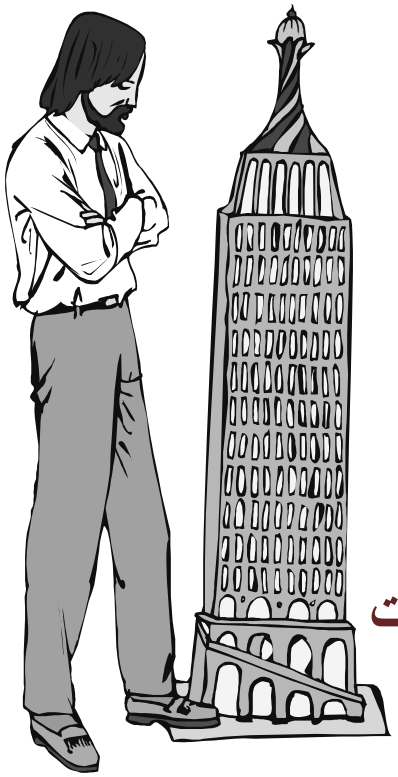
manar8214@gmail.com
P,O,Box 11263- Damascus -SYRIA

أسباب التصدعات وتعب الخرسانة و العمر الافتراضي للمنشآت الخرسانية

١ ـ أسباب التصدعات

وتشمل الأسباب المباشرة وغير المباشرة التي تنتج في:



١ ـ مرحلة التصميم.
٢ ـ مرحلة التـنفيـذ
٣ـ مرحلة الاستثمار.

٢ ـ مراحل تعب المنشآت و حدوث الانهيارات المبكرة

٣ـ متى يلزم التدعيم ؟؟

٤ـ العمر الافتراضي للمنشآت

١–أسباب التصدعات

تصدع بناء هو التدهور الذي يحصل في وضعه نتيجة التشققات أو التكسر أو الاهتراء أو التآكل في حديد تسليحه أو انخفاض في متانته أو ميلان أو سهم كبيرين أو أية مظاهر ضعف أخرى تهدد سلامته الإنشائية أو تهدد صلاحيته للاستثمار.

والتدعيم هو مجموعة الإجراءات التي تنفذ في البناء لمعالجة التصدع وأسبابه وجعل البناء صالحاً للاستثمار بأمان.

والعوامل المؤدية لتصدع المباني كثيرة ، وليستْ مُرتبطة بمرحلة واحدة من مراحل إشادة المبنى، إنما هنالك عوامل تساهم بذلك منذ المباشرة بعمليات التصميم ، حتى تنفيذ المبنى بالإضافة إلى مراحل استثمار المبنى، ويمكننا أن نعرض فيما يلي لأهم العوامل المؤدية لتصدع المباني في مراحلها المختلفة، أي من التصميم إلى التنفيذ فالاستثمار.

١ ـ مرحلة التصميم: *

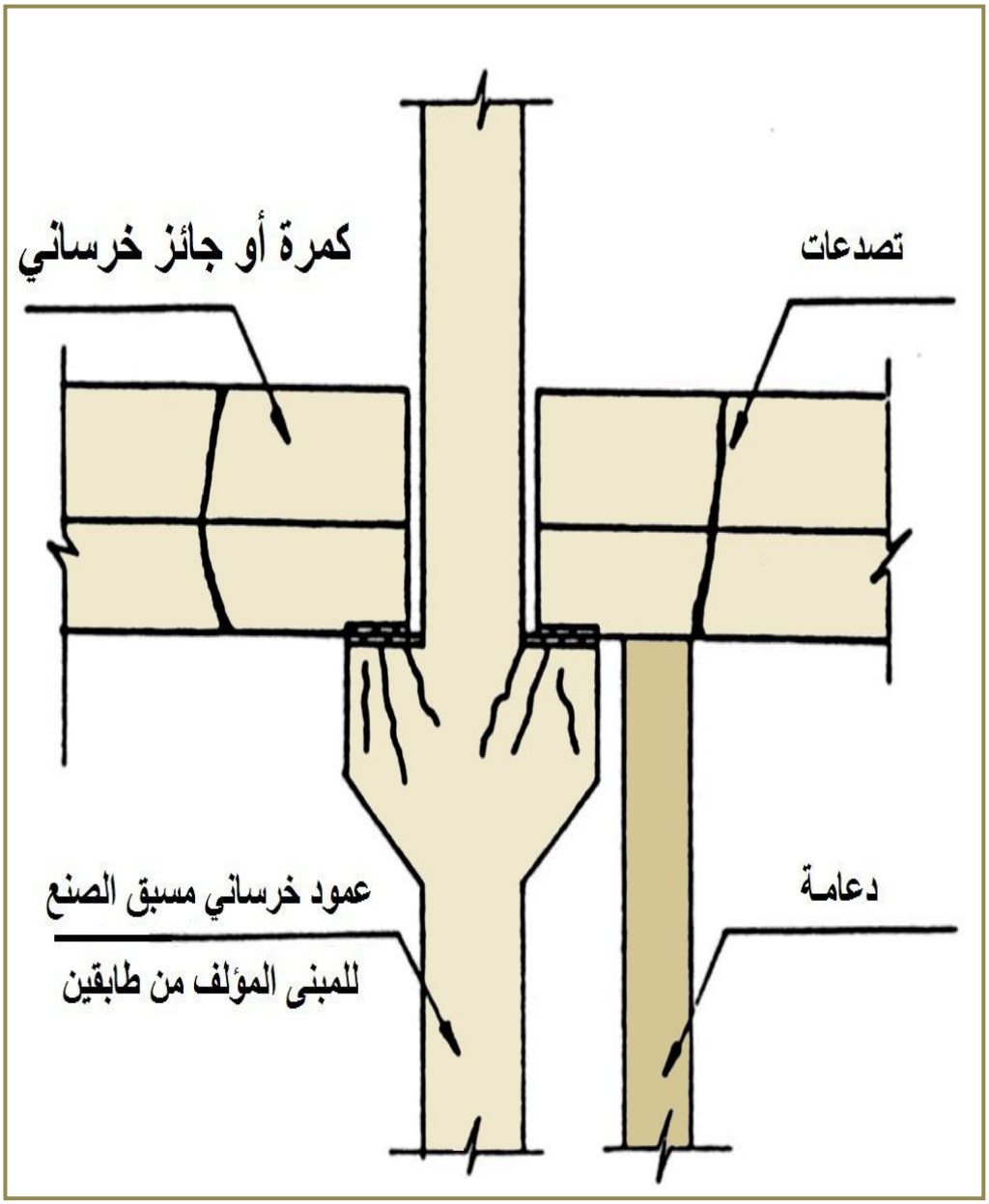
تصميم البناء هو وضع تفصيلاته ضمن إطار القصد منه وحصول خطأ في تصميم البناء قد يؤدي لتصدعه. ومن أشهر أخطاء التصميم التي يقع بها المصممون، الحالات التالية:

١ـ١ـ اعتماد مخطط منفذ لمبنى في منطقة ما، وتنفيذه في منطقة أخرى، دون مراعاة ظروف الموقع الجديد، كاختيار مخططات نموذجية للعمائر وتنفيذها في مناطق مختلفة دون تبديل مواصفات التربة أو الشروط البيئية المحيطة.

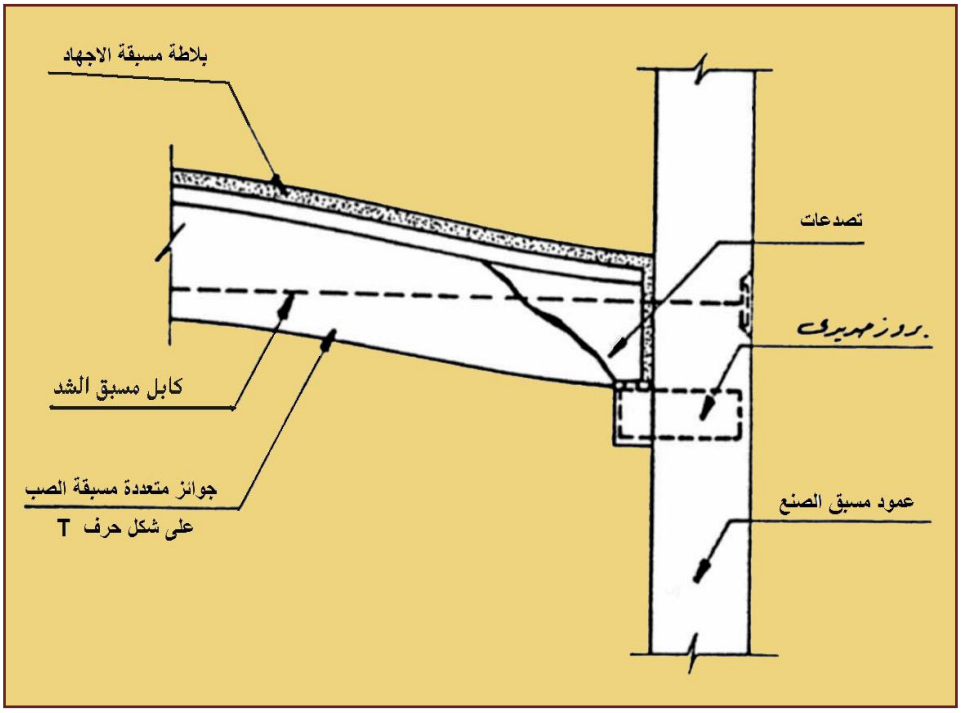
١ـ٢ـ عدم التقدير السليم للأحمال والقوى كعدم أخذ تأثير الانكماش أو الانتفاخ بنتيجة تغير درجات الحرارة على حدوث التشققات (خصوصاً عند التصميم بطريقة الحدود)، ومع أنَّ الانكماش عادةً لا يسبب مشاكل للعنصر الإنشائي إلا في حالة كون هناك قيد في حركته، وهذا القيد قد يكون داخلياً أو خارجياً، انظر الشكلين (**1-1-a/b**) وتقليل الآثار الضارة للانكماش في المنشآت الخرسانية المسلحة يتم عادةً عن طريق عمل فواصل الحركة (Movement joints) والعناية بالتفاصيل الإنشائية التي توضح مكان وعدد قضبان التسليح المقاومة للانكماش (Shrinkage Bars).

* انظر المراجع رقم (١،٢،٣) في قائمة المراجع.

الشكل (1-1-a): نموذج من القيد على الحركة الأفقية للنهايات



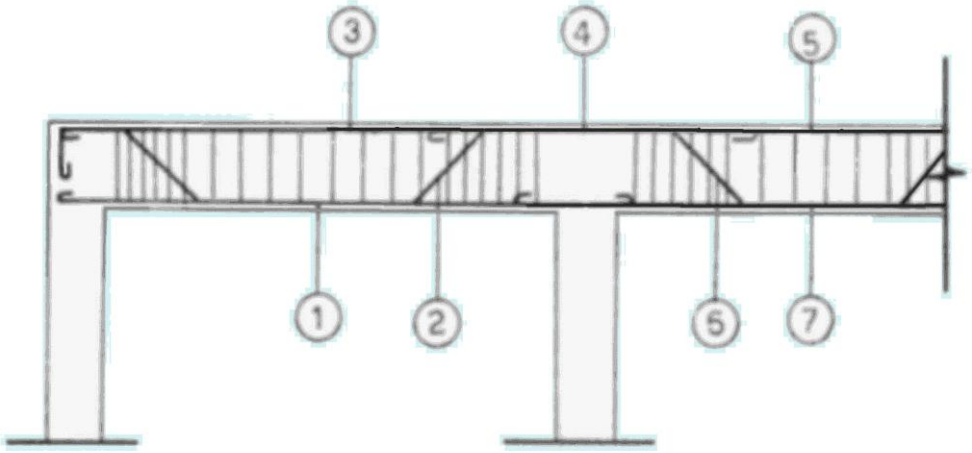
الشكل (1-1-b): نموذج على الحركة الدورانية للنهايات

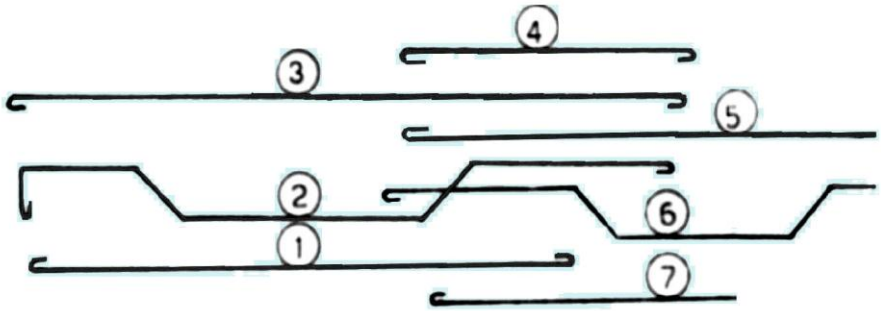


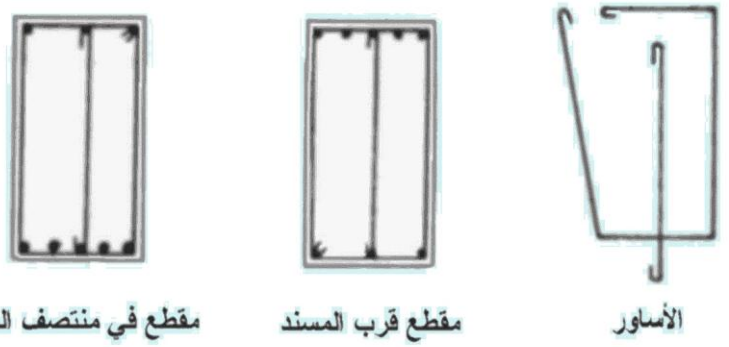
١-٣- عدم تصميم الأساسات المنفصلة بحيث تكون الإجهادات تحتها متساوية، أي لا يكون الهبوط تحتها متساوياً ، وبالتالي ستحدث فروق في الهبوط تحت الأساسات مما يؤدي لتصدعات في الميدات و الشيناجات، وتتفاقم المشكلة إذا كانت خواص التربة مختلفة في موقع البناء.

١-٤- سوء أو عدم كفاية الرسومات التفصيلية:

مثال ذلك الاكتفاء بجداول التسليح وعدم التعرض للتوزيع الصحيح له، وعدم ذكر أطوال القضبان، وأماكن الوصلات وعددها وطرق تنفيذها.. إلخ ، انظر الشكل التالي رقم (2-1)، وخاصةً عندما لا يكون المنفِّذ ذو خبرة كافية لوضع التفاصيل اللازمة بنفسه.







نموذج لتفريد تسليح جائز عادي

١ـ٥ ـ ضعف مواصفات المواد المستخدمة أو عدم ملاءمتها للمنشأة:

خاصةً عند تدني نوعية المواد المكونة للخلطة الخرسانية، فمقاومة الخرسانة لا تتأثر فقط بكمية الإسمنت، وإنما كذلك بدرجة نعومته ونسبة الماء إلى الإسمنت، وتتأثر كذلك بالحصويات المستخدمة من حيث نسبتها للإسمنت ومقاومتها للاهتراء، وبشكل الحبيبات وحجمها وتدرجها الحبيبي ونعومة سطح الحبيبات، وتؤثر بها المواد الكيميائية المحيطة كالسيليكات... إلخ.. هذا الأمر قد يؤدي لحدوث الشقوق، كما يجب الانتباه للمواد المضافة ونسبتها (كالمواد مؤخرة أو مسرعة التصلب)، إذ أنه قد يكون لها آثار بالغة في الموضوع المذكور.

١ـ٦ـ عدم الاهتمام بإبراز وسائل الصيانة عند التصميم الأولي، أو عدم تسهيل سبل الوصول إلى الأجزاء المختلفة من المبنى للقيام بعمليات الصيانة اللازمة.. مثل إصلاح مرافق المنشأ على سبيل المثال..

١ـ٧ ـ الشروط المالية الصارمة التي قد تقيد المصمم لوضع الاحتياطات اللازمة، كالعزل المائي والحراري... إلخ.

١ـ٨ ـ عدم اختيار المهندس الإنشائي الكفء للقيام بعملية التصميم، فهناك الكثير من الحسابات والمخططات الإنشائية تعد من قبل مهندسين غير مختصين، وأخرى من قبل مساعدين فنيين معتمدين على خبرتهم فقط التي تخالف غالبا القواعد السليمة.

٢ـ مرحلة التنفيذ:

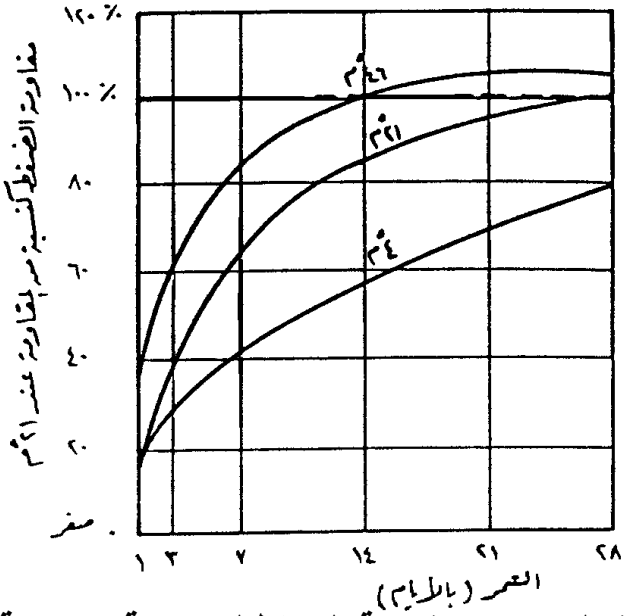
وللعلم نقول بأن التصدعات الإنشائية بسبب سوء التنفيذ تمثل التصدعات الأهم بين أقرانها، والأكثر حدوثاً في عالمنا العربي كما أشارت لذلك الإحصائيات (*)، والسبب يعود إلى:

٢ـ١ ـ الخطأ أو التقصير في تطبيق التصاميم أو شروطها الفنية بالشكل الصحيح، كتقليل كمية التسليح أو تقليل مقاسات العناصر الانشائية ، أو استخدام مواد سيئة لا تعطي الخلطة الخرسانية المقاومة الكافية، أو عدم الحرص على رص ورج الخرسانة بالشكل

* انظر المرجع رقم (٣) في قائمة المراجع.

المناسب للتقليل من احتمالات الانفصال الحبيبي أو التعشيش (Honey combing)، مما يؤدي لضعف الخرسانة.

٢-٢ ـ عدم إصلاح ما يكتشف من أخطاء بالوقت المناسب وعدم تقدير تبعات ذلك، فالمسارعة بالمعالجة هام للغاية بالنسبة للتصدع، لأن كمية ومعدل ونتيجة الإماهة (تفاعل الإسمنت مع الماء) تعتمد على درجة الحرارة والرطوبة المحيطة، وكلما زاد الوقت الذي تحفظ فيه الخرسانة رطبة، كلما زادت مقاومتها وخاصة في الأجواء الحارة، فيجب أن لا يتأخر بدء المعالجة عن ساعتين بعد الصب في الأجواء الحارة، وست ساعات في الأجواء المعتدلة، وقد تبدأ المعالجة بعد الصب مباشرة في الأجواء الحارة جداً، ويوصى بأن تحفظ الخرسانة في حالة بلل دائم لمدة أسبوع على الأقل، كما أن لدرجة حرارة الخرسانة أثناء الصب تأثير كبير على تطور المقاومة مع الزمن، كما يظهر بذلك الشكل (3-1).



الشكل (3-1) ـ مقاومة الضغط لخرسانة مصبوبة عند درجات حرارة مختلفة.

٣-٢ ـ عدم اختيار جهاز الإشراف والتنفيذ الجيد، والذي يمكنه استدراك أخطاء التصاميم في حال وقوعها أو التصدي لجميع الحالات الطارئة التي تستوجب عمل تعديلات، أو عدم خبرة المتعهد وعماله بتنفيذ المشاريع بالشكل المناسب.

٢-٤ - التركيز على إنجاز كميات الأعمال دون الاهتمام بالكيف، وذلك عن طريق الإسراع بإنجاز المشروع على حساب الجـودة في تنفيذ الأعمال.

٢-٥ - إغفال إجراء اختبـارات الجـودة والكفاءة بشكل دوري على الخرسانة المسلحة ومواد الخلطة وحديد التسليح، والتحقق مـن مطابقتها للمواصفات.

٢-٦ - التعرض للظروف المناخية السيئة، وعدم مراعاة ما يقتضيه صب الخرسانة في ظروف الجو الحار أو الصقيع من احتياطات وتدابير واعتبار ذلك أمر صعب التنفيذ أو بلا فائدة.

٢-٧ - ضعف دعائم القالـب الخشبي (الكوفراج) وعدم التأكد من تثبيت عناصره بشكل جيد ، أو إزالته قبل حصول الخرسانة على المقاومة المطلوبة .

٢-٨ - اختيار فواصـل الصب (توقفات الصب) عنـد أمـاكن تطبيـق الإجهادات العالية على العناصر الإنشائية (مثلاً عند منتصف الجوائز).

٢-٩ - تحميل العناصر الخرسانية المنفذة حديثاً وهي في الأيام الأولى من عمرها، بأكثر مما تتحمله من حمولات (تخزين مواد ومعدات الإنشاء فوقها).

٣ - مرحلة الاستثمار:

أي بمرحلة استعمال المنشأة..ويمكننا تلخيص أهم الأخطاء بـ:

٣-١ - زيادة أو تعديل في شكل الحمولات التصميمية نتيجة:

آ - تغييـر وظيفة المبنى عن الوظـيفة الأصلية المصمم له (كتعديل المبنى من سكن إلى مبنى صناعي، أو من صناعي خفيف إلى صناعة ثقيلة.. الخ).

ب - زيادة طوابق المبنى عن الحالة التي صمم لها.

جـ - تغطية الفـرق في اختلاف المناسيب بكميات من الردم، فيلجأ أحياناً لتلافي وجود عتبة للمطبخ أو الحمام (نتيجة التمديدات الصحية)، لإضافة كميات كبيرة من الردم على كامل السطح لتلافـي وجود العتبة.

٣-٢ - تغير مناسيب الميـاه الجوفيـة نتيجـة وجـود الرشوحات أو الري الجائر للحدائق المجاورة.

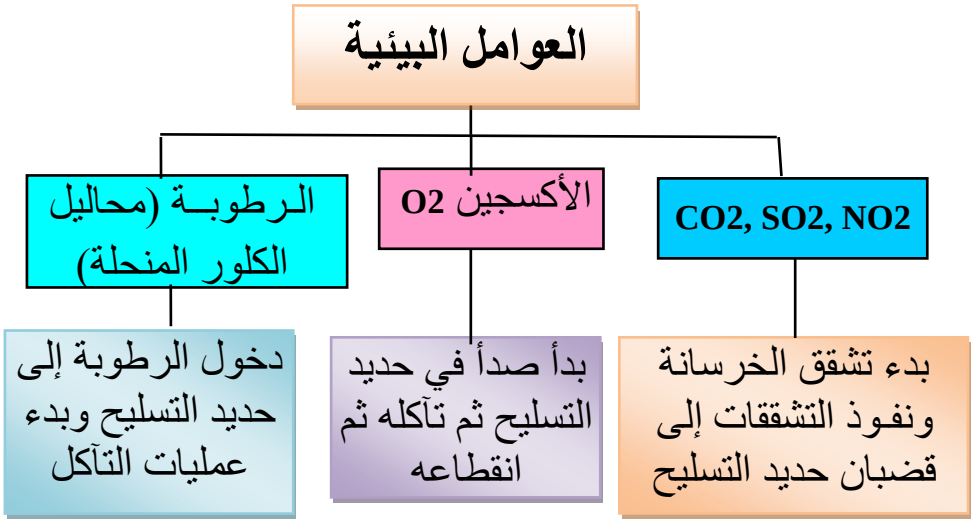
٣-٣ - عدم تطبيق بـرامج ومتطلبات الصيانة الفعالة.

٣ـ٤ ـ سوء استخدام المبنى ، وعدم إصلاح الأعطال فيه بالوقت المناسب كإهمال تسرب المياه إلى الأساسات من تهريب التمديدات الصحية.. الخ.

٣ـ٥ ـ الحرائق أو الكوارث الطبيعية (كالزلازل و العواصف..) ، والتي يمكن أن تحدث للمنشأ خلال فترة استثماره.

٣ـ٦ ـ العبث أو التغيير في النظام الإنشائي الأساسي للمبنى، كإزالة عمود لإنشاء صالة كبيرة... الخ.

٣ـ٧ ـ العوامل المناخية من تغير الحرارة ورطوبة وأشعة الشمس وتعرض المنشأ للأملاح والغازات المتواجدة في الجو وخاصة ثاني أكسيد الكربون الذي له تأثير ضار على حديد التسليح وتصدع المنشآت.. كما أن للكلور تأثير واضح على الحديد (خصوصا ماء البحر وعملية المد والجزر).. أما الكبريت فيؤثر على الخرسانة نفسها، حيث يدمر بلوراتها، وبالتالي تقل متانتها وقوتها. ويظهر الشكل التالي تأثير العوامل البيئية على المنشآت الخرسانية المسلحة.



الشكل (4 -1): تأثير العوامل البيئية على المنشآت الخرسانية المسلحة.

وكما هو موضح في الشكل (4 -1)، فإن للظروف البيئية أثرها في عملية التآكل.. حيث أنه في الأحوال العادية تكفُل القلوية العالية للخرسانة المحيطة بحديد التسليح تكوين طبقة موجبة من أكسيد الحديد تقوم بحماية الحديد من الصدأ، وفي المقابل عندما توجد أملاح في الخرسانة، فإن أيونات الكلور سالبة الشحنة تبدأ بمهاجمة طبقة الحماية المذكورة، وإضعافها حتى يصبح حديد التسليح معرضاً للصدأ مباشرةً، وبوجود الرطوبة والأوكسجين اللازمين لعملية الأكسدة، يكبر الصدأ ويتراكم مع الزمن، وتقل درجة الحموضة (PH) في الخرسانة: من (2) إلى أقل من (9).. وهو الرقم الأدنى اللازم لحماية قضبان حديد التسليح من الصدأ.. كما تشير بعض المراجع إلى أن معدل الصدأ يزداد الضعف مع ازدياد درجة الحرارة بمقدار ١٠ درجة مئوية وهذا يؤدي للتفتت وتصدع الخرسانة.. انظر الشكل (4 -1).. وبالتالي حدوث الأضرار في المبنى.. ونوضح هنا الميكانيكية التي يحدث فيها التأكسد.

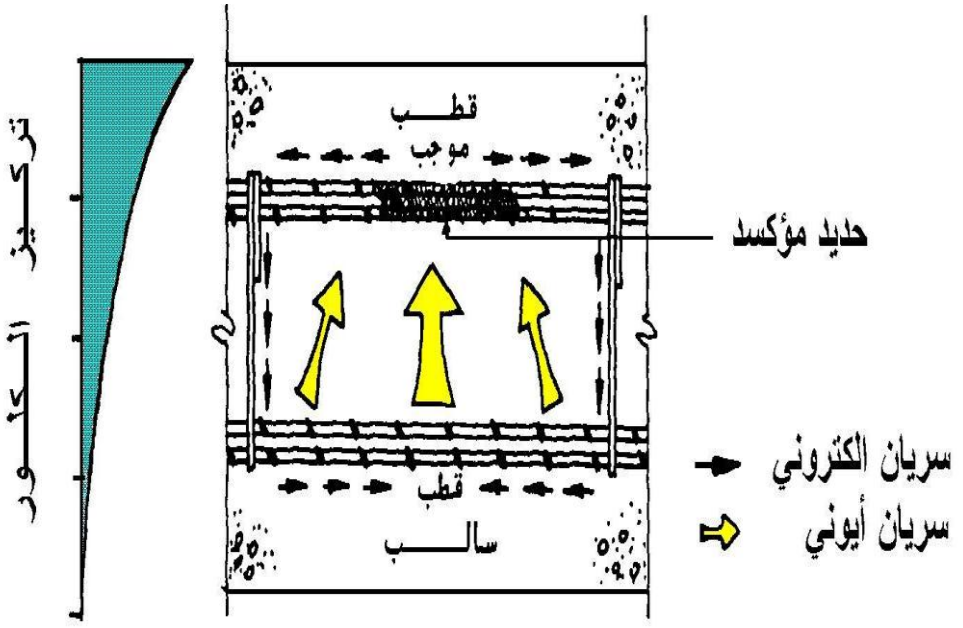
ميكانيكية التأكسد:

يحدث التأكسد الذي هو عملية كهروكيميائية يرجع فيها الحديد إلى حالته الأساسية كخام مؤكسد، نتيجة للأسباب التالية:

١ـ مرور تيار كهربائي مباشر نتيجةً لحدوث تسرب أو تماس كهربائي مسبباً التأكسد.

٢ـ حدوث فروق في الجهد (الكمون) الكهربائي بين عدة نقاط في الخرسانة المسلحة، وذلك نتيجة الرطوبة والأكسجين والمحاليل الكيميائية، أو نتيجة تماسها مع مواد أخرى، فتتسبب عملية التأكسد في حدوث خلايا مركزة حيث تصبح منطقة من حديد التسليح سالبة، والمنطقة الأخرى موجبة. انظر الأشكال رقم (5 -1) و (6 -1)

الشكل (5 -1): تفتت وتكسر الخرسانة نتيجة لتأكسد حديد التسليح.

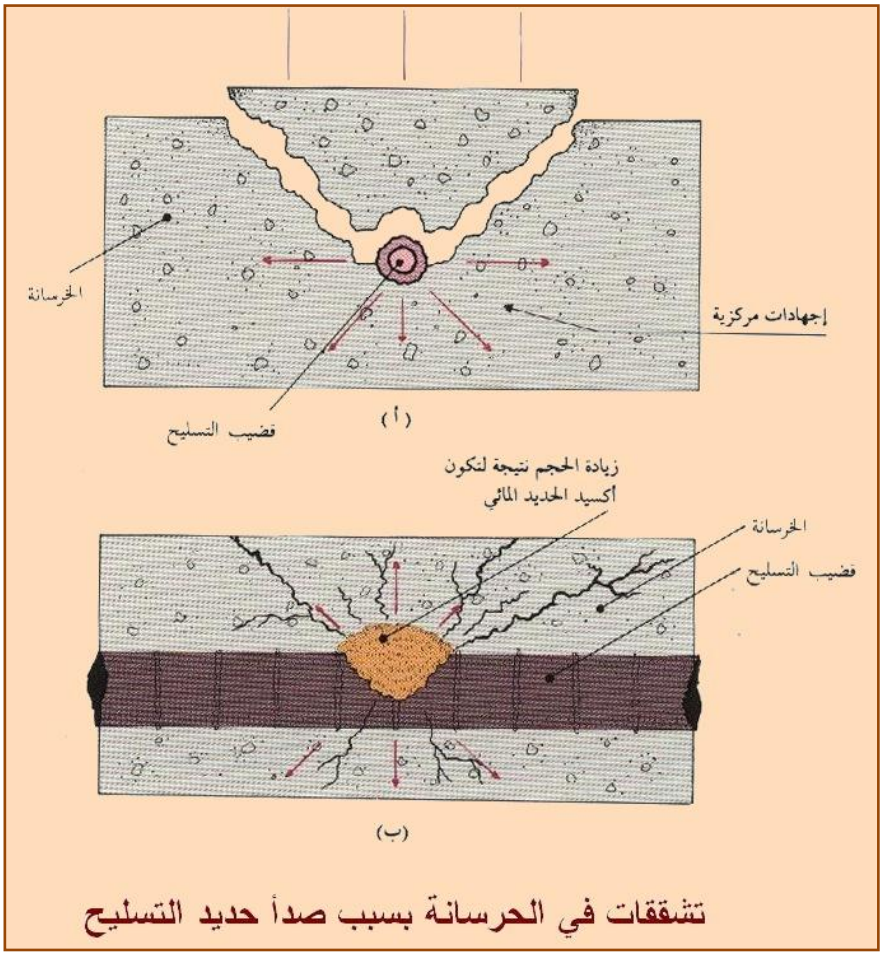


شكل (6 -1): ميكانيكية تأكسد حديد التسليح.

ويظهر الشكل (١- ٧) التصدع نتيجة لتآكل التسليح بسبب:

أ - وجود اختلافات في التركيب الكيميائي لعناصر الحديد نتيجة عدم مطابقتها للمواصفات.

ب - وجود أملاح وشوائب وصدأ على سطح الحديد قبل صب الخرسانة عليها، وعدم تنظيفها جيداً قبل استخدامها

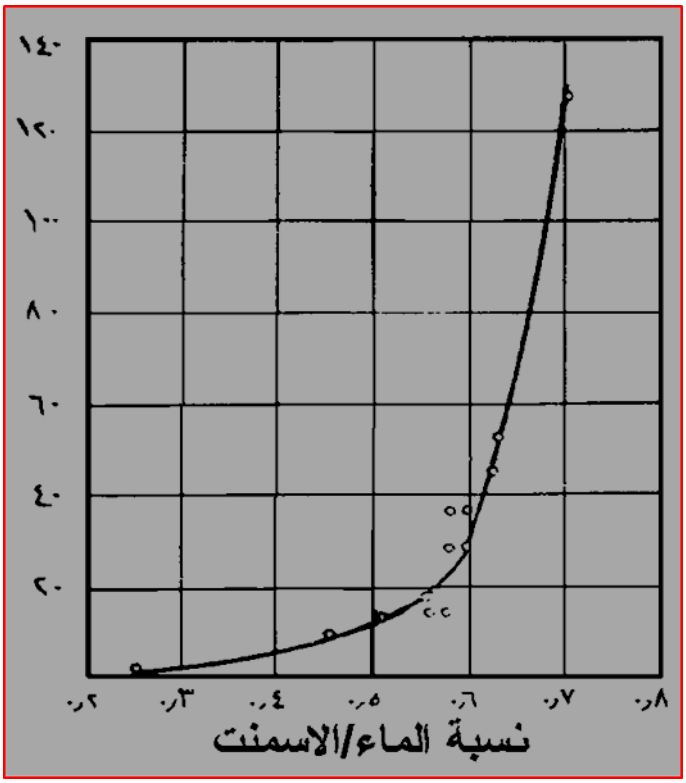


الشكل (١- ٧) التصدع نتيجة لتآكل التسليح

١-٢ ـ عوامل بيئية متعلقة بالخرسانة:

ومن أهمها:

أ ـ نفاذية الخرسانة: وهي قدرة الخرسانة على إمرار الماء ضمن مساماتها، وبالتالي نفوذه إلى قضبان التسليح، وتتعلق النفاذية بنسبة الماء إلى الإسمنت، كما يظهر ذلك الشكل (2-2)، والتدرج الحبي للحصويات، وعوامل أخرى.



الشكل (8-1): العلاقة بين نسبة الماء إلى الإســمنت والنفاذية لعجينة الإسمنت المتصلبة

ب ـ سماكة الغطاء الخرساني: حيث يجب أن تتوفر له سماكة دنيا لحماية التسليح، وحفظه من التآكل، وأحيانا يتشقق نتيجة لزيادة سماكته عن الحد المطلوب.

جـ ـ نوع الإسمنت المستخدم: حيث أن لعملية هدرجته ونعومته ونسبة الإسمنت في الخلطة، أثر كبير على حماية حديد التسليح من التآكل.

د ـ الحصويات: هناك أنواع من الحصويات تتفاعل مع القلويات حيث يكوِّنا سيليكا مائية تتمدد بشكل كبير، مما يسبب ضغوط داخلية في الخرسانة تؤدي لتصدعها،وأحيانا لا يتم تنظيف البحص من الأتربة.

هـ ـ المواد المضافة للخرسانة: حيث يؤدي بعضها إذا استخدمت بمقادير فوق تلك المحددة لتآكل الخرسانة في حال احتوائها على مواد مسببة للتآكل، كالكلوريدات.

يمكن مراجعة الكتاب التالي: **Durability of Concrete** Structures Investigation-Repair-Protection للاستفاضة بالموضوع .

طريقة كشف أسباب تصدع مبنى:

تعد هذه الخطوة عملياً أهم خطوة، إذ إنه من غير الممكن عملياً تقدير مدى الحاجة للإصلاح إلا إذا عرف سبب أو أسباب التصدع، وقد تكون المعطيات غير كافية لتحديد السبب، لذا توضع جميع الأسباب التي تؤدي عادة إلى التصدعات ثم تحذف الأسباب غير المحتملة واحداً إثر واحد، إلى أن يبقى عدد محدود من الأسباب يؤخذ بالحسبان .

ولا توجد قواعد محددة يمكن إتباعها لكشف أسباب التصدع، فكل حالة هي مسألة قائمة بذاتها، ويجب أن يجري التشخيص لها بشكل فردي. ويمكن للمهندس الذي يقوم بالتشخيص إتباع ما يلي: فحص البناء ودراسته جيداً، ومقارنته مع الأبنية المجاورة ومع الأبنية المشابهة بأمكنة أخرى، وسؤال الفنيين الذين قاموا بالدراسة أو بالإنشاء عن الأسباب المحتملة للتصدع، وتحليل الأمور غير العادية في المسألة المطروحة، والتفكير بالمسألة على نحو علمي هادئ وبصبر، ودراسة المسألة بعمق.

٢ـ مراحل التعب و حدوث الانهيارات المبكرة:

بعد ما تكلمنا عن أسباب التصدعات سنتكلم عن تعب أو كلال الخرسانة (Fatigue) وتشققها وظهور بقع الصدأ بالظروف البيئية المحيطة بسبب مرور الزمن، ويمكن رؤية المرجع **Fatigue of Structures and Materials** للاستفاضة بهذا الموضوع.

وقبل تقييم حالة التعب لمبنى ما، لابدَّ من حساب عمره الافتراضي، وذلك لحساب المشاكل الناجمة عن تصدع عناصره الخرسانية المسلحة، ولإيجاد العلاج المناسب لها،وحسب Maskovin يمكننا تصنيف تعب الخرسانة كما يلي:

أـ **تعب من المرتبة الأولى:** حيث تخرج بعض مكونات الخرسانة الأساسية نتيجة لتعرضها لمحاليل مذيبة (مثل **التزهير** أي خروج هيدروأكسيد الكـالسيوم).

ب- **تعب من المرتبة الثانية:** حيث يحدث تفاعل كيميائي بين مكونات الاسمنت وبعض المحاليل(مثل **الكربنة أو** التفحم التي هي تفاعل ثاني أكسيد الكربون مع الكلس الحر بالخرسانة مكونا كربونات الكالسيوم $CaCo_3$ مما يؤدي لانخفاض ال: **PH** وتكون وسط غير قلوي وهكذا تُفقد الحماية اللازمة لحديد التسليح مما يعرضه للصدأ وبالتالي ينتفخ ويسبب تشققات في طبقة الغطاء الخرسانية قرب القضبان- اختراق الكلوريدات التي قد تكون موجودة أصلاً بالخلطة أو من الوسط المحيط المالح أو الكبريتات للجسم الخرساني).

ت- **تعب من المرتبة الثالثة:** وعندها تحدث **البلمرة** أي تكون بلورات في مسامات الخرسانة مما ينشأ عنها ضغوط داخلية إضافية.

ومن خلال الدراسات التي أجريت على العديد من حالات الانهيار المبكر للمنشآت الخرسانية المسلحة، تبين أن العوامل التي أدت لتصدعها نتيجةً للتعب، تـقع غالباً لما يلي:

٤ ـ تصنيف البناء حسب درجة انهياره:

نقترح الجدول التالي الأولي * لتصنيف الأبنية حسب درجة الانهيار، وبعض سبل التدعيم اللازمة لها وسنشرح ذلك بالتفصيل في الفصل القادم :

* أنظر المرجع رقم (٧)، مقالتين للدكتور المهندس عبد الحميد كيخيا.

درجة التصدع	طبيعة التصدع ومواصفاته	إجراءات التدعيم المناسبة
خفيفة	لا تقلل من مقدرة البناء على تحمل الحمولات. انزلاق أو تمزق بسيط فى طبقة الحماية الخرسانية ـ الشقوق فى منطقة الشد لا تزيد عن /٠.٢/ mm في العناصر غير مسبقة الإجهاد ـ بدون تأثير على حديد التسليح.	إصلاح العيوب الظاهرة بإعادة تلبيسها من جديد فى المناطق المتصدعة.
متوسطة	انخفاض فى مقدرة البناء لتحمل الحمولات. تخريب العنصر بحدود 30% من مقطعه، انقطاع 30% من حديد التسليح العامل، اتساع الشقوق حتى /0.5/ mm في العناصر مسبقة الإجهاد المشدودة والمنعطفة، شقوق على كامل المقطع باتساع /١/ mm، مع تقوس حتى (1/50) من المجاز.	تنظيف الخرسانة المتصدعة على نحو جيد، إصلاح حديد التسليح بإضافة قضبان جديدة، صب خرسانة من جديد في أماكن التصدع، حقن الشقوق بالمواد الإسمنتية، تكبير المقطع أو تقوية عناصر البناء.
قوية	انخفاض مقـدرة البناء انخفاضاً كبيراً، تخريب ٣٠% من المقاطع، انقطاع ٣٠% إلى ٥٠% من حديد التسليح العامل، التخريب في مناطق وثاقات حديد التسليح، الانحناء (التقوس) أكثر من (٥٠/١) من المجاز، اتساع الشقوق أكثر من /١/ mm.	تكبير المقطع، إنشاء مساند جديدة أو جوائز جديدة، تقوية حديد التسليح العامل، استبدال بعض العناصر المتصدعة تصدعاً كبيراً بعناصر جديدة.
كاملة	بعض الظواهر التـــي تدل على وصول المنشأ إلى حالته الحدية، تخريب أكثر من ٥٠% من المقطع في منطقة الضغط، انقطاع أكثر من ٥٠% من حديد التسليح العامل.	التدعيم غير ملائم، يجب الهدم وإعادة البناء من جديد.

٣- متى يلزم التدعيم ؟؟

ان أعمال التدعيم يمكن أن تكون :

١- **فورية إسعافيه** : وتتخذ بعد الحلات التالية :

أ- بعد حدوث انهيار جزئي في المنشأة أو انهيار عنصر رئيسي فيه (كعمود أو جدار ..) **مما يؤدي الى اعادة توزيع القوى الداخلية فيه** وقد تؤدي مستقبلا الى انهيار عناصر أخرى فيه .

ب- ظهور تشققات كبيرة الانفتاح متزايدة العرض أو الامتداد.

ت-وجود سهم (ترخيم) كبير في العناصر الانشائية (بلاطات –جوائز..) يزيد عن الحدود المسموحة بالنظم .

ث- عند حدوث ميلان بالمنشأ عند حدوث هبوطات تفاضلية كبيرة متزايدة في التربة .

٢- الزامية التنفيذ:

أي يطلب تنفيذها خلال فترة زمنية محددة ،بعد اعداد الدراسات واتخاذ الاجراءات الفنية اللازمة، وتتخذ خاصة عندما تبين الحسابات الانشائية أن عنصر او عدة عناصر من البناء لا تحقق متطلبات نظام البناء حتى ولولم يظهر عليها مشاكل تشققات أو سهوم ..الخ

٣- **غير مستعجلة التنفيذ** ،وذلك عند الرغبة بتغيير وظيفة المنشأ ،أو زيادة عدد طوابقه ،مما يتيح وقت كافي لا جراء دراسة بين التدعيم لعناصر المنشأة الحالية أو هدم البناء واستبداله بآخر.

٤- العمر الافتراضي للمنشآت:

٤-١ - تعاريف أساسية:

إن تعريف العمر الافتراضي يعطي إمكانية الاستفادة من المبنى، واتخاذ القرار المناسب بشأن الهدم أو التدعيم، مع تعديل العمر الافتراضي.. ونميز هنا ثلاثة تعاريف أساسية لعمر المباني، هي:

أ- **العمر الطبيعي :** وهو العمر منذ إنشاء المبنى، حتى الوقت الذي يحدث فيه انهيار طبيعي.

ب- **العمر الاقتصادي:** وهو عمر المبنى منذ إنشائه، حتى زوال الجدوى الاقتصادية له، أي تصبح عائداته أقل من سعر الأرض المشاد عليها على سبيل المثال..

ت- **العمر الوظيفي:** وهو عمر المبنى منذ لحظة إنشائه، إلى اليوم الذي يصبح فيه منتهياً من أداء وظيفته التي عُمل لها، لذلك نرى تهديم لبعض المباني رغم استمرار صلاحيتها الإنشائية .

وهناك بعض المؤلفين الذين يطرحون أعمار أخرى، كالعمر الاجتماعي على سبيل المثال.

٢.٤ ـ حساب العمر الافتراضي لأي منشأة:

يلعب حساب العمر الافتراضي لأي منشأة دوراً هاماً في تقدير إمكانية حدوث الانهيار المفاجئ للمنشآت، وفهم أداءها بشكل أفضل.. وهناك عدة علاقات يمكن الاستعانة بها في هذا المجال • نذكر منها النموذج الرياضي التالي:

$$P_{rial} = \frac{E_m.T.10^{-5}}{L}$$

حيث: P_{rial} ـ العمر الافتراضي للمنشأ.

E_m ـ معامل الكثافة السكانية الحرج.

T ـ العمر التصميمي للمنشأ.

L ـ معدل النمو السكاني خلال فترة عمره التصميمي.

ويمكن أيضاً تقدير العمر الافتراضي، باستخدام المعادلة المقترحة التالية:

$$t_\infty = \frac{(t_1 - t_\tau)\cdot(\Delta\Phi_\infty - \Delta\Phi_\tau)^2}{\left[(\Delta\Phi_\infty - \Delta\Phi_\tau)^2 - \Delta\Phi_\infty^2\right]}$$

حيث: t_∞- هو العمر الافتراضي المتوقع للمنشأ مع ظهور الصدأ

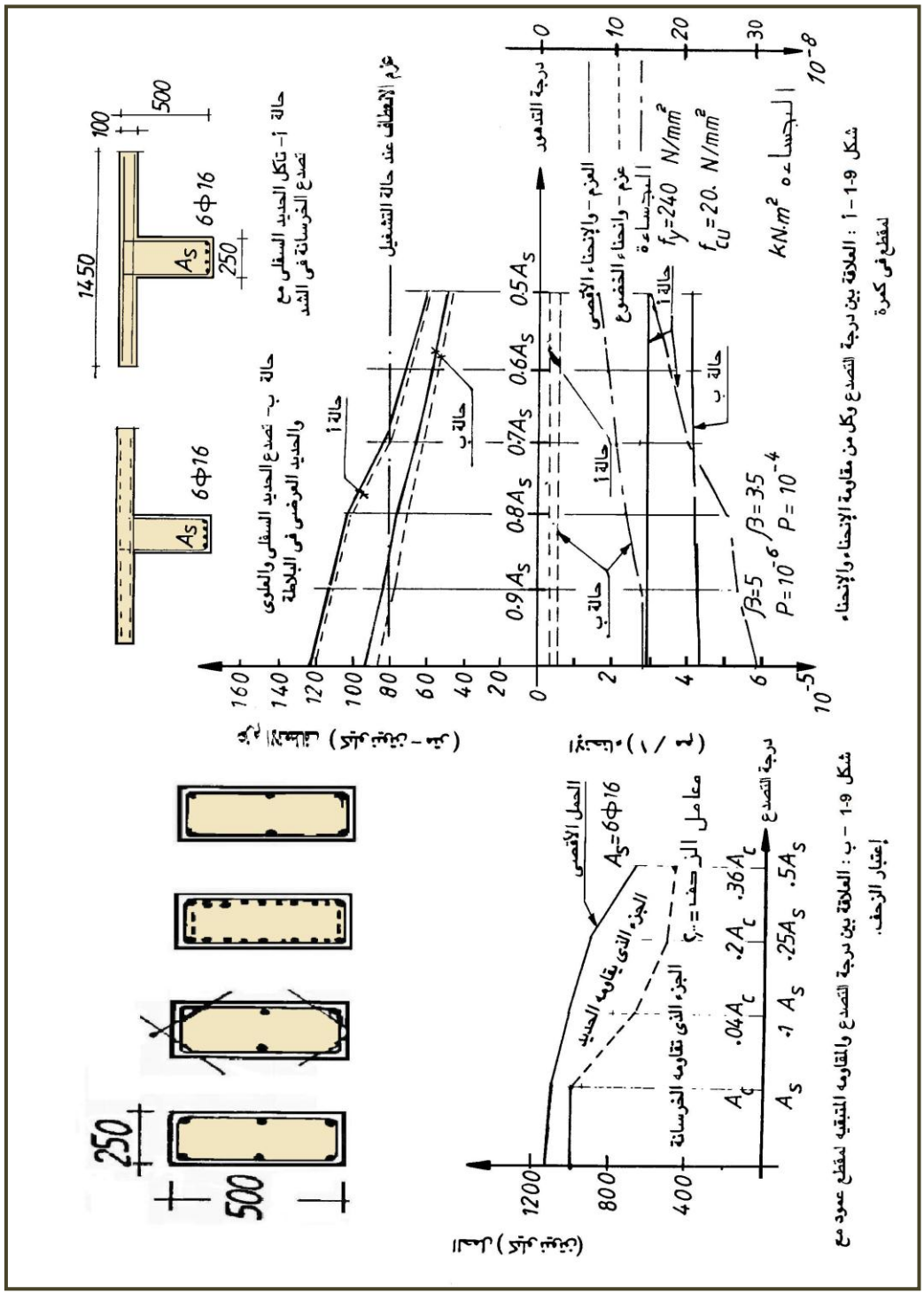
t_1 ـ هو العمر من لحظة تنفيذ المنشأ، حتى بداية ظهور التشققات نتيجة الصدأ.

t_τ- هو وقت المعاينة.

$\Delta\Phi_\tau$ ـ هو النقص في قطر قضيب التسليح نتيجة الصدأ وقت المعاينة، ويتم قياسه على الطبيعة.

$\Delta\Phi_\infty$ ـ هو النقص في قطر قضيب التسليح المتوقع مع نهاية الزمن t_∞، ويتم تعيين $\Delta\Phi_\infty$ من تحديد المقاطع والعناصر، كما يوضحه الشكل (9-1).

• Design Life of Buildings Proceedings of symposium organized by the Institution of civil Engineering, London, (1984).


1450
100
500
250
500
6Φ16
As
حالة أ- تآكل الحديد السفلى مع تصدع الخرسانة فى الشد
حالة ب- تصدع الحديد السفلى والعلوى والحديد العرضى فى البلاطة
عزم الانطلاق عند حالة التشغيل
حالة أ
حالة ب
0.9As 0.8As 0.7As 0.6As 0.5As
درجة التدمير
العزم - والإنحناء الأقصى
عزم - وانحناء الخضوع
المجساءة
fy=240 N/mm²
fcu=20. N/mm²
حالة أ
حالة ب
β=5 β=35
P=10⁻⁶ P=10⁻⁴
KN.m² المجساءة
10⁻⁸
10⁻⁵
شكل 9-1-1 : العلاقة بين درجة التصدع وكل من مقاومة الإنحناء والإنحناء لمقطع فى كمرة
250
500
الحمل الأقصى
As=6Φ16
الجزء الذى يقاومه الحديد
معامل الزحف = φ,∞
الجزء الذى تقاومه الخرسانة
Ac .04Ac .2Ac .36Ac
As .1 As .25As .5As
درجة التصدع
شكل 9-1 - ب : العلاقة بين درجة التصدع والمقاومه المتبقيه لمقطع عمود مع إعتبار الزحف.

يظهر الشكل التالي مخططاً نظرياً عن عمليات التآكل وإمكانية حدوث التشققات.. وبالتالي يمكن تحديد الجدوى الاقتصادية من عمليات التدعيم، وذلك باعتبار العديد من العوامل التي تؤثر على حساب عمر المنشأة.. (انظر مخطط الشكل 4 -2)