



**الباب الرابع**  
**الخرسانة وتأثير الحرارة**  
**على الخرسانة**



## الفصل الأول

### الخرسانة

تعتبر الخرسانة من أهم المواد الهندسية الإنشائية بحيث يمكن التحكم في نسب مكونات خلطها للحصول علي مقاومة ضغط تتراوح بين ١٦٠ - ٤٠٠ كجم/سو٢ حسب نوعية التصميم ٠٠ وتتكون الخرسانة المسلحة من خليط من الرمل والزلط والأسمنت مضاف إليها الماء لتتكون عجينة أسمنتية لاحمة تخلط مع حبيبات الزلط والرمل وتعمل علي تماسك هذه الحبيبات وتكون جسم الخرسانة المتصلد مكتسبا مقاومة جيدة للإجهاد والضغط

ولا بد أن تكون عجينة الخرسانة في بداية خلطها لدنة سهلة التشغيل بحيث يمكن تشكيلها والحصول علي الشكل المطلوب وهي ما يطلق عليها بالخرسانة الطازجة وبعد ساعات تبدأ الخرسانة في التصلد وهو ما يطلق عليها بالخرسانة الخضراء وبعد مدة زمنية تتصلد الخرسانة وهي التي تتحمل الضغط والأحمال وتكتسب مقاومة عالية لمختلف أنواع الإجهادات ٠

وللحصول علي علي مقاومة الخرسانة المطلوبة تستعمل طرق حسابية مختلفة لتصميم الخلطة وبيان نسب مكوناتها المختلفة فإن الخرسانة المبتلة جدا يحدث بها إنفضال حبيبي عند هزها بحيث يقوم ماء الخلط بحمل ماء الأسمنت وحبيبات الرمل الناعم إلي سطح الخرسانة مما يترك باقي الخلطة في الأسفل بكمية أسمنت بسيطة لا تكفي للتماسك ٠ كما أن كمية المياه الزائدة لإتمام التفاعل يتبخر تاركا مكانة فراغات في هيكل الخرسانة مما يعمل علي إضعافها ٠

وفي حالة الخرسانة قليلة المياه ( الجافة ) جدا والتي ينقصها كمية من المياه لإتمام التفاعل وإكسابه قوة لاحمة لتماسك محواناته الخلطة الخرسانية والتي تضعف من تفاعل الأسمنت وضعف في القدرة للاحمة .

**مكونات خلطة الخرسانة :**

١. الأسمنت ( سبق الحديث عنه في باب الأسمنت ص ٦٦ )

٢. الركام ( سبق الحديث عنه ٦٦ )

٣. الماء : وتعتبر المياه النقية (مياه الشرب) من أحسن المياه لعمل خلطة الخرسانة ، وفي حالة وجود مياه مشكوك في صلاحيتها عمل عينة بهذه النوعية من المياه ونوعية أخرى أستعمل في تكوينها ماء للشرب للحصول علي بيان زمن الشك ومقاومة الضغط لمونة الأسمنت المشكوك في مياهها ويجب أن لا يقل الضغط في هذه العينة عن ٨٥ ٪ من مقاومة الضغط للخرسانة المستخدمة في خلطها المياه النقية .

٤. ومن مواصفات الماء المستخدم في الخلط أن يكون خاليا من الطين والمواد العضوية والأحماض والمواد الناعمة والكبريتات. حيث أن وجود هذه المواد تضعف من مقاومة الخرسانة للضغط .

وأن خلط الخرسانة بمياه البحر فإنها تسبب تزهير الخرسانة وتعمل علي صدأ الحديد . ولا تستخدم مياه البرك والبحيرات المحتوي علي أملاح أكثر من ٣,٥ ٪ . والمياه المحتوية علي أملاح الكبريتات بنسبة أكثر من ٣,٥ ٪ . كذلك المياه التي تحتوي علي كلوريد الصوديوم أكثر من ٣ ٪ .

• • وهذا يعني أن كل متر مكعب من الخرسانة يحتوي في تكوينه علي ٣٠٠ كجم أسمنت و ٠,٤ رمل و ٣ زلط ويحتاج إلي ١٥٠ لتر ماء ويتوقف ذلك علي المنشأة وعلي مقاومة الضغط المطلوبة .

نوع الخرسانة	الأسمنت	الرمل	الحصى
خرسانة مسلحة	١	٢	٤
خرسانة عادية	١	٣	٥
خرسانة رصف الطرق	١	٢	٣
المتوسط التقريبي	الأسمنت	الرمل	الحصى
٢٠٠ - ٢٥٠ كجم / م <sup>٣</sup>	١	٢	٤
٣٠٠ - ٣٥٠ كجم / م <sup>٣</sup>	١	١	٣
٢٠٠ - ٣٥٠ م / م <sup>٣</sup>	١	١½	٣

## عملية خلط الخرسانة :

### الخلط اليدوي :

نقوم بتقليب الركام الصغير مع الأسمنت الجاف حتي يصير مندمج ويصبح لونة منتظم ثم يضاف الركام كبير الحجم ويتم ذلك الخلط علي الناشف والتقليب الجيد والتأكد من توزيع الكمية جيدا .

تشكل الكمية بشكل هرمي مع عمل فجوة في وسط الخليط ، ثم تضاف الماء ببطئ مع التقليب من الخارج إلي الداخل ويستمر التقليب حتي ينتظم الخليط في قوام متجانس والحصول علي درجة مزج مناسبة للتشغيل .

### الخلط الميكانيكي :

يتم عملية الخلط الميكانيكي بواسطة حالة دوارة ( خلاط ) بداخله ريش من الصلب تعمل علي توزيع وتحريك الخليط ، ويتم وضع الركام الكبير داخل الخلاط ثم يليه الركام الصغير ثم الأسمنت والرمل واستمرار عملية الخلط لمدة لا تقل عن دقيقتين إلي خمس دقائق حتي يتم خلط الأسمنت والركام جيدا ، ويجب عدم زيادة سرعه دوران الخلاط عن السرعه الموضحة عليته ، كما يراعا عدم تعبئة حلة الخلاط عن سعته المقررة وتفريغ كل حمولة الخلاط بعد كل خلطة وتنظيفه بعد التفريغ .

## توصيات قبل عملية الصب الخرسانة :

يجب التأكد من مراجعة البنود التالية قبل صب الخرسانة :

١. التأكد من صلاحية المعدات والتجهيزات اللازمة لعملية الصب

٢. مراجعة كميات الحديد وترتيبها حسب الرسومات

٣. مراجعة المقاسات ومناسيب الفرم والشدات .

٤. التأكد من صلاحية ومتانة الشدات والسقالات .

٥. التأكد من الكميات المراد صبها وألا تقل عن الكمية المطلوبة للصب

٦. التأكد من عدد العمال المناسب بعملية الصب

• • ويراعا عند صبب الخرسانة وخاصة في الأعمدة والكمرات بأن لا يزيد سمك طبقة الخرسانة عن ٥٠ سم ثم تدمك كل طبقة جيدا قبل صب الكمية التي تليها كما يراعا عدم إسقاط الخرسانة من إرتفاع كبير حتي لا يحدث إنفصال لمكوناتها .

• • في حالة إستكمال صب خرسانة علي خرسانة قديمة يجب أن يكون سطحها القديم خشن وغير مستوي مع تنظيفه وإزالة الأتربة والركام الغير ثابت مع تنظيف حديد التسليح بفرشة سلك وإزالة طبقة الصدأ ، ميتدي سطح الخرسانة بالماء ثم علي طبقة من الأسمنت الباني ثم يبدأ في عملية الصب .

### دمج الخرسانة :

هي عملية دمج الغرسان بعد صبها لإزالة الفراغات الهوائية ودمج حبيبات الخرسانة ومنع حدوث التعشيش بالخرسانة وزيادة تماسكها وزيادة مقاومتها للضغط والإنحناء ويتم عملية الدمج إما يدويا أو ميكانيكيا .

١. يتم الدمج اليدوي بواسطة قضبان من الحديد أو الخشب ويسمر الدمج حتي تظهر طبقة رقيقة من عجينة الأسمنت علي سطح

٢. الدمج الميكانيكي : وهو يتم بواسطة هزاز ميكانيكي ذات تردد عالية موصولة بقضيب إدارة الماكينة وهناك نوع يفرس داخل الخرسانة ، ونوع آخر يوضع علي الشدات لعمل الهزات اللازمة للإحداث الدمك .  
ترميم الخرسانة :

بعد فك القرم الخرسانية يظهر بها فجوات وتحتاج إلي تنظيف وملا الفجوات الخارجية للخرسانة وذلك بتنظيف وكشط الفجوات بعمق ٢,٥ سم ثم تبلل منطقة الترميم بالماء وتفرش بمونة الأسمنت والرمل بنسبة ١ : ١ ثم صب المكان بمونة الصب المكونة من الأسمنت والرمل بنسبة ٣ : ١ بالوزن مع تسوية سطح مونة المعالجة مع سطح الخرسانية .  
عيوب الخرسانة :

لابد للمهندس المصمم أن يكون علي دراية وخبرة كافية ومعرفة عيوب الخرسانة وأن يأخذ في الإعتبار عند القيام بتصميم المنشآت الخرسانية العيوب التي يجب مراعاتها .

١. حدوث ضعف في الشد وللتغلب علي ذلك يستخدم حديد التسليح في المناطق المعرضة للشد ويمكن أستعمال الخرسانة سابقة الأجهاد .  
٢. حدوث إنكماش للخرسانة الناتجة عن الجفاف وتمدها بالرطوبة . ويتطلب وعمل وصلات بالخرسانة علي مسافات متباعدة (محددة هندسيا ) وفي بعض الأحيان يستخدم تسليح بسيط لمقاومة تأثير إنكماش الخرسانة .

٣. تمدد الخرسانة بالحرارة مثل الحديد ولذلك لابد من عمل فواصل تمدد بالمنشآت الخرسانية الطويلة لمنع حدوث شروخ أو حدوث إنهيار.

جدول مكونات الخلطة الخرسانية :

الرمز	الرمز	الاسم	النسبة	الشرح
٣,٥	٢,٥	١	٠,٥٣٤	نسبة المكونات بالوزن
١٧٥	١٢٥	٥٠	٢٦,٧	وزن شيكارة الأسمنت ٥٠ كج
٢,٦٥	٢,٦٥	٣,١٠	١	الوزن النوعي
٠,٠٦٦٠	٠,٤٧٢	٠,٠١٦١	٠,٠٢٦٧	حجم المادة الصلبة بالتر لكل شيكارة أسمنت

## الفصل الثانى

### تأثير الحرائق علي الخرسانة

عندما تتعرض الخرسانة المسلحة للحريق فإنة يحدث تصدع ظاهري شديد ويجعل شكل المنشأ سيئا مخيفا. وقد يكون منظر الصدع الظاهر يعطي الإنطباع بأن الضرر كبير ولكن بالفحص قد يشير إلي أقل من الظاهر وأن المقاومة مازالت متبقية ، وأن تقدير مدي الضرر الناتج عن الحريق والقدرة المتبقية في المنشأ لا يمكن أن يتم إلا بعمل الختبارات اللازمة وأن نتائج هذه الإختبارات يترتب عليها أنسب أسلوب للإصلاح وحجم الإصلاح المطلوب .

وكثير من الحالات يوصي بها مهندس البلدية أو المهندس المشروع أو الإستشاري أو المالك إزالة الجزء المحترق لحالته السيئة وكرد فعل لشكل المنشأ المحترق وعادتا ما تكون هذه القرارات الغير مدروسة والغير مبنية علي إختبارات وفحوصات قرارات متعجلة مما ينتج عنها تكلفة باهظة وعطل في العمل .

وبالدراسة وتحديد الأماكن التي تتطلب إصلاحا إنشائيا والتي لا تحتاج إلا إعادة التشطيب . وأن أسلوب الإختبارات الغير متلفة للخرسانة التي تعرضت للحريق قد تطورت أساليبها في العقود الثلاثة الأخيرة تطورا كبيرا .

وسنعرض هنا في هذا الجزء تأثير الحرائق علي الخرسانة وكيفية تأثيرها علي الخرسانات بأنواعها .

الخرسانة المسلحة ومدي تأثير الحرارة عليها ونتائجها حيث أن لاشك أن الخرسانة المسلحة تتميز بقدرتها العالية علي مقاومة الحريق إذا قورنت بالصلب والأخشاب. وكان ذلك من الأسباب إستخدامها كمادة إنشائية منذ أواخر القرن الماضي. ولكن ذلك لا يعني أنها لا تتصدع إذا تعرضت لحريق قد يستمر لمدة ساعات. لذلك كانت هذه الدراسة التي بحثت في مدي تأثير

درجات الحرارة المرتفعة لمادة الخرسانة وصلب حديد التسليح وذلك بهدف معرفة مدى التصدع الناتج كذلك إنخفاض المقاومة في حالة تعرض المنشأة الخرسانية للحريق كما نشير إلي كيفية التصميم الأعضاء الخرسانية المقاومة للحريق لمدة محددة. فإن الدراسات العملية والتجارب علي تأثير الحرارة (الحريق) علي مواد البناء قد بدأت منذ قرون. وكانت دراسات عشوائية. ولكن الدراسات والتجارب الدقيقة والتي تتبع المواصفات المحددة عالميا والتي بدأت في بداية القرن العشرين . ولقد أهتمت الدول المتقدمة بهذه الدراسات وقطعت شوطا كبيرا في مجال هذه الدراسات ومدى تأثير الحريق علي مواد البناء ووضع كود لحماية المباني من خطر الحريق ... ولكن في المنطقة العربية مازالت الكثير من الدول العربية لم يصدر فيها كود حماية المباني من الحريق . ولكن بعض الدول مثل السعودية (الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس ) ودولة الكويت (ونظام الوقاية من الحريق بإدارة الاطفاء ) . ولكن مازال الكود المصري في مرحلة الإعداد . فإن هذه الدراسة الأكاديمية تقدم للمجتمع الهندسي الإشتراطات الخاصة بمقاومة المنشآت الخرسانية للحريق . كما يبين لنا كيفية الحكم علي سلامة المنشأ المتعرض للحريق بطريقة علمية . واساليب الإصلاح المختلفة وكيفية المفاضلة بينهما كما ان هذه الدراسة تتعرض الي وسائل الوقاية من الحريق وتصميم المنشآت الآمنة من خطر الحريق ورغم تطور وسائل المقاومة للحريق في المنشآت فما زالت الحرائق تشكل خطرا داهم وهذا الخطر لا يهدد سلامة المنشأة فقط ولكن يهدد سلامة الإنسان .

الباب الأول: طبيعة الحريق وأسبابه ووسائل انتشارها .

الباب الثاني: تأثير الحرارة الشديدة علي الخرسانة وصلب الحديد . وعلي الخرسانة الخضراء (حديثة الصب) وكيفية تحديد درجات الحرارة داخل القطاعات التي تعرضت للحريق

الباب الثالث : دراسة مراحل تطور الحريق داخل الغرفة وعرض افختبارات للخرسانة وصلب التسليح الحديد و اختبار الحريق القياسي .

الباب الرابع: الحكم علي سلامة منشأ تعرضت للحريق وكيفية تصنيف تصدع الأعضاء المختلفة لتحديد المقاومة المتبقية فيها ومدى امكانية إصلاحها والأسلوب الأمثل لذلك

الباب الخامس: طرق إصلاح المنشآت التي تعرضت لتصدع ناتج عن حريق . ولقد أثبتت التجارب ان إصلاح المنشآت المتضررة ممكن وهو افضل من هدمها .

الباب السادس: دراسات عن حرائق المنشآت السكنية والتي ينتج عنها الكثير من الإصابات والوفيات . وكيفية مقاومتها للحريق ولزمن محدد . يحدده كود الحماية من الحريق .

## النار:

إن ذكر كلمة النار تعني الكثير عند الإنسان والحيوان وهي تصيبة بكثير من الزعر ولقد أصابت الإنسان الأول البدائي في بدأ الخليقة بالرعب والخوف ولكن الإنسان مع مرور الزمن تعلم كيف يطوع النار وإستخدامها في حماية نفسه والتدفئة من البرد والطهي والصناعات وغيرها . ورغم قدرة الإنسان علي إستخدامها والسيطرة عليها .. إلا أنه مازال يخشاها حيث يغلم مدي خطورتها وتدميرها لحياته وممتلكاته في حالة تعرضه للحريق .

فلقد كان الإنسان في قديم يستخدم مواد للبناء كلها قابلة للإشتعال . مثل القماش والأخشاب والقش في بناء المساكن لذلك عند حدوث حريق لأحد المباني . فإنه يحدث إنتشار مدمر للحريق يقضي علي المنشآت السكنية ومحتوياتها ويعرض حياتهم للخطر المميت . ولقد تطور الأنسان في أسلوب البناء وأستخدم الطزب والخرسانة المسلحة في البناء المساكن الحديثة إلا أن تعرضها للحريق يسبب الكثير من القلق وخسائر فادحة ورغم تطور وسائل الإطفاء .

ومن أكبر مزايا إستخدام الخرسانة المسلحة كمادة للبناء قدرتها العالي في مقاومتها للحريق بالمقارنة للأخشاب المستخدمة في أعمال البناء. ولا يفوق الخرسانة المسلحة في هذا المجال إلا الحوائط المستخدم فيها الطوب والحجر . ولكن مثل هذه المنشآت تحتاج إلي اسقفا من الخرسانة المسلحة كما تتميز الخرسانة المسلحة بإمكانية إصلاحها إذا تعرضت للحريق - لمدة محدودة بعكس الخشب والصلب اللذان يتلغا ويلزم إزالتهم وإستبدالهم .. حيث أن مقاومة الخرسانة العالية للحريق أساسا إلي إنخفاض معامل انتشار الحرارة داخلها - ١,٠٠ مم مربع / الثانية وهذا يحد من عمق توغل التصدع نتيجة الحريق ويحمي صلب التسليح لعدة ساعات وذلك حسب سمك الغطاء الخرساني ورغم هذه الميزة فإن تعرض الخرسانة للحرارة الشديدة ولمدة طويلة يجعل مقاومتها تنهار . كما أن انتشار الدخان بكثافة في المبني يؤدي إلي حدوث إختناقات تؤدي إلي وفيات لمن يقطنون في الادوار العليا من الدور المشتعل . وأن وجود بعض المواد المستخدمة في تجهيزات والتشطيبات الشقق وإحتوائها علي مواد مختلفة منها مادة البلاستيك والتي ينتج عن إحتراقها إنبعاث غازات سامة تساعد علي حدوث الوفاة .

### **طبيعة الحريق**

منذ أن خلق الله الأرض ومن عليها خلق معهم النار . وكان الإنسان الأول يخشاها ويحاول تجنبها وتعلم الإنسان كيف يطوعها في الدفاع عن نفسه وإستخدامها في الطهي ومدى إحتياجه في إستخدام إشعاعها الحراري في التدفئة وأغراض أخرى . وعرف مدى أهميتها وخطورتها فستخدمها في الصناعات المختلفة ووسائل النقل ( القطارات والسيارات الخ ) ورغم أن الإنسان قد إستطاع ترويض هذا المارد ( النار ) إلا أنه يخشاها لأنه يدفع الكثير نتيجة إستخدامها بدون دراية واعية وتخطيط آمن .

٣/١ طبيعة الحرائق :

إن فهم طبيعة الحريق وكيفية نموها وتطورها لا بد من معرفة الأساسيات الواجب توافرها لوجود حريق أو اشتعال للنار . فالحريق هو تفاعل كيميائي تتحد فيه المواد القابلة للإشتعال في وجود الأكسجين الموجود في الهواء ويصدر عن هذا الإندماج حرارة وضوء وصوت . فإذا إنعدمت أحدي هذه العناصر فإن الإشتعال لا يتم ( مادة + حرارة + أكسجين ) وهذه العناصر واجب توافرها .

والحرائق تختلف أنواعها وشدة حرارتها حسب نوعية المادة المشتعلة . فهناك حرارة ساخنة أو شديدة - وهي ذات درجة حرارة عالية جدا . وهناك حرائق سريعة الإشتعال كما أنه هناك حرائق بطيئة الإشتعال . وأن الحرائق تعتمد علي نوعية المواد المشتعلة وعلي مدي التهوية المتاحة وحجم غرفة الإحتراق .

وأن المادة إما إن تكون صلبة أو سائلة أو غازية . والغازات تنبعث بسهولة من السوائل أكثر من المواد الصلبة وهي تحتاج إلي حرارة أقل بكثير من الحرارة المطلوبة للمواد الصلبة . وفي هذه الحالة تكون الحرارة المطلوبة لبدء الإشتعال في أبخرة الغازات المختلطة بالهواء بسيط جدا .

من أسباب الحرائق

التطور في الإنشاءات المعمارية :

إن التطور الكبير في التصميمات المعمارية والمجمعات التجارية ( مول ) والفنادق وقاعات المعارض وهذه الارتفاعات العالية والتي تزيد في بعض التصميمات للسقف عن ٢٥ متر حسب التصميم والتي تغطي بجما لونات ( غير مغطاة بالخرسانة ومقامة علي أعمدة هيكلية من الحديد مع تركيب مسطحات من الزجاج المبني المنشئ الشكل الجمالي .. وزيادة كمية الإضاءة مما يتطلب نظام خاص وفعال للحماية من الحريق .

المدارس :

إن معظم المدارس المقامة تفتقر إلي نظم الوقاية من الحريق بل أبسط مبادئ الوقاية . فنوافذ الهروب غير كافية للعدد الموجود من الطلبة وغير محدد بعلامات إرشادية واضحة . كما أن المدرسين والإدارة والطلبة غير مدربين علي كيفية إخلاء المدرسة في حالة نشوب حريق . كما أنه لا يوجد نهائيا جرس للإنذار عن وجود حريق أو خطر داهم لإمكانية التصرف قبل استفحال الحريق .. كما أن جميع الممرات والمناور غير مزودة بأبواب مانعة للدخان . فعند حدوث حريق في الأدوار الأولى فإن الدخان يتصاعد إلي الأدوار العليا ويصيب من فيها بالاختناق .. كما أن حالات الكراسي والتختنق البالية والقديمة منها والكتب والأوراق كلها مواد قابلة للاشتعال عند تعرضها إلي أي مصدر حراري .. هذا مما يجعل هذه المدارس مصدر خطر دائم علي أطفالنا .

#### الإهمال :

إن معظم الحرائق المنزلية ناتجة عن الإهمال . فالشخص الذي يدخن ويلقي بعقب سيجارته في سلة المهملات أو عدم التأكد من إطفائها في النفضه ثم تلقي بها في سلة المهملات مما قد تشعل السلة كلها .

- ١- ترك الزيوت علي النار لمدة طويلة " الوصول إلي درجة الاشتعال "
- ٢- ترك مكيفات الهواء تعمل بصفة مستمرة .
- ٣- عدم متابعة الصيانة الدورية لأسلاك الكهرباء
- ٤- عدم التخطيط واستخدام الوصلات والفيش الكهربائية المناسبة
- ٥- استخدام الوصلات الكهربائية المقلدة والرديئة وتحميلها أكثر من المألوف
- ٦- ترك أنوار الأباجورات مضاءة ليلا .
- ٧- ترك مواد قابلة للاشتعال بجوار مصدر حراري ( المطبخ )
- ٨- ترك أنابيب المبيدات الحشرية ومعطرات الهواء بجوار مصدر حراري أو استخدامها

٩- عدم التأكد من غلق أنبوبة الغاز أو مصدره ( خط أَلغاز الطبيعي ) قبل النوم أو الخروج من المنزل .

١٠- عدم ترك الثقاب أو الولاعات بالقرب من الأطفال .  
هذه بعض الأمثلة لمصادر الإهمال ولا بد من التوعية للمواطنين للابتعاد عن مصادر الخطر .

## الدخان :

الدخان هو المصدر الأول للحريق وهو المؤشر الأول علي وجودة ( لا يوجد دخان بدون مصدر حراري ) لذلك نوصي بأن يكون المبني مزود بنظام للتهوية وعندما لا تزود مناوور الأسانسيرات والسلالم و المناور المغلقة بأبواب تمنع مرور الدخان فإن انتشار الدخان والمحمل بمختلف أنواع الغازات السامة وخاصة عند احتراق المواد البلاستيكية والتي تؤدي كمية الدخان إلي اختناق مستخدمي المبني في حالة عدم وجود وسائل تهوية طبيعية كافية .

## تأثير الحرارة علي الخرسانة المسلحة

إن التحدث عن تأثير الحرارة الناتجة عن الحرائق علي الخرسانات المسلحة وما يتبعها من نتائج قد تكون مدمرة .. فإن عند حدوث تصدع في مبني ناتج عن الحريق - سواء كان هذا التصدع ناتج عن الحريق ذاته او غيره يكون التقييم والتشخيص للمنشأة من أهم الأمور لتقييم حالتها ومدى التلفيات وأن التشخيص الخاطي ينتج عنه خطئين هما :

١. المبالغة في تقدير التصدع وأن هذا التقدير يؤدي إلي إزالة اجزاء كبيرة من الجزء الخرساني المصاب مما يفقدنا الكثير من المال وضياع وقت كبير .
٢. عدم تقدير درجة التصدع والتهاون في معرفة الأعضاء التي أصبحت غير صالحة من الناحية الإنشائية .

● فإذا تعرضت الخرسانة لدرجة حرارة مثلا إلي ٦٠٠ درجة مئوية تنخفض قدرة مقاومتها إلي ٣٠٪ من المقاومة لأصلية . وهو يؤدي إلي حدوث

إنهيار جزئي أو كلي للمبني المحترق مما يؤدي لحدوث وفيات . كما أنه يكون أكثر خطورة من البند الأول.

• إلي لحريق لعدة ساعات يكون شكلة رهيبا حيث تتساقط الغطاء الخرساني إلي تشكل كبير للكمرات والبلاطات إلي إنبعاج حديد التسليح وتغطي الأعضاء الخرسانية بالسواد . مما يعطي شكلا رهيبا لغير الفنيين والمتخصصين . ويعطي الإنطباع بأن هذا الجزء أصبح غير صالح وعديم الفائدة ويجب إزالته . ولكن لا يوجد ياس عند المتخصصين فكم من حوادث الحريق وقعت عالميا وعولجت واستمرت لسنوات طويلة بعد اصلاحها .

• لذلك وجب علي مجموعة المهندسين أثناء الحكم علي سلامة المنشأ بالموضوعية وإن تكون علي دراية وخبرة كافية في تأثير الحرارة والحريق علي الخرسانة المسلحة وأن لا يتأثر حكمها بشكل الخرسانة المحترقة . فلا بد من إجراء التجارب اللازمة لكي يكون حكمها علي حالة المبني سليما من

• الناحية العلمية كما أن يكون دقيقا من الناحية العملية حتي يكون هناك رأي لا يببالغ في تقدير حجم التصدع فلا يفقد مالا او يهون من حجم الفقد في مقاومة الخرسانات فتضيع الأرواح

• فإن هذه الجزئية من الدراسة ستعرض الي كيفية معاينة مكان الحريق ثم عمل تقويم وصفي وتقييم كامل لحالة الأعضاء الإنشائية مما يمكن الإستشاري من اعادة التليل الانشائي للمبني علي اساس الوضع الحالي الجديد .

١. كيفية تكوين مجموعة الحكم علي سلامة المبني :

يتم عمل التوصيات من قبل لجنة الخبراء علي الحكم علي حالة المنشأ طبقا للبرنامج التالي :

أ- الحكم علي درجة التصدع لكل عضو علي حدة وللمنشأ ككل. Qualitative Assessment

- ب- تقييم جدوي الإصلاح وعمل مقارنة بالإزالة وإعادة البناء
- ت- تحديد نوعية الإصلاح لكل عضو علي حدة وذلك بعمل جدول يبين فيه مدة الحريق القياسي ( دقيقة )
- ث- إعداد برنامج الإصلاح مع اعتماد هذا الجدول من المالك وشركة التأمين و الوحدة المحلية.
- ج- عمل برنامج مسلسل لخطوات الإصلاح مع مراعاة حالة المبني ودرجة تصدعة
- ح- إعداد الرسومات الخاصة بدم المبنى أثناء الإصلاح - موضحا عليها أحمالالدعامات الموقته
- خ- تحديد المدة الزمنية للإصلاح لكل عضو أو مجموعة أعضاء .

### **كيفية تقويم حالة الحريق :**

- بمراجعة التقرير والتخطيط الوارد من لجنة المهندسين بالحكم علي سلامة المنشآه يمكن تقسيم أسلوب تقويم الحالة إلي ثمانية مراحل كمايلي :
- ١- عمل مسح شامل للمبني وعمل تقدير لحالة الأمان مع إتخاذ إجراءات فورية للسلامة العامة كذلك عمل تخطيط للفحص الشامل .
  - ٢- لفحص الشامل هو تقويم الحالة وصفيًا في صورة جدول مع عمل إسككتشات مبينا عليها حالة كل عضو .
  - ١- عمل حسابات الفقد في المقاومة وتوضيح المقاومة المتبقية لكل عضو أصابة تصدع مؤثر ناتج عن الحريق أو غيره ثم عمل التقويم الكمي للحالة ككل .
  - ٢- مراجعة الحالات للتأكد من الإستنتاجات التي بنيت عليها من لجنة الفحص .
  - ٣- عمل دراسات مقارنة للبدائل لتقوية واصلاح المبني لإستعادة مقاومة للأحمال ومقاومة للحريق وتحديث الطريقة المناسبة لكل عضو حسب الحالة.

٤- عمل مناقشة وشرح طرق الإصلاح مع المقاولين المتخصصين وتحت إشراف هندسي للتأكد من موافقة المقاول والأعضاء علي طرق الإصلاح المقترحة مع مناقشة التكلفة .

٥- تقدير تكلفة الإصلاح من قبل المقاول .

٦- إتخاذ قرار الإصلاح بعد دراسة تقرير الحالة متضمنا تكلفة الإصلاح .

### معاينة مكان الحريق :

يقوم فريق افحص والتحري بزيارة مكان الحريق بأسرع وقت ممكن مع تواخي الأمن والسلامة أثناء إجراء المعاينة وعدم التعرض للخطر .  
لأن الأنقاض والمخلفات التي قد تكون هامة في معرفة سبب الحريق ومسارة ودرجة الحرارة الني وصل إليها .

وعند العثور علي مخلفات هامة فلا يتعدي فريق البحث والتحري الي نتائج سريعة وانما يدرك ان تجميع المعلومات من كل المصادر المتاحة وتحليلها معا.وعمل التحليلات العملية اللازمة هو الطيق العمي للوصول الي نتائج واضحة وسليمة .

### تأثير الحرارة على الخرسانة المسلحة

إن أداء الحوائط والكمرات والأسقف والأرضيات وغيرها من الأجزاء الإنشائية عند التعرض للحريق من أهم عوامل تقييم درجة سلامة المنشأة وأمنها من خطر الحريق.وفي حالة تعرض الخرسانة المسلحة لدرجات عالية من الحرارة تبلغ ٣٠٠ م<sup>أ</sup> الناتجة عن حريق فإنها تفقد قدرتها علي مقاومة الضغط بسرعة كما أن حديد التسليح عند وصول درجة الحرارة إلي ٥٠٠ - ٦٠٠ م<sup>أ</sup> فأنه يفقد نصف مقاومته للشد ولكن يعود لاكتساب مقاومته للشد إذا لم تصل درجة الحرارة إلي ٧٠٠ م<sup>أ</sup> .

وهذا يعني أن الخرسانة المسلحة في حالة الحريق تضعف مقاومتها للأحمال إلي حد كبير قد يصل إلي إلي نصف مقاومتها الأصلية .. والخرسانة سابقة الإجهاد تتأثر أيضا . لأن تأثير الحرارة علي كبلات الشد يكون أخطر

من تأثيره علي حديد التسليح حيث تفقد الكابلات نصف مقاومتها عند درجة حرارة ٤٠٠ م<sup>أ</sup> وتتكون الخطورة عندما تفقد هذه الكبلات قوة الشد الموجودة بها نتيجة الزحف عند درجات الحرارة المرتفعة .

وعندما تتعرض الخرسانة الجديدة والتي لم يسبق علي صيها يومين فإن مقاومتها تكون متساوية تقريبا مع الخرسانة الناضجة الجفاف . وأن معامل انخفاض انتشار الحرارة داخل الخرسانة يقلل من تأثير الحرارة علي قلب قطاع الخرسانة والتي يتأثر بها سطحها ويكون التأثير التصدع في الطبقات الخارجية.

### التمدد الحراري للخرسانة :

إن الخرسانة المسلحة تصنع عاداتا من الحديد من وأنواع الركام (الزلط) وأن الأبحاث أثبتت أن جميع أنواع الخرسانات تتمدد بالحرارة طالما لم تكن تحت تأثير أحمال الضغط أما الخرسانات المصنوعة من حجر الخفاف **Pumice Concrete** فإنها تتأثر بسرعة وتنكمش عند درجات الحرارة العالية أعلي من ٣١٥ م وتعتمد تمدد الخرسانات المسلحة علي العوامل الآتية :

١- نوع الركام ( الزلط)

٢- عمر الخرسانة

٣- كمية الأسمنت والماء

بعد انتهاء الحريق والكشف علي الخرسانات المسلحة يمكن ملاحظة درجة تغير لونها وذلك يساعد علي تقدير درجة تعرضها إلى الحرارة وأقصى درجة تعرض لها ولكن درجة تغير لون الخرسانة المسلحة يعتمد أيضا علي أحجام الركام في الخرسانة المسلحة والمكونة لها إذا كان صغيرا أو كبيرا(الزلط المستخدم في مصر) في حالة اكتشاف تغير في اللون للخرسانة مثل اللون الوردي مثل الخرسانة المصرية(يستخدم بها ركام مصري)ويتكون هذا اللون عند تعرضها إلى درجة حرارة ٣٠٠ م وهذا التغيير يدل علي مدي تعرض الخرسانة للحرارة وتأثيرها علي الطبقات الخرسانية الداخلية لأن الحرارة التي تقل عن ٣٠٠ درجة مئوية يكون تأثيرها هو إضعاف مقاومة الخرسانة في حدود

٣٠٪ من إجمالي قدرتها ولكن لا يحدث تدمير لها ولكن في حالة اكتساب الخرسانة المسلحة بحرارة عالية ويحدث تبريد فإنها تفقد قدرتها الإنشائية والتغير في لون الخرسانة إلى اللون الوردي حتى (١٠٠٠ درجة مئوية) . فإن الخرسانة المسلحة تتأثر مقاومتها للضغط الناتج عن الارتفاع الشديد في درجة الحرارة وتكون هذه العوامل التالية ذات تأثير شديد :

١. درجة الحرارة القصوى

٢. معدل ارتفاع درجة الحرارة

٣. زمن الحريق ( مدة تعرض الخرسانة للحرارة )

٤. مدى تعرض الخرسانة المسلحة للإجهاد من عدمه

٥. نوعية الركام

٦. درجة الخرسانة ( مقاومتها للضغط )

٧. نسبة المياه في الخرسانة ( نسبة المياه في الأسمنت )

فإن تعرض الخرسانة المسلحة للحريق لدرجة حرارة ٢٠٠ - ٢٥٠ م فإنها تفقد جزء من مقاومتها ولكن التصدع الخرسانى يبدأ عندما نصل درجة الحرارة ٣٠٠ م وعندها يبلغ الفاقد في المقاومة حوالي ٣٠ ٪ . وعند استمرار درجة الحرارة فإن الخرسانة تبدأ في ارتفاع نسبة المقاومة وتستمر في العقد عند تعرضها إلي التبريد الفجائي أثناء إطفاء الحريق وإذا لم ترتفع درجة الحرارة المعرضة لها الخرسانة عن ٣٠٠ م فإن الخرسانة المسلحة تستعيد مقاومتها مع الوقت ونتيجة لانخفاض معامل انتشار الحرارة داخل الخرسانة فإن تأثير وصول درجة الحرارة داخل الخرسانة تقل بسرعة عن درجة حرارة سطحها وينتج عن ذلك انحصار التصدع في طبقات الخرسانة الخارجية ولكن في حالة استمرار الحرارة (الحريق) لمدة طويلة (ساعات) مما يتيح ضعف معيار المرونة وارتفاع درجة الحرارة ولكن يمكن أن يسترجع قيمته في حالة عدم وصول درجة الحرارة إلي ٥٠٠ م ولكن في حالة ارتفاع درجة الحرارة وتعرض الجسم الخرسانى إلي زمن يتراوح ما بعد ١٠ - ٤ إلي ١٠-٣ ساعة عند درجة حرارة ٣٠٠ م إلي ٧٠٠ م

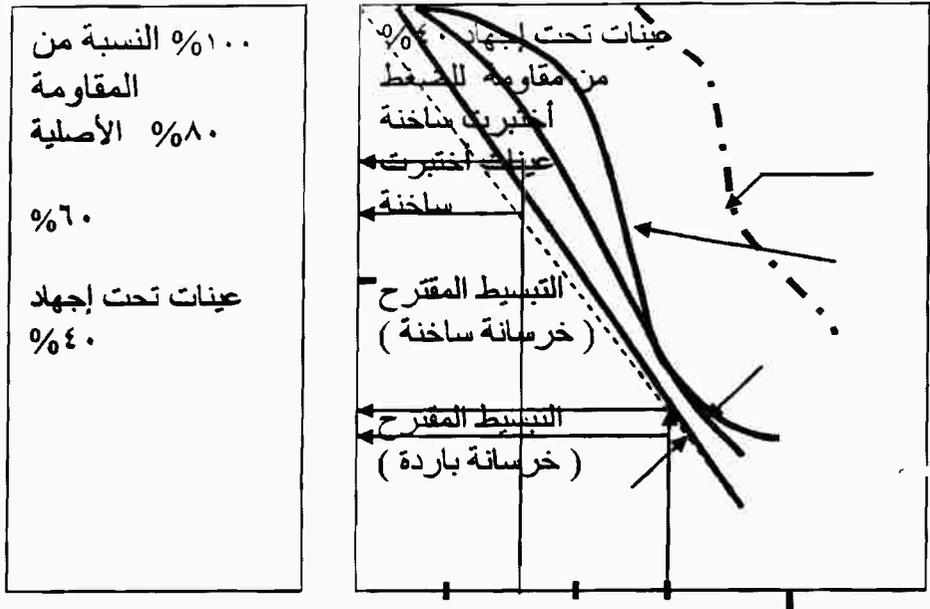
مما ينتج عنه ترخيم شديد في الخرسانة ويشاهد في الأجزاء الخرسانية بوضوح بعد الحريق ويمكن توضيح ذلك في الجدول التالي.  
تأثير الحرارة الشديدة علي الخرسانات والتسليح اختبار حالة الخرسانة:

الخاصة	حالة الخرسانة	التفسير
مقاومة الضغط	أقل من ٣٠٠	انخفاض إلي ٧٠٪ من القدرة الأصلية
	من ٥٠٠-٦٠٠ م <sup>أ</sup>	انخفاضاً لقدرة إلى ٢٠-٤٠٪ من القيمة الأصلية
تغير اللون	٣٠٠ درجة م	وردي اللون أو بمبي
	٦٠٠ درجة م	رمادي فاتح
	٩٠٠ درجة م أو أكثر	كريمي غامق
معياري القص	عند درجة ٣٠٠ درجة م	انخفاض قيمة المقاومة إلى ٦٠٪
معياري المرونة	في درجة حرارة ٣٠٠ م <sup>أ</sup>	انخفاض قيمة المقاومة إلى ٦٠٪
	عند درجة حرارة ٦٠٠ م <sup>أ</sup>	انخفاض قيمة المقاومة إلى ١٥-٢٠٪
التشريح		شروخ ناتجة عن فرق المعاملة في التمدد والانكماش بين الحديد والخرسانة المسلحة هذا التشريح عشوائي السطحية بعمق ٢-٣سم

الخاصية	درجة الحرارة	التأثير
مقاومة الخضوع	مد لفن علي البارد ح - ٥٥٠ م ح - ٨٠٠ م	تأثير الحرارة الشديدة علي حديد التسليح
	مدلفن علي الساخن ح - ٥٥٠ م حوالي ٧٧٠ م	
المقاومة القصوى	حوالي ٤٠٠ م	تأثير الحرارة الشديدة علي حديد التسليح
المقاومة القصوى	حوالي ٧٠٠ م	
معيار المرونة	حوالي ٤٨٠ م	
	حوالي ٤٨٠ م	

### تغير لون الخرسانة الناتج عن الحريق

عندما تبرد الخرسانة المسلحة والتي تعرضت سلفاً للحرارة الناتجة عن الحريق نستطيع تقدير.



٢٠ ٤٠٠ ٦٠٠ ٨٠٠ ١٠٠٠

درجة الحرارة 0 م

قصي درجات الحرارة التي تعرضت لها الخرسانة أثناء الحريق بتغيير لونها

### اختبار حالة الخرسانة

الفحص النظري: إن خبرة الفاحص لتصدع الخرسانة المسلحة بعد حدوث الحريق هي العامل الأول في تقدير وتقييم الحالة وأن الفحص البصري يمكن أن يشمل التالي :-

١- تقدير درجة الحرارة للمخلفات الخشبية ( ولسوف تتعرض لذلك الباب سالفاً)

٢- تحديد الأجزاء الخرسانية التي يجب استبدالها مثل الكمرات وبلاطات والتي حدث بها شروخ بدرجة واضحة نتيجة لخضوع حديد التسليح .

## تقييم التصدع الناتج عن التلويين :

عند حدوث حريق وتصل درجة حرارته إلى 300 م ↑ فإن الخرسانة المسلحة تتأثر باللون البمب ويحدث تفكك مركبات الحديد في بعض أنواع الركام (الزلط) مثل السيليسي أما في حالة تغير اللون إلى البيج أو الكريمي فهذا اللون عند درجة حرارة عالية تقترب من 600 م ↑ وهذا بعين الفاحص علي تقرير يظهر منه نوع وحجم التصدع وأن التقرير المبني علي لون الخرسانة هو أقرب إلى الحقيقة عن أي شيء آخر ولكن هناك حالتين يجب مراعاتهما عند تقدير نوعية الألوان .

أولا : اللون البمبي لا يظهر في بعض أنواع الخرسانات

ثانيا: تقدير عمق تأثير الحرارة علي الخرسانة ومدى تغلغل اللون البمبي في الخرسانة ( هو تقدير شخصي )

ثالثا: يمكن تقدير حجم التلف وتحديد نسبة التصدع عن طريق الدق علي الخرسانة بسماع صوت الدق علي السطح الخرساني بشاكوش وهناك فرق في ارتداد صوت المطرقة في الخرسانة السليمة عنه في الخرسانة المصابة وغالبا يكون الصوت أجوف لذلك يجب جس الخرسانات السليمة في مكان الحريق والتي لم تصب بحرارة وتقييم فرق سماع الصوت الارتدادي ولكن هذا الاختبار وصفي أي يدلنا علي أن هذا المكان أضعف عن ذاك ولا يصلح لتحديد مقاومة الخرسانات بعد تأثيرها بالحريق .

## الانفعال الخرساني أثناء ارتفاع وانخفاض الحرارة :

إن تقييم مقدار الانفعال الناتج للخرسانة التي تعرضت للحريق أو بعد إخمادها - ليس الإجهاد فقط هو المؤشر الذي يعطي صورة واضحة عن مدى أضرار الخرسانة في أزمنة التغير الحراري وعن الشروخ ونقص المقاومة الناتج عند إخماد الحريق وتبريد الخرسانة .

والخرسانة المسلحة لا يحدث لها تمدد عند تعرضها للحرارة العالية . كما يظن البعض ولكن إذا كانت حرة الحركة وغير واقعة تحت أحمال الضغط . ولكن الخرسانة المسلحة والتي ارتفعت درجات حرارتها وهي تحت الضغط فإنها تنكمش ولا تتمدد كما يظهر في مستوى الإجهاد علي إنكماش الخرسانة (انظر الرسم ) وأن انفعال الخرسانة المعرضة للحرارة العالية ينقسم إلي جزئين :

١- الانفعال الحراري = الانفعال الحراري الحر للخرسانة الغير محملة (تمدد) انكماشاً عندما يصل مستوى الإجهاد ١٥٪ من مقاومة الخرسانة للضغط أو أكثر حيث يزيد الانفعال الحر (تمدد) وذلك ناتج عن تمدد الركام

أما عند إخماد الحريق وينتج عن ذلك تبريد للخرسانة المسلحة . فأنه يحدث تقلص للخرسانة الغير محملة وإذا كانت من الركام السيليسي - ولكن إذا كانت الخرسانة ذات ركام الحجر الجيري أو خبث الأفران فأنه يحدث تمدد لها عندما تبرد (في حالة عدم تحميلها) وذلك نتيجة لتمدد الركام وهو ما يعرف بالتمدد المتبقي **Residual Expansion** وقد ينتج عن ذلك شروخ واضحة أثناء التبريد هذا مضافاً لما يحدث لها أثناء الحريق من تصدع.

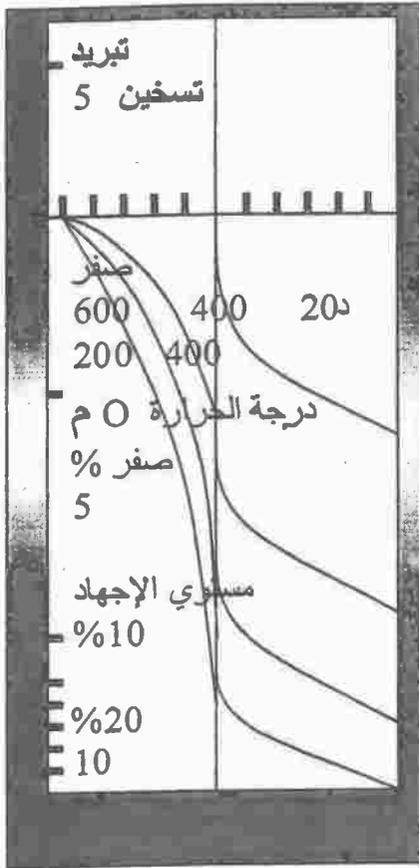
ما هو التمدد الحراري الحر للخرسانة :

سنعرض هنا إلي التمدد الحراري لخرسانة مصنوعة من ركام مختلف الأنواع .. وتظهر لنا الدراسات أنه في حالة عدم وجود الخرسانة تحت تأثير أحمال

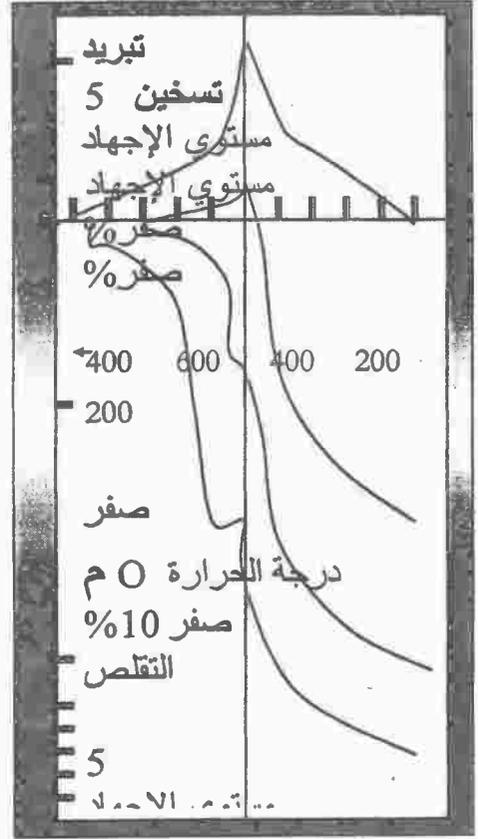
الضغط فأنها تتمدد جميعها ما عدا الخرسانة المصنوعة من حجر الخفاف

**Pumice Concrete** فهي تنكمش بشدة عندما تصل درجة حرارتها ٣١٠ O

م وتعتمد تأثر الخرسانة بالتمدد علي العوازل الآتية : . نوعية الركام .  
محتوي الأسمنت والماء . عمر الخرسانة .



خرسانة خبث الأفران



الخرسانة الخفيفة

الرسم يوضح الانفعال الخرساني لنوعين من الخرسانة أثناء تعرضهم للتسخين البطيء ثم التبريد

تحت مستويات مختلفة من الإجهاد 100 200 300 400 500 600 700  
التمدد الحر لعينات من الخرسانة عند درجات الحرارة العالية ( هذا الاختبار في حجم الطوب الأسمنتي المصمت



تساقط الخرسانة السطحية :

يوجد نوعان من التساقط يحدث بعد

حدوث الحريق وتنقسم إلى :

النوع الأول : التساقط الإنشطارى

النوع الثانى : ويسمى بالتقشير **Sloughing Off**

النوع الأول : يحدث إنشطار الخرسانات

المسلحة والتي بها نسبة من الرطوبة ويحدث

ذلك في نصف الساعة الأولى من بدأ الحريق

وتحدث أنشطارات للطبقات السطحية الرفيعة

للخرسانة مصحوبة بأصوات انفجارية للطبقات

السطحية عند تعرضها لدرجات الحرارة المرتفعة

. وكل انشطار من هذه الاشطارات تزيل طبقة

من سطح الخرسانة . فتلتهب السطح الأخر

المنكشف وتتوالى عملية الانشطار .

النوع الثانى : هو انفصال غير عنيف للطبقات السطحية للخرسانة وغالبا ما

يحدث في الأعمدة والكمرات وذلك عندما تحدث شروخ متوازية تتسبب في

انفصال جزء من الخرسانة عند مستوي من مستويات الضعف ( عند مستوي

حديد التسليح مثلا) ثم سقوطه كذلك نوعية الركام والتي يكون من أسباب

تساقط الخرسانة . فالخرسانة المصنوعة من الركام الجيري تتساقط عادتا علي

شكل طبقات رقيقة كما أنها تنفصل عن الركام الجيري نفسه . أما الخرسانة

المصنوعة من الزلط فإنها تنفصل طبقاتها حول الزلط وتخلف سطحا لامعا عند

الزلط المكشوف .

وأن خطورة تساقط الخرسانة أثناء الحريق ( تقشير السطح) يعرض طبقات أعمق

للحرارة مما يزيد من معدل انتقال الحرارة إلي الداخل وتأثيرها علي حديد

التسليح . وقد يحدث تساقط كبير للأسطح بعد إخماد الحريق وبرودة سطحها ولاكن الخرسانات التي يتساقط سطحها بعد إخماد الحريق قد احتفظت بغطائها الخرساني مدة كافية بحماية حديد التسليح والخرسانة الداخلية من الحرارة العالية .

### التشريح :

إن اختلاف درجة التمدد بين حديد التسليح والخرسانة المسلحة عند درجات الحرارة العالية يؤدي إلي إحاطة الخرسانة وتماسكها مع إلي اجتهدات انفصالية وتحدث شروخ حول أسياخ حديد التسليح وخاصة في الأجزاء الخرسانية كثيمه آلتسليح . وغالبا ما تحدث هذه الشروخ في الأماكن الموجود بها شروخ رفيعة سابقة قبل حدوث الحريق وذلك نتيجة انكماش أو اجتهدات الانحناء العالية أو غير ذلك من أسباب الشروخ للخرسانة . وإن اختلاف معدلات التمدد الحراري بمونة الأسمنت والركام له تأثير مباشر لحدوث شروخ عند التعرض لدرجات الحرارة العالية وعادتا ما تكون هذه الشروخ عشوائية ( **Crazing** ) .

### تأثير نوعية الركام :

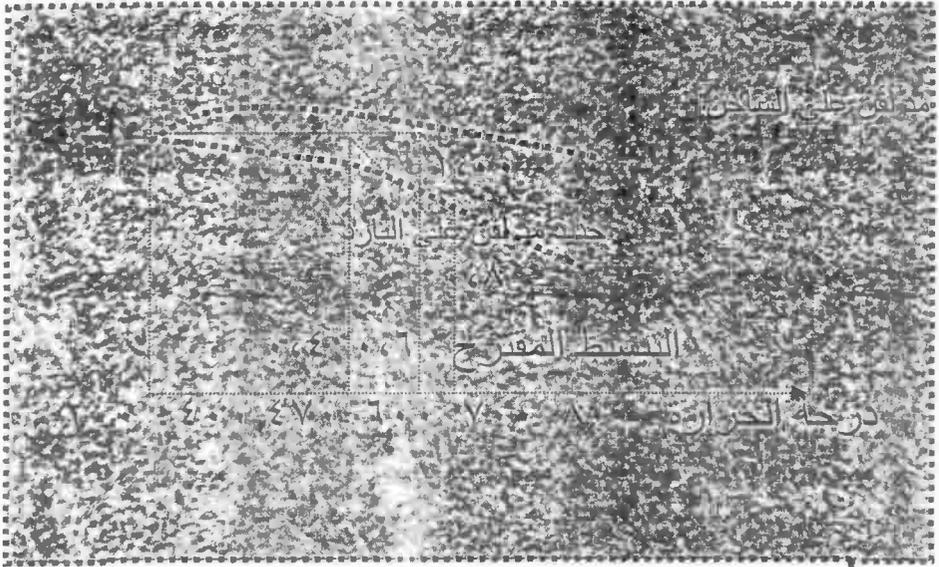
إن تأثير نوعية الركام علي التساقط السطحي للخرسانة حيث تأثر بشكل كبير علي الخواص الحرارية للخرسانة فمعامل التمدد الحراري للخرسانة المصنوعة من ركام الحجر الجيري يكون حوالي نصف معامل تمدد الخرسانة المصنوعة من الزلط. كما أن احتمال تساقط الخرسانة المصنوعة من الركام الخفيف إذا كانت تحتوي علي نسبة بسيطة من الرطوبة داخلها . ( الركام الخفيف يعطي خرسانة أفضل من ناحية الخواص ( المقاومة - الحرارة ) حيث أنها بطيئة في نقلها للحرارة من الخارج إلي الداخل

## تأثير الحريق علي حديد التسليح :

إن الرسم المرفق يوضح لنا مدى التأثير الحرارة العالية علي حديد التسليح وتأثير انخفاضها بعد انتهاء الحريق ويظهر لنا في الشكلين ما يحدث من انخفاض كبير في مقاومة الصلب عند درجات الحرارة المرتفعة . حيث تصل إلي نصف مقاومة الخضوع الأصلية يفقدها الحديد إذا ارتفعت درجة حرارته إلي ٥٥٠ م° وكلما ارتفعت درجة الحرارة كلما 'نخفض مقاومة حديد التسليح حتى أنها قد تصل إلي ٢٠ ٪ من قيمتها عند بلوغها درجة الحرارة ٨٠٠ م° ويعتبر هذا الانخفاض الكبير في مقاومة الحديد هو المسئول عن زيادة الترخيم أثناء الحريق .. كما أنب زيادة الأحمال الفعلية عن زيادة الأحمال الفعلية يعتبر من أهم المؤثرات علي زيادة الترخيم . فكلما زادت الأحمال عن أحمال التصميم كانت الزيادة في الترخيم أثناء الحريق أكبر .

ولكن حديد التسليح يستعيد مقاومته كلها بعد أن يبرد . علي ألا تتعدى درجة الحرارة عن ٧٠٠ م° وقد يحدث فقدان للطولية عند التعرض لدرجة الحرارة أعلي من ذلك. وعادة ما ينتج انبعاج لأسياخ التسليح بسبب اجتهادات الضغط. العالي والتي تنتج عن القيد علي التمدد الحراري لهذه الأسياخ أثناء الحريق .

وقد أظهرت الاختبارات الأمريكية والبريطانية المبينة في الرسم مدي تأثير

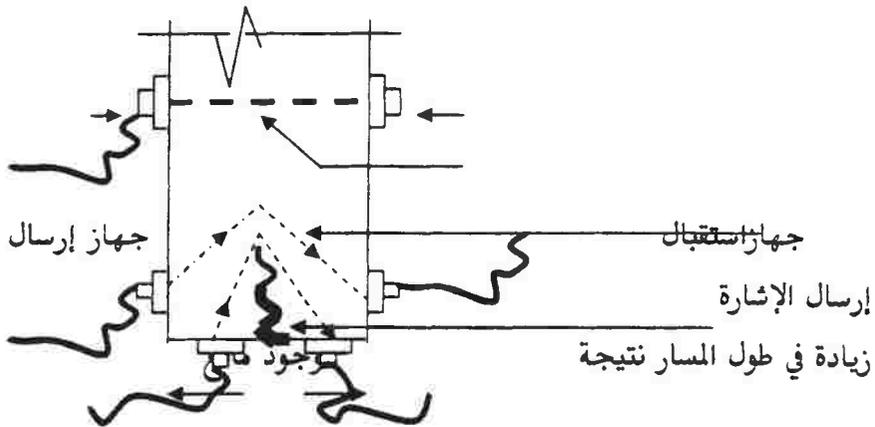
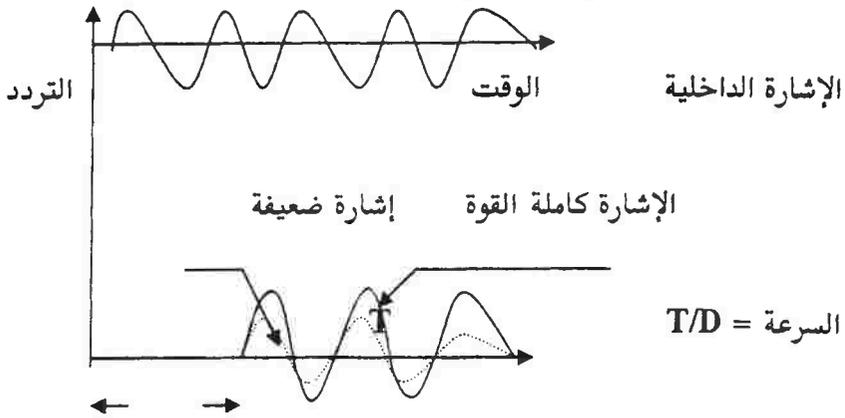


حرارة علي مقاومة الخضوع والمقاومة القصوى لأنواع

مختلفة من الحديد -- ويظهر لنا أن النتائج الأمريكية أقل من النتائج البريطانية كما أن الانخفاض في المقاومة الخضوع... ولكن اجتمعت النتائج علي أن الحديد الدلفن علي الساخن تزيد من مقاومة الخضوع قليلا عن المقاومة الأصلية عندما ترتفع درجة حرارته حتى ٤٠٠ م " النتائج الأمريكية " " ٢٦٠ م في النتائج البريطانية " ثم يحدث انخفاض بسرعة بعد ذلك .  
القياس عن طريق الموجات الصوتية :

يعتمد هذا الاختبار علي إرسال موجات صوتيه في ناحية من العمود مثلا واستقبالها من رقم (٧)الجهة الأخرى وينتج عن مرور الموجة الصوتية في الخرسانة تقييم حالة الخرسانة حسب سرعة مرور الموجة الصوتية خلال الخرسانة المراد فحصها والتي تفيدنا بقراءة وعند قياس جزء آخر لم يعرض الحرارة فإن القراءه تختلف ، تعرض للحرارة ويدلنا مدي سرعة النبضة

الصوتية من خلال الجزء المتلف و تظهر فيها نقص السرعة لصوتية المرتدة و قد يكون نتيجة وجود شرح استعرض مرور الموجة الصوتية و الذي يؤدي إلي طول مسار الموجة ويمكن اكتشاف الفواصل الداخلية في الخرسانة عند حدوث ضعف في الإشارات التي تظهر علي الجهاز موضحة الذبذبات.



شرح ليس بكامل الطول ترتيب أماكن مختلفة للنبضة خلال جسم خرساني وتظهر نقص سرعة الموجة نتيجة لوجود شروخ داخلية أو ضعف في الخرسانة ولا بد من التأكد من القراءة

يتحرك الجهاز ( الإرسال والاستقبال) في عدة أماكن على الجزء الخرساني المراد الكشف عنه لتسجيل عدة قراءات في عدة أماكن وحتى يتمكن من تحديد عمق الشرح

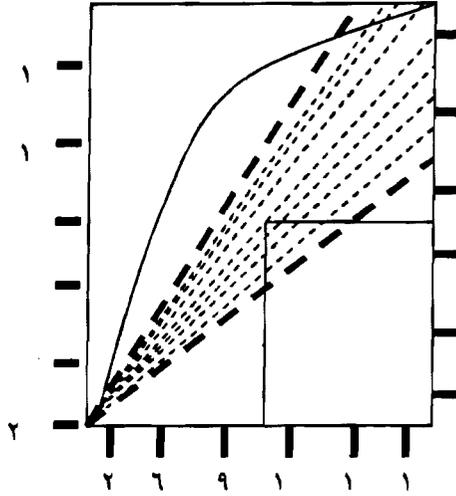
أو الفاصل الداخلي . و الجدول الآتي يوضح بعض القراءات .  
 • سرعة الموجات فوق الصوتية ( كم/ث) في حالة الخرسانة .

عمق الشرح	السرعة	محتوى الحديد	العمق	المتانة
أقل من ٢	٢ - ٣	٣-٣,٥	٣,٥-٤,٥	أكبر من ٤,٥



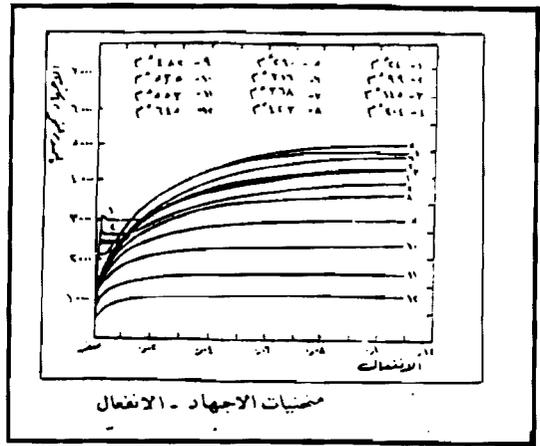
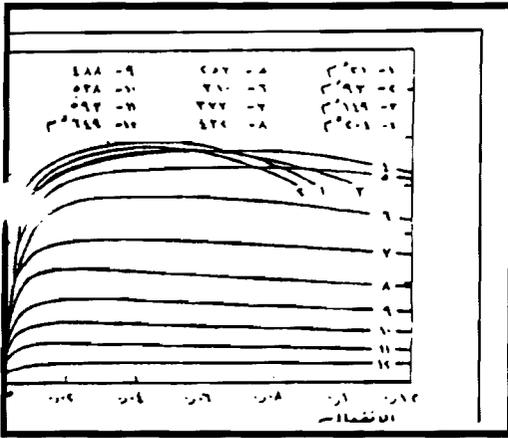
ن تصمم منشأه مقاومة للحريق فإنه يعتمد اعتماد كلياً علي فهم العلاقة بين طبيعة الحريق القياسي وبين طبيعة الحريق الفعلية . وتحديد القدرة التدميرية للحريق القياسي والفعلية علي أساس الحمل الحراري والتي تمتصه والفعلية علي أساس الحمل الحراري والتي تمتصه وحدة عمق التفحم مم .

هذه الجداول تظهر منحنيات الإجهاد والانف



التسليح عند درجات الحرارة العالية شكل (1) أما الشكل رقم (2) فإنه يوضح المنحنيات لصلب التسليح المسحوب علي البارد والذي يستخدم في الخرسانة

سابقة

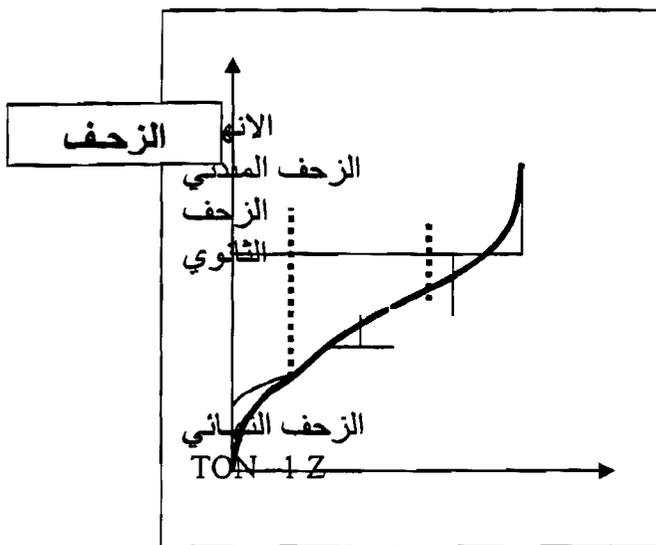


لصب التسليح عند درجات الحرارة المختلفة لكبلات الشد عند درجات الحرارة المختلفة يحدث زحف حراري عند تعرض الخرسانة إلي درجات حرارة عالية فإن تشكيل الحديد المعتمد علي الوقت **Time Dependent** والذي لم يسترجع درجة برودته **Nonrecoverable** أي يحدث التشكيل اللدن وهو ما نطلق عليه بانفعال الزحف الحراري . وعند حدوث حريق فإن من الأنسب التعبير عن الانفعال الزحف كظاهرة في وقت التعرض الحراري .

**Temperature - Compensated Time .**

HARMATHHT ,T,Z, and STANZACK كما ذكر في المرجع

**Elevated Temperature Tensile and Creep Properties of some structural and Prestressing Steels " Fire Test Performance STP 464 ASTM Phil 1970 PP 186-208 .**



ويمكن تطبيق مبدأ دورن كالاتي :

وقت التعويض الحراري بالساعة :  $t_0$

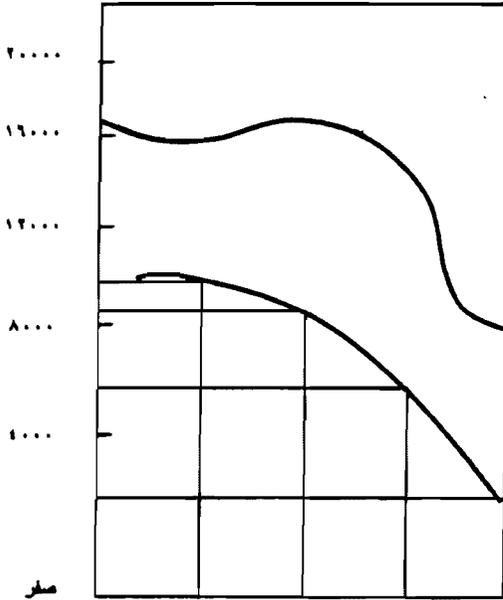
t : وقت الحريق

$\Delta H$  : الطاقة الفعالة للزحف بالجوول / (كجم مول )

R : ثابت الغاز بالجوول كجم مول درجة مئوية

( O ) : درجة الحرارة م°

تأثير الحريق علي كبلات الشد ( الخرسانة سابقة الإجهاد ) .

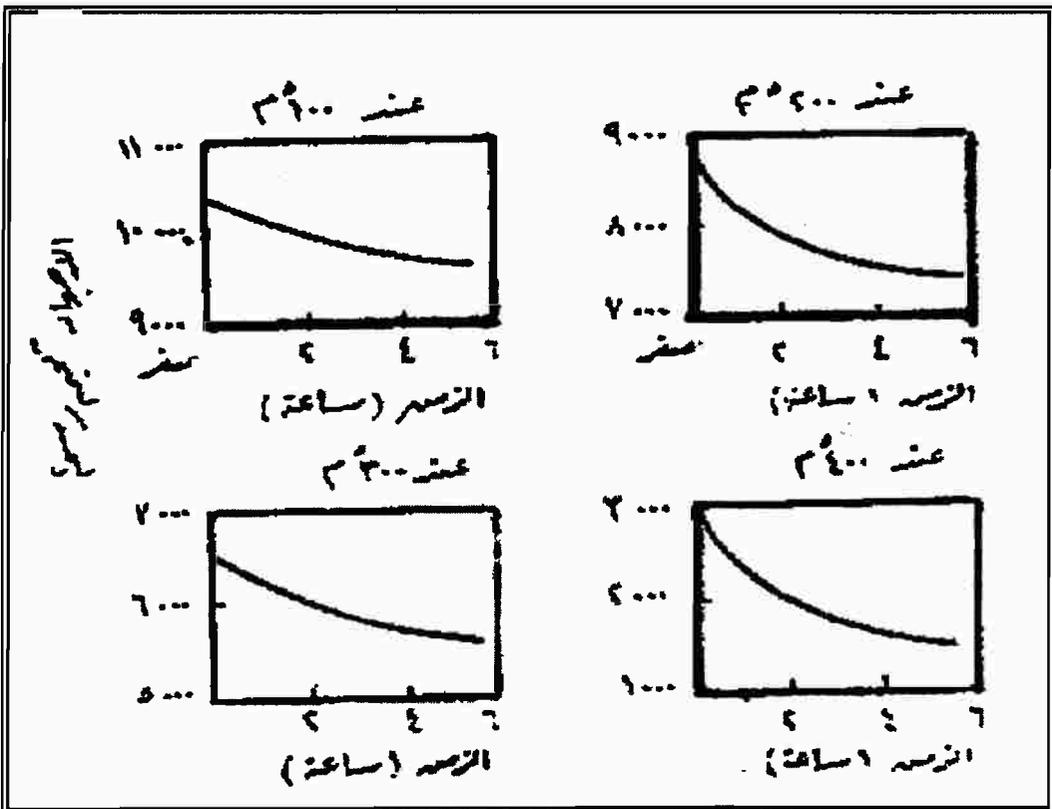


إن تعرض الكبلات للحريق يكون تأثيره أكثر خطورة من تأثير الحريق علي صلب التسليح العادي فإنه يمكن أن تفقد هذه الكبلات أكثر من ٥٠ % من مقاومتها في حالة تعرضها لدرجة حرارة تصل إلي ٤٠٠ م° . ولكن مكن الخطورة هو فقدان قوة الشد الموجودة في هذه الكبلات وهذا يعني فقدانها لخصوصها وهو قدرتها علي الشد ١٠٠ ٢٠٠ ٣٠٠ ٤٠٠

وفقد قدرتها علي الاستعادة للإنخفاض معامل المقاومة القصوى المرونة

بالخرسانة وزيادة استرخ الكبلات الناتج الزحف ونتيجة التمد الباقي Non- Recoverable الذي يحدث في الكبلات المشدودة عند الحريق . ويحدث

زيادة في الطول لا حد التناسب تستعيدها الكبلات عند عودتها .



بطولها الأصلي بعد الحريق (المرونة) ويظهر الرسم مقدار الفقد في مقاومة  
 كبلات الشد العادية جهد التناسب (المرونة) ويظهر الانخفاض في حد المرونة  
**Limit of proportionality** عندما يكون الصلب ساخناً

١٠٠      ٢٠٠      ٣٠٠      ٤٠٠

ملاحظة : عندما يحدث انخفاض في الإجهاد الناتج عن الاستطالة اللدنة " عند درجة حرارة معينة " فإن قوة الشد الموجودة سابقاً ستقل عن معدلها في نفس لحظة وبنفس الدرجة . وفي هذه الحالة فإن الفقد في قوة الشد الناتج عن استرخاء الصلب يبدأ من هذه القيمة الجديدة للإجهاد المبدئي كما هو موضح في الرسم .

تأثير الحرارة المرتفعة علي استرخاء أسياخ الشد السابقة للإجهاد

تأثير الحرارة المرتفعة علي استرخاء أسلاك الشد السابق

فإن تقدير أقصى درجة حرارة وصلت إليها كبلات الشد بالإضافة إلي توزيع الحرارة و مدة الحريق تكون من أهم الأسباب الأساسية للحكم علي الخرسانة سابقة الإجهاد . ويكون تأثير هذه العوامل أكثر خطورة منها علي الخرسانة العادية . لذلك يجب أخذ الاعتبارات التالية . " تأثير الحرارة ثم التبريد وتأثيره علي اللاحق علي معايير مرونة وزحف الخرسانة ومدى تأثير التمدد والقيود عليية في توليد الإجهاد الضاغط في كبلات الشد

فإن التقييم الدقيق لهذه العوامل والتوصيات لعلاج الخرسانة سابقة الجهاد والتي تعرضت للحريق فإنها شديدة التعقيد وتحتاج إلي متخصص في هذه النوعية من المنشآت . " ولقد سبق أن إصلاح وتقييم مثل هذه الأعضاء بنجاح . وتنتج أن المنشأ أستعاد قدرته . وذلك بالرجوع إلي المراجع المتخصصة في الخرسانات سابقة الجهاد "

تأثير الحرارة الشديدة علي الخرسانة في حالة تعرض الخرسانة للحريق ولم يحدث انهيار .فإنها تمر بالمراحل التالية

التأثير المحتمل	المرحلة
<p>● شروخ عشوائية Surface Cracking</p> <p>● فقد المقاومة / التشريح / سقوط الغطاء</p> <p>الخرساني</p> <p>● ضعف في مقومة الخضوع / انبعاج محتمل / وزيادة</p> <p>● في الترخيم والشكل العام للجسم الخرساني</p> <p># استعادة مقاومة الخضوع كلها للحديد الدفن علي الساخن إذا</p> <p>لم تصل درجة الحرارة ٧٠٠ م<sup>o</sup> وفي حالة انبعاج أسياخ التسليح فإنها تبقي منبعجة .</p> <p># الشروخ تغلق مع انخفاض في درجة الحرارة . ولا يستعيد الجزء الخرساني كل الترخيم الناجم عن الحريق ويكون الترخيم ملحوظا وخاصة في الحرائق الشديدة</p> <p># جفاف شديد في الخرسانة ينتج عنه امتصاص شرهه للرطوبة الموجودة في الجو مما يزيد من التشريح .</p>	<p>في حالة التعرض للحرارة الشديدة :</p> <p>١- ارتفاع حرارة السطح</p> <p>٢- تنتقل الحرارة للخرسانة الداخلية</p> <p>٣- وصول الحرارة لحديد التسليح تزداد سرعة</p> <p>٤- تساقط الغطاء الخرساني</p> <p>في حالة تبريد الخرسانة بعد الحريق</p> <p>١- يبرد حديد التسليح</p> <p>٢ - تبريد الخرسانة</p> <p>٣- بعدما تبرد الخرسانة</p>

## انتقال الحرارة داخل الخرسانة

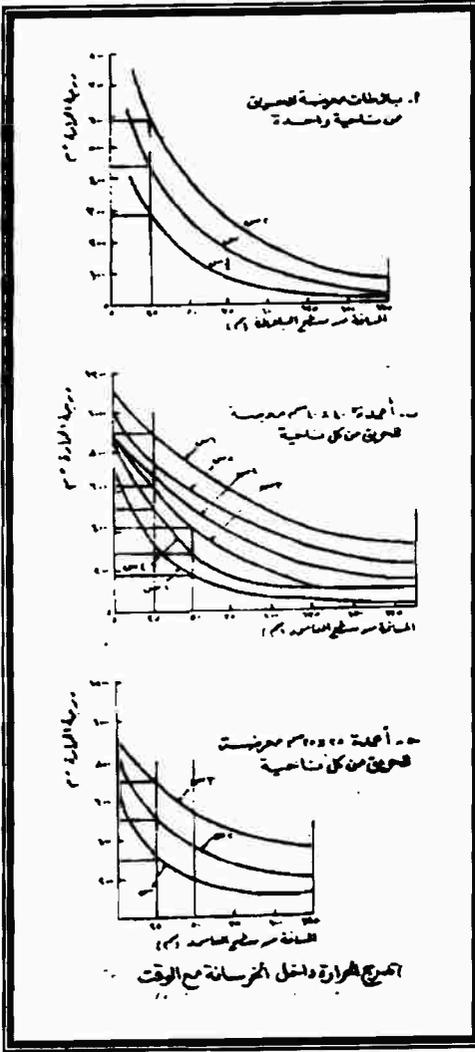
قد تصل درجة الحرارة التي تتعرض لها الخرسانة إلي ٩٠٠ م<sup>٠</sup> وقد تصل

إلي ١٠٠٠ م<sup>٠</sup> وذلك حسب حمل الحريق ولكن معامل انتشار الحرارة بالخرسانة **Thermal**

**Diffusivity** لا يزيد عن ٢ م<sup>٢</sup> واحد / الثانية . ولا يحدث انتشار للحرارة السطحية في كل قطاع الجسم الخرساني فقد ترتفع درجة الحرارة للسطح الخرساني إلي ٩٠٠ م<sup>٠</sup> ويتغير لونها إلي اللون الكريمي **Buff** ولكن درجة الحرارة علي عمق سنتيمترات لا تزيد عن ٣٠٠ م<sup>٠</sup>. وفي هذه الحالة لا يحدث تدهور في حالتها . ولكن يلاحظ أن معامل الانتشار الحراري يقل إلي النصف

عندما ترتفع درجة الحرارة إلي ٥٠٠ م<sup>٠</sup>

ولكن في بعض الحرائق القصيرة والتي لا تستمر فترة طويلة قد يظهر عليها اللون الكريمي علي أسطح الخرسانة ولكن عند التعمق في الجسم الخرساني لعدة ملليمترات قد لا يتحول لونها إلي اللون الوردي وهذا يشير إلي أن تأثير الحرائق القصيرة ومهما ارتفعت درجة حرارته \_ يكاد أن يكون محصورا في الطبقات لسطحية للخرسانة



١. ولقد أجريت التجارب علي الأعضاء الخرسانية المختلفة لدراسة توزيع الحرارة داخل القطاعات الخرسانية والمعرضة لحريق قياسي وأن ما يعنينا هنا انتشار الحرارة داخل القطاع الخرسان وتوزيعها وكيفية تقدير درجات الحرارة

٢. عند الأعماق المختلفة إذا علمنا مدة الحريق وتقدير مدة الحريق إذا عرف عمق الخرسانة المتحولة إلي اللون الوردى كما هو في الجداول السابقة وأن نتائج التجارب البريطانية علي بلاطات وكمرات وأعمدة خرسانية **Dense Concrete** والتي تعرضت لحريق قياسي .

تعريف الحريق القياسي :

عندما تتعرض المنشآت الخرسانية من حوائط وأعمدة وكمرات وأسقف وأرضيات وغيرها من الأعضاء الإنشائية للحريق هو تعميم حالتها ومدى تأثيرها علي الهيكل الخرساني وقد أكدت كودات الحريق المختلفة أهمية قياس أدائيه مواد الإنشاء عند تعرضها للحريق وللوصول إلي هذا التوازن بين متطلبات الحريق في المباني المنشأ به وللوصول إلي هذا التوازن لابد من تحديد خواص مقاومة الحريق للمواد والأعضاء الإنشائية وغير الإنشائية .

تقدير حالة سلامة المنشأ :

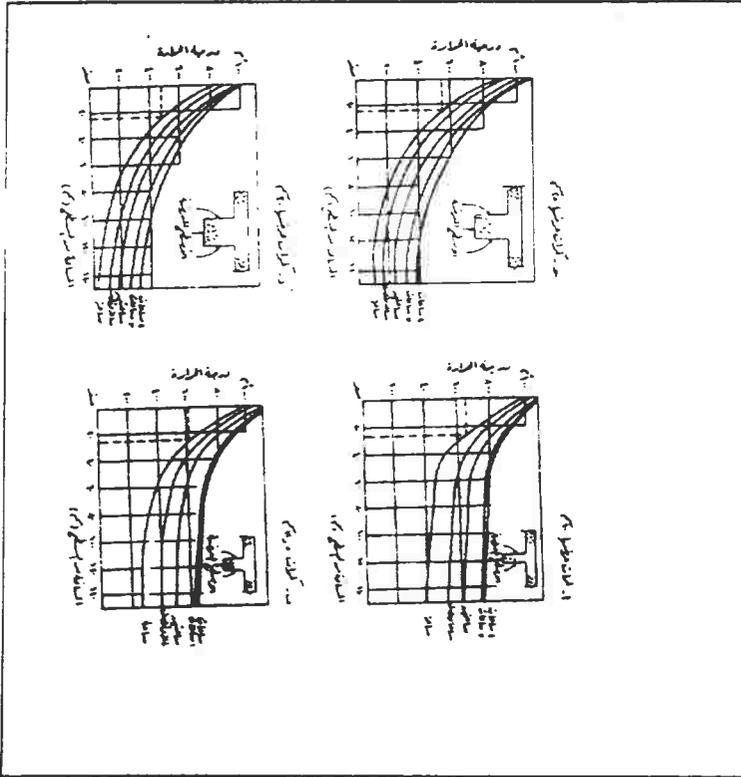
في حالة حدوث تصدع ناتج عن حريق أو اهتزاز ناتج هبوط في الأرض أو زلزال أو غيره يكون عملية تقدير وتقويم حالة المنشأة من الضروريات المولحة والمألوفة لتقدير مدى الخطورة الكائنة في هذا المنشأ فأى خطأ في تقدير حالة المنشأ ينتج عنه .

١. في حالة المبالغة في تقدير التصدع يأوي إلي إزالة أجزاء كبيرة من المنشأ (خرسانات+مباني) وينتج عن ذلك تكلفة في الإزالة وإعادة البناء وفقدان الكثير من الأموال والوقت

٢- عدم تقدير درجة التصدع وعدم تقييم صلاحية الإنشاءات الخرسانية ومدى عدم صلاحيتها فإن ارتفاع درجة حرارة الخرسانة إلى ٦٠٠ م يخفض مقاومتها إلى ٣٠٪ من أصل مقاومتها وهذا ينتج عنه إنهاء كلي أو جزئي للمنشأ وأن هذا التقدير ينتج عنه دمار للمنشأ كذلك وقوع حوادث قد تأوي إلى الوفاة والإصابة للقائمين وإذا استمر الحريق لمدة ساعات فإن الشكل العام للمنشأ يكون مدمرا و رهيبا وتتأثر به الخرسانات المسلحة ويكون التشققات ظاهرة وتساقط الغطاء الخرساني للأعمدة والكمرات والبلاطات

### البلاطات:

عندما تصل درجة الحرارة إلى ٣٠٠ م وعلني عمق ٢٥ م م . وذلك لاستمرارها نصف ساعة أما إذا أستمر ساعة فإنها تصل إلى ٥٤٣٠ م أما إذا دام ساعتين فقد تصل إلي درجة ٧٠٠ م وتكون هذه الدرجة مدمرة بالنسبة لحديد



التسليح . تدرج الحرارة داخل الخرسانة مع الوقت " حسب المواصفات البريطانية "

## الأعمدة

إن الشكل الموضح يعطي توزيع الحرارة داخل أعمدة وكمرات تعرضت لحرائق فعلية

وهذه الحرائق تتباين في حمل الحريق كمية الخشب /م<sup>2</sup> وفي معامل التهوية بالغرفة

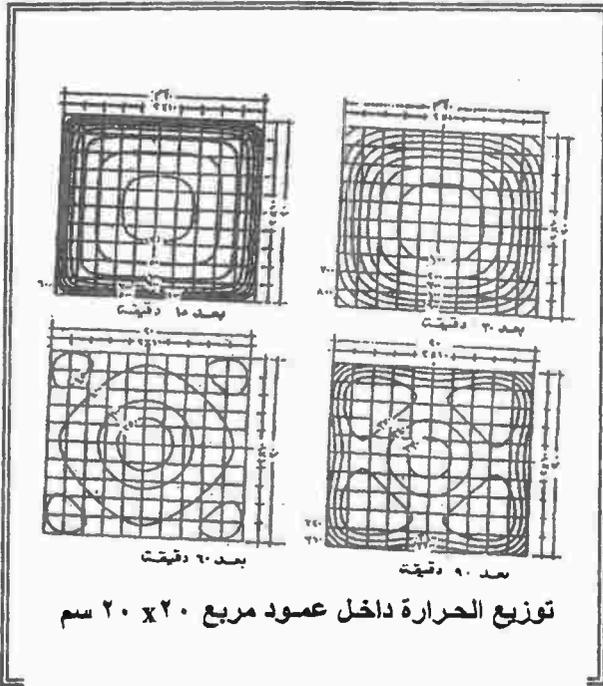
( أنظر معامل التهوية في الشكل المرفق)

ومدي تأثير حمل الحريق مع معامل التهوية

ويجب ملاحظة ما يلي:

١- ازدياد حمل الحريق للضعف مما أدى إلي زيادة درجة حرارة الحريق القصوى رغم انخفاض معامل التهوية إلي النصف . وهذا يدل علي أن حمل الحريق قد تأثر كثيرا.

٢- إن درجة الحرارة عند سطح الخرسانة لم تصل إلي أقصى درجة حرارة عند قياس الحرارة داخل الغرفة ولا يتعدى درجة الحرارة عن ٧٥ ٪ من درجة الحرارة القصوى . وأن أقصى درجة حرارة علي سطح الكمرات لم تتعدى ٤٠ ٪ . وسبب ذلك بعد هذه الأجزاء عن مركز الحرارة ( الحريق ) إن درجات الحرارة المسببة لتصدع الخرسانة تبدأ من ٣٠٠م فأكثر وهي تكون محصورة في

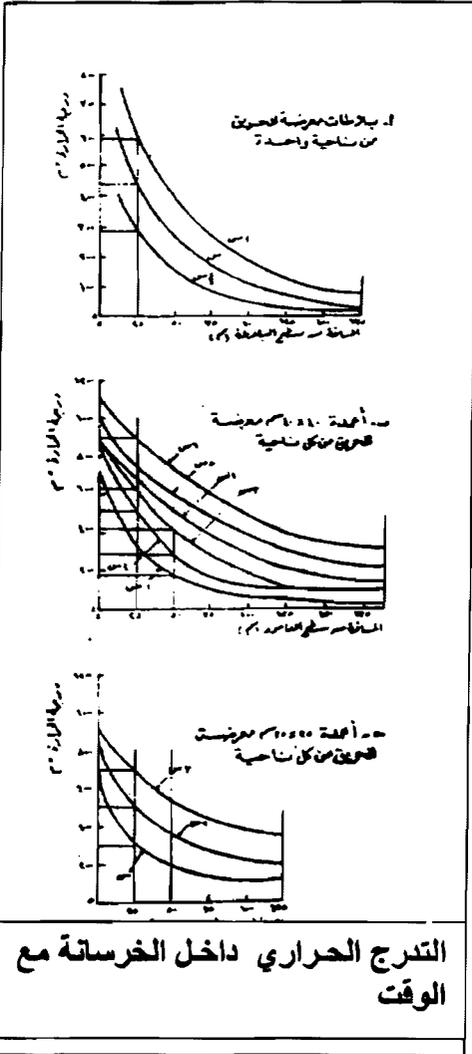


توزيع الحرارة داخل عمود مربع ٢٠ x ٢٠ سم

القشرة الخارجية فقط بين ١-٢سم في حالة حريق أقل من ٨٠٠ أم . وفي حالة الحريق التي تزيد عن ٥١٠٠٠م فإن التأثير يكون بين ٣-٦سم ويستثنى من ذلك الأعمدة الصغيرة ( ٢٠×٢٠سم) والتي لم تصل درجة حرارتها ٦٠ ٪ من القطاع إلي ٣٠٠ أم أو أكثر في حالة الحريق الشديد .  
وفي حالة المقارنة للنتائج الأمريكية والنتائج البريطانية ( أنظر الشكل المرفق)

والذي يبين اختلاف الحرارة مع الوقت للأعمدة النحيفة ( ٢٠×٢٠ سم ) يظهر لنا هذا الشكل أن الحرارة تصل إلي ٣٠٠ أم علي عمق ٢٥م بعد نصف ساعة فقط وبعد ساعة قد تصل هذه الحرارة إلي ٦سم . وهذه النتائج أعلي بكثير من النتائج البريطانية نفسها للأعمدة وقريبة من النتائج البريطانية للبلاطات

ملحوظة : وتصل درجة الحرارة علي عمق ٢٥ م الي ٣٠٠ درجة م إذا أستمرو الحريق ساعة كاملة ويكون ذلك ضعف الوقت المائل في بلاطة السقف رغم تعرضها للهب من اتجاهه واحد في الوقت الذي تعرض فيه العمود من أربع جهات .  
ويلاحظ أن حده انتشار الحريق في الأعمدة صغيرة الحجم " ٢٥×٢٥ سم " تكون أشد من إنتشارها في الأعمدة الأكبر حجما ( سمك العمود ) ٤٠×٤٠ سم ويظهر ذلك في أمرين :



الأول . أن انتشار درجه الحرارة في أعماق الأعمدة الكبيرة " أكثر من ٥٠ سم " أقل في الأعمدة السميكة .

الثاني : وجد أن درجة تأثير الحرارة الطويلة والتي تستمر إلي ثلاث ساعات تكون أقل في الأعمدة السميكة

( راجع درجات الحرارة عند عمق ٥٠ في الشكل بصفحة ٢٠ ) .

الكمرات : يوضح الرسم في الشكل بصفحة ٢٠ " تدرج الحرارة داخل الخرسانة مع الوقت ( اختبار حريق قياسي طبقا للموصفات البريطانية ) " أن درجة حرارة انتشار الحريق تتساوي في الكمرات السميكة مع بلاطة السقف من حيث درجة انتشار الحريق مع الوقت . فعلي عمق ٢٥م تصل درجة الحرارة إلي ٤٧٠ درجة م بعد ساعة من تعرضها للحريق وذلك إذا كانت الكمرة بعرض ٣٠ سم أو أكثر ولكن في حالة الكمرة النحيفة ( ١٢,٥ سم ) تصل درجة الحرارة علي عمق ٢٥م إلي ٦١٠ درجة م لأن الحرارة تصل إليها من الجهتين حيث أن الكمرة معرضة للحريق من ثلاث جهات .

ولتقدير زمن الحريق القياسي المكافئ للحريق الفعلي من عمق التحول في لون الخرسانة المسلحة يمكن متابعة ذلك المثال :

مثال : عامود خرساني ٤٠×٤٠ سم تحول للون الوردي به ٥ سم . يمكن رسم خط رأسي عند مسافة ٥٠ سم وخط أفقي عند ٣٠٠ درجة م (وهي درجة التحول للون الوردي كما هو مبين في الشكل ) . فإن هذين الخطان يلتقيان في نقطة تقع علي منحني ٢س أي أن العمود تعرض لحريق يكافئ حريقا قياسي دام ساعتين . وأن تحديد مدة الحريق القياسي المكافئ مطلوبة لإستعمال المنحنيات الموجودة في المواصفات والكودات .

البلاطات : إذا تعرضت بلاطه وودنا درجة الحرارة علي عمق ٢,٥ سم من السطح المعرض للحريق أستمر لمدة نصف ساعة بلغت ٣٠٠ درجة م كما هو في الرسم ( تدرج الحرارة داخل البلاطة ) . وإذا أستمر الحريق لمدة ساعة كاملة فإن

الزيادة الخطية تصل إلي ٤٨٠ أم .  
وهذه النتائج متوافقة مع نتائج  
التجارب البريطانية ولكن تمتاز عنها  
في أمرين:

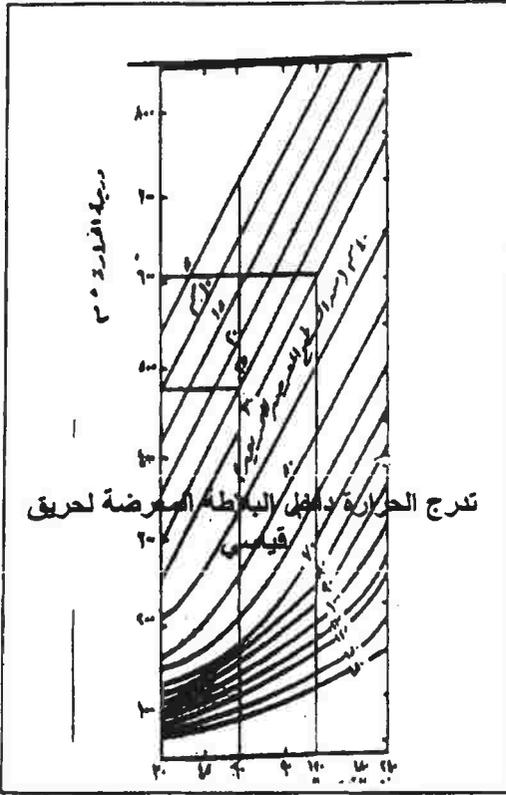
الأول : إمكانية تحديد درجة حرارة  
الطبقات

القريبة جدا من السطح ( ٥ م )

الثانية : تمدنا بنتائج الحرائق التي  
امتدت لمدة أربع ساعات . كما أظهرت  
التجارب الأمريكية أن سمك البلاطة لا  
يؤثر علي توزيع درجات الحرارة  
داخلها ولكن يحدث تأثير في  
البلاطات الرفيعة جدا او في درجات  
أقل من ٢٠٠ درجة

### الكمرات المستطيلة والمسوية

يتم قياس درجات الحرارة لكمرات تراوحت بين ٦,٥ × ٣٠ إلي  
٦٠×٢٥ سم كما هو مبين الرسم التالي وتوزيع الحرارة بداخلها ولقد قيست  
درجات الحرارة علي محور الكمرة وبالنسبة لدرجة حرارة الخرسانة بعيدا عن  
محور الكمرة فمن الطبيعي أن تكون أعلي من الرسم الخاص ( بتدرج الحرارة  
داخل البلاطة المعرضة لحريق قياسي) ويمكن تقديرها باستخدام  
وللكمرات التي يزيد عرضها عن ٣٠سم ويقل عن ٥٠ سم كما يمكن استخدام  
جدول التدرج الحراري داخل البلاطة المعرضة لحريق قياسي - للتقدير درجة  
الحرارة مع عمل التعديل التالي :



أحسب متوسط الخرسانة علي أساس أسياخ الأركان لها نصف الغطاء الفعلي .

مثال : إذا كانت الكمرة بعرض ٤٠ سم وبها

اربع أسياخ وكان الغطاء السفلي يساوي

الغطاء الجانبي وقيمتها ٥ سم فإن الغطاء المتوسط

توزيع درجات الحرارة داخل الكمرة الخرسانية (الزلط السليسي) يحسب كما

يلي :  $3,75 = 4 / (2,5 + 2,5 + 5 + 5)$  م

ومن ثم يمكن حساب درجة الحرارة عند حديد التبليغ

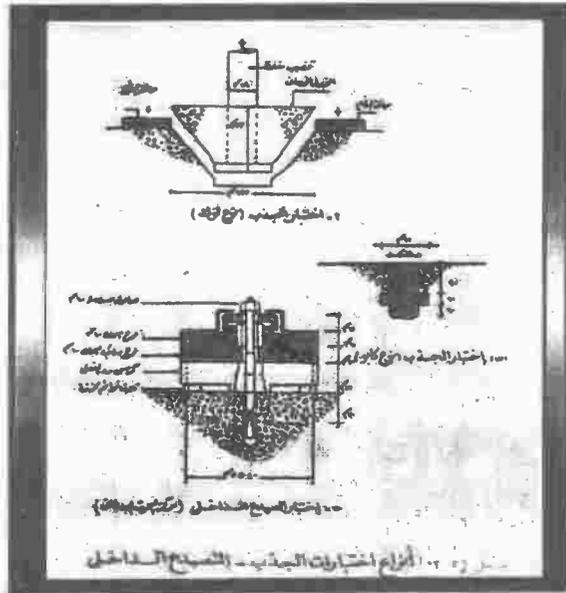
التصدع الداخلي Internal Fracture

إن الإختبار لتحديد مقاومة الخرسانة المتصدعة وإيجاد العلاقة بين

الضغط للخرسانة وبين القوي اللازمة لإحداث التصدع الداخلي نتيجة نزع

اسفين مثبت بالخرسانة . وهذا الإختبار لا يستغرق إلا عدة دقائق معدودة ولا

يستهلك طاقة كبيرة ولة ثلاث أنواع كما هو مبين بالشكل التالي .



إختبار الجذب - التصدع الداخلي

أختبار لوك : وهو عبارة عن خوابير صلب مدفونة في أماكن محددة سابقا ثم جربها في الوقت المطلوب . وهذا النوع من الإختبار نادرا ما أن يستخدم في إختبارات المنشآت المحترقة وذلك لإستحالة تحديد مكان الحريق سلفا - إلا إذا وضعت خوابير في غرفة موقد التدفئة او الغاز سلفا - وإنما يستخدم عادة في تقدير مقاومة الخرسانة في العمر المبكر لتحديد موعد فك الشد او موعد بداية الشد اللاحق - خرسانة لاحقة الشد - او موعد ازالة الدعامات الرأسية للشد .

ختبار كابو- وهو قائم علي عمل ثقب في الخرسانة ثم وضع قضيب مخصوص لة قرص عرضي في هذا الثقب - وبعد ذلك يجزب القضيب لتعيين قوة الجذب وذلك لتقدير مقاومة الخرسانة .

إختبار مركز البحوث البريطاني ( BRE ) - يتم إدخال مسمار يتمدد عند إدارته داخل ثقب يتم تجهيزه في الجزء المراد إختباره - ثم يستمر الدوران حتي التصدع الداخلي لمخروط من الخرسانة .

### إختبار الصوت والصدى . Pulse-echo test

إن إستخدام الصوت والصدى في عملية الإختبار فإنها تتم للأغراض التالية :

- ١- قياس سمك الخرسانة المتصدعة
- ٢- التعرف علي مقدار الفاقد في مقاومة التماسك بين الخرسانة وصلب التسليح .
- ٣- تعمل علي إظهار وجود واتجاه الشروخ الداخلية كذلك الشروخ الدقيقة في عجينة الأسمنت .
- ٤- إمكان تقدير مقاومة الخرسانة المتبقية .

ويستخدم لذلك مطرقة شميدت لإرسال موجة ذات تردد منخفض تصدر نتيجة اجهاد ميكانيكي ( Mechanical Stress ) وجهاز إستقبال علي نفس السطح وعلي بعد بوصتين من المطرقة وتسجل الإشارات علي شاشه مثل شاشة مرسمة التذبذبات لجهاز الموجات فوق الصوتية كما هو مبين في الرسم . ويتم ضبط

الجهاز علي خرسانة سليمة بإرسال النبضة وغستقبالها مع تسجيل شكل الاشارة أما عند تعرض مسار النبضة شرح داخلي فإنه يظهر علي الشاشة موجة في مسار النبضة وذلك نتيجة إنعكاس جزء من الموجة علي مسار الشرح أما الشروخ الصغيرة فإنها تظهر علي صورة إهتزازات متتالية في مسار النبضة . أما فيحالة وجود إنفصال بالطبقة السطحيةنتيجة الحريق فإنه يظهر علي صورة إهتزازات.



كما أن فقد الرباط بين صلب التسليح والخرسانة يحدث سطح انفصال يظهر كذلك علي شكل مسار النبضة ولكن تفسير مسار النبضة ولكن تفسير ذلك يحتاج إلي تمرين طويل حتي تتكون الخبرة الكافية في مقارنة اشكال النبضات للخرسانة المتصدعة مع الواقع الفعلي عند الكشف علي عيوب الخرس أما الطريقة الثانية وهي إستخدام الإختبار بواسطة الأشعة ( المغناطيسية

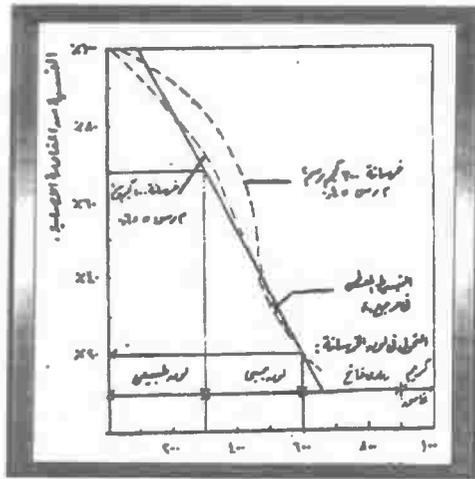
والقصيرة ) Magnetic and Micro

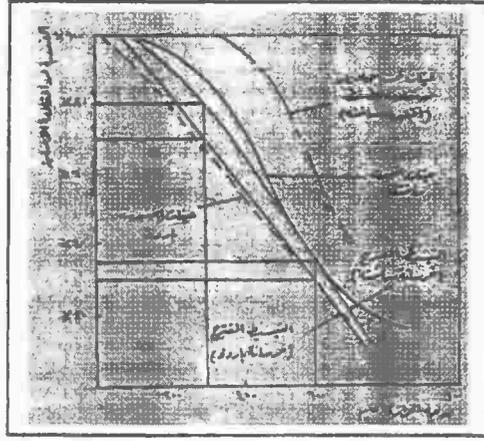
Wave -

في حالة تقدير الاصلاح المطلوب للخرسانة والتي تعرضت للحريق - وخاصة إذا كانت فترة التعرض قصيرة - يلزم تقدير عمق الخرسانة التي لم يحدث لها تلف ، لان استعادة الغطاء الخرساني الي حالته الأولي ضروري للإصلاح الجيد - وخاصة في حالة عدم وصول عمقالتلف إلي أسياخ التسليح .

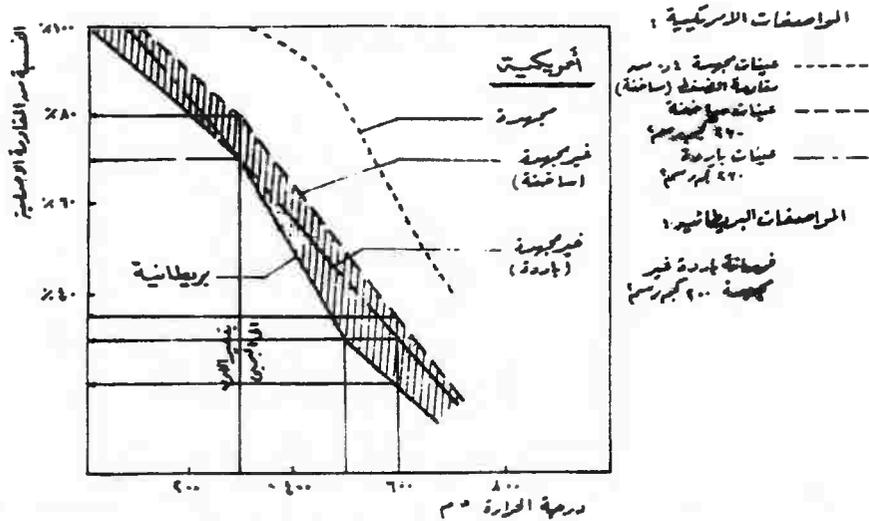
## مقاومة الخرسانة للضغط

تنخفض مقاومة الخرسانة المسلحة للضغط عند تعرضها لدرجة حرارة مرتفعة . ويكون هذا الانخفاض أكثر حدة إذا تعرض لدرجة حرارة أعلى لامن ٣٠٠ م حينما لا يتعدي الإنخفاض في مقاومة الضغط عند تعرض الخرسانة لحرارة أقل من ٣٠٠ درجة مئوية عن ٣٠٪ من المقاومة الأصلية . لأنه في حالة تعرض الخرسانة لدرجة حرارة أعلى من ٥٠٠ إلي ٦٠٠ م فإن مقاومتها تنخفض بشدة ويصبح درجة مقومتها ما بين (٢٠ - ٤٠٪) وبذلك تفقد الخرسانة المسلحة مقومتها ووظيفتها الإنشائية ووظيفتها الإنشائية ولا بد من إستبدالها . وتعتمد درجة نقص المقاومة تعتمد علي العوامل الموضحة في في الشكل ويبين تأثير مقاومة الخرسانة ونقص نسبة المياه إلي الأسمنت ( م/س) في قدرة الخرسانة علي مقاومة الحرارة العالية تأثير الحرارة علي مقاومة الضغط للخرسانة والتحول اللوني بعد التبريد للركام السيليسي





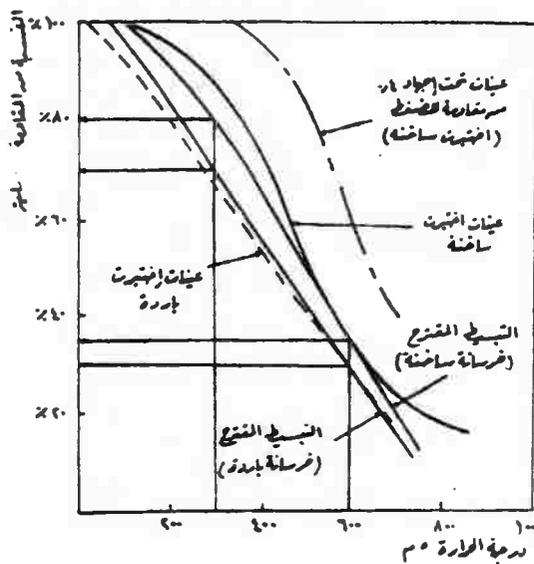
أثير الحرارة الشديدة علي الخرسانة المسلحة ذات الركام السيليسي وهي  
 ساخنة وبعد تبريدها ( متوسط مقاومة الضغط = ٢٧٠ كجم / سم² )



مقارنة المنحنيات النسبية في كل الموصفات البريطانية والأمريكية

ويبين الشكل التالي كيف أن الخرسانة من الركام الخفيف أفضل بكثير من الخرسانة المستخدم بها الركام العادي عند درجة الحرارة المرتفعة فمقاومتها

للضغط لا تنخفض أقل من ٦٠٪ من المقاومة الأصلية ومهما زادت درجة الحرارة ( لقد تم اختبارها وهي ساخنة ) وهذا يوضح أن الخرسانة ات الركام الخفيف أكثر تحملا لدرجات الحرارة العالية من الخرسانة ذات الركام العادي ولو أستبدل ٦٠٪ من الركام الخفيف بالرمال نجد أن مقاومة الضغط لم تنخفض إلا بحوالي

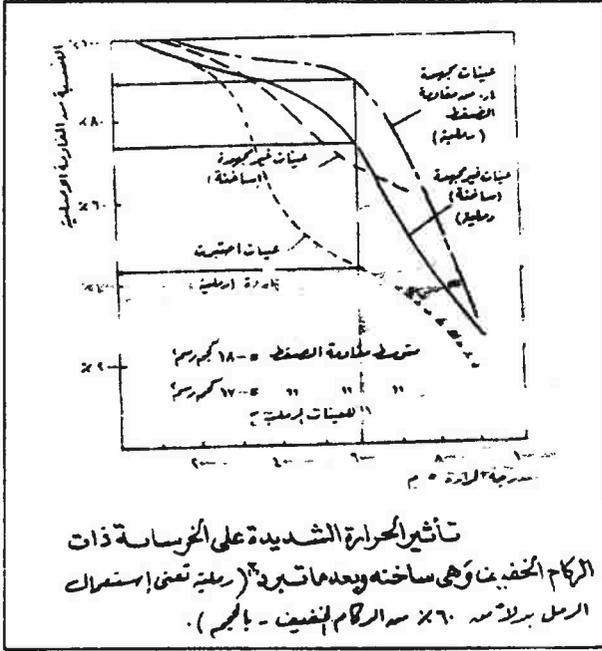


٢٧٪ عند درجة حرارة ٦٠٠ م وهي

ساخنة وحوالي ٥٧٪ وهي باردة وعند وضع إجهاد بساوي ٤٠٪ من مقاومة الخرسانة علي عينات كان الإنخفاض في المقاومة عند درجة ٦٠٠ م لا يذكر تغيير لون الخرسانة أثناء الحريق

بعد أن تبرد الخرسانة المسلحة والمعرضة حرارة الحريق تساعد علي تقدير عمق التحول في لونها وأقصى درجات الحرارة المعرضة لها أثناء الحريق

كما يظهر في الشكل. ووضح هذا التغيير في اللون يعتمد علي نوعية كل من الركام الصغير والكبير الركام السيليسي والمستعمل بمصر يتغير لونها إلي اللون الوردى عند درجة حرارة ٣٠٠ م وهذا التغيير في اللون من أهم أساسيات تحديد درجات حرارة طبقات الخرسانة الداخلية ومدى تأثيرها



تأثير الحرارة الشديدة علي الخرسانة ذات الركام الخفيف وهي ساخنة وبعدها تبرد (رملة بمعنى إستعمال الرمل برلاسه ٦٠٪ من الركام الخفيف - بالبحر).

بالحريق لأنة في حالة تعرض الخرسانة لدرجة حرارة

أقل من ٣٠٠ م لا تدمر مقاومة

الخرسانة ولكن تخفضها بنسبة

٣٠٪ فقط وفي حالة درجات الحرارة العالية فإنها تخفضها بشدة بحيث لا تصلح

للعمل كمادة إنشائية معايير المرونة ومعايير القص للخرسانة : انفعال الخرسانة

أثناء ارتفاع وإنخفاض درجات الحرارة

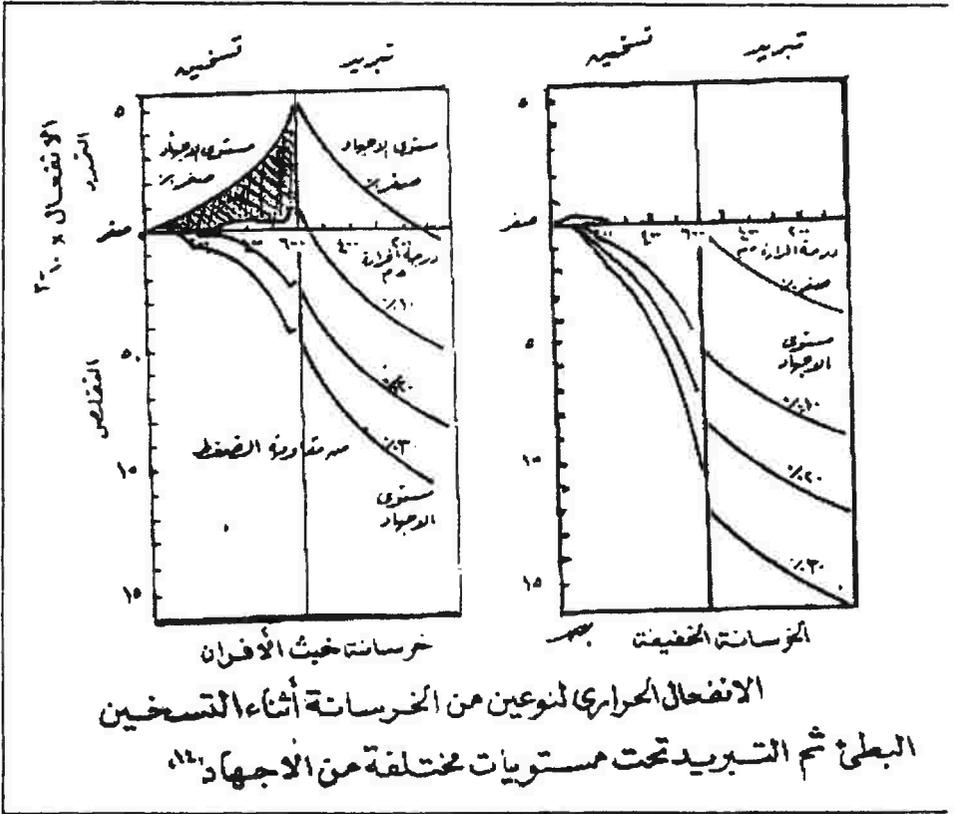
إن معرفة مقدار الانفعال الذي يحدث في الخرسانة المسلحة عند تعرضها للحريق أو عند أخمداد الحريق وليس الإجهاد وحدة - يمكن يعطي صورة أوضح عن مدي أتران الخرسانة في فترات التغير الحراري وعن الشروخ ونقص المقاومة الذي ينتج عند إخماد الحريق وتبريدة . فالخرسانة لا يحدث لها تمدد عندما تتعرض لدرجات حرارة عالية . كما يتصور البعض ذلك .

- إلا إذا كانت حرة الحركة وغير معرضة لأحمال الضغط . أما الخرسانة التي ترتفع درجة حرارتها تحت الضغط فإنها تنكمش ولا تتمدد . كما يظهر من تأثير مستوي الاجهاد علي إنكماش الخرسانة يحدث انخفاض ملحوظ في معيار المرونة أثناء الحريق كما يوضح في الشكل التالي ولقد أظهرت التجارب البريطانية أن معايير المرونة قد تصل إلي ٦٠٪ من قيمته الأصلية عند درجة حرارة ٣٠٠ م

#### انفعال الخرسانة أثناء ارتفاع وانخفاض درجات الحرارة :-

إن معرفة مقدار الانفعال الذي يحدث في الخرسانة المسلحة عند تعرضها للحريق أو عند أخمداد الحريق . وليس الإجهاد وحدة - يمكن يعطي صورة أوضح عن مدي أتران الخرسانة في فترات التغير الحراري وعن الشروخ ونقص المقاومة الذي ينتج عند إخماد الحريق وتبريدة . فالخرسانة لا يحدث لها تمدد عندما تتعرض لدرجات حرارة عالية . كما يتصور البعض ذلك - إلا إذا كانت حرة الحركة وغير معرضة لأحمال الضغط . أما الخرسانة التي ترتفع درجة حرارتها تحت الضغط فإنها تنكمش ولا تتمدد . كما يظهر من تأثير مستوي الاجهاد علي إنكماش الخرسانة والواقع أن انفعال الخرسانة المعرضة لدرجات حرارة عالية تنقسم إلي جزئين . الإنفعال الحراري الكلي = الإنفعال الحراري الحر للخرسانة غير المحملة ( تمدد) الإنفعال الحراري نتيجة مقاومة الخرسانة للضغط أو أكثر . ي حيث يزيد عن الإنفعال الحر (التمدد) الناتج عن تمدد الركاب .

أما عند التبريد - عند إطفاء الحريق - فالخرسانة غير المحملة تتقلص إذا كانت من الركام السيليسي. أما الخرسانة ذات الحجر الجيري أو خبث الأفران فيحدث لها تمدد عند تبريدها نتيجة تمدد الركام وهو ما يعرف بالتمدد المتبقي ( Residual Expansion ) وقد يعرضها ذلك لحدوث شروخ أثناء التبريد بالإضافة للتصدع الذي يحدثه الحريق.



الانفعال الحراري لنوعين من الخرسانة أثناء التسخين البطيء ثم التبريد تحت مستويات مختلفة من الإجهاد ( شكل B )

### التمدد الحراري الحر للخرسانة

يبين شك B التمدد الحراري لخرسانات مصنوعة من ركام ذو أنواع مختلفة. حيث أن الخرسانات لكل نوع منها يتمدد بالحرارة إذا لم تكن تحت

تأثير أحمال الضغط- ما عدا خرسانة الحجر الخفاف **Pumice Concrete** فهي تنكمش بشدة عند درجات حرارة أعلي من ٣١٥ م٥ ويعتمد تمدد الخرسانة علي العوامل الآتية :

- نوع الركام
- محتوى الأسمنت والماء
- عمر الخرسانة

### تساقط الخرسانة السطحية :

هناك نوعان من التساقط يمكن ملاحظتهما بعد الحريق :

• التساقط الانتشاري وهو يحدث للخرسانات التي بها رطوبة معينة ويحدث في نصف الساعة الأولى من الحريق ويتكون من أنشطارات متتالية (إنفجارية) للطبقات السطحية الرفيعة واحدة وراء الأخرى وذلك عند تعرضها لدرجات الحرارة العالية فيحدث عند كل إنشطار يزيل طبقة رقيقة من سطح الخرسانة فتلتهب الطبقة الأخرى المنكشفة وهكذا .

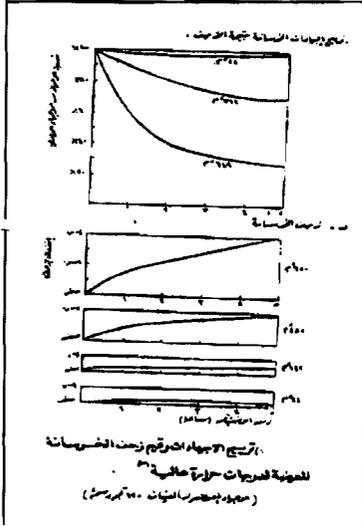
• النوع الثاني فيمكن تسميته بالتقشير ( **Sloughing** ) :

وهو يحدث عادة في الأعمدة والكمرات وذلك عند حدوث شروخ متوازية تسبب انفصال جزء من الخرسانة عند مستوي من مستويات الضعف - مستوي صلب التسليح مثلا ثم سقوطه وقد يؤثر نوع الركام أحيانا علي نوعية التساقط الذي يحدث للخرسانة .

فالخرسانة ذات الركام الجيري تتساقط عادة علي شكل طبقات رقيقة وتمر مستويات الإنفصال بالركام الجيري نفسة. أما الخرسانة المصنوعة من الزلط فتتفصل طبقاتها حول الزلط مختلفة سطحا لا معا عند أماكن الزلط المكشوف وخطورة تساقط الخرسانة السطح أثناء الحريق أنه يعرض طبقات أعماق للحرارة العالية مما يزيد من معدل التغلغل الحراري إلي الداخل فتصل ألي صلب التسليح كما قد يحدث قدر كبير من تساقط السطوح عندما يخمد الحريق ويبرد

السطح . ولكن الأعضاء التي يتساقط سطحها بعد إنتهاء الحريق تكون قد احتفظت بغطائها الخرسانى مدة كافية لحماية صلب التسليح والخرسانة الداخلية من الحرارة العالية .

### •• تأثير الحرارة علي الزحف وترييح الأجهاد ( Stress Relaxation )



يبين الشكل الأول AA ترييح الاجهاد نتيجة الزحف عند ارتفاع درجة الحرارة كما يبين شكل AB تأثير الحرارة علي زحف الخرسانة حيث أن العوامل التي تؤثر علي زحف الخرسانة عند التعرض لدرجات الحرارة العالية هي عمر الخرسانة المحتوية علي الرطوبة ، رتبة الخرسانة ونوعها ونسبة الإجهاد إلي المقاومة القصوي

### ترييح الإجهاد وقيم ةصف الخرسانة المعرضة لدرجات الحرارة العالية

### التشريح

عند درجات الحرارة العالية يكون فرق التمدد الحر لصلب الحديد أكبر بقدر كبير من التمدد في الخرسانة . وتؤدي احاطة الخرسانة بالصلب وتماسكها معه إلي اجهادات انفصالية عالية وشروخ حول أسياخ الصلب وخاصة في الأعضاء الخرسانية كثيفة التسليح . ولقد أتضح أن هذه الشروخ تتركز في الأماكن التي كانت بها شروخ رفيعة أصلا قبل الحريق - نتيجة الإنكماش أو اجهادات الإنحناء العالية أو غير ذلك من أسباب شروخ الخرسانة كما أن اختلاف معاملات التمدد الحراري للركام ومونة الأسمنت يؤدي إلي حدوث شروخ عند التعرض لدرجات الحرارة العالية هذه الشروخ وهي في صور شروخ سرطنية ( شروخ عشوائية ) ( Crazing ) .

## تأثير نوع الركام

إن تأثير نوعية الركام له تأثير كبير علي الخواص الحرارية للخرسانة .  
مثلا معامل التمدد الحراري للخرسانة المصنوعة من ركام الحجر الجيري حوالي  
نصف معامل تمدد الخرسانة المصنوعة من الزلط كما أن احتمالات تساقط  
الخرسانة المصنوعة من الركام الخفيف أقل إذا كان محتوي الرطوبة الداخلية  
قليل .

كما أن الركام الخفيف يعطي خرسانة أفضل من حيث الخواص ( المقاومة -  
الحرارة ) وأفضل من حيث أنها أقل نقلا للحرارة من الخارج للداخل .

### تأثير الحريق علي صلب التسليح

يبين الجدول تأثير الحرارة العالية علي حديد التسليح كذلك إنخفاضها  
بعد إنتهاء الحريق ويظهر في الجدولين إنخفاض كبير يحدث في مقاومة الصلب  
عند درجات الحرارة العالية . حيث أن مقاومة الحديد يفقد نصف مقاومة  
الخضوع الأصلية وذلك إذا أرتفعت درجة حرارته إلي ٥٥٠ م . وعند حدوث  
إرتفاع الحرارة ارتفاعا كلما أنخفض مقاومة الصلب حتي تصل إلي أقل من  
٢٠٪ من قيمتها عند ٨٠٠ م . وهذا الانخفاض الكبير في مقاومة الصلب هو  
المسئول عن زيادة الترخيم والتشكيل أثناء الحريق . ويوجد عامل أكثر تأثيرا  
بالنسبة لزيادة الترخيم هو نسبة الاحمال الفعلية الموجودة أثناء الحريق إلي  
احمال التصميم . فكلما زادت الأحمال الفعلية عن أحمال التصميم كلما كانت  
الزيادة في الترخيم أثناء الحريق .

### أختبار صلب التسليح :

يجري إختبارات علي التسليح الذي تعرض للحريق للتأكد من  
قيمة المقاومة الباقية تمهيدا لحساب مقاومة قطاع الصلب . " إذا  
أحتجنا لذلك " حيث أن تأثير درجة الحرارة التي تزيد عن ٤٠٠ م

( وذلك لحديد الصلب المدلفن علي البارد) أما ( الحديد الصلب المدلفن علي الساخن إلي ٦٠٠ أم مما يفقد الصلب مقاومة بسرعة ٠ )  
إختبار الشد :

تأخذ عينة من حديد الصلب من موقع الحريق وإذا أستحال الحصول علي العينة ، تأخذ قطعة من الصلب مماثلة وتعرض لنفس درجة الحرارة التي وصل إليها الحريق والإختبار الشد المحوري علي عينة الصلب لتحديد إجهاد الخضوع حسب المواصفات وحساب نسبة الفاقد في المقاومة وقياس نسبة المنوية للإستطالة أثناء عملية إختبار الشد ومقارنتها مع جدول المواصفات

التماسك الخرساني: يحدث عند التسخين والتبريد وحدوث تمدد وإنكماش إلي ضعف في قوة التماسك بين الأسياخ الصلبة والخرسانة المحيطة بها .

ولمعرفة الفاقد في مقاومة التماسك بعد الحريق وذلك بأخذ عينة (جزء) من عضو خرساني(تأخذ العينة بواسطة منشار خرساني وليس بالدق)٠ يجري الإختبار بعد تعريض العينة لدرجة حرارة مماثلة لدرجة حرارة الحريق ٠

نوعية الصلب	النتيجة	حالة الصلب	إجهاد الخضوع أو الإجهاد التماسك حد أدنى	مقاومة الشد التقصير نحو ١٠٠ حد أدنى	النسبة المئوية للإستطالة عند الشد
صلب طري	٢٥/٢٤	أملس	٢٤	٣٥	٢٠
عادي	٤٥/٢٨		٢٨	٤٥	١٨
صلب عالي المقاومة	٥٢/٣٦	نوتوات	٣٦	٥٢	١٢
	٦٠/٤٠	نوتوات	٤٠	٦٠	١٠
صلب شبك ملحوم. مسحوب علي البارد	٥٢/٤٥	أملس أو نو نوتوات	٤٥	٥٢	١٠

## جدول الخواص الميكانيكية لأنواع الصلب للكوود المصري

### ■ تقدير مقاومة العينة للحريق:

تعرض العينة لدرجة حرارة ٠٠ ثم ترتفع رويدا ٠ رويدا حتي تصل إلي القيمة القصوي وبمعدل ثابت ولا تقل درجة حرارتها عن الدرجة القصوي للحريق الفعلي وتأخذ القراءات مع الملاحظات للحكم علي المدة التي يمكن فيها العينة علي مقاومة الحريق ، ويستخدم هذه القياسات لإثبات ثلاث نقاط :

١- الوصول إلي قدرة العينة التحمل وتحديد مقاومتها للحريق بالزمن ( ساعة) وإمكانية قبولها أو رفضها وذلك حسب المواصفات

٢- أنظمة الإنشاء الجديدة والتطور ، والحكم علي المواد الجديدة

٣- إن تصرف الأعضاء المختبرة في ظروف حرارة قد تختلف عت الحريق الأساسي \_ ويتم ذلك بقياس التشكيل والإنفعال وانتقال الحرارة داخل العضو ٠ ويجب أن يراعي أن مدة مقاومة العينة لا تعني مقاومتها للحريق الفعلي ( fire severiy ) وهي تمت/تد علي عوامل أخري كثيرة ٠ ومن هذه العوامل حجم ونوعية وتوزيع المواد القابلة للأشتعال التهوية ( وهو ما يسمي بحمل الحريق) وظروف إنتقال الحرارة من مكان الحريق إلي الخارج ( Fire radiation ) . وأن العينة التي قاومت الحريق القياسي لمدة زمنية معينة أن تقاوم الحريق الفعلي لمدة اقصر أو أطول حسب ظروف الحريق الفعلية ٠

### الحكم علي العينة Performance Criteria

١- مدة تحملها للحريق دون حدوث إنهيار لها \_ وهذا يعمل علي إتزان المبني وعدم إنهياره ٠

٢- قدرتها علي منع إنتشار الحريق أو منع إنتقال الحرارة وإنتشار الدخان

٣- تعتبر الأعمدة والكمبرات هي أهم الزوايا الأولى في إختبار الحريق القياسي أما الحوائط والأرضيات فهي حواجز لمنع إنتشار النار والدخان (Fire and smoke barriers) ويكون الحكم عليها من زاوية أخرى . لذلك ينقسم أسلوب الحكم علي العينة وإدائها إلي ثلاث أقسام(السلامة Integrity)(الإتزان Stability)(والعزل Insulation) والجدول التالي يوضح القيم المعطاة .

٤- وقد تصل العينة إلي حد عدم الإتزان في حالة حدوث إنهيار أو إذا زاد تشكلها ( سهم الترخيم بالأعضاء المعرضة إنحناء) عن البحر/٣٠ ، والقيمة المسموح بها لسهم الإنحناء أخذت = البحر/٣٠ ، وعند الوصول إلي هذه الدرجة من الترخيم يصبح الإنهيار وشيكا .

### الحكم علي أداء العينة في الإختبار القياسي

الأسلوب	الشرح	الشرح
السلامة	تصل العينة إلي حد الخطر إذا وصلت الشروخ أو أسطح الإنفصال إلي درجة تسمح بمرور اللهب أو الغازات الساخنة حيث تعمل علي أشتعان أماكن أخرى	أشتعان مادة مثل القطن بقرب فتحة شباك لمدة ١٠ ثواني
الإتزان	عند وصول العينة إلي حد عدم الإتزان يحدث إنهيارات أو زيادة التشكيل عن القيم المسموح بها	حدوث إنهيار أو زيادة سهم الترخيم للأعضاء المعرضة للإنحناء عن/٣٠
العزل	تتخطي العينة خط العزل إذا أنتقلت الحرارة إلي الجهه الأخرى بحيث ترتفع درجة حرارتها هي الأخرى إلي درجة حرارة عالية وغير آمنة	درجة حرارة السطح الأخر ترتفع بأكثر من ١٤٠ °م في المتوسط أو تتعدى ١٨٠ °م عند أي نقطة

كيفية معاينة مكان الحريق :

يتكون فريق البحث Search team من أشخاص ذو خبرة في هذا المجال وعلي أفراد المجموعة مراعات أن الأنقاض والمخلفات المعرضة للحريق قد تكون هامة في معرفة أسباب الحريق ومساره ودرجة الحرارة

التي تعرض لها ، وأن الحصول علي نتائج ومعلومات من كل المصادر المتاحة عن أسباب الحريق وتحليلها معمليا للوصول إلي نتائج سليمة .  
فحص المواد المحترقة :

توجد بعض المواد محترقة بجوار الأعضاء الخرسانية وهي مواد متعددة مثل ( الخشب ، الألومنيوم ، النحاس ، الصلب ، الزجاج ، الألواح الخفيفة ) وستعرض لها لاحقا .

أ- الخشب : عند العثور علي بقايا أخشاب محترقة بجوار الأعضاء المحترقة فإن معرفة السمك الأصلي للخشب ودرجة تفحمة **Depth of charring** " وهو مؤشر عن درجة الحرارة التي تعرضت لها العضو . وهو أحد الأسباب المساعدة علي تحديد درجة الحرارة والمدة المعرض لها العضو ( وأن فحص عمق التفحم للخشب الموجود في مكان الحريق إن لم يتحرك من مكانة ) . وأن عدم تحريك الخشب المحترق له أهمية في تحديد فحصه . كقاعدة عامة فإن معدل تفحم الخشب هو ٤٠ مم في الساعة عند تعرضه لحريق قياسي . وان إختلاف نوعية الخشب تشير إلي زمن الحريق مثلا خشب الأرو عند تفحمة لعمق ٤٥ مم فهذا يعني تعرضه لحريق نمطي لمدة ٩٠ دقيقة ( أنظر الجدول التالي ) وأن التشتيت في النتائج راجع إلي سببة نوعية الخشب وكثافته والعقد والشروخ الموجودة به .

عمق التفحم في تجربة حريق (م)	عمق التفحم في تجربة حريق (م)	الخشب
٥٠	٢٥	عينة كثافتها أقل من ٤٢٠ كجم/م <sup>٣</sup>
٤٠	٢٠	عينات كثافتها ٤٢٠ كجم/م <sup>٣</sup> أو أكثر من ذلك
٣٠	١٥	خشب الأرو ، ، البلوط grunhart الجارا Jarrah الساج Teak الماهرجني

جدول معدل التفحم لأنواع مختلفة من الأخشاب عند تعرضة

### • لحريق نمطي •

≡ تقدر الكثافة عند الرطوبة المحتوية ١٨٪

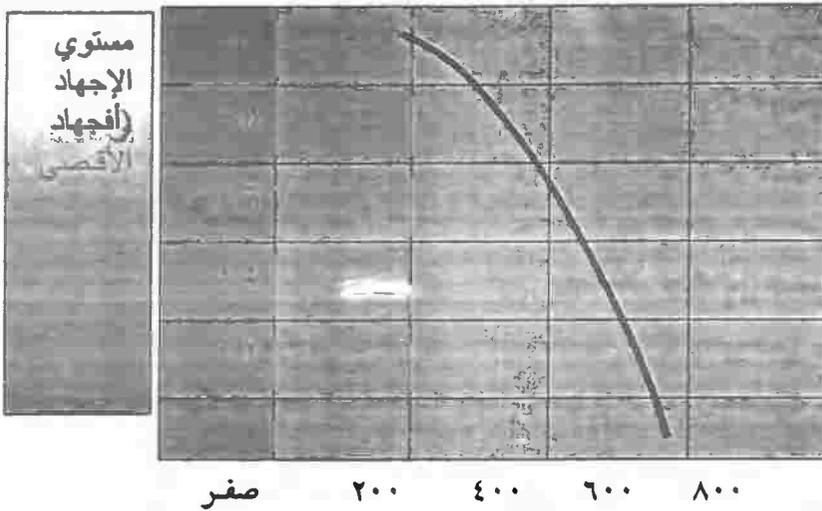
≡ العلاقة الخطية مع مدد الحريق أطول من المعطاة

٢- الألومنيوم : إن استخدام معدن الألومنيوم في الأعمال المعمارية والتشطيبات من أهم الخامات وفي حالة تواجد بقايا من الألومنيوم نائبة بجوار الأعضاء الخرسانية فيدل ذلك بأن درجة الحرارة قد بلغت ٦٥٠ م<sup>°</sup> وهي درجة إنصهاره وأن درجة حرارة الهواء المحيطة به كانت بين ٧٠٠ - ٧٥٠ م<sup>°</sup> .

٣- النحاس : في حالة تواجد معدن النحاس في حالة ذوبان فيدل علي أن درجة الحرارة قد بلغت ١٠٨٠ م<sup>°</sup> وهي نقطة ذوبان النحاس .

٤- الصلب ( حديد التسليح ) : ينهار بمجرد وصول درجة حرارته إلي الدرجة الحرجة • وهي الدرجة التي ينخفض عندها إجهاد الخضوع إلي مستوي إجهاد التشغيل •

والدرجة الحرجة تنخفض كلما إزداد مستوي الإجهاد الواقع علي الصلب.



درجة الحرارة الحرجة للصلب وعلاقتها بمستوي الاجهاد

ولكن قبل الوصول إلي إلي الدرجة الحرجة فإن الصلب يتشكل بشدة ويحدث الألتواء لكمرات الصلب نتيجة حرارة الحريق ٠ ويحدث إرتفاع في درجة حرارة الجو المحيط بالصلب عن درجة حرارة الصلب بحوالي ١٠٠ م<sup>↑</sup> ويحدث تلوين لأسطح حديد الصلب وهو ما يساعد علي تحديد درجة حرارة الحديد فاللون الأزرق يدل علي وصول الحرارة إلي ٣٠٠ - ٤٠٠ م<sup>↑</sup> أما إذا كان اللون علي سطح الصلب المجلفن إلي اللون الأصفر أو الأخضر وهو يدل علي إحتراق الزنك الذي يحترق عند درجة ٨٠٠ م<sup>↑</sup> وهو ما يشير إلي درجة حرارة الجو المحيطة بالصلب بلغت ٩٠٠ م<sup>↑</sup>.

الزجاج : لا يمكن تحديد أو إستنتاج حرارة الحريق من الزجاج حيث تنفجر وتتحول إلي شظايا . وفي حالة وجود أسطح زجاجية سليمة مثل زجاج النوافذ فذلك يدل علي أن درجة الحرارة لم تتعدى ٤٠٠ - ٥٠٠ أم ( ودرجة ذوبان الزجاج السيليسي عند درجة ١٠٠٠ أم ) ويحدث إنفجار وتهشيم الواح الزجاج نتيجة عوامل التمدد الناتجة عن الحرارة .

الواح الخشب الخفيفة ( الأبلكاج Chip ) : وهي الألواح المستعملة في تغطية الحوائط والأسقف المعلقة ، وهي تتأثر بالحريق ولكن تبقي في مكانها ومنها يمكن أن تدلنا حالتها علي درجة الحريق وذلك بحسب سمكها .

تأثير الحريق علي البياض : يتأثر البياض الأسقف أولا بعد تعرضه لحرارة الحريق ولكن لا يمكن الإستدلال وتحديد حدة الحريق والجدول التالي يظهر بطريقة مبسطة الإستدلال علي درجة حرارة الحريق في حالة وجود الأنقاض .

الدرجة	الظاهرة المستحقة	الحالة	درجة الحرارة
التبريد	تغليف الأجهزة الكهربائية ومواد خفيفة Foam	تلين ثم تنهار وتذوب وتسال	١٢٠ أم ↑
البياض	حقائب ، أفلام ، علب ، أدوات بلاستيك	تتجمد ثم تلين و تذوب	١٢٠ أم ↑ ١٥٠ أم ↑
البوياتيلين ميتاكريلات	اغطية مفروشات أكسسوار	تلين وتتحول إلي فقاعات	٢٥٠-١٣٠ أم ↑
سيليلوز	الأخشاب ، الورق ، الأقطان	تتفحم / يسود لونها	٢٠٠ - ٣٠٠ أم ↑
الزجاج	أعمال السباكة	يذوب وتتغير	٣٠٠ -

٣٥٠ أم ↑	أشكال إستدارتها		
-٤٠٠ ٦٥٠ أم ↑	يلين ثم يذوب	النوافذ، القواطع ، الأبواب، المناضد ، تجهيزات المطبخ	الالومنيوم
٨٠٠-٧٠٠ أم ↑ ٨٥٠ أم ↑	يلين ويتشكل بسهولة ثم يذوب	زجاج الأبواب ، النوافذ ، والزجاجات	الزجاج
٩٥٠ أم ↑	تذوب	المجوهرات وأدوات المائدة	الفضة
-٨٠٠ ١٠٠٠ أم ↑	تذوب وخاصة عند الحواف	مقابض الأبواب والشبابيك ، الأقفال ، والأواني	الحديد الأسود
١١٠٠ أم ↑	يذوب	الأسلاك والتعميدات الكهربائية	المحاور الأخضر
-١١٠٠ ١٢٠٠ أم ↑	يذوب	أغطية المجاري والتعميدات	الحديد والزهر

### التقدير الوصفي لحالة الحريق Qualitative Assessment of the fire

الدرجة	ملاحظات					
	البياض	اللون	التشريح	التساقط	حالة الصلب	الشروخ
صفر	لم يتأثر - يبعد عن الحريق					
١	تساقط	عادي	بسيط	قليل	غير مكشوف	لا يوجد
	تقشير	عادي	بسيط	قليل	غير مكشوف	لا يوجد
	تقشير	عادي	بسيط	قليل	قليل مكشوف	لا يوجد
٢	تساقط	بمبي	ملحوظ	في الأركان محصور	:٢٥% إنبعاث سخ :٧٥%	لا توجد

			في اماكن الصب				
قليل	لا يوجد	إلتصاق كامل بالخرسانة	محمور في اماكن الصب	ملحوظ	بمبي	تساقط أجزاء كثيرة	
قليل	لا يوجد	حتى ٢٥% مكشوف بدون إنبعاج	في الأركان وقليل بأسفل	ملحوظ	بمبي	تساقط أجزاء كثيرة	
إلتواء <b>distortion</b>	قليل	٥٠% مكشوف وانبعاج أكثر من سيخ	كثير في الأركان	كثير	بيج/بني	تساقط كلي	٣
ترخيم ملحوظ	كثير في الوسط	حتى ٢٠% مكشوف ومنفصل عن البلاطة	كثير بأسفل البلاطة	كثير	بيج/بني	تساقط كلي	
ترخيم ملحوظ	كثير في الوسط	حتى ٥٠% وكشوف وانبعج سيخ واحد	كثير بالأركان وأسفل	كثير	بيج/بني	تساقط كلي	

يتم فحص الحريق المبدئي بواسطة النظر لتقدير وتصنيف درجة التصدع للعضو الخرساني ، ويقوم المفتش **INSPECTOR** بعمل إختبار بسيط ليحدد عمق التصدع وذلك بالدق عليها بشاكوش او كسر السوكة لتحديد عمق لونها ( البمبي ) ، فعند الدق علي الخرسانة يمكن التفرقة بين الصوت الأجوف الضعيف والصوت الرنان الذي يميز الخرسانة السليمة ، وأن وجود اللون البمبي يدل علي وصول الخرسانة من الركام السيليسي إلي درجة ٣٠٠ أم وذا يشير إلي بداية الفقد المؤثر في مقاومة الضغط .

والجدول السابق يوضح التصنيف البصري للتصدع للأعضاء الخرسانية .  
ويجب ملاحظة أن تساقط الخرسانة السطحي يمكن أن يحدث هذا  
التساقط أثناء عملية الإطفاء وعند تعرض الحوائط الخرسانية وأسفل  
الكمرات والبلاطات ( بطنية الكمره ) لتبريد مفاجئ عند رشها بالماء لذلك  
فإن تقييم الأعضاء التي تعرضت لسقوط الخرسانة السطحية . أن يتم  
فحص لون الخرسانة بعد إزالة اللون الأسود من عليها والتي تعرضت لسقوط  
الخرسانة السطحية أثناء الحريق وتحول لونها إلى اللون البمبي ثم الرمادي  
بعمق أكبر من الأجزاء المجاورة والتي لم يحدث لها تساقط سطحي . ( إن  
رش الخرسانة بالماء لإزالة السواد سيحسن من وضوح اللون ونتمكن من  
تقدير عمق التحول اللوني بدقة أكثر .

ويعتمد تقويم الحالة **Quantitation Assessment** فحص الخرسانة

والخشب إن وجد. وأنقاض الحريق بغرض ما يلي :

- ١- تقدير درجة الحرارة التي وصل إليها كل عضو .
- ٢- تقدير خصائص الحريق .
- ٣- تقدير الفاقد في المقاومة لكل عضو \_ إن وجد .
- ٤- تقدير الحالة الكلية ومدى التأثير الناتج عن الحريق للمنشأ كلة .