جامعة المنصورة
كلية الهندسة
قسم الهندسة الإنشائية

مشروع

خواص و مقاومة المواد

٢٠١٠

إعداد :

محمد عبد الخالق سعد عبد الخالق محمد محمد السيد حمودة حسنه حسنه طاهر حسنه السلاموني

محمد محمد ابراهيم عباس محمد فوزي علي شعبان

محمد محسنه السيد غانم حسام حسنه السعيد ابراهيم

تحت إشراف :

أ.د. / محمد يسري الشيخ

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله الذي هدانا لهذا و ما كنا لنتهتدي لولا أن هدانا الله. الحمد لله الخالق المبدع على نعمه و فضله ، و نصلي و نسلم على سيد خلقه أجمعين و خاتم رسله نبينا محمد صلى الله عليه و سلم.

فهذا اعتراف منا بالفضل و التقدير للجهد و الشكر لكل من ساهم معنا في انجاز هذا العمل بالشكل الذي يليق بالمستوى المطلوب. لذلك كنا ملزمين بالتقدم بتوجيه خالص و جزيل الشكر و الامتنان للأستاذ الدكتور : **"محمد يسري الشيخ"** أستاذ مقاومة و اختبار المواد بقسم الهندسة الانشائية بكلية الهندسة بجامعة المنصورة و ذلك لما قدمه لنا من عون على مدى مراحل المشروع المختلفة و كذلك عدم التراخي في امدادنا بأي ملاحظات أو معلومات قد تفيدنا في اتمام العمل.

و لم ننسى الشكر لجميع العاملين بمعمل خواص المواد على ما قدموه لنا من عون و مساعدة في اتمام الجزء العملي للمشروع. و نسأل الله عز و جل أن يوفقنا و أياهم لكل خير و أن يهدينا سبيلنا.

فهذا مشروع خواص و مقاومة المواد بكلية الهندسة بجامعة المنصورة و ذلك للعام ٢٠١٠ و الذي كانت نقطته البحثية بعنوان خرسانة اليوم الواحد و الجزء الاختياري بعنوان تقنية النانو و استخداماتها المختلفة في مجال الهندسة الانشائية.

يتكون هذا الكتاب على سبعة أبواب نبدأ بالباب الاول و الذي يتحدث عن ضبط الجودة و أهميتها و طرق تنفيذها و كذلك النتائج المترتبة من استخدامها و العائد الذي نحصل عليه وأمثله مدعومة بالصور لتوضيح المفهوم.

و الباب الثاني بعنوان عيوب المنشآت و الذي يتحدث عن أنواع العيوب و كذلك أسبابها المختلفة و من بعدها التعرض لبعض من أنواعها و أشكالها و ذلك من خلال بعض الصور التوضيحية لخصائصها ، و من ثم معرفة الشروخ التي تحدث في حالة الزلازل و ذلك في المباني ذات النظام الهيكلي أو نظام الحوائط الحاملة و في النهاية نقوم بإيجاز تحديد التوصيات و الاحتياطات اللازم اتباعها لتفاديها.

و الباب الثالث يتحدث عن تدعيم و اصلاح المنشات و ذلك بعد حدوث الشروخ و العيوب حيث يتم التعرض للمواد و الخامات المستخدمة في عملية الترميم و الاصلاح و بعدها معرفة بعض الطرق المستخدمة في علاج العيوب الإنشائية و غير الإنشائية ثم معرفة طرق تقوية العناصر الانشائية.

و الباب الرابع الذي يندرج تحت عنوان استخدام تكنولوجيا النانو في الهندسة الإنشائية حيث نتناول تعريفها و غرضها و النتائج المترتبة عن استخدامها و عن جدوى استخدامها في بعض الحالات ، وبعدها معرفة بعض من تطبيقاتها في المجالات المختلفة . و الباب الخامس الذي يتحدث عن الاختبارات المعملية و كيفية عملها و غرض كل اختبار و أهميتها في تحديد جودة و صلاحية المواد المستخدمة.

ثم الباب السادس و هو النقطة البحثية الخاصة بالمشروع و التي كانت تحت عنوان خرسانة اليوم الواحد و التي تعتتبر من التطبيقات غير التقليدية للخرسانة عالية المقاومة حيث يستغل ارتفاع المقاومة النهائية في الحصول على مقاومة مرتفعة بعد مرور ٢٤ ساعة من صبها ، حيث يتم البدء من خلال التعرض لأهميتها و مدى المنفعة التي نحصل عليها من استخدامها و بعدها معرفة الجدول الزمني و المتغيرات التي سيتم التعامل معها و كذلك تحليل البيانات و معرفة النتائج و توضيح التوصيات و الخلاصة النهائية.

و أخيرا الباب السابع و هو عبارة عن الخلاصة للمشروع و النتائج التي تم الحصول عليها و كذلك احصائية عامة للجزء العملي.

و نتمنى في النهائية أن يكون مجهودنا خدمة للعلم و المسلمين و لوجه الله عز و جل و أن ينال تقديركم و إعجابكم.

١. محمد عبد الخالق سعد عبد الخالق.
٢. محمد محمد السيد حمودة حسن.
٣. حسن طاهر حسن السلاموني.
٤. محمد محمد ابراهيم عباس.
٥. محمد فوزي علي شعبان
٦. محمد محسن السيد غانم.
٧. حسام حسن السعيد ابراهيم.

الباب الأول: ضبط الجودة

١. مقدمة ١
٢. تعريف ضبط الجودة ١
٣. أهمية ضبط جودة الصناعات الخرسانية ١
٤. ضبط الجودة في الموقع ٢
تخطيط الموقع ٢
تشوين الأسمنت ٦
تشوين الركام ٦
تشوين صلب التسليح ٧
تشوين الأخشاب ٧
٥. ضبط الجودة في العمل بالموقع ٧
التفتيش قبل الصب الخرسانة ٨
التفتيش أثناء صب الخرسانة ٩
التفتيش بعد صب الخرسانة ١٠
٦. الأسباب التي تؤدى إلي فشل إدارة الجودة ١١
٧. تنظيم و ضبط الجودة في صناعة الخرسانة ١١
تعريف الخرسانة ١١
تعريف قوة الخرسانة ١١
أنواع الخرسانة ١١
مراحل تصنيع الخرسانة ١٢
ضبط الجودة ١٢
أهمية ضبط جودة الخرسانة ١٢
مراحل تصنيع الخرسانة ١٣
أسباب تدنى نوعية الخرسانة ١٣
العناصر الأساسية لضبط الجودة ١٤
٨. تنظيم الجودة داخل المصنع ١٧
تعريف تنظيم الجودة داخل المصنع ١٧
أسس التنظيم ١٨
مسئولية الإدارة العليا في التنظيم ١٨
الهيكل التنظيمي لضبط الجودة ١٨
الخصائص الواجب توافرها فى مهندس ضبط الجودة ١٩
مهام قسم ضبط الجودة ٢٠
علاقة دائرة ضبط الجودة مع الدوائر الأخرى ٢٠
٩. ضبط جودة المواد داخل المصنع ٢١
المواد الأولية فى الخرسانة ٢١
ضبط جودة تصنيع الأسمنت ٢١
ضبط جودة الركام ٢٢
ضبط جودة الماء ٢٢
ضبط جودة الإضافات ٢٣
ضبط جودة الخرسانة ٢٤
١٠. العوامل التي تؤثر على جودة الخرسانة ٢٧
العوامل التي تؤثر في الأسمنت ٢٧
العوامل التي تؤثر في الركام ٢٧

العوامل التي تؤثر في الماء ٢٨
العوامل التي تؤثر في الاضافات ٢٩
١١. مشاكل ضبط الجودة فى صناعة الخرسانة ٢٩

الباب الثاني: عيوب المنشآت

١. مقدمة ٣١
٢. أنواع عيوب الخرسانة المسلحة ٣٢
٣. أنواع الشروخ ٣٢
من حيث الفاعلية ٣٢
من الناحية الإنشائية ٣٣
شروخ الخرسانة اللدنة ٣٣
شروخ الخرسانة المتصلدة ٣٣
تمليح الخرسانة ٣٣
بقع الخرسانة ٣٣
تساقط الخرسانة ٣٤
تفتت الخرسانة السطحية ٣٥
التآكل السطحي للخرسانة ٣٥
انتفاخ الخرسانة ٣٦
٤. أسباب العيوب بالمنشآت ٣٦
أسباب عامة ٣٦
بسبب العوامل الطبيعية ٣٦
إهمال عمل الجسات ٣٧
إهمال تنفيذ و استلام الحفر ٣٧
إهمال تنفيذ اعمال الردم ٣٧
عيوب التربة و الأساسات ٣٧
قصور التصميمات والتفاصيل الإنشائية ٣٧
استخدام مواد معيبة ٣٨
تغير استخدام المنشأ ٣٨
عدم وجود حماية و صيانة للمنشآت ٣٨
الكوارث الطبيعية و الحوادث ٣٩
٥. خصائص الشروخ ٣٩
شروخ الأخطاء التصميمية ٣٩
شروخ الأخطاء التنفيذية ٣٩
شروخ ناتجة من الزحف ٤٠
شروخ الهبوط غير المتكافئ ٤٠
شروخ تأكل الحديد ٤٠
الشروخ الناتجة من جفاف الخرسانه ٤٠
الشروخ الناتجة من الشدة الخشبية ٤٠
الشروخ الحرارية ٤٠
شروخ الانكماش اللدن للخرسانة ٤١
الشروخ نتيجة هبوط الخرسانة اللدنة ٤١
الشروخ نتيجة لتحريك الخرسانة اللدنة أثناء التنفيذ ٤٢
الشروخ الطبيعية ٤٢

شروخ التفاعلات الكيميائية ٤٣
الشروخ الحرارية ٤٣
٦. الشروخ في المنشآت ذات النظام الهيكلي في حالة الزلازل ٤٤
٧. الشروخ في المنشآت ذات نظام الحوائط الحاملة في حالة الزلازل ٤٥
٨. الاحتياطات و التوصيات الواجب اتباعها في اكتشاف الشروخ والتصدعات ٤٦
٩. الشروخ في العناصر الانشائية ٤٦
في الكمرات الخرسانية ٤٦
في البلاطات الخرسانية ٤٨
في الأعمدة ٤٩
في الحوائط ٥٠
١٠. صور واقعية للشروخ ٥٢

الباب الثالث: تدعيم و ترميم المنشآت

١. مقدمة ٥٦
٢. المواد المستخدمة فى أعمال الترميم ٥٧
المونة الأسمنتية الخاصة ٥٧
المونة الراتنجية و البوليمرية و البلاستيكية ٥٧
٣. الخامات المستخدمة فى أعمال الترميم للمنشآت ٥٧
خامات حديدية ٥٧
خامات مصنعة ٥٨
٤. طرق إصلاح و تقوية الأعمدة الخرسانية ٥٩
عند صدأ حديد التسليح بنسبة عالية ٥٩
عند وجود صدأ غير مؤثر في حديد التسليح ٦١
بعمل قمصان حديدية ٦٣
٥. ترميم وتقوية الكمرات الخرسانية ٦٥
علاج صدأ حديد التسليح بدون زيادة الأبعاد أو التسليح ٦٥
علا ج صدأ الحديد و زيادته بدون الأبعاد الخرسانية ٦٦
تقوية الكمرات بزيادة حديد التسليح و الأبعاد الخرسانية ٦٧
تقوية الكمرات بتثبيت شرائح حديدية (Steel Plates) ٦٨
٦. ترميم و تقوية البلاطات الخرسانية
تقوية البلاطات الخرسانية بزيادة السمك من السطح العلوي ٦٩
علاج صدأ الحديد ببلاطات خرسانية ٧٠
تقوية البلاطات بزيادة السمك و حديد التسليح ٧١
٧. طرق إصلاح العيوب الإنشائية ٧٢
الحقن بالايبوكسي ٧٢
إستبدال الخرسانة المعيبة أو زيادة القطاع الخرساني ٧٣
صب الخرسانة ٧٣
رش الخرسانة ٧٤
زيادة مساحة صلب التسليح ٧٥
إضافة اسياخ أو كانات ٧٥
إضافة الواح الصلب ٧٥

الباب الرابع: تطبيقات تكنولوجيا النانو فى الهندسة الانشائية

١. تعريف تقنية النانو ٧٨
٢. أنابيب النانو ٧٨
٣. تطبيقات تقنية النانو فى المجالات المختلفة ٧٩
٤. تقنية النانو و الخرسانة ٧٩
٥. بعض التطبيقات فى مواد الإنشاء ٨٠
السليكا المعالجة بتكنولوجيا النانو ٨٠
الخرسانه ذاتية الدمك ٨١
مضاعفة عمر الخرسانه ٨١
الغطاء الخرساني (covering) ٨١
الحديد ٨٢
٦. بعض التطبيقات فى صناعة الزجاج ٨٢
٧. بعض التطبيقات فى صناعة الدهانات ٨٣

الباب الخامس: الاختبارات المعملية

١. الاختبارات المختلفة علي الخرسانة ٨٦
٢. اختبارات الركام ٨٦
أ. اختبار التحليل بالمناخل للركام الكبير والركام الصغير ٨٧
الغرض ٨٧
طريقة إجراء هذا الاختبار ٨٧
النتائج ٨٨
ب. تحديد كمية الشوائب العضوية بالركام الصغير ٨٩
الغرض ٨٩
الأجهزة المستخدمة ٨٩
طريقة إجراء الاختبار ٨٩
النتائج ٨٩
ج. اختبار تعين الوزن النوعي للركام ٨٩
الغرض ٨٩
طريقة الاختبار ٨٩
الاحتياطات ٩٠
د. اختبار تعين الوزن الحجمى للركام ٩٠
الغرض ٩٠
الأجهزة المستخدمة ٩٠
طريقة إجراء الاختبار ٩٠
هـ. اختبار تعين النسبة المئوية للفراغات للركام ٩٠
الغرض ٩٠
طريقة الاختبار ٩٠
٣. اختبارات الأسمنت ٩١
أ. اختبار فيكات ٩١
الغرض ٩١
الأجهزة المستخدمة ٩١
طريقة إجراء الاختبار ٩١
ب. اختبارات النعومة ٩٢

باستخدام المنخل رقم ٩٠ ميكرون ٩٢
الغرض ٩٢
الأجهزة المستخدمة ٩٢
طريقة إجراء الاختبار ٩٢
الاحتياطات ٩٢
باستخدام جهاز بلين ٩٢
الغرض ٩٢
الأجهزة المستخدمة ٩٢
طريقة إجراء الاختبار ٩٣
ج. اختبار ثبات حجم الاسمنت ٩٣
الغرض ٩٣
الأجهزة المستخدمة ٩٣
طريقة إجراء الاختبار ٩٣
٤. اختبارات الخرسانة ٩٤
أ. اختبار مقاومة الضغط للأسمنت ٩٤
الغرض ٩٤
فكرة الاختبار ٩٤
المواد المستخدمة ٩٤
الأجهزة المستخدمة ٩٤
طريقة إجراء الاختبار ٩٤
النتائج ٩٥
ب. اختبار الضغط للخرسانة ٩٥
الغرض ٩٥
الأجهزة المستخدمة ٩٥
طريقة إجراء الاختبار ٩٥
ج. اختبار الشد للخرسانة ٩٦
الغرض ٩٦
الأجهزة المستخدمة ٩٦
طريقة إجراء الاختبار ٩٦
د. اختبار الشد غير المباشر ٩٦
الغرض ٩٦
الأجهزة المستخدمة ٩٦
طريقة إجراء الاختبار ٩٦
هـ. اختبار الانحناء ٩٦
الغرض ٩٦
طريقة إجراء الاختبار ٩٦
و. اختبار القص للخرسانة ٩٧
ز. اختبار تعين الهبوط
تعريفها ٩٧
الغرض ٩٧
الأدوات ٩٧
طريقة إجراء الاختبار ٩٨
الاحتياطات ٩٨

طريقة تعيين معامل الدمك ٩٨
٥. الاختبارات غير المتلفة للخرسانة ٩٨
الهدف من إجراء الاختبارات غير المتلفة ٩٨
استخدامات الاختبارات الغير متلفة ٩٨
أنواع الاختبارات الغير متلفة ٩٩
أ. اختبار مطرقة شميدت ٩٩
مميزات مطرقة شميدت ٩٩
طريقة عمل الجهاز ٩٩
أنواع الأجهزة المستخدمة ١٠٠
الاحتياطات اللازمة أثناء أجراء الاختبار ١٠٠
ب. اختبار القلب الخرساني ١٠٠
أسباب اللجوء إلى اختبار القلب الخرساني ١٠٠
كيفية إجراء الاختبار ١٠١
الشروط الواجب توافرها ١٠١
ج. اختبار التحميل ١٠١
أسباب اللجوء إلى اختبار القلب الخرساني ١٠١
كيفية إجراء الاختبار ١٠١
العلامات التي تظهر على الأعضاء الإنشائية المختبرة ١٠٢
د. اختبار الموجات فوق الصوتية ١٠٢
أسباب اللجوء إلى اختبار القلب الخرساني ١٠٢
كيفية إجراء الاختبار ١٠٢
العوامل المؤثرة على النتائج ١٠٣

الباب السادس: النقطة البحثية (خرسانة اليوم الواحد)

١. ما هي خرسانة اليوم الواحد ١٠٤
٢. سبب اختيار النقطة البحثية عن خرسانة اليوم الواحد ١٠٤
٣. فكرة هذا النوع من الخرسانة ١٠٥
٤. نظرة سريعة على خطة العمل ١٠٥
٥. المتغيرات التي سيتم التعامل معها ١٠٦
٦. تصميم الخلطات التي سيتم العمل عليها ١٠٧
٧. الجدول الزمني لصب العينات ١٠٨
٨. الجدول الزمني لعمل الاختبارات ١٠٨
٩. تجربة التدرج الحبيبي للركام المتوفر ١٠٨
١٠. بعض الاختبارات على الأسمنت ١١١
١١. تحليل الخلطة ١ ١١٢
نتائج اختبار الضغط ١١٢
نتائج اختبار الشد ١١٢
نتائج المكعبات المختلفة مع الأعمار المختلفة ١١٢
العلاقة بين متوسط المقاومة للعينة عند الأعمار المختلفة ١١٣
احصائيات سريعة عن الخلطة ١١٣
١٢. تحليل الخلطة ٢ ١١٤
نتائج اختبار الضغط ١١٤
نتائج اختبار الشد ١١٤

نتائج المكعبات المختلفة مع الأعمار المختلفة ١١٤
العلاقة بـين متوسط المقاومة للعينة عند الأعمار المختلفة ١١٥
احصائيات سريعة عن الخلطة ١١٥
١٣. تحليل الخلطة ٣ ١١٦
نتائج اختبار الضغط ١١٦
نتائج اختبار الشد ١١٦
نتائج المكعبات المختلفة مع الأعمار المختلفة ١١٦
العلاقة بـين متوسط المقاومة للعينة عند الأعمار المختلفة ١١٧
احصائيات سريعة عن الخلطة ١١٧
١٤. تحليل الخلطة ٤ ١١٨
نتائج اختبار الضغط ١١٨
نتائج اختبار الشد ١١٨
نتائج المكعبات المختلفة مع الأعمار المختلفة ١١٨
العلاقة بـين متوسط المقاومة للعينة عند الأعمار المختلفة ١١٩
احصائيات سريعة عن الخلطة ١١٩
١٥. تحليل الخلطة ٥ ١٢٠
نتائج اختبار الضغط ١٢٠
نتائج اختبار الشد ١٢٠
نتائج المكعبات المختلفة مع الأعمار المختلفة ١٢٠
العلاقة بـين متوسط المقاومة للعينة عند الأعمار المختلفة ١٢١
احصائيات سريعة عن الخلطة ١٢١
١٦. تحليل الخلطة ٦ ١٢٢
نتائج اختبار الضغط ١٢٢
نتائج اختبار الشد ١٢٢
نتائج المكعبات المختلفة مع الأعمار المختلفة ١٢٢
العلاقة بـين متوسط المقاومة للعينة عند الأعمار المختلفة ١٢٣
احصائيات سريعة عن الخلطة ١٢٣
١٧. تحليل الخلطة ٧ ١٢٤
نتائج اختبار الضغط ١٢٤
نتائج اختبار الشد ١٢٤
نتائج المكعبات المختلفة مع الأعمار المختلفة ١٢٤
العلاقة بـين متوسط المقاومة للعينة عند الأعمار المختلفة ١٢٥
احصائيات سريعة عن الخلطة ١٢٥
١٨. تحليل النتائج باستخدام مطرقة شميدت ١٢٦
في حالة العمر من ١-٧ أيام ١٢٦
في حالة العمر ٢٨ يوم ١٢٦
١٩. التحليل والتعليق ١٢٨

الباب السابع: الخلاصة والتوصيات ١٣٠

الباب الأول

ضبط الجودة

١. مقدمة

في هذا الباب نقوم بتعريف معنى ضبط الجودة في الأعمال الإنشائية و كذلك توضيح أهميتها في عملية الإنشاء و كذلك في الصناعات الخرسانية. و يتم توضيح أن ضبط الجودة في المصنع أهم بكثير منها في الموقع نفسه للتأكد من الوصول للجودة المطلوبة بأقل جهد.

ثم يتم تعريف الخرسانة و ما هي مقاومتها و كذلك مراحل صناعتها و أوجه عملية ضبط الجودة في تلك العملية و كذلك أهمية ضبط الجودة للخرسانة. بعدها يتم تناول أسباب تدني الخرسانة التي يتم انتاجها و ذلك من خلال مكوناتها الرئيسية من أسمنت و ماء و ركام و اضافات و عملية الخلط لمكونات الخرسانة.

و يتم القاء الضوء على العناصر الأساسية لضبط الجودة لها سواء في التصميم أو جودة المواد الاولية الداخلة في الصناعة و كذلك الدراسات الخاصة بالعملية الانتاجية و على تنظيم ضبط الجودة داخل المصنع و أسُسُها الرئيسية و معرفة دور كل فرد من الإدارة العليا أو من الجهة التنفيذية من مهندسين أو عمال. بعدها يتم سرد مهام و خصائص مهندس ضبط الجودة.

و لأهمية ضبط جودة المواد داخل المصنع لابد من معرفة شروط و خطوات ضبط جودة المواد سواء من أسمنت و ماء و ركام و اضافات. بعدها نلقي نظرة سريعة على العوامل التي تؤثر في جودة الخرسانة الناتجة.

و نأتي لأهم جزء في الباب و هو مشاكل عملية ضبط الجودة في صناعة الخرسانة و كذلك في الموقع عند التنفيذ من تنظيم للموقع و أماكن التشوين و العمل المختلفة و كذلك قبل و خلال و بعد عملية الصب للخرسانة من متابعة و تفتيش و معالجة للأخطاء التي قد تحدث و كل ذلك يكون مدعوما بالصور التوضيحية.

٢. تعريف ضبط الجودة

نعنى بالجودة مدى ملائمة المنتج للاستعمال و نعني بضبط الجودة القيام بأعمال منظمة متسلسلة أثناء الإنتاج من أجل ضمان إنتاج سلعة جيدة و قياس مدى الجودة الحقيقية للسلعة و مقارنة الجودة بالموصفات المحددة و القيام بأية إجراءات تصحيحية لازمة لتحقيق مطابقة هذه الجودة للمواصفات.

٣. أهمية ضبط جودة الصناعات الخرسانية

تحتاج بلادنا إلى الكثير من المواد الخام والمصنعة لاستعمالها فى مشاريع البناء والإنشاء وفى السكك الحديدية و الطرق والسدود ومشاريع الري و في المساكن و المصانع .

لذلك يتوجب علينا الاهتمام باستغلال واستعمال موادها المحلية بتطوير صناعتها بحيث يكون هناك نظام متبع لضبط جودة المواد الأولية و المواد المصنعة و ذلك لتحقيق مطابقة المواد للمواصفات و حماية المستهلك من الأخطار المحتملة و المحافظة على الاقتصاد القومي . و يمكن اتمام عملية ضبط الجودة فى عدة أماكن أهمها :

١. فى داخل المصنع المنتج.

٢. في الموقع التي تستعمل في هذه المواد.

وقد جرت العادة أن تتم عملية ضبط الجودة فى الموقع التي ستستعمل فيه هذه المواد حيث يتم توريد المنتجات وهناك يتم أخذ عينات منها لفحصها فإذا اجتازت المواد الفحص يمكن السماح باستعمالها و إلا ترفض وتطلب إزالتها .

إن ضبط الجودة في المصنع أسهل و أرخص حيث تفحص المواد فى ظروف جيدة كما أن عدد المصانع قليل إذا ما قورن بعدد المناطق التي تورد لها المواد، فمثلا مصانع الأسمنت و الحديد عددها لا يتجاوز عدد أصابع اليد الواحد و لذا فان ضبط الجودة فيها يكون أسهل أما عندما يتم توريد الأسمنت أو الحديد إلى مواقع الاستعمال فإن فحصه يتطلب مجهودا كبيراً .

لهذا ولأهمية ضبط الجودة فى مواقع الإنتاج فإن لابد من إيجاد دليل و مرشد للمصانع لكي تتبع الأصول فى ضبط الجودة ، إن هذا الدليل ضروري لكي يرشد المصنع و الجهة المراقبة إلى عملية ضبط الجودة و يحدد طرق تحضير المواد و فحصها و تخزينها و نقلها حتى نضمن مواد و منتجات مطابقة للموصفات.

و تأتي أهميتها حيث : نتيجة التغير الذي يحدث في مقاومة الخرسانة المنتجة في الموقع من خلطة إلى خلطة و أيضا خلال الخلطة الواحدة و يرجع هذا التغير إلى عوامل عديدة منها :

١. اختلاف جودة و خواص المكونات (أسمنت – ركام – ماء – إضافات).
٢. التغير في نسبة الماء بالخلطة.
٣. التغير فى خطوات صناعة الخرسانة (طريقة الخلط – النقل – الصب – الدمك – المصنعية).
٤. التغير فى درجة الحرارة أو المعالجة .
٥. التغير نتيجة اخطاء فى صناعة قوالب الصب.

٤. ضبط الجودة في الموقع :

- **تخطيط الموقع:**

و هو تحديد أماكن المنشات و التشوينات و معرفة المساحات المحيطة لتمهيد الطرق التى تسهل وصول المهمات و المعدات و المواد و تحديد و تأمين المداخل و المخارج و امداد الموقع بالمياة و الكهرباء و ورش الصيانة اللازمة و وسائل الاتصال السلكية و كذلك عمل الأسوار و المخازن المغلقة و المكشوفة و مكاتب المهندسين و العاملين.

١. **<u>السورالخارجى:</u>**

و يعتبر السور الخارجى هو الواقى لكل ما بداخل الموقع من معدات و مواد و هذا ما ينعكس على جودة العمل ، و يصنع السور من ألواح الخشب أو الصاج أو السلك الشائك بارتفاع يتراوح من ١.٥ - ٢ متر .

٢. **البوابة :**

و هى فتحة فى جسم السور و يجب أن تكون ذات عرض مناسب لمرور الآلات كبيرة الحجم حتى لا تسبب اعاقة حركة المرور و من الافضل أن تكون مطلة على الطريق و أن تكون الوحيدة فى السور.

٣. **غرفه الأمن :**

هى غرفه تكون على احدى جوانب البوابة يجلس فيها أحد أفراد الأمن وتختص بالتالي:

- تدوين و تسجيل جميع التشوينات الداخله و الخارجه من الموقع.
- التحقق من شخصية كل من يريد دخول الموقع .
- منع أى شخص من غير العاملين بالموقع من الدخول إليه.
- أن يقوم فرد الأمن بعدم اخراج أى مواد من الموقع إلا بأذن كتابي من مهندس المقاول و مهندس المالك.

٤. **موقع الورش:**

فى كثير من المواقع الإنشائية الكبيرة و المتوسطه تعمل ورش داخل الموقع لتجهيز المواد المختلفة الداخلة فى الأعمال الإنشائية مثل ورش (الحدادة – النجارة –الصاج – اللحام).

٥. **مواقع المعمل والأختبارات:**

من المحتمل أن تشتمل المواقع الإنشائية على بعض المعامل الصغيرة التى يتم إجراء بعض الاختبارات المعملية الصغيرة على الرمل و الزلط و الأسمنت لتلافى التلاعب إذا تم إجراء التجارب خارج الموقع.

٦. **الونش البرجى:**

في حالة كبر الموقع نسبيا و يحتاج لونش فلا بد من تحديد مكانه فى الموقع بدقة و يكون خاضعا لدراسة مسبقة حتى يغطى الموقع كله و أماكن التشوين و التشغيل و أن يكون بعيدا عن أسلاك الكهرباء منعا للحوادث.

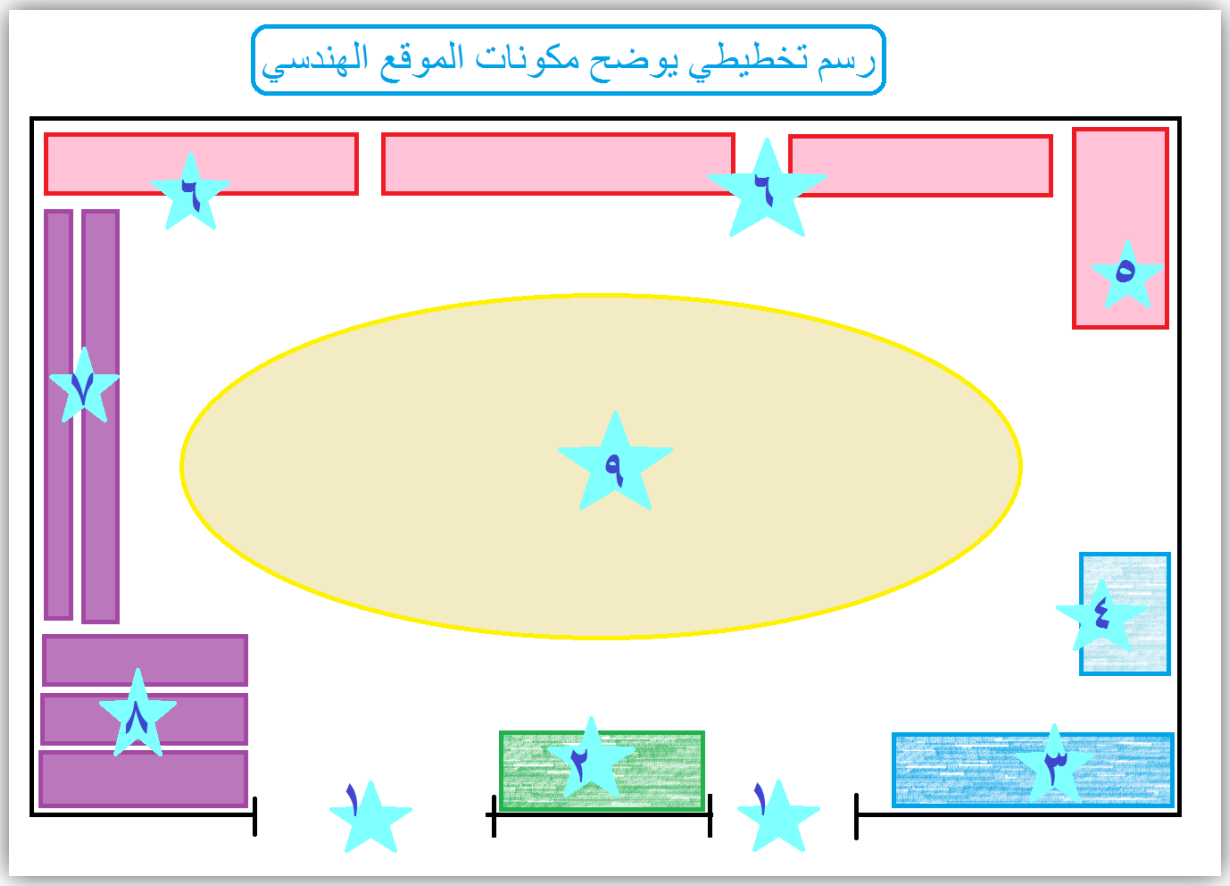
٧. **مكاتب المهندسين:**

المهندس هو المنفذ لعملية ضبط الجودة لذلك من الضروري عمل أماكن مخصصة للمهندسين و تشمل هذه الأماكن (مكاتب المهندسين – أماكن تناول الطعام و دورات المياه – أماكن للاجتماعات – أماكن لحفظ اللوح الضرورية للمشروع و الأجهزة المساحية.

٨. **مواقع التشوين:**

الهدف الرئيسي من اختيار مواقع التشوين هو الحفاظ المواد سليمة بعيدا عن تأثير الظروف الجوية مع مراعاة الآتى:

- تشوين المواد التى تشترك فى أعمال واحدة بالقرب من بعضها مثل الرمل و الزلط و الأسمنت.
- عدم اختلاط المواد مع بعضها لذلك يتطلب وجود مكان كاف للتشوين.
- عدم وجود عوائق تعوق حركة السير فى أماكن التشوين.
- تشوين المواد المحدودة و الأدوات و المهمات الصغيرة داخل مخازن خاصة.
- تحديد منطقة التشوينات بحيث يسهل الإشراف عليها و مراقبتها من قبل المهندس.



مكونات الموقع الأساسية :

١. البوابة
٢. موقع حرس الموقع
٣. مكاتب المهندسين و مدير الموقع
٤. المعامل
٥. الكافيتيريا
٦. ورش العمل (حدادة و نجارة و غيرها)
٧. تشوين الحديد و الخشب
٨. تشوين المواد المستخدمة (ركام و أسمنت و خلافه)
٩. مكان العمل

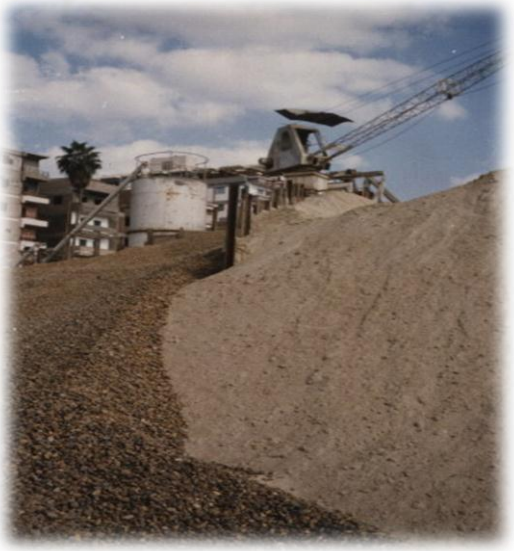
- **تشوين الأسمنت**:

يتم تشوين الأسمنت بوسيلة تحافظ عليه من العوامل الجوية مثل: الأمطار و الرطوبة و ألا يكون ملاصقا للأرض و ألا يزيد عدد الرصات عن عشر طبقات مع عدم استخدام أسمنت مضى على إنتاجه أكثر من ٣٠ يوم إلا بعد إجراء الاختبارات المعملية عليه.

و فيما يلي صورة لتوضيح التشوين السيء للأسمنت (الصورة اليمني) و كذلك صورة للتشوين الجيد.

- **تشوين الركام** :

يجب تشوين الركام الصغير و الكبير كل على حدة وبكيفية تجنبه التلوث و اختلاطه بأي مواد أخرى و طبقا للتدرج المحدد ، و يجب عمل أرضية صلبة جيدة الصرف لتشوين الركام حسب مقاساته المختلفة طبقا للتدرج الحبيبي المطلوب . و فيما يلي صورتين توضحان التشوين الجيد للركام.



- **تشوين صلب التسليح :**

يشون صلب التسليح بحيث يكون محميا من التعرض للصدأ و ألا يكون ملاصقا للارض بحيث الا يتعرض الى اى مواد تؤثر على تماسكه للخرسانه ويفضل اجراء تشكيل صلب التسليح قبل الاستعمال مباشرة . و فيما يلي صورتين توضحان التشوين السيء لحديد التسليح (على اليمين) و التشوين الصحيح.

- **تشوين الأخشاب :**

يتم تشوين الأخشاب في الموقع في المكان المخصص له و ذلك بترتيبه حسب النوع حتى يسهل استخدامه فيما بعد بسهولة و يسر و أيضا للحفاظ عليه من التلف. و فيما يلي صورة لتوضيح التشوين السيء للخشب (الصورة اليمنى) و كذلك التشوين الجيد.

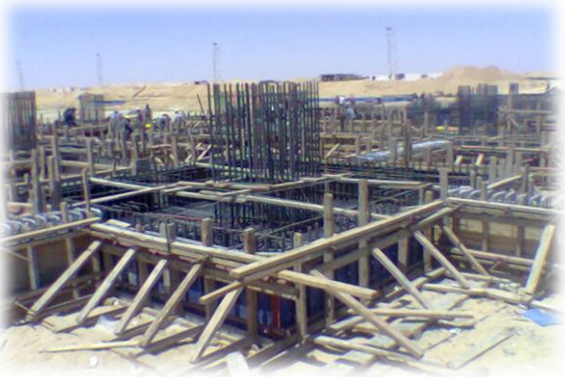
٥. ضبط الجودة في العمل بالموقع :

حتى تتم عملية ضبط الجودة فعليا و بأكمل وجه لابد من وجود ضوابط و تفتيشات و مراقبة دورية على كافة الأعمال التي تمت و التي ما زالت في طور التنفيذ و التخطيط المسبق للأعمال التي سيتم عملها مستقبلا . و من أهم هذه التفتيشات التفتيش الفني حيث يمكن تقسيم مراحل التفتيش الفنى فى اعمال

الخرسانه المسلحة إلى ثلاث مراحل : قبل الصب و أثناء الصب و بعد الصب. و ستناول فيما يلي أهم العمليات التى يجب أن يشتمل عليها التفتيش فى كل من هذه المراحل .

- **التفتيش قبل الصب الخرسانه:**
  - **الإشراف على الحفر:**
    - التأكد من مطابقة الحفر للمواصفات المنصوصة عليها من حيث عمق الحفر.
    - التأكد من وفره عدد الطلمبات اللازمه لنزح المياة الارضية.
    - التأكد من عدم وجود مواد غريبة قد تضر بالخرسانة بعد صبها.
    - يجب رش التربة بالماء قبل صب الخرسانة العادية للأساسات.
  - **الإشراف على الفرم والشدات:**
    - يجب التأكد من متانتها بحيث تتحمل الأحمال الموجودة عليها .
    - التأكد من أن الفرم المستخدمة من نوع جيد بحيث لا تمتص كمية كبيرة من مياه الخلطة الخرسانية عند صبها.
    - التأكد من وضعها بدقة بجانب بعضها للحصول على سطح خرساني مستوي .
    - التأكد من سلامة أبعاد الفرم الخشبية فى حالة تعرضها للشمس.

و هذه بعض الصور التي توضح جودة الفرم و الشدات المستخدمة لصب الخرسانة سواء للأسقف أو الأعمدة أو الأساسات :



- **الأشراف على حديد التسليح:**
  - التأكد من مطابقة حديد التسليح للرسومات التنفيذية من حيث الأطوال و الأقطار و الجنشات.
  - التأكد من وضع الأسياخ فى وضعها الصحيح.
  - التأكد من أماكن مد الأسياخ و قطعها.
- **الأشراف على الأسمنت:**
  - يلزم معرفة نوع الأسمنت المستخدم و المكان الذي جلب منه.
  - يلزم عمل الأختبارات القياسية لمعرفة زمن شك الأسمنت ومقاومته.
  - يلزم معرفة تاريخ انتاج الأسمنت وطريقه تخزينه .
  - يجب التأكد من مكان حفظ الأسمنت حتى لا يشك قبل استعماله .
- **الأشراف على الركام:**
  - يلزم التأكد من مطابقة الركام للتدرج الحبيبى المنصوص عليه بالمواصفات.
  - يجب العناية برش الزلط بالماء حتى لا يمتص جزءا من ماء الخلط.
  - يجب خلو الركام من المواد الناعمة حتى لا توثر على مقاومة الخرسانة.
- **الأشراف على ماء الخلط:**
  - التأكد أن ماء الخلط خالي من الشوائب و الأحماض و القلويات و الأملاح التى تضر بالخرسانة
  - يفضل استخدام الماء العذب فى الخلط.

• التفتيش أثناء صب الخرسانة

و يشمل التفتيش الفنى أثناء صب الخرسانة على ما يلى :

- **جودة ونسب مكونات الخلطة الخرسانية وتجانسها:**

يراعى عند صب الخرسانة ألا تتسبب فى عدم اتزان الشدة ، كما يجب اتخاذ الاحتياطات الآتية :

- يلزم صب الخرسانة بعد تمام خلطها مع مراعاة تجنب انفصال مكوناتها على ألا تزيد المدة بين إضافة ماء الخلط و صب الخرسانة على ٣٠ دقيقة فى الجو العادى الذي لا يتعدى درجة حرارته ٣٠ درجة مئوية فى الظل و ٢٠ دقيقة فى الجو الحار و يجوز استخدام الإضافات المناسبة عند الخلط بموافقة المهندس الاستشاري .
- يلزم عدم استخدام الخرسانة التى شكت أو تصلدت جزئيا أو لوثت بمواد غريبة.
- يلزم تحديد أماكن وصلات الإنشاء (أماكن ايقاف الصب) مسبقا قبل بدء الصب.
- فى حالة صب خرسانة بارتفاع كبير يراعى أن تصب على طبقات يتراوح سمكها بين ٣٠٠ – ٥٠٠ مم مع استعمال الهزاز الميكانيكي حتى يمكن دمك الخرسانة . و يراعى ألا يمضى أكثر من ٣٠ دقيقة فى الجو العادي أو ٢٠ دقيقة فى الجو الحار.
- فى حالة الأعمدة التى يتجاوز ارتفاعها ٢.٥مترا فلا يجوز صبها بكامل ارتفاعها و يجب تقسيم أحد جوانب القالب إلى أجزاء لا يتجاوز ارتفاعها ٢.٥مترا .
- اذا دعت الضرورة صب خرسانة تحت الماء و بدون عملية نزح المياه فيراعى أن تكون الخلطة الخرسانية قليلة الماء (مفلفلة).

- **دمك الخرسانة :**

- تتم عملية الدمك و الهز أثناء صب الخرسانة بطريقة تضمن انسياب الخلطة حول حديد التسليح و تستمر عملية الدمك حتى انتهاء الصب.
- يجب استخدام وسائل الدمك الميكانيكي بواسطة الهزازات الغاطسة داخل الخلطة أو الهزازات التى تثبت على السطح للفرم و الشدات.
- تتم عملية الدمك الميكانيكي بواسطة شخص متخصص مدرب بحيث يتوقف عن الدمك بمجرد ظهور فقاقيع الهواء.
- يراعى أثناء الهز أبعاد الهزاز الغاطس عن حديد التسليح.
- يراعى ألا يتسبب الصب و الدمك بأي حال من الأحوال فى إحداث قلقة فى كتلة الخرسانة السابق صبها أو زحزحة أسياخ التسليح.

و هذه صورة توضح استخدام الهزاز الميكانيكي في عملية الدمك للخرسانة

• التفتيش الفنى بعد صب الخرسانة :

- **معالجة الخرسانة و وقايتها:**

- يلزم معالجة الخرسانة بحيث تكون فى حالة رطبة تماما ابتداء من تصلد السطح بمدة لا تقل عن سبعة أيام فى حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى و لا تقل عن أربعة أيام فى حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد أو فى حالة استعمال إضافات معجلة و يتم ذلك برشها جيدا بالمياة الخالية من الأملاح أو المواد الضارة أو تغطية السطح بخيش أو رمل أو قش أو حصير أو بأى تغطية مناسبة مع حفظها فى حالة رطبة بالرش المستمر.
- يجب وقاية الخرسانة حديثة الصب من المطر و لجفاف السريع و ذلك بتغطيتها بأغطية مناسبة من وقت إنتهاء الصب إلى أن يصبح السطح صلدا.
- يجب ألا تتعرض الخرسانة المسلحة أثناء معالجتها لمياه تحتوى على أملاح ضارة تزيد عن المسموح بها.
- يجب ألا تتعرض الخرسانة لأي أحمال مثل ضغط الماء الجوفي أو ردم ترابي إلا بعد أن تصل مقاومة ضغط الخرسانةإألى المقاومة المطلوبة .
- فى حالة تعرض الخرسانات التى لم يمضى على صبها أكثر من سبع أيام لأحمال ناتجة عن كوارث طبيعية مثل الزلازل و السيول. فيجب التأكد من سلامة تجانس الخرسانة و الوصلات الإنشائية و عدم وجود شروخ.

- **فك الشدات والفرم :**

- يجب التأكد قبل فك الفرم من مقاومة الخرسانة قد وصلت إلى القدر الذى يحقق الأمان الكافي بعد الفك.
- يجب إزالة الشدات والفرم تدريجيا حتى تتحمل الخرسانة الأحمال الواقعة عليها تدريجيا.
- يجب ألا ينتج عن فك الفرم و الشدات حدوث عدم إتزان للمنشأ أو ترخيم أو شروخ غير مسموح بها.
- يجب ملاحظة الخرسانة أثناء إزالة الفرم من حيث استواء سطحها و عدم وجود شروخ.

٦. الأسباب التي تؤدى إلي فشل إدارة الجودة

- عدم وجود الوازع الديني و كذلك عدم وجود قيم و أخلاقيات حميدة يتحلى بها المسؤل عن العمل مثل سوء استغلال بعض الرؤساء و المديرون مناصبهم للكسب و التربح من مراكز وظائفهم حتى و لو كان هناك جهاز قوي من ضبط الجودة بالمؤسسة أو الشركة.
- عدم وجود الإلمام عند الموظفين بمفاهيم إدارة الجودة الشاملة.
- عدم وجود المنافسة في القطاع العام.
- عدم وجود حوافز سواء كانت مادية أو معنوية للعاملين من قبل إدارة الشركة.
- عدم توافر الإمكانيات المادية و بالتالي عجز برامج التدريب عن القيام بواجبها.
- عدم وجود برامج التدريب و الالتزام بها.
- عدم القيام بتشكيل ثقافة المنظمة من خلال تغير الأساليب الإدارية.
- عدم وجود تشجيع وتحفيز للعاملين في الإستمرار في برامج الجودة الشاملة.

٧. تنظيم و ضبط الجودة في صناعة الخرسانة

- **تعريف الخرسانة:**

الخرسانة عبارة عن خليط من الحصى الخشنة و الحصى الناعمة و الأسمنت و الماء بنسب معينة و قد يضاف إلى هذا الخليط مواد كيماوية أو لا يضاف حسب طبيعة العمل.

- **تعريف قوة الخرسانة:**

عندما تتصلب الخرسانة تصبح قوتها - إذا قيست بضغط مكعبات قياس ١٥٠×١٥٠مم بعد ٢٨ يوماً من صبها - ما بين ٤٢٠كجم/سم^{٢} إلى ٣٢٠ إلى ٢٦٥ إلى ٢١٠ إلى ١٤٠ إلى ٧٠ كجم/سم^{٢} حسب درجة الخرسانة و صنفها الذي قد يكون صنف (أ) أو (ب) أو (ج) أو (د) أو (هـ) أو (و) على التوالي.

- **أنواع الخرسانة:**

قد تكون الخرسانة عادية أو مسلحة و قد تكون سابقة الصب أو مصبوبة فى الموقع أو قد تكون مخلوطة في خلاطات في موقع الاستعمال أو فى خلاطات مركزية تنقل فى سيارات خاصة و قد تخلط فى الموقع بالأيدي العاملة أو بالخلاطات.

- **مراحل تصنيع الخرسانة:**

تمر الخرسانة أثناء عملية تصنيعها بمراحل متعددة من حيث تهيئة المواد و فحصها و تصميم الخلطة و تحديد مكوناتها و الخلط بالنسب المحددة و النقل و الضخ و الفرش و التشطيب.

- **ضبط الجودة:**

لابد من ضبط جودة كل مرحلة و تحديد نقاط المراقبة و التفتيش لتتم بشكل صحيح إذا أردنا خرسانة قوية تخدم طويلا و تحمى المستهلك و تنمي الاقتصاد القومي و كذلك الحصول على مقاومة عالية للضغط و التي تؤدي إلى تقليل كمية حديد التسليح في بعض الحالات مثل الأعمدة.

و لا يكفى أن تتحكم فى مرحلة واحدة أو مرحلتين و تهمل مراحل أخرى فالعناية و ضبط الجودة يجب أن تتما و تستمرا خلال كل المراحل المختلفة و يجب أن يكون الشخص القائم على مراقبة ضبط الجودة متفهما للخواص، فمثلاً إذا استعملنا مواد سيئة غير مطابقة للمواصفات فإننا سنحصل على خرسانة سيئة من أول مرحلة و إذا حصلنا على مواد جيدة و كانت نسبة الخلط غير مناسبة حصلنا على خرسانة سيئة أيضا و إذا كانت نسبة الخلط جيدة و زدنا فى كمية الماء حصلنا على خرسانة ضعيفة . و إذا تمت تهيئة المواد الجيدة و النسب الصحيحة و كمية الماء المناسبة و لكن لم نقم بصب الخرسانة فى الوقت المناسب و تأخرنا بالصب لما بعد الشك الابتدائي وقعنا في مشكلة.

من كل ذلك يتبين لنا بوضوح أننا إذا أردنا الحصول على خرسانة قوية جيدة مطابقة للمواصفات علينا أن نقوم بسلسلة من الخطوات بالتدريج وبعناية و ألا نهمل أي خطوة.

- **أهمية ضبط جودة الخرسانة:**

تكمن أهمية ضبط جودة الخرسانة في رغبتنا في الحصل على خرسانة قوية و بالقوة المطلوبة حتى نضمن الإنشاءات السليمة . و حتى نحقق توفيراً في المواد و نستعمل المواد المناسبة فى العمل المناسب. فمثلاً إذا أردنا أن نبنى بناء من الخرسانة ولا نريد لهذا البناء أن ينهار فيجب أن نتأكد أن الخرسانة المطلوبة بموجب المواصفات أي أننا نريد أن تكون أعمدة هذا المبنى أو سقفه من خرسانة بمقاومة مميزة تزيد عن ٢٥٠كجم/سم^{٢} عندما يتم فحص مكعبات من هذه الخرسانة بعد ٢٨ يوماً.

ونحن نقوم بالدفع للمقاول على أساس أن يتم انتاج خرسانة بهذه القوة ولذلك نريد التأكد من حصولنا على حقنا كاملاً بالرغم من أن الخرسانة بمقاومة مميزة مقدارها ٢٠٠كجم/سم^{٢} مثلاً تكون مناسبة و لكن لا تتوفر فيها الشروط المطلوبة .

و بذلك يفيدنا ضبط الجودة فى استعمال المواد المتوفرة حتى و لو لم تكن جميعها من نوعية واحدة حيث يمكن استعمال المواد الجيدة للخرسانة الجيدة و للخرسانة القوية و استعمال الأنواع الأقل جودة لصنع الخرسانة غير المسلحة أو الطوب الأسمنتي.

- **مراحل تصنيع الخرسانة:**

تمر الخرسانة أثناء عملية تصنيعها بمراحل متعددة من حيث تهيئة المواد و فحصها و تصميم الخلطة و تحديد مكوناتها و الخلط بالنسب المحددة و النقل و الضخ و الفرش و التشطيب.

- **أسباب تدنى نوعية الخرسانة:**

ذكرنا سابقاً أن نوعية الخرسانة قد أخذت بالتدني و أن تدنى نوعية الخرسانة يؤدى إلى تهديد المنشآت و تلفها و تعريض المواطنين للخطر نتيجة انهيارها. و هذا التدني يؤدى إلى خسارة فى الاقتصاد لأن المنشآت تتشقق و تتلف و يلزم هدمها وإعادة إنشاؤها.

و لابد من التعرف على عوامل تدنى نوعية الخرسانة حتى نستطيع أن نحدد النقاط التي تلعب دوراً فى ذلك لكي نضبط الأمور ونتحكم بها لكي نحصل على خرسانة جيدة وهذه العوامل هي الماء و الركام و الأسمنت و عملية الخلط و تصميم الخلطة الخرسانية و الإضافات . و فيما يلي شرح موجز لكل عامل من هذه العوامل :

١. **الماء**

تحتاج الخلطة الخرسانية إلى كمية من الماء لحدوث التفاعل بين الماء و الأسمنت و إذا زاد الماء عن الحد المطلوب ضعفت الخرسانة و تسرب الماء حاملاً معه الأسمنت كما تحدث زيادة مسامات كثيرة فى الخرسانة بعد جفافها و هذه تضعف الخرسانة و تقلل من مقاومتها للتآكل و العوامل الجوية و تعرضها للنفاذية كما أن زيادة الماء إلى انفصال الأجزاء الخشنة عن الناعمة. و يؤثر الماء غير النظيف الحاوي لمواد ضارة على الخرسانة و يضعفها و يؤدى إلى صدأ الحديد و بالتالي ضعفه و انهيار المباني.

٢. **الركام**

إن الركام الطرى سهل التآكل و يمتص المياه بكثرة و يتفتت و يحوى المواد الفاسدة و الشوائب و بالتالي تضعف الخرسانة كما أن الركام ذو الوزن النوعي المنخفض و الضعيف و السهل التهشيم و المفلطح و المبسط و ذو السطوح الناعمة تضعف الخرسانة.

و من ناحية أخرى فإن الركام المتدرج تدرجاً منتظماً يزيد من القوة و العكس بالعكس و لذلك يجب الاهتمام بالتدرج كما يجب الاهتمام بالحجم المقاسي الاعتباري لأقصى حجم حيث يجب ألا يزيد عن ٣٧.٥ مم.

و قد وجد أن هذا الحجم يعتبر الحجم المثالي للقوة و إذا نقص نقصت القوة و إذا زاد عن ذلك نقصت القوة أيضاً. من هذا يتبين أن نوعية الركام و قوته و نظافته و تدرجه من العوامل المهمة الواجب الاهتمام بها فى الخرسانة.

٣. الأسمنت

يؤثر كلا من نوع و كمية الأسمنت فى قوة الخرسانة فإذا كان الأسمنت مطابقاً للمواصفات من حيث النعومة و المحتويات و خالياً من الرطوبة والمواد الضارة زادت القوة و إذا كان الأسمنت رطباً غير مطابق للمواصفات انخفضت القوة.

أما من ناحية كمية الأسمنت و ضرورة تواجده بالكمية المناسبة للخلطة فهو أمر ضروري لضمان القوة اللازمة . و لذلك يجب فحص الأسمنت و التأكد من الحصول على النعومة و التركيب الكيماوي و المحتويات اللازمة و يجب التأكد من وجوده في مخازن بعيدة عن الرطوبة كما يجب حمايته من الاختلاط بالمواد الضارة والشوائب.

٤. عملية الخلط

تؤثر عملية الخلط فى قوة الخرسانة لذلك يجب خلط المواد المحافظة على تجانس الخليط و خلطه خلطاً جيداً مناسباً بحيث تغطى كافة حبيبات الخلطة بالأسمنت .

٥. تصميم الخلطة الخرسانية

تصميم الخلطة الخرسانية و ضرورة خلط المواد بالنسب المقررة و المناسبة بشكل تكون فيه كميات الأسمنت و الركام (من خشن و ناعم) و الماء و المواد المضافة الأخرى حسب التصميم المناسب .

هذا ما يعبر عنه بتصميم الخلطة أي وضع و خلط الكميات المناسبة من كل نوع حسب أسس عملية صحيحة.

٦. الإضافات :

وهى التي تضاف إما لتسريع التفاعل أو تبطئته أو لزيادة القوة أو لمنع التجمد أو لإطلاق الهواء أو لزيادة الإنسيابية أو لخفض الحرارة أو لأي سبب أخر.

إن هذه المواد تؤثر على القوة والنوعية ، فإذا وضعت بالكميات المناسبة و حسب الأصول و تم التحكم فيها أعطت النتائج المرجوة و العكس بالعكس.

- **العناصر الأساسية لضبط الجودة :**

حتى نتمكن من ضبط جودة المنتج لابد من القيام بالخطوات التالية :

١. ضبط جودة التصميم.
٢. ضبط جودة المواد الأولية.
٣. عناصر ضبط جودة المواد.
٤. ضبط جودة المنتج.
٥. عناصر لضبط الجودة فى الإنتاج.
٦. ضبط جودة الخرسانة.

٧. إجراء دراسات خاصة بالعملية الإنتاجية.

و فيما يلي سرد بشيء من التفصيل لكل جزء على حدة :

١. ضبط جودة التصميم :

قبل أن نباشر بتصنيع أية سلعة لابد من إعداد التصميم اللازم لإنتاجها و لابد أن يكون هذا التصميم مضبوطاً و جيداً و إلا تكون العملية من الأساس خاطئة.

ففي الخرسانة لابد من عمل الحسابات اللازمة و التصميمات لمعرفة أحسن النسب الواجب أخذها من كل مادة من المواد التي تدخل في تركيب الخرسانة حتى إذا تم خلطها مع بعضها تحت ظروف معينة تمكننا من الحصول على الخرسانة المطلوبة التي تحقق لنا القوة المطلوبة والخواص المقبولة ، أي لابد من معرفة كميات الركام الخشن و الناعم و الأسمنت و الماء و المواد المضافة بدقة لكي نحصل على الخرسانة المطلوبة .

هناك عدة طرق لتصميم الخرسانة و يجب إتباع الطريقة التي تتناسب مع المواد المحلية و القدرات و طبيعة العمل و العمال و الفنيين و وسائل النقل و الخلط و الفرش و الدمك.

ثم لابد من عمل تجارب تطبيقية التي يطبق فيها المصمم نتائج التصميم لكي يحصل فعلاً عما ما هو مطلوب جراء تصميمه . و إذا حصل على المطلوب اعتبر ناجحاً في عمله و إلا فعليه تعديل التصميم لكي يحصل على المطلوب ليكون مقبولا.

٢. ضبط جودة المواد الأولية :

عند وضع التصميم نضع بعين الاعتبار أن المواد المنوى استعمالها مواد جيدة مطابقة للمواصفات كما نضع بالاعتبار أن هذه المواد ستبقى جيدة و مطابقة طيلة فترة الإنتاج.

لذلك لابد من الاهتمام بالمواد الداخلة فى الإنتاج. و في الواقع إن ضبط جودة المواد الأولية من الأعمال الهامة فلا فائدة من تصميم جيد إذا استعملنا مواد رديئة. و لذلك يجب فحص المواد باستمرار و ضمان جودتها و تخزينها بأسلوب عملي و المحافظة عليها قبل و أثناء استعمالها.

٣. عناصر ضبط جودة المواد :

الخطوات الواجب مراعاتها عند اختيار و طلب المواد المستخدمة:

- تحديد المواد المطلوبة.
- إعداد المواصفات اللازمة.
- إجراء تحليل دقيق لعملية الشراء واختيار أنسب الموردين.
- إصدار أوامر الشراء اللازمة.
- البقاء على اتصال مع الموردين أثناء عملية التصنيع.
- استلام المواد.
- فحص المواد.
- تخزين المواد.

- إعداد السجلات اللازمة للمتابعة.

٤. ضبط جودة المنتج من الخلطة الخرسانية :

إن ضبط جودة المنتج يعني التحكم فى جودته أثناء عمليات التصنيع المختلفة و ذلك للتأكد من مطابقته للمواصفات الموضوعة و اتخاذ الإجراءات الفورية فى حالة وجود أي اختلافات عن هذه المواصفات.

٥. عناصر لضبط الجودة فى الإنتاج :

- دراسة أوامر التشغيل .
- اتخاذ الخطوات اللازمة لوضعها موضع التنفيذ .
- مراقبة الإنتاج خلال عملية التصنيع وإجراء الفحوصات للتأكد من المطابقة .
- الموافقة النهائية للمنتج .
- التعبئة و التغليف و الشحن .
- إجراء التصحيحات اللازمة .

٦. ضبط جودة الخرسانة :

إذا نظرنا إلى صناعة الخرسانة و ضبط جودة المنتج فيها نستطيع أن نطبق هذه العناصر كما يلي :

- هناك الأوامر و الطلبات التي تحدد المطلوب و هو خلطة خرسانية بقوة محددة لتستعمل فى عمل معين. تتم دراسة الطلب و إجراء التصميم اللازم لتنفيذ المطلوب و تحديد العناصر و الكميات اللازمة و هذه هي الإجراءات اللازمة للتنفيذ.
- ينفذ المطلوب في المصنع حيث تتوفر المواد الأولية في الخزانات و تتوفر الخلاطات المركزية أو الخلاطات المتحركة.
- تراقب عملية الإنتاج من وزن المواد و خلطها ثم أخذ عينات منها للتأكد من مطابقتها للمواصفات فإذا طابقت و تمت الموافقة عليها يتم شحنها إلى موقع الصب. و هناك يتم أخذ عينات و إجراء الفحوصات و استلام التعليقات و إذا تبين أن هناك خللاً يتم إجراء التصحيحات اللازمة.

٧. إجراء الدراسات الخاصة بالعملية الإنتاجية :

لا يكفى لجودة التصنيع أن يتم تخزين المواد الأولية و ضبط جودتها و جودة تصميمها فقط بل لا بد من القيام بالأبحاث و الدراسات و الاختبارات و جمع المعلومات اللازمة و إجراء التحليل اللازم من أجل الإلمام بالعملية الكاملة.

و من أجل التعرف على أسباب العيوب إن ظهرت فهناك مصانع تنتج منتجاتها و تستمر فى الإنتاج دون الاهتمام بإجراء دراسة على منتجاتها و فجأة تأتيها شكاوى من المستهلكين أن منتجاتها تعانى من خلل و فشل فتبدأ المؤسسة بالدراسة محاولة أن تكتشف أسباب و مصادر الخلل وتبذل مجهودات كبيرة في إعادة الدراسة حتى تكتشف الخلل . و من هذه الدراسات :

- التنسيق الكامل للجهود المبذولة أثناء العملية الإنتاجية بين جميع الأقسام المختلفة .
- استخدام أفضل الوسائل الفنية المتاحة و ذلك لإجراء المعالجة الفنية المناسبة و إيجاد الحلول المناسبة .
- العمل باستمرار فى مجال التطوير والبحث .
- الاستفادة من آراء المستفيدين والمستهلكين .
- الاطلاع باستمرار على ما يجد فى هذه الصناعة من تطورات واعتمادها .

٨. <u>العوامل التى تؤثر فى جودة الإنتاج :</u>

- **العرض والطلب :**

وهذه تلعب دوراً مزدوجاً. فإذا قل الطلب فقد لا يهتم المصنع بتحسين الجودة وإذا كثر الطلب فقد يحسن النوعية ولكن إذا وجد أن الطلب كثير قد يغريه الربح بزيادة الإنتاج على حساب النوعية .

- **الأيدي العاملة المتخصصة المدربة والحاجة إليها:**

لقد أصاب البلاد العربية نقصاً فى هذه الأيدي بسبب هجرتها مما أدى إلى خفض الجودة كما أن التدريب أصبح مهماً لسد النقص و لرفع كفاءة و قدرة هذه الأيدي .

- **المواد الأولية :**

تلعب المواد الأولية دوراً هاماً فى الجودة وعدمها فالمواد الجيدة تنتج منتجات جيدة إذا أحسن استعمالها. كما أن المواد المناسبة التي تستعمل في العمل المناسب تساهم فى ضبط الجودة ورفع مستواها.

- **الأموال :**

لابد من توافر الأموال اللازمة لضبط جودة الإنتاج سواء كانت هذه للمواد اللازمة للتصنيع أو للاختبارات أو للتحكم كما أن الأموال ضرورية لدعم البحث و التطوير اللازم لرفع نوعية الإنتاج .

- **الإدارة :**

تلعب الإدارة الآن دوراً هاماً في تحسين نوعية الإنتاج فإذا وجد نظام أو تنظيم إداري قادر و فعال فإن بإمكانه أن يطور و يحسن .

٨. تنظيم الجودة داخل المصنع

عندما نتحدث عن ضبط الجودة فإننا نعنى ضبط جودة الخرسانة التي تستعمل إما في داخل المصنع نفسه في تصنيع المنتجات الخرسانية كالأعمدة الخرسانية أو القطع الجاهزة و الأنابيب و البيوت الجاهزة و غيرها أو الخرسانة التي تنقل خارج المصنع و تستعمل فى الورش أو السدود أو المباني أو الطرق حيث يتم نقل هذه الخرسانة بالخلاطات المتحركة أو بالشاحنات الهزازة.

- **تنظيم ضبط الجودة داخل المصنع :**

يعرف التنظيم بأنه تحديد المهام الواجب القيام بها و تحديد الأشخاص المسؤولين عن القيام بهذه المهام و تشمل عملية التنظيم :

- تحديد العوامل الخاصة بالجودة وتحديد مسؤولية الأقسام المختلفة تجاه هذه العوامل.
- تحديد المهام الواجب القيام بها بالنسبة لأنشطة الجودة المختلفة.
- تقسيم العمل الكلى إلى مجموعات صغيرة تسمى كل منها بالوظيفة.
- تحديد المسؤوليات والصلاحيات لكل وظيفة.
- تحديد العلاقة بين الوظائف.

- **أسس التنظيم :**

تشمل أسس التنظيم غالباً العناصر التالية :

١. الهيكل التنظيمي :

وهو عبارة عن مخطط هيكلي يبين في خطوطه الصلاحيات و المسؤوليات التي تربط بين الوظائف و كذلك تسلسلها من القمة إلى القاعدة.

٢. الوصف الوظيفي :

الذي يتضمن المسؤوليات و الصلاحيات المعطاة لكل وظيفة و كذلك علاقتها مع الوظائف المختلفة.

٣. متطلبات الوظيفة :

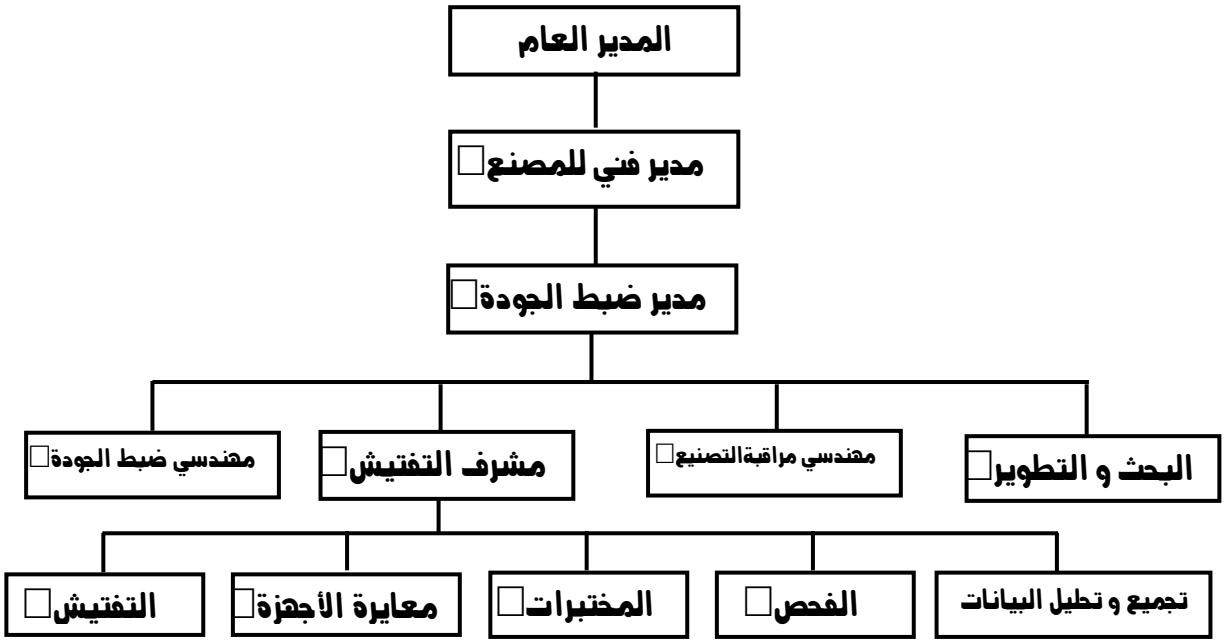
و تحدد الاشتراطات و الخصائص الواجب توافرها فى شاغل تلك الوظيفة.

- **مسئولية الإدارة العليا في التنظيم :**

مهما اختلف تنظيم ضبط الجودة حسب ظروف كل مصنع فلابد أن تبقى مسؤولية الإدارة العليا منحصرة فى رسم السياسات الواضحة و إعداد الهيكل التنفيذي القادر على تنفيذ خطة الشركة و وضع نظام لمراقبة و مراجعة جودة المنتج النهائي و اتخاذ الإجراءات اللازمة للتصحيح و تشجيع البحث و التطوير من أجل تحسين المنتج النهائي.

- **الهيكل التنظيمي لضبط الجودة :**

لقد مر تنظيم ضبط الجودة فى صناعة الخرسانة في مراحل متعددة و انتقل من المرحلة التي كان فيها التنظيم ضيقاً و محدوداً و لا يشمل إلا بضعة أقسام و توسع بعد ذلك ليتشعب ويشمل أقساماً كثيرة متعددة حيث دخل التفتيش و التدريب و المختبرات فى التنظيم كما تطور قسم ضبط الجودة من مجرد قسم صغير فى هيكل تنظيمي إلى تنظيم متكامل قائم بحد ذاته . و فيما يلي رسم تخطيطي للهيكل التنظيمي النفترض وجوده داخل أي مصنع.



شكل يوضح الهيكل التنظيمي للمصنع

هذا و يعتمد الهيكل التنظيمي للمصنع و دائرة ضبط الجودة على حجم المصنع حيث أن هناك المصانع الصغيرة أو المتوسطة أو الكبيرة الحجم و ينبع الهيكل أساساً من المهام الموكلة لقسم ضبط الجودة .

يجرى ضبط الجودة داخليا للتأكد من تحقيق الاشتراطات المطلوبة و يجب أن يقوم بتنفيذه متخصصون على دراية كافية ؛ و عادة ما يكون المسئول عن تنفيذ بنود ضبط الجودة من الاخصائيين المسئولين عن المشروع.

- **الخصائص الواجب توافرها فى مهندس ضبط الجودة :**

١. القدرة على تحمل المسئولية .
٢. القدرة على التفكير فى موقع العمل بهدوء و حذر و رؤية شاملة.
٣. الجرأة فى التعبير عن رأية كتابة أو شفاهية.
٤. القدرة على التعاون مع الناس ذوى الأراء و المستويات المختلفة.
٥. القدرة على التعرف على المشاكل و حلها بسهولة و ذكاء.
٦. القدرة على التعلم المستمر لملاحقة التطور المستمر الدائم لفروع العلم.
٧. القدرة على اتخاذ القرارات المسئولة.

- **مهام مهندس ضبط الجودة:** –

١. مراجعة الرسومات التنفيذية للمشروع (انشائية – معمارية – صحية – كهربائية – ميكانيكية) للتأكد من عدم مخالفتها للمواصفات.

٢. وضع أى ملاحظات على الرسومات التنفيذية بهدف الرجوع الى الاستشارى.

٣. حساب كميات الأعمال المطلوبة.

٤. اختيار الأنواع المناسبة من المواد لكى تفى المواصفات.

٥. التأكد من مطابقة المواد للمواصفات.

٦. تخطيط الموقع بما يناسب ظروف العمل داخل المشروع بمعرفة المهندس المقاول.

٧. التأكد من اعمال الشدة الخشبية و مطابقة الأعمال للمواصفات قبل الصب.

- **مهام قسم ضبط الجودة :**

١. العناية بالمواد الأولية و تخزينها و فحصها.

٢. مراقبة عمليات التصنيع فى مختلف مراحلها و أخذ عينات و فحصها حتى الوصول إلى المنتج النهائي.

٣. الاهتمام بأجهزة و معدات المصنع و معايرتها و إبقائها صالحة.

٤. التنسيق مع أقسام المصنع لتلافى العيوب وإجراء التصحيح.

٥. جمع المعلومات و التعرف على العيوب.

٦. التأكد من إجراء الفحوصات المختلفة.

٧. إعداد المواصفات وتطبيقها.

٨. إعداد البرامج التدريبية لتأهيل الكوادر.

٩. أية أمور أخرى لازمة لإكمال العمل.

- **علاقة دائرة ضبط الجودة مع الدوائر الأخرى :**

إذا كنا نتحدث عن مصنع للخرسانة فإن هناك كما بينا فى الهيكل التنظيمي أقساماً أخرى كقسم التصميم و قسم المشتريات و قسم المبيعات و لابد من تنظيم علاقات دائرة ضبط الجودة بالدوائر الأخرى فمثلاً :

إن قسم ضبط الجودة لا يمكنه أن يضبط جودة منتجاته إذا كان قسم المشتريات يشترى له المواد الرديئة لذلك لابد من التنسيق مع دائرة المشتريات و القيام بإعداد المواصفات اللازمة للمواد المطلوبة.

لابد لدائرة الجودة مثلاً أن تكون على علم بما يجرى فى دائرة التصميم و على تنسيق معها خاصة عند بحث إدخال تصميمات جديدة أو إجراء تعديلات أو تغييرات على المنتجات نتيجة ظهور عيوب أو ظهور صعوبات فى الإنتاج .

لابد من تطوير العلاقة و تقويتها مع دوائر المبيعات و الخدمات خاصة عندما ترد شكاوى المستهلكين حتى نتأكد عما إذا كانت هذه الشكاوى ناتجة عن سوء الإنتاج أم من إساءة استعمال المنتج من قبل المستهلك أو أن هناك عيوباً ظاهرياً فى التصميم أو عيوباً ناتجة عن التصنيع أو غيرها.

٩. ضبط جودة المواد داخل المصنع

• المواد الأولية فى الخرسانة :

إذا أردنا الحصول على خرسانة متجانسة و قوية و محققة للأهداف فأنه لابد من ضبط جودة المواد الأولية و هي الركام الخشن ، الركام الناعم ، الأسمنت ، الماء ، الإضافات. و تتم عملية ضبط جودة المواد في مواقع الإنتاج لهذه المواد و أثناء تحضيرها و نقلها و تخزينها فى المصنع و مناولتها حتى وضعها فى الخلاطات في مصنع الخرسانة و المباشرة بتصنيعها.

• ضبط جودة تصنيع الأسمنت :

تتطلب عملية التصنيع رقابة جيدة في كافة المراحل كما يلي :

١. تهيئة المواد الأولية :

حيث يجب أن تكون المواد الأولية خالية من الشوائب و يجب غسل الطين إذا اقتضى الأمر و تحليل هذه المواد لمعرفة مكوناتها و التأكد من أنها مطابقة للمطلوب .

٢. طحن المواد الأولية :

يجب فحص المواد بعض طحنها للتأكد من مكوناتها و يجب التأكد من أن خليط المواد مطابق للمواصفات و إجراء التصحيح اللازم.

٣. طحن الكلنكر وإضافة الجبس إليه :

و التأكد من نعومة الأسمنت و وجود الجبس بالنسب المطلوبة دون زيادة أو نقص .

٤. التعبئة والنقل :

يجب العناية بطرق التعبئة و حماية الأسمنت من التلوث و أن ينقل و يخزن فى أماكن مناسبة بعيدة عن الرطوبة و مناسبة من حيث درجة الحرارة. و يجب أن يتم رص أكياس الأسمنت بجانب بعضها دون ترك فراغات حتى لا يتحرك الهواء بينها.

٥. تخزين الأسمنت :

تتبع الإرشادات التالية عند تخزين الأسمنت :

- التخزين يتم داخل مستودعات أو صوامع محكمة الإغلاق و بشكل يضمن عدم تسرب الرطوبة إليه .
- ترتب الإرساليات المختلفة في أكياس و بطريقة يسهل تمييز الإرساليات المختلفة على أن يتم إخراج الإرساليات من المستودعات و استخدامها بنفس ترتيب إدخالها.
- يسجل تاريخ الإنتاج و تاريخ التوريد إلى الموقع لكل إرسالية و يفضل وضع لافتات خاصة لكل إرسالية مبيناً عليها تلك التواريخ .
- تكدس أكياس الأسمنت على سقائف خشبية مرتفعة عن مستوى أرضية المستودع بما لا يقل عن ١٠٠مم.

- يحظر استخدام الأسمنت السائب بعد مرور ٦ أشهر من تاريخ إنتاجه كما يحظر استخدام الأسمنت المعبأ بأكياس بعد مرور ٣ أشهر من تاريخ إنتاجه إلا إذا أثبت الفحص المخبري بأن ذلك الأسمنت ما يزل صالحاً للاستعمال و مطابقاً للمواصفات .
- يحظر إطلاقاً استخدام الأسمنت التي تظهر عليه آثار الترطيب مهما كانت فترة التخزين .
- يجب حماية الأسمنت من الحرارة العالية وتغطيته و وقايته من الشمس كما يجب حماية الأسمنت من الصقيع و الطقس البارد.
- يجب حماية الأسمنت حيث لابد أن تكون أكياس الأسمنت بعيدة عن جدران المستودع بما لا يقل عن ١٥٠ مم.

• ضبط جودة الركام:

يتكون الركام بصورة عامة من حبيبات صخرية متدرجة في الحجم منها حبيبات صغيرة كالرمل و حبيبات كبيرة كالزلط.

و لنوعية وخواص الركام تأثير كبير على خواص الخرسانة و نوعيتها لكون الركام يشغل حوالي ٧٠-٨٠٪ من الحجم الكلى للخرسانة. و الركام هو الذي يعطى الخرسانة استقراريتها و مقاومتها للقوى الخارجية و الأحمال و التآكل و الرياح و العوامل الجوية.

وبهذا فإن الركام يعطى الخرسانة متانة أفضل مما لو استعمل الأسمنت وحده كما أنه يوفر من الناحية الاقتصادية حيث أن الركام أرخص المواد المستعملة فى الكتلة الخرسانية.

و أثناء التكسير و المناولة و التخزين لابد من مراعاة التالي :

- إذا كان الركام المكسر يسقط من الكسارة يجب تهيئة مجرى أو ممر واسع و مغطى لمنع تطاير الأجزاء الناعمة بتأثير الرياح .
- يجب فصل الركام الخشن عن الناعم للحصول على نتائج منتظمة .
- يجب فصل الركام الخشن إلى مجموعات بحيث يصل أقصى حجم فى كل مجموعة إلى ضعف أدنى حجم فى تلك المجموعة.
- تستعمل في الكسارات المناخل الثابتة و المائلة أو الأفقية الهزازة و الأخيرة هي أحسن الأنواع .
- يتم تخزين الركام على أرضية قاسية أو أرضية خرسانية مائلة للمساعدة على تصريف الماء على أن تبقى مسافة بين الأحجام المختلفة أو نضع حواجز بينهم.
- يكون الركام على شكل طبقات أفقية أو مائلة قليلاً ويجب تجنب التكويم بالقذف من ارتفاع عالي.
- يستحسن ترك أخر نصف متر من أسفل الأكوام من الرمل الناعم دون استعمال حتى يعمل كمصفاه للجزء العلوي لأن الرمل الناعم خاصة الذي يتم غسله يحتاج إلى مدة يومين أو أكثر لتصريف المياه ولتخفيض نسبة الرطوبة فيه إلى محتوى ثابت فى حدود ٨٪
- يمكن إزالة المواد التي تتجمع في الحصى الخشنة إما بالنخل أو بالغسل.

• ضبط جودة الماء:

- يكون الماء المستعمل فى الخلطة الخرسانية خالياً من المواد الضارة مثل الزيوت و الشحوم و الأملاح و الأحماض و القلويات و المواد العضوية الفلين و المواد الناعمة سواء كانت ذاتية أو معلقة و خلافها من المواد التي يكون لها تأثير عكسي على الخرسانة من حيث قوة الكسر و المتانة.

- يعتبر الماء الصافي الصالح للشرب صالحاً لخلط الخرسانة.
- يسمح استعمال الماء غير الصالح للشرب فى حالة عدم توافر الماء الصالح للشرب على ألا يزيد تركيز الشوائب على المسموح به .
- يحظر استعمال الماء غير الصالح للشرب فى خلط الخرسانة إلا بعد أن يثبت عملياً بأن مقاومة المكعبات الذي جرى خلطة بالماء غير الصالح للشرب يساوى على الأقل ٩٠٪ من مقاومة نظيراتها و التي جرى تحضيرها باستعمال ماء صالح للشرب وذلك عند عمر ٧ أيام و عند ٢٨ يوم.
- يجرى تصميم الخلطة الخرسانية فى المعمل باستعمال نفس الماء غير الصالح للشرب و الذي سيجرى استخدامه في الخلاطات الخرسانية.
- يحظر استعمال المياه التي تحتوى على شوارد الكلوريدات و ذلك فى الخرسانة السابقة الإجهاد أو في الأجزاء الخرسانية التي تحتوى بداخلها تركيبات أو لوازم مصنوعة من الألومنيوم.
- يجب حماية خزانات الماء من الحرارة العالية و دهنها باللون الأبيض لمنع ارتفاع حرارتها و كذلك حمايتها أثناء الصقيع البارد من التجمد.

• ضبط جودة الإضافات :

- تورد الإضافات للموقع ضمن عبواتها الأصلية المختومة أو المدموغة باسم الشركة المصنعة و علامتها التجارية و نوع المادة و استعمالها و تاريخ الإنتاج و تاريخ انتهاء الصلاحية و طريقة الاستعمال.
- تضاف الإضافات التي على شكل مسحوق بالوزن . أما الإضافات التي على شكل سائل أو معجون فتضاف بالوزن أو بالحجم مع استعمال الأدوات الناسبة لذلك.
- لا يسمح بتفاوت فى كمية الإضافات المضافة إلى الخرسانة يتجاوز ±٣ ٪ عند إضافتها بالوزن أو ٣٠ مليلتراً أيهما أكبر عند إضافتها بالحجم.
- عند استخدام الإضافات على هيئة مسحوق يتوجب أولاً إذابتها بالماء حسب الطريقة الموصى بها من قبل الشركة المصنعة على أن تحسب كمية الماء تلك ضمن كمية الماء المقدرة للخلطة.
- يحظر إضافة الإضافات إلى خليط الركام والأسمنت الجاف وإنما يتوجب إضافة ماء الخلط أولاً ثم الإضافات .
- يراعى المحافظة على أن يكون توقيت إضافة الإضافات (بعد إضافة ماء الخلط) إلى الخلطة الخرسانية ثابتاً لكافة الخلطات.
- الإضافات هي مواد تضاف إلى خلطات الخرسانة أو الماء أو الحصى أو الأسمنت بنسب قليلة تتراوح ما بين ١ - ٢ ٪ من الأسمنت بهدف تعديل خواص الخرسانة و ليس بهدف التغلب على عيوب في الخرسانة حيث يجب أن تكون الخرسانة جيدة التصميم و أن تستعمل المواد الجيدة و لا يعتمد على الإضافات في تعديل خواص أساسية.
- يجب استعمال الإضافات بحذر شديد و عند الضرورة القصوى و بكميات قليلة وحسب إرشادات الشركة المصنعة. إن بعض الإضافات تعطى خواص مطلوبة و لكنها تضر بالخرسانة من ناحية أخرى، فكلوريد الكالسيوم مثلاً يساعد على تسريع التفاعل و لكنه يتسبب في صدأ الحديد و يزيد من التقلص و الزحف و يقلل من مقدرة الخرسانة على مقاومة الكبريتات لذلك يجب اتباع ما يلي:-
  - يسمح باستعمال الإضافات فى الخرسانة بموافقة المهندس المسؤول عن التصنيع و يجب على المهندس أن يوافق أيضاً على الكمية المستعملة و طريقة الاستعمال.
  - يتوجب عدم استعمال الإضافات إلا بعد الدراسة الوافية المتكاملة حيث يتوجب التأكد من صلاحيتها بخلطات تجريبية.

- تراعى ملاحظة أن بعض الإضافات تحتوى على مواد كيميائية عالية الفاعلية و التي قد ينتج عن استعمالها بعض الخواص الضارة بالإضافة إلى الخواص التي استعملت من أجلها.
- تراعى ملاحظة أن سلوك الإضافات عند استعمالها مع نوع محدد من الأسمنت قد يختلف عن سلوكها عند استعمالها مع نوع أخر و عليه يتوجب إجراء جميع الفحوصات و الاختبارات لتحديد سلوك الإضافات باستخدام نوع الأسمنت المستعمل.
- يحظر استعمال أكثر من نوع واحد من الإضافات في الخلطة الواحدة إلا بعد استشارة الشركة المصنعة و صدور توصية بذلك من معمل معتمد.

أغراض استعمال الإضافات :

- تحسين قابلية التشغيل.
- تعجيل التجمد أو التصلب .
- إبطاء عملية التجمد أو التصلب.
- تقليل الحرارة المنطلقة.
- تقليل النضح أو النـزف.
- تقليل التقلص أثناء التصلب.
- إنتاج خرسانة خفيفة .
- تحسين مقاومة التآكل.
- تخفيض الماء اللازم لعملية التفاعل .
- تحسين المتانة .
- تقليل نفاذية الخرسانة.
- منع صدأ الحديد.
- تقليل التمدد الناتج عن تفاعل القلويات.
- زيادة الربط بين الخرسانة والحديد.
- طرد الماء .

• ضبط جودة الخرسانة:

بعد أن يتم فحص المواد الأولية و التأكد من صلاحيتها و من مطابقة هذه المواد للمواصفات و هي الركام الخشن و الناعم و الماء و الأسمنت و الإضافات يتم عمل تصميم للخلطة الخرسانية أي تعين كمية كل مادة من المواد اللازمة للحصول على خلطة خرسانية ذات خواص محددة .

و هناك عدة عوامل تؤثر على التصميم كشكل الركام وحجمه و تدرجه و طبيعة العمل و التشغيل و توفر المواد و درجات الحرارة إلا أننا أثناء التصميم نأخذ بعين الاعتبار أن يتم تحديد المكونات بحيث تغطى كل حبات الركام بالأسمنت و بحيث تعطى الخرسانة القوة المطلوبة و اللدونة اللازمة و أن تكون غير منفذة للماء و متينة و قوية .

يتم تصميم الخلطات الخرسانية من قبل معمل معتمد و ذلك بناء على الاعتبارات التالية:

- المقاومة المميزة ودرجة التشغيل مع الالتزام بمحتوى الأسمنت الأدنى و نسبة الأسمنت إلى الماء القصوى.
- يتم أولاً تحديد نسب خلط المقاسات المختلفة للركام حسب توريدها الموقع للحصول على التدرج الحبيبي الأمثل .
- يسمح باستعمال الإضافات في تصميم الخلطات الخرسانية مع مراعاة التحذيرات المذكورة سابقاً .
- تصمم الخلطات لمقاومة متوسطة للكسر تزيد عن المقاومة المميزة بالنسبة التي يحددها المعمل و ذلك حسب طرق الخلطة المتبعة في الموقع ومستوى ضبط الجودة .
- يتم التحقق من تصميم الخلطة فى المعمل بعمل ٦ نماذج فحص على الأقل و اختبار ثلاثة منها بعد عمر ٧ أيام و ثلاثة عند عمر ٢٨ يوماً حيث يشترط ألا تقل المقاومة المتوسطة للكسر عن المقاومة المتوسطة المطلوبة .
- تحدد كمية ماء الخلط على اعتبار أن الركام مشبع بالماء و السطح جاف .

و بالنسبة للخلط هناك اعتبارات لابد من اخذها في الاعتبار و هي:

- تكون الخلاطات المستعملة قادرة على إنتاج خلطات خرسانية منتظمة و متجانسة القوام و ذلك خلال الزمن المحدد للخلط و بشكل تكون فيه جميع الحبات مغلفة بالأسمنت و أن تكون المواد موزعة توزيعاً منتظماً.
- تتوقف مدة الخلط على عوامل كثيرة إلا أن هناك حد أدنى لمدة الخلط حيث يجب ألا يقل زمن الخلط عن دقيقتين للخلاطات حتى سعة ٠.٧٥ م^{٣} و خلافاً لذلك يكون زمن الخلط حسب المعادلة التالية : زمن الخلط بالثانية = ٤٥+٢٠ س حيث : س سعة الخلاطة بالمتر المكعب .
- يبدأ حساب زمن الخلط من لحظة وجود جميع المواد الداخلة فى الخلطة وحتى تصبح الخلاطة فارغة تماماً من محتوياتها .
- لا يقل زمن الخلط بعد إضافة كامل الماء للخلطة عن ٧٥ ٪ من زمن الخلط الكلي.
- تكون سرعة دوران الخلاطة حسب ما تنص عليه مواصفات الشركة الصانعة و يجب عدم زيادة السرعة عما هو منصوص عليه .
- لا يزيد ارتفاع التفريغ الحر من الخلاطة عن متر واحد مقاساً من فوهة تفريغ الخلاطة و حتى قاع منطقة التفريغ و ذلك لمنع حدوث انفصال حبيبي لمكونات الخرسانة الطازجة .
- يحظر استعمال الخلاطات بعد أن تتآكل شفرات الخلط بمعدل ١٠٪ من ارتفاعها الأصلي حيث يجب عندئذ استبدال تلك الشفرات . و يجب تنظيف الشفرات بعد الانتهاء من العمل لأن تراكم الخرسانة المتصلبة على الشفرات يؤثر على فاعلية الخلط .
- يجب إبقاء السطح الداخلي للخلاطة خالياً من الخرسانة المتصلبة و إذا توقف العمل مؤقتا يجب إبقاء الخلاطة متحركة بوجود ماء وحفنة من الحصى و فى نهاية اليوم يتم غسل الخلاطة بخراطيم الماء لمدة ١٠ دقائق .
- كما يجب تنظيف الخلاطة من الخارج و وضع زيت شحمة حول الآلة لعدم السماح للخرسانة بالالتصاق .
- إن الخلط الطويل يتسبب فى طحن بعض الحبيبات و يزيد من نسبة المواد الناعمة و بالتالي يزيد المساحة السطحية و امتصاص العينة و هذا يعمل مع التبخر على التغير فى الهبوط .
- في الطقس الحار يجب تقليص فترة التفريغ التي لا يحتمل أن تقل عن ساعة من لحظة إضافة الماء إلى الأسمنت إلا أنه فى حالات خاصة و تحت ظروف مواتية يمكن السماح بفترة ٣- ٤ ساعات .

و بعد اتمام عملية الخلط إذا أضيف الماء إلى الخلطة تصبح قوة الخرسانة مماثلة لخرسانة تم خلطها بكمية ماء تساوى الكمية الأصلية والإضافية . و يمكن إضافة قليل من الماء أحياناً للخلاطة تحت رقابة شديدة لتحسين التشغيل لخلطة متأخرة و هذا مسموح به إذا تحقق شرطان هما خلط إضافي لفترة تساوى نصف الحد الأدنى المطلوب للخلط العادي و عدم تجاوز النسبة المائية الأسمنتية القصوى .

و فى الخلطات الجاهزة يمكن إضافة ماء للتعويض عن الفقدان فى الهبوط خلال النقل شريطة ألا تنخفض القوة تحت الحد الأدنى المسموح به علماً بأن هذه الإضافة تخفض القوة وتزيد النفاذية .

لابد من الاهتمام بطريقة صب وفرش و دمك الخرسانة و معالجتها لأن هذه الأمور مكملة لعملية تصنيع الخرسانة فإذا كانت النتيجة النهائية للخرسانة المصبوبة سيئة فإنه لابد من معرفة ما إذا كان السبب يكمن فى التصنيع أو فى الفرش أو الدمك أو المعالجة و لذلك سنتناول عملية الصب والدمك والمعالجة فى النقاط التالية :

- يجب التحكم الجيد في أي خطوة من خطوات مناولة أو نقل الخرسانة أو صبها حتى نحصل على خرسانة متجانسة خلال الصبة الواحدة أو خلال فترة العمل .
- تكون الأساليب المستعملة فى صب الخرسانة مناسبة للغرض بشكل يضمن عدم حدوث أي عيب في الخرسانة المصبوبة .
- يجب ألا تتسبب المناولة و الفرش فى انفصال أو انعزال الخرسانة إلى خشنة و ناعمة أو انفصال المونة و الروبة و هي ظاهرة تحدث كثيراً عندما تزيد درجة التشغيل و يزداد حجم الخلطة و تزيد نسبة الحبيبات الخشنة فى الخلطة .
- يجب ألا يسمح للخرسانة بالانسياب أو أن تصب على طبقات مائلة حيث أنها يجب أن تصب بطبقات أفقية لا تتجاوز ٦٠٠ مم و أن تبقى الطبقة الأولى طرية حتى تتماسك بالطبقة الثانية .
- إذا ما تطلب الأمر استعمال المجارى المائلة فى صب الخرسانة يتوجب ألا يزيد ميلها (عمودي : أفقي) عن ١ : ٢ و لا يقل عن ١ : ٣ .
- إذا ما تطلب الأمر استعمال الأنابيب في أعمال صب الخرسانة فيجب ألا يقل مقاس تلك الأنابيب عن ٨ أمثال حجم الركام الخشن المستعمل فى تلك الخرسانة .
- يحظر صب الخرسانة من ارتفاع يزيد عن ١.٥ متر .
- تكون عملية الصب مستمرة حتى فاصل الصب .

يجب دمك الخرسانة بعد وضعها فى أماكنها دمكاً جيداً من قبل فنيين مهرة و لهم خبرة و دراية في هذه الأعمال و يمكن أن يتم الدمك إما بالطريقة اليدوية باستعمال قضبان معدنية أو عروق خشبية . و يمكن اجمال أهمية الدمك للخرسانة في النقاط التالية :

- يسهل عملية صب الخرسانة فى الأماكن المعدة .
- يؤمن كثافة أعلى للخرسانة مع تجانس أفضل .
- يؤمن قوة ضغط عالية نتيجة تقريب الحبيبات من بعضها و تقليل الفراغات .
- تقليل الماء و يمنع تقليل الماء احتمالات الانفصال و التدميع .
- ينتج قوة تماسك أقوى عند الفواصل و التلامس بأسطح قديمة .
- ينتج خرسانة لها قوة مقاومة عالية لعوامل الطبيعة كمقاومتها للتجمد .

- يقلل تغير الحجم والتقلص فى المستقبل .

و بعد انتهاء عملية الصب و الدمك تأتي عملية المعالجة للخرسانة في الأعمار المبكرة و التي تؤثر في قوة احتمال الخرسانة وتماسكها ومقاومتها لنفاذ الماء حيث تزداد بمرور الوقت مادامت الظروف مهيأة لاستمرار التفاعل الكيماوي بين الماء و الأسمنت كما تتحسن أيضاً خواص الخرسانة الأخرى مثل مقاومتها للحرارة و البرودة و عوامل الجو المتقلبة . إن التحسن الذي يطرأ على خواص الخرسانة يكون سريعاً فى أول عهدها ويصبح بطيئاً بعد ذلك إلى أجل غير معلوم .

و من المواد المستعملة في عملية معالجة الخرسانة :

- الخيش .
- الأغشية المانعة للتسرب مثل : لفائف البولي إيثيلين و الخيش الأبيض المصنع من البولي إيثيلين .
- الورق المانع لتسرب الماء .
- مركبات مثل الرمل الطبيعي و التبن و القش و نشارة الخشب و الركام الناعم .

و يمكن اتمام عملية المعالجة بواسطة إحدى هذه الوسائل :

- الغمر بالماء على شكل برك.
- الرش بالماء.
- الخيش المرطب.
- التغطية باللفائف المانعة لتسرب الماء.
- المعالجة بالبخار و تشمل : المعالجة بالبخار فى الضغط الجوي أو في الضغط العالي .

من الاحتياطات الواجب اتخاذها توفير درجة الحرارة الملائمة للتفاعل الكيماوي ذلك أنه وجد أن لدرجة الحرارة تأثيراً على سرعة سير التفاعل الكيماوي للأسمنت و حينما تكون درجات الحرارة فوق المعدل فإن القوة تكون أكبر فى الأيام الأولى من عمر الخرسانة إلا أنها تصبح أقل فيما بعد و في درجة حرارة ١٢ °م تكون قوة تحمل الخرسانة فى العشرة أيام الأولى أقل من المعدل ولكنها ترتفع فوق المعدل فيما بعد و حينما يتم صب الخرسانة فى درجة حرارة ٥ °م فإن قوة التحمل الناتجة تكون تحت المعدل فى جميع مراحلها .

١٠. العوامل التي تؤثر على جودة الخرسانة

إذا أردنا أن نحدد العوامل التي تؤثر على جودة الخرسانة أثناء كافة مراحل التحضير و التصنيع و التوريد فلابد لنا من أن نعود للتدقيق فى العملية كلها من بدايتها إلى نهايتها .

يجب أن تكون المواد الخام المستعملة فى صناعة الخرسانة قد أخضعت لعملية ضبط جودة و تحكم أثناء تحضير هذه المواد و أن يستمر إنتاج هذه المواد بشكل جيد.

- **العوامل التي تؤثر في الأسمنت :**

- المواد الأولية الطينية و الجيرية و الجبس و درجة نقاوتها و مكوناتها .

- طحن المواد الأولية و عمل تحليل لها .
- خلط المواد الأولية و تدقيق النسب و عمل تحليل لها و المحافظة على تجانسها .
- حرق المواد الأولية و التحكم فى درجات الحرارة .
- العناية بالأفران و مواد التبطين.
- تبريد المواد المحروقة .
- طحن الكلنكر و التحكم فى درجة النعومة .
- التعبئة في الأكياس .
- النقل و التخزين بعيداً عن الرطوبة .
- الاستعمال المناسب .
- إجراء الفحوصات على الأسمنت كفحوصات النعومة و الوزن النوعي و القوة .
- استمرار الرقابة و تصحيح الأخطاء .

- **العوامل التي تؤثر في الركام :**

- كشف الأتربة عن المحاجر و تنظيف هذه الأتربة.
- طبيعة المحاجر التي يحضر منها الركام.
- نوعية الحجر في المحاجر وخواصه.
- تكسير الحجارة بالكسارة مع مراعاة عدم وضع الحجارة الطرية و غير المطابقة و التأكد من خلو الركام من الطين و المواد الضارة.
- نوعية الكسارة وطرق التكسير والتعبئة .
- النخل المناسب و عدم استعمال الركام السيئ.
- فصل الأحجام و وضع كل حجم مفصولاً عن الآخر على أرضية نظيفة.
- غسل الركام.
- طريقة تخزين الركام و طبيعة الخزانات و طرق أخذ العينات من الخزانات و فحصها.
- استمرار المراقبة و الفحص و توخي الدقة فى أخذ العينات.
- العناية بالثقل و التخزين و الخلط بالنسب المقررة .
- طرق أخذ المواد من الأكوام و من الخزانات إلى الخلاطات.

- **العوامل التي تؤثر في الماء :**

يلعب الماء دوراً كبيراً فى التأثير على جودة عملية التصنيع و قد يخفض القوة و يتلف الخرسانة إذا أحتوى مواد ضارة و لذلك يجب :

- استعمال الماء الصالح للشرب فى الخرسانة .
- أخذ عينات و فحصها .
- تخزين الماء فى خزانات نظيفة بعيداً عن التلوث .
- استعمال الكميات المطلوبة فى عملية الخلط دون زيادة أو نقصان .

- **العوامل التي تؤثر في الاضافات :**

تستعمل الإضافات من أجل تحقيق أهداف معينة في الخرسانة و لكن يجب استعمالها بحذر حتى لا تعطى مفعولاً عكسياً و لذلك يجب :

- استعمال الإضافات المناسبة للعمل من عبواتها المختومة.
- عدم استعمال الإضافات إلا إذا توافرت إرشادات تبين طريقة الاستعمال و الخواص.
- استعمال الإضافات بالكميات المطلوبة فقط.
- حفظها وتخزينها بعيداً عن التلوث.
- عدم استعمال أكثر من مادة واحدة و عدم خلط الإضافات إلا بعد التأكد من إمكانية ذلك.
- استعمالها في الظروف المناسبة لها.
- إجراء الفحوصات المناسبة على الإضافات قبل استعمالها و عمل التجارب عليها بعد خلطها بالأسمنت.
- التوقيت المناسب والترتيب المناسب فى الإضافة.

١١. مشاكل ضبط الجودة فى صناعة الخرسانة

- مشاكل فى ضبط جودة المواد الأولية و خاصة الركام و عدم وجود نظام متبع لضبط جودة هذه المواد فى معظم أماكن تواجدها.
- العرض و الطلب حيث أن الطلب قد زاد على مواد البناء و المواد الخام مما أغرى المنتجين بزيادة الكميات على حساب النوعية.
- هناك اعتقاد أن ضبط الجودة يزيد فى تكاليف المنتج مما يصعب معه المنافسة و مما يساعد على ذلك عدم وجود أرقام و احصائيات حول تكاليف الجودة و مقارنة العوائد بالتكاليف.
- إن عملية ضبط الجودة عملية تحتاج إلى تنظيم متكامل و هي عملية مترابطة من أولها إلى أخرها و أن أي نظام لا يضمن نظام جودة لكل الفاعليات يبقى نظاماً غير جيد.
- عدم وجود ترابط و تنسيق بين أجهزة و أنشطة ضبط الجودة.
- عدم الاهتمام بتطبيق المواصفات الفنية علماً بأن المواصفات تشكل حجر الزاوية لنظام ضبط الجودة و المواصفات أنواع منها مواصفات المواد الأولية و مواصفات التصنيع و مواصفات المنتج النهائي.
- عدم توفر الأطر المؤهلة للقيام بأعمال ضبط الجودة للمواد و البناء و عملية التصنيع و إجراء الفحوصات .
- عدم توفر وسائل لتدريب الأطر لتأهيلها و جعلها قادرة على القيام بالعمل .
- عدم توفر المعامل اللازمة فى مصانع الخرسانة لضبط الجودة . إن المعمل هو الأداة الرئيسية لتنفيذ برنامج ضبط الجودة و لابد من توفر الأجهزة اللازمة للقيام بالعمل .
- عدم الجدية فى ضبط الجودة فالناس لا يؤمنون بها و لذلك فهم يقاومون كل إجراء يهدف إلى تنظيم عملية ضبط الجودة.
- عدم وجود دليل لضبط جودة الخرسانة يوضح للعاملين الخطوات الواجب إتباعها.
- عدم توفر طرق التحليل و الفحوص الواضحة و المحددة و النابعة من حاجات الصناعة و المبنية على المواد المحلية.

الباب الثاني

عيوب المنشآت

١. مقدمة

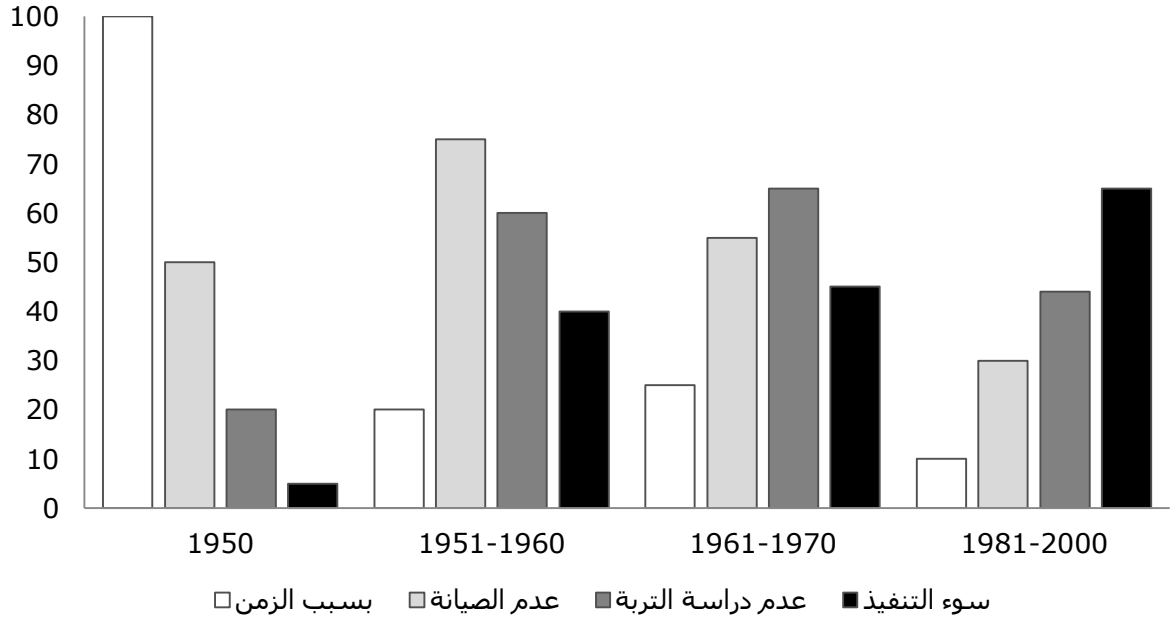
مما لا شك فيه أن مشكلة تصدع المنشآت الخرسانية قد أصبحت من المشاكل الملحة التي يجب أن تتكاتف الجهود للوصول الى حل لها ، و من أهم أسباب هذه المشكلة عدم وجود الوعي الكافي بأسباب التصدع حتى يمكن تلافيها و بطرق العلاج حتى يمكن اتباعها ، و طريقة تناول مشكلة تصدع المنشآت الخرسانية و كيفية إصلاحها يجب ان تماثل طريقة تناول الطبيب لمشكلة المرض و كيفية علاجه

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

و لكي نتناول مشكلة تصدع المنشآت هذا التناول فلا بد لنا من معرفة الأشكال المختلفة للتصدع أي (الأعراض ، الأسباب) ، و كذلك لا بد من أن نتعرف على وسائل تشخيص الحالة من فحص و كشف عن العيوب و إجراء التجارب و التحاليل اللازمة ثم عمل دراسة و تحليل للأعراض للوصول للتشخيص السليم ، و بعد توضيح طبيعة الخرسانة المسلحة كمادة انشائية و خصائصها و بالذات تلك المرتبطة بالتصدع .

و حسب ما توفر من معلومات وجد أن من أكثر الأسباب التي تؤدي إلى عيوب بالمنشآت هو سوء التنفيذ و الذي صار يتحول إلى الأسوء و كذلك عدم الصيانة المتتابعة له بعد انشائه و فيما يلي رسم تخطيطي يبين نسب هذه الأسباب في احداث العيوب بالمنشات لمدة ٥٠ عاما سابقا :

شكل ٢-١ يوضح أسباب العيوب على مر السنين السابقة



و لا بد لنا أخيرا من التعرف على طرق العلاج المختلفة و متى يستخدم كل منها و ما هي الخطوات الدقيقة بأعداد العضو للإصلاح ثم لعمل الإصلاح و اختباره للتأكد من نجاحه و ذلك بعد أن بينا خواص المواد المستخدمة في مداواتها و حمايتها و بينا تركيباتها و طرق استخدامها حسب حالة المنشآت المريضة ، و من المفيد التعرف على وسائل الوقاية و حماية المنشآت من التصدع و طرق صيانة و حماية المنشآت ليتسنى لنا حماية المنشأ من أن يصاب بالعلل التي تقلل من عمره الافتراضي أو تمنع من أداءه لوظيفته الأداء الأمثل .

٢. أنواع عيوب الخرسانة المسلحة

قبل الدخول في تفاصيل العيوب الإنشائية يمكننا إجمال الأنواع المختلفة للعيوب من خلال الرسم التخطيطي التالي و من خلاله يمكننا توضيح العيوب:

شكل ٢-٢ يوضح أنواع العيوب في المنشآت

٣. أنواع الشروخ

- **من حيث الفاعلية يمكن تقسيم الشروخ الي**
  - **شروخ فعالة:** و هي الشروخ المستمرة الأتساع.
  - **شروخ خاملة**: و هي الشروخ التى لا يحدث لها اتساع.

- **من الناحية الإنشائية:**

  - **شروخ انشائية**

و هي الشروخ التي يكون سببها من داخل المنشأ ذاته مثل : شروخ الأخطاء التصميمية و شروخ الأخطاء التنفيذية و شروخ ناتجة من الزحف و شروخ الهبوط غير المتكافئ .

  - **شروخ غير انشائيه**

و هي الشروخ التى يكون سببها من خارج المنشأ ذاته مثل : الشروخ الحرارية و الشروخ الكيماوية و الشروخ الطبيعية الناتجة من جفاف الخرسانة.

- **شروخ الخرسانة اللدنة**

مثل شروخ النكماش اللدن للخرسانة و شروخ نتيجة الهبوط اللدن للخرسانة و شروخ نتيجة تحريك الخرسانة أثناء عملية الصب

- **شروخ الخرسانة المتصلدة :**

  - **شروخ انشائية**

و هي نتيجة للقوى الخارجية التي تولد اجهادات شد لا تتحملها الخرسانة مثل الشروخ الناتجة عن سوء التنفيذ و الشروخ الناتجة عن زيادة الأحمال أثناء التنفيذ و الشروخ الناتجة عن أخطاء التصميم و التفاصيل الانشائية.

  - **شروخ غير انشائيه**

هي الشروخ التي ليس لها علاقة بالقوى الخارجية المؤثرة عليها و لكنها تظهر في الخرسانة لأسباب غير انشائية أما طبيعية أو كيميائية أو حرارية مثل الشروخ الطبيعية و الشروخ الناتجة عن التفاعلات الكميائية و الشروخ الحرارية.

- **تمليح الخرسانة:**

و هي عبارة بقع بيضاء ملحية في صورة بللورات تتكون على السطح (كربونات كالسيوم تظهر في صورة ترسيب أبيض اللون يعرف بالتمليح) و هذا نتيجة للأسباب آلاتية :

- احتواء الخرسانة على هيدروكسيد كالسيوم و ذلك بعد اماهة الأسمنت و هذا الهيدروكسيد قابل للذوبان في الماء و يتكون في المسام و الفجوات الداخلية للخرسانة حيث يحدث له تفاعل مع ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو الذي يتغلغل إلى المسام الخرسانية و مع وجود الماء نتيجة لرش الخرسانة أو سقوط الأمطار عليها مكونة كربونات الكالسيوم و التي تظهر في صورة تمليح و بقع بيضاء على السطح الخارجي للخرسانة .
- احتواء الركام على أملاح أو زيادة في الجبس في الأسمنت .
- سوء تخزين الركام بحيث تصل اليه المياه المحتوية على الأملاح .

- **بقع الخرسانة:**

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

- **بقع صدأ الحديد**

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

- **بقع الحريق**

عندما يتعرض أي منشأ خرساني للحريق عادة ما يسوء سطحها بفعل النيران و الدخان المتصاعد من الحريق تاركة لونا أسود على سطحها و هذا اللون الأسود يلزم إزالته و ذلك إذا لم تؤثر درجة حرارة الحريق و مدته إنشائيا على العضو الخرساني و الذي من الممكن أن يحدث له تشريخ و ضعف للخرسانة و تشققات تفقد الحديد تماسكه مع الخرسانة و الذي من المحتمل أن يؤدي الى انهيار هذا العضو .

- **بقع الزيوت و الشحوم**

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

- **تساقط الخرسانة**

إن تساقط الخرسانة ممثلا في سقوط الغطاء الخرساني لحديد التسليح للعناصر الإنشائية يحدث لسبب أو أكثر من الأسباب الآتية :

- **عيوب في التفاصيل الإنشائية**

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

- **تعرض الخرسانة الى ظروف جوية قاسية**

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

- **وجود مواد ضارة بالخرسانة بالبيئة المحيطة بها**

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

- **حدوث انتفاخ بالخرسانة نتيجة تفاعل القلويات مع السيليكا النشطة بالركام أو نتيجة انتفاش الطين الموجود بالركام**

عند تفاعل الركام المحتوي على سيليكا نشطة مع القلويات فإن هذا التفاعل يتسبب عنه تكوين مادة هلامية تنتفخ و تجذب الماء من مناطق أخرى في الخرسانة و هذا بدوره يؤدي إلى انتفاخ الخرسانة

و تمدد موضعي مصحوبا باجهادات شد تؤدي إلى شروخ تتسع و تتعمق حتى تتساقط الخرسانة السطحية .

هذا و يحدث الانتفاخ أيضا عند احتواء وجود طين و طفلة من النوع القابل للانتفاش بالركام ، فعند وصول الرطوبة إلى هذا النوع من الطين و الطفلة فإنه ينتفش مسببا تشريخ للخرسانة و تساقطها .

- **تفتت الخرسانة السطحية**

إن تفتت سطح الأعضاء الخرسانية يعتبر نوعا من أنواع تدهور الخرسانة و من أسبابه :

- **تأثير هجوم الكيماويات**

إن الأحماض جميعها ضارة بالخرسانة حيث إنها تتفاعل مع مونة الأسمنت الأمر الذي يؤدي إلى نقص التماسك بين حبيبات الركام و بالتالي وجود تفتت للخرسانة السطحية ، و أيضا الأملاح ضارة و بالأخص كلوريد الصوديوم .

- **تأثير المواد المعيبة**

استخدام مواد معيبة من مكونات الخرسانة يؤثر قطعا بالسلب على مقاومة التماسك بين هذه المكونات و خاصة حبيبات الركام مما يؤدي إلى تفتت الخرسانة السطحية بفعل الأمطار و الرياح .

- **تأثير المياه السريعة**

المياه السريع و خاصة المحملة بالحبيبات تعمل على السطح العلوي للخرسانة و ذلك عن طريق تفتت و تأكل هذا السطح و بالأخص في الخرسانة الضعيفة ، و حدوث أو عدم حدوث تدهور مؤثر بسطح الخرسانة المعرضة لمياه سريعة يعتمد على عدة عوامل منها:

- جودة الخرسانة – مقاومتها للضغط – و محتوى الأسمنت و مقاومة الركام للبري و الاحتكاك و التهشيم .
- إن التيارات السريعة أكثر من ١٥ م/ث إذا صادفت عدم انتظام أو أجزاء غاطسة في السطح الخرساني فسوف يتسبب عنها حدوث دوامات و هذه الدوامات تسبب تأكل مع تفتت سطح الخرسانة و حدوث فجوات به .
- نوعية و حجم الحبيبات المحملة بها المياه و معدل تغييرها ساعة بعد ساعة و يوم بعد يوم .
- خصائص تيارات المياه من حيث كونها مستمرة أو متقطعة .

- **التآكل السطحي للخرسانة**

يعتبر التآكل أو بري الخرسانة إحدى صور تدهور الخرسانة و هو أحد عيوبها و يحدث نتيجة للأسباب التالية :

- الاحتكاك مع عجلات المركبات .
- الرياح المحملة بالرمال أو حركة الحبوب و المواد المندفعة في صوامع التخزين و المستودعات نتيجة للاحتكاك بين هزة المواد و الجدار عند التعبئة او التفريغ .
- المياه السريعة و خاصة المحتوية على حبيبات .
- الدخان المحتوي على رماد .

هذا و يجدر الإشارة إلى أن التآكل السطحي أو البري يتناسب مع مقاومة الضغط للخرسانة ، فالخرسانة ذات المقاومة العالية تكون ذات مقاومة للبري عالية في صورة تأكل سطحي صغير نسبيا و هذا يتحقق بصفة خاصة باختيار ركام ذو مقاومة عالية للبري .

- **انتفاخ الخرسانة**

انتفاخ الخرسانة مصحوبا بتقييد حركتها غالبا ما يؤدي إلى سقوط الخرسانة و تدهور سطحها و تشريخها و ذلك لأحد الأسباب التالية :

- حدوث تجمد للمياه الموجودة في الفجوات و المسام الداخلية للخرسانة .
- حدوث تفاعلات كيميائية تؤدي إلى تكون مواد منتفخة .
- حدوث صدأ لحديد التسليح .
- حدوث انتفاش للطين و الطفلة الموجودة بالركام .
- حدوث تمدد للخرسانة و زيادة حجمها نتيجة لامتصاص المياه .

٤. أسباب العيوب بالمنشآت

- **أسباب عامة**

- حدوث هبوط للمبنى نتيجة زيادة الأحمال على المبنى سواء أحمال حية أو أحمال ميتة مما يؤدي إلى زيادة الإجهاد على التربة.
- وجود اهتزازات ناتجة عن حركة المرور والقطارات وخاصة المباني المجاورة للطرق .
- الأعمال الميكانيكية أو الصحية في المباني المجاورة للمبنى محل الدراسة.
- استخدام ماكينات دق الخوازيق لعمل الأساس لمبنى مجاور .
- ردم مجرى مائي أو جفافه بجوار المبنى يؤدي إلى اختلاف غمر التربة وحدوث هبوط للمبنى .
- اختلاف في الإجهادات المؤثرة على التربة لاختلاف ارتفاع المبنى عن المباني المجاورة .
- ردم بيارة الصرف الصحي المجاورة للمبنى يؤدي إلى حدوث هبوط في المبنى نتيجة اختلاف غمر التربة.
- وجود أشجار ضخمة بجوار المبنى .
- إنشاء طريق سريع بجوار المبنى يؤدى إلى اهتزاز المبنى .

- **بسبب العوامل الطبيعية**

- ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى حدوث تمدد للعناصر الإنشائية المختلفة تبعاً لمعامل التمدد الحراري لكل عنصر إنشائي مما يسبب حدوث شروخ.

- المنشآت التي تبني في المناطق الصحراوية المكشوفة تتأثر بوجود الرياح من حولها.
- تأثير الغازات علي المنشآت التي يتم بنائها في المناطق الصناعية (مثل حلوان).
- وجود أملاح في التربة يؤدي إلى تغير خواص التربة وتآكل التربة وحدوث انتفاخ للأرضيات ورشح للحوائط.
- تأثير الأمطار والثلوج والتي تسبب حدوث تجمد للماء الموجود داخل المسامات في الخرسانة و تكون اجتهادات كبيرة داخل الخرسانة تسبب شروخ للأعضاء الإنشائية و الأساسات.
- تأثير بخار الماء المكثف على الأسطح الباردة يؤدي إلى حدوث صدأ للحديد نتيجة الضغط المؤثر على الأسياخ وتوغل الماء داخل السيخ يؤدي إلى تآكل الحديد وحدوث تآكل في الخرسانة المسلحة.

- **إهمال عمل الجسات**

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

- **إهمال تنفيذ واستلام الحفر**
  - عدم استواء القاع و أفقيته و عدم رأسية جوانب الحفر.
  - عدم الدمك الجيد لقاع الحفر.

- **إهمال تنفيذ اعمال الردم**
  - قد يحدث أثناء الردم أن يقوم المنفذ باستخدام المعدات مثل (اللودر و القلابات) التي تمر على القواعد القاعدية و المسلحة و السملات و يعتبر هذا الفعل خطرا حيث قد يحدث كسور في الخرسانة أو في السملات الرابطة للمبنى.
  - قد يحدث أثناء الردم أن تتلاشى معالم الخنزيرة المثبتة حول المبنى.

- **عيوب التربة والأساسات**

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

- **قصور التصميمات والتفاصيل الإنشائية**

إن القصور في التصميم قد يرجع الى أخطاء في الحسابات سواء بالنسبة للأحمال هو النظام الإنشائي أو عدم صحة الافتراضات التي بني على أساسها التصميم أو عدم اخذ كل البيئة المحيطة في الإعتبار ، و قد يكون وراء العيوب في المنشات القصور في التفاصيل الإنشائية و التي قد لا يوضحها المصمم بأسلوب واضح على اللوحات الإنشائية .

- **استخدام مواد معيبة**

إن مواد البناء المعيبة هي المواد التي لا تفي في خواصها بمتطلبات المواصفات القياسية و هي أحد الأسباب الهامة وراء ظهور العيوب بالمنشآت.

كما أن القصور في تصميم الخلطة الخرسانية بحيث تفي بالخواص المطلوبة لها في الحالة الطازجة و بعد التصلد من مقاومة و خواص طبيعة و قوة تحمل تحت ظروف التشغيل قد يؤدي إلى ظهور عيوب عديدة بالمنشآت .

قد يكون وراء ظهور عيوب في المنشأ استخدام إضافات للخرسانة غير مناسبة أو بكميات غير مناسبة أو أن تكون الإضافات غير مطابقة للمواصفات .

- **تغير استخدام المنشأ**

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

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

و عليه فيجب عمل مراجعة انشائية لتحديد الكفاءة الإنشائية للمبنى تحت ظروف التشغيل الجديدة قبل تغيير الاستخدام و الا فقد تحدث العيوب بالمنشأ قد تصل الى الانهيار الكامل .

- **عدم وجود حماية و صيانة للمنشآت**

إن غياب و عدم وجود حماية للمنشات بعناصرها المختلفة من أساسات و مونة و أعمدة و كمرات و بسقف مثل العزل و عمل الاحتياطات اللازمة لمنع التشريك و حماية أسطح الخرسانة لبعض المنشات مثل المنشات الخاصة مثل : المنشات الساحلية و الأساسيات الخازوفية و المنشات المعرضة لأبخرة كيميائية أو لاملاح تؤدي إلى تدهور عناصر المنشات و تغير لونها و الصدأ و التشرخ و قد تؤدي الى الإنهيار في النهاية .

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

- **الكوارث الطبيعية و الحوادث**

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

٥. خصائص الشروخ

- **شروخ الأخطاء التصميمية :**

يعتبر من الشروخ الانشائية وهو من أخطر أنواع الشروخ و قد تنشأ عن أحد أو كل الأسباب التالية :

١. عدم تصميم الأساسات بطريقة سليمة كإهمال بعض الأحمال و عدم الآخذ فى الاعتبار الإجهاد الحقيقي للتربة.
٢. الأخطاء الكثير التى تحدث من حديد التسليح مثل :
   - استعمال نوع غير مناسب من حديد التسليح.
   - استعمال كميه حديد قليلة.
   - إهمال تفاصيل حديد التسليح.
   - استعمال نوعين من حديد التسليح فى ذات العنصر.
   - تنفيذ تكسيح الكوابيل بطريقه خاطئة.
   - إهمال سلك الرباط وقله عدد الكانات.
٣. إهمال تحديد و تنفيذ أماكن فتحات السباكة والصرف والكهرباء مما يضطر المنفذ للتكسير فى الخرسانه

- **شروخ الأخطاء التنفيذية :**

يعتبر من الشروخ الانشائية و لا تقل هذه الشروخ خطورة عن الشروخ الناتجة من الأخطاء التصميمة وقد تحدث نتيجة :

- إهمال التفاصيل الأنشائيه والمعمارية.
- استخدام مواد سيئة و إهمال تنفيذ النسب السليمة للخرسانة أو زيادة مدة الخلط أو الدمك.
- استعمال كميه زائدة من المياه فى الخلطة لزيادة قابلية التشغيل و عدم دراسه نسبة المياه إلى الأسمنت W/C يؤدي إلى ضعف مقاومة الخرسانة و تزيد من شروخ الهبوط و شروخ الجفاف، عندما يكون إضافة كميات المياه مصاحب لزيادة في محتوى الأسمنت يتسبب ذلك في زيادة فرق درجة حرارة التفاعل للأسمنت بين الأجزاء الداخلية و الخارجية مما يزيد في الشروخ الناتجة عن اجهادات الحرارة .
- استعمال الإضافات بطريقه خاطئة أو بجرعات غير سليمة أو بأنواع تآلفه أو مخزنة خطأ .
- عدم العناية بمعالجة الخرسانة أو معالجتها بمدة غير كافية يتسبب في زيادة شروخ الانكماش .
- عدم العناية برص حديد التسليح مما يحددث تكدس للحديد فى منطقة واحدة تسبب حدوث تعشيش و يتبعه ضعف في الخرسانة و وصول الصدأ للحديد.
- هز أشاير الأعمده أثناء الصب يسبب فى تساقط الكانات أسفل العمود.
- عدم الاهتمام بسلامة و قوة الشدات الخشبية للخرسانة يتسبب في هبوط الشدات مما يؤدي إلى حدوث شروخ متنوعة في الخرسانة قبل تصلدها و اكتسابها القوة اللازمة لتحمل وزنها الذاتي.

- عدم وضع فواصل الصب في أماكنها الصحيحة التي تقل فيها الاجهادات يتسبب في حدوث شروخ بهذه الأماكن .

- **شروخ ناتجة من الزحف :**

و هي تلك الشروخ المنشأ من إنفعالات التي تحدث من تأثير الزحف فتتغير بمرور الوقت تحت تأثير الإجتهادات الثابتة التي يتعرض لها المنشأ و يتسبب الزحف فى حدوث ترخيم فى العنصر الإنشائي خاصة عند تعرضه لدرجات حرارة عالية كما يحدث فى الإنكماش أيضا.

- **شروخ الهبوط غير المتكافئ**

  - **شروخ غير انشائية :** و هي الشروخ التي يكون سببها من خارج المنشأ ذاته مثل:
    ١. شروخ الحرارة.
    ٢. الشروخ الكيماوية.
    ٣. الشروخ الطبيعية الناتجة من جفاف الخرسانة.

- **شروخ تأكل الحديد**

وهى أخطر أنواع الشروخ و خاصة في سقف الأدوار الأخيرة و في سقف و أرضيات الحمامات و في الأدوار الأرضية و الأماكن الساحلية شديدة الرطوبة و يرجع تأكل الحديد إلى الصدأ الذي يحدث من عدم العزل الجيد أو ضعف الخرسانة و فقدانها عنصر حماية الحديد.

- **الشروخ الناتجة من جفاف الخرسانة**

عندما يتم جفاف الخرسانه يقل حجمها نتيجة تبخر المياه المتواجدة في الخلطة الخرسانية و بالتالي تحدث شروخ سطحية و يحدث ذلك خاصة في الخرسانة الكتلية ذات السمك الكبير نتيجة فرق الانكماش عند خرسانة السطح و الخرسانة موجودة فى عمق القطاع مما يؤدى إلى حدوث شروخ بمرور الزمن.

- **الشروخ الناتجة من الشدة الخشبية**

و قد يحدث أن توضع الشدة الخشبية على أرض ضعيفة أو على ردم كما فى بسقف الأدوار الأرضية و عند رش الشدة قبل الصب يحدث هبوط لهذه الأرضية فيحدث هبوط في الشدة مما يتبعه شروخ خطيرة. و لذلك يجب وضع الشدة على أرض صلبة ، و قد تكون الشدة ضعيفة و المسافات بين العروق غير كافية أو يحدث زيادة أحمال أثناء الصب. كل ذلك يتسبب في حدوث شروخ في الخرسانة ، و قد يلجأ البعض إلى فك الشكالات لإحتياجه لها فيتسبب بذلك هبوط في الشدة و حدوث شروخ في الخرسانة.

- **الشروخ الحرارية**

- تؤثر الحرارة سواء المنخفضة او المرتفعة تأثيرا قويا على الخرسانة.
- في درجات الحرارة المنخفضة تتعرض الخرسانه للصقيع و يتبعه تجمد وذوبان و ينتج عنه شروخ التجمد و الذوبان و لتلاشى ذلك ينصح باستخدام إضافات أحداث الهواء المحبوس .

- عند تغير درجات الحرارة للجو صيفا وشتاءا تتعرض الخرسانة لفرق درجات الحرارة مما يسبب تولد إجهادا حرارية مما يسبب بعض الشروخ فى الخرسانة.
- يحدث شروخ أيضا نتيجة حرارة التفاعل الكيميائي من الأسمنت و المياه فيبرد السطح قبل الجزء الداخلي في القطاع الخرساني فتظهر الشروخ على السطح.
- لذلك يلزم فى الخرسانة الكتلية ذات السمك الكبير عمل وسائل تبريد داخل الكتلة الخرسانية بمواسير تسير فيها المياه للتبريد أو استعمال أسمنت منخفض الحرارة.

- **شروخ الانكماش اللدن للخرسانة**

تحدث شروخ الانكماش للخرسانة الطرية في السطح العلوي لخرسانة الأرضيات أو الأسقف أو للعناصر الأخرى التي بها مساحة سطح كبيرة عند تعرض خرسانة الأسطح لمعدل عالي من بخر الماء نتيجة لإنخفاض نسبة الرطوبة الجوية أو ارتفاع درجة حرارة الجو أو تعرض الأسطح لتيارات الهواء الشديدة .

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

تتراوح طول هذه الشروخ من عدة سنتيمترات إلى عدة أمتار و تتباعد عن بعضها بمسافات مختلفة قد تصل الى ثلاثة أمتار و أحيانا تتكون هذه الشروخ بالعمق الكامل للخرسانة.

يمكن تجنب هذه الشروخ في الأجواء الحارة بالطرق الآتية :

- تغطية الخرسانة بعد صبها مباشرة بغطاء من البلاستيك.
- عمل مصدات لتقليل سرعة الرياح.
- استعمال مظلات لتجنب درجة حرارة الشمس.
- استعمال الإضافات التي تقلل انكماش الخرسانة.
- استعمال مواد الخرسانة الحديثة.

- **الشروخ نتيجة هبوط الخرسانة اللدنة**

بعد الصب و الهز و الدمك و التسوية يكون للخرسانة الطرية ميل للاستمرار في الاندماج و يتسبب وجود حديد التسليح أو الخرسانة السابق صبها أو الشدات في إعاقة خاصية استمرار الاندماج ، و تتسبب هذه الاعاقة في حدوث شروخ أو فراغات في الأماكن القريبة من مسببات الاعاقة .

تزداد شروخ الهبوط بزيادة قطر حديد التسليح و زيادة سيولة الخرسانة و قلة سمك الغطاء الخرساني و عدم الاهتمام بهز و دمك الخرسانة و استعمال شدات تسمح بتسرب المياه ، و يمكن التغلب على وجود هذه الشروخ بالطرق الآتية :

- استعمال أقل كمية ممكنة من مياه الخلط.
- الاهتمام بهز و دمك الخرسانة.
- زيادة الغطاء الخرساني.
- الإهتمام بتصميم الشدات الخرسانية.

- **الشروخ نتيجة لتحريك الخرسانة اللدنة أثناء التنفيذ**

و هذه النوعية تحدث نتيجة تحرك الشدة أو هبوط الأرض و هذا التحرك يؤدي إلى هبوط الشدة و أحيانا إلى انهيارها و ذلك نتيجة للأسباب التالية :

- قصور في تصميم الشدة نفسها من حيث اتزانها تحت أسوأ الظروف التي تتعرض لها.
- زيادة الأحمال على الشدات أثناء التنفيذ و ذلك بوضع معدات و تشوين مواد عليها.
- سوء تنفيذ و تجميع العناصر المكونة للشدة.
- سرعة إزالة الدعامات و فك الشدات قبل موعدها.
- سوء الأحوال الجوية التي من الممكن ان تتعرض لها الشدات مثل : المطر الشديد أو الرياح الشديدة .
- تحرك الأرض أسفل الشدات .
- صب و وضع خرسانة مباشرة على تربة ضعيفة كما هو الحال في خرسانة الأرضيات .

- **الشروخ الطبيعية**

و هذا النوع من الشروخ يحدث نتيجة للأسباب الآتية :

- استخدام ركام قابل للانكماش حيث أنه يعمل على زيادة انكماش الخرسانة عند الجفاف و بالتالي تشريخها .
- الانكماش طويل المدى عندما تجف الخرسانة بعد تصلدها.

و هذا بدوره كما نعلم يعمل على توليد شروخ في الخرسانة مع الزمن إذا حدث لها تقييد على الحركة.و عرض الشروخ و أماكن تولدها في هذه الحالة تتوقف على :

- مكونات الخرسانة و خواص المواد الداخلة فيها و نسبتها و بالأخص محتوى الأسمنت و الماء ، أي مقدار الانكماش الكلي المحتمل حدوثه للخرسانة .
- نسبة حديد التسليح و مكانها .
- قطر حديد التسليح المستخدم و سمك الغطاء الخرساني .
- معالجة الخرسانة .
- تزويد المنشأ بالوصلات اللازمة .

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

• شروخ التفاعلات الكيميائية

تحدث شروخ التفاعلات الكيميائية أما من ناتج استعمال مواد قابلة للتفاعل مع الأسطح الخرسانية أو نتيجة لإحتواء مكونات الخرسانة (الركام و الماء) على مواد لها قابلية التفاعل مع الأسمنت ، و من أمثلة مكونات الخرسانة التي تتفاعل مع الأسمنت : مواد الركام التي تحتوي على السيليكا النشطة التي تتفاعل مع الأسمنت و تتسبب في زيادة امتصاص مياه الخلط و تمدد الخرسانة داخليا و حدوث شروخ في السطح الخارجي للخرسانة. كذلك استعمال الركام الذي يحتوي على نوعيات خاصة من الكربونات التي تتفاعل مع الأسمنت و تسبب حدوث شبكة من الشروخ السطحية في الخرسانة.

و يمكن تفادي حدوث شروخ التفاعلات الكيميائية الناتجة عن مكونات الخرسانة عن طريق الإختبار الصحيح للركام و عمل الاختبارات اللازمة لتحديد نوعية الركام و استعمال الأسمنت المنخفض القلوية في حالة الضرورة القصوى لإستعمال الركام الذي له قابلية التفاعل مع الأسمنت.

استعمال مياه تحتوي على مواد كيميائية مثل الكبريتات لخلط الخرسانة يتسبب في حدوث تفاعل مع عجينة الأسمنت و زيادة حجمها و بالتالي تولد اجهادات شد داخلية تؤدي في النهاية إلى انهيار الخرسانة ، و يتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم الموجود في العجينة الأسمنتية مع ثاني أوكسيد الكربون الموجود في الأجواء الصناعية و يكون كربونات الكالسيوم ذات الحجم الأقل بالنسبة لهيدروكسيد الكالسيوم مما يسبب انكماش العجينة الأسمنتية و تتكون الشروخ السطحية في الخرسانة.

• الشروخ الحرارية

قد تنشأ نتيجة لأنواع الآتية :

- **<u>التجمد و الذوبان</u>**

و هذه الشروخ تنشا عندما تتعرض الخرسانة المشبعة بالماء لانخفاض في درجة الحرارة إلى ما دون الصفر المئوي ، عندها يحدث تجمد للماء في الفراغات الشعرية الموجودة في الخرسانة و أنه كلما كان الفراغ صغيرا كلما احتاج إلى درجة أكثر انخفاضا ليتجمد الماء الموجود به ، و حيث أن حجم الماء المتجمد أكبر من حجم الفراغ الأصلي فإن ذلك يسبب ضغوط على الخرسانة من الداخل و تتعرض الفراغات الشعرية إلى قوى شد داخلية و بالتالي إلى شروخ .

- **<u>التقلص الحراري</u>**

كما هو معروف إن عملية التفاعل الكيميائي للأسمنت تكون مصحوبة بتوليد كمية من الحرارة تعرف بحرارة الاماهة و إن هذه الحرارة تتوقف على كمية الأسمنت و معدل التفاعل الكيميائي و نوع الأسمنت و حجم الكتلة الخرسانية الجاري صبها و أيضا درجة حرارة الجو المحيط بالخرسانة أي معدل انقشاع و تحرر الحرارة من الكتلة الخرسانية و بالتالي نوع الشدة الخرسانية حيث أثبتت التجارب أن معدل تولد الحرارة في ٢٤ ساعة الأولى سيكون أكبر في الغالب من معدل فقد الحرارة إلى الجو المحيط. و على ذلك فإن درجة حرارة الكتلة الخرسانية سوف ترتفع ، و لكن بعد بضعة أيام سينخفض معدل الحرارة إلى ما دون معدل فقدها و في هذه الحالة فإن الخرسانة سوف تبرد و هذه البرودة للخرسانة تكون غالبا مصحوبة بتقلص و نقص في أبعاد العنصر الخرساني و هذا

التقلص لا توجد فيه مشاكل خطيرة و بالتالي شروخ إذا كانت الحركة أو التقلص غير مقيدان ، و نظرا لتواجد نوع من أنواع القيد سواء داخلي أو خارجي في الطبيعة الأمر الذي سوف يؤدي الى حدوث تشريخ نتيجة لهذا التقلص.

- **الاجهادات الحرارية**

كما هو معروف فإن أي زيادة في درجة الحرارة تعمل على تمدد الخرسانة بمقدار معين يتوقف على طول العنصر الخرساني و مقدار التغيير و الإرتفاع في درجة الحرارة ، و كما هو معروف أيضا أنه إن لم تكن الخرسانة مقيدة فإنه لا خوف على الخرسانة من هذا التمدد ، و إذا كانت مقيدة فسوف تحدث اجهادات شد و أخرى ضغط ، و إن اجهادات الشد المتولدة إذا كانت أكبر من مقاومة شد الخرسانة و لم يوضع صلب تسليح لمقاومتها فستحدث الشروخ حتما ، و لهذا يجب أخذ ذلك في الاعتبار مع عمل وصلات التمدد حسب الأصول و الاشتراطات الفنية للتنفيذ و الواردة في الاكواد الخاصة بالخرسانة المسلحة .

٦. الشروخ في المنشآت ذات النظام الهيكلي في حالة الزلازل

المباني الهيكلية هي المباني التي تتكون من أعمدة وكمرات وبلاطات من الخرسانة المسلحة وحوائط من الطوب لتقسيم المبنى وتحمل نسبة بسيطة من الأحمال.

تستخدم المباني الهيكلية في مقاومة الزلازل وذلك لأن اتصال حديد الأعمدة وحديد الكمرات ومدى الالتحام والصب مع بعضها يوفر الفعل الهيكلي أي تتصرف الأعمدة والكمرات معاً كأنها واحد وهيكل واحد في الفراغ مما يزيد من قدرتها على مقاومة الحركة الأفقية. كما أن حوائط المبنى تزيد من قابليته لمقاومة الأحمال الأفقية حيث تعمل كعنصر ضغط قطري.

- **أنواع الشروخ التي تحدث في المنشآت الهيكلية نتيجة الزلازل:**

- انبعاج الأعمدة إذا كانت كلها في اتجاه واحد عمودي على حركة الزلازل أي أن الاتجاه الضعيف هو اتجاه الزلازل و ما يزيد الأمر سوءاً ارتفاع الدور الأرضي بارتفاع دورين.
- شروخ قص و انحناء في الأعمدة المرتكزة على أساسات منفصلة بدون ميدات وتؤدي الحركة الأفقية إلى اتساع المسافة بين الأساسات وحدوث اجهادات قص وانحناء في أعمدة المبنى .
- شرخ أو كسر أفقي بأعلى العمود أسفل الكمرة أو أسفل السقف إذا لم تكن هناك كمرة مثل أعمدة الأدوار الأخيرة للبلاطات ذات الأعصاب ، و الأعمدة المنحنية الحاملة لخزانات المياه فوق العمارات.
- شرخ أفقي في العامود نتيجة فقد جزئي للركيزة حيث يحدث هبوط كبير تحت بعض الأعمدة.
- شروخ فاصلة بين الأعمدة و الكمرات و تأخذ شكل شروخ مائلة قصيرة و تتناسق بعضها فوق بعض عند اتصال المباني بالعامود في الحائط الموازي لحركة الزلازل.
- إزاحة أفقية زائدة عن المسموح و خاصة في حالة وجود مبنى صغير مجاور .
- ميل في المبنى أو حدوث انفراج في فاصل التمدد بين المبنى وزيادة سمكه وتسرب المياه منه.

- شروخ قص و انحناء في الكمرات نتيجة فروق الهبوط و تحدث عند وجود مجرى مائي أو حفر مجاورة.
- شروخ انحناء في كمرات أو بلاطات السلم.
- شروخ أفقية في دواري البلكونات و الأسطح القديمة مما يؤدي إلى فصل الدورة عما تحتها و تصبح عرضة للسقوط على المارة و السيارات و حدوث خسائر في الأفراد والممتلكات.

٧. الشروخ في المنشآت ذات نظام الحوائط الحاملة في حالة الزلازل

المباني من الحوائط الحاملة تكون من الطوب أو الحجر وتبنى لتقاوم الأحمال الرأسية فقط و لا يوجد نقل عزم بين السقف والحوائط وعند تعرض المباني لأحمال الزلازل تصبح هذه الحوائط أعضاء رأسية مثبتة فقط عند منسوب السقف .

الطوب و الحجر لا يقاوم الإجهادات الناتجة عن الشد لذا عند حدوث الحركة الأفقية مهما كانت قليلة تظهر الشروخ في الحوائط و تصبح هذه الشروخ نقاط ضعف في المبنى نظراً لأن الحوائط في المباني ذات الحوائط الحاملة تنقل الأحمال .

- **أنواع الشروخ التي تحدث في المنشآت الهيكلية نتيجة الزلازل:**
  - شروخ فاصلة بين الحوائط الداخلية و الخارجية أو عند الأركان نتيجة ضعف الرباط بينها.
  - شروخ مائلة في الحوائط الواقعة في اتجاه الزلازل بطول الحائط كله أو بطول أقصر من ذلك على حسب قوة الزلازل والحركة الأفقية الناتجة عنها.
  - شروخ رأسية في الحوائط بكامل ارتفاع الحائط أو أكثر.
  - شروخ فاصلة بين الحوائط والأرضيات نتيجة حدوث حركة أفقية أدت إلى حدوث شروخ في التبليط أو اللياسة ولا تعتبر شروخ خطيرة ، أو نتيجة حركة أكبر أدت إلى انفصال الكمرات الحديدية أو العروض الخشبية عند الحائط و يحدث هبوط مصاحب لذلك وهو الأخطر.
  - شروخ أفقية (قص) في أكتاف المبنى بين نافذتين أو عند السلم أو بين النافذة و الجدار و التي تكون ضعيفة في مقاومة القص .
  - ميل شديد في الحوائط بحيث لا يصبح الحمل متمركزاً عليها و قد يكون الميل في المبنى ككل نتيجة الحركة الأفقية مع عدم وجود الرباط الأفقي أو بقص الحوائط نتيجة ضعف مونة الرباط بين مدامكها.
  - شروخ انبعاج (أفقية) أو شروخ نتيجة حركة الحائط خارج المستوى (شروخ رأسية) و هذه الشروخ خطيرة.
  - عدم رأسية الحائط المسبب لعدم مركزية الأحمال عليها.

- التآكل أو التفتت في الأحجار و الطوب مع التقدم في العمر أو نتيجة الأملاح و الرطوبة أو عدم صيانة توصيلات الصرف و المياه.
- فروق الهبوط نتيجة حركة المياه تحت الأساسات و تسرب المياه من مواسير الصرف الصحي أو سحب المياه من موقع مجاور أو ترع أو مصارف مجاورة .

٨. الاحتياطات و التوصيات الواجب اتباعها في اكتشاف الشروخ والتصدعات

إن معاينة المباني التي أصابها التصدع والحكم على سلامتها والتوصية بإصلاحها أو إزالة أدوار منها عملية حساسة وهامة جداً لأنه سيترتب عليها فقد للمسكن أو إنفاق كبير لإصلاحه ولذا نوصي بشدة بعدم التسرع في المعاينة أو في إصدار التوصيات وقد يقع المهندس المتسرع في نوعين من الأخطاء:

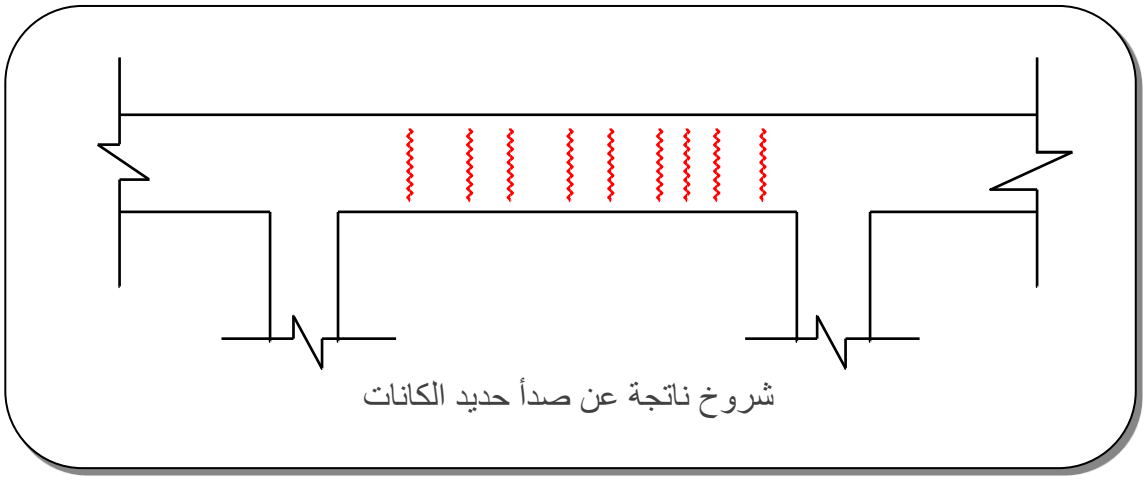
- الخطأ في تقرير أن المنشأ سليم في حين أنه يحتاج فعلاً إلى إصلاح.
- الخطأ في تقرير أن المنشأ يحتاج إلى إصلاح كثير في حين أنه لا يحتاج إليه.

والنوعية الأولى قد تسبب فقد الأرواح و النوعية الثانية من الخطأ أهون لأنها تسبب فقد المال ولكي لا يقع المهندس في أي من هذه الأخطاء فعليه بالتالي :

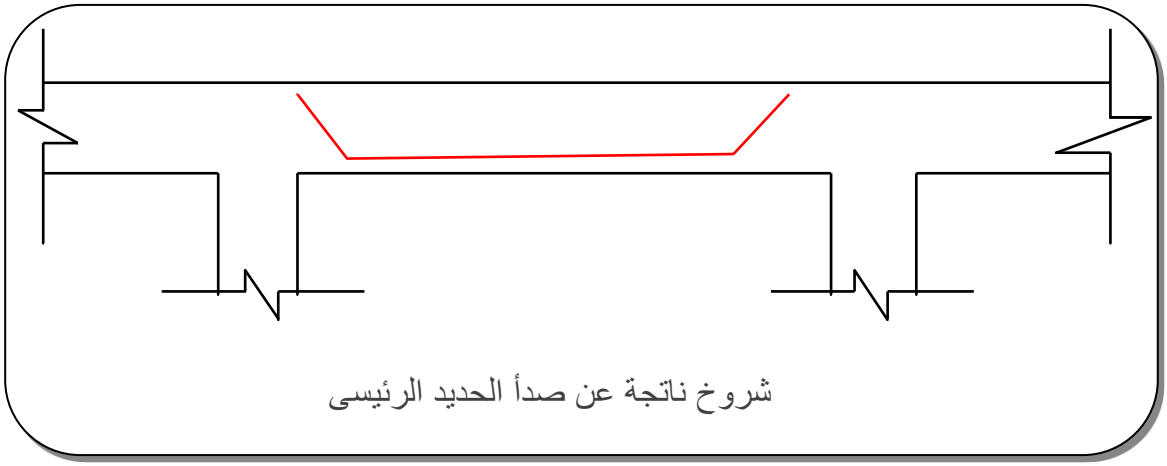
- أن يسجل كل ما يراه وكل أفكاره كتابة في تقرير فحص الحالة لأن التسجيل الذي يمكن من هو أكثر منه خبرة أن يحكم على توصياته عند قراءة التقرير ، أما عدم التسجيل فيضيع بيانات هامة أو أفكار وراء ما كتبه من توصيات ، و التسجيل بالصور الفوتوغرافية أفضل و أكثر إفادة.
- أن يسأل صاحب المبنى عن تاريخ ظهور الشروخ و عن تاريخ استخدام المبنى لأن هناك ظروفاً قد تغيرت و أسباباً للتصدع قد اختفت.
- ألا يخجل من أن يسأل من هو أكثر خبرة منه قبل عمل التوصيات الأخيرة.

٩. الشروخ في العناصر الانشائية (أشكالها و أسبابها)

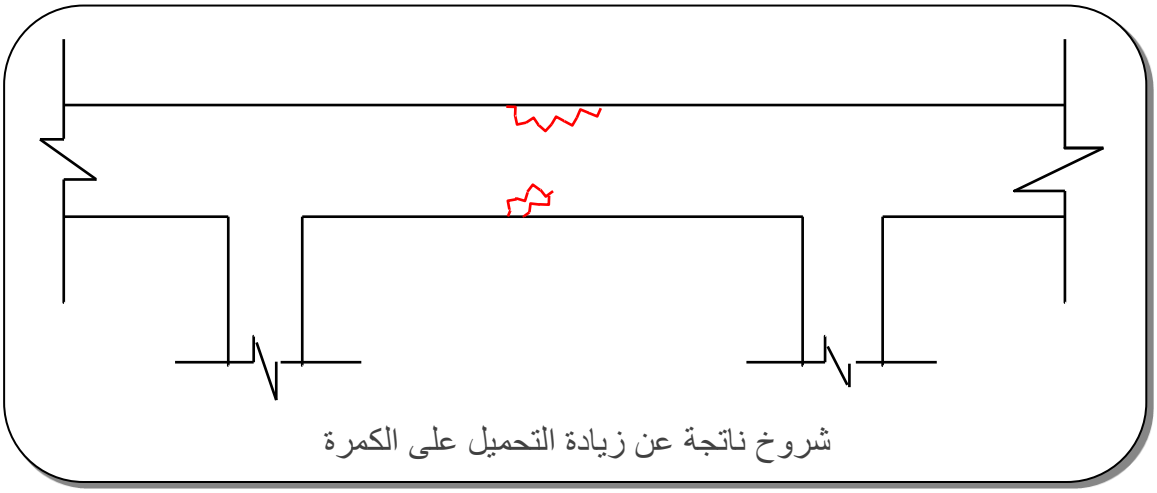
- **في الكمرات الخرسانية :**
  - **أسبابها :**
    - صدأ حديد التسليح الرئيسي يسبب حدوث اجهادات على الخرسانة والذي ينتج عنه تكون طبقة من الصدأ على الحديد و زيادة حجم الخرسانة المسلحة يؤدي إلى حدوث شروخ.
    - صدأ في حديد الكمرات يسبب حدوث شروخ في جانب الكمرة.
    - نقص كمية حديد التسليح المقاوم للقص مما يؤدي إلى حدوث شد قطري على الخرسانة و حدوث الشروخ في أماكن الحديد.
    - زيادة التحميل على الكمرة ونقص الحديد يؤدي إلى حدوث شروخ في بطنية الكمرة.
  - **بعض أشكالها :**



شروخ ناتجة عن صدأ حديد الكانات



شروخ ناتجة عن صدأ الحديد الرئيسى



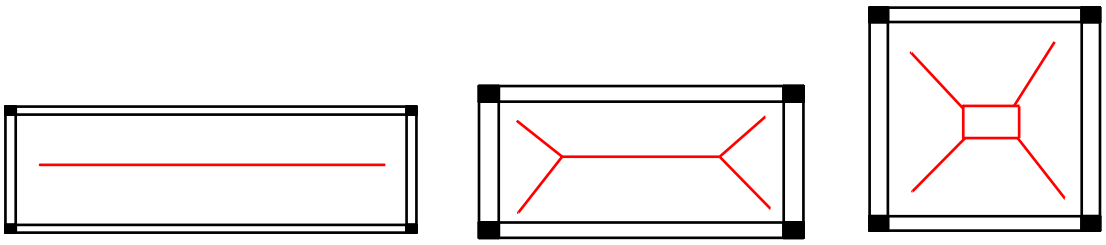
شروخ ناتجة عن زيادة التحميل على الكمرة

- **في البلاطات الخرسانية :**

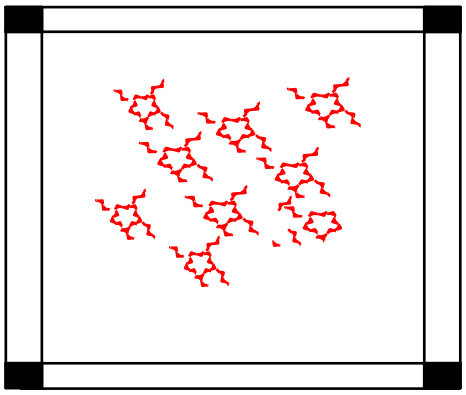
- **أسبابها :**

- استخدام مواسير الرصاص لعمل الصرف الصحي للمبنى و التي تتفاعل مع الأسمنت و تكون أكسيد الرصاص الذي يؤدي إلى حدوث ثقوب في المواسير و تسرب الماء و حدوث صدأ في حديد التسليح و حدوث اجهادات داخلية على الخرسانة نتيجة زيادة حجم الخرسانة المسلحة و حدوث شروخ .
- حدوث نقص في سمك البلاطة الخرسانية و خاصة في المنتصف و ذلك أثناء التسوية.
- وجود مواسير الصرف و حدوث عيوب بها يسبب تسرب الماء و حدوث صدأ .
- اتصال البلاعات بالسقف في الحمامات يؤدي إلى تسرب الماء تحت البلاطات و حدوث شروخ و خصوصاً عن طريق تسرب الماء في الرمل و الذي يعد كمخزن للماء تحت البلاط.

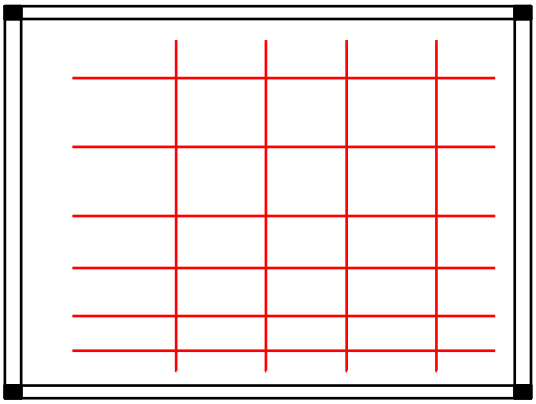
- **بعض أشكالها :**



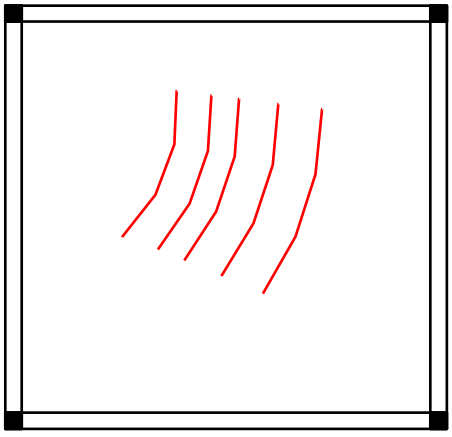
شروخ ناتجة عنة زيادة التحميل



شروخ ناتجة عن وجود بعض القلويات فى الركام

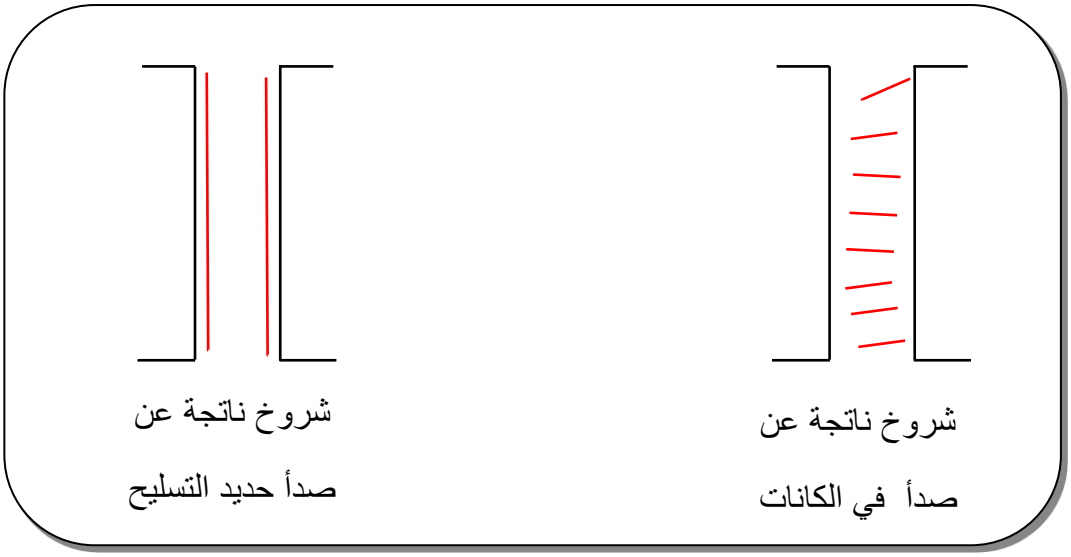


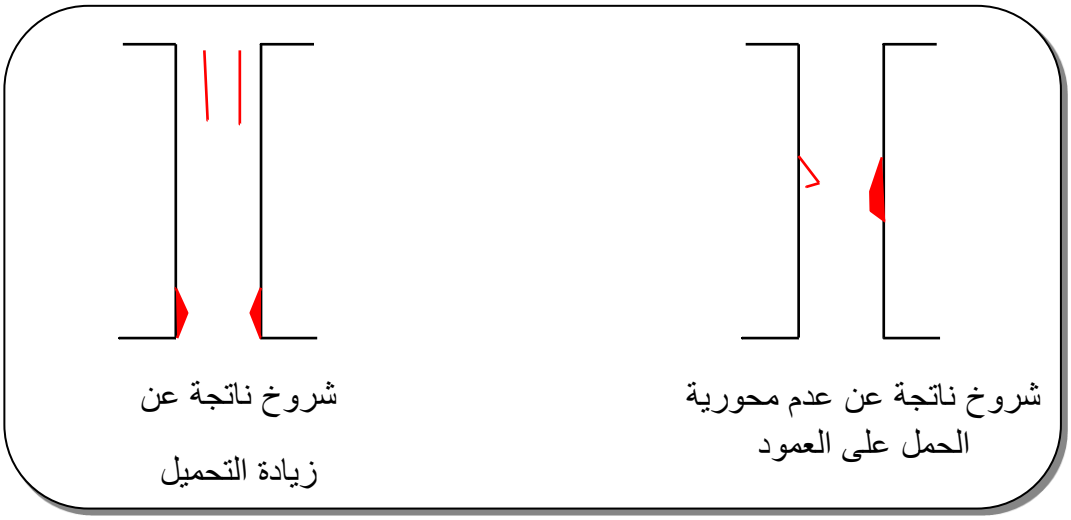
شروخ نتيجة صدأ حديد التسليح



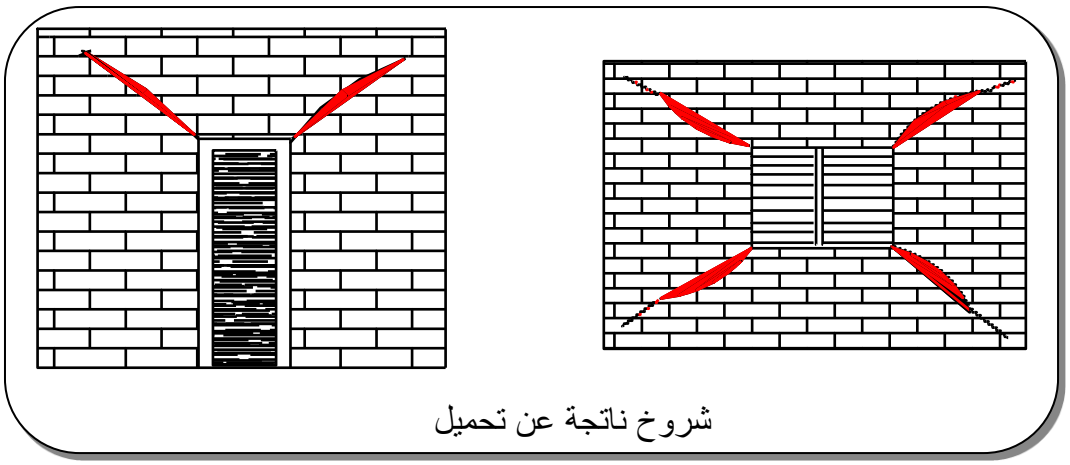
شروخ نتيجة انكماش الخرسانة

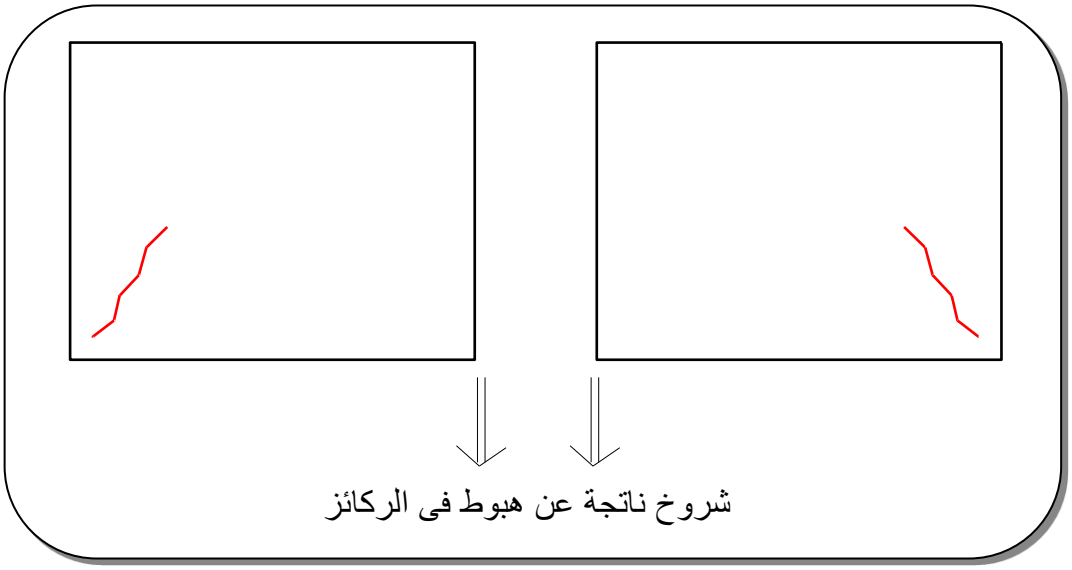
- **في الأعمدة :**



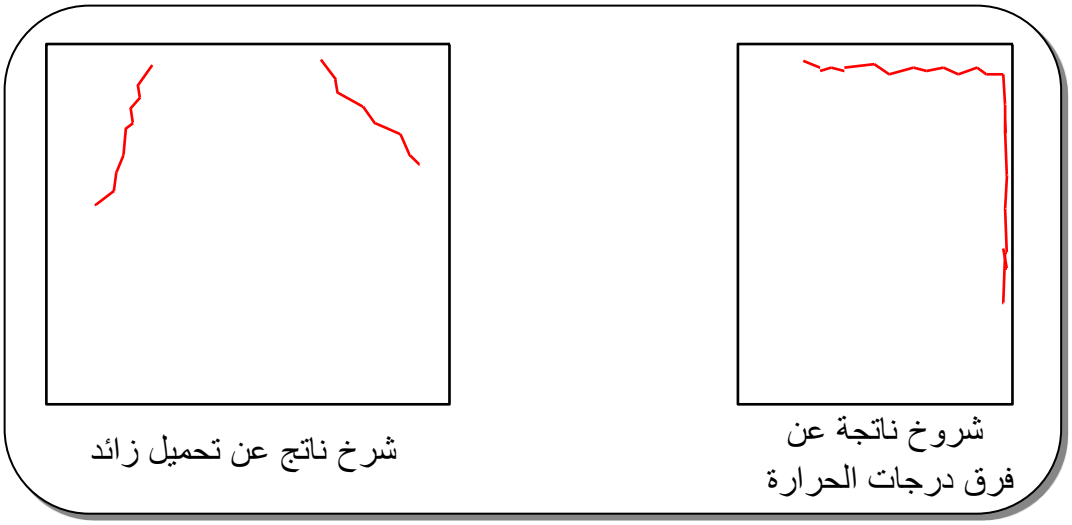


- **في الحوائط :**





شروخ ناتجة عن هبوط فى الركائز



شرخ ناتج عن تحميل زائد

شروخ ناتجة عن
فرق درجات الحرارة

١٠. صور واقعية للشروخ

شروخ نتيجة صدأ حديد التسليح

شروخ نتيجة تركيز الاجهادات

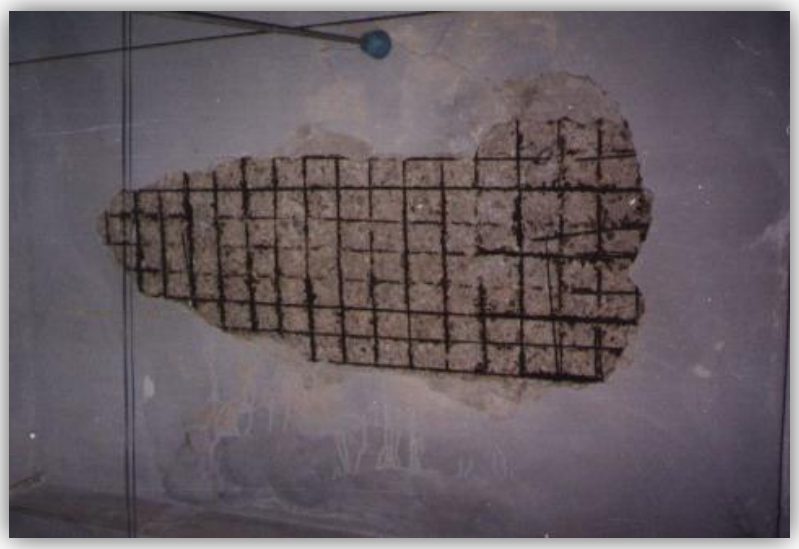
شروخ نتيجة الهبوط

شرخ طولى فى العمود وعرضى فى السمل

شرخ نتيجة تسرب مياه الصرف

شرخ نتيجة الاجهادات

سقوط الغطاء نتيجة صدأ حديد التسليح



سقوط الغطاء نتيجة صدأ حديد التسليح

انهيار فى السقف نتيجة الخطأ فى وضع حديد التسليح

الباب الثالث

تدعيم و ترميم المنشآت

١. مقدمة

إن من أخطر المشاكل التي تواجه القائمين على قطاع التشييد هي مشكلة تصدع المنشآت الخرسانية نظراً للتكلفة العالية و الجهد الكبير الذي يتطلبه إصلاح هذه العيوب، بالإضافة إلى حجم الخسائر التي تلحق بالمالك من إعاقة العمل أو توقفه و كذلك قلق و عدم راحة شاغلي هذه المنشآت ، و ما يمكن أن تسببه هذه التصدعات من خسائر فادحة في الأرواح و الممتلكات في حالة حدوث انهيارات.

و نظراً لكل ما سبق فقد كان الحرص على التطرق بشيء من التفصيل إلى مجال ترميم و تقوية المنشآت الخرسانية .

يلجأ المهندس لمعالجة المنشآت بالترميم أو التدعيم في حالة ظهور عيوب في العناصر الإنشائية مثل الشروخ أو الترخيمات أو تأكل الأسطح وظهور حديد التسليح مما يسبب انهيار كلى أو جزئي للمبنى.

و ينبغي أولا قبل البدء في الترميم أن يتم عمل تقييم شامل لنوعية العيوب و درجة خطورتها و أماكنها و يتم ذلك بإتباع التالي :-

- معاينة المبنى لتحديد أماكن العيوب الموجودة .
- تحديد أسباب العيوب.
- دراسة اللوح الإنشائية وتقرير الحسابات وتقارير ضبط الجودة.
- عمل الاختبارات اللازمة لتحديد مقاومة الخرسانة الفعلية وكذلك مدى تحمل التربة.
- وضع الحلول المناسبة لطرق الترميم أو التقوية أو الحماية.
- اختيار المواد المناسبة للعلاج وعمل اختبارات لها إذا آمكن.

و بعد الخطوات السابقة ينقسم الترميم لقسمين:-

١. علاج الشروخ.

٢. تقوية العناصر الإنشائية مثل الأسقف والكمرات والأعمدة والأساسات.

تم تقسيم هذا الباب إلى عدة عناصر أساسية

١. المواد والخامات المستخدمة في أعمال الترميم .

٢. طرق إصلاح العيوب غير الإنشائية .

٣. طرق إصلاح العيوب الإنشائية .

٤. طرق إصلاح و تقوية الأعضاء الخرسانية .

٢. المواد و الخامات المستخدمة فى أعمال الترميم

● المونة الأسمنتية الخاصة :

١. مونه الأسمنت والرمل:

عادة ما تستخدم هذه المونة في إحلال الغطاء الخرساني المعيب للعناصر الخرسانية المسلحة مع عمل التجهيز اللازم للسطح الذي سيتم ترميمه ، و تعتبر المونه الأسمنتية أكثر توافقا مع الخرسانة من المونة الراتنجية و يمكن التحكم في نسب مكوناتها و النسبة الأكثر شيوعا هي (١:٢- ١:٣).

٢. مونة الرمل والأسمنت ذات الإضافات البوليمرية:

حيث يتم إضافة المواد البوليمرية إلى المونة الأسمنتية عن طريق ماء الخلط كمعلقات أو مستحلبات لتحسين خاصية تماسك المونة الطازجة حديثة الصب مع الخرسانة القديمة.

٣. مونة الأسمنت والرمل عديمة الانكماش:

هناك بعض المواد التي تستخدم كإضافات للأسمنت أو المونة الأسمنتية لتقليل مقدارالإنكماش إلى أقصى حد مطلوب حيث كلما كان الانكماش متقاربا كلما قلت احتمالات انفصال المادة الحديثة عن العنصرالمعالج. و من المعروف أن زيادة نسبة الأسمنت فى خلطة المونة تؤدي إلى تحسين خواصها الميكانيكية و لكن فى الوقت نفسة تزيد من مقدار الانكماش. و من أنواع الاضافات المستخدمة لتقليل الانكماش بودرة الألومنيوم و مادة الرست بليرون و أنواع معينة من الكربون.

● المونة الراتنجية و البوليمرية و البلاستيكية :

و هذه الأسماء الثلاثة هي لعناصر كيميائية أساسها الكربون و الأكسجين و النيتروجين و التي تتواجد في الماء و الهواء والبترول و الفحم و تمتاز هذه المواد بأن لها وزن جزيئي مرتفع ، و يطلق على الجزئ الواحد منها أسم المونمر و على مجموعة الجزيئات البوليمر. و من أنواع الراتنجات الشائعة راتنج أسيتات الفينيلين و راتنج كلوريد الفينيلين و راتنج البولي أستر و راتنجات الإكريلات و غيرها.

و قد يضاف إلى هذه الراتنجات السائلة مواد صلبة مثل الرمل الناعم و الأسمنت و كربونات الكالسيوم و الميكا و السيليكا و الإسبستوس بغرض خفض ثمن المادة الناتجة ، و قد يضاف إلى هذه الراتنجات ملدنات (super plasticizer) و ذلك لتعديل خواص معينة مثل المرونة و الصلابة و مقاومة الرطوبة و تحسين الخواص الكهربية و مقاومة الإشتعال.

و تتكون المونة الراتنجية من ركام صغير ، يتم ربط جزيئاته بواسطة مواد راتنجية بدلا من الأسمنت. و من أكثر المواد الراتنجيه المستخدمة راتنج الإيبوكسى و راتنج البولى استر التي تتميز بسرعة اكتسابها لأقصى خواصها الميكانيكية في زمن قليل. و هي خواص تتفوق على مثيلتها من المونة الأسمنتية و خاصية التماسك العالية مع الخرسانة القديمة و مقاومة البرى و قله النفاذية و مقاومتها للكيماويات.

● و يمكن تقسيم البلاستيك الي نوعين أساسيتن حسب سلوكها تحت تأثير الحرارة

١. الثرموبلاستيك :

و هو نوع يليم بالتسخين و يتجمد بالتبريد و يمكن اجراء عليه أعمال التشغيل التي تجرى على المعادن مثل التثقيب و الخراطة و من أمثلته الإيثيلين و متعدد الستيرين و النايلون.

٢. **الثرموست** :

و هو نوع يلين بالتسخين و لكن يتصلب نهائيا بالتبريد و لذلك يصلح استعماله عند درجات الحرارة العالية و يمتاز بخواصه الكهربية الجيدة و مقاومته للزحف و الكيماويات ومن أمثلته البكاليت و البولى استر والإبوكسى والسيلكون.

٣. الخامات المستخدمة فى أعمال الترميم للمنشآت

- **خامات حديدية**

وتتضمن الاتى:

١. **الأشاير Shear conectors**

و تكون على أشكال عديدة حسب نوع الترميم المستخدم وتكون على مسافات تتراوح من ٢٥ إلى ٥٠ سم بعمق كاف للتثبيت من ٥ إلى ٧ مرات للقطر و يتراوح القطر من ٨ إلى ١٠ مم و تثبت بعمل ثقب بالشنيور و زرعها بداخله بواسطة مواد لاصقة.

٢. **أحزمة حديدية**

و تكون بعرض ٥ سم وتتكرر كل من ٥٠ إلى ٧٠ سم بكامل طول العضو المراد ترميمه و يتم لحامها حوله.

٣. **قمصان حديدية Steel Jacket**

عبارة عن Steel plates ملحومة من كل الجهات حول العضو المراد ترميمه و يفضل عمل أحزمة حديدية قبل القمصان و ذلك لسهولة لحامها.

٤. **شرائح حديدية Steel plates**

و تستخدم فى ترميم العضو المراد ترميمه حيث يتم وضعها فوق أماكن التشريح و تثبت بمسامير و مونة خاصة.

٥. **قضبان حديدية Tie rod**

٦. **كانات خارجية External stirrups**

٧. **صناديق الحديد المجلفن Galvanized steel box**

- **خامات مصنعة**

١. **كربون فيبر Carbon fibers**

و هي عبارة عن لفائف من أنسجة معينة يتم لصقها على العضو المراد ترميمه و تكون بعرض ٣٠ سم و تعتبر من التقنيات الحديثة فى الترميم و تعطى نتائج جيدة.

٢. **فيبر جلاس Fiber glass**

و هي عبارة عن لفائف من أنسجة معينة يتم لصقها على العضو المراد ترميمه و تكون بعرض يتراوح من ٥٠-١٢٠ سم و تتميز برخص تكلفتها نسبياً بالمقارنة بألياف الكربون.

٤. طرق إصلاح و تقوية الأعمدة الخرسانية

- **تقوية الأعمدة الخرسانية**

يتم ترميم الأعمدة في الأحوال الاتي:

١. وجود شروخ مؤثرة في العمود .

٢. وجود صدأ في حديد التسليح .

٣. وجود تعشيش مؤثر في خرسانة العمود .

٤. تطبيل الغطاء الخراساني .

- **ترميم الأعمدة بعمل قميص خرساني عند صدأ حديد التسليح بنسبة عالية**

يتم تقوية الأعمدة في الأحوال المذكورة سابقاً بعمل قميص خرساني وتعتمد أبعاد القميص الخرساني و أقطار و عدد أسياخ حديد التسليح على المتطلبات التي أدت ألي ضرورة عمل القميص و ذلك طبقا للخطوات التالية:

- تعمل أحزمة كل ٥٠-٧٥ سم بكامل طول العمود عن طريق إزالة الغطاء الخرساني بعرض ٥ سم فى أماكن الأحزمة وتنظيف حديد التسليح جيداً من صدأ ودهانه بمادة كيمابوكسى ١٣١ ثم تحزيم العمود فى أماكن الأحزمة بكانات ٢ ϕ ٨ – ١٠مم.

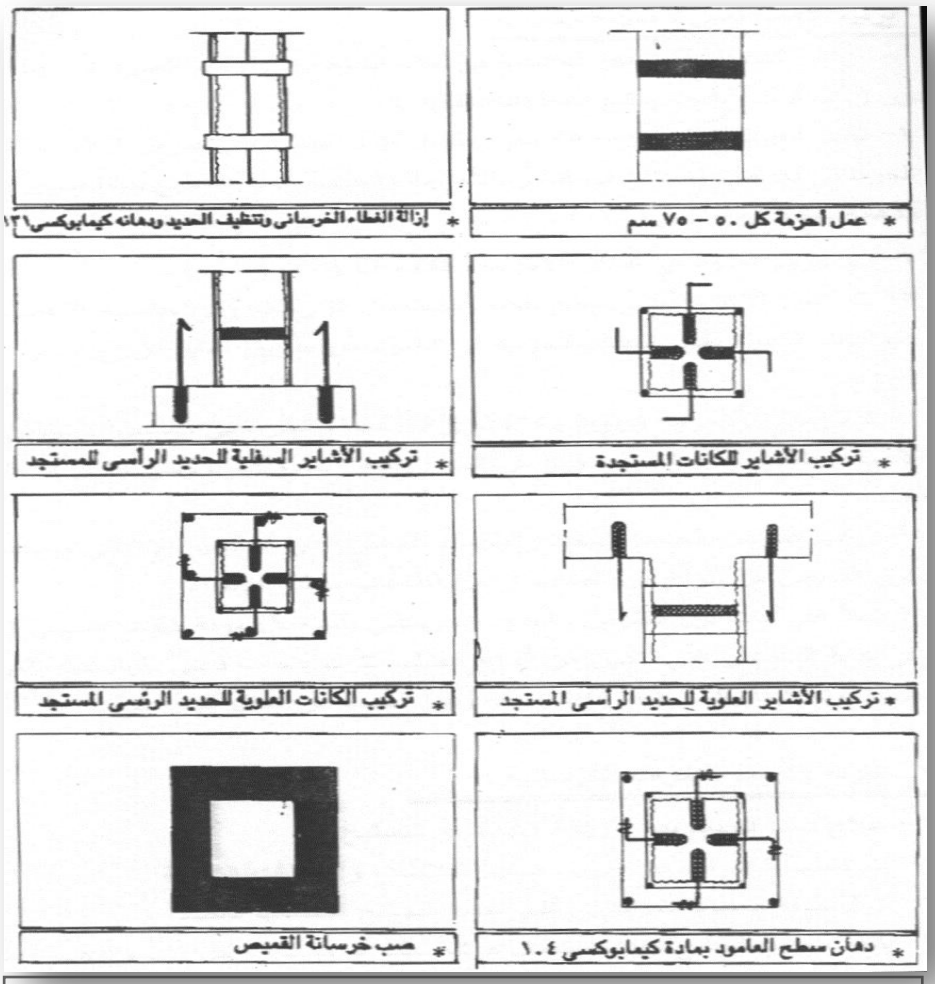
- يتم تقفيل الأحزمة على سطح العمود باستعمال الزرجنية و في حالة الأعمدة ذات القطاعات الكبيرة يمكن تثبيت الأحزمة في العمود عن طريق أشاير تزرع في سطح العمود كما سيتم توضيحه في الفقرات اللاحقة.

- يتم ملئ أماكن الأحزمة بمونة قوية مثل مونة الأديبوند ٦٥ أو مونة (كونفيس ٢ إف).

- يزال الغطاء الخرسانى فى الأماكن بين الأحزمة.

- يتم تنظيف حديد التسليح من الصدأ باستعمال فرشاة سلك مركبة على شنيور أو مسدس الرمل.

- يدهن الحديد بمادة مانعة للصدأ مثل كيمابوكسى ١٣١.
- تزرع أشاير لربط كانات الحديد المستجدة للقميص فى الاتجاهين على مسافات ٢٥ ـ٥٠ سم و تزرع أشاير الكانات باستعمال المونة الإيبوكسية كيمابوكسي١٦٥ .
- تزرع أشاير للحديد الرأسي بنفس العدد والقطر المستعمل في حديد التسليح الرأسي.
- يتم تركيب الحديد الرأسي ثم الكانات.
- يدهن العمود بمادة مقوية للأسطح (كيمابوكسى ١٠٤) لربط الخرسانة القديمة بالجديدة.
- يتم عمل الغطاء الخرساني من خرسانة خاصة تتكون من الركام الرفيع الذي لا يزيد الحجم الأقصى لحبيباته عن ٥ مم و الرمل و الأسمنت بنسب عالية لا تقل عن ٤٠٠ كجم/م^3 و إضافات لزيادة السيولة مثل أديكريت BVS أو أديكريت BVF بنسبة لا تقل عن ٦ كجم/م^3.
- يتم صب خرسانة القميص إما عن طريق الشدات الخشبية أو عن طريق مدفع الخرسانة.



علاج صدأ الحديد وعمل قمصان للأعمدة

• ترميم الأعمدة بعمل قميص خرساني عند وجود صدأ غير مؤثر في حديد التسليح

- تعمل أحزمة كل ٥٠-٧٥ سم بكامل طول العمود و عن طريق إزالة الغطاء الخرساني بعرض ٥ سم في أماكن الأحزمة و تنظيف حديد التسليح جيداً من الصدأ و دهانه بمادة كيمابوكسى ثم تحزيم العمود في أماكن الأحزمة بكانات من ٨-١٠مم.

- يتم تقفيل الأحزمة على سطح العمود باستعمال الزرجنية و في حالة الأعمدة ذات القطاعات الكبيرة يمكن تثبيت كانات الأحزمة في العمود عن طريق أشاير تزرع في سطح العمود.

- يتم ملئ أماكن الأحزمة بمونة قوية قليلة الانكماش مثل (مونة الأيبوند ٦٥) أو (مونة كونفيس ٢ إف) أو(كيمابوكسى).

- يزال الغطاء الخرساني فى الأماكن بين الأحزمة.

- ينظف حديد التسليح جيداً من الصدأ.

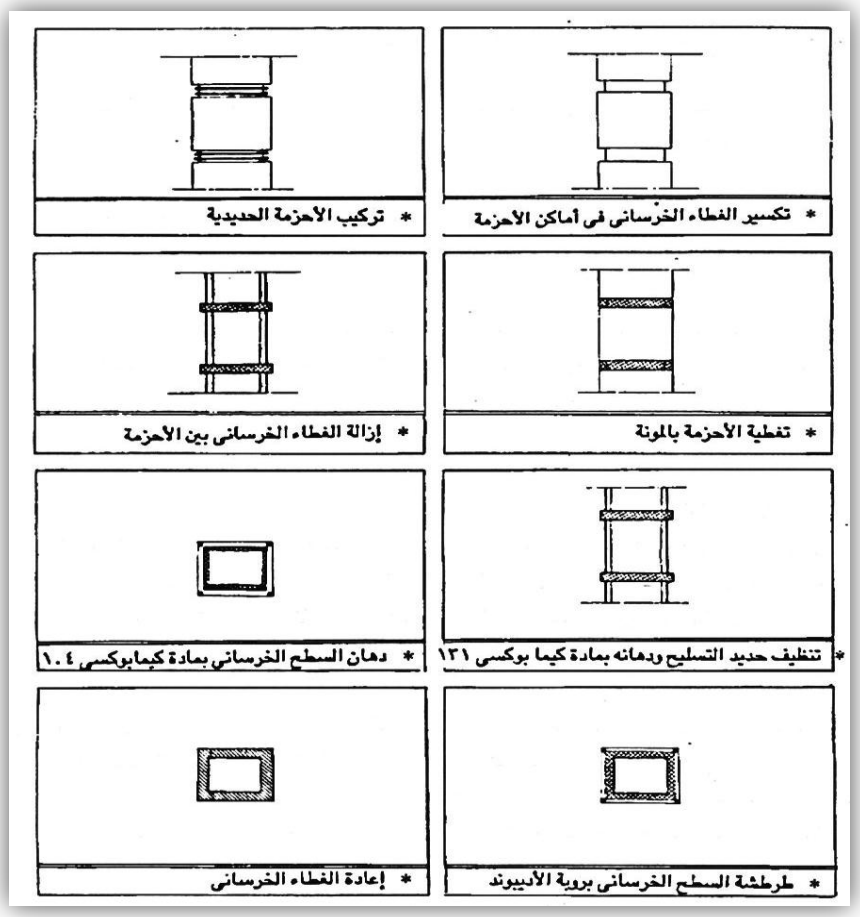
- يدهن حديد التسليح بمادة كيمابوكسى.

- يتم دهان سطح العمود بمادة كيمابوكسى لربط الخرسانة القديمة بالجديدة و يراعى أن يتم صب خرسانة القميص قبل جفاف الدهان.

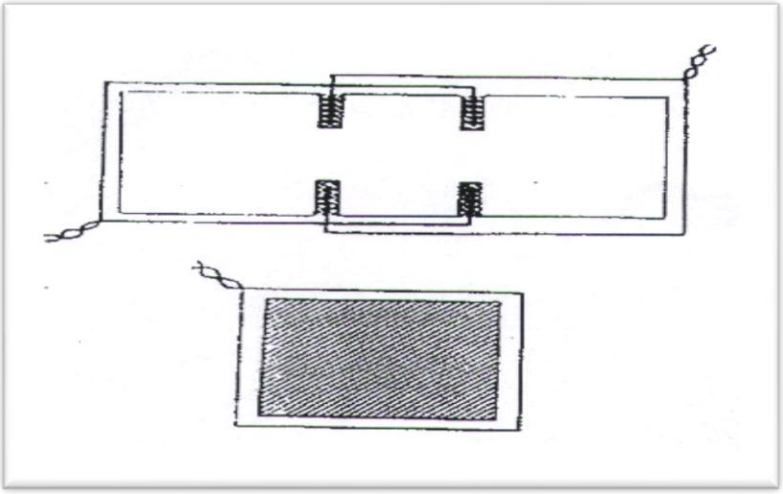
- يتم طرطشة السطح قيل جفاف مادة كيمابوكسى .

- يتم عمل الغطاء الخرساني من خرسانة خاصة تتكون من الركام الرفيع (الفينو) والرمل والأسمنت بنسبة لا تقل عن ٤٠٠ كجم/م^{٣} والإضافات المانعة للانكماش مثل أديكريت BVS أو أيكريت BVF بنسبة لا تقل عن ٦ كجم/ م^{٣}.

- في بعض الأحوال يتم عمل الغطاء الخرساني من المونة الأسمنتية البولمرية (مونة أديبوند ٦٥) أو المونة الأسمنتية البولمرية المسلحة بألياف الفيبر جلاس (كونفيس ٢إف) أو المونة الأيبوكسية (كيمابوكسى) و ذلك طبقاً للمتطلبات الإنشائية.



ترميم الأعمدة نتيجة وجود صدأ غير مؤثر

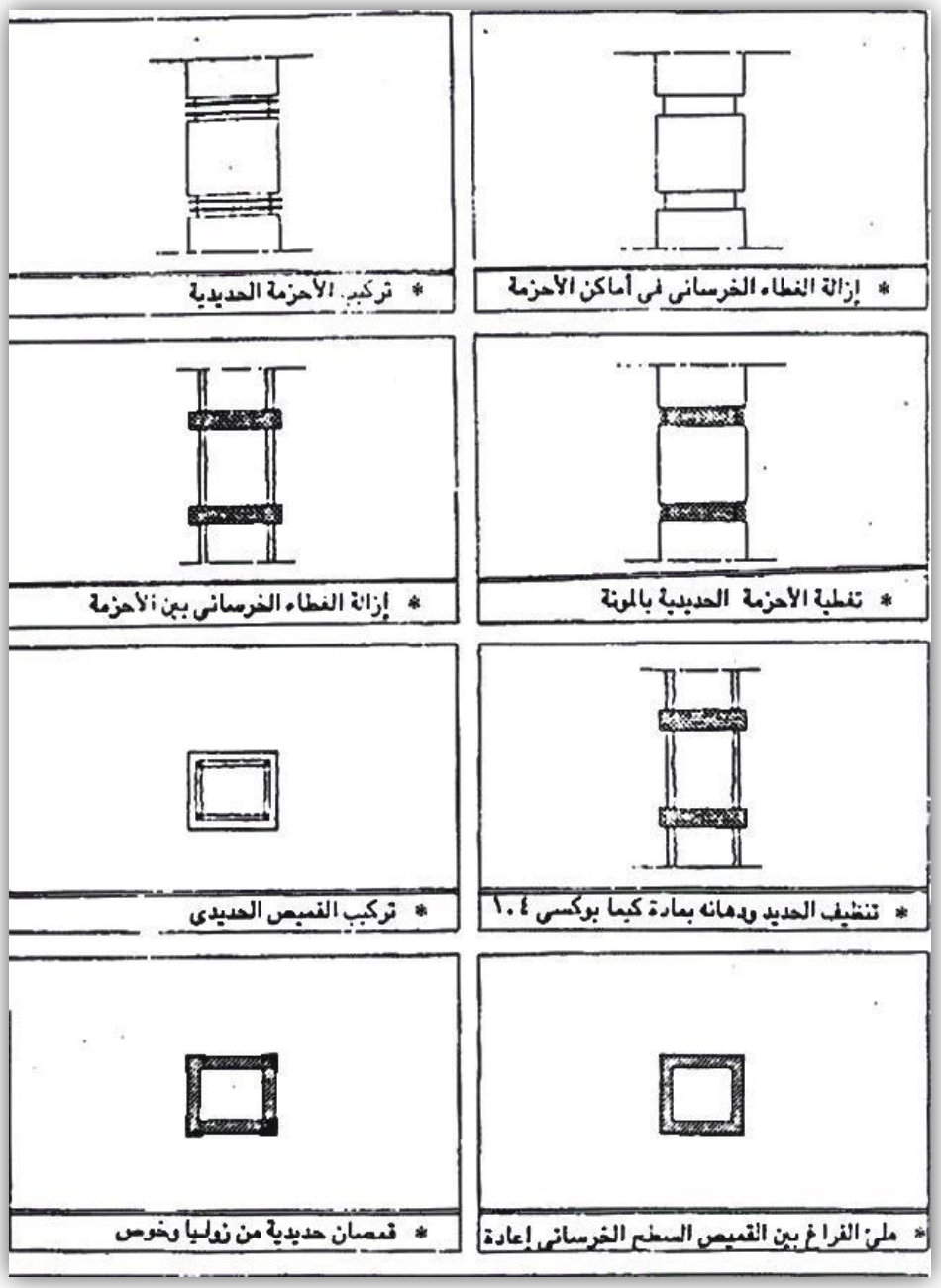


أحزمة الأعمدة لقطاع عمود كبير وأخر صغير

- **ترميم الأعمدة بعمل قمصان حديدية**

تستعمل القمصان الحديدية في حالة الحاجة إلى ترميم الأعمدة وزيادة أحمالها بدون زيادة الأبعاد الخرسانية وتتبع الخطوات التالية الموضحة

- تعمل أحزمة كل ٥٠-٧٥ سم بكامل طول العمود عن طريق إزالة الغطاء الخرسانى بعرض ٥ سم فى أماكن الأحزمة و تنظيف حديد التسليح جيداً من الصدأ و دهانه بمادة كيمابوكسى ١٣١ ثم تحزيم العمود فى أماكن الأحزمة بكانات ϕ ٨-١٠ مم.
- تم تقفيل الأحزمة على سطح العمود باستعمال الزرجينة وفى حالة الأعمدة ذات القطاعات الكبيرة يمكن تثبيت كانات الأحزمة في العمود عن طريق أشاير تزرع في أسطح العمود.
- تملأ أماكن الأحزمة بمونة أديبوند ٦٥ أو كونفيس ٢ إف أو كيما بوكسى ١٦٥.
- يزال الغطاء الخرساني في الأماكن بين الأعمدة ثم ينظف حديد التسليح من الصدأ.
- يدهن حديد التسليح بمادة كيمابوكسى ١٣١ المانعة للصدأ.
- يركب القميص الحديد بالأبعاد و الأسماك المطلوبة في التصميم الإنشائي و يمكن أن يكون القميص من ألواح من الصلب تغطى كامل سطح العمود أو من قطاعات صلب الإنشاء مثل الخوص و الزوايا غيرها.
- تملأ الفراغات بين القميص و العمود الخرساني بمونة كيمابوكسى ١٦٥. و في حالة القمصان المغلقة التي تتكون من ألواح من الصلب، يترك فتحات في جوانب القمصان لصب مونة كيمابوكسى ١٦٥ اللاصقة على أن يبدأ الصب من أسفل إلى أعلى.
- أما في حالة استعمال قمصان من قطاعات مختلفة من الصب الإنشائي، تملأ الفراغات بين هذه القطاعات و العمود بمونة كيمابوكسى ١٦٥ ويكمل الباقي الغطاء الخرساني في الأماكن المكشوفة بنفس المونة.



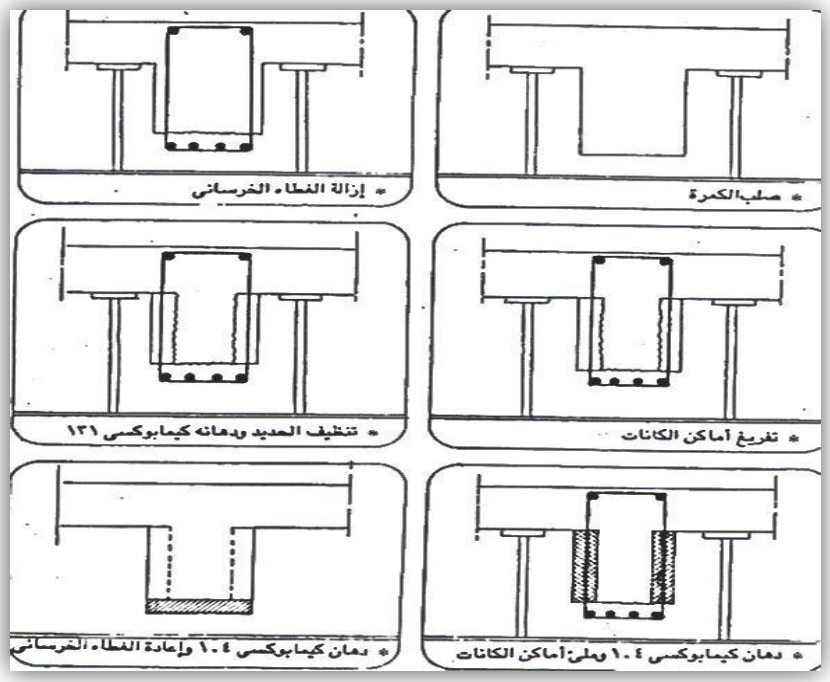
القمصان الحديدية للأعمدة الخرسانية

٥. ترميم وتقوية الكمرات الخرسانية

• علاج صدأ حديد التسليح بدون زيادة الأبعاد أو التسليح

يتم علاج صدأ حديد التسليح في الكمرات بدون زيادة الأبعاد أو التسليح طبقاً للخطوات التالية:

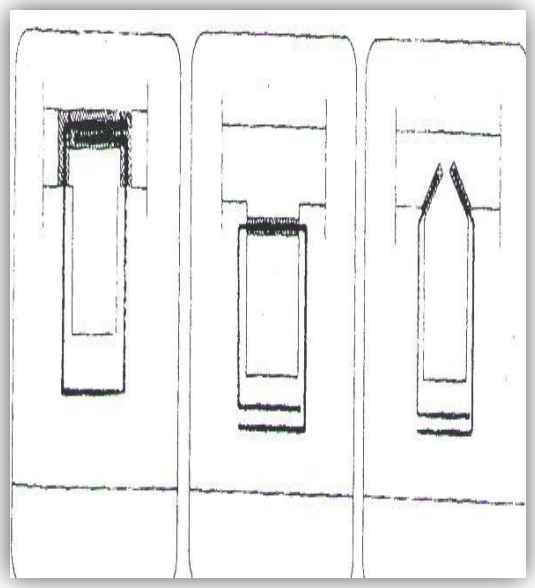
- يتم صلب الكمرات عن طريق صلب البلاطات والكمرات الثانوية.
- طبقة الغطاء الخرسانى لحديد التسليح الذى تعرض للصدأ.
- ينظف حديد التسليح جيداً من الصدأ باستعمال فرش سلك أو فرش سلك مركبة على شنيور أو مسدس رمل.
- يدهن حديد التسليح بمادة كيمابوكس ١٣١ المانعة للصدأ و يترك لمدة ٢٤ ساعة.
- تدهن الأجزاء الخرسانية أسفل الغطاء الخرسانى المزال بمادة كيمابوكسى ١٠٤ ويراعى إعادة الغطاء الخرسانى قبل تمام جفاف مادة كيمابوكسى ١٠٤.
- يعاد الغطاء الخرساني أعلى الكانات باستعمال مونة أسمنتية بوليمرية (مونة أديبوند ٦٥).
- يتم صب الغطاء الخرسانى لحديد التسليح الرئيسى باستعمال مونة السيتوركس جراوت أو عن طريق التلبيش باستعمال مونة الأديبوند ٦٥ أو مونة كونفيس ٢ إف.



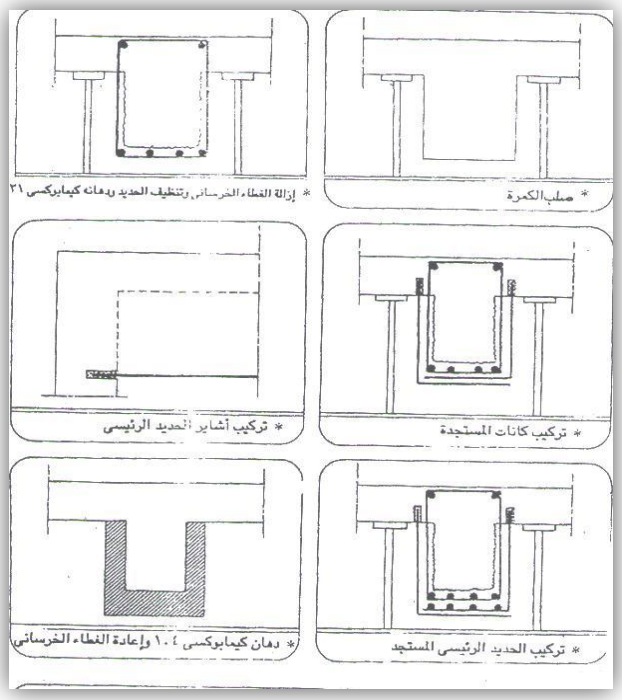
علاج صدأ حديد التسليح للكمرات

• علا ج صدأ الحديد و زيادته بدون الأبعاد الخرسانية

- يتم صلب الكمرات عن طريق صلب البلاطات و الكمرات الثانوية.
- تزال طبقة الغطاء الخرساني لحديد التسليح الذي تعرض للصدأ.
- ينظف حديد التسليح جيدا أو يدهن بمادة كيمابوكسى ١٣١ المانعة للصدأ و يترك لمدة ٢٤ ساعة.
- تركب أشاير للحديد الرئيسي بنفس العدد و القطر عن طريق عمل ثقوب في الأعمدة بقطر يزيد من ٢-٤ مم عن قطر حديد التسليح الرئيسي و بعمق ٥-٧ مرات قطر الحديد الرئيسي و تملأ الثقوب بمادة كيمابوكسى ١٦٥ و تثبت بها الأشاير.
- يركب الحديد الرئيسي المستجد.
- تركب الكانات المستجدة عن طريق تثبيت أشاير بمونة إيبوكسية بعمل تجويف في قاع و جانبي الكمرة مقاس ٢×٢ سم لوضع الكانات بإحدى الطرق الموضحة
- تدهن الأجزاء الخرسانية في أماكن الغطاء الخرساني المزال بمادة كيمابوكسى ١٠٤ على أن يتم إعادة الغطاء الخرساني قبل جفافها.
- يعاد الغطاء الخرساني للكانات القديمة والكانات المستجدة باستعمال مونة الأيبوند ٦٥.
- يصب الغطاء الخرساني للحديد الرئيسي للكمرة باستعمال السيتوركس جراوت أو عن طريقة التلبيش بمونة الأيبوند ٦٥ أو بمونة كونفيس ٢ أف.



الكانات المستجدة للكمرات

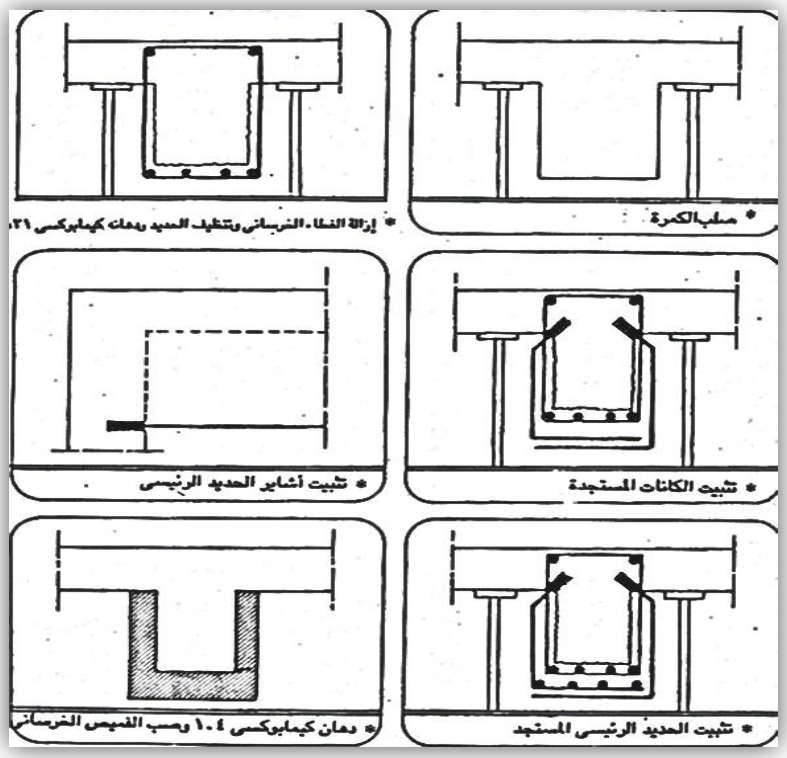


علاج صدأ حديد التسليح و زيادته بدون زيادة الأبعاد الخرسانية للكمرات

• تقوية الكمرات بزيادة حديد التسليح و الأبعاد الخرسانية

يتم زيادة حديد التسليح و الأبعاد الخرسانية بغرض تقوية الكمرات وزيادة مقاومتها للأحمال و يراعى أن يتم علاج أي عيوب تكون موجودة بالكمرة مثل الشروخ أو الصدأ بحديد التسليح قبل البدء في عملية تقوية الكمرات طبقا للخطوات التالية:

- يزال البياض و ينظف السطح جيدا و يتم زنبرته من جميع الجوانب.
- تركب أشاير لحديد التسليح الرئيسي بنفس العدد و القطر عن طريق عمل ثقوب في الأعمدة بقطر يزيد من ٢-٤مم عن قطر حديد التسليح و بعمق من ٥-٧ قطر حديد التسليح و تملأ الثقوب بمادة كيمابوكسى ١٦٥ و تزرع الإشارة.
- يركب الحديد الرئيسي المستجد.
- تركب الكانات المستجدة بإحدى الطرق المبينة
- يدهن كامل سطح الكمرات بمادة كيمابوكسى ١٠٤على أن يتم صب الجاكت قبل تمام جفاف مادة كيمابوكسى ١٠٤.
- يصب خرسانة الجاكت من خرسانة تحتوى على نسب عالية من الأسمنت و ركام فينو و يضاف إليها مادة الأديكريت BVS أو الأديكريت BVF بمعدل ٦ كجم/م^3.
- يتم الصب إما باستعمال مدفع الخرسانة أو عن طريق شدات عادية بها فتحات جانبية تصب منها الخرسانة على أن يكمل الجزء الأعلى من الجاكت بالتلبيش بمونة سيتوركس جراوت.



علاج صدأ حديد التسليح و زيادة التسليح و أبعاد الكمرات الخرسانية

- **تقوية الكمرات بتثبيت شرائح حديدية** (Steel Plates)

يتم تحديد أماكن الشرائح و أبعادها و أسماكها طبقاً لحالة العلاج المطلوبة و تستعمل هذه الطريقة في الأحوال الآتية :

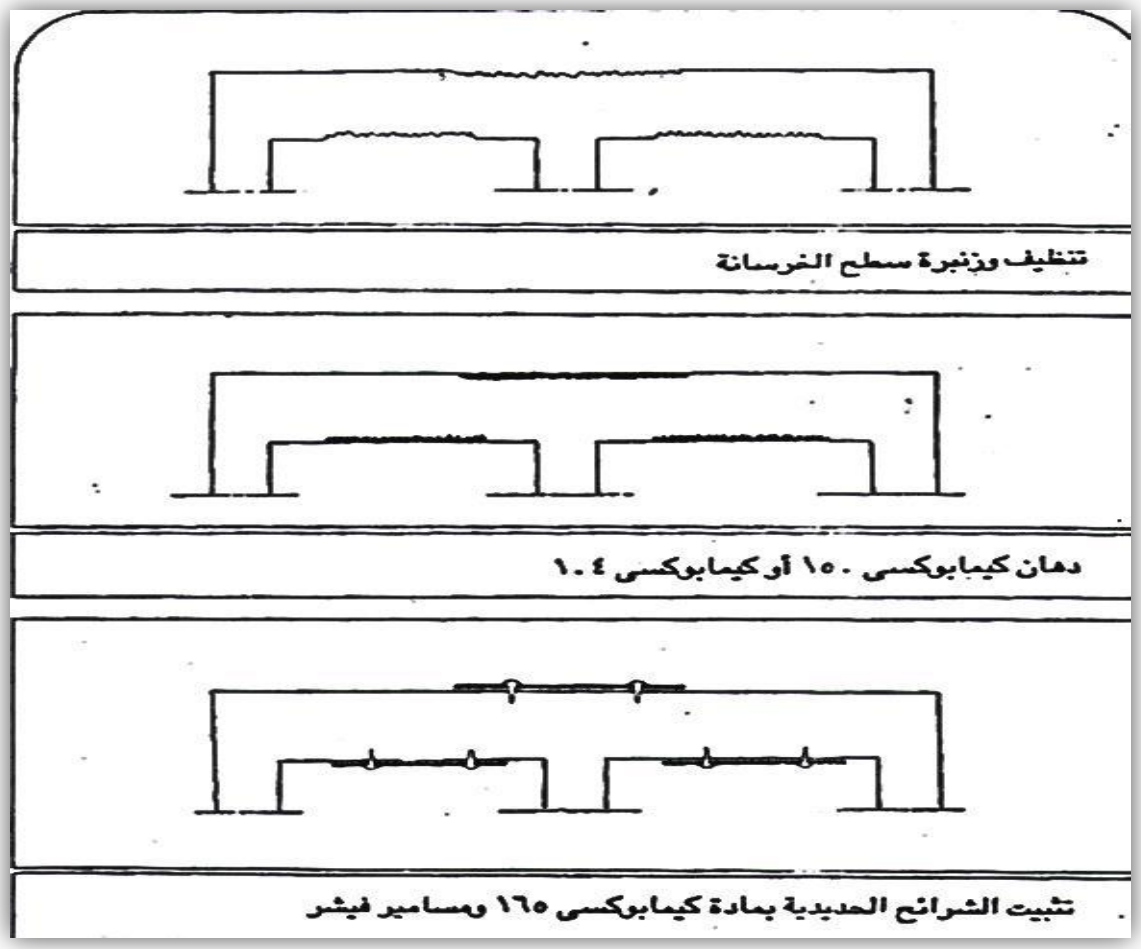
١. تقوية الحديد الرئيسي العلوي والسفلي للكمرات.

٢. زيادة مقاومة إجهادات القص نتيجه لضعف الكانات أو الحديد المكسح.

٣. تقوية الكمرات في حالة وجود شروخ نافذة.

و في جميع الأحوال يتم تثبيت الشرائح الحديدية في الكمرات الخرسانية بطريقة اللصق بمونة إيبوكسية و التثبيت بالمسامير طبقا للخطوات الآتية:

- يتم زنبرة السطح الخرساني و تنظيفه و ذلك في المنطقة التي سوف يتم تثبيت الشرائح الحديدية عليها.
- يتم عمل ثقوب في الشرائح الحديدية و السطح الخرساني.
- يتم وضع طبقة من المونة الايبوكسية (كيما بوكسى ١٦٥) فوق الشرائح بسمك حوالي ٥ مم.
- يتم تثبيت الشرائح الحديدية في السطح الخرساني بعد دهانها بكيما بوكسى ١٥٠ بواسطة مسامير الفيشر.



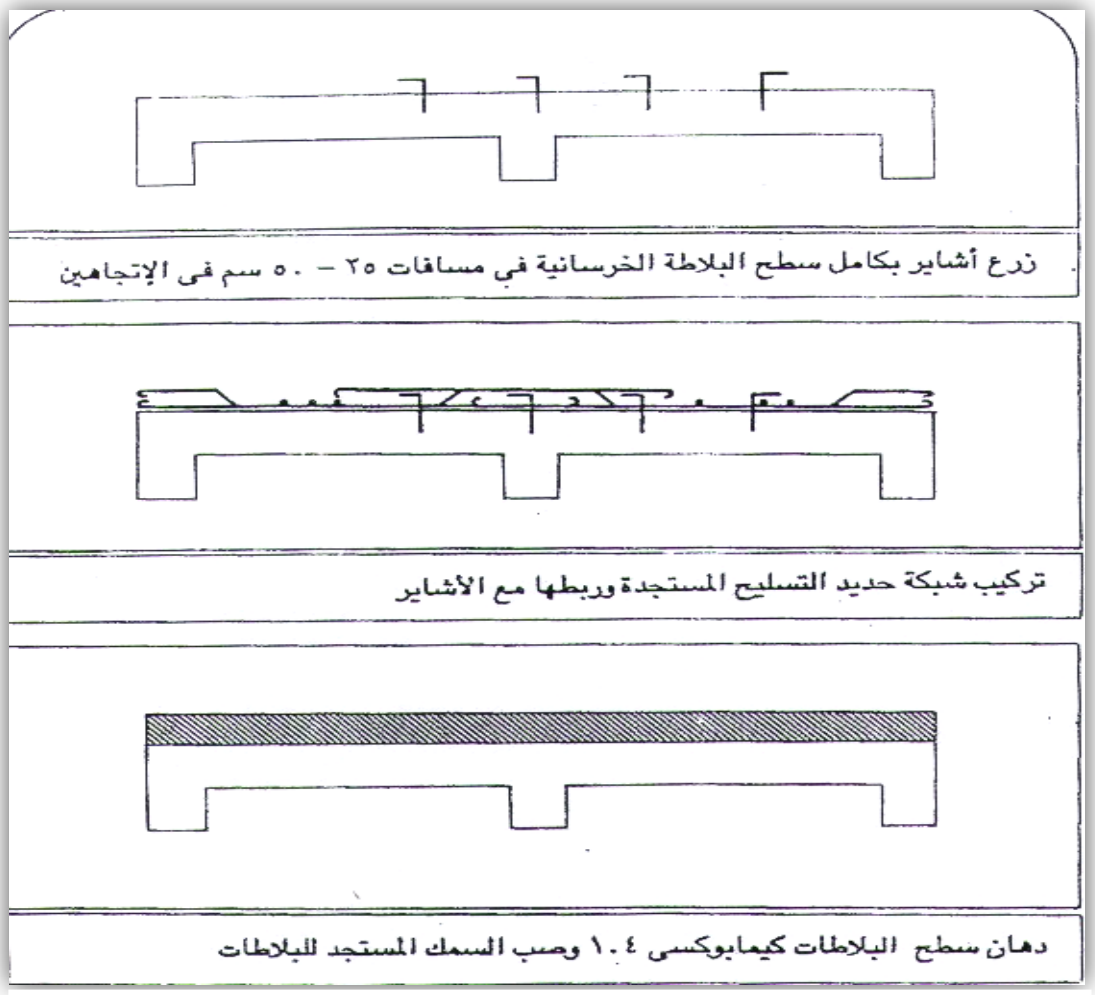
تثبيت الشرائح الحديدية بمادة كيمابوكسى ١٦٥ و مسامير فيشر

٦. ترميم و تدعيم البلاطات الخرسانية

• تقوية البلاطات الخرسانية بزيادة السمك من السطح العلوي

يتم العمل طبقاً للخطوات التالية:

- يتم تنظيف الأسطح الخرسانية من أعلى جيداً
- تزرع أشاير بقطر ٨ مم و بعمق ٥ سم في سطح البلاطة العلوي على مسافات ٢٥- ٥٠ سم في الاتجاهين و تستعمل مادة كيمابوكسى ١٦٥ في زرع الأشاير.
- تركيب شبكة من حديد التسليح العلوي في أماكن السالب وشبكة من حديد التسليح في أماكن عزم الانحناء الموجب.
- يدهن كامل سطح البلاطات العلوي بكيمابوكسى ١٠٤.
- صب السمك المستجد للبلاطات مع مراعاة استعمال إضافات لتقليل الانكماش مثل مادة الأديكريت BVS أو الأديكريت BVF بمعدل ٦كجم/م^3

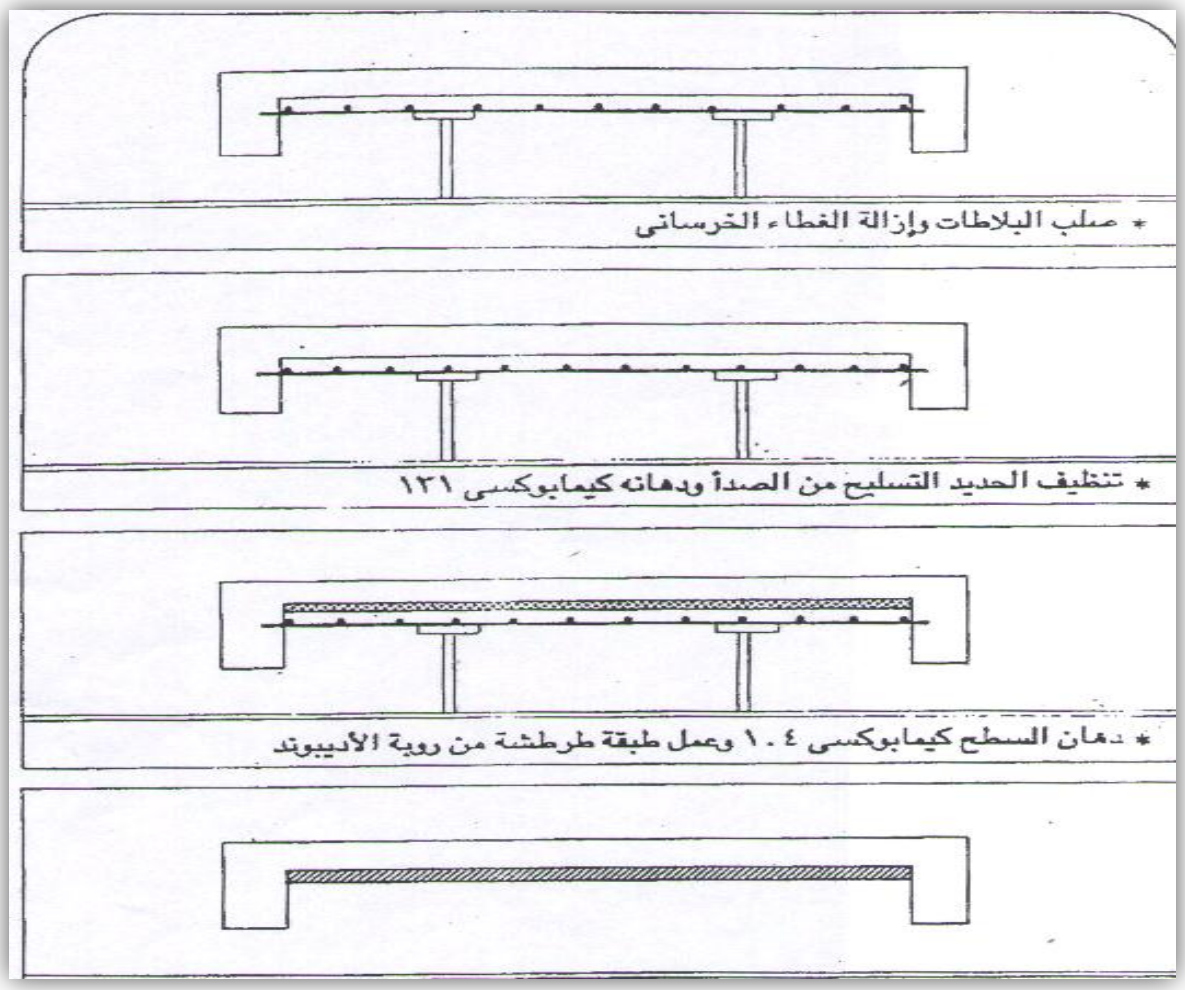


تقوية البلاطات بزيادة السمك وحديد التسليح من أعلى

- **علاج صدأ الحديد ببلاطات خرسانية**

يتم العمل طبقا للخطوات الأتيه

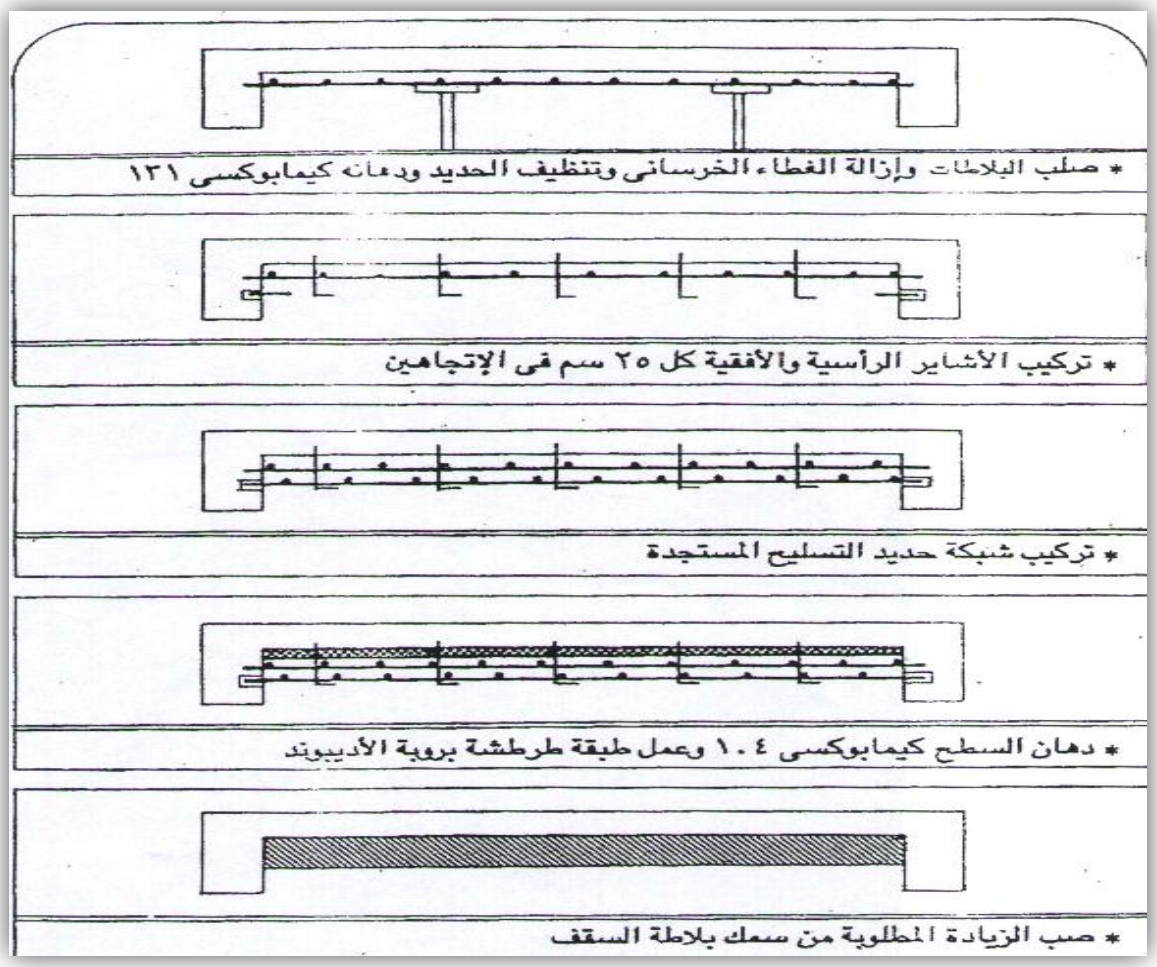
- صلب البلاطات و إزالة الغطاء الخرساني.
- تنظيف حديد التسليح من الصدأ و دهانه كيمابوكسى ١٣١ و يترك لمدة ٢٤ ساعة ليجف.
- يدهن كامل السطح بمادة كيمابوكسى 104.
- تعمل طبقة من الطرطشة من روبة الأديبوند ٦٥.
- يتم إعادة الغطاء الخرساني من مونة الأديبوند ٦٥ أوالمونة الأسمنتية قليلة الانكماش التي تتكون من ١ م^{٣}رمل+٣٠٠ كجم و يضاف إليها مادة الأديكريت BVS أو الأديكريت BVF بمعدل ٦كجم/م^{٣}.



علاج صدأ الحديد لبلاطات خرسانية

• تقوية البلاطات بزيادة السمك و حديد التسليح

- يتم صلب البلاطات و إزالة الغطاء الخرساني من أسفل.
- يدهن الحديد بمادة كيمابوكسى ١٣١و يترك لمدة ٢٤ ساعة ليجف.
- تركيب الأشاير الرأسية قطر ٨ مم و بعمق ٥سم في كامل سطح البلاطة من أسفل و على مسافات من ٢٥-٥٠ سم في الاتجاهين.
- تركيب شبكة حديد التسليح المستجدة (أشاير أفقية) في جوانب الكمرات بالعمق المستجد للبلاطة و ذلك باستخدام المونة الأيبوكسية (كيما بوكسى ١٦٥).
- يدهن كامل السطح بمادة كيمابوكسى١٠٤.
- تعمل طبقة من الطرطشة من روبة الأديبوند ٦٥ .
- يتم صب الزيادة لسمك البلاطة باستعمال الركام الرفيع مع استعمال الإضافات مانعه للانكماش مثل مادة الأديكريت BVS أو الأديكريت BVF بمعدل ٦كجم/م^3 إما عن طريق مدفع الخرسانة أو عن طريق التلبيش على طبقات .



تقوية البلاطات بزيادة السمك وحديد التسليح من أعلى

٧. طرق إصلاح العيوب الإنشائية

- **الحقن بالايبوكسي:**

يستعمل الحقن بالإيبوكسى لإصلاح شروخ الخرسانة المسلحة إصلاحا إنشائيا حيث يستعمل الإيبوكسى كمادة قوية تتمتع بمقاومة عالية للضغط و قوة تماسكها مع الخرسانة عالية .

ومن مميزاته أنه عندما يتم حقنه بطريقه سليمة فإنة يعمر مدة طويلة لأنه يكون محميا داخل الكتلة الخرسانية من الإضاءة الشديدة أو دورات التجمد و الذوبان أو الكيماويات أو البرى و المؤثرات الأخرى التى تقلل العمر التشغيلى للإيبوكسى في معالجة الأسطح عند استخدامه فى سد الشروخ السطحية أو دهان الأسطح.

طريقة التنفيذ:

١. **تجهيز السطح**

يتم فيها إزالة الخرسانة و المواد السائبة حول الشروخ و إزالة المواد التى ترسبت على السطح و يتم ذلك بتنظيف سطح الخرسانة بإستخدام الرمالة.

٢. **حقن المياه تحت ضغط يساعد على الأتى :**

- تعقب التدفق و مسارته.
- قياس كميات التدفق و معدلاته.
- تقدير مدى التدهور و انتشار الشروخ.
- تنظيف الشقوق المتسعة من المواد السائبة.

٣. **سد الشروخ السطحيه**

يجب سد الأسطح الخارجية التى بها شروخ و لو كانت شروخا شعرية و تساعد عملية حقن المياه في إظهار كل الأماكن التي تحتاج إلى سد سطحى و يجب أن تتحمل المادة المستخدمة فى سد الضغط المصاحب لعملية الحقن و لا يحدث تسرب للإيبوكسى إلى الخارج و يستحسن أن تكون المواد المستخدمة في السد السطحى ذات مرونة كافية بحيث لا يحدث بها شروخ تحت تاثير الضغط المصاحب للحقن.

٤. **تركيب منافذ الحقن**

يتم حفر الثقوب لتركيب منافذ الحقن فيها على الشروخ التى يسمح اتساعها لحقنها والتى يظهرمن فحصها أنها عميقه ومتصله بغيرها من الشروخ وتكون هذه الثقوب على مسافات من (٢٥-٥٠ سم) حسب عرض الشرخ و العوامل الأخرى التى تؤثر على تدفق الإيبوكسي. و كلما كان الشرخ أقل إتساعا كلما أصبح من الضرورى زيادة منافذ الحقل و تكون هذه الثقوب أعمق كلما زاد عمق الشروخ حتى يصل الإيبوكسى إلى التغلغل في عمق الشرخ كله. و في حالة الشروخ غير العميقة يمكن إستخدام طريقة لحام حلمات على سطح الشرخ بدلا من عمل ثقوب بها. و في حالة الشروخ العميقة تركب حلمات الحقن عن طريق جلبة بحيث يتيح إتساع فوهة الجلبة سرعة أكبر لتدفق الإيبوكسى فى الثقوب.

٥. ضخ الإيبوكسى

يبدأ ضخ الإيبوكسى من أسفل نقطة فى العضو و يتقدم العمل لأعلى و في بعض الحالات يفضل البدء في أكثر الشروخ إتساعا ، و في حالة الشروخ المملوءة بالماء فإن خروج المياه من المنافذ المفتوحة دليل على إحلال الإيبوكسى محل الماء و يتبع خروج الماء خروج سائل أبيض هو الراتنج المذاب فى الماء و يستمر خروج هذا السائل حتى يتحول لونه إلى لون الإيبوكسى فيتم غلق هذه المنافذ الواحدة تلو الأخرى بدون إيقاف عملية الضخ.

و الضغط الازم لضخ الإيبوكسى يتناسب عكسيا مع إتساع الشرخ و عمقه و يتراوح الضغط بين (٣ إلى١٠ كجم/سم^{٢}) و الضغط المعتدل أو المتغير قد يكون أكثر كفاءة من الضغط العالى، و الضغط الزائد عن الحد قد يتسبب فى إتساع الشروخ و زيادة التدهور أو تمزق الطبقة التى تسد الشروخ السطحية.

• إستبدال الخرسانة المعيبة أوزيادة القطاع الخرساني:

صب الخرسانة.

عادة تستعمل هذه الطريقة فى حالة التدهور نتيجة الخرسانة المعيبة أو تسليح غير ملائم و إصلاح الأعضاء التى أصابها صدأ الحديد و إعادة تشكيل أوجه الكمرات و الأعمدة .

طريقة التنفيذ:

١. إزالة الخرسانة المعيبة

يتم إزالة كل الخرسانة المعيبة مع تجنب الطرق العنيفة لقطع وإزالة الخرسانة ويستحن ان تكون المنطقة المزالة مقطوعة بالمنشار للحصول على جواف قائمة الزوايا و ألا يقل عمق القطع عن اكبر مقاس للركام المستخدم فى الخرسانة الجديدة .

٢. رش الخرسانة القديمة بالماء

يجب أن يكون سطح الخرسانة القديمة نظيفا تماما حتى تتماسك الخرسانة الجديدة معه وان يكون مشبعا بالماء داخليا وجاف خارجيا والتشبع بالماء ضرورى لعمق كاف حتى لا تمتص الخرسانة القديمة الماء من الجديدة وللتاكد من تشبع الخرسانة القديمة بالماء لعمق كاف رشها برشاشات الماء لمدة ٢٤ساعة قبل الصب .

٣. الدهان بالمواد اللاحمة

تستعمل مونة أسمنتية لا تجف بسرعة زمن شكها من (٤٥ - ٦٠دقيقة) و يتم خلط مونة الدهان فى خلاطات سريعة لتقليل الهواء الحبوس إلى أدنى ممكنة و تستعمل راتنجات الإيبوكسى المتوافقة مع الماء كمادة لاحمة و هي الراتنجات التى يمكن دهانها على الأسطح الرطبة و تتميز بالتالي :

- يمكن تغير تركيبها بحيث لا تتصلد بسرعة و بالتالي تكون مناسبة فى الأجواء الحارة و في حالة عمل الشدة الخشيبة.
- تمنع تغلغل الكلوريدات من الخرسانة القديمة إلى الجديدة بكفاءة عالية .

٤. إعداد الشدة :

يجب أن تكون الشدة المستخدمة فى صب الخرسانة قوية لمنع الخرسانة الجديدة من التحدب بعيدا عن الخرسانة القديمة تحت تأثير وزنها و تحمل قوى الضخ فى حالة صب الخرسانة بالطلمبة و تحمل هزازات الشدة. و تعتبر الشدة الحديدية الثقيلة هى الشدة المثالية لأعمال الإصلاح.

٥. تصميم الخلطة الخرسانية :

يجب أن تكون الخلطة الخرسانة المستعملة سهلة الصب و الدمك فى ظروف صعبة و أن تكون نفاذيتها قليلة و تحملها مع الزمن كبير.

٦. دمك الخرسانة الجديدة

للحصول على دمك جيد للخرسانة الجديدة يتم صب الخرسانة بكميات صغيرة و دمكها باستمرار مع تقدم العمل .

- **رش الخرسانة**

يتم رش الخرسانة بإستعمال مدفع الخرسانة و ذلك بطريقتين :

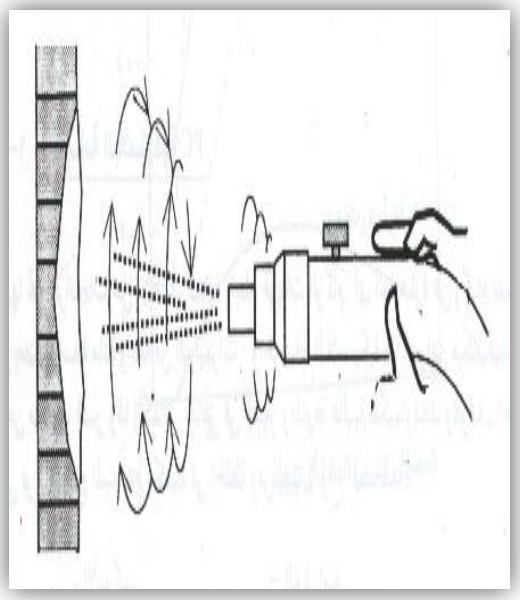
الطريقة الجافة

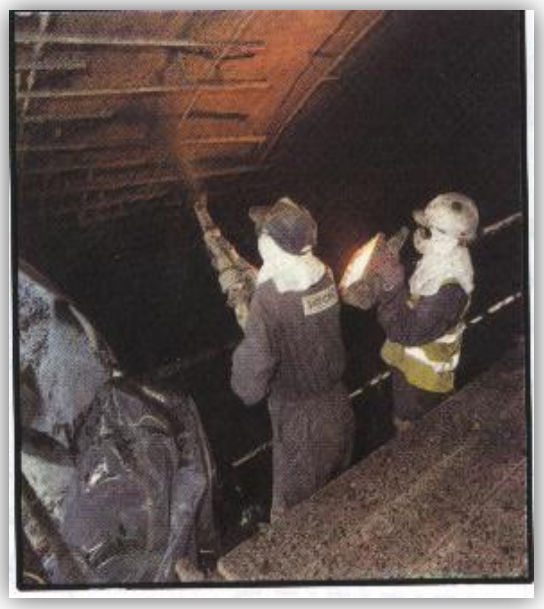
حيث يتم خلط الأسمنت و الركام على الناشف ثم يدفع بالخليط خلال الخرطوم حيث يقابل رشلش من الماء قبل خروجة من فوه التصريف. و هذه الطريقة هى الأكثر استخداما فى اصلاح المنشأت الخرسانية حيث أن مقاومة طبقة الخرسانة تكون ضعف مقاومه طبقة الخرسانة باستعمال الطريقة الرطبة.

الطريقة الرطبة

حيث يتم خلط الركام و الأسمنت و الماء ثم يوضع الخليط فى طلمبة الخرسانة العادية التى تدفعه فى خرطوم حتى فوه التصريف مع اضافه مصدر للهواء المضغوط عند فوهه التثبيت لزياده سرعة الخليط حتى تحدث الالتصاق بالأسطح المرشوشة.

بعض الأشكال التي توضح طريقة الرش الصحيح للخرسانة عند الترميم





- **زيادة مساحة صلب التسليح**

وتعمل فى حالة قلة مساحة صلب التسليح عن ٢٠٪ من المساحة الاصلية نتيجة الصدأ و يتطلب الأمر في هذه الحالة إلى زيادة مساحة صلب التسليح بوضع أسياخ مستقيمة أو مكسحة أو إضافة ألواح من الصلب لاستعاضة المساحة المفقودة.

- **إضافة اسياخ أو كانات**

أسياخ التسليح المضافة إما أن تكون فى داخل القطاع الأصلي ، حيث يتم وضعها بعد إزالة الخرسانة المعيبة و تنظيف الحديد من الصدأ أو توضع في خارج القطاع الاصلي داخل القميص في حالة الاعمدة و الكمرات أو طبقة جديدة من الخرسانة في حالة البلاطات و الحوائط.

و تثبت أسياخ التسليح المضافة بالطرق الاتية :

١. الركوب

وهى اسهل طرق نقل القوى من أسياخ التسليح الأصلية والمضافة و لا تقل مسافة الركوب عن ٤٠ مرة قطر السيخ.

٢. الوصلات

و تتم بوصل نهاية السيخ الاصلى ببداية السيخ الاضافى كجلبة أو ابزيم دوار.

٣. اللحام

يراعى عدم لحام الصلب عالى المقاومة إلا فى نقاط محددة لأن الحرارة العالية تفقده خواصه و يتحول إلى صلب عالى.

٤. التثبيت

حيث تثبت الأسياخ المضافة في الخرسانة بمسامير تثبيت من الصلب في اماكن يحددها المهندس الاستشاري.

- **إضافة الواح الصلب**

و تسخدم كبديل عن إضافة أسياخ أو كانات و يتم إضافتها بتثبيتها على السطح الخارجى للخرسانة و تثبت هذه الألواح بمسامير من الصلب تدفن فى فجوات في الخرسانة ثم تملأ الفجوات بمادة لاحمة قوية أو يتم لحام هذه الألواح في صلب التسليح الأصلي بعد إزالة الغطاء الخرساني.

- **طريقة لصق الألواح** :

- يجب أن يكون سطح الخرسانة نظيفا و جافا و ذو جودة عالية.
- يتم تثبيت المسامير الصلب في الفجوات المخصصة لها و يدهن سطح الخرسانة بطبقة رفيعة من راتنجات الإيبوكسى.

- تدهن الألواح الصلب أو تعالج بحيث تكون مقاومة للصدأ و توضع الألواح في الأماكن المحددة و تثبت في مسامير الصلب بقلاووظ خاص بحيث تضغط على سطح الخرسانة.
- بعد تمام تصلد طبقة التماسك يتم إجراء إختبار سلامة أو نقص قوة الإلتصاق للتاكد من إلتصاق كل مساحة التماسك.

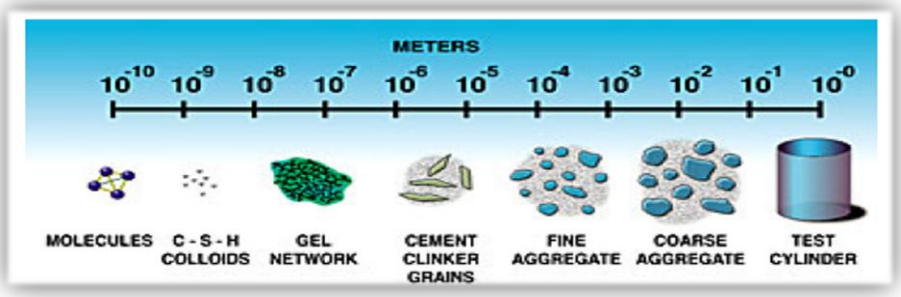
الباب الرابع

تكنولوجيا النانو

١. تعريف تقنية النانو (Nanotechnology)

هى هندسة جزيئات المادة الدقيقة و ذلك لتكوين مادة جديدة ذات خواص جديدة. و يمكن أن تكون هذه الجزيئات من مادة واحدة أو من عدة مواد مختلفة.

سميت بالنانوتكنولوجى و ذلك لأن جزيئات المادة الدقيقة يتم قياسها بوحدة النانومتر (١ نانومتر = ١×١٠^{-٩} متر). و لذلك يمكن تسمية جزىء النانو بأنه جزىء ميكروسكوبى صغير جدا و يعرف بأنه الجزىء الذي تقل أبعاده عن ٢٠٠ نانومتر. و فيما يلي رسم تخطيطي لمقياس النانو



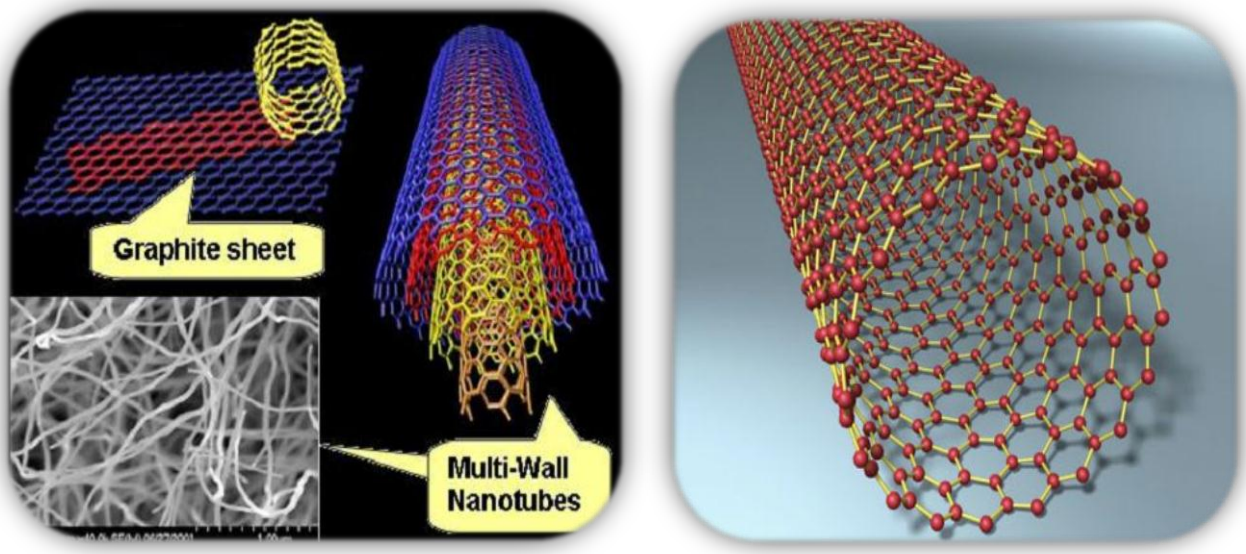
شكل توضيحي يبين المقياس النانومتري و مدى دقة المواد عليه

و أهمية جزىء النانو تكمن في أنه باستخدام نفس المادة و ذلك لأحجام مختلفة ينتج ابعاث مختلف للألوان و بالتالي ينتج خصائص جديدة له مع أنه من نفس المادة.

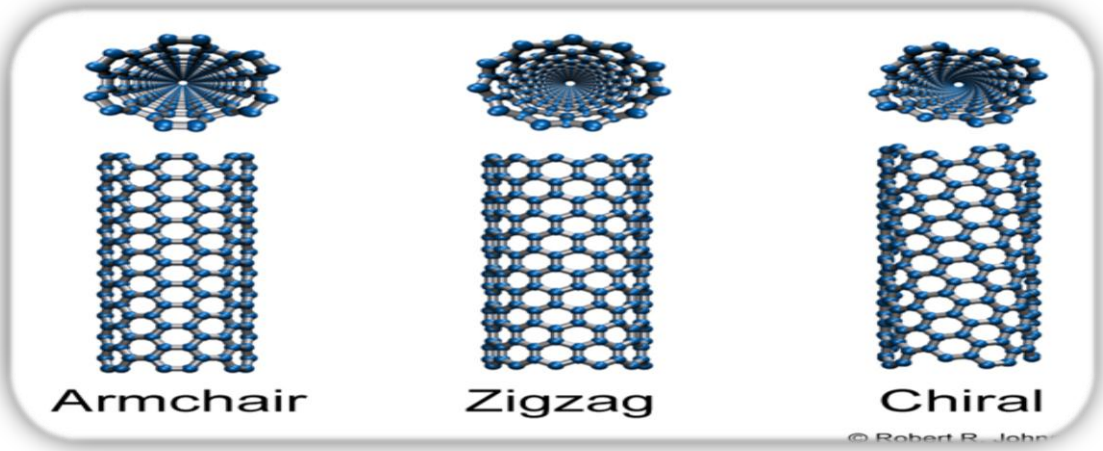
٢. أنابيب النانو (Nanotubes)

هى عبارة عن نسيج من ذرات الكربون متصل على شكل دائري مكونة اسطوانة. و فيه تكون الذرات متراصه على شكل سداسي (Hexagon).

بعض الأشكال التي توضح التركيب المختلف لأنابيب النانو



و يمكن أن تتكون أشكال أخرى من أنابيب النانو و ذلك عن طريق تغيير ظروف التصنيع بطريقة أو بأخرى لتكون أنابيب متعددة الطبقات (Multilayered) كما يظهر في الصورة التالية:



بعض الأشكال التي توضح الأنواع المختلفة لأنابيب النانو

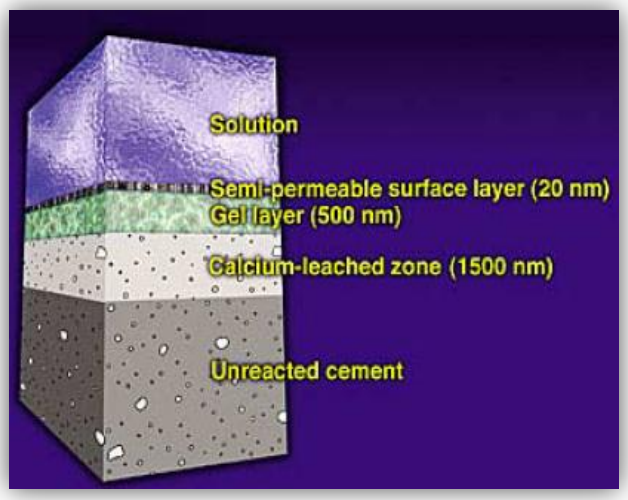
يلاحظ أن معامل ينج –Young Modulus- لأنابيب النانو أكبر من معامل الحديد بخمس مرات. كما أن مقاومة الشد لها أقوى بثمان أضعاف.

٣. تطبيقات تقنية النانو فى المجالات المختلفة

- تصنيع أنسجة من القماش غير قابلة للاحتراق.
- تصنيع الخلايا الشمسيه (Solar Cells).
- تصنيع مواد علاجية جديدة (Nano therapeutics).
- تصنيع مواد محاكاة بيولوجيا (Biomimetic Materials).
- تصنيع مواد في غاية الصغر مثل السليكا المعالجة بتكنولوجيا النانو (Silica Nanoparticles) و التي يمكن استخدامها في ملىء الفراغات الموجودة بالخرسانة لتحسيت خواصها.

٤. تقنية النانو و الخرسانة

تعتبر تقنية النانو ذات أهمية كبيرة للخرسانة حيث من خلال هذه التقنية تم عمل أبحاث عديدة بواسطة مديرية الطرق الفيدرالية و ذلك في جامعة كونيكن كات و ذلك لدراسة عملية الإماهة للأسمنت على مقياس النانو و تم التوصل لأنه تقريا ٤٥٪ من حجم الجزىء لم يحدث له عملية اماهة أي يعتبر نصف كمية الأسمنت المستخدمة لم يحدث لها عملية إماهة فتصبح بمثابة هدر



شكل يوضح الأجزاء المختلفة لحبيبة الأسمنت عند التفاعل

للمال و الوقت و الكمية. فلذلك من خلال هذه التقنية يمكن اتمام التفاعل لكل كمية الأسمنت مما ينتج عنه مقاومة أكبر لنفس الكمية.

٥. بعض التطبيقات فى مواد الإنشاء

- **السليكا المعالجة بتكنولوجيا النانو** (Silica Nanoparticles)

يتم استخدام مادة السليكا المعالجة بتكنولوجيا النانو (Silica Nanoparticles) كمادة مضافه للخرسانة حيث تعمل على تحسين خواص الخرسانة الناتجة كالنفاذية و المعمرية. نذكر بعضا من هذه المميزات المختلفة لاستخدامها:

- تقوم هذه الاضافات بتحسين التفاعل بين الماء و مكونات الأسمنت و بالتالي العمل على تكثيف الخرسانة على المستوى الجزيئي و الذى ينعكس على الخرسانة ككل بوجه عام.
- عند استخدام الإضافات السابقة مع خرسانة تحتوى على (Fly Ash) فإنها تعمل على التخلص من عيوب (Fly Ash) مثل بطء التفاعل و عدم الحصول على مقاومة مبكرة و بالتالى تنتج خرسانه ذات مقاومة مبكرة عالية و أيضا معمرية عالية.
- و بعد عمل العديد من الاختبارات وجد أنه باستخدام ١٥-٢٠ كجم من السليكا المعالجة بتقنية النانو تعطي نفس النتائج في حالة استخدام ٦٠ كجم من السليكا العادية (أي توفير ٦٠٪)
- و بعد عمل العديد من الإختبارات على الخرسانة السابقة نتجت مقاومة ضغط للخرسانة أعلى بمقدار ٣-٦ أضعاف المقاومة العادية للخرسانة و في مختلف الأعمار.

و من المنتجات الموجودة فى الأسواق حاليا من الأسمنت الذى يحتوي على مواد النانو :

Chronolia , Agilia By: (Lafarge)

EMACO,Nanocrete By: (BASF)

شكل يوضح بعض من الأنواع المختلفة من الأسمنت المحتوي على مواد الناو

- **الخرسانه ذاتية الدمك**

من المعروف أن الخرسانة ذاتية الدمك من الخرسانات ذات الخواص الفريدة من نوعها و ذلك بسبب طبيعة طريقة صبها حيث تكون ذات سيولة عالية جدا و في نفس الوقت المحافظة على تماسك المواد المكونة لها و ليس فيها أي انفصال حبيبي.

و تستخدم مادة البولي كربوكسيلات (Poly carboxylates) لتوفير الخواص السابقة و بالتالي توفير حوالي ٥٠٪ من تكلفة عمال الخرسانة بالإضافة إلى توفير حوالي ٨٠٪ من وقت الصب .

تعمل مواد النانوتكنولوجى الحديثه على توفير الخواص السابقه الى جانب وجود مقاومة مبكره للخرسانه تعمل على ازاله الشده مبكرا و توفير وقت اضافى لتسريع معدل التنفيذ.

- **مضاعفة عمر الخرسانه**:

يحاول المهندسين حاليا تطوير تكنولوجيا جديده لمضاعفة عمر الخرسانة .و اسم التكنولوجيا الجديدة هي: (Verdict) او (Viscosity Enhancers Reducing Diffusion in Concrete Technology) و تعمل هذه التكنولوجيا الجديدة على زيادة كثافة الخرسانة عن طريق استخدام مواد تزيد كثافة قوام الخرسانة و بالتالي تحمي الخرسانة من اختراق الكبريتات و الكلوريدات و التى تؤدي إلى الحفاظ على الخرسانة لأزمنة أطول.

وجد أن المواد المضافة إذا كانت جزيئاتها دقيقة جدا و ذات تركيز عالي تؤدى إلى حمايه الخرسانه من أن يتم اختراقها بواسطة المواد الختلفة.

وجد المهندسين أن المواد المضافة يمكن إضافتها إلى الإضافات الحالية المتوفرة و لكن وجد أنه لتقديم أداء أفضل لابد من أن يتم إضافة المواد المحسنه الجديدة إلى رمل عالي الإمتصاص و خفيف الوزن.

من أمثلة هذه المواد الجديدة: مادة (Xanthium) و التى يتم عمل الاختبارات عليها حاليا.

- **الغطاء الخرساني** (covering)

يعتبر الغطاء الخرساني بمثابة درع واقي للخرسانة من الامتصاص و الهجوم الكميائي من كبريتات و غيرها و الشقوق الناتجة عن التغير الحراري.

و يجرى حاليا تطوير مواد و طرق لاستخدام غطاء بسمك عدة نانومترات لتوفير الحماية و تكون أكثر معمرية مع انتاجها لكمية حرارة قليلة أثناء تكوينها.

و يتم الاهتمام بالخواص كالمعمرية تحت ظروف قاسية و مقاومة البري و الاحتكاك و درجات الحرارة العالية و ذلك مع وجود خاصية تنقية و اصلاح تلقائي للعيوب التي تظهر فيها و ذلك من خلال تكوين

جزيئات غير قابلة للاتصاق بأي مواد جديدة تلتصق بها بعد التفاعل مثل الغبار و خلافه و ذلك ليسهل ازالتها فقط بالماء. و فيما يلي صورة توضح هذا النوع من الغطاء الخرساني:

شكل يوضح مدى تأثير تكنولوجيا النانو على الغطاء الخرساني

- **الحديد**:

تتركز الأبحاث حاليا في مجال الحديد على التخلص من أضرار الكلال (Fatigue) المختلفة و التى تنتج عن الأحمال الديناميكية التكرارية و التى توجد في كل الكباري المعدنية.

وجد أن إضافة مادة النحاس المعالجة بتكنولوجيا النانو (Nano Copper) على سبائك الحديد أثناء التصنيع تعمل على تقليل مسببات ارتفاع الاجهاد (Stress Risers) داخل الحديد و بالتالي التخلص من شروخ اجهادات الكلال المتولدة (Fatigue Cracking).

و تم بالفعل تصنيع كابلات للكباري المعلقة باستخدام التكنولوجيا المذكورة و أعطت نتائج أفضل من الحديد العادي غير المعالج.

و كذلك يمكن أن يتم استخدام مادة (Nano Vanadium) في المسامير عالية المقاومة فى المنشآت المعدنية و ذلك للتخلص من ظاهرة الانهيار المؤجل (Delayed Fracture) و التى تنتج من التغير المتكرر لدرجات الحرارة على مدى عمر المنشأ. و تقوم الماده العالجة بتحسين البنيان الجزيئي لذرات الحديد إلى جانب تقليل تأثير (Inter-granular cementite phase).

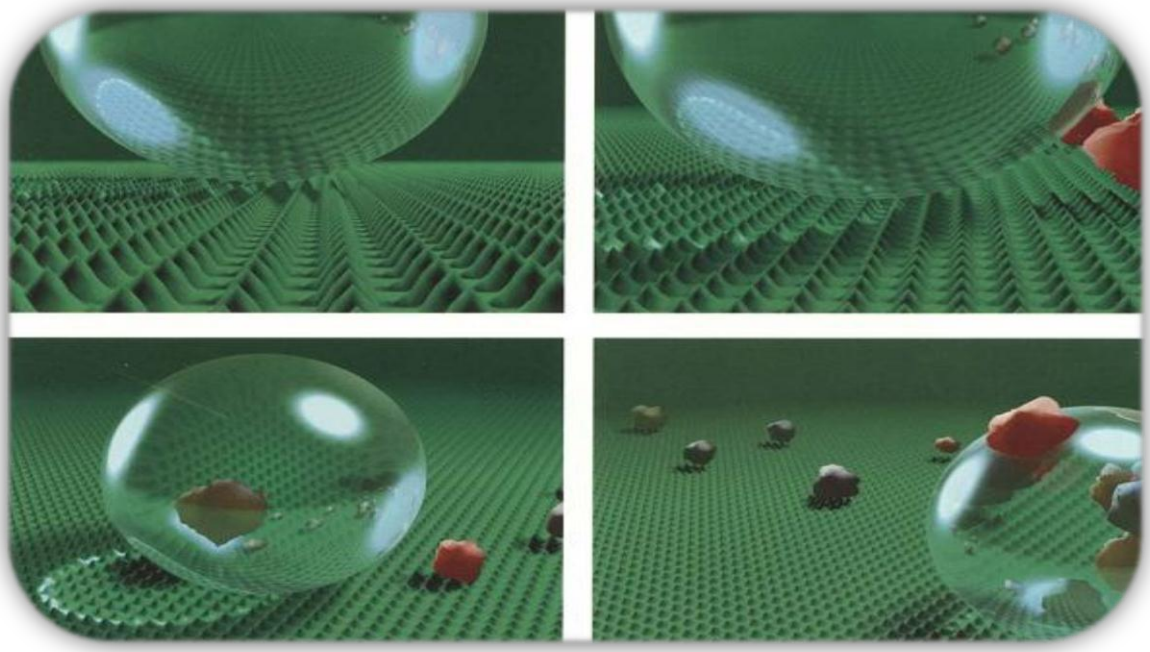
٦. بعض التطبيقات فى صناعة الزجاج

يمكن أن يتم استخدام ثانى اكسيد التيتانيوم المعالج بتكنولوجيا النانو (TiO_2) و ذلك لتغطية ألواح الزجاج و ذلك لأنها تتفاعل مع الملوثات المختلفة و البكتيريا و تمنع من وجودها أو تكونها على أسطح الزجاج.

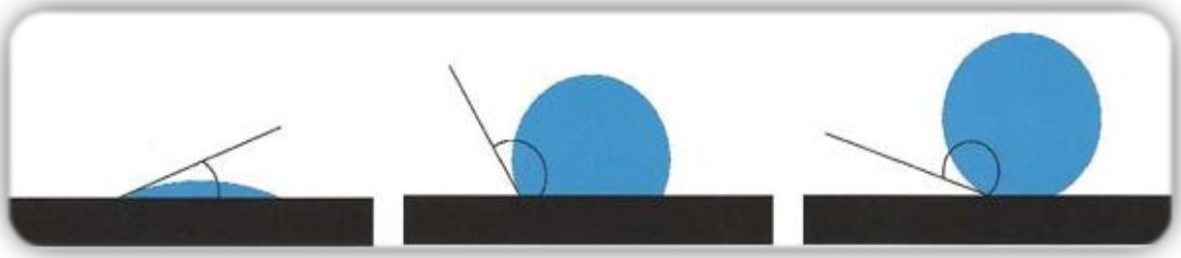
و تستخدم مادة (SiO_2) المعالجة داخل الزجاج لمقاومة انفجار الزجاج عند حدوث الحرائق أو ارتفاع درجة حرارته بصورة عالية جدا.

و يتم حاليا تطوير مواد معالجة بالنانو لتستخدم فى فلترة (Filtering) الضوء الداخل عبر الزجاج و إزالة الأشعه الضارة.

و هناك بعض هذه المواد و التي يتم استخدامها في صناعة الزجاج لإنتاج انواع من الزجاج تمنع التصاق الماء عليها.



شكل يوضح جزء تم تكبيره لمعرفة كيفية منع التصاق الماء بالزجاج باستخدام تكنولوجيا النانو

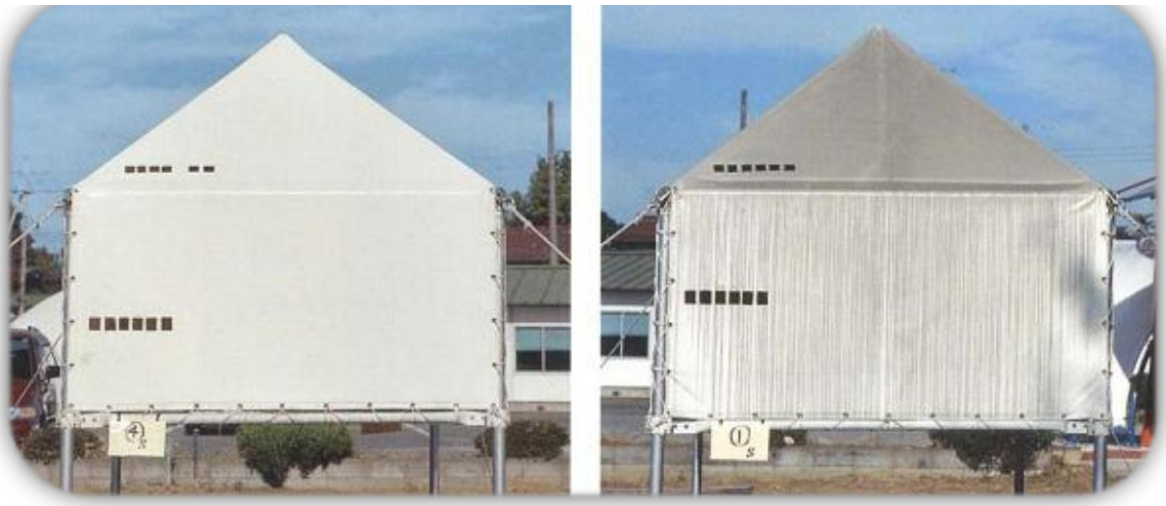


٧. بعض التطبيقات فى صناعة الدهانات

يتم حاليا استخدام أنواع جديدة من الدهانات ذات المزايا المتعددة الفريدة و ذلك باستخدام تقنية النانو لإدخال مواد دقيقة تعمل على تحسين بعض الخواص المرغوب فيها في الدهانات. و من هذه الأنواع :

الدهانات التى تمنع ترسب الكربون على أسطح المنشاءات المختلفة حيث تمنع (تقلل بدرجة كبيرة) التصاقه أو تفاعله معها لتكوين اللون الأسود غير المرغوب فيه على الإطلاق. و يمكننا معرفة الفرق من خلال الصورتين التاليتين لتوضيح الفرق قبل و بعد استخدام هذا النوع من الدهانات :

أشكال توضح الفرق في الشكل الخارجي قبل و بعد استخدام تقنية النانو في الدهانات



و هنك الدهانات المضاده للبكتيريا . و كذلك الدهانات ذاتية التنظيف و من أمثلة هذه الدهانات :

- Arctic Shown (Arctic Paint)
- Amphisiliant (Caprol)
- Bioni-Hygienic (Bioni)

الباب الخامس

الاختبارات المعملية

يحتوي هذا الباب على الأنواع المختلفة من الإختبارات المعملية على الأسمنت أو الركام أو الخرسانة المتصلدة أو اللدنة و كذلك بعضا من الإختبارات غير المتلفة. فيتم التطرق لغرض الأختبار و أهميته و كذلك الخطوات اللازمة لعمله.

الأختبارات المعملية

تكون الخرسانة من حبيبات صخرية متماسكة مع بعضها البعض بواسطة مادة لاصقة هي العجينة الأسمنتية ويطلق اسم الركام على تلك الحبيبات الصخرية التي تكون بصفة عامة متدرجة في الحجم من حبيبات صغيرة من الرمل و الحصى وحبيبات كبيرة من الزلط أو الأحجار ويمثل الركام في الخرسانة الجزء المالئ الخامل نسبيا ويشغل حوالي ٧٥٪ من حجم الكتلة الخرسانية.

و بالتالي لابد من عمل الإختبارات عليها للتأكد من صلاحيتها و جودتها قبل إستخدامها لضمان الحصول على أفضل النتائج.

- **الاختبارات المختلفة علي الخرسانة :**
  - **اختبارات الركام:**
    ١. التحليل بالمناخل للركام الصغير والكبير.
    ٢. كمية الشوائب العضوية بالركام الصغير
    ٣. الوزن النوعي الظاهري للركام.
    ٤. امتصاص الركام الكبير للماء.
    ٥. مقاومة الركام الكبير الاحتكاك والبرى.
  - **اختبارات الأسمنت:**
    ١. اختبار النعومة.
    ٢. اختبار القوام القياسي لعجينة الأسمنت(فيكات)
    ٣. اختبار زمن الشك الابتدائي و النهائي.
    ٤. اختبار ثبات الحجم (جهاز لوشاتليه).
  - **اختبارات الخرسانة اللدنة:**
    ١. اختبار الهبوط.
    ٢. اختبار القوام.
  - **اختبارات الخرسانة المتصلدة :**
    ١. اختبار مقاومة الضغط.
    ٢. اختبار مقاومة الشد.
    ٣. اختبار الانحناء.

٤. اختبار الشد غير المباشر.

٥. اختبار التماسك.

أ. اختبار التحليل بالمناخل للركام الكبير والركام الصغير:

- **الغرض**

١. تحديد التوزيع الحجمي لحبيبات الركام الكبير و الركام الصغير و ذلك بطريقة التحليل بالمناخل القياسية مع توضيح التدرج الحبيبي للركام بيانيا و مقارنتها بالحدود المبينة بالمواصفات.

٢. تحديد نسبة خلط الرمل والزلط الواجب استعمالها.

٣. تحديد معاير النعومة للركام الصغير و الكبير.

٤. تحديد مدى صلاحية الركام و ملاءمته للأعمال الخرسانية .

- **طريقة إجراء هذا الاختبار:**

تحضر عينة الركام اللازمة لهذا الاختبار و تجف في الهواء قبل وزنها أو إجراء تجربة النخل عليها ثم يجرى اختبار التدرج الحبيبي كالآتي:

١. توزن عينة الركام الجاف بدقة.

٢. تنخل بعد ذلك على المناخل القياسية على التعاقب بحيث يبدأ النخل على المنخل الأكبر و ينتهي بالمنخل الأصغر و يراعى أن تكون المناخل سليمة.

٣. تجرى عملية النخل ميكانيكيا أو يدويا و يجب ألا تقل مدة النخل عن دقيقتين.

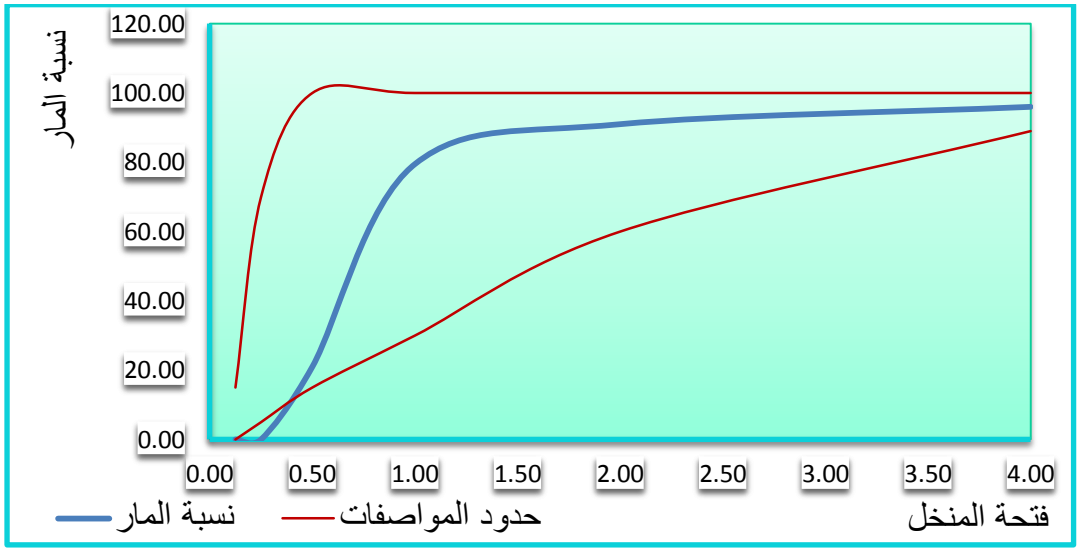
٤. يراعى عدم إجبار حبيبات الركام على المرورو يراعى عدم تحميل أوجه المناخل بوزن كبير على ألا تتعدى الكمية المحجوزة على مناخل الاختبار.

٥. يتم وزن العينة التي تم حجزها على المنخل في كل مرة.

٦. من خلالها يمكن تحديد النسبة المئوية المارة من المناخل و يمكن تمثيلها في جدول كالتالي:

فتحة المنخل	الوزن المحجوز (جم)	الوزن الكلي المحجوز (جم)	نسبة المحجوز	نسبة المار	حدود المواصفات	
٤.٠٠	٤٠.٠٠	٤٠.٠٠	٤.٠٠	٩٦.٠٠	٨٩.٠٠	١٠٠.٠٠
٢.٠٠	٥٠.٠٠	٩٠.٠٠	٩.٠٠	٩١.٠٠	٦٠.٠٠	١٠٠.٠٠
١.٠٠	١١٥.٠٠	٢٠٥.٠٠	٢٠.٥٠	٧٩.٥٠	٣٠.٠٠	١٠٠.٠٠
٠.٢٥	٢١٠.٠٠	١٠٠٠.٠٠	١٠٠.٠٠	٠.٠٠	٥.٠٠	٧٠.٠٠
٠.١٢٥	٠.٠٠	١٠٠٠.٠٠	١٠٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	١٥.٠٠

٧. يمكن توضيح التدرج الحبيبي للركام بيانياً بواسطة منحنى إحداثياته الرأسية تمثل النسبة المئوية الواردة من المنخل و إحداثياته الأفقية تمثل فتحات المناخل موقعة بمقياس رسم حسابي أو لوغاريتمي و يكون شكله كالتالي :



شكل يوضح المناخل المستخدمة في اختبار التدرج الحبيبي

ب. اختبارتحديد كمية الشوائب العضوية بالركام الصغير

يقصد بهذا الاختبار الاستدلال عن كمية الشوائب العضوية الموجودة بالرمال الطبيعية بطريقة تقريبية و من خلاله يمكن الحكم على امكانية استخدام الركام الصغير بدون أي تأثيرات أو رفضه و عدم استخدامه.

- **الغرض من الاختبار:**

تحديد نسبة الطين والمواد الناعمة.

- **الأجهزة المستخدمة:**

مخبار مدرج سعته ٢٠٠سم

- **طريقة إجراء الاختبار:**

١. يوضع ٥٠ سم^{٣} من الماء النقي في المخبار المدرج ثم تضاف إليه عينة الاختبار حتى تصل طبقة الرمل إلي العلامة ١٠٠ سم^{٣} ثم يضاف الماء النقي حتى علامة ١٥٠ سم^{٣}.

٢. يتم رج المخبار بشدة ثم توضع علي سطح مستوي و نطرق برفق علي سطح المخبار.

٣. نترك العينة لمدة ٣ ساعات حتى نضمن ترسيب المواد الناعمة .

- **النتيجة:**

- تقدر كمية الشوائب العضوية الموجودة بالرمل بمقارنة لون المحلول الموجود فوق الرمل بلون المحلول القياسي بعد مدة ٢٤ ساعة سالفة الذكر.
- فإذا كان لون الرمل أفتح من لون المحلول القياسي يتم اعتبار الرمل مقبولاً حيث أن كمية ما به من الشوائب العضوية – إن وجدت – تعتبر عديمة التأثير.
- أما إذا كان لون المحلول الموجود فوق الرمل أقتم من لون المحلول القياسي فيدل ذلك على احتواء الرمل على كمية ملحوظة من الشوائب العضوية و حينئذ لا يعتبر مقبولاً إلا إذا أجريت عليه اختبارات أخرى تبين مدى الضرر الناتج من استخدامه.

ج. اختبار تعين الوزن النوعي للركام

- **الغرض من الاختبار:**

تحديد الوزن النوعي للركام = وزن الركام ÷ وزن الماء المساوي له في الحجم .

- **طريقة الاختبار :**

- تغسل العينة من الركام الكبير أو الصغير لإزالة الأتربة منها ثم يجفف في الفرن و يبرد و يوزن مرة أخري
- و يتم إعادة هذه العملية التجفيف و التبريد و الوزن حتى ثبات وزن العينة.
- في حالة الركام الصغير الرمل يسكب ماء درجة حرارته ١٥°– ٢٥° في قنينة الوزن النوعي بحيث يعلو إلي علامة مناسبة من الجزء المدرج ثم يضاف الركام الصغير إلي الماء و يترك

مغمور لمدة ساعة تقريبا يتم تعيين حجم الركام الصغير من الفرق بين القراءة الأولي للماء علي الجزء المدرج و القراءة الثانية بعد إضافة الركام الصغير

- أما في حالة الركام الكبير فنتبع نفس الخطوات مع استعمال وعاء كبير بدلا من القنينة.

- **الاحتياطات:**

ضمان ثبات وزن العينة بعد تبريدها لأكثر من مرة.

د. اختبار تعيـن الوزن الحجمى للركام:

- **الغرض من الاختبار**

- هو تحديد الوزن الحجمى للركام الكبير و الصغير و يستخدم في تصميم الخلطات الخرسانية
- معرفة وزن المتر المكعب لكل من الرمل المدموك و الزلط.

- **الأجهزة المستخدمة**

- وعاء معدني اسطواني سعته ٣ لتر للركام الصغير.
- وعاء معدني اسطواني سعته ١٥ لتر للركام الكبير.
- قضيب دمك معدني طوله لا يقل عن ٥٠ سم و قطره حوالي ١٦ مم و طرفه السفلى مخروطي بنهاية مستديرة.

- **طريقة إجراء الاختبار:**

١. تحديد سعة الوعاء حسب المقاس الاعتباري الأكبر للركام و ليكن (ا) للرمل و (ب) للزلط.

٢. يوزن الوعاء فارغا وجافا ونظيفا.

٣. يملأ الوعاء لثلثه بالركام المخلوط خلطا جيدا ويدمك بقضيب الدمك ٢٥ مرة ثم يضاف مقدار آخر مساوي له في الكمية ويدمك ٢٥ مرة أخرى و بعد ذلك يملأ الوعاء لأكثر من سعته.

٤. يدمك ٢٥ مرة ثالثة ثم تزال الزيادة باستعمال قضيب الدمك كمسطرة تسوية .

٥. يعين الوزن الذي يملأ الوعاء و ليكن و١ و و٢ للركام الكبير.

هـ. اختبار تعيـن النسبة المئوية للفراغات للركام

- **الغرض من الاختبار**

هو تعيين النسبة المئوية للفراغات في الركام بطريقة معملية أو بطريقة حسابية كما يأتي :

- **خطوات الإختبار**

- يتم ملئ الوعاء كما سبق في اختبار الوزن الحجمى للركام و ليكن حجمه ب.
- يضاف ماء من مخبار مدرج إلى أن يمتلئ الوعاء تماما.
- يعين حجم الماء المضاف و ليكن أ.

- يتم تعيين نسبة الفراغات من خلال قسمة أ ÷ ب.
- يمكن حساب تلك النسبة من خلال القانون التالي :

$$\text{القانون الحسابي} = ١ - \frac{\text{النسبة المؤية للفراغات}}{\text{الوزن النوعي} \times \text{كثافة الماء}} \times ١٠٠$$

أ. اختبار فيكات

يستخدم جهاز فيكات المبين بالشكل مع مراعاة استخدام إبرة الجهاز ذات مقطع مربع ١×١ مم أو دائري بقطر ١.١٣ في حالة تعيين زمن الشك الابتدائي و استخدام الطرف الآخر المكون من الإبرة و المثبت حولها الجزء الإضافي ذو المقطع الدائري في حالة تعيين زمن الشك النهائي .

• الغرض من الاختبار

تحديد زمن الشك الابتدائي و النهائي لعجينة ذات قوام قياسي باستخدام جهاز فيكات.

• الأدوات

جهاز فيكات ويتكون من:

- حامل .
- قالب العجينة و صنع من المعدن.
- إبرة قياس زمن الشك الابتدائي : علي شكل اسطوانة قائمة قطرها ١.١٣مم.
- إبرة قياس الزمن النهائي : علي شكل اسطوانة قائمة قطرها ١.١٣مم و في نهايتها دائرة قطرها ٥ مم و تكون علي بعد ٠.٥ مم من نهاية الإبرة.
- مسطرين قياسي.
- مخبار متدرج.

شكل يوضح جهاز فيكات

• الطريقة:

- تحضر كمية من الأسمنت وزنها ٤٠٠جم ثم تضاف إليها كمية الماء اللازمة لجعلها عجينة ذات قوام قياسي وهي الكمية التي نحصل عليها من الاختبار رقم ٣ الذي يجب أن يجرى قبل هذا الاختبار مباشرة و تحت نفس ظروف درجة الحرارة والرطوبة وتكون مدة الخلط ٤ دقائق .
- يملأ قالب فيكات ملأً تاماً ثم يوضع القالب تحت إبرة جهاز فيكات ثم تدلى الإبرة ببطء حتى تمسح سطح العجينة بالقالب و تترك الغبرة حرة لتنفذ في العجينة تحت تأثير الوزن الكلي للقضيب إلى أن تنفذ الإبرة مسافة لا تزيد عن ٥ مم تقريباً من قاع قالب فيكات .
- تستبدل الإبرة (ب) بالطرف الآخر (ج) ثم يدلى القضيب ببطء حتى يمسك الطرف الآخر (ج) سطح العجينة و يترك حراً لينفذ في العجينة تحت تأثير الوزن الكلي للقضيب و الإبرة معاً.

- تكرر العملية حتى تترك الإبرة فقط أثراً على العجينة دون الحلقة الدائرية . وبذلك يكون زمن الشك النهائي هو الفترة التي تمر بين لحظة إضافة الماء للأسمنت الجاف و اللحظة التي تترك إبرة فيكات أثراً على العجينة بينما لا يظهر الأثر الدائري للجزء المثبت حول الإبرة.

ب. اختبارات النعومة:

باستخدام المنخل رقم ٩٠ ميكرون

- **الغرض من الاختبار:**

تعين نعومة الاسمنت و قياس نسبة المحجوز علي المنخل رقم ٩٠ ميكرون.

- **الأدوات:**

- منخل الاختبار : منخل رقم ٩٠.
- قطر المنخل من ١٥٠-٢٠٠مم و عمقه ٤٠-١٠٠مم و مقاس فتحته ٩٠ ميكرون.
- ميزان لقياس وزن العينة حوالي ١٠٠جرام.

- **خطوات إجراء الاختبار:**

- يتم تحضير العينة وتفكيكه تماما كي تمر من المنخل.
- يتم وضع الصينية تحت المنخل لتجنب أي فقد في العينة و١.
- يتم تحريك المنخل حركة دو رانية وأفقية حتى تمام النخل ووزن المتبقي علي المنخل وليكن و٢.
- يتم تكرار الخطوات السابقة علي ٥٠ جرام المتبقية.

- **الاحتياطات:**

- تكون العينة غير معرضة للرطوبة أو تكون قد شكت.
- يجب تفكيك العينة تماما قبل إجراء الاختبار باستخدام قضيب جاف.
- تغطية المنخل عند إجراء الاختبار حتى لا يتطاير أي جزء من العينة.

باستخدام جهاز بلين:

- **الغرض من الاختبار:**

تحديد و قياس نعومة الاسمنت عن طريق حساب المساحة السطحية لحبيبات الاسمنت.

- **الأدوات:**

- جهاز بلين
- خلية النفاذية: لوضع العينة داخل الخلية
- القرص المثقب
- المانوميتر.
- المكبس

- سائل المانوميتر
- ساعة إيقاف
- ميزان لوزن العينة
- قنينة كثافة
- زئبق

- **خطوات إجراء الاختبار:**

- يتم دهان الخلية من الداخل بزيت معدني و تغطية القرص بورقتي ترشيح.
- يتم ملئ الخلية تماما بالزئبق و إزالة أي فقاعات داخلية.
- يتم رفع ورقة ترشيح و ملئ الخلية بالاسمنت الذي يزن حوالي ٢.٨جرام دون حدوث تناثر من الاسمنت الموزون.
- يتم حساب حجم الاسمنت سم^{٣}.
- يتم إعادة الاختبار عدة مرات حتى لا يزيد الاختلاف عن ٠.٠٠٥جم.

ج. اختبار ثبات حجم الاسمنت:

- **الغرض من الاختبار**

مدى ثبات حجم الاسمنت بطريقة لوشاتيليه و قياس تمدد الاسمنت.

- **أدوات الاختبار**

- جهاز لوشاتيلية.
- ميزان.
- مخبار مدرج.
- خلاط ميكانيكي لخاط عجينة الاسمنت.
- حمام مائي.

- **خطوات إجراء الاختبار:**

- دهان القالب من الداخل بالزيت وكذلك لوح القاعدة.
- وزن العينة الإسمنتية حوالي ٦٠٠ جرام.
- وضع العينية الإسمنتية داخل الجهاز دون الضغط علي الجهاز.
- غمر القالب بلوحيه داخل الحوض والذي تصل درجة حرارتها٢٠م.
- بعد ٢٤ ساعة يتم رفع القالب من الحوض و قياس المسافة أأ.
- يتم غمر القالب مرة ثانية داخل الحوض وفي نفس درجة الحرارة.
- يتم حساب المسافة أولا تزيد عن ١٠سم.

- **الاحتياطات**

- يجب رج الاسمنت قبل الاستعمال.
- يتم الدهان بالزيت حتى لا يلتصق الأسمنت بجوانب القالب.
- يتم وضع القالب و العينة داخل الحوض لتثبيت درجة الحرارة و الرطوبة.

أ. اختبار مقاومة الضغط للأسمنت

- **الغرض من الاختبار**

تعيين مقاومة الضغط لمونة الأسمنت و الرمل و ذلك باختبار مكعبات من هذه المونة بعد ٣، ٧ أيام من تجهيزها .

- **فكرة الاختبار**

تحدد مقاومة مونة الأسمنت للضغط بتعيين مقاومة الضغط لمكعبات طول ضلع كل منها ٧.٠٧ سم معدة من الأسمنت (تحت الاختبار) و الرمل القياسي والمخلوطة خلطاً يدوياً و مدموكة بمكنة الاهتزاز القياسية .

- **المواد المستخدمة :**

تجهيز نسبة الأسمنت و الرمل بنسبة ١:٣ و إضافة ١٠٪ ماء من مجموع وزنى الأسمنت و الماء و يلاحظ أن يكون الرمل المستخدم رمل قياسي (نسبة السيليكا لا تقل عن ٩٠٪ و يمر جميعه من المنخل القياسي ٠.٨٥ مم و لا يزيد المار منه من المنخل القياسي ٠.٦ مم على ١٠٪ بالوزن) .

- **الأجهزة المستخدمة :**

١. قوالب الاختبار :

تكون قوالب الاختبار المستخدمة مكعبة بطول ضلع ٧.٠٧ سم لتكون مساحة كل وجه ٥٠ سم^{٢} من معدن لا يتأثر بالأسمنت .

٢. ماكينة الاهتزاز .

- **طريقة إجراء الاختبار :**

- تحضر الكميات اللازمة لعمل ٦ مكعبات من مونة أسمنتية كل مكعب على حده بنسبة جزء واحد من الأسمنت إلى ثلاثة أجزاء من الرمل بالوزن و فيما يلي الأوزان اللازمة لتحضير مكعب واحد من مكعبات الاختبار :
  - أسمنت =١٨٥ جم
  - رمل قياسي =٥٥٥ جم
  - ماء = ٧٤ سم^{٣} أي ١٠٪ من وزن الأسمنت و الرمل معاً.
- تغطى جميع الأوجه الداخلية للقالب بعد تجميعها بطبقة رقيقة من الزيت الخفيف .
- يخلط الأسمنت مع الماء الجاف بالمسطرين على سطح مستوى غير مسامي لمدة دقيقة ثم يضاف الماء و تخلط المونة جيداً لمدة أربع دقائق .

- يوضع القالب على ماكينة الاهتزاز و يثبت تثبيتاً محكماً في مكانة و يوضع فوقه دليل مناسب في الشكل و المقاس لتسهيل ملئه و لا يرفع هذا الدليل إلا بعد انتهاء مدة الاهتزاز .
- تنقل المونه بعد خلطها من الدليل إلى القالب ثم يهز القالب لكبس المونة لمدة دقيقتين على ماكينة الاهتزاز بسرعة مقدارها ١٢٠٠٠ ± ٤٠٠ لفة في الدقيقة .
- يرفع القالب من مكنة الاهتزاز و يوضع في جو رطوبته النسبية ٩٠٪ على الأقل و درجة حرارته ٢٠± ١ مثل الحديد أو المطاط لمنع تبخر الماء .
- ترفع مكعبات الاختبار من القالب و توضع علامات لتميزها و تغمر في الماء مباشرة لمعالجتها و تترك في الماء حتى يحين موعد اختبارها .
- ترفع المكعبات من الماء عند اختبارها و تمسح أسطحها لإزالة ما بها من الماء السطحي و أي بروزات سطحية بسيطة و تختبر مباشرة ثلاث مكعبات و هي لا تزال مبتلة لتعيين مقاومة الضغط بعد ثلاثة أيام و ثلاثة مكعبات أخرى تحت نفس الظروف السابقة بعد سبعة أيام على أن تحسب المدة من نهاية عملية هز قوالب الاختبار .
- توضع المكعبات على أحد جوانبها في مكنة الاختبار على ألا يستعمل السطح غير الملامس لأوجه القالب كما لا يوضع أي شيء بين سطحي مكنة الاختبار خلاف ألواح من الصلب الصلد كما يجب أن يرتكز أحد سطحي مكنة الاختبار على مرتكز كروي لضبط عملية التحميل .
- يطبق الحمل و يزداد تدريجياً بانتظام بمعدل قدره ٣٥ نيوتن /مم^{٢} في الدقيقة و تسجل قيمة الحمل الذي يحدث عنده الكسر .

- **النتائج :**

$$\text{مقاومة الضغط} = \frac{\text{حمل التهشيم (متوسط ٣ مكعبات)}}{\text{المساحة المعرضة لهذا الحمل}} \text{ كجم /سم}^{٢}$$

ب. اختبار الضغط للخرسانة

- **الغرض**

تحديد أقصى مقاومة مميزة للخرسانة في الضغط.

- **الجهاز المستخدم**

ماكينة الضغط

شكل يوضح ماكينة الضغط

- **طريقة الإختبار**

- يتم تثبيت العينة على ماكينة الإختبار الخاصة بالضغط بحيث يكون محورالمكعب متطابق مع محور فك الماكينة لضمان انتظام تأثير الحمل على سطح المكعب.
- يتم التأثير بالحمل تدريجيا و بمعدل بطيء حتى نحصل على حمل الكسر.
- يتم حساب إجهاد الضغط من العلاقة التالية:

إجهاد الضغط = حمل الكسر ÷ مساحة مقطع العينة

- يتم تكرار الإختبار على ثلاث عينات و يتم أخذ متوسط القراءات لهم و إذا وجدت نتيجة شاذة عن باقي القراءات يتم تجاهلها.

ج. اختبار الشد للخرسانة

- **الغرض**

تحديد أقصى مقاومة للخرسانة في الشد.

- **الجهاز المستخدم**

ماكينة الشد

- **طريقة الإختبار**

يتم صب الأسطوانة الخرسانية القياسية ١٥سم × ٣٠سم بعد وضع سيخ من الحديد.

- تثبت العينة في ماكينة الشد و يتم التأثير حتى كسر العينة.
- يتم حساب إجهاد الشد من العلاقة التالية:

إجهاد الشد = حمل الكسر ÷ مساحة مقطع العينة

- وجد تقريباً أن مقاومة الشد = ١٠٪ من مقاومة الضغط.

د. اختبار الشد غير المباشر للخرسانة

- **الغرض**

تحديد أقصى مقاومة للخرسانة في الشد.

- **الجهاز المستخدم**

ماكينة الشد

- **إجراء التجربة:**

- يتم عمل اسطوانة قياسية من الخرسانة قطاعها ١٥سم × ٣٠سم
- يتم وضع الاسطوانة بين فكي ماكينة الضغط
- يتم التأثير بالحمل حتى الكسر وليكن P.
- يمكن الحصول على إجهاد الكسر من القانون: حيث D هو قطر العينة

$$F_t = 2P / \pi .D.L$$

هـ. اختبار الانحناء:

يعين من هذا الاختبار مقاومة الخرسانة للشد حيث يعد أسهل من اختبار الشد المباشر و ذلك لعدم احتياجه لأحمال كبيرة للوصول إلى حمل الكسر.

- **خطوات التجربة:**

بعد الحصول على حمل الكسر و حساب عزم الانحناء يتم الحصول على إجهاد الكسر من العلاقة:

$$F_t = M_{max} \cdot y/I_x$$

حيث:

I_x = عزم القصور الذاتي لقطاع الكمرة

Y= بعد $N.A.$ عن طرف العينة

و. اختبار القص للخرسانة

يتم عمل الكمرة الخرسانية و يتم الحصول على حمل الكسر وليكن P

$$q = P / 2A$$

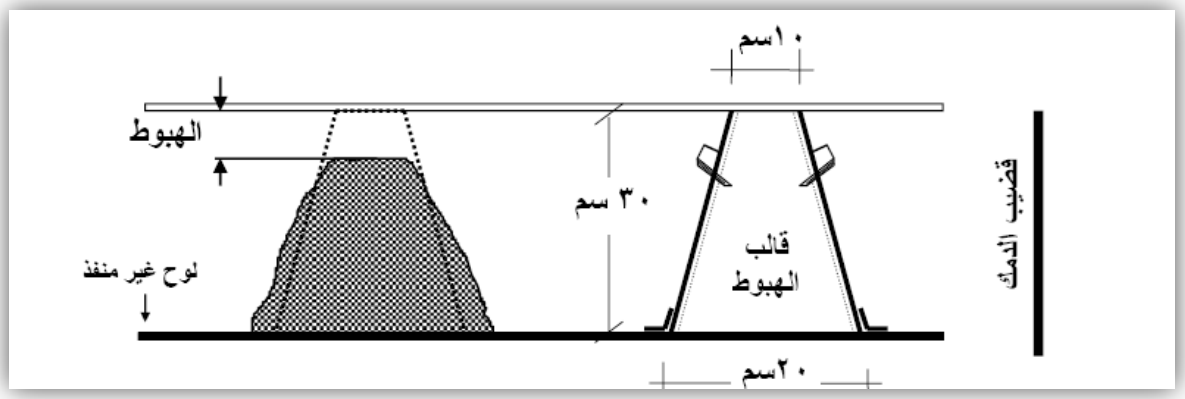
ز. اختبار تعين الهبوط:

- **تعريفها**:

هي قابلية الخلط الخرسانية للخلط و الصب و الدمك بسهولة . و يحدد ذلك بالحصول على معامل الدمك .

- **الغرض من الاختبار**:
  - تعين الهبوط للخرسانة ذات قابلية تشغيل متوسطة و عالية.
  - يفيد في متابعة التغير في تشغيل الخرسانة.

- **الأدوات**:
  - قالب من الحديد المجلفن ويكون علي شكل مخروط ناقص١٠×٢٠×٣٠ سم.
  - جاروف لتعبئة الخرسانة داخل القالب.
  - قضيب الدمك.
  - مسطرة مدرجة.



شكل يوضح طريقة عمل اختبار الهبوط للخرسانة الطازجة

- **طريقة إجراء الاختبار**:

- يتم وضع القالب علي سطح أملس ونظيف وأفقي وغير معرض لأي اهتزازات.
- يتم ملئ القالب على ثلاث مرات كل مرة يتم دمكها ٢٥مرة.
- يتم تسوية السطح العلوي للخرسانة.
- يتم رفع القالب ببطء بحيث لا تزيد مدة الاختبار عن ١٥٠ ثانية.
- يتم قياس المسافة من الحافة العلوية للقالب و سطح الخرسانة.

- **الاحتياطات:**

- لابد أن يكون القالب نظيف من الداخل و خالي من أي بروز لمسامير.
- لابد من رفع القالب ببطء و منع أي حركة جانبية أو التوائية للخرسانة.
- لا يصلح للخرسانة المهواة أو الخالية من الركام الصغير.
- اختبار قابلية التشغيل للأسمنت.

- **طريقة إجراء الاختبار:**

- يملأ المخروط العلوي بالخرسانة ثم يسوى سطحه .
- تفتح الفتحة السفلية لتنزل الخرسانة تحت تأثير الوزن إلى المخروط الثاني .
- تفتح الفتحة السفلية للمخروط الثاني لتسقط الخرسانة إلى الاسطوانة السفلية و يسوى سطحها و توزن وليكن وزنها W_1.
- توضع الأسطوانة فوق هزاز لمدة دقيقة و توزن و ليكن وزنها W_2
- يعين معامل الدمك من العلاقة الآتية: $\text{COMPACTION FACTOR} = W_2 / W_1$

- **ملاحظة:**

كلما كان معامل الدمك أقرب إلى الواحد الصحيح كلما كان الدمك جيداً .

٥. الاختبارات غير المتلفة للخرسانة

- **الهدف من إجراء الاختبارات غير المتلفة:**

- إجراء الاختبارات دون حدوث تلف في المنشأ.
- عند حدوث شروخ أو تصدعات بالمنشأ.
- عدم أجراء اختبار مقاومة الضغط أو الشك في نتائج اختبار مقاومة الضغط.
- الخلاف بين المقاول والمهندس على طريقة فك الشدات.
- في حالة الشك في نوع الأسمنت المستخدم.

- **استخدامات الاختبارات الغير متلفة:**

- إجراء اختبار مقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة.
- اختبار صلادة الخرسانة.
- تحديد مكان حديد التسليح و عدد الأسياخ في الخرسانة المتصلدة.

- كشف أماكن الشروخ الداخلية بالخرسانة و تحديد اتساعها.
- تحديد معامل المرونة و محتوى الرطوبة و الكثافة للخرسانة المتصلدة.

- **أنواع الاختبارات غير المتلفة:**

١. اختبار مطرقة شميدت.
٢. اختبار التحميل.
٣. اختبار القلب الخرساني .
٤. اختبار الموجات فوق الصوتية.

أ. اختبار مطرقة شميدت

مطرقة شميدت من الأجهزة شائعة الاستخدام لتعين رقم الارتداد حيث تعتمد فكرة عمل الجهاز على النظرية التي تنص على أن قوة الارتداد لكتله مرنة تعتمد على قوة السطح الذي تصطدم به و يستخدم رقم الارتداد الناتج في الاسترشاد عن قيمة التقريبية لمقاومة الضغط للخرسانة.

- **مميزات مطرقة شميدت:**

- من أرخص الأجهزة المستخدمة لهذا الغرض.
- خفيف الوزن وسهل الحمل في الموقع.
- سهل المعايرة.
- لا يسبب تلف للخرسانة.
- تتحمل العمل الشاق في أجواء التنفيذ الصعبة.
- لا تطلب احتياطات معقدة.

- **طريقة عمل الجهاز:**

- بالضغط الخفيف على الجهاز يخرج الرأس المتحرك.
- توضع المطرقة عموديا على الجزء المراد اختبار ثم نضغط بالمطرقة فيدخل الرأس المتحرك إلي ما قبل النهاية بمسافة ليطرق طرقه معينه و ينفصل الشاكوش محدثا صدمه معينه .

- عند حدوث الصدمة يدون المؤشر المتصل بالشاكوش مدى ارتداد المطرقة على مقياس و يختلف رقم الارتداد تبعا لصلابة الجزء المختبر.
- ينقل الجهاز إلي مكان آخر ويتم قراءة عدة نقاط ١٥ قراءة موزعة داخل مسافة محددة داخل العنصر الإنشائي ٣٠×٣٠ والمسافة بين كل قراءة حوالي ٢,٥سم.
- بعد نهاية الاختبار يضغط على الرأس مرة أخرى ليدخل داخل الجهاز.

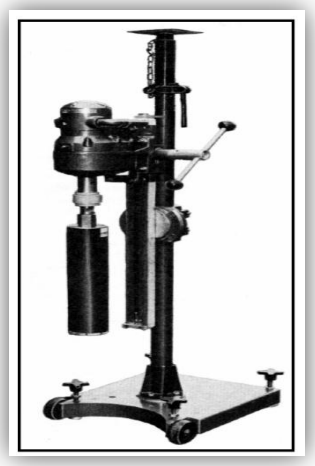
- **أنواع الأجهزة المستخدمة:**
  - أجهزة تدون النتائج على شريط ورقى مرفق بالجهاز.
  - أجهزة تقرأ النتائج على تدريج بجسم الجهاز.

- **و يفضل النوع الأول في الاستخدام لعده أسباب:**
  - يتطلب شخص واحد فقط لعمل النتائج.
  - دقة النتائج بالتعاون بالجهاز الأخر.
  - سرعة الحصول على النتائج بالدقة الكافية دون حدوث أخطاء.
  - البعد عن التلاعب في النتائج.

- **الاحتياطات اللازمة أثناء أجراء الاختبار:**
  - أن يكون السطح خالي من النتواءت وبعيدا عن أماكن اتصال الخرسانة.
  - معايرة الجهاز قبل استخدامه .
  - أن يكون السطح المختبر خالي من التعشيش أو التسوس .
  - آلا يوضع الرأس المتحرك أثناء أجراء التجربة على زلط أو حديد تسليح في الخرسانة المتصلده .
  - أن ينظف السطح من البياض قبل أجراء التجربة .
  - تؤخذ القراءات في الأماكن العلوية للعناصر الإنشائي نظرا لدمك الأجزاء السفلية جيدا .
  - يفضل عدم أجراء الاختبار للأسطح المبللة لأنها تعطى نتائج أقل بمقدار ٣٠٪ ولها معامل تصحيح.
  - يفضل أجراء الاختبار للأسطح الرأسية (جوانب كمرات-الأعمدة-الحوائط).
  - الأعضاء النحيفة تؤخذ احتياطات خاصة نظرا لان رقم الارتداد يتأثر بمرونة الأعضاء.
  - تنظف الأسطح الأفقية (البلاطات) عن الطبقة العلوية والتي تنتج عن عملية النضح.
  - تنظف السطح الأفقية بسمك ١سم بصاروخ يدوي حتى لا تعطى نتائج مضلله .

ب. اختبار القلب الخرساني:

- **أسباب اللجوء إلي اختبار القلب الخرساني:**
  - معرفة مقاومة الضغط للخرسانة.
  - تحديد نوع الركام المستخدم.
  - تحديد المقاس الاعتباري الأكبر للركام.
  - مدى صدا الحديد التسليح.
  - مدى وجود تعشيش أو تسوس في الخرسانة.
  - مدى تجانس مكونات الخلطة الخرسانية.
  - قطر حديد التسليح المستخدم.



شكل يوضح الجهاز المستخدم لأخذ العينات

- سمك الغطاء الخرساني.
- معرفة نسب مكونات الخلطة الخرسانية (رمل-زلط-أسمنت.....).
- معرفة نسب أملاح الكبريتات والكلوريدات بالخرسانة.

- **كيفية إجراء الاختبار:**

- يتم انتزاع عينه من العنصر الإنشائي بواسطة جهاز معين به اسطوانات بقلب مصنوع من الماس وهذا الجهاز يعمل بالضغط الهيدروليكي أو الضغط اليدوي
- وتكون الاسطوانات ذات قطر ١٠ أو ١٥ سم و طولها لا يقل عن ٩٠٪ من القطر.
- تستخرج العينة عموديه على السطح وعند الطول المطلوب يتم تكسير العينة بتحريك القلب الخرساني إلى اعلي.
- يتم فحص العينة لتأكد من درجة دمج الخرسانة و خواص الركام بالعينة وتوزيع الحبيبات داخل الخرسانة.

- **الشروط الواجب توافرها في التجربة:**

- وجود حديد تسليح أثناء القطع داخل الخرسانة.
- مراعاة نسبة الطول للعرض.
- الغطاء المستخدم في العينة.
- حدوث شروخ أثناء استخراج العينة.
- ألا يزيد الفرق بين النتائج التجربة المختلفة عن ٢٥٪.
- ألا يقل مقاومة الضغط الناتجة عن ٨٠٪ من المقاومة المطلوبة.
- يتم ضرب النتائج ×(١,٢٥) للتحويل من الأسطوانة إلى المكعب للحصول على مقاومة الضغط.

ج. اختبـار التحميـل:

- **أسباب اللجوء إلي اختبار التحميل:**

- عندما تعطى مطرقة شميدت والقلب الخرساني نتائج غير مقنعة:
- عند عمل أي تعديلات بالمنشأ.
- عند تعلية المنشأ.
- عند حدوث هبوط لأحد جوانب المبنى .
- عند الرغبة في معرفة مدى مقاومة الأساس للاجتهادات الواقعة عليه.
- عند اختبار مدى صحة أي تدعيم تم للمنشأ.

- **كيفية إجراء الاختبار:**

- يقاس سهم الانحناء للعناصر الإنشائية المعرضة لقوى عموديه على محورها مثل البلاطات و الكمرات.
- يقاس سهم الانحناء للعناصر الإنشائية المعرضة لقوة محوريه مثل الأعمدة.

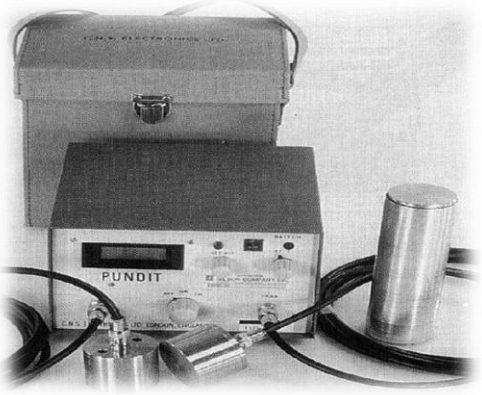
- يتم تحميل العضو الإنشائي المراد اختباره بحمل مقداره مرة ونصف قيمة الحمل التصميمي ونقيس الهبوط المقابل له.
- ترفع الأحمال وبعد ٢٤ ساعة يتم قياس سهم الانحناء مرة أخرى.
- لا يتعدى قيمة سهم الانحناء في العناصر الإنشائية" δmax " حيث $\delta max = L_{t2}/2.5t$
- لا بد أن يكون الجزء المسترجع من الهبوط بعد ٢٤ ساعة اكبر من ٧٥٪ من قيمة سهم الانحناء.
- يتم عمل تدعيم للمنشأ عن طريق وضع ركائز ودعامات لحمل الأعضاء الإنشائية المختلفة.

- **العلامات التي تظهر على الأعضاء الإنشائية المختبرة:**
  - ظهور علامات ضعف على المنشأ.
  - الحصول على سهم انحناء أعلى من المسموح به في المواصفات.
  - اتساع ملحوظ في الشروخ.

- **و للتغلب على هذه الآثار السلبية ومنع حدوثها يتم عمل الأتي:**
  - وضع ركائز للمنشأ وتحسين توزيع الأحمال.
  - تقليل الأحمال الحية.
  - تقليل الأحمال الميتة.
  - عمل تقويات للعناصر الإنشائية.

د. اختبار الموجات فوق الصوتية:

- **أسباب اللجوء إلي هذا الاختبار:**
  - تحديد قيمة مقاومة الضغط للخرسانة.
  - معرفة مدى تجانس الخرسانة.
  - اكتشاف الشروخ في الخرسانة.
  - تحديد مدى تلف الخرسانة.
  - قياس معامل المرونة للخرسانة.
  - قياس عمق طبقات العناصر الخرسانية المختلفة.
  - مراقبة تطور قيم مقاومة الخرسانة للضغط.



شكل يوضح جهاز الموجات فوق الصوتية

- **كيفية إجراء الاختبار:**
  - يتم إحداث نبضات عبارة عن موجات فوق صوتية ترسل إلى العينة وتسرى بها وتستقبل .ونقيس زمن الانتقال و بمعلومية الزمن يتم تعين السرعة المحسوبة التي من خلالها ندخل الجداول والمنحنيات ويتم تحديد مقاومة الضغط.
  - الخرسانات التي تتميز بكثافة عالية تكون سرعة الموجات فيها كبيرة والمادة التي بها فراغات تكون سرعة الموجات بها صغيرة.

- يتم وضع المستقبل والمرسل على الجزء المراد اختباره ويكون تام الالتصاق عن طريق عجينه من الشحم ويتم معايرة الجهاز قبل استخدامه على المادة المرفقة مع الجهاز ثم نقيس الزمن الذي يقرأه الجهاز وإذا تأرجحت القيمة بين قراءتين نأخذ القيمة المتوسطة معبرة عن زمن T و منها نحسب السرعة L/T فنحسب مقاومة الضغط من المنحنيات.

- **العوامل المؤثرة على النتائج**:
  - نسبة الرطوبة.
  - نوع الركام.
  - تجانس الخرسانة.
  - تأثير طول المسار.
  - درجة تصلد الخرسانة.
  - درجة الحرارة.
  - عمر الخرسانة.
  - تأثير درجة البلل المادة المختبرة.
  - حديد التسليح.
  - وجود فجوات أو شروخ.
  - درجة تلف الخرسانة.

الباب السادس

خرسانة
اليوم الواحد

١. ما هي خرسانة اليوم الواحد (One-day concrete)

خرسانة اليوم الواحد عبارة عن خرسانة يتم صبها في يوم و يتم استخدامها في اليوم التالي مع امكانية الاعتماد عليها في تحمل الأحمال التي صممت من أجلها حيث تم الوصول لمقاومة مميزة لهذا النوع من الخرسانات إلى ٣٨ ميجابسكال بعد مرور ٢٤ ساعة فقط من وقت صبها في معامل الكلية و ذلك بالمواد المحلية المتاحة. و هذه المقاومة بالتأكيد تكفي لاستخامها في شتى الأغراض.

٢. سبب اختيار النقطة البحثية عن خرسانة اليوم الواحد :

تم اختيار النقطة البحثية لنا بعنوان خرسانة اليوم الواحد و ذلك بعد موافقة أ.د. محمد يسري (المشرف على المشروع) و كذلك كافة أفراد المجموعة بناء للأسباب التالية :

- تطبيق مباشر للخرسانة عالية المقاومة (High strength concrete) و التي لم ينتشر بعد استخدامها هنا في مصر بصورة كبيرة مع أنها صارت شائعة الإستخدام في دول الخليج العربي و تقريبا في كل الدول المتقدمة.
- في بعض الظروف الخاصة التي يتطلب فيها عمل بعض أنواع من المنشأت التي لابد من الوصول لنفس المقاومة بعد ٢٨ يوم خلال يوم واحد فقط. و هو الأمر الذي يعتبر تحديا لأعمال الخرسانة المسلحة في الوضع العام الطبيعي. مثال على هذا التطبيق انشاء منط جديد للغطس بحمام السباحة بجامعة المنصورة في عام ٢٠٠٦ م قبل افتتاح مهرجان أسبوع شباب الجامعات و لم يكن باق على الافتتاح سوى ثلاثة أيام فقط .
- سرعة الإنتهاء من تنفيذ المشروعات و كذلك توفير الوقت و الجهد. فمثلا عند إنشاء برج سكني مكون من ١١ طابقا لو تم حساب زمن بقاء الشدة للأسقف و الأعمدة عند استخدام الخرسانة العادية و ذلك بعد الانتهاء من الصب لكل مرحلة على حدة سنجد ان الزمن الكلي هذا عبارة عن ١٠ أضعاف الزمن الكلي عند استخدام هذا النوع من الخرسانة (خرسانة ذات مقاومة مبكرة عالية). فمن هنا نجد مدى امكانيو توفير هذا الزمن في أي اعمال أخرى تزيد من سرعة اتمام انشاء المبنى ككل و ما ينتج عنه من توفير للمال و الوقت و المجهود.
- المقارنة بين هذا النوع من الخرسانة و الخرسانة التقليدية من حيث المقاومة المميزة مع حساب التكلفة النهائية لكلا النوعين.
- معرفة أقل تكلفة ممكنة لانتاج هذا النوع من الخرسانة و كذلك أعلى مقاومة يمكننا الوصول لها من خلال المواد المحلية المتاحة بغض النظر عن التكلفة حيث تتطلب بعض المشروعات مقاومة مميزة عالية جدا في الأعمار المبكرة بغض النظر عن التكلفة لأسباب أخرى.

- وجود فرصة لامكانية تنفيذها في معامل الكلية و كذلك توافر المواد المطلوبة لصناعتها.

٣. فكرة هذا النوع من الخرسانة :

الغرض الأساسي من هذا النوع هو الوصول إلى مقاومة مميزة عالية و ذلك في خلال يوم واحد فقط و عليه فإنه ان تم استخدام الخرسانة العادية ذات مقاومة ضغط مميزة ٢٥ ميجابسكال فإننا لن نحصل على أكثر من ١٠ ميجابسكال. فتم اللجوء إلى خرسانة ذات مقاومة عالية (أكبر من ٥٠ ميجابسكال) و ذلك حتى نحصل على المقاومة المطلوبة بعد يوم واحد فقط و باقي المقاومة يعتر كمعامل أمان اضافي.

و بعد عمل التجارب و جدنا أن المقاومة المميزة للخرسانة بعد يوم واحد تقريبا تساوي ٠.٤٦ من المقاومة المميزة بعد ٢٨ يوم. و بذلك قمنا بتحديد و تجربة العوامل التي تؤدي للحصول على أعلى مقاومة بعد يوم واحد و ذلك بأقل تكلفة ممكنة.

٤. نظرة سريعة على خطة العمل

- في البداية تم عمل تصميم لخلطة خرسانية مبدئية تصل مقاومتها الى ٨٠ ميجابسكال بعد ٢٨ يوم للبدء منها و كانت كالتالي:
  - محتوى أسمنتي : ٥٠٠ كجم/م^3
  - نسبة غبار السليكا من المحتوى الأسمنتي : ١٠٪
  - نسبة الأسمنت إلى الماء : ٠.٢٨
  - استخدام ملدنات فائقة (Type : F) بنسبة ٣٪ من المواد الأسمنتية
  - استخدام رمل : سن ٩ : سن ١٦ بنسبة ١ : ١ : ١
- تم تحديد أنه في كل خلطة سيتم عمل ١٦ مكعبات ١٥×١٥×١٥سم (٦ مكعبات لاختبارها بعد يوم واحد و ٦ مكعبات لاختبارها بعد ٧ أيام و ٤ مكعبات لاختبارها بعد ٢٨ يوم) و مكعبين ١٠×١٠×١٠سم و ذلك في حالة زيادة المقاومة المميزة بعد ٢٨ يوم عن ٧٠ ميجابسكال للمكعبات القياسية ١٥×١٥×١٥سم.
- و من ثم حساب الكميات اللازمة لعمل هذه المكعبات في كل خلطة و عمل جدول لتنظيم العمل بداية من تنفيذ أول خلطة و عمل الاختبارات لها بعد الانتهاء منها إلى الانتهاء من تنفيذ و اختبار كل الخلطات المقترحة.

- تم تحديد الاختبارات غير المتلفة التي سيتم عملها على العينات و هي : اختبار مطرقة شميدت و أختبار الموجات فوق الصوتية.
- تم تحديد الاختبارات المتلفة التي سيتم عملها على العينات و هي : اختبار الضغط و الشد و الشد غير المباشر.
- البدء بتجهيز القوالب و صب الخلطات على حسب الجدول الزمني الموضح لاحقا.
- معرفة الأثر الناتج عن بعض الأخطاء التي حدثت بالفعل مثل تغيير نوع الملدنات بدون قصد من أحد الزملاء بالمجموعة.
- محاولة معرفة العوامل التي تؤثر بفاعلية على المقاومة مثل طريقة الخلط و الصب و الدمك... إلى غير ذلك.
- تجميع النتائج و تفصيلها و فرزها لكل خلطة على حسب موعد عمل الإختبارات عليها و النتائج التي تم الحصول عليها.
- عملية التحليل للنتائج و تحويلها لصورة رسومات بيانية لاستنباط النتائج و الخلاصة.

٥. المتغيرات التي سيتم التعامل معها

نظرا لضيق الوقت اللازم لتنفيذ المشروع تم تحديد المتغيرات التي سيتم تغييرها لمعرفة أثرها على المقاومة المميزة عند تغيير نسبتها في الخلطة و هي :

- نسبة غبار السليكا إلى الأسمنت.
- نسبة الملدنات الفائقة إلى المواد الأسمنتية (أسمنت و غبار السليكا).

و كان من المفترض ان يتم زيادة المتغيرات لتشمل: المحتوى الأسمنتي في الخلطة و التحكم في الركام المستخدم (نسبة سن ١٦ : سن ٩ : الرمل) و نسبة ماء الخلط إلى المواد الأسمنتية و ذلك لمعرفة أقل تكلفة يمكن بها الحصول على المقاومة المطلوبة.

٦. تصميم الخلطات التي سيتم العمل عليها

- **تم عمل تصميم للخلطات التالية** :

رقم الخلطة	المحتوى الأسمنتي	نسبة غبار السليكا	نسبة م/س	نسبة الملدنات	نسبة الرمل من الركام الكلي	نسبة سن ٩ من الركام الكبير	نسبة سن ١٦ من الركام الكبير
١	٥٠٠	٪١٥	٠.٣٠	٪٣	١	١	١
٢	٥٠٠	٪١٠	٠.٣٠	٪٣	١	١	١
٣	٥٠٠	٪٥	٠.٣٠	٪٣	١	١	١
٤	٥٠٠	٪١٠	٠.٢٨	٪٣.٥	١	٢	٣
٥	٥٠٠	٪١٥	٠.٢٥	٪٤	١	٢	٣
٦	٥٠٠	٪١٠	٠.٢٨	٪٢.٥	١	١	١
٧	٥٠٠	٪٢٠	٠.٢٨	٪٣	١	١	١

- **تفاصيل الخلطات لعدد ٨ مكعبات** (الأوزان بالكيلوجرام)

رقم الخلطة	وزن الأسمنت	وزن السليكا	وزن الماء	وزن الملدنات	وزن الرمل	وزن سن ٩	وزن سن ١٦
١	١٣.٦٠	٢.٠٠	٤.٠٠	٠.٤٠	١٩.٠٠	١٩.٠٠	١٩.٠٠
٢	١٣.٦٠	١.٣٠	٤.٠٠	٠.٤٠	١٩.٠٠	١٩.٠٠	١٩.٠٠
٣	١٣.٦	٠.٧٦	٤.٣٠	٠.٤٣	١٩.٠٠	١٩.٠٠	١٩.٠٠
٤	١٣.٦	٢.٠٤	٤.٤٠	٠.٥٢	١٩.٠٠	١٥.٢٠	٢٢.٨٠
٥	١٣.٦	٢.٠٤	٣.٩٠	٠.٥٩	١٩.٠٠	١٥.٢٠	٢٢.٨٠
٦	١٣.٦	١.٦٢	٤.٠٠	٠.٤٥	١٩.٠٠	١٩.٠٠	١٩.٠٠
٧	١٣.٦	١.٦٢	٤.٠٠	٠.٣٦	١٩.٠٠	١٥.٢٠	٢٢.٨٠

٧. الجدول الزمني لصب العينات

الخلطة	بعد يوم واحد	بعد ٧ أيام
١	٢٠١٠/٤/١٣	٢٠١٠/٤/٢٧
٢	٢٠١٠/٤/٢٧	٢٠١٠/٤/٢٧
٣	٢٠١٠/٥/٦	٢٠١٠/٥/٦
٤	٢٠١٠/٥/٦	٢٠١٠/٥/١٦
٥	٢٠١٠/٥/٣	٢٠١٠/٥/١٦
٦	٢٠١٠/٥/٣	٢٠١٠/٥/١٦
٧	٢٠١٠/٥/٦	٢٠١٠/٥/٦

٨. الجدول الزمني لعمل الاختبارات

الخلطة	بعد يوم واحد	بعد ٧ أيام	بعد ٢٨ يوم
١	٢٠١٠/٤/١٤	٢٠١٠/٥/٤	٢٠١٠/٦/١
٢	٢٠١٠/٤/٢٨	٢٠١٠/٥/٤	٢٠١٠/٦/١
٣	٢٠١٠/٥/٧	٢٠١٠/٥/١٣	٢٠١٠/٦/٢
٤	٢٠١٠/٥/٧	٢٠١٠/٥/٢٣	٢٠١٠/٦/٢٠
٥	٢٠١٠/٥/٤	٢٠١٠/٥/٢٣	٢٠١٠/٦/٢٠
٦	٢٠١٠/٥/٤	٢٠١٠/٥/٢٣	٢٠١٠/٦/٢٠
٧	٢٠١٠/٥/٧	٢٠١٠/٥/١٣	٢٠١٠/٦/٢

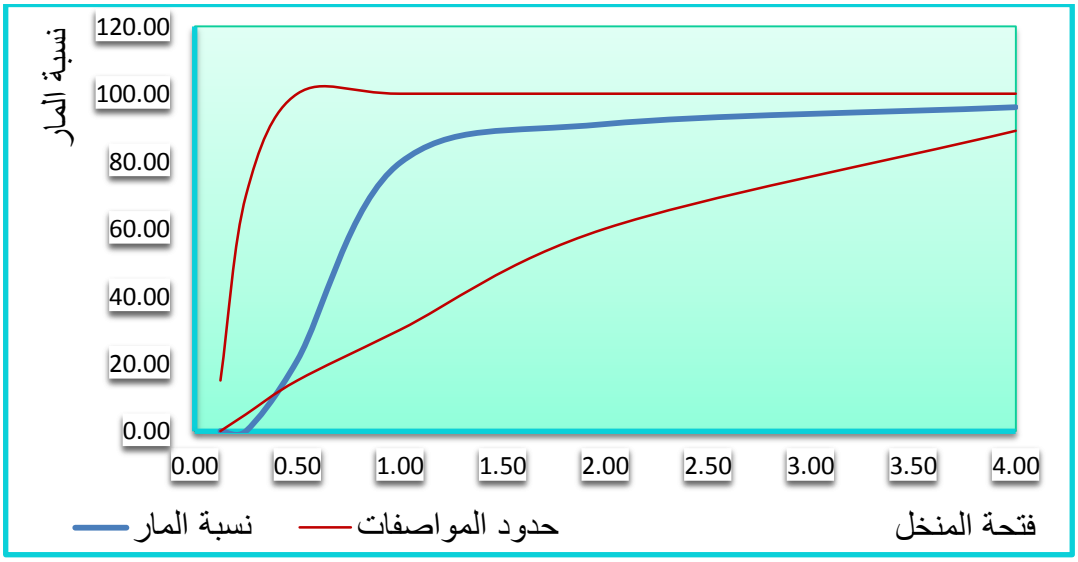
٩. تجربة التدرج الحبيبي للركام المتوفر

تم عمل تجربة التدرج الحبيبي للركام المتوفر حيث كان الركام المتوفر عبارة عن رمل و سن ٩ و ١٦. و للعلم فقط فإن تفاصيل و خطوات التجربة تم شرحها مسبقا في باب الاختبارات الواجب عملها لضمان تأكيد عملية الجودة أثناء عملية صب الخرسانة.

- **بالنسبة للرمل المستخدم :**

فتحة المنخل	الوزن المحجوز (جم)	الوزن الكلي المحجوز (جم)	نسبة المحجوز	نسبة المار	حدود المواصفات	
٤.٠٠	٤٠.٠٠	٤٠.٠٠	٤.٠٠	٩٦.٠٠	٨٩.٠٠	١٠٠.٠٠
٢.٠٠	٥٠.٠٠	٩٠.٠٠	٩.٠٠	٩١.٠٠	٦٠.٠٠	١٠٠.٠٠
١.٠٠	١١٥.٠٠	٢٠٥.٠٠	٢٠.٥٠	٧٩.٥٠	٣٠.٠٠	١٠٠.٠٠
٠.٥٠	٥٨٥.٠٠	٧٩٠.٠٠	٧٩.٠٠	٢١.٠٠	١٥.٠٠	١٠٠.٠٠
٠.٢٥	٢١٠.٠٠	١٠٠٠.٠٠	١٠٠.٠٠	٠.٠٠	٥.٠٠	٧٠.٠٠
٠.١٢٥	٠.٠٠	١٠٠٠.٠٠	١٠٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	١٥.٠٠

و عند تمثيل البيانات على المنحنى كما يلي تبين ان الرمل المستخدم مطابق للمواصفات بنسبة قدرها ٩٤.٨٪ و بالتالي يمكن استخدامه.

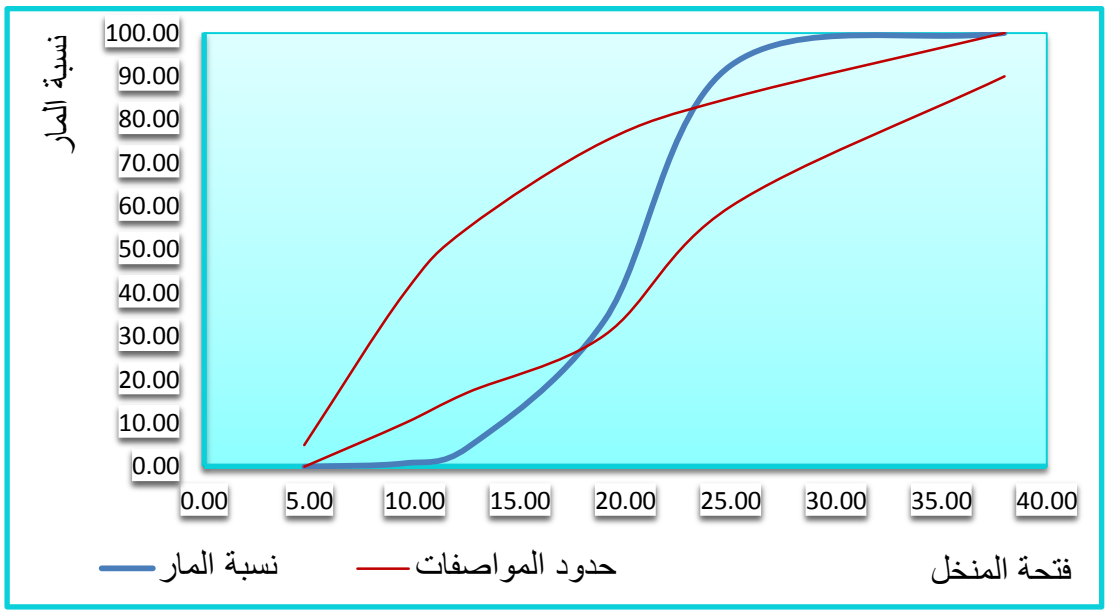


شكل توضيحي يبين العلاقة بين نسبة المار من المناخل المختلفة

- **بالنسبة لسن ١٦ المستخدم :**

فتحة المنخل	الوزن المحجوز (جم)	الوزن الكلي المحجوز (جم)	نسبة المحجوز	نسبة المار	حدود المواصفات	
٣٨.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	١٠٠.٠٠	٩٠.٠٠	١٠٠.٠٠
٢٥.٠٠	٣٧٥.٠٠	٣٧٥	٧.٥٠	٩٢.٥٠	٦٠.٠٠	٨٥.٠٠
١٩.٠٠	٢٩٤٠.٠٠	٣٣١٥	٦٦.٣٠	٣٣.٧٠	٣٠.٣٠	٧٥.٠٠
١٢.٥٠	١٤٦٥.٠٠	٤٧٨٠	٩٥.٦٠	٤.٤٠	١٧.١٠	٥٥.٠٠
٩.٥٠	١٨٠.٠٠	٤٩٦٠	٩٩.٢٠	٠.٨٠	١٠.٠٠	٤٠.٠٠
٤.٧٥	٤٠.٠٠	٥٠٠٠	١٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	٥.٠٠
وعاء	٠.٠٠	٥٠٠٠	١٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠

و عند تمثيل العلاقة بين نسبة المار و حدود المواصفات وجدنا أن هذا السن مطابق بنسبة ٣٥.٧٤٪ لحدود المواصفات و لكن تم استخدامه و ذلك لأنه الوحيد المتوفر.

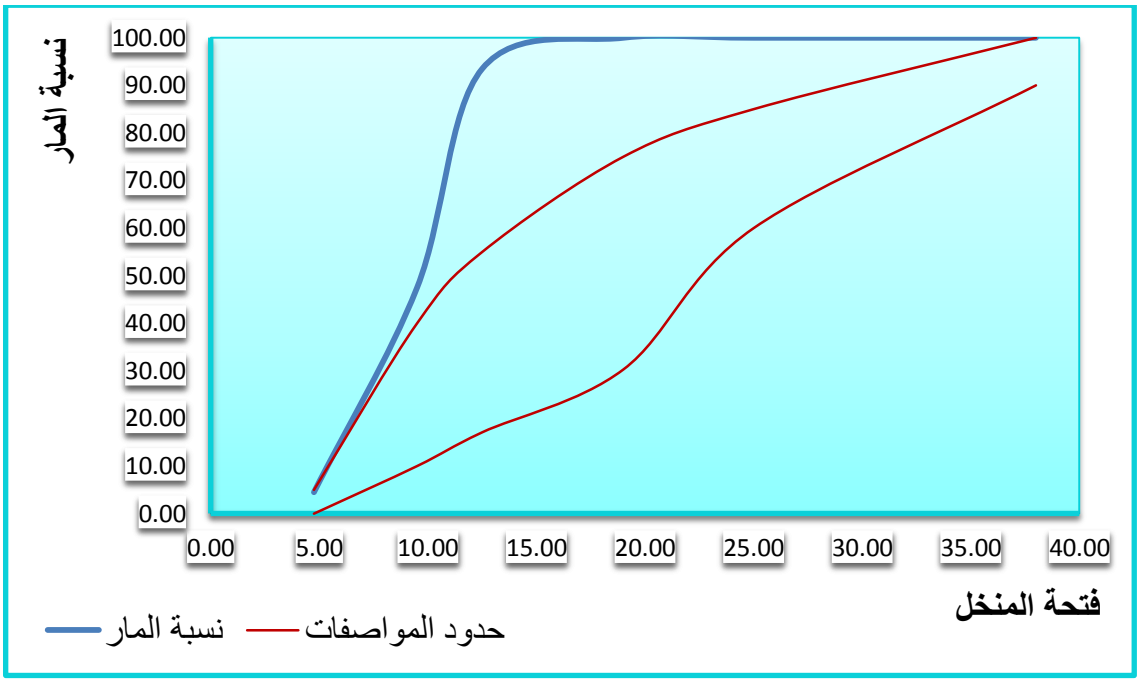


شكل توضيحي يبين العلاقة بين نسبة المار من المناخل المختلفة

- **بالنسبة لسن ٩ المستخدم :**

فتحة المنخل	الوزن المحجوز (جم)	الوزن الكلي المحجوز (جم)	نسبة المحجوز	نسبة المار	حدود المواصفات	
٣٨.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	١٠٠.٠٠	٩٠.٠٠	١٠٠.٠٠
٢٥.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	١٠٠.٠٠	٦٠.٠٠	٨٥.٠٠
١٩.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	١٠٠.٠٠	٣٠.٣٠	٧٥.٠٠
١٢.٥٠	٦٥	٦٥	٦.٥٠	٩٣.٥٠	١٧.١٠	٥٥.٠٠
٩.٥٠	٤٦٠	٥٢٥	٥٢.٥٠	٤٧.٥٠	١٠.٠٠	٤٠.٠٠
٤.٧٥	٤٣٠	٩٥٥	٩٥.٥٠	٤.٥٠	٠.٠٠	٥.٠٠
وعاء	٤٥	١٠٠٠	١٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠

و عند تمثيل العلاقة بين نسبة المار و حدود المواصفات وجدنا أن هذا السن غير مطابق للمرة لحدود المواصفات و لكن تم استخدامه و ذلك لأنه الوحيد المتوفر.



شكل توضيحي يبين العلاقة بين نسبة المار من المناخل المختلفة

١٠. بعض الاختبارات على الأسمنت

- **الأسمنت المستخدم:** أسمنت بورتلاندي عادي (العامرية).
- **نتائج اختبارات ضبط الجودة له كالآتى :**

نوع الإختبار	نتيجة الإختبار	حدود المواصفات	الحالة
النعومة	٨ ٪	صفر٪ - ١٠٪	مطابق
نسبة الماء القياسية	٣٠٪	٢٨٪ - ٣٠ ٪	مطابق
زمن الشك الإبتدائى	٣٨ دقيقة	٣٠ ـ ٤٥ دقيقة	مطابق

١١. تحليل الخلطة ١

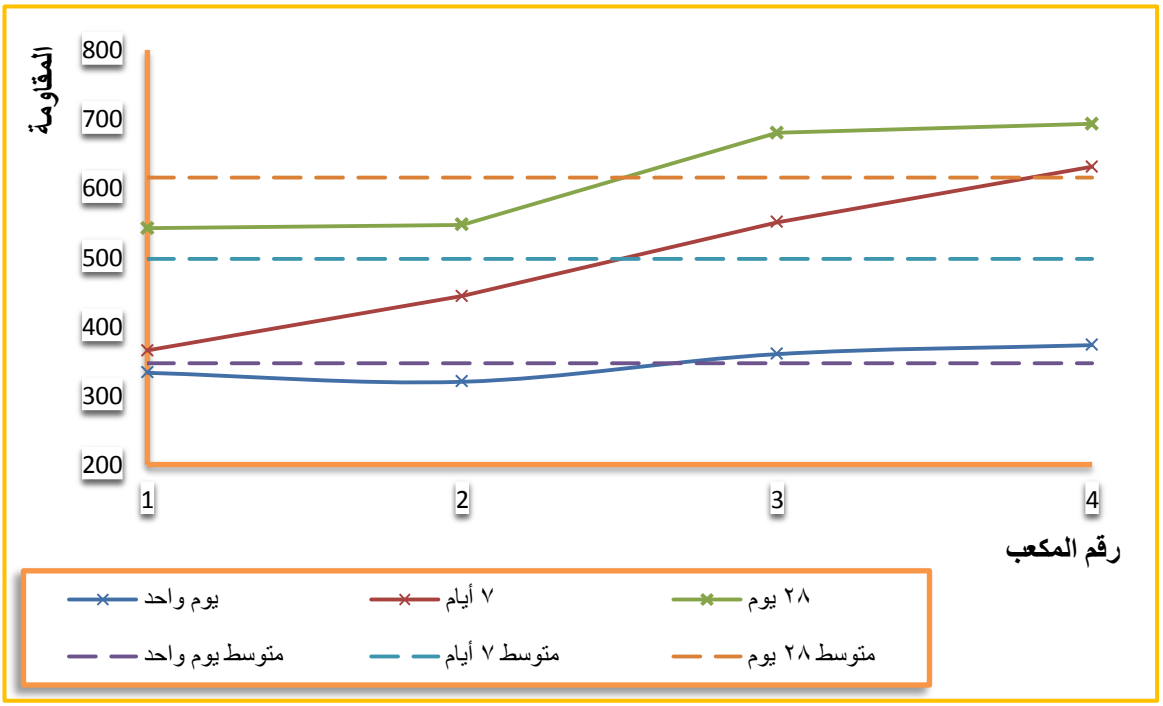
- **نتائج اختبار الضغط** (كجم/سم٢)

مكعب	بعد ١ يوم	بعد ٧ أيام	بعد ٢٨ يوم
١	٣٣٣	٤٤٤	٦٨٠
٢	٣٦٠	٦٣١	٦٩٣
٣	٣٢٠	٥٥١	٥٤٢
٤	٣٧٣	٣٦٥	٥٤٧

- **نتائج اختبار الشد** (كجم/سم٢)

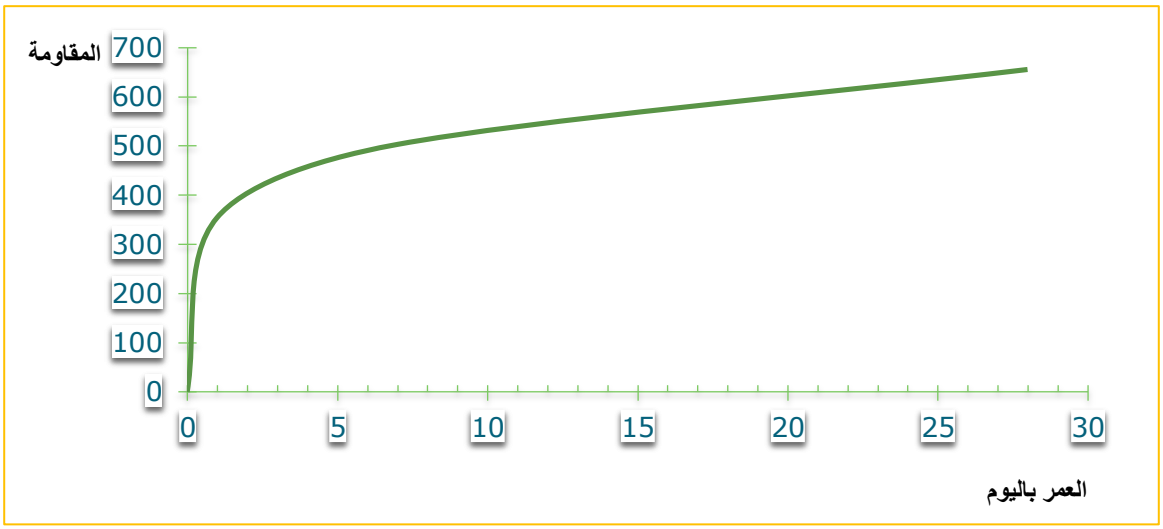
مكعب	بعد ١ يوم	بعد ٧ أيام	بعد ٢٨ يوم
١	٥٧	١١٠	١٦٤
٢	٤٥	١٢٠	١٧٨

- **نتائج المكعبات المختلفة مع الأعمار المختلفة**



رسم توضيحي يوضح العلاقة بين المقاومة (كجم/سم٢) و رقم المكعب على الأفقي عند الأعمار المختلفة

- **شكل بياني يوضح العلاقة بين متوسط المقاومة للعينة عند الأعمار المختلفة**



رسم توضيحي يوضح العلاقة بين المقاومة (كجم/سم^{٢}) عند الأعمار المختلفة

- **احصائيات سريعة عن الخلطة:**
  - المقاومة الناتجة بعد يوم واحد = ٦٩.٧٪ من المقاومة بعد ٧ أيام.
  - المقاومة الناتجة بعد يوم واحد = ٥٥.٢٪ من المقاومة بعد ٢٨ يوم.
  - المقاومة في ازدياد مستمر في حالة اتمام المعالجة بشكل سليم.
  - الخلطة تعتبر ناجحة لأننا حصلنا على مقاومة أكبر من ٣٠٠ كجم/سم^{٢} بعد يوم واحد فقط.

١٢. تحليل الخلطة ٢

- **نتائج اختبار الضغط** (كجم/سم٢)

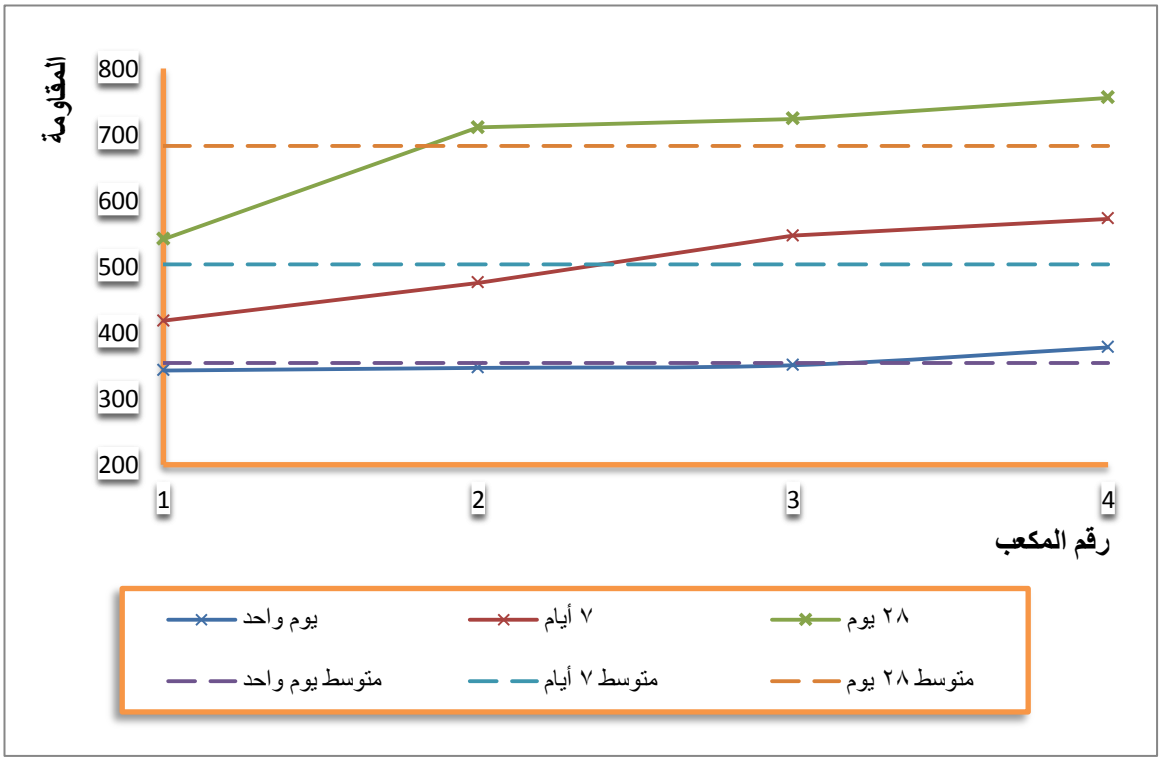
مكعب	بعد ١ يوم	بعد ٧ أيام	بعد ٢٨ يوم
١	٣٤٣	٥٧٣	٥٣٣
٢	٣٤٧	٤٧٦	٧٢٤
٣	٣٥١	٤١٨	٧١١
٤	٣٧٨	٥٤٧	**٧٥٦

** ملاحظة: أقصى مقاومة وصلنا لها في المعمل نتيجة للوصول لأقصى قدرة لماكينة اختبار الضغط.

- **نتائج اختبار الشد** (كجم/سم٢)

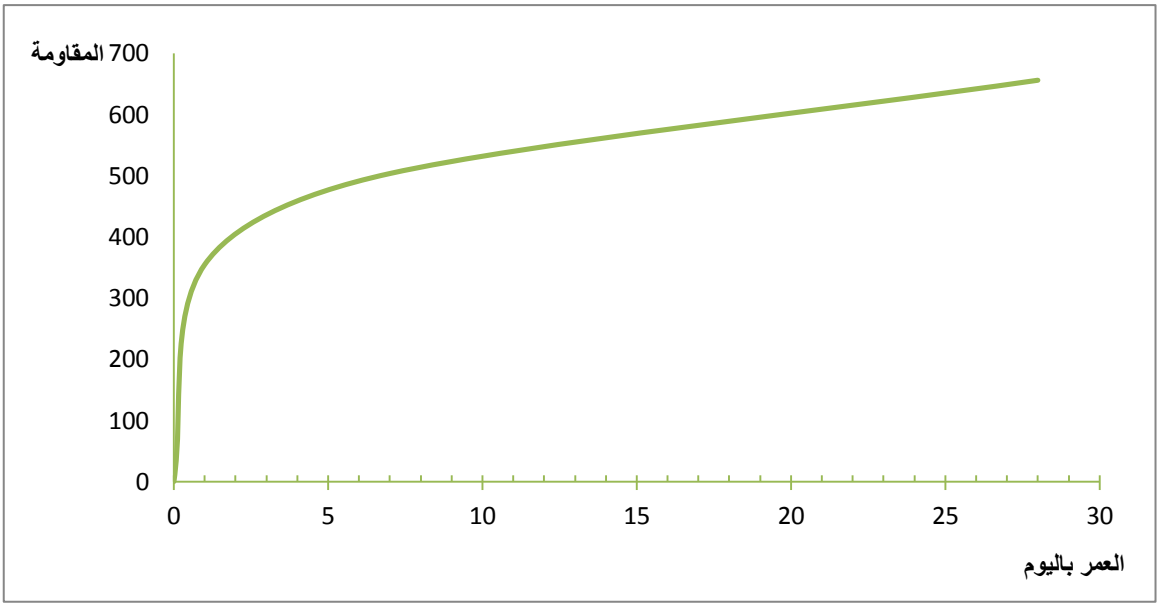
مكعب	بعد ١ يوم	بعد ٧ أيام	بعد ٢٨ يوم
١	٥٤	٤٥	٤٧
٢	٤١	٩٠	٩١

- **نتائج المكعبات المختلفة مع الأعمار المختلفة**



رسم توضيحي يوضح العلاقة بين المقاومة (كجم/سم٢) و رقم المكعب على الأفقي عند الأعمار المختلفة

- **شكل بياني يوضح العلاقة بين متوسط المقاومة للعينة عند الأعمار المختلفة**



رسم توضيحي يوضح العلاقة بين المقاومة (كجم/سم^2) عند الأعمار المختلفة

- **احصائيات سريعة عن الخلطة:**
  - المقاومة الناتجة بعد يوم واحد = ٧٠.٣٪ من المقاومة بعد ٧ أيام.
  - المقاومة الناتجة بعد يوم واحد = ٥٣.٢٪ من المقاومة بعد ٢٨ يوم.
  - المقاومة في ازدياد مستر في حالة اتمام المعالجة بشكل سليم.
  - الخلطة تعتبر ناجحة لأننا حصلنا على مقاومة أكبر من ٣٠٠ كجم/سم^2 بعد يوم واحد فقط.

١٣. تحليل الخلطة ٣

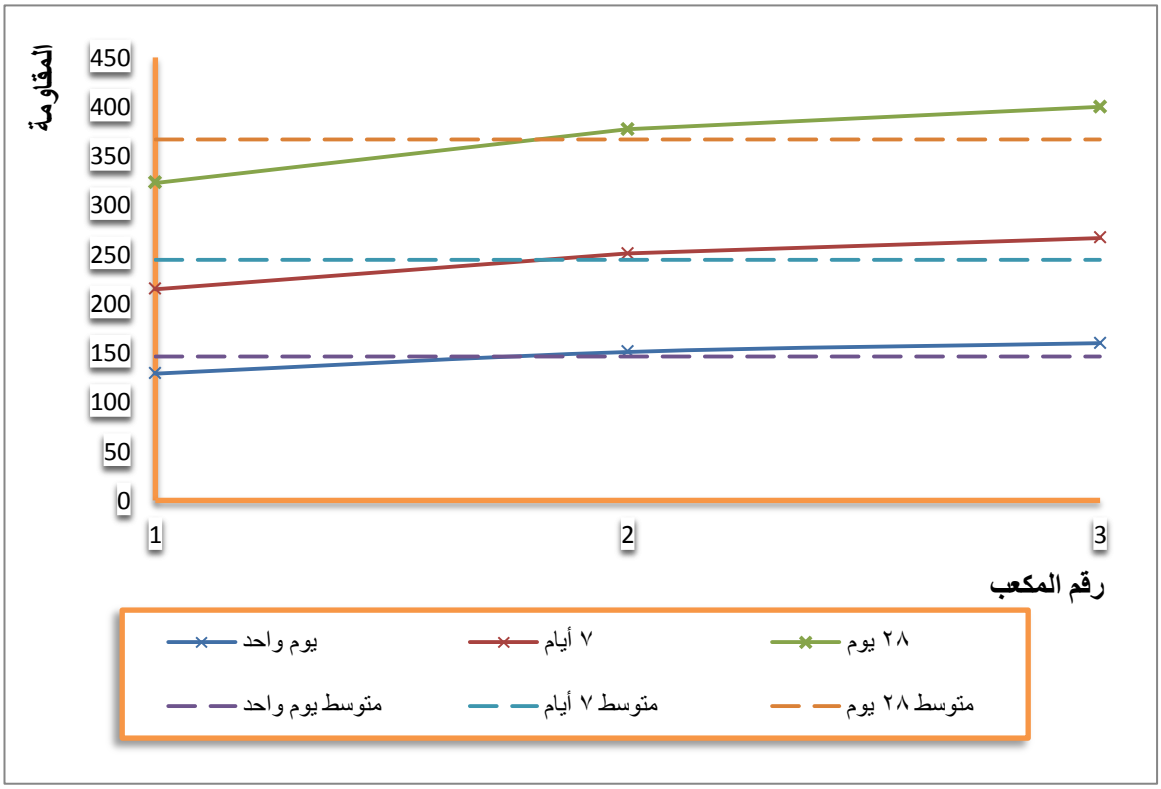
- **نتائج اختبار الضغط** (كجم/سم٢)

مكعب	بعد ١ يوم	بعد ٧ أيام	بعد ٢٨ يوم
١	١٢٩	٢١٥	٣٢٣
٢	١٥١	٢٥١	٣٧٧
٣	١٦٠	٢٦٧	٤٠٠

- **نتائج اختبار الشد** (كجم/سم٢)

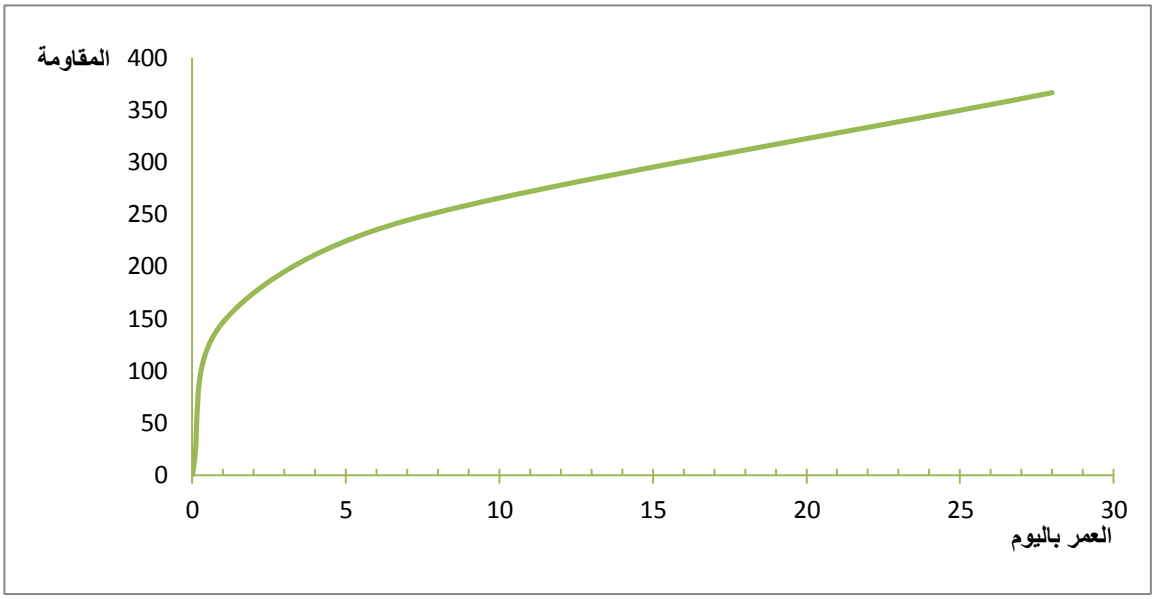
مكعب	بعد ١ يوم	بعد ٧ أيام	بعد ٢٨ يوم
١	١٨	٢٦	٣٩
٢	١٧	٢٥	٤٠

- **نتائج المكعبات المختلفة مع الأعمار المختلفة**



رسم توضيحي يوضح العلاقة بين المقاومة (كجم/سم٢) و رقم المكعب على الأفقي عند الأعمار المختلفة

- **شكل بياني يوضح العلاقة بين متوسط المقاومة للعينة عند الأعمار المختلفة**



رسم توضيحي يوضح العلاقة بين المقاومة (كجم/سم^2) عند الأعمار المختلفة

- **احصائيات سريعة عن الخلطة:**
  - المقاومة الناتجة بعد يوم واحد = ٦٠٪ من المقاومة بعد ٧ أيام.
  - المقاومة الناتجة بعد يوم واحد = ٥٠.٢٪ من المقاومة بعد ٢٨ يوم.
  - المقاومة في ازدياد مستر في حالة اتمام المعالجة بشكل سليم.
  - الخلطة تعتبر فاشلة لأننا حصلنا على مقاومة أقل من ٣٠٠ كجم/سم^2 بعد يوم واحد.

١٤. تحليل الخلطة ٤

- **نتائج اختبار الضغط** (كجم/سم٢)

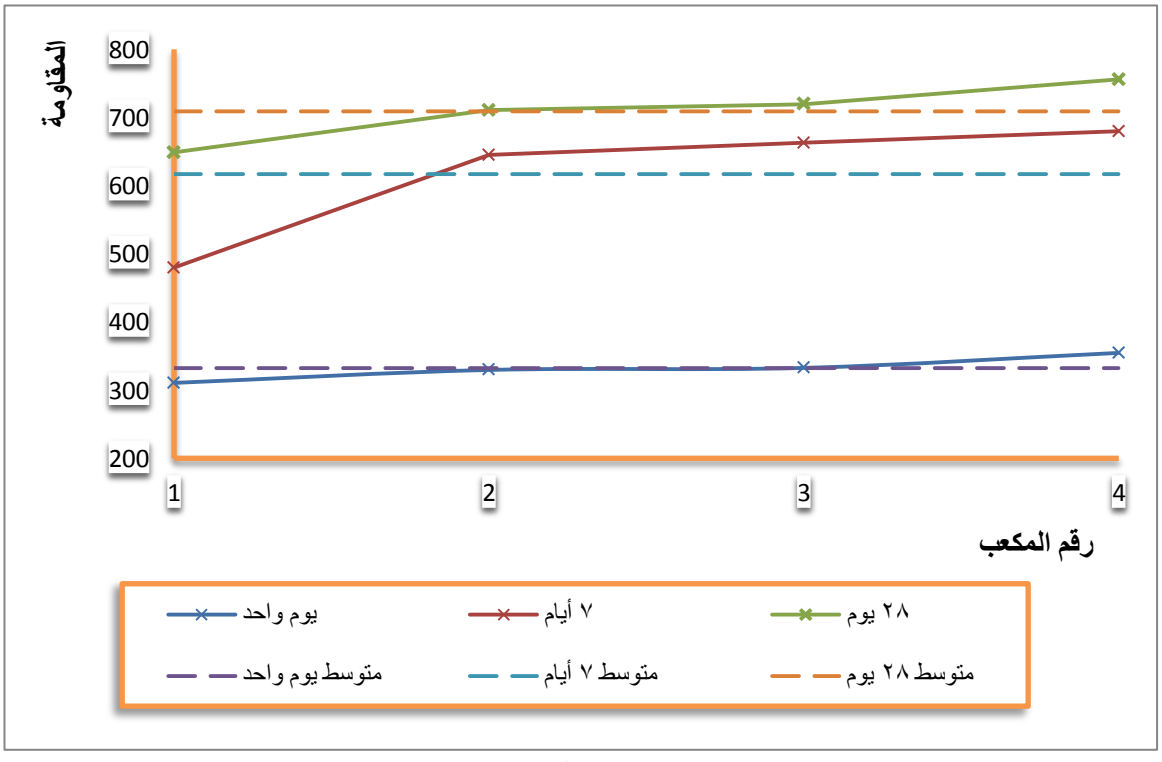
مكعب	بعد ١ يوم	بعد ٧ أيام	بعد ٢٨ يوم
١	٣٣٣	٦٤٥	**٧٥٦
٢	٣١١	٦٨٠	٦٤٩
٣	٣٥٥	٦٦٣	٧١١
٤	٣٣٠	٤٨٠	٧٢٠

** ملاحظة: أقصى مقاومة وصلنا لها في المعمل نتيجة للوصول لأقصى قدرة لماكينة اختبار الضغط.

- **نتائج اختبار الشد** (كجم/سم٢)

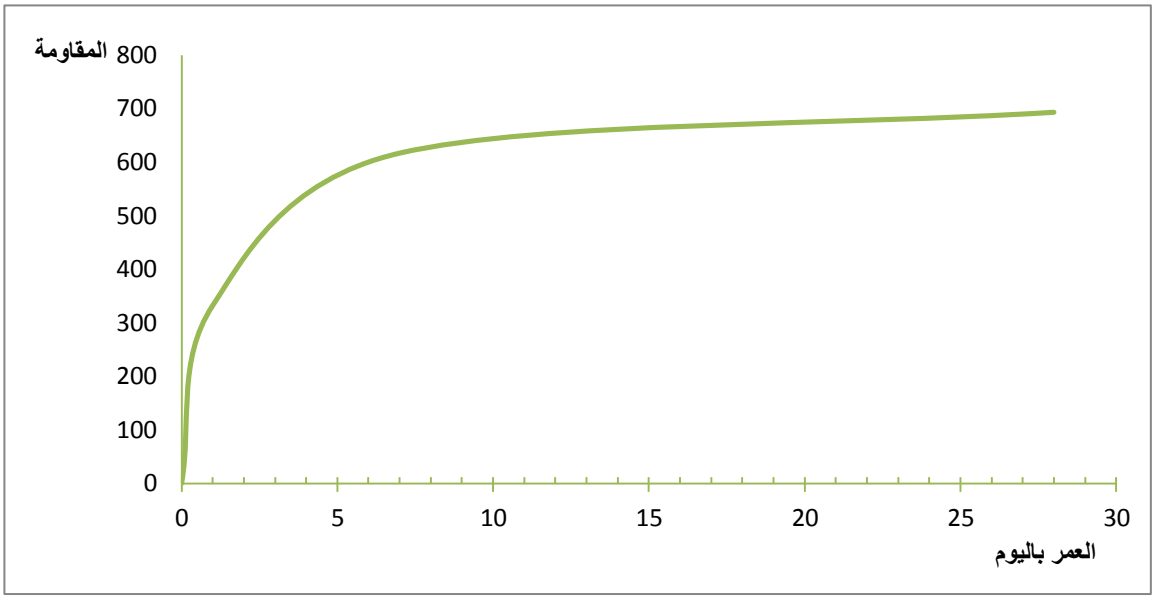
مكعب	بعد ١ يوم	بعد ٧ أيام	بعد ٢٨ يوم
١	٢٧	٧١	١٠٠
٢	٣١	١١١	١٦٦

- **نتائج المكعبات المختلفة مع الأعمار المختلفة**



رسم توضيحي يوضح العلاقة بين المقاومة (كجم/سم٢) و رقم المكعب على الأفقي عند الأعمار المختلفة

- **شكل بياني يوضح العلاقة بين متوسط المقاومة للعينة عند الأعمار المختلفة**



رسم توضيحي يوضح العلاقة بين المقاومة (كجم/سم^{٢}) عند الأعمار المختلفة

- **احصائيات سريعة عن الخلطة:**
  - المقاومة الناتجة بعد يوم واحد = ٦٠٪ من المقاومة بعد ٧ أيام.
  - المقاومة الناتجة بعد يوم واحد = ٥٠.٢٪ من المقاومة بعد ٢٨ يوم.
  - المقاومة في ازدياد مستر في حالة اتمام المعالجة بشكل سليم.
  - الخلطة تعتبر فاشلة لأننا حصلنا على مقاومة أقل من ٣٠٠ كجم/سم^{٢} بعد يوم واحد.

٥ .١٥ تحليل الخلطة

- **نتائج اختبار الضغط** (كجم/سم٢)

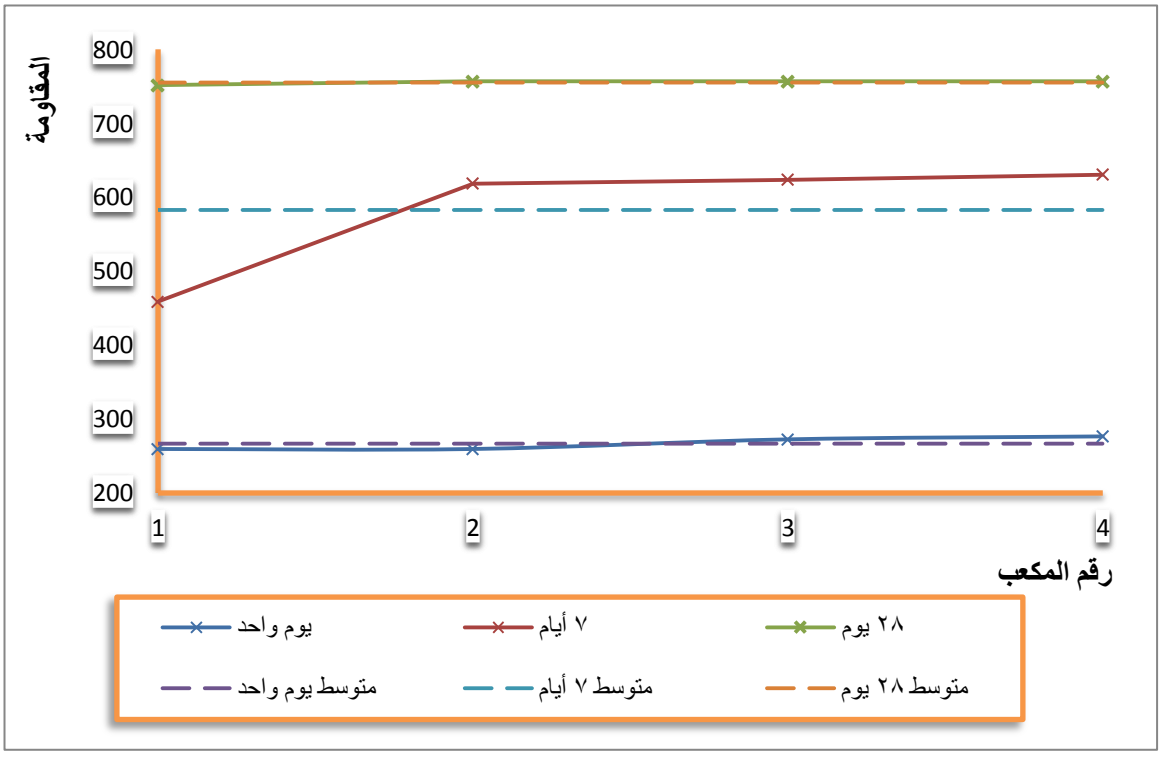
مكعب	بعد ١ يوم	بعد ٧ أيام	بعد ٢٨ يوم
١	٢٧٦	٦٢٣	**٧٥٦
٢	٢٥٩	٦١٨	**٧٥٦
٣	٢٥٩	٤٥٨	٧٥١
٤	٢٧٢	٦٣٠	**٧٥٦

** ملاحظة: أقصى مقاومة وصلنا لها في المعمل نتيجة للوصول لأقصى قدرة لماكينة اختبار الضغط.

- **نتائج اختبار الشد** (كجم/سم٢)

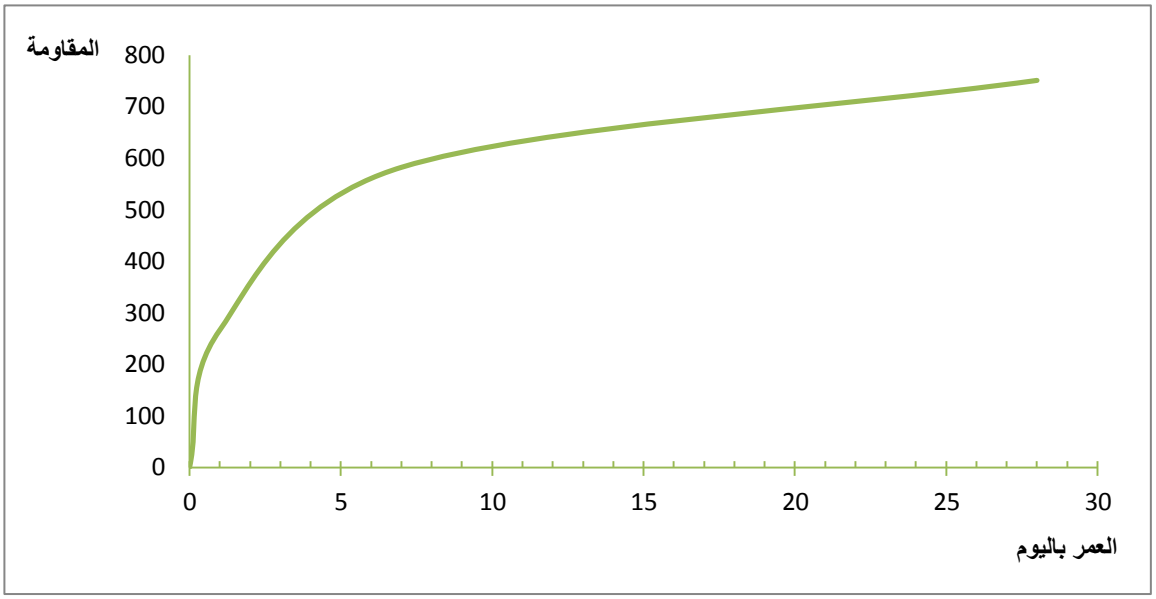
مكعب	بعد ١ يوم	بعد ٧ أيام	بعد ٢٨ يوم
١	٣٥	٥٨	٧٩
٢	٣٥	٦٦	١٠٠

- **نتائج المكعبات المختلفة مع الأعمار المختلفة**



رسم توضيحي يوضح العلاقة بين المقاومة (كجم/سم٢) و رقم المكعب على الأفقي عند الأعمار المختلفة

- **شكل بياني يوضح العلاقة بين متوسط المقاومة للعينة عند الأعمار المختلفة**



رسم توضيحي يوضح العلاقة بين المقاومة (كجم/سم٢) عند الأعمار المختلفة

- **احصائيات سريعة عن الخلطة:**
  - المقاومة الناتجة بعد يوم واحد = ٤٥.٧٪ من المقاومة بعد ٧ أيام.
  - المقاومة الناتجة بعد يوم واحد = ٣٦.٢٪ من المقاومة بعد ٢٨ يوم.
  - المقاومة في ازدياد مستر في حالة اتمام المعالجة بشكل سليم.
  - الخلطة تعتبر فاشلة لأننا حصلنا على مقاومة أقل من ٣٠٠ كجم/سم٢ بعد يوم واحد.

١٦. تحليل الخلطة ٦

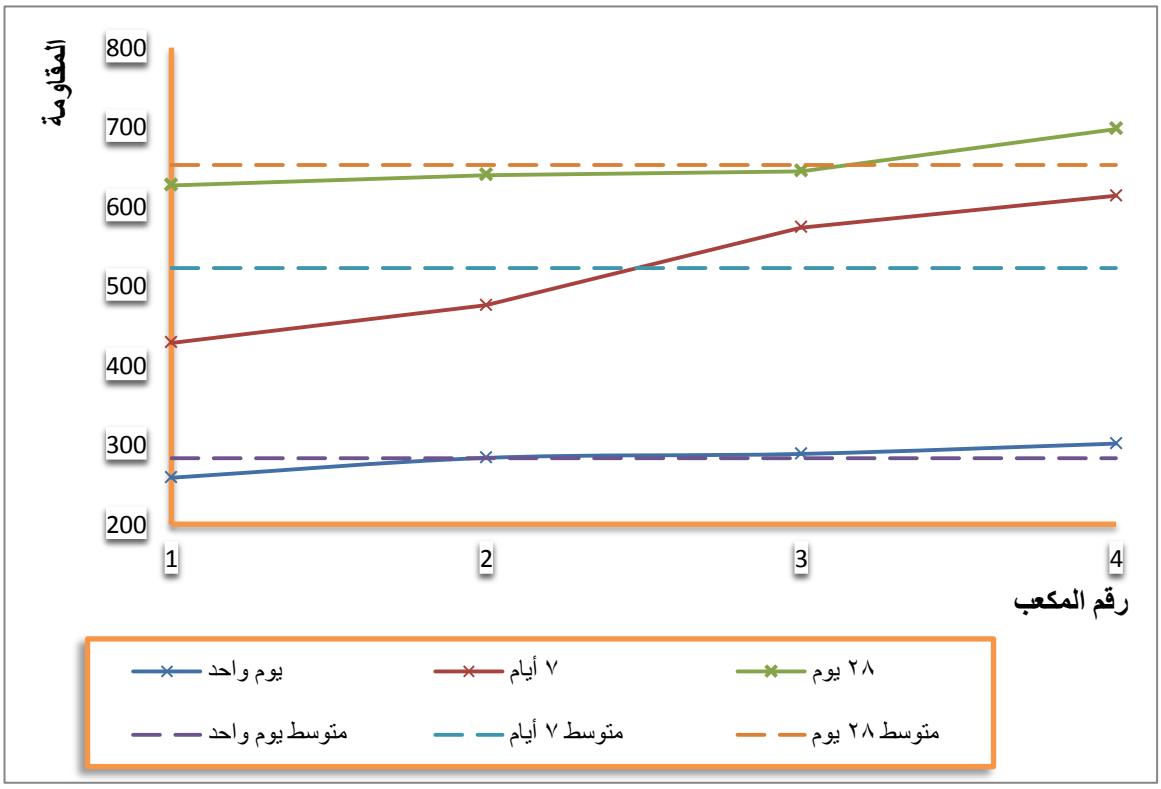
- **نتائج اختبار الضغط** (كجم/سم٢)

مكعب	بعد ١ يوم	بعد ٧ أيام	بعد ٢٨ يوم
١	٢٨٤	٤٧٦	٦٩٨
٢	٢٨٩	٦١٤	٦٢٧
٣	٣٠٢	٥٧٤	٦٤٠
٤	٢٥٩	٤٢٩	٦٤٥

- **نتائج اختبار الشد** (كجم/سم٢)

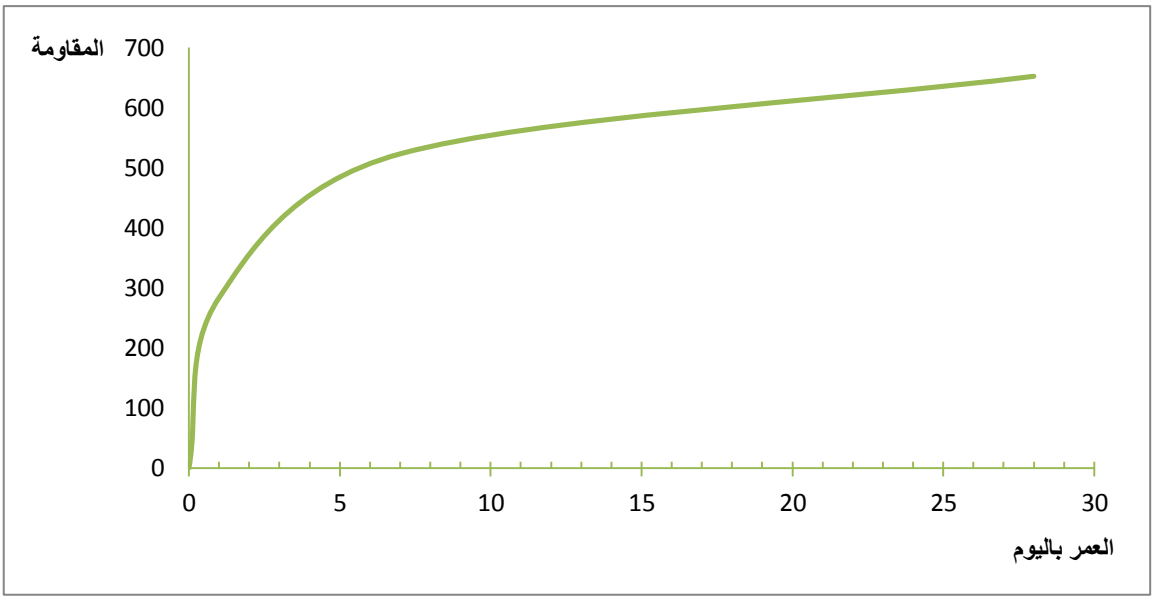
مكعب	بعد ١ يوم	بعد ٧ أيام	بعد ٢٨ يوم
١	٢٨	٧٢	٧٠
٢	٢٩	٤٤	٦٧

- **نتائج المكعبات المختلفة مع الأعمار المختلفة**



رسم توضيحي يوضح العلاقة بين المقاومة (كجم/سم٢) و رقم المكعب على الأفقي عند الأعمار المختلفة

- **شكل بياني يوضح العلاقة بين متوسط المقاومة للعينة عند الأعمار المختلفة**



رسم توضيحي يوضح العلاقة بين المقاومة (كجم/سم^{٢}) عند الأعمار المختلفة

- **احصائيات سريعة عن الخلطة:**

- المقاومة الناتجة بعد يوم واحد = ٥٤.٨٪ من المقاومة بعد ٧ أيام.
- المقاومة الناتجة بعد يوم واحد = ٤٥.٣٪ من المقاومة بعد ٢٨ يوم.
- المقاومة في ازدياد مستر في حالة اتمام المعالجة بشكل سليم.
- الخلطة تعتبر ناجحة إلى حد ما لأننا حصلنا على مقاومة تقريبا مساوية لـ ٣٠٠ كجم/سم^{٢} بعد يوم واحد.

١٧. تحليل الخلطة ٧

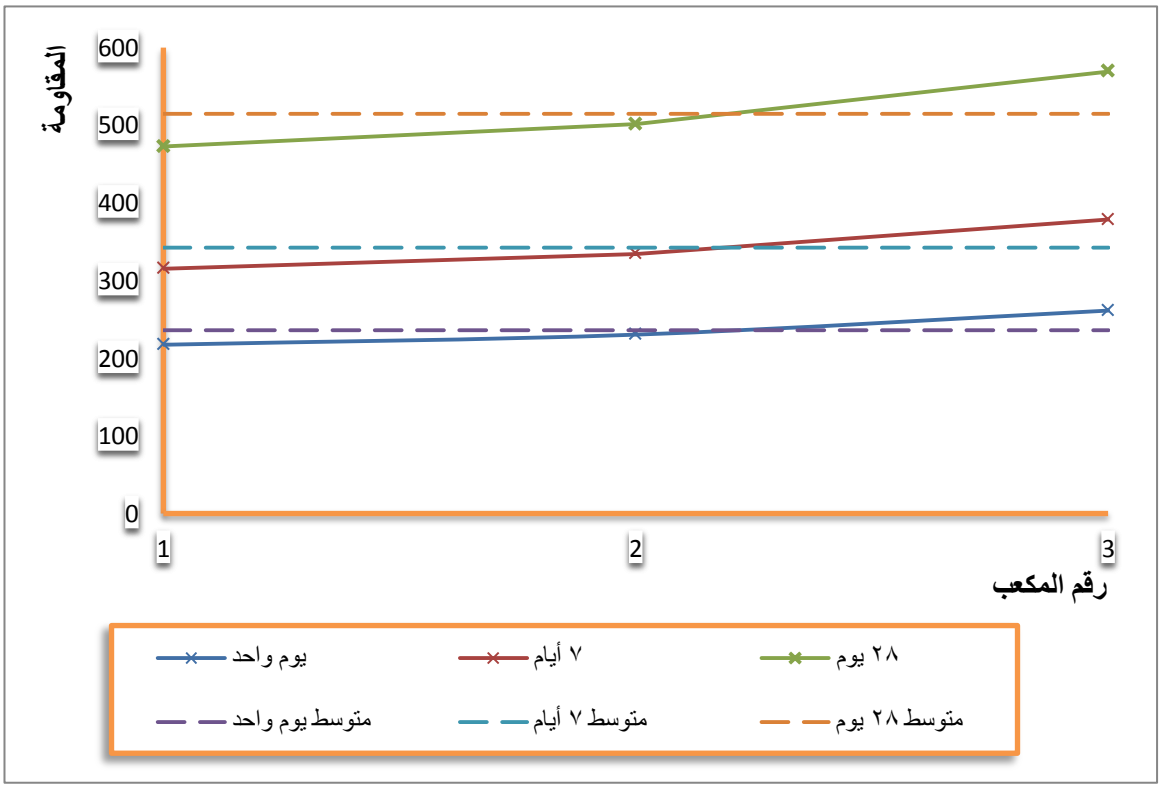
- **نتائج اختبار الضغط** (كجم/سم٢)

مكعب	بعد ١ يوم	بعد ٧ أيام	بعد ٢٨ يوم
١	٢٦٢	٣٧٩	٥٧٠
٢	٢٣١	٣٣٥	٥٠٢
٣	٢١٨	٣١٦	٤٧٣

- **نتائج اختبار الشد** (كجم/سم٢)

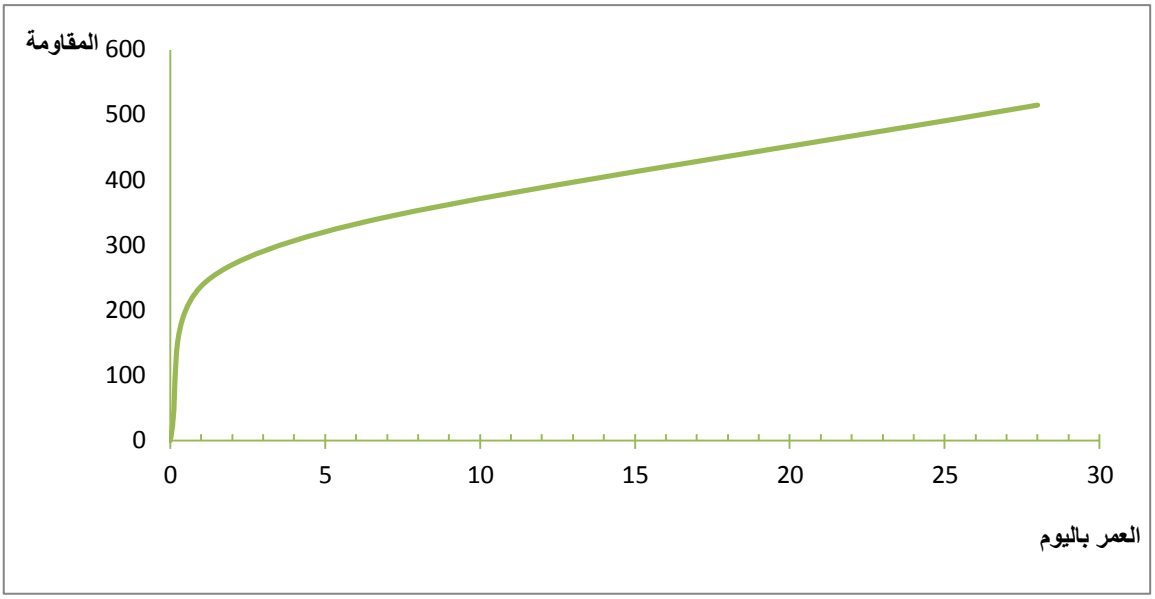
مكعب	بعد ١ يوم	بعد ٧ أيام	بعد ٢٨ يوم
١	٢٢	٣٢	٤٨
٢	٤٠	٥٨	٨٧

- **نتائج المكعبات المختلفة مع الأعمار المختلفة**



رسم توضيحي يوضح العلاقة بين المقاومة (كجم/سم٢) و رقم المكعب على الأفقي عند الأعمار المختلفة

- **شكل بياني يوضح العلاقة بين متوسط المقاومة للعينة عند الأعمار المختلفة**



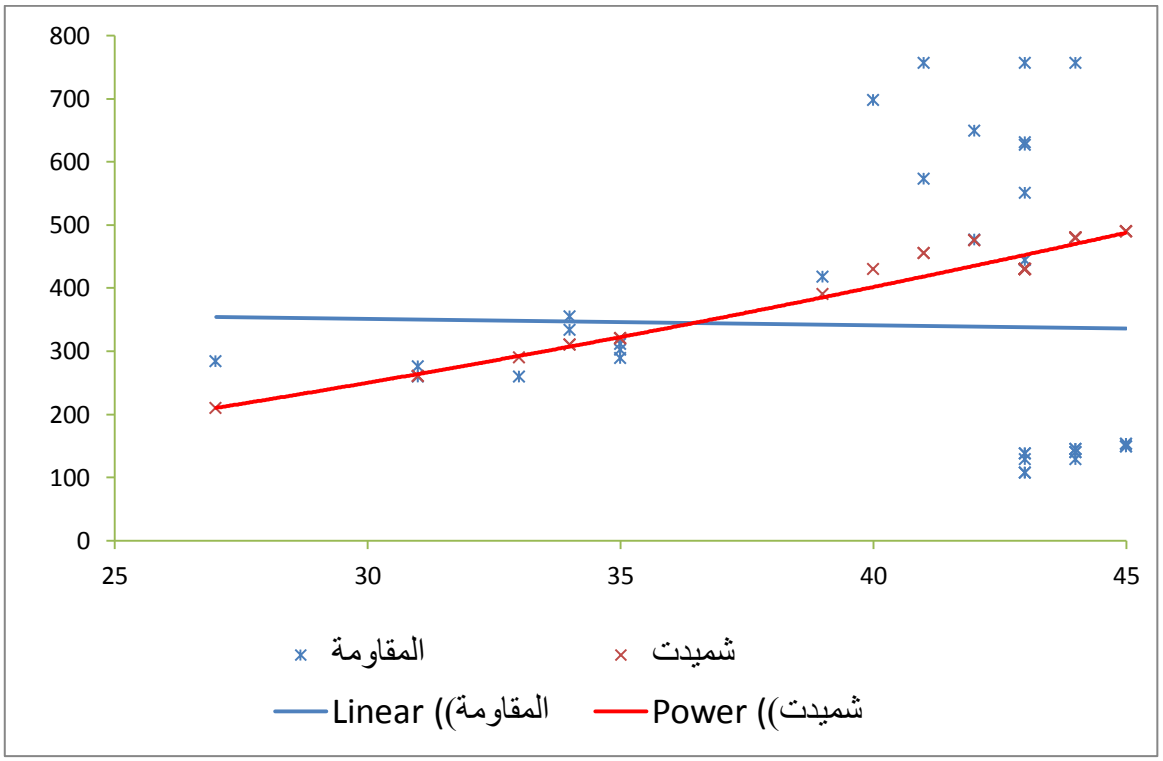
رسم توضيحي يوضح العلاقة بين المقاومة (كجم/سم^{٢}) عند الأعمار المختلفة

- **احصائيات سريعة عن الخلطة:**
  - المقاومة الناتجة بعد يوم واحد = ٦٩٪ من المقاومة بعد ٧ أيام.
  - المقاومة الناتجة بعد يوم واحد = ٤٦.٢٪ من المقاومة بعد ٢٨ يوم.
  - المقاومة في ازدياد مستر في حالة اتمام المعالجة بشكل سليم.
  - الخلطة تعتبر فاشلة لأننا حصلنا على مقاومة أقل من ٣٠٠ كجم/سم^{٢} بعد يوم واحد.

١٨. تحليل النتائج باستخدام مطرقة شميدت

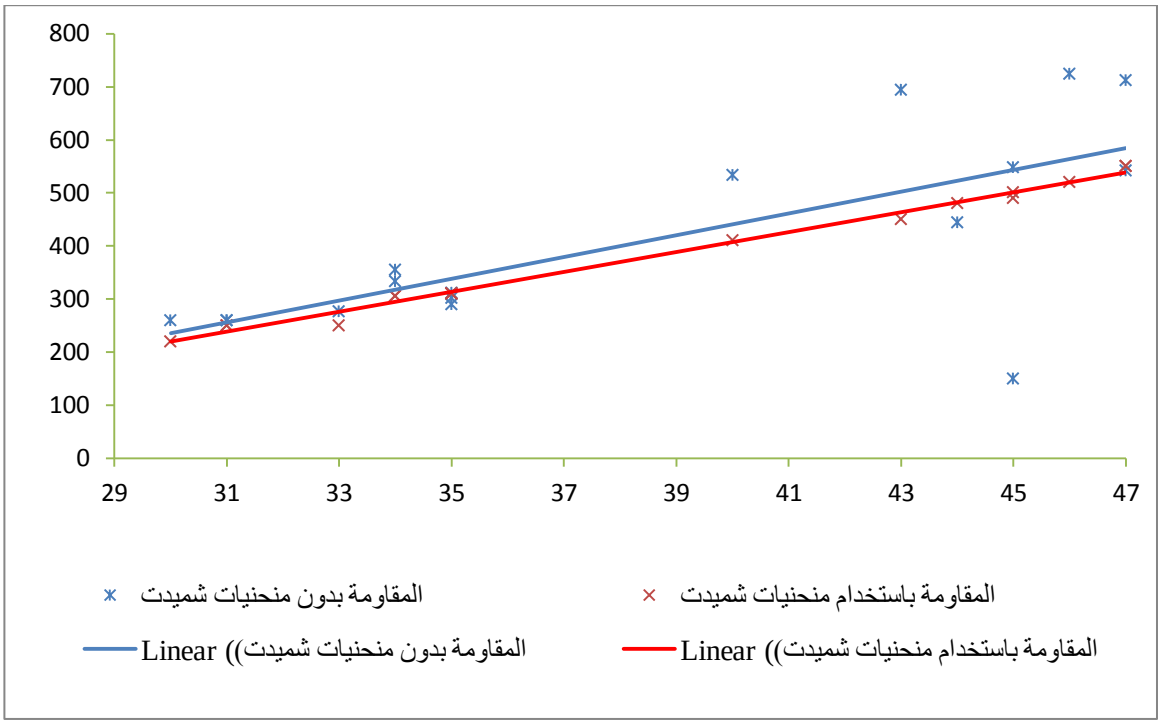
- **في حالة العمر من ١ –٧ أيام**

تم عمل منحنى تقريبي يمر بالنقط و ذلك كما يلي (المقاومة كجم/سم^{٢} على المحور الرأسي و رقم الإرتداد على المحور الأفقي)



- **في حالة العمر ٢٨ يوم**

تم عمل منحنى تقريبي يمر بالنقط و ذلك كما يلي (المقاومة كجم/سم^{٢} على المحور الرأسي و رقم الإرتداد على المحور الأفقي)


800
700
600
500
400
300
200
100
0
29
31
33
35
37
39
41
43
45
47
المقاومة بدون منحنيات شميدت
المقاومة باستخدام منحنيات شميدت
Linear (المقاومة بدون منحنيات شميدت)
Linear (المقاومة باستخدام منحنيات شميدت)

١٩. التحليل والتعليق

- **بالنسبة للمنحنيات الخاصة باختبارات الضغط .**
  - **التحليل**

- بعد يوم واحد وجد أن أفضل الخلطات التي تعطى أعلى مقاومة هي الخلطة رقم ٢ بصرف النظر عن التكلفة .
- بعد يوم واحد وجد أن أفضل الخلطات التي تعطى اقل مقاومة هي الخلطة رقم ٦ مع اقل تكلفة ممكنة .
- بعد ٢٨ يوم وجد أن أفضل الخلطات التي تعطى أعلى مقاومة هي الخلطة رقم ٥ و لكنها تعتبر الأعلى تكلفة بالنسبة للخلطات الأخرى .
- بعد ٢٨ يوم وجد أن أفضل الخلطات التي تعطى أقل مقاومة هي الخلطة رقم ٢ مع أقل تكلفة ممكنة .

  - **التعليق**

- تم استبعاد الخلطات رقم ٣ و ٧ لأن نتائجها لم تعطى النتائج المطلوبة وذلك لاستخدام نسبة غبار سيليكا خارج حدود النسب المسموحة وهى ١٠٪ – ١٥ ٪ .
- يوصى باستخدام الخلطة رقم ٢ و ذلك لأنها تعطى مقاومة مقبولة بأقل تكلفة ممكنة و لذلك تعتبر هي أفضل الخلطات اقتصادياً .
- تستخدم الخلطة رقم ٥ للحصول على أعلى مقاومة بغض النظر عن التكلفة .

- **بعض النتائج كانت غير متوقعة و ذلك للأسباب التالية :**

- تغير نوع الركام الموجود بالمعمل .
- الحمل الغير محوري على المكعبات عند عمل الاختبارات وذلك نتيجة لقلة الخبرة المعملية .
- عدم التعامد التام لمحور مطرقة شميدت على سطح المكعب عند عمل الاختبار .
- عدم الدقة عند إجراء اختبار الموجات فوق الصوتية وذلك لقلة الخبرة المعملية .
- تفاوت هذه الأسباب السابقة على العينات أدى إلى اختلاف النتائج عن النتائج المطلوبة .

الباب السابع

الخلاصة و التوصيات

الخلاصة والتوصيات .

من خلال الموضوعات التي تم عرضها في هذا البحث تم التوصل إلى هذه النقاط كخلاصة لما تقدم و كتوصيات نهائية نرى أنها أهم النقاط المستفادة من هذا البحث وهذه النقاط هي :

- ضبط الجودة عملية في غاية الأهمية للوصول بالمنشأ إلى الشكل اللائق والمقبول .
- ضبط الجودة عملية مستمرة تبدأ منذ بداية التفكير في جدوى المشروع مرورا بجميع مراحل الإنشاء و تستمر خلال مرحلة استكمال المشروع .
- الاختبارات القياسية على المواد و الخرسانة في جميع مراحلها من أهم وسائل عملية ضبط الجودة .
- الإهمال في عملية ضبط الجودة هو السبب الرئيسي لحدوث شروخ المنشآت و تصدعها .
- تحتاج عملية الترميم إلى دراسة ودقة متناهية لضمان العلاج السليم للشروخ التي قد تظهر بالمنشآت .
- تختلف طرق الإصلاح باختلاف أنواع الشروخ الموجودة بالعناصر الإنشائية .
- استخدام نسب مختلفة من الركام الكبير مع الصغير لأنها تعطى نتائج مختلفة .
- تغيير المحتوى الأسمنتي لمعرفة تأثيره على المقاومة المبكرة .
- الدمك و الخلط الجيد و الاهتمام بالمعالجة لضمان زيادة المقاومة المبكرة.
- عدم زيادة نسبة الملدنات عن ٣٪ لأنها تتسبب في تأخير زمن الشك الابتدائي و بالتالي عدم القدرة على الحصول على مقاومة عالية في الأعمار المبكرة مع أنها تعطي مقاومة عالية على المدى الطويل.
- يوصى باستخدام السيليكا في حدود المسموح ١٠٪-١٥٪ حيث تصبح الخلطة أكثر جفافا كلما زادت نسبة السيليكا .

نوصى لمن يهتم بالعمل فيه هذه النقطة البحثية بزيادة عدد المتغيرات لأنها تعطى نتائج مختلفة خاصة تدرج الركام الكبير مع الصغير ونسبة الملدنات الموجودة في الخلطة و ذلك لإمكانية الوصول لنتائج أكثر دقة .

قائمة بالمراجع التي تم الإسترشاد منها:

- ❖ محاضرات في "خاص و مقاومة المواد" للأستاذ الدكتور أحمد حسنين.
- ❖ كتاب " الخرسانة (الخواص-الجودة-الاختبارات)" للأستاذ الدكتور محمود إمام –رحمه الله-
- ❖ كتاب " خواص و مقاومة المواد" للأستاذ الدكتور أحمد طهوية.
- ❖ كتاب "الموسوعة الهندسية في انشاء المباني و المرافق العامة" للمهندس عبد اللطيف أبو العطا البقري.
- ❖ كتاب "المعاينات و أسباب الانهيارات" للأستاذ الدكتور شريف أبو المجد.
- ❖ الكود المصري لتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة الإصدار ٢٠٠٨ جزء الإختبارات المعملية.
- ❖ كتاب "أسباب الانهيارات للمباني" للمهندس ابراهيم خليل واكد.