضافات زيادة مقاومة الانضغاط من 0.2 % الى 0.4 % من وزن الأسمنت.
- 4- الياف فيبر جلاس من 1% إلى 4 % من وزن المونه.

#### إستخدامات المونه الأسمنتية بألياف الفيبر جلاس:

- 1- تستخدم في ترميم الأعمدة و الكمرات و الجدران.
- 2- من المواد المفضلة في ملئ التشققات الخرسانية.
- 3- تستخدم في ترميم و عمل القمصان الخرسانية للأعمدة و القواعد و الحوائط.
- 4- تستخدم في عمل أجزاء المنشآت الأكثر تعرضاً للبري و التآكل.

#### 5- الخرسانة و المونه البوليمرية:

تستخدم في الترميمات و علاج الشروخ و لحام الخرسانة الجديدة مع القديمة، فتضاف المواد البوليمرية إلى ماء الخلط أو الخرسانة بنسب معينة للحصول على خواص جديدة مثل قوة الالتصاق و زيادة قوة الخرسانة أو المونه و من أشهر هذه المواد هو الفينيل إسيئات و يعمل كمادة رابطة و تزيد من قوة الخرسانة ولحام الخرسانة الجديدة بالخرسانة

## مشروع التخرج-2006-2007م

القديمة. وهذه المواد عبارة عن سائل أبيض مائل الى اللون الازرق و يتم تخفيفها بالماء بنسبة تتراوح من 1:3 إلى 1:8 ثم تضاف إلى خلطة المونه أو الخرسانة.

### مميزات الخرسانة و المونه البوليمرية و إستخداماتها:

- 1- تتميز بقوة التصاق عالية على جميع الاسطح.
- 2- تستخدم للطرشرة على سطوح الخرسانة الناعمة.
- 3- تستخدم لزيادة قوة الانضغاط و البري و التآكل.
- 4- تستخدم لزيادة المرونة.
- 5- تتميز بقلّة الانكماش.
- 6- تستخدم لزيادة قابلية التشغيل.
- 7- تستعمل لتقليل نفاذية المياه الى الخرسانة.

### 3 2 2 مواد الترميم (خصائص محددة للترميم):

#### 1- مواد ملئ الشقوق الخرسانية العريضة و ترميم الخرسانة المسلحة وغيره:

هي مواد مقاومة للماء مؤلفة من مركبين ريزين أكرليك وبودرة.

#### الاستخدامات:

- 1- يعمل من مركبي الريزن و البودرة عجينة لملئ الشقوق والفجوات وتباين السطوح الخرسانية سواء كانت قديمة أم جديدة.
- 2- يستخدم كطلاء مقاوم للماء ينفذ على السطوح الخرسانية القديمة والجديدة وعلى أعمال البناء وخاصة (السقوف، وواجهات المباني، الشرفات وعلى السطوح المعرضة لرطوبة مستمرة).
- 3- يكسب السطح طبقة مرنة مقاومة للماء ومناسبة لخزانات ومستودعات وأبراج مياه الشرب ومنشآت حفظ المياه وبرك السباحة وقنوات المياه ومنشآت الصرف الصحي.
- 4- يستخدم في إنشاءات الأبنية لربط العناصر الخرسانية القديمة والجديدة. ويعتبر مادة رابطة مقاومة للماء.
- 5- يكسب العناصر الخرسانية حماية ضد التآكل.

## مشروع التخرج-2006-2007م

- 6- يمكن تنفيذه على السطوح المعرضة لحركة عبور مشاة خفيفة (بسمكة 2 مم على الأقل) ويعتبر مناسباً للاستخدام على السطوح دائمة الرطوبة.
- 7- يحمي السطوح الخرسانية من مياه البحر ومن مياه الصرف الصحي فهو مناسب لمنشآت حفظ المياه.
- 8- يتميز بضعف النفوذية فهو يؤمن حماية جيدة من نفوذ أكسيد الكربون والكلوريد ويسمح بخروج بخار الماء من السطوح (لذلك تصبح الخرسانة قابلة للتنفس).
- 9- غير سام، فهو مثالي لاستخدامه في خزانات ومستودعات وأبراج مياه الشرب.
- 10- لا ينكمش عند تصلبه النهائي مع المحافظة على ليونة جيدة.
- 11- يقاوم تأثير الأشعة فوق البنفسجية وأثر العوامل الجوية وتلوث الجو.
- 12- يلتصق بشكل ممتاز على السطوح الخرسانية.

### تحضير السطح:

- 1- تتوقف نتائج الطلاء بشكل عام على جودة تحضير السطح، لذلك يجب أن يكون السطح قبل التنفيذ (نظيفاً، جافاً، خالياً من الزيوت والشحوم وأي نوع من أنواع البقايا أو الشوائب).
- 2- يزال الغبار والنتوءات وأي بقايا مواد مبعثرة بواسطة المكشط أو ورق الحف أو فرشاة ذات أسلاك .
- 3- يجب أن يكون السطح قبل التنفيذ رطب (ولكن غير مبلل).
- 4- في حال الحاجة الى تنفيذ سماكات تزيد عن 3 سم، يمكن إضافة حبيبات الحصى بأقطار لا تتجاوز الـ 10 مم ونسبة وزنية تصل الى 50%. ويجب التأكد من أن حبيبات الحصى نظيفة ومنتقاة بشكل جيد كما يجب مزجها مع المركب أ (البودرة) قبل إضافة الماء والريزين.

### شروط التخزين:

يحفظ المركب أ (البودرة) في مكان جاف بعيداً عن الرطوبة وأشعة الشمس المباشرة ويجب عدم تعريض المركب ب (الريزين) للتماس مع المعادن التي يحتمل أن تتعرض للصدأ.

كما يجب إغلاق العبوات بإحكام وعدم تعرضها لظروف حرارية قاسية (حرارة عالية أو صقيع).

مدة الصلاحية: عامين من تاريخ التعبئة شريطة حفظه في عبوته الأصلية المحكمة الإغلاق بدرجة حرارة تتراوح بين 10 - 40°م.

## **2- إيبوكسي اساس مائي يستخدم كأساس وملئ التشوهات الصغيرة:**

هو إيبوكسي مائي يتكون من مركبين (أ، ب):

الاستخدامات:

يستخدم كأساس أو طلاء للسطوح الخرسانية (خزانات، أنابيب وجدران) فهو يكسبها مقاومة ممتازة للماء والمواد الكيميائية الخفيفة. وهو مثالي للاستخدام في منشآت الصناعات الكيميائية، مصافي النفط، الأماكن التي يحظر فيها استخدام المذيبات لأسباب صحية مثل المستشفيات والصناعات الغذائية والدوائية وفي الأماكن المغلقة.

أما بالنسبة للنوع كول تار إيبوكسي مائي، فهو أيضاً يتكون من مركبين (أ، ب) و يستخدم كعازل بين الأساسات الخرسانية وتربة الأرض لمنع الرطوبة والأملاح المنحلة من التسرب إليها كما في قواعد الجسور وبرك السباحة وتحت أنظمة التدفئة المركزية... الخ، ويستخدم أيضاً كطبقة عازلة تساعد على حماية الجدران الخرسانية من الرطوبة والأملاح المنحلة.

وكذلك يستخدم كأساس يُنقذ مباشرةً على السطوح الخرسانية لحمايتها من (الماء، الأملاح المنحلة، المواد الكيميائية ذات التركيز المنخفض، الزيوت، الشحوم والمشتقات النفطية) ويستخدم أيضاً في الأماكن التي تستخدم الماء بكثرة مثل دورات المياه وذلك بطلاء أرضية الطابق الأعلى لحماية الطابق الأسفل.

## **مميزات الإيبوكسي المائي:**

- 1- تحسين خصائص الخرسانة حيث ينفذ ويغطي مسامات السطوح الخرسانية.
- 2- تحسين المواصفات الميكانيكية لمواد البناء ومقاومة ممتازة لـ (الماء، ماء البحر، المحاليل الملحية، الأسس، المنظفات، النفط، الأليافاتيك، الزيوت المعدنية والشحوم).
- 3- يمكن استخدامها في الأماكن المغلقة لعدم وجود أبخرة أو روائح ضارة.

### تحضير المركب:

يجب تحريك المركبين (أ، ب) كلاً على حدا، ثم يمزج المركبين (أ، ب) بالنسب الصحيحة وذلك باستخدام الخلاط الآلي البطيء لمدة ثلاث دقائق على الأقل لتحقيق التجانس التام ولايستخدم الخلاط الآلي السريع. يستخدم الماء لخفض اللزوجة أو التنظيف ونظراً لمدة الصلاحية المحدودة بعد المزج يجب تنظيف كافة أدوات المزج والتنفيذ بواسطة الماء فور الانتهاء من التنفيذ.

و يبدأ الجفاف الاولي خلال ساعتين تقريباً، ومدة الجفاف النهائي 24 ساعة و لعمل وجه آخر يجب التقيد بالزمن المناسب لطلاء وجه آخر و هو 12 الى 24 ساعة. و يتأثر زمن الجفاف بعدة عوامل (درجة الحرارة، التهوية وسماكة طبقة الطلاء) وأي تأخر في تنفيذ الوجه الآخر يتطلب معالجة السطح السابق لضمان التصاق جيد. و يتم التفاعل النهائي لمعظم الإيبوكسي المائي خلال سبعة أيام.

و يجب عدم مزج كمية أكبر من المواد المراد استخدامها خلال فترة صلاحية المزيج وفي حال بدء ظهور علامات التفاعل بازدياد اللزوجة وظهور تجلطات قبل الاستخدام يجب إتلاف المزيج وعدم استخدامه.

### تحضير السطح:

إن التحضير الجيد للسطح هو شرطاً أساسياً من شروط نجاح التنفيذ، لذلك يجب أن يكون السطح قبل التنفيذ نظيفاً، جافاً، مستوياً وخالياً من أي نوع من أنواع البقايا أو الشوائب.

### السطوح الخرسانية:

يجب تنظيف السطح من أي نتوءات أو مواد عالقة بواسطة الشحذ أو الضرب بالرمل أو بواسطة أحجار الجlx.

في حال الخرسانة الجديدة يجب أن يتم تفاعل السطوح الخرسانية لمدة 28 يوماً وبدرجة حرارة 21°م وبرطوبة نسبية قدرها 70% أو ما يعادلها من زمن قبل تنفيذ الإيبوكسي المائي.

في حال الخرسانة القديمة يعد السفع (الضرب بالرمل) أفضل وسيلة لإزالة الأتلية السابقة والزيوت المتشكلة وبقايا الورقة الاسمنتية (الطينة) والأجسام الغريبة. ثم يجب تعبئة



الشقوق أو الفجوات الصغيرة بمركبي مادة ملئ الشروخ قبل تنفيذ الأساس (الإيبوكسي المائي).

### **3- إيبوكسي ذو أساس أكرليك ، معجون أساسه البولي فنيل أسيتات المستحلب بالماء:**

يستخدم كأساس/سيلر للاستخدامات الخارجية والداخلية للسطوح الخرسانية ويهيء سطحاً عالي الجودة للطلاء ويستخدم لتحضير السطوح الخرسانية وتحسين خصائصها بسبب تغلغله العميق. وأيضاً يستخدم في تحضير السطوح الخرسانية القديمة، الجافة، النفوذة الغير معالجة سابقاً.

ويمكن استخدامه على جميع السطوح القلوية مثل (سطوح الخرسانة والقوالب الخرسانية)، وذلك كأساس/سيلر لمنع التصبن. ويتميز الإيبوكسي ذو الأساس الاكرليك بزمن جفاف قصير (مما يؤدي إلى تسريع زمن طلاء الوجه الآخر). كما يستخدم كأساس لكافة الأنظمة التزيينية (مائية أو زيتية).

وهناك نوع آخر يستخدم على جميع السطوح الداخلية والخارجية كطلاء ناهي، ينفذ على السطوح المستوية والمحضرة بالأساس أو بالمعجون أو فوق الإسمنت بشكل مباشر لإكسابها طبقة ناهية واقتصادية بدون أي لمعة. ويمكن استخدامه فوق الأطلية الزيتية كما يمكن استخدام الأطلية الزيتية فوقه بعد تمام جفافه.

### **الميزات:**

- 1- معدل تغطية عالي (اقتصادي).
- 2- قوة التصاق ممتازة.
- 3- مقاومة عالية للعوامل الجوية والأشعة فوق البنفسجية.
- 4- مقاومة للماء والتصبن.
- 5- استخدامه تحت الطلاء الناهي يرفع من معدل التغطية ويحسن من مواصفات الطلاء الناهي.
- 6- زمن جفاف قصير (مما يؤدي إلى تسريع زمن طلاء الوجه الآخر).
- 7- إمكانية استخدامه في الأماكن المغلقة لعدم وجود أبخرة أو روائح ضارة.
- 8- إمكانية تنفيذ جميع الأطلية فوقه (مائية أو زيتية).

وهناك أنواع من هذا النوع تعتبر مناسبة كطلاء ناهي أكراليك نصف لمعة و لمعة كاملة للاستخدامات الخارجية والداخلية و هي مقاومة ممتازة للماء والتصين ومقاومة للعوامل الجوية والأشعة فوق البنفسجية وتتميز بسهولة التنظيف والصيانة بالإضافة إلى كونها اقتصادية. كما أن لها خصائص التصاق ممتازة وحماية عالية ضد تسرب المياه و مقاومة للعوامل الخارجية ، لذلك فهي تستخدم في أماكن تصريف المياه وفي الأماكن المعرضة لظروف مناخية صعبة مثل أسقف التراسات والشرفات وفي كافة أنواع المباني.

كما أن هناك أنواع أخرى عبارة عن معجون أساسه البولي فنييل أسيتات المستحلب بالماء معدة خصيصاً للاستخدام في أنظمة الطلاء المائي بنفس كفاءة استخدامه في الأنظمة الزيتية و تستخدم لتعبئة وملء الشقوق والخدوش في السطوح الداخلية الجديدة منها والقديمة لإكسابها سطحاً أملساً ذو نوعية عالية جاهزاً لاستقبال أوجه الدهانات التي تليه.

و تصنع من هذه الانواع نوع مقاوم للماء والرطوبة أساسه بيتومين مستحلب بالماء معدل بلدائن عالية المرونة طلاء عالي المرونة يتمتع بمقاومة عالية للمياه والرطوبة وهو مناسب للاستخدام على مختلف سطوح مواد البناء لمنع تغلغل المياه والرطوبة والمياه الحوية على نسبة عالية من الأملاح المنحلة. وهو متعدد الاستخدامات فهو مثالي للاستخدام لعزل الأسطح والأساسات والجدران والأرضيات والأنفاق كما يستخدم لعزل خزانات المياه من الداخل والخارج.

ويستخدم أيضاً كلاصق فعال لألواح العزل كألواح الستيروبول والفلين والأسبستوس والإسفلت على أسطح مواد البناء.

وهناك أنواع أخرى من هذه الطلاءات مصنعة لمقاوم شوارد الكلوريد والكبريتات و تلتصق بقوة على معظم أسطح البناء (حتى فوق السطوح المعدنية) و لها خاصية تغلغل ممتاز داخل مسام السطوح المسامية كالخرسانة وتعتبر من المواد الممتازة لمقاومة الماء والرطوبة و يمكن تنفيذها على السطوح الخرسانية الرطبة.

### تحضير السطح:

تتوقف نتائج الطلاء بشكل عام على جودة تحضير السطح، لذلك يجب أن يكون السطح قبل التنفيذ (نظيفاً، جافاً، مستوياً، خالياً من الزيوت والشحوم وأي نوع من أنواع البقايا أو الشوائب).

ينصح بالطلاء على السطوح المحضرة بالأساس والتي تمت تسويتها أو تعبئتها بالمعجون لخفض التكاليف.

#### تأسيس وتعبئة السطوح:

يتم تحضير السطح حسب طريقة الاستخدام للأساس والمعجون المناسب تنفيذ الطلاء يجب التأكد من تعبئة الشقوق والفجوات بشكل كامل وذلك للحصول على سطح ناعم ونظيف ومستو. وفي حال كانت الفجوات عميقة ينصح باستخدام مواد ملئ الشروخ.

#### 4- الإيبوكسي الزيتي كول تار:

إيبوكسي يتكون من مركبين (أ، ب) ذو محتوى عال من المواد الصلبة. وهناك عدة أنواع من أنواع الإيبوكسي المسمى كول تار إيبوكسي وجميعها تتكون من مركبين (أ، ب) ومعظمها ذو محتوى عال من المواد الصلبة.

و بعضها مصنع خصيصاً لحماية الأسطح الخرسانية مثل (الخرانات، الأنابيب، الأرضيات الخرسانية والجدران المحضرة) لإكسابها طبقة صلبة، مقاومة للاحتكاك وللمواد الكيميائية. فهو مثالي للاستخدام فوق أرضيات المنشآت الكيميائية والصناعات النسيجية والمخازن والمستودعات والمشاعل وفي مواقف السيارات وفي معظم المنشآت الصناعية الخفيفة. ويتميز بليونته ممتازة والتصاق ممتاز على السطوح الخرسانية.

سهولة التنفيذ حتى على الخرسانة الرطبة.

مناسب للاستخدام بالأماكن المغمورة بالماء. مقاومة ممتازة لـ (الماء، ماء البحر، مياه الصرف الصحي، المحاليل الملحية، الأسس، المنظفات، النفط، الأليافاتيك، الزيوت المعدنية والشحوم) .

كما أن هناك أنواع أخرى تستخدم كطلاء للوقاية من التآكل والاحتكاك الميكانيكي في الخزانات، الأنابيب (المطمورة أو المغمورة لسحب المياه العذبة أو المالحة)، المنشآت الملاحية، ومنشآت معالجة مياه الصرف الصحي... الخ.

ستخدم لتبطين الأماكن المغمورة بـ النفط الخام، المازوت، الفيول، المحاليل الملحية، المياه "غير مياه الشرب"، المياه المالحة ومياه الصرف الصحي... الخ مقاومة ممتازة ضد التآكل

طلاء يتمتع بمقاومة ممتازة للماء والرطوبة وهو مناسب للاستخدام فوق السطوح الخرسانية والفولاذية والخشبية والألمنيوم المعرضة لظروف قاسية ولها مقاومة ممتازة للاحتكاك والصدمات.

و هناك أنواع خاصة تستخدم لتبطين داخل الخزانات الخرسانية والمعدنية وأيضاً كطلاء حماية في الأماكن المعرضة للحت والتآكل. كما أنها مثالية لتبطين وطلاء أنابيب جر المياه وطلاء البوابات والتجهيزات الأخرى المستخدمة في الأماكن المغمورة بمياه الشرب. كما يستخدم لتبطين وطلاء الخزانات الصناعية الحاوية على النفط الخام والمنتجات النفطية والزيوت.

يستخدم لتبطين و إصلاح جدران وأرضيات خزانات الزيوت أو الماء المتآكلة من الداخل و يستخدم أيضاً لطلاء البوابات والتجهيزات الأخرى المستخدمة في الأماكن المغمورة بمياه الشرب. فهو مثالي لاستخدامه في أنابيب جر المياه وفي مصافي النفط ومحطات الطاقة والصناعات الكيميائية ومحطات معالجة النفايات. مقاومة ممتازة للحت. التصاق ممتاز على السطوح المعدنية والخرسانية.

ينفذ بطبقتين فهو لا يحتاج لأي أساس أو طلاء ناهي عند تنظيف السطوح بالشحذ. وبعض هذه المركبات غير سام ومقبول من الناحية الكيميائية كي يكون بتماس مع المواد الغذائية ومياه الشرب شريطة استخدامه مع مجفف غير ضار. كما يساعد على عمل صيانة سهلة واقتصادية وذلك نظراً لنعومة سطحه ومقاومته العالية لترسب الغبار.

ويتميز بمقاومة ممتازة ضد (الماء، ماء البحر، مياه الصرف الصحي، المحاليل الملحية، المنظفات، النفط، الأليافاتيك، الزيوت المعدنية، الشحوم، النفط الخام والوقود) .

و هناك نوع يحتوي على قشور الزجاج ويستخدم كطلاء عالي الجودة ذات كثافة عالية لاحتوائه على قشور الزجاج فهو يؤمن سطح متين ومرن ومقاوم للمواد الكيميائية وهو مثالي للاستخدام في الأماكن المغمورة بالمياه المالحة أو العذبة والمعرضة لعوامل حث عالية، كما أنه يستخدم في الأماكن المعرضة للأحماض والقلويات. فهو يستخدم في المنشآت الملاحية (المغمورة والغير مغمورة والمعرضة لتأثيرات المدّ والجزر وما شابهها) وفي منشآت إنتاج وتكرير النفط ومنشآت الطاقة وفي المنشآت الكيميائية... الخ.

### المميزات:

- 1- مناسب للاستخدام مباشرة على السطوح المعدنية والخرسانية أو فوق أساس مناسب .
- 2- يتمتع ببنية عالية فهو مناسب للتنفيذ بسماكة تصل الى 750 ميكرون بطبقة واحدة .
- 3- مقاومة ممتازة للاحتكاك والصدمات .
- 4- مقاومة عالية لنفوذ الماء والرطوبة .
- 5- مقاومة عالية للتآكل .
- 6- مناسب للاستخدام في الأماكن المغمورة في المياه المالحة (مياه البحر) أو العذبة .
- 7- يمكن الطلاء فوقه بطلاء ناهي لإكسابه مظهر جمالي أو مقاومة أعلى للعوامل الجوية.
- 8- مقاومة ممتازة لـ (الماء، ماء البحر، مياه الصرف الصحي، المحاليل الملحية، الحموض، الأسس، المنظفات، النفط، الزيوت المعدنية، الشحوم، النفط الخام، الوقود وعدد كبير من المواد الكيميائية الصناعية).

### طريقة الاستخدام:

البخ بالضغط أو بواسطة الفرشاة أو الرول.

قبل المزج يجب تحريك مركبين كلاً على حدا، ثم يمزج المركبين (أ، ب) بالنسب الصحيحة وذلك باستخدام الخلاط الآلي البطيء (حسراً) لمدة ثلاث دقائق على الأقل لتحقيق التجانس التام (يحظر استخدام الخلاط الآلي السريع). يجب عدم مزج كمية أكبر من المواد المراد استخدامها خلال فترة صلاحية المزيج وفي حال بدء ظهور علامات التفاعل بازدياد اللزوجة وظهور تجلطات قبل الاستخدام يجب إتلاف المزيج وعدم استخدامه.

عند الحاجة يستخدم التندر لخفض اللزوجة أو التنظيف وتتأثر نسبة المزج مع المذيب بدرجة الحرارة وطريقة التنفيذ. ففي حال ألبح بالضغط أو التنفيذ بالرول بدرجة حرارة 20°م ينصح بالتمديد حتى 15% حجماً بالتندر وذلك لأن درجات الحرارة الأعلى تؤدي

إلى خفض نسبة التمديد. ونظراً لمدة الصلاحية المحدودة بعد المزج يجب تنظيف كافة أدوات المزج والتنفيذ بواسطة التترفور الانتهاء من التنفيذ.  
في حال تنفيذ وجه آخر يجب التقيد بزمان الجفاف (الحدين الأقصى والأدنى لطلاء وجه آخر). وأي تأخر في تنفيذ الوجه الآخر يتطلب معالجة السطح السابق لضمان التصاق جيد.

### **تحضير السطح :**

إن التحضير الجيد للسطح هو شرطاً أساسياً من شروط نجاح التنفيذ، لذلك يجب أن يكون السطح قبل التنفيذ (نظيفاً، جافاً، مستوياً وخالياً من أي نوع من أنواع البقايا أو الشوائب).

### **السطوح الفولاذية:**

قبل التنفيذ يجب تنظيف السطح المراد طلاؤه من الزيوت والشحوم والمواد الشمعية بواسطة التتر.

السطوح الغير مغمورة: يستخدم السفع (الضرب بالرمل مثلاً) حتى بلوغ الدرجة القريبة من المعدن الأبيض أي إزالة 50-100 ميكرون تقريباً، ثم يزال الغبار أو بقايا السفع عن السطح.

وكذلك بالنسبة للسطوح المغمورة و القديمة ثم يزال الغبار أو بقايا السفع عن السطح. و يجب أن ينفذ الطلاء فور الانتهاء من تحضير السطح لتجنب فقدان السطح جاهزيته للطلاء ولا يجوز أن يترك بدون طلاء لليوم التالي. ينصح بطلاء طبقة رقيقة من مضاد الصدأ إذا لم يتم الطلاء فور الانتهاء من السفع.

ولتأسيس السطوح (عند الحاجة) يجب تحضير السطح وفقاً لتعليمات تطبيق الأساس المناسب وعند التنفيذ يجب التأكد من أن الأساس نظيفاً ، جافاً وخالياً من الزيوت والشحوم وأي نوع من أنواع البقايا أو الشوائب.

### **الألومنيوم:**

يجب حف السطح لإزالة كافة الملوثات.

### **السطوح الخرسانية:**

يجب تنظيف السطح من أي نتوءات أو مواد عالقة بواسطة الشد أو الضرب بالرمل أو بواسطة أحجار الجليخ. يعد السفع (الضرب بالرمل مثلاً) هو أفضل وسيلة لإزالة الأطلية

السابقة والزيوت المتشكلة وبقايا الورقة الاسمنتية (الطينة) والأجسام الغريبة، ثم يجب تعبئة الشقوق والفجوات الصغيرة بمركبي مادة مألوفة للشقوق قبل تنفيذ الطلاء وفي حال الخرسانة الجديد يجب أن يتم تفاعل السطوح الخرسانية خلال 28 يوماً على الأقل بدرجة حرارة 21° م و برطوبة نسبية قدرها 50 % أو ما يعادلها من زمن قبل تنفيذ الطلاء.

#### شروط التخزين:

يحفظ الإيبوكسي بشكل عام في مكان بارد وجيد التهوية بعيداً عن الحرارة وأشعة الشمس المباشرة.

مدة الصلاحية: عام واحد من تاريخ التعبئة شريطة حفظه في عبواته الأصلية المحكمة الإغلاق بدرجة حرارة تتراوح بين 10 – 40°م.

ويجب إتخاذ الإجراءات السليمة أثناء التنفيذ و ذلك لتساعد أبخرة ضارة نتيجة التفاعلات فيجب أن يكون المكان أثناء التنفيذ جيد التهوية و يجب تجنب استنشاق الأبخرة. كما يجب استخدام الكمامة وتجنب ملامسة المادة للجلد أو العين.

#### 5- الاطلية الناهية:

هناك أنواع مختلفة من الاطلية الناهية (الطاردة للماء) فبعضة ذو اساس مائي أو الآخر ذو اساس مطاطي.

وهناك طلاء ناهي مضاد للبكتيريا أساسه الأكرليك المستحلب بالماء يستخدم كطلاء ناهي لحماية الجدران والأسقف من نمو البكتيريا والفطريات في الأجواء الرطبة وهو مثالي للاستخدام في المدارس و المستشفيات والمستوصفات والمخابر والصيدليات والمطاعم وفي كافة الأماكن التي تتطلب شروط نظافة عالية. و هو معد للاستخدامات الداخلية والخارجية ينقذ على الجدران والأسقف والسطوح الخرسانية والخشبية والمعدنية المحضرة بالأساس لكي يكسبها طبقة واقية ذات مظهر جميل.

أما بالنسبة للطلاء الناهي الذي أساسه المطاط ، فهو طلاء ناهي لايحتاج الى اساس ويمكن تنفيذه مباشرة على السطوح المعدنية أو الخرسانية وذلك لحماية المنشآت المعدنية أو الخرسانية المعرضة لظروف جوية معتدلة أو قاسية.

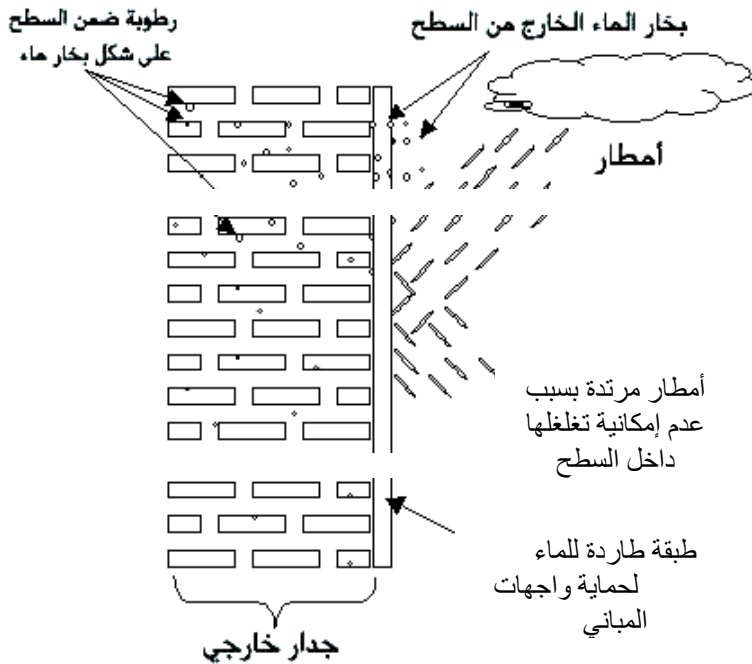
### مميزات الطلاء الناهي ذو الاساس المطاطي:

- 1- مقاومة ممتازة للعوامل الجوية.
- 2- قوة التصاق عالية على السطوح المحضرة بشكل جيد.
- 3- يمكن تنفيذه مباشرة على السطوح الخرسانية أو المعدنية المشحوزة والنظيفة والجافة.
- 4- يتمتع بمقاومة جيدة لماء البحر الزيوت المعدنية، المذيبات الهيدروكربونية الأليفاتية وعدد كبير من المواد الكيميائية ولاكنه لا يقاوم الزيوت النباتية والحيوانية والمذيبات العطرية.

### إستخدامات الطلاء الناهية في حماية واجهات المباني:

تستخدم مواد البناء الطبيعية كالأحجار بشكل واسع لإكساء الواجهات الخارجية وذلك لجمالها ولديمومتها العالية ولكن من صفات هذه المواد هي بنيتها المسامية وطبيعتها الهيدروفيلية (إمتصاصها للماء) مما يجعل تبللها بالماء سهل جداً. فقابلية امتصاص هياكل الأبنية للماء وما ينتج عنه بدخول كافة المواد الضارة والكائنات الحية المجهرية الى صميم هذه المنشآت قد جعل الماء مصدراً أساسياً لمعظم الأضرار المحتملة في هياكل الأبنية مثل تغيير لون الجدران الخارجية أو تشققها وتفتتها أو تصدع المنشآت الخ... مما يؤدي الى خفض عمرها المتوقع.

هذه السلبيات مجتمعة جعلت من حماية واجهات الأبنية ضرورة أساسية. المواد الطاردة للماء (water repellent materials) تهدف الى حماية واجهات المباني من الماء والملوثات الخارجية مما يؤدي الى إطالة عمرها وذلك بخفض تأثير الأضرار الناتجة عن



الشكل (1) مبدأ عمل الأظلية الطاردة للماء.

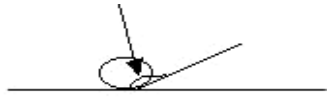


الرطوبة والملوثات والمواد الكيميائية. إضافة الى أن المواد الطاردة للماء قادرة على حماية الواجهات من الرطوبة الداخلية حيث أنها تمنع دخول الماء الى داخل واجهات الأبنية وهي لا تفقد هذه الواجهات خاصية التنفس التي تتمتع بها والتي تسمح بخروج الرطوبة منها. وذلك ينعكس إيجاباً من حيث خفض تكاليف التدفئة داخل البناء. فهذه المواد (الاطلية) تسمح بخروج الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون المحتبس داخل السطح (خاصية تنفس السطح) ولا تسمح بنفوذ الماء الى داخل السطح.

### مميزات المواد الطاردة للماء:

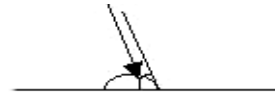
- 1- يسمح بخروج الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون المحتبس داخل السطح مما يؤدي الى إطالة عمر المنشأة والمحافظة عليها.
  - 2- يكسب السطح مقاومة جيدة للبلل بالماء .
- يمكن البرهان على فعالية الطلاء الطارد للماء بمراقبة شكل قطرة الماء عند تماسها بالسطح وبقياس الزاوية التي تصنعها معه فكلما كانت الزاوية كبيرة تكون خاصية طرد الماء أفضل ( أو درجة تبلل السطح بالقطرة أقل) كما هو موضح في الشكل(2).
- كما أن غزارة الأمطار وارتفاع درجات الحرارة لا يؤثران على فعالية الطلاء لطرد الماء (عدم امتصاص طبقة الطلاء للماء وعدم تغيير لونه نتيجة لذلك).

زاوية كبيرة بين القطرة و السطح



خاصية طرد الماء ممتازة

زاوية صغيرة بين القطرة و السطح



خاصية طرد الماء ضعيفة

شكل (2) مقاومة السطح المعالج بالمواد الطاردة للماء

- 3- حماية من تأثير العوامل الجوية وهجوم البكتيريا والجراثيم:
- إن الأطلية الطاردة للماء تتمتع بمقاومة عالية للقلويات وللأمطار الحمضية وللأشعة فوق البنفسجية ولهجوم البكتيريا والجراثيم حيث أن السطح يبقى بشكل دائم جاف وذلك بسبب

قدرة السطح العالية للتنفس وطرد الرطوبة مما يخفف الى حد كبير من تعشق الجراثيم كالعفن والطحالب والفطريات.

#### 4- حماية السطوح من الغبار والأوساخ:

إن تجارب التقادم التي أجريت في الظروف الجوية الخارجية قد أظهرت نتائج ممتازة للمواد الطاردة للماء من حيث مقاومتها لتعشيش الغبار والأوساخ. أما في حال ملاحظة بعض البقع فيمكن إزالتها بسهولة بالمسح بواسطة قطعة قماش حيث أنه لا يمكن تغلغل الأوساخ والغبار داخل طبقة الطلاء.

#### 5- يؤثر بشكل ضعيف على مسامية السطح.

#### 6- أساسه مائي، عدم وجود أبخرة أو روائح ضارة.

#### 7- لا يؤثر على لون السطح.

### خصائص الطلاءات الناهية وطرق التنفيذ:

قبل تنفيذ المواد الطاردة للماء هناك عدة خطوات يجب اتباعها هي:

- 1- تستخدم هذه المواد فقط على السطوح العمودية أو شديدة الانحدار.
- 2- تنفيذ الطلاء الطارد للماء على مواد البناء عالية المسامية والامتصاص كالخرسانة المسلحة و الاسطح الاسمنتية والطوب والحجر الطبيعي والدهانات المسامية.
- 3- يجب أن يكون السطح قبل التنفيذ جافاً وخالياً من الزيوت والشحوم وأية مواد عالقة وملوثات. ويمكن إزالة المواد العالقة بواسطة الفرشاة كما يستخدم الضرب بالرمل لإزالة كافة الأوساخ المتواجدة على السطح وينصح الرش بالماء كمرحلة نهائية لإزالة الغبار.
- 4- تجنب استخدام المنظفات الحمضية أو القلوية أو الكاتيونية، وفي حال استخدام المنظفات يجب أن يغسل السطح جيداً بالماء لإزالة أي أثر لمادة التنظيف.
- 5- ينصح التنفيذ بظروف جوية جيدة ويحذر من تنفيذ المواد مباشرة تحت أشعة الشمس أو في جو ماطر وينصح بانتظار 24 ساعة على الأقل للتنفيذ بعد تعرض السطح للماء (ماء المطر أو ماء التنظيف).

- 6- الطلاء الطارد للماء يأتي جاهز للاستخدام مباشرة و يمكن أن تنفذ بواسطة الفرشاة أو الإسفنج أو بواسطة البخ.
- 7- قبل التنفيذ يجب إجراء تجربة على مساحة صغيرة من السطح المراد حمايته حيث أن هذا الاختبار يحدد كمية المواد اللازمة لحماية السطح كما أنه يظهر مدى فعالية المادة المستخدمة عليه. وبشكل عام يجب إشباع السطح بالمادة العازلة حيث أن تنفيذ طبقتين متتاليتين من المادة الطاردة للماء (تنفذ الطبقة الثانية بعد حوالي 5 دقائق من تنفيذ الطبقة الأولى) كافي لإكساب السطح طبقة واقية طاردة للماء.
- 8- إن خاصية طرد الماء تتشكل بسرعة على السطح حيث أنه يمكن ملاحظة بدء فعالية هذه الخاصية بعد 30 دقيقة ولا يتم الحصول على الفعالية المثلى للمادة الا بعد مرور 24 ساعة من التنفيذ.
- 9- يجب عدم تعرض السطوح المطلية للماء والمطر لمدة 5 ساعات على الأقل بعد تنفيذها.
- 10- يحذر من استخدام المنظفات لتنظيف السطوح المطلية ويتم التنظيف بالماء فقط.

## الفصل الثاني

### المعدات المستعملة في الترميم والإصلاح والتقوية

#### 3\_3\_1\_ معدات إزالة الخرسانة المعيبة وقطعها:-

توجد طرق عديدة لإزالة الخرسانة المعيبة وقطعها مع قطع الصلب إذا لزم الأمر منها:

• استخدام طرق يدوية أو ميكانيكية.

• استخدام طرق ومعدات خاصة.

#### أولاً: استخدام الطرق اليدوية أو الميكانيكية:

\* وهذه الطريقة تتم باستخدام المطرقة والأزميل أو باستخدام المطرقة الكهربائية (Power Hammer) حيث في الحالة الأولى تتم طريقة القطع والإزالة بواسطة نحاتين وهي طريقة بطيئة جداً ويجب أن يكون العضو المراد إعداده سهل الوصول إليه أما في الحالة الثانية وهي وأن كانت أسرع من الأولى إلا أن الضوضاء التي تحدث عنها عالية وشديدة بجانب أنه يصعب استخدامها خلف صلب التسليح.

\* هذا وتجدر الإشارة إلى أنه في حالة قطع الخرسانة يدوية قائمة مع تحديد مسار القطع يستخدم المنشار الخاص بالخرسانة ثم النحت اليدوي.

#### ثانياً: استخدام المعدات الخاصة:

وفي هذه الطريقة يتم أزاله الخرسانة المعيبة وقطعها باستخدام معدات خاصة

نذكر منها المعدات التالية الشائعة الاستخدام:

1. مدفع الرمل : (Sand Blast)

2. مدفع المياه : (Water jet)

3. شعلة قطع الخرسانة : (Thermic Lance)

#### 1\_مدفع الرمل : (Sand Blast)

أن استخدام مدفع الرمل وهو جهاز يقوم الرمل بقوة مناسبة فيعمل على سقوط المتعلقات إلى الصداً الموجود بالحديد ( الرمل المندفع ) هي طريقة سريعة ومناسبة إذا كانت المطلوب هو إزالة الخرسانة وتنظيف وجه الصلب الخارجي فقط ( إزالة الأجزاء العيبة من الخرسانة حتى تصل إلى الخرسانة السليمة ولكن بعمق لا يتعدى سطح أسباخ التسليح

كثيراً)، كما أنه تستخدم في إزالة الصدأ من على التسليح ولكن يلزم صنفرة الصلب وتنظيفه بعدها.

**2\_ مدفع المياه :** \* وهي طريقة تستخدم في حالة قطع الخرسانة بأعماق كبيرة وخلف حديد التسليح وهي من أفضل الطرق خاصة في الحالات التي لا يراها فيها إزالة الصلب أو قطعه، لأن المياه لا تؤدي إلى قطع صلب التسليح.

\* هذا وقد تم استخدام هذه الطريقة في إزالة الخرسانة المعيبة حتى عمق ما بين 30.20 سم في بعض الحالات حيث يصل ضغط المياه عند فوهة المدفع من 300-700 كجم/سم<sup>2</sup> ( الخرسانة يلزمها ضغط قدرة حوالي 400 كجم / سم<sup>2</sup> لقطعها ) مع معدل استهلاك مياه يصل إلى 50 لتر/ دقيقة.

### 3\_ شعلة قطع الخرسانة:

وهذه الطريقة تستخدم لقطع الخرسانة بالحديد بداخلها إلى الأعماق المطلوبة وذلك عن طريق حرارة اللهب التي تصل بها إلى 3500 م وهي درجة كافية لإذابة الخرسانة وحديد التسليح والطوب، هذا وتستخدم هذه الطريقة بجانب إزالة الخرسانة المعيبة في عمل فتحات بالخرسانة ولا يجب استخدامها في الحالات التي يراد المحافظة فيها على حديد التسليح.

### 3\_3\_2\_ معدات رش الخرسانة :

\* إن طريقة رش الخرسانة تستخدم في حالات صعوبة وضع فرم خشبية كما في الأنفاق وهذا الطريقة تستخدم بكفاءة عالية في حالة عمل قمصان للأعمدة والكمرات وفي تغطية الأسقف من أسفل. هذا ويتم رش الخرسانة باستعمال مدفع الخرسانة ( shotcrete ) وقد يطلق على رش الخرسانة لفظ ( Gunite ) إذا كانت مقاس حبيبات الركام أقل من 10مم وباللفظ (shotcrete) إذا كان مقاسها 10 مم أو أكبر.

\* هناك طريقتان لرش الخرسانة هي الطريقة الجافة والطريقة الرطبة (Drysand Wet process) ففي الطريقة الرطبة يتم خلط الركام والأسمنت والماء، ثم يوضع الخليط في طلمبة الخرسانة العادية التي تدفعه ف يخرطوم حتى فوهة التصريف، مع إضافة مصدر للهواء المضغوط عند فوهة التصريف لزيادة سرعة الخليط حتى يحدث الالتصاق بالأسطح المرشوشة. أما في الطريقة الجافة فيتم خلط الأسمنت والركام على الناشف، ثم يدفع بالخليط خلال الخرطوم حيث يقابل رشاش من الماء قبل خروجه من فوهة التصريف هذا



## الباب الرابع

### المعالجة وطرق الترميم والتقوية للمنشآت الخرسانية

#### الفصل الأول:

##### 4-1- مقدمة.

##### 4-1-2- صيانة ومعالجة الشروخ الخرسانية.

- الاعتبارات والاحتياطات الواجب اتخاذها عند إجراء عمليات الصيانة.
- الغرض من الإصلاح والترميم.
- خطوات الإصلاح والعلاج والترميم الجيد.

#### الفصل الثاني:

##### 4-2- طرق ووسائل الإصلاح والعلاج للشروخ الخرسانية:

- الشروخ الغير إنشائية (البسيطة).
- الشروخ الإنشائية.

#### الفصل الثالث:

##### 4-3- طرق الترميم والتقوية للعناصر الإنشائية:

- الأعمدة.
- الكمرات.
- البلاطات.
- الكابوليات.

#### الفصل الرابع:

##### 4-4- معالجة وطرق ترميم وتقوية الجدران الحاملة:

أولاً:- معالجة الجدران.

ثانياً:- تقوية الجدران.

## الفصل الأول

### صيانة ومعالجة الشروخ الخرسانية

#### 4-1- المقدمة:-

بعد أن تناولنا في الفصول السابقة شرح وافٍ ومفصل عن جميع ما يتعلق بالعيوب والشروخ الخرسانية سواء من حيث أنواعها وأسبابها المختلفة وأوجه ظهورها وأماكن تولدها وكيفيه انتشارها وتقنياتها وكذلك سرد للأسس الخاصة بتلافيها سواء من ناحية التصميم الجيد أو التنفيذ الجيد بالأضافة إلى مواد الإصلاح والترميم (أنواعها واستخداماتها وخواصها... الخ) كل ذلك يوصلنا في النهاية إلى إتمام عملية الترميم والعلاج بطريقة مدروسة وسليمة وصحيحة ومضمونة، حيث أن عملية الترميم هذه تكون بذلك تتويجا للجهد والبحث المبذول وأيضا ترجمة حقيقية وعلاج شامل لما تعرض له المبنى من شروخ أو تصدعات.

#### 4-1-2- صيانة ومعالجة الشروخ:-

#### 4-1-2-1- الإعتبارات والإحتياجات الواجب إتباعها عند إجراء عمليات الترميم والعلاج:-

1. يجب ان تتم هذه العمليات بواسطة متخصصون وعمال مهرة واستخدام مواد سليمة.
2. ضوره صلب العناصر أو المنشآت اثناء عمليات الترميم صلبا جيدا وطبقا للاصول الفنية مع الأخذ في الاعتبار امان هذه العناصر.
3. يجب أن تتم عمليات التكسير الضرورية بحذر شديد على ان تتم بدون معدات تكسير إلا في الحالات القصوى المدروسة، لما لهذه المعدات من تأثير ضار نتيجة الاهتزازات التي تحدثها في المنشأ.
4. ضروره عمل النضافة التامه والجيده بعد عملية التكسير وقبل البدء في عمليات الترميم ويفضل استخدام آله نفخ الهواء (كمبروسرات هوائية) لإتمام ذلك.
5. ضوره التعامل مع مواد الترميم التي سوف تستخدم بدءاً من اختيار العينه حسب المواصفات وخواصها المطلوبه ثم إستلام الكميات واختبار مطابقتها للعينه



المعتمدة، ثم التشوين (التخزين) الجيد لهذه المواد بعيداً عن الحرارة والرطوبة، ثم الاستخدام الأمثل لهذه المواد وحفظها أولاً بأول.

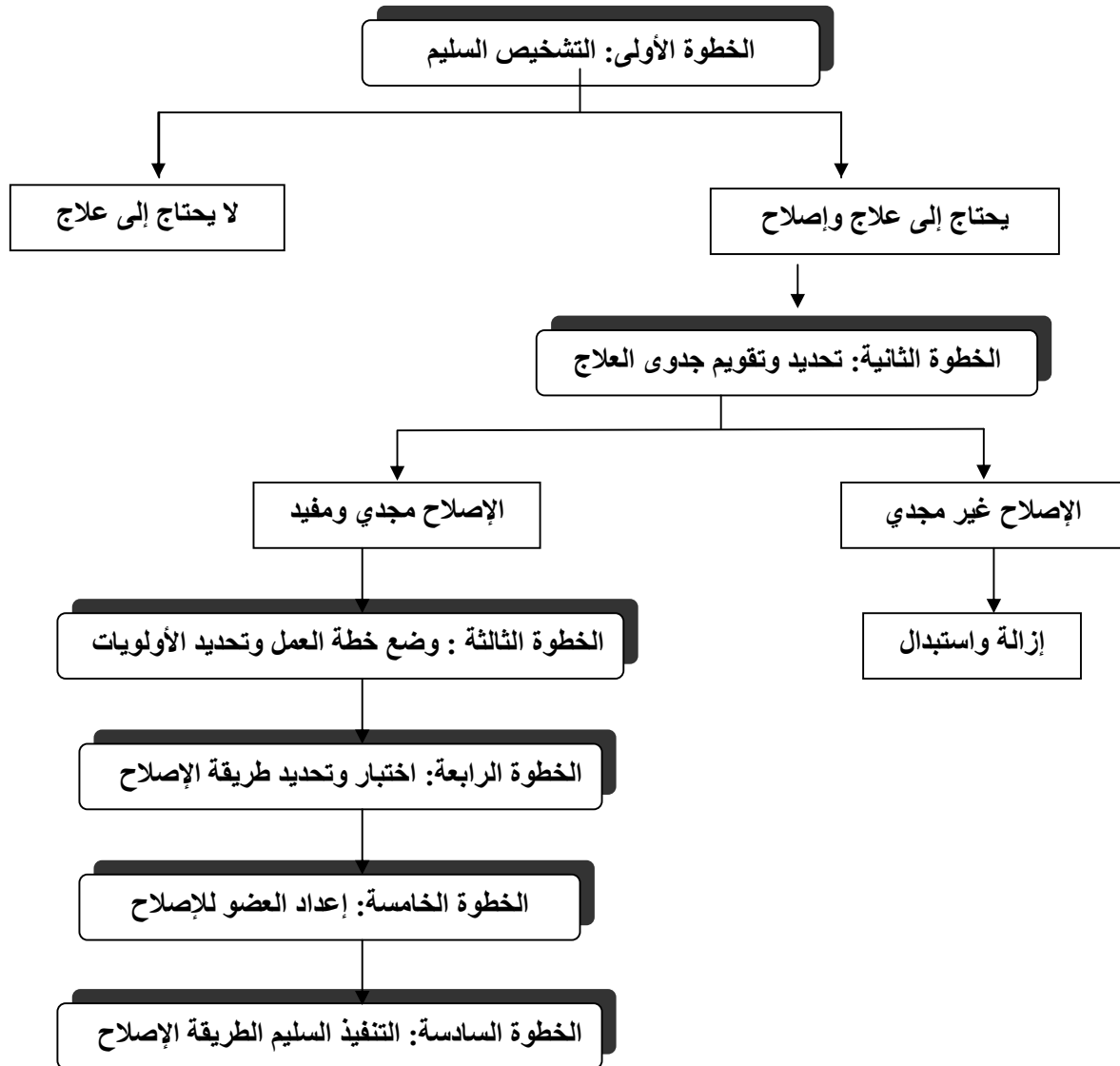
**4-2-1-2- الغرض من الإصلاح والترميم:-**

1. استرجاع أو زيادة المقاومة.
2. استرجاع أو زيادة الجساءه.
3. تحسين قدره تحمل المادة أو العنصر أو المنشأ مع الزمن.
4. تحسين أداء وظيفة العنصر أو المنشأ وخدمته التشغيلية.
5. تحسين مظهر الخرسانة.
6. تحسين عزل الخرسانة للماء.
7. حماية صلب حديد التسليح من الصدأ.

**4-2-1-3- خطوات الإصلاح والعلاج والترميم الجيد:-**

1. التشخيص الجيد .
2. تحديد وتقويم مدى جدوى الإصلاح والعلاج من عدمه.
3. وضع خطة العمل وتحديد أولويات العمل.
4. اختيار وتحديد طريقة الإصلاح.
5. إعداد العضو للإصلاح.
6. التنفيذ السليم لطريقة الإصلاح.

شكل (5) خطوات الإصلاح والعلاج والترميم الجيد لأي منشأ



## الفصل الثاني

### طرق ووسائل الإصلاح والعلاج للشروخ الخرسانية

#### 4-2-1- طرق ووسائل الإصلاح الغير إنشائية(البسيطة):-

المقصود بالإصلاح الغير إنشائي(البسيط) هو الإصلاح الذي لايزيد من قدره العضو أو المنشأ على الأحمال"مثل أغراض تحسين قدره تحمل العضو مع الزمن،تحسين أداء وظيفة العنصر وتحسين مظهر الخرسانة وتحسين العزل للماء وحماية الحديد من الصدأ".

وهي تشمل إزالة البقع والتلميح وإصلاح تساقط الخرسانة وتعشيشها وإصلاح الصدأ الخفيف للحديد ووفق تقدم الشروخ وملئها لتحسين أداء الوظيفة.

#### 4-2-1-1- إزالة التلميح من على سطح الخرسانة:-

إن إزالة التلميح من على سطح الخرسانة "بلورات كربونات الكالسيوم" يمكن ان يتم باستعمال محلول مخفف من حامض المورياتيك "muratic acid" أو حامض الهيدروليك "hydraulic acid" بتركيز جزء من الحامض إلى(5-10)أجزاء من الماء،ثم يغسل السطح بالماء مباشرة،وفي حالة التلميح نتيجة أملاح أخرى فيمكن استعمال المحاليل التي تعادل هذه الأملاح.

#### 4-2-1-2- إزالة بقع الصدأ:-

يتم غزالة بقع صدأ الحديد المدفون في الخرسانة وليس صلب التسليح من على السطح باستخدام محلول مكون من 2/1 كجم من بودرة حامض الإكساليك "oxalic acid" لكل جالون ماء.ولا يغسل السطح بالماء إلا بعد ساعتين على ثلاث ساعات، وقد تتطلب البقع السيئة المظهر على استعمال المحلول عدة مرات، أما في حالة البقع العميقة فتستخدم سترات الصوديوم "sodium strate" بتركيز جزء واحد على ستة أجزاء من الماء،هذا وتعطي سترات الامونيوم نتائج أسرع .

هذا ويمكن استخدام هيدروسلفات الصوديوم "sodium hydrosulphate" كحل بديل في هذه الحالة وذلك بتركيز جزء واحد على ستة أجزاء من الماء مع تركه لمدة (10-15 دقيقة) فقط ثم يغسل السطح بالماء.

#### 4-1-2-3- بقع الحريق:-

يتم إزالتها باستخدام الحجر الخفاف "pumice" أو الحصى أو الرمال وكحل بديل هو عن طريق حك السطح جيداً بقطعه من القماش المبللة بمحلول فوسفات ثلاثي الصوديوم "trisodium phosphate" أو الجير الكلوريدي "chlorinated limen"

#### 4-1-2-4- إصلاح تساقط الخرسانة:-

إن ظهور تساقط الخرسانة تكون ناتجة عن عدة أسباب منها:

ضعف الخرسانة وقلة تحملها مع الزمن مع صدأ الحديد. وفي هذه الحالة تختلف أساليب الإصلاح باختلاف المواد المستخدمة وذلك باستخدام الخرسانة أو المونة الإسمنتية أو المونة الراتنجية.

#### • خطوات إصلاح تساقط الخرسانة:-

1. إزالة جميع الأجزاء المفككة والزوايا الحادة والنتوءات الظاهرة والخرسانة الضعيفة حتى الوصول على سطح نظيف ومتماسك.
2. تنظيف جميع المناطق المعيبة بالهواء أو بالرمال المضغوط مع عمل شدات أوقوا لب خاصة لاستخدامها عند إجراء الإصلاحات الكبيرة مع إزالة كل الأتربة أو أي مواد تمنع الالتصاق مثل الشحوم والدهون.
3. يجب العناية بصفة خاصة بالخرسانة التي تساقطت نتيجة لتعرضها لمياه البحر أو المياه الجوفية أو أي مواد مضرّة بالخرسانة وكذلك الأعضاء والعناصر الخرسانية التي بها نسبة كبيره من الكلوريدات إذ يجب في هذه الحالة إزالة كل الخرسانة المحتوية على ايونات ضارة.

4. يفضل ربط الخرسانة او مونة الإصلاح بالخرسانة القديمة فإذا لم يكن هناك صلب تسليح في المنطقة المطلوب إصلاحها فيمكن استخدام مسامير أو أشاير ربط تثبيت بالخرسانة القديمة لربطها بالخرسانة الجديدة.

5. يجب دهن الخرسانة القديمة بمواد تساعد على حماية حديد التسليح من الصدأ مع عدم استخدام المواد المحتوية على حامض فوسفوريك أو أية أحماض أخرى لاحتمال تفاعلها مع الخرسانة.

• المواد التي يفضل استخدامها في حالة تساقط الخرسانة:-

❖ مونه الأسمنت والخرسانة.

❖ البولميرات.

❖ الايوكسي.

❖ مونه البوليستر أو الأكريلك.

4-2-1-5- إصلاح تعشيش الخرسانة:-

❖ إن الغرض من إصلاح تعشيش الخرسانة:-

1. الوصول إلى القطاع الخرساني التصميمي كاملا (حالة التعشيش الداخلي).

2. توفير الحماية الكامنة لأسياخ الصلب(حالة التعشيش الخارجي).

❖ طرق إصلاح تعشيش الخرسانة:-

1. إصلاح التعشيش باستخدام المونة الأسمنتية: وتستخدم إذا كانت الفراغات تقل عن 10سم.

2. إصلاح التعشيش باستخدام الخرسانة الأسمنتية أو الراتنجية: وتستخدم هذه الطريقة إذا كان الجزء المزال كبيرا.

**4-2-1-6- إصلاح وعلاج الشروخ الخاملة والرفيعة الشعرية الغير نافذة بالخرسانة:-**

**4-2-1-6-أ- طريقة دهان الشروخ:-**

وتستخدم للأعماق الكبيرة وبعرض لايزيد عن (1مم) وذلك بدهانها عده أوجه من مادة ايبوكسية منخفضة اللزوجة أو باستخدام مونه الأسمنت.

**4-2-1-6-ب- طريقة التشرب بالتفريغ:-**

وتستخدم إذا كان في العضو عدد كبير من الشروخ الشعرية السطحية والتي لا يزيد عمقها عن (1سم) وعرضها عن (1مم) " الشروخ السرطانية" أو في حالة وجود تدهور للخرسانة قريبا من سطحها.

وتتم هذه الطريقة بتغطية الجزء التالف بغطاء من البلاستيك وتلصق جميع أطرافه بسطح الخرسانة جيدا ثم يتم تفريغ الهواء جزئيا داخل هذا الغطاء ثم تسلط أبخره من الراتنجات ذات اللزوجة المنخفضة داخل الغطاء لتملا الشروخ.

**4-2-1-7- إصلاح وعلاج الشروخ الخاملة والظاهرة الرأسية قليلة الاتساع:-**

**4-2-1-7-أ- طريقة فتح الشروخ لسدها:-**

تستعمل هذه الطريقة في حالة الشروخ الأكبر نسبيا من الشروخ الشعرية ويتم فيها عمل شق سطحي عريض عند الشرخ بعرض (3-4سم) وبعمق لا يقل عن 6سم وبعرض في الأسفل لا يقل عن 6سم. تم ملئها بالمونة الأسمنتية بعد تنظيفها.

**4-2-1-7-ب- طريقة الثقب والحشو:-**

تصلح هذه الطريقة للشروخ الرأسية في الحوائط الساندة وحوائط الخزانات. حيث يتم عمل ثقب رأسي بطول الشرخ وبقطر (5-7سم) متمركز على الشرخ، ثم ملئ هذا الثقب بإسطوانات من الخرسانة سابقة الصب أو المونة.

#### 4-2-1-8- إصلاح وعلاج الشروخ الخاملة والظاهرة الأفقية قليلة الاتساع:-

في حالة الشروخ الأفقية قليلة الاتساع والظاهرة للعين المجردة تتم المعالجة على الوجه التالي:-

1. يتم توسيع الشروخ من أعلى بعرض 5م على الأقل.
2. في حالة الشروخ النافذة حتى السطح المقابل للخرسانة يتم سد الشروخ من الجهة الأخرى باستعمال المونة الايبوكسية أو المونة الأسمنتية البولمرية.
3. يتم تنظيف الشرخ جيدا مع إزالة الأجزاء المفككة من الخرسانة .
4. يتم صب مادة ايبوكسية قليلة اللزوجة داخل الشرخ حتى يمتلئ .

#### 4-2-1-9- إصلاح وعلاج الشروخ الخاملة والظاهرة العميقة(طريقة الحقن):-

تصلح طريقة علاج الشروخ بالحقن تحت تأثير ضغط الهواء لجميع أنواع الشروخ الخرسانية الأفقية والرأسية سواء كان الشرخ من جهة واحدة أو نافذ إلى السطح الآخر من الخرسانة وتتم عملية الحقن طبقا للخطوات التالية :

- ❖ يحدد مسار الشرخ مع توسيعه إلى عمق وعرض من(1-2)سم.
- ❖ يملأ الشرخ بمونة ايبوكسية ويتم العمل من الجهتين في حالة الشروخ النافذة .
- ❖ يعمل ثقوب في السطح السابق ملئه بالمونة الايبوكسية(من جهة واحدة فقط في حالة الشروخ النافذة)وذلك على مسافات تتراوح ما بين 025-50سم)وبعمق يمتد طبقا لعمق الشرخ ودرجة مسامية الخرسانة مع تثبيت مواسير معدنية في هذه الثقوب.
- ❖ يبدأ الحقن من أسفل من خلال المواسير المعدنية بعد تثبيت حمام مانع للرجوعية في كلبه الحقن ويتم الحقن باستعمال مادة ايبوكسية قليلة اللزوجة

## مشروع التخرج-2006-2007م

ويستمر الحقن حتى خروج مادة الحقن من الماسورة العلوية التي تلي النقطة التي يتم الحقن من خلالها مباشرة .

❖ بعد تمام الحقن من جميع النقاط يتم الحقن من الوجه الآخر في حالة الشروخ النافذة.

### 4-2-1-10- إصلاح وعلاج الشروخ الخاملة والظاهرة المتسعة والنافذة:-

❖ يتم تفتيح الشروخ على هيئة حرف V ويعتمد أبعاد هذه الفتحات على عمق واتساع الشرخ .

❖ ينظف الشرخ وتزال جميع الأجزاء المفككة بالهواء المضغوط .

❖ يتم ملئ الشرخ باستعمال إحدى المواد التالية :

أ- مونه ايبوكسية :- وفي هذه الحالة يجب أن يكون السطح جافا تماما مع دهانه بطبقة من الايبوكسي .

ب- مونه إسمنتية بولمرية مسلحة بالألياف: يجب ترطيب الشرخ بالمياه ثم طرطشة الأسطح بطبقة من روبة المونة الأسمنتية قبل ملئ الشرخ مباشرة.

### 4-2-1-11- إصلاح وعلاج الشروخ المحتمل حدوث حركة فيها مستقبلا:-

#### 4-2-1-11-أ- طريقة التغطية بمادة مطاطية:

تستخدم هذه الطريقة في حالة توقع حركة مستقبلية ملموسة في الشرخ، حيث لابد من توسيع الشرخ سطحيا حتى تكون مادة الملئ المطاطة أوسع بكثير من الشرخ نفسه وذلك لتقليل الانفعال الذي سيحدث بها أقل ما يمكن.



#### 4-2-1-11-ب- طريقة التزيرير أو التدبيس (stitching) :-

- أ- يتم حفر ثقوب على جانبي الشرخ مع تنظيف هذه الثقوب جيدا.
- ب- يتم تثبيت أقدام دبائيس التزيريز في هذه الثقوب باستعمال مونه غير قابلة للانكماش أو باستخدام الايبوكسي ويجب أن تكون الدبائيس من المعدن على شكل حرف (ب) بأرجل قصيرة.

#### 4-2-1-11-ج- طريقة عرقلة الشرخ وتثبيته (crack arrest) :-

- تتم بوضع شريحة مانعة للالتصاق أو غشاء أو شبكة من الحديد فوق الشرخ أثناء تقدم العمل كما هو الحال في الشروخ التي تنتشأ بالخرسانة الكتلية، ويمكن أيضا استخدام نصف ماسورة لهذا الغرض .

#### 4-2-1-12- معالجه شروخ المباني:

في حاله شروخ المباني تتم المعالجة على الوجه الأتي:

- 1- يتم تفتيح الشرخ على هيئه حرف V وتزال جميع أجزاء المباني المفككة
- 2- ينظف السطح الداخلي للشرخ بالهواء المضغوط ويرطب بالمياه
- 3- يدهن السطح الداخلي بماده بوليمريه أو ايبوكسيه رابطه
- 4- يملا الشرخ بمونه ايبوكسيه خاصة
- 5- في بعض الأحوال (مثل حاله الشروخ الانشائيه في الحوائط الحاملة ) يتم تزيرير الشرخ باستعمال اشاير من حديد التسليح على هيئه حرف U على مسافات تتراوح بين 25سم إلى 50 سم وتثبت أشاير بعمل ثقوب على جانبي الشرخ وتملا هذه الثقوب بماده ايبوكسيه رابطه وتزرع فيها الاشاير ويفضل دهان الاشاير قبل زرعها بماده مانعه للصدأ.

## مشروع التخرج-2006-2007م



صورة (9) توسيع الشروخ على شكل حرف "V" إعداداً لترميمها

صورة (8-1) توضيح خطوات معالجة الشروخ العميقة في الخرسانة.

صور توضح خطوات المعالجة والترميم للشروخ الخرسانة

## الفصل الثالث

### ترميم وتقوية العناصر الإنشائية

#### مقدمة:

تبدأ عملية الترميم و التقوية للعناصر الخرسانية بتدعيم المنشأ التي تعتبر من أخطر و أهم الخطوات التي تتم بها عملية الترميم. و تعتمد طريقة التدعيم للمنشأ على عوامل أساسية هي:

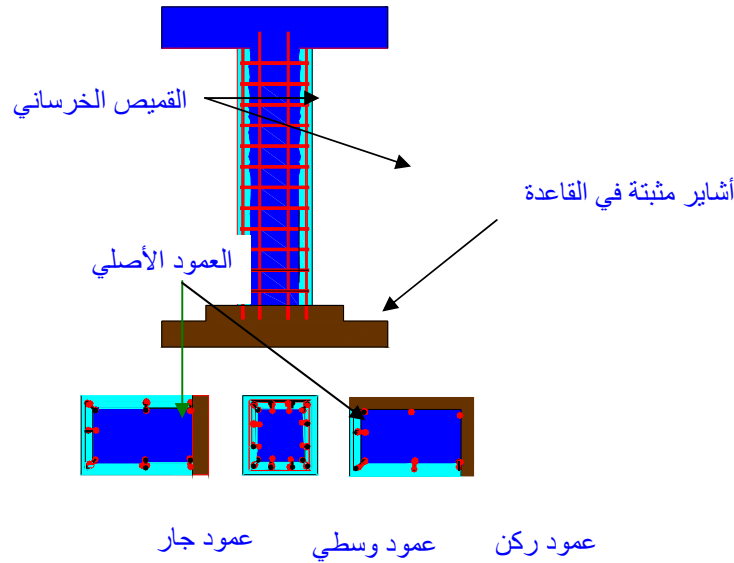
- تقييم حالة المنشأ ككل.
  - نوع العنصر الخرساني الذي سيتم إصلاحه.
  - حجم الإصلاح الذي سيتم.
  - طريقة نقل الأحمال في المنشأ و توزيعها.
  - قدرة العناصر التي سيتم نقل الأحمال إليها.
  - طريقة التصليح و الترميم.
- لذلك يجب أن تكون الشدات و الدعامات قوية و مصممة بطريقة مناسبة تستطيع تحمل الأحمال و نقلها إلى الأساسات بطريقة سهلة و آمنة.
- #### 4-3-1- تقوية وترميم الأعمدة الخرسانية:-

يتم تقوية الأعمدة في الأحوال الآتية:

- 1- الرغبة في زيادة تحمل العمود سواء لزيادة عدد الأدوار أو بسبب وجود خطأ في التصميم.
  - 2- مقاومه الانضغاط لخرسانة العمود أو نسبة ونوعية حديد التسليح اقل من المنصوص عليه في المواصفات القياسية.
  - 3- وجود ميل في الأعمدة أكثر من المسموح به في المواصفات القياسية.
- يتم ترميم الأعمدة في الأحوال التالية:
1. وجود شروخ مؤثره في العمود .
  2. وجود صدأ في حديد التسليح وتطويل في الغطاء الخرساني .
  3. وجود تعشيش مؤثر في خرسانة العمود.

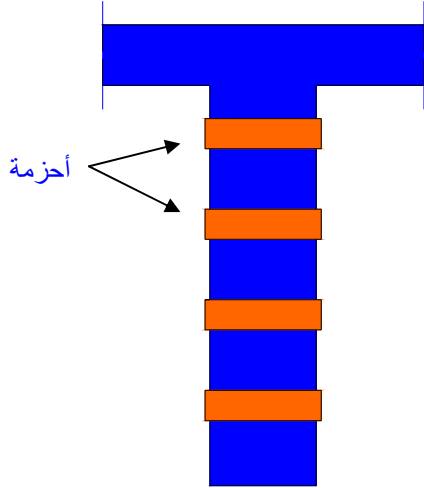
#### 4-3-1-أ- تقوية الأعمدة الخرسانية بواسطة قمصان خرسانية مسلحة:

يتم تقوية الأعمدة في الأحوال المذكورة سابقا بعمل قميص خرساني كما هو موضح في الشكل (1)، وتعتمد أبعاد القميص الخرساني وأقطار وعدد أسياخ حديد التسليح على المتطلبات التي أدت إلى ضروره عمل القميص ويتم عمل قمصان الأعمدة في حالة وجود شروخ بسطح الخرسانه أو تطبيل في الغطاء الخرساني أو صدأ في حديد التسليح طبقا للخطوات التالية:



شكل (1) عمل قميص خرساني لتقوية عمود

- 1- تزال طبقات البياض وينظف السطح الخرساني جيدا.
- 2- يتم زنبه جميع الأسطح بطريقه لا تؤثر على سلامة العمود .
- 3- تزرع أشابر لربط الكانات المستجده للقميص في الإتجاهين على مسافات 25-50 سم وتزرع الاشابر عن طريق عمل ثقوب في سطح العمود بقطر يزيد بمقدار 2 مم عن قطر الأشابر أى في حدود 10-12مم وبعمق كاف لتثبيت الأشابر أى في حدود من 5 الى 7 مرات قطر الأشابر.
- 4- تنظف الثقوب جيدا بالهواء المضغوط وتملاء بماده ايوكسيه رابطه وتزرع الإشاره



شكل (2) عمل أحزمة بطول العمود

ويراعى أن تكون الإشارة بطول كافى لربطها مع الكانات المستجده للقميص بسلك.

5- تزرع أشاير فى القواعد الخرسانيه المسلحه والكمرات للحديد الرأسى بنفس العدد والقطر المستعمل فى حديد التسليح الرأسى للقميص وبطول رباط لا يقل عن 50 مره قطر الإشارة، وتزرع هذه الأشاير عن طريق عمل ثقوب فى القواعد الخرسانيه المسلحه أو فى الكمرات طبقا لحاله ويكون قطر الثقوب أكبر من قطر الإشارة بمقدار 2- 4 مم

وعمقها فى حدود 5 الى 7مرات قطر الإشارة ثم تنظف الثقوب بالهواء المضغوط وتملاء بماده إيبوكسيه رباطه وتزرع الإشارة.

6- يتم تركيب الحديد الرأسى ثم الكانات طبقا لتصميم قميص العمود.

7- يتم دهان سطح العمود بماده لربط الخرسانه المستجده بالخرسانه القديمه ويراعى أن يتم الدهان فى خلال ساعه قبل صب خرسانه القميص.

8- يصب القميص من خرسانه غير منكمشه تتكون من الركام الرفيع (الهلسن) والرمل والإسمنت بنسبة لا تقل عن 400كجم/م<sup>3</sup> والإضافات المانعه للإنكماش.

9- يتم صب خرسانه القميص اما عن طريق مدفع الخرسانه (shotcrete) او عن طريق الشدات العاديه بعمل فتحات فى الشده وفى بلاطه السقف ويصب القميص على مراحل.

#### 4-3-1-ب- ترميم الأعمده نتيجه وجود صدأ غير مؤثر فى حديد التسليح:

فى حالة تطبيل الغطاء الخرسانى وانفصاله ووجود شروخ به كنتيجه لصدأ حديد التسليح بدرجة غير مؤثره حيث لا يكون هناك حاجه ماسه لزياده الأبعاد الخرسانيه للعمود أو زياده حديد التسليح تتبع الخطوات الآتية:

1- تعمل أحزمه كل 50- 75 سم بكامل طول العمود(إنظر الشكل 2) عن طريق إزالة الغطاء الخرسانى بعرض 5 سم فى أماكن الأحزمه وينظف حديد التسليح جيدا من الصدأ

- ويدهن بماده مانعه للصدأ ثم يحزم العمود فى أماكن الأحزمه بكانات  $\Phi 2$  10 مم.
- 2- يتم تقفيل الأحزمه على سطح العمود بإستعمال الزرجينه وفى حالة الأعمده ذات القطاعات الكبيره يمكن تثبيت الأحزمه فى العمود عن طريق أشاير تزرع فى سطح العمود .
- 3- تملأ أماكن الأحزمه بمونه قويه مثل المونه الإسمنتيه البوليمريه المسلحه بالألياف أو المونه الإيبوكسيه.
- 4- يزال الغطاء الخرسانى فى الأماكن بين الأحزمه.
- 5- يتم تنظيف حديد التسليح من الصدأ باستعمال فرشاه سلك أو بمسدس الرمل.
- 6- يدهن الحديد بماده مانعه للصدأ.
- 7- يتم طرطشة الأسطح بمونه قويه مثل المونه الإسمنتيه البوليمريه.
- 8- يتم عمل الغطاء الخرسانى من خرسانه خاصه تتكون من الركام الرفيع الذى لا يزيد الحجم الأقصى لحبيباته عن 5 مم والرمل والإسمنت بنسب عاليه لاتقل عن 400كجم/م<sup>3</sup> وإضافات لتحسين تشغيل الخرسانه.
- 9- فى بعض الأحوال يتم عمل الغطاء الخرسانى من المونه الإسمنتيه البولمريه أو المونه الإسمنتيه المسلحه بألياف الفبير جلاس أو المونه الإيبوكسيه وذلك طبقا للمتطلبات الإنشائيه.
- 4-3-1-ج- ترميم الاعمده عن طريق علاج صدأالحديد وعمل قمصان خرسانيه:**
- تحدد الحاجه الى ترميم الاعمده عن طريق عمل قمصان خرسانيه وكذلك يتحدد ابعاد القمصان وتسليحها طبقا للمتطلبات الانشائيه ويتم عمل قمصان الاعمده فى الاحوال التاليه:
- زياده تحمل الاعمده.
  - وجود شروخ مؤثره في الاعمده.
  - وجود صدأ فى حديد التسليح بنسب عاليه.
- ويتم عمل قمصان الاعمده فى حاله الرغبه فى زياده تحملها باتباع الخطوات الموضحه اعلاه فى بند (أ- تقويه الاعمده الخرسانيه) . اما فى حاله وجود شروخ مؤثره نافذه فتعالج الشروخ اولا كما هو موضح فى بند (معالجه الشروخ). ثم يتم عمل القميص طبقا للخطوات فى بند(أ- تقويه الاعمده الخرسانيه ) .

## مشروع التخرج-2006-2007م

اما فى حاله وجود صدأ فى التسليح بنسب عاليه فتنبع الخطوات التاليه :

- 1- تعمل احزمه كل 50 - 75 سم بكامل طول العمود وعن طريق ازاله الغطاء الخرسانى بعرض 5 سم فى اماكن الاحزمه وتنظيف حديد التسليح جيذا من الصدأ ودهانه بماده مزيله للصدأ ثم بماده مانعه للصدأ ثم يتم تحزيم العمود فى اماكن الاحزمه بكانات 2  $\Phi$  (قطر) 10-8 مم. ويتم تقفيل الاحزمه على سطح العمود باستعمال الزرجينه وفى حاله الاعمده ذات القطاعات الكبيره يمكن تثبيت كانات الاحزمه فى العمود عن طريق اشاير تزرع فى سطح العمود.
- 2- تملأ اماكن الاحزمه بمونه قويه قليله الانكماش.
- 3- يزال الغطاء الخرسانى فى الاماكن بين الاحزمه.
- 4- ينظف حديد التسليح جيذا من الصدأ.
- 5- يدهن حديد التسليح بماده مانعه للصدأ.
- 6- تزرع اشاير لربط الكانات المستجده للقميص فى الاتجاهين على مسافات 25-50 سم وتزرع اشاير الكانات باستعمال المونه الايبوكسيه كما هو موضح فى بند (أ- تقوية الأعمدة الخرسانية).
- 7- تزرع اشاير للحديد الرأسى بنفس العدد والقطر والمستعمل فى حديد التسليح الرأسى للعمود ويتم العمل طبقا للخطوات الموضحة فى بند ( تقوية الأعمدة الخرسانية).
- 8- يتم تركيب الحديد الرأسى ثم الكانات.
- 9- يتم دهان سطح العمود بماده لربط الخرسانه القديمه بالجديده.
- 10- يتم صب القميص من خرسانه غير منكمشه تتكون من الركام الرفيع (الهلسن) والرمل والاسمنت بنسبه لا تقل عن 400 كجم/م<sup>3</sup> واستخدام الاضافات المانعه للانكماش.
- 11- يتم صب خرسانه القميص اما عن طريق الشدات الخشبيه او عن طريق مدفع الخرسانه.

### 4-3-1-د- ترميم الاعمده باستخدام القمصان الفولاذية:

تستعمل القمصان الفولاذية فى حاله وجود الحاجه الى ترميم العمود وزياده تحمله بدون زياده الابعاد الخرسانيه وتتبع الخطوات التاليه:

- 1- تعمل احزمه للعمود كل 50 - 70 سم.

2- تملأ اماكن الاحزمه بمونه قليله الانكماش.

3- يزال الغطاء الخرساني في الاماكن بين الاحزمة.

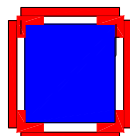
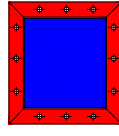
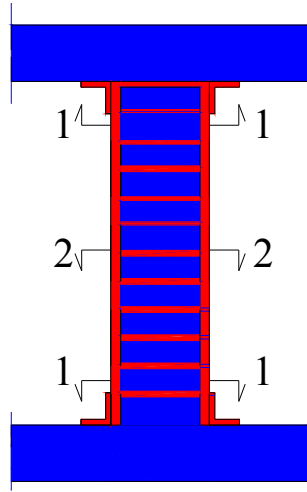
4- ينظف حديد التسليح من الصدأ.

5- يدهن حديد التسليح بماده مانعه للصدأ.

6- يركب القميص الحديدي بالابعاد والسماكات المطلوبه في التصميم

الانشائي ويمكن ان يكون القميص من الواح من الصلب تغطي كامل سطح العمود او من قطاعات صلب الانشاء مثل الواح صلب او زوايا حديدية

او صفائح كما هو موضح في شكل(3).



1 - 1

2 - 2

شكل (3) ترميم الأعمدة باستخدام قمصان فولاذية

7- عمل اتصال بين الحديد القديم والحديد الجديد باللحام أو التبريط الجيد.

8- تملأ الفراغات بين القميص والعمود الخرساني باستعمال مونه ايبوكسيه لاصقه وفي حاله القمصان المغلقه التي تتكون من الواح من الصلب يترك فتحات في جوانب القمصان لصب المونه اللاصقه على ان يبدأ الصب من اسفل الى اعلى.

9- في حاله استعمال قمصان من قطاعات مختلفه من الصلب الانشائي تملأ الفراغات بين هذه القطاعات والعمود بمونه لاصقه ويكمل باقى الغطاء الخرساني في الاماكن المكشوفه بنفس المونه.

#### 4-2-3- تقويه وترميم الجسور(الكمرات) الخرسانيه:

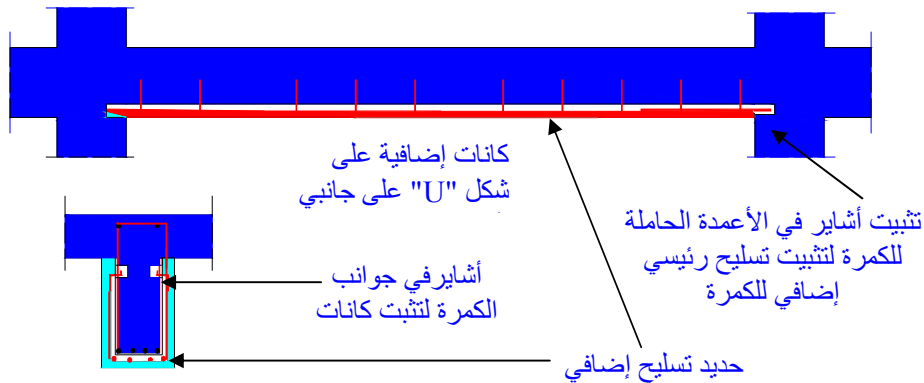
تعتبر الجسور(الكمرات) الخرسانية أحد العناصر الهامة في الهيكل الإنشائي و عملية ترميمها تكون على النحو الآتي:



#### 4-3-2-1- علاج صدأ حديد التسليح بدون زيادة الأبعاد أو التسليح:

يتم علاج صدأ حديد التسليح فى الكمرات بدون زياده الابعاد او التسليح طبقا للخطوات الآتية:

- 1- يتم تدعيم الكمرات عن طريق تدعيم البلاطات والكمرات الثانويه.
- 2- تزال طبقة الغطاء الخرسانى اعلى حديد التسليح الذى تعرض للصدأ.
- 3- ينظف حديد التسليح جيدا من الصدأ باستعمال فرش سلك او بمسدس الرمل ويمكن استخدام مركبات مزيله للصدأ.
- 4- تدهن الاجزاء الخرسانيه اسفل الغطاء الخرسانى المزال بماده رابطه.
- 5- يدهن حديد التسليح بماده مانعه للصدأ.
- 6- يعاد الغطاء الخرسانى اعلى الكانات باستعمال مونه اسمنتيه بوليمريه.
- 7- يتم صب الغطاء الخرسانى اسفل الحديد الرئيسى عن طريق التلييس.



شكل (4) تقوية الكمرات بتثبيت حديد تسليح إضافي.

#### 4-3-2-2- علاج صدأ الحديد وزيادته بدون زياده الابعاد الخرسانيه:

يتم علاج صدأ حديد التسليح وزيادته طبقا للخطوات الآتية:

- 1- يتم تدعيم الكمرات عن طريق تدعيم البلاطات و الكمرات الثانويه.
- 2- تزال طبقة الغطاء الخرسانى أعلى حديد التسليح الذى تعرض للصدأ.
- 3- ينظف حديد التسليح جيدا ويدهن بماده مانعه للصدأ.

- 4- تركيب اشاير الحديد الرئيسى بنفس العدد والقطر عن طريق عمل ثقوب فى الاعمده بقطر يزيد من 2:4 مم عن قطر حديد التسليح الرئيسى وبعمق 5-7 قطر الحديد الرئيسى وتملاً الثقوب بماده ايبوكسيه لاصقه ويثبت بها الاشاير (انظر الشكل 4).
- 5- يركب الحديد الرئيسى المستجد.
- 6- تركيب الكانات المستجده بعد عمل فتحات فى جانب الكمره لها عن طريق تثبيت اشاير.
- 7- تدهن الاجزاء الخرسانيه فى اماكن الغطاء الخرسانى المزال وكذا فى الفتحات المعده لوضع الكانات المستجده بماده رابطة.
- 8- يعاد الغطاء الخرسانى أعلى الكانات القديمه والكانات المستجده باستعمال مونه الاسمنت القويه.

#### 4-3-2-3- زياده حديد التسليح والابعاد الخرسانيه:

##### الحالة الأولى:

- عندما تكون الكمره سليمة ويراد تقويتها.
- يتم زياده حديد التسليح والابعاد الخرسانيه بغرض تقويه الكمرات وزياده مقاومتها للاحمال ويراعى ان يتم علاج اى عيوب تكون موجوده بالكمره مثل الشروخ او صدأ حديد التسليح قبل البدء فى عمليه التقويه ويتم تقويه الكمرات طبقاً للخطوات الآتية:
- 1- يزال البياض وينظف السطح جيداً ويتم زبرته من جميع الجوانب.
  - 2- تركيب اشاير حديد التسليح الرئيسى بنفس العدد والقطر عن طريق عمل ثقوب فى الاعمده بقطر يزيد من 2-4 مم عن قطر حديد التسليح وبعمق من 5-7 قطر حديد التسليح وتملاً الثقوب بماده ايبوكسيه لاصقه وتزرع الاشاره.
  - 3- يركب الحديد الرئيسى المستجد.
  - 4- تركيب الكانات المستجده.
  - 5- يدهن كامل سطح الكمرات بماده رابطة.
  - 6- يصب القميص من خرسانه خاصه تحتوى على نسب عاليه من الاسمنت ويضاف اليها مواد لتحسين تشغيلها وترابطها مع الخرسانه القديمه.
  - 7- يتم صب الكمرات اما باستعمال مدفع الخرسانه او عن طريق عمل شدات عاديه بها

## مشروع التخرج-2006-2007م

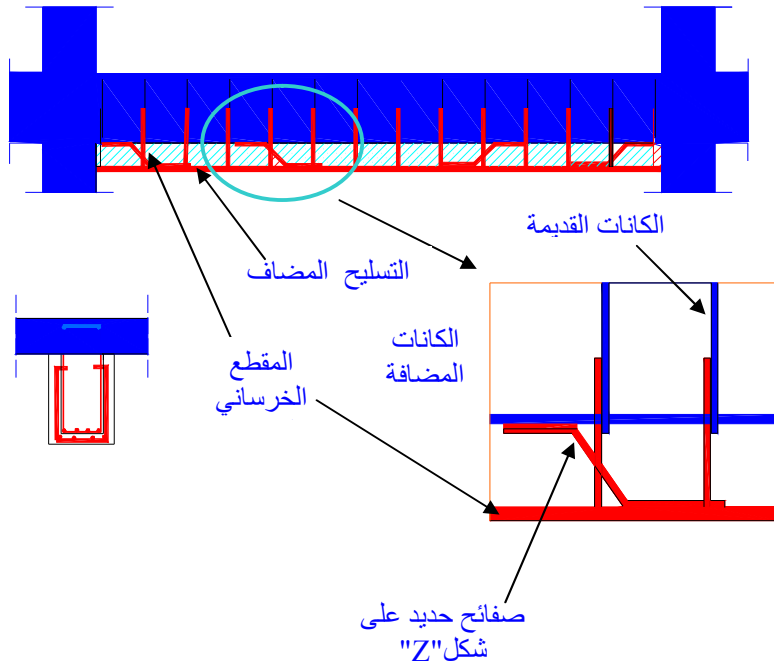
فتحات جانبيه يصب منها الخرسانه على ان يكمل الجزء الاعلى من القميص بالتلبيش ويمكن ان يصب القميص عن طريق عمل فتحات فى البلاطات الخرسانيه العلويه.

### الحالة الثانية:

تقوية الكمرات المحمولة على جدران حاملة(في حالة عدم وجود أعمدة).

تتم تقوية الكمره كمايأتي:

- 1- إزالة الغطاء الخرساني من جوانب و أسفل الكمره لكشف حديد التسليح الرئيسي و الكانات.
- 2- إزالة الصدأ من حديد التسليح و الخرسانة المتفتتة والضعيفة.
- 3- إعداد شرائح صلب على شكل " Z " بالارتفاع المطلوب إضافته الى الكمره و تلحيمها على حديد التسليح الرئيسي(التسليح الطولي) كما هو موضح في شكل (5).
- 4- تلحيم التسليح الطولي المضاف على الشرائح التي على شكل "Z".
- 5- تلحيم كانات على شكل "U" على الكانات القديمة.
- 6- دهان حديد التسليح بمادة مانعة للصدأ.
- 7- تهيئة سطح الخرسان القديمة لتقوية إلتصاقها بالخرسانة الجديدة.
- 8- عمل القالب المناسب وصب الخرسانة الجديدة.



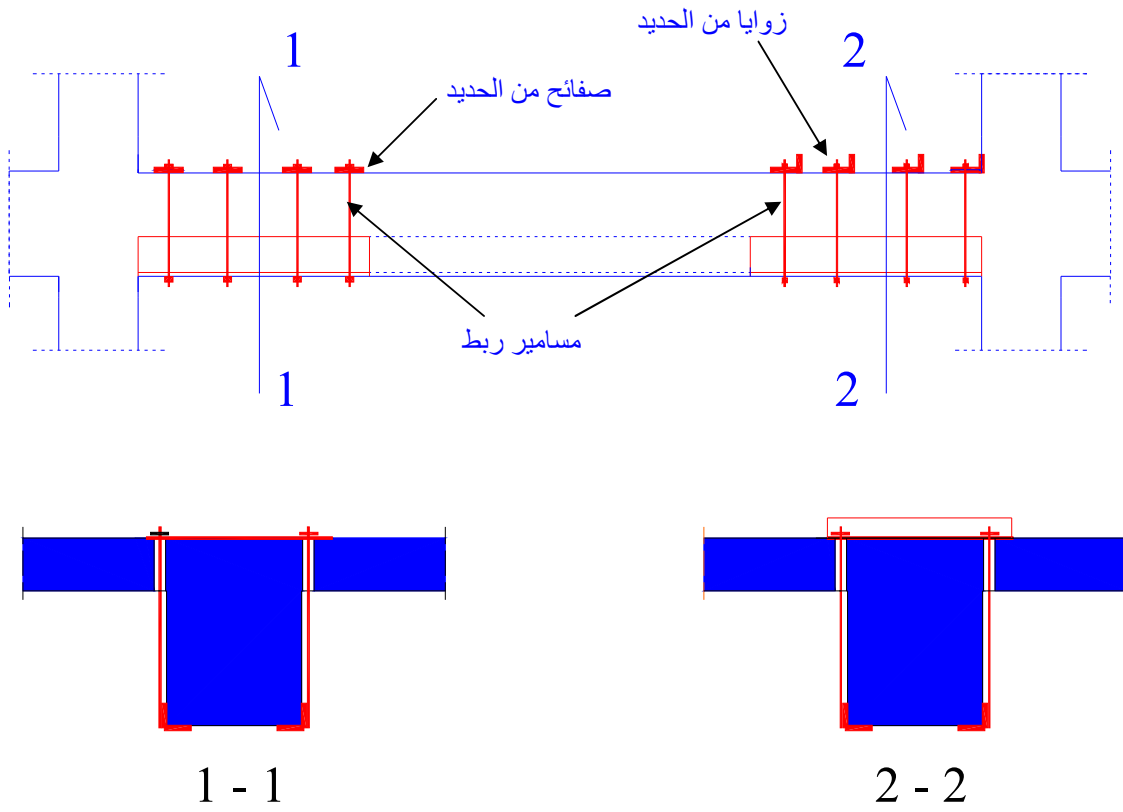
شكل (5) تقوية الكمرات بزيادة المقطع الخرساني والتسليح.

#### 4-2-3-4- تقوية الكمرات بتثبيت الواح حديدية:

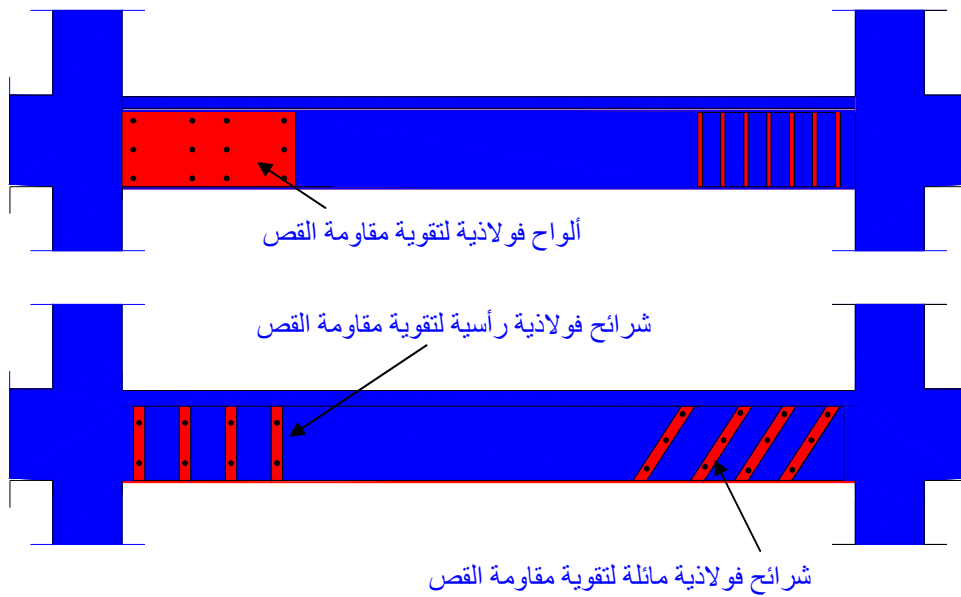
يتم تحديد اماكن تثبيت الشرائح وابعادها وسماكاتها طبقا لحاله العلاج المطلوبه وتستعمل هذه الطريقه فى الاحوال الآتية:

- 1- تقوية الحديد الرئيسى العلوى والسفلى للكمرات، كما هو موضح فى الشكل(6).
  - 2- زياده مقاومه اجهادات القص (shear strength) نتيجه لضعف الكانات او الحديد المكسح، كما هو موضح فى الشكل(7).
  - 3- تقوية الكمرات فى حاله وجود الشروخ النافذه ويتم لصق هذه الشرائح بعد علاج الشروخ بالطرق السابقه.
- وفى جميع الاحوال يتم تثبيت الشرائح الحديديه فى الكمرات الخرسانيه بطريقه اللصق بمونه ايبوكسيه واستعمال مسامير Vertical Screw Bolts أو مسا مير فيشر على الوجه التالى طبقا للخطوات الآتية:

- 1- يتم تخشين (زنبره) وتنظيف السطح الخرسانى فى المنطقه التى سوف يتم تثبيت الشرائح الحديديه عليها.
- 2- يتم عمل ثقوب فى الشرائح الحديديه والسطح الخرسانى.
- 3- يتم وضع طبقه من المونه الايبوكسيه فوق الشرائح بسمك حوالى 5 مم.
- 4- يتم تثبيت الشرائح الحديديه فى الاسطح الخرسانيه باستعمال مسامير فيشر.
- 5- يراعى دهان الاسطح الخرسانيه قبل تثبيت الشرائح الحديديه بماده ايبوكسيه لاصقه.



شكل (6) تقوية التسليح السفلي للكمرات بتثبيت ألواح حديدية بواسطة مسامير صلب وزوايا فولاذية



شكل (7) تقوية حديد القص في الكمرات بواسطة ألواح فولاذية

#### 4-3-3- تقويه وترميم البلاطات:

هناك حالات كثيرة تستدعي ترميم و تقوية البلاطات مثل زيادة الاحمال على البلاطات لتغير وظيفة واستخدام المنشأ أو عدم امان التصميم الاصلي للبلاطات او صدأ حديد التسليح و تشرخ البلاطات وغير ذلك . و يتم ترميم البلاطات حسب الحاجة بإتباع أحد الطرق:

#### 4-3-3-1- تقوية البلاطات بإضافة حديد تسليح وزيادة المقطع الخرساني:

يتم ترميم البلاطات بإتباع الخطوات الآتية:

يزال الغطاء الخرساني و ينظف حديد التسليح من الصدأ بواسطة فرشاة سلك، ثم يدهن سطح الحديد بمادة مانعة للصداء.

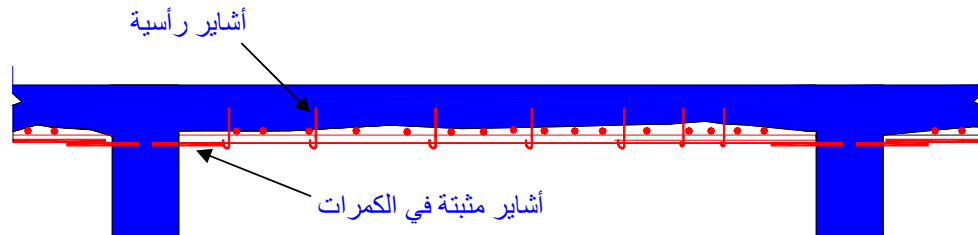
تخشين (زنبرة) سطح الخرسانة السفلي.

في حالة وجود كمية كبيرة من الصدأ في حديد التسليح او في حالة الحاجة الى تقوية البلاطات ، تضاف شبكة جديدة من حديد التسليح يتم تصميمها حسب الطرق المعتادة في تصميم البلاطات.

عمل أشاير في الجسور المحيطة و كذلك تعمل اشاير رأسية في بلاطة السقف.

يتم تثبيت الشبكة الجديدة السفلية من حديد التسليح راسياً بواسطة الاشاير المثبتة في بلاطة السقف و أفقياً بواسطة الاشاير المزروعة في الجسور المحيطة كما هو موضح في الشكل(8) يدهن سطح الخرسانة بمادة إيبوكسية لاصقة لزيادة التحام الخرسانة الجديدة بالخرسانة القديمة.

يتم إعادة الغطاء الخرساني او الزيادة المطلوبة في سمك البلاطات باستعمال التلبيس على مراحل او بإستخدام المدفع الخرساني. مع ملاحظة البدئ في إعادة الغطاء الخرساني قبل جفاف المادة اللاصقة.

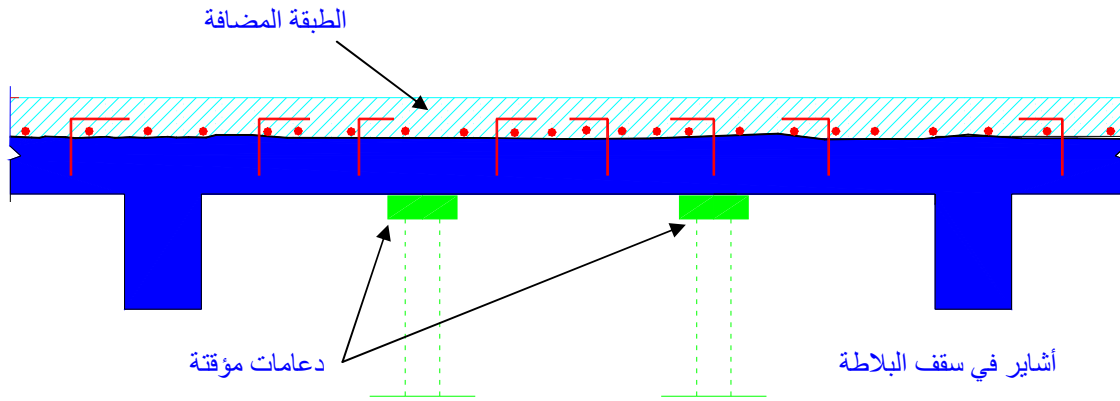


شكل (8) تقوية البلاطات بإضافة حديد تسليح وزيادة المقطع الخرساني

#### 2-3-3-4- تقوية البلاطات بإضافة طبقة خرسانية مسلحة أعلى البلاطة:

يمكن تقوية البلاطات بإضافة طبقة خرسانية أعلى البلاطات المراد تقويتها، ويمكن تلخيص خطوات عملية التقوية كما يأتي:

- 1- تدعيم البلاطة.
- 2- تهيئة السطح العلوي للبلاطة بإزالة التغطية و الخرسانة الضعيفة وتخشين السطح.
- 3- زرع أشاير على سطح البلاطة كما هو موضح في الشكل (9).
- 4- توزيع حديد تسليح في إتجاهي البلاطة.
- 5- صب طبقة الخرسانة المراد إضافتها و معالجة الخرسانة كالمعتاد.

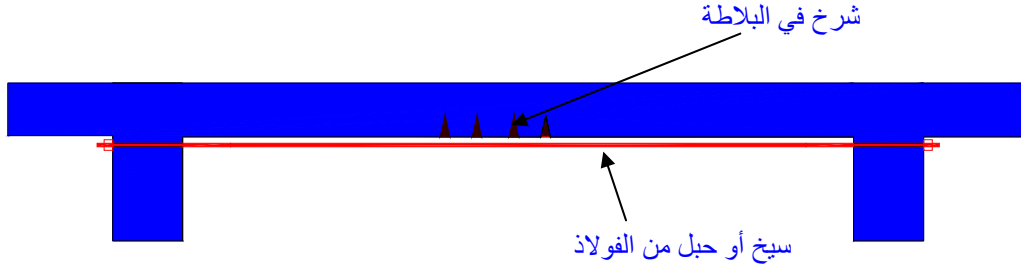


شكل (9) تقوية البلاطة بإضافة طبقة خرسانية جديدة

#### 3-3-3-4- تقوية البلاطات بالضغط باستخدام سبق الإجهاد لحبال فولاذية:

يمكن تقوية البلاطات باستخدام سبق الإجهاد لحبال فولاذية مثبتة في كمرتي البلاطة بواسطة صواميل كما هو موضح في الشكل (10). يتم ضغط البلاطة عن طريق شد صواميل الحبال الفولاذية لتقليل إجهادات الشد الى المستوى الذي لا يحدث فيه تشوهات في

البلاطة أو لإغلاقها بتحويل إجهادات البلاطة في منطقة الشروخ إلى إجهادات سالبة ( أي إجهادات ضغط).



شكل (10) إستخدام الحبال الفولاذية الخارجية لتقوية البلاطات والتحكم في الشروخات.

❖ هناك طرق أخرى لترميم البلاطات هي:

- إضافة جسور معدنية.
- إضافة صفائح حديدية مقواه بمسامير مقلوطة Vertical Screw Bolts .
- في حالة البلاطات المفرغة ، إضافة حديد تسليح و خرسانة داخل فراغات البلاطات.



## الفصل الرابع

### ترميم الجدران الحاملة

### Repairing of bearing walls

#### 4-4-1- مقدمة :-

تهدف عملية الترميم والصيانة للجدران الى الحفاظ على ديمومة المنشآت وذلك بتأمين سياسة ملائمة للصيانة لبقائها في الخدمة لمدة طويلة. فالصيانة تساعد في التحكم في حصول التلف وإستمرار المنشأ في أداء وظيفته على الشكل المطلوب. و تعتبر تشققات (تشرخات) الجدران من اهم العيوب التي تحصل للجدران الحاملة. لذلك ، من المهم معرفة أسباب التشرخات وديناميكية حدوثها وكيفية معالجتها. و لمعرفة ذلك يجب ان يكون القائمون بعملية الترميم على معرفة جيدة بسلوك الجدران تحت تأثير الأحمال الأفقية و الرأسية للإلمام بالتشرخات التي تحدث لها وكذلك بطرق صيانتها وكيفية تقويتها وتحسين أدائها.

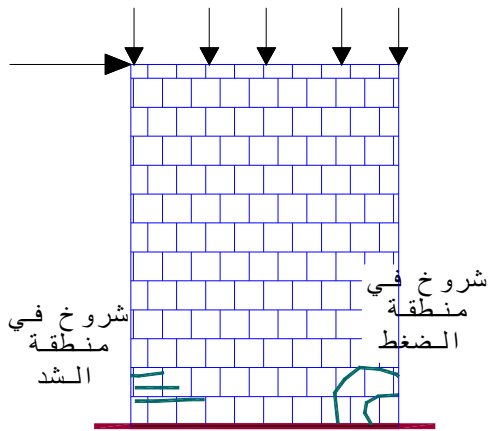
#### 4-4-2- سلوك و تصرف الجدران الحاملة تحت تأثير الأحمال الأفقية:

سلوك و تصرف الجدران الحاملة تحت تأثير الأحمال الأفقية لها ثلاثة أنماط رئيسية هي:

#### 4-4-2-1- سلوك الإنحناء Flexural Mode:

ويمكن تمييز هذه الحالة من خلال ملاحظة الآتي:

- ظهور شروخ أفقية في منطقة الشد على شكل فاصل بين الطوب أو الأحجار و المونة الإسمنتية نتيجة لتولد اجهادات شد على المونة الإسمنتية الأفقية.
- وجود تهشم أو تكسر في البلك في منطقة الضغط نتيجة لزيادة اجهادات الضغط عن مقاومة الضغط للحائط كمافي



شكل(1) الشروخ في الجدران في منطقة الشد والضغط.

شكل(1) يظهر هذا السلوك في الجدران التي تكون فيها مقاومة القص عالية و يكون ارتفاع الجدار كبير مقارنة بعرضها.

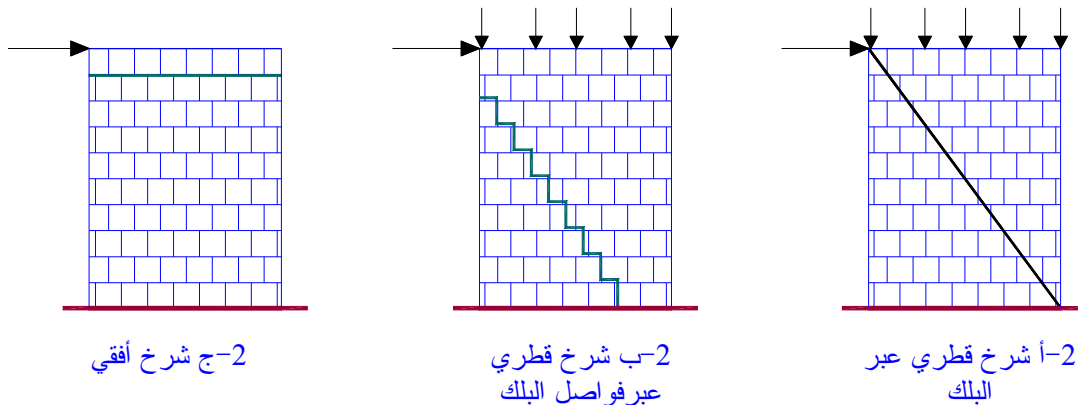
#### 2-2-4-4- سلوك القص Shear Mode:

يظهر هذا السلوك في الجدران التي تكون فيها مقاومة القص ضعيفة و يكون ارتفاع الجدار مساوياً أو أقل من عرضة. و سلوك القص للجدران له ثلاثة انماط تعتمد على مقدار الحمل الرأسي و كذلك على قوة المونة الاسمنتية ومقاومة الطوب للشد. هذه الانماط الثلاثة هي:

**I- شرخ قطري يتخلل البلك:** نتيجة لتولد اجهادات شد قطرية (محصلة الاحمال الافقية و الرأسية) و يظهر هذا الشرخ عندما تكون مقاومة البلك للشد أقل من مقاومة تماسك المونة الإسمنتية فيسري الشرخ في البلك لانها المادة الاضعف. لذلك يظهر الشرخ مستمر في خط مستقيم كما في الشكل (2-أ). وغالباً مايمر هذا الشرخ في نقاط الضعف مثل المنطقة التي بين فتحات النوافذ.

**II- شرخ قطري على شكل سلم:** يتخلل المونة الإسمنتية الافقية و الرأسية بين البلك نتيجة للإجهادات الشد القطرية. و يظهر هذا الشرخ عندما تكون مقاومة البلك للشد اكبر من مقاومة التماسك للمونة الإسمنتية حيث يسري الشرخ في المادة الاضعف و هي في هذه الحالة المونة الإسمنتية كما في الشكل (2-ب). وأنسب مكان لظهوره هو بين فتحات النوافذ و الابواب وذلك لضعف تلك المنطقة.

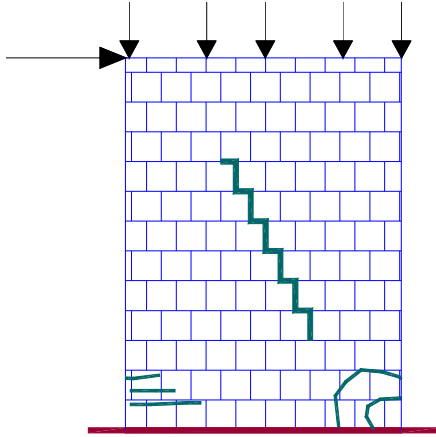
**III- شرخ أفقي بين المونة الاسمنتية و البلك:** و هو عبارة عن انفصال المونة الإسمنتية عن البلك نتيجة لانزلاق البلك. و يظهر هذا النمط عندما تكون الاحمال الرأسية قليلة او غير موجودة لإن الأحمال الرأسية تمنع الجدار من الانزلاق افقياً كما في الشكل (2-ج).



شكل (2) شروخ إجهادات القص في الجدران، 2-أ في حالة ضعف البلك ، 2-ب في حالة ضعف قوة التماسك في المونة الإسمنتية بين البلك، 2-ج في حالة عدم وجود احمال رأسية.

#### 3-2-4-4 سلوك انحناء - قص:

هذا النوع من السلوك هو عبارة عن مزيج من النوعين الأول والثاني. و يتميز هذا السلوك بوجود شروخ أفقية في منطقة الشد و هي شروخ نتيجة لاجهادات إنحناء بالإضافة الى ظهور شروخ قطرية نتيجة لاجهادات قص كما هو موضح في الشكل (3). و يظهر هذا لسلوك في الجدران التي يكون فيها ارتفاع الجدار مساوياً لعرضه و تكون مقاومة الإنحناء و القص للجدار متساوية.



شكل (3) شروخ إنحناء-قص في الجدران

و تظهر أيضاً تشققات قرب تقاطع الجدران أو زاوية اتصال جدارين وغالباً ماتكون عمودية و ناتجة عن ضعف إرتباط بين الجدران المتصلة.

#### 3-4-4 العوامل التي تؤثر على سلوك الجدران:

- 1- نسبة ارتفاع الحائط إلى عرضه (H/L)، فكلما زادت هذه النسبة، كلما كان سلوك الحائط انحنائي.
- 2- مقدار الحمل الرأسية للحائط يغير من سلوك الحائط من انحناء إلى قص.
- 3- وجود فتحات في الحائط.
- 4- نظام ربط طرفي الجدار في الأساس و في الأعلى (السقف).
- 5- نوع مواد البناء و المونة الإسمنتية و عرض المدماك.
- 6- كمية وتوزيع حديد تسليح الحائط.

#### 4-4-4 الإجهاد الرأسي المسموح به في الحيطان (Fa):

يمكن حساب الحمل الرأسي (Fa) لجدار من المعادلة الآتية:

$$Fa = 0.2Fm\{1-(h/42 t)^3\}$$

حيث:

$F_m$  : مقاومة الضغط المميزة للحائط.

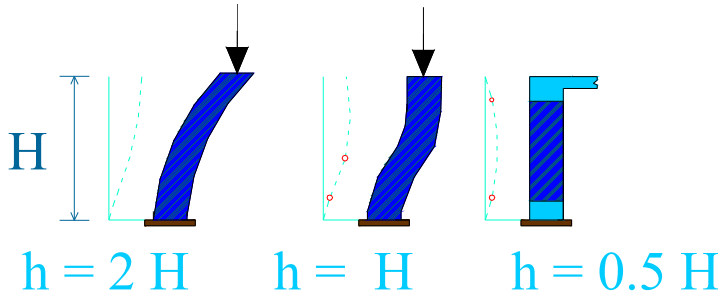
$h$  : إرتفاع الجدار

الفعال وتعتمد على حالات

الجدار الأتية:

مخدة خرسانية بأشواير مع

الحائط:



$h = 0.5 H$

مخدة خرسانية بدون أشواير:

$h = 0.7 H$

بدون مخدة خرسانية:

$h = H$

سقف خشبي:

$h = 2 H$

حيث  $H$  إرتفاع الدور أو إرتفاع الجدار.

و يمكن حساب مقاومة الضغط المميزة للحائط ( $F_m$ ) من المعادلة التالية:

$$F_m = 0.59 \phi \beta \sigma_{cb} + 0.9 (1 - \beta) \sigma_{cg}$$

حيث:

$\sigma_{cb}$  : مقاومة الضغط لوحدة بناء الحائط (بلك أو أحجار)

$\sigma_{cg}$  : مقاومة الضغط للمونة الإسمنتية

$\beta$  : النسبة المصممة في وحدات البناء (1- نسبة الفراغ)

$\phi$  : معامل تخفيض يعتمد على قوة المونة الإسمنتية ( 0.5 للمونة الضعيفة، 0.8 للمونة القوية)

فإذا كانت مساحة مقطع الحائط ( $A_n$ )

فإن مقدار الحمل الرأسى المسموح به للحائط ( $P_w$ ):

$$P_w = 0.2 F_m \{1 - (h/42 t)^3\} A_n$$

#### 4-4-5- مدى خطورة التصدعات و كيفية الحكم على سلامة المنشأ:

هناك اختلافاً كبيراً بين التصدعات الخطيرة في المباني ذات الجدران الحاملة عن تصدعات مماثلة في المباني الهيكلية من الخرسانة المسلحة. و كثيراً مايقع المهندسون الذين يقومون بالمعاينات في خطأ شائع و هو الحكم على خطورت التصدعات في الجدران على اساس التصدعات في المباني الهيكلية التي يدرسونها ويعرفونها. و اهم هذه الاختلافات هي:

- 1- عرض الشرخ الرأسي في الجدران الحاملة غير مهم مهماكان اتساعه عند مقاومة الاحمال الرأسية ، و في حالة الاحمال الافقية فإن كل تأثيره هو تحويل الجدار الواحد الى عدة جدران مما يقلل من جساءة الجدار. ولكن ليس لسعة الشرخ تأثير على تحمل الجدار مع الزمن.
  - 2- على عكس ذلك في المنشآت الخرسانية ، فالشرخ الرأسي في الجسور يعتبر من أخطر انواع الشروخ.
  - 3- الشروخ المتسعة في الخرسانة تعتبر خطرة لأنها تؤدي الى تدهور الخرسانة بسرعة نتيجة لصدأ حديد التسليح.
  - 4- الشروخ الافقية الرفيعة في الجدران الحاملة غير خطرة ولا تدعو للقلق لان تأثير العقد (Arch Action) سينقل الأحمال الى جاني الجدار.
  - 5- ظهور شروخ افقية في الجسور الخرسانية يدل على صدأ حديد التسليح لذلك فهو مهم ويدعو للقلق.
  - 6- الشروخ المائلة في الجدران الحاملة تعتبر من أخطر أنواع الشروخ ، و لكن مدى خطورتها يعتمد على مكانها و طولها و الحمل الرأسي على الجدار.
  - 7- في المباني الخرسانية الهيكلية، أي تصدع للحائط يعتبر ذو اهمية و يدعو للقلق، خصوصاً إذا كان مصحوباً بحركة خارج المستوى فإنه يكون خطيراً جداً وذلك لان الاحمال الرأسية تصبح لامركزية .
- فعند الحكم على سلامة مباني الجدران الحاملة لابد من الإهتمام بالإعتبارات الهامة التالية:
- 1- تصدعات جدران الأدوار السفلى( وخصوصاً الرئيسية تعتبر خطرة).

- 2- وجود ترحيل أفقي في الجدران (تصبح الاحمال لامركزية وهي حالة خطرة جداً).
- 3- التأثير الفراغي للمبنى ككل.
- 4- حالة التربة التي انشئ عليها المبنى(مبنى متصدع على تربة ضعيفة أخطر من مبنى متصدع على تربة قوية).
- 5- الشروخ المائلة في الجدران (شروخ خطرة، ومقدار الخطورة يعتمد على عرض الشرخ).

#### 4-4-6- معالجة الجدران:

تعالج الجدران حسب حالة التصدعات التي تحدث فيها من التشرخات و عرضها و تساقط بعض وحدات البناء وكذلك الحالة العامة للجدار. ويمكن إتباع الوسائل التالية في ترميم الجدران:

#### 4-4-6-1- ترميم التشرخات الصغيرة في الجدران Repair of Small cracks:

تعالج التشرخات الصغيرة التي يزيد عرضها عن 0.3 مم ويقل عن 3 مم بواسطة الحقن بمستحلب إسمنتي أو باستخدام مواد إيبوكسية. وتتألف معالجة التشرخات بالحقن من المراحل التالية :

- تزال تغطيات الجدران من مناطق التشرخات، ثم إزالة المونه و المواد المتفككة و الضعيفة حول التشرخات وتصفى جميع الشوائب الأخرى و الغبار من الشروخ بواسطة ضاغط هوائي أو مائي.
- حفر ثقوب في مسار الشرخ على طول الشرخ ، وتتراوح المسافة بين الثقوب من 30 الى 60 سم.
- يتم تثبيت أنابيب معدنية ذات صمام مانع للرجوع بعمق 5 سم داخل الثقوب وتثبت بواسطة مونه إسمنتية.
- يتم غلق الشرخ بين الانابيب المثبتة سابقاً بواسطة مونة إيبوكسية مناسبة ذات لزوجة منخفضة.
- يجب تنظيف التشققات مرة ثانية بالهواء المضغوط ، ويتم التحقق من استمرارية الحقن باستخدام الماء.

- يحقن مستحلب إسمنتي ( مونه مائعة بضغط 3 MPa ) في الأنابيب ويبدأ الحقن من أسفل الى أعلى بإستخدام مضخات يدوية أو مضخات خاصة، ويستمر الحقن حتى ملء الشرح.
- إذا كانت التشرخات نافذة حتى الجهة المقابلة، يتم سد الشروخ في الجهة المقابلة بمونة إيبوكسية مناسبة.
- يتم إزالة الأنابيب وإعادة استخدام مواد الإكساء لإخفاء التشققات والمعالجة.

#### 4-4-6-2- ترميم التشرخات المتوسطة العرض

##### :Repair of Medium Cracks

في حالة التشرخات التي يتراوح عرضها بين 3 مم و 10 مم ، يمكن استخدام الحقن بالمونة الإسمنتية أو الجروت ( أسمنت + ماء + رمل).

#### 4-4-6-3- ترميم التشرخات الكبيرة العرض :Repair of Large Cracks

في حالة التشرخات التي يزيد عرضها عن 10 مم أوفي حالة وجود وحدات بلك أو أحجار متفككة بجوار الشروخ، فتستخدم طرق معالجة أوسع من الحقن، كما قد تستوجب عملية المعالجة تدعيم الجدار المراد ترميمه. وهناك عدة طرق نموذجية لترميم التشرخات الكبيرة في الحيطان أهمها:

##### أ- ترميم التشرخات العمودية ذات العرض الكبير:

- 1- تزال الأحجار أو البلوكات المتفككة المجاورة للشقوق على طول الشق العمودي.
- 2- تضاف ماسكات أو قضبان فولاذية في الجدار لتقوية الجدار ولربط الوحدات التي سيتم تركيبها.
- 3- تملئ التشرخات بمونة إسمنتية غنية بالإسمنت.
- 4- يتم إعادة تركيب الأحجار أو البلوك باستخدام مونة إسمنتية غنية، ثم ملء الفجوات بنفس المونة المستخدمة.
- 5- يمكن تكرار هذه العملية على الجهة المقابلة من الجدار عند الضرورة.
- 6- في حالة وجود تشرخات صغيرة مجاورة للتشرخات الكبيرة ، يتم ترميمها بطريقة الحقن كما تقدم.

7- يمكن غرس أسياخ فولاذية في الجدار وعمل شبكة تسليح (اسياخ رأسية و أفقية) لعمل أعمدة لتقوية الجدران الضعيفة. ثم يتم وضع الخلطة الخرسانية فوق شبكة التسليح.

**ب- معالجة التشرخات المائلة ذات العرض الكبير:**

التشققات المائلة ذات العرض الكبير أو التشرخات المائلة الكثيفة لا تسمح بنقل إجهادات كبيرة عبرها، فلا يجدي الترميم بالحقن فقط . لذلك يجب عمل تقوية للجدران في أماكن التشرخات المائلة بالإضافة الى الحقن. ويمكن ترميمها بإتباع الخطوات الآتية:

1- إزالة البلك أو الأحجار من منطقة الشرخ في الإتجاه الرأسي للجدار بعرض 20-30 سم وبعمق 10-15 سم.

2- يتم تنظيف الشروخ الصغيرة وسدها بمونة إسمنتية أو عن طريق الحقن بروبة إسمنتية.

3- يعمل قالب خارجي لتشكيل أعمدة أو أعصاب عمودية لتقوية الجدار في مكان الشروخ.

4- يوضع حديد تسليح طولي مع الكانات في القالب.

5- تصب خلطة خرسانية مناسبة في القالب.

6- وعندما يكون اندماج الأعمدة في الجدار صعباً ، فمن الممكن بناء (عند نقاط مختارة مناسبة) أزواج من الأعمدة (في الداخل وفي الخارج) بارزة عن وجه الجدار، ويتم تمرير أسوار فولاذية عبر الجدار لوصل أزواج الأعمدة قبل عملية الصب، وتستخدم هذه الطريقة في الجدران النحيلة نسبياً.



صورة(2) تملئة الفواصل بين البلك.



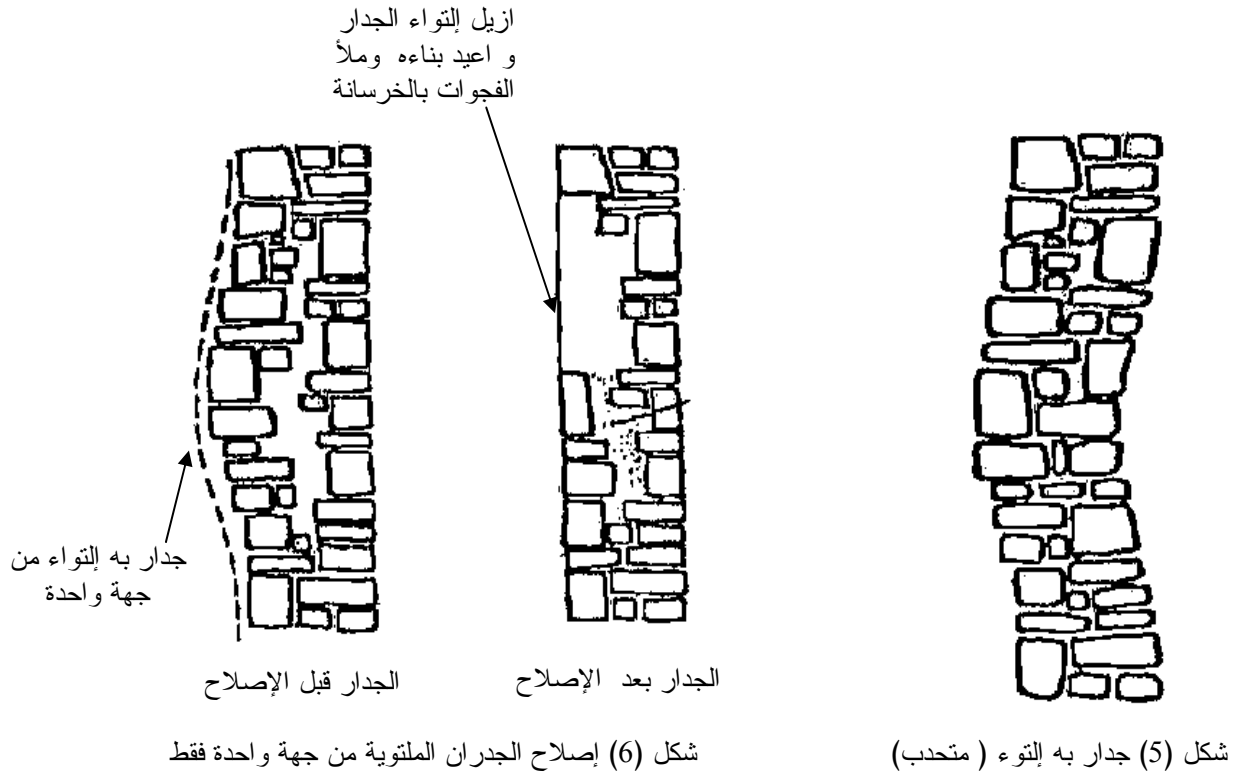
صورة (1) إستبدال وحدات البلك القديمة ببلك جديد.



#### 4-4-6-4- إزالة الجدران المتضررة بشكل بالغ وبناء جدران جديدة:

في حالة حدوث أضرار بالغة للجدران مثل وجود التواء أو تحذب جانبي في أجزاء من الجدر كما في شكل (5)، فيجب إزالة الجزء الذي تعرض إلى التشوه من الجدار وإعادة بنائه بشكل كامل. ومن المهم في مثل هذه الحالات عمل دعائم مناسبة لتدعيم البلاطات والجدران التي فوقها، والتي تعتمد في استنادها العمودي على الجدار المتضرر. ثم يباشر بإزالة الجزء المتضرر من الجدار.

أما إذا كان تحذب الجدار على وجه واحد فقط كما في شكل (6)، فليس من الضروري إزالة الجدار أو الجزء المتضرر منه ويمكن فقط أن يتم تقطيع الجزء المحدب، وتوضع البلوكات في المكان الذي تم إزالته باستخدام مونة إسمنتية لملء الفراغات بشكل كامل.

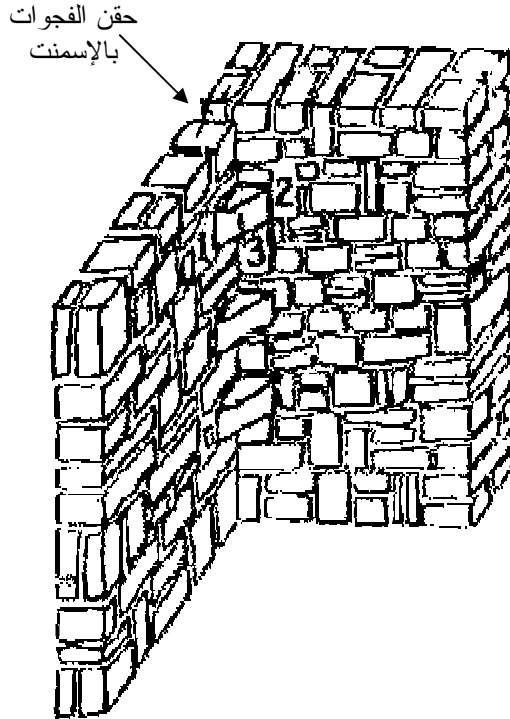


#### 4-4-6-5- إصلاح وتقوية تقاطع الجدران:

تتعرض تقاطعات الجدران بشكل خاص إلى تشققات عمودية كبيرة أو إلى انفصال هذه الجدران، عند عدم ترابطها بشكل كاف وتفتقد إلى المقاومة المناسبة للسماح بالعمل المتبادل الملائم.

وتتم المعالجة في حالة التشققات العمودية الرفيعة نسبياً، عن طريق حقن التشرخات باستخدام التقنيات المبينة سابقاً مع القيام بعملية الغرز Snitching عبر الشق أو بدونها.

يمكن غرز حجر أو إضافة أحجار عبر الشرخ لتقوية التقاطع. حيث تزال الأحجار المجاورة المشار إليها بـ (1) و (2) في شكل (7)، ثم يتم تركيب قطعه جديدة مشتركة من الحجر (3) مع كلا الجدارين على مسافة متقاربة ، 60-80 سم ويجب أن تغمس هذه القطع المغروزة الجديدة في مونه إسمنتية غنية، ثم تملأ الفجوة المتشكلة بين الجدارين بالمونه الإسمنتية الغنية.



يمكن تثبيت شبك من الأسلاك على كلا السطحين الداخلي والخارجي، ثم يغطي بالطين الإسمنتية.

في حالة وجود جسور رابط أو حزمة للتقوية من الخرسانة المسلح متضررة فيجب إصلاحها ، أما في حال عدم وجود مثل هذه الجسور ، على المهندس التفكير بإضافتها لتقوية المنشأ.

شكل(7) معالجة تقاطع الجدران بإضافة حجر عبر الشق

#### 4-4-6-6- تقوية الجدران:

تقوى كثير من المنشآت من جدران الحاملة عن طريق بناء لجدران من بلوك مصمت بسماكة لا تقل عن 25 سم

ويمكن تقويه هذا النوع من المنشآت ببناء أعمدة خرسانية مسلحة أو أحزمة مداميك عند الزوايا وتقاطعات الجدران الحاملة، وفي منتصف الجدران الطويلة، وبذلك نحصل على لوح جداري محاط بعناصر خرسانية مسلحة أفقية وعمودياً أيضاً.

يمكن أيضاً تقوية الجدران باستخدام الخرسانة المقذوفة في حال استخدامه للقمصان الخرسانية المسلحة، حيث يجب أن يرطب سطح المداميك لتجنب امتصاص الماء من الخرسانة الجديدة، وعند احتمال تأثر المداميك الموجودة بشكل غير مستحب بالترطيب الغزير، يتم تنفيذ طلاء أساس من مستحلب إسمنتي أو راتنج إيبوكسي على سطح المداميك، ومن الضروري معالجة القميص المنفذ من الخرسانة المقذوفة بشكل مناسب، وأن تتم حمايته لمنع التشقق والانفصال عن جدار المداميك. ولكن استخدام هذه الطريقة تؤدي الى زيادة الحمولات وقوى الانقلاب، مما يتطلب تقوية الأساسات لزيادة مساحة التحميل.

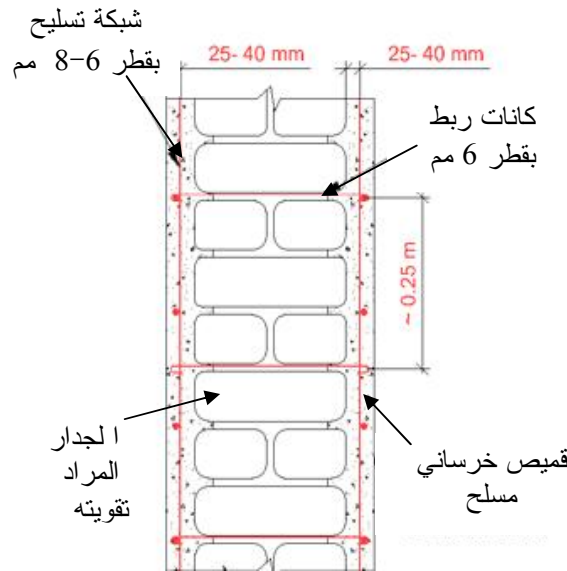
#### 4-4-6-6-أ- تقوية الجدران بواسطة القمصان الخرسانية المسلحة:

عمل قمصان خرسانية هي من أكثر الطرق استخداماً عند حدوث تشوهات كثيفة في الجدران وذلك لسهولة تنفيذها وفعاليتها في تقوية الجدران. و تصلح هذه الطريقة لكل أنواع الجدران سواء كانت الجدران من البلك أو الأحجار. الشكل(8) يوضح طريقة تقوية الجدران بواسطة القمصان الخرسانية، وتتم تقوية الجدران في هذه الطريقة كالآتي:

- 1- تزال طبقة تلبيس الجدار إذا كان ملبس أو الأحجار أو البلك الضعيفة.
- 2- تحقن التشوهات بمونة إسمنتية أو روبة إسمنتية.
- 3- يتم عمل ثقب في الجدار بقطر 8 مم نافذة حتى الجانب الأخر من الجدار لعمل كانات ربط (9 كانات / م - كل 0.50 م).
- 4- يتم تخشين السطح.

## مشروع التخرج-2006-2007م

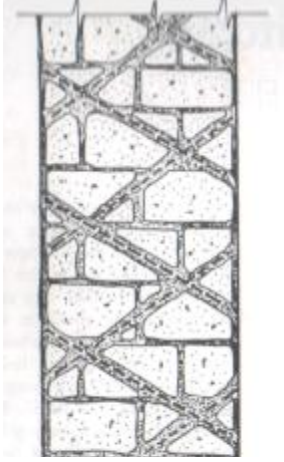
- 5- توضع شبكة تسليح  $250 \times 250$  مم من اسياخ حديد بقطر 6-8 مم على الجدار من الجانبين.
- 6- تربط شبكتي التسليح من جانبي الجدار بواسطة الكانات المذكورة سابقاً عبر الثقوب التي تم عملها في الجدار.
- 7- يتم عمل قالب و صب القميص الخرساني على شبكة حديد التسليح بسمك 25-40 مم من الجانبين.
- 8- يمكن إستخدام الأدوات العادية المستخدمة في التلبيس (المسطرين وغيره) إذا كان سمك القميص الخرساني 80 مم أو أقل.
- 9- عندما يكون سمك القميص الخرساني 80 مم ، يتم الصب على مرحلتين بواسطة قذف الخلطة الخرسانية بقوة بواسطة المسطرين أو بأدوات التلبيس العادية، ففي المرحلة الاولى يتم طرشرة الجدار بخلطة خرسانية بسمك 40 مم ، ثم يتم تثبيت شبكة حديد التسليح ، و في المرحلة الثانية تصب طبقة أخرى على حديد التسليح بنفس الطريقة الأولى بسمك 40 مم .



شكل (8) تقوية جدران البلك والأحجار بواسطة قمصان خرسانية مسلحة

#### 4-4-6-6-ب- تقوية الجدران بواسطة التطويق بشبكات فولاذية:

يمكن تقوية جدران البلك أو الأبنية الحجرية عن طريق تطويق الجدران الضعيفة بشبكات فولاذية تمتد على سطوح الجدران وتثبت إليها، ثم تصب الخرسانة على هذه الشبكات {انظر شكل (9)}.

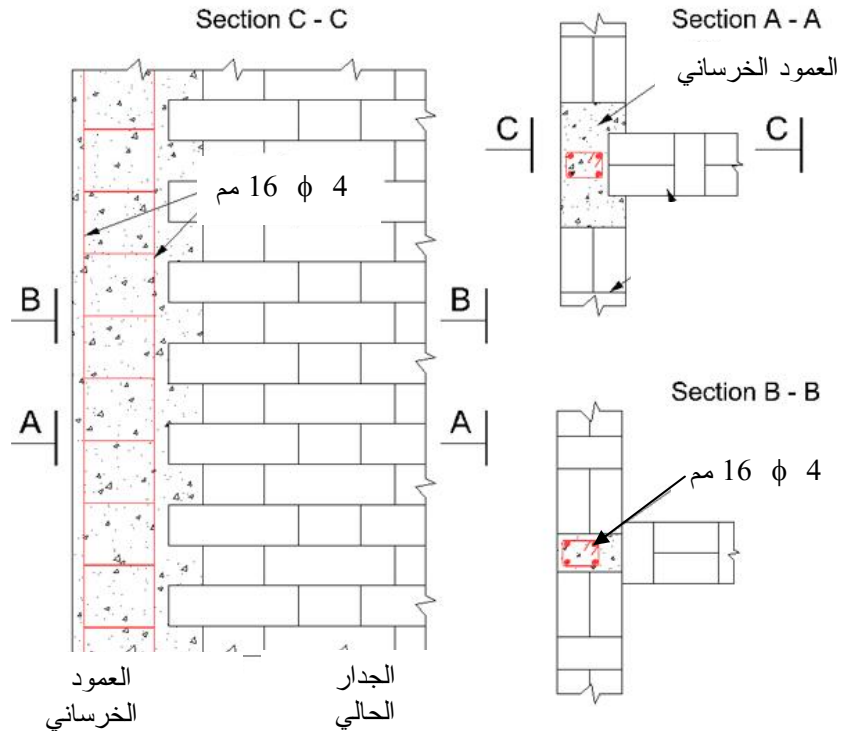


#### 4-4-6-6-ج- تقوية المباني المبنية من الجدران الحاملة

وبلاطات وكمرات من الخرسانة المسلحة:

كثير من المدارس الابتدائية (النموذج الريفي) تبنى بهذا الشكل، و أفضل الطرق لتقوية هذا النوع من المباني عن طريق صب اعمدة ربط من الخرسانة المسلحة في زوايا تقاطع الجدران. الشكل (10) يوضح تقوية تقاطع الجدران على شكل حرف (T).

شكل (9) تطويق الجدران بواسطة شبكات فولاذية



شكل (10) تقوية الجدران الحاملة بعمدان خرسانية مسلحة عند تقاطع الجدران

## الباب الخامس

### ترميم وتقوية الأساسات

#### 1-5- مقدمة .

#### الفصل الأول:

##### 1-1-5- أضرار خلل الأساسات:-

- أسباب حدوث خلل الأساسات.
- الشروخ نتيجة لهبوط التربة وفروق الهبوط النسبية للأساسات.

#### الفصل الثاني:

##### 1-2-5- ترميم وتقوية الأساسات:-

- طرق الصيانة والترميم.
- الوقاية من الأضرار.

## 5-1- مقدمة :-

يعتقد الكثير من الناس أن الأسباب الرئيسية لانهييار المباني هو نقص الحديد أو ضعف الاسمنت و لا شك أن هذه العوامل تسهم بشكل ما في الانهيارات لكنها ليست على الغالب السبب الحقيقي. ولا شك أن المبنى المنفذ وفق التصميم يكون أكثر أماناً من المبنى الذي استنفذ فيه المنفذ خيارات الأمان فقام بتعديل أقطار الحديد و خفض نسبة الاسمنت في الخرسانية مما أضعف القيمة الإجمالية لمقاومة المبنى. لكن هذا نادراً ما يكون سبباً للانهيار المفاجئ. إذ تحصل الانهيارات المفاجئة نتيجة عدم الدراسة الوافية للتربة و نتيجة جهل المصمم لما تحت الأرض .. فهناك وسائل كثيرة لمعرفة باطن الأرض و دراسة تربة الموقع قبل التنفيذ لتحديد نوعية التربة مقاومتها و نوعية الاساسات المناسبة ( أساسات منفردة – مشتركة – حصائر – أوتاد) للتقليل من الهبوط بشكل عام و الهبوط المتفاوت ( Differential Settlement ) بشكل خاص. و كذلك الإحتياجات اللازمة التي يجب إتخاذها لحماية الاساسات من المياه و المواد الكيميائية التي تؤدي الى تلف خرسانة الاساسات و صدئ حديد التسليح.

في هذا الباب سوف نتطرق الى الاسباب التي تؤدي الى خلل الاساسات و تشرخات المباني نتيجة لحدوث خلل الاساسات و طرق ترميم الاساسات و التشرخات في الخرسانة وكذلك الوقاية من الاضرار و معالجة الأسباب قبل حدوث الاضرار.

## الفصل الأول

### أضرار خلل الأساسات

#### 5-1-1- أسباب حدوث خلل الأساسات:

هبوط الأساسات الغير مسموح به سواء كان الهبوط منتظم أو متفاوت يعتبر من أهم الأسباب التي تؤدي إلى تشرخات المباني. وفيما يلي سوف يتم توضيح أهم الأسباب التي تؤدي إلى هبوط الأساسات.

#### 5-1-1-أ- قصور في دراسة التربة في الموقع :

- قلة عدد الجسات أو عدم تنفيذها في المكان الصحيح للمنشأ .
- عدم أخذ العينات بشكل صحيح.
- عدم إتباع المواصفات وطرق إجراء الاختبارات للعينات المأخوذة.
- الحكم على نتائج تجارب التربة غير سليم.
- عدم عمل دراسة جيولوجية للموقع.
- الاختيار الغير مناسب لنوع الأساس و عمق التأسيس و الذي يتناسب مع طبيعة التربة و الأحمال الواقعة على الأساسات.
- جهد التربة المسموح به عند منسوب التأسيس وعدم ملائمة لطبيعة التربة و خواصها بالموقع.
- التوصيات و الاقتراحات الخاصة بدراسات التربة و الأساسات غير كافية حيث لم تأخذ في الاعتبار العوامل التالية:
  1. العوامل المحيطة و البيئة و تشمل :
- تغيير منسوب المياه الجوفية (صرف صحي – تسرب مياه) – أشجار محيطة – أعمال ري و صرف و ترع مجاورة.



- وجود أملاح أو كيماويات ذات تركيز عالي تؤدي إلى تغير في خواص التربة و مهاجمة الخرسانة .
- الاهتزازات الناجمة عن الماكينات أو حركة الأحمال أو دق الخوازيق.
- 2-العوامل ذات الصلة بنوعية التربة (خواص احتمال انهيار التربة و انضغاطها تحت الأساسات) مثل:
- التأسيس على ردم . التأسيس على طينة منتقشة . اختلاف خواص التربة تحت المنشأ خاصة فيما يتعلق بقابليتها للانضغاط على المدى الطويل . فشل التربة.

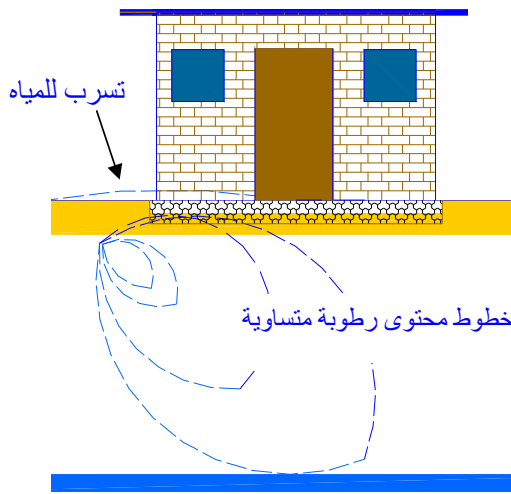
### 5-1-1-ب- بعض أنواع التربة التي تسبب مشاكل في البناء عليها:

هناك عديد من أنواع التربة التي تسبب مشاكل في البناء عليها و هذه الأنواع هي:

#### 1-أولاً:- التربة القابلة للانتفاخ:

تعريف التربة الانتفاخية:

إذا تعرض حجم التربة أو الصخور الرخوة للانكماش أو التمدد عند حدوث تغير في مستوى الرطوبة فيها، فإنها تسمى انتفاخية. والتربة التي تحدث بها هذه الظاهرة تكون عادة تربة طينية (Clays) إلا انه هناك بعض أنواع التربة الصفائحية تتعرض للانكماش والتمدد أيضاً.



شكل (1) تربة إنتفاخية تحت الأساسات تؤدي الى تشوهات المباني التي عليها

وترجع هذه الظاهرة إلى تفتت سيليكات الألمونيوم ذات الأصول المعدنية البركانية لتكون تربة طينية انتفاخية من مجموعة الاسمكتايت وأشهر أنواع التربة التي تتدرج تحت هذه المجموعة هي تربة المنتموريللونايت (Montmorillonite) حيث تتمدد الأنواع الصافية (Pure) من هذه التربة ليتضاعف حجمها خمس عشرة مرة قدر حجمها وهي جافة.

ولكن هذه التربة في الطبيعة عادة تكون مختلطة بأنواع أخرى من الطين لها صفات اقل انتفاخية ولذلك يندر أن توجد في الطبيعة تربة يتمدد حجمها ولأكثر من مرة ونصف قدر حجمها وهي جافة و في هذا خطورة كبيرة على المنشأ المقام على هذا النوع من التربة. وتشكل التربة ضررا كبيرا للمنشآت التي تبنى عليها إذا توفرت الثلاثة العوامل التالية:

أ- أن تحتوى التربة على مكونات معدنية ( Mineral components ) ذات الخواص الانتفاخية العالية.

ب- أن تتعرض هذه التربة لتغيرات كبيرة في محتوى الرطوبة.

ج- سمك الطبقة الانتفاخية.

طبقة التربة المحتوية على مواد انتفاخية يجب أن تكون بسمك كاف لكي تحدث حركة تكفى لأحداث الضرر على سطح الطبقة. وعموما لو زادت نسبة التمدد الحجمي لتربة الأساسات عن ( 3 % ) فإنها تؤدي إلى إحداث أضرار بنسبة متفاوتة للمنشآت إذا لم تصمم أساساتها بطريقة خاصة لمواجهة ذلك.

#### ❖ الأضرار التي تسببها التربة الانتفاخية:

طبقا لبعض الإحصاءات فان الأضرار التي تلحق بالمنشآت المقامة على التربة الانتفاخية تفوق الأضرار التي تلحق بالمنشآت بسبب الفيضانات والأعاصير والزلازل مجتمعة . وتشمل هذه المنشآت المباني وأيضاً الطرق والكباري وخطوط الأنابيب وأيضاً كل المنشآت غير المرنة والتي تركز على أو تمر من خلال التربة الانتفاخية . والمشاكل التي تسببها التربة الانتفاخية تتوقف لحد كبير على اختلاف الضغوط ( Pressure changes ) تحت المنشأ من مكان ولآخر.

وهذا بسبب التوزيع غير المتساوي لمحتوى الرطوبة في التربة الحاملة للأساسيات . فنجد أن المباني الصغيرة ، الكباري والطرق تؤثر بأحمال صغيرة على التربة الانتفاخية وذلك مقارنة بضغوط الانتفاخ بها والذي يتعدى 5 كجم / سم<sup>2</sup>.

#### ❖ أنواع الأضرار التي تسببها التربة الانتفاخية:

1. الحركة متفاوتة تحت المنشأ الواحد من مكان إلى آخر .

2. تغير منسوب التربة في المكان الواحد إلى أعلى وإلى أسفل تبعاً للتغيرات الموسمية لمحتوى الرطوبة ومستوى المياه الجوفية والتربة تتعرض لهذه الحركة الراسية الموسمية حتى أعماق تصل إلى حوالي مترين.

في حالة إقامة منشأ على مساحة كبيرة نسبياً ( مبنى ضخماً أو طريق ) فإن التغيرات الموسمية في محتوى الرطوبة بسبب الأمطار سوف تتوقف عن الحدوث تحت وسط المنشأ ولكنها سوف تستمر في الحدوث حول أطراف ومحيط المنشأ، فيحدث هبوط غير متكافئ في أطراف المنشأ بالنسبة لوسطه في مواسم الجفاف وهذه الظاهرة تسمى تقبب التربة تحت المنشأ. أما في مواسم الأمطار فإن أطراف المنشأ ترتفع بالنسبة لوسطه ويحدث ما يسمى تقعر التربة.

ويسمى هذا التمدد للتربة حول محيط المنشأ بالتمدد الموسمي ويحدث تأثير مماثل على مستوى الرطوبة بالتربة نتيجة لوجود أي تسرب من مواسير المياه أو الصرف الصحي في جانب من جوانب المنشأ. ويسمى التمدد الناتج عن ذلك في التربة بالتمدد العام .

#### ❖ الكشف عن وجود تربة انتفاخية بموقع الإنشاء:

الشك في وجود تربة انتفاخية قد يأتي بعد ملاحظة مظهر التربة وسلوكها بعد الغمر وقد يوجد هذا الشك أيضاً لمجرد وجود الموقع في منطقة عرف عنها أن تربتها انتفاخية. وهناك عدة ظواهر لو وجدت في تربة ما لأمكن التأكد من أنها تربة انتفاخية وهذه الظواهر هي:

- أ- عندما تكون التربة الطينية رخوة كالبودرة وتبدو كالفشار وهي جافة .
  - ب- عندما تلتصق التربة بالأصابع بشدة وهي مبتلة.
  - ج- عندما تظهر التربة لونه عالية وتكون ضعيفة وهي مبتلة ولكنها تكون صلبة كالصخر وهي جافة.
- عند الحكم مبدئياً بأن التربة انتفاخية يجب عمل الاختبارات المعملية الخاصة لإعطاء تقييم أكثر دقة لمدى انتفاخية التربة.

## مشروع التخرج-2006-2007م

وتعتبر ارتفاع علامة اللدونة ( plasticity index ) هي المؤشر الأول للحكم على مدى انتفاخية التربة وبالإضافة إلى وجود نسبة يعتد بها للمكون الطيني وهى الحبيبات التي يقل قطرها عن 2 ميكرون.

يحكم على مدى انتفاخية التربة بدلالة كل من علامة اللدونة ( P.I ) ونسبة المكون الطيني بالعينة وهذان يتم تعيينهما معمليا.

وقد عكست الخبرة تأثير علامة اللدونة ( P.I ) على مدى الانتفاخية كالموضح بالجدول (1).

ويجب ملاحظة أن علامة اللدونة هي مؤشر فقط ولكن هناك عوامل أخرى تحدد مدى قابلية التربة للانتفاخ مثل البناء التركيبي للتربة وكذلك عمق الطبقة الانتفاخية والذي يؤثر على مدى الحركة على سطح الأرض.

قبل اختيار نوع الأساسات يجب الأخذ في الاعتبار أيضا التركيب الجيولوجي للموقع وكذلك تأثير المياه الجوفية. وهناك العديد من التجارب العملية التي تتيح حساب قيمة التمدد التي يتعرض لها موقع معين. وهذه التجارب لا غنى عنها في حالة تشييد المنشآت الكبرى الهامة.

جدول (1) علامة اللدونة (Plasticity Index)	
مدى علامة اللدونة ( P.I )	مدى انتفاخية التربة ( EXPANSIVITY )
صفر - 14 %	قابلية صغيرة للانتفاخ NONCRITICAL
14 - 25 %	انتفاخية متوسطة MARGINAL
25 - 40 %	انتفاخية كبيرة CRITICAL
أكبر من 40 %	انتفاخية كبيرة جدا HIGHLY CRITICAL

### معالجة وتقليل الأضرار الناتجة عن التربة الانتفاخية:

هذه التقنيات من الممكن الاستغناء عنها في حالة التمكن من تغيير الموقع المرشح للإنشاء بموقع آخر ولكن عند تعذر تغيير الموقع فأنه ينتقى من هذه التقنيات ما يناسب الموقع المرشح، وهذه التقنيات هي كالتالي:

#### 1. عزل المنشأ عن التربة الانتفاخية:

هنا يتم عزل المنشأ وحجبه عن تأثير الاجهادات الناتجة عن تمدد وانكماش التربة المحيطة . ويتم ذلك الإحلال سواء الكلى أو الجزئي للتربة.

فإذا كان سمك الطبقة الانتفاخية صغيرا فيمكن عندئذ حفرها وأزالتها واستبدالها بردم غير تمددي بينما لو كانت الطبقة الانتفاخية عميقة فيتم حفرها بعمق كاف ثم يعاد ملئها بردم غير تمددي مع مراعاة السرعة في الردم لتفادى جفاف التربة العميقة.

والتربة الانتفاخية قد تسبب أيضا اجهادات أفقية وذلك إذا حصرت ما بين إنشاءات راسية مثل حوائط لبدر ومات أو الحوائط الساندة. عند بناء حائط ساند كبير ليسند تربة انتفاخية يتم حفر وإزالة التربة خلف الحوائط ثم إحلالها بتربة غير تمددية مع استعمال طبقة غير منفذة للمياه حول الردم وذلك لتفادى تغيير المحتوى الرطوبى لتربة الردم.

#### 2. تصميم الأساسات الخازوقية أو الأعمدة الأسطوانية للمنشأ التي تصل إلى الطبقة

##### غير التمددية:

عندما يكون الحفر والإحلال غير ممكنا فمن الممكن حل المنشأ على أعمدة أسطوانية تصل إلى الطبقة غير التمددية وذلك لعزل المنشأ عن تأثير الحركة غير المتساوية والأعمدة الأسطوانية نفسها تغطى بغلاف أسطواني من الفايبر وهذه الأعمدة أفضل من استعمال الخوازيق وذلك لتفادى الرفع والاهتزازات المصاحبة لدق الخوازيق.

و يجب مراعاة أن القوى الرافعة التي تبذلها التربة الانتفاخية على هذه الأعمدة والخوازيق عند حدها الأقصى لا تتعدى أحمال هذه الأعمدة أو الخوازيق.

### ثانياً:- التربة القابلة للانهييار:

تشمل هذه التربة الكثبان الرملية ، و التربة الرملية المتماسكة و التربة الرملية السائبة . توجد هذه التربة أساساً في البيئة الصحراوية حيث توجد مواد لاحمة من الجبس و كربونات الكالسيوم و أكسيد الحديد و المواد الطينية بين الحبيبات بحيث تعطي التكوين صلابة في الحالة الجافة مع تعرض التكوين للانهييار بمجرد إضافة المياه ولاسيما عند زيادة الجهد على التربة . إذا زادت الانهييارية ، محددة من تجارب الأيدوميتر ، عن 10 % فقد يسبب التأسيس على هذه التربة مشاكل خطيرة . للتأسيس على هذه التربة يمكن إزالة التربة حتى عمق معين ثم ردم و دمك ناتج الحفر عند نسبة رطوبة أعلى من النسبة المثلى ثم إستعمال أساسات ضحلة و يمكن في حالات مختلفة تكثيف التربة بدون ازالته أو إستبدال التربة بتربة إحلال مختلفة لعمق معين.

إن استخدام الأساسات الحصىرية مفضل في هذه النوعية من التربة عن الأساسات المنفصلة لتقليل الإجهادات و لمقاومة فروق الهبوط الناشئة عن احتمال حدوث انهيار محلي للتربة.

### ثالثاً:- التربة الطينية اللينة:

تتميز هذه التربة بقابليتها العالية للانضغاط مما يسبب هبوط كبير للمنشآت قد يستمر لفترات زمنية طويلة. و تحتوي هذه التربة على نسبة عالية من المواد العضوية.

### رابعاً:- الرمل القابل للإسالة:

هو رمل ناعم الحبيبات ذو تركيب سائب و موجود تحت منسوب المياه الارضية. عند تعرض هذه التربة للقلقلة أو الاهتزاز نتيجة الزلازل أو أحمال ديناميكية فإنها تفقد مقاومتها للقصر ممايسبب انهيار المباني المرتكزة عليها. فيجب تكثيف هذا الرمل لعمق معين.

### **5-1-2- الشروخ نتيجة لهبوط التربة وفروق الهبوط النسبية للأساسات:**

يصاحب الهبوط معظم أنواع الأساسات سواء كانت تلك الأساسات سطحية أو عميقة. و هبوط الأساسات ينتج عن تضاعط التربة الحاملة للأساس.

ويمكن شرح عملية الهبوط بتشكل التربة رأسياً بسبب الإجهادات المنقولة إلى الطبقات المتتالية من الأساس . وتبعاً لشكل وحجم الأساس وكثافة الأجهادات عند منسوب الأساس

وكذلك وزن التربة المزالة فإن الإجهادات السارية في عمق التربة تعطي توزيعاً وحيداً محدداً عند كل منسوب ويتسبب ذلك في هبوط محدد في كل طبقة تحتية وينتج عن إضافة الهبوط الحادث لكل طبقة أن يحدث هبوطاً عند منسوب الأساس محدد الشكل والمقدار وحيث أن التربة لا تستجيب بنفس الطريقة للإجهادات ذات النسبة المختلفة بين قيمتها العظمى والصغرى كذلك لكونها ليست مرنة تماماً وأيضاً لكونها غير متماثلة الخواص وغالباً غير متجانسة فإن التقدير الدقيق للهبوط عادة ما يكون دالة في الزمن لكون التربة مادة متعددة الحالات وأن لها خاصية الزحف تحت الأحمال الثابتة.

في التطبيق العملي تتواجد عدة طرق لتقدير الهبوط. تختلف تلك الطرق اختلافاً بيناً حيث يعتمد استخدام أي من تلك الطرق على نوع التربة المضغوط حيث لا تصلح الطرق المتبعة لحساب الهبوط في التربة الطينية المشبعة عند حساب الهبوط في تربة رملية. وكذلك درجة الدقة المتوخاة وأهمية المشروع وحساسية المنشأ للهبوط تؤثر كثيراً في اختيار الطريقة المناسبة. وأيضاً تلعب خبرة المهندس دوراً كبيراً في اختيار الطريقة المناسبة لحساب الهبوط للمشروع المدروس .

والهبوط يمثل دائماً مشكلة للمهندس حيث إن الهبوط الغير متوقع مسبقاً يحدث في الغالب تلفاً شديداً في المنشأ خاصة إذا ما كان هذا المنشأ غير محدد إستاتيكيّاً ففي تلك الحالة قد يتسبب هذا الهبوط في زيادة الإجهادات في أجزاء من المنشأ زيادة كبيرة تؤدي إلى تصدع أجزاء من المنشأ أو قد تؤدي إلى انهيار المنشأ تماماً خاصة إذا ما تسبب هذا الهبوط في تغيير نوع الإجهادات عند نقط من المنشأ إذا ما كان هذا المنشأ مشيد من الخرسانة المسلحة حيث يتسبب ذلك في تبديل جوانب الشد والضغط وتكون النتيجة ألا يستطيع القطاع الخرساني مقاومة إجهادات الشد وانهياره . وعلاوة على التصدعات المحتملة من الهبوط المتفاوت فإن المنشأ المائل يفقد ثقة الناس في استخدامه ويمكن أن يصبح استخدامه متعذراً. كما أن الهبوط الكبير يغير من مناسيب المداخل والفتحات مما يسبب من فقدان الكثير من وظائفه المعمارية.

نظراً للتأثير غير المرغوب فيه من الهبوط غير المتساوي فإن قدرة تحمل التربة قد تحدد من اعتبارات تتعلق بالحد من الهبوط وليس من اعتبارات تتعلق بمقاومة التربة للقص. و يكون الهبوط هو الحاكم إذا ما تواجدت طبقات سميكة من التربة القابلة للانضغاط

## مشروع التخرج-2006-2007م

(طين لين أو طمي منضغط ) أسفل طبقة التأسيس .وعلى ذلك فيجب تقدير الهبوط بالتوازي مع حسابات تقدير قدرة تحمل التربة واختبار الحمل المأمون بالنسبة للهبوط أو انهيار القص أيهما أكثر خطورة.

وحيث أن قدرة تحمل القواعد تتناسب طردياً مع حجم القاعدة وحيث أن الهبوط يتناسب مع حجم القاعدة فان المشكلة لا يمكن التنبؤ بنتيجتها مسبقاً ويلزم عمل دراسات دقيقة ونتيجة الدراسة عادة ما تعطى قدرة تحمل لكل قاعدة على حدة إذا ما طلب أن يكون الهبوط متفاوت متحكم فيه .يحدث هبوط الأساسات نتيجة لانتقال الأحمال إلى التربة و عموماً لا يسبب الهبوط المتساوي للأساسات إي أضرار بالمنشأ فيما يتعلق بسلامته حيث لا ينتج عنه أي شروخ أو تصدعات بالمبنى.أما إذا كان الهبوط المتساوي كبيراً فقد يؤثر ذلك علي سلامة و صلات المياه والمجاري وكفاءة أداء المنشأ في وظيفته.

جدول (2) أقصى هبوط كلي مسموح به للأساسات الضحلة

نوع الأساس	نوع التربة	أقصى هبوط (مم)
قواعد منفصلة	متماسكة (طينية)	70
قواعد منفصلة	غير متماسكة(رملية)	50
لبشة	متماسكة	150
لبشة	غير متماسكة	100

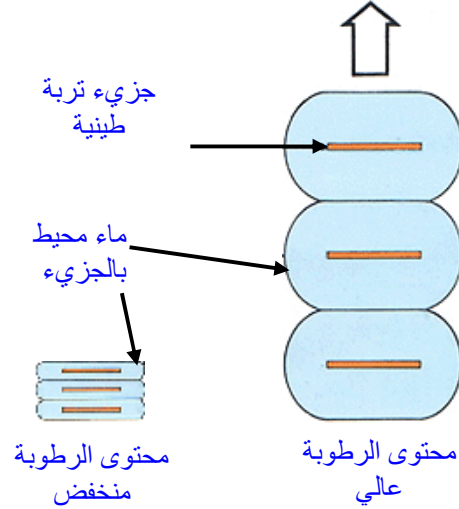


جدول (3) الهبوط المتفاوت المسموح به للمنشآت

الهبوط بدلالة ظل زاوية الدوران	تصنيف الحالة
750 : 1	الحد المتوقع عنده مشاكل للماكينات الحساسة للهبوط المتفاوت
600 : 1	الحد المتوقع عنده حدوث شروخ كبيره في الإطارات من الخرسانة المسلحة الغير محدد إستاتيكيًا بدرجة كبيرة.
500 : 1	الحد المطلوب للمنشآت المراد خلوها من أية شروخ على وجه العموم
300 : 1	الحد المتوقع عنده حدوث شروخ بالحوائط في المباني الهيكلية.
250 : 1	الحد الذي يمكن عنده ملاحظة ميل المباني العالية بالعين المجردة.
150 : 1	الحد المتوقع عنده حدوث شروخ كبيرة في حوائط المباني الهيكلية.
100 : 1	الحد المتوقع عنده حدوث شروخ في الحوائط الحاملة من الطوب أو الحجر (نسبة ارتفاع الحائط إلى طوله أقل من 25 %). الحد الذي يحدث عنده إضرار في هيكل المنشأ.

فيما يلي بعض الاعتبارات الهامة ذات الصلة بهبوط التربة :-

### 1- انكماش وانتفاخ التربة:



شكل (2) انكماش التربة الجافة و انتفاخها في حالة الرطوبة.

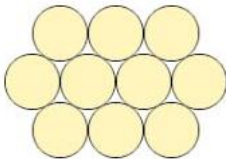
عندما يزال الماء الداخلي من التربة نتيجة الجفاف أو الأشجار والنباتات ، فإنها تنكمش وعندما تغمر بالماء - نتيجة كسر ماسورة أو تسرب المياه والأمطار الغزيرة - فإنها تنتفخ ويزيد حجمها ، وهذه الحركة أكثر وضوحاً في التربة المتماسكة ( الطينية ) من التربة

غير المتماسكة ( الرمل ) والانكماش عادة ما يكون مصحوباً بزيادة في القدرة على مقاومة الأحمال ، ولكن حركة الانكماش والانتفاخ تؤدي إلى تصدعات و خاصة في المباني الطويلة قليلة الارتفاع .

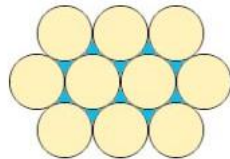
### 2- التضاضط:

عندما يزداد الضغط الخارجي على التربة نتيجة أحمال المبنى مثلاً - فإن هذا الضغط يدفع الماء من بين الحبيبات كما يدفع حبيبات التربة إلى التقارب والتلامس ، هذا التضاضط يسبب هبوطاً في التربة يكون كبيراً وسريعاً في حالة التربة الرملية ويكون قليلاً ويستغرق وقتاً طويلاً في حالة التربة الطينية (قد يستمر عدة سنوات ) ، وإذا أنقصت الأحمال على التربة - نتيجة الحفر مثلاً فإن عملية التضاضط هذه ستعكس ، وعادة ما تحدث الظاهرتان معاً أثناء الإنشاء .

تربة رملية جافة



تربة رملية مبتلة



فعند وجود بدروم في المبنى يؤدي حفر التربة لمنسوب 4 أو 5 أمتار تحت سطحها الأصلي إلى انتفاخها ثم يبدأ التضاضط مع البناء وزيادة الأحمال.

شكل (3) تربة رملية لا تنتفخ في وجود الماء.

وعدم أخذ هذه الحركة في الاعتبار - بالنسبة للطين بالذات - قد يؤدي إلى تصدعات سواء أثناء الإنشاء (نتيجة الانتفاخ) أو بعد انتهاء التشطيب نتيجة التضغوط.

### 3- الهبوط الكلي الزائد:

في حالة الأساسات السطحية تصمم القواعد بحساب المساحة بحيث يكون الضغط على التربة متساوية تحتها ،ولكن هل أخذ المصمم في اعتباره انه في حالة نفس الضغط تحت القواعد فإن هبوط قاعدة كبيرة المساحة أو لبشة يكون اكبر من هبوط قاعدة صغيرة المساحة ، ولذا ففي حالة تباين أحمال الأعمدة تبايناً كبيراً فإن هذا التصميم سيؤدي إلى حدوث فروق هبوط بين القواعد الكبيرة والصغيرة .

أما الأساسات العميقة فيعتقد كثير من المهندسين أنها لا تهبط ، وهذا ليس صحيحاً إلا إذا كانت مرتكزة على الصخر ، أما خوازيق الارتكاز على الرمل فتهبط ، ويحدث أغلب الهبوط أثناء الإنشاء و لا يؤدي إلى تصدعات ،ولكن خوازيق الاحتكاك يحدث لها هبوط على فترة أكبر من الوقت وقد يسبب هذا الهبوط مشاكل ، كما أن هبوط مجموعة من الخوازيق في التربة الطينية يكون أكبر من هبوط الخازوق الواحد ومقاومتها للأحمال أقل من مجموع مقاومة كل خوازيق المجموعة .

### **5-1-3- الهبوط نتيجة عدم الاتزان :**

يحدث هبوط تحت بعض الأساسات نتيجة عدم اتزان موجود في أعماق التربة و أسباب عدم الاتزان قد تكون جيولوجية أو اصطناعية أو هما معاً، فالتربة الطينية في المواقع ذات الميل من المحتمل أن تتحرك هابطة مع الميل ببطء إذا زادت درجة الميل عن 10/1، ويحدث هبوط أشد في حالة تساقط الجليد أو وجود جرف قريب .

وفي حالة التربة الجيرية و الحجر الجيري تسبب الفجوات الموجودة في هذه التربة مشاكل في حالة ذوبان المواد المائلة لهذه الفجوات، وقد تكون هذه الفجوات بحجم كبير (كهوف)، أو تكون أنفاق صرف قديمة.

#### 5-1-4- الهبوط نتيجة أعمال التعدين :

في المناطق المجاورة للمناجم قد يحدث انهيار أو هبوط كبير في الأساسات نتيجة الهبوط الجوفي المجاور لأعمال حفر المناجم ، وهذا يؤدي إلى ميل للمبنى في اتجاه الهبوط الجوفي ، ولكي يستطيع المنشأ مقاومة القوى الأفقية والرأسية التي تحدث أثناء هذا الهبوط الجوفي فإن أساساته إما أن تكون جاسئة للغاية أو مرنة للغاية.

#### 5-1-5- فروق الهبوط (الهبوط النسبي المتفاوت):

إن فروق الهبوط أشد تأثيراً على التصدعات من الهبوط نفسه - حتى وإن كان كبيراً وتحدث فروق الهبوط نتيجة العديد من العوامل المرتبطة بالتربة أو المرتبطة بالظروف المحيطة بالمبنى منها:-

- التغير في خواص التربة تحت المنشأ في الاتجاه الطولي.
  - التغير في زمن إنشاء الأجزاء المختلفة من المبنى .
  - إنشاء مبنى عالي بجوار مبنى قديم.
  - التغير في قيم الأحمال و عدم انتظامه كما افترض المصمم.
  - البري والتعرية نتيجة المياه المتسربة من مواسير المياه أو الصرف و خاصة في التربة الرملية.
  - هروب حبيبات التربة بسبب نزح المياه الخاطئ .
  - تغير محتوى الرطوبة أو درجة الحرارة في ناحية من المبنى.
  - إنشاء الأنفاق أو أعمال التعدين والمناجم المجاورة.
  - تأثير الأشجار القريبة على انكماش التربة .
  - الحفر المجاور بدون سند سليم لجوانب الحفر .
  - الاهتزازات نتيجة الماكينات أو دق الخوازيق.
- و تبين الكر و كيات الموضحة بالشكل (4-8) أمثلة لفروق الهبوط المحتملة نتيجة للعوامل السابق سردها.

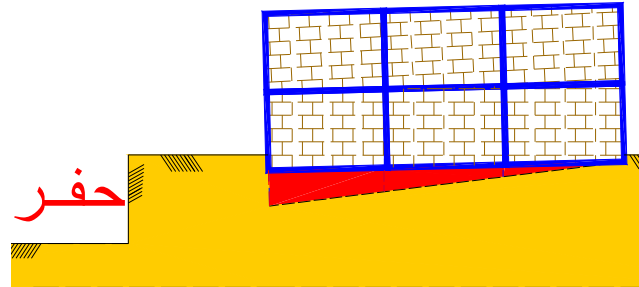
## مشروع التخرج-2006-2007م

ومن أهم الشروخ الإنشائية في المنشآت هي الناشئة نتيجة لهبوط التربة مصحوباً بفروق للهبوط النسبي للأساسات الخاصة بالمنشأ إلى الحد الذي يسبب تشرخاً واضحاً في الأجزاء الإنشائية أو الأجزاء المعمارية أو كليهما معاً.

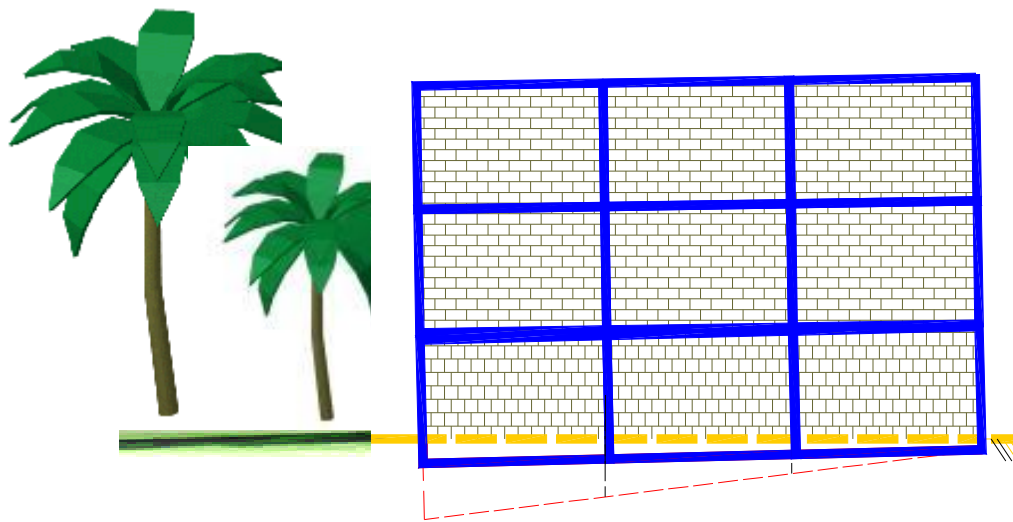
أن تحديد قيمة الهبوط الذي يتسبب في حدوث تشريح في العناصر المعمارية أو الإنشائية المكونة للمنشأ هي مشكلة معقدة حسابياً نظراً لأنها تتأثر بعوامل كثيرة منها :-

- 1- نوع وحجم و طبيعة المنشأة ونوع الأساسات.
- 2- خواص مواد الإنشاء (طوب ، خرسانة عادية ، خرسانة مسلحة ..... الخ).
- 3- خواص التربة من حيث معدل ومدى انتظام الهبوط تحت الأساسات و قابلية التربة للانضغاط.
- 4- النسبة بين جساءة الانحناء و جساءة القص للمنشأ .
- 5- النسبة بين جساءة المنشأ وجساءة التربة تحت الأساسات .

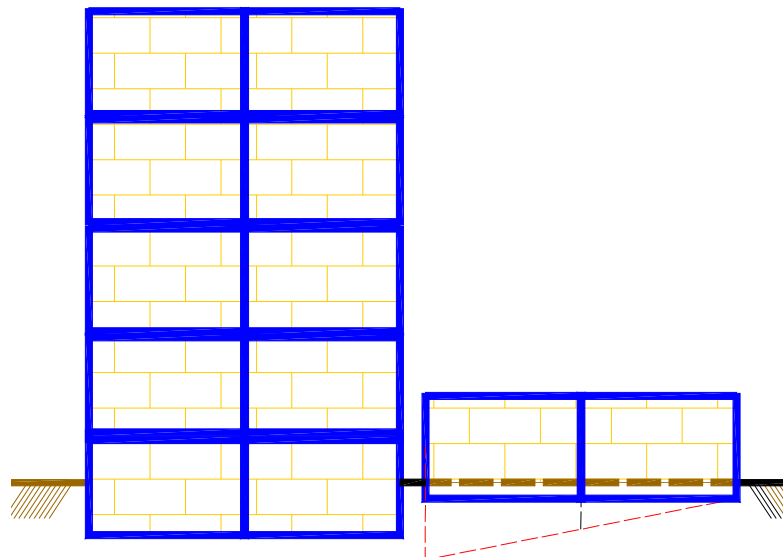
كروكيات توضح أهم الأسباب التي تؤدي إلى هبوط متفاوت في الأساسات



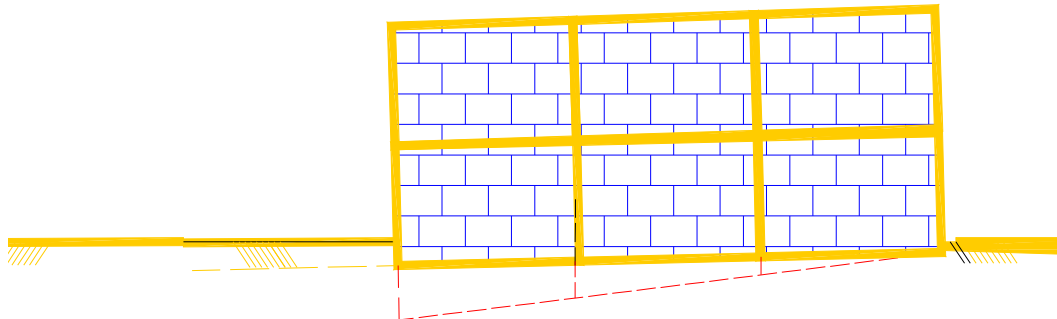
شكل (4) حفر بجوار مبنى



شكل (5) أشجار بجوار مبنى

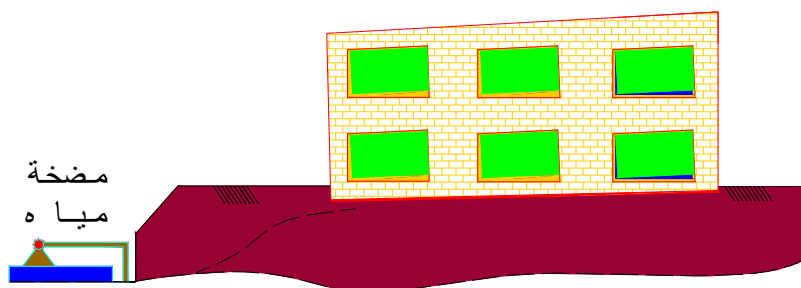


شكل (6) بناء مبنى عالي بجوار مبنى صغير



نفق

شكل (7) حفر نفق بجوار مبنى



شكل (8) نزع مياه بجوار مبني

## الفصل الثاني

### ترميم وتقوية الأساسات

علاج و ترميم و تقوية الأساسات يشمل احد أو بعض الحلول التالية حسب دراسة الحالة:

#### 1-علاج صدأ حديد التسليح بالأساسات:

- لوقف زيادة صدأ الحديد و علاجه يتم بإزالة الجزء المتاح من الغطاء الخرساني و صنفرتة جيداً بالفرشاة السلك أو المركبة على جهاز مدفع الرمل ( Sand blast ) ثم يتم دهان الحديد بعد تنظيفه بدهان مانع للصدأ.

- يتم عمل طرشرة بمونة أسمنتية غنية بالاسمنت حوالي 400 كجم / م<sup>3</sup> رمل أو دهان سطح الخرسانة بمادة إيبوكسية لاصقة ثم يتم عمل الغطاء الخرساني بالمونة الإيبوكسية.

- يتم عزل و دهان أسطح الخرسانات بالبيتومين الساخن و المؤكسد ثلاثة أوجه أو بأحد طرق العزل المعروفة.

#### 2- إصلاح الشروخ الخرسانية بالأساسات:

تنشأ الشروخ في الأساسات نتيجة لحدوث هبوط متفاوت و ذلك نتيجة الأحمال الواقعة على المنشأ أو أي خطأ في التأسيس على تربة غير متجانسة أو سحب مياه بشدة من تحت الأساسات فيتسبب في خلخلة التربة أو حدوث حفر عميق بجوار المبنى أو أحد الأسباب السابقة الذكر يتم العلاج كالآتي:

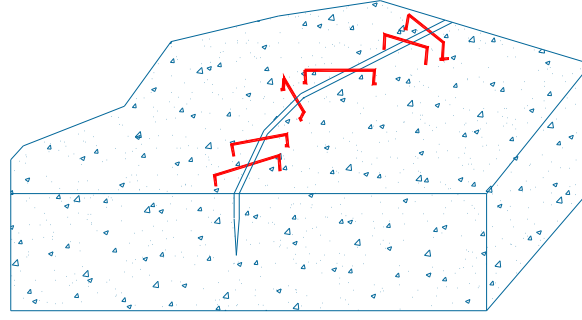
- أولاً يتم علاج الصدأ كما هو مذكور سابقاً، ثم يتم إزالة الأجزاء الضعيفة و توسيع الشروخ بقدر الإمكان على شكل حرف (V) بعمق مناسب ثم التنظيف بالهواء المضغوط مع ملئ هذه الشروخ بالمونة الغير قابلة للانكماش أو الإيبوكسية مع التأكد من وصول هذه المونة إلى عمق الشروخ.



## مشروع التخرج-2006-2007م

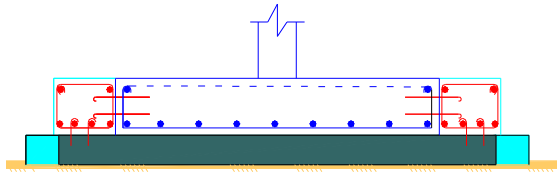
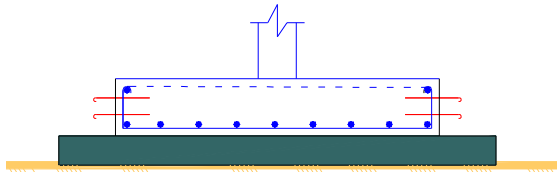
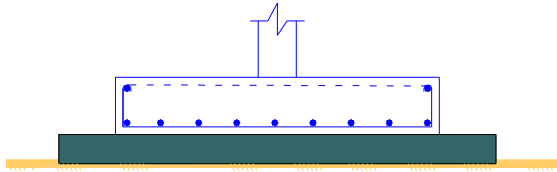
- إذا كانت الشروخ رفيعة و ضيقة فتعالج بالنظافة بالهواء المضغوط ثم يتم ضخ الإيبوكسي بالطرق السابقة الذكر ثم يتم عزل القاعدة عزلا جيدا.

- إذا كانت الشروخ لاتزال فعالة، فيمكن وقفها بواسطة أهواك فولاذية كما هو موضح في الشكل(1).



شكل (1) وقف الشروخ الفعالة بأهواك فولاذية.

**3- تقوية القواعد المنفصلة بزيادة مساحة التحميل على الأرض أو بزيادة الارتفاع مع ربطها بشدادات أو ميدات جاسئة في منسوبها:**



شكل (2) تقوية القواعد المنفصلة.

يتم تقوية الأساسات المنفصلة عن طريق زيادة أبعاد القواعد الخرسانية العادية و المسلحة و زيادة حديد التسليح كما هو موضح في الشكل (2). و تتم بتتابع الخطوات الآتية:

1- يتم الحفر حول القواعد حتى منسوب التأسيس للقواعد الحالية.

2- يتم دمك التربة جيدا حول القواعد العادية و بالعرض والأبعاد المستجدة حسب التصميم الجديد.

## مشروع التخرج-2006-2007م

- 3- يتم زنبرة و تنظيف أسطح القواعد الخرسانية العادية جيدا .
- 4- يتم زرع أشاير في جميع جوانب القواعد العادية بقطر 13 مم و عمق 10 سم وعلى مسافات من 30 -40 سم في الاتجاهين.
- 5- يتم دهان كامل أسطح القواعد العادية بمادة إيبوكسية.
- 6- يتم صب الزيادة المرغوبة في أبعاد الخرسانة العادية وذلك قبل جفاف مادة الإيبوكسي ( في حدود ساعة من الدهان ) مع مراعاة إضافة مادة أدي كريت بي . في . إلى الخرسانة بمعدل 3كجم/م<sup>3</sup> .
- 7- يتم زنبرة تنظيف الأسطح الجانبية والعلوية للقواعد الخرسانية المسلحة .
- 8- يتم زرع أشاير بقطر 13 مم وبعمق 10 سم وعلى مسافات 25 - 30 سم في الاتجاهين وأعلى القواعد الخرسانية المسلحة .
- 9- يتم تركيب حديد التسليح المستجد بالقطر والعدد المحدد في التصميم ويتم تربيطه مع الأشاير عن طريق سلك الرباط مع عمل وترك وتركيب أشاير في السطح العلوي للقميص الممكن عمله للعمود .
- 10- يتم دهان كامل سطح القواعد الخرسانية المسلحة بالمادة الإيبوكسية.
- 11- يتم صب القميص الخرساني للحديد للقواعد المسلحة(وذلك قبل جفاف المادة الإيبوكسية) وذلك باستخدام خرسانة ذات محتوى أسمنتي 400 كجم/م<sup>3</sup> + 0.8 م<sup>3</sup> زلط + 0.4 م<sup>3</sup> رمل خشن مع أقل كمية ممكنة من المياه واستخدام إضافة مانعة للانكماش مثل مادة أدي كريت بي . في . إف.
- 4- تقوية القواعد المنفصلة بتحويلها إلى قواعد شريطية أو لبشة مسلحة:
- في بعض الأحيان يمكن تقوية القواعد المنفصلة بتحويلها إلى قواعد شريطية أو لبشة مسلحة مستمرة وذلك كالآتي :-

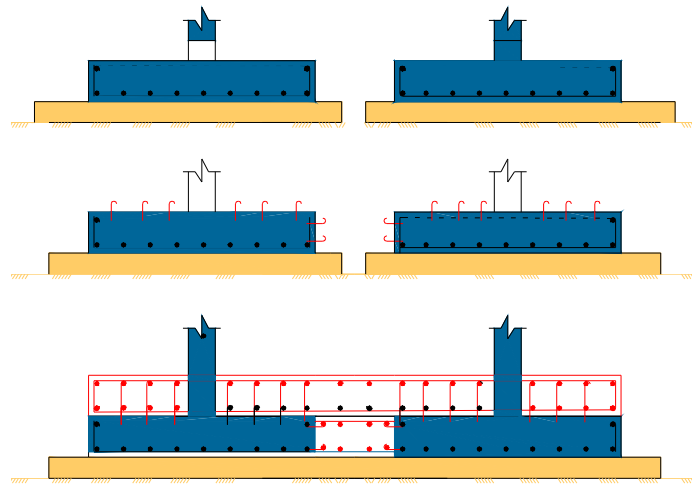
## مشروع التخرج-2006-2007م

أ- يتم الحفر حول القواعد العادية القديمة مع تكسير أطرافها وجوانبها لعمل ميول فيها وذلك بغرض زيادة سطح التماسك بينها وبين الخرسانة العادية الجديدة التي سوف يتم صبها.

ب- يتم عمل ثقوب في الخرسانة العادية لتثبيت أشاير بها كل 30-50سم وبقطر 13 مم وذلك بمونة إيبوكسي مع تنظيف الأسطح جيدا بالهواء المضغوط أو بمدفع الرمل.

ج- يتم عمل طرشرة بمونة غنية بالأسمنت مع مادة رابطة للأسطح الخرسانية العادية الجديدة بالأبعاد والسماعات المطلوبة وذلك بمحتوى لا يقل عن 300كجم أسمنت +0.8م3 زلط +0.4م3 رمل خشن مع أقل كمية مياه ممكنة و استخدام الهزازات الميكانيكية.

د- يتم زرع أشاير بالقواعد المسلحة بجوانبها وسطحها العلوي كما هو موضح في الشكل (3)، على أن تكون هذه الأشاير ذات جنشات لتربيط التسليح الجديد للقواعد الشريطية أو أللبشة الجديدة ، على أن يتم تثبيت هذه الأشاير بقطر 13مم في كل 25-40 سم على جوانب وأسطح القواعد وذلك بمونة إيبوكسية، مع ضرورة مراعاة تخريم الأعمدة في الضلع الأصغر منها لتمرير الحديد الجديد للطبقة العليا في هذه الخروم مع زنبرة وتخشين سطح تلامس القواعد القديمة و الأعمدة مع الخرسانة والقواعد الجديدة، هذا و يستحسن لحام الأشاير مع الحديد الجديد مع التنظيف الجيد .



شكل (3) تقوية القواعد المنفصلة بتحويلها الى لبشة.

هـ- يتم دهان أسطح الخرسانة القديمة المز نبرة و جوانب الأعمدة بمادة إيبوكسية لاصقة ثم يتم رص الحديد الجديد وصب الخرسانة الجديدة بالقطاعات المطلوبة بالتصميم قبل جفاف مادة الإيبوكسي في، حدود ساعة، باستخدام خرسانة ذات محتوى أسمنتي لا يقل عن 400 كجم/م<sup>3</sup> + 0.8 م<sup>3</sup> زلط + 0.4 م<sup>3</sup> رمل خشن مع أقل كمية ممكنة من المياه واستخدام الإضافات مثل مادة أدي كريت بي. في. أس و استخدام الهزازات الميكانيكية.

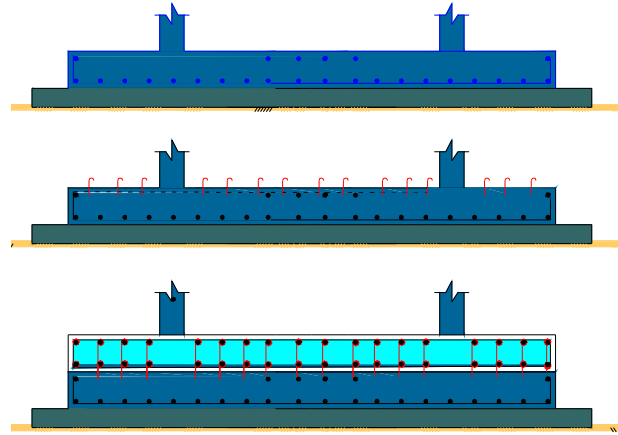
و- يتم معالجة الخرسانة جيدا مع ضرورة عزل و حماية أسطح الخرسانات بالبيتومين الساخن والمؤكسد ثلاثة أوجه بعد فترة المعالجة الملائمة التي لا تقل عن أسبوعين .

### ملحوظة:

يجب إضافة حديد تسليح علوي في منتصف البحور بين الأعمدة لمقاومة عزوم الانحناء السالبة الناشئة في القواعد الشريطية أو المستمرة .

### **5- تقوية الأساسات بزيادة ارتفاع و سمك اللبشة المسلحة:**

في بعض الحالات يتطلب الأمر ضرورة زيادة ارتفاع وسمك اللبشة المسلحة بغرض تعويض النقص الناشئ في مساحة حديد التسليح نتيجة صدأ حديد التسليح أو في حالة الرغبة في زيادة الأحمال على الأعمدة لزيادة أدوار بخلاف الأدوار التي تم التصميم عليها فإنه يمكن إضافة طبقة جديدة أعلى اللبشة المسلحة لزيادة العمق و ذلك بزرع أشاير على السطح العلوي للبشة القديمة بأقطار 13مم و بأبعاد 30-50سم وتثبيتها بمادة إيبوكسية مع زنبرة السطح العلوي للبشة و جوانب الأعمدة بالارتفاع الجديد للطبقة المطلوبة ثم يتم رص حديد التسليح الخاص بالطبقة الجديدة حسب التصميم المطلوب مع دهان سطح الخرسانة القديمة العلوي و جوانب الأعمدة بمادة إيبوكسية ثم يتم صب الخرسانة الجديدة بالعمق المطلوب وذلك من مونه ذات محتوى أسمنتي لا يقل عن 400 كجم/م<sup>3</sup> + 0.8 م<sup>3</sup> زلط + 0.4 م<sup>3</sup> رمل خشن مع أقل كمية مياه ممكنة واستخدام الإضافات مثل مادة أدي كريت بي. في. إس واستخدام الهزازات الميكانيكية مع معالجة الخرسانة و عزلها ودهانها طبقاً للأصول والاشتراطات الفنية كما هو مبين في الشكل (4).



شكل (4) تقوية القواعد بزيادة سمكها.

#### 6- تقوية الأساسات بإضافة بعض القواعد المسلحة زيادة:

في بعض الحالات يتطلب الأمر إضافة بعض الأعمدة و الركائز المستجدة التي تركز علي قواعد منفصلة أو مجمعة وذلك عند أماكن الكمرات ذات البحور الكبيرة أو عند تقاطع بعض الكمرات الحاملة للحوائط والتي توجد بها مشاكل ترخيمات كبيرة وتصدعات ملحوظة وذلك حلاً لهذه المشكلة.

مع ضرورة عمل الاحتياطات اللازمة للقوى الداخلية المستجدة في الكمرات المرتكزة على هذا العمود الجديد .

#### 7- تقوية الأساسات عن طريق حقن التربة:

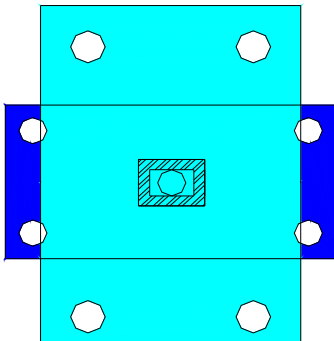
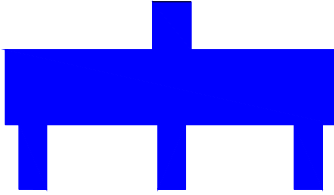
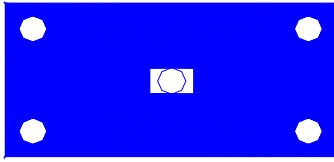
إن حقن التربة غالباً ما يستخدم في حالات نزح كبير للتربة تحت الأساسات، ولكن هذه الطريقة يمكن استخدامها أيضاً في تقوية التربة لزيادة قدرتها على تحمل الأحمال وذلك في حالات نادرة ، والسبب الرئيسي في هذا هو انه في حالة الإنشاء الجديد فإن زيادة مساحة الأساسات للوصول إلى الإجهاد المطلوب الذي تتحمله التربة أسفل الأساسات يكون عادة أقل تكلفة من زيادة قدرة التربة بحقنها ، كما أنه يكون أكثر ضماناً ، أما في حالة الرغبة

## مشروع التخرج-2006-2007م

في زيادة قدرة الأساسات القائمة علي تحمل أحمال جديدة فأن زيادة قدرة التربة بالحقن قد يكون أقل تكلفة من زيادة مساحة القاعدة أو إضافة قاعدة أكبر تحتها.

وفي حالة حقن التربة يجب أن يصل الحقن إلى عمق كافي تحت القاعدة الأصلية، بحيث يحقق انتشار الحمل لمنع حدوث إجهاد زائد أسفل الطبقة التي تم حقنها، فمثلاً في حالة قاعدة  $3.5 \times 3.58$  م فإن الحقن لعمق 1.75 متر (نصف أبعادها) يؤدي إلى أن يصبح الإجهاد على التربة أسفل الطبقة التي تم حقنها أقل من نصف الإجهاد تحت القاعدة الأصلية

هذا وهناك عدة اعتبارات يجب ضرورة مراعاتها عند اختبار طريقة الحقن منها:-



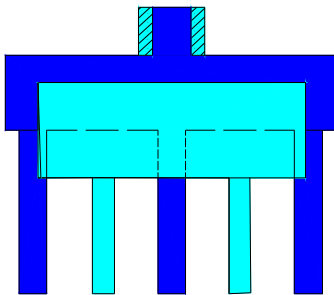
1- أن تكون التربة مسامية بدرجة كافية لتقليل عملية الحقن .

2- اعتبارات الهبوط الكلي حيث أن الهبوط دالة في الحمل الكلي وليس دالة في الإجهاد على التربة السطحية.

3- عمل الاحتياطات اللازمة في التأكد من عمليات الحقن تحت جميع القواعد و الأساسات القائمة بنفس الكفاءة.و من أشهر عمليات حقن التربة هو الحقن بالأسمنت بواسطة أجهزة الخلط الحاقنة والخاصة والتي يمكن تحريكها في مكان العمل وذلك عن طريق الهواء المضغوط.

### 8- تقوية الأساسات باستخدام الخوازيق:

في بعض الحالات يمكن تقوية الأساسات الخازوقية بعمل خوازيق جديدة بجوار الأساسات القائمة من الخوازيق مع ربطها بالأساسات القائمة أو بإضافة خوازيق جديدة للوسادات القائمة كما هو مبين بالشكل(5) مع مراعاة الاشتراطات التالية



شكل (5) تقوية الأساسات باستخدام الخوازيق.

1- يجب أن تكون الخوازيق الجديدة بنفس قطر الخوازيق القديمة ويجب أن تصل إلي عمق الخوازيق القديمة وإذا كانت

## مشروع التخرج-2006-2007م

المناعة ستصل قبل عمق الخوازيق القديمة فيجب ألا يزيد الفرق عن 15% ولتحاشي هذه الظاهرة فعند الدق يجب أن يدق خازوق ويترك الذي بجواره ثم يرجع إلى الخازوق الذي لم يدق وهكذا .

2- يجب عند عمل الوسائد أن يتم صب الجزء العلوي بطريقة الركام الموضوع مسبقا ثم يتم حقنه بالأسمنت ، والأفضل أن يعلو الجزء الظاهر من القاعدة الجديدة حتى يصل إلى 50 سم أعلى الجزء السفلي للقاعدة القديمة وذلك لضمان أن الخرسانة ستصل إلى أسفل القاعدة القديمة وذلك كما هو مبين بالشكل (5).

و يمكن تقوية الأساسات التقليدية ( القواعد المنفصلة ) وذلك بإهمال هذه القواعد وتنفيذ أساسات جديدة فوقها تتكون من لبشة مسلحة ترتكز على خوازيق منفذة بطريقة الحفر في الفراغات الموجودة بين هذه القواعد كما هو مبين بالشكل 5 ، ولتحقيق هذا الغرض بهدف زيادة عدد أدوار المنشأ المصمم على هذه القواعد يتم تصنيع معدات حفر خاصة (قليلة الارتفاع) حتى يمكن العمل بالدور الأرضي أو البدروم وذلك بحفر الخوازيق بالقطر المطلوب (من 30-40 سم) وعمل القفص الحديدي على أجزاء يتم وضع جزء ثم يتم لحامه وهكذا بداخل الحفرة ثم يتم بعد ذلك تنفيذ الخوازيق واحدا تلو الآخر بالعدد المطلوب وطبقا للتصميم مع ربط هذه الخوازيق بلبشة جاسئة من الخرسانة مع عمل وتخليق أشاير لقمصان الأعمدة من هذه اللبشة .

ويمكن تقوية الأساسات عن طريق استخدام ما يسمى بالخوازيق المايكرو وهي خوازيق ذات قطر حوالي 15 سم وسعة تحمل حوالي 20 طن وبطول يصل إلى 15 متر وهي مسلحة يتم تنفيذها بالحفر ويبين الشكل 5 كيفية تقوية أساسات وحوائط باستخدام هذه النوعية من الخوازيق المايكرو .

الباب السادس

الحركات الأرضية الزلزالية وأثرها في المنشآت الخرسانية

6-1- مقدمة:-

الفصل الاول:

6-1-2- ماهية الزلزال.

6-1-3- احجام الزلازل.

الفصل الثاني:

الحركات الأرضية الزلزالية وأثرها في المنشأ الخرساني الهيكلي

6-2-1- حركات رأسية إلى أعلى وإلى أسفل

6-2-2- حركات جانبية للامام وللخلف :

1. شروخ بالحوائط الحشو من المباني الهيكلية.

2. شروخ بالهيكل الخرساني.

3. شروخ في الأعمدة الخرسانية.

4. شروخ في الحوائط الحاملة الرئيسية.



## 6-1- مقدمة:-

تشهد الجمهورية اليمنية حالياً حركة نشطة في مجال البناء والتشييد باستخدام الخرسانة المسلحة والملبسة بمادة الحجر أو بالمواد الأسمنتية المختلفة أو باستخدام العناصر المعدنية(هناجر). كما بدأت ظاهرة التوسع الرأسي للمنشآت تزيد أكثر وأكثر خاصة في المدن الكبيرة مثل صنعاء وعدن والمكلا وتعز والحديدة وغيرها من المدن وهذه المنشآت ربما لم تصمم لمقاومة القوى الزلزالية وتؤكد المواصفات العالمية الهندسية على ضرورة الأخذ في الاعتبار تأثير القوى الزلزالية عند التصميم الإنشائي للمنشآت المختلفة.

تقع الجمهورية اليمنية على الحزام الزلزالي النشط للبحر الأحمر وخليج عدن الذي يتسع حوالي 2cm سنوياً وقد تعرضت عدد من المناطق اليمنية إلى زلازل مدمرة في الماضي كالذي حدث في مدينة مأرب عام 742 بعد الميلاد وكذلك في السنوات الأخيرة في مدينة ذمار عام 1982م وإلى قبل هذا التاريخ لا توجد خارطة رسمية معتمدة للمناطق الزلزالية في الجمهورية اليمنية تستخدم في التصميم الإنشائية المختلفة سوى الإنتاج العلمي للدكتور/حمود أحمد الظفيري أستاذ الخرسانة المسلحة بكلية الهندسة-جامعة صنعاء، وقد سميت هذه الخريطة باسمه(خارطة الظفيري).

تم جمع ما يمكن من معلومات في جانب الزلازل للجمهورية اليمنية وذلك للمناطق المؤهلة منذ عام 1900م حتى الآن وهي الفترة الزمنية التي تتوفر فيها تسجيلات بواسطة محطات رصد زلزالية عالمية وإقليمية يضاف إلى ذلك ما تحتويه السجلات التاريخية لما قبل 1900م والتي جمعت من مصادر مختلفة لأكثر من ألف عام والتي تتوافق مع معطيات ما رصد لاحقاً في القرن الماضي(1900-1999م).

بناء على المعلومات المشار إليها آنفاً والخاصة بالزلازل في اليمن وأيضاً المعلومات التي تم الحصول عليها من مركز الرصد الزلزالي بمدينة ذمار وبعد دراسة متأنية لتلك المعلومات ولفترة لا تقل عن خمس سنوات يرى الباحث أنه بالإمكان تقديم خارطة أولية للمناطق الزلزالية للجمهورية اليمنية تهدف إلى الوفاء بمتطلبات التصميم الإنشائية

## مشروع التخرج-2006-2007م

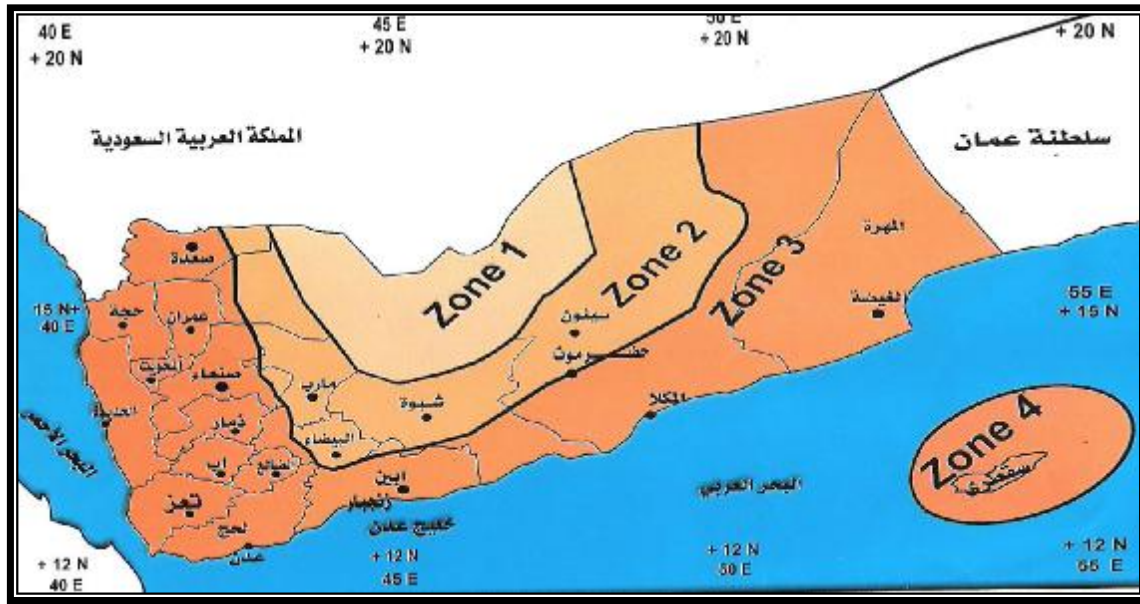
المختلفة لمقاومة قوى الزلازل وذلك عن طريق تقسيم الجمهورية اليمنية إلى أربع مناطق زلزالية كما هو مبين في الخارطة وكما يلي:

**المنطقة الأولى (zone 1)** منطقة غير معرضة للزلازل.

**المنطقة الثانية (zone 2)** منطقة زلزالية متوسطة.

**المنطقة الثالثة (zone 3)** منطقة زلزالية **قوية**.

**المنطقة الرابعة (zone 4)** منطقة زلزالية قوية جداً وهذا يخص فقط منطقة جزيرة سقطرة الواقعة في المحيط الهندي.



**خريطة الظفيري للمناطق الزلزالية في الجمهورية اليمنية**

## مشروع التخرج-2006-2007م

يوصي الباحث حالياً استخدام خارطة الظفيري الأولية للمناطق الزلزالية للجمهورية اليمنية في المعادلة التالية لحساب القوة العرضية المؤثرة عند منسوب ظهر الأساس وفي اتجاه المحورين الرئيسيين للمنشأ كلا على حده وتحسب هذه القوة من المعادلة التالية:

$$V=z.i.k.c.s.w$$

حيث:

<b>v:</b> قوة القص القاعدي	<b>z:</b> معامل زلزالية المنطقة	<b>i:</b> معامل الأهمية الوظيفية للمنشأ
<b>k:</b> معامل النظام الإنشائي للمنشأ	<b>c:</b> معامل نسبة التسارع الأرضي إلى التسارع الزلزالي	<b>s:</b> معامل التربة أسفل منسوب التأسيس
<b>w:</b> الوزن التصميمي للمنشأ		

جدول رقم (1): معامل زلزالية المنطقة (Z):

المنطقة الزلزالية	0	1	2	3	4
قيمة المعامل Z	0	0.1	0.2	0.3	0.4

جدول رقم (2) معامل الأهمية الوظيفية للمنشأة (I):

I	نوع المنشأ ووظيفة استخدامه
1.50	المنشآت التي تتطلب درجة أمان عالية والتي يجب أن تعمل بكفاءة عند حدوث الكوارث مثل المنشآت الصحية والإدارات العامة التي مهمتها تسيير عمل المؤسسات في الأوقات الحرجة.
1.25	المنشآت التي يسكنها أكثر من 300 شخص.
1.00	المنشآت الأخرى.

جدول رقم (3) معامل النظام الإنشائي للمنشأ (K):

K	نوع ووظيفة العناصر المقاومة للمنشأ
1.00	المنشآت غير المذكورة في هذا الجدول
1.0	المنشآت التي تحتوي على إطارات وجدران قص وفقاً للشروط التالية:
0.80	1- إذا كانت مقاومة الإطارات لا تقل عن 25% من مجمل الأحمال الأفقية
	2- إذا كانت مقاومة الإطارات لا تقل عن 50% من مجمل الأحمال الأفقية
1.33	المنشآت المنفذة من جدران خرسانية مسلحة حاملة أو تحتوي على جدران قص
2.50	خزانات المياه العالية المحمولة على أعمدة وما شابهها
2.00	المآذن، أبراج التلفزيون، المداخل... الخ

C: معامل نسبة التسارع الأرضي إلى التسارع الزلزالي ويحدد من المعادلة رقم (1) ويجب

عن 0.12 ثانية: ( 1 )  $C=1/15(T)^{1/2}$ .....

(2)  $T=0.1N$ .....

(3)  $T=0.09H/ (B)^{1/2}$ .....

$T$ =فترة الطبيعية الأساسية للمبنى بالثانية ويمكن الحصول عليها من المعادلة (2) أو (3):

❖ للمنشآت ذات الإطارات المقاومة للقوة العرضية الكلية

$N$ =عدد أدوار المنشأ شاملة أدوار البديروم.

❖ للمنشآت متعددة الأدوار ذات النظم الأخرى

$H$ =الارتفاع الكلي للمبنى فوق منسوب الأساس بالمتر.

$B$ =البعد الأفقي للمبنى بالمتر في اتجاه قوة الزلزال.

جدول رقم (4) معامل التربة أسفل منسوب التأسيس (S):

S	نوع وعمق التربة
1.00	<p>❖ صخر، تربة رملية كثيفة أو كثيفة جداً، تربة طينية شديدة التماسك ذات عمق أكبر من 15م.</p> <p>❖ تربة رملية متوسطة الكثافة، تربة طينية متماسكة أو متوسطة التماسك ذات عمق أقل من 15م.</p>
1.15	<p>❖ تربة رملية متوسطة الكثافة، تربة طينية متماسكة أو متوسطة التماسك، ذات عمق أكبر من 15م.</p> <p>❖ تربة رملية سائبة جداً، تربة طينية ضعيفة أو ضعيفة جداً بعمق أقل من 15م.</p>
1.30	<p>❖ تربة رملية سائبة أو سائبة جداً، تربة طينية ضعيفة أو ضعيفة جداً بعمق أكبر من 15م.</p>

**W:** الوزن التصميمي للمنشأ من الحمولات الدائمة مضافاً إليه 25% من الحمولات الحية بدون تخفيف.

❖ تجدر الإشارة أن هناك جداول متعددة بالمعاملات المشار إليها آنفاً في المواصفات العالمية والمراجع التعليمية المختلفة يمكن استخدامها بحذر في التصميم الإنشائي أما كيفية الحسابات التصميمية للمنشآت فيمكن العودة إلى المراجع التعليمية المعتبرة.

## الفصل الأول

### 6-1-1-: ما هيه الزلازل :

يمكن تعريف الزلازل ببساطه على انه تحرك قشور (ألواح وصفائح) الطبقات الارضيه وانزلاقها فوق بعضها البعض مما يحدث تصادم في ما بينها .ونتيجة هذا الانزلاق تحدث حركه علي سطح الأرض ونتيجة التصادم يحدث ذلك الصوت الرهيب والمزعج المصاحب للزلازل.والحركة التي تحدث علي سطح الأرض نتيجة الزلازل يمكن تقسيمها إلي الأنواع التالية مع شرح تأثير كل نوع من أنواع الحركة علي المنشأ الخراساني الهيكلي أي يكون من أعمدة وكمرات خراسانيه مصبوبة ( في نفس الوقت ).

تعريف الزلازل:- هو عبارة هزات أو صدمات نتيجة الحركة النسبية للصفحة في قشرة الأرض.

تعريف مركز الزلازل: Epicenter -على انه نقطه جغرافيه تقع علي سطح الأرض ويكون تأثير الزلازل بها متميز.

مساحة الزلازل:-هي المساحة الدائرية من سطح الأرض بنصف قطر Epicenter distance والتي يكون تأثير الزلازل متميز.

شدة الزلازل Intensity of an earthquake :-

تعرف بأنها مقياس لتأثير الزلازل ويعبر عنها أما باستخدام مقياس شدة الزلازل والذي يعكس الضرر والإحساس الناتج من الزلازل أو المقياس العشري Decimal scale.

مقدار الزلازل : Magnitude of earthquake :-

وهو مقياس للطاقة المنطلقة في زلزال ويعبر عنها بمقياس رختر .



منطقة الزلزال: Seismic Zone - هي المنطقة التي يفترض فيها إن أحمال الزلازل ذات قيمه واحدة.

ومنطقة الزلازل Seismic Region :-

هي مساحة من الأرض تم رصد شدة معينه من الزلازل فيها.

والخطوط الايزوسيزمية : Isoseismal Line :-

هي خطوط وهميه تحدد المناطق المتشابهة في شدة الزلازل وتأثيرها.

**2-1-6- أحجام الزلازل:-** يقاس حجم الزلازل بعدة مقاييس أشهرها مقياس ريختر ولا يعنينا في هذا المقام شرح الأسلوب العلمي للقياس بقدر ما يعنينا توضيح التدمير المقابل لكل درجه من درجات القياس وهو ما يبينه الجدول رقم (1) ويتضح من هذا الجدول إن الزلازل اصغر من 3 من مقياس رختر يصعب أن يحس بها احد من الناس وان الزلازل اكبر من 8 بمقياس رختر أعادنا الله تدمير المبني تدميرا شاملا .

مشروع التخرج - 2006-2007م

أحجام الزلازل حسب مقياس ريختر:-

درجاته بمقياس ريختر	السرعة الأفقية سم/ ثانية	آثار الزلازل
3	-----	لا يحس به احد إلا بعض الناس في ظروف خاصة جدا
3.5	3-2	يحس به بعض الناس فقط وخاصة الذين في الأدوار العليا وتهتز الأشياء المعلقة تعليق حراً
4	7-4	يحس به بوضوح داخل البيوت وخاصة في الأدوار العليا ولاكن كثير من الناس لا تعتقد من انه زلزال حيث يسبب اهتزازات كالتي يسببها المترو أو الترام .
5	30-15	يحس به الجميع ويستيقظ بعض النائمين وتسقط بعض صور الحائط وتنكسر بعض الأطباق وتحدث شروخ في البياض وتنقلب الأشياء غير المتزنة وتهتز الأشجار وأعمدة النور بوضوح ويتوقف بندول الساعة.
5.5	70-30	يحس به الجميع ويفزع البعض ويفرون إلى خارج المباني ويتحرك قطع الأثاث الثقيلة وتحدث شروخ في البياض وتتصدع المداخل والمباني الضعيفة التدمير للأبنية بسيط
6	150-70	الجميع يهرعون إلى خارج المباني التصدع بسيط في المباني ذات التصميم الجيد والتنفيذ السليم والتصدع بسيط إلى متوسط في المباني الطوب الجيدة والتصدع كبير في المباني الخرسانية السيئة أو المباني الطوب والحجر القديمة تنكسر بعض المداخل ويحس به قادة السيارات المتحركة.

مشروع التخرج - 2006-2007م

6.5	300-150	التصدع بسيط في المنشآت المقاومة للزلازل والتصدع واضح في المباني العادية مع انهيارات جزئية وتصدع كبير في المنشآت سينة التنفيذ أو المباني من الحوائط الحاملة وتنفصل باكية المباني عن الأعمدة والكمرات وتتحرك بعضها إلى الخارج . تسقط التماثيل والمآذن والمداخل والأسوار ، تنقلب قطع الأثاث الثقيلة ، يتغير منسوب مياه الآبار ، يزج السيارات المتحركة.
7	700-300	التصدع واضح في المنشآت المقاومة للزلازل والمنشآت الخرسانية ، تميل بشدة أو تنحني خارج مستوي الإطارات ، تصدع كبير في الحوائط الحاملة وانهيارات كثيرة في المنشآت سينة التنفيذ ، تنفصل بعض المباني عن أساساتها وتتشقق التربة بوضوح وتنكسر بعض الخوازيق
7.5	700 - 1500	اغلب المباني من الحوائط الحاملة تدمر وبعض المنشآت الخرسانية كذلك تدمر مع أساساتها وتشقق الأرض شقوق كبيرة وخطيرة وتنحني قطبان السكك الحديدية وتنزلق جوانب الأنهار والترع تتحرك التربة الرملية والطينية وتنكسر المواسير المدفونة تحت الأرض.
8	1500 - 3000	تنهار المباني من الحوائط الحاملة إلا قليلا وكثير من المباني الخرسانية وتقع الكباري وتحدث فواصل في الأرض تبتلع الناس والعربات وتنهار شبكات المياه والمجاري كلية ، وحدث انزلاقات في جوانب الأنهار والتربة اللينة وتنحني قطبان السكك الحديدية بحيث لا تعود صالحة .
8.5	3000 - 6000	التدمير شامل، موجات الزلازل ترى بوضوح على سطح الأرض خطوط الرؤية والأسطح المستوية تدمر تطير الأشياء الثقيلة في الهواء

## الفصل الثاني

### الحركات الأرضية الزلزالية وأثرها في المنشأ الخراساني الهيكلي

#### 6-2-1- حركات رأسية إلى أعلى وأسفل:-

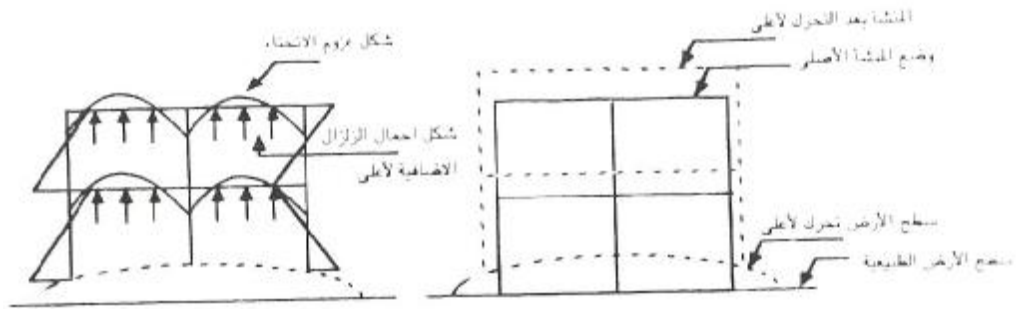
الشكل ( 1-1 ) يوضح لنا حدوث حركات لسطح الأرض إلى أسفل نتيجة هبوط التربة أو تضاعفها أو انكماشها نتيجة الزلزال.

الشكل ( 2-1 ) يوضح لنا شكل الأحمال الإضافية نتيجة حركة التربة لأسفل على الأعضاء الخرسانية ( الكمرات والبلاطات بصفه أساسيه ) وذلك مع افتراض انه هذا الحركات إلى أسفل حركات منتظمة ومتساوية على طول المنشأ ولا تسبب أي ميل جانبيه له وكذلك فإن الأحمال الإضافية تكون نتيجة قوة السحب لأسفل نتيجة الزلزال.

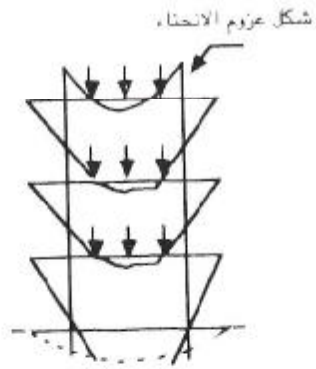
الشكل ( 3-1 ) يوضح لنا حدوث حركات لسطح الأرض إلى أعلى نتيجة فوران التربة أسفل المبنى نتيجة حدوث الزلزال.

الشكل ( 4-1 ) يوضح لنا الأحمال الراسية إلى أعلى نتيجة قوى الطرد لأعلى نتيجة لحركة الأرض إلى أعلى بسبب الزلزال ( قوى ضغط من أسفل إلى أعلى ) وهي تتمثل في شعور سكان المبنى. والجدير بالذكر أن المركبة الراسية لعجلة الزلازل لأعلى تزيد من الكثافة بينما تقل الكثافة إذا كانت المركبة إلى أسفل ( ولكن في الإشكال التوضيحية في هذا الفصل رسمنا العكس لتبسيط الموضوع وتسهيل عرضه ).

والحركات الراسية ذات خطورة محدودة على المنشأ الخراساني وغالبا ما يكون أثرها في حدود تحمل المبنى الخراساني أو أزيد قليلاً ولكنها عادتاً لا يسبب شروخ خطيرة ولكن يسبب تنميلات عادتاً في منتصف الكمرة من أعلى وأسفل أي شرخ أو تنميل (داير) حول قطاع الكمرة في منتصفها انظر الشكل ( 1-6 ). أو يسبب حدوث ترخيم deflection في بلاطه slab السقف نتيجة تعرضها للأحمال الإضافية سواء إلى أعلى أو إلى أسفل شكل ( 1-7 ).

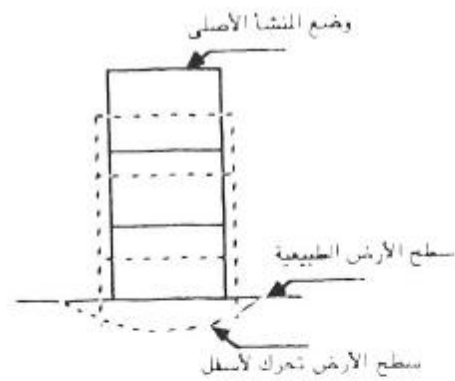


شكل (١-٤)

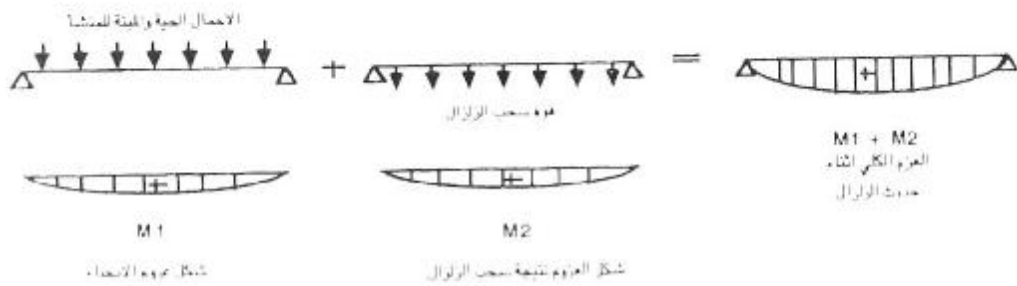


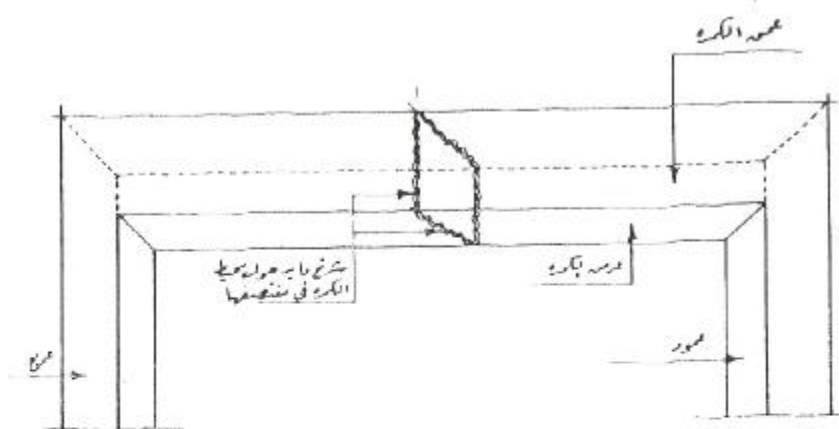
شكل (١-٢)

شكل (١-٣)

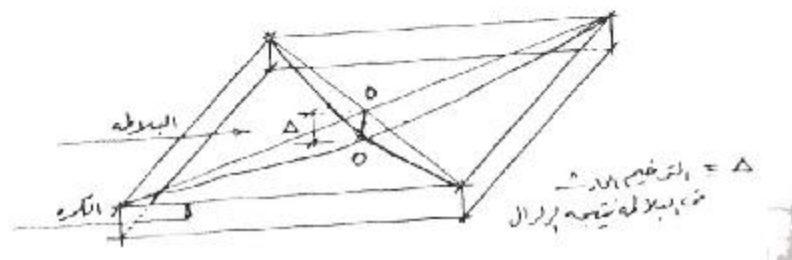


شكل (١-١)

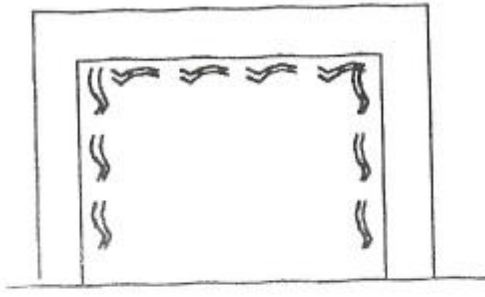




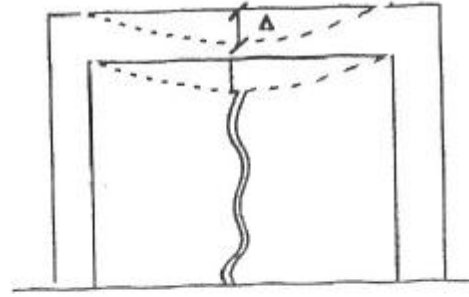
شكل (١-٦)



شكل  
(1-7)



شروخ انفصاليه بين الحائط والهيكل  
الخرساني نتيجة الحركات الرأسية للزلازل  
شكل (٩-١)

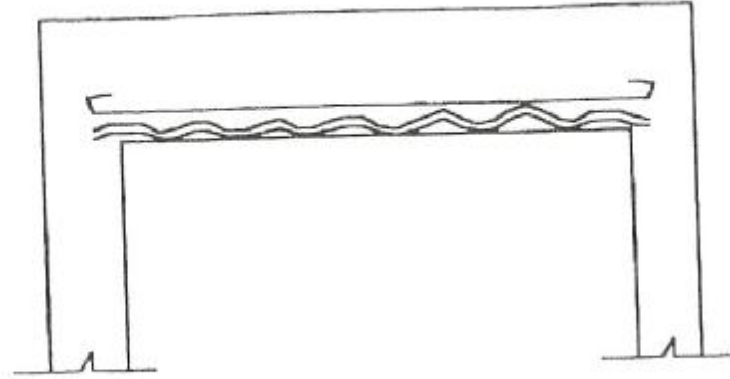


شروخ رأسى بطول الحائط نتيجة  
ترخيم (Δ) زائد فى الكمرات  
شكل (٨-١)

وقد تحدث الحركات الرأسية ترخيماً إضافياً في الكمرات للأدوار المختلفة ويقوم هذا الترخيم بالضغط على الحوائط أسفل الكمرات محدثاً بها شروخ رأسية بطول الحائط انظر شكل رقم ( 8-1 ). وهذا الشروخ في الحوائط للمباني الهيكلية لا تشكل أي خطورة إلى إذا كان الحائط نفسه مهدداً بالسقوط تحت تأثير وزنه مما يشكل خطورة على السكان وأيضاً قد يحدث نتيجة الحركات الرأسية العنيفة للزلازل المتوسطة القوى قد يحدث انفصال الحوائط المستخدمة عن

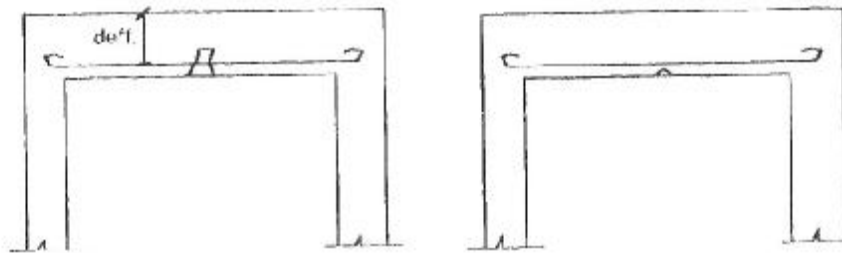
الهيكل الخرساني انظر شكل ( 9-1 ).

وإذا كان حديد التسليح داخل الكمرات قد علاه الصدى مما أدى إلى ضعف قوة التماسك بين حديد التسليح وبين الغطاء الخرساني أسفلها فان حركة الزلازل تؤدي إلى انفصال الغطاء الخرساني من حديد التسليح في الكمرات وظهور شروخ طولية بكامل طول الكمرة نتيجة لذلك انظر شكل ( 10-1 )



شروخ بكامل طول الغطاء الخرساني للكمرة  
نتيجة صدأ حديد التسليح وحركة الزلزال  
شكل (١-١٠)

والشكل ( 1- 5 ) يبين لنا زيادة قيمة العزم M1 في منتصف الكمرة نتيجة الحركات الراسية للزلزال وهذا يتضمن أن قطاع الخرسانة في منتصف بحر الكمرة معرض لكسر أو الانهيار إذا زادت قيمة M2 نتيجة الزلزال عن قيمة الحد الأقصى لحالة الحدود لقطاع الكمرة مما يسبب شروخ في منتصف الكمرة شكل ( 1-11 ) وهذه الشروخ إما تنميلات لا تجاوز حدود الغطاء الخرساني وهذه لاختواره منها على المنشأ و أما شروخ نافذة إلى داخل عمق الكتلة الخرسانية الفعالة للقطاع effective (d) .



شروخ نافذة داخل الكتلة الخرسانية  
(شروخ خطيرة تستوجب الترميم)

تعديلات داخل حدود الغطاء الخرساني  
(لاخطوره منها)



## 2-2-6- حركات جانبية للإمام وللخلف ( أو يميناً ويساراً ):

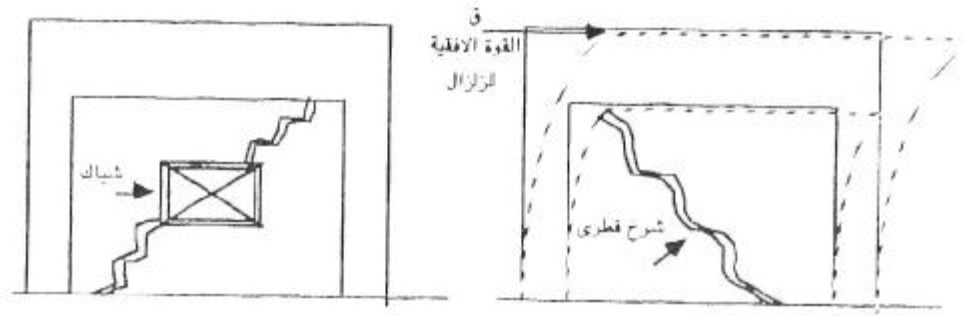
الزلازل يسبب اهتزاز المبنى جانبياً في جميع الاتجاهات وهذا الحركة الجانبية تعتبر اخطر الحركات تأثيراً على المباني نظراً لأنها تؤثر بأحمال عرضية ( عمودية على المحور الراسي للمبنى ) وفي كثير من الأحوال لا يقوم المهندسين بتصميم المباني لمقاومة هذه الأحمال خصوصاً في المباني السكنية ذات الأدوار الخمسة أو الستة وهي الارتفاعات الغالبة على المباني الشعبية في مصر وعلى الإسكان العشوائي في المناطق المزدهمة بالسكان .

والحركات الجانبية للزلازل تؤدي إلى شروخ أنواعها كالآتي :

### 2-2-6-أ- شروخ بالحوائط الحشو ( filling material ) من المباني الهيكلية:

تكون هذه الشروخ غالباً مائلة أو قطريه كما في الشكل ( 12-1 ) .

أو تحدث شروخ أسفل جلسات الشبايك أو أعلى أعتاب الأبواب والشبايك شكل ( 13-1 ) .



شكل ( ١٣-١ )

شكل ( ١٢-١ )

الشكل ( 12-1 ) differential settlement case يكون هناك احتمال حدوث فرق هبوط وميول المبنى نتيجة الحركة الأفقية للزلازل مما أدى لحدوث الشروخ و بالتالي يجب وضع المبنى تحت الدراسة والرصد والمتابعة لأن هذا الشرخ يعتبر مؤشراً غير مطمئن .

الشكل ( 13-1 ) نتيجة تركيز الاجهادات عند حواف الفتحات ( الشبابيك والأبواب ) ولا يشكل ظهورها على المبنى .

#### 6-2-2-ب- شروخ بالهيكل الخرساني:-

قد تحدث شروخ في الأعمدة والكمرات نتيجة الحركة الجانبية للزلازل منها الأنواع الآتية:

1- شروخ شد قطري في الكمرات عند الركائز انظر الشكل ( 1-14 ) واجب دراسة هذا الشرخ لمعرفة إذا كان مجرد تنميل في الغطاء الخرساني أو في البياض أما انه شرخ نافذ داخل الخرسانة.

2- شرخ إجهاد عزوم قصوى عند التقاء الكمرة بالعمود بالركيزة ( الركيزة يمكن أن تكون عمود أو عارضه رئيسية main girder ) وهذا الشرخ يكون راسي

انظر الشكل ( 1-15 ) وهذا الحركة الجانبية لا يحدث بسببها شروخ في منتصف

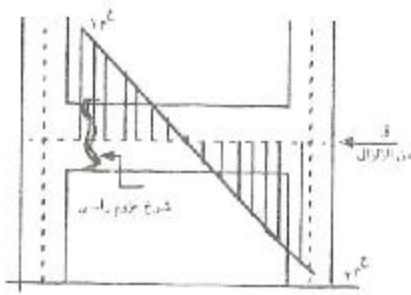
بحر الكمرة لأنه هذه

النقطة تكون نقطة

تلاشي العزوم نتيجة

الحركة الجانبية انظر

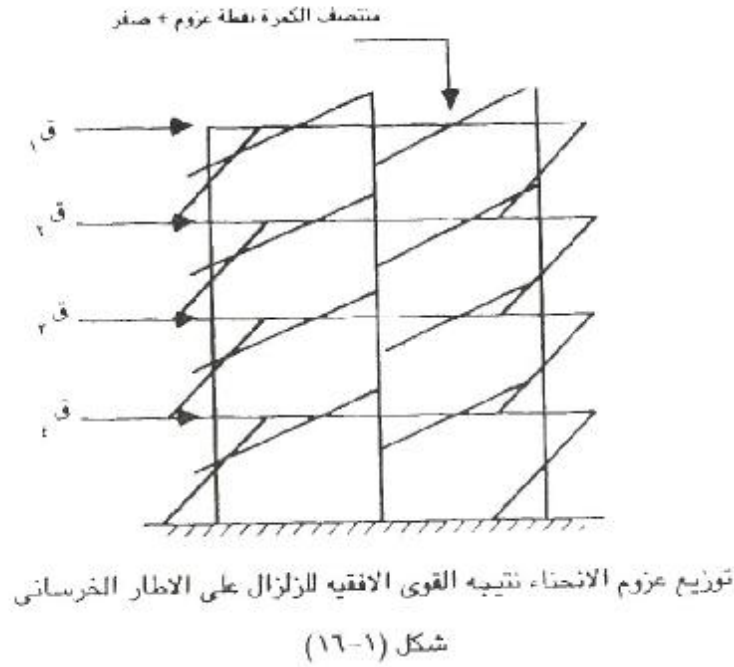
شكل ( 1-16 ) .



شكل ( ١٥-١ )



شكل ( ١٦-١ )



#### 6-2-2-ج- شروخ في الأعمدة الخرسانية :

قد تحدث شروخ راسية في الأعمدة الخرسانية نتيجة الأحمال الراسية الإضافية نتيجة حدوث الزلزال أو نتيجة أن الزلزال أحدث خلخلة للغطاء الخرساني الذي يخفي وراءه حديد تسليح صدئ الشكل ( 17-1 أ )

أو قد يحدث شروخ أفقية في منتصف العمود نتيجة إجهادات قص عالية أو قد يحدث شروخ أفقية من أعلى وأسفل العمود عند مناطق التقاء العمود بالكمرات الخرسانية نتيجة عزوم انحناء زائدة عن قدرة مقاومة قطاع من تسليح العمود الخرساني .

ولكن في حالات كثيرة حدث مجرد تنميل للغطاء الخرساني للأعمدة وينبغي هنا التفريق بين ثلاثة أنواع من الشروخ وهي كالآتي :

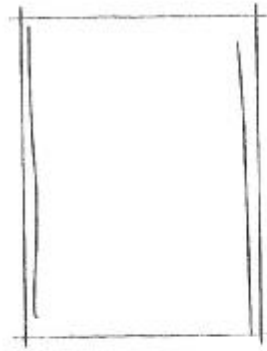
1- التتميلات : وهي شروخ شعيرية رفيعة ( لا يزيد سمكه عن 0.5 مم ) غير نافذة تظهر على السطح الخارجي للخرسانة وهي عادة غير مؤثره على سلامه المبنى دائما تكون غير نافذة أكثر من الغطاء الخراساني للعمود أو الكمره .

## 2- الشروخ العادية:

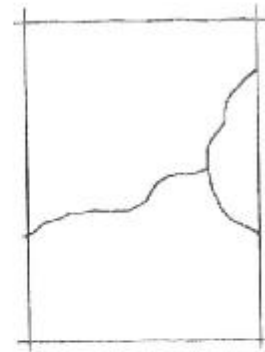
وهي شروخ ذات اتساع ملحوظ قد يصل إلى 4 مم و أكثر ولكنها غير نافذة للجهة الأخرى من العضو الخراساني الإنشائي سواء كان هذا العضو كمره أو عمود أو حائط حامل ( مباني ) وهذه الشروخ عادة يمكن علاجها إذا كانت نفاذيتها قليلة ( لا تزيد عن 5-7 سم أو ربع قطاع العضو الخراساني على الأكثر ) .

## 3- الفوالق:

وهي شروخ كبيره وخطيرة ونافذة من الجهتين للعضو الإنشائي الحادثة فيه وغالبا تستلزم أزاله هذا العضو وإعادة بناءه من جديد .

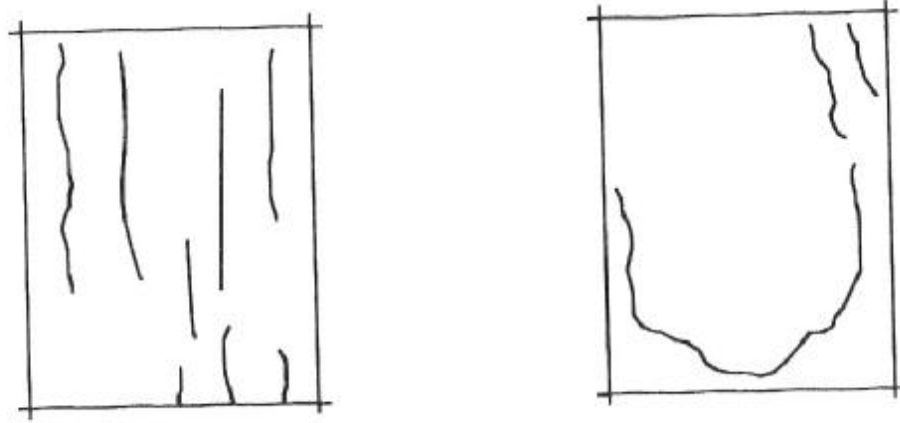


شروخ طولية نتيجة إلى صدأ حديد التسليح مع سقوط الغطاء الخرساني



شكل الشروخ في الاعمدة المعرضة لحمل لامتجورى

شكل ( ١٧ - ١ )



اشكال الشروخ في الاعمدة المعرضة لاحمال عالية  
تابع شكل (١-١٧-١)

#### 6-2-2-د- شروخ في الحوائط لحامله الرئيسية :

ونتيجة لأحمال الزلازل الجانبية تحدث للمباني من النوع الحوائط الحاملة شروخ قطريه  
مثال شكل ( 12-1 ) ومثال شكل ( 13-1 )

وهذه الشروخ شكل ( 12-1 ) تشكل خطورة كبيرة على المبنى ويجب دراستها ورصدها  
من حيث استمرار اتساعها أو سكونها.

أما الحركة الرأسية للزلازل فتسبب شروخ أفقيه ورأسيه في منتصف ارتفاع الحائط فإذا  
كان هذا الشرخ مصحوبا بانبعاج Buckling للحائط حدوث حركه للحائط خارج  
مستواه فان هذا الشرخ يعتبر مؤشرا خطيرا على بداية انهيار المبنى وبالتالي يجب  
الإسراع بإخلاء المبنى وازاله هذا الحائط ثم إعادة بناءه طبقا للأصول الفنية المتبعة في  
مثل هذه الحالة .

## الباب السابع

### كيفية رصد الهبوط للعمارات السكنية

هذا الموضوع هام جداً لأنه بواسطته يمكن متابعة حالة المبنى ودراسة الميول الحادثة به وإمكانية تقرير صلاحية استخدامه أو إخلائه من السكان تمهيداً لإزالته.

وفي هذا الباب سنقوم بسرد هذا البند حسب الكودات العالمية الشائعة وذلك ليعم النفع والاستفادة والاستدلال.

#### 7-1- رصد الهبوط

##### 7-1-1- مقدمة:-

يتم عادة رصد الهبوط للمنشآت غير التقليدية مثل العمارات المتعددة الطوابق أو المباني التي تتعرض لأحمال ثقيلة أو المنشآت ذات النظام الاستاتيكي غير التقليدي أو المنشآت التي ترتكز على تربة عالية الانضغاط. ويتم رصد الهبوط عادة لهذه المنشآت أثناء الإنشاء وبعده. ويعطي هذا البند بعض الملحوظات الخاصة برصد الهبوط.

##### 7-1-2- أغرض رصد الهبوط:-

توجد عدة أهداف لرصد الهبوط من أهمها:

1. يمكن في حالة قياس هبوط كبير نسبياً أثناء الإنشاء تعديل طريقة الإنشاء بحيث يمكن تفادي أية أضرار قد تلحق مستقبلاً بالمنشأ.

2. يمكن تحديد الخواص الحقيقية لانضغاط التربة من قياسات الهبوط. ويمكن الاستفادة من تحديد هذه الخواص في تقدير الهبوط لمنشآت أخرى مؤسسة على نفس نوعية التربة.

3. تفيد المقارنة بين الهبوط المحسوب والهبوط المقاس في تقييم طرق حساب الهبوط النظرية.

4. تفيد قياسات الهبوط في تحديد أسباب التصدعات في المباني.

### 3-1-7- اختيار نقاط القياس في المبنى:-

يتم اختيار النقاط التي يتم القياس عندها بناء على عدة عوامل من أهمها شكل المبنى ومسقطه الأفقي، نوع الأساس، خواص التربة تحت الأساس، توزيع الأحمال على الأساسات، النظام الاستاتيكي للمنشأة، الخ.. ويجب أن يعطى الهبوط المقاس عند النقاط المختارة صورة كاملة عن تصرف التربة والمنشأ، ويفضل عامة تحديد نقاط رصد الهبوط بواسطة كل من المهندس الإنشائي والمهندس الجيوتكنيكي . وقد يستشار المهندس المساحي للتأكد من إمكانية الرصد في كل النقاط المختارة.

### 4-1-7- النقاط الثابتة:-

يتم عادة قياس الهبوط الحادث عند أي نقطة خلال فترة زمنية محدودة بطرح منسوبها السابق من منسوبها الحالي، ويتم ربط المناسيب عادة بمنسوب نقطة أو أكثر من النقاط الثابتة أي ذات المنسوب الثابت. ويتم اختيار هذه النقاط الثابتة بحيث تكون بعيدة تماماً عن تأثير المنشأ المطلوب رصد الهبوط له أو أي مباني أخرى لم يستكمل هبوطها بعد ذلك لضمان ثبات منسوبها خلال فترة رصد الهبوط. ويمكن وضع النقاط الثابتة في المباني القديمة التي انتهى هبوطها أو على بلوكات خرسانية توضع خصيصاً لهذا الغرض. ويجب قياس مناسيب النقاط الثابتة من وقت لآخر بالنسبة لروبيرات ثابتة ويفضل عمل هذه القياسات تحت إشراف مهندس مساحي استشاري .

#### 5-1-7- دقة قياس الهبوط:-

يجب قياس المناسيب التي يتم على أساسها تحديد الهبوط بدقة كافية وذلك باستخدام أجهزة مساحية دقيقة ويجب ألا تقل دقة القياس عن 0.1 مم .

#### 6-1-7- قياس الهبوط خلال فترة الإنشاء وبعدها:-

يمكن إتباع التوصيات عند قياس الهبوط خلال فترة الإنشاء وبعدها :

1. يجب البدء في القياس قبل الوصول إلى ما لا يزيد عن 20% من الحمل الكلي للمبنى.
2. عند حدوث تغير كبير في التحميل خلال فترة زمنية قصيرة يجب عمل قياسات الهبوط قبل وبعد التحميل .
3. إذا كان معدل التحميل منتظماً فيجب أن يكون القياس على الأقل عند 20%، 40%، 60%، 80%، 100% من الحمل الكلي.
4. يجب قياس الهبوط بعد الانتهاء من الإنشاء مرتين أو ثلاث مرات على الأقل موزعة على فترة طويلة نسبياً في حالة التربة الطينية بينما يكون القياس خلال فترة قصيرة نسبياً في حالة التربة الرملية.



## الباب الثامن

### حماية المنشآت الخرسانية

حماية المنشآت من المراحل الهامة في عمليات تنفيذ المنشآت وترميمها حيث أنها تطيل من العمر الافتراضي لهذه المنشآت.

#### 8-1- مواد وطرق الحماية الخارجية:-

❖ **حماية الواجهات:** ويجب مراعاة الآتي في ذلك:-

1. يجب حماية الواجهات ضد جميع الظروف التي يمكن أن يتعرض لها المنشأ.
2. أو حماية للواجهات تتمثل في بياض وتكسيات هذه الواجهات بداية من الطرشرة وما يلزمها من رش للطوب ثم رش هذه الطرشرة بالماء ثم عمل البؤج والأوتار ثم التلمية بالمونة السليمة ذات المواد المنتقاة بعناية فائقة مثل الرمل الحرش والمياه النظيفة والأسمنت الطازج.

❖ وبعد الانتهاء من البطانة يجب عمل طبقة الضهارة أو التكسية المناسبة سواء طرشرة عادية أو طرشرة ممسوسة (ممسوحة).

#### 8-1-1- حماية الواجهات بدهانات مشتقات السليكون :-

1. استخدام مشتقات السليكون يعتبر من أحدث وأكفأ الطرق لحماية الواجهات.
2. تدهن هذه المادة بالفرشاة أو بالرش فوق الواجهات.
3. تقوم هذه المادة بحماية الواجهات من جميع العوامل الجوية وخاصة الأمطار.
4. يجب قبل الدهان إجراء نظافة تامة للسطح مع ترميم أي أجزاء تحتاج إلى ترميم.
5. يمكن دهان هذه المادة السيليكونية على جميع أنواع الأسطح كالخرسانة والبياض.

**8-1-2- حماية الواجهات بدهانات المواد الأكريليكية :-**

1. تدهن الواجهات بهذه المادة سواء بالفرشاة أو ترش بالكمبروسورات.
2. يوفر الدهان بهذه المواد حماية ممتازة ضد الرطوبة والأمطار والعوامل الجوية المختلفة والبري والتآكل والكيماويات.
3. يستخدم هذا الدهان في الأسطح الخرسانية والجبسية والخشبية والأسبستوس.
4. يستخدم هذا الدهان في الرش على الأسطح الخرسانية بعد الصب بحوالي 2/1 ساعة فيغني عن المعالجة بالماء وهذا يفيد في الأماكن التي يتعذر فيها توفر الماء.

**8-1-3- حماية الأسطح الخرسانية بالدهانات الأسمنتية العازلة:-**

أ- الدهانات الأسمنتية العازلة تصلح للعديد من الاستخدامات مثلا:

1. أساسات وأعمدة الكباري الخرسانية.
2. المنشآت البترولية الخرسانية.
3. محطات القوى الكهربائية.
4. السدود.
5. الأرضيات الخرسانية والأسطح.
6. الواجهات الخرسانية والأسمنتية.

ب - تضاف هذه المادة إلى الأسمنت مع لدائن وكوارتز مع الإضافات الكيماوية الخاصة بمنع نفاذية المياه.

ج- تكون في صورة بودرة يضاف إليها الماء بنسبة تتراوح من 15%-20% مع التقليب الجيد.

د- يجب نظافة السطح المراد دهانه قبل الاستخدام .

هـ- تصلح هذه المواد للأسطح الرطبة فتقوم بحمايتها وعزلها.

و- تصلح هذه المواد لعزل الأرضيات والأسطح .

## 2-8- حماية المنشآت من تأثير الحرارة :-

### 1-2-8- العزل الحراري للأسطح : وتوجد عدة مواد منها /

#### 1- السيلتون :

❖ ويتكون من رمل وأسمنت وبعض المواد الكيماوية وله ماكينة خاصة لإتمام عملية الخلط.

❖ يتم عمل طبقة لياسة أسمنت بها إضافات منع النفاذيه.

#### 2- ألواح الأستيروبور:

- عبارة عن ألواح خفيفة لونها أبيض أو أزرق فاتح ذات كثافات مختلفة.
- يتم رصها فوق طبقة عزل الرطوبة.
- يتم أولاً عمل دهان وجه بيتومين على البارد ثم يتم لصق ألواح الأستيروبور.
- يتم تقفيل الفاصل بين الألواح بمونه غير منكمشة ثم بشرط لصق عريض.
- يلي ذلك عمل البلاط الجيد.

### 3-1-8- عزل الرطوبة :-

- يوجد عدة أنواع من مواد العزل منها البيتومين المؤكسد ومنها البيتومين على البارد بنوعية المائي والنفطي.
- يجب تنظيف السطح المراد عزلة.

## مشروع التخرج-2006-2007م

○ يلي ذلك عمل مونه غير منكوشة بارتفاع 30سم مع عمل ميل لها عند تقابل الدورة مع السطح.

### أولاً العزل بالبيتومين :-

1. ينظف السطح جيداً.
2. يتم ترميم الشروخ بالمونه الغير منكوشة.
3. يتم عمل مونه مائلة بارتفاع 30سم.
4. بعد جفاف مونه الترميم يتم تسخين البيتومين المؤكسد ويمكن خلطه بالبيتومين العادي بنسبة 3مؤكسد:2عادي في الدهان الأفقي.
5. يتم عمل ركوب بمقدار 15سم.
6. يتم دهان الوجه الثاني من البيتومين بنفس شروط الوجه الأول.
7. يتم فرد الطبقة الثانية من البيتومين في اتجاه عمودي على اتجاه الطبقة الأولى.

### ثانياً العزل بالبيتومين على البارد:-

وأنواع البيتومين هي:

- 1- البيتومين على البارد المائي تضاف كمية مياه 20% للوجه الأول، 10% للوجه الثاني .
- 2- البيتومين على البارد الزيتي وهذا النوع يخفف بالنفط.
- 3- البيتومين على البارد المطاطي.
- 4- البيتومين على البارد العاكس لأشعة الشمس.

**خطوات العزل هي كالتالي:-**

- أ- تنظيف السطح جيداً.
- ب- ترميم أي تشققات أو شروخ.
- ج- يتم عمل وزره بالمونه السابقة بارتفاع 15سم بميل 10سم من أسفل عند تقابل الدورة مع السطح.
- د- يتم تجهيز الوجه الأول المخفف 20% ويتم الدهان أو العزل بالفرشاة.
- هـ- بعد جفاف الوجه الأول يتم دهان الوجه الثاني عمودي على الوجه الأول.

**4-8- عزل الأساسات ضد الرطوبة :-**

- يجب دراسة جميع الاحتمالات وجميع الظروف الممكن أن تتعرض لها هذه الأساسات.
- استخدام إضافات منع النفاذ في خرسانة الأساس والمواد الخاصة بمنع نفاذ المياه كما يلي :
- إضافات كيماوية سائلة.
- إضافات سيليكات الصوديوم السائلة أو البودرة ويضاف النوع السائل بنسبة 1/2 : 3/4 والبودرة إلى الماء الخلط بنسبة 1/2 كيلو مثل كيس أسمنت .

**5-8- عزل الأساسات من المياه الجوفية :-**

1- ويتم عزلها بإحدى الطرق الآتية :- (للخرسانة العادية)

- وجهين من البيتومين على البارد العادي أو المطاطي .
- ثلاثة أوجه بيتومين وطبقتين أسفلت .

2- حماية هذا العزل بمونه شديدة السمك من 7.5سم-10سم .

3- عمل خرسانة مسلحة باستخدام إضافات منع النفاذيه ومقاومة الكيماويات :

يتم عزل الأساسات بإحدى الطرق الآتية :

○ طبقتين من الخيش المقطرن وثلاثة أوجه بيتومين مؤكسد.

○ وجهين بيتومين مطاطي .

**6-8- عزل الأساسات من المواد الكيماوية :-**

ويجب عمل التالي :

○ استخدام أسمنت مقاوم للكبريتات.

○ عمل ترميم لأي أجزاء بها تعشيش بمونه غير منكشة .

○ يتم عمل نظافة تامة للأساسات من أي أتربة أو شوائب.

○ عمل دهان وجه تحضيره من برا يمر ايبوكسي.

○ يلي ذلك دهان وجهين من الأيبوكسي المقاوم للكيماويات وغير منفذه للمياه أيضاً.

**7-8- حماية المنشآت من الحريق :-**

يتم عمل غطاء حرساني بمونه بها اسبستوس على أن يكون بسمك كافي مع عمل احتياطات الإطفاء والمعدات وخطوات الإطفاء الأزمه .

**8-8- حماية أسياخ حديد التسليح بالطرق الكهربائية :-**

يتم ذلك بتوصيل قطب صناعي إلى حديد التسليح عن طريق تيار مستمر ويوصل قطب موجب لسطح الخرسانة ويعمل هذا على وقف الصدأ الناتج عن تأثير الكلوريدات .

## 8-9- حماية وعزل أعمال الخرسانة في الخزانات الأرضية والبدرومات :-

- 1- يتم استخدام شريط p.VC ارتفاعه من 15سم- 20سم بأطوال تصل إلى 50م.
- 2- يتم وضع الواترستوب بعد صب أرضية الخزان أو البدروم ويوضع عمودياً على الأرضية بين حديد التسليح الخاص بالحائط المسلح فيمنع تسرب الماء في الوصلة .

## 8-10- صيانة وحماية المنشآت الخرسانية المعرضة للصدأ:-

### 8-10-1- ظاهرة الصدأ وطبيعتها وطرق تقييم أضرار الصدأ:

تعتبر الخرسانة المسلحة المادة الرئيسية التي تستخدم في عمليات البناء المختلفة وذلك لكونها مادة اقتصادية ولسهولة تشكيلها مما يخدم الأغراض المعمارية المختلفة، لكن صدأ حديد التسليح يعتبر من أهم العوامل التي يؤثر على قدرة تحملها وقد أصبح صدأ حديد التسليح مشكلة أساسية تواجه المهندسين من حيث كيفية التغلب عليها وإيجاد الحلول المناسبة للمحافظة على المنشأ طوال عمره التصميمي.

لقد اهتمت كل المواصفات القياسية لكثير من الدول لتصميم المنشآت الخرسانية بظاهرة صدأ حديد التسليح في الخرسانة المسلحة ووضعت لها حدود ومواصفات لو تم الأخذ بها وإتباع تعليماتها بشكل دقيق عند التصميم والتنفيذ لكان ذلك كافياً لتجنب حدوث الصدأ في المنشآت الخرسانية، وبالإضافة إلى تعليمات المواصفات القياسية، توجد طرق أخرى للحماية من الصدأ في المنشآت الخرسانية تختلف بحسب أهمية وطبيعة المنشأ والعوامل الجوية التي يتعرض لها وكذلك حسب الكلفة الاقتصادية واحد هذه الطرق هي الحماية الكاثودية ذات الكفاءة العالية ولكن بتكلفة عالية. ويجب أن يؤخذ في الحسبان أن إهمال حماية المنشآت الخرسانية من الصدأ أو في تلك المنشآت التي لم تكن طرق الحماية بها جيدة فإنه لامحالة سيحدث بها صدأ لحديد التسليح وفي هذه الحالة لابد من إصلاح المنشأ وتحمل تكاليف باهظة قد تفوق كثيراً تكلفة الحماية الابتدائية وقد يشمل الإصلاح إعادة تأهيل بعض العناصر الإنشائية بشكل كلي في حالة ما إذا كان الضرر شديداً.

ولإعادة تأهيل المنشآت التي تعرضت إلى صدأ في أعضائها الخرسانية فيتم الأخذ بأحد الطرق المتوفرة للمعالجة والإصلاح والتي بدورها تحتاج إلى مواد ومعدات مختلفة قد تختلف في الكلفة بحسب الأنواع المستخدمة وبحسب حالة الأعضاء الإنشائية المراد إصلاحها وهنا يدخل الجانب الاقتصادي الذي يعتبر من أهم العوامل التي تؤثر في اتخاذ القرار، لذا كان لزاماً أن يتم التعرض إلى دراسة طرق حساب التكلفة والمقارنة بين أكثر من بديل لعملية الصيانة والإصلاح للمنشأ.

### 1- صدأ الحديد في الخرسانة المسلحة:

- 1- يتكون الصدأ البسيط على أسطح الحديد نتيجة لتعرضه للهواء والماء .
- 2- يحدث الصدأ لأن مادة الخرسانة مسامية .
- 3- الخرسانة قلوية بطبيعتها ولاحتوائها على أكاسيد الكالسيوم والصوديوم والماغنسيوم التي لها قلوية عالية عند إضافة الماء إليها.
- 4- والقلوية عكس الحمضية وبالتالي فالخرسانة تقوم بحماية الحديد من الصدأ وذلك بتكوين طبقة حماية كثيفة من أيونات سلبية على سطح الحديد ، تسمى طبقة الحماية السلبية، تمنع حدوث الصدأ وتتكون هذه الطبقة من جزء من أكسيد وهيدروكسيد المعدن وجزء من الاسمنت لكن هذه الطبقة لاتستمر طويلاً نظراً لتحطمها نتيجة لعملية الكربنة أو عملية نفاذ الكوريدات إلى حديد التسليح.
- 5- عند تحطم طبقة الحماية السلبية يبدأ ظهور الصدأ على سطح حديد التسليح فوراً على شكل أكسيد الحديد الذي يزيد حجمه مرتين أو أكثر عن حجم الحديد الأصلي الذي تم تحويله إلى هذا الأكسيد، ومن ثم تتم عملية تفاعل كيميائي أخرى ويتحول أكسيد الحديد إلى هيدروكسيدات ذات اللون الأحمر أو البني وذات المسامية العالية جداً مقارنة مع الحديد الأصلي ليشغل حيزاً يقدر بعشر المرات حجم الحديد الأصلي الذي تم استبداله ويتكون في المنطقة المحصورة ما بين الحديد والخرسانة على شكل نقر صغيرة في السطح ثم تزداد عدد النقر في سطح الحديد ويحدث اتحاد فيما بينهم مما يكون الصدأ العام والمتساوي على



السطح مما يتسبب في شروخ الخرسانة وربما إلى تساقطها وهذا هو الملاحظ غالباً في صدأ حديد التسليح.

## 2- عوامل سرعة انتشار الصدأ:

يرتبط معدل انتشار الصدأ بعوامل كثيرة إذا تم التحكم فيها فإن الصدأ سوف يحدث ولكنه لن يسبب مشكلة كبيرة للمنشأ وتدهور سريع للخرسانة وهذه العوامل هي:

1- وجود الأكسجين ونفاذه إلى حديد التسليح تكون معدلات الصدأ أسرع ويمكن التقليل من نفاذ الأكسجين إلى حديد التسليح بالاهتمام بدمك الخرسانة بشكل جيد مما يجعل نفاذ الأكسجين إلى حديد التسليح بطيئاً أو يكاد يكون منعماً.

2- حركة الأيونات من خلال فجوات الخرسانة المحيطة بحديد التسليح. فإذا كان معدل حركة الأيونات بطيء فإنه بالتالي سيجعل معدل الصدأ بطيء.

3- تكون طبقة أكسيد الحديد على السطح وعندما تكون هذه الطبقة ثابتة ولم يحدث لها تغير في حالة وجودها في المحلول المائي فيعنى أن هذا الحديد محمى مادامت الطبقة السالبة باقية على حالتها. وقد تم تقوية هكذا طبقة في حالة الحديد الغير قابل للصدأ (ستانلس ستيل Stainless Steel). والحديد في تلك الحالة يتكون من سبيكة من الكروم والنيكل وبعض العناصر الأخرى التي تحسن من تكوين وثبات طبقة الحماية السلبية.

## 3- أسباب حدوث الصدأ وانهايار الخرسانة:

هناك سببان رئيسيان لحدوث الصدأ في حديد التسليح في الخرسانة وهذان السببان يتعلقان بالنفاذية خلال الخرسانة ويشملان:

1- نفاذية ثاني أكسيد الكربون (الكربنة) الذي يتسبب في تدمير طبقة الحماية السلبية.

2- نفاذية الكلوريدات والتي لا تؤثر على الخرسانة بطريقة مباشرة ولكن تأثيرها يتم نتيجة لوجود بعض الكيماويات داخل الفجوات الخرسانية أو لوجود الأحماض مثل الكبريتات التي تقوم بمهاجمة الخرسانة وحدثت تصدعات بها وتآكل حديد التسليح.

### عملية الكربنة:

تتم عملية الكربنة نتيجة لتفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون المتواجد في الهواء مع القلويات المتواجدة في الخرسانة حيث أن أكسيد الكربون يذوب في الماء ويكون حمض الكربونيك ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ ) الذي يتعادل مع القلويات المتواجدة بكثرة في الخرسانة (هيدروكسيد الكالسيوم) ذات الصفة القاعدية العالية مما يعمل على تكون الكربونات في الفجوات الخرسانية ( $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ ) وتهاجم هذه الكربونات المتواجدة داخل الخرسانة مما يؤدي إلى نقص في درجة القاعدية pH إلى أقل من pH8 وفي هذا المستوى من القاعدية فإن طبقة الحماية السالبة لا تقدر على حماية الحديد وبالتالي يحدث الصدأ لحديد التسليح. وتعتمد عملية الكربنة على سمك الغطاء الخرساني لحديد التسليح فكلما كانت سماكة هذا الغطاء صغيرة، كلما كان توغل غاز ثاني أكسيد الكربون ( $\text{CO}_2$ ) في الخرسانة سريعاً وذلك لوجود الفجوات المفتوحة في الخرسانة. وتعتمد عملية الكربنة أيضاً على جودة الخرسانة من حيث نسب الخلط ودرجة الدمك والمعالجة السليمة الجيدة، فكلما كانت الخرسانة جيدة، يكون توغل غاز ثاني أكسيد الكربون ( $\text{CO}_2$ ) داخل الخرسانة أصعب.

### التحكم في عملية الكربنة:

و يمكن التحكم في عملية الكربنة عن طريق الآتي:

- 1- عمل سمك غطاء خرساني كبير.
- 2- إنتاج خرسانة بها نسبة المياه إلى الاسمنت منخفضة.
- 3- الاهتمام بجودة التنفيذ للحصول على جودة عالية للخرسانة.

4- تحديد المواصفات اللازمة لتصميم المنشآت الخرسانية والغطاء الخرساني حسب طبيعة المنشأ وحسب العوامل الطبيعية المختلفة وكذلك تحديد طرق تصميم الخلطات الخرسانية المناسبة للإغراض المختلفة وتحديد نسب خلط مكونات الخرسانة وجودتها وكذلك طرق الدمك وطرق ومدة المعالجة اللازمة لإنضاج الخرسانة والوصول بها إلى الخصائص اللازمة لتحمل الاجهادات التصميمية والظروف الجوية المحيطة بالمنشأ للمدة التصميمية للمنشأ.

### تأثير الكلوريدات على الخرسانة:

تهاجم الكلوريدات الخرسانة المسلحة و تسبب تآكل حديد التسليح.

### مصادر الكلوريدات:

تأتي الكلوريدات من مصدرين هما:

1- كلوريدات داخلية: وهي التي تضاف للخرسانة عند تحضيرها ومن هذا النوع مادة كلوريد الكالسيوم المستخدمة كمضاف للاسمنت لأجل تسريع التفاعل، أو أن يكون الركام (الخشن أو الناعم) به كلوريدات لم يتم غسلها بطريقة جيدة. وكذلك الماء الذي يحتوي على أملاح الكلوريدات.

2- كلوريدات خارجية: وهي المواد التي تحتوي على الكلوريدات وتدخل لمسامات الخرسانة بعد تصلبها ومن هذا النوع بعض مياه البحر التي تلامس أجزاء المنشآت الخرسانية المقامة بجانب الشواطئ مثل خوازيق الأساسات أو بسبب الهواء المشبع برطوبة البحر والذي يضرب سطوح الخرسانة القريبة.

يتضح مما تقدم أن عملية الكربنة وتوغل الكوريدات داخل الخرسانة تتسبب في كسر الحماية السلبية وبداية حدوث الصدأ لحديد التسليح، لكن تدهور حديد التسليح يعتمد على معدل وسرعة تزايد الصدأ والذي يعتمد بدوره على عوامل عديدة أهمها:

### أ- الكربنة:

عملية الكربنة تتأثر بعدة عوامل أهمها:

- 1- الرطوبة النسبية، فتزيد الكربنة بزيادة الرطوبة وتقل بانخفاض نسبة الرطوبة.
- 2- تعرض المنشأ لدورات متناوبة من الجفاف والبلل على سطح الخرسانة يساعد على سرعة عملية الكربنة حيث يسمح بدخول غاز ثاني أكسيد الكربون ( $CO_2$ ) في دورة الجفاف ويتم إذابته في دورة البلل.
- 3- درجة الحرارة لها تأثير كبير على معدل الصدأ، فبانخفاض درجة الحرارة يقل معدل الصدأ والعكس صحيح، ويتوقف الصدأ تماماً عند درجة التجمد.

#### **ب- الكلوريدات:**

في حالة توغل الكلوريدات، تعتمد سرعة تزايد الصدأ على سرعة سريان الكلوريدات في الخرسانة.

#### **ج- سقوط الغطاء الخرساني لحديد التسليح:**

يعتبر سقوط الغطاء الخرساني لحديد التسليح من أكبر المشاكل الناتجة عن صدأ الحديد وربما يفوق في أهميته نقص مقطع حديد التسليح وذلك لما للغطاء الخرساني من أهمية في منع تزايد معدل الصدأ لبقية حديد التسليح. ويعتمد سقوط الخرسانة وتكون الشروخ على كمية الصدأ التي تحدث وطريقة توزيعها في الأسياخ وعلى قدرة تحمل الخرسانة لإجهادات الشد الناتجة عن انتفاخ حديد التسليح.

#### **تأثير الكبريتات على خرسانة الأساسات:**

الكبريتات هي مواد أملاح معدنية طبيعية توجد في التربة أو المياه . بعض أنواع التربة غنية بالجبس والتي هي نوع من كبريتات الكالسيوم  $CaSO_4$  وكذلك كبريتات المغنيسيوم  $MgSO_4$  . عندما تبتل التربة بسبب السقاية أو المطر فإن بعض هذه الكبريتات تذوب في الماء وتتغلغل في الخرسانة ذات النوعية غير الجيدة والتي تحتوي على مسامات كثيرة عندها تبدأ مهاجمة الكبريتات للخرسانة.

تبدأ مهاجمة الكبريتات للخرسانة بالظهور على شكل شقوق شعرية أو على شكل بودرة بيضاء تدعى Efflorescence (ترسبات أملاح على الجدران) ولكن يجب ملاحظة أنه ليس كل بودرة بيضاء تظهر على الخرسانة تدل على مهاجمة الكبريتات للخرسانة . وأفضل طريقة للتأكد من ذلك هو إجراء الفحص الكيميائي.

وعندما تتخلل الكبريتات إلى مسامات الخرسانة تبدأ بالتفاعل مع مركباتها C-S-H أي مع الملاط الأسمنتي (عجينة الأسمنت و الماء) ثم يبدأ التفاعل بتدمير هذا الملاط الذي يغلف حبيبات الركام ويربطها بقوة وعندما تجف الكبريتات تتكون مواد جديدة على شكل بلورات تحتل الفراغات الموجودة في الخرسانة وعندما تستمر هذه العملية فإنها تسبب تشقق الأسمنت أكثر وأكثر وتسبب التشقق للخرسانة عندها تزداد نفاذية الخرسانة وتزداد وتيرة هذه العملية ويبدأ حديد التسليح بالتعرض أكثر لعوامل التآكل وفي نهاية الأمر تبدأ الخرسانة بالتفتت وتفقد ترابطها مع حديد التسليح اويقل عمر الخرسانة المسلحة بشكل كبير وتبدأ العناصر الخرسانية بالتنشيط والسقوط. تعتبر المناطق الواقعة بالقرب من البحار ذات طبيعة بيئية ضارة بالخرسانة وحديد التسليح.

#### الوقاية من تأثير الكبريتات:

للووقاية من تأثير الكبريتات يجب اتخاذ الإجراءات الآتية:

- 1- استخدام أسمنت مقاوم للكبريتات.
- 2- ألا يقل محتوى الخرسانة من الأسمنت عن 400 كغم /م<sup>3</sup>.
- 3- استخدام خرسانة قليلة المسامات وذلك بدمكها جيداً عند صبها.

#### 4- تقييم أضرار الصدأ في حديد تسليح الخرسانة:

عندما يصاب حديد منشأ ما بالصدأ ويراد إصلاحه فانه يجب تقييمه بدقة عالية وتحديد المخاطر البيئية والإنشائية المحيطة به ومن ثم يتم تحديد واختيار مواد وطرق الإصلاح، وكلما كانت عملية التقييم والتحديد سليمة وعلى أصول معتبرة، كلما كانت عملية الإصلاح والصيانة دقيقة موفية للغرض الذي من أجله سوف تتم. وتقييم منشأ هو عمل يندرج تحته

عملية تشخيص الأسباب والعيوب التي أدت إلى ظهور الصدا ومدى انتشاره في العناصر الإنشائية وحجم تأثيره على كفاءتها الإنشائية. وعليه فإن معالجة المنشأ تشمل معالجة الأعضاء الإنشائية المصابة بالصدا والحماية من مخاطر حدوثه مستقبلا سواء في العضو المصان أو الذي تم إصلاحه أو الأعضاء الإنشائية الأخرى التي لم تصب وحمايتها من حدوث الصدا في المستقبل. وعملية التقييم لمنشأ غالبا ما تتم على مرحلتين، الأولى تقييم أولي يتم فيها تحديد المشكلة والأخرى يتم فيها التدقيق والبحث عن الأسباب التي تتسبب في حدوث العيوب وتشمل فحص الشروخ التي تؤدي إلى سقوط الغطاء الخرساني مثل شروخ الانكماش أو زيادة الاجهادات أو نتيجة هبوط الأساس أو نتيجة لصدا الحديد.

### المعاينة المبدئية للمنشأ(الفحص البصري):

يعتبر الفحص البصري أول عمل يقوم به الفاحص لكي يكون فكرة عامة عن العيوب ولكي يحدد مسار واحتياجات الفحص التفصيلي ويقوم الفاحص بتتبع الشروخ وامتداد صدا حديد التسليح. وربما تكون الشروخ في الخرسانة لأسباب غير صدا الحديد، لذا فإن الفاحص يجب أن يكون من ذوي الخبرة الذين يتقنون قراءة الشروخ بشكل جيد(ارجع إلى الباب الأول الفصل الثالث لمعرفة السبب). فالشروخ التي تكون موازية لحديد التسليح، تحدث نتيجة لصدا حديد التسليح، بالإضافة إلى ظهور بعض التقيع في الغطاء الخرساني وبه لون بني يدل على وجود صدا في حديد التسليح.

و يمكن تحديد تدهور الخرسانة باستخدام المطرقة العادية ، وبهذه الطريقة يتم سماع الصوت المرتد من على أسطح الخرسانة بعد طرقها فإذا دل الصوت على وجود فراغ خلف الغطاء الخرساني فهذا دليل على وجود صدا في حديد التسليح. و يتم في المعاينة المبدئية للمنشأ الآتي:

1- الفحص البصري، تحديد الموقع الجغرافي والعوامل الجوية المحيطة به.

2- تحديد النظام الإنشائي وطريقة التحميل.

3- تحديد طرق ومراحل تنفيذ المنشأ.

- 4- متابعة الشروخ وسقوط الغطاء الخرساني إن وجد وتحديد سماكته.
- 5- التأكد من جودة الخرسانة وعمق التحول الكربوني في الخرسانة التي تم سقوطها وذلك بأخذ عينة إلى المعمل إذا اقتضت الضرورة عمل ذلك.
- 6- حساب أمان المنشأ بعد تغير أبعاده ببعده بسقوط الخرسانة وتقليل مساحة المقطع الخرساني و مقطع حديد التسليح اللذان يؤثران مباشرة على قدرة تحمل العضو الخرساني للأحمال.

#### المعاينة التفصيلية:

في المعاينة التفصيلية يتم الاستعانة بالأجهزة التي يمكن بواسطتها معرفة مقاومة الخرسانة ومدى تهالكها وسمك الغطاء الخرساني و توزيع حديد التسليح و أقطارها ومدى انتشار الصدا فيها وطبقة الخرسانة المنفصلة أو احتمال سقوطها. وكذلك قدرة المنشأ على تأدية وظيفته ومدى خطورته على المستخدمين. وتشمل الأجهزة المستخدمة في تقييم المنشأ مطرقة شميدت و أجهزة الموجات فوق صوتية وأجهزة الأشعة الحمراء وغيرها(أنظر الاختبارات التي تجرى لتقييم الخرسانة، الباب الثاني الفصل الثاني).

و يتم في المعاينة التفصيلية الآتي :

- 1- تحديد درجة الخطورة ودرجة التدهور وكمية الإصلاح اللازمة للخرسانة.
  - 2- تحديد مقاومة الخرسانة باستخدام مطرقة شميدت أو أي جهاز آخر.
  - 3- تحديد عمق التحول الكربوني في الخرسانة ودرجة الصدا.
  - 4- الكشف عن الغطاء الخرساني ودرجة مقاومة الخرسانة للتوصيل الكهربائي.
  - 5- تحديد أسباب الانهيار.
- و يجب استخدام الأجهزة المناسبة وعماله فنية مدربة عند إجراء عملية الفحص بالأجهزة الحديثة للحصول على تقييم جيد للمنشآت. فعند الكشف عن الغطاء الخرساني باستخدام

Electromagnetic Cover Meter، فإن القياس يتأثر بقرب المسافة بين أسياخ حديد التسليح وعمق الغطاء الخرساني بدرجة كبيرة وذلك لأن القياس يعتمد على تزويد رأس الجهاز بكهرباء بينما الطرف الثاني به مقياس للكشف عن التيار الذي يقيس فرق الجهد عند قفل الدائرة الكهربائية بواسطة أسياخ حديد التسليح المدفونة. ولتفادي عدم الدقة في القراءة نتيجة لتقارب أسياخ الحديد يفضل استخدام جهاز قياس مزود بأكثر من رأس قياس.

ولتحديد الأسياخ التي فقدت الحماية السلبية يستخدم جهاز قياس القابلية الكهربائية ( Half Cell Potential Measurements ) وهو عبارة عن قضيب من المعدن مغموس في محلول به نفس أيونات المعدن مثل قضيب النحاس المغموس في محلول مشبع بكبريتات النحاس.

وفكرة الجهاز تعتمد على قياس فرق الجهد باستخدام فولتاميتريو وضع بين القضيب وحديد التسليح بحيث إذا كان فرق الجهد المقاس صفر أو صغير فإن حديد التسليح به حماية سلبية وإذا كان فرق الجهد المقاس كبير فإن طبقة الحماية السلبية تكون قد إنهارت. وتتأثر هذه الطريقة بوجود المياه في فجوات الخرسانة مما يزيد من القيم السلبية لفرق الجهد بدون حدوث الصدأ.

ويمكن معرفة درجة صدأ حديد التسليح عن طريق قياس المقاومة الكهربائية للخرسانة التي لها اثر كبير في تكون الصدأ. ويتم قياس المقاومة الكهربائية بواسطة جهاز قياس المقاومة ذو الأربعة أقطاب (Four Probe Receptivity Winner) بزواوية عمودية على سطح الخرسانة وحديد التسليح للتقليل من أخطاء القراءة، حيث يمرر تيار كهربائي بين القطبين الخارجيين ويتم قياس فارق القابلية الكهربائية المتولدة بين القطبين الداخليين ومنها تقاس المقاومة الكهربائية التي تتأثر بدرجة رطوبة وجودة الخرسانة وطريقة القياس.

ولأن الصدأ ناتج عن عملية الكربنة أو هجوم الكلوريدات فمن الضروري قياس عمق توغلها في الخرسانة. فيتم قياس عمق التحول الكربوني عن طريق رش سطح خرسانة مكسور حديثاً بمحلول الفينول فيثالين Phenolphthalein مذاب في الكحول، فيصبح المحلول وردي اللون عند ملامسته لسطح خرسانة ذات قاعدية طبيعية (pH 12-13.5) ويتحول اللون إلى الرمادي أو الأزرق إذا فقدت الخرسانة قاعدتها (pH <9) وفي هذه



الحالة يفقد حديد التسليح القاعدية السلبية (طبقة الحماية السلبية). ولقياس هجوم الكلوريدات على أسطح الخرسانة وتحديد كميتها يتم تحليل عينة من تراب الخرسانة عن طريق ثقب في سطح الخرسانة وقياس عمق الثقب، وغالبا ما تكون نسبة الكلوريدات عالية في أول 5 مم من سطح الخرسانة وعندما يتم تجميع قراءات تركيز الكلوريدات عند أعماق مختلفة يتم رسم شكل عام لهذا التركيز. وعادةً يكون تركيز الكلوريدات عالي على سطح الخرسانة ثم يحدث له نقص أو تلاشي بالتدريج مع العمق فيكون تأثير الكلوريدات من الخارج فقط، أما في حالة تواجد الكلوريدات في مكونات الخرسانة، فيلاحظ انه كلما اقتربنا من العمق كلما زاد محتوى الكلوريدات ثم يصبح له قيمة ثابتة تقريبا بعد ذلك.

## 8-11- ترميم وصيانة المنشآت المعرضة للصدأ

### 1- طرق الحماية المختلفة لحديد التسليح وحماية أسطح الخرسانة:

#### أ- التحكم في صدأ حديد التسليح:

يتم التحكم بعملية الصدأ بواسطة التحكم في العوامل التي تساعد على بداية الصدأ وانتشاره في حديد التسليح لحماية المنشآت الخرسانية من صدأ حديد التسليح فيها. فدخل الكلوريدات وثنائي أكسيد الكربون و الرطوبة وغير ذلك من العناصر إلى الخرسانة تعمل على سرعة صدأ حديد التسليح في الخرسانة. فالمواد الضارة كالكلوريدات تدخل إلى الخرسانة من طريقين أحدهما وجود الكلوريدات في الخلطة الخرسانية نفسها أو يكون المنشأ معرضاً لمياه البحر أو لجو مشبع بالأملاح. وتؤثر درجة الحرارة على انتشار الكلوريدات في الأعضاء الخرسانية وخصوصا في المناطق الساحلية الحارة كما هو الحال في السواحل اليمنية حيث يزداد انتشار الكلوريدات بمقدار الضعف بزيادة درجة الحرارة حوالي عشر درجات مئوية. كما أن لمكونات الخرسانة تأثير كبير على انتشار الكلوريدات، فتكون بداية الصدأ سريعة كلما كانت نسبة الماء إلى الاسمنت كبيرة، كما أن استخدام الاسمنت المقاوم للكبريتات يقلل إلى حد كبير من الوقت اللازم لبداية الصدأ وزيادة محتوى الاسمنت يقلل بصورة واضحة معدل انتشار الكلوريدات. أما معالجة وإنضاج الخرسانة فلها نفس التأثير في تأخير انتشار الكلوريدات.

أيضاً عملية الكربنة تعتمد على توغل ثاني أكسيد الكربون داخل الخرسانة فإنها تتأثر بالعوامل الجوية المحيطة تأثيراً كبيراً وخصوصاً بمحتوى الرطوبة في الخرسانة فمع وجود رطوبة عالية تكون الفجوات المسامية داخل الخرسانة ممتلئة بالماء ولذلك يصعب توغل ثاني أكسيد الكربون داخل الخرسانة وعلى العكس عندما تكون الرطوبة النسبية قليلة جداً وتكون الخرسانة شبه جافة فإنه يصعب حدوث التفاعل الكيميائي لعملية الكربنة. ويحدث الأمر نفسه عندما تكون الخرسانة معرضة مباشرة للعوامل الجوية. وتتأثر عملية الكربنة بدرجة الحرارة فكلما زادت درجة الحرارة زادت عملية الكربنة. ولأن العوامل الجوية لا يمكن التحكم فيها فإن الخيار الوحيد للتحكم في عملية صدأ حديد التسليح يتم عن طريق التحكم في نسب الخلط الخرسانية وكمية محتوى الاسمنت ونسبة الماء إلى الاسمنت فاستخدام خرسانة بنسب خلط جيدة وبمحتوى اسمنتى معقول ونسبة ماء إلى الاسمنت قليلة ومقاومة ضغط كبيرة يقلل عمق الكربنة بشكل كبير لفترة كبيرة وربما يختلف الأمر قليلاً إذا زاد عمر الخرسانة عن خمسين سنة. كما تتأثر عملية الكربنة بمدى معالجة الخرسانة وإنضاجها عند وبعد صبها مباشرة بفترة مناسبة ويلاحظ أنه مع عدم وجود معالجة جيدة فإن عمق التحول الكربوني في الخرسانة يزيد بمعدل ضعفين إلى أربعة أضعاف عنه في حالة الاهتمام بالمعالجة الجيدة.

و هذه العوامل يمكن توضيحها كما يلي:

#### **1- تحديد القيمة القصوى لنسبة الكلوريدات المسموح بها في الخرسانة.**

تتواجد الكلوريدات في الخرسانة نتيجة الآتي:

- استخدام مياه البحر في خلطة الخرسانة.
  - وجود كلوريدات في الركام ولم يتم التخلص منها بواسطة غسل الركام جيداً.
  - وجود الكلوريدات في المضافات التي تضاف للخرسانة مثل كلوريد الكالسيوم في المضافات التي تستخدم لتقليل زمن الشك.
- وقد حددت المواصفات القياسية العالمية أقصى محتوى لأيونات الكلوريد للحماية من الصدأ كما هو موضح في الجدول (1، 2).
- جدول رقم (1) توصيات ومتطلبات أقصى محتوى لأيونات الكلوريد للحماية من الصدأ طبقاً للكود الأمريكي.

مشروع التخرج - 2006-2007م

أقصى محتوى لأيونات الكلوريد ( % من وزن الأسمنت)				نوع العنصر الإنشائي
الكلبي ****	المذاب (في الحمض) ***	الكلبي **	المذاب (في المياه) *	
0.08	0.06		0.06	خرسانة مسلحة معرضة لكلوريدات أثناء الاستخدام
0.2	0.1	0.1	0.015	خرسانة مسلحة ستكون جافة
			1.0	عناصر الإنشائية الأخرى
	0.15	0.15	0.3	خرسانة سابقة الإجهاد

\* ACI Building Code (ACI 318R-89)

\*\* ACI Committee202

\*\*\* ACI Committee357

\*\*\*\* ACI Committee222

جدول (2) المحتوى الأقصى لأيونات الكلوريدات الذائبة للوقاية من صدأ حديد التسليح (ملخص جدول 1).

الحد الأقصى لأيونات الكلوريدات الذائبة في ماء الخرسانة - كنسبة مئوية من وزن الأسمنت	الظروف المحيطة بالخرسانة
0.15	الخرسانة المسلحة المعرضة للصدأ
1.0	الخرسانة المسلحة الجافة و المحمية من الرطوبة في ظروف الاستخدام
0.3	العناصر الإنشائية الأخرى

## 2- تحديد سمك الغطاء الخرساني وجودته:

يجب التقيد بسمك الغطاء الخرساني المناسب لحديد التسليح وجودته للوقاية من الصدأ بحسب البيئة المحيطة بالمنشأ. و المقصود بجودة الغطاء الخرساني هي التحكم بالعوامل المؤثر في نفاذية الخرسانة وعمل خرسانة جيدة عن طريق التحكم بنسب مكونات الخلطة الخرسانية والدمك الجيد لتقليل نفاذيتها لمنع تغلغل العناصر الضارة الى الخرسانة. ولحماية حديد تسليح الخرسانة من الصدأ، يجب التقيد بسمك الغطاء الخرساني الموصى به طبقاً للمواصفات العالمية الموضحة في الجدول (3، 4).

جدول (3) الغطاء الخرساني طبقاً للكود الأمريكي ACI Committee 301

نوع المنشأ	أقل سمك للغطاء الخرساني (مم)
المنشأ تحت سطح الأرض	75
عندما يكون السطح معرض للجو أو تحت الأرض- سيخ رقم 6 أو أكثر	50
سطح الخرسانة غير ملاصق لسطح الأرض - الكمرات و الأعمدة	38
البلاطات و الحوائط مع أسياخ مقاس رقم 11 أو أقل	19
البلاطات و الحوائط مع أسياخ مقاس رقم 14، 18	38

جدول (4) الغطاء الخرساني طبقاً للكود البريطاني BS8110

الضروف البيئية للمنشأ	أقل سمك للغطاء الخرساني (مم)
الضروف البيئية: متوسطة: أسطح خرسانة محمية من الجو الخارجي أو الظروف القاسية	25
الضروف البيئية: متوسطة: أسطح خرسانة محمية من المطر أو التجمد و الخرسانة دائماً تحت المياه أو الخرسانة الملاصقة لتربة غير مؤثرة	35
الضروف البيئية: قاسية : أسطح الخرسانة معرضة للمطر و معرضة للجفاف و البلل	40
الضروف البيئية: قاسية جداً: الخرسانة معرضة لرذاذ مياه البحر أو الإذابة للتلج بالملح أو معرضة لظروف قاسية للتجمد أثناء البلل	50
الضروف البيئية: أقصى حالة : تعرض أسطح الخرسانة للبري مثل مياه البحر التي تحمل مواد صلبة أو مياه متحركة PH 4.5 أو عربات	60

### 3- تحديد أقصى عرض شرخ مسموح به:

عرض الشروخ في الغطاء الخرساني من العوامل المهمة و التي لها تأثير مباشر على عملية الصدا في حديد التسليح لأن وجود الشروخ العريضة تسهل نفاذ الرطوبة و الأكسجين و ثاني أكسيد الكربون أو أيونات الكلوريد الى الخرسانة و حدوث الصدا. لذلك لابد من منع حدوث تشريخات في الغطاء الخرساني، و إن حدثت فيجب أن لا يتعدى عرضها حدود المسموح به بالنسبة للظروف البيئية المحيطة بالخرسانة. و أقصى عرض للشرخ المسموح به حسب الظروف البيئية التي يتعرض لها المنشأ طبقاً للمواصفات القياسية الأمريكية ACI Committee 224 موضحة في الجدول 5.

جدول (5) عرض الشرخ المسموح به في الظروف البيئية المختلفة للمنشأ

الظروف البيئية للمنشأ	أقصى عرض للشرخ (مم)
هواء جاف أو سطح مغطى	0.4
رطوبة عالية وبخار مياه و تربة	0.3
مياه بحر أو رذاذ مياه بحر	0.15
حوائل حازرة للمياه	0.1

فيجب التقيد بالقيم التي في الجدول (5) عند تصميم القطاع الخرساني للوقاية من الصدا و هناك معادلات يمكن من خلالها حساب عرض الشرخ المتوقع. أقرحت ACI Committee 224 المعادلة التالية لحساب أقصى عرض للشرخ

$$W_{max} = 0.076 \beta f_s (d_c A)^{0.333} * 10^{-3}$$

حيث:

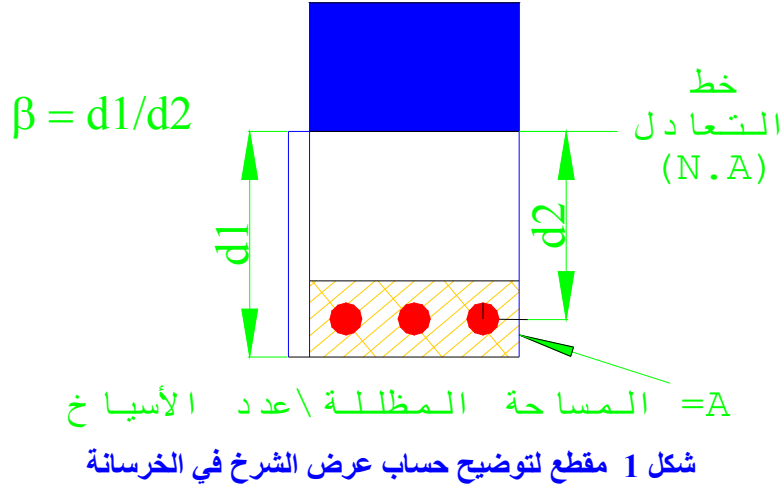
$W_{max}$  : أقصى عرض للشرخ بالبوصة (in)

$\beta$ : نسبة المسافة بين خط الإعتدال و وجهة الشد الى المسافة بين خط الإعتدال و نقطة مركز تسليح الشد

$f_s$ : إجهاد حديد التسليح بوحدة (ksi)

$d_c$ : سمك الغطاء الخرساني بالبوصة (in) من وجهه الشد إلى حافة أقرب سيخ تسليح.

A: مساحة الخرسانة المتماثلة مع حديد تسليح الشد مقسومة على عدد الأسياخ ( $\text{in}^2$ ).  
انظر الشكل (1) لتوضيح معادلة حساب عرض الشرخ.



○ ملاحظات:

- 1- لتقليل عرض الشرخ يجب تقليل إجهادات حديد التسليح تحت تأثير أحمال التشغيل في المعادلة السابقة.
- 2- استخدام أقطار صغيرة وعدد أكبر من حديد التسليح بدل الأقطار الكبيرة من حديد التسليح.
- 3- الالتزام بالحد الأدنى للغطاء الخرسانى وعدم تكبيره.
- 4- أقصى قيمة م/س ( W/C ratio ):

زيادة نسبة الماء إلى الأسمنت تؤدي إلى تشقق الغطاء الخرسانى لحديد التسليح في مرحلة الانكماش اللدن و كذلك تضعف مقاومة ضغط الخرسانة . و لصنع خرسانة جيدة لحماية حديد التسليح يجب تقليل نسبة الماء إلى الإسمنت، وهناك مضافات يمكن استخدامها لهذا لغرض. فالمواصفات القياسية العالمية البريطانية و الأمريكية تعطي مواصفات الغطاء الخرسانى الذي يعتمد على العوامل الجوية التي يتعرض لها المنشأ الخرسانى طبقاً لمحتوى الإسمنت و نسبة الماء إلى الإسمنت كما هو موضح في الجدولين رقم (6 ، 7).

## مشروع التخرج-2006-2007م

جدول رقم(6) توصيات المواصفات الأمريكية للغطاء الخرساني و نسبة ( م/ س )  
للمنشآت البحرية

المنطقة	أقصى نسبة م/س	أقل مقاومة للكسر بعد 28 يوم (Mpa)	أقل سمك للغطاء الخرساني
الهواء الجوي	0.4	35	50
تعرض لرش متقطع من ماء البحر	0.4	35	65
منطقة الغمر بالماء	0.4	35	50

### 5- أقل محتوى إسمنت:

محتوى الإسمنت في الخرسانة يعتبر من العوامل الرئيسية لإنتاج خرسانة ذات جودة عالية. لذلك توصي مواصفات كثير من الدول على ضرورة الالتزام بعمل خلطات خرسانية تحتوي على الكمية المناسبة لإنتاج خرسانة جيدة ذات مقاومة لا تقل عن حدود معينة لحماية حديد التسليح من الصدأ كما هو مبين في جدول (7).

جدول (7) توصيات المواصفات القياسية الأوروبية 1992 - ENV206 - لأقصى نسبة م/س، وكذلك أقل سمك للغطاء الخرساني وأقل محتوى للأسمنت المناظرين لكل مقاومة للخرسانة حسب الظروف الجوية.

درجة التعرض	أقل محتوى للأسمنت (كجم/م <sup>3</sup> )	أقصى نسبة م/س	أقل سمك للغطاء الخرساني (م)	درجة الخرسانة (Mpa)*
1- جاف	260	0.65	15	C30
2- رطوبة	280	0.60	20	C30
	280	0.55	25	C35
3- إذابة الجليد بالملح	300	0.50	40	C35
4- مياه البحر	300	0.55	40	C35
	300	0.50	40	C35
5- كيماويات ضارة	280	0.55	25	
	300	0.50	30	
	300	0.45	40	

\* C30، C35 : مقاومة الضغط للخرسانة ( 30 Mpa ، 35 Mpa )

## **6- إحتياطات التصميم و التنفيذ لحماية الخرسانة من الكربنة:**

تزيد عملية الكربنة بزيادة الرطوبة النسبية في البيئة المحيطة و درجة الحرارة وزيادة نسبة الماء الى الإسمنت (م/س) وكذلك في حالة عدم وجود المعالجة الجيد للخرسانة. وبما أنه لا يمكن التحكم في الظروف البيئية المحيطة، فيمكن التقليل من تأثير الكربنة عن طريق الأتي:

- 1- يجب إنتاج خرسانة قوية قادرة على مقاومة عملية الكربنة بالإهتمام بنسب محتوى الخرسانة ونسبة الماء الى الإسمنت (م/س) والدمك الجيد وغيره كما تقدم في البنود السابقة وخصوصاً في مناطق الجو الحارة الجاف (المناطق الصحراوية مثل مأرب و حضرموت) وكذلك في مناطق الجو الحار الرطب (مناطق السواحل مثل الحديدة و عدن).
- 2- عدم إستخدام الإضافات المعدنية التي تساعد على إنتشار الكربنة مثل خبث الافران (Fly-Ash) ويمكن إستخدام الإضافات التي لاتساعد على إنتشار الكربنة في حالة الضرورة.
- 3- الإهتمام بالمعالجة الجيدة لفترة كافية (28 يوم).

## **ب- طرق الحماية المختلفة لحديد التسليح:**

حماية المنشآت الخرسانية والمعدنية أقل كلفة من اصلاحها. وحماية المنشآت الخرسانية يتم عن طريق ضبط جودة الخرسانة ومراعاة متطلبات واحتياطات التصميم والتنفيذ التي تختلف باختلاف الظروف الجوية التي يتعرض لها المنشأ. كما توجد طرق اخرى لحماية حديد التسليح من الصدأ ومنها استخدام حديد مجلفن أو مدهون أو استخدام الحديد الغير قابل للصدأ أو استخدام بعض الاضافات المانعة للصدأ اثناء صب الخرسانة أو عن طريق الحماية الخارجية باستخدام أغشية لمنع تسرب الماء أو دهانات إيبوكسية.

## **1- موانع الصدأ:**

هناك نوعين من موانع الصدأ، "موانع الصدأ الأنودية" و "موانع الصدى الكاثودية". وموانع الصدأ هي عبارة عن محاليل تضاف لمكونات الخلطات و أساس عمل الموانع



الأنودية هو حماية الطبقة السلبية حول حديد التسليح أما اساس عمل الموانع الكاثودية هو منع تغلغل الأكسجين الى الخرسانة.

أ- الحماية الأنودية:

يتم حماية طبقة الحماية السلبية حول الحديد باستخدام نترات الكالسيوم مع مكونات الخلط وقد وجد انه لا يوجد أثر ضار لإستخدام هذه المادة لكنها تعجل من زمن شك الخرسانة لذا فانه يجب اضافة بعض الاضافات التي تزيد من زمن الشك.

ب- الحماية الكاثودية:

من امثلة هذه الموانع الفوسفات والزنك حيث يتم اضافة أيأ منهما اثناء عملية خلط الخرسانة وبعد عملية الصب يتم امتصاص هذه المواد بواسطة سطح حديد التسليح وتعمل كعازل لتقليل كمية الاكسجين في الخرسانة. وفي حالة إستخدامها في خلطات المنشآت المعرضة للكلوريدات فإن موانع الصدأ تتفاعل مع الكلوريدات وتقلل كميتها في الخرسانة وبذلك تقلل تأثير الكلوريدات على الخرسانة. وتعد الحماية الكاثودية أكثر فاعلية في منع صدأ الحديد من الموانع الأنودية.

## **2- حديد مجلفن:**

يستخدم الحديد المجلفن فى انتاخ الخرسانة المسلحة خصوصاً اذا ما تم التأكد من تعرضها لمهاجمة الكلوريدات ولا تقوم الجلفنة بمنع الصدأ فى حالة مهاجمة الكلوريدات لكنها تقلل منه بدرجة كبيرة.

وعملية الجلفنة هي عبارة عن استخدام طبقة من الزنك وذلك بغمر قضيب الحديد فى محلول زنك عند درجة حرارة  $450^{\circ}\text{C}$  ثم التبريد ومن ثم يتكون غطاء من الزنك على قضيب الحديد من أربع طبقات. الطبقة الخارجية من هذه الطبقات تكون من الزنك الصافي بينما الطبقات الاخرى خليط من الحديد والزنك. ويحدث الصدأ لطبقة الزنك مع الزمن ولكن بشكل بطيئ جداً ولذلك، فطبقة الزنك تزيد من عمر المنشأ كلما زاد سمكها.

ويعتمد ثبات الزنك على درجة القاعدية فى مسام الخرسانة ويكون الزنك أكثر ثباتاً فى حالة ما تكون قيمة pH ما بين 8 و 12.6 وعندما تزيد قيمة pH عن 13.3 يحدث ذوبان للزنك لذلك يعتبر الحديد المجلفن ذو كفاءة عالية فى حالة المنشآت التى تتعرض لعملية الكربنة لأن الكربنة تقلل من قيمة pH. وتوصي المواصفات الامريكية بنوعين من

الجلفنة سماكتها 85 و 150 ميكرومتر. ولا يجب زيادة السماكات عن 180 ميكرومتر وذلك لان زيادة السمك يقلل من التماسك مع الخرسانة.

### **3- دهان حديد التسليح:**

يمكن دهان حديد التسليح بنوع من الأيوكسي القادر على حمايته من الصدأ وخصوصا في حالة تعرضه لمياه البحر، لكن هناك عيوب متعلقة بالتشغيل والنقل والتنفيذ مثل تآكل طبقة الدهان نتيجة للاحتكاك كما ان زيادة سمك طبقة الدهان يقلل من التماسك مع الخرسانة لذا يلزم زيادة طول رباط حديد التسليح وبحسب الكود الامريكي (ACI 318 1989) ، فيجب أن تكون هذه الزيادة من 20 الى 50% من طول الرباط في الحالة العادية.

### **4- الحديد الغير قابل للصدأ (Stainless Steel):**

يستخدم هذا النوع من الحديد في بعض التطبيقات الخاصة والمحدودة لمنع حدوث الصدأ وذلك لارتفاع تكاليف انتاجه حيث تصل تكلفة انتاجه من 8-10 مرات تكلفة الحديد العادى، ويمكن استخدام نوع مطلي بطبقة ستانلس ستيل بسمك 1-2 مم لكنها عملية مرتفعة الكلفة ايضا.

### **ج- حماية أسطح الخرسانة:**

يتم حماية أسطح الخرسانة من النفاذية وذلك لمنع تغلغل الكلوريدات فى حالة تعرض المنشآت للاملاح سواء من الانشطة البحرية و غير. كما يتم حماية أسطح الخرسانة من التحول الكربونى الناتج عن تغلغل ثانى اكسيد الكربون والرطوبة والأكسجين. وتتم عملية الحماية باستخدام مادة سائلة يتم دهانها على السطح الخرساني. وتوجد عدة انواع من الدهانات لحماية الاسطح بالدهان(إنظر مواد الترميم، الباب الثالث) فمنها ماهو طبقة سطحية سمكها من 100-300 ميكرومتر ونوع آخروهو السليكون الذي يتفاعل مع الرطوبة ويقوم بالعمل كغطاء للفجوات ويمنع النفاذية. وهناك نوع ثالث يتفاعل مع الرطوبة ويكون مادة غير قابلة للذوبان تعمل على عدم نفاذ الرطوبة.

## 2 خطوات تنفيذ إصلاح المنشآت المعرضة

### للصدأ:

#### أ- عمليات الصيانة الصغيرة:

في حالة الإصلاحات البسيطة لجزء معين من العنصر الخرساني دون الحاجة الى عمل دعائم فيتم الإصلاح كالآتي:

1- يتم إزالة أجزاء الخرسانة المتضررة إلى ما وراء حديد التسليح بعمق 25 مم

وتنظيف حديد التسليح جيداً من الصدأ

الموجود على سطحه كما هو موضح في

شكل (2).

2- طلاء الحديد بمادة مانعة للصدأ كالأيبوكسي المشبع بالزنك.

3- تجهيز المواد الأسمنتية البديلة ووضعها مكان الخرسانة.

4- يفضل أن تطلّى أسطح الخرسانات بعد الانتهاء من إصلاحها بمواد عازلة وذلك لتحسين أدائها المستقبلي.

5- استخدام دهانات مقاومة للعوامل الجوية في المناطق الساحلية.

#### ب- عمليات الصيانة الكبيرة:

إذا كانت التشوهات كبيرة، فإن عمليات الإصلاح تستدعي وجود أخصائيين في هذا المجال لتقويم مدى تأثير الأجزاء الخرسانية المتضررة على سلامة المبنى واختيار مواد الترميم المناسبة وكذلك إعداد طرق الإصلاح و التدعيم المناسبة للمنشأ قبل البدء في التنفيذ.

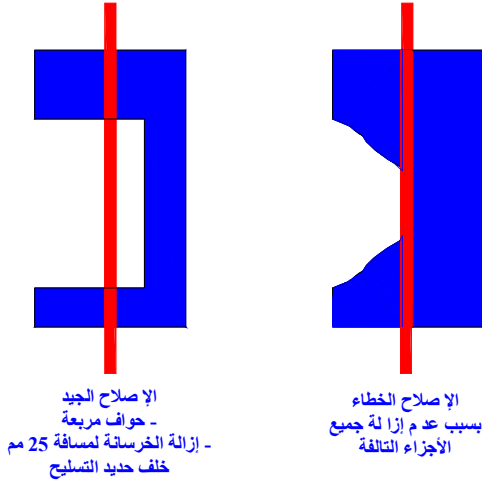
### خطوات ترميم المنشآت التي تعرضت للصدأ:

توجد خطوات ثابتة لترميم جميع المنشآت التي تعرضت للصدأ، يمكن تلخيصها كالآتي:

#### 1- تدعيم المنشأ:

تدعيم المنشأ هو أول خطوة لتنفيذ الإصلاح، وتعتمد طريقة التدعيم على الآتي:

- حالة المنشأ بشكل عام.

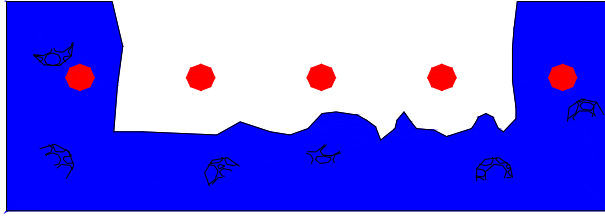


شكل (2) الفرق بين الإصلاح الخاطئ و الجيد في ترميم أضرار الصدأ في الخرسانة

- نوع العضو الخرساني المراد إصلاحه.
  - حجم الإصلاح الذي سيتم.
  - طريقة نقل الأحمال في المبنى الى العناصر المجاورة أو الى الأساسات.
- ويجب الإهتمام بهذه الخطوة والتأكد من كفاءة الدعائم والشدات ويجب أن تكون مصممة بطريقة مناسبة الى الأساسات.

## **2- تكسير الخرسانة المتضررة (التالفة):**

تزال الخرسانة لمسافة أكبر بكثير من الخرسانة المعيبة المطلوب إزالتها وذلك للوصول الى حديد التسليح السليم (كما هو موضح في شكل 3) والطرق المستخدمة في إزالة الخرسانة التالفة هي:



شكل (3) الخرسانة المفتتة خلف حديد التسليح  
باستخدام مدفع المياه

### **أ- الطريقة اليدوية:**

تستخدم في هذه الطريقة المطارق والأزاميل لإزالة الخرسانة المعيبة وتعتبر من أسهل الطرق ولكنها

بطيئة جداً مقارنة بالطرق الميكانيكية، وكذلك يصعب بهذه الطريقة قطع الخرسانة خلف حديد التسليح. لذلك تستخدم هذه الطريقة في حالة حدوث الصداً نتيجة الكربنة أو مهاجمة الكلوريدات من الخارج حيث لانتاج الى تكسير الخرسانة خلف التسليح. و تستخدم الطريقة اليدوية فقط للمساحات الصغيرة وذلك لبطئها.

### **ب- طريقة مطارق الهواء المضغوط:**

تستخدم مطارق وزنها بين 10 – 45 كجم وتعمل بالهواء المضغوط. وهذه المطارق تحتاج الى وحدة كهرباء صغيرة لتشغيلها، وتستخدم للمساحات الصغيرة وذلك لإن معدل الأداء لها في تكسير الخرسانة 0.025 إلى 0.25 م<sup>3</sup> في الساعة. أما في حالة المساحات الكبيرة فيفضل مدفع المياه.

### **ج- مدفع المياه:**

يتكون مدفع المياه من محرك ديزل متصل به طلمبة ضغط (لدفع الماء بقوة ضغط عالية) و يتصل بالطلمبة خرطوم يتحمل مقاومة الضغط الكبيرة للمياه حيث يصل ضغط المياه عند

فوهة المدفع 300-700 كجم/سم<sup>2</sup> واضغط اللازم لقطع الخرسانة حوالي 400 كجم/سم<sup>2</sup>. ويستخدم مدفع المياه يدوياً عن طريق فني يمسك بالخرطوم الذي يندفع منه المياه. ومعدل الأداء لمدفع المياه 0.25-1م<sup>3</sup> في الساعة، ومعدل إستهلاكه للمياه 50 لتر/الدقيقة. ويستخدم لإزالة الخرسانة المتفتتة و تنظيف حديد التسليح كما يزيل جزاء من الخرسانة خلف حديد التسليح. ويجب إستخدام مياه نضيفة لاتحتوي على مواد تؤثر على الخرسانة مثل الكلوريدات وغيره.

### د- مكينات الطحن:

تستخدم لإزالة الغطاء الخرساني، وتستخدم للمساحات الكبيرة ومعدلات الأداء لمكينات الطحن عالية جداً يصل الى 1م<sup>3</sup>/الدقيقة. ويتم إستخدام مدفع المياه أو مطارق ضغط الهواء بعد إستخدام مكينات الطحن لإزالة الخرسانة حول حديد التسليح أو خلفه.

### 3- تنظيف وتهئية سطح الخرسانة:

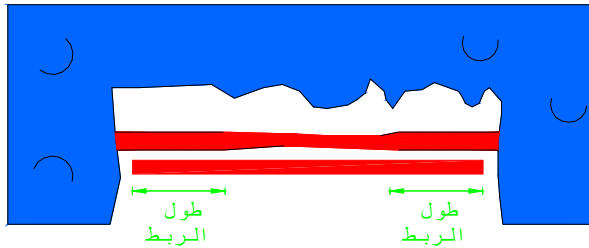
يتم إزالة ما تبقى من تكسير الخرسانة وينظف سطح الخرسانة بمدفع الرمل أو مدفع المياه. ثم تتم عملية تهئية السطح الخرساني وهي أهم خطوة في عملية الترميم من أجل عملية التصاق الخرسانة الجديدة بالخرسانة القديمة بغض النظر عن مادة الربط التي تستخدم لربط الخرسانة القديمة بالجديدة. فيجب تخشين السطح بإستخدام التنقيير أو فرشاة سلك يدوية لإزالة جميع المواد الغريبة كالزيوت والشحوم والاوزاخ والغبار والأتربة وغيره. و يمكن إستخدام ضغط الهواء لتنظيف السطح.

لأنحتاج لتهئية السطح عند إستخدام مدفع المياه لإزالة الخرسانة التالفة، حيث يكون السطح نظيفاً ومبللاً وهذا يعتبر من مميزات مدفع المياه.

في حالة إستخدام المونة الإسمنتية أو الخرسانة في إعادة الغطاء الخرساني فيجب أن يكون السطح المرمم مشبع بالماء لذلك يجب رش المياه على السطح لمدة 24 ساعة قبل الترميم. ولتحقيق أفضل تماسك بين الخرسانة الجديدة و القديمة، يمكن إستخدام مادة إيبوكسية كمانصت المواصفات الأمريكية ACI وهذه المادة هي ASTM C881-78 التي تستخدم فوق السطح الخرساني المراد ترميمه بعد عملية تهئية السطح، ثم تضاف الخرسانة الجديدة قبل أن تجف مادة الإيبوكسي.

#### 4- تنظيف أسياخ حديد التسليح:

يجب تنظيف أسياخ حديد التسليح من الصدأ جيداً وقياس قطر الأسياخ، فإذا نقصت بمقدار 20 % أو أكثر عن القطر الأصلي للأسياخ، فيجب إضافة حديد تسليح إضافي قبل صب الخرسانة الجديدة مع مراعاة أن يكون طول الربط بين الأسياخ الجديدة و السبخ الأصلي كافي كما هو موضح في الشكل(4). ومسافة ربط الأسياخ عبارة عن 50 × قطر السبخ. ويستحسن عمل ثقوب في الخرسانة ووضع أسياخ في الثقوب وتثبيتها بواسطة مادة



الشكل(4) وضع الحديد الإضافي وربطه بالحديد الأصلي

إيبوكسية، من أجل تثبيت اسياخ الحديد الإضافي.

ولكن في أغلب الحالات يكون حديد التسليح متآكل بالكامل ويجب إستبداله. فيتم ربط حديد التسليح الجديد حسب العضو الخرساني المراد ترميمه كمايلي:

#### أ- ترميم البلاطات:

عند تآكل جزء كبير من حديد تسليح البلاطة توجد ثلاث حالات تقريباً، وهي أن يكون الجزء الوسطي من حديد التسليح متآكل وكذلك الخرسانة التي حول حديد التسليح من الاجزاء السفلية للبلاطة أو يكون الجزء السفلي للبلاطة مع حديد التسليح بالكامل متدهور ويجب إستبداله مع الغطاء الخرساني للبلاطة بالكامل، و الحالة الثالثة وهي نادرة أن تكون البلاطة بالكامل متدهورة ويجب إزالتها بالكامل وعمل بلاطة جديدة. ويتم الترميم في الحالات الثلاث كما يأتي:

#### الحالة الأولى: ترميم جزء من البلاطة:

أول أجزاء الخرسانة المسلحة التي يتعرض حديد تسليحها للصدأ هي الأجزاء المعرضة للشد وذلك لحدوث التشرخات وتوسعها نتيجة لتعرضها لقوى شد ممايسهل دخول المواد التي تسبب الكربنة والصدأ لحديد التسليح مثل الرطوبة والأوكسجين وثاني أكسيد الكربون والكلوريدات و الأملاح وغيره.وتتم عملية الإصلاح كالآتي:

- 1- يتم إزالة جميع الخرسانة المتدهورة وحتى الوصول الى ماوراء حديد التسليح بمقدار 25 مم.
- 2- يتم إزالة صدأ الحديد كاملاً، ثم يتم قياس أقطار حديد التسليح ومقارنتها بالأقطار الأصلية لها كما هو مذكور سابقاً. فإذا نقصت أقطار التسليح بمقدار 20% عن الأقطار الأصلية أو أكثر، فيجب تركيب حديد إضافي كما هو موضح في الشكل السابق رقم (4).
- 3- في حالة وضع حديد إضافي يجب أن تكون مسافة ربط الأسياح عبارة عن 50 x قطر السيخ أو 50 سم، أيهما أكبر.
- 4- يتم ربط الحديد الجديد عن طريق حفر ثقوب في الخرسانة ووضع أسياخ حديد قصيرة في تلك الثقوب وتثبيتها بواسطة مواد إيبوكسية، ثم يتم تلحيم الحديد المضاف الى تلك الأسياخ التي في الثقوب، أو يتم ربط الحديد المضاف مباشرة بالخرسنة عن طريق تثبيتها في الثقوب المذكورة بواسطة الإيبوكسي.
- 5- يتم عمل تهيئة مناسبة للسطح الخرساني المرمم كما تقدم، وعمل الغطاء الخرساني المناسب والمعالجة المناسبة.
- 6- يفضل دهان الغطاء الخرساني بمادة مناسبة، لتقليل نفاذية الخرسانة ومنع المواد الضارة التي تسببت في الصدأ من التغلغل في الخرسانة، بعد إكمال المعالجة وجفاف الغطاء الخرساني تماماً ( بعد 28 يوم).

#### الحالة الثانية: تآكل معظم حديد التسليح وإستبداله بالكامل:

- في كثير من الأحوال يكون حديد التسليح متآكل بشكل كبير ويراد إستبداله بالكامل، ففي هذه الحالة يتم الترميم كالاتي:
- 1- تدعيم البلاطة و إزالة الخرسانة المتدهورة باستخدام احد الطرق المذكورة سابقاً ويزال حديد التسليح المتبقي.
  - 2- تهيئة سطح الخرسانة كما تقدم.
  - 3- عمل ثقوب في الكمرات المحيطة بالبلاطة بعمق 70 - 80 مم لعمل أشاير وتثبيت تلك الأشاير داخل الثقوب بمادة إيبوكسي كما هو موضح في الشكل (5)، و يجب أن يزيد قطر الثقب بمقدار 40 مم عن قطر الأشاير.

4- حفر ثقوب في خرسانة البلاطة وتثبيت دلايات (أو اشابير رأسية) فيها بواسطة مادة إيبوكسي لتعليق حديد التسليح الجديد وربطة بخرسانة البلاطة.

5- تلحيم حديد تسليح البلاطة الجديد (في الإتجاهين) بالأشابير المثبتة في الكمرات المجاورة وكذلك الدلايات.

6- صب الغطاء الخرساني وعمل المعالجة له.

#### **الحالة الثالثة: تدهو خرسانة البلاطة مع حديد التسليح ويراد إستبدال البلاطة بالكامل:**

في هذه الحالة يتم إزالة التكسيات من أعلى و أسفل البلاطة، ثم يتم إزالة البلاطة بالكامل و عمل تخشيبية و تسليح للبلاطة بنفس الطرق المعروفة في صب البلاطات الخرسانية، مع ربط تسليح البلاطة بالكمرات المجاورة.

وتؤخذ الحيطه في عمل تدعيمات مناسبة في الثلث الأول للبلاطة من جهات الكمرات المستندة عليها البلاطة حتى لا تحدث عزوم ليّ للكمرات المجاورة.

#### **ب- ترميم الكمرات (الجسور):**

يتم ترميم الكمرات بإتباع الخطوات الآتية:

1- إزالة الخرسانة المعيبة وتنظيف و تقييم حديد التسليح وتهيئة السطح كما تقدم في ترميم البلاطات.

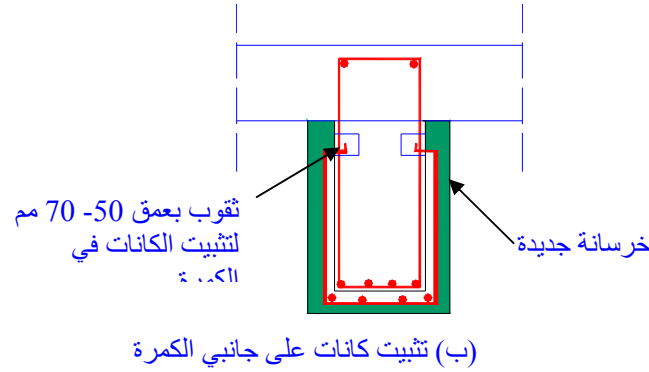
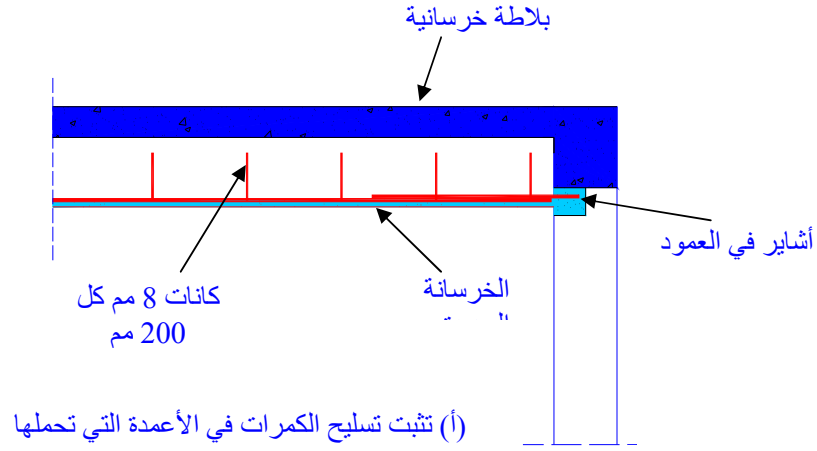
2- عمل ثقوب بعمق 70 – 80 مم في العمودين الحاملين للكمرة لزرع أشابير في تلك الثقوب وتثبيتها بمادة إيبوكسي.

3- ربط حديد التسليح الجديد للكمرة (بواسطة الأسلاك أو اللحام) الى تلك الأشابير المزروعة في الاعمدة كما هو موضح في الشكل (6-أ).

4- زرع كانات (بقطر 8 مم كل 200 مم) عن طريق عمل ثقوب بعمق 50- 70 مم على جانبي الكمرة كما هو موضح في الشكل (6-ب).

5- صب الغطاء الخرساني كما تقدم.



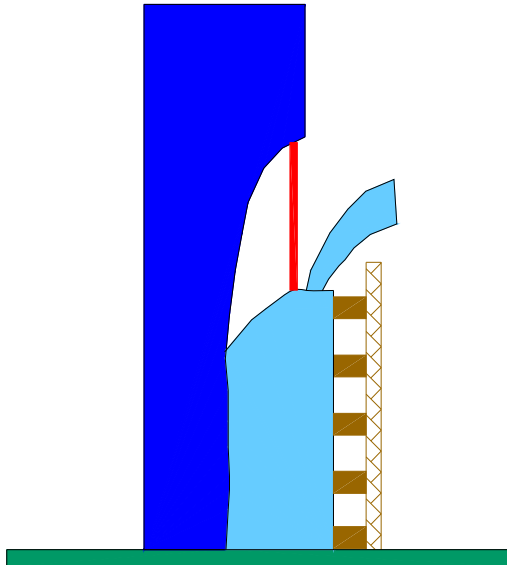


شكل (6) ترميم الكمرات الخرسانية المعرضة للصدأ

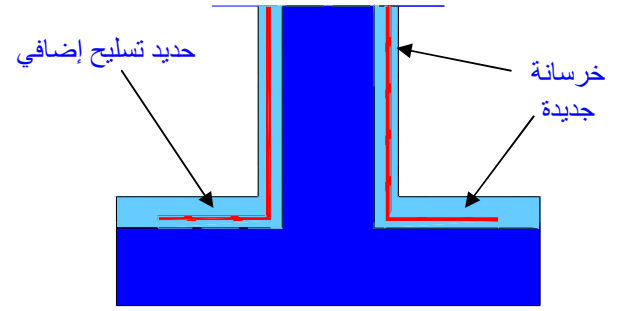
### ج- ترميم الأعمدة:

في حالة ترميم الأعمدة المتضررة من الصدأ تتبع الخطوات الآتية:

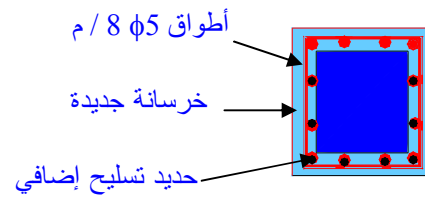
- 1- إزالة الخرسانة المتدهورة حتى الوصول الى قاعدة العمود، وتنظيف وتقييم حديد التسليح كما تقدم.
- 2- تحديد كمية الحديد المطلوبة و عمل أرجل لأسياخ الحديد ووضعها على القاعدة موزعاً على محيط العمود كما في الشكل (7).
- 3- صب الخرسانة كما هو موضح في الشكل (8).



شكل (8) صب خرسانة العمود المرمم في الموقع



عمل أرجل للحديد الإضافي للعمود ووضعها على القاعدة



شكل (7) ترميم الأعمدة الخرسانية

## الباب التاسع

## الاحتياطات الواجب اتخاذها في التصميم والتنفيذ للوقاية من تصدعات

## المباني

## الفصل الاول: إحتياجات التصميم

- أسس التصميم

## الفصل الثاني: إحتياجات التنفيذ

- ## ■ نفاذية الخرسانة

- طبيعة ونسب المواد المكونة للخرسانة

- **الركام الخشن (الكري)**

- الركام الناعم (الرمل)

- الماء

- ## ■ الاسمنت

- ## ■ الإضافات

- ### ○ تأثير طرق التحضير والإعداد على نفاذية الخرسانة

- تأثير المعالجات اللاحقة على نفاذية الخرسانة

- **الصب في الأجواء الحارة:**

- إيناع الخرسانة بعد صبها Concrete Curing

- تشقق الخرسانة
- الفواصل في المنشآت المدنية
  - فواصل الصب Construction Joint
  - فواصل التمدد Expansion Joint
  - فواصل الهبوط Settlement Joint
  - فواصل العزل Isolation Joints
  - فواصل التحكم Control Joint
  - فواصل تخفيف الضغط Pressure Reliving Joint
- اشتراطات أسس التنفيذ لحديد التسليح

## الفصل الأول

### احتياطات التصميم

للوفاية من التصدعات يجب إتباع طرق التصميم و التنفيذ السليمة للمنشآت مع الأخذ في الاعتبار البيئة المحيطة بالمنشأ و ظروف التشغيل لوقاية المباني من التشرخات وصدأ حديد التسليح و التصدعات التي يمكن أن تحدث للمنشآت التعليمية.

ويمكن للمهندس المصمم أو المنفذ اتخاذ الاحتياطات اللازمة في التصميم و التنفيذ لوقاية المباني من التصدعات إذا تمكن من معرفة أسباب التصدعات و ميكانيكية حدوثها وتطورها وكذلك معرفة الأساليب السليمة لمنع حدوثها أو إيقافها أو الحد من تأثيرها في مرحلة التصميم أو التنفيذ أو بعد الإنشاء.

فهناك أخطاء ترتكب في مرحلة التصميم وتجاوزات غير محسوبة في تصميم العناصر الإنشائية أو قصور في توضيح التفاصيل الدقيقة في المخططات التنفيذية بحكم أنها معروفة تؤدي إلى حدوث تصدعات في المنشأ. وهناك أخطاء ترتكب أثناء مرحلة التنفيذ قد لا تؤدي إلى ظهور خلل ملحوظ في الفترة الأولى من تشغيل المنشأ ولكن تؤثر على ديمومته لظهور خلل بعد فترة معينة من تشغيله. كما أن هناك أخطاء ترتكب في مرحلة تشغيل المنشأ من قبل المهندسين القائمين على الصيانة لفشلهم في توقع الأضرار التي يمكن أن تحدث أو لعدم تدخلهم في الوقت المناسب لإيقاف الأسباب التي يمكن أن تؤدي إلى حدوث التصدعات سوءً كانت هذه الأسباب موجودة قبل إنشاء المبنى أو حدثت بعد الإنشاء. لذلك نجد أن هناك ثلاثة مراحل مهمة في عمر المنشأ، و حدوث أخطاء في أيها منها يؤثر سلباً على ديمومة المنشأ.

ولعمل تصميم مناسب للبيئة المحيطة بالمنشأ التعليم، لأبد من تقسيم الجمهورية الى ثلاث مناطق رئيسية هي منطقة الشريط الساحلي ومناطق الوسط والمنطقة الصحراوية.

فهذه المناطق الثلاث تختلف فيها الظروف المناخية و درجة الحرارة و كمية الأمطار بشكل كبير، و نتيجة لذلك فإن المخططات المعمارية و الإنشائية و اشتراطات التنفيذ ومواصفات مواد البناء وطرق العزل المائي و الحراري وكذلك عزل الأساسات يجب أن تتلاءم مع البيئة المحيطة.

ففي منطقة الشريط الساحلي يتميز المناخ بالرطوبة والحرارة العالية ووجود المواد الضارة بالخرسانة مثل الأملاح و الكلوريدات نتيجة لقربها من البيئة البحرية، لذلك فمنطقة الشريط الساحلي تشكل بيئة عدوانية للمنشآت الخرسانية تؤدي إلى تدهور الخرسانة وصدأ حديد التسليح بشكل سريع في حالة عدم اتخاذ الاحتياطات اللازمة للوقاية من العوامل التي تؤدي إلى الصدأ وتدهور الخرسانة.

#### أسس التصميم:

للوفاية من الأخطاء التي تحدث في مرحلة التصميم، يجب أن تتم التصميم وفقاً لما يأتي:

- 1- تقرير دراسات التربة و الإجهادات المسموح بها عند مستوى التأسيس.
- 2 - دراسة اتزان المنشأ تحت تأثير الأحمال الحية والميتة والرياح والزلازل وغيرها.
- 3 - دراسة قدرة جميع العناصر الإنشائية للمبنى تحت تأثير جميع الأحمال المعرض لها المبنى وعدم حدوث شروخ تزيد عن الحدود المسموح بها في المواصفات، أو حدوث انحناءات كبيرة أو اهتزاز البلاطات عند السير عليها.
- 4 - اختيار الخرسانة المناسبة ( مثل الخرسانة الكثيفة أي ذات إجهادات عالية، وتوفير الغطاء الخرساني المناسب لحماية حديد التسليح من الصدأ.
- 5 - أعمال عزل الرطوبة المناسب لبيئة المنشأ التعليمي وأي عوامل أخرى قد تؤثر على العناصر الإنشائية للمبنى.
- 6- مطابقة المخططات الإنشائية مع المخططات المعمارية.

## مشروع التخرج-2006-2007م

- 7- مطابقة التصميم للمواصفات و البيئة المحيطة بالمنشأ.
- 8- فواصل التنفيذ وفواصل التمدد.
- 9- الفتحات في البلاطات ومكانها وشكلها وأبعادها وتسليح محيطها.
- 10- إجهاد الخرسانة التصميمي ، وكذلك إجهاد الخضوع لحديد التسليح والأحمال الحية والميتة وعدد أدوار المبنى.
- 11- مراعاة المتطلبات الخاصة للمباني حسب الظروف البيئية للمبنى.
- 12- مطابقة التصميم للمعايير الخاصة بأنظمة البناء ( الارتفاعات - نسبة البناء - ساحات المدرسة).
- 13- ضرورة توضيح جميع الأبعاد والمناسيب على جميع المخططات بمقياس رسم مناسب.
- 14- الدراسات التحليلية للمشاريع التعليمية ( تحليل الموقع - أنظمة البناء ).
- 15- الموقع العام للمشروع التعليمي و حدود الأرض وموقع البناء ونسبته والمباني المحيطة، المداخل والمخارج، وعروض الشوارع والمناسيب المختلفة للأرضيات المحيطة بالمنشأ التعليمي.
- 16- المساحات وأبعاد الفراغات الداخلية والممرات والسلالم والأبواب والنوافذ وغيرها.
- 17- توفير الإضاءة الطبيعية والصناعية والتهوية المناسبة لكافة الفراغات.
- 18- خزانات المياه وكذلك العزل المائي .
- 19- الصرف الصحي .
- 20- تصريفات مياه الأمطار و السيول .
- 21- التشطيبات اللازمة المناسبة للبيئة المحيطة بالمنشأ.

## مشروع التخرج-2006-2007م

- 22- المواد المستخدمة لتشطيب الأرضيات والأسقف والحوائط.
- 23- ملائمة مواد البناء و النوافذ و الأبواب للبيئة المحيطة.
- 24- مراعاة متطلبات ذوي الاحتياجات الخاصة (المعوقين).
- 26- مراعاة استخدام العوازل الحرارية المناسبة.
- 27- وضوح المخططات و دقتها وسهولة فهمها و تنفيذها.
- 28- توضيح طرق التنفيذ.
- 29- الملاحظات المكملة للمخططات و التفاصيل المختلفة للعناصر الإنشائية.
- 30- أية إشتراطات أخرى للتنفيذ.
- 31- الحماية المناسبة للواجهات و الأسقف.
- 32- الحماية الداخلية و الخارجية للمبنى .



## الفصل الثاني

### الاحتياطات الواجب اتخاذها في مرحلة التنفيذ للوقاية من تصدع المنشآت الخرسانية

- هناك عوامل كثيرة تؤدي إلى حدوث تشوهات وتصدعات في المباني. وفيمايلي  
إستعراض لتلك العوامل وعلاقتها بالتصدعات التي تحدث في المباني:

#### 1- نفاذية الخرسانة:

تعتبر نفاذية الخرسانة من اهم الاسباب التي تؤدي الى تصدع المنشآت وذلك لأن دخول العناصر الضارة مثل الكلوريدات، الكبريتات، ثاني أكسيد الكربون، الأوكسجين وبخار الماء في الخرسانة يعتمد على نفاذية الخرسانة. لذلك تعتبر نفاذية الخرسانة العامل الاساسي المتحكم في ديمومة الخرسانة. لذلك يجب على منتجي ومستخدمي الخرسانة والمهندسين الممارسين معرفة العوامل المؤثرة على نفاذية الخرسانة. ونظراً لأن نفاذية الخرسانة تعتمد على عدة عوامل مثل مواد الخرسانة، طرق الخلط، طرق الصب والإنضاج، لذا يجب الاهتمام بكل هذه العوامل عند تصميم الخلطات الخرسانية لإنتاج خرسانة كثيفة وغير نفاذة. كما يجب أن يعتمد تصميم الخلطة الخرسانية على تناسب الركام الثنائي (الركام الخشن والرمل)، كما يجب خلط الخرسانة وصبها ودمكها وإنضاجها جيداً. كذلك يجب تشجيع استخدام الإضافات الكيميائية و/أو المواد البوزولانية لتحسين كثافة الخرسانة، حيث تقتضي الظروف البيئية القاسية، خصوصاً في المناطق الساحلية، إنتاج خرسانة كثيفة وغير نفاذة لمنع مشاكل التدهور المختلفة. وتتأثر نفاذية الخرسانة بثلاثة عوامل رئيسية هي:

طبيعة ونسب مواد المكونات، طرق التحضير والإعداد، والمعالجات اللاحقة.

## 1- طبيعة ونسب المواد المكونة للخرسانة:

### أ- الركام الخشن (الكري):

معامل النفاذية للخرسانة يزداد بصورة ملحوظة عند زيادة مقاس الركام ولذلك يجب تقليل مقاس الركام.

وتتأثر نفاذية الخرسانة أيضا بشكل حبيبات الركام، لأن استخدام الركام المفطح والذي يوجد على شكل رقائق، يزيد من نفاذية الخرسانة وذلك بحجز ماء النزف المتصاعد وفقاعات الهواء تحت أسطح الركام المفطحة، مما يتسبب في وجود صدوع تحت الركام ومناطق ذات مسامية عالية وضعيفة، مما يتسبب في وجود تشققات مجهرية تزيد من نفاذية الخرسانة. كما أن نوعية الركام تؤثر على نفاذية الخرسانة فمثلاً الركام المتكون من معادن السيليكات الخشنة كالكوارتز والفلسبار تكون روابط ضعيفة مع عجينة الإسمنت يسهل كسرها بدرجة الحرارة الطبيعية وتغيرات الرطوبة فتحدث تشققات مجهرية كبيرة تزيد من نفاذية الخرسانة.

### ب- الركام الناعم (الرمل):

نقص نسبة الركام الناعم يؤدي الى تواجد فراغات تزيد من نفاذية الخرسانة. كما أن وجود اتربة و مواد عضوية و مواد غريبة في الرمل تزيد من نفاذية الخرسانة.

### ج- الماء:

يجب أن لا يحتوي الماء المستخدم في الخلطات الخرسانية على أي مواد ذات تأثير ضار بديمومة الخرسانة مثل الأملاح و الملوثات وغير ذلك. و يمكن عمل اساس لقبول الماء المستخدم في الخلطات الخرسانة مثل الماء المقبول لأغراض الشرب. لذلك لا يستخدم ماء البحر نتيجة لإحتوائه على أملاح تتسبب في تدهور المنشآت الخرسانية بسبب صدأ حديد التسليح. ولذلك، فإن هناك حدوداً لهذه الأملاح لا يمكن تجاوزها في ماء الخلط والإنضاج لمنع مثل هذا التدهور لأن نقاء الماء يؤثر بصورة كبيرة على نفاذية الخرسانة وديمومتها. كذلك درجة حرارة الماء تؤثر على معدل التغلغل، حيث أن الزيادة في درجة الحرارة تعني ان حركية الجزيئات تزداد، مما يسهل من حركة الشوائب في السائل، كما أن درجات الحرارة العالية تزيد من تغلغل الكلورايد وخاصة للخرسانة الكثيفة ذات نسبة ماء إلى إسمنت قليلة.

#### د- الأسمنت:

عجينة المونة الاسمنتية هي التي تغلف حبيبات الركام في الخرسانة المدموكة جيداً، لذلك فان نفاذية عجينة المونة الاسمنتية لها أكبر تأثير على نفاذية الخرسانة. و عجينة المونة الأسمنتية تعتمد على كمية الاسمنت ونسبة الماء للأسمنت ، لذا فهما العاملان الأكثر أهمية اللذان يؤثران على نفاذية الخرسانة.

فعندما تقل نسبة الماء للإسمنت، تصبح حبيبات الاسمنت أكثر تركيزاً في العجينة الإسمنتية. وعند التميؤ، يكون هنالك حيز أقل للماء لملء الفراغات بين الحبيبات نفسها، مما يسهل قفل تلك الفراغات الصغيرة وفصلها. إن توزيع حجم الفراغات ونفاذية العجينة الإسمنتية يعتمدان بشكل كبير على نسبة الماء للأسمنت، وخاصة عندما تكون الخرسانة محتوية على ركام ذي نوعية جيدة، حيث تعتمد نفاذية الخرسانة على نفاذية العجينة. وعندما يكون الركام الخشن ضعيف ودرجة امتصاصه للماء عالية، كما في المناطق الساحلية، فان نفاذية الخرسانة لاتعتمد كلياً على مسامية العجينة الإسمنتية، بل على نوعية الركام. ومن المعروف أن نفاذية الخرسانة تقل كثيراً عندما تقل نسبة الماء للأسمنت عن 0.45، نظراً لأن المسامات في الخرسانة لاتكون متصلة فيما بينها، مما يمنع من دخول العناصر الضارة . وللحصول على خرسانة ذات جودة عالية و قليلة المسامية، فإنه من الضروري أن تكون نسبة الماء للأسمنت أقل من 0.45 أو في حدود 0.40، ويجب إضافة كميات مناسبة من المواد المليئة للحصول على التشغيل المطلوب.

#### هـ الإضافات:

تستخدم الإضافات عادةً لغرض تحسين أو تطوير خاصية معينة للخرسانة حديثة الصب أو المتصلدة. وأهم الإضافات الكيميائية الشائعة الاستخدام هي مخفضات الماء والملدنات، حيث أن استخدام هذه الإضافات تساعد على إنتاج خلطة قابلة للتشغيل حتى عند استخدام نسبة ماء للأسمنت قليلة، مما يقلل كثيراً من نفاذية الخرسانة. أما الإضافات المعدنية مثل البوزولان الطبيعي و الرماد المتطاير، وخبث أفران الحديد و غبار السيليكا فتستخدم لإنتاج خرسانة كثيفة وغير نفاذة.

## 2- تأثير طرق التحضير والإعداد على نفاذية الخرسانة:

تتأثر نفاذية الخرسانة بطرق الخلط والنقل والصب والدمك وإنضاج الخرسانة، لذلك يجب أن تعطى هذه المراحل في إنتاج الخرسانة أهمية كبيرة لتقليل نفاذية الخرسانة المنتجة. ان الخلط الجيد والدمك الكافي يؤمنان مزج منتظم وجيد وملء للفراغات بين الركام وعجينة الإسمنت للحصول على نفاذية قليلة. كما يجب أن تنقل الخرسانة وتصب وتدمك بطريقة تمنع الفصل الحبيبي والنزف المتزايد والمحافظة على تجانس الخلطة. لأن الفصل الحبيبي في الخرسانة يتسبب في تكوين فراغات، خاصة حول قضبان حديد التسليح، مما يجعل الخرسانة مسامية. وعند حدوث ذلك، فان عمل هز محدود للخرسانة الرطبة قد يزيل، بعض هذه الفراغات. كما أن زيادة فترة الهز له يحدث فصل حبيبي لمكونات الخلطة، لذلك يجب عدم الإستخدام الزائد عن الحد المطلوب. كما أن التشطيب غير الجيد لأسطح الخرسانة يؤثر بشكل كبير على نفاذية طبقة السطح الخرساني. لذلك يجب توفير غطاء خرساني كثيف وغير نفاذ، وأن هذا العمل أفضل من زيادة سمك الغطاء أكثر من اللازم للحصول على خرسانة ذات ديمومة عالية. كما يمكن تقليل مسامية الخرسانة بإستخدام طلاء خاص لتقليل نفاذية الخرسانة لحمايتها من التدهور. كما يمكن إستخدام أطلاية خاصة لمقاومة الاملاح و شوارد الكلوريدات والمياه المالحة لحماية اسطح الخرسانة خصوصاً في المناطق الساحلية.

## 3- تأثير المعالجات اللاحقة على نفاذية الخرسانة:

طريقة الإنضاج لها تأثير كبير على نفاذية الخرسانة وذلك لأن تميؤ الاسمنت يمكن ان يحدث فقط في المسامات المليئة بالماء، ولهذا يجب تقادي فقدان الماء بالتبخر من المسامات. وتأثير الإنضاج يكون أكثر على الخرسانة عندما تكون نسبة الماء للإسمنت متدنية، حيث يمكن حدوث التجفيف الذاتي بسرعة، مما يتسبب في ظهور التشققات المجهرية.

وبسبب الظروف المناخية القاسية ودرجة الحرارة العالية خصوصاً منطقة السواحل و المناطق الحارة، تتزايد الحاجة للماء، ويزداد فقدان الهبوط وإنقاص فترة الشك، مما يتسبب في ظهور فواصل باردة ودمك غير كافي وزيادة القابلية للانكماش اللدن وظهور التشققات

في الخرسانة الطازجة. كما أن الخرسانة المصبوبة والمنضجة في ظروف جوية حارة أو غير منضجة بما فيه الكفاية، فإن قوة الخرسانة تقل ما بين 30 إلى 40%. بالإضافة الى ذلك فإن طبقات الخرسانة الخارجية تتأثر بصورة مستديمة في ظروف الجو الحار، مضعفة بذلك الغطاء الخرساني الواقي ضد دخول الكلورايدات و الكبريتات و الرطوبة والأكسجين داخل جسم الخرسانة. كما ان معدلات التبخر العالية في ماء الخلط وماء الإنضاج تتسبب في تركيز أملاح الكلورايد والكبريتات قرب السطح، مما قد يتسبب في تدهور الخرسانة وصدأ الحديد إذا كان الغطاء الخرساني صغيراً.

كذلك التشققات الحرارية والانكماش الناتج عن التجفيف تتلف الخرسانة في المناطق الحارة. بالإضافة الى ذلك فإن صدأ حديد التسليح وذوبان الأملاح يتسارعان مع ارتفاع درجة الحرارة كما ان التغير في درجات الحرارة يولد دورات من الانكماش/التمدد والتميو/فقدان الماء مسببة تشققات مجهرية وتدهور المنطقة الرابطة بين الحصى وعجينة الإسمنت نتيجة لعدم الموائمة الحرارية لمكونات الخرسانة. ويؤدي كل هذه التأثيرات إلى نتائج تراكمية سلبية، مما يؤدي لزيادة نفاذية الخرسانة وتقليل ديمومتها.

كما أن درجة الحرارة العالية خلال صب الخرسانة وفترة الشك للإسمنت تحدث تميؤ سريع في بداية عُمر الخرسانة والمصاحب بارتفاع في درجة حرارة الإنضاج يقوم بتكوين منتجات إسمنتية ذات بناء فيزيائي ضعيف، وأكثر مسامية تساعد في زيادة المسامات وتظل دائماً غير معبأة مما يزيد من نفاذية الخرسانة. بالإضافة الى تشكل التمددات الحرارية المتباعدة لمكونات الخرسانة المختلفة محدثاً تشققات مجهرية (تصبح الأساس لتدهور الخرسانة فيما بعد) نتيجة لدرجة الحرارة العالية عند المراحل المبكرة ، مما يزيد من نفاذية الخرسانة.

## **2- الصب في الأجواء الحارة:**

يحظر صب الخرسانة عندما تزيد حرارتها عن (32) درجة مئوية ، ويجب اتخاذ الإجراءات اللازمة لتخفيض حرارتها أو الامتناع عن الصب. وأفضل طريقة لتخفيض حرارة الخرسانة هي تخفيض درجة حرارة مكوناتها:  
الماء: حيث يمكن استخدام ماء بارد أو قوالب الثلج.  
الركام: حيث يمكن تبريده بالماء أو تغطيته.

الأسمنت: حيث يستحسن خزنه في أماكن باردة بحيث لا يكون معرضاً للشمس مباشرة. يكون التشقق الناتج عن الانكماش اللدن مصاحباً للصب في الجو الحار عادة ويمكن حدوثه عندما يكون معدل التبخر أكثر من معدل صعود الماء للسطح من الخرسانة حديثة الصب (النزف). وتؤثر درجات الحرارة العالية للخرسانة والهواء وسرعة الرياح العالية وكذلك قلة الرطوبة أو هذه العناصر مجتمعة تأثيراً كبيراً في حدوث التشققات الناتجة عن الانكماش اللدن.

### **3- إيناع الخرسانة بعد صبها Concrete Curing:**

تبدأ هذه العملية بعد صب الخرسانة مباشرة بحيث تصان الخرسانة من الجفاف المبكر والحرارة الزائدة والبرودة الشديدة والأضرار الميكانيكية مثل إجهادات التحميل والصدمات الثقيلة والاهتزازات الزائدة. ويجب الحد من فقدان الرطوبة قدر المستطاع وخاصة خلال فترة الإماهة (Hydration) وتصلد الخرسانة الأولى. ويجب أن تستمر هذه العملية لمدة أسبوعين ما عدا الخرسانة ذات التصلد السريع والمبكر حيث تنخفض هذه المدة لأسبوع واحد وتبدأ العملية قبل فك الشدة.

طرق الإيناع:

الغمر بالماء : وهي أفضل الطرق ولكنها ليست دائماً ممكنة، ويمكن استخدامها لغمر البلاطات والأسقف المنبسطة.

الإيناع بالرش: حيث يمكن استخدام رشاشات ماء ولكن لا يسمح بالرش المتقطع الذي يسمح بجفاف سطح الخرسانة.

الخيش والأقمشة الأخرى: ويستحسن استخدام نوع سميك وثقيل الوزن للاحتفاظ بالرطوبة لمدة أطول.

التراب والرمل ونشارة الخشب:---

المعالجة بالبخار: وتستعمل لغرض الحصول على مقاومة مبكرة.

### **4- تشقق الخرسانة:**

أولاً: الماء ضروري لكي يتم التفاعل الكيماوي في الخلطة الخرسانية (التفاعل بين الأسمنت والماء)

ثانياً: بعد صب الخرسانة فإن جزء كبير من الماء الموجود في الخلطة الخرسانية يتبخر بفعل الحرارة

ولذلك كان من اللازم تعويض الماء المفقود بعملية الرش والمعالجة بالماء.

ثالثاً: إذا لم يتم تعويض الماء المتبخر (أي لم تتم المعالجة) فإن التفاعل بين مكونات الخلطة لن يكتمل مما يؤدي إلى قلة الترابط بينها فتحدث تشققات.

رابعاً: يجب عند خلط الخرسانة في المصنع أو يدوياً ضبط كمية الماء وهو ما يسمى بالنسبة المائبة الأسمنتية  $w/c$  حسب القوة المطلوبة.

لو زادت نسبة الماء في الخلطة أيضاً يحدث تشققات في الخرسانة لأن كثرة الماء تضعف الخرسانة وتسبب الانفصال وقلة التماسك.

#### **5- الفواصل في المنشآت المدنية:**

يهمل البعض أو ينسى أهمية الفواصل بالخرسانة، وقد يسبب هذا التناسي أو الإهمال أضرار بالمباني وتصدعات وشروخ كان بالإمكان تداركها.

ويمكن فرز أنواع أو أقسام فواصل الخرسانة Concrete Joint علي النحو التالي:

##### **1. فاصل الصب Construction Joint:**

هو الفاصل الناتج عن عمل صبتين متجاورتين للخرسانة ، و يتوجب عمل هذ الفاصل وذلك بسبب عدم الصب بعملية مستمرة ومضي فترة زمنية بين عمليتي الصب.

ويجب عمل فاصل الصب للخرسانة في أماكن القص الأقل Minimum Shear سواء كان ذلك للبلاطات أو الكمرات أو الأرضيات.

##### **2. فواصل التمدد Expansion Joint:**

الغرض من عمل فواصل التمدد للمباني هو التحكم في الشقوق التي تحدث للخرسانة ولخفض مقاومة التمدد والانكماش في الخرسانة نتيجة للعوامل الطبيعية وتأثير البيئة.

ويجب اختيار الأماكن المناسبة لفواصل التمدد الراسية في المباني والتي من الممكن أن تظهر فيها الشروخ بسبب قوة الشد الأفقية (Horizontal stress).

وتحدد المسافة بين فاصل تمدد وآخر بناء علي توقع تمدد حائط مبني أو جزء منه ومقاومة تصميم الحائط لقوة الشد الأفقية وأماكن تواجد الفتحات في الحوائط مثل الأبواب و الشبابيك ... الخ.

و يجب أن لا يقل عرض فاصل التمدد عن 2 سم والمسافة الأفقية في المباني الخرسانية التي تستوجب عمل فاصل تمدد تتراوح بين 40 إلى 60 م مع مراعاة عمل فواصل أخرى في أجزاء المبنى الغير متكافئة في الوزن ، والبعد الأفقي بين فاصل تمدد وآخر للأسوار المستمرة 12 م.

يجب مراعاة تأثير التغيرات الحرارية والرطوبة والانكماش للخرسانة عند تصميم المنشآت.

### 3. فواصل الهبوط Settlement Joint:

الغرض من هذا النوع من الفواصل هو حماية المباني من هبوط للتربة والتي تسبب إزاحة راسية Vertical Displacement وتكون في الأماكن أو أجزاء المبنى الغير متكافئة في الوزن أو أماكن حدوث الهبوط. ويجب أن تكون الفواصل قاطعة لطول المبنى بأكمله ويكون عرض الفاصل في حدود 2 سم و يبدأ الفاصل من الأساسات وينتهي في اعلي سقف مرورا بجميع الأدوار ويجب اخذ الاحتياطات عند التصميم لعوامل الرطوبة والندي الذي قد يتكون داخل هذه الفواصل.

### 4. فواصل العزل Isolation Joints:

تسمح بالتمدد الأفقي البسيط الناتج عن انكماش البلاطات أو الأساسات أو الحوائط ، كما أنها تسمح بالتمدد الرأسي عند حدوث هبوط بالتربة ومن المهم أن لا تحوي على أي نوع من أنواع التسليح.

### 5- فواصل التحكم Control Joint:

الغرض منها السماح للخرسانة بالانضغاط ومنع حدوث شروخ ناتجة عن انكماش الخرسانة بسبب التغير الحراري و يتم عملها للبلاطات الأرضية لتسمح بتمدد البلاطات في الإتجاه الأفقي فقط ولا تسمح بالهبوط.

### 6- فواصل تخفيف الضغط Pressure Reliving Joint:

خاصة بالتمدد الأفقي في المنشآت الإطارية التي تعمل فيها تكسيه للحوائط أو الحوائط الستائرية.

وتهدف إلي تخفيف الضغط علي الكسوة ، وتظهر واضحة في تكسيات الحوائط مثل الرخام والحوائط المفرغة.



ولتجنب حدث تصدعات المباني بسبب سواء التنفيذ لحديد التسليح، يجب التقيد بإستراتيجيات التنفيذ لتسليح العناصر الخرسانة.

#### **6- اشتراطات أسس التنفيذ لحديد التسليح:**

**1- التنظيف:** يجب أن تنظف الأسياخ من القشور الناتجة عن التصنيع والصدأ غير المتماسك

**2- الثنى :** يجب عدم ثنى الأسياخ بطريقة تضر بمادتها

**3- الرص والتثبيت :** يجب وضع الأسياخ فى مواضعها المضبوطة طبقا للرسومات وبحيث تضمن استيفاء الغطاء المحدد للتسليح بواسطة سلك الرباط.

**4- وصل الأسياخ باللحام :** يسمح بوصل الأسياخ باللحام حسب المواصفات القياسية على أن يظل محور الأسياخ الملحومة على استقامة واحدة عند موضع اللحام

**5- مقاسات الأسياخ :** يفضل استخدام أقل عدد ممكن من المقاسات المختلفه للأسياخ فى أى عضو ضمن المنشأ.

**6- الغطاء الخرساني للتسليح :** يجب اعتبار القيم التاليه لسمك الغطاء الخرساني مقاسه من السطح الخارجى للأسياخ أو الكانات وحتى السطح الخارجى للعنصر الخرساني كحد أدنى .

البلاطات: 2.0 سم

الكمرات والأعمده: 2.0 - 2.5 سم

يجب ألا يقل الغطاء عن قطر أكبر سيخ مستخدم بحد اقصى 6 سم

#### **7- المسافه بين الأسياخ :**

**أ- المسافه بين الأسياخ فى الكمرات :**

• يجب ألا تقل المسافه الخالصه بين الأسياخ فى الطبقة الواحده فى الكمرات عن قطر السيخ أو 2.5 سم أو أكبر مقاس للركام أيهما أكبر.

• يجب ألا تقل المسافه الخالصه بين طبقات التسليح المتتاليه فى الكمرات عن 2 سم أو قطر أكبر سيخ أيهما أكبر.

**ب- المسافه بين الأسياخ فى البلاطات:**

## مشروع التخرج-2006-2007م

- يجب ألا تقل نسبة التسليح فى الاتجاه الرئيسى عن 0.25 % من مساحة القطاع المطلوب للبلاطه على ألا تقل عن 0.15 % من المساحة الفعلية.
- يرتب التسليح بحيث يغطى كافة مناطق الشد ويمتد بعد نهايتها مسافه تساوى الطول اللازم للرباط.
- يكسح نصف الحديد فى البلاطات المستمرة التى تتساوى فيها او تتقارب البحور ويكون التكسيح فى خمس البحر الخالص ويمتد الجزء العلوى الى ربع البحر المجاور الا فى الحالات التى يكون فيها توزيع الحديد طبقا لمنحنى الانحناء.
- أكبر مسافه بين أسياخ التسليح الرئيسى فى منتصف البحر تكون مره ونصف سمك البلاطه ولا تتعدى 20 سم.
- يجب ألا تقل اسياخ التسليح المستقيمه والممتده إلى الارتكازات عن ثلث التسليح المستعمل فى منتصف البحر.
- أصغر قطر للأسياخ الرئيسيه المستقيمه فى العاده 8 مم.
- يجب ألا تقل أسياخ التوزيع العموديه على التسليح الرئيسى عن خمسه.
- اكبر مسافه بين أسياخ التسليح الرئيسى فى منتصف البحر تكون ضعف سمك البلاطه فى حالة البلاطات ذات الاتجاهين ولا تتعدى 20 سم.
- ج- المسافه بين الأسياخ فى الأعمده:
  - يجب أن يحتوى العمود على سيخ طولى فى كل ركن من أركانه.
  - فى الأعمده التى يوضع بها أسياخ فى الأركان يجب أن لا يزيد طول أقصى ضلع فى مقطعها عن 35 سم وإذا زادت المسافه عن ذلك، يجب وضع أسياخ متوسطه على مسافات لا تزيد عن 30 سم بين أسياخ الأركان ويجب مسك هذه الأسياخ بكانات خاصه.
  - يجب ألا تزيد أقصى مسافات بين الكانات عن أى من القيم التاليه :
    - 15 مره قطر أصغر سيخ طولى.
    - طول أصغر ضلع فى قطاع العمود 25 سم.
    - أدنى قطر للأسياخ الطويله هو 13 مم على أن يسمح فى الأعمال الأقل أهميه باستعمال قطر 10مم.

## مشروع التخرج-2006-2007م

- أدنى قطر للكانات هو  $\frac{1}{4}$  قطر أكبر سيخ طولى على أن لا يقل عن 6 مم وأقل حجم للكانات هو 0.25% من حجم الخرسانه.
- تستمر الكانات العاديه أو الحلزونية داخل الكمرات.
- يجب أن تكون الكانات الحلزونية ذات شكل دائرى أو يقرب من الدائرى.
- أقصى خطوه للكانات الحلزونية هي 8 سم أو  $\frac{5}{1}$  قلب القطاع أيهما أصغر وأقل خطوه 3 سم
- يجب الاحتفاظ بطول الخطوه ثابت.

### 8- الرباط :

- يجب أن تمتد أسياخ الشد لأي قطاع مسافه بحيث يكون حاصل ضرب الإجهاد المسموح به للتماسك في محيط السيخ في طوله مقاسا من هذا القطاع مساويا على الأقل لمقاومة الشد في السيخ في ذلك القطاع .
- يجب ان تستخدم اكناش طرفيه أو رباطه طرفيه اخرى فيما عدا الحالات التاليه حيث يمكن الاستغناء عنها
- تسليح البلاطات اذا كان قطر السيخ 10مم أو أقل بحيث يكون للسيخ الطول الكامل اللازم للربط.

### 9- وصل الأسياخ :

- يجب أن يقلل وصل الأسياخ الى أدنى حد ممكن.
- يجب أن تترك على الأقل 75% من الأسياخ المطلوبه عند أى قطاع فى أية كمره أو بلاطه بدون أن توصل وبشرط أن لا تعوق الوصلات صب الخرسانه جيدا.
- اقل طول للوصلة 50 قطر السيخ او الطول المحسوب ايهما اكبر
- طول الوصله = إجهاد الشد فى السيخ  $\times$  قطر السيخ ..



دراسة بالصور الملونة  
عن أسباب انهيار المباني  
وطرق الترميم والصيانة



صورة(1) بلاطة خرسانية وقد وصل القطاع الخرساني إلى حد الانهيار وانكشف السقف العلوي كما تقطعت أسياخ حديد التسليح.

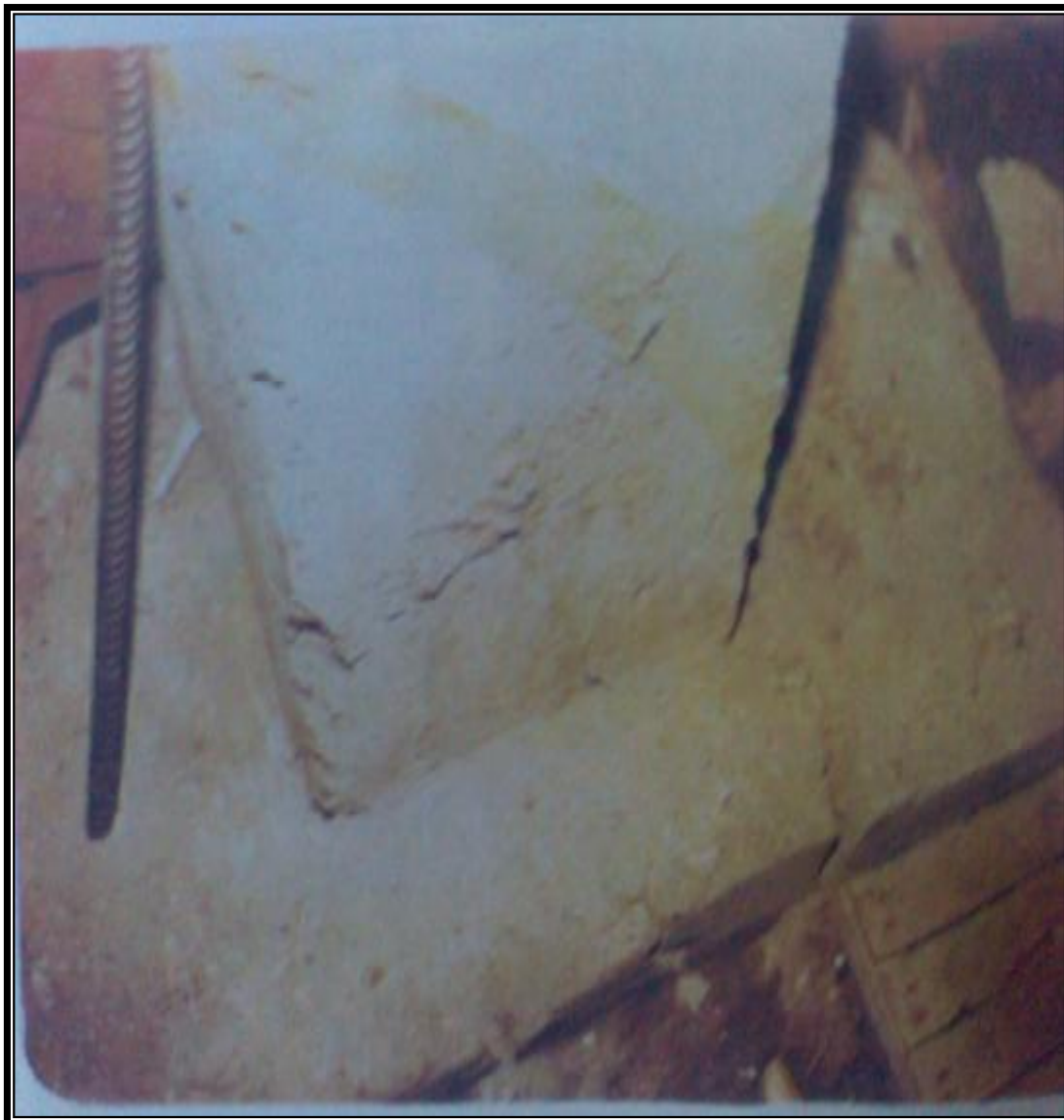


صورة(2) تبين لنا انهيار خرسانة سقف إحدى دورات المياه وانكشاف حديد التسليح وقد علاه الصدأ(لون الحديد أصبح مصفر مانلاً للاحمرار).

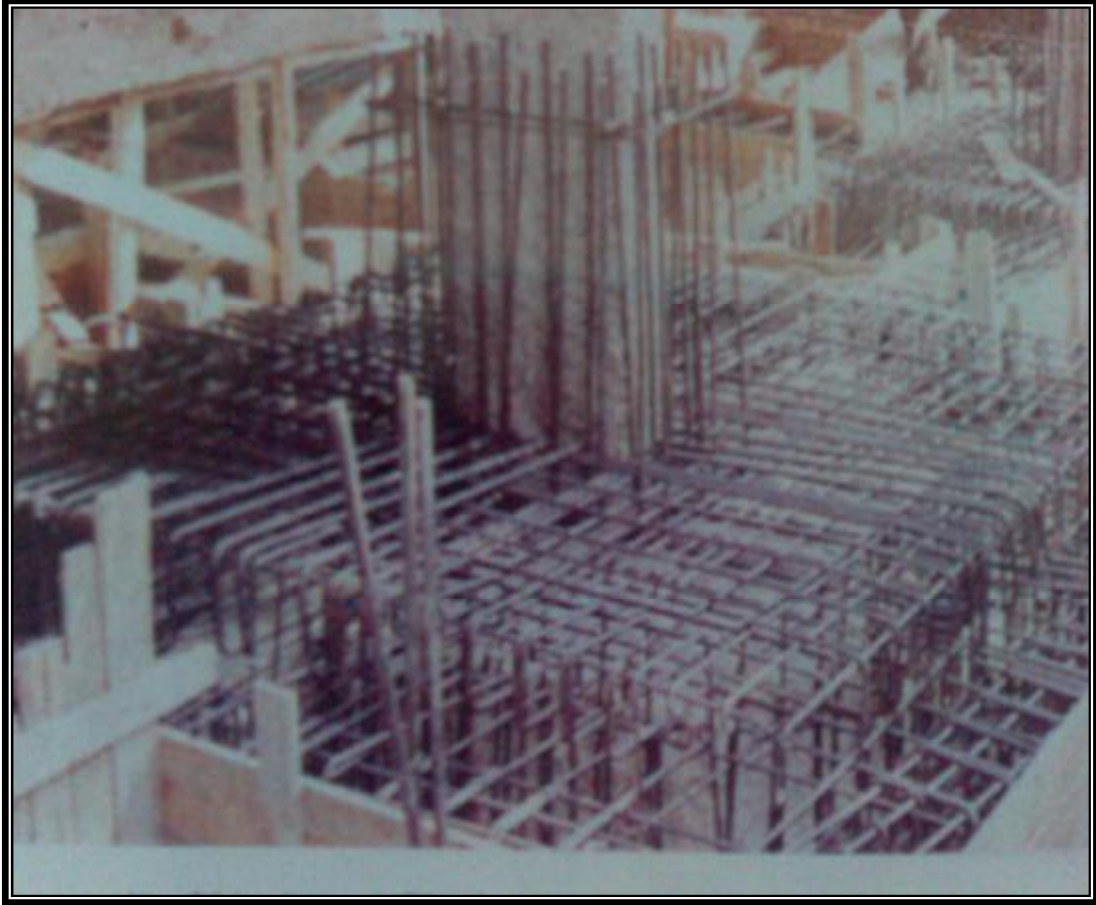


صورة (3) يبين لنا إحدى الصالات ذات البلاطة المفطحة (slab flat) وقد انهار فيها الغطاء الخرساني فظهر حديد التسليح وبه صداً شديداً والسقف لا زال به شروخ كثيرة، أنظر إلى أرضية الصالة تجد بها آثار ركام الخرسانة بعد انهيارها .





صورة(4) تبين لنا إحدى القواعد الخرسانية بعد الكشف عليها واضح من الصورة وجود شروخ بالقاعدة والخرسانة نوعيتها سيئة جداً وذلك في العمارة(س).



صورة(5) يبين لنا طريقة عمل قميص خرساني مسلح القاعدة السابقة وللعمود أعلاه وذلك لتدعيمها هي وعمودها ، لاحظ كثافة وحسن ترتيب قفص حديد التسليح لقميص القاعدة.



صورة(6)يبين لنا قميص القاعدة وقميص العمود للقاعدة بعد تمام صب وشك  
الخرسانة ثم مرحلة الدهان بالطبقات العازلة.



صورة (7) تبين لنا طريقة عمل قميص طرفي لعمود خرساني بإحدى الفلل .

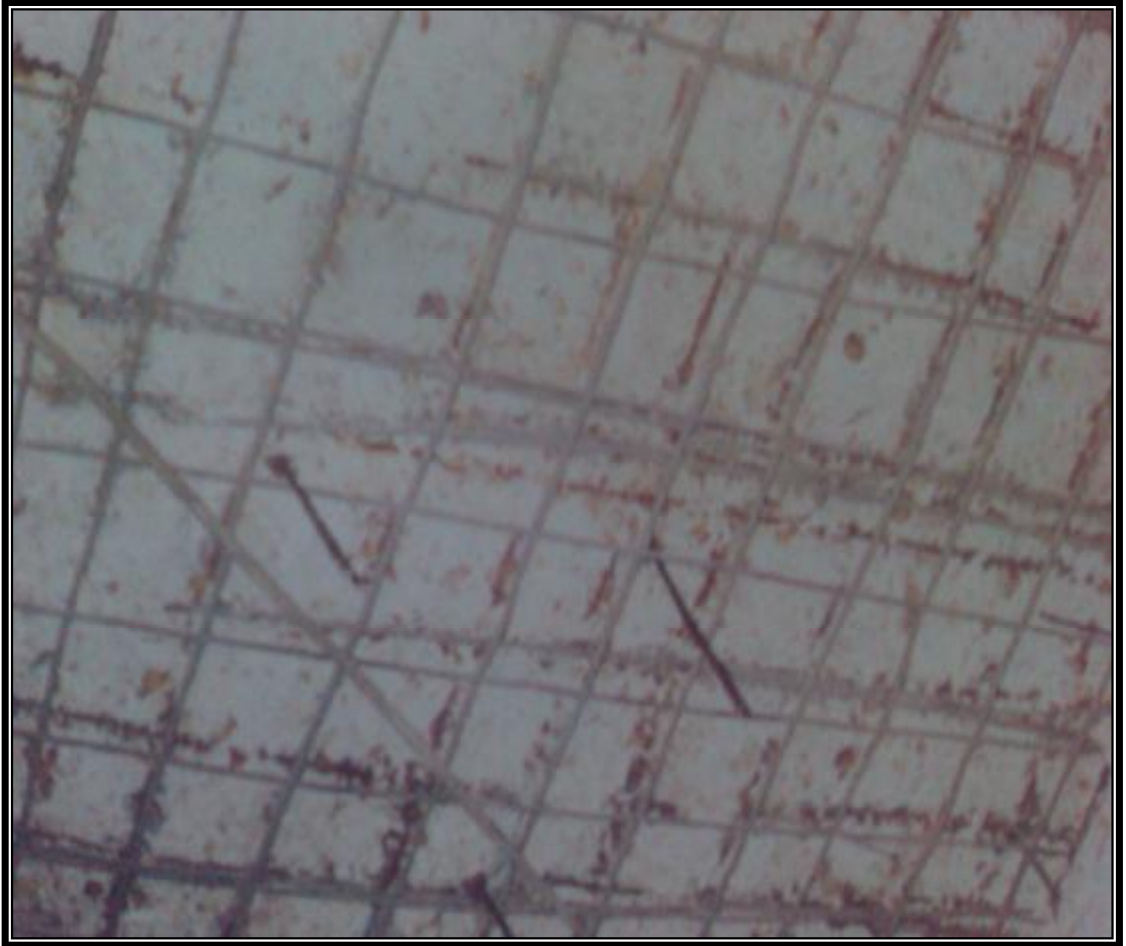


صورة(8) تبين بداية انهيار عمود خرساني في الدور النهائي لإحدى المباني .





صورة(9) عمود خرساني في ركن إحدى العمارات السكنية وقد أدى صدأ حديد التسليح نتيجة الرطوبة العالية وملوحة الجو(عدن) أدى إلى انهيار جزئي للعمود الخرساني وظهور الشروخ وسقوط الغطاء الخرساني .



صورة(10) الشبكة الجديدة المضافة للسقف بعد تثبيتها بإشايير.



صورة (11) تبين لنا طريقة عمل كمرة مدفونة لتدعيم سقف إحدى الفلل ذات السقف المفلطح (flat slab) وذلك لتدعيم هذا السقف وذلك نظراً لعمل فتحة كبيرة في منطقة شريحة العمود (column strip) وذلك بإضافة سلم داخلي .





صورة(12) إحدى الكمرات في السقف الخرساني وذلك بعد الكشف عن حديد التسليح داخلها تمهيداً لعمل الوصلات اللازمة وصنفرة الحديد الصدأ.



صورة(13) السقف الخرساني بعد تمام تلبيس الغطاء الخرساني الجديد بعد تمام تثبيت شبكة الحديد السفلي الجديد ..



صورة (14) أعمال عزل القواعد ورقاب الأعمدة بالبيتومين المؤكسد الساخن



صورة(15) أعمال الحديد للأساسات الجديدة بدلاً من التالفة .





صورة (16) يبين متانة أعمال الشدات الخشبية لحائط خرساني.

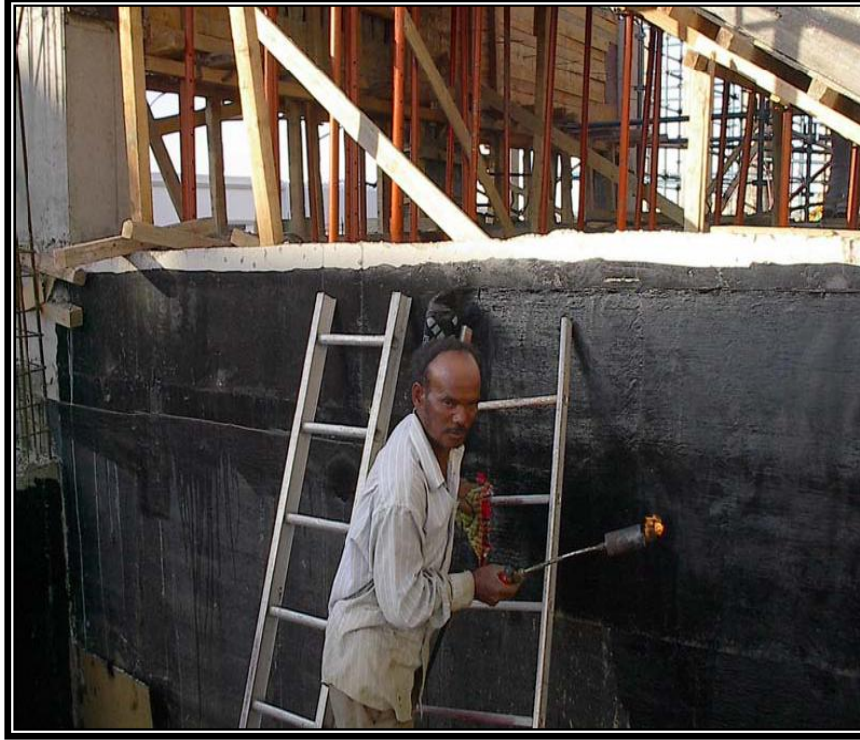


صورة (17) أعمال الترميم التي تتم في الخنادق لعزل مياه الصرف الصحي عن المبنى .



صورة (18) أعمال الردم بعد الانتهاء من الترميمات لأساس وقواعد إحدى الأبنية  
بعد انهيارها





صورة (19) أعمال العزل الرأسية باستخدام الدهان والألواح البيتومينة للحوائط  
الخرسانية الرأسية أسفل منسوب الردم.





صورة رقم(20) ترميم كامل للمبنى بعد تعرضه لهزة أرضية.



صورة رقم(21) ترميم أحد المباني بعد تعرض للحريق .



صورة رقم(22)عملية ترميم واسعة ل احد الفنادق العالمية بالولايات المتحدة



صورة رقم (23) ترميم أحد المباني بعد تعرضه للحريق

(أعمال البياض من الخارج)

## ملحق رقم (1) طرق الكشف عن الشروخ الخرسانية وعمل التقارير بذلك وكيفية المعالجة



**Photo 1.**

Technician is injecting epoxy through ports into cracks. Entry port spacing depends on crack width, type of epoxy, and thickness of concrete member. The surface seal (epoxy paste) contains the liquid epoxy during injection and curing.



**Photo 2.**

Grinders with special blades V or square shaped called "crack chasers" routes out sealant reservoir. Small diameter blades can cut smaller radii so they can chase the crack better than larger diameter blades.



**Photo 3.**

Before repair - random dry shrinkage crack in polished, integral colored floor.



**Photo 4.**

After repair: crack sealed using a two-part polyurea, colored sand and powered coloring to match integral colored concrete. To minimize crack width repair, so sealant reservoir was used. Reservoir not required for dormant cracks.

### Concrete Cracking

It happens. Here's how to fix it.

Guest Writer: Kim Basham PhD, PE

Concrete cracks and that's a fact! Because of this reality, sometimes we need to repair cracks. But with so many options, how do we choose the best repair procedure? It's not as hard as you may think. After investigating the cracks and establishing the repair objectives, selecting the best repair method can be easy.

This summary of crack repair options includes

- epoxy injection,
- routing and sealing,
- stitching and doweling,
- gravity filling,
- polyurethane injection,
- dry packing,
- overlays and surface treatments,
- autogenous healing and
- "no repair."

### Investigating Cracks

Investigators typically collect and evaluate lots of crack information. Commonly, they evaluate the number and location of cracks, crack patterns (horizontal, vertical, diagonal, eggshell, etc.), crack lengths, widths and depths, age or time of occurrence, and reinforcement details including the size and number of bars passing through cracks plus the concrete cover. All this information is important when considering repair options, but one of the keys to selecting the best repair procedure is determining whether the cracks are active or dormant.

Active cracks are moving and growing. Examples include cracks resulting from continuing foundation settlement, or cracks acting as contraction and expansion joints. Dormant cracks are stable and future movements are not anticipated. Typically, cracking caused by drying shrinkage will be active cracks at the beginning but eventually stabilize and become dormant. Also, if there is enough reinforcing crossing through the crack, future movements are controlled and the crack can be considered dormant.

Once a crack is determined to be either active or dormant, these basic repair procedures are indicated:

- For dormant cracks, use either rigid or flexible repair materials.



**Photo 5.**

Polyurethane injection is primarily used to stop water leaks. Here the technician is pumping resin through ports to seal water leaks around steel pipe.



**Photo 6.**

Dry packing a low-water cement mortar into a widened crack is an economical repair option for wide, dormant cracks.

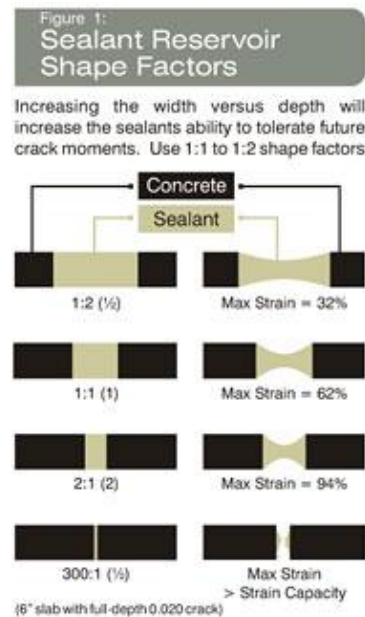


**Photo 7.**

Thin polymer-modified cement overlay can be used to seal multiply surface cracks in slabs and pavements. Special design consideration must be given to active cracks and joints to avoid reflective cracking through the overlay.

- Active cracks require flexible repair materials and special design considerations to allow for future movements. Using a rigid repair material for active cracks typically results in cracking of the repair material and/or the adjacent concrete.

Of course, it is important to establish the cause of cracking and to determine if the cracking is structurally significant or not. Cracks that indicate there may be design or construction errors and raise concerns regarding the load-carrying capacity and safety are structurally significant. Cracks can be the first signs of serious trouble or they may be the total extent of the damage and insignificant with regards to the load-carrying capacity of the member. Cracking can be load-induced or related to intrinsic volume changes such as drying shrinkage, thermal expansion and contraction and may or may not be significant. Before selecting a repair option, identify the cause and consider the significance of the cracking.





Repairing cracks caused by design and construction errors is beyond the scope of this article. Such a situation typically requires a comprehensive structural analysis and special strengthening techniques.

#### Repair Objectives

Repair objectives for cracks commonly include

- Restoring the structural soundness or integrity of a concrete member,
- Stopping water leaks or sealing out water and other harmful elements such as deicing chemicals, and
- Improving the appearance of the crack are common repair objectives.

Considering these objectives, repairs can be loosely divided into three categories:

1. Integrity repairs (restores the member to the original strength),
2. Crack sealing, and
3. Cosmetic repairs.

With the popularity of architectural concrete in recent years, the demand for cosmetic crack repairs is growing. Sometimes integrity repairs and crack sealing are required to be cosmetic repairs too. Before selecting the repair technique, be sure to clearly establish the objectives of the crack repair.

**In summary, there are three key questions that must be answered before the best repair option can be selected:**

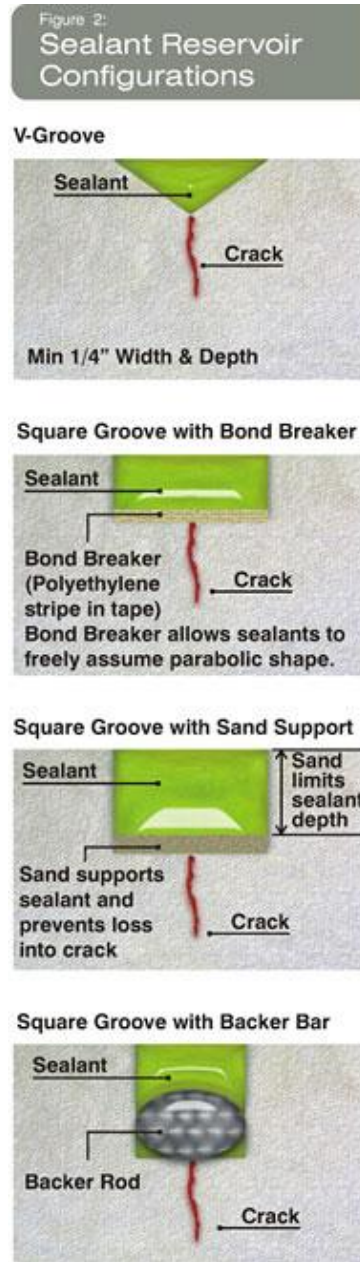
1. Are the cracks active or dormant?
2. Is the repair an integrity repair or crack sealing?
3. Is the repair a cosmetic repair?

Once these questions are answered, it is easy to select one of the following repair options.

#### Crack Repair Options

##### Epoxy Injection

Epoxy injection bonds or welds cracks as narrow as 0.002 inches together and restores concrete soundness and integrity. This method consists of installing injection ports into drilled holes at close intervals along horizontal, vertical or overhead cracks and





pressure-injecting epoxy. Cracks injected with epoxy need to be dormant and not actively leaking. While moist cracks can be injected, water or other contaminants will reduce the effectiveness of the epoxy repair. (PHOTO 1)

Tensile strengths for epoxies exceed 5,000 psi. For this reason, epoxy injection is considered an integrity repair. Epoxy injection will not restore design strengths nor strengthen cracked members damaged because of design or construction errors. Seldom will injecting cracks with epoxy resolve issues associated with load-carrying capacity and structural safety concerns.

Epoxy injection is a rigid, full-depth repair where the injected crack will be stronger than the adjacent concrete. If active cracks or cracks acting as contraction or expansion joints are injected, expect other cracks to form next to or far away from the repaired crack. Only inject dormant cracks or cracks that have sufficient amounts of reinforcing crossing the crack so future movements are restrained. Table 1 summarizes the important selection features of this and the other repair options.

Table 1: Summary of Crack Repair Options				
Repair Method	Active Cracks	Dormant Cracks	Integrity Repair	Crack Sealing
Epoxy Injection		✓	✓	✓
Routing & Sealing	✓	✓		✓
Stitching & Dowelling		✓	✓	✓
Gravity Filling		✓		✓
Polyurethane Injection	✓	✓		✓
Dry Packing		✓		✓
Overlay & Surface Treatments		✓		✓
Autogenous Healing		✓		✓

### Routing and Sealing

This is the simplest and most economical means to repair isolated, fine and large cracks. It is a nonstructural repair that consists of enlarging the crack and filling it with a suitable joint sealant. Depending on the size and shape of the sealant reservoir and the type sealer used, routing and sealing can seal both active and dormant cracks. This method is ideal for horizontal surfaces but can also be used for vertical, overheads and curved surfaces.

Appropriate sealants include epoxies, urethanes, silicones, polyureas, asphaltic materials and polymer mortars. For floors, designers must choose a sealant with suitable flexibility and hardness or stiffness properties to accommodate both the

anticipated floor traffic and future crack movements. As the flexibility of the sealant increases, tolerance to crack growth and movement increases but the load carry-capacity of the sealant and crack edge support decreases. As the hardness increases, load carry-capacity and crack edge support increases but the crack movement tolerance decreases. For dormant cracks, harder sealants are preferred because of the better edge support. For active cracks, flexible sealers are preferred but the load-carrying capacity of the sealant and crack edge support should not be sacrificed.

Some designers prefer to err on the side of specifying a sealant that is too hard so that any crack repair failures, if they occur, are limited to sealant cracking or tearing. Resealing a sealed crack is easier than repairing crack edge spalling.

For active cracks, the size and shape factor of the sealant reservoir is just as important as selecting a suitable sealant that can accommodate the anticipate crack movements. The shape factor is the depth to width ratio of the sealant reservoir. In general, recommended shape factors are 1:2 ( $\frac{1}{2}$ ) and 1:1 ( See Figure 1). Reducing the shape factor (by increasing the width relative to the depth) will decrease the maximum sealant strain caused by crack growth. As the maximum strain is reduced, the amount of crack growth the sealant can tolerate increases.

As shown in Figure 1, the maximum strain in the sealant increases as the shape factor increases. For a 6-inch thick slab with a full-depth 0.020 inch crack, the shape factor without a sealant reservoir is 300 ( $6.0"/0.020" = 300$ ). This explains why active cracks sealed with a flexible sealant without a reservoir commonly fail. Without the reservoir, the maximum strain quickly exceeds the tensile capacity of the sealant if any crack growth occurs. A sealant reservoir should always be used for active cracks.

ACI recommends a reservoir depth (groove depth) from  $\frac{1}{4}$  inch to 1 inch and a shape factor from 1:1 to 1:2. Therefore, reservoir sizes should fall between  $\frac{1}{4}$  inch x  $\frac{1}{4}$  inch and 1 inch (depth) x 2 inch (width). As discussed, the larger reservoir will tolerate more crack growth. Figure 2 shows several sealant reservoir configurations. (PHOTO 2 & 3)

### Stitching and Doweling

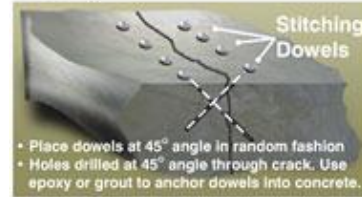
Stitching involves drilling holes on both sides of the crack and anchoring U-shaped metal staples with short legs across the crack as shown in Figure 3. Doweling consists of drilling holes and anchoring straight steel dowels at a 45 degree angle through the crack. Stitching can be used for slabs with any thickness but doweling only works for 6-inch or thicker slabs. Because stitching and doweling restores the tensile strength across the crack, they are integrity repairs. Either rigid or flexible materials can be used to seal the cracks and staples. Both repair techniques will stabilize an active crack and may cause the concrete to crack elsewhere, especially if the repaired crack was acting as a contraction or expansion joint.

Figure 3:  
Stitching & Doweling

#### Stitching



#### Stitching



### Gravity Filling

Low viscosity urethanes, high-molecular-weight methacrylates (HMWA) and some epoxies can gravity fill cracks with widths from 0.001 to 0.080 inches. Lower viscosity materials are used to fill narrow cracks. This method is ideal for areas with multiple surface cracks that are dormant such as plastic shrinkage cracks. The area and cracks are cleaned with air or water blasting (and allowed to dry) before flooding the area with the monomer or resin. If cracks are full of dirt, moisture or other contaminants, penetration of the repair material into cracks is poor. The material is worked into the cracks with brooms, rollers or squeegees then the excessive material is removed to avoid shiny, slick areas. Broadcasting sand over the surface before the repair material cures can help provide a slip-resistant surface.

### Polyurethane Injection

Polyurethane resins can be used to seal wet and leaking cracks as narrow as 0.002 inches. This repair option is primarily used to stop water leaks and consists of injecting a reactive resin into cracks that combines with water to form an expanding gel that chokes off the leak and seals the crack. Hydrophilic resins will chase the water and penetrate into tight micro-cracks and pores of the concrete creating a firm bond to the wet concrete. Also, cured polyurethanes are flexible and will tolerate future crack movements. This repair option is a permanent repair and works with either active or dormant cracks. (Photo 4)

### Dry Packing

Using a saw and chipping hammer, the crack is first opened to a minimum depth and width of about 1 inch. After scrubbing a cement bond coat or a commercial bonding agent into the concrete, a low-water content cement mortar is placed and compacted using a blunt hardwood stick and hammer. After tamping the final lift, the repair is smoothed with a float. Tamping a low-water content mortar into place forces the mortar into the pores of the concrete creating a tight, durability repair with little shrinkage. Dry packing is an economical repair for wide, dormant cracks. (Photo 5)

### **Overlays and Surface Treatments**

Fine surface cracks in slabs and pavements can be repaired using bonded overlays or surface treatments if the cracks are dormant and not full-depth. Thin overlays consist of polymer-modified cement, silica fume mortars and surface treatments consisting of low solids and low viscosity resin-based systems. To avoid reflective cracking at active cracks and working joints, special design considerations are required at these locations. (Photo 6)

### **Autogenous Healing**

It is a natural process of crack repair that occurs in the presence of moisture for cracks with maximum widths between 0.004 and 0.008 inches. The healing process is due to the hydration of unhydrated cement particles that are exposed to moisture as the crack opens. Also, the healing process is helped by the formation of insoluble calcium carbonate from the calcium hydroxide in the cement paste and carbon dioxide in the surrounding air. A 0.004 inch-wide crack can heal after several days and a 0.008 inch crack can heal in several weeks. Healing will not occur if cracks are subjected to fast flowing water and movements.

### **No repair**

Finally, sometimes "no repair" is the best repair option. Not all cracks require repair and monitoring the crack may be the best choice. If needed, the crack can be repaired later.

### **References:**

ACI 224.1R-93 Causes, Evaluation and Repair of Cracks in Concrete Structures (Reapproved 1998), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.

ملحق رقم(2)شرح عن طرق الترميم للشروخ والمواد المستخدمة:

Step #	1
--------	---

### REPAIRING HAIRLINE CRACKS

- You can repair hairline cracks in concrete with a grout made of Portland cement and water. Add just enough water to the cement to form a thick paste.
- Moisten the old concrete along the hairline crack with water for several hours before adding the grout. Moistening the concrete prevents it from drawing the water from the grout, which will dry out the mixture. Although the old concrete should be moist, no water should be standing on the surface when the grout is applied.
- After the hairline crack has been moistened and thoroughly cleaned, apply the grout with a putty knife or pointing trowel. Force the grout into the crack as much as possible. Then smooth it off so it is level with the original concrete.
- Allow the patched area to dry about two hours. Then, cover the area with a piece of plastic sheeting or a board.
- Keep the area covered for about five days. Lift the covering once each day and sprinkle the area with water.

Step #  
**2**



**FIG. 1** - Enlarge the crack with a cold chisel and a hammer before attempting to repair it.



**FIG. 2** - WRONG - Don't just pour new concrete into the old crack.



**RIGHT** - Undercut the crack to give holding power to the new patching mix.



**FIG. 3** - Moisten the area to be repaired with cement adhesive or water.

## REPAIRING CRACKS IN SIDEWALKS

- Cracks in sidewalks that are larger than hairline cracks must be enlarged before they can be satisfactorily repaired. Enlarge the crack along its entire length with a cold chisel and hammer (Fig. 1).
- Make the crack wider at the bottom than at the top (Fig. 2). This is known as undercutting. It helps to bond the new concrete with the older concrete.
- Undercut the crack to a minimum depth of 1". The depth of the undercutting depends on the size and depth of the crack to be repaired.
- After the crack has been thoroughly undercut, remove all loose material and brush the area with a wire brush.
- Use a garden hose or a tire pump to blow or wash away the dust in the crack.
- The new concrete patch will hold better if a concrete adhesive is used first. There are many types of concrete adhesives. Acrylic resin—a milky fluid—is one common type. Brush the adhesive into the undercut area and allow it to dry until it becomes tacky (Fig. 3).
- If you do not use a cement adhesive, thoroughly brush and soak the area to be patched. Moistening the area prevents the old concrete from absorbing all the moisture in the concrete patch. Although it should be moist, no water should be standing on the area where the patch is to be applied.
- For small patching jobs, use a pre-mixed concrete patch. If you use ready-mix concrete patch, all you need to add is water.
- If you mix your own concrete patch, use one part Portland cement to two-and-a-half parts of fine, clean sand. Heavier concrete patch jobs call for one part of Portland cement to two parts of sand to three parts of gravel.
- Tamp the concrete patch mix tightly into the undercut area. Be sure to fill all areas completely.
- When the mixture begins to set, smooth it down with either a metal trowel or a wooden float (Fig. 4). Use a metal trowel for a smooth finish. For a rough surface, use a wood float for the finishing job.

- After the patch is completed, allow it to dry for about two hours. Then cover the patched area completely with plastic sheeting or boards.
- Keep the area covered for about five days. Lift the cover once each day to wet down the repaired area, permitting the new concrete to cure correctly



Step # 3



**FIG. 4** - Smooth off the repair job with a metal trowel or wooden float, depending on the finish desired.

### REPAIRING CONCRETE DRIVEWAYS

- You can repair a crack in a concrete driveway in basically the same way as a crack in a concrete sidewalk. However, since the driveway must carry heavier weight loads, the repaired area must withstand much greater pressure.
- Use a gravel mix, rather than a sand mix, for repairing concrete driveways. This mix is one part Portland cement, two parts sand and three parts gravel.
- Thoroughly clean and then undercut the crack. Brush cement adhesive into the undercut area.
- Undercut the cracked area to a greater depth and make the cracks considerably wider than when repairing a sidewalk. This extra depth and width increases the strength of the repair job.
- Follow all of the steps outlined previously in repairing a crack in a sidewalk to repair a crack in a concrete driveway.
- After the gravel mix has been applied, level the new patch mix off with a trowel or float, as you would do when repairing a sidewalk (Fig. 4).
- Cover the patched area for five days, wetting it down once each day.
- Do not drive an automobile over the patched area for at least five days. This gives the newly patched section time to dry thoroughly before it must carry the heavy load of an automobile or truck.



Step #	4
--------	---

## REPAIRING CRACKS AND HOLES IN CONCRETE WALLS



**FIG. 5** - Enlarge and undercut a concrete wall crack with a cold chisel and hammer.



**FIG. 6** - Clean the undercut area with a stiff wire brush, but leave a rough surface.



**FIG. 7** - Moistening the area to be repaired prevents the newly applied patch from drying out.

- Repairing a crack in a concrete wall requires basically the same steps as repairing a crack in a sidewalk or driveway.
- The cracked area must first be undercut and widened in basically the same way as previously described for a sidewalk (Fig. 2).
- The widening and undercutting can be done with a cold chisel and hammer (Fig. 5). The width and depth of the undercutting depends on the size and length of the crack.
- After all loose material has been chipped away, thoroughly clean the undercut area around the crack with a stiff wire brush (Fig. 6). Do not brush the area enough to smooth off the edges. The rough surface created by the chiseling provides a good bond for the new concrete you'll apply.
- When the enlarged area has been thoroughly cleaned, apply cement adhesive with a brush. This is the same cement adhesive used when repairing sidewalks. If you do not have a cement adhesive, prime the area with a thin, creamy mixture of Portland cement and water.
- In some cases, you can make the patch by simply moistening the area thoroughly before filling the crack with concrete (Fig. 7). Although the moistening is important, a concrete adhesive or the mixture of Portland cement and water is much more desirable than moistening with water only.
- You can use a ready-mix concrete patch for small cracks in cement walls. Force the mixture into the cutaway area with a pointing trowel (Fig. 8). Be sure to use enough pressure to force the patch mix into all the cutaway areas in the crack.
- It may be difficult to conceal the patch, since the finish on the old concrete is difficult to duplicate. To conceal the patch, simply experiment with matching the original finish by roughing up the patched area while it is still workable. Try using an old broom, a float, or any other tool to create the desired rough finish.



**FIG. 8** - Force the concrete patch mix into the area with a pointing trowel.

- You can patch holes and broken areas in concrete walls by simply clearing out the hole in the same basic way you would undercut a crack.
- After the hole has been thoroughly cleaned and cut away, apply the cement adhesive and insert the patch mix into the hole with a pointing trowel (Fig. 9).
- Moisten the area and cure it after the patch is applied in the same way cracks in cement driveways or sidewalks are moistened and cured.



**FIG. 9** - Repair holes in concrete walls the same way you repair cracks.

Step #  
**5**

## PATCHING HOLES IN WALKS OR DRIVEWAYS



**FIG. 10** - Small holes in concrete can be repaired with latex cement.



**FIG. 11** - Brush away all loose particles before applying the latex cement.



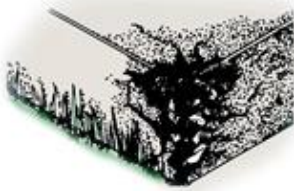
**FIG. 12** - Brush the area to be repaired with a light brush and wash it out with a garden hose.



**FIG. 13** - Finish the latex cement with a trowel.

- How you patch holes in sidewalks and driveways depends on the depth and the size of the hole. If the hole is extremely deep and large, you must undercut it as previously described and fill the area with a gravel mix.
- Small, shallow holes in flat-surfaced concrete—such as driveways, patios or sidewalks—can easily be repaired with latex cement (Fig. 10). If the hole is small and shallow, no chipping away is required.
- Small, shallow holes need only to be cleaned thoroughly before adding the latex cement.
- This cleaning can usually be done with a wire brush, which removes all the small pieces of loose concrete when you rub the area thoroughly (Fig. 11).
- After using the wire brush on the damaged area, use a lighter brush to remove the loose particles that were dislodged by the wire brush. Then, wash the area to be repaired with a garden hose (Fig. 12).
- After the cleaning is done, you are ready to apply the latex cement. This usually comes in 5-lb. cans, with the liquid latex in a smaller can inside a larger can.
- Pour the liquid latex into the larger can and thoroughly mix it with the latex cement to form a heavy paste. Apply this paste to the area to be patched in approximately 1/4" layers. Smooth each layer with a trowel and allow to partially dry before applying the next layer.
- Build up the latex cement 1/4" at a time until it reaches the same level as the original concrete. Then, smooth out the area with a trowel or float as you would finish regular concrete (Fig. 13).

Step #  
**6**



**FIG. 14** - Broken corners on concrete can be repaired with latex cement.

### REPAIRING BROKEN CORNERS ON CONCRETE

- You can repair broken corners on concrete with latex or epoxy cement (Fig. 14). A broken corner should be thoroughly cleaned and moistened before the mixture is applied.
- After the corner has been thoroughly brushed and washed, build up the latex or epoxy cement mix 1/4" at a time, as previously described. If the area to be repaired is quite large, you may need to build a small form to hold the mix while it is drying.

#### TOOL AND MATERIAL CHECKLIST

<input type="checkbox"/> Concrete and Aggregate	<input type="checkbox"/> Garden Hose
<input type="checkbox"/> Concrete Float	<input type="checkbox"/> Work Gloves
<input type="checkbox"/> Cold Chisel	<input type="checkbox"/> Fiber Brush
<input type="checkbox"/> Concrete Patch Mix	<input type="checkbox"/> Latex or Epoxy
<input type="checkbox"/> Cement	<input type="checkbox"/> Pointing Trowel
<input type="checkbox"/> Hammer	<input type="checkbox"/> Wire Brush
<input type="checkbox"/> Finishing Trowel	

Check your state and local codes before starting any project. Follow all safety precautions. Information in this document has been furnished by the National Retail Hardware Association (NRHA) and associated contributors. Every effort has been made to ensure accuracy and safety. Neither NRHA, any contributor nor the retailer can be held responsible for damages or injuries resulting from the use of the information in this document.

#### **Ask for Other "Show-How" Instruction Sheets**

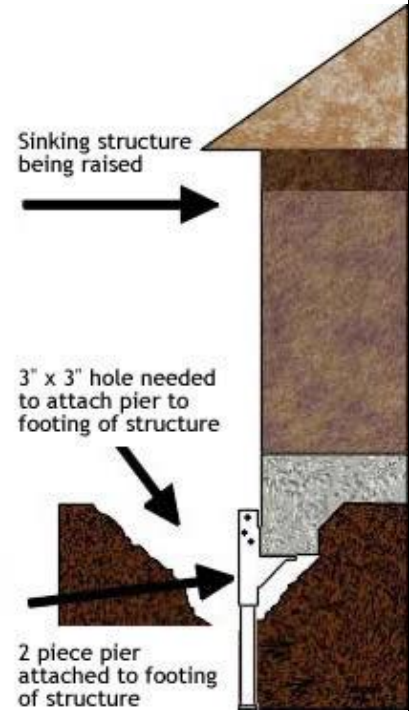
*Additional easy-to-use instruction sheets for home do-it-yourself projects are available from your local supplier of materials. Come in and ask for "Show-How" instructions when you get ready for that next handyman project!*

## ملحق رقم (4)

### طرق ومعالجة الشروخ في الأساسات

ATLAS UNDERPINNING offers a lasting solution to the foundation distress of buildings and structures. Atlas Mini Piers are very effective in emergency stabilization efforts needed to quickly secure a structure from sinking. Atlas Systems offer the fastest, thoroughly engineered, least intrusive and economical method of re-leveling a sinking structure. The amount of excavation required to permit accessibility is relatively small, therefore minimizing landscape repairs. Ultimo has used the combination of Atlas Systems and Compaction Grouting to successfully level and secure buildings.

Many factors may cause the settlement of a structure. Regardless of the cause, the structure has to be supported from bearing strata in order to avoid further settlement. The quality of any work depends of the quality of the product and the skills of the contractor. Atlas Piers are a field tested and proven product, typically used in foundation distress situations. They are constructed of the highest quality materials to ensure a long lasting permanent solution.



Exterior Underpinning  
Installation Pits



Interior Underpinning  
Installation



Foundation Re-leveled with  
Underpinning Pier

[ABOUT](#) | [ATTORNEY SERVICES](#) | [FOUNDATION SPECIALISTS](#) | [CASE STUDIES](#) | [CONTACT US](#)

Copyright © 2002 Ultimo Construction Company. All rights reserved.

## المراجع

1- د. أبو بكر عبد الله عبد الحفيظ السقاف - الدليل العام للصيانة والترميم للمنشآت التعليمية وتحسين البيئة المدرسية .

2- د.حمود أحمد الظفيري- خريطة الظفيري للمناطق الزلزالية في الجمهورية اليمنية .

3- خليل إبراهيم واكد - أسباب انهيار المباني- طرق الترميم والصيانة -الطبعة الثانية . 1996

4- د.عبد الرحمن مجاهد أحمد- دليل المهندس الإنشائي لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية

الجزء الرابع(عيوب وفحص وترميم وتقوية المنشآت الخرسانية).

5- د.عزيز عبد الله المخلافي- دليل صيانة المباني والمنشآت التعليمية .

6- د.سعيد علي الطعان- أساسيات الخرسانة المسلحة . 1993

7- - د. سليمان حيدر الصافي- صيانة وحماية المنشآت الخرسانية المعرضة للصدأ

8. - الكود العربي المصري.

9- الكود العربي السوري.



فهرس المحتويات

الصفحة	الموضوع
3	- مقدمة عن مشاريع التخرج
4	- مقدمة المشروع
6	الباب الأول:
	عيوب وانهيارات وتصدعات المباني وتشرخات الخرسانة المسلحة
6	الفصل الأول: تصدعات المباني وأسبابها
6	- مقدمة:
6	- التقسيم العام لعيوب المنشآت الخرسانية:
6	- بالنسبة لمظهر وشكل هذه العيوب (تصدع ظاهري)
6	- بالنسبة لمستوى حدوث ونوع وخطورة العيوب (تصدع مواد الإنشاء+العنصر الإنشائي):
7	- عيوب على مستوى المادة
7	- عيوب على مستوى العناصر الإنشائية
7	- عيوب على مستوى المنشأ ككل:
7	أولاً: عيوب تتعلق بصلاحية المبنى للاستخدام
7	ثانياً: عيوب تتعلق بأمان المنشأ
7	- بالنسبة للسبب المؤدي إلى حدوث العيوب (أسباب التصدعات للمباني):
8	- أسباب التصدعات المتعلقة بسوء التنفيذ
9	- أسباب التصدعات التي تتعلق بميكانيكا التربة وهندسة الأساسات
9	- الأسباب التي تؤدي إلى تصدعات الخرسانة بسبب صدأ التسليح
9	- أسباب التصدعات المتعلقة بأخطاء التصميم
11	- أسباب التصدعات المتعلقة بسوء استعمال المباني وإهمال الصيانة
11	- تغيير الغرض الذي أنشأ من أجله المبنى
13	- مخطط يوضح أسباب انهيار وتصدع المباني
14	- (1-1) جدول يبين الفروق بين الأحمال الميتة لبعض المواد
15	- (2-1) جدول يبين الفروق بين الأحمال الحية لبعض الاستخدامات
18	الفصل الثاني: الشروخ الخرسانية
18	- مقدمة:
19	- شكل رقم (2) الشروخ المقبولة من ناحية المظهر وعلاقتها بنوع المباني ومسافة الرؤية
20	- تصنيف الشروخ الخرسانية:
20	أولاً:- شروخ تظهر قبل تصلب الخرسانة:

20	- شروخ الانكماش اللدن ( Elastic Shrinkage Cracking )
20	ثانياً:- شروخ تظهر بعد تصلب الخرسانة:
20	أولاً: الشروخ الغير إنشائية:
20	- الشروخ الطبيعية
21	- الشروخ الكيميائية
22	- كيفية ومراحل تدهور الخرسانة نتيجة لصدا الحديد
23	- شروخ الانكماش الحراري (Thermal Shrinkage Cracking)
23	الشروخ الناتجة عن فروق الإجهادات الحرارية (Differential Thermal Strains)
23	- شروخ نتيجة التآكل
24	ثانياً: الشروخ الإنشائية NON-STRUCTURAL CRAKS
24	- شروخ الأخطاء التصميمية Design mistakes cracks
25	- شروخ الأخطاء في التنفيذ APPLICATION MISTAKES CRACKS
25	- شروخ زحف الخرسانة CREEP CRACKS
25	- شروخ نتيجة التحميل الزائد MAXIMAM LOADING CRACKS
26	- شروخ نتيجة هبوط التربة
26	- شكل رقم(4) أنواع الشروخ بالخرسانة
27	الفصل الثالث: أسباب الشروخ وأشكالها وأماكن ظهورها
27	- التشرخات الرأسية في وسط الجسور (تشرخات إجهادات عزوم موجبة)
27	- التشرخات المائلة في طرف الجسور (تشرخات إجهادات قص)
28	- التشققات المائلة بجانب الفتحات السفلية للنوافذ
28	- شرخين مائلين يبدآن من زاوية العمود العلوية إلى منتصف الجسر السفلي بزاوية 45° من طرفي الجدار
29	- تشرخات مائلة بجانب فتحات الأبواب و النوافذ العليا
29	- شرخين مائلين ينطلقان من زاوية العمود السفلية إلى منتصف الجسر العلوي
29	- شروخ في المباني تحت الكمرات مباشرة
29	- هبوط في أرضيات الحجرات
30	- شرخ عمودي في مكان اتصال ألبك مع الأعمدة الخرسانية
30	- وجود ترخيم في البلكونات مع وجود تشرخات من أعلى
30	- وجود هبوط في البلكونات و عدم وجود تشرخات
30	- شرخ في الميدة الأرضية
31	- شرخ رأسي في منتصف الميدة الأرضية
31	- شرخ في الميدة الأرضية قرب العمود و يميل بزاوية 45 درجة
31	- شروخ منتظمة العرض في الجزء الوسطي من الجدران الكبيرة العرض
31	- تشرخات منتظمة العرض عبر عتبة الباب أو عتبات النوافذ في الجدران الصغيرة العرض



31	- تشرخات الجدران الحاملة
31	- شرخ منتظم العرض على شكل سلم في جدران ألبلك من أعلى إلى أسفل
31	- شرخ رأسي منتظم العرض في جدران ألبلك من أعلى إلى أسفل
32	- ظهور شرخ قطري ينطلق من الزاوية العليا للحائط متجهاً نحو الأسفل
32	- ظهور شرخ قطري ينطلق من نهاية أو طرف الحائط السفلي متجهاً نحو الأعلى
32	- شرخ عمودي في الجزء الوسطي لحائط خرساني
33	- شرخ قطري في ألبلك أو الأحجار
33	- شرخ رأسي قرب نهاية جدار
33	- تشرخات أفقية في جدار قرب حمل أفقي مركز
33	- شرخ أفقي قرب منتصف جدار
34	- ظهور شروخ أفقية في أسفل جدار حامل على شكل فاصل بين المونة الإسمنتية والطوب أو الأحجار
34	- وجود تهشم أو تكسر في ألبلك في أسفل جدار حامل
35	- شرخ قطري في جدار حامل يتخلل ألبلك
35	- شرخ قطري في جدار حامل على شكل سلم يتخلل المونة الإسمنتية الأفقية و الرأسية بين ألبلك
36	- شرخ أفقي في جدار بين المونة الإسمنتية و البلك وانفصال المونة الإسمنتية عن البلك
36	- ظهور شروخ أفقية و قطرية في جدار حامل
37	- شروخ أفقية في جدار
37	- شروخ أفقية في الجسور الخرسانية
38	- تشرخات في الجهة العليا من الجسر المستمر (Continues Beam)
38	- ظهور تشرخات في منتصف العمود و بروز أو نفش للغطاء الخرساني
38	- تشرخات غير منتظمة في البلاطة
39	- تشرخات موازية لتسليح البلاطة في الاتجاهين
39	- تشرخات شعرية تغطي جزء كبير من سطح الخرسانة
39	- حدوث شرخ بين الجدار وبلاطة الأرض
40	- حدوث شروخ رأسية قرب ركن عمود و تمتد على طول العمود
40	- حدوث شرخ بين بناء قديم وجديد
40	- وجود شروخ في منتصف البلاطة السفلي و امتدادها من المنتصف في اتجاه أركان البلاطة
41	- تشرخات غير منتظمة على الخرسانة و تختلف عن شروخ الانكماش
41	- ظهور تشرخات في بقع متفرقة على وجه الخرسانة
41	- شرخ رأسي في منتصف جدار في المباني الهيكلية
42	الباب الثاني: التشخيص السليم لأسباب التشرخات والتصدعات في المباني
43	- مقدمة:
44	الفصل الأول: فحص المباني

44	- خطوات تقييم وتشخيص عيوب المنشآت
44	- معاينه وفحص المبنى:
	- :
45	- ثانيًا: الفحص الداخلي
46	الفصل الثاني: اختبارات كفانه الخرسانة المتصلبة
46	- مقدمة:
46	- الاختبارات الغير متلفة للخرسانة
47	- أهم تطبيقات الاختبارات الغير متلفة للخرسانة
47	- أسباب إجراء اختبارات الخرسانة
47	- أهم الأجهزة المستعملة في مجال اختبارات الخرسانة
48	- مطرقة شميدت Schmidt Hammer
51	- الموجات فوق الصوتية Ultrasonic Plus Velocity
56	- الموجات فوق الصوتية Ultrasonic Plus Velocity
56	- جهاز الكشف عن الغطاء الخرساني
57	- جهاز تحديد مواقع وتوجيه و أقطار حديد التسليح Rebar Locator
57	- جهاز الكشف عن صدأ حديد التسليح في الخرسانة Corrosion Analyzing Instrument
58	- الاختبارات قليلة الإلتلاف للخرسانة: اختبار القلب الخرساني Core Test
61	- الاختبارات المتلفة للخرسانة: اختبار التحميل
63	الباب الثالث: مواد الترميم والمعدات المستعملة في ترميم وإصلاح وتقويه المنشآت والمباني
64	الفصل الأول: مواد الترميم
64	- مقدمة:
65	- أسس اختيار مواد الترميم
66	- أهم مواد الترميم الشائعة الاستخدام في ترميم المنشآت
66	- المواد الإيبوكسية (Epoxy Materials)
67	- المونه الإيبوكسية بالألياف المسلحة
67	- المواد الإيبوكسية المرنة
68	- المونه الأسمنتية بألياف الفيبر جلاس
68	- الخرسانة و المونه البولييمرية
69	- مواد الترميم (خصائص محددة للترميم)
69	- مواد ملئ الشقوق الخرسانية العريضة و ترميم الخرسانة المسلحة وغيره
71	- إيبوكسي أساس مائي يستخدم كأساس و لملئ التشرخات الصغيرة
73	- إيبوكسي ذو أساس أكرليك ، معجون أساسه البولي فنيل أسيتات المستحلب بالماء
75	- الإيبوكسي الزيتي كول تار
79	- الاطلية الناهية
83	الفصل الثاني: المعدات المستعملة في الترميم والإصلاح والتقوية

83	- معدات إزالة الخرسانة المعيبة وقطعها
83	أولاً: استخدام الطرق اليدوية أو الميكانيكية
83	ثانياً: استخدام المعدات الخاصة
84	- مدفع الرمل : (Sand Blast)
84	- مدفع المياه
84	- شعلة قطع الخرسانة
84	- معدات رش الخرسانة
85	- معدات الضخ والحقن لمواد الإصلاح ( الأبيوكسي )
86	الباب الرابع: المعالجة وطرق الترميم والتقوية للمنشآت الخرسانية
87	الفصل الأول: صيانة ومعالجة الشروخ الخرسانية
87	- المقدمة
87	- صيانة ومعالجة الشروخ:-
87	- الاعتبارات والاحتياطات الواجب إتباعها عند إجراء عمليات الترميم والعلاج
88	- الغرض من الإصلاح والترميم
88	- خطوات الإصلاح والعلاج والترميم الجيد
89	- شكل (5) خطوات الإصلاح والعلاج والترميم الجيد لأي منشأ
90	الفصل الثاني: طرق ووسائل الإصلاح والعلاج للشروخ الخرسانية
90	- طرق ووسائل الإصلاح الغير إنشائية (البسيطة)
90	- إزالة التمليح من على سطح الخرسانة
90	- إزالة بقع الصدأ
91	- بقع الحريق
91	- إصلاح تساقط الخرسانة
91	- خطوات إصلاح تساقط الخرسانة
92	- المواد التي يفضل استخدامها في حالة تساقط الخرسانة
92	- إصلاح تعشيش الخرسانة
92	- طرق إصلاح تعشيش الخرسانة
93	- إصلاح وعلاج الشروخ الخاملة والرفيعة الشعرية الغير نافذة بالخرسانة
93	- طريقة دهان الشروخ
93	- طريقة التشرب بالتفريغ
93	- إصلاح وعلاج الشروخ الخاملة والظاهرة الرأسية قليلة الاتساع:
93	- طريقة فتح الشروخ لسدها
93	- طريقة الثقب والحشو
94	- إصلاح وعلاج الشروخ الخاملة والظاهرة الأفقية قليلة الاتساع
94	- إصلاح وعلاج الشروخ الخاملة والظاهرة العميقة (طريقة الحقن)
95	- إصلاح وعلاج الشروخ الخاملة والظاهرة المتسعة والنافذة
95	- إصلاح وعلاج الشروخ المحتمل حدوث حركة فيها مستقبلاً:
95	- طريقة التغطية بمادة مطاطية

	- طريقة التزيرير أو التدبيس (stitching)
96	- طريقة عرقلة الشرخ وتثبيته (crack arrest)
96	- معالجه شروخ المباني
97	- صور توضح خطوات المعالجة والترميم للشروخ الخرسانية
98	الفصل الثالث: ترميم وتقوية العناصر الإنشائية
98	- مقدمة:
98	- تقوية وترميم الأعمدة الخرسانية
99	- تقوية الأعمدة الخرسانية بواسطة قمصان خرسانية مسلحة
100	- ترميم الأعمدة نتيجة وجود صدأ غير مؤثر في حديد التسليح
101	- ترميم الأعمدة عن طريق علاج صدأ الحديد وعمل قمصان خرسانية
102	- ترميم الأعمدة باستخدام القمصان الفولاذية
104	- تقوية وترميم الجسور (الكمرات) الخرسانية
104	- علاج صدأ حديد التسليح بدون زيادة الأبعاد أو التسليح
105	- علاج صدأ الحديد وزيادته بدون زيادة الأبعاد الخرسانية
105	- زيادة حديد التسليح والأبعاد الخرسانية
107	- تقوية الكمرات بتثبيت ألواح حديدية
109	- تقوية وترميم البلاطات
109	- تقوية البلاطات بإضافة حديد تسليح وزيادة المقطع الخرساني
111	- تقوية البلاطات بإضافة طبقة خرسانية مسلحة أعلى البلاطة
112	- تقوية البلاطات بالضغط باستخدام سبق الإجهاد لحبال فولاذية
113	الفصل الرابع: ترميم الجدران الحاملة
	<b>Repairing of bearing walls</b>
113	- مقدمة:
113	- سلوك و تصرف الجدران الحاملة تحت تأثير الأحمال الأفقية
113	- سلوك الانحناء Flexural Mode
114	- سلوك القص Shear Mode
115	- سلوك انحناء - قص
115	- العوامل التي تؤثر على سلوك الجدران
115	- الإجهاد الرأسي المسموح به في الحيطان (Fa)
117	- مدى خطورة التصدعات و كيفية الحكم على سلامة المنشأ
118	- معالجة الجدران
118	- ترميم التشققات الصغيرة في الجدران Repair of Small cracks
119	- ترميم التشققات المتوسطة العرض Repair of Medium Cracks
119	- ترميم التشققات الكبيرة العرض Repair of Large Cracks
119	- ترميم التشققات العمودية ذات العرض الكبير
120	- معالجة التشققات المائلة ذات العرض الكبير

121	- إزالة الجدران المتضررة بشكل بالغ وبناء جدران جديدة
122	- إصلاح وتقوية تقاطع الجدران
123	- تقوية الجدران
123	- تقوية الجدران بواسطة القمصان الخرسانية المسلحة
125	- تقوية الجدران بواسطة التطويق بشبكات فولاذية
126	- تقوية المباني المبنية من الجدران الحاملة وبلاطات وكمرات من الخرسانية المسلحة
127	الباب الخامس: ترميم وتقوية الأساسات
128	- مقدمة:
129	الفصل الأول: أضرار خلل الأساسات
129	- أسباب حدوث خلل الأساسات
129	- قصور في دراسة التربة في الموقع
130	- بعض أنواع التربة التي تسبب مشاكل في البناء عليها
130	أولاً:- التربة القابلة للانتفاخ
133	- معالجة وتقليل الأضرار الناتجة عن التربة الانتفاخية
133	- عزل المنشأ عن التربة الانتفاخية
134	- تصميم الأساسات الخازوقية أو الأعمدة الأسطوانية للمنشأ التي تصل إلى الطبقة غير التمددية
134	ثانياً:- التربة القابلة للانزلاق
135	ثالثاً:- التربة الطينية اللينة
135	رابعاً:- الرمل القابل للإسالة
135	- الشروخ نتيجة لهبوط التربة وفروق الهبوط النسبية للأساسات
138	- انكماش وانتفاخ التربة
138	- التضاضط
139	- الهبوط الكلي الزائد
139	- الهبوط نتيجة عدم الاتزان
140	- الهبوط نتيجة أعمال التعدين
140	- فروق الهبوط (الهبوط النسبي المتفاوت)
144	الفصل الثاني: ترميم وتقوية الأساسات
144	- علاج صدأ حديد التسليح بالأساسات
144	- إصلاح الشروخ الخرسانية بالأساسات
145	- تقوية القواعد المنفصلة بزيادة مساحة التحميل على الأرض أو بزيادة الارتفاع مع ربطها بشدادات أو ميدات جاسئة في منسوبها
147	- تقوية القواعد المنفصلة بتحويلها إلى قواعد شريطية أو لبشة مسلحة
148	- تقوية الأساسات بزيادة ارتفاع و سمك اللبشة المسلحة
149	- تقوية الأساسات بإضافة بعض القواعد المسلحة زيادة
150	- تقوية الأساسات عن طريق حقن التربة

151	- تقوية الأساسات باستخدام الخوازيق
153	الباب السادس: الحركات الأرضية الزلزالية وأثرها في المنشآت الخرسانية
154	- مقدمة:
160	الفصل الأول:- ما هيه الزلازل
161	- أحجام الزلازل
163	الفصل الثاني: الحركات الأرضية الزلزالية وأثرها في المنشآت الخرسانية الهيكلية
163	- حركات رأسية إلى أعلى وأسفل
167	- حركات جانبية للإمام والخلف ( أو يميناً ويساراً )
168	- شروخ بالحوائط الحشو ( filling material ) من المباني الهيكلية
168	- شروخ بالهيكل الخرساني
170	- شروخ في الأعمدة الخرسانية
172	- شروخ في الحوائط لحامله الرئيسية
173	الباب السابع: كيفية رصد الهبوط للعمارات السكنية
173	- مقدمة:-
173	- أغراض رصد الهبوط
174	- اختيار نقاط القياس في المبنى
174	- النقاط الثابتة
174	- دقة قياس الهبوط
175	- قياس الهبوط خلال فترة الإنشاء وبعدها
176	الباب الثامن: حماية المنشآت الخرسانية
176	- مواد وطرق الحماية الخارجية
176	- حماية الواجهات بدهانات مشتقات السليكون
177	- حماية الواجهات بدهانات المواد الأكريليكية
177	- حماية الأسطح الخرسانية بالدهانات الأسمنتية العازلة
178	- حماية المنشآت من تأثير الحرارة
178	- العزل الحراري للأسطح
178	- عزل الرطوبة:
179	أولاً العزل بالبيتومين
179	ثانياً العزل بالبيتومين على البارد
180	- خطوات العزل
180	- عزل الأساسات ضد الرطوبة
180	- عزل الأساسات من المياه الجوفية
181	- عزل الأساسات من المواد الكيماوية
181	- حماية المنشآت من الحريق
181	- حماية أسياخ حديد التسليح بالطرق الكهربائية
182	- حماية وعزل أعمال الخرسانة في الخزانات الأرضية والبدرومات

182	- صيانة وحماية المنشآت الخرسانية المعرضة للصدأ
182	- ظاهرة الصدأ وطبيعتها وطرق تقييم أضرار الصدأ
183	- صدأ الحديد في الخرسانة المسلحة
184	- عوامل سرعة انتشار الصدأ
184	- أسباب حدوث الصدأ وانهيار الخرسانة
185	- عملية الكربنة
186	- تأثير الكلوريدات على الخرسانة
187	- تأثير الكبريتات على خرسانة الأساسات
188	- تقييم أضرار الصدأ في حديد تسليح الخرسانة
189	- المعاينة المبدئية للمنشأ (الفحص البصري)
190	- المعاينة التفصيلية
192	- ترميم وصيانة المنشآت المعرضة للصدأ
192	- طرق الحماية المختلفة لحديد التسليح وحماية أسطح الخرسانة
192	- أ- التحكم في صدأ حديد التسليح
193	- تحديد القيمة القصوى لنسبة الكلوريدات المسموح بها في الخرسانة
195	- تحديد سمك الغطاء الخرساني وجودته
196	- تحديد أقصى عرض شرخ مسموح به
198	- أقصى قيمة م/س ( W/C ratio )
198	- أقل محتوى اسمنت
199	- احتياطات التصميم و التنفيذ لحماية الخرسانة من الكربنة
200	ب- طرق الحماية المختلفة لحديد التسليح
200	- موانع الصدأ
201	- حديد مجلفن
201	- دهان حديد التسليح
202	- الحديد الغير قابل للصدأ (Stainless Steel)
202	ج- حماية أسطح الخرسانة
202	- خطوات تنفيذ إصلاح المنشآت المعرضة للصدأ:
	أ- عمليات الصيانة الصغيرة
203	ب- عمليات الصيانة الكبيرة
203	- خطوات ترميم المنشآت التي تعرضت للصدأ:
203	- تدعيم المنشأ
203	- تكسير الخرسانة المتضررة (التالفة)
204	- تنظيف وتهينة سطح الخرسانة
205	- تنظيف أسياخ حديد التسليح
205	أ- ترميم البلاطات
206	الحالة الأولى: ترميم جزء من البلاطة
207	الحالة الثانية: تآكل معظم حديد التسليح واستبداله بالكامل



207	الحالة الثالثة: تدهور خرسانة البلاطة مع حديد التسليح ويراد استبدال البلاطة بالكامل
207	ب- ترميم الكمرات (الجسور)
209	ج- ترميم الأعمدة
210	الباب التاسع: الاحتياطات الواجب اتخاذها في التصميم والتنفيذ للوقاية من تصدعات المباني
212	الفصل الأول: احتياطات التصميم
213	- أسس التصميم
216	الفصل الثاني: الاحتياطات الواجب اتخاذها في مرحلة التنفيذ للوقاية من تصدع المنشآت الخرسانية
216	- نفاذية الخرسانة
220	- الصب في الأجواء الحارة
221	- إيناع الخرسانة بعد صبها Concrete Curing
221	- تشقق الخرسانة
222	- الفواصل في المنشآت المدنية
222	1. فاصل الصب Construction Joint
222	2. فواصل التمدد Expansion Joint
222	3. فواصل الهبوط Settlement Joint
223	4. فواصل العزل Isolation Joints
223	5- فواصل التحكم Control Joint
223	6- فواصل تخفيف الضغط Pressure Reliving Joint
226	- اشتراطات أسس التنفيذ لحديد التسليح
229	- دراسة بالصور الملونة عن أسباب انهيار المباني وطرق الترميم والصيانة
230	- صورة (1) بلاطة خرسانية وقد وصل القطاع الخرساني إلى حد الانهيار وانكشف السقف العلوي كما تقطعت أسياخ حديد التسليح
231	- صورة (2) تبين لنا انهيار خرسانة سقف إحدى دورات المياه وانكشف حديد التسليح وقد علاه الصدأ (لون الحديد أصبح مصفر مائلاً للاحمرار)
232	- صورة (3) يبين لنا إحدى الصالات ذات البلاطة المفلطحة (slab flat) وقد انهار فيها الغطاء الخرساني فظهر حديد التسليح وبه صدأ شديد والسقف لا زال به شروخ كثيرة، أنظر إلى أرضية الصالة تجد بها آثار ركام الخرسانة بعد انهيارها
233	- صورة (4) تبين لنا إحدى القواعد الخرسانية بعد الكشف عليها واضح من الصورة وجود شروخ بالقاعدة والخرسانة نوعيتها سيئة جداً وذلك في العمارة (س)
234	- صورة (5) يبين لنا طريقة عمل قميص خرساني مسلح للقاعدة السابقة وللعمود أعلاه وذلك لتدعيمها هي وعمودها .



235	- صورة(6)يبين لنا قميص القاعدة و قميص العمود للقاعدة بعد تمام صب وشك الخرسانة ثم مرحلة الدهان بالطبقات العازلة
236	- صورة (7) تبين لنا طريقة عمل قميص طرفي لعمود خرساني بإحدى الفلل
237	- صورة(8) تبين بداية انهيار عمود خرساني في الدور النهائي لإحدى المباني
238	- صورة(9) عمود خرساني في ركن إحدى العمارات السكنية وقد أدى صدأ حديد التسليح نتيجة الرطوبة العالية وملوحة الجو(منطقة ساحلية) أدى إلى انهيار جزئي للعمود الخرساني وظهور الشروخ وسقوط الغطاء الخرساني
239	- صورة(10) الشبكة الجديدة المضافة للسقف بعد تثبيتها بإشابير
240	- صورة(11) تبين لنا طريقة عمل كمر مدفونة لتدعيم سقف إحدى الفلل ذات السقف المفلطح (flat slab) وذلك لتدعيم هذا السقف وذلك نظراً لعمل فتحة كبيرة في منطقة شريحة العمود (column strip) وذلك بإضافة سلم داخلي
241	- صورة(12) إحدى الكمرات في السقف الخرساني وذلك بعد الكشف عن حديد التسليح داخلها تمهيداً لعمل الوصلات اللازمة وصنفرة الحديد الصداً
242	- صورة(13) السقف الخرساني بعد تمام تلبيس الغطاء الخرساني الجديد بعد تمام تثبيت شبكة الحديد السفلي الجديد
243	-صورة (14) أعمال عزل القواعد ورقاب الأعمدة بالبيتومين المؤكسد الساخن
244	صورة(14) أعمال عزل القواعد ورقاب الأعمدة بالبيتومين المؤكسد الساخن
245	صورة (16) يبين متانة أعمال الشدات الخشبية لحائط خرساني.
246	صورة (17) أعمال الترميم التي تتم في الخنادق لعزل مياه الصرف الصحي عن المبنى
247	صورة (18) أعمال الردم بعد الانتهاء من الترميمات لأساس وقواعد إحدى الأبنية بعد انهيارها
248	صورة (19) أعمال العزل الرأسية باستخدام الدهان والألواح البيتومينية للحوائط الخرسانية الرأسية أسفل منسوب الردم.
249	صورة رقم(20) ترميم كامل للمبنى بعد تعرضه لهزة أرضية.
250	صورة رقم(21) ترميم أحد المباني بعد تعرض للحريق .
251	صورة رقم(22)عملية ترميم واسعة ل أحد الفنادق العالمية بالولايات المتحدة
252	صورة رقم (23) ترميم أحد المباني بعد تعرضه للحريق (أعمال البياض من الخارج )
-253 260	ملحق رقم (1) طرق الكشف عن الشروخ الخرسانية وعمل التقارير بذلك وكيفية المعالجة
-261 268	ملحق رقم(2)شرح عن طرق الترميم للشروخ والمواد المستخدمة
269	ملحق رقم(4)طرق ومعالجة الشروخ في الأساسات
270	- المراجع

