تـــصـــدعـــات الـــمـــبـــانـــي
وإصلاحها
الأسـبـاب– الـتـشـخـيـص – الـمـعـالـجـة

المقدمة.....٧

الباب الأول : أسباب تصدعات المباني ١١

أسباب تصدعات

المباني.....١٢

أولاً : أسباب تتعلق بسوء التنفيذ

.....١٢

ثانيا : أسباب تتعلق بميكانيكا التربة وهندسة الأساسات.....٢١

ثالثا : أسباب تتعلق بصدأ حديد التسليح.....٣٠

رابعاً : أسباب تتعلق بأخطاء

التصميم.....٣٤

خامساً : أسباب تتعلق بسوء استعمال المباني.....٣٧

سادساً: أسباب ترجع إلى عوامل غير مأخوذة في الاعتبار...٣٩

الباب الثاني : فحص المباني ٤٦

فحص المباني

.....٤٧

الجزء الأول : التقييم العام للمبنى ٤٨

١ـ دراسة المبنى إجمالاً

.....٤٨

٢- فحص المبنى من
الخارج.....٤٩
٣- فحص المبنى من
الداخل.....٥٢

الجزء الثاني : طرائق فحص المباني.....٥٨

أولاً : الاختبارات الغير متلفة ٥٩

١- مراقبة التشققات :.....٥٩
٢- - فحص تصدعات التحلل
.....٦٢
٣- جهاز المطرقة المرتدة(مطرقة
شميدت).....٦٣
٤- جهاز الموجات فوق الصوتية.....٦٨
٥- اختبار نفاذية
الخرسانة.....٦٩
٦- اختبار المقاومة النوعية.....٧١
٧- اختبار جهد الخلية النصفية
.....٧٤
٨- الاختبار بطريقة اشعة جاما أو إكس.....٧٥
٩- فحص الخرسانة المسبقة الجهد ٧٦
١٠- اختبار تحميل العناصر والمباني الخرسانية ٧٧

ثانياً : الاختبارات المتلفة ٧٩

١- اختبار القلب الخرساني
.....٧٩
٢- إطلاق إبرة صلبة في الخرسانة
.....٧٩
٣- اقتلاع خوابير صلب
.....٨٠
٤- اختبار السحب
.....٨١
الباب الثالث :إصـــلا ح وتـــــقـــــويـــــة المباني المتصدعة ...٨٢
حماية المنشآت ٨٣
العمر الإفتراضي للمباني ٨٣:
إصلاح وتقوية الأعضاء الإنشائية.....٨٦
أولاً : إعتبارات عامه.....٨٦
ثانياً - اعتبارات إنشائية ٨٧
أ-إزالـــــــــــــــــة الحمـــــــــــــــــــل
.....٨٧
ب- المشاركة في حمل الأحمال ٩٠
ثالثاً – طرائق إزالة الحمل.....٩١
أ – إزالة الأجزاء التي يحملها العنصر ٩١
ب- إزالة أحمال الأعضاء الخرسانية

بـــــــــالرفع والتـــــــــدعيم الرأســـــــــي
.....٩٣

ترميم وعلاج التشققات.....٩٤

أ- علاج التشققات البسيطة.....٩٥
ب- علاج التشققات العميقة بالحقن
.....٩٦
ج- ترميم التشققات الواسعة ٩٧
د- علاج تشققات الحوائط الحاملة ٩٨

طرائق تقوية الأعضاء الإنشائية ١٠٠

أولاً: إصلاح وتـقوية الأسـاسات ١٠٠

طرائق ترميم الأساسات ١٠٥

١- تقويـــــــــــة الأســـــــــــاس نفســـــــــــه
.....١٠٤
أ- تقويـــــــــة الأســـــــــاس بالتوســـــــــع الأفقـــــــــي
.....١٠٤
ب- تقوية الأساس بالتوسع الرأسي ١١٠
جـــ - ربـــط قاعـــدتين منفصـــلتين أو أكثـــر لعمـــل قاعـــدة شـــريطيه
.....١١٤
د- تحويـــــل القواعـــــد المنفصـــــلة إلـــــى لبشـــــة مســـــلحة
.....١١٤
هـــــــــ - تقويـــــــــة الأســـــــــاس بالتثبيـــــــــت
.....١١٥

٢- تقوية التربة تحت الأساس..... ١١٦
٣-التقوية بإضافة عناصر إنشائية جديدة ١١٧
٤- :ترميم الحوائط السانده ١٢٦
أ- إصلاح تصدع الخرسانه ١٢٦
ب- تقوية الحوائط أو زيادة المقاومة للقوى الجانبية ١٢٨

ثانيا : تقوية الأعمدة والحوائط الحاملة **١٣٠**

١ - إصلاح عيوب الخرسانة:..... ١٣٠
٢- الإسناد الدائم ١٣٠
٣- استبدال الجزء التالف ١٣١
٤- طريقة عمل القمصان الخرسانية للأعمدة..... ١٣٣
٥ - تقوية الأعمدة بإضافة ألياف كربونية أو بلاستيكية ١٣٩

إصلاح وتقوية الحوائط:..... **١٤٠**

ثالثاً : تقوية البلاطات والجسور **١٤٢**

١- تقويه البلاطات بإضافة طبقة خرسانية علوية
.....١٤٦
٢- تقوية البلاطات بإضافة طبقة خرسانية سفلية
.....١٥٤
٣- تقويه البلاطات بإضافة صفائح معدنية
أو صفائح من الألياف الزجاجية أو الكربونية
.....١٥٥

رابعاً: تقوية وعلاج الجسور ١٥٧

١- علاج صدأ الحديد السطحي في الجسور
.....١٥٧
٢- علاج صدأ حديد التسليح المؤثر على كفاءة الجسور ١٥٩
أ- تقوية الجسور بتكبير المقطع
.....١٥٩
ب- تقوية الجسور بعمل صفائح حديدية أو صفائح من الألياف الزجاجية أو الكربونية ١٦٦
ج- تقوية و علاج الجسور بتقليل البحر
.....١٦٧
د- تقوية الجسور بإضافة جسور حديدية.....١٦٩
ه- تقوية الجسور الخرسانية بالشد اللاحق
.....١٧٠

المراجع العربية ١٧٢

المراجع الأجنبية ١٧٤

المصطلحات عربي إنجليزي **١٧٧**

المصطلحات إنجليزي عربي..... ...**١٨٥**

المقدمة:

أحتاج الإنسان ومنذ القدم لإيجاد المسكن كأهم عامل لتحقيق الاستقرار والطمأنينة لحياته . وكانت المباني بمختلف أشكالها نتائج لحاجته تلك ، وعلى مر العصور عبرت هذه المباني عن حضارة كل حقبه زمنية وكانت واجهته الحضارية. وقد كانت المباني منذ القرون القديمة تعبر عن مدى تقدم تلك الشعوب أو تأخرها . اليمن والعديد من الدول العربية نرى فيها المباني القديمة والتي ما زالت مشيدة حتى يومنا هذا مما يجعلنا نؤكد أن تلك الدول لديها حضارة عريقة لا يمكن نسيانها . لكننا اليوم نلاحظ ظهور بعض التصدعات والتشققات في تلك المنشآت وللأسف الشديد في المنشآت الحديثة أيضاً ... إننا إذا لم نهتم بتلك التشققات والتصدعات ولم نقم بمعالجتها فربما تزداد وتؤدي إلى تهدم تلك المباني أو غيرها .

عند تصنيف التصدعات وأسبابها في العالم العربي سنجد أن التصدعات الإنشائية بسبب سوء التنفيذ تأتي في المرتبة الأولى يلي ذلك التصدعات التي تحدث فعل العوامل الجوية والظروف البيئية المحيطة مثل تصدعات الإنكماش والحرارة والتشققات الذاتية والتي تحدث في الخرسانة في عمرها الأول وهي الأخرى تعد تنفيذية في غالبها ، ومن هذا يمكن القول إن أكثر من ٥٠ % من التشققات تحدث بسبب سوء التنفيذ [1] وفي المرتبة الثالثة تأتي التصدعات التي تنشأ بسبب مشكلة

في ميكانيكا التربة وهندسة الأساسات وكثير منها يتعلق بارتفاع المياه الجوفية ، أما النوع الذي يأتي في المرتبة الرابعة فهو صدأ التسليح والذي يتركز عادةً في المدن الساحلية والقريبة من البحار والأنهار ويلي ذلك زيادة الحمولات على المبنى كبناء طابق أو طوابق إضافية أو تغطية الفرق في اختلاف المناسيب بكميات من الرمل لها أوزان كبيرة أو سوء الاستخدام مثل مبنى صمم للسكن وتم استخدامه مدرسة أهلية أو مستشفى أو فندق أو غير ذلك. إضافةً إلى تلك الأسباب فالجمهورية اليمنية تفتقد لكود موحد للتصميم وفقا لمواد البناء المتوفرة في اليمن وقوى الرياح والزلازل في جميع مناطق اليمن .

يجب أولا أن نعرف أسباب تلك التصدعات أو التشققات ونزيلها ومن ثم نقوم بالمعالجة وذلك باختيار الطريقة المثالية والمواد الجيدة وفي الوقت نفسه يجب مراعاة التكلفة الاقتصادية لذلك الترميم حتى يكون التدخل فعالا ومكتملا من جميع النواحي.

عند تقييم أي منشأ يجب المعاينة أولا بالعين المجردة وتحديد المناطق المتصدعة وأسباب التصدع ومن ثم يتم الاختبار بالطريقة الغير متلفة (الارتداد باستخدام مطرقة شميدت ـ الأشعة الفوق الصوتية أو أشعة إكس أو قاما ـ استخدام الرادار ـ اختبارات التحميل... إلخ) . إذا لزم الأمر يتم الاختبار بالطرق المتلفة (أخذ نواه من المنشأ المراد اختباره – أو إقتلاع خوابير صلب – أو إطلاق إبرة صلبة في الخرسانة ... إلخ) . بعد إجراء تلك الاختبارات يتم الإطلاع على الرسومات

التنفيذية الإنشائية والمعمارية ومطابقتها على ما تم تنفيذه في الطبيعة ويتم الإطلاع على جميع المستندات الخاصة بالتنفيذ - إن وجدت - كتقرير التربة وتقارير اختبارات الحديد المستخدم والخرسانة المستخدمة وطلبيات الخرسانة ... إلخ . ويقوم بسؤال المالك أو الحارس أو الجيران عن طريقة التنفيذ وهل تم التنفيذ مرة واحدة أو على مراحل متعددة وهل لديهم أي ملاحظات تفيد التقييم (مثلا إن كان هناك أي عملية رصف الشارع أو توصيل مياه أو مجاري أو أمطار حصلت أثناء التنفيذ أو أي شئ آخر حدث أثناء التنفيذ) . يتم بعدها التحليل الإنشائي وحساب أقصى إجهادات وقعت على العناصر الإنشائية وبذلك تتضح الرؤية الخاصة بأسباب التصدعات والتشققات التي تم رصدها وتحديد مدى خطورتها وبالتالي وضع الحلول المناسبة والملائمة وأسلوب العلاج الملائم والمناسب للترميم أو التقوية أو الحماية حسب الحالة بالإضافة إلى اختيار المواد والمعدات المناسبة واللازمة لطرق الترميم مصحوبة بوضع برنامج زمني لخطوات تنفيذ العلاج والترميم المطلوب بالكيفية والطريقة التي لا تتعارض مع سلامة العناصر الإنشائية المكونة للمبنى .

يحتوي هذا الكتاب على شرح تفصيلي عن أسباب العيوب والتصدعات والتشققات وأنواعها في المباني عامة وتفصيلا في المباني الخرسانية كون استخدام الخرسانة المسلحة جديدا في العالم ولم تتضح كثير من جوانبه وكذلك نوضح في هذا الكتاب طرق فحص المباني وطرق معالجتها مع أنواع المواد المستخدمة للترميم وقد تم وضع بعض

الأمثلـــه المحلولـــة فـــي الكتـــاب وذلـــك لمعالجـــة البلاطـــات والجســـور الخرسانية. وقد حرصت أن أتناول في هذا الكتاب موضوع الترميم من جميع جوانبه حتى يتم الاستفادة منه ليكون مصدرا ودليلا للزملاء والأبناء والأساتذة خاصة وأن المكتبة اليمنية تفتقر لتلك المراجع في هذا المجال (والله في عون العبد ما كان العبد في عون أخيه) صدق رسول الله صلى الله عليه وسلم

دكتور مهندس / عبدالله عبدالوهاب العرشي

الباب الأول

أسباب تصدعات المباني

أسباب تصدعات المباني

هناك أسباب متعددة تؤدي إلى تصدعات المباني وسيتم ذكر أهم تلك الأسباب وتقسيمها إلى المجموعات الآتية :

أولاً: أسباب تتعلق بسوء التنفيذ:

١. استعمال مواد أولية رديئة ولا تطابق المواصفات

يجب العناية التامة بجميع المواد التي تدخل في البناء كالأحجار وطريقة تقطيعها والبلوك وأنواعه وطريقة البناء وإذا كان البناء من اللبن فيجب العناية بنوعية التربة المستخدمة والخالية من الشوائب الضارة ويجب العناية بالمونات الرابطة و في الخرسانة العادية والمسلحة يجب العناية بماء الخلط وماء المعالجة وحديد التسليح والركام aggregate (الرمل والكري) والأسمنت والإضافات الخرسانية .

و يجب عمل الاختبارات الدورية لتلك المواد المستخدمة في البناء وتسجيلها بسجل خاص وإعطائها أهمية لا تقل عن أهمية جميع الاختبارات الخاصة بالخرسانة مثل اختبارات إجهادات الخرسانة strength of concrete أو اختبارات التشغيلية والقوام slump test أو غيرها من الاختبارات الموقعية الهامة

- يجب أن تكون المياه المستخدمة في البناء مياه نظيفة خالية من الزيوت والأحماض والقلويات والمواد العضوية على الأقل تكون مياه صالحة للشرب .

- يجب العناية بمواد البناء كالأسمنت والحديد والركام والأحجار والجبس (الجص) والدهانات وجميع ما يدخل في البناء ويجب أن تكون طرق الحفظ (التشوين) جيدة من حيث التهوية وعدم السماح لتحجر الأسمنت أو الجبس أو حدوث الصدأ corrosion في الحديد . كما يجب استخدام المواد كالأسمنت والجبس والدهانات قبل انتهاء فترة صلاحيتها أو قبل أن تكون قد مر فترة طويلة على صناعتها .

- يجب التأكد من عدم وجود صدأ كبير في التسليح وفي حالة وجود صدأ سطحي في حديد التسليح يتم تنظيفه جيداً بفرشاه سلك [10] **أو بمدفع رمل sand plast**

- يجب أن تكون الأحجار المستخدمة في البناء قوية وخالية من التجاويف والفجوات والبقع الغير طبيعية والتصدعات .

- يجب أن يكون الركام aggregate الخشن (الكري) قوي لا يتهشم بسرعة نظيفا خاليا من الأتربة ولا يكون مصدره الصخور التي تحتوي على مواد كلسية .

- يجب أن يكون الركام الناعم (الرمل) sand خاليا من الأتربة والكتل الطينية والشوائب العضوية والمواد الكلسية والأملاح .

٢. عدم الإلتزام بالشروط والمواصفات الفنية للبناء :

هناك أخطاء شائعة تحدث أثناء التنفيذ مثل :

- عند الاساسات المكونة من الحجر الجعم والخرسانة العادية لا يتم استخدام خرسانة عادية بالشكل الكافي بحيث لا تتخلل جميع الأحجار في الأساسات [18]

- رص الأحجار أو البلك بطريقة لا تضمن ترابط الجدران

- عدم الاهتمام بالمونة الرابطة في البناء وضعف الربط بين الحوائط المتعامدة في المباني الحجرية والجدران الحاملة مما يؤدي عملية فصل بين تلك الحوائط .

- عدم البناء بالشكل الصحيح والتأكد من ذلك بالميزان المائي مما يؤدي إلى عدم رأسية الحوائط الحاملة الذي بدروه يسبب لا مركزية في الأحمال [11] مما يحدث إجهادات غير مرغوبة في تلك الحوائط .

- عمل خلطة أسمنتية واحدة فقط خلال اليوم بالكامل .

- عدم استخدام تخانات كافية لعمل الغطاء الخرساني ويتم ذلك باستخدام بسكويت بلاستيك أو بسكويت مونه يصب بالموقع أو باستخدام فضلات الحديد .

- عدم العناية بعمليات تكسيح الحديد وأماكنه المحددة وامتداده للبحور spans المجاورة حيث يتم التكسيح في خمس البحر ويمتد إلى ربع البحر المجاور في البلاطات والجسور المنتهية يتم التكسيح عند السبع .

٣. عدم العناية بالشدة الخشبية وإهمال الدعم الجيد للشدات وعدم مراعاة أصول الصناعة والمواصفات في كيفية تثبيتها وخاصةً عند إنشاء الأذرعة فمثلا

– شد تخشيبة السقف على طبقة ردم كما يحدث في الدور الأرضي ويفضل الدك والصب أولاً.

– زيادة المسافة بين عروق التخشيب عن ٧٥ سم .

- وصل التخشيب بطريقة خاطئة ويفضل أن تكون العروق (رأس في رأس) أو موصلة بطريقة صحيحة للتأكد من سلامة التحميل .

- عدم عمل التطريح والتطبيق الجيد مما يسبب في ضعف الشدة وهروب اللبنه الإسمنتية

٤. عدم مراعاة الظروف المناخية والبيئية المؤثرة وعدم أخذ الاحتياطات لفروق درجات الحرارة بين الخرسانة والجو الخارجي وخاصةً عند صب كميات ضخمة من الخرسانة

٥. أسباب ترجع إلى حدوث انفصالية segregation (إنفصال اللبنة الإسمنتية عن الركام) في الخرسانة نتيجة الإلقاء الخاطئ من الخلاطات عبر الدفع بالمضخات أو في عربات الخلط نفسها .

- استخدام طريقة خاطئة في صب الخرسانة بإلقائها أو صبها من مكان مرتفع مما يحدث انفصال لمكونات الخرسانة أو أن يتم الرمي مباشرة من الخلاطات إلى الفرم الخشبية مباشرة.

- يلجأ البعض إلى رمي الخرسانة المباشر خاصة في القواعد وذلك باستخدام مزاريب من الزنك ومن ارتفاع غير مناسب فيحدث انفصالية في مكونات الخرسانة .

- في حالة الصب بالخلاطات المركزية Pitch plant واستخدام عربات الخلط والمضخات يحدث أن تنتظر سيارة دورها في الرمي فتأخذ الخرسانة تقليب أكثر من المطلوب فيحدث انفصال المكونات الخرسانية داخل السيارة نفسها .

- الشيء نفسه يحدث في الخلاطات العادية لزيادة فترة التقليب فتسبب إنفصال الخرسانة وأحيانا يكون العكس عند عدم إعطاء الخلطة الخرسانية الوقت المناسب للخلط مما لا يسمح بخلط مكونات الخرسانة بالشكل الصحيح فتكون بعض الكتل الرملية غير مختلطة بمكونات الخرسانة .

- استخدام الهزاز بطريقة خاطئة ولمدة كبيرة يسبب أيضاً في حدوث انفصال في مكونات الخرسانة .

٦. زيادة تحميل الأعضاء الخرسانية في عمرها الأول عما تتحمله مقاومتها كتخزين مواد الإنشاء ومعدات التشييد.

٧. إهمال التصريف الصحيح لمياه الأمطار وسوء تنفيذ الميول والصرف الصحي وعدم العزل الجيد للأنابيب .

٨. عدم عزل الحمامات والبدرومات أو عدم العناية بصرف الحمامات والمطابخ وغيرها بسبب الصرف أو الإمدادات الداخلية مع عدم العناية بتوصيلات أعمال السباكة عموماً وقد يلجا البعض بعملها بالأسمنت دون عمل اللحامات بالرصاص والقلواظ حسب أصول الصناعة وهذه الأمور اليسيرة تسبب مشاكل خطيرة فصرف المطابخ أو صرف الغسالات بما تحتويه من مواد كيماوية ومنظفات صناعية لا يتخيل أحد خطورة تسربها إلى الخرسانة وإلى حديد التسليح وكذلك تسربه على أسلاك الكهرباء في سقف الحمامات والمطابخ ووصولها إلى الأجهزة الكهربائية .

٩. عدم عزل المبنى من المياه السفلية كالمياه الجوفية التي تكون أسفل المبنى وبالتالي تعرض الأساسات إلى خطورة التآكل وتختلط هذه المياه مع المواد الكيماوية المختلفة مما يؤدي إلى حدوث تفاعلات كيماوية غير مرغوب فيها مع الخرسانة وحديد التسليح . وفي حالة عدم وجود هذه المواد الكيماوية فإن المياه فقط تسبب في تعرض الحديد للصدأ . وهذا ما تسببه المياه الجوفية الخاصية الشعرية أو مياه الصرف أو انفجار أو حدوث كسر في مواسير الصرف أو التغذية أو من البيارات المجاورة أو السيول أو الأمطار الغزيرة التي تتجمع في المناطق المنخفضة ومن أهم أمور حماية المبنى من أسفل هو إتمام العزل الجيد المناسب مع دراسة الظروف المحيطة للأساسات وعمل طرق الحماية اللازمة لهذه الظروف والعوامل المحيطة

١٠. عدم عزل المبنى من المياه العلوية والجانبية التي غالباً ما تكون من المياه والأمطار والسيول ويتعرض لها السقف الأخير نتيجة لعدم عمل الطبقات العازلة بالطريقة الصحيحة وأكثر الأحيان لا تكون هناك طبقات عازله أصلا وذلك يؤدي إلى تسرب المياه والرطوبة والصدأ إلى حديد التسليح وبالتالي يحدث فصل بين هذا الحديد وبين الخرسانة فيبدأ الغطاء الخرساني في السقوط ثم يحدث سقوط لهذا السقف وهذه الظاهرة منتشرة جداً في أماكن متعددة ولو قارنا بين تكلفة إصلاح هذا العيب الذي يتطلب في بعض الحالات إلى إزالة

السقف بالكامل أو عمل سقف جديد على السقف القديم . لو قارنا بين تكلفة ذلك وتكلفة العزل الجيد في البداية نجد أن التكلفة باهظة غير الخطر وتعريض حياة ساكني المبنى إلى الخطر .

- وقد يلجأ بعض الملاك إلى إهمال دهان الواجهات وهذا يسبب في تعرض خرسانة الواجهات إلى الظروف الجوية المختلفة دون حماية وقد يفكر البعض أن الواجهات شيء جمالي فقط دون النظر إلى الحماية اللازمة التي تقوم بها للخرسانة والمباني .

١١.عدم عزل المبنى حراريا ولا يقل ذلك عن عزل المبنى من الرطوبة وليس نوعاً من أنواع الرفاهية أو التمتع بدرجة حرارة مناسبة فقط خاصة في الأدوار العليا ولكن له أهمية كبرى في حماية الخرسانة من تأثير درجات الحرارة العالية التي تسبب في تمدد الحديد وحدوث تطبيل وشروخ في الخرسانة ، كما أن حماية الخرسانة من درجات الحرارة المنخفضة تقي الخرسانة وتحميها من تأثير الصقيع أيضاً تفاوت درجات الحرارة في اليوم نفسه حيث تكون درجة الحرارة ليلا منخفضة جدا وربما تكون تحت الصفر ومنتصف النهار ترتفع درجة الحرارة فوق العشرين وذلك يسبب أضراراً بالمبنى خاصة المناطق الغير معزوله حراريا ، ويجب عزل الواجهات بتبييضها، حيث إن هذا البياض يحمي

الواجهات من تأثير درجات الحرارة. وهنا نرى أنه من الضرورة دراسة مواد الواجهات جيداً بحيث لا تعطي الشكل الجمالي فحسب ولكن لتقوم بعمل الحماية للمبنى وغطاء وحماية للخرسانة . والآن والحمد لله توجد مواد كليريكية شفافة لحماية الواجهات الحجرية والبياض وبالتالي حماية المبنى من تأثير الأمطار والحرارة والظروف الجوية المختلفة وهذه المواد تتميز بالشفافية لدرجة أنها تستخدم لحماية الآثار دون المساس بالمظهر العام لها .

١٢.عدم اختيار جهاز الإشراف الجيد

- يجب أن يكون بكل موقع خاصة في المباني الكبيرة مكتب فني عبارة عن ذهن المشروع به دقائق التفاصيل بداية من الخامات وتواريخ وصولها وكمياتها إلى الاختبارات الموقعية والمعملية على هذه الخامات مثل اختبارات الطوب والبلاط والركام والأسمنت والحديد والمواسير الزهر والمواسير الحديد ، وغيرها من المواد ...

- يجب أن يحتفظ المشرف بتقارير اختبارات التربة وجميع التقارير الخاصة بالمبنى وكذلك تقارير الاختبارات الخاصة بالخرسانة سواء القوام أو الإجهادات .

- يجب أن يكون لدى المشرف ملف مسجل فيه جميع الأحداث ا لتي حصلت من بداية البناء حتى استلامه وذلك بتواريخ محددة مواعيد الحفر والردم وتواريخ الصب وتواريخ فك الشدات الخشبية وتقرير التفتيش الفني على الخرسانة بعد الفك وكتابة العلاجات المطلوبة إذا لزم الأمر. هذه أمور كلها يجب أن تكون بيانات كافية بالمكتب الفني بجانب البرنامج الزمني للمشروع بالإضافة إلى جميع اللوحات التصميمية

واللوحات التنفيذية . وعندما لا يكون هناك طاقم فني مكتمل في الموقع ربما يحدث الآتي :

- عدم العناية بالاختبارات الدورية على المواد مما يؤدي إلى استخدام مواد رديئة .

عدم التفتيش الدوري على خزانات المياه خاصة المكشوفة مع عدم أخذ عينات دورية من ماء الخلط والمعالجة للتأكيد من صلاحيتها .

- عدم العناية بالاختبار المناسب لوقفات الصب في الأماكن المناسبة مع عدم العناية بمعالجة هذه الوقفات عند بداية الصب الجديد كعدم التنظيف الجيد ورش المباني أو استخدام المواد الرابطة الجيدة Bonding Agent materials مع عدم عمل الميول اللازمة في هذه الوقفات ويفضل في هذه الحالة عمل الوقفة بطريقة النقر واللسان مع المواد الرابطة فتزيد من قوة لحام الخرسانة .

- عدم استخدام المعدات الميكانيكية أواستخدامها بطريقة خاطئة في عمليات الخلطة للخرسانة .

- إهمال عمليات الرش للبناء بالمونة الإسمنتية وذلك بالرش بالمياه ولمدة خمسة أيام على الأقل صباحا ومساءً ومعالجة الخرسانة بعد الصب وذلك برش الخرسانة بالمياه النظيفة لمدة كافية لا تقل عن ١٠ أيام مرتين يومياً الأولى في الصباح المبكر قبل الشروق والأخرى عند الغروب لتلاشي تأثير أشعة الشمس ويفضل غمر الخرسانة بالماء خلال اليوم كاملا . ويحدث إهمال ايضا في عملية رش التلابيس والأرضيات وجميع الأماكن التي تحتاج لذلك .

- عدم العناية بالغطاء الخرساني concrete cover وذلك بالسمك الكافي تبعاً لمكان واستخدام الخرسانة والموضحة في الكودات المعروفة .

- عدم استخدام الأوزان الصحيحة للخلطة الخرسانية وفقا للتصميم حيث يكون الكيل لمكونات الخرسانة كالركام بالعربيات والتي غالبا ما تكون غير مضبوطة ويكون إضافة المياه بما يراه مناسبا المشرف على ذلك وأحيانا ما تكون الخلطة الخرسانة كثيرة المياه والعكس . كما يجب التأكد من وزن الأسمنت حيث يوجد أحياناً أكياس أسمنت أقل من ٥٠ كيلو لأي سبب سواء في التصنيع أو النقل .
- عدم العناية بدمك الخرسانة وعدم استخدام الهزازات أو استخدامها بطريقة خاطئة مما يحدث الانفصال في مكونات الخلطة الخرسانية segregation أو التعشيش في بعض الأجزاء التي يكون فيها الحديد مكثفاً .
- عدم العناية بتكسيح وتركيب وتربيط حديد التسليح كما هو موضح بالكودات .

ثانيا : أسباب تتعلق بميكانيكا التربة وهندسة الأساسات

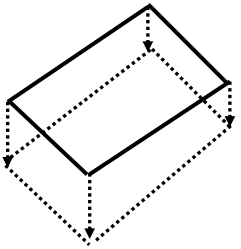
١. تأسيس على تربة انتفاخية أو تربة إنهيارية أو تربة طفلية

في بعض الأحيان تحتوي الأرضية المراد التأسيس عليها على تربة انتفاخية أو تربة إنهيارية أو تربة طفلية ، ومن المعروف أن التأسيس على تلك الأنواع من التربة يكون هشاً جدا خاصة التربة الطفلية هي من أخطر أنواع التربة حيث تبدو متماسكة وعند تعرضها للماء تفقد قوتها . فيجب عدم التأسيس على تلك التربة بل يتم الاستغناء عنها واستبدالها بتربة صالحة للتأسيس . في بعض الأحيان تكون التربة مختلفة الخواص في الأرضية نفسها حيث تكون تربة جيدة وتربة غير جيدة أو تربة مدموكة جيدا وتربه غير مدموكة وكل ذلك يؤدي إلى هبوط settlement التربة مما يؤثر

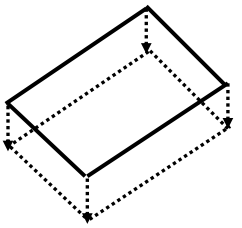
على استقرار المبنى . يمكن تصنيف هبوط التربة إلى أربعة أصناف والموضحة في شكل رقم (١-١) [25] والأصناف هي :

أ- هبوط منتظم : ويحدث ذلك في أغلبية المباني ولا يسبب أي مشاكل كون جميع عناصر المبنى هبطت بشكل منتظم .

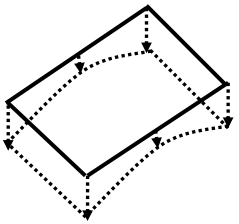
ب- هبوط غير منتظم دون تغير شكل التربة : يحدث هذا الهبوط نتيجة هبوط جهة من المبنى والجهة الأخرى لا تهبط بالمقدار نفسه شكل رقم (١-٢) . في المباني الخرسانية والقواعد الخرسانية يكون هبوط أحد القواعد أكثر من القاعدة الأخرى نتيجة لاختلاف خواص التربة نفسها أو أن المصمم لم يقم بتوزيع الأحمال على القواعد بالشكل الصحيح ولم يقم بتصحيح الأحمال .



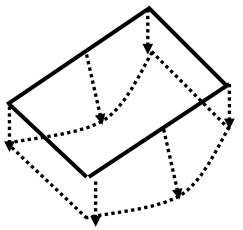
ب- هبوط غير منتظم وبدون تغير شكل التربة



أ- هبوط منتظم

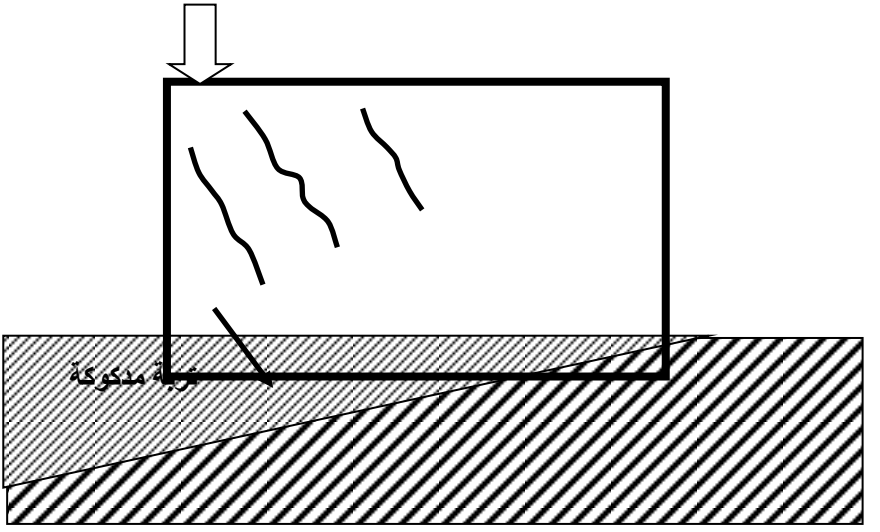


د- هبوط غير منتظم مع تحدب التربة

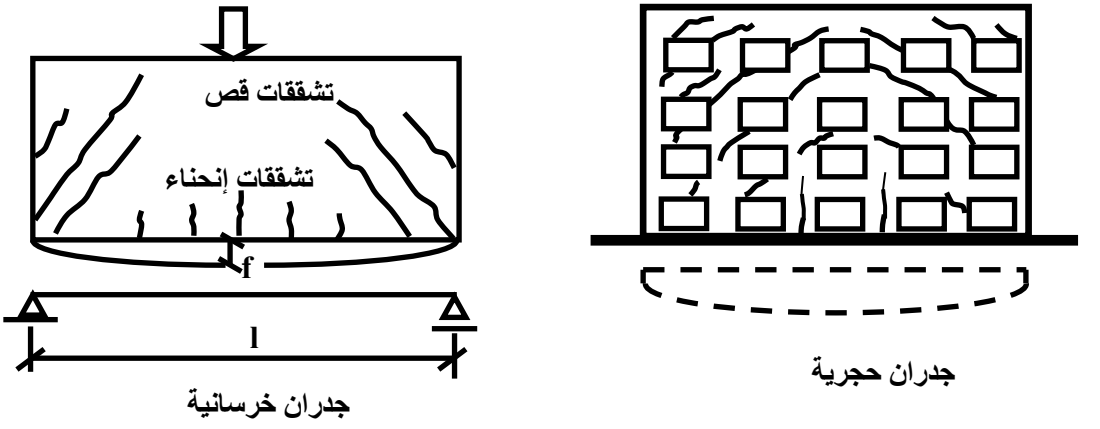


ج- هبوط غير منتظم مع تقعر التربة

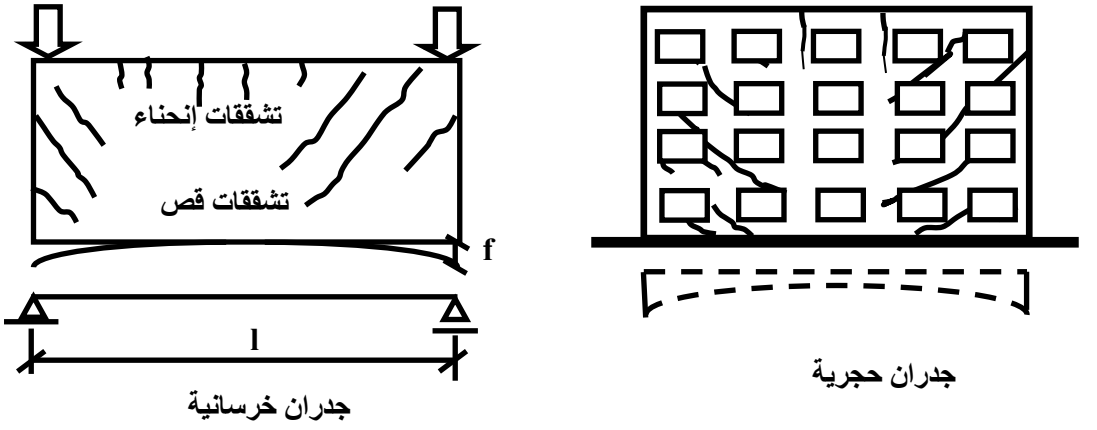
شكل رقم ١-١ أنواع هبوط التربة [25]



شكل رقم ١-٢ هبوط غير منتظم بدون تغير شكل التربة نتيجة للتأسيس على تربة مختلفة الخواص



شكل رقم ١-٣ هبوط غير منتظم مع تقعر التربة



شكل رقم ١-٤ هبوط غير منتظم مع تحدب التربة

٢. تأسيس في مناطق أثرية

- يجب تلاشي التأسيس على طبقات ردم أو آثار حتى لا يحدث هبوط في المبنى .

- في حالة وجود ردم أو مخلفات يجب فوراً إزالتها والوصول إلى التربة الصالحة للتأسيس .

- في حالة وجود آثار يجب فوراً إبلاغ الجهات المسئولة لعمل اللازم مع التطهير الجيد والوصول إلى المنسوب الصالح للتأسيس .

٣. أسباب ترجع إلى إهمال الجسات ومواصفاتها وتوصياتها

أغلب الملاك لا يقومون بعمل جسات للتربة بل يقومون بعمل الأساسات على عمق تأسيس يتراوح من ١,٥م إلى ٢ م وفي بعض المدن اليمنية يقوموا بالتأسيس عندما يصل الحفر إلى مستوى الرمل . والبعض يهمل في تطبيق مواصفات تقرير الجسات فينفذونها بطريقة خاطئة . و الجسة هي عبارة عن عينة من التربة تؤخذ من الموقع وتقوم عليها دراسة معملية وحقلية لتتابع طبقات التربة وتحديد المواصفات والخواص لكل

طبقة من حيث عمقها واجهاداتها وتحدد الجسة أيضاً منسوب وعمق المياه الجوفية وتحدد أيضاً درجة قلوية أو حمضية هذه المياه وهو ما يعرف بالأس الهيدروجيني (PH) . من فوائد الجسات أيضاً دراسة الطريقة المناسبة للاستفادة من نواتج الحفر . من المفيد أيضاً الاستفادة من دراسات المباني المجاورة ومعرفة طبيعة التربة بها والحلول التي تم تنفيذها والاستفادة بما يتواءم مع طبيعة المبنى . وعند عمل الجسات يجب إتباع الآتي :

- تكون الجسات على مسافات تتراوح من ٢٠م-٢٥م وتكون تحت المساحة الفعلية التي سيشغلها المبنى [17] .

- يجب أن يعمل مسقط أفقي يوضح عليه أماكن وعدد الجسات وأرقامها .

- يجب عمل جسة واحدة على الأقل لعمق أكبر من المحدد لمعرفة الطبقات السفلية .

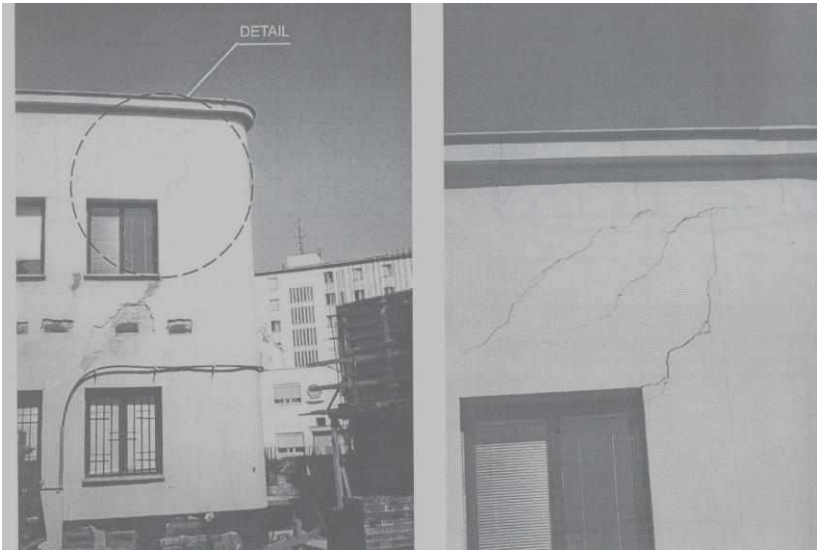
- يجب أن تصل الجسة إلى عمق من ٥, ١ : ٢ مرة عمق الأساسات . - يجب في حالة اكتشاف عدم تطابق نوع التربة في جزء معين من المبنى مع تقرير الجسة الرجوع فوراً إلى الاستشاري ومناقشة الوضع على الطبيعة والوصول إلى أنسب الحلول وهذه مسئولية المنفذ .

- في حالة الحفر العميق والتوصية في تقرير الجسة لعمل طبقة إحلال للوصول إلى منسوب التأسيس يجب أن يكون الإحلال على طبقات ٢٥ سم تغمر بالمياه وتدك بالدكاكات ذات العجلات الحديدية الملساء أو الدكاكات ذات الإطارات الكاوتش أو الدكاكات الهزازة ويجب عمل اختبار دمك لكل طبقة ويتوقف كفاءة الدكاكات على عدد مرات الدك ومدته والسرعة ومقاسات العجل مع العلم بأنه يوجد أيضاً دكاكات يدوية

وميكانيكية وفي حالة التربة الطفلية لا يتم الغمر بالمياه لأنها تسبب إنتفاش الطفلة ويكتفي بعمل طبقات الإحلال حسب تقرير الجسة .

٤. هبوط التربة تحت تأثير التأسيس لمباني مجاورة

أعمال حفر الأساسات لعمارات مجاورة أو حفر مجاري أو أنفاق دون إتباع الاحتياطات الهندسية اللازمة من دعم جوانب الحفر أو بدون حقن للتربة الضعيفة أو تقويات أو دعم المباني المجاورة



شكل رقم ١-٥ يوضح التشققات الناتجة عن حفريات جوار المبنى يؤدي إلى هبوط التربة مما يؤدي إلى حدوث تشققات في المباني المجاورة . شكل رقم ١-٥ يوضح التشققات التي حصلت نتيجة حفر جوار المبنى .

٥. ارتفاع منسوب المياه الجوفية أو تأثير الأمطار والمجاري والزراعة والتسربات

من الواجب أخذ جميع الاحتياطات اللازمة للحفاظ على سلامة الأساسات ليس فقط أثناء التنفيذ بل للتوقعات التي يمكن أن تحدث في الأماكن المجاورة مستقبلاً . فيجب أولا توجيه مياه الأمطار إلى مناطق بعيدة عن الأساسات خاصة في بعض المناطق التي تكون الأمطار فيها غزيرة ، ويجب إتمام العزل الجيد ضد الكيماويات في المناطق القريبة من المصانع والأخذ في الحسبان انسداد أو كسر مواسير صرف المصانع لأي سبب من الأسباب .

كذلك في الأماكن القريبة من الصرف الصحي والمواسير الخاصة به تحسباً لأي كسر أو انسداد في هذه المواسير .

ويفضل في هذه الحالات استخدام أسمنت مقاوم للكبريتات مع العزل الجيد للأساسات والرقاب والسملات حتى منسوب الصفر المعماري وذلك باستخدام المواد المناسبة مع ضرورة سرعة علاج أي تلف أو انسداد أو كسر في المواسير .

٦. حفر وردميات غير مناسبة ودمك غير جيد

- قد نصل إلى المنسوب المناسب للتأسيس ولكن قد يحدث إهمال في استلام الحفر أو تعهد لغير ذوي الخبرة في عملية الاستلام النهائي لهذا المنسوب من حيث استواء القاع وأفقيته أو عدم الاستلام الجيد لجوانب الحفر

- قد يحدث انهيار لجوانب الحفر بعد الاستلام وقبل صب الخرسانة العادية ولا يتم التطهير الجيد لنواتج الانهيار.

- قد يترك قاع الحفر مدة طويلة وتتراكم عليه الأتربة خاصة في شهور العواصف الرملية .

- قد يكون في القاع مياه غير منزوحة ومتراكمة .
- عدم توسعه جوانب الحفر بالقدر الكافي لتثبيت القواعد قد يحدث انهيار لهذه الجوانب أثناء صب الخرسانة العادية .
- قد يحدث عدم غمر جيد بالمياه لقاع الحفر لغسيل التربة من أملاح وشوائب وذلك لمدة يومين متتاليين .
- بعض الحالات يحدث أن تشير الجسة إلى أن العمق المناسب للتأسيس يكون بعمق كبير قد يصل إلى ٤م أو ٦م فنجد أن تكلفة الأساس في هذه الحالة يكون كبير جداً لكي نصل إلى منسوب الصفر المعماري بعمل طبقات الإحلال التي يجب العناية الكاملة بتنفيذها على طبقات كل ٢٥سم مغمورة بالمياه ويجري اختبار دمك لكل طبقة وللاستفادة من هذا العمق الكبير يمكن عمل بدروم أو جراج للسيارات.
- قد يحدث أثناء الردم أن يقوم المقاول باستخدام المعدات كالبولدوزر والشايول والقلابات التي تمر على القواعد العادية والمسلحة والسملات والميد الأرضية وذلك في حالة الردم الداخلي وهذا خطر جداً ومحظور لأنه قد يحدث كسوراً في هذه الخرسانة أو في السملات الرابطة للمبنى أو الميد الأرضية .
- قد يحدث أثناء الردم أن تتلاشى معالم الخنزيرة أو الريجا الخشبية المثبتة حول المبنى والمثبت عليها المحاور الخاصة بالمبنى والمحاور المجاورة للمبنى لذلك يجب مراجعة هذه الريجا باستمرار وعند كل استلام حتى رقاب الأعمدة والسملات .

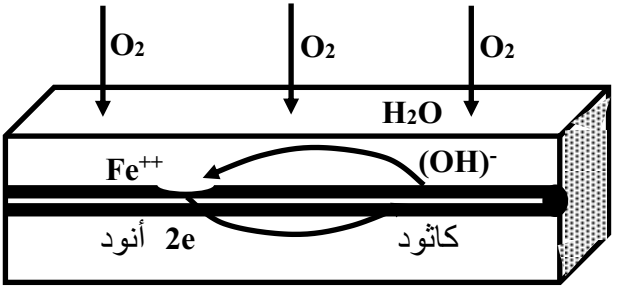
٧. أسباب أخرى مثل :

- تغير خواص التربة بتغير نسبة الرطوبة وارتفاع المياه الجوفية

- **زيادة الأحمال على الأساسات**
- **التأسيس على قطع صخري**
- **وجود نسبة أملاح أو كلوريدات وكبريتات عالية**

ثالثا : أسباب تتعلق بصدأ حديد التسليح :

يصل لأسياخ الحديد من خلال نفاذية الخرسانة أو عدم طلاء المنشآت المعدنية بالطلاء الذي يمنع الصدأ . تحدث عملية الصدأ نتيجة تحول بعض أجزاء الحديد إلى أنود بينما يصبح الجزء الآخر كاثود وبذلك يكون هناك توصيل كهربائي مستمر يجعل الأيونات الموجبة تنتقل من الأنود إلى الكاثود والعكس صحيح . وكذلك يحصل التفاعل الكيميائي في الأنود وذلك بتحول الحديد Fe إلى أيونات الحديدوز $Fe^{++} + 2e^{-}$. في الكاثود وبوجود المياه والأكسجين يحصل تفاعل كيميائي بين الماء والأكسجين بوجود e وتنتج المعادلة أيونات الهيدروكسيل $(OH)^{-}$ التي تجتمع مع أيونات الحديدوز لتنتج صدأ الحديد . الشكل رقم ١-٦ يوضح ذلك التفاعل .



أنـود $Fe \longrightarrow Fe^{++} + 2e^-$

$2Fe_2O_3$ صدأ الحديد

كاثود $4e^- + 2H_2O + O_2 + 4(OH)^- \longrightarrow$

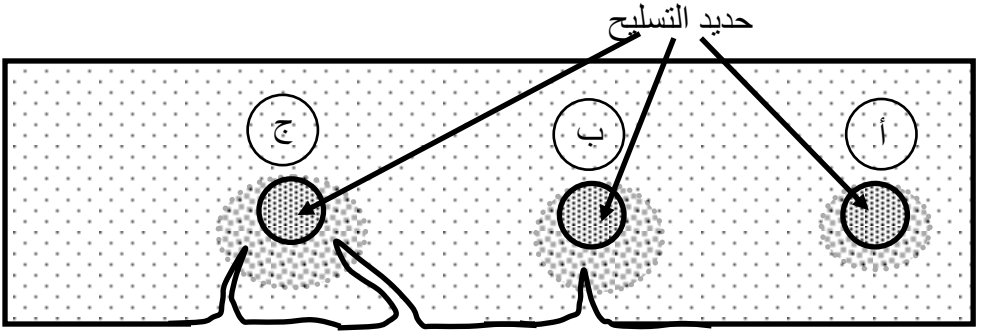
شكل رقم ١-٦ يوضح العملية الكهربائية والكيمائية التي ينتج عنها صدأ الحديد

ويحدث صدأ الحديد نتيجة للأسباب الآتية :

١. **توفر الكلور في أشكاله المختلفة بكميات كبيرة قريباً من الأسطح الخرسانية الذي بدوره يقلل من نفاذية الخرسانة .**
٢. **إهمال استعمال العوازل المختلفة التي تمنع أو تحد من تسرب الكلوريدات والرطوبة والهواء إلى داخل الخرسانة .**
٣. **زيادة نسبة الكلوريدات في الهواء أو الوسط من حول الخرسانة**
٤. **تخزين المواد الكيميائية التي تعمل على صدأ التسليح**
٥. **إهمال وقصور في تصميم وتنفيذ الغطاء الخرساني المطلوب**

٦. **ضعف الخرسانة**

٧. **زيادة نسبة الماء/الاسمنت**



أ- بداية تكون صدأ الحديد ويزداد حجم حديد التسليح
ب- بداية تكون التشققات بعد زيادة الحجم أكثر
ج- حدوث ضغط عالي يصل حتى ٣٠MPa مما يؤدي إلى تفكك التغطية الخرسانية

شكل رقم ١-٧ يوضح مراحل حدوث التشققات الناتجة عن صدأ الحديد

شكل رقم ١-٨ يوضح صدأ الحديد بعد تفكك الطبقة الخرسانية

٨. إهمال احتياطات الجو الحار والظروف البيئية الأخرى وأثر الحرارة على تعجيل التفاعلات الكهروكيميائية

٩. رشوحات وتسربات التمديدات الصحية وغيرها

١٠.مياه الأمطار والمياه الجوفية ومياه الري والزراعة وغيرها

١١.المد والجزر

١٢.احتواء الركام (الكري والرمل) وماء الخلطة على نسبة عالية من الكلوريدات

١٣.انخفاض نسبة الاسمنت عن الحد الأدنى لها

١٤.تطبيق المواصفات الأجنبية دون النظر إلى الظروف البيئية المختلفة

١٥.إهمال ضبط الجودة ومراقبتها بالنسبة للخرسانة وموادها

١٦.إهمال وإغفال الدمك والهز المناسب

١٧.ترك العناية بالمعالجة للأسطح الخرسانية المختلفة مما يساعد على وجود الانكماش والتشققات الحرارية التي تساعد على تسرب الأملاح والرطوبة والهواء إلى داخل الخرسانة

١٨.استعمال الاسمنت المقاوم للكبريتات في البنية التحتية

رابعاً : أسباب تتعلق بأخطاء التصميم :

من الأسباب الرئيسة لانهيار المباني هو قصور التصميم الإنشائي مثل :

١. عدم شمول المخططات والمواصفات للتفاصيل الضرورية واللازمة لحسن التنفيذ
٢. قد يحدث أن يتم حساب الأحمال الحية Live Load والأحمال الميتة Dead Load بطريقة غير دقيقة .
٣. إهمال بعض الأحمال الخارجية مثل الرياح والزلازل .
٤. إهمال اجهادات التربة وعدم الاعتماد على جسات واقعية دقيقة كما سبق شرحه .
٥. عدم استعمال نسبة مناسبة من حديد التسليح حيث أن التقليل منه يؤدي إلى ضعف الاجهادات كما أن زيادته يؤدي إلى حدوث التعشيش فيضعف الخرسانة ويعرض الحديد الداخلي إلى مشاكل الصدأ بجانب زيادة الأحمال على المبنى .

٦. عدم العناية بالظروف المحيطة بالمبنى كارتفاع منسوب المياه الجوفية وعدم التوصية باستخدام الإضافات المناسبة ونوع الأسمنت المناسب .

٧. عدم الاهتمام بعمل ميدات أو سملات رابطة قوية خاصة الشدادات عند قواعد الجار (القواعد التي في أطراف المبنى والتي تعتبر في نهاية الأرضية).

٨. عدم كفاءة الرسم المعماري ، وعدم تناسبه لنوع الاستخدام .

٩. أخطاء تحدث من الرسامين خاصة في كتابة الأبعاد وأقطار حديد التسليح أو نسيان أبعاد هامة أو نقص المناسيب لذلك ننبه على ضرورة عمل المطابقة المعمارية والإنشائية مع المراجعة الدقيقة للوحات الإنشائي ، كما نفضل مراجعة الكودات الحسابية للتصميم الإنشائي .

١٠. عدم العناية بعمل تصميم للخلطة الخرسانية mix design ، وعدم توضيحها في المواصفات أو على اللوحات كما ننبه إلى ضرورة توضيح الإجهادات المطلوبة للخرسانة والتوضيح عن نوعية الإختبارات للإجهادات هل هي أختبارات للمكعب أم للإسطوانة وكذلك يجب الإلتزام بالقوام المناسب المطلوب concrete stress & Slump

١١. عدم وجود رسومات تنفيذية تفصيلية working drawing وخاصة رسومات تفريد الحديد والقطاعات المختلفة أيضاً الرسومات التفصيلية للقطاعات الإنشائية .

١٢. عدم وجود رسومات كهربائية وصرف صحي مما يضطر المنفذين إلى عمل تكسير في الخرسانة بعد إتمام المبنى لإتمام هذه التوصيلات .

١٣. الاعتماد على مواصفات عالمية أو أجنبية قد لا تتناسب مع ظروف البلد وكفاءة العمال وطريقة التنفيذ

١٤. اختيار مخططات نموذجية للعمائر أو للبيوت السكنية وتنفيذها في مناطق مختلفة دون مراعاة ظروف كل موقع

١٥. اختيار مواد غير مناسبة أو صعبة التنفيذ مع توفر المواد التي تعطي إمكانات أكبر وكذلك استخدام المواد في غير موضعها كاستخدام التسليح عالي المقاومة مع خرسانة ضعيفة جداً

١٦. إهمال توفير التسليح اللازم لمقاومة الانكماش والإجهادات الحرارية

١٧. عدم تصميم الغطاء الخرساني بما يتناسب وظروف المبنى والبيئة المحيطة

١٨. عدم اختيار الاستشاري أو المهندس الكفء للقيام بعملية التصميم

١٩. النقص في مقاسات العناصر الإنشائية وتسليحها لمقاومة الأحمال والعزوم والقص

خامساً : أسباب تتعلق بسوء استعمال المباني

١- زيادة الطوابق في المباني أو دور السكن القديمة

أعمال رفع طوابق في العمارات والمنشآت بطريقة غير قانونية مع عدم عمل الدراسات اللازمة لإمكانية تحمل هذه المباني للطوابق الجديدة من حيث الرتبة وقدرتها على ذلك ومن حيث الأساسات وتحملها لذلك .

٢- تغطية الفرق في اختلاف المناسيب بكميات من الرمل لها أوزان كبيرة

٣- زيادة الأحمال نتيجة لأعمال الترميم كزيادة سمك البلاطة والطبقة العازلة لتفادي تسرب المياه والتخزين السيء لمواد الترميم فوق المبنى

٤- تغيير الغرض الذي أنشأ من أجله المبنى لغرض غير المصمم على أساسه كتحويل مبنى سكني عاد إلى مدرسة أو مستشفى أو مبنى إداري أو مخازن دون النظر إلى الأحمال الميكانيكية الحية (Live load) .

٥- فقدان الصيانة الدورية والوقائية والعلاجية

٦- الصيانة والإصلاحات الخاطئة

٧- الصيانة المتأخرة بعد فوات الأوان واستفحال الأضرار

شكل رقم ١-٩ يوضح بعض التصدعات نتيجة لفقدان الصيانة الدورية والوقائية [20F]

شكل رقم ١-١٠ يوضح بعض التصدعات نتيجة لفقدان الصيانة الدورية والوقائية [40]

سادساً: أسباب ترجع إلى عوامل غير مأخوذة في الاعتبار

عند التصميم ووضع المواصفات والاشتراطات تكون بعض العوامل غير مأخوذة في عين الأعتبار ومن تلك العوامل هي :

١- تآكل الخرسانة corrosion of concrete : تتعرض الخرسانة للتآكل نتيجة هجوم المواد الكيماوية المختلفة خاصة في مصانع الكيماويات والسكريات والألبان واللحوم ومصانع الأغذية بصفة عامة ، كذلك مصانع الأسمدة . ونتيجة قرب الأساسات من صرف مصانع الكيماويات ومصانع المواد الغذائية .

٢- الكربنة Carbonation: وهي عملية تفاعل ثاني أكسيد الكربون CO_2 الموجود في الجو وفي وجود الرطوبة مع هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ الموجود في مكونات الاسمنت المماهة في الخرسانة أو في المونة الإسمنتية للجدران المكونة من الطوب أو البلك أو الحجر . التفاعل الكيميائي ينتج كربونات الكالسيوم $CaCo_3$ الذي يظهر على سطح العنصر الإنشائي كمادة بيضاء متفتتة .

٣- تعرض خرسانة الأرضيات والأساسات لمرور معدات ثقيلة مما يحدث تآكل للأرضيات وزيادة الأحمال على الأساسات خاصة في المصانع .

٤- تعرض المبنى للزلازل والهزات الأرضية .

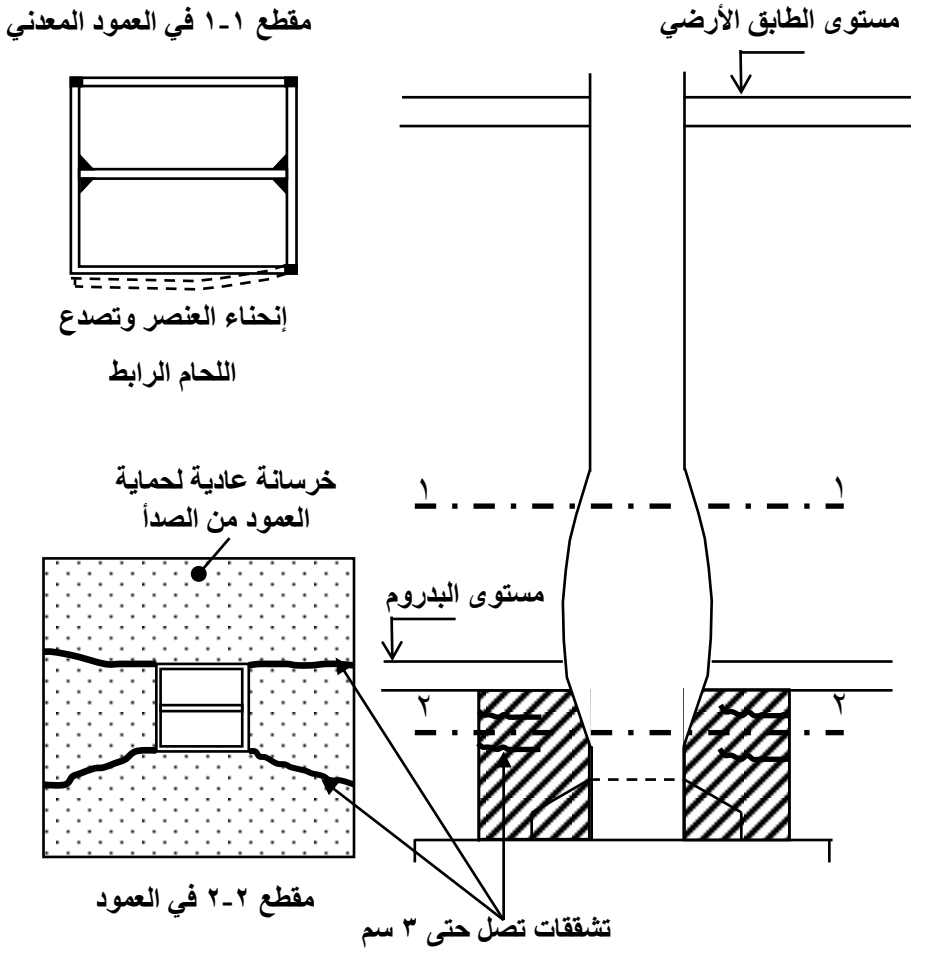
٥- تعرض المباني لارتفاع أو انخفاض منسوب المياه الجوفية واحتوائها على نسب أملاح وأحماض وقلويات تضر بالخرسانة وبحديد التسليح .

٦- تجمد المياه الجوفية .

٧- تعرض المبنى لدرجات حرارة مفاجئة سواء من حرارة الجو أو حرائق مجاورة مما يسبب إجهادات زائدة على هذه العناصر تؤدي إلى حدوث شروخ أو إجهادات زائدة عليها تؤدي إلى حدوث شروخ وانفصال الحوائط عن الهيكل الخرساني .

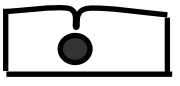
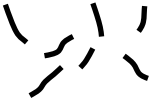
٨- حدوث هبوط مفاجئ لتربة نتيجة التواجد المستمر لمياه الصرف أو الأمطار أو السيول أو انخفاض منسوب المياه الجوفية .

٩ - هطول أمطار أثناء أو بعد الصب مباشرة دون عمل الاحتياطات الكافية لحماية الخرسانة الطازجة بتغطيتها بالمشمعات أو رولات البلاستيك .

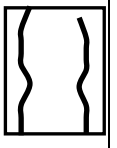


شكل رقم ١-١١ يوضح تصدع الأعمدة المعدنية نتيجة ت جمد المياه الجوفية

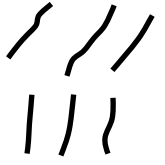
جدول رقم ١-١ يوضح بعض أنواع التشققات الشائعة وأحتمالات أسبابها

شكل التشقق	مظاهر التشقق	السبب	زمن ظهور التشقق	العوامل المؤثرة على تطور التشقق	ملاحظات
	تشقق مع اتجاه حديد السليح الرئيسي ويكون عرض الشق أكبر من ١ مم وعمقة صغير	هبوط لدن للخرسانة الطرية	الساعات الأولى بعد الصب	طريقة عمل الخلطة الخرسانية (نسبة الماء إلى الإسمنت ، منحنى التدرج الحبيبي) ، تشغيلية الخرسانة	التسليح لا يؤثر في التشقق
	تشققات بسيطة على السطح خاصة في الفراغات الكبيرة للأسطح ربما تصل إلى إكبر من ١مم	بداية إنكماش الخرسانة	الساعات الأولى بعد الصب	سرعة تجفيف الخرسانة ، معالجة الخرسانة ، مكونات الخرسانة ، تشغيلية الخرسانة	التسليح لا يؤثر في التشقق
	تشققات سطحية بسيطة وليست عميقة ولا تزداد عن ١مم	حدوث إنكماش الخرسانة Shrinkage	بعد مرور عدة شهور على البناء	نوعية الخرسانة ، الرطوبة النسبية للجو المحيط ، معالجة الخرسانة	

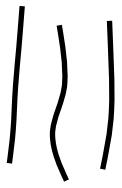
تابع جدول رقم ١-١ يوضح بعض أنواع التشققات الشائعة وأحتمالات أسبابها

شكل التشقق	مظاهر التشقق	السبب	زمن ظهور التشقق	العوامل المؤثرة على تطور التشقق	ملاحظات
	تشققات سطحية أقل من ١ مم	حدوث اختلاف كبير في درجة الحرارة لليوم الواحد	خلال فترة حياة المبنى	تسليح المبنى للحرارة ، مكونات الخرسانة ، العوازل الحرارية	
	تشققات بطول الجدران وذلك عند فواصل الصب أو فواصل المواد وتكون تقريبا بنفس العرض وربما تزداد عن ١ مم	تغير درجة الحرارة للمادتين المختلفتين مما يؤدي اختلاف في الانكماش والتمدد	بعد مرور عدة أشهر على ا لتشييد	تقارب نوعية المواد ، معالجة الفواصل بالطرق الصحيحة	يمكن عمل حديد تسليح عند الفواصل أو وضع شبك حديدي ليمنع ظهور الفواصل بين المادتين

تابع جدول رقم ١-١ يوضح بعض أنواع التشققات الشائعة وأحتمالات أسبابها

شكل التشقق	مظاهر التشقق	السبب	زمن ظهور التشقق	العوامل المؤثرة على تطور التشقق	ملاحظات
	تشققات في جدران المبنى مثل شكل تشققات القص والانحناء	هبوط في المبنى settlement أو اختلاف فعالية الركائز	عند حدوث السبب	التسليح ، التسليح المسبق الشد ، مقاومة التربة	
	تشققات في اتجاه أسياخ التسليح تسقط وبعدها تسقط التغطية الخرسانية	صدأ الحديد	بعد عدة سنوات	سماكة طبقة الحماية الخرسانية ، قوة نفاذية الخرسانة ، معالجة الخرسانة	
	تشققات كبيرة أكبر من ١ مم وربما تكون بشكل خرائطية	تفاعل قلوي للركام	بعد مرور عدة أشهر أو عدة سنوات	نوعية الخرسانة ، العوازل الكيميائية	

تابع جدول رقم ١-١ يوضح بعض أنواع التشققات الشائعة وأحتمالات أسبابها

	تشققات في المباني الطينية وبشكل رأسي تبدأ من الأسفل وتتطور إلى الأعلى	حدوث هبوط في الأساسات نتيجة تسرب المياه	عند حدوث السبب	تصريف المياه	
أنظر شكل ٢-٣ ، ٢-٤	تشققات إنشائية غالبا ما تكون أقل من ٠,٤. مم وإذا زادت فأن هناك خلل إنشائي	نتيجة التحميل	خلال استخدام المبنى	التسليح ، طريقة التحميل ، استخدام المبنى	إذا كان عرض التشققات صغيرة جدا فهي طبيعية لكن إذا زادت فيجب معالجة المبنى من الناحية الإنشائية

الباب الثاني

فـــــحـــــــص الـــمـــباني

فحص المباني

يجب أولا تقييم المبنى بالمعاينة أولا بالعين المجردة ، وتحديد المناطق المتصدعة وأسباب التصدع ، ويقوم بسؤال المالك أو الحارس أو الجيران عن طريقة التنفيذ ، وهل تم التنفيذ مرة واحدة أو على مراحل متعددة ، وهل لديهم أي ملاحظات تفيد التقييم؟ (مثلا إن كان هناك أي عملية رصف الشارع أو توصيل مياه أو مجاري أو أمطار حصلت أثناء التنفيذ ، أو أي شئ آخر حدث أثناء التنفيذ) . يتم الإطلاع على الرسومات التنفيذية الإنشائية والمعمارية ومطابقتها على ما تم تنفيذه في الطبيعة ويتم الإطلاع على جميع المستندات الخاصة بالتنفيذ - إن وجدت - كتقرير التربة وتقارير اختبارات جميع المواد الداخلة في بناء الهيكل الإنشائي كالأحجار والبلك والأسمنت والحديد المستخدم والخرسانة المستخدمة وطلبيات الخرسانة ... إلخ .

ومن ثم يتم الاختبار بالطرائق الغير متلفة، وإذا لزم الأمر يتم الاختبار بالطرائق المتلفة . يتم بعد ذلك عمل تقرير مكتمل عن أسباب تصدع المبنى موثق بالصور والمخططات وتقارير المختبرات ... إلخ . يمكن أن نقسم فحص المبنى إلى جزئين متلازمين وهما التقييم العام والتشخيص الدقيق .

الجزء الأول : التقييم العام للمبنى

١- دراسة المبنى إجمالاً :-

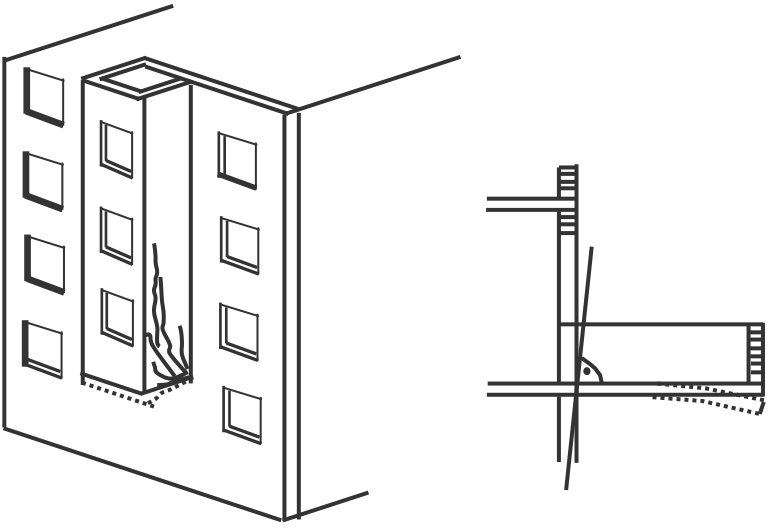
من المهم معاينة التصدعات من قبل المهندس الخبير ودراسة شكل هذه التصدعات وربطها مع بعض ونوع الحالة الإنشائية للمبنى الأسباب المحتملة واستبعاد الأسباب غير المحتملة ويتم ذلك بالتدرج حتى يتم حصر السبب أو الأسباب المحتملة لهذه التصدعات ويجب القيام بعمليات استقصاء عن المبنى من كافة النواحي مثل دراسة التفصيلات التنفيذية ، وظروف التنفيذ وهل حدثت مشكلات خلال التنفيذ أم لا؟ وهل حدث رصف الطريق جوار المبنى أم حدثت أي حفريات أو شئ مماثل؟ وهل حدثت مثل هذه التصدعات في المباني المجاورة أم لا ؟ وسؤال الذين قاموا بتنفيذ المبنى حول توقعاتهم عن الأسباب المحتملة للتصدعات؟. من المفيد أيضاً مراقبة التصدعات لمعرفة هل هذه التشققات لا تزال نشيطة أم أنها توقفت أو خمدت؟ .

٢-فحص المبنى من الخارج :-

يتم فحص المبنى من الخارج بالعين المجردة ، وملاحظة شكل التشققات وأماكن وجودها ، وكذا ملاحظة أي تصدعات أو عيوب في المبنى ، ومن خلال تلك الملاحظة يمكن معرفة الأسباب المحتملة للتصدع على النحو الآتي :

- **عندما تكون التشققات من آخر أدوار المبنى حتى الأساسات وتكون تلك التشققات بزاوية مائلة إلى حد ٤٥ درجة ، فيدل هذا على أن هناك هبوط في الأساسات نتيجة التربة ، أو نتيجة تسرب مياه تحت الأساسات ، أو نتيجة تأثير جذوع الأشجار على الأساسات ، أو نتيجة حفر بجوار المبنى مباشرة .**
- **عندما تكون التشققات في عدد من الأدوار متفرقة ، ولم يستمر حتى الأساسات ، فيدل هذا على إن التشققات في أحد الأعضاء فيكون سبب هذا التنفيذ المخالف للرسومات**
- **عندما تكون التشققات بشكل رأسي وجوار الأعمدة، فذلك نتيجة عدم ترابط مواد العمود مع مواد الجدار .**
- **عندما تكون التشققات بشكل رأسي على الجدران الحاملة ، فيدل هذا على أن الحمولة زائدة على ذلك الجدار أو أن هناك فاصل تمدد أو إنشائي لم يتم تنفيذه.**

- **عندما تكون التشققات حول الفتحات مثل أبواب البلكونات والشبابيك ، فذلك نتيجة عدم وجود جسور كافية لحمل الأحمال المسلطة عليها .**
- **عندما يلاحظ ميول خارجي في الواجهة رأسيا بكامل المبنى ، فيدل هذا على إن توزيع الأحمال غير منتظمة أو طبيعة التربة غير متجانسة .**
- **عندما يلاحظ تورم في جدران المبنى خاصة في المباني التي يكون جدرانها حاملة ، فيدل ذلك على أن الجدار لم يعد يعمل كحامل نتيجة لعدم ترابط البناء فيجب إزالة الجدار وبنائة من جديد .**
- **عندما يوجد مياه رشح بالواجهة نتيجة مياه متسربة من الصرف الصحي أو مواسير المياه ، فيجب إعادة تركيب طبقات عازلة من الأدوار الظاهر بها هذا الرشح.**
- **عندما يوجد انحراف في البلكونات وتشققات ، ويكون السبب في هذا عدم تسليح البلكونة بطريقة جيدة شكل٢-١يوضح التشققات في البلكونة .**
- **عندما يلاحظ رشح بالدور الأرضي، فيكون السبب عدم وجود طبقة عازلة للأساسات والحوائط .**



شكل ٢-١ يوضح التشققات في البلكونة

- **عند وجود تعشيش في الخرسانة ، فذلك نتيجة عدم االدمك الجيد للخرسانة وبالأصول الفنية المتعارف عليها .**
- **عند وجود فواصل ومناسيب مختلفة في بلاط السطوح، يدل هذا على أن هناك مياه متسربة من المطر إلى الخرسانة المسلحة ولا توجد طبقة عازلة للحرارة أو الرطوبة بالسطوح .**

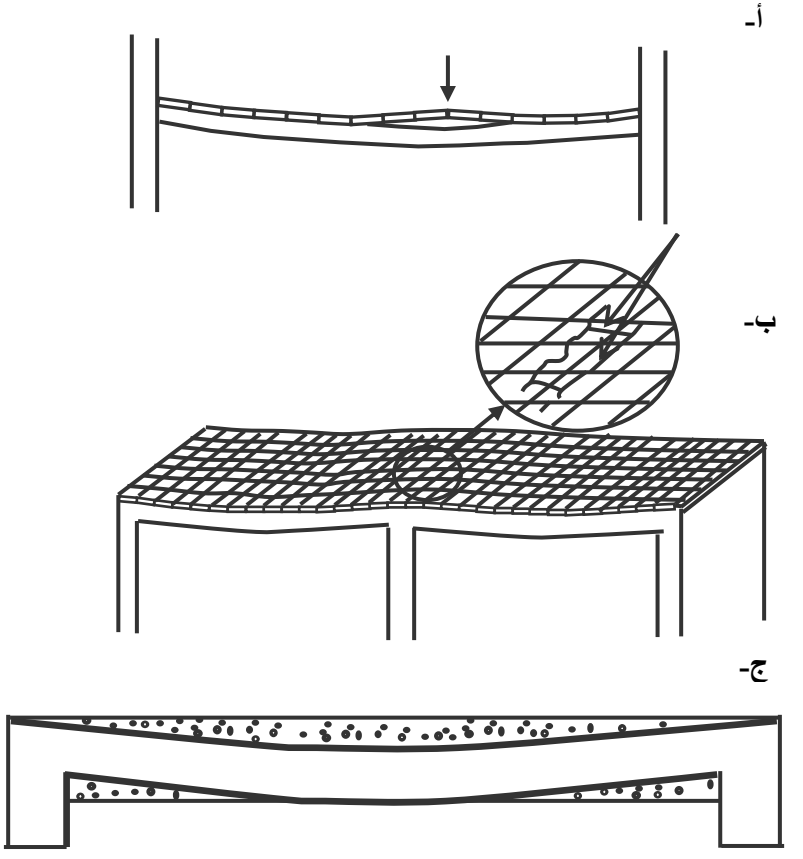
٣ – فحص المبنى من الداخل :–

يتم فحص المبنى من الداخل أيضا بالعين المجردة ، وتتم الملاحظة كما في الفحص الخارجي للمبنى ومن خلال الآتي يمكن معرفة الأسباب المحتملة للتصدعات :

- **عند وجود تشققات في المباني تحت الجسور مباشرة ، يدل على أن الخرسانة لم تصب مباشرة على مباني الطوب أو يدل على عدم التعبئة بالمونة الإسمنتية جيداً عند نهاية المباني ووصلها بالجسر الخرساني المصبوب.**
- **عند وجود تشققات نافذة في الحوائط بحيث ترى النور خارج المبنى ، يجب هنا دراسة هذه الحالة بحسب الوضع القائم في الطبيعة .**
- **عند وجود تشققات ظاهرة بشكل عشوائي في الجدران الغير خرسانية ، يدل على أنه لم يتم تليين الجدار بالشكل الصحيح .**
- **عندما يلاحظ وجود رشح في الأرضيات الخاصة بدورات المياه ومتشبعة ، يجب عمل تجربة لمعرفة السبب ، وهي سد فتحة الحوض والبانيو وملؤها ويمكن التعرف من خلال نقص الماء في أي منها . يجب إصلاح هذا التلف مع عمل طبقة عازلة للأرضية من جديد .**
- **عندما توجد مياه رشح ببعض الجدران أو الأسقف ، يكون نتيجة مياه متسربة من الصرف الصحي أو مواسير المياه ، وفي هذه الحالة يجب إعادة تركيب تلك المواسير ومن ثم الطبقات العازلة .**
- **عند وجود هبوط في أرضيات الحجرات شكل 2-2 ، يجب ملاحظة السبب فربما يكون انحراف البلاطة**

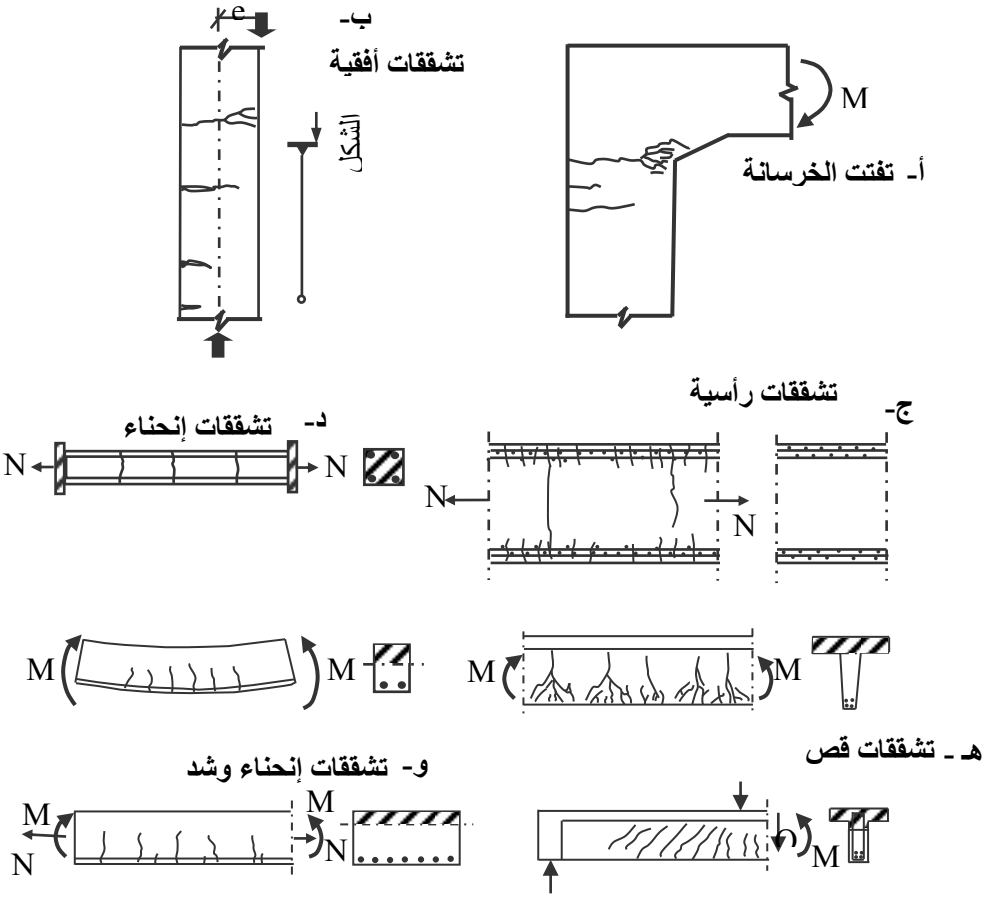
المسلحة [27] أو سوء تنفيذ الأرضيات . فيتم معالجة السبب .

- **عندما يكون هناك خرسانة مسلحة للأعمدة والجسور والبلاطات سقط غطاؤها الخرساني وظهر حديد التسليح ، فربما يكون تأثير الصداء وسيلاحظ الصداء على حديد التسليح أو يكون السبب نتيجة أحمال زائدة على العنصر.**
- **هناك تصدعات تحدث نتيجة الحمولات الزائدة ، أو نتيجة لتقيد العنصر الإنشائي أو عدم وضع العنصر الإنشائي بالمكان الصحيح وتعد هذه تشققات إنشائية . الأشكال ٢-٣ ، ٢-٤ توضح صور لتلك التشققات .**
- **إضافة لما تم ذكره من أشكال للتشققات واحتمالات التصدع فالجدول رقم ١-١ يصنف بعض أشكال التشققات الشائعة وأسبابها .**



هبوط الأرضيات نتيجة أنحراف البلاطات بسبب : أ- العزوم الموجبة
ب- من العزوم السالبة
ج- العزوم الموجبة

شكل 2-2 يوضح هبوط الأرضيات في المباني

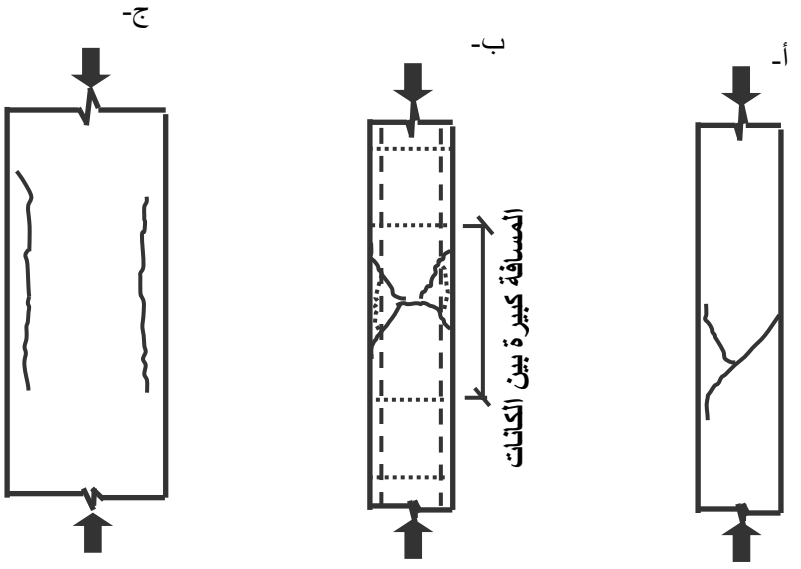


تشققات نتيجة تأثير : أ- عزم زائد يؤدي إلى تفتت الخرسانة

ب- قوى لامركزية ج- قوى محورية زائدة د- قوى عزم زائدة

هـ - قوى قص زائدة و_ قوى عزم وقوى محورية زائدة

شكل رقم ٢-٣ يوضح بعض أنواع التشققات نتيجة للحمولات الزائدة



تشققات نتيجة : أ- قلة التسليح الرئيس للعمود

ب- بعد المسافة للكانات

ج- التحميل اللامركزي للأعمدة الكبيرة

شكل رقم ٢-٤ يوضح بعض أنواع التشققات في الأعمدة

شكل رقم ٢-٥ يوضح بعض أنواع التشققات في الأعمدة

الجزء الثاني : طرائق فحص المباني:

بعد الملاحظة الكاملة للمبنى المراد فحصه يكون المهندس الخبير قد تعرف على سبب التصدع تقريبا ، ولتأكيد ذلك يتم عمل الإختبارات للعناصر الإنشائية ، ويمكن البداية بالاختبارات الغير متلفة للعناصر Non-destructive test المراد فحصها وإذا لزم يتم عمل اختبارات متلفة Destructive test . في البداية يجب تحديد الهدف الرئيس من الاختبار ، ومن ثم تعيين الطريقة الصحيحة للاختبار وتوجد طرائق متعددة للاختبارات سنورد الاختبارات الشائعة والحديثة . لمعرفة مدى مقاومة العنصر الإنشائي ، فيتم عمل اختبارات المطرقة المرتدة للخرسانة ، أو للطوب ، أو البلك ، حيث يعد اختبار المطرقة اختبارا غير متلف ، والاختبار المتلف وشبه متلف هي أخذ القلب الخرساني أو اختبار السحب ، النزع أو الكسر أو التصدع الداخلي للخرسانة المسلحة وللمباني الحجرية ، أو المباني التي من الطوب أو البلك يتم أخذ متر مربع من الجدار وفحص مكونات ذلك المتر من مواد ، ومدى مقاومتها للحمولات . لقياس كثافة الخرسانة وجودتها يتم عمل اختبار الموجات فوق الصوتية أو اختبار النفاذية أو التصوير بأشعة جاما أو إكس وعمق كربنة الخرسانة ، وتلك اختبارات غير متلفة ، ومن الاختبارات المتلفة هو أخذ عينة واختبار محتوى الاسمنت ومحتوى الركام والهواء إلخ ... لمعرفة حديد

التسليح ومدى تأثره بالبيئة المحيطة فهناك اختبار جهد الخلية النصفية أو المقاومة النوعية . لتحديد الغطاء الخرساني وموقع أسياخ حديد التسليح وأقطارها فهناك جهاز فحص الأسياخ وتلك اختبارات غير متلفة ، لمعرفة نوعية الخرسانة ونوعية التسليح الخاص بالخرسانة مسبقة الشد ، فهناك طريقة غير متلفة لذلك وهو طريقة المنظار . لمعرفة مدى تحمل العناصر الإنشائية للحمولات الحية والميتة يتم عمل اختبار التحميل ، وهو اختبار غير متلف للعناصر الإنشائية

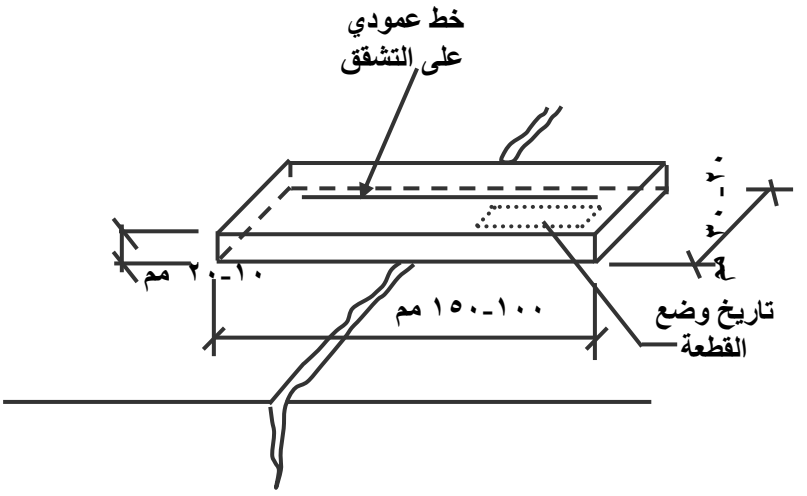
أولاً : الاختبارات الغير متلفة Non-destructive test :-

١- مراقبة التشققات :

يجب أولا التأكد من أن التشقق في المبنى مؤثر أم لا؟ وذلك بملاحظة التشقق هل هو سطحي أم أنه عميق؟ فأحيانا يكون التشقق سطحياً في الجدران الغير خرسانية نتيجة سوء تنفيذ التلييس في المبنى ، ويتم معالجته فورا ولكن عندما يكون التشقق عميقاً فيجب المراقبة ، فإن كان مستقراً فيتم معالجته بالطرق الصحيحة ، وعندما يكون التشقق نشطاً فيجب إزالة المسببات لذلك التشقق ، ومن ثم معالجة التشقق . تكون مراقبة التشقق بالطرائق الآتية :

أ -عمل جبس عند التشقق :-

تتم مراقبة التشققات عن طريق عمل شريط من الجبس عمودي على االتشقق بطول ١٠٠-١٥٠ مم وعرض ٢٠-٣٠ مم وارتفاع ١٠-٢٠ مم ويوضع الشريط على الخرسانة المسلحة مباشرة ، وفي حالة زيادة االتشقق سيؤدي إلى شرخ الشريط شكل رقم ٢-٦. بالطريقة نفسها يمكن لصق قطعتين من الزجاج في جهتي التشقق وأعلى تلك القطع توجد قطعة شفافة بها أرقام توضح عرض التشقق شكل رقم ٢-٧ . في جميع الأحوال من الضروري كتابة تأريخ وضع تلك القطع ويكتب مقدار ذلك التشقق حتى يتم التأكد إذا ما كان التشقق خامداً أم نشطاً .



شكل رقم ٢-٦ يوضح طريقة عمل الجبس على التشقق لمراقبته

شكل رقم ٢-٧ يوضح شكل القطعة الزجاجية والمؤشر الذي يقاس به عرض التشقق

ب- تأشير نهاية التشقق :-

تعمل إشارة عند نهاية التشقق فإذا كان التشقق نشيطا سيزداد التشقق إلى ما بعد الإشارة ويتم قياس هذه التشققات بوضع إشارتين يحصران بينهما منطقة التشقق وقياس المسافة بين كل مرحلة زمنية معينة شكل ٢-٨ يوضح طريقة قياس التشقق

جـ- وضع دبوس :-

يمكن وضع دبوس في نهاية التشقق فإذا زاد عرض التشقق وقع الدبوس .

شكل ٢-٨ يوضع طريقة قياس التشقق

٣- فحص تصدعات التحلل:-

يتم مراقبتها عن طريق إزالة الطبقة الخرسانية المتحللة ، جميعها أو العودة إليها وفحصها بعد مراحل زمنية لمعرفة هل حصل تحلل جديد أم لا ؟ وقياس عمق الطبقة التي تحللت خلال هذه المراحل الزمنية بمعرفة معدل تغيير التحلل . ويتم مراقبة تصدعات الكربنة بواسطة رش سطح الخرسانة بواسطة مبين ذي أساس حامضي مثل الفينوفاثلين ، والذي يغير لون الخرسانة إلى اللون الأحمر الوردي عندما يكون الأس الهيدروجينى أكثر من ١٠ ما لم فتظل الخرسانة بلونها الطبيعي .

٣-جهاز المطرقة المرتدة(مطرقة شميدت)

-:Schmidt Hammer

تعد المطرقة من الأجهزة الأكثر استعمالا ، وهذا الجهاز يعمل على قياس الصلابة السطحية للعنصر المراد اختباره كالخرسانة أو البلاط أو البلك أو الطوب ، ولكل نوع من هذه العناصر مطرقة خاصة لاختباره (شكل ٢-٩ حتى شكل ٢-١٢) تقوم الفكرة الأساسية لهذا الجهاز على صدم زنبرك معاير على دافعة ملاصقة مباشرة لسطح العنصر المراد اختباره ثم ارتداد هذا الزنبرك مرة أخرى ، وقياس مقدار هذا الارتداد. يسجل رقم يسمى رقم الارتداد وتأخذ مجموعة من المنحنيات للميول المختلفة على سطح العنصر ابتداء من الزاوية -٩٠ وحتى +٩٠

شكل ٢-٩ مطرقة خاصة بقياس مقاومة الطوب

شكل ٢-١٠ مطرقة خاصة بقياس مقاومة البلاط

شكل ٢-١١ مطرقة خاصة بقياس مقاومة الأسفلت

شكل ٢- ١٢ أ- مطارق خاصة بقياس مقاومة الخرسانة

شكل ٢-١٢ب- مطارق خاصة بقياس مقاومة الخرسانة

الاحتياطات الواجب اتخاذها عند استعمال المطرقة:-

أ- لابد من معايرة المطرقة على نوعية العنصر المراد اختباره في المبنى

ب - يجب أن تكون الأسطح ناعمة ومنتظمة وليست خشنة

جـ - في حالة البلاطة الخرسانية ذات سمك أقل من ١٠سم يجب سند الجزء المختبر لتلاشي الاهتزازات الناتجة عند النحافة تحت تأثير الصدمة .

د- يتم أخذ ١٥ قراءة على الأقل لرقم الارتداد بين كل موقع للقراءة والأخرى ولا يزيد عن مسافة ٣سم ثم يؤخذ متوسط القراءات لتلافي تأثير الجيوب الهوائية في سطح الخرسانة أو وجود قطعة ركام في المنطقة التي تم الطرق عليها .

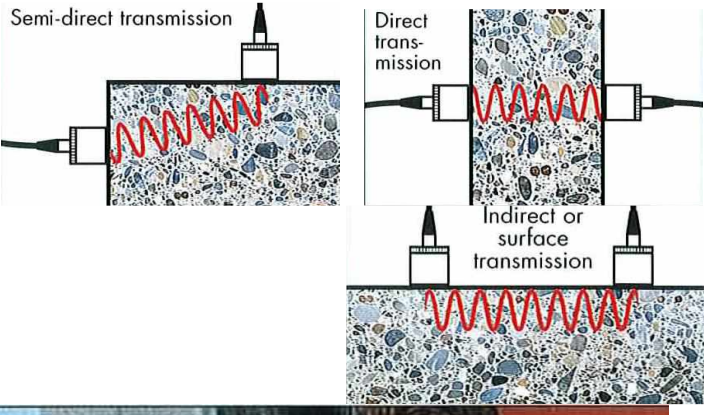
هـ - يمكن اعتبار رقم الارتداد المتوسط مقبولاً عندما تكون هناك ١٠ قراءات من ١٥ قراءة لاتنحرف عن المتوسط باكثر من +- ٢,٥% .

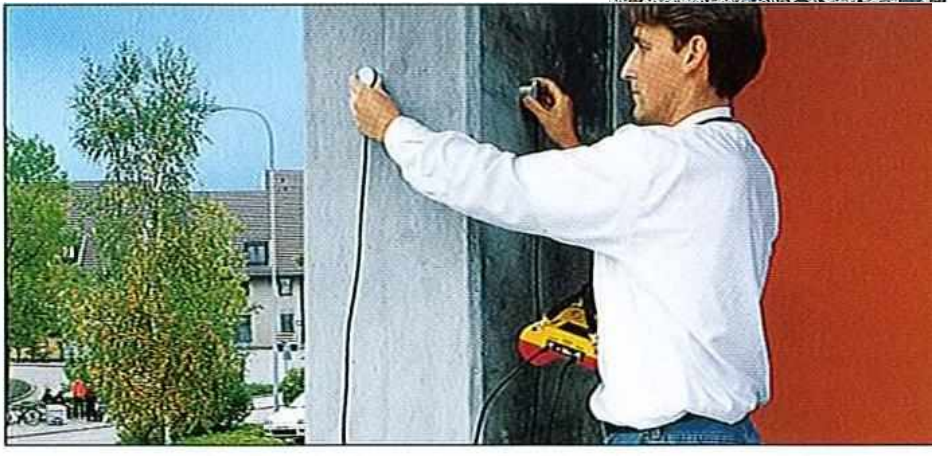
حتى يكون التقييم صحيحا عند استعمال مطرقة شميدت يجب مراعاه تلك الإحتياطات وخاصة عند تقييم الخرسانة المسلحة يجب معرفة نوعية الركام المستخدم وعمر الخرسانة وما تعرض له سطح الخرسانة من عوامل تعرية وينصح بأخذ عينات بالطريقة المتلفة للخرسانة بأخذ قلوب في العنصر وبعد إيجاد علاقة واضحة بين قيم المطرقة والقيم الناتجة عن اختبار القلوب يمكن استخدامها في الحكم على بقية الأعضاء .

٤- جهاز الموجات فوق الصوتية

Ultrasonic Plus Velocity

الغرض من هذه الطريقة هو قياس سرعة الموجات ذات الترددات الطولية المارة خلال العنصر المراد قياسه عن طريق استعمال مرسل ومستقبل (شكل ٢-١٣) .





شكل ٢-١٣ يوضح طريقة استعمال جهاز الأشعة فوق الصوتية

تستخدم هذه الطريقة في الفحص على الخرسانة المسلحة لتعيين الآتي :

أ- تجانس الخرسانة.

ب-وجود تشققات أو فراغات أو عيوب أخرى.

ج- التغير في مكونات الخرسانة الحادث مع الوقت.

د- نوعية الخرسانة بالعلاقة مع المتطلبات القياسية.

ه- نوعية عنصر ما من الخرسانة بالعلاقة مع عنصر أخر.

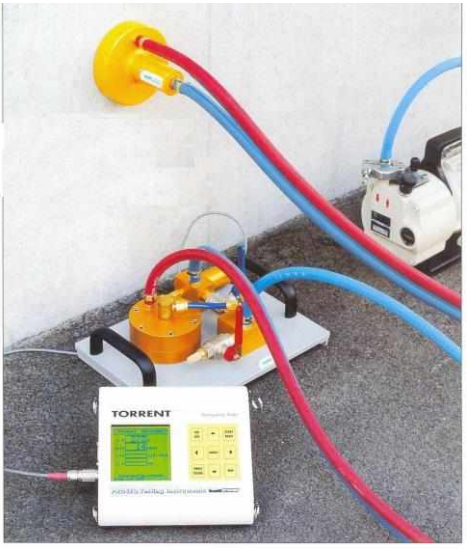
و- قيم معايير المرونة للخرسانة

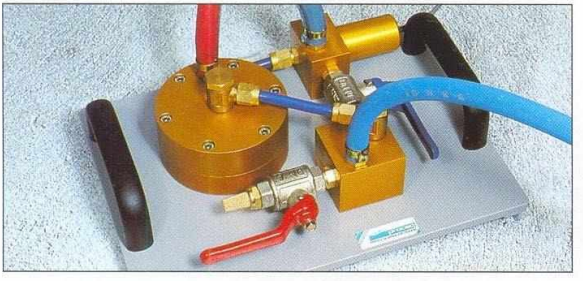
وتكون وضعية المرسل والمستقبل على حسب العنصر الإنشائي المراد اختباره (جسور – أعمدة – بلاطة)

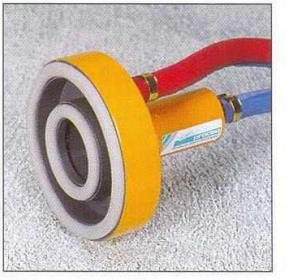
٥- اختبار نفاذية الخرسانة

Permeability of concrete:-

يتم اختبار نفاذية الخرسانة لمعرفة مدى تحمل الخرسانة لمنع تسرب المياه والمحاليل المؤثرة على حديد التسليح والجهاز الموضح بالشكل ٢-١٤ يقوم بفحص نفاذية الخرسانة وأقصى بعد يمكن أن تصل إليه المواد الضارة .



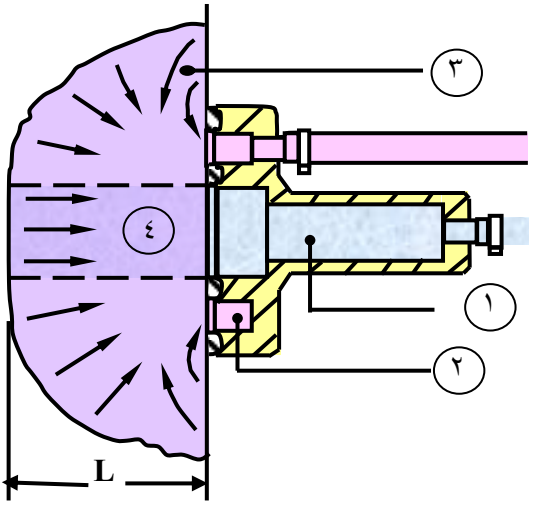




شكل ٢-١٤ يوضح جهاز اختبار نفاذية الخرسانة

يتكون الجهاز من خليتين صغيرتين للضغط وجهاز يتحكم بالضغط . شكل ٢-١٥ تقوم تلك الخلايا بضغط تيار عمودي على سطح الخرسانة . وتظهر قراءة على شاشة الجهاز توضح معامل النفاذية للخرسانة .وأقصى بعد يمكن أن تصل إليه المواد الضارة . يستغرق الفحص الواحد من ٢-١٢ دقيقة وذلك يعتمد على مقدار نفاذية الخرسانة .

١- خلية الضغط الداخلي
٢- خلية الضغط الخارجي
٣- تيار هوائي للخلية الخارجية
٤- تيار هوائي للخلية الداخلية
L- أقصى عمق تصل إليه المواد الضارة



شكل رقم ٢-١٥ يوضح طريقة فحص نفاذية الخرسانة

٦- اختبار المقاومة النوعية

-:Measurement of the electrical resistance

تعتبر عملية صدأ الحديد عملية كهروكيميائية ويتم قياس المقاومة الكهربائية والطاقة على سطح الخرسانة وتكون النتيجة كالآتي :

- **لا يوجد صدأ عندما تكون المقاومة أكثر من١٢ kΩcm**
- **إحتمال وجود الصدأ عندما تكون المقاومة من ٨-١٢ kΩcm**

يوجد صدأ على حديد التسليح عندما تكون المقاومة أقل من ٨ kΩcm

شكل ٢-16 يوضح جهاز قياس المقاومة الكهربائية

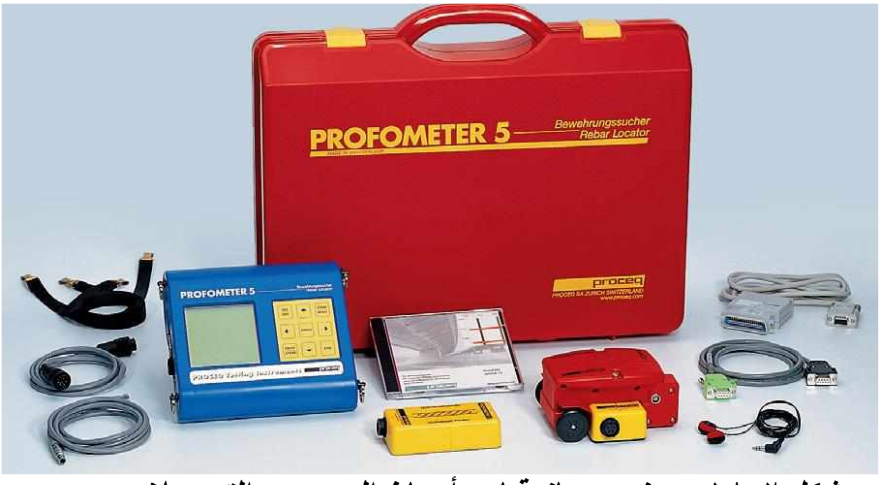
- جهاز قياس حديد التسليح والغطاء الخرساني

-:Profometer

هذا الجهاز يعمل بطريقة المجالات الكهرومغناطيسية ويوجد به وصلات متعددة في نهايته ويستعمل لقياس موقع حديد التسليح أولا عبر الوصلة الباحثة عن الأسياخ - ويجب الإدراك على الأشياء التي تؤثر على القراءات مثل الكانات ووصلات الحديد والمسامير - ويتم عمل مخطط في سطح الخرسانة (شكل 2-17 أ) . يصل عمق الفحص إلى ١٠سم من السطح وظهرت مقاييس حديثة تكشف عن التسليح لأعماق أكثر من ٦٠سم . عند توضيح مواقع الأسياخ يتم قياس أقطار الأسياخ بواسطة وصلة أخرى (شكل 2-17 ب) ويمكن قياس مقدار التغطية بواسطة وصلة أخرى ويتم عمل مخطط

مفصل لمواقع التسليح وأقطارها ومقدار التغطية الخرسانية عبر هذا الجهاز.

شكل 2-17 يوضح طريقة معرفة مواقع وأقطار الأسياخ

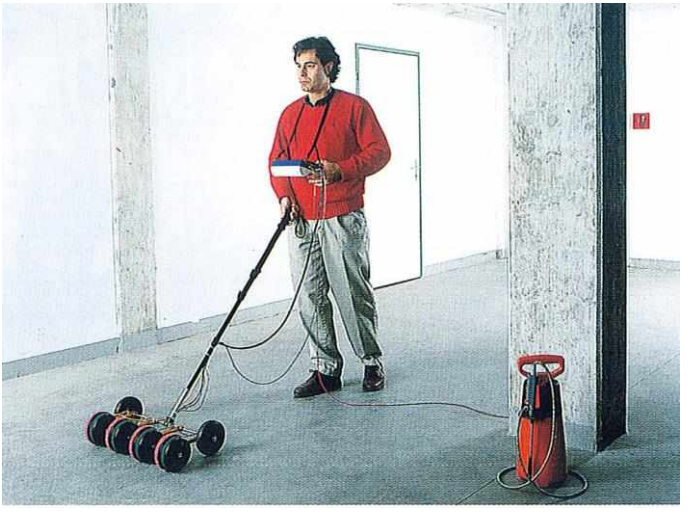


شكل ٢-١٨ يوضح جهاز قياس أسياخ الحديد مع التوصيلات التابعة له

٧- اختبار جهد الخلية النصفية

Half cell test

ويقوم الجهاز بإرسال تيار كهربائي وعبر الإلكترود الذي لديه نصف خلية يقوم بقياس الجهد الخارجي مع جهد النصف الخلية الموضوع بالخارج ويتم بعد ذلك المقارنة بينهما . ويمكن أن يعمل خطوط كنتورية على العنصر المراد اختباره حيث توجد توصيلات عديدة على الجهاز ليتم أختبار أكبر قدر ممكن من حديد التسليح .

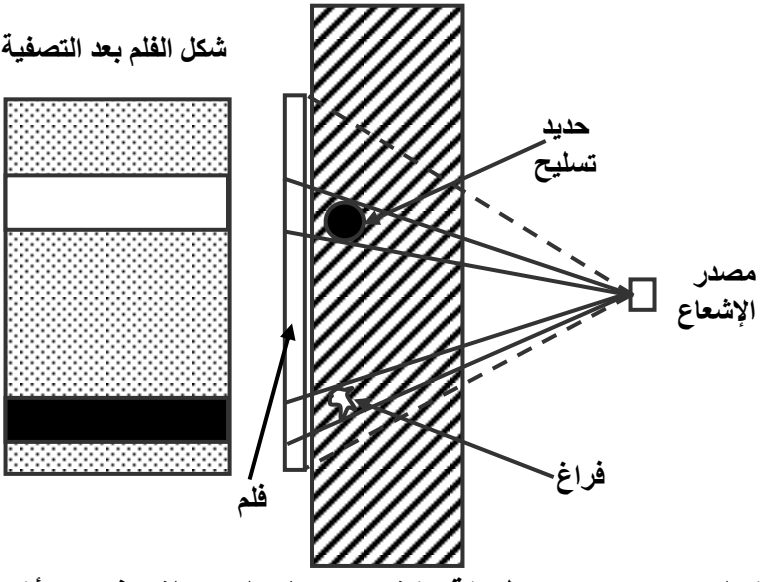


شكل ٢-١٩ يوضح جهاز قياس الصدأ بواسطة الخلية النصفية والموضحة بالشكل جوار العمود والإلكترود بيد العامل عليه

٨- الاختبار بطريقة اشعة جاما أو إكس :-

هذه الطريقة يمكن بها تقدير جودة وكثافة الخرسانة والكشف عن أي عيوب بالعضو الخرساني وذلك باستخدام أشعة جاما أو أشعة إكس لتصوير الجزء الخرساني على مسافة حوالي ٦٠سم ، ويوضع على الخرسانة في الجزء المقابل للجهاز فيلم الأشعة ملاصقا للخرسانة ومغلقا من الخارج برقائق الرصاص لمنع تسرب الأشعة.

يتم تعريض الخرسانة للأشعة فترة مناسبة وتكون نتيجة الفحص بان تظهر على الفلم بعد التصفية التشققات والفراغات على شكل خطوط سوداء وحديد التسليح خطوط بيضاء ولمعرفة أجزاء الحديد التي بها صدا تظهر اقل بياضا من الأخرى .



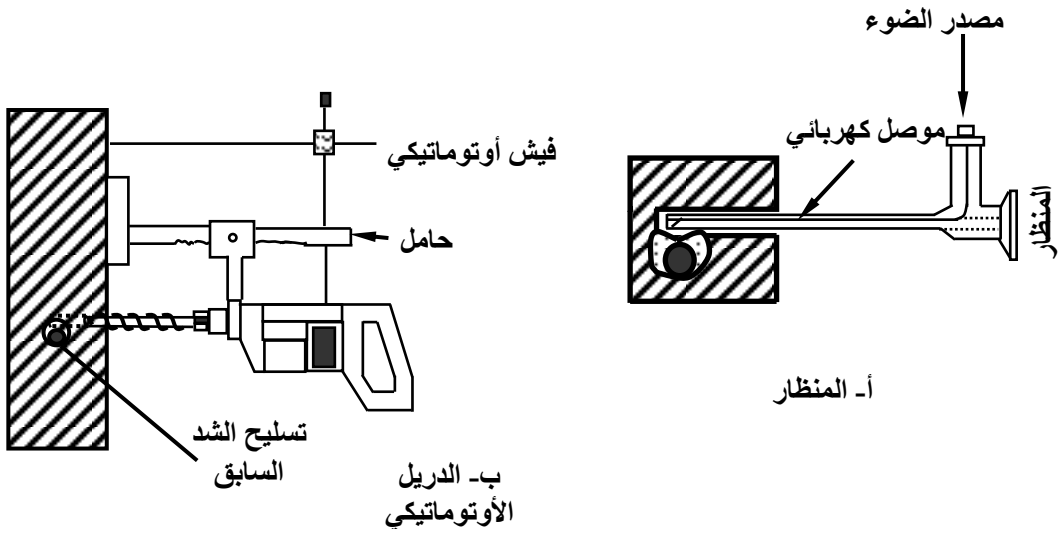
شكل ٢-٢٠ يوضح طريقة كشف حديد التسليح والفراغات بالأشعة

٩- فحص الخرسانة المسبقة الجهد

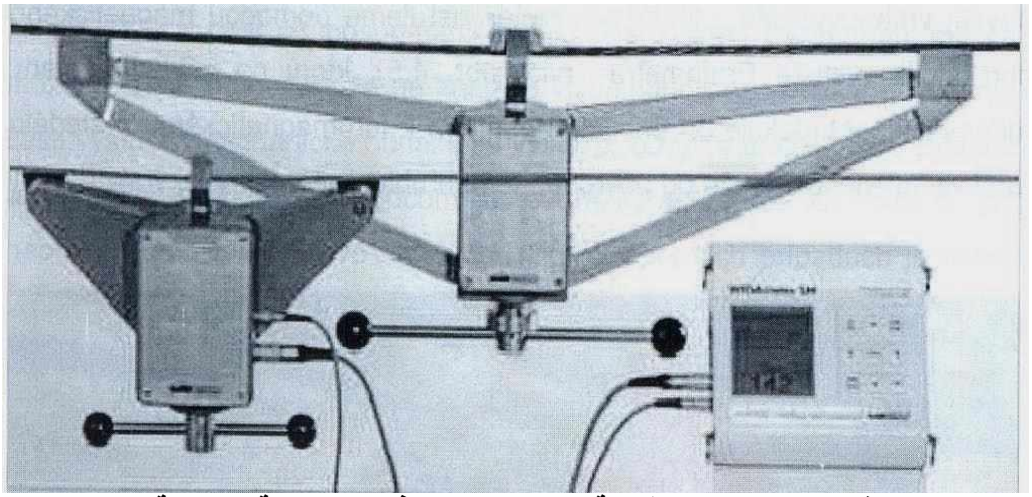
أ- الفحص بواسطة المنظار : يتم فحص تسليح الخرسانة المسبقة الجهد بواسطة عمل ثقب في الخرسانة بالدرليل الذي يتوقف أوتوماتيكيا عند لمسه لأي معدن وبعدها يتم إدخال المنظار لإجراء عملية الفحص (شكل رقم ٢-٢١) .

ب- فحص الإجهاد في التسليح :

يتم فحص الإجهادات في التسليح بإطلاق قوى عمودية على محور التسليح ويتم حساب محصلة قوة الشد في وحدة التسليح عبر الجهاز الموضح في الشكل ٢-٢٢



شكل رقم ٢-٢١ يوضح طريقة اختبار تسليح الخرسانة المسبقة الشد بواسطة المنظار



شكل رقم ٢-٢٢ يوضح طريقة اختبار الإجهاد في الخرسانة المسبقة الجهد

١٠-اختبار تحميل العناصر والمباني الخرسانية :-

يجرى هذا الاختبار للجسور والبلاطات والأسقف الخرسانية بعد إتمام الإنشاء ولا يجوز عمل هذه الاختبارات قبل انتهاء ستة أسابيع من ابتداء التصلد للخرسانة. - والعناصر غير المعرضة لعزم انحناء بصفة أساسية فيتم تقييم أمانها عن طريق التحليل الإنشائي ولا يجوز إجراء اختبار التحميل.

يتم اختبار التحميل بتعريض جزء المبنى والمراد اختباره لحمل مقداره مرة ونصف الحمل الحي المنصوص علية في التصميم وذلك بوضع أكياس أسمنت أو بلك أو أي شئ يفي بالغرض بالإضافة الى حمل مكافئ لجميع الأحمال الميتة شكل رقم ٢-٢٣ يوضح طريقة اختبار العنصر الإنشائي . يراعى عند وضع تلك الأحمال عدم حدوث أي صدمات على العنصر الإنشائي ثم تؤخذ قراءات الانحراف deflection وعروض التشققات بعد ٢٤ ساعة من رفع الحمل .

- **يعد المبنى قد أستوفى شروط الأمان إذا تحقق ما يلي :-**

١- إذا كانت أكبر قيمة الانحراف $\delta \max$ في العنصر المختبر

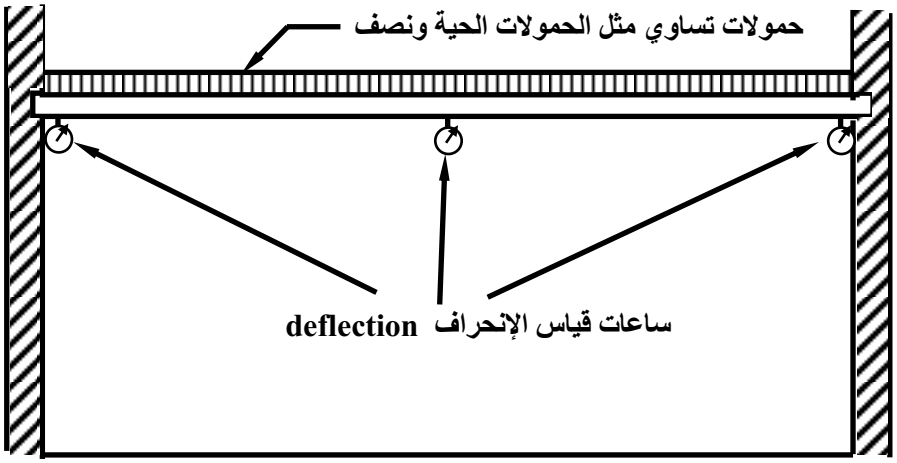
$$\delta \max \le L_t^{\,2} / 2.5t$$

حيث L_t = هو بحر span العنصر المختبر مقاساً بالمتر ويكون البحر الأصغر في حالة البلاطات بدون جسور أو البلاطات ذات الاتجاهين أما في حالة الكوابيل فتؤخذ ضعف المسافة من وجه الركيزة حتى نهاية الكابولي

وحيث t = سمك العنصر مقاساً بالسم .

٢- في حالة إذا ما زاد الانحراف الأقصى $\delta \max$ للعنصر عن ما هو وارد بالمعادلة أعلاه فيجب ألا يقل الجزء المسترجع من الانحراف الأقصى بعد (٢٤) ساعة من رفع الحمل عن (٧٥ %) من قيمة الانحراف الأقصى و أن يكون عرض التشققات مسموح به وفقا للكودات المتبعة في تصميم المبنى .

- **وفي خلال (٢٤) ساعة من رفع الحمل إذا لم يسترجع (٧٥%) على الأقل من الانحراف الأقصى الذي سجل بعد التحميل في مدة (٢٤) ساعة يجب إعادة الاختبار بنفس الطريقة السابقة .**



شكل رقم ٢-٢٣ يوضح طريقة اختبار التحميل للعنصر الإنشائي

- **يعد جزء المبنى غير مقبول إذا لم يختلف على الأقل (٧٥%) من الانحراف الذي ظهر أثناء الاختبار الثاني أو إذا كانت عرض التشققات أكبر من المسموح بها وإذا ظهر على الجزء من المبنى أثناء الاختبار أو بعد رفع الحمل أية علامة من علامات الضعف أو إنحراف انحناء غير منتظر أو خطأ في طريقة الإنشاء . وجب إتباع الحلول الآتية :-**
  - **أ- وضع ركائز إضافية إذا أمكن .**
  - **ب- عمل التخفيض الممكن من الأحمال الحية وتحسين توزيع الأحمال وتعديل ترتيب الأحمال المركزة .**
  - **ج- عمل التخفيض الممكن من الأحمال الميتة .**
  - **د- عمل التخفيض الممكن للتأثير الديناميكي إن وجد .**

يعد المبنى غير صالح للاستعمال للغرض المقصود أصلاً إذا كانت جميع هذه الإجراءات لا تزال غير كافية .

ثانياً : الاختبارات المتلفة :-

١- اختبار القلب الخرساني :-

يتم أخذ قلوب خرسانية concrete cores من العنصر الخرساني بواسطة الأجهزة المستخدمة في أخذ تلك العينات ومن ثم يتم اختبارها في المعمل وقياس مدى مقاومة الخرسانة مع الأخذ بعين الأعتبار للعوامل التي تؤثر على تلك العينة وهي :

أ- العلاقة بين مقاس القلب والمقاس الاعتباري للركام .

ب- تأثير اختلاف أقطار العينات على مقاومة الضغط .

ج- أثر اختلاف نسبة الارتفاع إلى القطر .

د- أثر تجهيز العينة للاختبار .

ه- اثر وجود أسياخ تسليح في العينة على مقاومة الضغط .

و- أثر اتجاه اخذ الحفر .

ز- أثر المكان الذي تؤخذ منة العينة

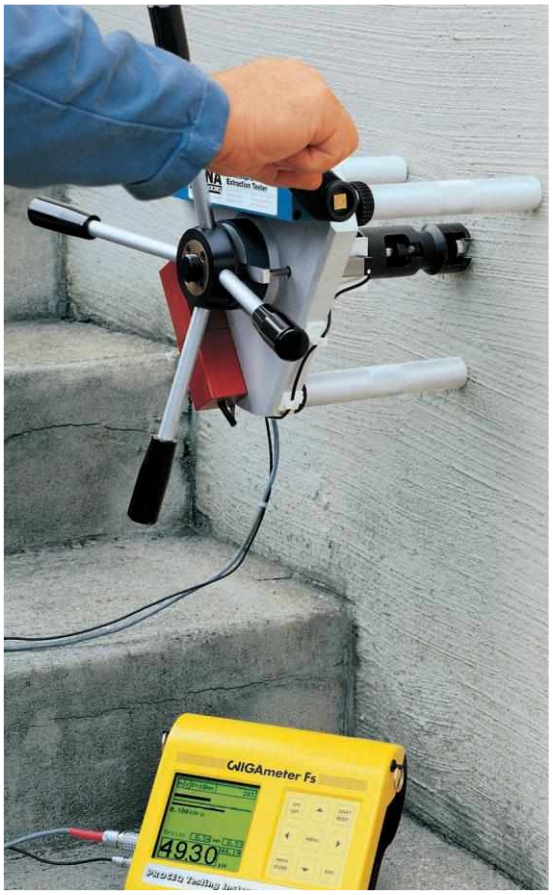
شكل رقم 2-٢٤ بعض القلوب الخرسانية

٢-إطلاق إبرة صلبة في الخرسانة

يمكن تحديد مقاومة الخرسانة بواسطة إطلاق أبرة صلبة تندفع خلال الخرسانة ويتم قياس المسافة التي وصلت إليها الإبرة ، ومن ذلك يتم التعرف على مقاومة الخرسانة للإختراق .

٣-اقتلاع خوابير صلب Pull out test

يتم وضع خوابير صلبة في الخرسانة أثناء الصب أو عند القيام بالاختبار (وهو المتبع دائما) ، وبعدها يتم سحب هذا الخابور بالجهاز الموضح بالشكل ٢-٢٥



شكل رقم ٢-٢٥ يوضح جهاز اختبار السحب مع عينات تم سحبها من الخرسانة

٤-اختبار السحب Pull off

يتم بواسطة هذا الاختبار قياس مقاومة الخرسانة للشد عبر قوة شد مباشرة على القرص الذي تم لصقة سابقا بالخرسانة (شكل رقم ٢-٢٦) ، ويظهر على الجهاز مقدار مقاومة الخرسانة للشد .

شكل رقم ٢-٢٦ يوضح جهاز اختبار السحب مع عينات تم سحبها من الخرسانة

الباب الثالث

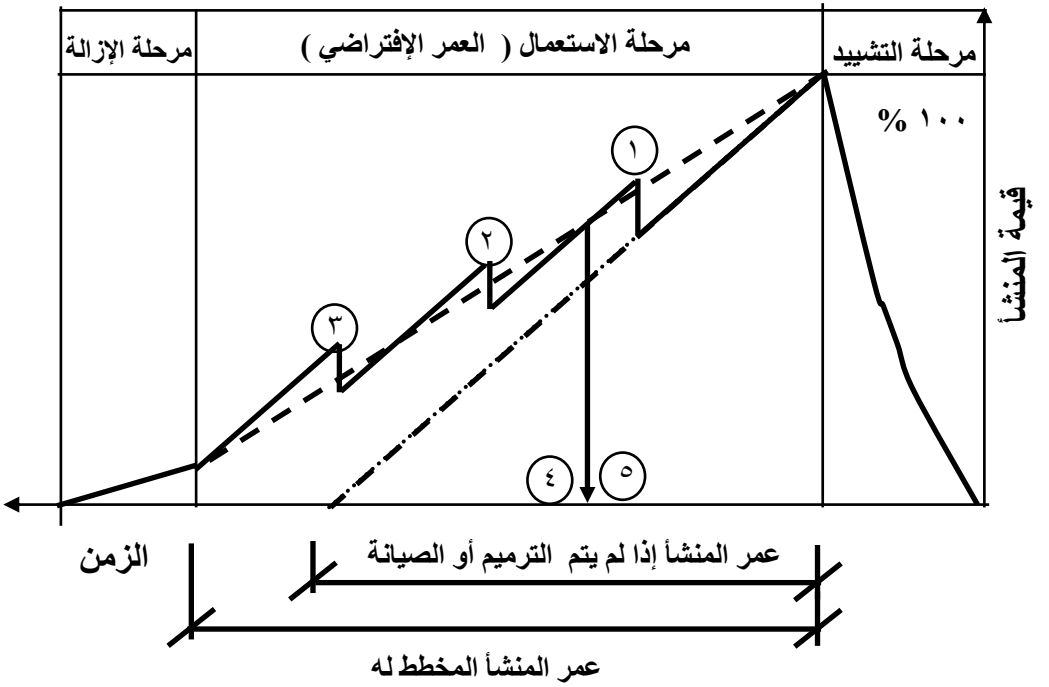
إصـــلا ح وتـــــقـــــويـــــة المباني المتصدعة

حماية المنشآت

العمر الإفتراضي للمباني :

حتى يومنا هذا لا يوجد كود معين أو مدونه توضح العمر الإفتراضي للمبنى أو المنشأ ، الهيكل الحامل ، العنصر الحامل أو الغير الحامل ... بعض المراجع أو الكودات أو المدونات توضح المرحلة الزمنية التي يمكن للمنشأة أن تكون خدمية تحت ظروف معينة وتحسب تلك المرحلة نسبة إلى الغرض الذي شيد من أجله المنشأ والتي تختلف باختلاف نوعية المنشأ والظروف المحيطة به.

ويكون العمر الافتراضي للمنشأ قيمة متغيرة تتعلق بالزمن وتتغير بتغير الظروف المحيطة . لا يمكن لأي منشأ أن يكون له عمر افتراضي مستمر تحت أي ظرف (خاصة المباني الخرسانية) لأن البشر دائما يعمل أخطاء التي تؤدي إلى تراجع العمر الافتراضي للمنشأ . الشكل ٣-١ يوضح قيمة المنشأ المادية والمعنوية خلال زمن معين . المرحلة الأولى تعتبر مرحلة التشييد وهنا نلاحظ أن القيمة تزداد كلما زاد البناء وتبلغ نسبة ١٠٠% عندما ينتهي العمل في البناء ، هذه المرحلة يجب أن تكون أقصر فترة زمنية . المرحلة الثانية هي العمر الافتراضي للمنشأ ويجب أن تكون الأطول بقدر المستطاع .



الشكل ٣-١يوضح قيمة المنشأ المادية والمعنوية

في هذه المرحلة يبدأ استعمال المنشأ وبذلك تقل قيمته نتيجة للاستهلاك وبعد فترة زمنية يمكن رفع تلك القيمة بالصيانة أو الترميم أو الإصلاح ، ونلاحظ أن العمر المخطط للمنشأ عمليا لا ينطبق ، حيث تحصل بعض التصدعات التي تخفض من العمر المخطط له . يمكن أن تعود تلك القيمة إلى الصفر في حالة حدوث حريق أو انفجار . المرحلة الثالثة هي مرحلة الإزالة وهنا يمكن أن يكون للمنشأ قيمة ولو بسيطة وذلك باستعمال بعض الأشياء التي في المنشأ في بناء آخر أو في استعمالات أخرى .

يمكن أيضا تعريف العمر الافتراضي للمنشأ كزمن معين ينتهي بانتهاء استعمال المنشأة [13F] وفي الظروف الطبيعة يكون العمر الافتراضي للمباني كالآتي :

- **المباني الخاصة ١٠٠-١٥٠ عام**
- **العمارات السكنية والعمارات المستخدمة كمكاتب ٥٠-١٠٠ عام**
- **المباني المكونة من الخرسانة الجاهزة ٥٠- ٨٠ عام**
- **المنشآت الصناعية ٢٠-٥٠ عام**

بالطبع عندما تكون المنشأة في ظروف بيئية قاسية ، واستعمالها يكون غير صحيح أو مكثف في المنشآت الصناعية يؤدي ذلك إلى تقصير عمرها الافتراضي عما هو مذكور أعلاه .

العوامل الأساسية التي تتحكم في عمر المنشأة الافتراضي هي المواد الداخلة في بناء الهيكل الإنشائي للمنشأ ، التصميم الإنشائي ، تأثير البيئة المحيطة ، استعمال المنشأ ، الصيانة الصحيحة ، تأثير درجة الحرارة ، وتشوه التربة والأساسات . للمباني الخرسانية تضاف إلى تلك العوامل الإنكماش والزحف Shrinkage & creep وإستهلاك الخرسانة Fatigue .

عندما تكون حماية المنشأ بالطريقة الصحيحة فيعني ذلك أن العمر الافتراضي للمنشأ سيكون عاليا والتكلفة المادية أقل وعند عدم حماية المنشأ أو عمل حماية بطريقة غير صحيحة سيؤثر ذلك على عمر المنشأ

الافتراضي وربما ستكون تكلفة الترميم أو التصليح أكبر مما كان من المفروض عمله عند التشييد . ويجب حماية المنشآت من المؤثرات الخارجية والداخلية والسفلية كالأمطار ، الرطوبة، الحرارة ،الرياح ، الحرائق ، تسرب مياه التوصيلات الصحية ومياه ماء الغسيل والتنظيف ، تسرب المواد الكيماوية المستعملة في بعض مصانع الكيماويات والأسمدة والمواد الغذائية ، المياه الجوفية ، مياه الصرف الصحي ومخلفات المصانع الكيميائية .

إصلاح وتقوية الأعضاء الإنشائية

أولاً : إعتبارات عامه:-

يمكن معرفة الفرق بين الإصلاح والتقوية من خلال الاسم فالإصلاح هو عبارة عن إصلاح عنصر إنشائي حامل ليتمكن من استرداد قوته لمقاومة الأحمال المسلطة عليه ، ولكن التقوية هو تهيئة العنصر الحامل لمقاومة أحمال أكبر عليه والتي ستسلط عليه بعد التقوية أما في حالة الإصلاح فإن الأحمال موجودة قبل أعمال الإصلاحات .

ويكون الإصلاح أو التقوية بطريقتين :

- إما إضافة ماده جديدة للمقطع الأصلي .
- أو إزالة جزء من المادة الأصلية المعيبة واستبدالها بماده جديدة .

ولابد من دراسة تأثير هذه المادة الجديدة على أداء الأعضاء الإنشائية وبالذات في حاله الإصلاحات الإنشائية التي تهدف إلى استرداد مقاومه العنصر للاحمال أو استرداد جسائته

ثانياً - اعتبارات إنشائية:

عندما يحدث تدهور العناصر الإنشائية أو يحدث صدأ كبير في الخرسانة المسلحة أو نقص كبير في مقاومة تلك العناصر أو الحريق أ و الهبوط غير المتكافئ، فإنه يجب معرفة مدى تأثر مقاومة تلك العناصر من ذلك التدهور ـ والمنشأ ككل ـ للأحمال والإجهادات الواقعة عليها وذلك بعمل الاختبارات غير المتلفة والمتلفة إذا لزم الأمر وعمل تقرير مكتمل عن حالة المبنى وحالة جميع عناصره وإقتراح الحلول المناسبة للمنشأ ، فإذا كان من إحدى تلك الحلول هو إصلاح أو تقوية عنصر أو أكثر لاسترداد قدرته على مقاومة الأحمال، فإن هناك نقطتين مهمتين يجب أخذهما في الاعتبار:

أ- إزالة الحمل:

في حالة الإصلاح: ما لم يتم إزالة الحمل من العنصر المراد إصلاحه، فإن العنصر الأصلي سيستمر محملا بالأحمال الآتية:

١ـ كل الحمل الميت.

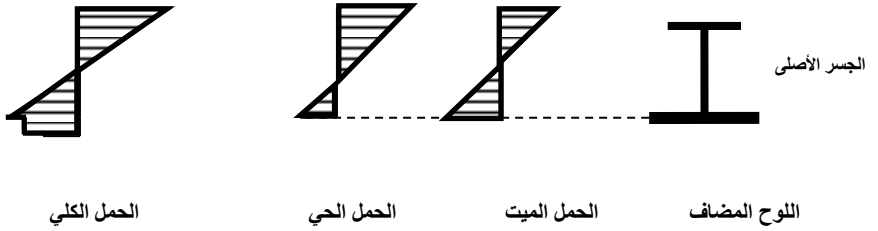
٢ـ جزء من الحمل الحي الموجود قبل عمل الإصلاح .

٣ ـ نسبة من الحمل الحي الذي سيضاف بعد ذلك وهذه النسبة تتناسب مع جسائة العنصر الأصلي إلى جسائة الإصلاح أو الأعضاء المضافة للتقوية .

ولن يساهم الإصلاح أو الأعضاء الجديدة إلا في حمل جزء من الأحمال المضافة بعد الإصلاح، إزالة الحمل من الأعضاء المطلوب إصلاحها يتم عن طريق إزالة الأحمال والإنشاءات التي يحملها العنصر إن كان ذلك ممكنا. أو عن طريق الروافع الهيدروليكية أو بالطرائق اليدوية إلى دعامات مؤقتة. أما إذا تمت أعمال الإصلاح بدون إزالة الحمل فإن الإجهادات نتيجة حالة التحميل النهائية ـ بعد الإصلاح- ستتفاوت كثيرا بين العنصر الأصلي والأجزاء المضافة له وكمثال فإن الإجهادات في لوح من الصلب مضاف لتقوية جسر على شكل حرف (I) ستكون ضئيلة إذا لم يتم إزالة الحمل الميت قبل إضافتها كما بالشكل (٣-٢/أ) أما في حالة الرفع الهيدروليكي للجسر وتدعيمها قبل لحام اللوح فإن القطاع الجديد يعمل كله، وتكون الإجهادات فيه متجانسة (٣-٢/ب) وكنتيجة لهذا فإن المادة الجديدة لن يمكن تحويلها بالإجهادات التي تستطيع تحملها بدون تحميل المادة الأصلية فوق طاقتها بالوقت نفسه ، ولذا فإن استعمال المادة المضافة يصبح غير اقتصادي لأنه لا يتم إجهادها إلا بنسبه بسيطة فما تستطيع تحمله.

لتصحيح هذا الوضع يوصى برفع الحمل ـ الميت والحي – من على العنصر الخرساني قبل إصلاحه باستعمال الوسائل اليدوية مثل الهيدروليكية والدعامات المؤقتة، ثم تنفيذ الإصلاحات أو إضافة أعضاء

جديدة، وبهذا يتوزع الحمل كله بين الأجزاء الأصلية والمضافة ولا يكون تركيز الإجهادات في الأجزاء الأصلية فقط . ومن الأمثلة المتكررة إصلاح الأعمدة باستعمال القمصان من الخرسانة المسلحة بدون إزالة حمل العمود أولا.



أ ـ إ ضافة اللوح بدون إ زالة الحمل الميت

ب- إضافة اللوح بعد إزاله الحمل الميت
شكل (٣-٢) تأثير الحمل الميت على توزيع الإجهادات في الجسر الأصلي والجزء المضاف

ففي هذه الحالة لن يشارك القميص إلا في حمل جزء من الأحمال التي ستضاف للمنشأ بعد عملية الإصلاح.

في حاله التقوية: أما في حاله التقوية زيادة قدرة الأعضاء الخرسانية على تحمل أحمال جديدة فلا يصبح من الضروري إزالة الحمل الأصلي،

لأن الأجزاء المطلوبة للتقوية يتم إضافتها قبل وضع الأحمال الجديدة – تعلية مبنى أو تغيير استعمال الأسقف.....الخ

ويستثنى من ذلك حالات التقوية بإضافة قاعدة جديدة تحت القديمة مثلاً، حيث يلزم رفع الحمل على قواعد مؤقتة أثناء أعمال التقوية.

ب – المشاركة في حمل الأحمال:-

إن نسبه الأحمال التي تذهب إلى الأعضاء الجديدة وتلك التي تحملها الأعضاء الأصلية أو نسب الأحمال في الأجزاء الأصلية أو المضافة في العنصر الواحد، تعتمد على قاعدة تساوي التشكل، أي أن الجزء من الأوزان الذي يحمله كل عنصر أو جزء من عنصر يعتمد على جسائته، أي أن قدرة الإصلاح على تحمل الأحمال لا يعتمد فقط على قوته ـ مقاومة الضغط أو الشد ـ وإنما يعتمد كذلك على معايير مرونته وعلى قوة التصاق العنصر الجديد بالقديم، فمثلاً استعمال مادة الإصلاح ذات معايير مرونة منخفض يعني أنه لابد من حدوث تشكل أكبر حتى تتولد الإجهادات اللازمة في مادة الإصلاح، وحتى لو استعملت الخرسانة كماده إصلاح فإن نصف الخرسانة الجديدة سيكون أكبر من نصف الخرسانة الأصلية والتي قد يكون عمرها سنوات متعددة ، وزيادة الزحف يعني استعمال معايير مرونة منخفض عند حساب نسبة الحمل الذي سيُحمل على الجزء المملوء بمادة الإصلاح وبالإضافة إلى تأثير معايير مرونة مادة الإصلاح، فإن الانكماش والزحف الخاص بها سيؤثر كذلك على

مشاركة الإصلاح في تحمل الأحمال الواقعة على العنصر الذي تم إصلاحه، فزحف الخرسانة الجديدة المستعملة في الإصلاح بالإضافة إلى انكماش يحدث لها سيؤدي إلى نقص نسبة الحمل الذي يذهب إلى الجزء المملوء بمادة الإصلاح وزيادة العبء على الجزء الأصلي، رغم أن إجهادات التماسك تكون قد وجدت فعلاً بين الخرسانة الأصلية والجديدة.

ثالثاً – طرائق إزالة الحمل:

ظهر في المناقشة السابقة الحاجة إلى إزالة الحمل من على الأعضاء المطلوب إصلاحها قبل الشروع في هذه الإصلاحات، حتى يتم توزيع الحمل بين الأعضاء الأصلية والإصلاحات الجديدة بتجانس عندما تعاد الأحمال مره ثانيه.

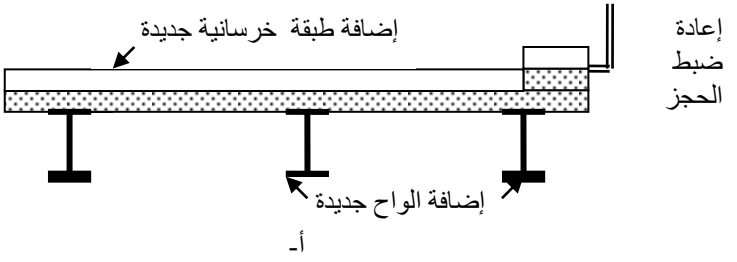
وهناك عدة طرائق لتوزيع الأحمال منها:

أ – إزالة الأجزاء التي يحملها العنصر:

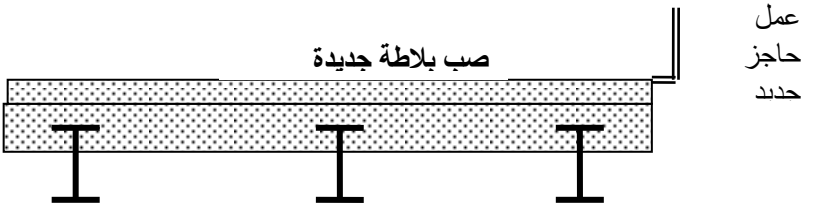
وهذه أبسط الطرائق وأسهلها وأول ما يتبادر إلى الذهن وقد تكون (في بعض الأحوال) أفضل الحلول، فمثلاً خذ حاله أرضيه جسر عبارة عن بلاطة الخرسانة المسلحة على جسور حديدية (شكل ٣-٤) وقد أصاب الصدأ صلب التسليح كما أصاب الجسور الحديدية والحل الأول هو صب طبقه جديدة من الخرسانة أعلى البلاطة لزيادة عمقها، مع إضافة ألواح حديدية أسفل الجسور وهذا الحل تكلفته تتضمن تكلفه الطبقة الخرسانية الجديدة شاملاً إعداد سطح البلاطة الأصلية، ودهانها بمواد لزيادة التماسك وصب الخرسانة الجديدة ورفع مستوى الرصيف وإعادة ضبط

الحاجز - بالإضافة إلى تكلفه لحام الألواح الجديدة – متضمناً تكلفه رفع الحمل عن الجسور الحديدية بالروافع الهيدروليكية والدعامات المؤقتة.

وهناك حل آخر هو إزالة ألبلاطه الخرسانية وأضافه مسامير القص (shear dowels) للجسور الحديدية، ثم إعادة صب البلاطة (شكل ٣-٥) وبالاستفادة من الإنشاء المركب باعتبار البلاطة والجسور قطاعاً واحداً نمثل فيه البلاطة الشفة flange ونمثل الجسور الأعصاب Ribs قد لا تكون هناك حاجه للحام ألواح للجسور وقد يحتاج الأمر إلى لحام ألواح أصغر من الحل الأول ويتم هذا بعد رفع الحمل (وزن البلاطة) بدون تكلفه إضافية، وبمقارنة تكلفة هذا الحل بالحل الأول قد يصبح أوفر خاصة وأن وزن البلاطة والجسور لن يزيد عن وزنها الأصلي كما في الحل الأول مما لا يشكل وزناً جديداً على ركائز هذا الجسر، كما أن عمل بلاطه حديده من خرسانة كثيفة ذات جوده عالية يجعلها أكثر قدره على التحمل مع الزمن عند إضافة طبقه جديدة للبلاطة القائمة.



(شكل ٣-٤) - الإصلاح بإستعمال طبقة خرسانية جديدة وألواح حديدية أسفل الجسور



(شكل ٣-٥) - الإصلاح بإستعمال الإنشاء المركب

ب – إزالة أحمال الأعضاء الخرسانية بالرفع والتدعيم الرأسي:

عندما تكون إزالة الأجزاء التي يحملها العنصر غير عمليه أو غير اقتصاديه، فإن إزالة الأحمال من على الأعضاء التي سيجري إصلاحها يمكن أن يتم بتركيب الدعامات المؤقتة واستعمال الروافع الهيدروليكية تحت الأجزاء المحمولة بالعنصر الخرساني، ورفع هذه الروافع بحيث ينتقل الحمل من هذه الأعضاء إلى الروافع والدعامات المؤقتة ويمكن نقل الأحمال إلى الدعامات المؤقتة يدوياً باستعمال الخوابير.

ترميم وعلاج التشققات

أي علاج لأي مشكله يجب أن يتضمن أولا إيقاف المصدر الأساسي الذي تسبب في وجود هذه المشكلة سواء كان ذلك متعلقا بالتشققات أو صدا الحديد أو الرطوبة فغير منطقي إن يتم ترميم التشققات وما يزال سببه الرئيس موجود أو يتم عزل تسرب مياه دون وقف مصدرها وبناءً على ذلك يتم علاج التشققات وترميمها بعد إيقاف المصدر الذي تسبب في هذا التشققات وبالتالي يكون هذا العلاج هو المرحلة التالية التي تمكن المنشأ من استعادة وضعه الطبيعي وحالته الأصلية التي يستطيع بها تحمل ما يقع عليه من أحمال .ويمكن علاج التشققات باستعمال المواد المرنة مثل البوليمرات العضوية والإسمنت وتسمى الروابط .

وأكثر البوليمرات العضوية استعمالا في الترميمات الإنشائية هي الروابط الإيبوكسية .

وهي عبارة عن مركب أساسي راتنجي EPOXY BINDERS أو مصلد أو معجل للتصلب ، حيث يجب خلطها بالنسب المحددة . وللروابط الإيبوكسية خاصية الالتصاق بالخامات كالخرسانة والحديد وقلة الانكماش ، كما أنها ذات قوة شد وضغط عاليتين . ويعيب البوليمرات العضوية ضعف مقاومتها للحريق ودرجات الحرارة المرتفعة . والروابط الإيبوكسية تنتمي إلى فصيلة البوليمرات حرارية التصلد وهي تشمل ضمن تركيبها البوليرثان مجهزاً على هيئة مركبين يتم خلطهما عند

الاستعمال . ويعد البوليستر من نفس الفصيلة . وهو يتكون عادة من ثلاث مركبات (أساس راتنجي ، وسيط مساعد ، ومعجل تصلب) .

وهناك فصيلة أخرى من الروابط العضوية تتكون من البوليمرات البلاستيكية THERMOPLASTIC POLYMERS أو الروابط الاكريليكية ACRYLAMID BINDER وهي سريعة التصلب ولا تلتصق بالخرسانة ، وذات انكماش عال في الظروف الجافة ولذا فإن استعمالها الرئيس يكون في سد التشققات في حالات الرطوبة والتشبع لمقاومة تسرب الماء . والإسمنت المستعمل هنا هو الإسمنت البورتلاندي العادي ، كما أن الإسمنت قليل الانكماش والإسمنت سريع التصلب يمكن خلطهما بالبوليمرات العضوية .

وكذلك يمكن استعمال إسمنت الحقن (اللباني) لملء التعشيشات والفراغات الهامة ، كما يستعمل الإسمنت السريع التصلب في بعض حالات ملء التشققات وتستعمل البوليمرات البلاستيكية (الراتنجات الاكليريكية) بصفة رئيسة لملء الشروخ تحت ضغط الماء لإيقاف نفاذ الماء . كما تستعمل أيضاً البوليمرات حرارية التصلد.

أ- علاج التشققات البسيطة :

١-في حالة تشققات زيادة الانكماش والتي تظهر بصوره منتظمة يتم أولا تنظيف هذه التشققات جيدا وإزالة جميع المتعلقات والأتربة وزبد

الخرسانة ويفضل إن يتم ذلك بجهاز ضغط الهواء يلي ذلك دهان أو فرد المونه الإسمنتية السائلة أو دهان وجهين ايبوكسى

٢-في حالة التشققات الغير متسعة يتم التنظيف الجيد بجهاز ضغط الهواء ثم إزالة الأجزاء الضعيفة ثم يتم قفل التشقق بالمونة الإسمنتية أو بمونة غير منكمشة ثم ملء التشقق بمونة إيبوكسيه مناسبة

ب_ علاج التشققات العميقة بالحقن :

تعتمد هذه الطريقة على استعمال مضخة كيماوية خاصة تضغط مونة الحقن سواء المونة الايبوكسية المرنة أو العادية أو بالمونة الغير قابله للانكماش وتصلح هذه الطريقة لجميع أنواع التشققات وفي جميع العناصر الخرسانية سواء التي تم صبها بالموقع أو سابقة الصب أو الخرسانة سابقة الاجهادات

طريقة عمل الترميم بالحقن :

١- يتم توسيع التشققات بعرض وعمق منا سبين ألا يقل عن ٢سم+

٢- في حالة التشققات النافذة من الجهتين يتم الحقن من الناحيتين

٣- بعد التوسعة اللازمة تتم النظافة التامة بجهاز الضغط لضمان عدم تواجد أى أتربه

٤- يتم تجهيز مونه الحقن كما ذكرنا وحسب النوع المذكور عالية و المحدد في التقرير الفني

٥- يتم ملء سطح الشق من جهة واحده إذا كان الشق غير نافذ أو من الجهتين إذا كان نافذا وذلك بمونه ابوكسيه أو بمونة أسمنتية على إن يكون قوامها وكثافتها مناسبة لذلك

٦- يتم تثبيت مواسير معدنية بقطر مناسب على أبعاد من ٣٠سم إلى ٥٠سم ومركب على الماسورة المقلوظة صمام عد م رجوع .

٧- يتم ضخ المونة الحاقنة بواسطة المضخة الكيماوية الخاصة بذلك على أن يتم الضخ من الماسورة العلوية المركب عليها صمام عدم الرجوع وتستمر في الحقن حتى يتم خروج المونة من المواسير خاصة الماسورة التي تلي ماسورة الحقن العليا.

٨- يلي ذلك نزع المواسير وتقفيل مكانها بمونة ايبوكسيه أو مونة إسمنتية.

٩- في حالة التشققات النافذة يتم الحقن بنفس الطريقة من الجهتين.

١٠- في حالة التشققات ذات الأطوال الصغيرة يمكن الحقن بوضع المونة في أنابيب سيليكون ويتم الضخ باستعمال مسدس السيليكون.

<u>ج- ترميم التشققات الواسعة:</u>

١-في هذه الحالة يتم فتح التشققات وتكسير الأماكن الضعيفة وبعد ذلك تكون عملية النظافة التامة بجهاز الضغط الهوائي و يلي ذلك عمل طرطشه بإضافة مادة بولمريه رابطه ثم تملء التشققات بالمونة البولمرية الألياف أو بمونة غير قابلة لانكماش .

٢- في حالة الرغبة في استعمال الاييوكسى في إتمام هذه العملية يتم التنظيف الجيد بجهاز الضغط الهوائي بعد التكسير اللازم ثم دهان وجه رئيسي ايبوكسى ثم ملء الشق بالمونة الأيبوكسيه العادية

٣-يجب عند استعمال المواد الأيبوكسيه إتباع جميع تعليمات التشغيل والاحتياجات المشار إليها

د- علاج تشققات الحوائط الحاملة

تمثل تشققات المباني عامل هام خاصة المباني التي يكون نظامها الإنشائي حوائط حاملة والتي تقام بدون أعمده خرسانية مسلحه أو خشب وجسر حديد وتكون هذه التشققات معبره عن الخطورة التي يتعرض لها المبنى خاصة التشققات المائلة وسنتعرض هنا لأهم أنواع التشققات وطرائق علاجها.

١ – التشققات الرأسية في الحوائط الحاملة:

التشققات الرأسية تحدث غالباً نتيجة اختلاف الأحمال أو الإجهادات بين جزأين من المبنى الواحد أو عند عمل امتداد لمنشأ قديم أي تحدث هذه التشققات في المباني ذات الأحمال المختلفة والارتفاعات المتباينة ويتم علاج هذه التشققات بوضع قوالب طوب أفقيه عمودية على الشق ويتم تقفيلها بمونة إسمنتية أو إيبوكسية أويتم ذلك بفتح فتحات أفقيه وتوضح

أسياخ حديد تسليح بعدد وأقطار مناسبة حسب التقرير الفني المعد ثم يتم ملء الفتحات بالمونة.

٢ – التشققات الأفقية في الحوائط الحاملة:

أ – هذا النوع من التشققات يعد أقل الأنواع خطورة.وتحدث التشققات الأفقية نتيجة عيوب في طريقه المباني وعدم إتباع أصول الصناعة من حيث رص الطوب أو عدم الاهتمام بالمونة أو استعمال طوب غير متساوي أو بإجهادات كسر ضعيفة.

يتم علاج هذه التشققات بتوسعته بعمق وعرض مناسبين ثم إتمام النظافة ثم يملأ بالمونة .

٣ – التشققات المائلة في الحوائط الحاملة:

التشققات المائلة في هذه الحالة تكون من أخطر أنواع التشققات حيث تكون غالباً نتيجة حدوث هبوط غير متكافئ أو نتيجة اختلاف إجهادات التحميل على أجزاء التربة. وبناءً على التقرير الفني المعد ، وبعد علاج أسباب الشق يتم توسعة الشق بعمق وعرض مناسبين ثم تتم النظافة الكاملة بجهاز ضغط الهواء ويلي ذلك عمل قوالب طوب عمودية أو شبك حديدي على الشق وعمل مونة غير منكمشة . يمكن عمل فتحات عمودية على الشق بمقاسات مناسبة ثم التنظيف بجهاز الضغط الهوائي ثم ملء الشق بمونة إيبوكسيه مناسبة ،وبعدها عمل شبك عمودي على الشق والطرطشة المناسبة ومن ثم التلبيس .

طرائق تقوية الأعضاء الإنشائية

أولاً: إصلاح وتقوية الأساسات:-

عند البداية في تأسيس المنشآت يجب أخذ الاحتياطات اللازمة حتى لا يتأثر المبنى بتشققات أو إنهيارات أي شئ من هذا القبيل والاحتياطات هي :

يجب التأكد من الآتي : :

١- التأكد من تجانس تربة التأسيس وأن تكون غير متغيرة المنسوب والسمك .

٢- دراسة التحركات المحتملة للتربة بعد التأسيس .

٣- سلامة بيانات جهد التربة مع مراعاة عامل الأمان اللازم للتصميم والتأكد من أن مساحة الأساس كافية لتوزيع الأحمال على التربة ومواجهة احتمالات تغير القوى المؤثرة على الأساس مع مراعاة عمق وأبعاد الأساس .

٤- التأكد من توزيع ضغط وأحمال المبنى بانتظام على الأساس أياً كان نوعه لتفاد الهبوط الغير منتظم Differential Settlement الذي يسبب التشققات والانهيارات .

٥- التأكد من تعامد سطح فرشة الأساس على محصلة الأحمال كذلك مراعاة إنطباق محصلة الضغوط مع محور الأساس . وإذا كانت هناك غير مركزية يجب مراعاتها عند التصميم .

٦- إذا كان الأساس قريبا من ميل طبيعي في الأرض فيجب حماية التربة من فقد قدرتها على مقاومة القص وذلك نتيجة الميل ومقاومة الانزلاق وذلك بعمل حوائط ساندة أو ستائر معدنية أو عمل الأساس بعمق أكثر من سطح الانزلاق وذلك لتلاشي التحرك المفاجئ للتربة .

٧- في حالة احتواء التربة على مواد كيماوية يفضل استعمال أسمنت الومينى بدلاً من الأسمنت البورتلاندي العادي أو استعمال الإضافات الخرسانية التي تزيد من مقاومة الخرسانة لهذه الكيماويات أو دهان الأساسات بالمواد الأبيوكسية المقاومة لهذه الكيماويات .

٨- يراعى أن تكون مناسيب مواسير المياه الرئيسة أو مواسير الصرف المارة بجوار الموقع أعلى من منسوب التأسيس حتى لا يؤدي انفجارها أو تلفها إلى تخلخل التربة تحت الأساس .

٩- يجب أن لا يحدث تفاوت في جهد التربة تحت القواعد المختلفة للأساس بأكثر من ٢٥% من أقصى جهد مسموح به .

١٠- في حالة التفاوت في الضغوط تحت أجزاء المبنى الواحد تفصل الأساسات للأجزاء ذات الأحمال الكبيرة عن باقي المبنى كذلك تفصل الأجزاء المعرضة للاهتزازات كالأجزاء التي يركب عليها ماكينات أو يمر عليها معدات .

١١-معرفة التحرك الناشئ حول الأساس وتحته خاصة في التربة الرملية الذي بدوره يسبب انهيار الأساس ولا سيما في السدود والجسور وخاصة إذا كانت حركة المياه سريعة .

١٢- معرفه هل هناك تسرب للمياه إلى التربة الطينية الجافة والذي قد يسبب في هبوط أو تمدد للتربة مع فشلها في مقاومة جهد القص shearing stress .

١٣- يجب عدم ترك حفر الأساس لمدة طويلة ويجب تغطية الحفر بالخرسانة العالية .

١٤-عدم السماح بسحب أو انخفاض المياه الجوفية من حول المبنى الذي يسبب هبوط المبنى ويزيد الهبوط كلما كان السحب سريعاً كذلك يجب تنظيم سحب المياه من التربة بمعدل بطيء مع علاج الضعف الناتج من ذلك في قوة تحمل التربة

١٥- عدم زرع الأشجار ذات الجذوع القوية جوار الأساسات ويكون بعد الأشجار عن الأساسات بمقدار ضعف ونصف طول الشجرة ما لم يتم عمل حاجز معدني جوار الأساسات لمنع توغل الجذوع شكل٣-٦

شكل رقم ٣-٦ يبين طريقة حماية الأساس من جذور الأشجار

طرائق ترميم الأساسات :

يوجد طرائق متعددة لترميم وتدعيم الأساسات أو العناصر الإنشائية الحاملة من الأساسات . ويمكن تقسيم تلك الطرائق إلى أربع مجموعات رئيسة وهي :

١- تقوية الأساس نفسه

٢- تقوية التربة تحت الأساس

٣-التقوية بإضافة عناصر إنشائية جديدة

٤- :ترميم الحوائط الساندة :-

هناك أسباب متعددة لضعف مقاومة التربة تم ذكر البعض منها آنفا ، ولكننا فقط سندرس الأمر الواقع في الأساسات وهو أما إعادة الأساس إلى وضعه الأصلي عند بداية البناء أو تدعيمه وتقويته إلى حد يستطيع أن يحمل حمولة أكبر مما صمم عليه . ويمكن تدعيم الأساسات بنفس مواد ذلك الأساس كتقوية الأساس الحجر أو الخرساني بنفس المادة أو تقويته بمواد أخرى كالخرسانة المسلحة [2].

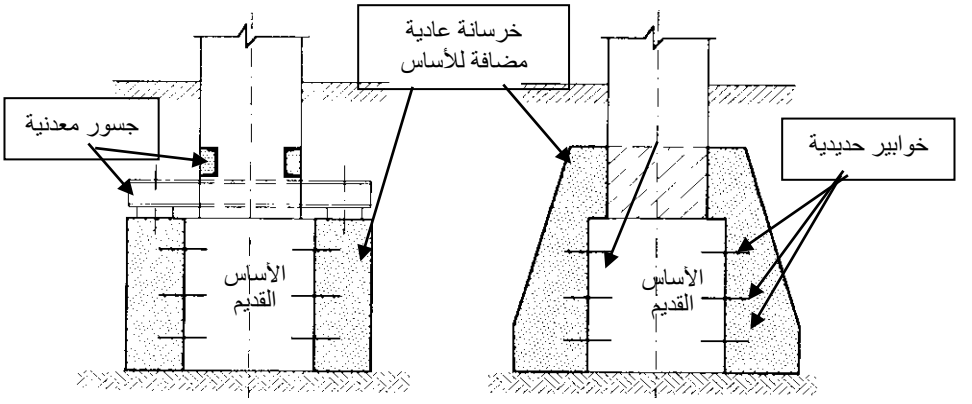
١-تقوية الأساس نفسه :

نتيجة لسهولة هذه المجموعة وقلة تكاليفها غالبا ما تستعمل هذه المجموعة من التدعيم أو التقوية في المباني وتقسم إلى :

أ- تقوية الأساس بالتوسع الأفقي :

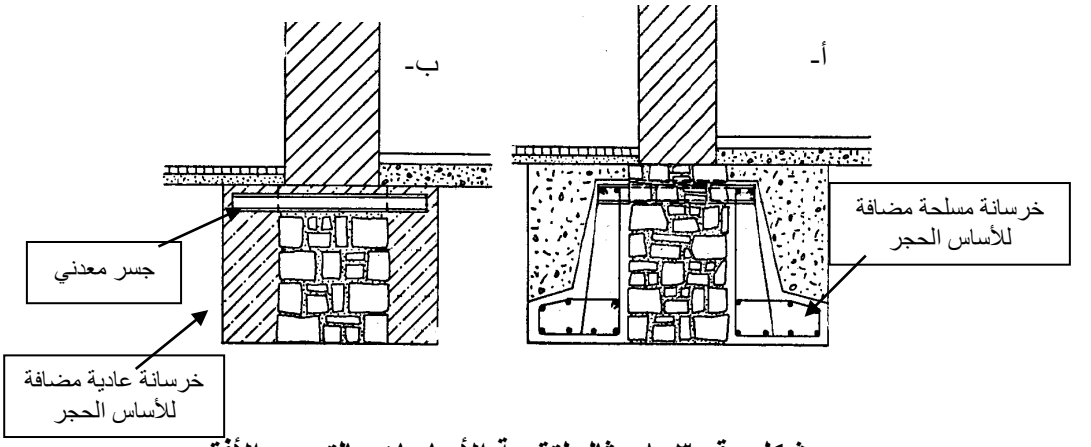
عند تقوية الأساسات الحجرية (وهي عبارة عن أساسات مكونة من الحجر البازلتي مع المونة الإسمنتية كمادة رابطة وسابقا كان يستخدم مع الطين) يتم نقل الحمولات بواسطة جسر معدني حتى الجزء الخرساني المضاف . عندما نضيف أساس جديد من الخرسانة المسلحة للأساس القديم يتم نقل الحمولات عبر الأساس القديم أو من خلال الجسر الخرساني الجديد الذي يعد جزءاً من الأساس .

(شكل،٣-٧، شكل ٣-٨) . ولكن لابد من الأخذ في الاعتبار أن عمل قميص للقاعدة القديمة سيؤدي إلى تولد قوى قص كبيرة عند اتصال الخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة عندما يحدث هبوط للقاعدة المركبه تحت تأثير الحمل الجديد، ولذا فإن أسطح الاتصال يجب أن تخشن جيداً وتزود بمسامير قص كافيه لنقل قوى قص أكبر من تلك الناتجة من حاصل ضرب جهد التربة تحت القاعدة المركبة في مساحة القطاع المضاف، كما يستحسن حساب الحديد الأصلي بعد فرده واستعداله في الحديد المضاف لزيادة مقاومه القص



شكل رقم ٣-٧ يوضح طريقة تقوية الأساسات بالتوسع الأفقي

تقوية الأساس بالتوسع الأفقي أحيانا يفهم أنه يتم التوسع عند نهاية الأساسات ، ولكن يمكن التوسع أفقيا عند مستوى نهاية الأساس أو أي مستوى آخر كما في التطبيق الموضح في الشكل رقم ٣-٩ . فيتم التوسع عند نهاية مستوى الأساس عندما يكون ذلك قريب من سطح

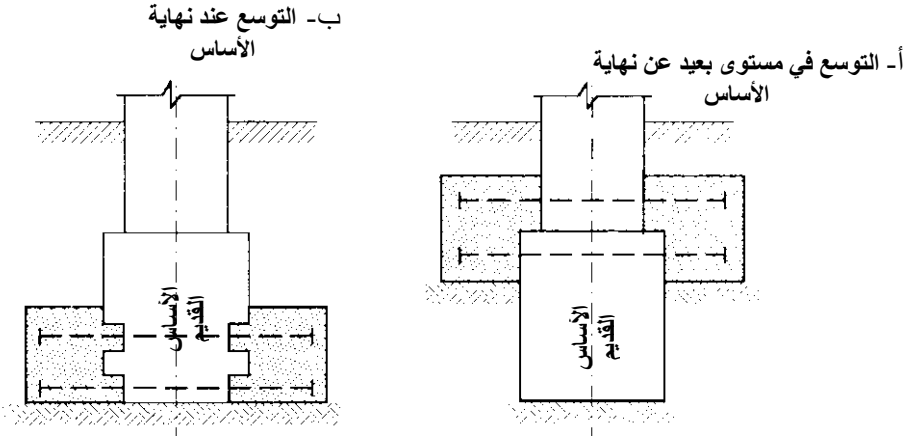


شكل رقم ٣-٨ مثال لتقوية الأساسات بالتوسع الأفقي

أ- إضافة خرسانة مسلحة للأساس الحجري القديم

ب- إضافة خرسانة عادية للأساس القديم

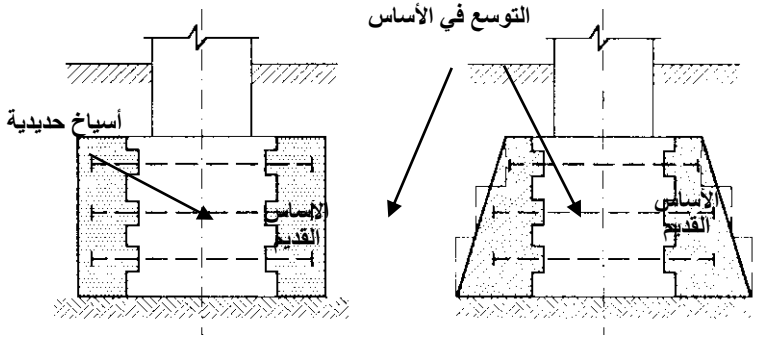
الأرض. عندما يكون الأساس عميق يتم توسعة الأساس في أي مستوى أخر مع مراعاة عدم السماح لتجمد الأساس في البلدان الباردة . من الواضح أن تلك الأساسات تكون تحت الجدران الحاملة الخارجية للمباني ولكن عند الجدران الحاملة الداخلية يتم توسيع الأساسات فوق مستوى نهاية الأساس الأصلية وذلك للابتعاد عن مشاكل ضغط التربة على جوانب الأساسات الأخرى عند الحفر العميق أثناء العمل .



شكل رقم ٣-٩ يوضح تدعيم الأساس بالتوسع الأفقي أ- بعيدا عن مستوى نهاية الأساس ب- على مستوى نهاية الأساس .

عندما يتضح وجوب تدعيم الأساس بشكل جيد وآمن ، فيتم تدعيم الأساس بإضافة خرسانة مسلحة أو عادية خلال عمق الأساس كاملا وليس لجزء من العمق . يجب أن يتم عمل الأساس السابق سوية مع التدعيم ، ويجب الأخذ في الاعتبار أنه ستتولد قوى قص كبيرة عند اتصال الأساس القديم بالخرسانة الجديدة عندما يحدث هبوط للقاعدة المركبه تحت تأثير الحمل الجديد، ولذا فإن أسطح الاتصال يجب أن تخشن جيداً وتزود بمسامير قص كافيه لنقل قوى قص أكبر من تلك الناتجة من حاصل ضرب جهد التربة تحت القاعدة المركبة في مساحة

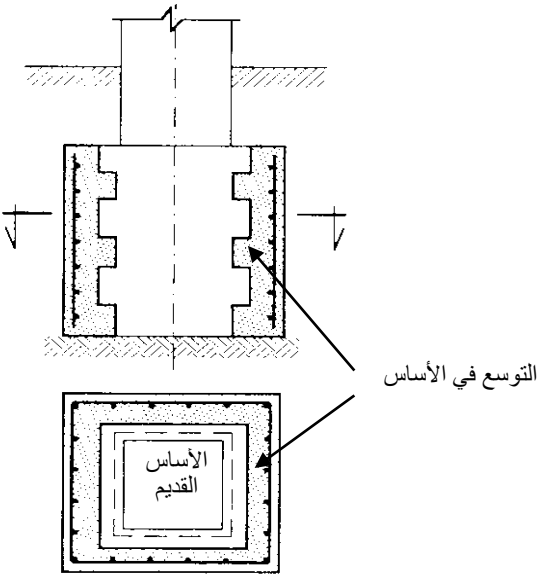
القطاع المضاف، وكذلك من خلال ربط الأساس السابق بالأساس الجديد بواسطة أسياخ حديدية أو جسور معدنية مع عمل تدرج معقول كما هو موضح بالشكل رقم ٣-١٠ ، كما يستحسن حساب الحديد الأصلي بعد فرده واستعداله في الحديد المضاف لزيادة مقاومه القص. الشكل يوضح بدائل التوسع بالتدرج العمودي أو المائل. تلك الطريقة اقتصادية من ناحية تكلفة الخرسانة ولكنها تحتاج لوقت وعمل أكثر ، لذلك عند تصميم الحل يجب مراجعة التكاليف والوقت .



شكل رقم ٣-١٠ يوضح تدعيم الأساس بالتوسع الأفقي وخلال العمق كامل عموديا أو بشكل مائل

تدعيم الأساسات بالتوسع الأفقي يمكن عمله تحت الجدران الحاملة وذلك بتوسيع الأساسات على الأقل ١٠ سم وهذه الطريقة تكون عملية في حالة أن الأساس لا يتناسب مع التشوهات الجانبية . ويتم نقل إجهادات القص من خلال التدرج الموضوع حول بعرض المقطع على

الأساس الأول (شكل رقم ٣-١١) . [33]الأسياخ يتم وضعها عند الجهة الخارجية وتكون عبارة عن أسياخ يتم ربطها جيدا أو تلحيمها .



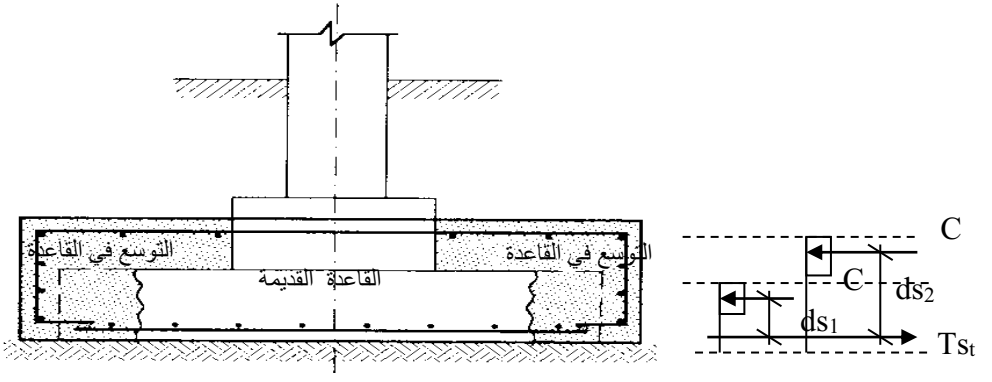
شكل رقم ٣-١١ يوضح عملية توسيع عرض الأساسات

لتوسيع القواعد الخرسانية يمكن إضافة أسياخ لإسياخ القاعدة الأساسية بواسطة اللحام وتوسيع عرض وإرتفاع القاعدة كما هو موضح بالشكل رقم ٣-١٢ وبذلك يزداد طول ذراع القوى الداخلية مما يؤدي إلى إرتفاع تحمل القاعدة للعزوم ويخفف من الإجهادات في نهاية القاعدة .

$$M_d \le Mu = C.d_{s2}$$

$$\sigma = \frac{C}{A_{ef}} \leq \sigma_{soil}$$

سيحصل هنا تغير في نسبة التسليح ولذلك يجب التحقق من ذلك لأنه ربما يحصل أن تقل نسبة التسليح وسيكون العنصر عبارة عن خرسانة عادية وليس خرسانة مسلحة نتيجة أنخفاض نسبة التسليح .[5,4]

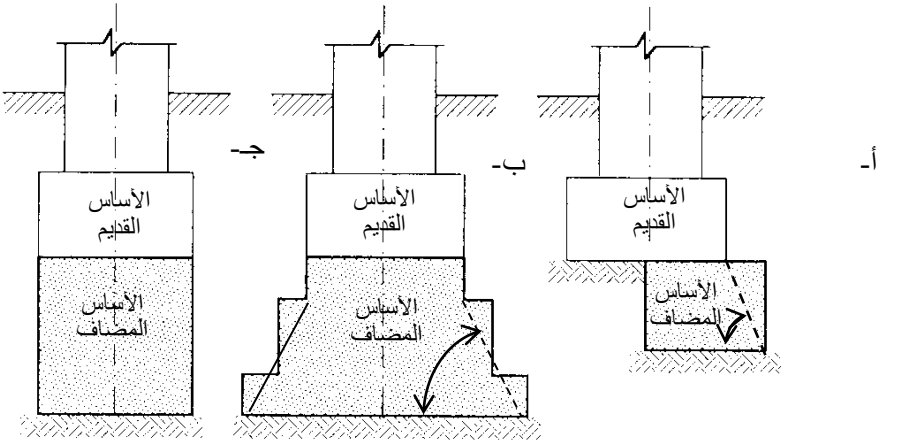


شكل رقم ٣-١٢ يوضح تدعيم القواعد الخرسانية

ب- تقوية الأساس بالتوسع الرأسي :

تستعمل هذه الطريقة عندما تكون مقاومة التربة غير مناسبة لحمولات المبنى وبذلك يتم تقوية الأساسات في الإتجاه الرأسي ليتم نقل الحمولات إلى تربة ذات مقاومة أكبر . في الغالب يتم التوسع الرأسي بدون توسع أفقي ولكن عند زيادة الحمولات يتم التوسع بالإتجاه الرأسي والأفقي . يمكن التوسع في الأساسات في جهة واحدة (شكل رقم ٣-٣ أ)

أو في جهتين (شكل رقم ٣-١٣ ب) ويمكن أن يكون التوسع متماثلاً أو غير متماثل (شكل رقم ٣-١٣ أ) . التوسع في الأساسات يعتمد على طريقة تحميل الأساسات مع الأخذ بعين الاعتبار لنوعية الأساس هل هو أساس لجدران حاملة أم قواعد لأعمدة .



شكل رقم ٣-١٣ يوضح طريقة تدعيم الأساسات رأسيا مع
أ- توسع أفقي من جهة واحدة ب- توسع أفقي من جهتين
جـ - بدون توسع أفقي

لرفع مستوى سطح الطوابق التي تحت الأرض يمكن تعميق الأساسات بدون توسيعها كما في شكل ٣-١٣ جـ ولكن عندما تزداد الحمولات على المبنى فيجب أن يتم توسعة الأساسات وتعميقها . عندما تكون الحمولات في جهة واحدة فيمكن عمل التوسعة في جهة واحدة شكل

٣-١٣ أ ولكن عندما تكون الحمولات مركزية فتكون التوسعة متماثلة شكل ٣-١٣ ب . عند توسعة الأساسات يجب الأخذ بعين الأعتبار لزاوية نقل الحمولات شكل ٣-١٣ أ ، ب [38] الشكل رقم ٣-١٦يوضح أحد الأمثلة لتقوية الأساسات بالتوسع الرأسي .

شكل رقم ٣-١٥ يوضح مدى تفكك الأساس قبل التوسعة في الإتجاه الرأسي

شكل رقم ٣-١٦ يوضح عملية ترميم الأساس بالتقوية الرأسية

جـ – ربط قاعدتين منفصلتين أو أكثر لعمل قاعدة شريطيه:

إن ربط قاعدتين منفصلتين أو أكثر لتحويلهم إلى قاعدة شريطيه يكون في جزء منه مماثل لعمل توسع أفقي للأساسات ، وفي الجزء الموجود بين القاعدتين يأخذ شكل القاعدة الشريطية العادية، ومن المشاكل التي تصادف المصمم في هذه الحالات ما يلي:

١ – اختلاف سمك الخرسانة العادية والمسلحة للقواعد مما يجعل حديد التسليح بها ليس في مستوى أفقي واحد.

٢ – عدم وجود القواعد على خط واحد وفي هذه الحالة يمكن زيادة عرض القاعدة الشريطية أو ربط كل مجموعه على خط واحد تقريباً بقاعدة شريطيه.

٣ – ضرورة إضافة تسليح علوي في منتصف البحر بين الأعمدة لمقاومه الفروق السالبة الناشئة في القاعدة الشريطية.

د – تحويل القواعد المنفصلة إلى لبشة مسلحة:–

وخاصة إذا كانت القواعد المنفصلة المسلحة على لبشه من الخرسانة العادية ويتم حساب السمك والتسليح اللازمتين للبشه بالطريقة المعتادة ويجري لحام الأسياخ الجديدة بالقديمة لزيادة الربط.

هـ- تقوية الأساس بالتثبيت :

هذه الحالات من التقوية تتمثل في إعادة تماسك الأساسات بدون أي توسع وذلك عندما يكون الأساس ضعيفاً بالنسبة للتشوهات الجانبية . لإعادة تماسك الأساس تستعمل الطرائق التالية (شكل رقم٣- ١٧):

- حقن الأساسات
- تغطية الأساسات
- عمل طبقة إسمنتية- ترابية حول الأساس بواسطة إضافة لبنة أسمنتية وخلطه مع التراب حول الأساس المراد تقويته .

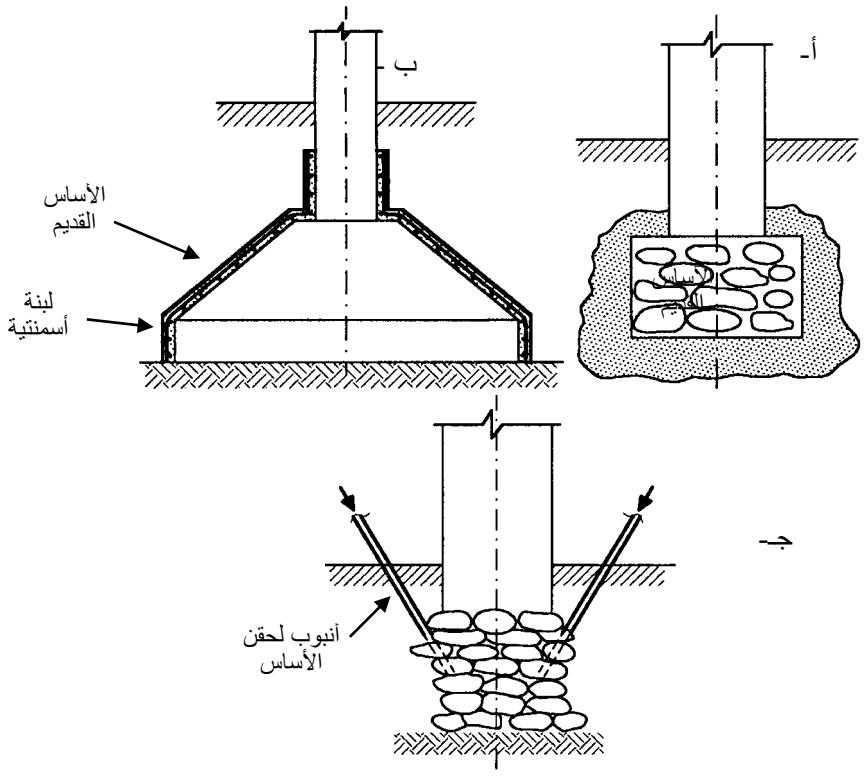
هناك اعتبارات متعددة يجب مراعاتها عند اختيار طريقة الحقن ومنها:

١ – أن تكون التربة مسامية بدرجه كافيه لتقليل الحقن.

٢ - اعتبارات الهبوط الكلي، حيث إن الهبوط دالة في الحمل الكلي وليس دالة في الإجهاد على التربة السطحية.

٣ – أن تكون مواصفات البناء المحلية تسمح باستعمال هذه الطريقة في زيادة قدرة التربة وزيادة الإجهاد المسموح به تحت الأساسات القائمة.

ويجب عمل الاختبارات اللازمة للتأكد من سلامة وفعالية عملية الحقن بالطرائق المعروفة مثل الحفر وأخذ عينات القلب واختبارها.

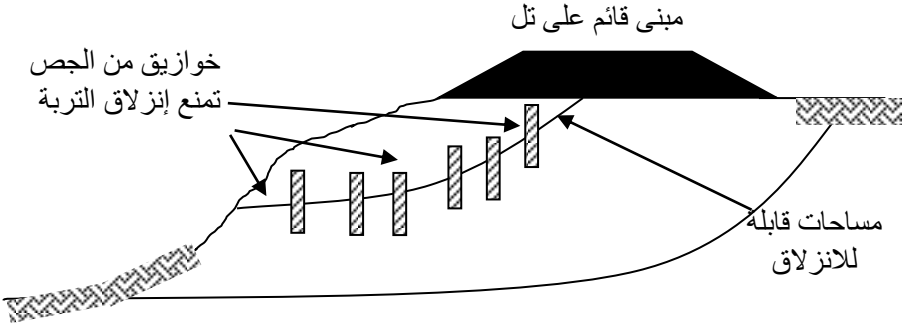


شكل رقم ٣-١٧ يوضح تقوية الأساسات بالتثبيت أ- تغطية الأساس
ب - إضافة لبنة أسمنتية جـ الحقن

٢-:تقوية التربة تحت الأساس :

يقصد بتقوية التربة هو الحفاظ على استقرار التربة تحت الأساسات فمثلا تكون بعض المباني على منحدر وقد بدأت التربة في الانزلاق مما يكون من اللازم تقوية التربة وذلك بعمل خوازيق من الجبس وذلك لامتصاص الرطوبة في التربة وفي نفس الوقت تمنع من انزلاق التربة (

شكل رقم ٣- ١٨) مع ضرورة التحقق من تحمل المنحدر للشروط الحدية مع الأخذ بعين الاعتبار للمساحات المائلة .

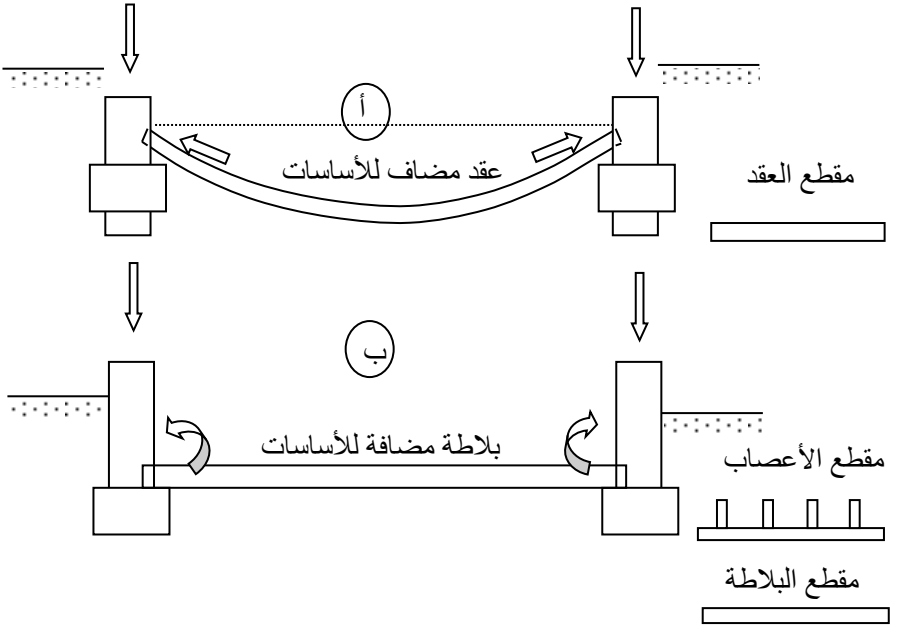


شكل رقم٣- ١٨ يوضح طريقة الحفاظ على استقرار التربة في المنحدرات باستعمال خوازيق من الجص لمنع انزلاق التربة القابلة للانزلاق ولامتصاص الرطوبة [21]

٣- تقوية الأساسات بإضافة عناصر إنشائية :

في هذه المجموعة يتم إضافة عناصر إنشائية إلى الأساسات وذلك لتقويتها فمثلا يمكن إضافة عقود معكوسة (شكل ٣-١٩ أ) أو بلاطة معكوسة ذات تسقيف معصب (شكل٣- ١٩ ب) . يتم عمل عقد معكوس من الخرسانة تحت أرضيات المبنى ويتم تعبئة العقد ويعاد إلى المستوى الأفقي لكي يمكن العمل على أرضيات المبنى . يجب الأخذ بعين الاعتبار للحمولات على الأرضيات وأيضا شبكة المياه والمجاري لكي لا

تتأثر عند الترميم [22] . عند تصميم تلك الطريقة يجب أن يكون العنصر محدد ستاتيكيا للابتعاد عن الإخفاق غير المرغوب فيه نتيجة للحمولات المركزة ويتم التسليح بطريقة متماثلة .

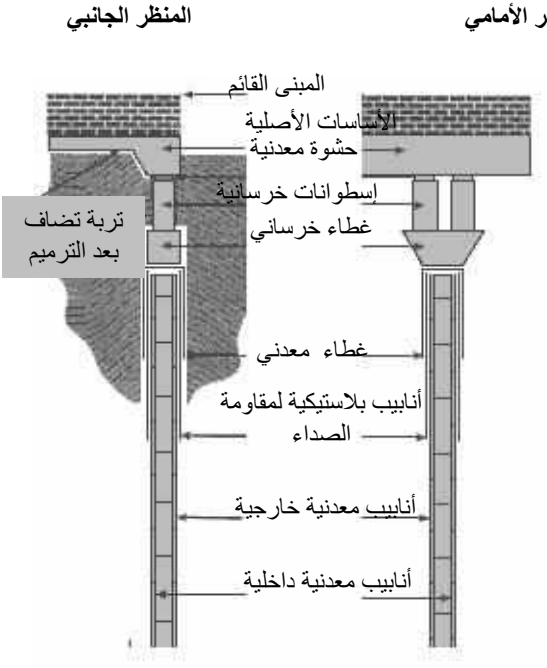


شكل رقم٣-١٩ تقوية الأساسات بإضافة عنصر

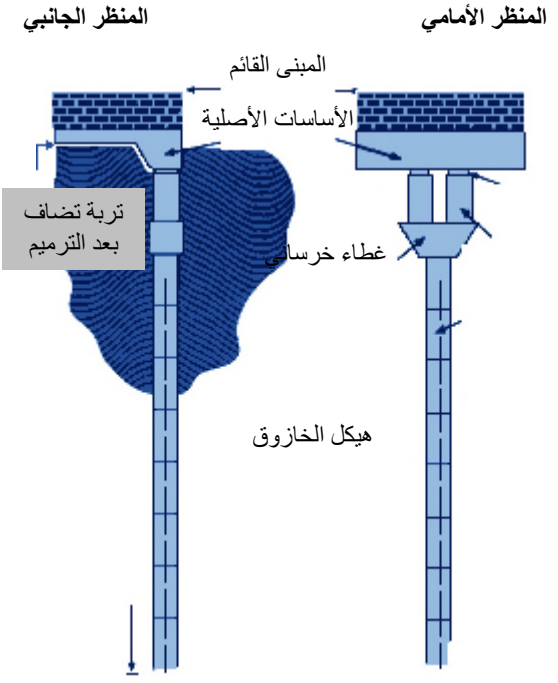
أ- عقد معكوس عندما يكون هناك ضغط على الأساسات

ب- بلاطة معكوسة ذات تسقيف معصب عندما يكون هناك عزم انحناء على الأساسات

يمكن تقوية الأساسات بواسطة إضافة خوازيق معدنية [24] شكل٣-٢٠ أ وخوازيق خرسانية شكل ٣- ٢٠ ب عند استعمال الخوازيق يجب معرفة التربة جيدا وذلك بعمل فحوصات جيولوجية للتربة لمعرفة المستوى الذي يجب الوصول إليه ومن ثم يتم اقتراح نوعية الخازوق وعرضه وطوله في الشكل ٣-٢١ ، ٣-٢٢ نرى مثالين تطبيقيين لترميم الأساسات بواسطة الخوازيق



شكل رقم٣- ٢٠ أ - يوضح تقوية الأساسات بالخوازيق المعدنية

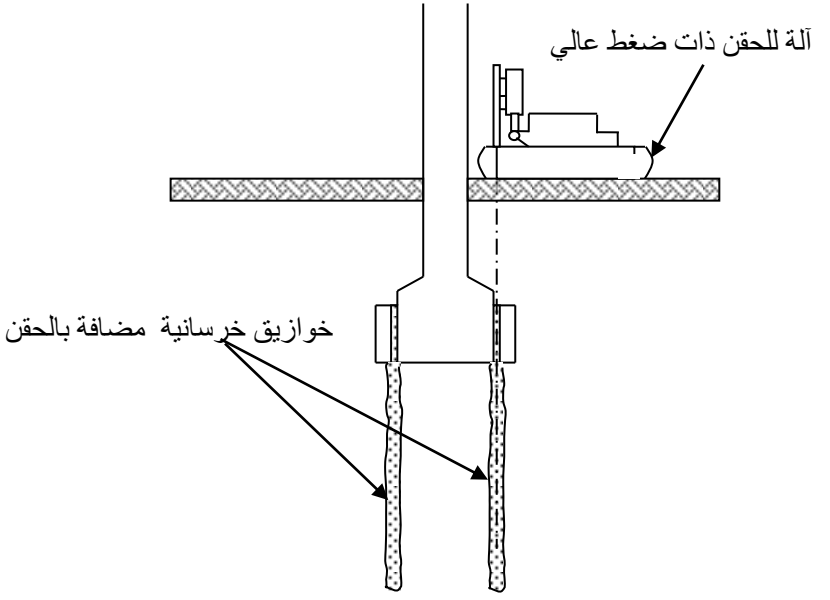


شكل رقم٣- ٢٠ ب - يوضح تقوية الأساسات بالخوازيق الخرسانية

شكل رقم ٣-٢١ مثال لتقوية الأساسات بإضافة خوازيق خرسانية

شكل رقم٣- ٢٢ مثال لتقوية الأساسات بإضافة خوازيق معدنية

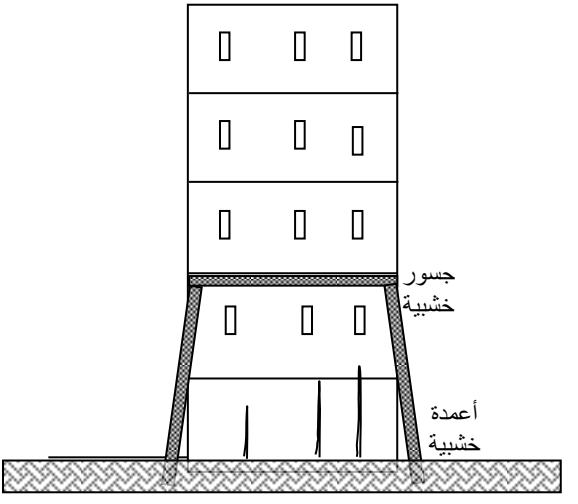
يمكن تقوية الأساسات بالحقن بخوازيق خرسانية [13,15] شكل٣- ٢٣ وذلك باستعمال آلة ذات ضغط عالي للحقن والتي تؤثر على خصائص التربة بواسطة سريان الماء والذي يحدث فراغا في التربة يعباء بالخلطة الإسمنتية .



شكل٣- ٢٣ يوضح طريقة حقن الأساسات بخوازيق خرسانية

في المباني الطينية يتم عمل الأساسات بالحفر حتى أقوى طبقة ، ويصل عمق الأساس الى متر أو مترين ، وعادة إلى ١,٦ متر تحت سطح الأرض، ويصل عرض الحفر للأساس الى ١,٥ متر أو ضعف سمك الجدار الذي على مستوى الأرض . وعند تأثر الأساسات نتيجة للتنفيذ الغير مطابق للمواصفات مما يؤدي إلى ضعف الأساسات وتأثرها بأبسط تسرب مياه أو زيادة طفيفة في الحمولات ، مما يحدث تشققات رأسية في المبنى . يتم ترميم المنازل المتأثرة أساساتها بعمل جسر دائري من الخشب على الطابق الذي لم يتأثر ومن ثم يتم ربطه بأعمدة خشبية للأرض شكل٣- ٢٤ يوضح الطريقة وبذلك يتم نقل الحمولات إلى التربة مباشرة وليس على الطابق المتصدع .

الشكل رقم٣- ٢٥ يوضح مثال عملي لذلك بمدينة شبام حضرموت التاريخية . نتيجة لهطول الأمطار الغزيرة وعدم تصريف المياه بالطريقة الصحيحة تأثرت بعض المباني بتشققات رأسية . عند ذلك تم إزالة الأسباب بتصريف المياه بالطريقة الصحيحة وعند جفاف التربة وسكون تلك التشققات تمت المعالجة لتلك المباني بعمل جسر خشبي وبشكل أفقي عند الطابق السليم في نهاية تلك التشققات الرأسية وتم ربط ذلك الجسر الأفقي بأعمدة خشبية حتى التربة السليمة ليتم نقل الحمولات مباشرة إلى التربة عبر تلك الأعمدة



شكل٣- ٢٤ يوضح طريقة تقوية أساسات المباني الطينية

شكل رقم٣- ٢٥ يوضح تقوية المباني الطينية

٤- ترميم الحوائط الساندة :-

أ. إصلاح تصدع الخرسانة :

ويأخذ تصدع الخرسانة في الحوائط الساندة أشكال متعددة ، فقد يأخذ صورة التعشيش في حاله الحوائط العميقة الضيقة وخاصة إذا لم يتم دمك الخرسانة ميكانيكياً باستعمال الهزازات، وقد يكون في صورة شقوق تختلف أشكالها وأماكنها باختلاف الجو المحيط، ففي الأجواء الباردة تكون التشققات في الحوائط حديثة الصب نتيجة التقلص الحراري المبكر في أغلب الأحوال وهي تظهر في العمر المبكر للخرسانة بعد يوم أو يومين أو أسبوع أو ثلاثة وتأخذ إحدى صور ثلاث:-

١ – تشققات رأسيه في الحوائط السميكة، حيث تبدأ من الدليل الموجود بأسفل الحوائط وسببها غالباً الحرارة العالية المتولدة أثناء تصلب الخرسانة ثم حدوث تبريد مفاجئ مع وجود قيد على الحركة اتصال الحائط بأرضيه ممتدة.

٢ – تشققات بقدم الحائط إذا كان هذا القدم سميكاً وممتداً بسبب الفرق الكبير في درجة الحرارة بين السطح البارد والصلب الأكثر حرارة.

٣ – تشققات أفقيه في الحائط عند الدليل أو أعلى منه قليلاً.

أما في الأجواء الحارة فالانكماش نتيجة الجفاف عاده ما يكون هو سبب التشققات في الحوائط غير السميكة، وسبب ذلك غالباً

ما سيكون عدم كفاية المعالجة بعد فك الحوائط أو عدم البدء فيها بسرعة، ويستغرق ظهور هذه التشققات أسابيع أو شهوراً حتى تتوقف وذلك حسب حرارة الجو والمعالجة المتبعة.

وهناك نوع آخر يظهر بعد الصب مباشرة وهو تشققات انكماش الخرسانة العلوية وتظهر على السطح العلوي للحوائط الرفيعة.

وتشققات صدأ التسليح من الأشكال الشائعة في الحوائط نتيجة تعرضها للمياه الجوفية التي قد تحتوي على كبريتات أو كلوريدات، ونتيجة نقص الغطاء الخرساني في الحوائط الرفيعة أو قلة جودة الخرسانة ونقاوتها، بحيث لا تتوفر الحماية المطلوبة لحديد التسليح (أي أن تكون رأسيه في الغالب) وتؤدي إلى تساقط الخرسانة وظهور بقع الصدأ المعروفة ويستغرق ظهورها سنوات متعددة.

ب- تقوية الحوائط أو زيادة المقاومة للقوى الجانبية:

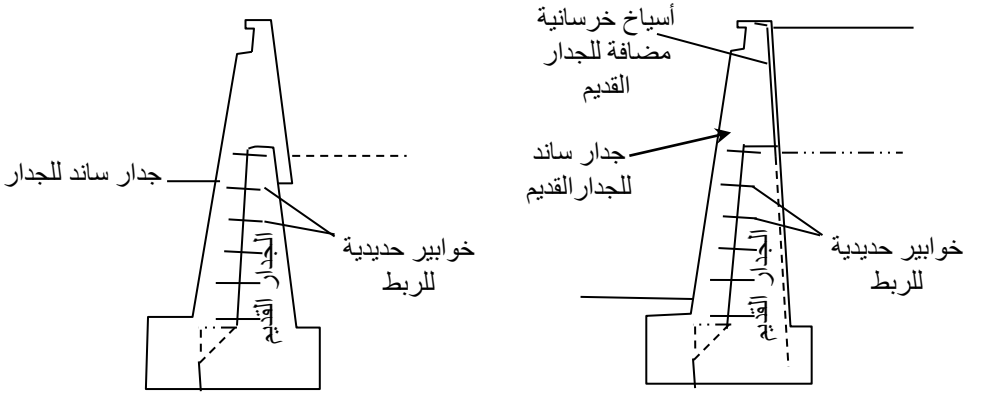
وذلك بالنسبة للحوائط الساندة والستائر الحديدية ويتم ذلك بإحدى صور ثلاث:

١- التحويل إلى المقاومة بالكتلة وليس بالهيكل وذلك عندما يتوفر الفراغ المطلوب فيمكن زيادة مقاومة الحائط الساند للقوى الجانبية بإضافة أوزان وكتل إلى الحائط، وهذا يوفر مقاومه الوزن للانقلاب (المقاومة بالكتلة وليس بالشكل) ويراعى التحقق من الإجهادات في هذا المنشأ المعدل وخاصة الإجهادات على التربة حيث إنها ستزيد زيادة كبيرة.

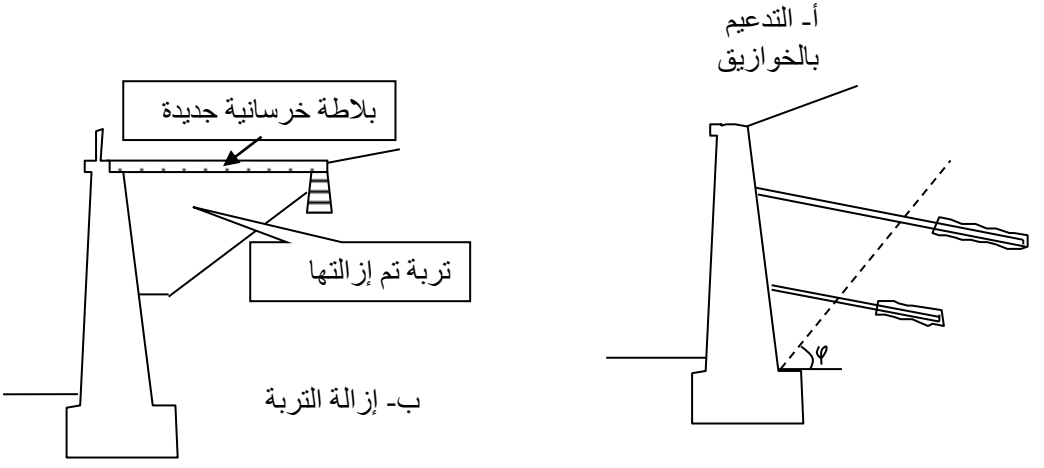
٢ - استعمال خوازيق الشد: وهي وسيله معروفه تستعمل لتقوية الستائر المعدنية والحوائط الساندة ولكنها تحتاج إلى وجود حيز كاف للخوازيق الجديدة ذات الإزاحة المنخفضة ليمكن دق الخوازيق ذات القطاع على شكل حرف H.

٣ - التدعيم المائل: وهذا النوع من الإنشاء يمكن استعماله فقط في حاله وجود مساحه خاصة للدعامات المائلة، ويجب أن يتم تثبيت الدعائم المائلة تثبيتاً لا حركه فيه في الستارة المعدنية أو الحائط الساند .

٤- إزالة التربة الضاغطة على الجدار الساند وتستعمل هذة الطريقة عندما يكون هناك فراغ لإزالة التربة ووضع بلاطة خرسانية من الأعلى وبذلك تتغير الإجهادات على الجدار



شكل رقم٣- ٢٦ يوضح طرائق ترميم الجدران الساندة بإضافة كتلة



شكل رقم٣- ٢٧ يوضح بعض طرائق ترميم الجدران الساندة

ثانيا : تقوية الأعمدة والحوائط الحاملة

إصلاح وتقوية الأعمدة والحوائط:

١- إصلاح عيوب الخرسانة:

إذا كانت عيوب الخرسانة لا تستدعي إصلاحاً إنشائياً أي أنها لم تنخفض قدرة العمود على تحمل الأحمال، فيمكن إصلاحها.

٢- الإسناد الدائم:

في حاله عدم القدرة على إصلاح العمود وعدم الرغبة في إزالته واستبداله بأخر فيمكن إسناد العمود بواسطة دعامات دائمة على جانبي العمود وذلك على النحو الآتي :

١ – يتم إزالة حمل العمود جزئياً وذلك باستعمال روافع هيدروليكية بين الأدوار.

٢ – توضع الدعامات الرأسية بحيث لا توجد مسافة بينها وبين الجسر أو البلاطة أو رأس العمود قبل إزالة الروافع حتى تساهم في حمل نصيب من حمل العمود.

الاحتياجات:

- **بما أن هذه الدعامات دائمة فيستحسن صب خرسانة مسلحه حولها لحمايتها من العوامل الجوية وزيادة عمرها التشغيلي.**

- **ويجب إن يتم نقل حمل الدعامات على دعامات أسفلها وحتى الأساسات إذا كان العمود المصاب ليس فوق الأساسات مباشرة.**

العيوب :

- **فاقد كبير من المساحة المستغلة للدور .**
- **لا تستطيع الدعامات نقل العزم في حالة وجود عزوم على العمود .**

٣- استبدال الجزء التالف :

في حالة وجود تعشيش شديد بالعمود يؤدي إلى نقص كبير في مساحة المقطع بالإضافة إلى تفكك الخرسانة وضعفها أو في حالة وجود خرسانة معينه (بها كلوريدات مثلاً) في جزء من العمود ولكن بكامل قطاعه، فإنه يلزم إزالة الخرسانة تماماً واستبدال الجزء التالف، وذلك باستخدام طريقة الحقن على الركام الموضوع مسبقاً أو التعبئة بالخرسانة ثم ضغطها.

أ- طريقة الرش على الركام الموضوع مسبقاً:

١ – إزالة حمل العمود كلياً وذلك باستعمال الروافع الهيدروليكية.

٢ –إزالة الخرسانة العفنة أو المعيبة تماماً، مع مراعاة عدم الإضرار بأسياخ التسليح أو الكانات .

٣ – رش الفراغ بالمونة الإسمنتية المعدة مسبقا بحيث يعبئ الفراغ تعبئة تامة .

ب – طريقة التعبئة بالخرسانة وضغطها:

١- يبدأ العمل كالطريقة السابقة بإزالة حمل العمود

٢ – إزالة الخرسانة المعيبة.

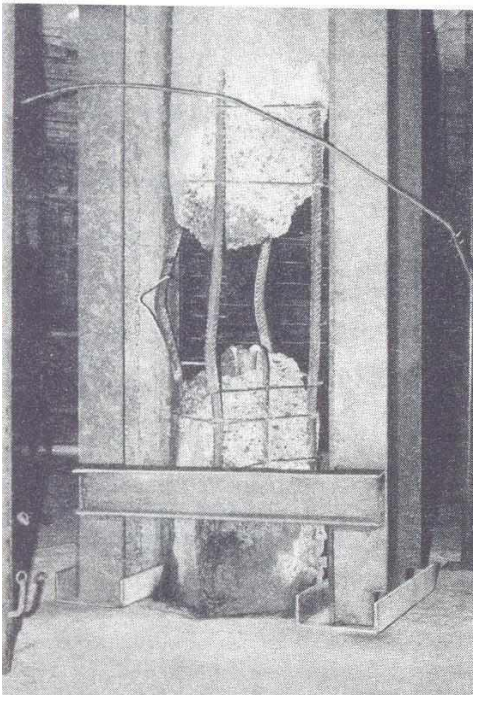
٣ – تصب الخرسانة على دفعات بارتفاع لا يزيد عن ٣٠ سم في كل مره، وتعمل الشدة الخشبية بطريقه خاصة لتسمح بذلك، في هذا النوع من الخرسانة يجب أن يكون مقاس الركام الكبير بها أكبر ما يمكن حسب ما يسمح به حجمه الأصلي، وأن يكون الماء أقل ما يمكن لتقليل الانكماش إلى الحد الأدنى.

٤ – دمك الخرسانة بالهزازات مع الضغط عليها بمكعب الضغط حتى تعبئ الفراغات كاملة ويتم تكسير أسفل الجزء العلوي من العمود أو الحائط بميل.

الاحتياطات اللازمة :

١ – لا تستعمل طريقة الصب العادية في هذه الحالة لأنه يصعب عند استخدامها تعبئة الفراغ تماماً، وأي فراغ بسيط بين الخرسانة الجديدة والقديمة ينتج عنه فصل في العمود وذلك يعتبر ضار جدا بعمليه الإصلاح.

٢ – يراعى عند إزالة حمل العمود الجاري إصلاحه عدم تحميل الأعمدة المجاورة بأحمال تزيد عن طاقتها ولكن يستحسن نقل حمل العمود عن طريق دعامات مؤقتة إلى الأساسات.



شكل رقم ٣-٢٧ يوضح عملية دعم العمود قبل الصب

٤- طريقة عمل القمصان الخرسانية للأعمدة :

١- يعتبر القميص الخرسانى أحد الطرائق الجيدة لزيادة قطاع العناصر الخرسانية سواء كان هذا العنصر عمود خرساني ،

حـائط خرسـاني ، جسـر ،قاعـدة خرسـانية . إن زيـادة القطـاع الخرساني تزيد من قدرة العنصر الإنشائي على تحمل الأحمال الواقعة علية أو الأحمال المستجدة .

٢- تعتمد فكرة القميص على إضافة حديد تسليح يتم لحامه أو ربطه مع الحديد القديم ثم يتم عمل خرسانة جديدة على طبقة طرطشة مناسبة وتكون هذه الخرسانة بمواصفات خاصة.

خطوات عمل القميص الخرساني للعمود :-

١- إزالـة أطـراف البلاطـات والجسـور حـول العمـود المـراد عمـل القميص الخرساني له.

٢- إزالـة الغطـاء الخرسـاني لهـذا العمـود بحـرص وحـذر شـديدين ويفضل أن يتم ذلك يدويا لمنع حدوث اهتزازات بالعمود .

٣- تنظيف السطح الخرساني جيدا.

٤- تنظيف حديد التسليح جيدا بفرشاة سلك أو بجهاز الذي يعتمد على قذف الرمال لإزالة الصدأ أو الأجزاء الضعيفة في الخرسانة ثم يتم دهانه بالأيبوكسي.،

٥- عمل فتحتين أو أكثر كل مسافة من ٥٠ سم إلى ٧٥سم من طول العمود على أن تكون الفتحة بقطر ١٠سم ويتم تنظيفها جيدا ثم تزرع أشاير قطر ١٠مم أو قطر١٢مم وذلك بالمونة الأبوكسية أو بمونة الجراوت وهذه الأشاير لتربيط الكانات .

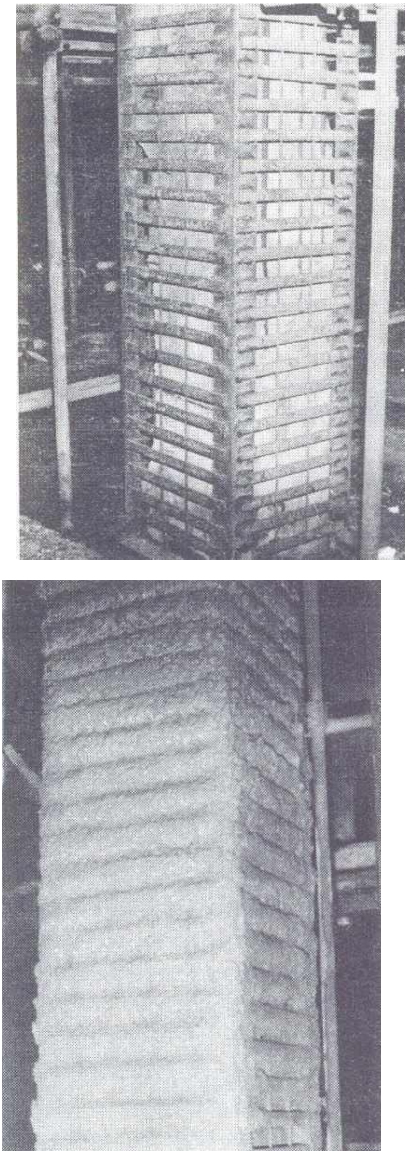
٦- عمل فتحات بالقاعدة الخرسانية أو الميدات أو الجسور وذلك لزرع الأشاير الرأسية ويتم تكسير هذه الفتحات ثم تنظف جيدا ثم تملء بالمونة الأبوكسية .

٧- عمل فتحات علويه في الجسور مقابله للفتحات التي تم عملها في (٦) ثم تملئ أيضا بالمونة الإيبوكسيه .

٨- تربيط الكانات في الاشاير الأفقية التي تم زرعها في (٥)

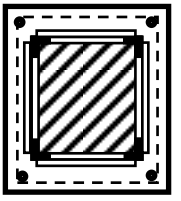
٩- طرطشة العمود بمونه طرطشه بنسبه اسمنت عاليه مع إضافه مواد رابطه بولمريه لهذه المونه

١٠- تجهيز مونه صب الخرسانه حسب طريقه الصب.

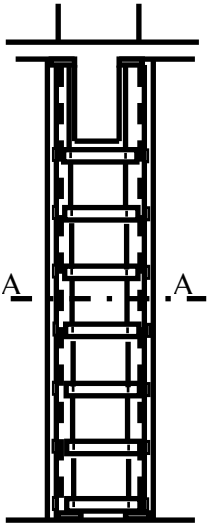


شكل رقم ٣-٢٨ يوضح طريقة عمل القمصان الخرسانية

أ- تقوية العمود بواسطة زوايا معدنية



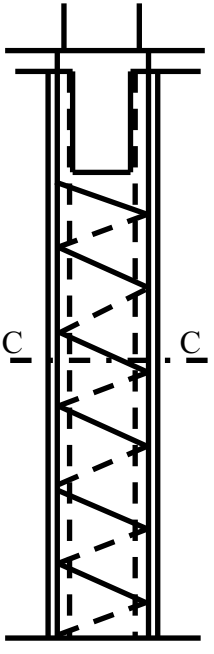
مقطع A-A

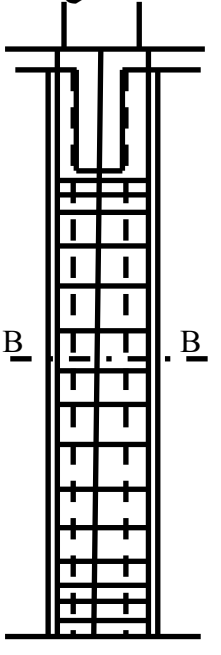


ب- تقميص العمود الخرساني مستطيل المقطع

ج- تقميص العمود الخرساني ثماني المقطع

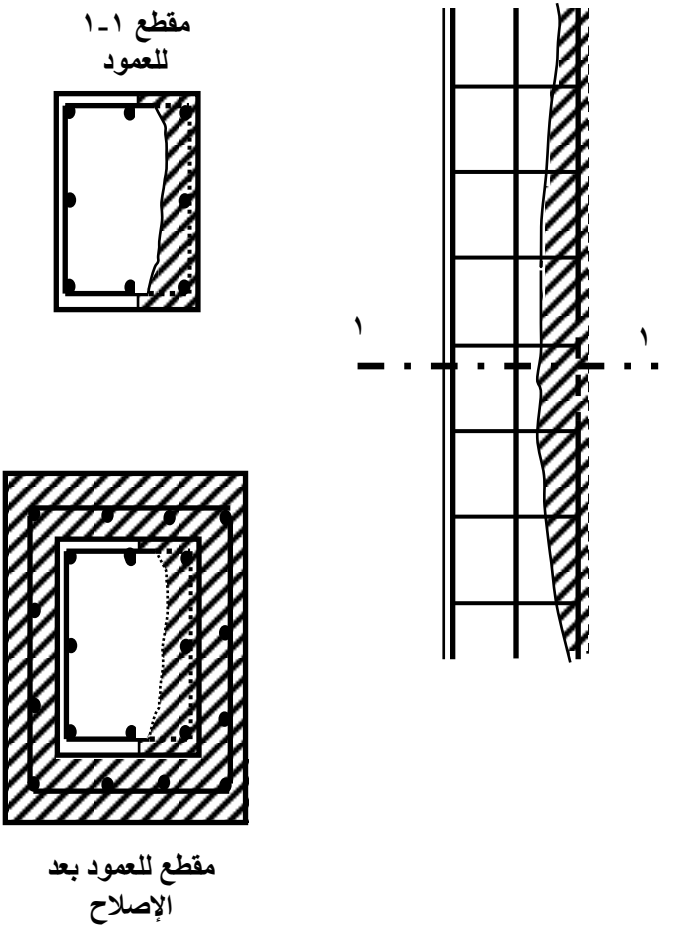
مقطع B-B





مقطع C-C

شكل رقم ٣-٢٩ إصلاح وتقوية الأعمدة



شكل رقم ٣- ٣٠ يوضح طريقة تقوية الأعمدة المتلف جزء منها

٥- تقوية الأعمدة بإضافة ألياف كربونية أو بلاستيكية FRP added :

١- إضافة الشرائح المكونة من الألياف الكربونية أو البلاستيكية تعد من الطرائق الحديثة للترميم بما تتميز به تلك الطريقة من سرعة في إنجاز العمل ولا تحتاج إلى مجهود عالي .

٢- تعتمد فكرة إضافة الألياف على إضافة ألياف كربونية أو بلاستيكية على الخرسانة الموجودة بعد تنظيفها وإزالة الأتربة منها .

خطوات عمل القميص الخرساني للعمود :-

١- تنظيف سطح الخرسانة جيدا وذلك بإزالة الأتربة والشوائب عن طريق المياه المضغوطة مع الرمل أو بالطريقة الكيميائية عن طريق الأملاح الحمضية مع مراعاة إزالة تلك المواد الكيميائية بالمياه .

٢- عندما يكون السطح الخرساني متضرراً يجب إزالته وإضافة خرسانة جديدة على العمود.

٣- عمل طبقة جيدة من الإيبوكسي الخاص بتلك الألياف وتركها المرحلة المحددة لها من المنتج وتلك المرحلة تتراوح بين ٥-١٠ دقائق .

٤- القيام بلصق تلك الألياف على العنصر الخرساني وتثبيتها جيدا حتى ترتبط جيدا مع الخرسانة .

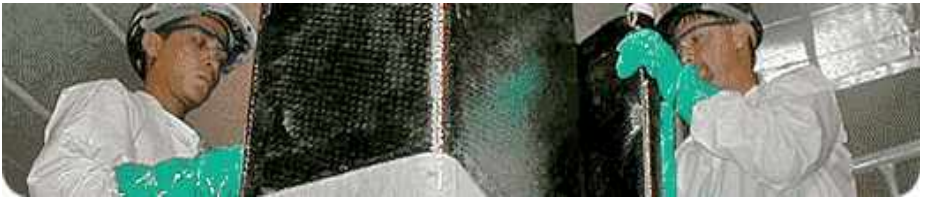
٥- دهان العمود مع تلك الألياف حتى لا تؤثر على الشخص من الناحية الجمالية .

المميزات :

- سرعة الإنجاز.
- لا يوجد أي فاقد في المساحة المستغلة للدور .
- مقاومة الألياف عالية .

العيوب :

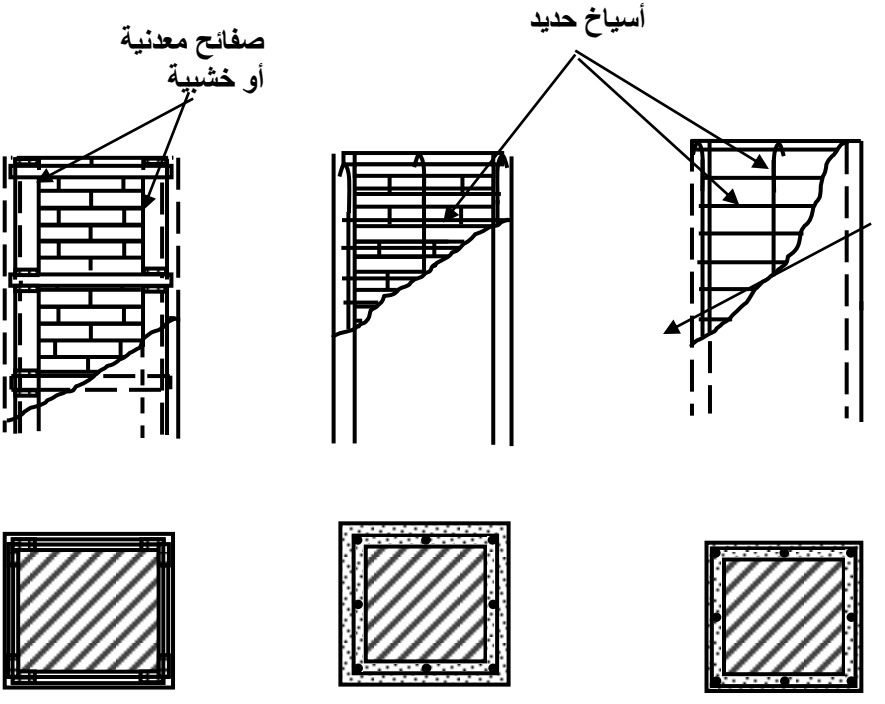
- التكلفة المادية عالية
- تحتاج لخبرات فنية متعلمة



شكل رقم ٣-٣١ يوضح عملية إضافة ألياف حول عمود خرساني

إصلاح وتقوية الحوائط:

في المباني الحجرية والتي تكون فيها الحوائط هي عبارة عن حوائط حاملة يمكن تقويتها وإصلاحها بالطرائق الآتية :



شكل رقم ٣-٣١ يوضح عملية ترميم الجدران الحجرية أو المبنية من الطوب

أ- إضافة أسياخ حديد مع طبقة من بلاط الحوائط

ب- إضافة أسياخ حديد مع طبقة المونة الإسمنتية

ج- إضافة ألواح خشبية أو معدنية

أ-إضافة أسياخ حديد مع طبقة من بلاط الحوائط وذلك بإضافة أسياخ قطر ٨ مم أفقيا على الجدار وعلى مسافات متساوية ولا تزيد عن ١٥سم ووضع أسياخ قطر ١٢-١٤ مم في الاتجاه الرأسي .ومن ثم إضافة بلاط حائط وذلك بحسب موقع الجدار

ب- إضافة أسياخ حديد مع طبقة من المونة الإسمنتية وذلك بإضافة أسياخ قطر ٨ مم أفقيا على الجدار وعلى مسافات متساوية ولا تزيد عن ١٥سم ووضع أسياخ قطر ١٢-١٤ مم في الاتجاه الرأسي .ومن ثم إضافة المونة الإسمنتية والتلابيس الضرورية

ج- إضافة ألواح معدنية أو خشبية وذلك بوضح صفائح معدنية في الاتجاه الأفقي وتليحمها مع الصفائح التي في الأتجاه العمودي أو ربطها بمسامير وكذلك الحال بالنسبة للألواح الخشبية .

ثالثاً : تقوية البلاطات والجسور

أحياناً تكون البلاطة لا تتحمل الأحمال التي عليها ، وتحتاج لتقوية أو إصلاح فهناك طرائق متعددة للتقوية وأهم تلك الطرائق هو رفع سماكة البلاطة أما بإضافة طبقة أعلى البلاطة أو أسفلها أو إضافة صفائح معدنية أو صفائح من الألياف الزجاجية أو الألياف الكربونية .

قبل البدء في التقوية يجب عمل الآتي :

١- إزالة طبقات البلاط و الردميات عند ا لتدخل أعلى البلاطة أو إزالة التلابيس والدهان عند التدخل أسفل البلاطة .

٢- إزالة الغطاء الخرساني بحذر حتى لا تتأثر أسياخ التسليح .

٣-التنظيف جيدا بجهاز الضغط الهوائي أو مدفع الرمل .

٤- عند الوصول لأسياخ التسليح يتم التأكد من عدم تصدأ الحديد ما لم يتم الصنفرة بفرشاة سلك عادية حتى يزال الصدأ .

٥- دهان أسياخ التسليح بالايبوكسى المحتوى على زنك أو بدهان يحتوى على كروميد الزنك لوقف الصدأ ووقف امتداده .

٦- إضافة شبكة حديد التسليح حسب حالة الصدأ فإذا كان حديد التسليح به صدأ سطحي فيكتفي بشبكة حديد تسليح خفيف تمنع الانكماش ، أما إذا كانت أسياخ التسليح تالفة نتيجة للصدأ أو أي عامل آخر مثل الحريق أو الانفجار فيتم عمل طبقة من الفرش والغطاء بحسب التصميم الإنشائي الضروري لتغيير مقاومة البلاطة للأحمال .

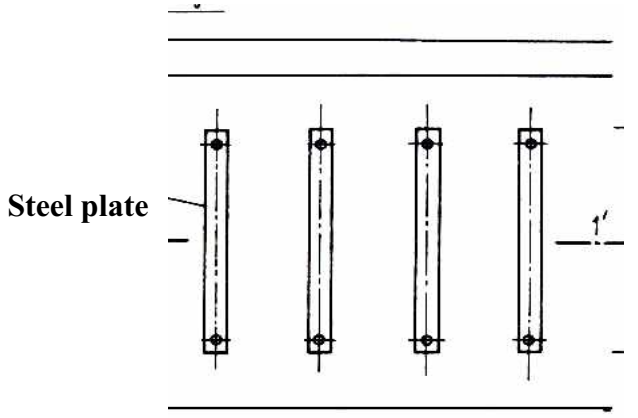
٧- لمراعاة التحام الخرسانة السابقة بالحديثة فيتم زرع الأشاير الراسية أو الخوابير كل مسافة مناسبة وتثبيتها بالمونة الايبوكسيه أو بالمونة الإسمنتية شكل رقم ٣-٣٢ [33].

٨- طرطشة السطح بمونة فيها أسمنت زيادة مع إضافة مواد رابطه .

٩- عندما تكون البلاطة الخرسانية حديثة الصنع ولا توجد بها ردميات أو أن البلاطة تكون بحالة جيدة ولا تحتاج إلى إزالة طبقة التغطية فيتم ترك الماء على تلك البلاطة لمدة يوم كامل

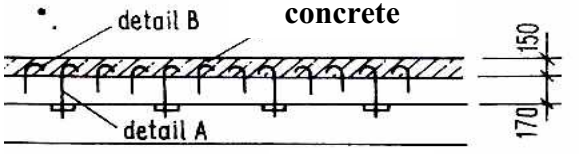
١٠- عند الصب يتم عمل مونة اللبنية الضرورية من الأسمنت والماء فقط مع الروابط إذا لزم الأمر .

١١- يكون صب الخرسانة المطلوبة مع استعمال إضافات زيادة مقاومه الانضغاط للخرسانة مع أضافه مواد بولمريه رابطه للحام الخرسانة القديمة والجديدة ويفضل أيضا أضافه مواد منع نفاديه المياه خاصة في الأسقف الأخيرة وفي الحمامات والمطابخ . في جميع الأحوال يجب أن تكون مقاومة البلاطة الحديثة أكثر من مقاومة البلاطة السابقة .



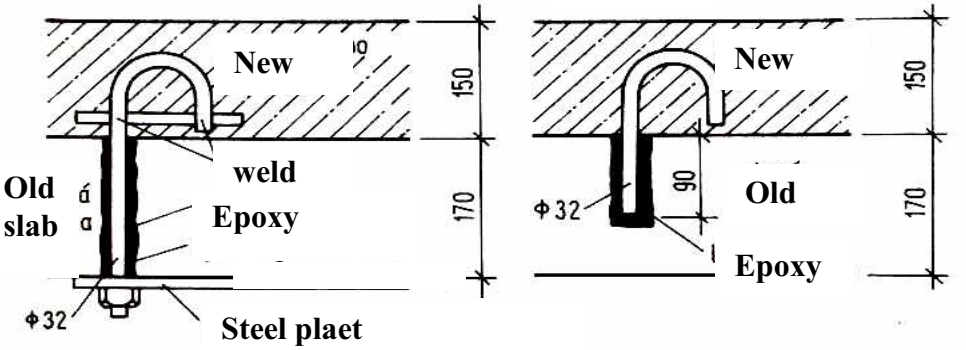
Plan

Section 1-1'



Detail A

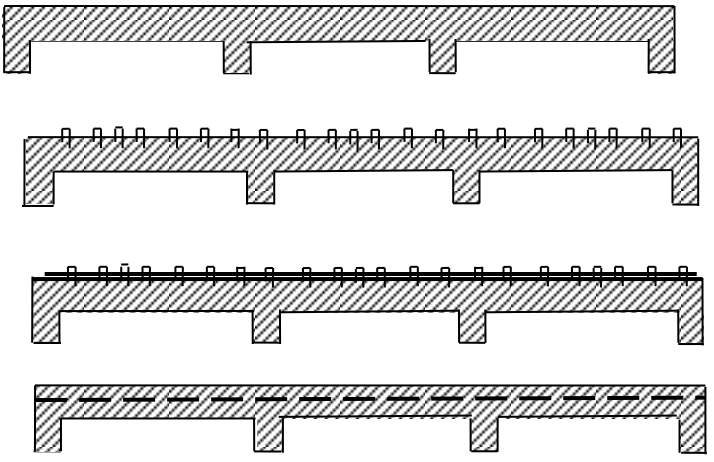
Detail B



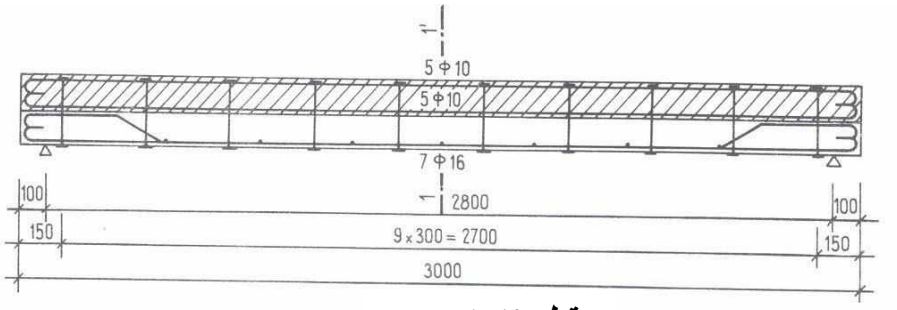
شكل رقم ٣-٣٢ يوضح عملية ربط البلاطة القديمة مع الحديثة [33]

١ـ تقويه البلاطات بإضافة طبقة خرسانية علوية :

ـ تعد هذة الطريقة من أسرع وأسهل الطرائق لعلاج البلاطات ولكن يجب إن يتم دراسة الأحمال الإضافية الناتجة عن ذلك وطريقة الربط بين القديم والجديد و يتم إزالة الطبقات وعمل الخرسانة كما تم ذكره سابقا وهناك طريقتان لعملية الإضافة وهما إضافة خرسانة عادية فقط أو إضافة خرسانة مسلحة وذلك وفقا لما تقتضيه الحاجة يتم عمل تلك الإضافة .

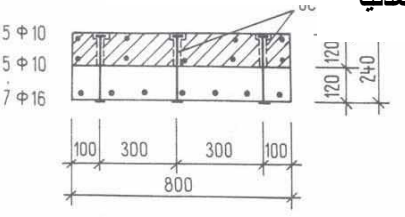


شكل ٣ـ٣٣ أـ طريقة تقوية وعلاج البلاطات بإضافة طبقة علوية من الخرسانة العادية



مقطع 1-1'

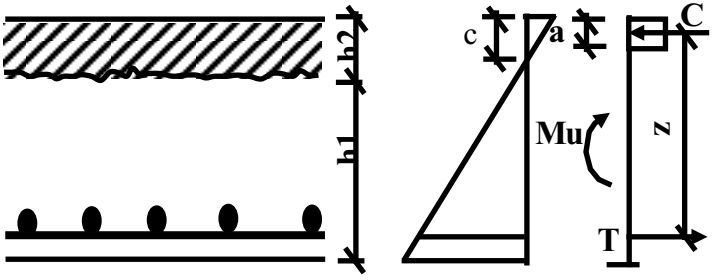
خوابير معدنية



شكل ٣-٣٣ ب طريقة تقوية وعلاج البلاطات بإضافة طبقة علوية من الخرسانة المسلحة

مثال رقم ١ :

بلاطة خرسانية سماكتها ١٠ سم مسندة إسنادا بسيطا ذات بحر (Span) مقداره ٣,٥م ، محملة حمولة ميتة مقدارها kN ٤ ويتوقع أن تحمل حمولة حية مقدارها kN ٣ . البلاطة مسلحة في اتجاه واحد بتسليح رئيس 5ø12/m' . تم فحص خصائص الخرسانة والحديد وأتضح أن مقاومة الخرسانة fc'= 18 Mpa ، ومقاومة الحديد f_y= 360 Mpa . أحسب مقدار مقاومة البلاطة لعزم الإنحناء وقارنه مع عزم الإنحناء الناتج من الحمولات ؟ إذا أتضح أن المقاومة لا تتحمل الحمولات التي على البلاطة قم بإضافة طبقة خرسانية على البلاطة وذلك بحساب السماكة المطلوبة وقم بالتحقق من أن المقاومة الجديدة تتحمل تلك الحمولات .



شكل ٣-٣٤

$A_s = 565.5\,mm^2\ ;\ f_y = 360\,MPa\ ;\ f'_c = 18\,MPa$

$U = 4*1.4 + 3*1.7 = 10.7\,kN/m$

$d = 85\,mm$

$$\delta = \frac{A_s}{b\,d} = \frac{565.5}{1000*85} = 0.00665$$

$$\delta_b = 0.85\,\beta_1 \left(\frac{f'_c}{f_y}\right)\left(\frac{600}{600+f_y}\right)$$

$$= 0.85*0.85\left(\frac{18}{360}\right)\left(\frac{600}{600+360}\right) = 0.022578$$

$$\delta_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{360} = .00389$$

$$\delta_{max} = 0.75\,\delta_b = 0.75*0.0022578 = 0.0169$$

$\delta_{min} \quad \langle \quad \delta \quad \langle \quad \delta_{max}$

$0.00389 \langle 0.00665 \langle 0.0169$

$$a = \frac{As\,f_y}{0.85\,f'_c\,b} = \frac{565.5*360}{0.85*18*1000} = 13.306\,mm$$

مقاومة الإنحناء للمقطع تكون

$$Mn = A_s\,f_y\,(d - \frac{a}{2})$$

$$Mn = 565.5*360*(0.85 - \frac{13.0306}{2}) = 15.95\,kNm$$

عزم الإنحناء تحت الحمولات الخارجية يكون

$$Mu = \frac{1}{8} q\, l^2 = \frac{1}{8} * 10.7 * 3500^2 = 16.38\,kNm$$

$$\frac{Mu}{\phi} \qquad \leq \qquad Mn$$

$$18.20 * 10^6 \rangle 15.95 * 10^6$$

بمـا أن مقاومـة المقطـع للعـزم أقـل مـن العـزم النـاتج عـن الحمـولات الخارجية يجب أضافة طبقة خرسانية أعلى البلاطة ويتم استنتاج سماكة البلاطة من شرط التوازن الآتي :

$$M_n = T\,.\,z$$

نقوم بالتعويض عن مقاومة الإنحناء للمقطع بالعزم الناتج عن الحمولات

$$z = \frac{M_u}{T} = \frac{M_u}{\phi\, A_s f_y} = \frac{16.38 * 10^6}{0.9 * 565.5 * 360} = 89.42\,mm$$

السماكة المطلوبة هي

$$h_2 = z - d + \frac{a}{2} = 89.42 - 85 + \frac{13.306}{2} = 11.08\,mm$$

نقترح أن تكون السماكة ٢٠ مم ونقوم بحساب العزوم مع إضافة حمولة الخرسانة المضافة للحمولات الميتة وبذلك تكون العزوم الناتجة عن الحمولات كالآتي :

$$U = 10.7 + (25 * 0.02 * 1.4) = 11.4\ \text{kN/m}$$

$$Mu = \frac{1}{8} q\, l^2 = \frac{1}{8} * 11.4 * 3500^2 = 16.96\ \text{kNm}$$

$$\frac{Mu}{\phi} = 18.85\ \text{kNm} \quad ;$$

$$d_2 = d_1 + h_2 = 85 + 20 = 105\ \text{mm}$$

$$Mu = 565.5 * 360 * (105 - \frac{13.306}{2}) = 20.02\ \text{kNm}$$

$$\frac{Mu}{\phi} \leq Mn$$

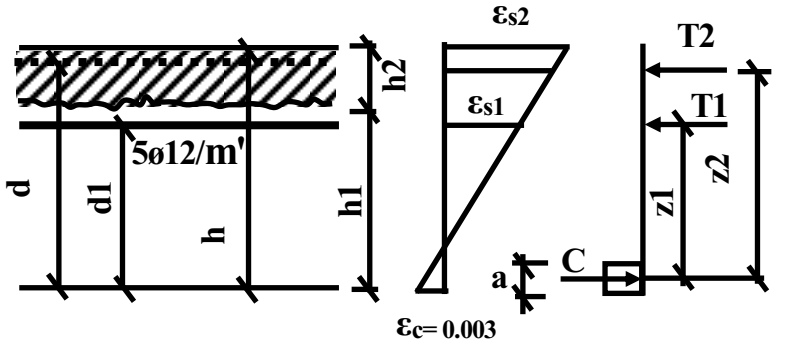
$$18.85 * 10^6 \langle\ 20.02 * 10^6$$

ملاحظة : أحيانا يجب الحساب مرات متعددة لكي يتم الحصول على السماكة المناسبة التي تمكن البلاطة من تحمل الحمولات اللازمة .

مثال رقم 2 :

بلاطة خرسانية سماكتها ١٠ سم متصلة ذات بحرين متساويين مقدار كل واحد ٣,٥ م ، تم إضافة طبقة خرسانية أعلى البلاطة مقدارها ٢سم لغرض التقوية لتحمل حمولة ميتة وحيه مقدارها ١٦ kN/m . البلاطة مسلحة في اتجاه واحد بتسليح رئيس سفلي 5ø12/m' وتسليح عند العزم السالب 5ø10/m' . أحسب مقدار التسليح

الإضافي اللازم لتغطية العزم السالب في البلاطة علما بأن مقاومة الخرسانة $f'_c = 18\ MPa$ ، ومقاومة الحديد $f_y = 360\ MPa$.



شكل ٣-٣٥

نقوم بحساب البعد a

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{392.5 * 360}{0.85 * 18 * 1000} = 9.24\ mm$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{9.24}{0.85} = 10.87\ mm$$

$$z_1 = d_1 - \frac{a}{2} = 85 - \frac{9.24}{2} = 80.38\ mm$$

$$z_2 = d_2 - \frac{a}{2} = (120 - 15) - \frac{9.24}{2} = 100.38\ mm$$

نعتبر أن $\varepsilon_{s2} = 0.01$ ومن تشابه مثلثات الإنفعال نستنتج قيمة إنفعال اسياخ الحديد القائمة كالآتي

$$\frac{\varepsilon_{s2}}{d-c}=\frac{\varepsilon_{s1}}{d_1-c}$$

$$\varepsilon_{s1}=\frac{\varepsilon_{s2}(d_1-c)}{d-c}=\frac{0.01(85-10.87)}{105-10.87}=0.00788$$

$$\varepsilon_y=\frac{f_y}{E_s}=\frac{360}{200000}=0.0018$$

$$\varepsilon_y=0.0018<\varepsilon_{s1}=0.00788$$

في هذه الحالة سيتم استعمال التسليح السابق استعمالا حتى الخضوع

نقوم بحساب قيمة التسليح الإضافي من خلال معادلات التوازن بالمقطع كالآتي

$$\frac{Mn}{\phi}=A_{s1}f_y z_1+A_{s2}f_y z_2$$

$$M_u=\frac{1}{11}q l^2=\frac{1}{11}*16*3.5^2=17.818\,kNm$$

$$A_{s2}=\frac{\frac{Mu}{\phi}-A_{s1}f_y z_1}{f_y z_2}=233.56\,mm^2$$

نقترح استعمال'6ø8/m وبذلك تكون مساحة التسليح A_{s2} = 301.44 mm^2 ونقوم بالتأكد من أن التسليح كاف للعزوم الناتجة من الحمولات وذلك عن طريق معادلات التوازن بالمقطع

$$C = T_1 + T_2$$

$$0.85\, f_c' a\, b = A_{s1}\, f_y + A_{s2}\, f_y$$

$$a = \frac{A_{s1}\, f_y + A_{s2}\, f_y}{0.85\, f'_c\, b} = \frac{392.5*360 + 301.44*360}{0.85*18*1000} = 16.33\ \text{mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{16.33}{0.85} = 17.82\ \text{mm}$$

$$z_1 = d_1 - \frac{a}{2} = 76.84\ \text{mm}$$

$$z_2 = d_2 - \frac{a}{2} = 96.84\ \text{mm}$$

$$M_n = 0.9\left[\left(A_{s1}\, f_y\, z_1\right) + \left(A_{s2}\, f_y\, z_2\right)\right] = 19.22\ \text{kNm}$$

٢- تقويه البلاطات بإضافة طبقه خرسانيه سفلية

هذه الطريقة للتقوية شبيهة بالسابقة وتتم وفقا للخطوات الآتية :

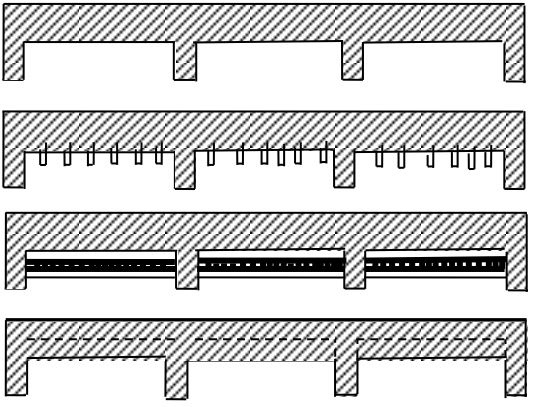
١- أزاله الغطاء الخرساني وصنفرة الحديد بأحدي الطرائق المذكورة

٢- عمل فتحات مناسبة في الجسور في الاتجاهين ويثبت لها أسياخ طوليه وعريضة كشبكه تسليح ويتم زرعها في الجسور بالمونة الايبوكسيه أو بالمونة الإسمنتية

٣- زرع أشاير أفقيه أو خوابير تساعد علي تثبيت شبكه الحديد المذكورة

٤-عمل طرطشه بمونة إسمنتية مع أضافه مواد رابطه لضمان لحام الخرسانة القديمة مع الجديد ويمكن أيضا عمل دهان بالايبوكسي يتم دهانه ثم يتم الصب بعد ساعة من الدهان

٥- صب الخرسانة بركام صغير مع إضافة زيادة مقاومة الانضغاط أو الصب بالخرسانة البولمريه أو الأسمنتية أو بالمونه الايبوكسيه



شكل ٣-٣٦ يوضح خطوات العمل في تقويه البلاطات وعلاجها بإضافة طبقة خرسانية سفلية

٣- تقويه البلاطات بإضافة صفائح معدنية أو صفائح من الألياف الزجاجية أو الكربونية :

طريقة تقوية البلاطات بإضافة صفائح تعد من ضمن الطرائق السهلة في التقوية ، حيث يتم إضافة صفائح معدنية أسف البلاطة وتثبيتها بالخوابير أو المسامير المبرومة (القلاوظ) وبذلك يزداد بعد الطول الفعال بالبلاطة (d) مما يؤدي إلى ارتفاع تحمل المقطع للأحمال الجديدة

الذي بدورة يرفع من كفاءة البلاطة .حديثا يتم استعمال صفائح من الألياف الزجاجية أو الكربونية ، حيث وقد أثبتت فعاليتها في هذا المجال كونها لا تصدأ وقدرها تحملها للأحمال كبيرة مما يرفع من كفاءة البلاطة التي تم ترميمها وقد تم ذكر مميزات وعيوب تلك الطريقة في عملية تقوية الأعمدة بإضافة تلك الصفائح .

شكل ٣-٣٧ يوضح عملية لصق صفائح الألياف الكربونية بالبلاطات لغرض تقويتها

رابعاً:تقوية وعلاج الجسور

تعد الجسور (beams) من العناصر الهامة بالمنشآت التي يجب الاهتمام بها وعلاج أي تشققات تظهر بها فورا. تقوية وعلاج الجسور له طرائق متعددة وفي جميع الحالات يجب أولا علاج حديد التسليح إن كان فيه صدأ . في حالات الصدأ السطحي في حديد الجسور يجب علاج هذا الصدأ بعمل الصنفرة اللازمة سواء بالفرشاة السلك العادية أو بجهاز مدفع الرمل ثم دهان هذا الحديد بالايبوكسى المحتوى على زنك أو بدهان يحتوى على كروميد الزنك لوقف الصدأ ووقف امتداده. في حالات وصول صدأ حديد تسليح إلى المنطقة الخطيرة فيجب أن يتضمن العلاج وقف الصدأ ثم التعويض عن حديد التسليح المفقود وقد يتطلب الأمر كذلك التعويض عن الخرسانة التي تساقطت وانفصلت عن حديد التسليح.

يتم علاج الصدأ بالطرائق الآتية:

١) علاج صدأ الحديد السطحي في الجسور:-

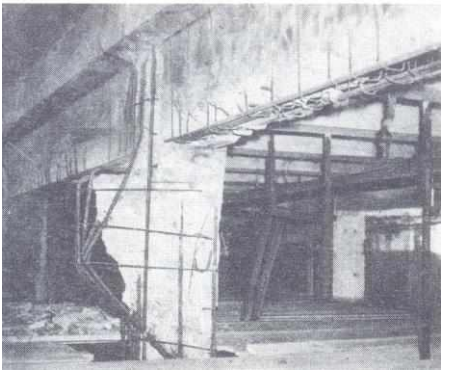
في هذه الحالة كما ذكرنا لا نحتاج إلى حديد إضافي أو أي استعاضات أو زيادة في قطاع الجسر وتكون عملية المعالجة على النحو الآتي:-

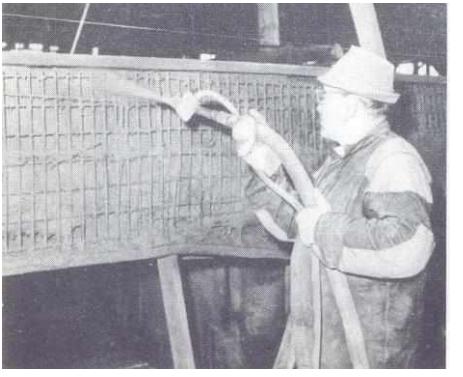
١- تدعيم الجسر مع تدعيم الجسور الثانوية

٢- إزالة الغطاء الخرساني بحرص ثم ينظف حديد التسليح و يدهن

٣- عمل طرطشة إسمنتية مضاف إليها مواد بولمرية رابطة لزيادة قوة الالتصاق ولحام الخرسانة القديمة بالغطاء الخرساني الجديد .

٤- عمل الغطاء الخرساني الجد يد بالمونة البولمرية أو بالمونة الإسمنتية ويمكن استعمال جهاز رش الخرسانة.كما موضح بالشكل ٣-٣٨ .





أ الجسر قبل المعالجة ب- الجســـــر أثناء المعالجة بالرش

شكل ٣-٣٨ يوضح الجسر ومعالجته بالرش

٢) علاج صدأ حديد التسليح المؤثر على كفاءة الجسور:-

١- يتم تدعيم الجسور وإزالة الغطاء الخرساني وتنظيف حد يد التسليح

٢- تتم عملية استعاضة حديد التسليح المصدأ بعمل فتحات في الأعمدة بالشرني أو يدويا ثم يثبت ويزرع الحديد السفلي الجديد المحدد.

٣- يتم زرع أشاير (١٠ مم) أو خوابير في جانبي الجسر وذلك أيضاً بالمونة ألايبوكسية أو بالمونة الإسمنتية وذلك لتثبيت الكانات الجديدة بها.

٤) يتم تركيب الكانات الجديدة بقطر و عدد منا سبين للحالة و يتم الترابط الجيد في الاشاير السابقة ويفضل التثبيت باللحام

بعد أن يتم معالجة صدأ الحديد تبداء عملية التقوية وبحسب الطرائق الآتية :

أ- تقوية الجسور بتكبير المقطع :

هذه الطريقة لتدعيم الجسر تكون بتكبير المقطع الإنشائي وإضافة أسياخ إضافية للجسر وتتم الطريقة كالآتي :

١- حساب الأسياخ الضرورية لتقوية الجسر أو الأسياخ الضرورية لإستعاضة التالفة.

٢- عمل تدعيم مؤقت للبلاطة

٣- عمل الفتحة الضرورية في البلاطة لتكبير الجسر المطلوب تدعيمه

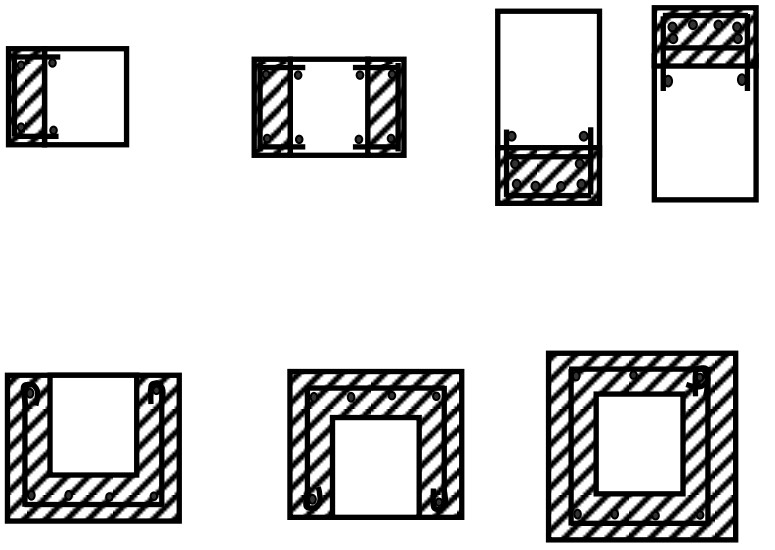
٤- إزالة الغطاء الخرساني وتنظيف حد يد التسليح

٥- عندما تكون الإسياخ تحتاج لاستعاضة تتم عملية الاستعاضة كما تم ذكرة سابقا

٦- يتم زرع أشاير (١٠ مم) أو خوابير في جانبي الجسر وتثبتها بالمونة ألايبوكسية أو بالمونة الإسمنتية وذلك لتثبيت الكانات الجديدة

٧- يتم تركيب الكانات الجديدة بقطر و عدد منا سبين للحالة و يتم الترابط الجيد في الاشاير السابقة ويفضل التثبيت باللحام

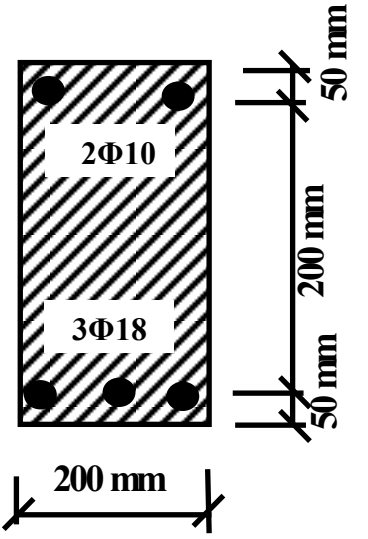
٨- عمل التخشيبة والصب والربط بالطريقة التي تم ذكرها في تدعيم البلاطات



شكل ٣-٣٩ يوضح عملية تدعيم الجسور بتكبير المقطع

مثال رقم ٣ :

جسر خرساني مسلح تسليح مزدوج كما موضح بالشكل٣-٤٠ أحسب مقدار التسليح الإضافي اللازم لتغطية العزم الموجب والذي مقداره 80 kNm . علما بأن مقاومة الخرسانة =fc' 24 MPa ، ومقاومة الحديد f_y= 360 MPa .



شكل ٣-٤٠

$f'_c = 24\ MPa \quad ; \quad f_y = 360\ MPa$

$A'_s = 157\ mm^2 \ ; \ A_{s1} = 763.5\ mm^2$

يجب أولا أن نقيم أن نحسب المقاومة القصوى للعنصر

نفرض أن حديد الإنضغاط وصل إجهاد الخضوع

$$a = \frac{(A_{s1} - A'_s) f_y}{0.85\, f'_c\, b} = \frac{(763.5 - 157)360}{0.85 * 24 * 200} = 53.51\ mm$$

للتأكد من إجهاد حديد الإنضغاط

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{53.51}{0.85} = 62.95\ mm$$

$$\varepsilon'_s = \frac{(c - d)0.003}{c} = \frac{(62.95 - 50)0.003}{62.95} = 0.00062$$

$$\varepsilon'_s < \varepsilon_y = \frac{360}{200000} = 0.0018$$

إذن حديد الإنضغاط لم يصل إلى الخضوع $\Leftarrow f'_s < f_y$

إذن يجب الرجوع إلى شروط التوازن نحصل على البعد c

$$T = C_1 + C_2$$

$$A_{s1} f_y = 0.85 f'_c (\beta_1 c) b + \frac{(c - d')0.003}{c} E_s A'_s$$

$$763.5 * 360 = 0.85 * 24 * (0.85 * c) * 200 + \frac{(c - 50)0.003}{c} 200000 * 157$$

$$c^2 - 52.1c - 1358 = 0$$

$$c = 71.18 \text{ mm}$$

$$a = 0.85\, c = 60.50 \text{ mm}$$

$$f'_s = \frac{(c - d')0.003}{c} E_s = \frac{(71.18 - 50)0.003}{71.18} 200000$$

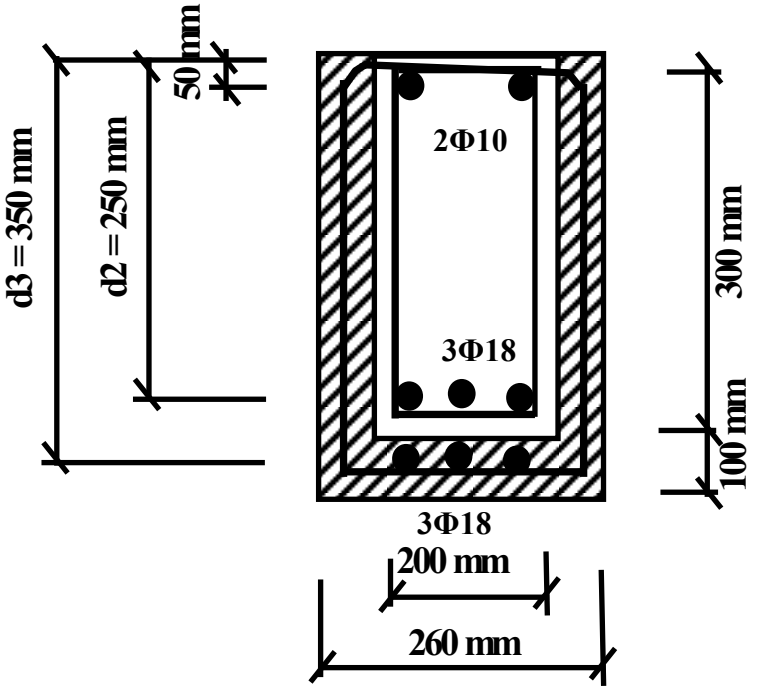
$$f'_s = 178.53 \text{ MPa} < f_y = 360 \text{ MPa}$$

مقاومة الإنحناء القصوى للمقطع تكون

$$M_n = \phi\left[A_{s1} f_y\left(d - \frac{a}{2}\right) + A'_{s1} f'_s\left(d - d'\right)\right]$$

$$= 0.9\left[763.5 * 360\left(250 - \frac{60.5}{2}\right) + 157 * 178.53 * (250 - 50)\right]$$

$$= 0.9\left[60.4 + 5.61\right] * 10^6 = 59.41\,\text{kNm} < 80\,\text{kNm}$$



شكل ٣-٤١

بما أن مقاومة الإنحناء القصوى للمقطع أقل من العزوم المسلطة على المقطع نتيجة للحمولات الخارجية إذن نقوم بإضافة ٣ أسياخ من الحديد قطر ١٨ مم وكما موضح بالشكل ٣-٤١

$$a = \frac{\left(A_{s1} + A_{s2} - A'_s\right) f_y}{0.85\, f'_c\, b} = \ 92.98\,\text{mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 109.4\,\text{mm}$$

$$\varepsilon'_s = \frac{\left(c - d'\right) 0.003}{c} = \ 0.00163 \langle \varepsilon_y = \ 0.0018$$

إذن حديد الانضغاط لم يصل إلى الخضوع $\Leftarrow f'_s \langle f_y$

إذن يجب الرجوع إلى شروط التوازن نحصل على البعد c

$$A_{s1} f_y + A_{s2} f_y = 0.85\, f'_c \left(\beta_1\, c\right) b + \frac{\left(c - d'\right) 0.003}{c} E_s\, A'_s$$

$$c^2 - 101.04c - 1044.72 = 0$$

$$c = 110.49\,\text{mm}$$

$$a = 0.85\, c = 93.92\,\text{mm}$$

$$f'_s = \frac{\left(c - d'\right) 0.003}{c} E_s = 328.6\,\text{MPa}$$

$$f'_s = 328.6\,\text{MPa} \langle f_y = 360\,\text{MPa}$$

$$M_n = \phi \left[A_{s1} f_y \left(d_2 - \frac{a}{2} \right) + A_{s1} f_y \left(d_3 - \frac{a}{2} \right) + A'_{s1} f'_s \left(d - d' \right) \right] =$$

$$M_n = 146.097 \text{ kNm}$$

ب- تقوية الجسور بعمل صفائح حديدية أو صفائح من الألياف الزجاجية أو الكربونية :-

١) عندما يكون المطلوب زيادة مقاومة القص ويكون ذلك عند قلة عدد الكانات أو ضعف أو قلة التكسيح في هذه الحالة يتم تثبيت الصفائح الحديدية أو الصفائح الكربونية أو الزجاجية في الأماكن المطلوبة لغرض رفع مقاومة الجسر لقوى القص . شكل ٣-٤٢ يوضح طريقة وضح الصفائح في جوانب الجسر .

٢) عند ما يكون المطلوب تقوية الحد يد السفلي أو العلوي أوعند وجود تشققات كبيرة نافذة توضح الصفائح في المنطقة المراد تدعيمها .

٣)أولا يتم علا ج التشققات بالجسور ثم يتم تنظيف الأماكن المحددة لتثبيت الصفائح.

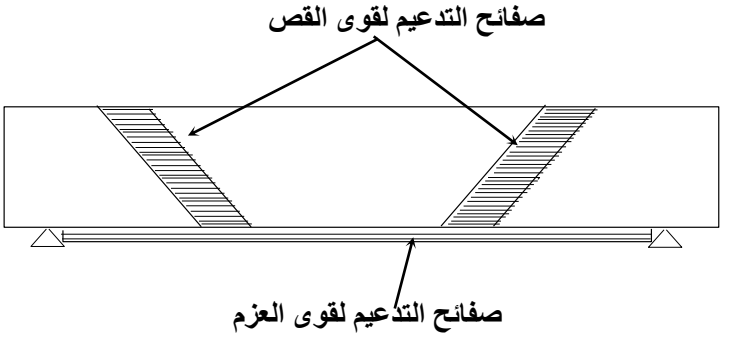
٤) في حالة الصفائح الحديدية يتم عمل فتحات في الصفائح ثم تثبت بالمونة الايبوكسية ثم يتم عمل مسامير خلال ألفتحات للتثبيت الجيد.

٥) في حالة الصفائح المكونة من الألياف يتم عمل الأيبوكسي اللاصق والذي تقدمه الشركة الصانعة لتلك الصفائح ومن ثم يتم تثبيت الصفائح .

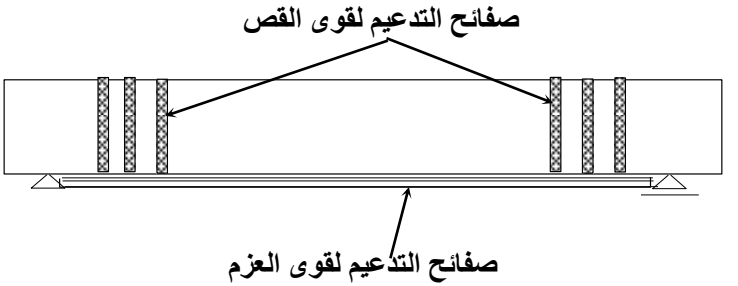
٦)يتم تغطية الصفائح الحديدية بالمونة الأيبوكسية أما بالنسبة للصفائح المكونة من الألياف فيمكن تركها كما هي أو يتم دهانها بالدهانات التي ينصح بها الصانع .

ج- تقوية و علاج الجسور بتقليل البحر:-

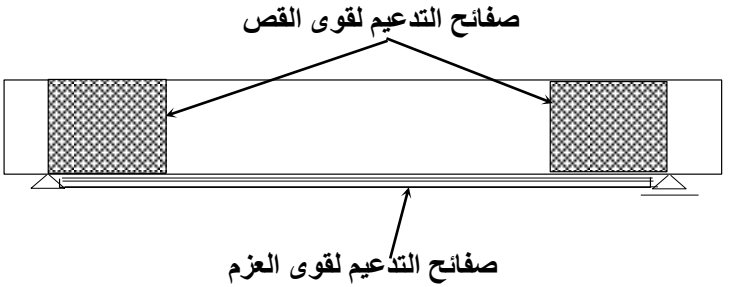
في حالات خاصة قد يستدعى الأمر تقليل بحر الجسر لزيادة كفاءته وتقليل العزوم الواقعة عليه ويكون ذلك بزيادة عرض الركيزة عن طريق زرع أشاير وعمل كانات بالطرائق السابقة ثم عمل تخشيبة ثم الصب بخرسانة أقوى من الموجودة مع المضافات لزيادة السيولة و قوة الخرسانة ، كما يمكن تقليل البحر بإضافة جسور في منتصف البحر شكل ٣-٤٣



أ- تثبيت الصفائح في الاتجاه المائل



ب- تثبيت الصفائح رأسيا



جـ - تثبيت الصفائح بطريقة الجاكت

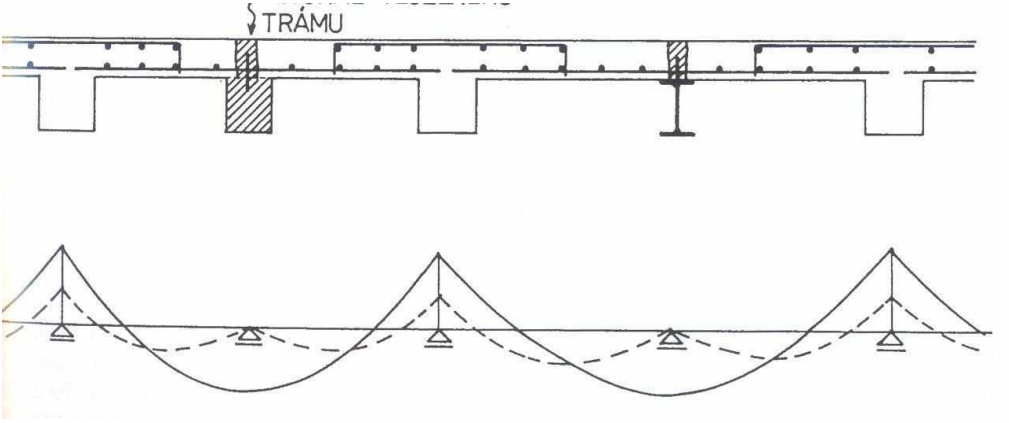
شكل ٣-٤٢ يوضح طريقة وضع الصفائح لغرض رفع مقاومة القص للجسور

د- تقوية الجسور بإضافة جسور حديدية :-

١- من أسرع الطرائق وأكفأها حيث يتم تثبيت جسور حديدية حرف U أو] أو I بقطاع مناسب لبحر الجسر ويتم عمل فتحات الأعمدة وتزرع هذه الجسور بالمونه الأيبوكسيه أو بالمونة الإسمنتية أو بالمونة البولمرية.

٢-تكون الأحمال في هذه الحالة منقولة ومحمله على الجسور الخرسانية والحديدية .

٣-يجب ان يتم التثبيت الجيد بين الجسور الحديدية والخرسانية وذلك بالمونة الأيبوكسية لضمان الالتصاق الجيد.

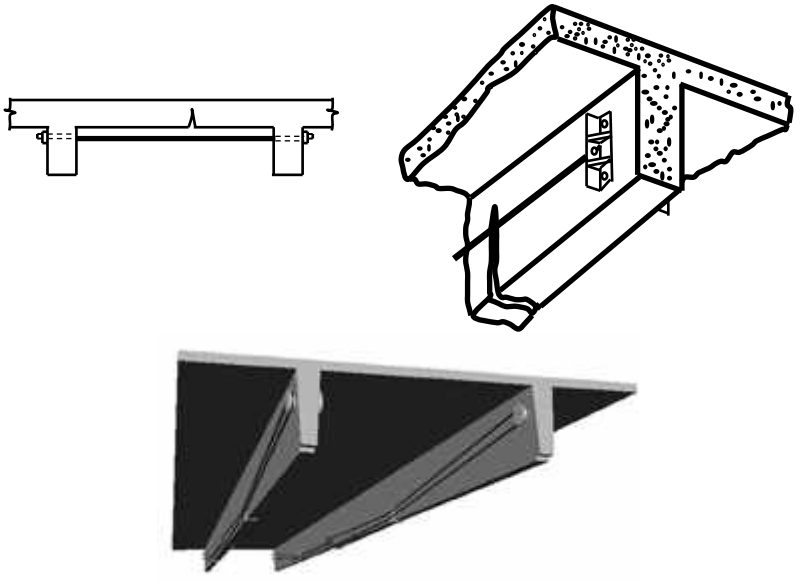


شكل ٣-٤٣ يوضح طريقة تدعيم الجسور بتقليل البحر

هـ- تقوية الجسور الخرسانية بالشد اللاحق :-

تستعمل هذه الطريقة غالبا في الجسور المسبقة الشد وذلك بعد احتساب الإجهادات الضائعة والتي تخفف من كفائة تلك الجسور أو أن تكون تلك الجسور بها تشققات تحتاج لشد لاحق فتتم تلك العملية بعمل فتحة داخل الجسر تم تمد مواسير على محاذاه الجسر وتوضع فيها الكابلات اللازمة لتقوية الجسر وتم شدها إلى الحد المطلوب بواسطة أجهزة الشد اللاحق للخرسانة المسبقة الإجهاد .

شكل ٣-٤٤ يوضح طريقة تدعيم الجسور بإضافة جسور معدنية



شكل ٣-٤٤ يوضح طريقة تدعيم الجسور بالشد اللاحق

المراجع العربية

[١] **د. حبيب مصطفى زين العابدين** : تصدعات المباني في العالم العربي ، مجلة المهندس العدد ٤ لسنة ١٤١٧

[٢] الشروخ الخرسانية أسبابها وعلاجها ، مجلة المهندس العدد ٤ ربيع الأول ١٤١٧

[٣] أ. **د. إبراهيم على الدرويش وآخرون** : الخرسانة (موادها وصناعتها وخواصها وضبط جودتها وترميمها) ثلاثة أجزاء ، الاسكندرية ، مصر ٢٠٠٠م

[٤] **د. وجيه الدخاخيني** : التصاميم الحديثة للخرسانة المسلحة، أنجلو إيجبتيان للطباعة والنشر ، القاهرة ، مصر

[٥]أ. **هاني محمد فهمي** : تصاميم الخرسانة المسلحة ، الجامعة التكنولوجية ، بغداد ، العراق

[٦] **م. عماد درويش** : الدليل الإنشائي المبسط – تصميم الأساسات ، دار دمشق للطباعة والنشر ، سوريا

[٧]أ **د.شريف أبو المجد وآخرون**: تصدع المنشآت الخرسانية وطرق إصلاحها ،دار النشر للجامعات المصرية ، مكتبة الوفاء القاهرة ، مصر

[٨]**د. شريف برقاوي**: تصدع المنشآت – الأسباب . طرق المعالجة والتدعيم ، سوريا

[٩]**أ.د. عبدالرحمن مجاهد أحمد** : دليل المهندس الإنشائي ، الجزء الرابع عيوب وفحص وترميم وتقوية المنشآت الخرسانية ، جامعة أسيوط ، مصر

[١٠]**م. حسين محمد جمعة** : انهيار العمارات الأسباب الهندسية والقانونية ، القاهرة ، مصر

[١١] **أ.د. عبدالرحمن مجاهد أحمد** : مذكرة تشريخ الخرسانة ، أسيوط ، مصر ا

[١٢]**د. كمال مصطفى وآخرون** : كتيب البناء الحديث ، القاهرة ، مصر

[١٣] **د. كمال مصطفى وآخرون** : الطرق الحديثة لتنمية وتقوية وحماية المنشآت الخرسانية ، كيماويات البناء الحديث ، شارع ا لهرم ، القاهرة ، مصر

[١٤]**م. حسين محمد جمعة** : الشروخ والترميمات ،مكتب الدراسات والاستشارات الهندسية ، القاهرة ، مصر

[١٥]**أ.د. محمد زكي حواس** : أمراض المباني _ كشفها وعلاجها والوقاية منها ، مجموعة بحوث العمليات التنفيذية المعمارية والأنشائية ، عالم الكتب ، مصر

[١٦]**م. خليل إبراهيم واكد**: أسباب انهيارات المباني طرق الترميم والصيانة ، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع

[١٧]**م. حسين محمد جمعة**: عزل وحماية المنشآت الخرسانية ، مكتب الدراسات والاستشارات الهندسية القاهرة

[18] دورة تأهيل استشاريين في أساليب الصندوق ا لإجتماعي للتنمية التنفيذية والتعاقدية ، الصندوق الإجتماعي للتنمية ٢٠٠٢م

[19] دليل الصيانة والترميم ، الجمهورية اليمنية ، وزارة الإنشاءات والتعمير ، الإدارة العامة للمواصفات والمقاييس ، صنعاء أكتوبر ١٩٩٠م

[20] دليل الإشراف على تنفيذ أعمال البناء والتشييد ، الجمهورية اليمنية ، وزارة الإنشاءات والتعمير ، الإدارة العامة للمواصفات والمقاييس ، صنعاء أكتوبر ١٩٩٠م

[21] **BAZANT, Z**. : Problems of Foundation. Praha , Academia 1966.

[22] **PAJAK, Z. –SEKOWSKI, J.:** Naprawy i wzmocnenia fundamentów bezpośrednich. In. XVI Ogólnopolska konferencja WPPK 2001. Naprawy i wzmocnienia konstrukcji zaglebionych w gruncie. GRYFIX s.c., Krakow–Poland 2000, ISBN 83-909892-6-3. str.247-268.

[23] **HULLA, J. – TURCEK, P.** : Zakladanie stavieb, JAGA, Bratislava 1998.

[24] **J.E.Bowles**:Foundation Analysis and Design; Mc Graw Hill Book Co. NY, 1997

[25] **BILCIK J.** Sanacia betonovych Konstrukcii,JAGA Bratislava 1996

[26] **LANDA, R.-KYŠ, K.-SLÁVIK, O.:** Reconstruction and Repair Structures, SNTL Praha 1983.

[27] **PRIGANC S., TERPAKOVA E. O.:** Diagnostika prvkov betonovych konstruhcii,SvF-TU, Kosice 2003

[28] **CASE STUDIES** For Foundation Failures : Atlas piers Kent Companies, Inc., Michigan

[29] **Allen and SC Edward**:Repaire of Concrete Structure, RTL, London

[30] **L'Hermite, R. L., and Bresson, J**.: Beton Arme par Collage des Armatures, RILEM Internat. Symposium, Resins in Building Construction, Part II, Paris, 1967,

[31] **F. J. Vecchio and F. Bucci: Analysis of Repaired Reinforced Concrete Structures,** J. Struct. Engrg., Volume 125, Issue 6, pp. 644-652 (June 1999)

[32] **Manabu Matsushimi, and collective :** A Reliability Approach to Landing Pier Optimum Repair Level ; Materials Journal, May 1, 1998

[33] **Vaněk,T;** :Rekonstrukce staveb, SNTL, Praha 1989

[34] **Bilčík,J; Cesnak,J.** : Poruchy a rekonštrukcia nosných sústav , TUBratislava 1993 .

[35] **L'Hermite, R. L., and Bresson, J**.: "Beton Arme par Collage des Armatures, " RILEM Internat. Symposium, Resins in Building Construction, Part II, Paris, 1967, str. 165-173

[36] **Kajfasz, S**.: "Concrete Beams with External Reinforcement Bonded by Gluing", RILEM Internat. Symposium, Resins in Building Construction, Part II, Paris, 1967, 142-151

[37] **Mander, R. F.** :"Bonded External reinforcement, a Method of Strengthening Structures", Department of the Environment, Report on Quinton Interchange of the M5 Motorway 1974,

[38] **Swany and collect**.: "Structural Behavior of reinforced concrete Beams Strengthening by Epoxy-bonded Steel Plates", The Struct. Engineering, vol. 65A, No. 2 Febr. 1987 , str.59-68

[39] **Varastehpour H. and collct**.“Strengthening of Concrete Beams Using Fiber-Reinforced Plastics“, Material and Structures, V.30, April 1997, str. 160-166

[40] **Mohammed Ismail Ahmed Faya** .“Conserving built heritage of the WALLED CITYof Sana’a - Republic of Yemen**",**theses for Doctor of Philosophy,February 2006

[41] **Varga, T.:** Influence high temperature at the concrete compress loaded, theses for Doctor of Philosophy, February 2002, Slovakia

[42] **Varga, T.:** DÍžkové pretvorenia betónu ovplyvneného vysokými teplotami. In: VII. vedecká konferencia Stavebnej fakulty TU v Košiciach, 2002, Slovakia

[43] Standard Specifications for the Repair of Concrete M-47, 08-96

[44] Guide to concrete repair , Department of the Interior, Bureau of Reclamation ; Technical Service Center ; Denver Federal Center United States. Aug. 1996

المصطلحات عربي إنجليزي

اختبار	test
اختبار إتلافي	destructive test
اختبار غير إتلافي	non destructive test
الإجهاد المسموح	allowable stress
الإسناد المثبت	fixed supported
الإنهاك	fatique
التخشيبة	flasework
الجساءة	stiffness
الحالة الحدية القصوى	limit state ultimate
الخلاصة	conclusion
العمق الفعال	depth
العمق الفعال	effective depth
الغطاء الخرساني	cover of concrete
الكربنة	carbonation
المسافة بين عمودين ، البحر	span
المسافة بين قضبان التسليح	spacing
المصمم	determined
المقاومة النهائية	ultimate strength
النظرية الإلاستيكية	theory of elasticity
النظرية البلاستيكية	theory of plasticity
الوزن الذاتي	own weight
أثر	impact
أحمال التشغيل	working loads
أداة ضغط المكعبات الخرسانية	jack

implementation	**أداه ، وسيلة**
foundation	**أساس**
fundament	**أساس**
initial	**أساسي**
hinged supported	**أسناد**
fibers	**ألياف**
magnitude	**أهمية ، شأن**
procedure	**إجراء**
stress	**إجهاد**
working stress	**إجهاد التشغيل**
tensile stress	**إجهاد الشد**
compressive stress	**إجهاد الضغط**
principal stress	**إجهاد أساسي**
probability	**إحتمالية**
alignment	**إستقامة**
stability	**إستقرار**
investgating	**إستقصاء، إختبار**
simply supported	**إسناد بسيط**
frame	**إطار ، هيكل**
redistribution	**إعادة توزيع**
assumption	**إفتراض**
purpose	**إقتراح**
buckling	**إنبعاج**
transfeer	**إنتقال**
flexture	**إنحناء**

sliding	**إنزلاق**
compatibility	**إنسجام ، تطابق**
segration	**إنعزال**
strain	**إنفعال**
shrinkage	**إنكماش**
vibration	**إهتزاز**
dimension	**بعد**
slab	**بلاطة**
ribbed slab	**بلاطة معصبة**
corroboration	**تأييد ، توثيق ، تعزيز**
response	**تجاوب**
release	**تحرير**
analysis	**تحليل**
bearing	**تحمل**
bond	**ترابط**
supply	**تزويد**
deformation	**تشوة**
verify	**تصديق**
design	**تصميم**
crack propagatin	**تطور الشرخ**
modify	**تعديل**
arrangement	**تعديل ، تسوية**
revise	**تعديل ، تنقيح**
deterioration	**تعرية**
detail	**تفصيلة**

restraint	**تقييد ، كبح**
evaluation	**تقييم**
adhesion	**تلاصق**
distribution	**توزيع**
instant	**جار ، جاهز**
wall	**جدار ، حائط**
beam	**جسر ، جائز ، كمرة**
girder	**جسر رئيس ، جائز رئيس ، كمرة**
action	**حدث**
steel	**حديد**
critical	**حرج**
live load	**حمل حي**
external load	**حمل خارجي**
dynamic load	**حمل ديناميكي**
dead load	**حمل ميت**
external	**خارجي**
pile	**خازوق**
attribute	**خاصية**
concrete	**خرسانة**
plain concrete	**خرسانة عادية**
prestressed concrete	**خرسانة مسبقة الشد**
reinforced concrete	**خرسانة مسلحة**
prestressed concrete	**خرسانة مضغوطة**
properties	**خواص**
durability	**ديمومة**

ديناميكي	dynamic
رد الفعل	reaction
زحف	creep
ستاتيكا ، علم السكون	static
سحب ، إنتزاع	pull-out
سرداب ، بدروم	basement
سريان ، شرعية	validity
سلك ذو جدائل	strand
سلوك ، تصرف	behavior , behaviour
شد	tensile
شرخ ، تشقق	crack
صالح	issue
صدا	corrosion
ضغط	pressure
ضياع	loss
طريقة	approach
طوق	tie
عددي	numerical
عدم الدقة ، خطاء ، غلطة	inaccuracies
عدم تماسك	discontinuity
عرض الشرخ	crack width
عزم	moment
عزم الإنحناء	bending moment
عزم التشقق	cracking moment
عزم القصور الذاتي ، عزم العطالة	moment of inertia

rib	عصب
formula	علاقة رياضية
negative sign (minus)	علامة سالبة (ناقص)
positive sign (plus)	علامة موجبة (زائد)
column	عمود
member	عنصر
structure	عنصر إنشائي
sample	عينة
indeterminate	غير محدد
statically indeterminate	غير محدد ستاتيكيا
unbonded	غير مرتبط
adverse	غير ملائم
construction joint	فاصل إنشائي
reliability	فاعلية
failure	فشل
brittle failure	فشل هش ، تصدع هش
ultrasonic	فوق السمعية
practise	في العمل
aggressive	قاسي
footing	قاعدة
shear	قص
bar	قضيب
force	قوة
standard	قياسي
value	قيمة

stirrup	**كانة**
tortion	**لي**
masonary building	**مباني حجرية**
building	**مبنى**
corresponding to	**متطابق مع ، متماثل مع**
example	**مثال**
inevitable	**محتوم**
brace	**محصور**
axial	**محور**
axial	**محوري**
sketch	**مخطط يدوي**
reference	**مرجع**
composite	**مركب**
centroid	**مركز**
area	**مساحة**
precast	**مسبق الصب**
advisable	**مستحسن**
available	**مسموح**
truss	**مسنمة ، جمالون**
equation	**معادلة**
safety factor	**معامل الأمان**
joint	**مفاصل**
resist	**مقاومة**
strength	**مقاومة**
cross-section	**مقطع**

section	مقطع
midspan	منتصف المسافة بين عمودين ، منتصف البحر
construction	منشأة
mass structure	منشأة كتلية
anchorage zone	منطقة التثبيت
neglegted	مهمل
location	موقع
site	موقع
cement paste	مونة إسمنتية
code	نظام ، مدونة ، قانون
theory	نظري
node	نقطة إلتقاء
final	نهائي
core	نواة
settlement	هبوط
elevation	واجهة
predict	يتنبأ
stimulate	يثير ، يحفز ، ينبه
aggravate	يجعل الشئ أسواء
treat	يعالج

المصطلحات أنجليزي عربي

action	حدث
adhesion	تلاصق
adverse	غير ملائم
advisable	مستحسن
aggravate	يجعل الشئ أسواء
aggressive	قاسي
alignment	استقامة
allowable stress	الإجهاد المسموح
analysis	تحليل
anchorage zone	منطقة التثبيت
approach	طريقة
area	مساحة
arrangement	تعديل ، تسوية
assumption	افتراض
attribute	خاصية
available	مسموح
axial	محور
axial	محوري
bar	قضيب
basement	سرداب ، بدروم
beam	جسر ، جائز ، كمرة
bearing	تحمل
behavior , behaviour	سلوك ، تصرف
bending moment	عزم الإنحناء

bond	**ترابط**
brace	**محصور**
brittle failure	**فشل هش ، تصدع هش**
buckling	**إنبعاج**
building	**مبنى**
carbonation	**الكربنة**
cement paste	**مونة إسمنتية**
centroid	**مركز**
code	**نظام ، مدونة ، قانون**
column	**عمود**
compatibility	**إنسجام ، تطابق**
composite	**مركب**
compressive stress	**اجهاد الضغط**
conclusion	**الخلاصة**
concrete	**خرسانة**
construction	**منشأة**
construction joint	**فاصل إنشائي**
core	**نواة**
corresponding to	**متطابق مع ، متماثل مع**
corroboration	**تأييد ، توثيق ، تعزيز**
corrosion	**صدا**
cover of concrete	**الغطاء الخرساني**
crack	**شرخ ، تشقق**
crack propagatin	**تطور الشرخ**
crack width	**عرض الشرخ**

cracking moment	عزم التشقق
creep	زحف
critical	حرج
cross-section	مقطع
dead load	حمل ميت
deformation	تشوة
depth	العمق الفعال
design	تصميم
destructive test	اختبار إتلافي
detail	تفصيلة
deterioration	تعرية
determined	المصمم
dimension	بعد
discontinuity	عدم تماسك
distribution	توزيع
durability	ديمومة
dynamic	ديناميكي
dynamic load	حمل ديناميكي
effective depth	العمق الفعال
elevation	واجهة
equation	معادلة
evaluation	تقييم
example	مثال
external	خارجي
external load	حمل خارجي

failure	فشل
fatique	الإنهاك
fibers	ألياف
final	نهائي
fixed supported	الإسناد المثبت
flasework	التخشيبة
flexture	إنحناء
footing	قاعدة
force	قوة
formula	علاقة رياضية
foundation	أساس
frame	إطار ، هيكل
fundament	أساس
girder	جسر رئيس ، جائز رئيس ، كمرة
hinged supported	أسناد
impact	أثر
implementation	أداه ، وسيلة
inaccuracies	عدم الدقة ، خطاء ، غلطة
indeterminate	غير محدد
inevitable	محتوم
initial	أساسي
instant	جار ، جاهز
investgating	إستقصاء، إختبار
issue	صالح
jack	أداة ضغط المكعبات الخرسانية

joint	مفاصل
limit state ultimate	الحالة الحدية القصوى
live load	حمل حي
location	موقع
loss	ضياع
magnitude	أهمية ، شأن
masonary building	مباني حجرية
mass structure	منشأة كتلية
member	عنصر
midspan	منتصف المسافة بين عمودين ، منتصف البحر
modify	تعديل
moment	عزم
moment of inertia	عزم القصور الذاتي ، عزم العطالة
negative sign (minus)	علامة سالبة (ناقص)
neglegted	مهمل
node	نقطة إلتقاء
non destructive test	اختبار غير إتلافي
numerical	عددي
own weight	الوزن الذاتي
pile	خازوق
plain concrete	خرسانة عادية
positive sign (plus)	علامة موجبة (زائد)
practise	في العمل
precast	مسبق الصب

predict	يتنبأ
pressure	ضغط
prestressed concrete	خرسانة مسبقة الشد
prestressed concrete	خرسانة مضغوطة
principal stress	إجهاد أساسي
probability	إحتمالية
procedure	إجراء
properties	خواص
pull-out	سحب ، إنتزاع
purpose	إقتراح
reaction	رد الفعل
redistribution	إعادة توزيع
reference	مرجع
reinforced concrete	خرسانة مسلحة
release	تحرير
reliability	فاعلية
resist	مقاومة
response	تجاوب
restraint	تقييد ، كبح
revise	تعديل ، تنقيح
rib	عصب
ribbed slab	بلاطة معصبة
safety factor	معامل الأمان
sample	عينة
section	مقطع

segration	**إنعزال**
settlement	**هبوط**
shear	**قص**
shrinkage	**إنكماش**
simply supported	**إسناد بسيط**
site	**موقع**
sketch	**مخطط يدوي**
slab	**بلاطة**
sliding	**إنزلاق**
spacing	**المسافة بين قضبان التسليح**
span	**المسافة بين عمودين ، البحر**
stability	**إستقرار**
standard	**قياسي**
static	**ستاتيكا ، علم السكون**
statically indeterminate	**غير محدد ستاتيكيا**
steel	**حديد**
stiffness	**الجساءة**
stimulate	**يثير ، يحفز ، ينبه**
stirrup	**كانة**
strain	**إنفعال**
strand	**سلك ذو جدائل**
strength	**مقاومة**
stress	**إجهاد**
structure	**عنصر إنشائي**
supply	**تزويد**

tensile	**شد**
tensile stress	**إجهاد الشد**
test	**اختبار**
theory	**نظري**
theory of elasticity	**النظرية الإلاستيكية**
theory of plasticity	**النظرية البلاستيكية**
tie	**طوق**
tortion	**لي**
transfeer	**إنتقال**
treat	**يعالج**
truss	**مسنمة ، جمالون**
ultimate strength	**المقاومة النهائية**
ultrasonic	**فوق السمعية**
unbonded	**غير مرتبط**
validity	**سريان ، شرعية**
value	**قيمة**
verify	**تصديق**
vibration	**إهتزاز**
wall	**جدار ، حائط**
working loads	**أحمال التشغيل**
working stress	**إجهاد التشغيل**