الباب السادس

صناعة الخرسانة

(Manufacture of Concrete)

مقدمـــة :

أولا : مرحلة ماقبل الصب (الاعداد)

ا ــ اختيار مكونات الخرسانه

ب ــ تخزين المواد

جـ ــ إعداد الفرم والشدات

د ــ تحضير الكميات والعبوات

ثانيا مرحلة الصب (الخرسانة الطازجة)

ا ــ الخلط

ب ــ النقل

جـ ــ الصب

د ــ الدمك

هـ ــ الانهاء والتشطيب

ثالثا : مرحلة مابعد الصب (تصلد الخرسانة)

ا ــ المعالجة

ب ــ إزالة الفرم والشدات

جـ ــ الترميم

رابعا : معالجة اسطح الخرسانة

ا ــ تنريب سطح الخرسانة

ب ــ معاملة سطح الخرسانة طبيعياً

جـ ــ الوسائل المتبعة لتحسين سطح الخرسانة

د ــ منتجات الخرسانة والوسائل المتبعة لتحسينها .

مقدمـــة :

تتم صناعة الخرسانة لتشييد أى منشأ خرسانى على عدة مراحل تبدأ باختيار مكونات الخرسانة ، ثم تصميم الخلطات الخرسانية وبعد ذلك تشوين المواد وإعداد الفرم والشدات وتحضير الكميات أو العبوات وهذه الخطوات الخمس تكون المرحلة الأولى من مراحل صناعة الخرسانة وهى مرحلة الإعداد والتحضير أو مرحلة « ما قبل الصب » أى إعداد مواد الخرسانة منفصلة عن بعضها البعض ومجهزة لبدء العمل مباشرة.

وتأتى بعد ذلك المرحلة الثانية وهى مرحلة الخرسانة الطازجة ويطلق عليها مرحلة «الصب» وتنقسم إلى خمس خطوات أيضاً تبدأ بخلط مكونات الخرسانة خلطاً تاماً جيداً يليها النقل وفيها تنقل الخرسانة المخلوطة إلى مكان الصب أو موقع العمل ثم عملية الصب نفسها وفيها توضع الخرسانة بالطرق الصحيحة فى أماكنها المخصصة لها أى الفرم والشدات ، وبعد صبها مباشرة تأتى عملية الدمك حتى تملأ الخرسانة جميع الفراغات وتتماسك مع بعضها البعض وأخيراً الانهاء أو التشطيب . وتبقى بعد ذلك المرحلة الثالثة والأخيرة من مراحل صناعة الخرسانة وهى مرحلة « تصلد الخرسانة » (Hardening) وتشمل معالجة الخرسانة لفترة محدده تزال بعدها الفرم والشدات ثم تجرى بعض الترميمات أو التسويات البسيطة .

ويمكن تلخيص خطوات صناعة الخرسانة فيما يلى :

صناعة الخرسانة

المرحلة الأولى (الاعداد)	المرحلة الثانية (الصب)	المرحلة الثالثة (التصلد)
(ا) إختيار المكونات وتصميم الخلطات	(ا) الخلط	(ا) المعالجة
(ب) تشوين المواد	(ب) النقل	(ب) إزالة الفرم والشدات
(حـ) إعداد الفرم والشدات	(حـ) الصب	(حـ) الترميم والتسوية
(ى) تحضير الكميات والعبوات	(ى) الدمك	
	(هـ) الانهاء والتشطيب	

اولا : مرحلة ماقبل الصب (الاعداد)

(ا) اختيار مكونات الخرسانة :

تختار المواد المناسبة المكونة الخرسانة من رمل وزلط وأسمنت وماء وإضافات بشرط أن توفى من وجهة نوعها وخواصها بالاشتراطات التى تستلزمها طبيعة المنشأ الخرسانى وهى التى سبق بيانها تفصيليا فى الباب الأول إلى الباب الخامس . أما من وجهة تحديد كمية كل مادة من مكونات الخرسانة فيكون طبقاً لنتيجة تصميم الخلطة الخرسانية المطلوبة وهو ما سيبين تفصيليا فى الجزء الثانى .

(ب) تخزين المواد :

١ — الركام :

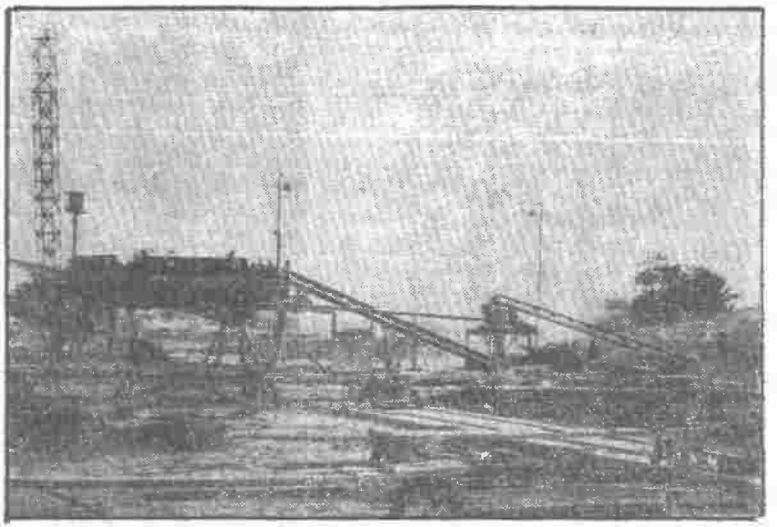
يجب أولا تخزين الركام الصغير والكبير كل على حدة وبكيفية تجنب تلوثه وفى الأعمال التى تحتاج إلى خرسانة خاصة يجب عمل أرضية صلبة لتخزين الركام وتشوينه حسب مقاساته المختلفة طبقا لتدرجه الحبيبى المطلوب .

وبالنسبة للاعمال العادية يجب أن يتم تشوين المواد فى مكان مناسب على شكل كومات لايزيد ارتفاعها عن متر ين وتعمل على طبقات لايزيد ارتفاع كل طبقة عن نصف متر ويسوى السطح أفقيا قبل وضع كل طبقة ولا يسمح بأن تكون الكومات ذات شكل مخروطى لأن ذلك يسبب انفصال المقاسات عن بعضها البعض فتتدحرج المقاسات الكبيرة إلى الأطراف وتتركز المواد الناعمة فى الجزء الأوسط كما يراعى هذا أيضا عند نقل المواد إلى مكان خلطها . ويبين الشكل رقم (١ — ٤٥) ، (١ — ٤٦) كيفية تخزين الركام فى كومات أو فى الصوامع بطريقة صحيحة .

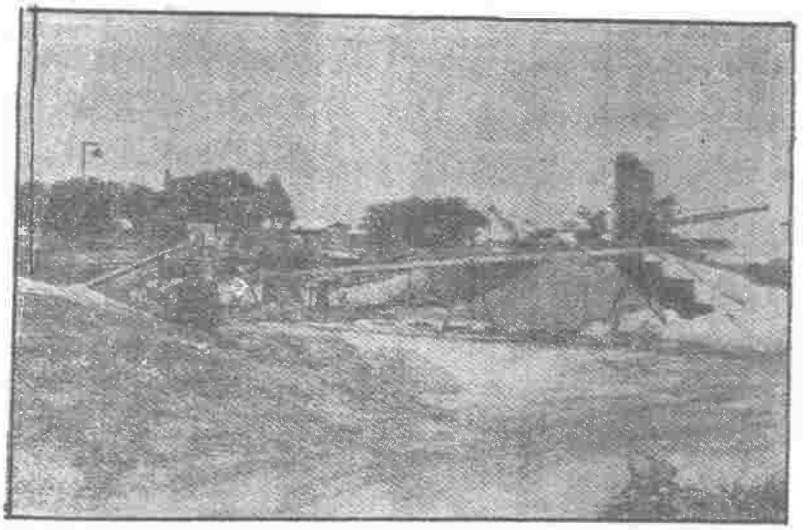
كما يجب وضع المقاسات المختلفة فى تشوينات منفصلة بعيدة عن بعضها البعض بمسافات كافية أو نضع حواجز بينها بحيث لاتختلط هذه المواد ويراعى فى مكان التشوين أن يكون خاليا من الانقاض والأعشاب والمواد الضاره كما يفضل التشوين على قاعده خرسانية أو خشبية .

ولمنع الغبار من أن يغطى المواد الصلبة قد يحتاج الأمر حفظ سطح الأرض المجاوره رطبا أو تغطية التشوينات أو عمل سقيفة فوقها إذا تيسر ذلك لحفظها من الغبار والرياح والأمطار .

وقد تتطلب الجودة العالية المطلوبة للخرسانة أو إزالة المواد الطينية والشوائب من الركام ضرورة غسله عند تشوينه ويستخدم لذلك أحياناً مكنات خاصة كما هو مبين بالشكل رقم (٦ ـ ١ أ ، ب) .



شكل رقم (٦ـ١ «أ») مكنة غسل الركام



شكل رقم (٦ ـ ١ «ب») تشوين الركام بعد غسله

٢ ــ الأسمنت :

يحتفظ الأسمنت البورتلاندى بخواصه بصفة قاطعة إذا حفظ بعيداً عن الرطوبة وقد تبين ذلك من الاختبارات التى أجريت على اسمنت حفظ لسنين عديدة فى صفائح مغلقة باحكام . وقد أجريت اختبارات مشابهة على الأسمنت المحفوظ بمطاحن الاسمنت بداخل صوامع محكمة لا تسمح للهواء بالدخول وذلك لسنين عديدة ولم يحدث أن أصيب الأسمنت فى أى من الحالتين بأى ضرر .

ومن الناحية الأخرى فإن الأسمنت المعرض للهواء يمتص الرطوبة ببطء مما يسبب تلفه وتعتمد درجة الضرر المتوقع على كمية الرطوبة التى يمكن أن تصل للأسمنت .

وعند استعمال الأسمنت يجب أن يكون ناعماً وخالياً من حبيبات الأسمنت المتصلد وفى بعض الأحيان تكون الشكائر أو الاكياس المحفوظة بأسفل الرصة الكبيرة لفترة طويلة متصلدة ويمكن التغلب على هذه الصعوبة بدرجة كبيرة برص الاسمنت بمخازن فسيحة بحيث لا يرتفع عليها أكثر من عشر شكائر .

وإن وجود بعض الاسمنت المتصلد والتى لا يمكن سحقها باليد يدل على امتصاص الاسمنت الرطوبة ومثل هذا الاسمنت يمكن استخدامه فى الاعمال قليلة الاهمية بعد فصل الاسمنت المتصلد وبالنسبة للأعمال الاخرى فإنه يجب اختبار الاسمنت للتأكد من مقاومته وخواصه الاخرى المطلوبة .

مخزن الاسمنت :

عند بناء مخزن دائم للأسمنت يجب ملاحظة أن يكون مقسما ليواجه طلبات التخزين وتعتمد كفاية المخزن على مساحة الأرض والارتفاع وعند تقرير حجم المخزن المطلوب لتخزين عدد معين من الشكائر الأسمنتية يفرض أن كل شيكارة تشغل ٠,٠٣٥ م٢ وحوالى ٠,١٨ م٢ من مساحة الأرض وعادة يكون الحد الأقصى لارتفاع الرصة يتراوح بين ١٠ ، ١٢ شكارة .

ولما كان رص الشكائر على الحوائط ليس ملائماً فيجب أن تترك مسافة نصف متر من جميع الجهات بين الجدران وصفوف الاسمنت . كما يجب أن تكون المسافة بين كل رصتين لا تقل عن نصف متر وقد تساعد هذه المقاييس التقريبية فى تقدير حجم المخزن المراد بناؤه .

وقد نصت أسس التصميم واشتراطات التنفيذ لأعمال الخرسانة على ما يلي :

« يجب أن يخزن الأسمنت بطريقة تحميه حماية فعالة من المطر وضد رطوبة الهواء ويجب ألا يستخدم فى أعمال الخرسانة المسلحة أى أسمنت بدأت تتكون فيه حبيبات متصلبة أو كتل أو ظهرت به شوائب ومواد غريبة أو مضى على تخزينه أكثر من ستة شهور إلا أنه يجوز استعمال هذا الأسمنت بعد استبعاد الكتل والشوائب وبشرط أن يجتاز الاختبارات المنصوص عليها فى المواصفات القياسية الأسمنت م . ق /٣٧٣ — ١٩٦٣ كذلك يمكن استخدامه بعد إزالة الكتل بالنخل فى الأعمال الثانوية » .

٤ — الماء :

يراعى عند الحصول على الماء للخرسانة من المجارى المائية ضرورة تغطية فتحة الخرطوم المستعمل فى سحب الماء اللازم للخرسانة من المجرى المائى بشبكة من السلك مع مراعاة وضع فتحة الخرطوم فى مكان نظيف بحيث لا يدخله إلا الماء النظيف الصافى وإذا احتاج الأمر إلى نقل أو تخزين الماء اللازم للخرسانة فيجب أن يوضع فى أوعية نظيفة مغطاة ،

وبالنسبة للمنشآت الصحراوية فيجب تخزين الماء فى خزانات مغطاة وغير قابلة للصدأ ويستحسن أن يكون لها أنبوبة جانبية لتعطى منسوب الماء داخل الخزان .

(ج) اعداد الفرم والشدات

الفرم عبارة عن ألواح من الخشب وقد تصنع من ألواح الصلب وفى بعض الحالات الخاصة من البلاستيك وتوضع بجوار بعضها لتعطى الشكل المطلوب .

وبصفة عامة تركب شدات وفرم الخرسانة المسلحة بالطريقة التى تضمن بقاءها ثابتة تماماً طوال فترة صب الخرسانة المسلحة وأثناء تصلدها كما يجب أن تكون أوجه الفرم محكمة بحيث تمنع تسرب الأسمنت اللبانى أو المونة إلى الخارج .

ولذلك يلاحظ ما يلى فى الفرم والشدات :

١ — تنفذ الشدات والفرم بحيث تكون قوية ومتينة بدرجة كافية لتحمل ضغط الخرسانة الطازجة ووزنها والاحمال الحية أثناء صب الخرسانة دون التواء أو زحزحة ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار الطريقة المستعملة فى وضع الخرسانة ودمكها وتأثير الضغوط والاهتزازات الواقعة على الفرم والشدات .

٢ ــ يجب أن ترتكز القوائم على قواعد تتناسب مع الحمل الواقع عليها كما يجب أن تستمر القوائم خلال الأدوار السفلية لدور الجارى العمل به حتى يرتكز على أرضية تتحمل الاثقال الواقعة عليها بأمان كما يجب أن تكون مزودة بسقالات ويكون ميلها مناسباً وذات عرض كاف .

٣ ــ فى حالة استعمال شدات أو فرم من طابع خاص يجب أن تنفذ بدقة حسب الرسومات والتصميمات التى تعمل لهذا الغرض حتى لا تتغير الظروف التى قام عليها الحساب الانشائى للمنشأ .

٤ ــ يشترط فى مناسيب الشدات أن تطابق مناسيب الرسوم التصميمية بدقة .

٥ ــ يشترط فى الاخشاب المستعملة فى الفرم أن تعطى سطحا مناسبا للخرسانة وألا تكون طاردة لماء الخلط وذلك بعدم ترك فوارق أو فواصل بينها ليتسرب الماء خلالها .

٦ ــ يجب ألا يزيد الفاصل بين الالواح عن ٠,٠٤ الى ٠,٠٥ من البوصة (حوالى ملليمتر واحد) وذلك عند استعمال ألواح خشبية بعرض من ٥ ــ ٦ بوصة (١٢ ــ ١٥ سم) .

٧ ــ يصير رش الخشب وتبليله مع جعله رطبا وتقفل كل الفواصل ثم يزال الماء وتدهن الالواح الخشبية وتصب الخرسانة بأسرع ما يمكن . كذلك يشترط ألا يجف الخشب قبل الاستعمال وهذا يجعل سطح الخرسانة مستويا طالما كان سطح الشدة أملس بدون فواصل .

٨ ــ أحيانا تكون ألواح الخشب المستعملة فى الفرم ليست من نوع واحد من حيث امتصاصها للماء مما يجعل الخرسانة مختلفة اللون نتيجة لجفاف لوح قبل جفاف اللوح المجاور له . لذلك يفضل فى الاعمال الهامة دهان الالواح بالزيت حتى يسهل التغلب على اختلاف اللون كما يفضل مسح الالواح الخشبية بالقارة جيداً قبل دهانها .

٩ ــ يراعى تحديب فرم بطنيات الكمرات التى بحرها ٨ أمتار أو تزيد بمقدار ١/٣٠٠ الى ١/٥٠٠ من قيمة البحر وفى حالة الكوابيل التى يزيد بحرها عن مترين يكون التحديب ١/١٥٠ من البحر . وفى الحالات الخاصة البحور الكبيرة أو تحت تأثير الاحمال الثقيلة يحسب التحديب .

١٠ — فى حالة الرغبة فى الحصول على سطح ناعم وأملس للخرسانة يستحسن استخدام فرم بلاستيك وهى تسهل عمل الزخارف المطلوبة أيضاً فى المبنى سواء بموقع العمل أو فى مصانع الوحدات الجاهزة .

(د) تحضير الكميات والعبوات

يفضل عند تحضير الكميات أو العبوات للخلطات الخرسانية للأعمال الإنشائية الهامة أن تكون بالوزن وقد نصت أسس التصميم وشروط التنفيذ لأعمال الخرسانة أنه فى حالة الخرسانة العادية تكون نسبة الخلطة بالوزن كما يلى :

الخرسانة التى تحوى ٣٠٠ كجم/م٣ بالخرسانة المنتهية ١ : ٢ : ٤ .

» » » ٣٥٠ » » » » ١ : ١$\frac{3}{4}$: ٣$\frac{1}{2}$.

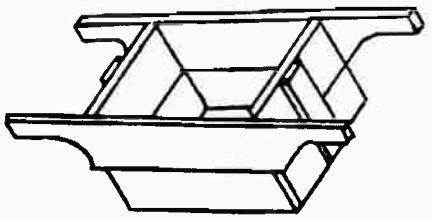
أما فى حالة الخرسانة الخاصة فتحدد نسبها بتصميمها بمعرفة المهندس المختص طبقاً للاشتراطات والخواص المطلوبة .

وهناك بعض الأعمال التى مازالت تتبع فيها طريقة القياس بالحجم ويجب فى هذه الحالة أن يؤخذ فى الاعتبار الحدود المسموح بها للزيادة الحجمية للرمل المبتل وإذا كان الأسمنت معبأ فى شكائر فيجب أن تكون العبوات مضاعفات للشيكارة الواحدة وتزن الشيكارة الواحدة من الأسمنت ٥٠ كجم ، أما الماء فيقاس بالحجم بالقدر أو الجالون بالرغم من أن الوزن قد يستخدم فى بعض الأحيان ، وعند تحديد كمية ماء الخلط يجب أن يؤخذ فى الاعتبار الماء السطحى بالركام إن كان مبتلا وإذا كان الركام جافاً فيراعى ذلك عند تحديد نسبة الماء إلى الأسمنت حتى لا يأخذ الركام كمية من الماء اللازم لاماهة الأسمنت وذلك أثناء عملية الخلط .

وتتطلب العبوات الصحيحة حساب نسب مضبوطة للمواد ويجب أن توزن النسب فى كل عبوة على حدة مع مراعاة الفاقد فى كل عملية والذى يجب أن يكون بأقل قدر ممكن . وتكون العبوة الأولى أغنى قليلا فى الأسمنت ومبتلة أكثر من أى عبوة أخرى نظراً لالتصاق عجينة الأسمنت بجدار الخلاط كما أن الخرسانة المصبوبة أولا فى الشدات لايكون أسفلها خرسانة تستقبلها وتتماسك معها وتراعى هذه الشروط فى الخلطة الأولى بتقليل جزء من الركام الكبير فيها .

وقد نصت أسس التصميم وشروط التنفيذ لأعمال الخرسانة على قياس المواد لتحضير الكميات والعبوات اللازمة للخلطات الخرسانية على ما يلى :

١ — لايسمح بمعايرة الأسمنت بالحجم ويفضل أن تكون عبوة الخرسانة بحيث تحوى عددا صحيحا من شكاير الأسمنت وفى حالة استعمال الأسمنت السايب يجب استخدام طريقة مضغوطة للمعايرة بالوزن .



شكل رقم (٦ — ٢)
صندوق قياس للركام بالحجم

٢ — يقاس الركام عادة بالحجم فى صناديق قياس شكل (٦-٢) ذات حجم مضبوط حسب المبين بالجدول رقم (٦-١) وذلك فى حالة الخرسانة من النوع العادى

جدول رقم (٦ — ١) مكونات الخرسانة من النوع العادى

نوع الخلطة	أسمنت	رمل	زلط	نسبة الماء/الأسمنت	الهبوط بمخروط أبرامز بالسم
عادية ٣٠٠ كجم أسمنت/م٣ خرسانة منتهية	شكاره واحدة	٠,٠٦٦ م٣ أى صندوق ٥٠ × ٥٠ × ٢٨,٥ سم	٠,١٣٢ م٣ أى صندوق ٥٠ × ٥٠ × ٥٥ سم	٠,٥٥	٢٧,٥
عادية ٣٥٠ كجم أسمنت/م٣ خرسانة منتهية	شكاره واحدة	٠,٠٥٨ م٣ أى صندوق ٥٠ × ٥٠ × ٢٧ سم	٠,١١٦ م٣ أى صندوق ٥٠ × ٥٠ × ٤٧ سم	٠,٤٦	٢٣

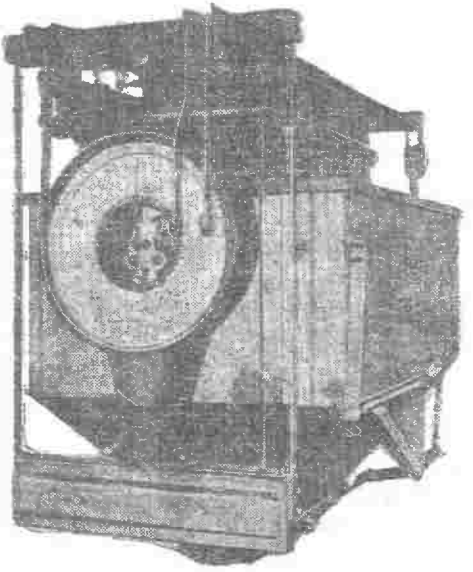
ويجب ملء الصناديق بدون دمك وأن يكون أعلا وأسفل سطح الركام (داخل الصندوق) مستويا مع الأحرف كما يراعى عمل حساب زيادة الحجم فى الركام الصغير نتيجة لوجود الرطوبة . ويعطى القياس بالوزن أدق النتائج كما يقضى على الالتباس المتسبب من زيادة الحجم فى الركام الصغير .

٣ — الماء : يجب أن يضاف الماء للخليط بكميات مقاسة قياساً مضبوطا حسب القيم المحددة وفى حالة الخرسانة الخاصة يجب أن يؤخذ فى الاعتبار كمية الماء المحتمل وجودها فى الركام .

٤ — الاضافات : يجب تحديد الحد الأقصى للكمية المستعملة من كل نوع من الاضافات كنسبة مئوية من وزن الأسمنت .

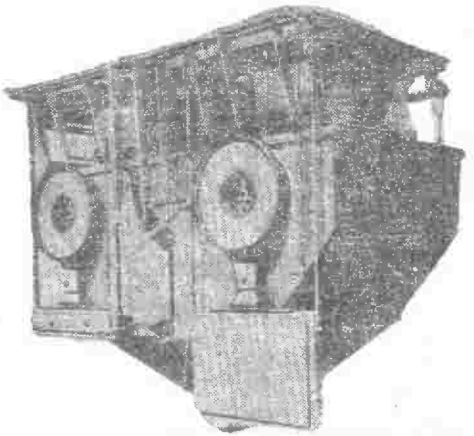
ويصير تعبئة مواد الخرسانة من الركام والأسمنت بالوزن بإحدى الطريقتين الآتيتين:

١ — باستخدام معبىء خاص مجهز بمقياس يحدد وزن كمية كل نوع من الركام والأسمنت التى تمر خلال المعبىء من صوامع التخزين إلى سيارة النقل أو الخلاط شكل رقم (٦ — ٣) ، (٦ — ٤) حيث يراعى فى هذه الطريقة تعبئة كل مادة على حدة ثم تجميعها مباشرة أو عن طريق السيور قبل انتقالها إلى السياره أو الخلاط على أن يعمل الترتيب المناسب لتغذية قواديس المعبىء للحصول على تعبئة منتظمة كما يتبين من الشكل رقم (٦ — ٥) .



شكل رقم (٦ — ٣)
معبىء لتحديد وزن الركام والأسمنت

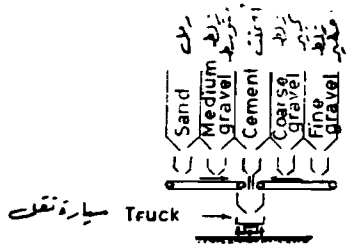
وهذا المعبىء الخاص يشغل يدويا أو أوتوماتيكيا ويستخدم غالبا فى الأعمال الكبيره التى يلزمها صوامع لتخزين الركام والأسمنت .



شكل رقم (٦ — ٤)
معبىء مزدوج لتحديد وزن [الركام والأسمنت

٢ — باستخدام ميزان « طبليه » لوزن الركام الموضوع فى صناديق أو عربات يد صغيره حيث يفرغ بعد ذلك فى الخلاط وتستخدم هذه الطريقة غالبا عندما يكون الركام مخزونا على هيئة كومات ويكون الأسمنت داخل الشكاير التى يفرغ العدد المطلوب منها داخل الخلاط .

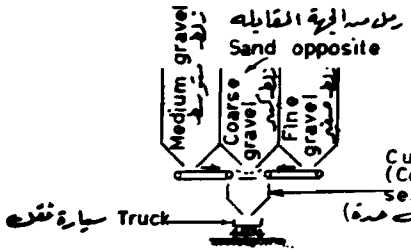
وتستعمل هذه الطريقة للأعمال الصغيره وعند الخلط اليدوى أيضا . ويراعى عند تعبئة الأسمنت بعربات العجوات ألا يتساقط بحرية أثناء ملئها بل يلزم التحكم فى التساقط



For best uniformity أحسن انتظام

Ingredients should be automatically weighed individually, then assembled into truck or mixer loading hopper by conveyor belts. Cement should flow uniformly full time aggregate is being delivered.

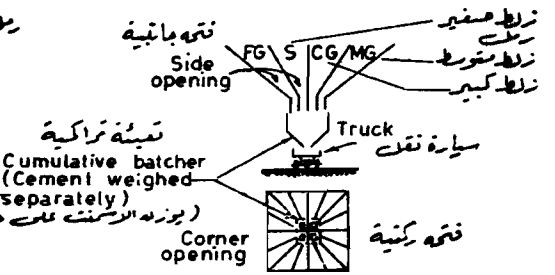
توزن تلقائيا المكونات على انفراد، ثم تجمع فى سيارة نقل أو فى مزج الخلط عن طريق السيور الناقلة ويجب أن يستمر انسياب الاسمنت بانتظام طوال وقت ورود الركام



A good arrangement. نظام جيد

Cumulative automatic weighing of aggregates and conveyor belts automatically started and stopped by weighing equipment is a good arrangement. Good access for representative sampling is afforded.

يتم الوزن التجميعى اوتوماتيكيا، كذلك يتم تشغيل وتوقيف السيور الناقلة بمعدات الوزن اوتوماتيكيا وهذا يعتبر تنظيم جيد كما يمكن أخذ عينات ممثلة



For limited uniformity. انتظام محدود

Long slopes are conducive to separation and therefore impair uniformity.

تؤدى المنحدرات الطويلة لانفصال وبذلك تضعف الانتظام

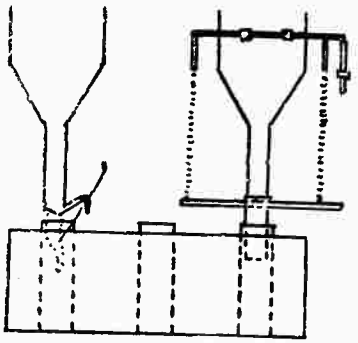
UNIFORM BATCHING OF CONCRETE REQUIRES ADEQUATE ARRANGEMENT OF SUPPLY BINS AND WEIGHING HOPPERS.

يحتاج انتظام تعبئة الخرسانة لترتيب مناسب لتغذية الصوامع وقواديس الوزن

شكل رقم (٦ ـ ٥) التغذية الصحيحة للصوامع وقواديس الوزن

باستخدام ممرات تغذية من الخيش أو استخدام خرطوم معدنى لمنع حدوث الأتربة الاسمنتية أو فقد جزء من الاسمنت علاوة على انتظام وضع كمية الاسمنت بالعربة كما هو مبين بالشكل رقم (٦ ـ ٦) كما يجب أن يراعى عند تفريغ عربات المبوانة

للأسمنت ألا يكون ذلك دفعة واحدة بل تقسم العربة إلى حجرات تفرغ كل واحدة على حدة لمنع الاتربة والفاقد أيضاً كما يتبين من الشكل رقم (٦ — ٧) .



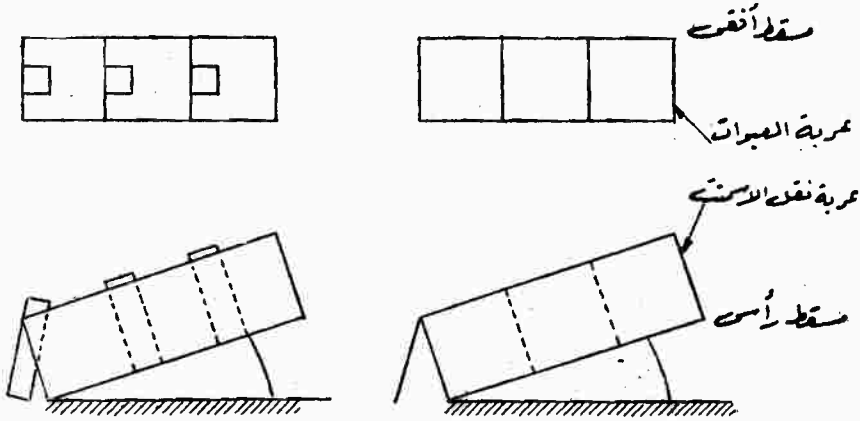
صحيح

يتحكم فى تساقط الاسمنت باستخدام ممرات تغذية مزدوجة سد الفتحة أو فرطحتها سد فى

غير صحيح

الاسمنت يتساقط بحرية فى عربة التغذية مما يسبب الاتربة وفقد جزء منه

شكل رقم (٦ - ٦) تفريغ الأسمنت باستخدام ممرات تغذية



صحيح

التغذية للاسمنت وفك اجزاء منفصلة أفضل - العبوات التى بالعربة تتفصل مع بعضها وتفتح لكل فتحة بواسطة بوابات متحركة

غير صحيح

الاسمنت أو الركام عند تفريغه قد يتناثر بعيداً مما يعرضه للانفصال وتتسرب الكمية المطلوبة

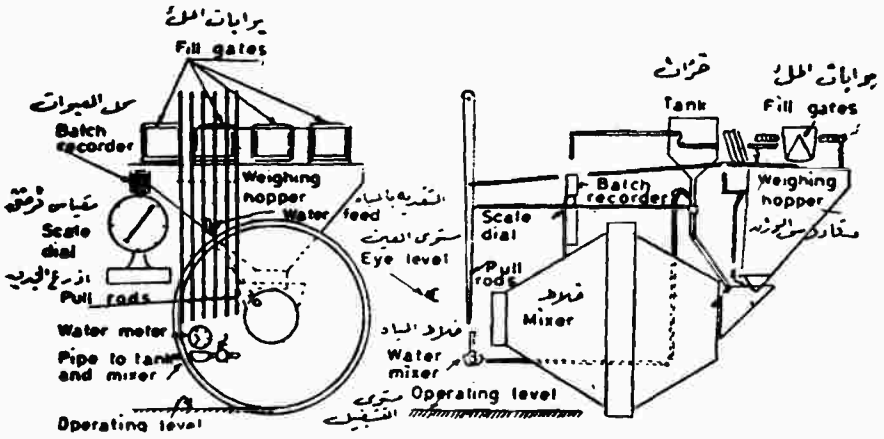
شكل رقم (٦-٧) تفريغ الأسمنت من عربات العبوات

وتكون تعبئة ماء الخلط للخلطات عن طريق خزان رأسى مزود بمقياس مدرج ليحدد قراءة كمية الماء بالوزن كما يشتمل على جهاز مناسب للصرف لكى ينظم ملء الخزان الذى يمكنه أن يبين مباشرة على تدريجاته كمية ماء الخلط وهذا النوع من الخزانات له معدل منتظم للملء والتفريغ ولكونه رأسيا فإنه لا يتأثر بالتغير العادى فى الميل الذى يحدث عادة فى الخلاطات على عكس الخزانات الأفقية التى لا يمكن السماح بها للخلاطات المتنقلة لأنها غير قادرة على الاحتفاظ بدقة بياناتها تحت تأثير أى ميل بسيط .

ويمكن لقياس كمية ماء الخلط استخدام عدادات يمكنها قطع إنسياب الماء أو توماتيكيا عندما تضبط مقدما على تصرف معين ، كما تمكن من إيقاف إنسياب الماء يدويا عند أى لحظة.

ويوجد فى بعض الأحيان ترمومتر لقياس درجة الماء خاصة للاعمال الإنشائية الهامة فى المناطق شديدة الحرارة أو شديدة البرودة . ويراعى فى أجهزة قياس الماء أن يكون مقياسها دقيقاً فى حدود خطأ ١ ٪ على الاكثر ويجب قبل استخدام جهاز القياس معايرته للتأكد من مدى دقته ومن عدم حدوث أى تغير غير مسموح به فى قراءاته .

ويبين الشكل رقم (٦ — ٨) مثالا عن كيفية تعبئة الخلاط بالركام والأسمنت والماء التى استخدمت فى موقع العمل لإنشاء بعض السدود حيث يقاس الماء اللازم للخلطة بالعداد الذى يوقف إنسياب الماء وبعد أن يحتوى الخزان الرأسى على الكمية المطلوبة يصير تفريغها فى الخلاط فى الوقت المناسب .



شكل رقم (٦ — ٨) كيفية تعبئة الخلاط

ثانيا : مرحلة الصب (الخرسانة الطازجة)

(أ) الخلط :

١ ــ الغرض من عملية الخلط :

الغرض الاساسى من عملية الخلط هو تحويل العناصر المختلفة المكونة للخرسانة من الرمل والزلط والاسمنت والماء والإضافات ــ إن وجدت ــ إلى خليط متجانس التكوين والقوام فى أقل وقت ممكن وبأقل فقد فى المواد . وعند انتهاء عملية الخلط يجب أن تكون كل حبيبة من الركام مغطاة بعجينة الاسمنت ويعتبر خلط الخرسانة من أهم العمليات التى تؤثر على خواصها المختلفة لذلك يجب إعطاء هذه العملية العناية الكافية .

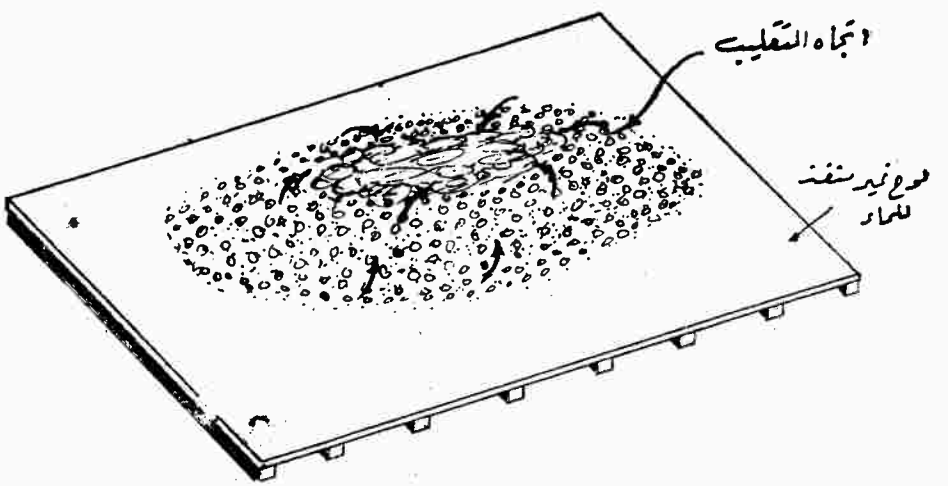
٢ ــ الطرق المختلفة لخلط الخرسانة :

تتم عملية خلط الخرسانة بإحدى الطريقتين الآتيتين :

(أ) الخلط اليدوى :

كان الخلط اليدوى هو الوسيلة الوحيدة المتبعة فى خلط الخرسانة . ولخلط عناصر الخرسانه يمكن أن تضاف لبعضها بأى ترتيب وتخلط ، ولكن إتباع طريقة منظمة يوفر الوقت والجهد ويضمن الحصول على خرسانة متجانسة .

وتتم عملية الخلط على لوح خشبى (أو أى قاعدة مستوية غير منفذة للماء) شكل رقم (٦ ــ ٩) ذى أبعاد كافية لاتمام الخلط ويفرد الرمل المعين للخلطة أولا على لوح



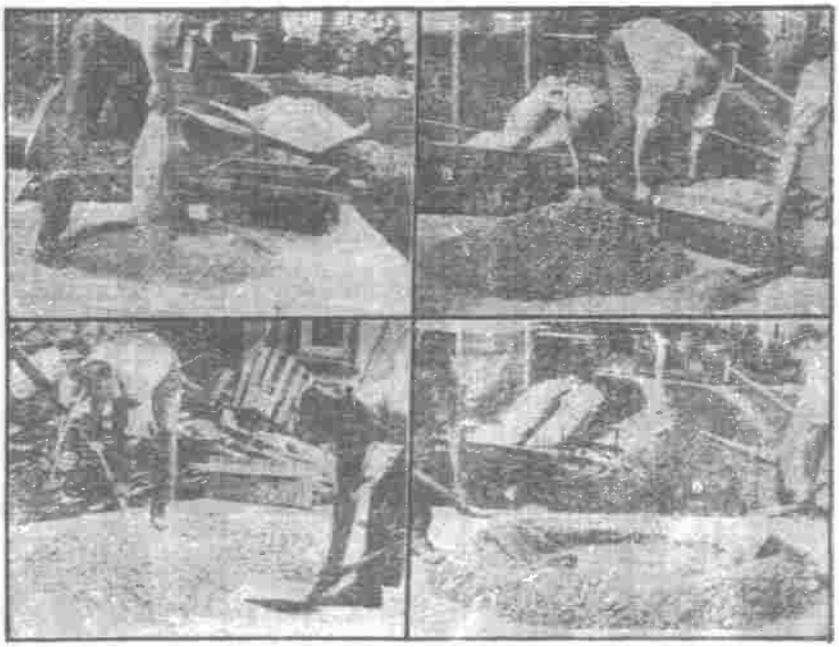
شكل رقم (٦ ــ ٩) لوح خشبى لخلط الخرسانة يدويا

الخلط ثم يفرد الاسمنت فوق الرمل بانتظام ثم يخلط جيداً باستعمال الجاروف حتى ينتج خليط منتظم اللون . بعد ذلك تضاف الخليط الكمية المعينة الخلطة من الزلط (أو كسر الحجارة) ويستمر الخلط بالجاروف على الناشف حتى يتوزع الزلط تماما . وتحتاج هذه العملية لثلاث قلبات على الأقل ثم يعمل تجويف فى وسط الخلط وتصب فيه كمية الماء اللازمة ببطء وفى هذه الاثناء يستمر تقليب الخليط من الخارج نحو المركز ويستمر التقليب حتى ينتظم قوام الخلطة وتنتج درجة التشغيل المناسبة . والحصول على هذه النتيجة تلزم أربع قلبات اثنتين للخارج واثنتين للداخل . وبعد انتهاء العمل ينظف اللوح جيداً من بقايا الخرسانة . ويبين الشكل رقم (٦ — ١٠) خطوات الخلط اليدوى للخرسانة .

وأهم الاحتياطات التى يجب اتخاذها عند الخلط باليد ما يأتى :

— يفضل أن يكون طرف الجاروف المستعمل مربعا وليس مدببا وله يد طويلة حتى يوفر الجهد بقدر المستطاع .

— يجب أن يكون المكان الذى تخلط عليه الخرسانة خالياً من الأتربة والطين



شكل رقم (٦ — ١٠) خطوات الخلط اليدوى الخرسانة

وغيرها من المواد الضارة بالخرسانة ويكون مساحته كبيرة بحيث يمكن تحريك الخرسانة عليه بسهولة والمساحة المستعملة عادة هى ٤×٤ متراً ويمكن عمل برواز لها بارتفاع ٧ سم وسمك ٥ سم لمنع فقد الماء من الجوانب ومنع اختلاط الخرسانة بالتربة وإذا كان السطح الذى تخلط عليه الخرسانة خشنا فيجب رشه بالماء حتى لا يمتص ماء الخلط .

ـــ يجب عدم السماح للماء بالخروج من وسط الكومة التى على شكل مخروط ناقص مفتوح من الوسط أى على شكل فوهة بركان وإلا أخذت معها كمية من أسمنت الخلطة .

ـــ إذا أضيف الماء إلى كمية كبيرة من الاسمنت فيحتمل أن يتجمع بعض حبيبات الاسمنت الجاف على شكل كرات ويصبح من الصعب اتحادها بالماء لذلك يجب توزيع الاسمنت على سطح الركام بالخلط أولا لمنع هذه الظاهرة .

ـــ الرمل الرفيع الرطب يأخذ شكل كرات لا يمكن فكها إلا بالتحريك الدائرى .

ـــ يجب عدم تكويم الخلطة على هيئة مخروط لأن ذلك يساعد على انفصال المواد عن بعضها والأفضل أن تكون الخلطة مفلطحة .

ـــ يجب تنظيف مكان الخلط جيداً بعد الاستعمال حتى لا تجف عليه الخرسانة المتبقية .

يجب تنظيف أدوات الخلط جيداً من الاسمنت البورتلاندى قبل استعمالها للاسمنت عالى الألومينا لأن اختلاطهما بعضهما ببعض يغير من زمن الشك حتى أنه يمكن أن يصل إلى دقيقة أو اثنين .

وقد يلفت النظر الشرط الرابع من الشروط السابقة حيث يبين أن كمية الماء الكبيرة المتكتلة تعمل على تكوين كرات أسمنتية . والواقع أنه إذا تكونت كرات من الاسمنت فمعنى ذلك نقص فعلى فى دور الاسمنت فى الخلطة ... حيث يصبح كما لو كانت نسبته فى الخلطة أقل من النسبة الموضوعة بمقدار معين .

لذلك نجد فى الخلاطات الميكانيكية أن إضافة الماء تكون عن طريق رشاشات وليست أنابيب أو أوعية مباشرة حتى لا يؤثر الماء على حبيبات الاسمنت المتقاربة فيجعلها تكون كرة .

والنقص الذى يحدث نتيجة لتكون الكرة يكون عادة بسبب منطقة داخلية لا يصل إليها الماء مطلقاً نظراً لكبر حجم الكرة وصغر سرعة اختراق الماء لحبيبة الاسمنت ولذا فإن هذه المنطقة لا تؤدى أى دور فعال فى خلطة الخرسانة .

وتصل مسافة اختراق الماء لحبيبة الاسمنت بعد ٢٤ ساعة إلى ٠,٥ ميكرون تقريباً كما تصل بعد ٣ أيام إلى ١,٧ ميكرون. وهذه المسافة ضئيلة فى هذا الزمن ويلاحظ أنه يتكون باستمرار فى المسافة التى تغمرها المياه طبقة جيلاتينية فإذا ما تكاثفت هذه الطبقة تدريجياً فإنها تصل إلى حد يمنع الماء من استمرار دخوله إلى قلب الحبيبة فيبقى قلب الحبيبة صلداً كما هو لا يتأثر ولا يؤثر .

ولذا كان عدم تكور الاسمنت أو بالاحرى عدم تجمعه لتكوين كرات عاملا مهما يجب الاهتمام به والقضاء عليه فى خلط الخرسانة .

ومن هنا كانت نعومة الاسمنت مطلوبة فى مجال الخرسانة لزيادة جودة خواصها من حيث مقاومة الضغط والتحمل وغيرهما .

(ب) الخلط الميكانيكى : (باستعمال الخلاط) .

يتكون الخلاط الميكانيكى من إسطوانة (حلة) الخلط وغالباً يكون بداخلها ألواح معينة تسمى ريش التحريك وهى تساعد على إجراء عملية الخلط بطريقة منتظمة.

ويمكن تفريغ أنواع الخلاطات بالإمالة حول محورها وهذا النوع سهل التفريغ كما أن هناك أنواعا تساعد فيها ألواح التحريك الموجودة داخل أسطوانة الخلط على دفع الخرسانة نحو فتحة التفريغ .

وتعبأ الخلاطات بواسطة إحدى الطرق الآتية :

١ ــ الجاروف : ولا تستعمل هذه الطريقة إلا فى حالة الخلاطات الصغيرة.

٢ ــ الوعاء الرافع ، وتوضع المواد فى الوعاء الرافع بواسطة العمال ثم ترفع لتهبط تحت تأثير الجاذبية إلى اسطوانة الخلط. ويجب ملاحظة البدء بوضع الركام الكبير أولا ثم يليه الركام الصغير ويليه الأسمنت وذلك لمساعدة عملية التفريغ .

٣ ــ الحلزون : ويستعمل فى الخلاطات المستمرة Continuous Mixers ومن مميزات هذه الطريقة أنها تغذى الخلاط تلقائيا (أوتوماتيكياً) بنسب المواد المطلوبة

وتتلخص طريقة عملها فى وضع كل نوع من المواد فى مكان خاص مزود بحلزون لنقل المواد وتتناسب سرعة دوران هذا الحلزون أو قطره مع سرعة أو قطر الحلزونات الأخرى بنسبة وجود المادة التى تنقلها فى الخلطة وبذلك تقل المواد بالنسب المطلوبة إلى روافع تحملها إلى إسطوانة الخلط .

٤ ــ السيور الناقلة : (Belt Conveyor) وفى هذه الحالة ترفع المواد بواسطة روافع إلى قمع يسمح بمرور المواد أو حجزها حسب الطلب وتنقل المواد من هذا القمع على سير يتجه إلى الخلاط .

٣ ــ أنواع الخلاطات : يوجد ثلاثة أنواع أساسية من خلاطات الخرسانة :

(ا) الخلاط المستمر : وقد سمى كذلك لأنه يعمل باستمرار أى يوضع فيه الركام والاسمنت والماء وفى نفس الوقت يستقبل الناتج دون توقف وهذا النوع قديم ومن عيوبه أنه قد يعطى خرسانة غير متجانسة .

(ب) خلاط العبوة الواحدة : هذا النوع واسع الاستعمال وهو عبارة عن خلاط توضع فيه مواد خلطة واحدة وتتم عملية الخلط والتفريغ قبل إضافة أى مادة ثانية .

ويمكن تقسيم هذا النوع إلى :

ــ خلاط ذى أسطوانة دوّارة مقفولة : (Closed Rotating Drum)

وهو عبارة عن خلاط تكون فيه حلة الخلط مزودة بألواح تحريك تدور معها كما فى شكل رقم (٦ ــ ١١) وهذا النوع سهل التفريغ والنقل ولكن عند استعمال نسبة كبيرة من الرمل والاسمنت تلتصق المونة بألواح التحريك وبذلك تفقد الخرسانة جزءاً كبيراً من أهم مكوناتها .

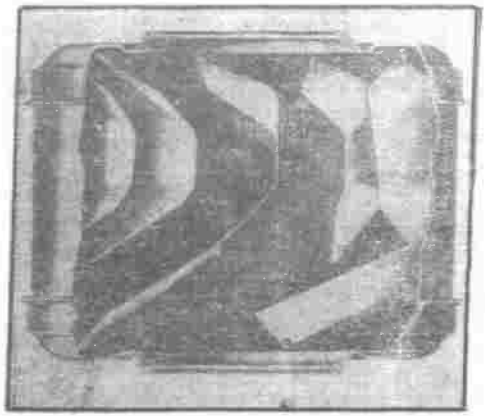
ــ خلاط انسياب : (Flow Mixer)

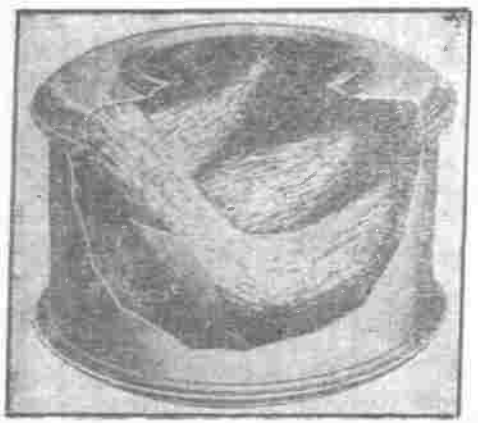
وهو عبارة عن خلاط تدور فيه ألواح التحريك فى اتجاه عكسى لدوران حلة الخلط وهذا النوع يعطى خلطة متجانسة ويوجد نوعان من هذا الخلاط أحدهما وهو الذى تدور فيه ألواح التحريك حول محور رأسى أما الآخر فتدور فيه ألواح التحريك حول محور فى الاتجاه الطولى لحلة الخلط .

(حـ) عربة الخلط : شكل رقم (٦ ــ ١٢) .

إن خلط الخرسانة فى مراكز الخلط ثم نقلها إلى مكان العمل قد يتسبب عنه

انفصال المواد عن بعضها فتهبط المقاسات الكبيرة إلى القاع أما الاسمنت والماء فيصعدان إلى القمة وإعادة الخلط فى مكان العمل يقلل من ظاهرة انفصال المواد ولكن لا يمنعه لذلك صممت عربات الخلط حتى يمكن تسليم خرسانة طازجة جاهزة فى مكان العمل وفى هذا النوع يمكن لإسطوانة الخلط أن تدور حول محورها لتفريغها . ويوجد بها أيضاً خزان للمياه حتى يمكن إجراء عملية الخلط قبل تسليم الخرسانة فى موقع العمل وحتى يمكن تنظيف اسطوانة الخلط مما علق بها من مواد لتبقى نظيفة للخلطة التالية .

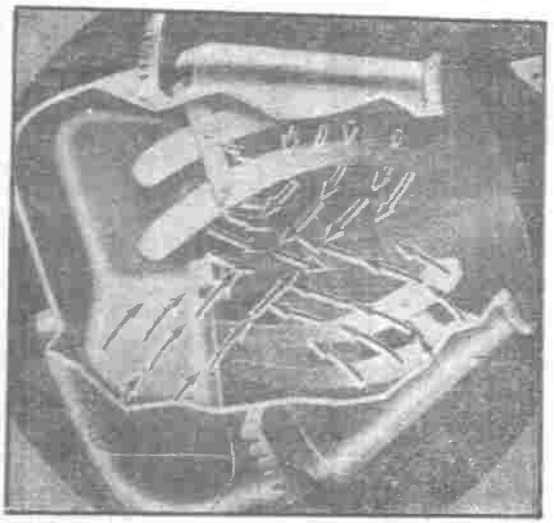




وتحدد المواصفات وقت تفريغ العربة بحيث لا يزيد عن ساعة ونصف على الأكثر من زمن إضافة الماء إلى الخلطة أو الاسمنت إلى الركام الرطب أو المبتل وتحت ظروف خاصة قد يزيد الزمن إلى ساعتين .

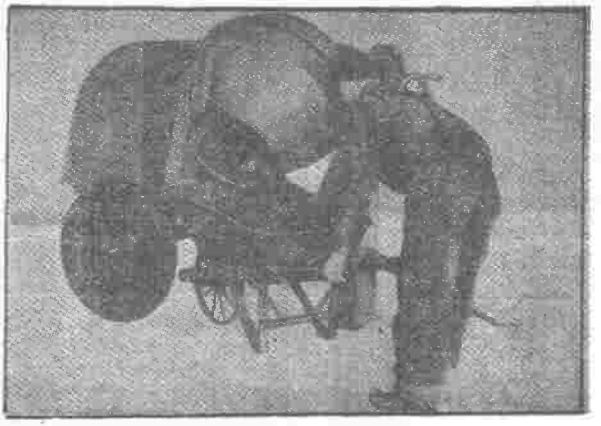
كما يمكن تقسيم الخلاطات الميكانيكية إلى النوعين الآتيين:

(١) الخلاطات التى يمكن إمالتها: وتتكون من أسطوانة ذات فتحة واحدة يمكن ملئها وتفريغها بواسطة إمالة الاسطوانة حول محور أفقى



شكل رقم (٦ — ١١)
أشكال مختلفة لحلة الخلاط وألواح التحريك المزودة بها

شكل رقم (٦ — ١٢) عربة الخلط



شكل رقم (٦ — ١٣) خلاط يمكن إمالته

شكل رقم (٦ — ١٣). وذلك بواسطة رافعة متصلة بمجموعة من التروس كما يمكن قلب الاسطوانة كلية وذلك عند تنظيف الخلاط وتتم عملية الخلط بواسطة دحرجة المواد وتقليبها داخل الاسطوانة الدوارة .

ويستخدم هذا النوع من الخلاطات فى خلط الخلطات الجافة كما يستخدم بكثرة فى الأعمال الكبيره وذلك لسهولة استخدامه فى خلط الخلطات المحتوية على ركام مقاسه من ٦ إلى ٨ بوصة أو أكثر كما أن هذا النوع شائع الاستعمال فى الأعمال التى تتطلب الحصول على كميات صغيره من الخرسانة عند أماكن متفرقة ويمكن استخدام هذا النوع فى خلط المونة والبياض ، ومعظم خلاطات العبوة الواحدة من هذا النوع .

(ب) الخلاطات التى لا يمكن إمالتها شكل رقم (٦ — ١٤) وتتكون من اسطوانة دوّارة تثبت أفقيا ولها فتحتان عند كل نهاية لها إحداهما لملء الاسطوانة والأخرى لتسهيل وضع المواد بالاسطوانة ويملأ القمع بالمواد بينما تكون فتحتا التفريغ والملء مغلقتين وبمجرد فتح باب التفريغ وتفريغ الخلاط يفتح باب الملء لتفريغ المواد داخل

الاسطوانة ويزود القمع بآلة تسبب اهتزازه للتأكد من عدم بقاء أى مادة ملتصقة بجدرانه ، وعملية الخلط فى هذا النوع يتم فيها دحرجة المواد داخل الاسطوانة كما أن المواد ترفع بواسطة جيوب بجدار الاسطوانة ثم تسقط عند انقلاب هذه الجيوب تبعاً لدوران الاسطوانة مما يساعد على الخلط ويستخدم عادة هذا النوع من الخلاطات فى حالة الخرسانة التى يكون فيها مقاس الركام صغيرا (أصغر من ٣ بوصة) ومعظم الخلاطات المستمرة من هذا النوع .

شكل رقم (٦ ـ ١٤) خلاط مستمر لايمكن إمالته

وقد استعمل فى بعض أعمال الرصف نوع من الخلاطات به حجرتان متجاورتان للخلط وفى هذا النوع يخلط المزيج فى الحجرة الاولى لمدة معينة ثم ينقل إلى الحجرة الثانية لتكملته وميزة هذا النوع هو أن قدرته على الخلط أكبر ولكن استعمال هذا النوع قليل .

وتتنوع الخلاطات بحسب الشركات المنتجة لها ويعتبر خلاط « جلبرت » من أمثلة الخلاطات الميكانيكيه التى تقيس نسب مكونات الخلطة وفى نفس الوقت يتم خلطها فى حجوم كبيرة وفيما يلى شرح تركيبه وطريقة تشغيله كمثال للخلاطات الميكانيكية :

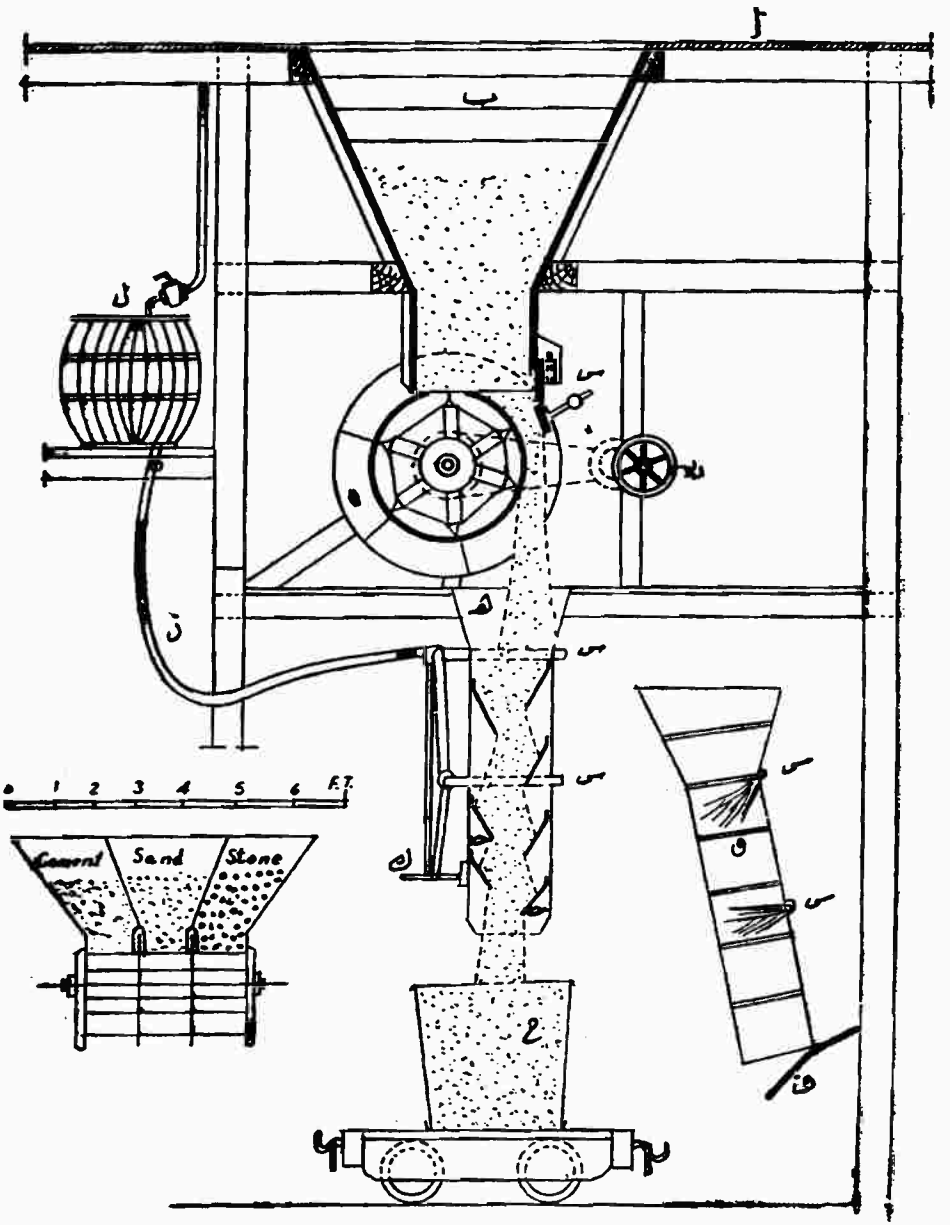
تتم التعبئة فى جهاز جلبرت المبين بالشكل رقم (٦ — ١٥) عن طريق الوعاء الرافع حيث ترفع المواد (الأسمنت والرمل والزلط) إلى اللوح « ا » . ثم تجرف المواد داخل القواديس « ف » والقواديس كما هو مبين بالشكل التفصيلى عبارة عن ثلاثة قواديس متجاورة قاعتها مفتوحة حيث يتلامس نهاية محيطها مع نهاية عمود خشبى « د » الذى يقود بدوره إلى الألواح المحزومة وعلى وجه كل قادوس عند « س » باب بصمام متحرك مع ثقل لاتزان يمكنه التحكم فى هذا الباب .

والدائرة الخارجية المحيطة بالعمود « د » بها فتحة عندما تكون مناسبة الوضع لنزول المواد (كما هو مبين بالشكل) فإن المواد تهبط مباشرة أما إذا كانت فى وضع غير المبينة فيه فإن المواد تدور دورة فى الفراغ الموجود بين الدائرتين وفى هذه الحال تختلط مع بعضها فى هذا الدوران حتى تسقط من الفتحة رأسياً ومن الضرورى أن تدور كل المواد هذه الدورات لتختلط جزئيا وعندما تكون الفتحة معدة لهبوط المواد يقفل الباب س أمام كميات المواد الهابطة من أعلى حتى يضطرها النزول فى وضع تضطر فيه إلى الدوران .

وعندما تهبط المواد من فتحه هذه الدائرة تهبط فتصطدم بحاجز اسطوانى من الصلب مائل يسمى قادوس المكسر (هـ) ثم يقذف الخليط إلى الإسطوانة الطويلة المستعرضه حيث يوجد فيها ألواح متعارضة متكررة (ح ، ح) لتقليب خليط المواد عند نزوله .

ويمكن السماح لتيار مائى مناسب من الحنفية عند « ل » أن يمر خلال الخرطوم « ز » إلى الرشاشات (س ، س) التى تخترق الاسطوانة والتى عبرها يمر الخليط وحيث يحتاج إلى تيار لا يتجاوز حدوداً معينة . لذا وضع صمام (ك) للتحكم فى كمية الماء المرشوشة فى الخليط .

وتتم عملية الخلط تماما ثم تقود المقلبات الخليط أخيراً الى الخارج من الأسطوانة « و » الى الوعاء الحديدى الضخم « ح » الذى يوضع فوق عجل فيسحب الى موقع

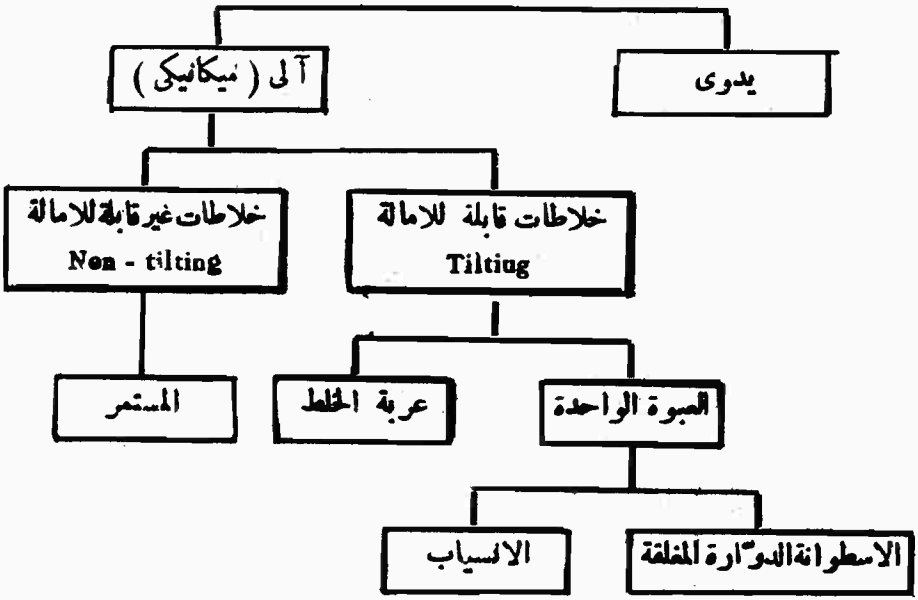


شكل رقم (٦ ـ ١٥) خلاط جابرت

العمل لو كان فى نفس المكان أو السيارة الخاصة أو تنقل منه الخلطة بواسطة الأوعية الصغيرة (القروان) أو بطريق الأنابيب . ويستخدم هذا الجهاز للاعمال الهامة وهو دقيق جدا .

مما تقدم يتبين أنه يمكن تلخيص طريقة خلط الخرسانة فيما يلى :

خلط الخرسانة



٤ ــ بعض الاحتياطات لخلط الآلى :

ــ يجب وضع الخلاط على سطح ثابت وضبط ميل محور الأسطوانه للحصول على أقصى تجانس فى أسرع وقت .

ــ يجب أن تخلط الخرسانة فى خلاط من نوع خلاط العبوة أو الخلطة الكاملة وذلك لضمان التوزيع المنتظم للمواد فى الخلطة كما يجب ملاحظته وألا تكون أسطوانة الخلطة منفذة للماء .

ــ يجب عدم زيادة حجم المواد التى توضع داخل أسطوانة الخلط عن الحجم الذى نص عليه المصنع والذى يعلن عنه بواسطة لوحة معدنية موضوعة فى مكان ظاهر .

ــ يجب أن تستمر عملية الخلط فى كل مرة لمدة لا تقل عن دقيقتين بعد وضع

الأسمنت والركام داخل الخلاط ولا تقل عن دقيقة بعد إضافة الماء وفى أثناء هذه المدة يكون الخلاط دائراً بالسرعة التى نص عليها المصنع الذى أنتجه ويلاحظ فى جميع الظروف الاستمرار فى الخلط حتى يصبح الخليط متجانساً فى اللون والشكل والقوام .

وفى حالة عربة الخلط يجب ألا يقل عدد دورات أسطوانة الخلاط عن ٥٠ دورة ولا يزيد عن ١٥٠ دورة، وإذا أريد زيادة مدة الخلط فتكون ذلك بسرعة أقل من التى نص عليها المصنع .

— من الضرورى تزويد الخلاط بقمع مناسب للشحن وفى حالة عربة الخلط تزود بخزان لحمل الماء ولا يوضع به الماء إلا بعد قياسه إلا فى حالة تزويد الخزان بجهاز أوتوماتيكى دقيق لا يمرر إلا كمية الماء المطلوبة للخلط مع إمكان منع تسرب الماء فى أى وقت يراد ذلك .

يفضل تزويد الخلاط بجهاز أوتوماتيكى يعمل على غلق فتحة التفريغ حتى تخلط المواد فى الزمن اللازم .

— يجب تفريغ كل حمولة الخلاط بعد كل خلطة مع منع الخرسانة من السقوط من ارتفاع يزيد عن متر أثناء التفريغ وذلك لمنع انفصال المواد عن بعضها .

— يجب عدم زيادة سرعة الخلاط عن السرعة التى نص عليها المصنع .

— يجب تسليم الخرسانة وهى فى درجة حرارة حوالى ١٥ م ولا تزيد عن ٣٠ م إلا إذا نص على غير ذلك .

— يجب أن تنظف الخلاطات وأدوات الخلط المختلفة جيداً من الأسمنت قبل استعمالها .

٥ — تصنيف أنواع الخلط بالنسبة لمكان الخلط : يمكن أن يتم خلط الخرسانة فى ثلاثة أماكن كما يلى :

(ا) الخلط فى موقع العمل : شكل (٦ — ١٦)

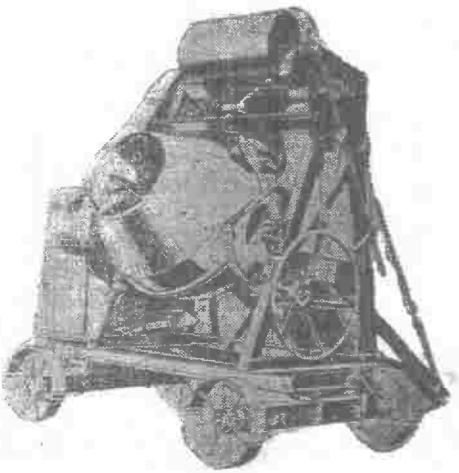
فى هذه الطريقة يوضع الخلاط فى الموقع المطلوب فيه صب الخرسانة وفى حالة أعمال الرصف فإن الأمر يستدعى نقل الخلاط على طول الطريق أما إذا كان العمل عبارة عن منشأ واحد فقط فقد يكتفى بوضع الخلاط فى موقع المنشأ وفى مثل هذه الحالة يمكن تشوين جميع الكميات اللازمة فى موقع المنشأ قبل البدء فى العمل وعندما تبدأ عملية

الخلط يمكن تركيز جميع العمليات فى مساحة محدودة وعندما يتعذر ذلك عملياً كما فى حالة خلاط الرصف المتحرك فإنه يلزم تشوين المهمات فى أماكن أخرى وتزويد الخلاط بالكميات اللازمة للخلط فى سيارات .

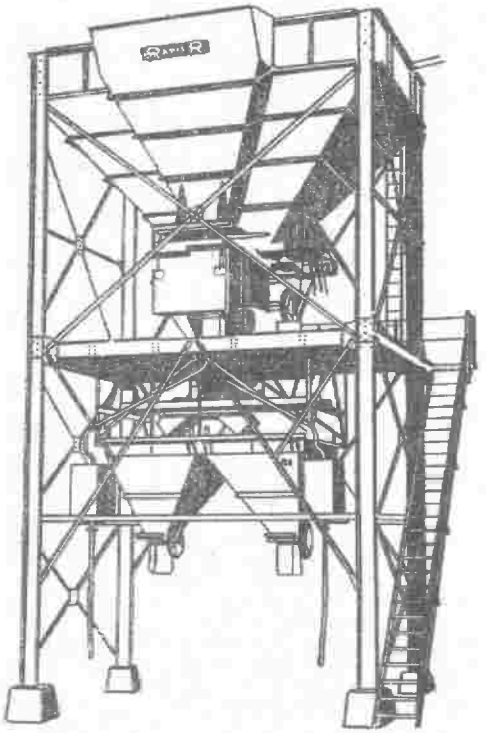
وللخلط فى الموقع ميزة خاصة من ناحية الإشراف على مطابقة نسب المواد المختلفة بحيث إذا ظهر أى عيب فى الخرسانة فإنه يمكن علاجه مباشرة قبل البدء فى عمل خلطة أخرى . كما أن من مزايا هذه الطريقة أيضاً زيادة الإشراف على مدة الخلط ومنع أى احتمال لشك الخرسانة قبل صبها .

(ب) الخلط فى محطة مركزية : شكل رقم (٦ — ١٧) .

فى هذه الطريقة يوضع الخلاط بصفة دائمة فى مكان بعيد عن مكان المنشأ أو الرصف وتنقل الخرسانة المخلوطة فى سيارات إلى القوالب وبذلك لا يستدعى الأمر نقل الخلاط باستمرار كما فى حالة أعمال الرصف أو نقلها عدة مرات إذا كان المطلوب تنفيذ عـــدد من المنشآت . وإن وضع الخلاط بصفة دائمة فى مكان ما يحمل من المناسب إقامة وسائل



شكل رقم (٦ — ١٦) خلاط متنقل لموقع العمل



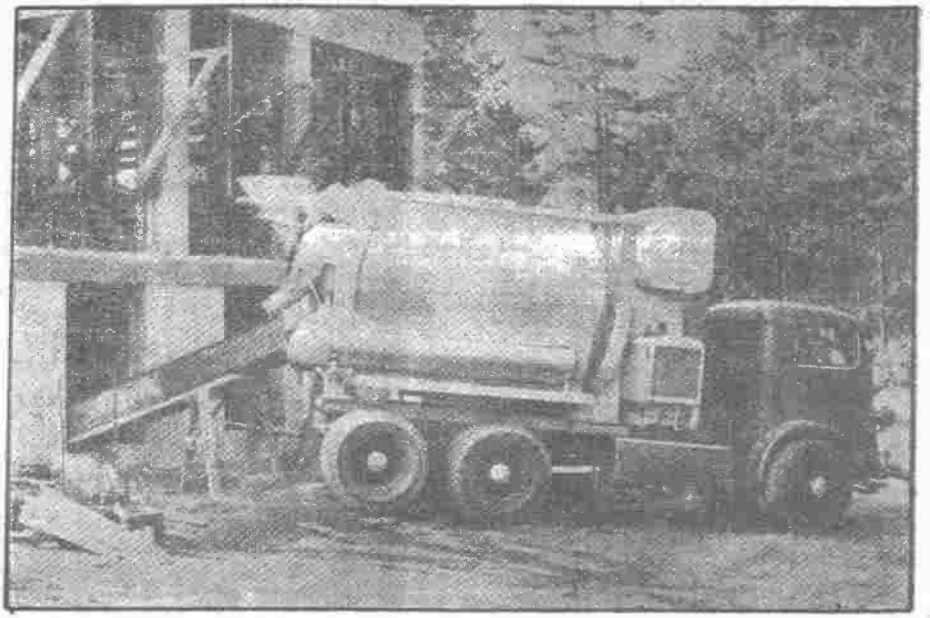
شكل رقم (٦ — ١٧)
محطة مركزية لخلط الخرسانة

تخزين جيدة وكذلك بتجهيز المعدات اللازمة للوزن أو الخلط أكثر مما لو كان الخلاط موضوعا بصفة مؤقتة أو متنقلة وتتضح حقيقة ذلك بصفة خاصة عند ما يستعمل نفس الخلاط لعدة مشروعات مختلفة فى نفس الجهة، إلاأن انفصال عملية الخلط عن الصب ينتج عنه ضعف فى المراقبة وذلك لتقسيم عملية الإشراف وكذلك لأن الخرسانة التى تصل إلى القوالب إذا وجدت غير جيدة فإنه من المحتمل أن يكون قد تم خلط عدة خلطات أخرى وتكون فى طريقها إلى القوالب قبل اكتشاف الخطأ وإعطاء التعليمات اللازمة لتصحيح النسب وهذا من عيوبها .

ويجب العناية بنقل الخرسانة المخلوطة فى محطة مركزية بكيفية خاصة لمنع الانفصال الحبيبي كما يجب أن تصل الموقع وهى بحالة جيدة وقابلة للتشغيل وقبل أن تبدأ الخرسانة فى الشك الابتدائى . وإذا لم يتيسر تحقيق هذه الشروط فانه يجب أن تنقل الخرسانة فى إسطوانة دوارة مجهزة بأسلحة خلط . وإذا كانت عملية نقل الخلطة على الطريق تستغرق وقتاً طويلا فانها قد تفقد نسبة كبيرة من المياه نتيجة التبخير قبل أن تصل إلى المكان الذى ستصب فيه ، وفى مثل هذه الحالات قد يكون من الضرورى الحصول على درجة التشغيل اللازمة إما باستعمال كميات ماء أكثر من اللازم فى عملية الخلط أو إعادة خلط الخرسانة باضافة كمية أخرى من الماء، ولوأنه من غير المرغوب فيه الالتجاء الى هاتين الطريقتين كما سنبين ذلك فيمابعد، واذا كان الوقت الذى يضيع بين عمليتى الخلط والصب طويلا فقد يحدث بعض الشك بالرغم من اتخاذ جميع الاحتياطات وفى هذه الحالة تصبح الخلطة غير صالحة للاستعمال .

(ح) الخلط أثناء النقل : شكل رقم (٦ — ١٨)

عندما تكون المواد مشونة فى مكان بعيد عن الموقع الذى ستستعمل فيه الخرسانة قد يكون من المرغوب فيه الغاء محطة الخلط الثابتة وخلط المواد فى خلاطات مركبة على سيارات ومن المحتمل أن توفر هذه الطريقة بعض الوقت لأن عمليه الخلط تتم أثناء سير السيارة على طول الطريق ولهذه الطريقه نفس المضار الناتجة من عدم كفايه المراقبه كما فى حاله الخلط فى محطة مركزية ولكن لها ميزة وهى امكان تأجيل اضافة الماء الى الخلطه حتى يقرب الخلاط المركب على السيارة من المكان الذى تقصده وبذلك تستعمل فقط مدة الخلط العادية . وتستدعى هذه الطريقة وجود تعاون تام



شكل رقم (٦ — ١٨)
سيارة الخلط عند تفريغ الخرسانة بعد أن تم خلطها أثناء النقل

بين سائقى الخلاطات المتنقلة أو العمال الذين يديرون الخلاطات لا ضافة المياه فى الوقت المناسب لإنتاج خرسانة منتظمة جيدة عند الموقع .

ولقد أوصت إحدى الهيئات العلمية بوجوب استمرار الخلط بالدوريات بما لا يقل عن ٥٠ لفة بعد وضع جميع عناصر الخرسانة فى الخلاطة كما أن السرعة لا تقل عن ٤ لفات فى الدقيقة ولا تزيد عن ١٥٠ لفة بسرعة ٦ لفات بالدقيقة .

كما أوصت بأن يكون زمن الخلط فى حدود ٣٠ دقيقة من لحظة إضافة الاسمنت وعندما تكون درجة الحرارة أكثر من ٢٧°م أو عندما يستخدم أسمنت مبكر المقاومة فإن الزمن يقل إلى ١٥ دقيقة .

أما إذا كان اللورى يتم الخلط فقط فإن زمن الخلط فى المصنع يكون ٣٠ ثانية ويتم الخلط فى اللورى. كما أوصت الهيئة على أن الخرسانة المنقولة يجب أن تفرغ فى مكان العمل فى حدود ساعة ونصف بعد إضافة الأسمنت للخلطة ولكن تحت شروط خاصة مفصلة يمكن أن يمتد هذا الوقت إلى ساعتين ويقلل الوقت المحدد فى حالة ارتفاع درجة الحرارة .

٦ ـــ تأثير نظام الخلط على خواص الخرسانة :

قد يظن البعض أن زيادة كمية الاسمنت يتبعها زيادة فى مقاومة الخرسانة على الدوام ولكن الحقيقة أن ذلك ليس دائماً فى بعض الأحيان تعطى خلطات خرسانية تحتوى على كميات أقل من الاسمنت مقاومة أكبر من خلطات مماثلة تحتوى على كميات أكبر من الاسمنت . وذلك إذا خلطت الخرسانة ذات الاسمنت الأقل خلطا جيداً بحيث كان قوامها متجانساً متماثلا ولهذا يجب العناية تماماً بعملية الخلط .

وفيما يتعلق بزمن الخلط فقد دلت التجارب على أن مقاومة الخرسانة تزداد بزيادة زمن الخلط إلى مدة معينة لأن زيادة مدة الخلط تزيد من قابلية الخرسانة للتشغيل وبالتالى يقل الزمن اللازم لدمك الخرسانة فى الفرم وتنتج خرسانة كثيفة قوية تمنع تسرب الماء ويجب أن تستمر عملية الخلط لمدة لا تقل عن دقيقة ويستحسن زيادة تلك المدة فى خلط الخرسانة التى تستعمل فى إنشاء الخزانات والمنشآت المعرضة للتقلبات الجوية .

ولقد كان الخلط اليدوى أفضل بكثير من الخلط الآلى وذلك فى بداية ظهور الخلاطات ولكن بعد التقدم الكبير فى صناعة هذه الخلاطات أصبح الخلط اليدوى غير مسموح به فى أغلب الأحيان إلا فى حالة الخلطات الصغيرة حيث يكون الخلط اليدوى أوفر . ويرجع السبب فى تفضيل الخلط الآلى إلى أن الخليط فى هذه الحالة يكون أكثر تجانساً وأقل فى التكاليف وأسرع فى الإنتاج ، ولكن يجب ملاحظة أن عدم استعمال النوع المناسب من الخلاطات يجلب الكثير من المتاعب فهناك أنواع تحدث انفصالات شديدة للمواد حيث قد تلاحظ عند تفريغها خروج الركام الكبير يليه الركام الصغير وفى النهاية تخرج عجينة أسمنتية خفيفة القوام . ومن الملاحظ أيضاً أن الخلاطات التى يمكن إمالتها حول محورها لتفريغها والخلاطات المستمرة وكذلك خلاطات الأسطوانة الدوارة المقفلة لا يمكن استعمالها فى إنتاج خرسانة ذات كفاءة عالية وعلى ذلك فإن الخلط الآلى أفضل من الخلط اليدوى بشرط اختيار النوع المناسب من الخلاطات .

كذلك يلاحظ أن زيادة سرعة الدوران للخلاط أو إقلالها عن المعدل له أثر ضار على نتيجة الخلطه الخرسانية فمن الملاحظ أن السرعة البطيئة تجعل المواد تزلق داخل الخلاط بدلا من أن تمتزج أما السرعة الكبيرة فتجعلها تلتصق بجدار أسطوانة الخلط نتيجة لقوة الطرد المركزية وذلك مما يمنع إختلاط المواد ببعضها لذلك يجب عند تشغيل

الخلاط استخدام السرعة التى حددها المصنع بقدر المستطاع .

ومن الدراسات العديدة على بعض الخلاطات وجد أن زمن الخلط بين ٤٥ ثانية ، ٩٠ ثانية يعطى تقريباً نفس النتيجة فإذا وضعنا عامل الزمن فيمكن أن يقال أن الزمن اللازم للخلطة هو حوالى دقيقة واحدة ولكن يجب ملاحظة أن هذا الزمن يمكن أن يتغير لأنه يتوقف على عوامل كثيرة منها نوع وحجم وحالة الخلاط وكمية الخرسانة المحمل بها ونوع المواد المستعملة فى الخلطة ونسبة المياه فى الخلطة .

أما بالنسبة لحجم الخلاط فقد نصت بعض الهيئات على أن زمن الخلط للخلاطات التى يصل حجمها إلى متر مكعب دقيقة واحدة ولكل متر مكعب زيادة فى الحجم يزداد زمن الخلط $\frac{1}{4}$ دقيقة .

أما أثر حالة الخلاط وطريقة تحميله فنجد أنه عند استعمال خلاط ذى ألواح تحريك متآكلة فيجب زيادة زمن الخلط لتعويض مافقده الخلاط من كفاءة ، وإذا حمل الخلاط بكمية كبيرة من المواد فإن ذلك يمنع المواد من الحركة بسهولة داخل اسطوانة الخلط فيجب زيادة الزمن للحصول على نتيجة مقبولة .

ولكمية الماء أثر كبير على زمن الخلط فكلما زادت النسبة بين الماء إلى الاسمنت كلما قلت المدة اللازمة للخلط والعكس صحيح حتى أنه فى حالة الخلطات الجافة القوام قد يضطر إلى زيادة زمن الخلط إلى دقيقتين أو أكثر .

ومن الملاحظ أنه كلما زاد زمن الخلط تزداد لدونة الخلطة وتصبح فى نفس الوقت أسهل فى التشغيل أى أنه يمكن الحصول على خلطة ذات درجة كبيرة من قابلية التشغيل باستعمال نسبة ماء صغيرة ولهذه الظواهر أثر ملموس على خواص الخرسانة المختلفة فزيادة اللدونة تمنع انفصال مواد الخرسانة عن بعضها والزيادة فى التشغيل تمنع حدوث تعشيش الخرسانة فتزداد مقاومتها للقوى المختلفة وتقل منفذيتها للمياه .

ويلاحظ أن لزيادة زمن الخلط أثرا على تحمل الخرسانة مع الزمن وذلك لأن زيادة زمن الخلط تزيد من توزيع الاسمنت على سطح الركام وبما أن الاسمنت هو المادة التى تربط مواد الخرسانة مع بعضها فإن وجود أماكن خالية أو تكاد تكون خالية من عجينة الاسمنت يسبب سهولة تفكك الخرسانة .

مما سبق نلاحظ أن زيادة زمن الخلط يحسن جميع خواص الخرسانة من مقاومة وتحمل وعدم منفذية للسوائل ولكن هناك نقطة يجب ملاحظتها فإن الدراسة أثبتت أن زيادة زمن الخلط عن دقيقتين فى حالة الخلط الآلى غير مجزى لأن الكسب فى الإجهاد يكون ضئيلا. أما إذا زاد زمن الخلط عن خمس دقائق فإنه يضعف الخرسانة كما يلاحظ بصفة عامة أن زيادة زمن الخلط أفضل من إنقاصه فمثلا إذا نقص زمن خلط خرسانة معينة إلى نصف الزمن اللازم فإننا نحصل على خرسانة ضعيفة المقاومة إما إذا زاد إلى الضعف فإن الخسارة الوحيدة تكون فى الزمن .

ولقد أجريت بعض الأبحاث لدراسة تأثير تغيير نظام الخلط على مقاومة الخرسانة وقد أثبتت جميع التجارب التى تم فيها البدء بخلط الماء مع الأسمنت أولا قبل إضافة الركام أن مقاومة الخرسانة الناتجة تكون أقل بكثير من الخلطات التى بدىء فيها بخلط الزلط مع الرمل والأسمنت وهى فى حالة جافة قبل إضافة النسبة اللازمة من الماء .

كما أجرى بعض الباحثين تجارب أخرى على أن يخلط الرمل مع الأسمنت أولا ثم يضاف الخليط إلى الزلط فوجدت أن مقاومة المكعبات القياسية أكثر من الحالة السابقة .

هذا وقد جهزت خلطات من نفس نوع الركام والأسمنت وكذلك بنفس النسب وفى نفس الظروف وتم تغيير نظام الخلط فيها كالآتى :

خلطة (ا) :

(أسمنت + ماء) خلطت لمدة دقيقة واحدة . ثم أضيف الرمل وخلطت لمدة دقيقة واحدة ثم أضيف الزلط وخلطت لمدة دقيقة واحدة . وقد أعطت هذه الخلطة هبوطاً قدره ١٣ سم .

خلطة (ب) :

(أسمنت + رمل) خلطت لمدة دقيقة واحدة . ثم أضيف الماء وخلطت لمدة دقيقة واحدة . ثم أضيف الزلط وخلطت لمدة دقيقة واحدة . وقد أعطت هذه الخلطة هبوطاً قدره ١٠ سم .

خلطة (حـ) :

(أسمنت + رمل + زلط) خلطت لمدة دقيقتين . ثم أضيف الماء وخلطت لمدة

دقيقة واحدة . وقد أعطت هذه الخلطة هبوطاً قدره ٦ سم .

وقد كسرت المكعبات القياسية لهذه الخلطات بعد ١٤ يوماً وكذلك بعد ٢٨ يوماً فكان ترتيب مقاومة المكعبات التنازلى كالآتى : ب — حـ — ا

٧ — أثر إعادة خلط الخرسانة على خواصها المختلفة :

تمنع معظم المواصفات استعمال الخرسانة التى مضى على خلطها أكثر من ٣٠ دقيقة فتنص المواصفات على أن إعادة خلط الخرسانة أو المونة التى تصلبت جزئياً مع إضافة او عدم إضافة كمية أخرى من الماء أو الاسمنت أو الركام غير مسموح به .

ولكن بعض الدراسات أثبتت أن الخرسانة التى خلطت ومضى على خلطها ١ إلى ١½ ساعة ثم أعيد خلطها بعد هذه المدة تكتسب بعض المقاومة وتتصلد أسرع ولا يظهر عليها تغيير كبير فى الحجم عند الجفاف ولا تفقد كثيراً من الاسمنت عند وضعها تحت الماء .

ويجب ملاحظة أنه بالرغم من قبول بعض نتائج هذه الدراسات إلا أنه من المستحسن عدم استعمال خرسانة معاد خلطها فى الأعمال المختلفة .

٨ — اشتراطات أسس التصميم والتنفيذ بالنسبة لخلط الخرسانة :

اشترطت أسس التصميم والتنفيذ ما يلى :

(ا) تخلط الخرسانة ميكانيكياً بالنسب المطلوبة فى خلاطات ذات سعة مناسبة وتتناسب مع معدل النقل والصب ويراعى ألا تقل مدة خلط الخرسانة عن دقيقتين بعد استكمال وضع كافة موادها فى الأسطوانة (الحلة) بحيث يصبح الخليط متجانساً فى لونه وقوامه .

(ب) يمكن خلط الخرسانة يدوياً على أن يتم الخلط بتقليب المواد تقليباً جيداً بالنسبة المطلوبة على طبلية مستوية صماء بواسطة الجاروف ذى الشداد (المحراث) ويوصى بخلط الاسمنت والركام الصغير على الناشف إلى أن يصبح اللون متجانساً ثم يضاف الخليط إلى الركام الكبير ويقلب ثلاث دفعات ثم يضاف الماء تدريجياً بالقدر المطلوب للخلط ، ويستمر التقليب والخلط حتى تتجانس الخلطة لوناً وقواماً .

(ب) النقل :

هناك طرق عديدة لنقل الخرسانة من الخلاط إلى الفرم وكلها تعتمد على نوع العمل والأدوات والمعدات المتوفرة والتى تشمل العربات والأوعية وعددا كبيرا من الناقلات والسيور المتحركة وأنابيب ومضخات ضخ الخرسانة . وتختلف الطريقة التى تستخدم فى النقل باختلاف نوع المنشأ الخرسانى والإمكانيات .

ومن الطرق المستخدمة فى نقل الخرسانة طريقة النقل بعربة اليد والعربة القلابة ، وعربات اللورى وأوعية الخرسانة ، والونش ذى الدلو ، والمجارى الخشبية أو المعدنية ، والمضخات والسيور المتحركة .

كما تعتمد طريقة نقل الخرسانة على طبيعة موقع العمل وبعد المسافة بين الخلاط ومكان صب الخرسانة . ويجب أن تؤخذ فى الإعتبار أثناء عملية النقل النقط الثلاث الآتية :

١ — جفاف الخرسانة :

يحدث جفاف الخرسانة فى معظم الخلطات وخاصة فى الجو الحار إذا لم تتخذ الاحتياطات الكافية ، ففى حالة وجود أشعة الشمس أو الرياح الشديدة يجب العناية بتغطية الخرسانة فى أوعيتها وهى فى طريقها إلى مركز العمل ، أو فى حالة ترك الخرسانة لسبب أو لآخر مدة طويلة بعد خلطها (من المناسب أن يتم صب الخرسانة خلال نصف ساعة بعد خلطها) .

٢ — انفصال حبيبات الخرسانة :

يعتبر انفصال حبيبات الخرسانة من الظواهر الخطيرة فى الخلطات المبللة واهتزاز الخرسانة أثناء نقلها إلى موقع الصب يجعل الركام الكبير يهبط للقاع وتنفصل الحبيبات الصغيرة والماء وتصعد إلى السطح . ويؤدى هذا الانفصال إلى خرسانة سيئة الخلط وعديمة التجانس فقد تكون قوية فى مكان وضعيفة فى أماكن أخرى .

وليس هناك أى اعتراض على الاستعمال اليدوى فى النقل بشرط عدم حدوث انفصال الخرسانة . ويراعى لمنع الانفصال عند نقل الخرسانة من ناقل إلى آخر استعمال أنابيب وقواطيس ومساقط رأسية قصيرة ويتم ذلك خلال أنابيب مناسبة متصلة

بمركز الوعاء المنقول إليه الخرسانة كما يتضح من الأشكال رقم (٦ — ١٩، ٦ — ٢٠، ٦ — ٢١) . والقول الشائع بأن « التقل اليدوى بسبب إنفصالا يمكن معالجته باستعمال طرق أخرى» قول غير صحيح إذ يجب أن يمنع الانفصال بأى صورة حيث يصعب معالجة هذا الخطأ بعد حدوثه .

ويعزى إنفصال الخرسانة إلى الاتحاد غير المتجانس نتيجة لاختلاف مقاسات جزئيات المواد المستعملة وكثافتها النوعية . فبمجرد تفريغ الخرسانة من الخلاط تظهر عدة عوامل خارجية وداخلية تؤدى إلى انفصال الركام الكبير والعجينة فإذا كانت الخرسانة مبتلة جداً فإن جزئيات الركام الكبير تستقر فى القاع والجزئيات والمواد الخفيفة خاصة الماء ترتفع للسطح وتستمر هذه التحركات حتى تتوقف بواسطة عملية الشك والنضد الناتجة من تفاعل الأسمنت والماء .

٣ — تماسك الخرسانة :

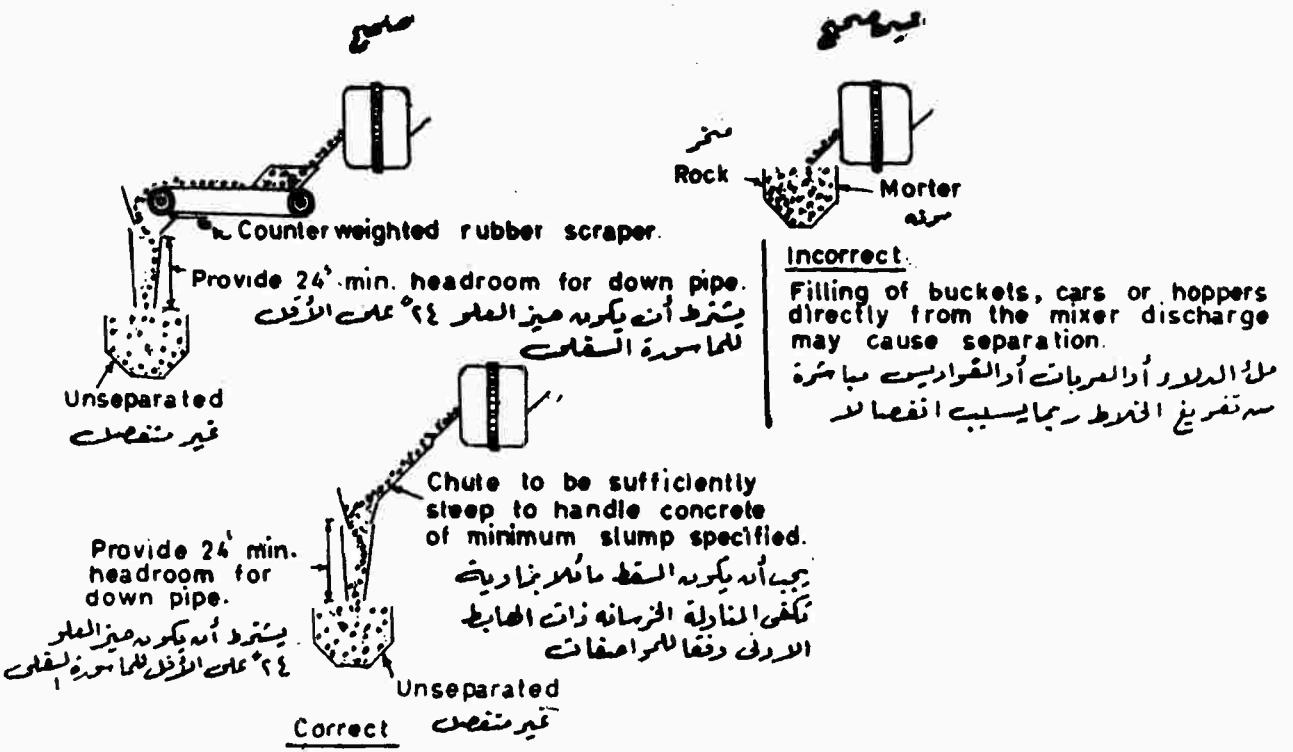
يحدث غالباً تماسك الخرسانة أثناء وجودها بالوعاء الناقل فى الخلطات الجافة كذلك قد يحدث هذا التماسك عندما تطول مدة وضعها فى الوعاء وأيضا فى حالة وجود الخرسانة بكميات كبيرة . والمعروف عن الخرسانة الجافة عند نقلها بعربات اللورى أنها تنضغط وتتماسك بشدة وقد يحتاج الأمر عند تفريغها من عربة اللورى استخدام الجاروف .

ولا يعتمد عادة على الخلطة الأولى من الخرسانة حيث تكون فرصة الالتصاق بين عجينة الأسمنت والمواد الدقيقة كبيرة بينها وبين جدران الوعاء وقد يؤدى هذا إلى جعل الخرسانة خشنة وجافة ولنسبة المواد الكبيرة بها عالية ولمنع حدوث هذا العيب يغسل الوعاء قبل البدء فى العمل ويترك رطبا ويفضل أن يغسل بأسمنت لبانى أو مونة قبل وضع الخرسانة به . فى حالة التوقف مدة عن العمل يجب أن تتم عملية التغسيل قبل أن تلتصق المونة وعجينة الأسمنت بجدران الأدوات المستعملة .

أهم الطرق المستعملة فى نقل الخرسانة :

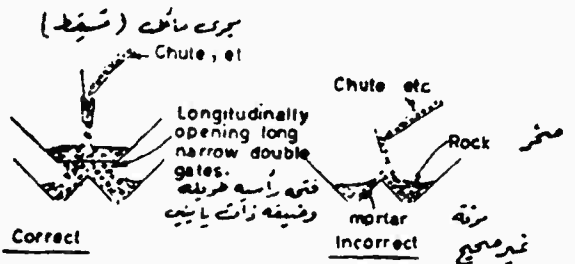
يمكن تلخيص الطرق المختلفة المستعملة فى نقل الخرسانة خلاف أوعية الخرسانة فيما يلى :

١ — عربات اليد : (heel barrows) شكل رقم (٦ — ٢٢)



COARSE AGGREGATE WILL SEPARATE FROM MORTER UNLESS DISCHARGE FROM MIXER IS HANDLED PROPERLY

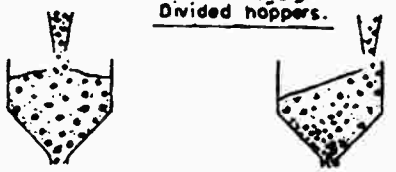
شكل رقم (٦ — ١٩) الطرق الصحيحة لنقل الخرسانة من الخلاط إلى الأوعية أو العربات



Single discharge hoppers should be used whenever possible but the above arrangement shows a feasible method if a divided hopper must be used.

Filling divided hopper as above invariably results in separation and lack of uniformity in concrete delivered from either gate.

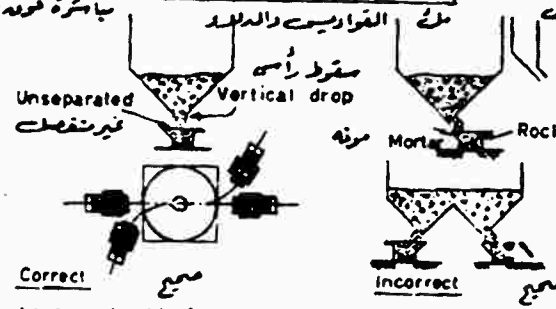
Divided hoppers.



Concrete should be dropped vertically directly over gate opening.

Dropping concrete on sloping sides of hopper should be avoided.

Filling hoppers or buckets.



Discharge from hopper should from center opening with vertical drop into center of buggy. Alternate approach from opposite sides permits as rapid loading as may be obtained with the objectionable divided hoppers having two discharge gates.

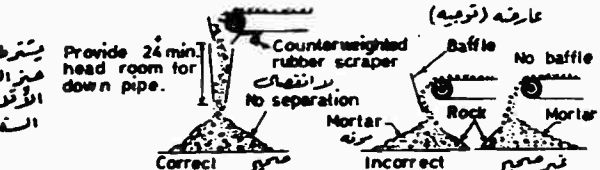
Sloping hoppers gates which are in effect chutes without end control cause objectionable separation in filling the buggies.

Discharge of hoppers for loading buggies.

PROPER METHODS OF LOADING HOPPERS AND BUGGIES PREVENT SEGREGATION OF CONCRETE.

الطرق الصحيحة لملء القواديس وعربات النقل الخفيفة تمنع الانفصال الحبيبي في الخرسانة

شكل رقم (٦ — ٢٠)



يشترط أن يكون حيز العلو ٢٤" على الأقل للحاسورة السفلى

لا انفصال

مونه

صحيح

غير صحيح

The above arrangement prevents separation of concrete whether it is being discharged into hoppers, buckets, cars, trucks or forms.

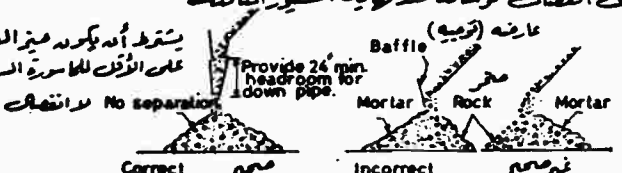
التجهيز المبين أعلاه يمنع انفصال الخرسانه بغض النظر تصريفه في القواديس والعربات والشاحنات أو الشكالات

A baffle or shallow hopper merely changes the direction of separation. Discharge from end of belt without a hopper results in separation.

وجود العارضه أو القادوس الضحل يغير اتجاه الانفصال ويمنع الانفصال عند التصريف عند نهاية السير بدون قادوس.

CONTROL OF SEPARATION OF CONCRETE AT END OF CONVEYOR BELTS.

التحكم في انفصال الخرسانة عند نهاية السير الناقل



يشترط أن يكون حيز العلو ٢٤" على الأقل للحاسورة السفلى

لا انفصال

مونه

صحيح

غير صحيح

Above arrangement prevents separation no matter how short the chute whether conveyors being discharged into hoppers, buckets, cars, trucks or forms.

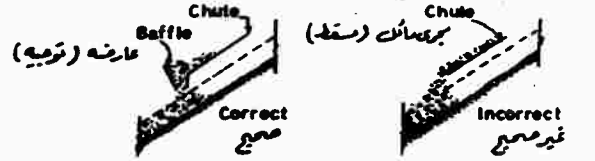
التجهيز المبين أعلاه يمنع الانفصال مهما كان قصر المنزلق وفي كل حالات التفريغ سواء كان التفريغ في قواديس أو العربات أو الشاحنات أو في السبلات

Improper or lack of control at end of any concrete chute, no matter how short, results in separation. Usually a baffle merely changes direction of separation.

التجهيز غير صحيح أو النقص في التحكم عند نهاية منزلق أي خرسانة مهما كانت قصيرا يسبب انفصال واستخدام العارضه يغير اتجاه الانفصال

CONTROL OF SEPARATION AT END OF CHUTES.

التحكم في الانفصال عند نهاية المجرى المائل (المنزلق)



وجود العارضه والسقوط عند نهاية المنزلق يمنع الانفصال ويظل الخرسانة على المنحدر

A baffle and drop at end of chute will avoid separation and concrete remains on slope.

تفريغ الخرسانه من نهاية منزلق هو على منحدر يسبب انفصال الصخور التي تنقلب لقاع المنحدر بسرعه فتحرك سرعه الخرسانه على المنحدر

Discharging concrete from free end chute onto a slope causes separation of rock which goes to bottom of slope velocity tends to carry concrete down the slope.

PLACING CONCRETE ON A SLOPING SURFACES.

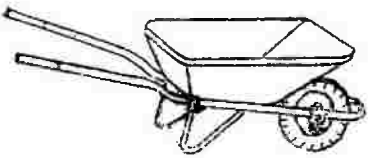
وضع الخرسانة على أسطح منحدرة

SEGREGATION OF CONCRETE AT ENDS OF CHUTES AND CONVEYORS CAN BE CONTROLLED BY CORRECT USE OF DOWNPIPES OR BAFFLE PLATES.

يمكن التحكم في انفصال الخرسانة عند نهايات المجاري المائلة والناقلات بالاستعمال الصحيح للمواسير السفلية أو الألواح العارضة

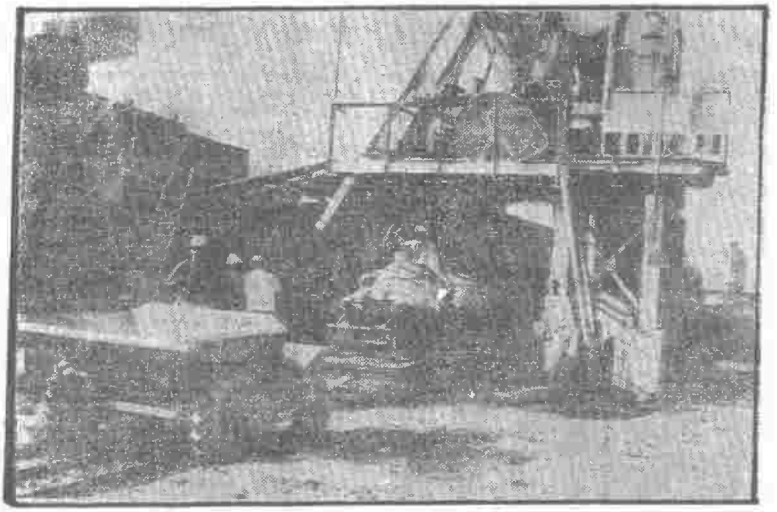
شكل رقم (٦ — ٢١)

الطرق الصحيحة لنقل الخرسانة بالسير الناقلة وبالمجرى المائل (المنزلق)



شكل رقم (٦ — ٢٢)
عربة اليد لنقل الخرسانة

وهى عربات لها غالباً ثلاث عجلات ولمنع انفصال الحبيبات فى الخلطات المبللة أو الانضغاط والتماسك فى الخلطة الجافة يجب عدم اهتزاز الخرسانة أثناء نقلها لذلك تكون عجلات العربة ملساء وتكون ألواح السفالة متماسكة بأمان وأخيراً تتحمل إطارات العجلات الضغط المناسب ومن الضرورى (كما ذكر سابقاً) تغطية الخرسانة فى الطقس الحار وفى حالة الرياح الشديدة وذلك لمنع جفافها كذلك فى حالة الطقس الممطر حتى لا يحدث تغير فى نسب ماء الخلطة .

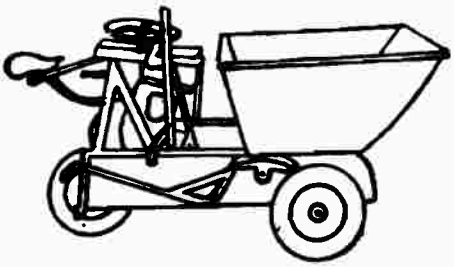


شكل رقم (٦ — ٢٣ ا) عربة قلابة تملأ بالخرسانة من محطة خلط مركزية

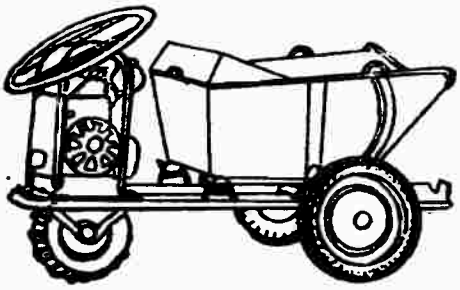
٢ — العربة القلابة وعربات اللورى (Dumpers & Lorries) شكل رقم (٦ — ٢٣ ا، ب ، جـ) .

وهما أرخص وأسهل وسائل النقل وفى حالة إنشاء الطرق الخرسانية والمطارات تستعمل السيارات القلابة لنقل الخرسانة على مسافة تصل إلى ١٠ كم من محطة الخلط وقد تؤثر العربات تأثيراً سيئاً على الخرسانة أثناء سيرها فمثلا إذا كانت الخلطة طرية أو مبللة يحدث انفصال بين مكوناتها وإذا كانت جافة يحدث تصلب للخلطة فيؤدى إلى صعوبة تفريغها .

ونظراً لأن وعاء النقل فى العربة القلابة على شكل هرم ناقص فإنه بهذا الشكل لايحدث الفصال أثناء تحميل وتفريغ العربات ويمكن تشغيل اللورى أو العربة القلابة مباشرة إلى المكان المطلوب فى حالة ما إذا كانت المسافة كبيرة وأيضا يمكن تفريغها فى مكان واحد ونقلها بالجاروف للمكان المحدد . وفى حالة المطارات التى يتطلب الأمر فيها خرسانة جافة لإنشاء الممرات تكون العربات القلابة سعة ٣×٣ متر هى وسيلة نقل الخرسانة إلى مكنة الرصف مباشرة . وطريقة النقل باللوريات والعربات القلابة هى الطريقة المثلى لنقل كميات الخرسانة المتوسطة والكبيرة من الخلاطات إلى موقع العمل ولسوء الحظ يحدث انفصال عند نقل الخرسانة ذات القابلية العالية للتشغيل بهذه الوسيلة ولتجنب هذا الانفصال يجب وضع الخلاط قريباً ما أمكن من المواقع التى يكون العمل فيها كبيراً .



شكل رقم (٦ — ٢٣ ب)
عربة قلابة صغيرة لنقل الخرسانة



شكل رقم (٦ — ٢٣ جـ)
عربة قلابة متوسطة لنقل الخرسانة

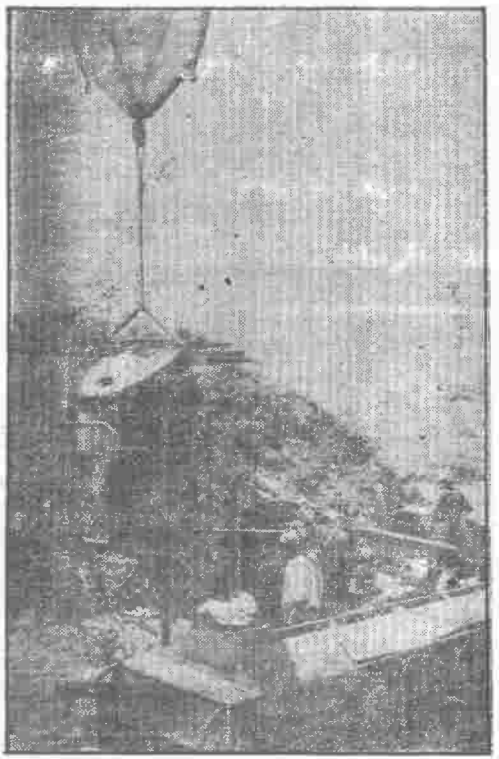
وإذا لوحظ بعد عمل جميع الاحتياطات حدوث انفصال أو انضغاط فيجب إخطار المهندس المسئول لفحص ومراقبة الخلط. فربما تكون الخلطة جافة أو مبللة بخلاف المطلوب.

٣ — جهاز رفع الخرسانة (مرفع الخرسانة) :(Moists) شكل رقم (٦ — ٢٤)

يمكن استعمال هذه المرافع (الأوناش) لنقل الخرسانة بمواقع العمل الصغيرة مثل إنشاء المنازل ويتغير استعمالها من وقت لآخر حسب طبيعة العمل وميزة الأوناش الرافعة التى تحمل ما مقداره ½٧ طن لمسافة قد تبلغ ١٠ أو ١٥ متراً أنها سهلة التشغيل حتى أنه يمكن لستة أشخاص القيام بهذا العمل . ويمكن الحصول على الفائدة الكاملة لو وضعت

هذه الأوناش فى المكان المناسب بالنسبة للخلاط وهى لا تستطيع العمل فى الأماكن المرتفعة ولا تستطيع كذلك أن تستخدم فى الأماكن التى تتغير المناسيب فيها تغيراً كثيراً.

ويجب فحص جهاز رفع الخرسانة قبل استعماله للتأكد من أن الطريق صحيح ومتوازى مع السقالة كما يجب أن تكون قاعدته ثابتة وأن تكون الرياح فى أسفل اتجاه العمل ويعاد فحص الجهاز بأكمله على فترات قصيرة ويتم هذا دورياً للتأكد من سلامة التركيبات وعدم الخروج عن الخط.



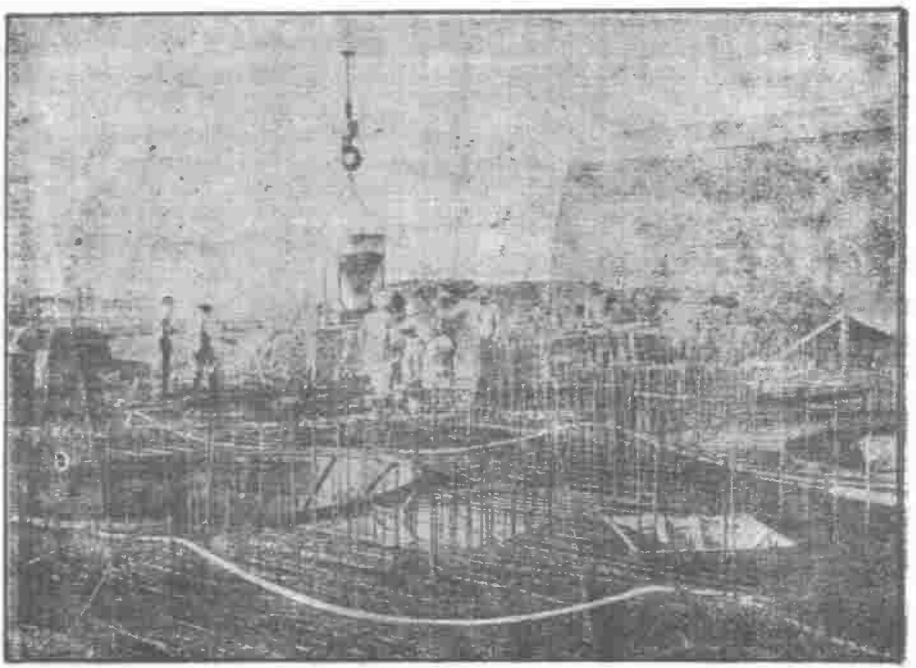
شكل رقم (٦ــ٢٤) مرفع لنقل الخرسانة

٤ ــ دلو الخرسانة أو الونش ذو الدلو (Concrete Buckets Or Crane Skips) شكل رقم (٦ــ٢٥):

تعتبر الدلاء من الوسائل الشائعة الموروثة فى نقل الخرسانة وفى أعمال الهندسة المدنية ولقد امتدت استعمالاتها بعد ظهور الأوناش الهوائية (Cadle Crane) حيث تنقل من مكان محطة الخلط إلى موقع الونش الذى يرفعها بدوره إلى المكان المعد لصب الخرسانة.

وتتعدد أشكال وأحجام الدلاء وطرق تفريغ الخرسانة منها. فمنها المربع والمخروطى الشكل وتتراوح سعتها من ½ إلى ٧ متر مكعب ولكن الشائع استعماله ½١ متر مكعب على أنه فى جميع الأحوال يجب ألا تقل سعتها عن طاقة الخلاط المستعمل.

وكما تختلف أشكال وأحجام الدلاء تختلف أيضا طرق تفريغ الخرسانة منها فنجد



شكل رقم (٦ــ٢٥) نقل الخرسانة بالونش ذى الدلو

أن بعضها مزود بفتحات جانبية أو فى القاعدة والتى تقفل مفردة أو مزدوجة ويحدد جودة تشغيل الخرسانة وشكل المنشأ نوع الدلاء المستخدمة فلا تستعمل الدلاء ذات الفتحات الجانبية فى حالة الخرسانة الجافة إذ أنها تستعمل الخرسانة جيده التشغيل وكذلك فهى مناسبة فى حالة الخرسانة المائية. أما الدلاء ذات الفتحات فى القاعد فهى تستعمل فى جميع الخرسانات سواء أكانت سهلة أم صعبة التشغيل .

وتوجد أنواع خاصة من الأوعية لصب الخرسانة تحت الماء وهذه الأوعية مزودة بأبواب محكمة الغلق إما أن تفتح بواسطة غطاس أو بمجرد أن تلمس القاع وتتحرك الأبواب إلى الخارج تاركة الخرسانة تسقط تحت تأثير وزنها مع عدم اختلاطها بالماء. وقد دلت التجارب على أن الصعوبات التى تصاحب استعمال الدلاء والأوعية تنتج أثناء تفريغ الخلطة الخرسانية خصوصا اذا ما كانت الخرسانة المستعملة جافة وذلك لضيق الفتحات التى تخرج منها الخرسانة والتى تلتصق تبعا لذلك بجوانب الأوعية مما يؤدى إلى صعوبة تفريغها وتزداد الصعوبة فى الدلاء ذات الفتحات الجانبية .

ولتفادى الانفصال الحبيبي يكون من الضرورى صب الخرسانة من أقرب ارتفاع ممكن لأن صب الخرسانة من ارتفاع كبير لا يسبب فقط انفصال الحبيبات بل يسبب أيضاً هز الشدة وقد يصل إلى انهيار أجزاء منها .

ولبعض الأوناش ذات الدلاء قاعدة يمكن فتحها والبعض الآخر يمكن قلبها لصب الخرسانة ويجب الانتباه أثناء العمل بالنوع الآخر لترك مسافة لقلب الدلو بدون هز التسليح أو الشدة .

٥ ــ المجارى الخشبية أو المعدنية : (Chutes)

يراعى فى حالة استعمال مجرى ــ خاصة إذا كان المجرى طويلا ــ أن تكون الخرسانة خاصيه السيولة بدون انفصال للحبيبات . ولمنع انفصال الحبيبات تترك عادة الخرسانة لتسيل من المجرى إلى قمع التخزين ومنها إلى العربات أو أى طريقة نقل لنقلها لموقع العمل . وبعد مدة من العمل ــ أو إذا أريد التوقف فترة ــ يفحص المجرى المعدنى أو الخشبى المستعمل للتأكد من عدم انسداده بالخرسانة كذلك بعد غسل المجرى وتنظيفه يجب التأكد من أن الماء المستعمل لم يتساقط على خرسانة حديثة الصب وذلك للمحافظة على نسبة الماء فى الخلطة .

٦ ــ السيور الناقلة : (Belt Conveyors)

وتستعمل فى نقل الخرسانة للمسافات القصيرة ويمكن بواسطتها رفع الخرسانة إلى ١٠ أمتار وأكثر بدون صعوبة ولكنها غير صالحة للنقل فى حالة ما إذا كانت الخرسانة لينة وفى الأماكن المنحدرة انحداراً كبيراً تكون هناك قابلية للانفصال بين مكونات الخرسانة عند مرور السيور على الدرافيل كما يحدث الانفصال أيضاً عند صب الخرسانة حيث يندفع الزلط إلى الأمام وتسقط المواد الناعمة إلى الخلف تحت طرف السيور . ولكن إذا كان هناك وعاء مبلل تنقل إليه الخرسانة فإن نزعاً من الخلط سوف يحدث للخرسانة .

٧ ــ خطوط الديكوفيل (السكة الحديد) :

تعتبر هذه الوسيلة فى النقل من الوسائل المفيدة فى أعمال المبانى التى تنشأ على مساحات واسعة وهى عبارة عن خط سكة حديد مفرد مثبت على فلنكات عرضية تسير فوقه عربات نقل الخرسانة . وتجر العربات بواسطة قاطرة تسير بسرعة تتراوح بين

٣ ، ٥ ميل فى الساعة ومكعب كل عربة حوالى ١ أو ٣ متر ويتكون الخط الحديدى من عدة قضبان مستقيمة طول كل منها ٤ أمتار وفى المنحنيات يمد الخط على أساس نصف قطر المنحنى ٤ أمتار وتعتبر هذه الوسيلة من وسائل النقل الاقتصادية فى المسافات الطويلة لسهولة النقل وقلة الأيدى العاملة اللازمة للتشغيل، هذا ويمكن فى المسافات الطويلة مد الخط الحديدى بميل قدره ١ : ٢٠ على أن تجهز العربات بأجهزة إيقاف أوتوماتيكية لإمكان إيقاف العربات عند محطة الخلط أو فى مكان الصب .

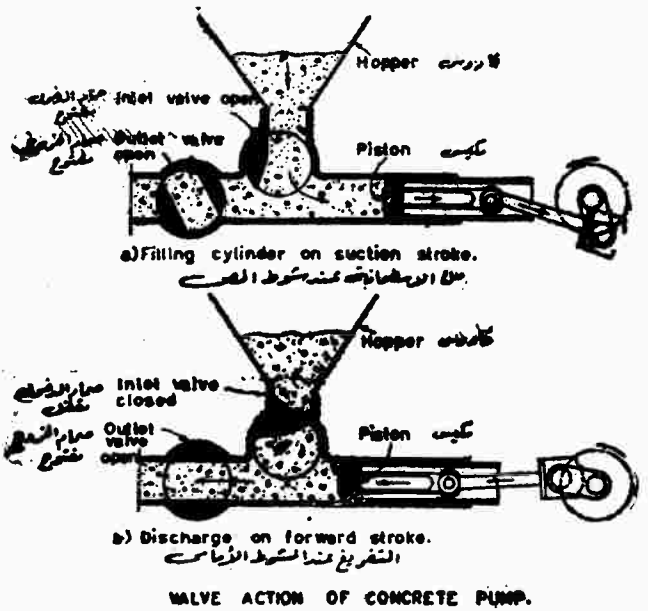
وعيب هذه الطريقة يتحدد فى أنه إذا لم تتوفر الأعمال الكافية لاستغلالها اقتصادياً فإن مصاريف تركيب ونقل معداتها إلى مواقع أخرى تفوق مصاريف استعمال العربات القلابة ولوريات النقل. وثمة عيب آخر لا يقل أهمية عن سابقه وهو تأثير الهزات المفاجئة التى تتعرض لها الخرسانة عند وصلات القضبان والتى تؤدى إلى الانفصال فى الخرسانة المبللة أو إلى زيادة الدمك للخرسانة الجافة مما يجعل تفريغ الخرسانة من الصعوبة بمكان.

٨ — مضخات الخرسانة (concrete pumps) :

تعتبر هذه الطريقة من الطرق المستعملة بكثرة فى نقل كميات كبيرة من الخرسانة من محطات الخلط المركزية على أنه يجب أن يكون موقع العمل مستوياً ويركب خط المواسير الناقل للخرسانة بأقل عدد ممكن من الأكواع .

ولا يمكن نقل جميع أنواع الخلطات الخرسانية بالطلبات ولو أنه من الوجهة العملية يمكن اعتبار مدى قوام الخرسانة الممكن نقلها بالطلبات واسعا بشرط احتوائها على نسبة كافية من مونة الأسمنت لتشحيم المواسير ومنع انسدادها وتتكون الطلبة المستعملة من اسطوانة بها صمام السحب وآخر الضغط حيث يتم تشغيلهما على التتابع والطلبة وعاء مخروطى تصب فيه الخرسانة غير أنه فى بعض الأنواع يستبدل هذا الوعاء بآخر به بدالات لإعادة خلط الخرسانة . ويبلغ قطر الطلبة ٦ بوصات وتستطيع أن تدفع ٢٠ م٣ من الخرسانة فى الساعة وهذا يعادل إنتاج خلاط سعة المتر م٣ الخلطة تستغرق ٣ دقائق لخلطها . وحيث أن طلبات الخرسانة كأى منشأ هندسى معرضة للتوقف أو الكسر فيمكن أن يقال أنها تستطيع أن تدفع عمليا حوالى ١٥ م٣ فى الساعة .

ويتلخص عمل المضخة فى أنه فى مشوار السحب يغلق صمام الكبس ويفتح صمام السحب الذى يسمح للخرسانه بالدخول فى الأسطوانة حتى تملأ فى نهاية هذا المشوار



VALVE ACTION OF CONCRETE PUMP.

فعل صمام مضخة الخرسانة

(شكل ٦ — ٢٦)

وفى مشوار الكبس يقفل صمام السحب ويفتح صمام الكبس وتخرج الخرسانة من خلاله شكل رقم (٦ — ٢٦) ويستغرق مشوارا السحب والكبس حوالى ١¼ ثانية أى بمعدل حوالى ٤٥ ضربة فى الدقيقة .

والصيانة المنتظمة ضرورية ولازمة للطلبة لذلك فإن عدداً من الاحتياطات يعتبر مراعاتها واجباً ضرورياً لمقاومة تأثير تآكل أجزاء الطلبة بفعل الخرسانة . فمثلا يجهز المكبس بأجهزة غسيل لتنظيف الأسطوانة من مونة الأسمنت وبالتالى يلزم أيضاً صيانة هذه الأجهزة خشيه اختلاط ماء الغسيل بالخرسانة أو تغليف مونة الأسمنت والرمل للأسطوانة وقد استعملت حديثاً فى ضغط الخرسانة طلبيات مزدوجة بغرض الحصول على تيار مستمر من الخرسانة وهى مزودة بمكبسين يعملان على التوالى فى وصلات منفصلة تتصل فى نهايتها بوصلة على شكل حرف Y

وتستطيع الطلبة — ٦ بوصة — أن تدفع الخرسانة إلى مسافة حوالى ٤٠٠ متر فى مستوى أفقى أو ٤٠ متراً رأسيا . ويلزم عند التخطيط للموقع الذى سوف تستخدم فيه الطلبيات الإقلال ما أمكن من استعمال الأكواع . ويمكن استعمال الأكواع الحادة وقائمة الزاوية إلا أنه يجب تبعا لذلك تثبيت خط المواسير تثبيتا جيداً وكافيا لملافاة رد الفعل المؤثر عليه عقب كل مشوار كبس من مشوار الطلبة وتثبيت الخط بشدات خاصة ومستقلة عن أى شدات مستعملة لغرض آخر وعند دفع الخرسانة إلى مستوى أعلى تكون زاوية ارتفاع خط المواسير أكبر ما يمكن للوصول إلى المنسوب النهائى

بأسرع ما يمكن وبعبارة أخرى فإن دفع الخرسانة لمسافات طويلة وبيطء أمران يجب تجنبهما.

والخلطات المناسبة للنقل بالطلبات تعتبر تلك التى نسبة الركام إلى الاسمنت بها هى ٣ : ١ أو ٥ : ١ وتحتوى على حوالى ٤٠ ٪ رمل . وتتراوح نسبة الماء إلى الاسمنت بها من ٠,٤٥ إلى ٠,٦ أى أنه يستحسن أن تكون الخلطة غنية بالاسمنت تزيدفيها نسبة الرمل وجيدة التشغيل لايحدث بها انفصال أو فقد لمياهها ومن جهة أخرى يمكن نقل الخلطات الفقيرة (١:٨) ذات الزلط حادالزوايا بعد إضافة عامل مساعد لتحسين قابلية التشغيل واستعمال طلبات مزدوجة النقل. ولايمكن نقل الخلطات الجافة جداً أوالمبللة جداً ويبلغ الحد الأقصى لمقاسات الركام المستعمل فى الخرسانة المنقولة بواسطة طلبات ٦ بوصة حوالى ٢ بوصة ويفضل لو كان أقل من ذلك (١ ½) وبالمثل بالنسبة لطلبة ٤ بوصة فإن أكبر مقاس للركام حوالى ¾ وليس من المعتاد نقل الخلطات الغنية جداً بالاسمنت لأن كياتها غالباً تكون غير كافية لاستخدام الطلبات فى نقلها .

ويعتبر نجاح الخلطة فى النقل بالطلبات متوقفاً على السهولة التى تنساب بها ، الاسطوانة وبمعنى آخر مقدرتها على تغذية الاسطوانة ذاتياً لأن تعيين عامل لرفع خرسانة داخل الطلبة أو حدوث انفصال الخلطة يظهران كثيراً من العراقيل أثناء عملية الخلط .

ويعتبر عدم احتواء الخلطة على نسبة كافية من الرمل من العوامل التى تؤدى إلى قفل خط المواسير وذلك لصعوبة تحرك الخلطة أمام المكبس فى خط المواسير . كذلك فإن الخلطات التى لا تحتوى على نسبة كافية من الرمل تتماسك مع بعضها البعض متحولة إلى كتلة من الخرسانة داخل المكبس، ويستدعى الأمر تنظيفها باليد وفى بعض الأحيان تسد المواسير كلياً أوجزئيا وتعالج هذه الحالة أولا بالطرق على المواسير من الخارج فى مكان القفل أو تغيير الماسورة المسدودة إذا لم تجد الطريقة السابقة ويعتبر عدد العمال المشتغلين أو اللازمين للطرق على المواسير فى محطة من المحطات معياراً لكفاءة هذه المحطة .

وهناك قواعد محددة لتشغيل طلبات ضغط الخرسانة أولها تشحيم خط المواسير وعادة تكون بإدخال تيار سريع من الماء داخل المواسير ثم تتبع بمونة الاسمنت التى تحقن قبل مرور الخلطة مباشرة وبالاضافة إلى كل ذلك فإن الخلطة الأولى يجب أن تزاد لها نسبة الماء قليلا عن بقية الخلطات وعندما يستدعى الأمر تطويل أو تقصير

خط المواسير فإن هذه العملية يجب أن تجرى بأسرع ما يمكن لتلافى انسداد المواسير . وعند نهاية الصب تنظف المواسير جيداً بإدخال سدادة ملفوفة من ورق شكائر الأسمنت تمرر بواسطة هواء مضغوط .

وتعتبر العناية والخبرة ضروريتان أثناء التنظيف لضمان توفير الهواء بالضغط الكافى واللازم لتحريك السدادة داخل خط المواسير وفى بعض الأحيان لا يمكن تنظيف المواسير بواسطة السدادة وفى هذه الحالة تنظف المواسير بإدخال يد طويلة التنظيف وتيار قوى من المياه وفى كل الأحوال يجب ألا تتعدى الخرسانة المنقولة زمن السيك الابتدائى لها وأى انتظار أكثر من ذلك يؤدى إلى عواقب لا يمكن ملافاتها خاصة تصلب الخرسانة .

٩ ــ ضواغط الهواء :

تعتبر هذه الطريقة أحدث الطرق المستعملة بنجاح لنقل كميات متوسطة أو كبيرة من الخرسانة وتتناسب التكاليف عكسيا مع كميات الخرسانة المنقولة . وتختلف هذه الطريقة عن طريقة الطلمبات فى مزاياها وعيوبها .

ويجب أن تؤخذ فى الاعتبار عند استعمال هذه الطريقة الاحتياطات الواجب مراعاتها فى خطوط المواسير للطلمبات .

ويتكون الجهاز المستخدم من وعاء من الحديد على شكل مخروط مقلوب مثبت به من أعلى قمع لملئه بالخرسانة ويقفل بواسطة مخروط قفل ومثبت بالوعاء من أسفل ماسورة لتفريغ الخرسانة وتستعمل هذه الطريقة بنجاح خاصة فى أعمال تبطين الأنفاق.

وتتلخص طريقة التشغيل فيما يلى :

توضع خلطة الخرسانة فى الوعاء ثم ينظف المخروط العلوى جيداً ويقفل ثم يدفع هواء مضغوط داخل الوعاء من أعلى وفى نفس الوقت من أسفل ويعمل ضغط الهواء العلوى على أن يظل مخروط القفل العلوى مغلقا ويعطى فى نفس الوقت ضغطا على سطح الخرسانة داخل الوعاء .

أما الضغط السفلى للهواء فإنه يضغط على كمية صغيرة من الخرسانة يدفعها أمامة أفقيا فى ماسورة توصيل حتى صندوق التفريغ المجهز بلوح من الصلب تصطدم به الخرسانة فتسقط من فتحة فى أسفل هذا الصندوق ولا داعى لاستعمال هذا الصندوق

فى أعمال تبطين الانفاق . وكما هو الحال فى ضغط الطلمبات فإن هذه الطريقة تستطيع أن تنقل الخرسانة لمسافة ٤٠٠ متر وترفعها مسافة ٤٠ متراً .

ولا مكان ضمان النجاح فى تشغيل هذه الطريقة يجب مراعاة عدم تركيب أكواع أو انحناءات فى مسافة الخمسة عشر متراً الأولى من ابتداء خط المواسير وبصفة عامة يجب الاستعانة بأقل عدد من الأكواع . وإذا كان المراد نقل الخرسانة إلى مستوى أعلى فيجب أن تكون زاوية ميل الخط كبيرة وأقرب ما يمكن لجهاز رفع الخرسانة لامكان الاستفادة كلياً من ضغط الهواء فى رفع الخرسانة . وعادة تستعمل مواسير بقطر يتراوح بين ٦،٤ وبتحدد قطر المواسير تبعاً لمقاس الركام المستعمل فتستخدم مواسير ٤ بوصة لركام $\frac{3}{4}$ بوصة ومواسير ٦ بوصة لركام $1\frac{1}{2}$ بوصة .

ويشحم خط المواسير بإمرار تيار من مونة الاسمنت قبل مرور الخلط مباشرة ويتسبب توقف السباب الخرسانة داخل الخط وكذلك استعمال خلطات من ركام لا يتناسب مع قطر الماسورة إلى قفل خط المواسير الذى يمكن إزالته مبدئياً بالمحافظة على ضغط الهواء ثابتاً والطرق فى مكان القفل بعد تحديده . وإذا لم تؤد هذه الطريقة إلى النتيجة المطلوبة تستبدل الماسورة المسدودة بأخرى بأسرع ما يمكن .

مستويات نقل الخرسانة :

يمكن تصنيف طرق نقل الخرسانة بالنسبة لمستويات العمل كما يلى :

١ — نقل الخرسانة إلى مستويات عالية :

يمكن نقل الخرسانة بعدة طرق إلى المستويات العالية فمثلا توجد العربات ذات السبلة الواحدة من الصليب والتى يمكن رفعها برافعة وفى هذه الحالة قد تحمل الرافعة قادوساً لنقل إمداد مستمر من الخرسانة وفى طريقة أخرى قد يستخدم مرفع (Hoist) لرفع عربات اليد المملوءة بالخرسانة من الخلاط إلى عربات اليد التى تجر على أفريز للرفع ثم ترفع إلى الارتفاع المرغوب حيث تجر وتفرغ حيث موقع الصب وتعود للخلاط ثانية بطريقة المرفع .

ومن الوسائل المفيدة والتى تستخدم الآن عربات اليد التى تعمل بالبنزين .

ومن الطرق الشائعة أيضاً مناولة الخرسانة إلى المستويات العالية بطريقة القادوس حيث يرفع بالمرفاع الذى يحمل الخرسانة ويصبها فى المكان المطلوب .

٢ ــ نقل الخرسانة إلى مستويات تحت الأرض :

إذا كانت الخرسانة ستوضع أسفل سطح الأرض فن الأفضل عموماً أن تخلط عند مستوى سطح الأرض وتنقل بالجاذبية . وفى هذه الطريقة تسير الخرسانة فى المجرى المائل المفتوح من الخلاط إلى المكان الذى ستوضع فيه ، وقد يستخدم فى هذه الحالة صندوق أو أنبوبة بدلا من المجرى المائل المفتوح . ويجب أن يلاحظ فى هذه الطريقة أن انحدار المجرى المائل هذا يعتمد على قوام الخرسانة وربما يكون أكثر ميلا بالنسبة للخلطات الجافة عن الخلطات المبللة .

٣ ــ نقل الخرسانة على سطح الأرض :

وطرق النقل هذه تستعمل فى أعمال الطرق حيث تصب فيها الخرسانة بالراحة عند مستوى الأرض بقادوس يمر على كمرة ملتصقة بالخلاط . واسطوانة الخلط تفرغ مباشرة فى القادوس الذى ينقل على طول الكمرة التى يمكنها أن تتحرك جانبياً من جانب إلى آخر .

اشتراطات أسس التصميم والتنفيذ :

نصت أسس التصميم وشروط التنفيذ لأعمال الخرسانة على ما يلى بالنسبة لنقل الخرسانة لموضع الصب :

« وفى حالة الخلط الميكانيكى يجوز تفريغ العبوة من الاسطوانة للناقل رأسا أو عن طريق الولش الرافع أو الميزاب أو مضخة الخرسانة . كما يجوز تفريغها على طبلية توطئة لنقلها يدويا . ويراعى عدم تفريغ عبوة جديدة على الطبلية قبل تمام نقل العبوة السابقة ، وأيا كانت طريقة الخلط يراعى عدم بقاء العبوة مدة طويلة على الطبلية بعد استكمال خلطها سيما فى درجات الحرارة المرتفعة ، فإذا تجاوز ذلك مدة عشر دقائق جاز استعمالها بعد إعادة تقليبها يدويا بدون إضافه الماء . وأيا كانت وسيلة نقل الخرسانة يراعى اختصار مدة النقل حتى يتضاءل احتمال حدوث انفصال لموادها أو فقد للونة » .

(ج) الصب :

تعتبر عملية الصب من أهم العمليات التى تمر بها الخرسانة فالصب يتم خلال الفترة البسيطة التى تتحول فيها مكونات الخرسانة من زلط ورمل وأسمنت وماء إلى مادة لدنة

ثم تتحول بعد ذلك إلى مادة صلدة قوية . وإن الاهتمام بعملية الصب يعطى تأثيراً كبيراً فى الحصول على خرسانة ذات مقاومة عالية . وتوجد عوامل كثيرة تؤثر على عملية الصب نفسها وسنحاول عرض بعض هذه العوامل فيما يلى :

١ ــ الإعداد للصب :

يجب قبل البدء فى الصب أن تراجع المقاسات والأبعاد والمناسيب وحديد التسليح جيداً فإن أى خطأ يمكن إصلاحه فى الشدة أو فى المناسيب قبل الصب أما بعد الصب وشك وتصلد الخرسانة فإن ذلك يكون صعباً جدا وربما يكون مستحيلا . ولذا يجب عمل هذه المراجعة قبل الصب بيوم لكى يبدأ فى الإعداد للصب بعد المراجعة . ويجب حساب الكميات وإعداد المواد المطلوبة من زلط ورمل وأسمنت وماء وذلك بكميات لاتقل عن كميات الصب حتى لا يتوقف العمل فى حالة ظهور أى نقص فى إحدى المواد.

كما يجب على المهندس التأكد من أن حالة المعدات الميكانيكية التى ستستعمل فى الصب جيدة حتى لا يفاجأ بتعطلها أثناء الصب، وبعد الاطمئنان عليها يجب أن تتخذ الاحتياطات اللازمة فى حالة حدوث أى عارض غير متوقع وذلك بأن تكون هناك معدات احتياطية من خلاطات وهزازات وعربات نقل وغيرها .

كما يجب إعداد السقالات والممرات العلوية بحيث تضمن سير العمال بدون السير على الخرسانه بعد الانتهاء من صبها لذلك يجب دراسة خط سير العمال أثناء الصب . كما يجب أن تكون هذه السقالات عريضة حتى تضمن عدم اعتراض العمال بعضهم ابعض أثناء المرور عليها. كما يجب أن تكون متينة ومريحة فى الميول لضمان سلامة العمال أثناء العمل وتعمل سقالات مرفوعة عن أعلى سطح حديد التسليح فى البلاطات الخرسانية ليتمكن العمال من السير عليها فى وسط البلاطات الخرسانية بدون السير على حديد التسليح حتى لا يفتش.

ويجب الاعتناء بتجهيز الأدوات اللازمة للصب حتى لا يحدث أى تعطيل أثناء العمل كما يجب إحضار العدد المناسب من العمال للكميات التى ستصب لأن استخدام عدد من العمال أقل من المطلوب يأتى بنتيجة ضارة، إذ أن كفاءة الآلات قد تنتج كميات من الخرسانة لا يمكن للعمال نقلها فإما أن تشك الخرسانة أو يضطر إلى تقليل تشغيل الآلات وهذا يعطى نتيجة غير اقتصادية. كما أن تقليل عدد العمال قد يجعل من الضرورى إيقاف الصب فى أماكن مخالفة للأماكن المفروض إيقاف الصب فيها . كما يجب أن يكون العمال

من المتخصصين كل فى عمله مثل الفورمجى أو عامل الهزاز والكراك وفى حالة الاضطرار إلى الاستمرار فى عملية الصب ليلا فإنه يجب عمل التجهيزات اللازمة لاستمرار العمل وترتيب الإنارة الكافية لضمان حسن سير عملية الصب .

٢ ــ ضبط رمى الخرسانة :

من المستحسن دائما الصب على طبقات لا تزيد عن ٥٠سم وذلك لكى يمكن دمكها جيدا ولضمان التأكد من هزها بالهزات . كما أن ذلك يقلل الضغط على جوانب الشدة ويجب عدم الصب من ارتفاعات كبيرة لمنع الانفصال . ويجب أن يراعى أثناء رمى الخرسانة ألا يخرج جزء منها عن المكان المحدد للصب وذلك إما بحرص العمال على رمى الخرسانة من إرتفاعات بسيطة أو برمى الخرسانة على مجار خشبية أو معدنية توضع فى وضع مائل مقابل لمكان رمى الخرسانة فتنزل الخرسانة على هذه المجارى إلى أن تصل إلى المكان المطلوب وبهذه الطريقة يقل الفاقد . ويجب عند قرب الانتهاء من الصب أن تقدر الكميات المطلوبة حتى الانتهاء من الصب لأنه كثيرا ما تعمل الخلاطات زيادة عن الكميات المفروض صبها مما يضطر فى النهاية إلى الاستغناء عن هذه الكميات .

٣ ــ الصب فى الأماكن المفتوحة والمقفلة :

إن الصب فى الأماكن المفتوحة مثل القواعد الخرسانية الكبيرة لا يحتاج إلى مجهود كبير فى مراعاة طريقة الصب حيث أن كل كميات الخرسانة التى يتم رميها تظهر للعين فيمكن الصب فى أكثر من منطقة ويمكن ذلك بدون تعارض العمال مع بعضهم البعض ويمكن تشغيل الهزازات فيها بسهولة . كما أنه فى المناطق المفتوحة يمكن صب كميات كبيرة نسبيا نظرا لعدم وجود عوائق .

أما فى الأماكن المقفلة مثل الأعمدة ذات القطاع الصغير أو الحوائط الخرسانية ذات السمك الصغير فإن الصب يكون صعباً ويحتاج إلى عناية خاصة لضمان عدم تعشيش الخرسانة ولضمان ملء كل فراغ فى هذه الأماكن . وفى بعض هذه الأماكن يصعب استعمال الهزاز الداخلى فإما أن نستعمل الهزازات الخارجية على الفرم أو قد لا يستعمل الهزاز لذلك نحتاج للعناية بالصب نظرا لأنه لا يمكن رؤية الخرسانة جيدا داخل الفرم .

٤ ــ الصب على خرسانات قديمة :

يجب عند الانتهاء من الصب ترك السطح العلوى للخرسانه خشناً وعدم تسويته

فى حالة صب خرسانات بعد ذلك على هذا السطح وذلك ضماناً لزيادة التماسك بين الخرسانات التى صبت قبل ذلك بيوم أو أكثر .

أما فى حالة عدم الصب فوق هذه الخرسانات بعد ذلك فيجب الاعتناء بتشطيب وجه الخرسانة العلوى وتسويته تماما ودمكه لتقليل الفراغات الهوائية على سطح الخرسانة .

وعند البدء فى صب خرسانات جديدة على خرسانات تم صبها قبل ذلك بيوم أو أكثر فانه يجب تنظيف السطح العلوى للخرسانة وإزالة ما قد يكون موجوداً من زلط غير متماسك مع الخرسانة على السطح العلوى ويجب أيضاً تنظيف حديد التسليح بالفرشة السلك لازالة ما علق به من مونة من الصب السابق وذلك لضمان التماسك بين الحديد والخرسانة الحديثة ويندى السطح العلوى مكان الرباط بالماء ويوضع بعض لبانى الاسمنت عليه ثم يبدأ فى الصب بعد ذلك . ويجب الاعتناء جيداً بهذه الخرسانة فى أماكن الرباط لضمان التماسك بين الخرسانة القديمة والحديثة . وكذلك بين الحديد والخرسانة . هذا ويجب أن تكون نسبة الاسمنت إلى الماء فى لبانى الاسمنت المستعمل مماثلة لتلك المستخدمة فى الخرسانة التى سوف تصب .

ملاحظة :

يحدث كثيراً أن تتراكم كميات من الخرسانة التى تم خلطها على بعضها البعض وعند أخذ الخرسانة للصب تؤخذ فقط من الجزء العلوى الظاهر ثم يرمى ما تم خلطه من الخلاط على كمية تحتها لم تؤخذ للصب بعد وتتكرر هذه العملية ويترك الجزء الاسفل حتى يشك ثم يؤخذ بعد ذلك للصب لذلك يجب الحرص على عدم إنزال الخلطة من الخلاط قبل أن يتم رفع كل كمية الخرسانة أمام الخلاط لضمان عدم استعمال خرسانة تم شكها .

٥ ــ أماكن إيقاف الصب :

إن أهمية اختيار المكان الذى ينتهى عنده الصب بالنسبه للبلاطات والكمرات فى الاسقف أو الاعمدة يحتل المكان الاول فى ضمان سلامة المنشأ . فمن المستحسن دائماً أن تصب الاسقف على دفعة واحدة كلما أمكن ذلك لأن مكان الربط فى الخرسانة يكون غالبا أضعف مما إذا لم يكن هناك مكان للربط .

ويجب على المهندس أن يوقف صب الخرسانة فى الاماكن التى يكون عندها عزم

الانحناء يساوى صفراً أو فى أماكن أقل عزم انحناء وأن يترك السطح النهائى مائلا خشناً فى البلاطات والكمرات وأفقياً خشناً فى الأعمدة .

ويفضل إيقاف الصب بعد الركيزة مباشرة ويكون الصب من جهة الركيزة. كذلك من الأفضل ألا يترك مكان الربط لمدة طويلة قبل أن يكمل الصب بعد ذلك ليوم أو أكثر فكلما كانت المدة بسيطة كلما كان التماسك أضمن .

ويجب البدء فى الصب بالكمرات الرئيسية أولا ثم الثانوية ثم السقف وذلك فى منطقة الصب وضمان التأكد من أن الخرسانة قد ملأت كل الأمكنة المطلوبة . وفى بعض الأحيان يستحسن الصب من جهتين متقابلتين من الأسقف إذا كان البدء من ناحية واحدة يؤثر فى عدم التوازن بالنسبة للشدة الخشبية .

٦ — صب الخرسانة الكتلية :

يتم صب الخرسانة الكتلية على فترات وقد يترك السطح النهائى للخرسانة المصبوبة خلال إحدى الفترات معرضاً لعوامل تجعل هذا السطح غير معد لعملية التماسك الصحيحة مع الطبقة التالية . وعلى ذلك يجب تنظيف هذا السطح من أية مواد قد تتراكم عليه أثناء فترة ما بين صب الطبقتين . هذا ويتم الصب على طبقات تتراوح بين ٤٠ ، ٥٠ سم فى السمك مع مراعاة أن تنظم عملية الصب بحيث لا تبدأ أية طبقة فى الشك قبل صب الطبقة التى تليها إذ أن الخرسانة سوف لا تتحمل الاجهادات الناتجة عن عملية صب الطبقة التالية ودمكها ، وإذا كان من الضرورى صب الخرسانة بمعدل بطىء فإنه يجب أن تأخذ الخرسانة فى الطبقة الأولى الوقت الكافى لكى تتصلب بالدرجة الكافية لمقاومة الإجهادات الناتجة عن عملية الدمك فى الطبقة التالية ويراعى أن يكون سطح الاتصال مشبعاً بالماء عند بدء الصب على ألا يحتوى على فقاعات مائية طافية على السطح لأنها تخلق مناطق ضعف فى سطح الاتصال .

٧ — الصب بطريقة الضخ (Pumpcrete)

إن الصب بطريقة الضخ من أفضل الطرق للصب فيمكن باستخدامها التحكم فى الصب إلى أقصى درجة ممكنة حيث يمكن توجيه المواسير التى تمر داخلها الخرسانة إلى المكان المطلوب تماماً . كما أن السرعة التى يتم بها الخلط ووصول الخرسانة إلى المكان المطلوب تضمن عدم شك الخرسانة قبل صبها . ولا يمكن استعمال هذه الطريقة إلا فى الأعمال التى

تحتاج إلى كميات كبيرة من الخرسانة وفى الأماكن المفتوحة الصب .

وبالرغم من مميزات الصب بطريقة الضخ فإن تعطل مكنة الضخ عند العمل والخرسانة بداخلها من الخطورة بمكان ، فقد يقف الصب فى مكان غير مرغوب فيه كما أن إخراج الخرسانة من المواسير يتحتم عمله قبل أن تشك الخرسانة داخلها .

٨ ــ استعمال الأوناش والعربات فى الصب :

إن استعمال الأوناش فى الصب يسهل العمل كثيراً وتوجد أنواع كثيرة منها ومن أبسطها الأوناش اليدوية التى توضع فى الأماكن المرتفعة عند الصب على الأرض وترفع الخرسانات بواسطتها وهى لا تحتاج لأى وقود .

وتستعمل الأوناش الميكانيكية فى الصب ومنها المتحـــرك الذى يرفع الخرسانات ويحملها إلى مكان الصب أو الثابت فى مكانه ويحرك ذراعه فقط بحيث يوضع فى منتصف المسافة بين منطقة الخلاط ومكان الصب .

ومن فوائد الأوناش أنه يمكنها رفع الخرسانات التى تصب على الأرض إلى أماكن الصب العالية التى قد تصل إلى ما يزيد عن ٥٠ متراً ارتفاعاً . كما يمكنها الصب فى أماكن الصب المنخفضة وبذا توفر مجهوداً بشرياً كبيراً . ويعتبر تشغيل الأوناش غير اقتصادى إلا فى حالة الأعمال الكبيرة .

وقد تستعمل عربات الديكوفيل وحتى عربات السكة الحديد فى نقل الخرسانة إذا اضطر إلى تواجد مكان الخلط بعيداً عن مكان الصب . كما أن استعمال السيارات القلابه ذات الحمولات الكبيرة يعطى نتائج مرضية فى توفير الوقت لعملية الصب .

٩ ــ الصب والانفصال الحبيبى:

من المعروف أن عملية صب الخرسانة هى عملية وضع الخرسانة الطازجة المخلوطة خلطاً جيداً فى مكانها فى الهيكل الانشائى للبنى ويراعى فى عملية الصب ألا يحدث أى انفصال فى الخرسانة سواء كان بين المونة وبين حبيبات الركام الكبير أو بين الخرسانة وبين حديد التسليح ويراعى أيضاً إذا حدث هذا الانفصال بنسبة صغيرة فإنه يجب اتخاذ الاحتياطات الكافية لتقليل أثر هذا الانفصـــال حتى تكون الخرسانة متجانسة ليتحقق الحصول على المقاومة موزعة توزيعاً صحيحاً يتفق مع الأسس التصميمية للخرسانة .

هذا وقد يحدث الانفصال نتيجة الخطأ فى عملية الصب كما فى الحالات الآتية :

(ا) صب الخرسانة فى الفرم العميقة :

عند صب الخرسانة فى الفرم العميقة كما فى الاعمدة والحوائط السائدة بتركها تسقط من ارتفاع الشدة إلى قاعها فإن الحبيبات الكبيرة تسقط أولا إلى قاع الشدة بينما تطفو الحبيبات الأخرى الخفيفة خاصة الماء على السطح بما يسبب الانفصال أو تكون خرسانة القاع قليلة التماسك نظراً لاحتوائها على كمية قليلة من المونة الأسمنتية كما تكون أيضاً محتـــوية على كمية كبيرة من الركام الكبير بينما تكون الخرسانة فى الأجزاء العليا لدنة لاحتوائها على كمية كبيرة من الماء كما تكون كمية الرمل والحبيبات الصغيرة من الركام الكبير كبيرة نسبياً كما تحتوى أيضاً على كمية كبيرة من الاسمنت فيحدث الانفصال فى الخرسانة ويحدث اختلال فى توزيع القوى على أجزاء العمود أو الحائط السائد .

فضلا عن أن بعض أجزاء المونة الاسمنتية تلتصق بأسياخ التسليح وتشك قبل أن يصل مستوى الصب إلى مستواها مما يضعف من قوة التماسك مع حديد التسليح . وقد يحدث تهشم أو انثناء فى الفرم نتيجة للاصطدام بين حديد التسليح مع حبيبات الركام الكبير .

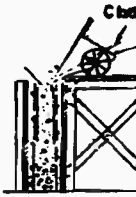
وفى الارتفاع المتوسط للأعمدة والحوائط السائدة يمكن الصب مباشرة من الفتحة العليا خلال فتحة رأسية على هيئة قمع كبير حتى لا تصطدم الخرسانة مع جوانب الشدة فيحدث الانفصال لأن الحبيبات الكبيرة ترتد بسرعة أكبر عند الاصطدام فيحدث تراكم لها فى أحد جوانب قاع الشدة .

وعلى وجه العموم فإن إسقاط الخرسانة من مسافة مناسبة خلال أنبوبة مناسبة يكون أقل خطأ من تركها تصطدم بجوانب الشدة عند إسقاطها من مسافة أقل كما هو موضح بالشكل رقم (٦ — ٢٧) ، (٦ — ٢٨) .

ولتلافى حدوث انفصال عند الصب فى الفرم العميقة يستحسن أن تصب الخرسانة خلال فتحات جانبية تصنع فى الشدة على ارتفاعات مختلفة ثم تصب الخرسانة خلال هذه الفتحة على طبقات يختلف سمكها باختلاف نوع العضو الإنشائى وباختلاف نوع وقوام الخرسانة ففى الأجزاء المسلحة تصب على طبقات تتراوح بين ١٥ و ٣٠ سم وذلك لكى

مجرى مائل (مسقط)
أو عربة قفيفة

Chute or buggy



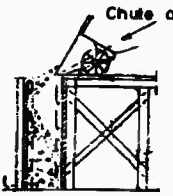
صحيح

يمكن تجنب الانفصال بتفريغ الخرسانة فى كادوس ينتهى داخل المسقط وهذا التوزيع يحفظ السدات والحديد نظيفه حتى تغطيها الخرسانة

Separation is avoided by discharging concrete into hopper feeding into drop chute. This arrangement also keeps forms and steel clean until concrete covers them.

مجرى مائل (مسقط)
أو عربة قفيفة

Chute or buggy



غير صحيح

يتجمع الخرسانة تصدم الفورم وترتد حبيبات كبيرة تتجمع السطح وأوجه الفورم يسبب انفصال وتعشيش فى القاع

Permitting concrete from chute or buggy to strike against form and ricochet on bars and form faces causes separation and honeycomb at the bottom.

PLACING IN TOP OF NARROW FORM.

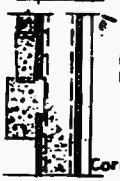
وضع خرسانة فى أعلى فورم ضيق

Chute and pocket built into form

تثبيت مسقط وجيب فى الفورم

Separation

انفصال



صحيح

Drop chute to movable pocket or opening in form

مسقط المجرى المائل الى جيب متحرك أو فتحه فى الفورم

غير صحيح

سقوط الخرسانة رأسيا فى الجيب الخارجى لكل فتحة فى الفورم حيث يتكدس الخرسانة المتصلب وتنساب بسهولة الفورم بدون انفصال

Drop concrete vertically into outside pocket under each form opening so as two let concrete stop and flow easily over into form without separation.

السماح لخرسانة سريعة التدفق الخرسانة داخل الشد بزاوية يترتب عنه انفصال

Permitting rapidly flowing concrete to enter forms on an angle invariably results in separation.

PLACING IN DEEP NARROW WALL THROUGH PORT IN FORM.

وضع الخرسانة فى حائط عميق وضيق خلال فتحة فى الفورم

صحيح

يجب صب الخرسانة فوق سطح خرسانة سابق الصب

Concrete should be dumped into face of previously placed concrete.

غير صحيح

قذف الخرسانة بعيدا عن تلك السابق صبها يتسبب انفصال

Dumping concrete away from previously placed concrete causes separation.

PLACING SLAB CONCRETE FROM BUGGIES.

صب بلاطة خرسانية من العربات القفيفة

PROPER INTRODUCTION OF CONCRETE INTO FORMS WILL PREVENT SEPARATION OF CONSTITUENTS.

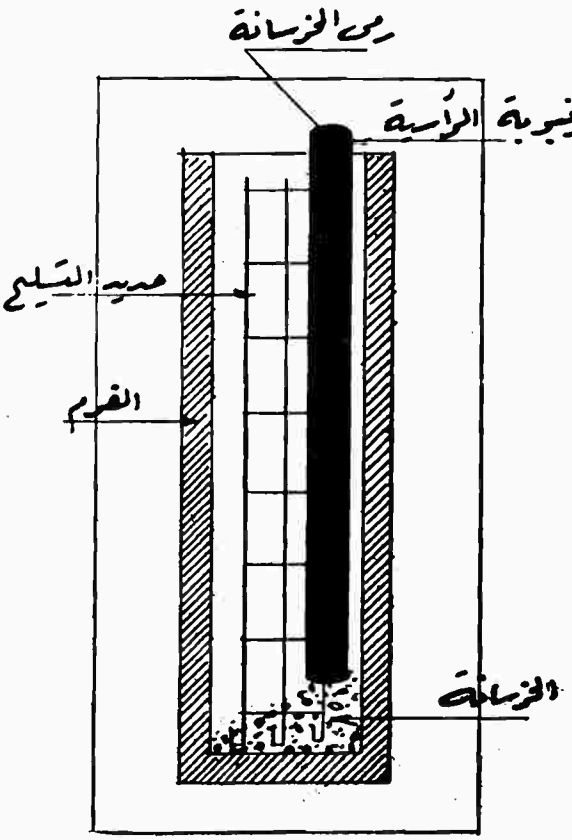
الادخال الصحيح للخرسانة فى الفورم يمنع الانفصال الحبيبى لمكوناتها

شكل رقم (٦ — ٢٧)

تكون هناك فرصة لتوزيع الخرسانة توزيعاً جيدا حول حديد التسليح ويراعى ألا تصب الخرسانة خلال الفتحة الجانبية بكميات كبيرة حتى لا تحدث السداداً فى الفتحة ويصعب إنزال الخرسانة على مستوى الصب .

(ب) صب الخرسانة إلى مستوى مائل :

يحتاج الأمر فى بعض الأحيان صب الخرسانة على مستوى مائل ويجب فى هذه الحالة أن تصب الخرسانة ابتداء من النهاية السفلى للمنحدر لأنه إذا بدأنا بالصب من الجزء العلوى وذلك بوضع الخرسانة عليها ثم تركها تنحدر تحت تأثير وزنها فإن الحبيبات الكبيرة من الركام تنحدر أولا وتتراكم فى نهاية المجرى بينما تبقى الحبيبات الصغيرة مع المونة فى أعلى المنحدر ويحدث الانفصال الحبيبى.



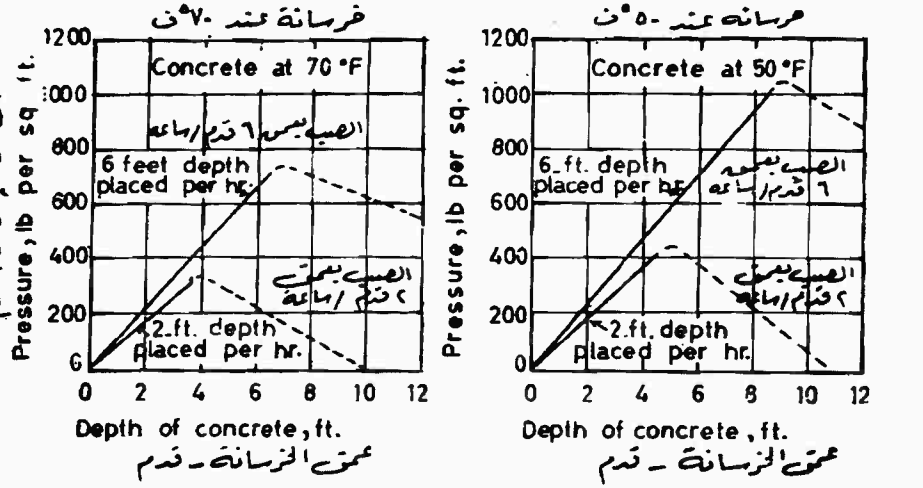
شكل رقم (٦ — ٢٨)
صب الخرسانة فى عامود خلال أنبوبة رأسية

(ب) صب البلاطات:

يحدث الانفصال عند صب البلاطات نتيجة لصب الخرسانة عن مكان صب الدفعات السابقة منها ويجب أن يتم الصب بحيث تصب كل كمية فى مواجهة الكمية السابقة والشكل (٦ — ٢٧) يوضح طريقة الصب العملية .

ويراعى فى حالات الصب المختلفة ضرورة ربط الفرم بإحكام لتتحمل بكفاية

الضواغط الناتجة عن عملية الصب التي تزداد بازدياد عمق الخرسانة كما يتبين من الشكل (٦ — ٢٩) كما يجب مراعاة أن تكون وصلات الإنشاء الأفقية مستقيمة ومستوية كما هو موضح بالشكل (٦ — ٣٠).



PRESSURE ON FORMS FOR VARIOUS DEPTHS OF CONCRETE. CONCRETE VIBRATED INTERNALLY. NORMAL CEMENT CONTENT, CONSISTENCY, AND WEIGHT OF CONCRETE

الضغط على الشدات للأعماق المختلفة للخرسانة . الخرسانة هزت داخليا - محتوى عادى للاسمنت، والقوام، ووزن الخرسانة

شكل رقم (٦ — ٢٩)

(د) صب الخرسانة تحت الماء :

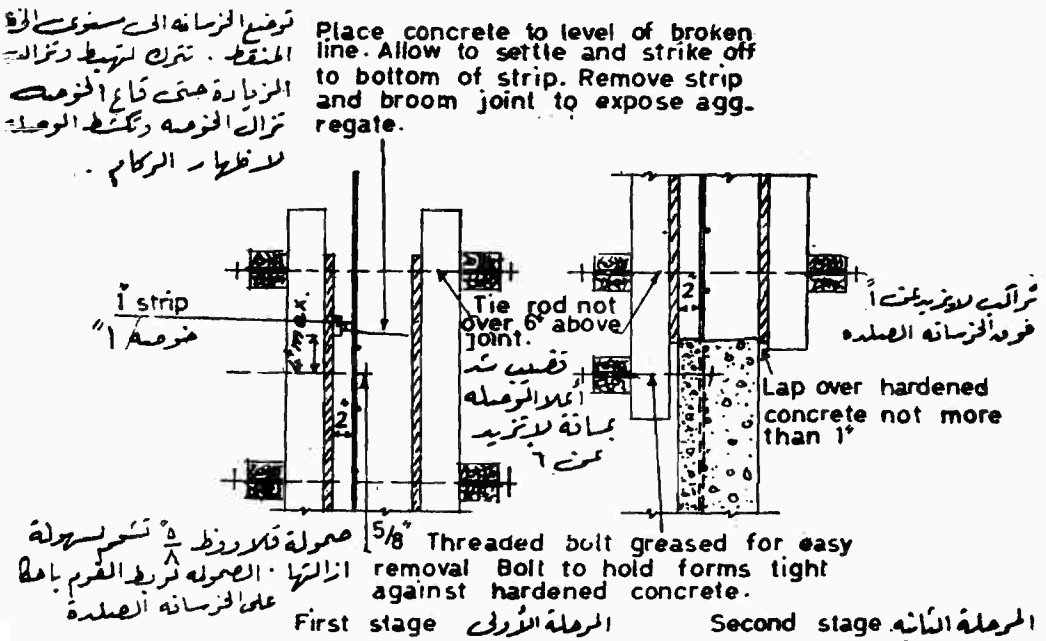
إن صب الخرسانة تحت الماء وفى الأساسات ذات الأعماق الكبيرة — كما فى أعمال القيسونات — يتطلب طرقاً أخرى غير الطرق المستخدمة فى الأعمال العادية . فالعناية بمراقبة العمل ضرورية جداً إذ أن إخفاق المنشآت الخرسانية — خاصة تلك الموجودة فى ماء البحر — أحيانا مايحدث نتيجة لعدم توافر المراقبة الكافية أو الابتعاد عن الطريقة المناسبة لإجراء العمل . وبالمثل فى أعمال القيسونات والأساسات العميقة إذا لم تتخذ الاحتياطات الملائمة فى الصب فإنه ينتج التعشيش والإنفصال الحبيبى .

والطرق المستخدمة فى الصب تحت الماء هى :

١ — طريقة القادوس	Tremie
٢ — طريقة الدلو	Bucket
٣ — طريقة الركام المحقون	Grouted Aggregate
٤ — طريقة أكياس الخرسانة	Sacked Concrete
٥ — طريقة ضخ الخرسانة	Concrete Pumping

ويمكن بيان تلك الطرق تفصيليا كما يلى :

١ — طريقة القادوس شكل رقم (٦ — ٣١) :



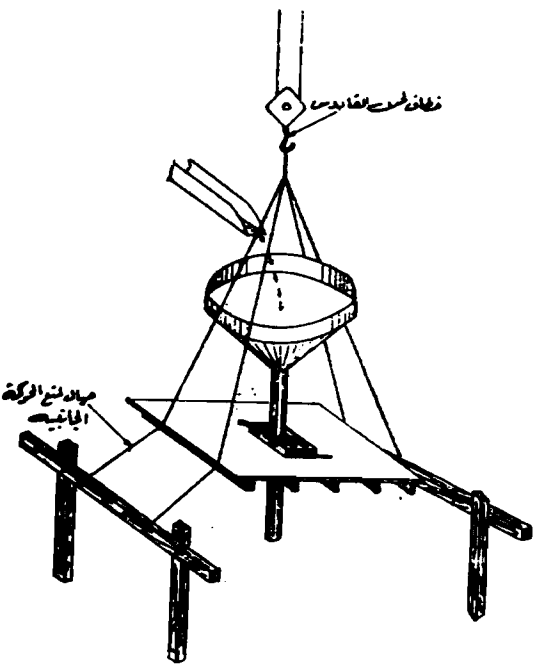
يجب عمل وصلات الانشاء الافقية مستقيمة ومستوية . وبتسوية الخرسانة حتى سطح الخوصه المسره فى الفورمه تحصل على النتيجة المطلوبة

HORIZONTAL CONSTRUCTION JOINTS SHOULD BE MADE STRAIGHT AND LEVEL. BY STRIKING OFF THE CONCRETE TO A LEVEL STRIP NAILED TO THE FORM THE DESIRED RESULT WILL BE OBTAINED.

شكل رقم (٦١ — ٣٠)

يصب الجزء الأعظم من الخرسانة تحت الماء بهذه الطريقة ويتكون القادوس من ماسورة غير منفذة للماء غالباً بقطر ٢٥ سم وبطول كاف ليصل من مكان العمل فوق سطح الماء إلى أعمق نقطة فى مكان الصب ويتصل بالماسورة من نهايتها العليا قمع استقبال وفى بعض الأحيان تزود النهاية السفلى للماسورة بصمام خاص .

وتنص المواصفات على وجوب عمل الفرم غير المنفذة للماء بقدر الإمكان وذلك لتقليل سرعة انسياب الماء إلى أقل من ٣٠ متر/دقيقة داخل الحيز المزمع ملؤه بالخرسانة. وتظهر أهمية هذا الإجراء حيث تتكون التيارات المائية أو فى حالات الصب فى مجارى الأنهار كما يجب عدم ضخ الماء من القوالب أثناء عملية صب الخرسانة ويراعى ألا يبدأ الضخ إلا بعد ٢٤ ساعة من انتهاء الصب .



شكل رقم (٦ — ٣١)
قادوس لصب الخرسانة تحت الماء

ولا يجرى صب الخرسانة فى الماء إذا كانت درجة الحرارة أقل من ٢°م لأنه تحت هذه الظروف يحدث تصلد الخرسانة ببطء شديد. وإذا كانت درجة حرارة الماء أثناء الصب أقل من ٧°م يجب رفع درجة حرارة الخرسانة أثناء ترسيبها إلى مابين ١٥° و ٢٦°م كما يجب بقدر الإمكان مراعاة ألا تكون درجة الحرارة أثناء الصب أعلى من اللازم حيث أن مقاومة الخرسانة تنقص إذا ارتفعت درجة الحرارة عن ٢٦°م ،

ولصب الخرسانة بواسطة القادوس يجب أن تكون درجة التشغيل للخرسانة وتماسكها وانسيابها جيدة وهذا يتطلب أن يكون هبوط القوام عاليا نسبياً عادة من

١٠ — ١٥ سم. ولكى تزيد من الخواص السابقة عن نظيرتها فى الخرسانة العادية لابد من استعمال نسبة عالية من الماء وبالتبعية لا بد من استعمال خلطة غنية بالأسمنت وفى العادة لا يقل الأسمنت عن ٧ شكائر لكل متر مكعب من الخرسانة .

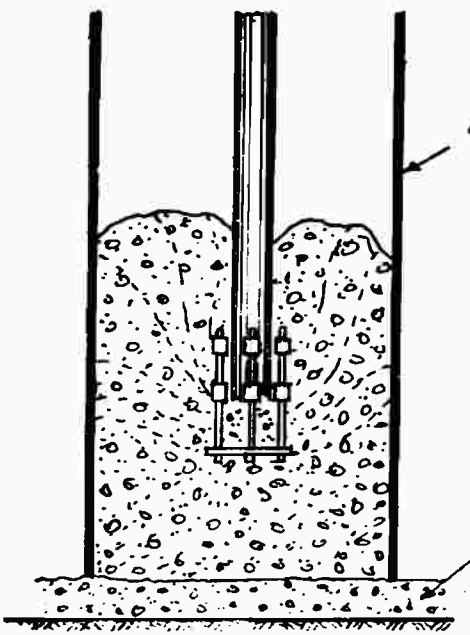
ونسبة الركام الصغير والكبير يجب أن تكيف لتحصل على درجة التشغيل اللازمة مع استعمال نسبة عالية قليلا من الركام الناعم عن نظيرتها فى الخرسانة العادية. فنسبة الركام الصغير غالباً ما تتراوح بين ٤٥ ، ٥٠ فى المائة من كل الركام وهذا يتوقف على التدرج الحبيبى للركام، ومن المهم أيضاً أن يحتوى الركام على نسبة كافية من المواد التى تمر من المنخلين رقم ٥٠ ، ١٠٠ وذلك لينتج خلطة متماسكة على درجة عالية من التشغيل وتنص مواصفات ركام الخرسانة ألا تقل نسبة الركام الذى يمر من منخل رقم ٥٠ عن ١٠٪ وألا تقل نسبة المار من منخل ١٠٠ عن ٢٪ والركام الصغير يجب أن يحقق هذه الشروط ويستحسن فى أحيان كثيرة أن تزيد نسبة المواد الناعمة قليلا عما هو مذكور وفى غالبية الأعمال يكون المقاس الاعتبارى الأكبر للزلط ١ ½ أو ٢ بوصة .

وتراعى احتياطات كثيرة فى نقل وصب الخرسانة وذلك لتقليل الانفصال الحبيبى فى أثناء صب طبقة من الخرسانة يجب تجنب أى عمل قد يؤدى إلى حدوث أى أضرار بالطبقة السابقة وبمجرد البدء فى عملية الصب يجب أن تمنع أى حركة جانبية للقادوس مثل هذه الحركة تؤدى إلى تلف الخرسانة التى تم صبها .

وعند نقل القادوس يجب رفعه رأسياً من الخرسانة ثم نقله إلى وضعه الجديد وعندما يتطلب العمل صب كمية كبيرة من الخرسانة على مساحة واسعة يكون من الأفضل استعمال أكثر من قادوس واحد وفى هذه الحالة يجب أن يرتب العمل بحيث يتم توصيل الخرسانة إلى كل القواديس بنفس المعدل المنتظم تقريباً . وفيما يتعلق بالمسافة بين كل قادوس والذى يليه أو بالمساحة التى تصب بكل قادوس فالآراء مختلفة ويفضل ترك هذه النقطة لطبيعة العمل وتقدير المسئول عن التنفيذ . ولقد نجحت بعض العمليات التى كان تشغيل الواحد منها مساحة قدرها ١٠٠ م٢ . ويرى بعض المهندسين ألا يزيد البعد بين كل منها عن ٤ أو ٥ أمتار وفى معظم الأعمال التى حصل فيها على نتائج مرضية كانت المسافة بين مراكز مستويات الخرسانة من ٧ إلى ٨ أمتار وحيث يكون هناك تداخل فى التسليح يكون من الضرورى استخدام فراغات ضيقة . ولبدء العمل بواسطة القادوس ذى النهاية المفترحة فإن هذه النهاية غالباً ما تسد جيداً بواسطة قطعة من الجوت أو بواسطة القش

أو بواسطة بعض الخرسانة الملفوفة بالجوت ثم تنزل الأنبوبة فى مكانها وتبدأ فى إنزال الخرسانة عن طريق قمع الاستقبال . وعندما تستقر الخرسانة فى النهاية السفلى للماسورة فإنها تضغط السدادة وتزيحها إلى الخارج ثم تأخذ طريقها إلى مكانها فى القالب وأثناء الصب يجب أن تحفظ النهاية السفلى لماسورة القادوس مغمورة فى الخرسانة التى تم صبها إلى أكبر عمق ممكن وهذا العمق يتوقف أساساً على ارتفاع عمود الخرسانة فى ماسورة القادوس كما يجب رفع القادوس قليلا من آن لآخر للسماح للخرسانة بالانسياب للخارج مع الحذر من زيادة الرفع إلى الحد الذى يؤدى إلى خروج النهاية السفلى من الخرسانة وإذا حدث هذا فلا بد من رفع الأنبوبة ثانياً وإعادة غلق نهايتها السفلى ثم بدء العمل من جديد ويفضل كثيراً استعمال القادوس ذى الصمام . ويتكون الصمام من لوح مركب على النهاية السفلى لأنبوبة القادوس ومتصل باللوح أربعة قضبان معدنية فى وضع رأسى أى عمودى على اللوح وحرة الانزلاق داخل ممرات مركبة خارج الأنبوبة كما يوجد إطار من الكاوتشوك لمنع نفاذ الماء بين اللوح ونهاية الأنبوبة أثناء غلق الصمام ويتحكم فى حركة الصمام بواسطة سلك متصل باللوح فى مركزها ويوصل إلى أعلى القادوس .

وبهذه الطريقة يستغنى عن السدادة المستخدمة فى الحالة السابقة وما ينتج عنها من عيوب . كما أن الصمام ميزة توجيه انسياب الخرسانة من الاتجاه الرأسى إلى الاتجاهات الأفقية وتوزيعها على الجوانب وإلى أعلى شكل رقم (٦ — ٣٢)



شكل رقم (٦ — ٣٢)
أنبوبة القادوس ذى الصمام

ولقد أجريت ملاحظات وتجارب عديدة لتتبع حركة الخرسانة تحت الماء

ولاستنتاج أحسن طريقة للصب وهذه التجارب قد بينت أنه باستعمال الصمام السابق فإن الخرسانة تترك فتحات الصمام فى اتجاه أفقى وعندما يزيد الضغط الجانبى للخرسانة التى تم صبها فإن ضغط الصمام للخرسانة يتجه إلى أعلى علاوة على الضغط الأفقى وهذا يدفع الخرسانة على الجوانب وإلى أعلى ويستمر هذا الدفع والانسياب حتى يمنع بواسطة ضغط الشدة أو بزيادة مقاومة الخرسانة للانزلاق وعندئذ يجب رفع الأنبوبة قليلا إلى أعلى ثم تكرار صب كميات أخرى وهكذا حتى نهاية العمل .

كما وجد أن الصب والتوزيع يكون جيداً إذا كانت نهاية أنبوبة القادوس مغمورة فى الخرسانة إلى عمق يتراوح بين متر ، ١½ متر وأيضا وجد أن معدل التصلد أسرع مما هو متوقع فسطح الخرسانة المتروك بدون مؤثرات خارجية تتصلب فى مدة ٤٥ دقيقة بدلا من عدة ساعات كما قد يتوقع . ويجب أن تصب الخرسانة بأسرع ما يمكن وبطريقة متصلة، ولقد وجد أن معدل ضخ الخرسانة من الخلاط إلى القادوس من العوامل المهمة فى عملية الصب فضخ الخرسانة بمعدل سريع يتيح حرية أكثر لحركة الخرسانة بعد خروجها من الصمام كما ينتج عنه توزيع أحسن للخرسانة وذلك للاستفادة من طاقة الحركة للخرسانة المضخوخة ومن ناحية أخرى فإن مقاومة الانسياب التى قد تنتج من التصلب والتوزيع الأولى يمكن تجنبها بالضخ السريع المتصل وهذا يعطى إمكانية تقليل كمية الهبوط وبالتالى كمية الماء ثم بالتبعية كمية الأسمنت بدون فقدان أى ميزة فى الصب .

٢ ــ طريقة الدلو :

الدلو المستعمل لصب الخرسانة تحت الماء عبارة عن وعاء على شكل متوازى مستطيلات أو أسطوانة مفتوحة من أعلى ومجهز بقاع قابل للانفصال أو مجهز ببوابة قابلة للدوران . ويستخدم لصب الخرسانة على أعماق كبيرة ربما تصل إلى ٨٥ متراً أو أكثر تحت سطح الماء وهذه إحدى مميزات الدلو عن القادوس ولو أن الخرسانة الناتجة من الصب بطريقة القادوس أفضل من المصبوبة بطريقة الدلو .

والخرسانة المناسبة للصب بطريقة الدلو يجب أن تكون خواصها مثل خواص الخرسانه المستخدمة فى طريقة الصب بالقادوس غير أنه فى طريقة الدلو يمكن استخدام خرسانة أقل لدونة عن فى طريقة القادوس .

يجب أن يملأ الدلو تماما بالخرسانة ثم يغطى سطحه بقطعة من القماش المشمع السميك ثم ينزل برفق فى الماء حتى ينغمر تماما ويجب تجنب هبوطه بسرعه حتى لاتحدث دوامات قد تؤدى إلى إزاحة الغطاء أو إزالة عجينة الأسمنت منه على السطح العلوى للخرسانة ، كما يجب العناية بعدم تفريغ الخرسانة قبل أن يصل الدلو إلى السطح المزمع إنشاؤه أو صب الخرسانة فوقه وهذا لتجنب إسقاط الخرسانة خلال الماء وما قد ينتج عنه من حدوث الانفصال الحبيبي أو غسل الركام ونزع الأسمنت أو زيادة نسبة الماء فى الخرسانة .

٣ ــ طريقة حقن الركام :

تتلخص هذه الطريقة فى تعبئة الركام الكبير والصغير فى الشدات ثم حقن لبانى الأسمنت بواسطة أنابيب تمتد إلى قاع القوالب . ويراعى رفع الأنابيب قليلا إلى أعلى كلما ارتفع لبانى الأسمنت فى القوالب . وفى أثناء عملية الحقن فإن لبانى الأسمنت يدفع الماء خارج القوالب ويحل محله مالئا الفراغات بين حبيبات الركام .

٤ ــ طريقة أكياس الخرسانة :

تكون خلطة الخرسانة فى هذه الطريقة أكثر جفافا عنها فى أى طريقة أخرى . توضع الخلطة فى أكياس من الجوت سعة الواحد منها قدم مكعب على الأقل وتملأ الأكياس بالخرسانة حتى ثلثيها تقريبا ثم تربط جيداً وتوضع فى مكان الصب فى صفوف متراصة كما هو الحال فى عملية البناء بحيث تكون الخرسانة فى النهاية كتلة واحدة متداخلة متماسكة ولها نفس شكل المنشأ المطلوب . والسبب فى ملء أكياس الخرسانة إلى ثلثيها فقط هو تسهيل حركة الخلطة داخل الكيس وهذا يؤدى إلى حدوث تربيح أو تداخل بين الأكياس مما ينتج عنه كتلة واحدة بها أقل قدر ممكن من الفراغات .

ومن المهم ألا يكون عالقا بالأكياس أى مادة قد تؤدى إلى إتلاف بعض خواص الخرسانة الناتجة ولذلك فأكياس السكر القديمة لا يجب استخدامها وتعتبر هذه الطريقة من الطرق القديمة ومن أقل الطرق جودة وينصح بعدم استخدامها :

٥ ــ طريقة ضخ الخرسانة :

تشبه طريقة الضخ إلى حد كبير طريقة القادوس فالخرسانة اللازمة يجب أن تحقق نفس خواص طريقة القادوس السابق ذكرها . وفى هذه الطريقة يعمل خط مواسير

يصل بين موقع العمل ومكان صب الخرسانة وتثبت المواسير فى موضعها بعد سد نهايتها المؤدية إلى مكان صب الخرسانة ثم يبدأ ضخ الخرسانة وعندما يزداد ضغط الخرسانة داخل الأنابيب فإنها تدفع السدادة وتبدأ فى الانسياب فى القوالب إلى موضعها النهائى . ثم ترتفع الخرسانة فى القالب وتغمر الأنبوبة وتستمر فى الارتفاع إلى الحد الذى يعوق استمرار انسياب الخرسانة خارج الأنبوبة فعندئذ ترفع الأنبوبة إلى أعلى قليلا ثم يستأنف العمل حتى ينتهى ملء القالب تماماً .

الصب فى الأساسات العميقة :

المشكلة الرئيسية فى صب الخرسانة فى الأساسات العميقة هى الانفصال الحبيبى وهو غالبا ما يحدث إذا أسقطت الخرسانة من ارتفاع كبير . والطرق المستخدمة فى الصب تحت الماء السابق ذكرها تستخدم أيضا فى الصب فى الأساسات العميقة فيما عدا طريقة أكياس الخرسانة . وفى بعض الأحيان يستخدم خرطوم خاص يتكون من عدد كبير من الأجزاء القابلة للانزلاق داخل بعضها البعض بحيث يكون قطر الخرطوم فى أجزائه السفلى أصغر من قطره فى الأجزاء العليا وهذا يؤدى إلى تقليل معدل انسياب الخرسانة خلال الخرطوم والنهاية السفلى مجهزة بفوهة خاصه من قماش المشمع السميك . ولكن باستخدام مثل هذا الخرطوم يكون من الصعب التحكم فى الانسياب ومنع الانفصال الحبيبى لأن فوهة التفريغ لاتكون مغمورة فى الخرسانة . ويمكن التحكم فى العمل أكثر باستخدام القادوس لأن نهايته تكون مغمورة فى الخرسانة وهذا يقلل الانفصال الحبيبى إلى حد كبير . وبالمثل يمكن استخدام طريقة ضخ الخرسانة خلال أنابيب تمتد مباشرة من الخلاط إلى مكان الصب . وتوجد أشكال وأحجام مختلفة للدلاء المستخدمة فى صب الخرسانة فى الأساسات العميقه ومنها دلاء ذات أقطار صغيرة وهى مجهزة خصيصا للصب فى الأماكن الضيقة فبعضها بقطر ½ متر وطول ٤ أمتار وبنهايته بوابة خاصة للتفريغ .

اشتراطات أسس التصميم والتنفيذ :

نصت أسس التصميم وشروط التنفيذ لأعمال الخرسانة على مايلى :

١ — يراعى تسجيل بيانات عن ساعة وتاريخ الصب لكل جزء من المبنى .

٢ — فى حالة صب خرسانات بسمك كبير يراعى أن تصب على طبقات فى حدود ٢٠ سم لكل منها حتى يمكن دمك الخرسانة أولا بأول ويمكن زيادة هذا الحد فى حالة استخدام الهزازات .

أما فى حالة الأعمدة فلا يجوز صبها بكامل ارتفاعها إذا زاد الارتفاع عن ثلاثة أمتار وإلا وجب تقسيم أحد جوانب الفرم إلى أجزاء لا يتجاوز ارتفاعها ٣ أمتار يتم تقفيلها أولا بأول حتى يمكن الصب تباعاً .

٣ — يراعى قبل صب الأعمدة وكذلك الكمرات التى يزيد عمقها عن ٧٠ سم وضع حوالى ٣ سم من مونة غنية مكونة من ٧٠٠ كجم أسمنت لكل متر مكعب من الرمل وذلك لتجنب تراكم الزلط فى أسفل الفرم ولضمان انسياب الخرسانة حول التسليح فإذا كانت هذه الكمرات متصلة ببلاطات أعلاها يراعى أن تكون هناك فترة لا تقل عن نصف ساعة بين صب جسم الكمرة وصب البلاطة المتصلة بها وذلك لتجنب حدوث شروخ فيما بينهما . أما إذا كانت الكمرات مقلوبة فيراعى أن يبدأ فى صب الكمرة فى اليوم التالى لصب البلاطة المتصلة بها وذلك بعد وضع المونة الغنية السابق الإشارة إليها .

٤ — عند صب الخرسانة تحت الماء يجب إجراء ذلك بوسائل خاصة تمكن من وضع الخرسانة دون فصل الأسمنت من الخليط .

وبالنسبة لفواصل الصب ، والتى تعنى الفاصل بين صبتين متجاورتين انقضى بين إجرائهما فترة من الزمن بسبب عدم إمكان إجراء الصب بأكمله فى عملية مستمرة فقد وضعت أسس التصميم والتنفيذ على ما يلى :

١ — أن تكون الفواصل عند نقطة الانقلاب المجاورة للركائز التى تم صبها .

٢ — أن تكون الفواصل فى المواقع التى يقل عندها القص ويجب أن يعمل الفاصل متعامداً مع القوى الداخلية المؤثرة .

٣ — ويجوز فى حالة البلاطات عمل فواصل فى منتصف عرض الكمرات الحاملة لها .

٤ — تعمل الفواصل بين الأعمده والكمرات مع منسوب قاع تلك الكمرات أو قاع مشاطيفها إن وجدت .

٥ — تعمل الفواصل بين الكمرات العميقة أو المقلوبة والبلاطات المتصلة بها عند هذا الاتصال وعند وجود مشاطيف فى البلاطات يكون صبها مع البلاطات .

٦ — عند استئناف الصب بعد يوم أو أكثر ينحت سطح الخرسانة جيداً لإظهار الركام الكبير ثم ينظف السطح بالفرش السلك حتى تزول الأوساخ والمواد السائبة

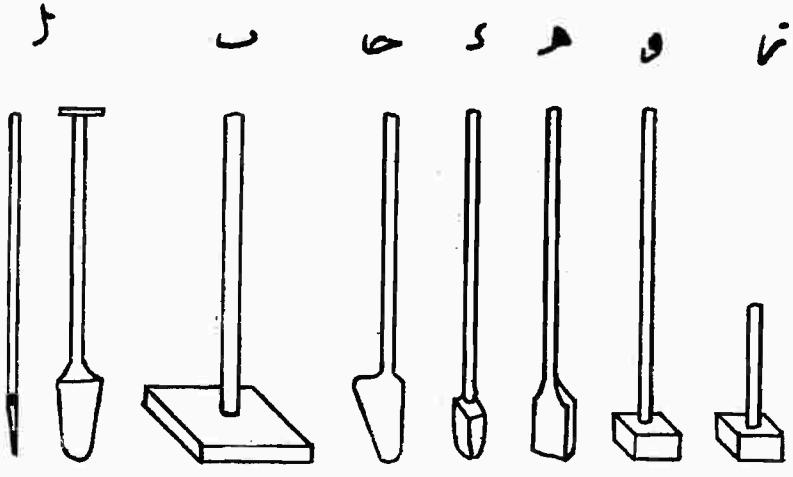
ثم يغسل بالماء حتى يتشبع وبعدئذ توضع مونة بتركيب مماثل لمونة الخرسانة بالقدر الذى يكفى لتغطية الركام الظاهر وبعدئذ يستأنف الصب .

(د) الدمك : (Compaction)

بعد عملية الصب مباشرة تكون الخرسانة الطازجة غير متماسكة مع بعضها من ناحية وحديد التسليح من ناحية أخرى ومن ثم فإن عملية الدمك ضرورية لتحقيق قوة الترابط بين المواد المكونة الخرسانة مع بعضها وأيضا مع حديد التسليح فضلا عن أن عملية الدمك تساعد على تقليل الفراغات الهوائية التى تحتويها الخرسانة المصبوبة بدون دمك . هذا وتتم عملية الدمك بالطرق اليدوية أو الطرق الميكانيكية باستخدام الهزازات الميكانيكية المتعددة الأنواع . وتستخدم الطرق اليدوية فى الأحوال العادية بينما تستخدم الطرق الميكانيكية فى الأعمال الهامة أو الكبيرة التى يراد الحصول فيها على خرسانة جيدة ويتبين فيما يلى تفصيل لعمليات دمك الخرسانة .

١ ــ الدمك اليدوى :

يجب أن تشمل عملية الدمك اليدوى ــ باستخدام أدوات الدمك المبينة بشكل رقم (٦ ــ ٣٣) ــ جميع أجزاء الخرسانة المصبوبة لضمان الحصول على التجانس بين مكونات الخرسانة فى أماكن المنشأ المختلفة . ويراعى أن تكون الطبقة السفلى التى سبق صبها ودمكها مازالت بحالة لدنة أى لم يحدث لها شك فى أى جزء منها قبل إتمام عملية



شكل رقم (٦ ــ ٣٣) ادوات الدمك اليدوى الخرسانة

دمك الطبقة التى تعلوها حتى لا تتكسر الأجزاء المتصلدة تحت تأثير عملية الدمك ولتحقيق التماسك بين الطبقتين من الخرسانة .

ويستخدم فى إجراء الدمك اليدوى أدوات من الخشب أو الحديد فالأداة (ا) المبينة بشكل (٦ — ٣٣) من الخشب تستخدم لضغط الخرسانة فى الحيز الرأسى الضيق مثل الحيز بين حديد التسليح وكذلك لكى تتواجد المواد الناعمة على جانب الفرمة أو القالب للحصول على سطح جيد للخرسانة . أما الأداة (ب) التى تشمل قطعة مربعة من الخشب فتستخدم لدمك أسطح البلاطات وفى دمك الخلطات الجافة . والأداة (ج) من الخشب فتستخدم للخرسانة الأكبر سمكا حيث لا تصلح الأداة (ب) . أما الأدوات د ، هـ ، و ، ز ذات النهايات المصنوعة من الحديد الزهر فهى أدوات ذات استعمال عام للدمك خصوصاً إذا كانت الخلطات جافة ويجرى الدمك بها برفق إلى مسافة مناسبة ثم تترك لتسقط تحت تأثير وزنها إلى أسفل على سطح الخرسانة .

ويستخدم فى الدمك اليدوى أيضاً قضيب الدمك وهو قضيب من الصلب لتوزيع الخرسانة — عن طريق الغز — بين حديد التسليح .

ويراعى أن يستمر الدمك اليدوى لحين توقف تسرب الفقاعات الهوائية وحتى تظهر طبقة رقيقة من عجينة الأسمنت فوق السطح الخارجى النهائى للخرسانة وعندئذ يتوقف الدمك لأن استمراره بعد ذلك يؤدى إلى تواجد ماء كثير ومواد ناعمة على سطح الخرسانة أى نضح الخرسانة .

٢ — الدمك الميكانيكى (استخدام الهزازات) :

بالرغم من أن طرق دمك الخرسانة كثيرة إلا أن استخدام الأجهزة الهازة (الهزازات) قد أثبت فاعلية كبيرة حيث يمكن باستخدامها استعمال خلطات من الصعب صبها بالوسائل أو الطرق العادية ، فقد أمكن على سبيل المثال صب خرسانة ذات قوام صعب التشغيل (الهبوط = ٢ سم) فى فرم تحتوى على حديد تسليح موضوع على مسافات متقاربة فى حين أنه باستخدام الطرق اليدوية العادية فى عملية الدمك لم يكن من المستطاع استخدام هذه الخلطة وكان من اللازم استخدام خرسانة أكثر ليونة قد تصل قيمة هبوط القوام إلى ١٥ سم .

ولقد وجد أنه لنفس المكونات لخلطة خرسانية وفى نفس ظروف المعالجة تتوقف

خواص الخرسانة الناتجة على كمية ماء الخلط فكلما قلت كمية الماء المستخدم كلما تحسنت خواص الخرسانه وكلما أمكن دمكها بطريقة جيدة وقد أمكن بواسطة دمك الخرسانه آليا استخدام خلطات تقل فيها نسبة الماء عن المعتاد وبالتالى أمكن الحصول على خرسانة ذات خواص أجود وتكاليف أقل .

والغرض من عملية هز الخرسانه آلياً هو جعل جزيئات الخرسانه الحديثة التكوين فى حركة مستمرة أثناء عملية الهز وذلك بتقليل الاحتكاك بين الجزيئات وبعضها فتكتسب الخلطة خاصية التشحيم (Lubrication) ثم جعلها تستقر فى مكانها مالئة كل الفراغات وآخذة نفس شكل الفرم بالضبط وبالدقة المطلوبة .

وكما أن الهز الآلى للخرسانة يمكن من استخدام خلطات تقل فيها نسبة الماء فإنه يمكن أيضاً من استخدام خلطات تقل فيها كمية المواد الناعمة عن النسبة المعتادة اللازمة لإعطاء الخواص اللاحمة للخرسانة والتى تمنع إنفصال محتويات الخلطة عن بعضها أثناء الصب أو الدمك . وعلى ذلك فقد أمكن استخدام خلطات تزيد فيها نسبة الركام الكبير وتقل فيها نسبة الركام الصغير . وبما أن الحبيبات الكبيرة الحجم تعطى مساحة سطحية أقل وبالتالى تتطلب كمية أقل من الماء والأسمنت فقد أمكن باستخدام الهزاز الآلى للخرسانة تحسين خواص الخرسانة الناتجة مع الاقتصاد فى التكاليف باستخدام خلطات تقل فيها نسبة الماء والمواد الناعمة وتزيد فيها نسبة الركام الكبير .

٣ ــ مزايا الاهتزاز فى صب الخرسانه :

يعتبر إجراء عمليه الهز الآلى على الخلطات الخرسانية التى يسمح قوامها بالصب والدمك بالطرق العادية مضيعة للوقت والجهد والمال بالإضافة إلى أن استخدام الهزازات فى هذه الخلطات يعمل على انفصال مكوناتها عند اجراء عملية الهز الآلى . ولكن تتحقق فائدة الهز الآلى فى حالة الخلطات الأكثر جفافاً والتى تقل فيها نسبة الماء إلى الأسمنت عن المعتاد . وفيما يلى بعض المميزات التى يمكن الحصول عليها عند تقليل كمية ماء الخلط :

١ ــ زيادة مقاومة الخرسانة للضغط والانحناء .

٢ ــ زيادة كثافة الخرسانة .

٣ ــ تقليل درجة الامتصاص .

٤ ــ زيادة مقاومة الخرسانة للعوامل الجوية .

٥ ــ زيادة التماسك والترابط بين طبقات الخرسانة المتعاقبة .

٦ ــ زيادة التماسك والترابط بين الخرسانة وحديد التسليح .

٧ ــ تقليل التغيرات الحجمية وخاصة في فترة الانتقال من حالة اللدونة إلى حالة التصلد.

كذلك فإن استخدام الخلطات الخرسانية التي تقل فيها كمية ماء الخلط يقلل من احتمال حدوث انفصال لمكونات الخرسانة أو تجمع ماء الخلط على سطحها بعد الصب كما أن استخدام الأجهزة الهازة للخرسانة يمكننا من فك الفرم والشدات وعمل التشطيبات النهائية الخرسانة الناتجة بمعدل أسرع بالإضافة إلى إمكانية زيادة معدل الصب الخلطة ودمكها في مواضع يصعب دمك الخرسانة فيها بالطرق اليدوية .

٤ ــ أنواع الهزازات :

تعطى معظم الهزازات ذات التردد العالى (High frequency) ــ غالبة الاستعمال حالياً ــ ٣٦٠٠ دفعة في الدقيقة على الأقل وبعض هذه الأجهزة له ضعف هذا العدد من الدفعات أو أكثر .. وقد تدار هذه الهزازات بالكهرباء أو بمحرك بنزيني أو ضغاط هوائى (Air Compressor) وتنسبب الاهتزازات من أثقال لامتمركزة موصولة بعمود إدارة الموتور .

وتنقسم الهزازات إلى ثلاثة أنواع عامة:

(ا) هزاز داخلى (Internal Vibrator)

(ب) هزاز فرم (Form Vibrator)

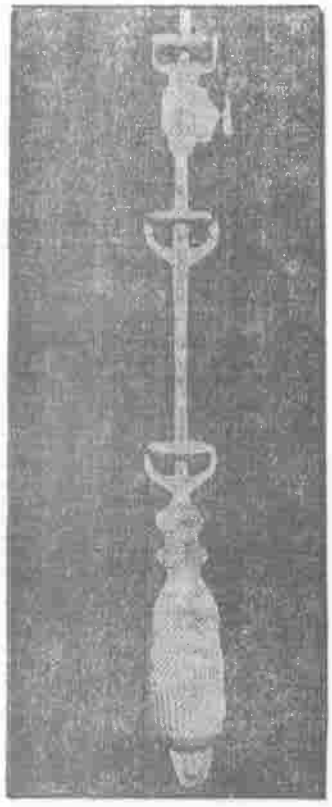
(ج) هزاز سطحى (Surface Vibrator)

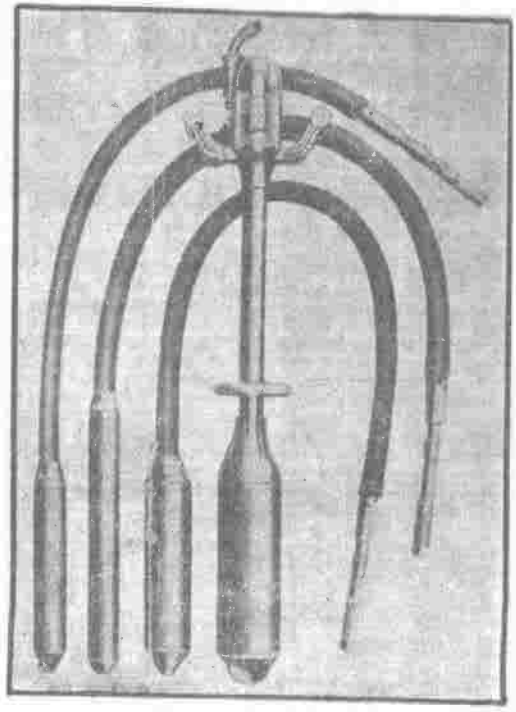
ا ــ الهزازات الداخلية :

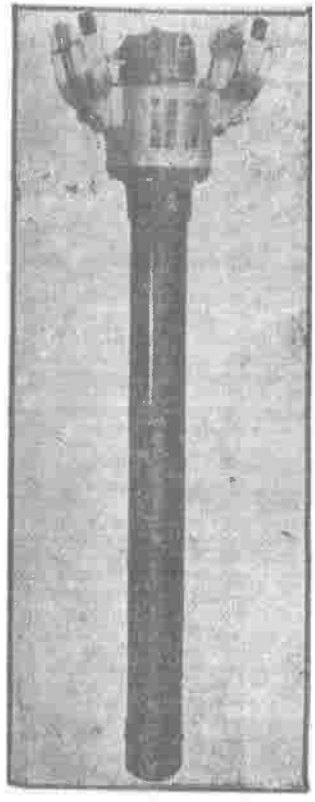
شكل رقم (٦ ــ ٣٤) ورقم (٦ ــ ٣٥) هى أفضل الأنواع المستخدمة حيث أنها تؤثر مباشرة على الخرسانة كما يسهل تحريكها داخل الخرسانة فتوزع الحركة الاهتزازية خلال الكتلة الخرسانية جميعها .

شكل رقم (٦ ــ ٣٤) هزاز داخلى

لهذا النوع أشكال عدة وفيما يلى بعض أنواعها الأكثر انتشاراً :







شكل رقم (٦ — ٣٥) أنواع مختلفة للهزازات الداخلية لدمك الخرسانة

(١) مكنة كهربية :

يتركز موتورها فى الرأس من الجهاز وتزود المكنة بيد جاسئة أو شبه جاسئة .

(٢) مكنة من الطراز الجامبو :

وتتركب من تربين هوائى (Air turbine) أو موتور كهربائى يدير محوراً لا مركزيا موضوعاً داخل ماسورة مغلفة متصلة بصندوق الموتور .

(ج) مكنة ذات عمود قابل للانثناء :

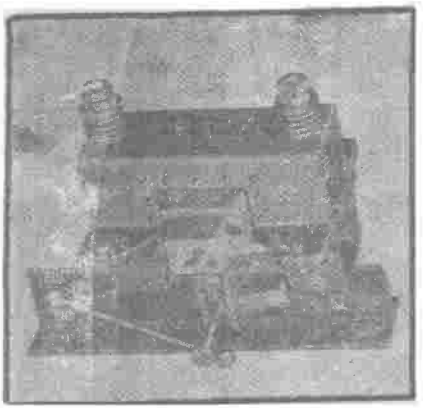
تتركب من عمود لا مركزى موضوع داخل ماسورة يدار من خلال عمود قابل للانثناء بواسطة موتور كهربى أو تربين هوائى أو مكنة تدار بالبنزين .

(د) مكنة بيد ذات خرطوم قابل للانثناء :

تتركب من تربين موضوع فى الطرف الخلفى للجهاز وتعمل بالهواء المضغوط أو بالضغط الهيدروليكى باستعمال نوع خاص من الزيوت .

ب — هزازات الفرم : شكل رقم (٦ — ٣٦)

تتركب هذه الأجهزة من موتور كهربى وعضو غير متوازن ويدار الجهاز بالهواء المضغوط أو بنابض كهرومغناطيسى وتركب هذه الأجهزة على الفرم بواسطة مشبك أو منجلة وقد تستخدم مطارق كهربية أو هوائية متحركة على نطاق محدود ويغلب استخدامها إلى جوار الهزازات الداخلية وذلك لما تتصف به من خفة فى الوزن حيث يمكن تحريكها حول الفرم الخشبية لتوزيع الحركة الاهتزازية على جميع أنحاء الخرسانة ويراعى ألا تكون الاهتزازات زائدة حتى لا تتلف الفرم .



شكل رقم (٦ — ٣٦)
هزاز الفرم لدمك الخرسانة

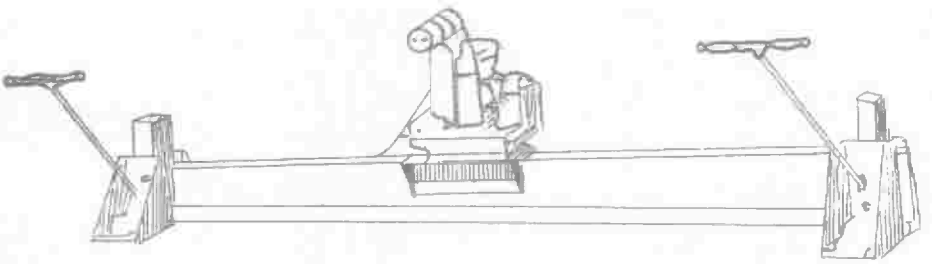
وقد يكون الهزاز على شكل منضدة تركب فى أسفلها المكنة المسببة للحركة الاهتزازية ويستخدم هذا النوع فى تحضير القوالب سابقة الصنع (Precast) والأعضاء الخرسانية الأخرى وفيه تنتقل الاهتزازات للخرسانة من خلال القوالب المثبتة بالمنضدة .

ويلاحظ فى هزازات الفرم أن هناك كمية من الطاقة لا يستهان بها تمتص بواسطة الشدات

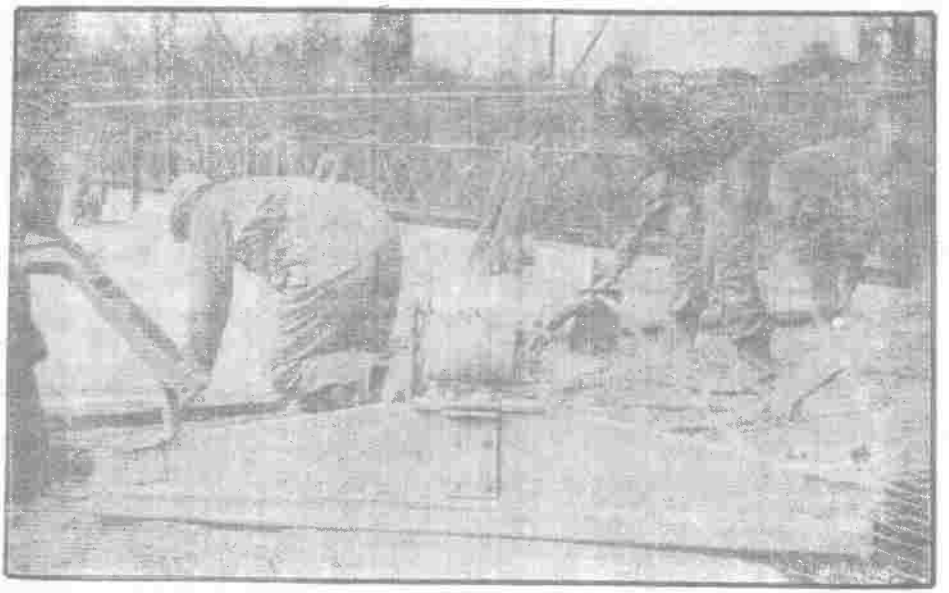
والفرم، حيث يتطلب هذا النوع من الأجهزة أن تظل الفرم فى حركة مستمرة لنقل الحركة الاهتزازيه للخرسانة، وبالرغم من هذا العيب فإن هذا النوع من الأجهزة الهازة يستخدم على نطاق واسع فى مختلف الأعمال الانشائية ويعتبر من أنسب أنواع الهزازات .

جـ ــ الهزازات السطحية : شكل رقم (٦ ــ ٣٧ ا ، ب)

تستخدم هذه الهزازات فى الأعمال الانشائية الكتلية كالخزانات والسدود وتتركب من منصة أو قرص كبير (platform) يركب عليه الجهاز الهاز وبعد فرش الخرسانة فى موقع العمل ودمكها بالهزازات الداخلية يمر على السطح الخارجى بالهزازات السطحية حتى تدفن جميع جيبات الركام الكبير للحصول على التشطيب المرغوب للسطح .



شكل رقم (٦ ــ ٣٧ «ا») هزاز سطحى لدمك الخرسانة



شكل رقم (٦ ــ ٣٧ «ب») هزاز سطحى أثناء العمل

وقد استخدمت زحافات التسوية المزودة بالهزازات فى الأعمال الإنشائية الصغيرة مثل أرضيات الكبارى وأرصفة المحطات والطرق .

٥ ــ اختيار نوع الهزازات وعددها .

يحدد جهاز الهز اللازم للعملية الإنشائية وفقاً لنوع العمل وبصفة عامة فكلما كان وزن الجهاز ثقيلا وكبر قطره كلما زاد أثره وظهرت فائدته . ويتحكم كل من حجم المنشأ الخرسانى وتباعد حديد التسليح أو تقاربه فى تحديد نوع الهزاز وحجمه . ففى الأعمال الكبيرة كالسدود تستخدم الهزازات الداخلية على نطاق واسع (وهى قصيرة ويلزم لإدارتها عامل أو اثنان) . وقد يستعمل بالإضافة إليها هزازات داخلية أصغر منها تكون عادة من النوع الجامىء ، وتستخدم قرب جدار القرم كذلك تستخدم الهزازت السطحية فى بعض الأعمال لتشطيب السطح العلوى لكل طبقة خرسانية .

ويختلف قطر الجهاز باختلاف نوعه، فالمكنات التى يوجد موتورها فى رأس الجهاز يتراوح قطرها بين ١٠ سم ، ١٥ سم وتزود بيد نصف جاسئة أو قابلة للانثناء . أما المكنات ذات عمود الإدارة القابل للانثناء والخرطوم القابل للانثناء فإن صندوق الموتور يتصل فيها بالماسورة مباشرة ويتراوح قطر طرفها الهاز بين ٤ سم ، ١٠ سم .

ويستخدم هذان النوعان فى الكبارى وسائر الأعمال الإنشائية الأخرى كالمبانى والمنشآت العامة والتى تتطلب ظروف العمل فيها أقطاراً للجهاز أقرب للصغر كما يستخدم النوع القابل للإنثناء على نطاق واسع فى تسوية الأسقف والبلاطات والقرم لتلافى حدوث تعشيش فى الخرسانة .

وبفضل استخدام هزازات القرم فى الأعمدة والمواسير سابقة الصب والبلاطات والخوازيق سابقة التجهيز وما يشبه ذلك من الأعمال، كما تستخدم فى قطاعات الحوائط ذات السمك الصغير والتى يصعب استخدام أجهزة الهز الداخلية فيها لتداخلها مع حديد التسليح .

أما المطارق الهوائية أو الكهربائية المتحركة فتعطى نتائج مرضية عند استخدامها فى الخرسانات المعمارية (Architectural Concrete) حيث يكون المظهر العام والسطح الخارجى ضروريين . كما تستخدم المطارق فى القطاعات الصغيرة التى يكون استخدام أجهزة الهز الداخلى فيها مستحيلا .

وتختلف أحجام مناضد الاهتزاز (Vibratiug tables) فتكون عادة مزودة بأثقال لا متمركزة يمكن ضبطها للتحكم فى سرعتها وسعة ذبذبتها وتستخدم هذه المناضد فى صب جميع الوحدات الصغيرة سابقة التجهيز .

يترك اختيار القوة المحركة للتفضيل الشخصى ووفقاً لظروف العمل وطبيعته ففى العمليات الكبيرة تستخدم كل من القوة الكهربية وضغط الهواء ، وفى الأعمال الأصغر تستخدم مكنات توليد كهربائية متحركة وتستخدم فى الإنارة . واستخدام المحركات فى إدارة هزازات الخرسانة مباشرة دون توليد طاقة كهربية يخفض من التكاليف الإجمالية ولو أنه لا يلتفت كثيراً فى معظم الأعمال الإنشائية إلى التكاليف الناتجة عن استهلاك القدرة المحركة اللازمة لإدارة أجهزة الخرسانة .

من كل ذلك يتضح أن أعلى كفاءة وفاعلية تتحقق باستخدام أجهزة الهزاز الداخلية حيث تنتقل الطاقة الحركية للخرسانة مباشرة ، ولسهولة تداولها وتحريكها تفضل جميع المبانى والمنشآت التى تسمح قطاعاتها بإدخال الطرف الهاز وتحريكه بسهولة فى قلب الخرسانة .

ومن جهة أخرى فلا بد أن يوجد فى موقع العمل العدد الكافى من الهزازات حتى يتم حسب الخرسانة بالمعدل المحدد وفقاً للدقة المطلوبة .. وتتفاوت كفاءة الجهاز تبعاً لنوع الجهاز وحجمه وقدرته وشكل المنشأ وخواص الخلطة المستخدمة ويوضح الجدول رقم (٦ — ٢) بعض الأعمال الخرسانية ونوع الجهاز المستخدم فى كل منها وكفاءته كما يوضح الجدول رقم (٦ — ٣) بيانات عن بعض أنواع الهزازات وحالات استعمالاتها .

جدول رقم (٦ — ٢) أنواع الهزازات وكفاءتها للأعمال الإنشائية المختلفة :

نوع العمل الإنشائى	نوع الهزاز المستخدم	كفاءة الهزاز متر مكعب خرسانة / ساعة
السدود .	داخلى وسطحى	من ١٠ إلى ٣٠
الأعمال الضخمة كالأساسات والحوائط الساندة	داخلى	من ٧½ إلى ١٥
الأعمال المتوسطة والخفيفة ذات الفرم المتوسطة الأحجام	داخلى بأعمدة إدارة قابلة للانثناء أو خارجى لهز الفرم	من ٤ إلى ٧½

جدول رقم (٦ — ٣) بيانات عن بعض أنواع المهزازات

النوع	أقل تردد يسمح به (دورة فى الدقيقة)	أبعاد الجهاز: طول بوصة	أبعاد الجهاز: عرض (قطر) بوصة	قوته للمتر مكعب فى الساعة	معدل الاستهلاك للجهاز	الإستعمال
هزاز منفرد يستعمل باليد	٩٠٠٠	أكثر من ١٣,٥"	٣/٨ — ١ ٣/٤	٢ — ٥	١	فى حالة الخرسانة الدنة سهلة التشغيل، وذلك فى الأجزاء الدقيقة من المنشأ
هزاز منفرد يستعمل باليد	٩٠٠٠	١٠ — ٢٠	١/٢ - ١ - ٢,	٥ — ٢٠	١	فى الجدران الرفيعة والأعمدة والأرضيات الخفيفة
هزاز منفرد يستعمل باليد	٧٠٠٠	١٠ — ٢٨	٢ ٣/٤ — ٣	١٥ — ٢٥	١	يستعمل فى الحالات السابقة بالإضافة إلى إستعماله فى حالة الأرضيات الثقيلة
هزاز منفرد يستعمل باليد	٧٠٠٠	١٠ — ٢٨	٢ ٣/٤ — ٣	٢٥ — ٣٥	١ فى ١	يستعمل فى الحالات السابقة وفى حالة عمل الأفاريز
هزاز منفرد يستعمل باليد	٦٠٠٠	٨ — ١٩	٥ ١/٢ — ٦ ٣/٤	٢٥ — ٥٠	٢	فى حالة الخرسانة الكتلية للأساسات والكبارى والسدود
هزازات سطحية	٣٠٠٠	أكثر من ٤٠ قدم	١٨ بوصة	أكثر من ٥٠	—	مهابط الطائرات وللألواح الخرسانية
قرص هزاز	١٨٠٠	—	—	أكثر من ٥٠	—	الأرضيات خشنة السطح وأرضيات الكبارى والأرصفة
هزازات القوالب والشدات	٣٦٠٠	—	—	—	—	المواسير ، المنتجات الخرسانية الأنفاق ، الخرسانة سابقة الأجهاد

وتبنى كفاءة الهزازات الداخلية على أنها مزودة بالقدرة الكافية لإدارتها بحيث تصل للتردد الذى صممت عليه عند وضع طرفها الحاز فى الخرسانة . كذلك هزازات الفرم يجب أن تكون ذات قدرة كافية لنقل الاهتزاز من الفرم إلى الخرسانة .

ويجب العناية بصيانة كل أنواع الهزازات والأدوات الميكانيكية الأخرى لضمان تشغيلها أطول مدة ممكنة . كما يجب ألا يخلو أى عمل له قيمته من الأجهزة الاحتياطية لاستخدامها وقت الضرورة حتى لا يتوقف العمل أو يقل معدل صب الخرسانة عن المطلوب .

مميزات الدمك الميكانيكى :

أجريت اختبارات عديدة لتوضيح مزايا استخدام الهز الآلى للخرسانة وعلى الرغم من الجهود التى بذلت للحصول على قواعد سليمة لاستنتاجات متعددة إلا أن النتائج الكمية للاختبارات التى أجريت لإيجاد علاقات بين التردد والسعة وخواص الخلطة الخرسانية المستخدمة ما زالت قليلة حتى الآن وفيما يلى بعض نتائج هذه الاختبارات :

١ ــ التردد والسعة (Frequency & Amplitude) .

أجريت عدة اختبارات لإيجاد أثر قيمة التردد على الخرسانة العادية وقد تبين أنه كلما زاد التردد كلما قل الزمن اللازم لحدوث الدمك التام للخرسانة فمثلا لتردد مقداره ٤٠٠ دفعة/دقيقة ولخرسانة لا يعطى اختبار القوام بطريقة الهبوط أى قيمة (صفر) تطلبت عملية الدمك التام أكثر من ٢٠٠ ثانية . ولتردد مقداره ٥٠٠ دفعة/دقيقة تطلبت زمناً مقدار، ٨٠ ثانية . ٥٠ ثانية لتردد قدره ٦٠٠٠ دفعة/الدقيقة ، ٤٠٠ ثانية لتردد قدره ٧٠٠ دفعة / الدقيقة ، كما وجد أنه لنفس السعة هناك حد أدنى للتردد (إذا قل عنه أصبح الهز غير عملى) يتحدد تبعاً لقوام الخرسانة كما تتناسب القدرة المستهلكة فى الجهاز تناسباً طرديا مع مكعب قيمة التردد . فمثلا :

القدرة المستهلكة عند تردد ٧٠٠٠ دفعة / دقيقة تماثل بالتقريب خمسة أمثال القدرة المستهلكة عند تردد ٤٠٠٠ دفعة / دقيقة لنفس الجهاز ونفس السعة .

كما أجريت الاختبارات لبيان أثر السعة بوضع الخرسانة فى قوالب أسطوانية حملت على ألواح متذبذبة وظهرت النتائج لتدل على عدم أهمية السعة بالمقارنة مع السرعة والزمن الكلى للهز .

وعلى هذا الأساس حدد المختصون لكل جهاز السعة المناسبة التى تعطى الجهاز تحملا مع الزمن وكفاءة فى العمل . وقد أجريت عدة تحسينات لزيادة قيمة التردد فى الأجهزة الحديثة لتفى باحتياجات العمل وإنهائه فى أقصر وقت ممكن .

ولابد للجهاز المستخدم من أن تتوافر فيه القدرة العالية والتردد الكبير مع دقة الصنع وجودة المواد التى صنع منها فإذا لم تتوافر هذه الشروط لما استطاعت المعدات مقاومة عوامل البلى الانفعالى (Wear Strain) ولزادت إجراءات صيانتها بل قد يؤدى عدم توافر هذه الشروط إلى توقف الأجهزة عن العمل فى أقصر وقت .

٢ ــ قوام الخرسانة :

يمكن باستخدام الهزازات استعمال خلطات خرسانية أكثر جفافاً وأقل فى نسبة كل من الماء والمواد الناعمة عن الخلطات التى تصب بالطرق العادية اليدوية . وقد أمكن فى اختبارات على قطاعات للحوائط استخدام خرسانة قلت فيها قيمة الهبوط من ٨ ــ ١٣ سم (كما يتطلب هذا فى الصب بالطرق العادية) ٢ ــ ٤ سم عند استخدام الهزاز الداخلى .

وأجريت الاختبارات على قطاعات تجريبية استخدمت فيها أنواع مختلفة من الهزازات فوجد أنه يمكن بصفة عامة استخدام الخرسانة التى تعطى هبوطا قدره ٢ سم أو أقل والتى توضع فى مكانها وتدمك بواسطة أجهزة الهز بدلا من الخرسانة التى تعطى هبوطا قدره ٥ سم والتى توضع فى مكانها وتدمك بالطرق اليدوية .

ويوضح الجدول رقم (٦ ــ ٤) بعض الأعمال الإنشائية الخرسانية وقوام الخرسانة المناسب فى كل حالة والذى يعطى أقل التكاليف مع ضمان أحسن النتائج .

٣ ــ نسبة الماء إلى الأسمنت ومقاومة الخرسانة :

الحصول على الخلطات الخرسانية التى يعطى اختبار القوام لها أقل قيمة ممكنة للهبوط يلزم أن تقلل كمية ماء الخلط وبالتالى تتحسن خواص الخرسانة الناتجة وإما أن تزاد كمية الركام بالنسبة للأسمنت والماء وبالتالى تنخفض التكاليف .

ويتبين أنه بالهز الآلى يمكن تقليل كمية الماء اللازمة للخلط بواقع من ٣ إلى ٤ لتر من الماء لكل شيكارة أسمنت فى معظم أنواع الأعمال الإنشائية .

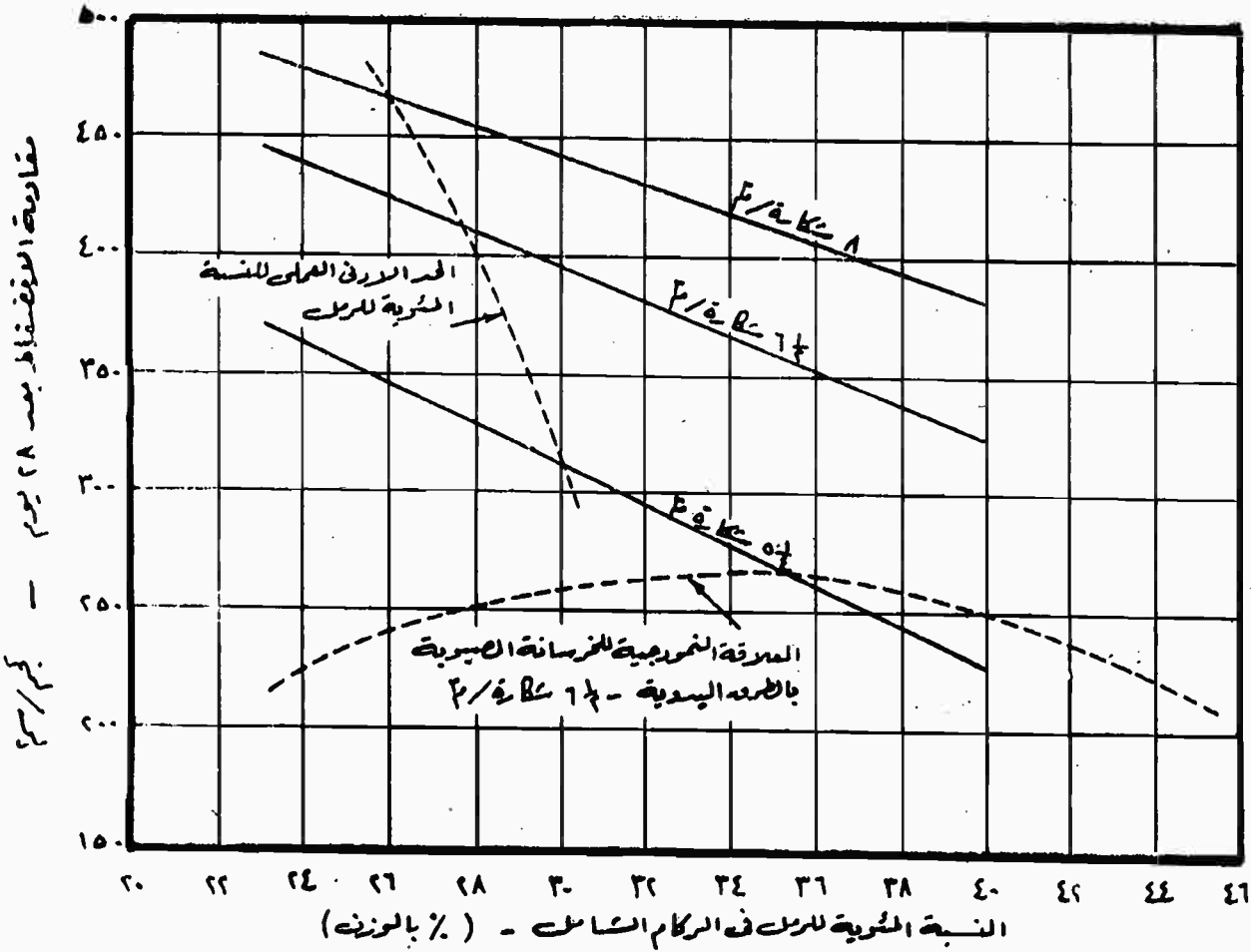
جدول رقم (٦ — ٤) قوام الخرسانة المناسب لبعض الأعمال الإنشائية

نوع العمل الإنشائى	هبوط القوام (سم)
القطاعات الإنشائية الضخمة كالسدود والمواسير والوحدات الأخرى سابقة التجهيز	٢ أو أقل
أكتاف الكبارى والحوائط الساندة والأعمدة الضخمة	من ٢ إلى ٤
المنشآت المعمارية العامة	من ٤ إلى ٦
الحوائط المسلحة قليلة السمك	من ٦ إلى ٨

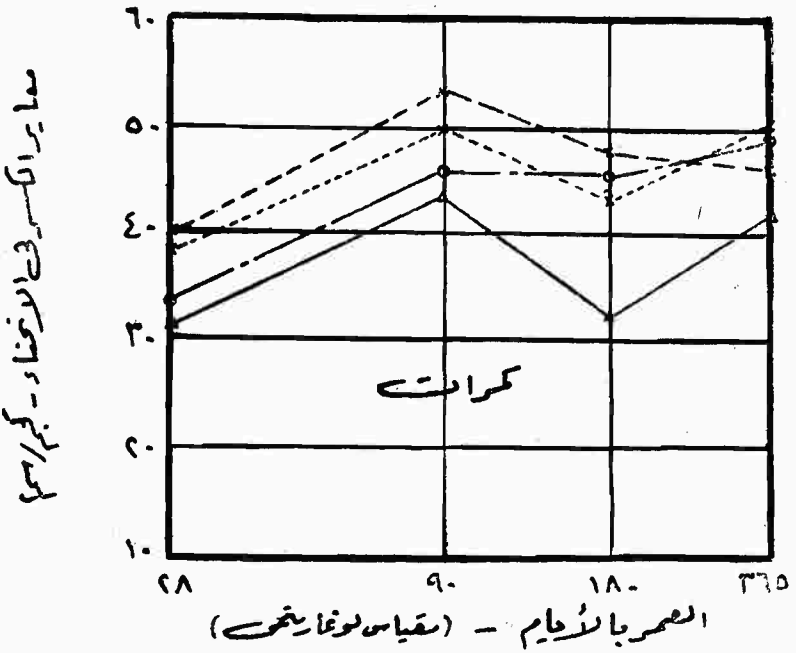
وقد يصل مقدار ما يمكن تقليله من الماء المضاف ما يقرب من ٤٠ إلى ٤٥ لتر من الماء فى كل متر ٣ من الخرسانة وهذا يوفر فى كمية ماء الخلط مما يزيد من مقاومة الضغط للخرسانة بعد ٢٨ يوماً بما يقرب من ١٢٥ كجم / سم ٢ . كما يزداد معاير الكسر فى الانحناء من ٥ إلى ١٢,٥ كجم / سم ٢ وقد أمكن الحصول على نتائج اختبارات عملية تجاوزت هذه الأرقام فحققت بذلك وفراً فى الماء اللازم للخلط مع زيادة أكبر فى المقاومة الناتجة كما يتضح ذلك من الشكل رقم (٦ — ٣٨) ، (٦ — ٣٩) .

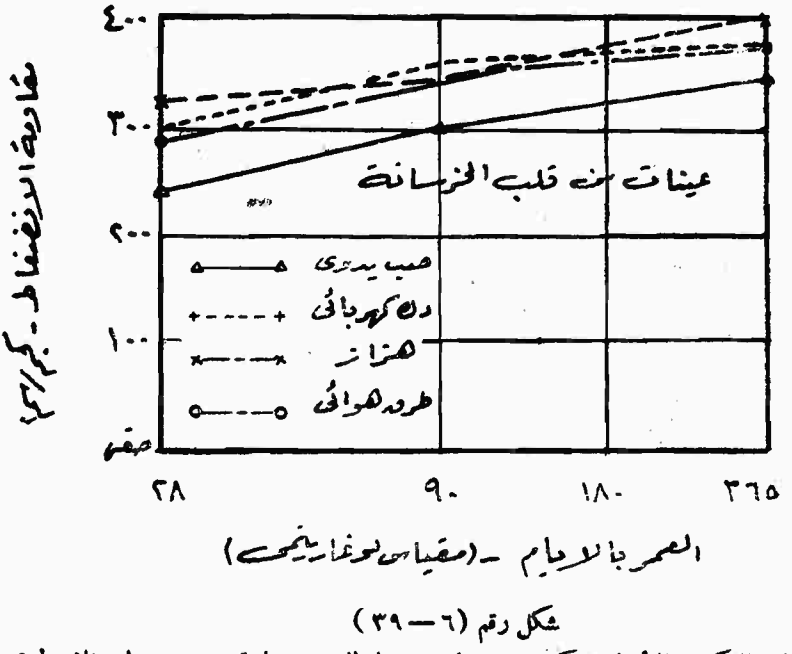
وعند اختبار الخرسانة المتصلدة الناتجة من إضافة ½ ٦ شيكارة اسمنت / م ٣ والتى نسبة الرمل فى ركامها الشامل ٣٦ ٪ كانت مقاومة هذه الخرسانة للضغط عند اختبارها بعد ٢٨ يوماً ٢٦٢ كجم / سم ٢ إذا صبت فى مكانها بالطرق العادية وعند استعمال الأجهزة الهازة على هذه الخلطه بنفس المكونات السابقة مع تقليل ماء الخلط ازدادت مقاومتها إلى ٣٥٠ كجم / سم ٢ .

فإذا علم أن النسبة المئوية المناسبة لكمية الرمل فى الركام فى حالة الخرسانة التى تصب بالطرق العادية تبلغ حوالى ٣٦٪ فإنه باستخدام الطرق الميكانيكية أمكن تقليل هذه النسبة مع تقليل نسبة ماء الخلط فأمكن بذلك زيادة مقاومة الخرسانة للضغط فوصلت إلى ٤١٣ كجم / سم ٢ أى بزيادة كلية مقدارها ١٥١ كجم / سم ٢ .



شكل رقم (٦ — ٣٨) تغير مقاومة الضغط للخرسانة مع محتوى الرمل بالركام الشامل عند استخدام الهزازات لعملية الدمك





شكل رقم (٦ — ٣٩)

مقاومة الضغط ومعايير الكسر للانحناء للمكعبات وعينات من بلاطات خرسانية صبت يدويا وثلاث طرق اهتزاز

ويتضح أيضاً من الشكل رقم (٦ — ٣٨) أنه بدون أى تغير لنسبة الرمل فى الركام فإن الخرسانة المحتوية على ٥ ½ شكارة أسمنت بورتلاندى عادى للمتر المكعب مع استعمال الهز الآلى يكون لها نفس مقاومة الخرسانة المحتوية على ٦ ½ شيكارة للمتر المكعب والتى استخدمت الطرق اليدوية العادية فى صبها .

وكلما قلت نسبة الأسمنت فى الخرسانة كلما زاد احتمال تكوين خرسانة مسامية يسهل للعوامل الجوية والعوامل المتلفة الأخرى التأثير عليها :

وقد أشارت بعض الأبحاث الطرق إلى وجود زيادة فى مقاومة الضغط والانحناء للخرسانة تقدر بحوالى ١٠ ٪ باستخدام الهز الآلى مع نفس كمية الأسمنت التى تدخل فى تكوين الخرسانة التى توضع بالطرق العادية فى مكانها من الشدات والفرم ودلت الاختبارات أيضاً على إمكان تقليل الأسمنت بمقدار ١٠ ٪ دون التقليل من مقاومة الخرسانة أو تجانسها . وفى أبحاث أخرى لرصف ظهر من النتائج زيادة فى مقاومة الضغط للخرسانة بعد ٧ أيام وصلت إلى ٣٦ ٪ وإمكان خفض محتوى الأسمنت إلى حوالى ١٥ ٪ بدون أى تأثير على مقاومة الخرسانة .

٤ — التماسك مع حديد التسليح :

يزداد التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح كلما قلت نسبة الماء إلى الأسمنت فى الخلطة المستخدمة ولقد أجريت اختبارات الإقتلاع بالشد لأسياخ الحديد المدفونة فى اسطوانات خرسانية وكذلك اختبارات على كمرات مسلحة وتم صب الخرسانة بالطريقة اليدوية وكذلك صبت عينات أخرى مع استخدام طرق اهتزاز مختلفة فأظهرت النتائج أن التماسك يتأثر قليلا بنوع الطريقة المستعملة فى صب الخرسانة طالما ظلت نسبة الماء إلى الأسمنت ثابتة وكانت حالة الخرسانة يمكن دمكها . ولما كان الاهتزاز يسمح باستخدام الخلطة الخرسانية ذات القوام الصلب فعلى ذلك يمكن استعمال ماء خلط قليل مع كمية الأسمنت المعطاة الأمر الذى يترتب عليه زيادة التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح .

وقد دلت النتائج على أن مقاومة التماسك تزداد توافقياً مع اهتزاز الحديد حتى بلغ عمر الخرسانة ½ ٧ ساعة وأن الاهتزاز المتأخر كان يعمل على زيادة مقاومة التماسك فى جميع العينات المختبرة .

• ـ التماسك بين طبقات الخرسانة :

أجريت إختبارات عديدة لبيان مقدار التماسك بين طبقات الخرسانة حديثة الصب والخرسانة المتصلدة باستخدام كل من الطريقة اليدوية وطريقة الهز الآلى ودرس الكثير من المتغيرات منها نسبة الماء إلى الأسمنت والقوام والعمر عند التماسك والوصلات الأفقية والرأسية وحالة سطح الخرسانة المتصلدة عند وقف التماسك وبعض النتائج موضحة بالجدول رقم (٦ ـ ٥) ومنها يتبين أن التماسك بين طبقات الخرسانة مع ثبات محتوى الأسمنت يزداد فى العينات التى هزت آلياً بمقدار ٤٤٪ عن تلك التى صبت بالطرق اليدوية العادية .

جدول رقم (٦ ـ ٥) تأثير الهز الآلى على التماسك والمقاومة

«محتوى الأسمنت متساو والاختبار بعد ٢٨ يوم على كمرات ذات مقطع ١٥ × ١٥ سم والبحر ٤٠ سم والتحميل فى المنتصف . وقد وضع تحت الحمل مستوى التماسك بين الخرسانة الحديثة والقديمة » ،

طريقة الصب	النسبة المئوية الماء إلى الأسمنت	القوام بطريقة الهبوط ـ سم	مقاومة التماسك كجم/سم٢	معاير الكسر كجم / سم٢	مقاومة الضغط كجم / سم٢
بالهزاز	٤٧٪	صفر	٣٦,٢٦	٥٣,١٣	٣٨٦,٤
باليد	٦٢٪	١٥	٣١,٦٤	٤٣,١٩	٢٣٩,٤
بالهزاز	٦٢٪	صفر	١٩,٧٩	٣٩,٩٧	٢١٩,٨
باليد	٧٥٪	١٥	١٩,٣٢	٢٩,٦٨	١٧٨,٥
بالهزاز	٦٢٪	١,٢٥	٣٠,٠٣	٤١,٧٢	٢٣٤,٥
باليد	٧٥٪	١٥	١٩,٣٢	٣٩,٦٨	١٧٨,٥
متوسط النسبة =		باستعمال الهزاز / بدون الهزاز	١,٤٤	١٣,٢	١,١٤

٦ ـ الهز المتأخر :

عند وضع طبقات الخرسانة المتتالية تنتقل الاهتزازات من طبقة الخرسانة الطازجة

العليا إلى ما تحتها من طبقات والتى قد تكون تصلدت جزئياً ويكون فيها الأسمنت قد شك نهائياً .

ودلت التجارب على أن إعادة عملية الهز (Revibration) الخرسانة التى شكت جزئياً تحسن فعلا من مقاومتها .. وفى هذه الدراسة أعيد هز الخرسانة لفترات تتراوح بين ٥ دقائق وساعتين بعد إتمام عملية الصب واستخدام أنواع متعددة من الأسمنت البورتلاندى . وقد بينت هذه الدراسة أن مقاومة الخرسانة تزداد بازدياد الفترة التى تسبق إعادة الهز . ووجد أن الزيادة القصوى لمقاومة الضغط بعد ٢٨ يوما كانت ٢٠٪ كنتيجة لإعادة عملية الهز ، وظاهريا يكون للهز المتأخر فى حدود مدة صغيرة معينة فعل الحقن الذى يكون مفيداً للخرسانة .

ونتيجة الدراسات التى أجريت لتحديد تأثير الهز المتأخر على تماسك الخرسانة وحديد التسليح فقد ثبت أن هز الخرسانة الطازجة المجاورة للأسياخ البارزة من الخرسانة المتصلدة لا تنقص من التماسك .

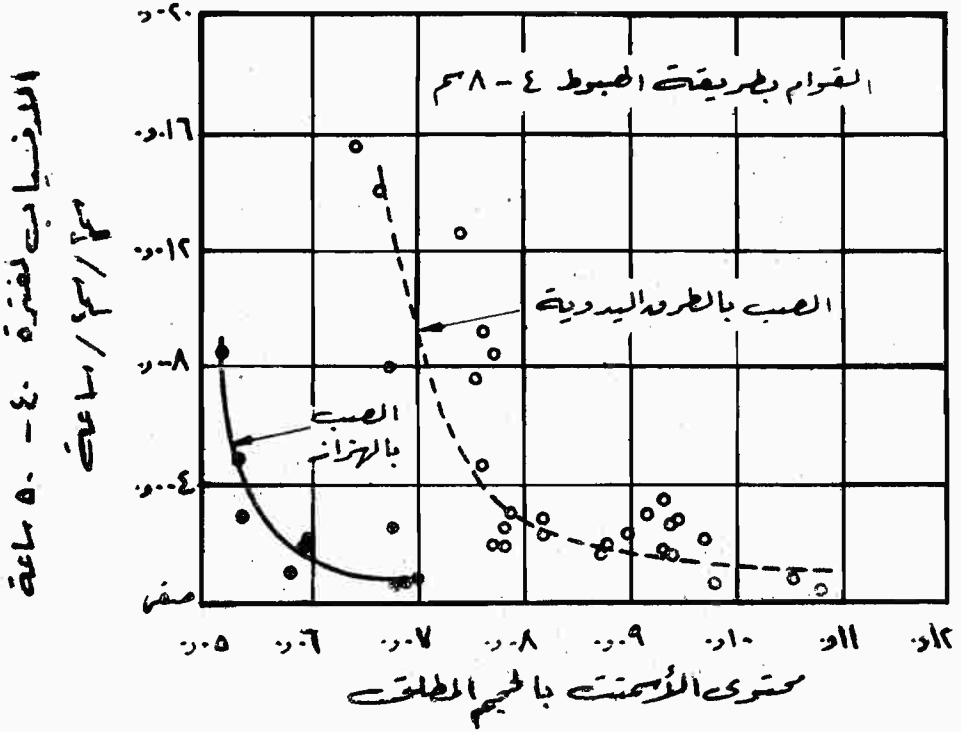
وفى الأعمال الخرسانية الخارجية التى يكون المظهر الخارجى لها ضروريا يجب تجنب اختراق جهاز الهز لطبقة الخرسانة حديثة الصب ووصوله لطبقة خرسانة بدأت فعلا فى مرحلة التصلد ، وذلك منعا لظهور خط إنفصال متعرج بين الطبقتين عندما تتصلد الخرسانة فيما بعد حيث يشوه ذلك المظهر الخارجى للمنشأ :

٧ ــ الامتصاص والمنفذية والتحمل مع الزمن :

كلما قل امتصاص الخرسانة للرطوبة وقلت منفذيتها للسوائل عموما (الأحماض والمحاليل القلوية ...) إزدادت مقاومتها للعوامل الجوية ، وتعتبر الخرسانة غير المنفذة أساسية إذا كانت سدوديتها للماء مطلوبة . وقد أمكن تقليل منفذية الخرسانة ودرجة امتصاصها لحد كبير باستخدام الهز الآلى لها .

وفى الدراسة التى أجريت على عينات ذات محتوى أسمنت معين كان امتصاص الخرسانة التى هزت آليا أقل ٦٠٪ كما أن منفذية الماء تحت ضغط مائى ٢٫٨ كجم/سم٢ كان فى حالة الهز الآلى أقل بمقدار $\frac{1}{10}$ من الخرسانة المدموكة يدويا . وكانت هذه القيم لخلطات غير دسمة وكان النقص فى الامتصاص والمنفذية نتيجة لتقليل نسبة الماء إلى الأسمنت

لاستخدام الهز الآلى ويوضح الشكل رقم (٦ — ٤٠) نتائج اختبارات المنفذية للخرسانة التى هزت آليا ومقارنتها بالخرسانة اليدوية والتى كانت فى نفس الظروف :



شكل رقم (٦ — ٤٠) تغير منفذية الخرسانة مع محتوى الأسمنت فى حالتى الدمك اليدوى والآلى

أما بالنسبة للتحمل مع مرور الزمن فقد عرضت الخرسانة المغمورة جزئيا بالماء لدورات من التجمد وذوبان الثلج وقد بينت النتائج أن العينات التى هزت آليا كانت متفوقة على العينات المصبوبة يدويا والتى تحتوى على نفس محتوى الأسمنت وحيث اختبرت العينات بعد ١٥٠ دورة فكانت مقاومة الضغط للعينات التى هزت آليا ضعف العينات يدوية الدمك .

٨ — الضغط على الفرم :

من الواضح جداً أنه عند استخدام أجهزة هز الفرم والشدات يتطلب الأمر عناية أكثر من العادية لضمان جساءة الشدات . وعند استخدام الهز الداخلى يوجد غالبا عمق أكبر من الخرسانة الدنة وذلك بالمقارنة بالخرسانة اليدويه .. وفى هذه الحالة

فإن الضغط الأقصى على الشدات يكون أكبر ولذلك يجب أن تكون الفرم قوية بدرجة كافية تحتمل معها فعل الهز المستمر .

وقد قيس الضغط فى حالة أعمدة ذات ارتفاع ٢,٥ م وعرض ٠,٥٠ م وسمك ٠,٢٠ م مع استخدام هزازات متصلة بالشدات وكان هبوط الخرسانة الطازجة ٤ سم فوجد أن الضغط على الشدة يعادل ضغط المواتع Fluids التى لها نفس كثافة الخرسانة ، أما فى حالة استخدام خرسانة قوامها ١٨ سم فإن الضغط يزداد هيدروستاتيكيا بحد أقصى يزيد قليلا عن نصف الضغط السابق فى حالة استخدام الهزاز الآلى .

وأوضحت الدراسات الأخرى أنه باستخدام الهزازات الداخلية تتحول أكبر كمية من الخرسانة إلى عجينة لدنة وينتج عن ذلك ضغط أكبر على الفرم والشدات . . وقد وجد أن ضغط الخرسانة فى هذه الحالة على جوانب الفرم يعادل ضغط سائل كثافته مكافئة لكثافة الخرسانة بحد أقصى حوالى ٠,٢٠ — ٠,٣٠ كجم/ سم٢ فى إنشاءات المبانى العادية ، وعندما يكون صب الخرسانة سريعاً كما فى حالة الأعمدة فيصاحب ذلك زيادة فى هذه الضغوط .

التوصيات بالنسبة لاستخدام الهزازات :

١ — فى صب الخرسانة :

توضع الخرسانة على طبقات تتراوح أسماكها بين ٠,٥٠ ٦٠ سم وتهز كل طبقة فى موضعها الجديد بطريقة لا تؤدى إلى فصل مكوناتها وتستمر عملية الهز حتى الحصول على سطح أملس خال من الفقاعات الناتجة من الجيوب الركامية شكل رقم (٦ — ٤١) و(٦ — ٤٢) وقد تستخدم الوسائل اليدوية إذا دعت الحاجة وبالإضافة إليها بعض أجهزة الهز الخارجية المطلوبة .

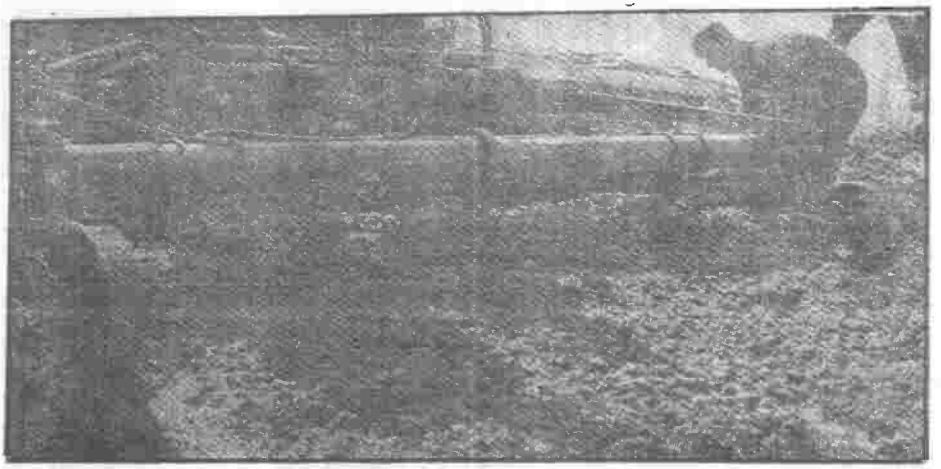
٢ — فى أنواع الهزازات :

تستخدم أجهزة هز الفرم عندما تكون القطاعات أصغر من أن يستخدم فيها أجهزة الهز الداخلية كذلك تستخدم أجهزة الهز الداخلية فى كل القطاعات الكبيرة بدرجة كافية لإدخال الجهاز وتحريكه داخل الخرسانة وقد يستخدم بالإضافة إلى ذلك بعض أجهزة الهز الخارجية إذ لا يمكن الحصول على أسطح مرضية بواسطة أجهزة الهز الداخلية كما قد تستخدم أجهزة هازة خارجية حول الفرم لتحسين الأسطح الرأسيه للأعضاء الخرسانية.

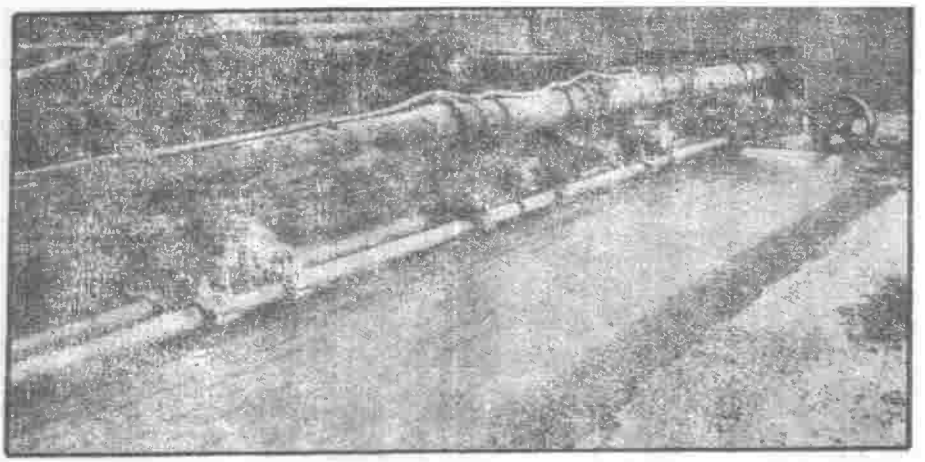
بعد الدمك

قبل الدمك

شكل رقم (٦ — ٤١) تأثير الدمك بالهزاز الداخلي على الخرسانة الطازجة عند الصب



قبل الدمك



بعد الدمك

شكل رقم (٦ ـ ٤٢) تأثير الدمك بالهزاز السطحى على خرسانة الرصف

٣ ـــ فى عدد الهزازات وأحجامها :

يشترط فى الهزاز المستخدم إلى جانب متانة الصنع أن يكون قادراً على أن ينقل

الخرسانة مالا يقل عن ٣٦٠٠ دفعة / الدقيقة كما يجب ألا يقل مجال تأثير الحركة الاهتزازيه الذى يمثله نصف قطر التأثير عن ٥٠ سم عند استخدام الجهاز فى خرسانة يعطى اختبار الفوام بطريقة الهبوط ٢ سم كما أنه لابد من استخدام عدد كاف من الأجهزة تسمح بإتمام عملية الهز فى المواضع المتفرقة من الطبقة الخرسانيه ، فى وقت واحد وبالمعدل المطلوب لصب الخرسانة . . ويفضل وجود أجهزة إحتياطيه فى موقع العمل لاستخدامها فى الأحوال الطارئة كما فى حالة تعطل جهاز أثناء العمل .

٤ — فى طريقة استخدام الأجهزة :

تركب هزازات الفرم بطريقة تضمن سلامة نقل الاهتزازات للخرسانة شكل رقم (٦ — ٤٣) ، (٦ — ٤٤) ويرفع الجهاز لأعلى (على مسافات) بحيث لا تزيد كل كل مسافة عن ارتفاع الخرسانة الذى يمكن أن يتأثر بوضوح بعملية الهز . كما توضع أجهزه هز الفرم أفقيا حول المنشأ بحيث لا تبعد عن بعضها بما يزيد عن نصف قطر التأثر بعملية الهز .

شكل رقم (٦ ـ ٤٣) ربط هزاز الفرم بسطح الشدة

أما بالنسبة للهزازات الداخلية فيجب أن تتحرك باستمرار وبانتظام داخل الخرسانة فى مواضع تتباعد بمسافات متساوية لا تزيد عن نصف قطر التأثير ، ويجب ألا يترك الجهاز فى موضع واحد لمدة طويلة حتى لا يتسبب فى ظهور تجمعات للأسمنت اللبانى على سطحها

Correct صحيح

Start placing at bottom of slope so that compacting is increased by weight of newly added concrete. Vibration consolidates the concrete.

ابدأ الوضع في أسفل المنحدر حتى يزداد الدمك بثقل الخرسانة الجديدة المضافة. الاهتزاز يساعد على تصلب الخرسانة

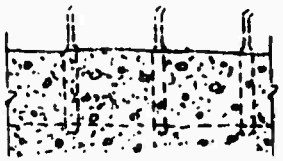
Incorrect غير صحيح

When placing is begun at top of slope the upper concrete tends to pull apart especially when vibrated below as this starts flow and removes support from concrete above.

إذا ابتدأ الوضع في أعلى المنحدر فإن الخرسانة العليا تأخذ في الشد بعيدا عن بعضها خاصة عندما تهتز في الجزء الأسفل عندما يبدأ انسيابها وعندئذ يرفع الركائز ساعتئذ الخرسانة

WHEN CONCRETE MUST BE PLACED IN A SLOPING LIFT.

عندما يجب وضع الخرسانة في منحدر



Correct صحيح

Vertical penetration of vibrator a few inches into previous lift (which should not yet be rigid) at systimatic regular intervals will gave adequate consolidation.

يخترق الهزاز رأسيا لبوصات قليلة داخل الخرسانة المصبوبة سابقا (والتي يجب الا تكون قد تصلبت) على فترات منتظم وبهذا تضمن تصلبا مناسبا

Incorrect غير صحيح

Haphazard random penetration of the vibrator at all angles and spacings without sufficient dept will not assure intimate combination of the two layers.

إذا كان اختراق الهزاز طريقة عشوائية في كل الزوايا والمسافات بدون عمق كاف فإنه لهذا لن يؤكد الدمك بصورة كافية بين الطبقتين

SYSTMATIC VIBRATION OF EACH NEW LIFT.

الاهتزاز الرتيبي لكل طبقة جديدة

شكل رقم (٦ — ٤٤) طريقة الاستخدام الصحيح للهزاز الداخلي

كما تستخدم الهزازات الداخلية بالقرب من جدران الشدة قرباً كافياً للحصول على أسطح جانبية مرضية مع مراعاة تجنب الاصطدام بالشدة بدرجة تتلفها شكل رقم (٦ — ٤٥) .

وتستمر عملية الهز بواسطة الهزازات الداخلية أو هزازات الفرم حتى نحصل على عجينة خرسانية متجانسة ، وبحيث لاتقل مدة الهز عن ٢٣ ثانية لكل ١٠٠٠ سم٢ تقريباً من سطح كل طبقة خرسانية . أما أجهزة الهز السطحية شكل رقم (٦ — ٤٦) فتستعمل لمدة كافية لدفن حبيبات الركام الكبير فى باطن الخرسانة وتغطيتها بطبقة من المونة تعطى سطحاً ناعما مستويا .

٥ — فى تعديل الخلطة : (Adjustment of Mix)

تعدل كميات مواد الخرسانة لتعطى الخلطة التى تتفق كمية الماء والاسمنت فيها مع المواصفات وشروط العمل والتى تصبح مدموكة تماما عند إجراء عملية الهز الآلى .

وتؤخذ كمية الماء ونسبة المونة إلى الركام أقل مايمكن ولكن بدرجة تسمح بالحصول على خرسانة كثيفة متجانسة وخالية من جيوب الركام ومن التعشيش ومن أى علامات أخرى تشير إلى حدوث انفصال فى مكونات الخرسانة .

وفى حاله ظهور زائد من الماء الحر على السطح يعالج ذلك إما بتقليل كمية الماء فى الخلطة بتعديل نسبة الركام وبزيادة نسبة المواد الناعمة المارة من المناخل القياسية ٠,٣٥٤ ، ٠,١٧٧ مم .

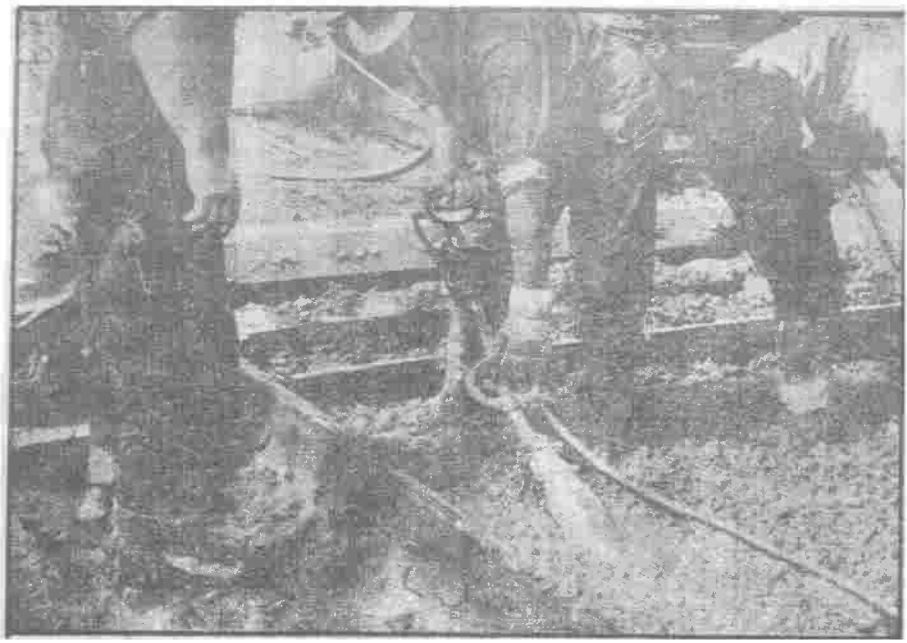
اشتراطات أسس التصميم والتنفيذ بالنسبة لعملية الدمك :

تشمل عملية الدمك المزغزغة والاهتزاز مما يجعل الخرسانة تنساب حول أسياخ التسليح وتغلفها بحيث تملأ كافة فراغ الفرم للمنسوب المطلوب .

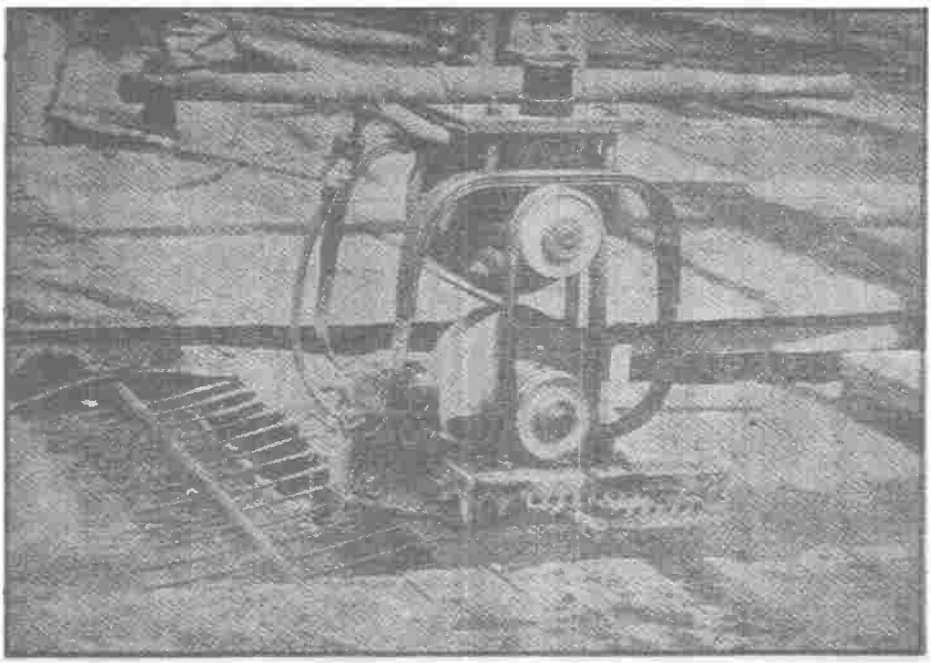
ويجوز عمل الدمك بالأدوات اليدوية إذا لم ينص على استعمال الوسائل الميكانيكية مثل الهزازات الغاطسة (الداخلية) أو هزازت الفرم (الخارجة) أو هزازات الأسطح ، وعلى العموم فإنه يوصى باستخدام الهزازات حيث أنها تقلل من مدة الدمك وتمكن من تخفيض نسبة الماء إلى الاسمنت فى الخلطة مما يؤدى إلى خرسانة أعلى جودة .

ويجب تجنب إطالة مدة الدمك بعد ذلك حتى لا يتسبب استمرارها فى حدوث انفصال فى مواد الخرسانة وطفو كميات كثيفة من لبانى الاسمنت على سطحها .

ويراعى ألا يتسبب الصب والدمك بأى حال من الأحوال فى قلقلة الخرسانات السابق صبها أو زحزحة تسليحها حتى لاتتكون فراغات فى الخرسانة أو حول أسياخ



شكل رقم (٦ — ٤٥) استخدام الهزاز الداخلى قرب جدران الشدة



شكل رقم (٦ ـ ٤٦) جهاز الهز السطحى لدمك خرسانة البلاطات

التسليح وأيا كانت الطريقة يجب أن يستمر الدمك حتى ينعدم التعشيش ويمتنع ظهور الفقاقيع الهوائية وتصل الخرسانة إلى أقصى كثافة .

(هـ) الانهاء والتشطيب . (Finishing)

لقد بذلت جهود كثيرة لتحسين منظر السطح الخرسانى وذلك بصبها فى فرم ملساء أو بمعالجة هذه الأسطح بإضافة مادة كالدكسترين للأسطح الخرسانية لتأخير زمن الشك ، ومن ثم تمشيط سطح الخرسانة لإزالة السطح الأسمنتى وظهور الركام ولكن هذا العلاج إذا عمل لخرسانة عادية فإن السطح الذى يظهر وسوف يكون غير منتظما ويعالج ذلك بانتخاب ركام معين للخرسانة وتتبع طرق خاصة أثناء صب الخرسانة حتى لا يكون هناك فجوات بداخلها باستعمال الهزازات وباختيار وتنقية الركام الذى لايزيد قطره عن ١,٥ سم .

وتعتبر طريقة التمشيط أرخص طريقة لمعاملة السطح الخرسانى وذلك قبل شك الخرسانة ويمكن إجراء هذا التمشيط قبل مضى من ١٦ إلى ١٨ ساعة ويتوقف ذلك على حرارة الجو أثناء صب الخرسانة .

وتستعمل أمشاط السلك وكذلك يصب الماء بكثرة للتأكد من غسل الركام الذى يظهر على سطح الخرسانة غسلا جيداً .

وبالنسبة للتصميمات الهندسية فإنه يمكن عمل رسومات مختلفة على سطح الخرسانة بواسطة الحفر ، وتستعمل عادة فى ممرات الحدائق والطرقات التى تحيط بحمامات السباحة فبعد تسوية سطح الخرسانة بواسطة خشبة التسوية وتخليص السطح من الرطوبة الزائدة يبدأ الحفر فى الخرسانة بطريقة ارتجالية بواسطة حفارات عبارة عن سطح اسطوانى من النحاس بطول ١٨ بوصة تقريبا ، وهى ماسورة على شكل حرف S مثل المستعملة فى أعمال البناء . ولايمكن عمل مثل هذه الحفر إلا عندما تكون الخرسانة لدنه وهى عادة مابين $\frac{3}{4}$" إلى 1" فى العرض ، $\frac{3}{8}$ فى العمق .

وعند وصل الخطوط الهندسية ينتج على السطح بعض زيادات وهى الناتجة من عملية الحفر فتسوى بإمرار الحفارة مرة ثانية فى نفس المسارات لنحصل على وصلات نظيفة ناعمة ، ويسوى السطح أخيراً بكل عناية بواسطة المسطرين ، وعند إتمام عملية الشك

تسوى المسارات الهندسية بواسطة فرشة ناعمة من الشعر ، كما أنه فى هذه الحالة يجب عدم استعمال الماء إطلاقاً .

وقد تعمل رسومات على شكل أوراق الشجر وهى تستعمل خاصة على طول ممرات الحدائق وغيرها حيث يكون تصميمها على مستوى فنى عال كما أنها تكون حسنة المظهر ، فتؤخذ بعض أوراق الشجر الموجودة بالمنطقة وبعد تسوية سطح الخرسانة نهائياً توضع هذه الأوراق وتضغط بعناية ، ويتم هذا باستعمال محارة تشطيب مع ملاحظة عدم غمس أى جزء من ورق الشجر داخل الخرسانة ثم ينتزع ورق الشجر بعد عملية الشك فنحصل على مظهر هندسى جميل .

وقد تعمل رسومات على هيئة دوائر ويكون شكل السطح المستعمل فيه هذه الطريقة ممتع ويستعمل فى حالات مختلفة مثل أرضية القاعات وتتم هذه الرسومات الدائرية بعد الانتهاء من تجهيز سطح الخرسانة وصقله وذلك باستعمال عدد من الطب الدائرية بأقطار مختلفة ، ثم يبدأ أولا بالأقطار الكبيرة ويتم ذلك بوضع الناحية المفتوحة من الطبة على سطح الخرسانة والضغط عليها من أعلى مع لفها خفيفا حتى نحصل على طبعة جيدة ، وبعد الإنتهاء من طبع الدوائر ذات الأقطار الكبيرة فإننا نستعمل بعد ذلك الدوائر التى تكون أصغر وهكذا .

وقد تعمل رسومات على هيئة موجات دائرية ويتم عمل هذه الموجات باستعمال محارة من الألومنيوم أو الصلب ثم يدك سطح الخرسانة ويسوى بخشبة التسوية ويصقل بالمسطرين الصلب حيث يمكن تحريك المحارة أو المسطرين بحركات نصف دائرية متداخلة ببعضها البعض .

ثالثا : مرحلة مابعد الصلب (تصلد الخرسانة)

(١) المعالجة (Curing) :

١ ــ ماهية المعالجة :

تأتى معالجة الخرسانة فى آخر خطوة من خطوات الصناعة وهى من أهم خطواتها لذلك يجب إعطاؤها القدر الكافى من العناية والتزام إجرائها على أكمل وجه لكى تعطى فى النهاية الخواص المطلوبة .

والمعالجة هى إحدى الطرق التى تساعد الخرسانة فى الحصول على المقاومة المطلوبة وكذلك مقاومة العوامل الجوية وقد اتضح أن استخدام مواد جيدة وبنسب صحيحة ليس ضمانا

كافيا للحصول على خرسانة ذات خواص حسنة إذا ما أهملنا مرحلة المعالجة .

وبدراسة خواص الخرسانة وجد أن المقاومة تزداد بمقدار ٥٠ ٪ عندما تعالج لمدة ٧ أيام وبمقدار ١٠٠ ٪ عندما تتم المعالجة لمدة ١٤ يوما . كما أن المعالجة الكاملة تضيف إلى خواص الخرسانة خاصية المقاومة للبرى وتعمل أيضا على تحسين خواص مقاومة المنفذية للسوائل .

لذلك يجب أن تكون كمية الرطوبة على سطح الخرسانة كافية لمنع الجفاف والانكماش قبل تصلب الخرسانة، وبما أن الماء المستعمل فى الخلطة الخرسانية يمتص جزء آمنه بواسطة حبيبات الركام وجزءاً آخراً لتحسين درجة التشغيل والجزء الثالث والمهم هو لاتمام عملية الإماهة لذلك يجب المحافظة على هذا الماء داخل الخرسانة بواسطة المعالجة وذلك بمنع الخرسانة من الجفاف لمدة ثلاثة أيام على الأقل ومن الممكن الحصول على نتائج أحسن بامتداد فترة المعالجة لمدة من ١٠ إلى ١٤ يوماً .

٢ ــ فترة المعالجة :

تحدث عملية إماهة الأسمنت فى وجود الجو الرطب وفى درجات الحرارة المناسبة لذا يجب المحافظة على هذه الشروط عند تحديد فترة أو وقت إجراء المعالجة للخرسانة وتحصل الخرسانة على معظم قوتها فى فترة وجيزة فى الأعمار المبكرة لها لذا نجد أن الفائدة العظمى من المعالجة تكون مركزة خلال هذه الفترة . وكلما تأخرت معالجة الخرسانة ــ ولو كان يوماً واحداً ــ كلما كان ذلك مضراً بالخرسانة حيث أنه يؤدى إلى عدم اكتساب الخرسانة للمقاومة المطلوبة .

ولا تجرى المعالجة إلا بعد تسوية السطح النهائى للخرسانة ويحسن زيادة فترة المعالجة للحصول على خواص أفضل فمثلا معالجة ٧ أيام تعطى خواصا أفضل من معالجة يوم أو اثنين وهكذا . وتنص المواصفات على أن يعالج سطح الخرسانة لمدة ١٤ يوماً على الاقل لمنع حدوث الانكماش أو التغيرات الحجمية نتيجة لتغير نسبة الرطوبة فى الخرسانة أو حولها والبعض الآخر يحددها بما لا يقل عن ١٤ يوما .

وتتوقف فترة المعالجة لدرجة كبيرة على نوع الأسمنت المستخدم ، فبالنسبة للاسمنت البورتلاندى العادى يكفى ١٤ يوما للمعالجة فى درجات الحرارة العادية أما الاسمنت السريع التصلد فإنه يحتاج إلى فترة قصيرة فى العلاج مع العناية التامة فى خلال هذه

الفترة ، وفى حالة الخرسانة المستعمل فيها الاسمنت عالى الألومينا فيجب أن تحفظ مشبعة فى خلال الثمانى ساعات الأولى لها ثم تظل مبللة فى خلال الستعشرة ساعةالتى تلى ذلك . وفى حالة الاسمنت الحديدى نجد أنه يحتاج لمعالجة خاصة كما يحتاج لنمره بالماء لمدة ١٤ يوما على الأقل .

٣ ــ طرق معالجة الخرسانة :

١ ــ طريقة الرش :

ترش الخرسانة مرتين أوثلاث مرات يومياً وذلك عندما لاتكون معرضة لحرارة الشمس المباشرة ولا تطبق هذه الطريقة فى حالة خرسانة الرصف .

٢ ــ طريقة التغطية :

وتستخدم فى حالة الخرسانة المعرضة لتأثير الرياح وأشعة الشمس المباشرة .

(ا) التغطية بالخيش أو بقماش من التيل يبلل بالماء مرتين يومياً .

(ب) التغطية بطبقة من الرمل سمكها ٥ سم أو بنشارة الخشب وتبلل مرة يوميا .

(ح) التغطية بالقش أو التراب المبلل .

وعندما تتصلب الخرسانة بدرجة كافية تغطى بطبقة من التراب بسمك حوالى ٥ سم أو بطبقة من القش بسمك حوالى ١٥ سم لحفظ السطح مبللا لمدة ٧ ــ ١٢ يوما ويتوقف تكرار البلل على معدل البخر الذى يعتمد بدوره على المواد المستخدمةودرجة الحرارة ودرجة الرطوبة الجو المحيط وفى الأحوال العادية تبلل الأغطية من مرة إلى أربع مرات يوميا . والمعالجة بالتراب المبلل فى شوارع المدينة غير مرغوب فيها ويجب ملاحظة خلو الغطاء المستعمل من التراب والأحجار المكسرة أو الزلط لأن وجود مثل هذه الأحجار يسبب جفاف المنطقة من الخرسانة الملاصقة لها وبالتالى يعمل على انكماش هذه المنطقة من الخرسانة دون غيرها فلا يكون هناك تجانساً تاما فى سطح الخرسانة .

(د) التغطية بالورق :

وهى إحدى الطرق المعالجة الحديثة بالنسبة للأسطح الأفقية ويستخدم فيها نوع من الورق يقاوم منفذية الماء ويوضع هذا الورق على سطح الخرسانة بعدالتشطيب مباشرة ويترك فى مكانه لفترة المعالجة المطلوبة . ويوجد هذا الورق على شكل لفات مما يسهل

استخدامه فى معالجة بلاطات الأرضيات الخرسانية وفى معالجة خرسانة الرصف . وعند استخدام هذا الورق يجب التأكد من خلوه من الثقوب كما يجب العناية بسد الوصلات بين أجزاء الورق المتجاور .

(هـ) التغطية بالبيتومين :

فى الأماكن الجافة (مثل الصحراء) التى لا يمكن الحصول على الماء فيها بسهولة توضع طبقتان من الأسفلت الناتج عند تكرير البترول أو القطران ويراعى أن توضع إحدى هذه المواد على سطح الخرسانة فى خلال ساعة من صبها والغرض من استخدام هذه المواد هو منع تبخر ماء الخلط .

٢ — طريقة الأحواض أو الغمر :

وتستخدم فى حالة خرسانة الرصف وقد تكون هذه الأسطح مائلة مما يجعل وجود الماء عليها غير ممكن لذلك تعمل لها حواجز طولية وعرضية (على شكل أحواض يمكن إزالتها بسهولة) وتملأ هذه الأحواض بالماء وتزال بعد أن تتم عملية المعالجة .

٤ — استخدام المركبات المسدودة.

وفيها يلصق على السطح الخرسانى بعد الانتهاء من التسوية مستحلب ماء قارى (أى بيتومين سائل) وبعد تعرضه للهواء وهو على سطح الخرسانة نجد أن المستحلب يتجزأ على سطح الخرسانة تاركا شريحة رقيقة من البيتومين ويمكن استعمال الأسفلت أو قطران الفحم فى مثل التغطية والتكسية لسطح الخرسانة .

إلا أن استعمال مثل هذه الأغطية السوداء غالبا ما يكون محصوراً فى نطاق ضيق مثل الأساسات لتواجد الرطوبة والتشبع الدائم من المياه الجوفية فى باطن التربة أما فى الأحوال الأخرى فيضيق النطاق أمام استعمال مثل هذه الطريقة بسبب رداءة شكل الخرسانة الناتجة بهذا الوضع . وفى الطقس الحار تسمح الأسطح المغطاه بهذه الطبقة السوداء اللون بامتصاص الجزء الأكبر من الحرارة وبذلك تؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة الخرسانة عن الحد المعقول وبالتالى يعمل ذلك على نقص الرطوبة الموجودة بالخرسانة كما تحدث تشققات وشروخ فى الخرسانة . وللحصول على نتائج مرضية باستعمال المركبات الصافية الرائقة فإنه يجب تظليل السطح لمدة الثلاثة أيام الأولى من عمر الخرسانة وذلك لمنع حدوث تبخر للماء بداخل الخرسانة . ومن الناحية العملية وجد أنه لا يمكن إعطاء

الغطاء الواقى ـــ سواء كان أسفلت أو مستحلب بيتومينى ـــ انتظاما فى السمك والقوام فى جميع المساحات من سطح الخرسانة كما أنه عند استخدام طبقة واحدة فقط يلاحظ حدوث ثقوب منتشرة على السطح الناتج لذا يفضل استعمال الغطاء البيتومينى على طبقتين لتلافى حدوث مثل هذه الثغرات وعند استعمال المركبات السدودة عند الأسطح التى أزيلت عنها الشدات فإنه يستحسن بلها بالماء لمدة بضع ساعات قبل استعمال الطبقة السدودة نظراً لأن الشدات تسمح ببعض الجفاف .

كما تستعمل مركبات الشمع غير الملونة بشكل عام فى بعض المنشآت الخاصة حيث لا يمكن تطبيق طريقة المعالجة بالماء عليها أو حيث لا تكون الأغطية السوداء مرغوبا فيها . وقد تترك هذه المركبات بقعا صغيرة على السطح تكون فى الغالب كافية للحد من استعمالها إلا أنه يمكن الحصول على نتائج أفضل عند استعمال هذه المركبات على الأسطح الخرسانية إذا ظلت هذه الأسطح مما يساعد على منع تبخير الماء . ولما كانت عملية تظليل الأسطح الخرسانية صعبة التنفيذ خصوصا فى أيام الرياح الشديدة فقد أمكن إيجاد أنواع مختلفة من المركبات البيضاء غير الشفافة أمكنها أن تؤدى أغراض التظليل وتعتبر مركبات الشمع غير الملونة بديلا مقبولا لعملية المعالجة بالماء فى بعض المنشآت الخاصة . وقبل وضع المركب الشمعى على أسطح الخرسانة تغمر هذه الأسطح بالماء بعد مرور يوم أو اثنين من تركيب الفرم وذلك لأن هذه الفرم تسمح بحدوث بعض الجفاف كما يمكن استخدام طبقة من كلوريد الكالسيوم توضع على سطح الخرسانة بعد تكوين محلول منه بمعدل ١ كجم لكل م٢ من السطح .

٥ ـــ استعمال الفرم الخشبية الرطبة :

يفيد استعمال الفرم الخشبية الرطبة أو المبللة فى منع حدوث الانكماش أو التشققات فى سطح الخرسانة بين أماكن اتصال الألواح الخشبية المستعملة فى الشدة وبعضها الآخر وبالتالى فإنه يساعد على حفظ نسبة معينة من الرطوبة داخل الخرسانة . كما أنه عند عمل معالجة لسطح الخرسانة بعد إزالة الفرم فإنه ينصح بإزالتها على وجه السرعة على قدر الإمكان كما أن الفرم المكونه من الألواح الخشبية الضيقة والكثيرة فى السطح الواحد لا يكون مفعولها متكاملا فى منع حدوث نقص فى الرطوبة بداخل الخرسانة كما أن إزالة الفرم من الخرسانة خصوصا إذا احتاج الأمر إلى ترميم أى جزء من الخرسانة الناتجة يفضل لو كان سريعا .

٦ ـــ المعالجة بالبخار :

تستخدم مثل هذه الطريقة فى معالجة الوحدات الخرسانية جاهزة الصنع مثل البلوكات والفلنكات وهذه الطريقة كثيرة التكاليف ولا تستخدم إلا فى المصانع الكبيرة الضخمة لما لها من تأثير هام فى مثل هذه الأعمال حيث يكون من المستحسن الإسراع بعملية الإماهة والتصلد حيث أن هذه الوحدات لابد أن تكون جاهزة الصنع خلال عدة أيام قليلة من صبها ولتجنب مشاكل التخزين فإنها تحتاج إلى معالجة سريعة . لذلك فإن استخدام المعالجة بالبخار يكون ملائما جداً فى مثل هذه الأعمال وتشتمل عملية المعالجة بالبخار على أربع خطوات رئيسية هى :

(ا) فترة قبل إدخال البخار : (presteaming period)

وهو الوقت بين عملية اتمام الخلطة وعملية إدخال البخار وفى أثناء ذلك الوقت يحدث بعض الاماهة للاسمنت وبذلك تكون الخلطة مستعدة للتعرض للبخار .

(ب) فترة ارتفاع الحرارة (Temperature Rise period)

وهو الوقت الذى ترفع فيه درجة حرارة المنتج المراد معالجته بمعدل مضبوط حتى تصل إلى الدرجة النهائية المطلوبة ومعدل رفع درجة الحرارة يتراوح بين ٥ ـــ ١٥°م فى الساعة ويتوقف على نوع المنتج نفسه وعادة تحتاج العملية من ساعة إلى ٦ ساعات .

(جـ) فترة درجة الحرارة القصوى (period at Max Temp) وهو الزمن الذى خلاله تصل قوة المنتج إلى درجة تسمح بنقله وتداوله وتحتاج هذه الفترة فى الغالب لعدة ساعات تثبت خلالها الدرجة القصوى المطلوبة للحرارة

(د) فترة التشرب : (Soaking period)

بعد أن يصل المنتج إلى درجة الحرارة القصوى المطلوبة فانه يجب عدم السماح للبخار بالدخول ويسمح للمنتج بالتشرب فى الحرارة المتخلفة والرطوبة التى بداخل القمين (Curing Kiln)

وتعتبر هذه الخطوات الأربع سالفة الذكر خطوات رئيسية لكل منتج خرسانى يراد معالجته بخاريا . ولابد من التأكد من أن كل خطوه من هذه الخطوات قد تمت بنظام وخلال أزمنة معينة تتوقف على نوع المنتج نفسه حتى نحصل فى النهاية على المقاومة

المرغوبة فى الأوقات المطلوب فيها الحصول على المنتج كاملا وسليما وقوياً ويمكن استعماله بعدها فى الأغراض المطلوبة .

ويمكن أن تتم المعالجة بالبخار إما بالضغط العالى أو بالضغط المنخفض :

(ا) استخدام الضغط العالى :

يتطلب الشادات ضخمة خاصة من الحجرات الحديدية التى يجب أن تمد بكميات زائدة من الماء لضمان وجود جو مشبع . وفترة المعالجة فى هذه الحالة تكون قصيرة نسبياً .

(ب) استخدام الضغط المنخفض بالطريقة المستمرة .

تكون عملية المعالجة مستمرة وذلك بوضع الوحدات الخرسانية على عربة تنقل إلى ممر طويل مشبع بالبخار ووجود البخار يجعل جزيئات الماء وحبيبات الأسمنت تتحد مع بعضها مما يساعد على تكوين البلورات بسرعة .

(حـ) استخدام الضغط المنخفض بالطريقة غير المستمرة :

تتم المعالجة فى سلسلة من حجرات المعالجة كل حجرة مصممة عادة لاستيعاب إنتاج يوم كامل وإعطاء البخار يبدأ فى آخر اليوم .

والمقاومة المكتسبة فى يوم واحد فى حالة استعمال المعالجة بالبخار تعادل المقاومة المكتسبة بعد ٢٨ يوماً باستعمال طرق المعالجة العادية وهذا يعتبر من فوائد المعالجة بالبخار . والسرعة الكبيرة فى اكتساب هذه المقاومة مع الفقد القليل فى المقاومة الكلية يمكن الحصول عليه فى درجات حرارة ما بين ٥٥°م ، ٧٣°م . وتتسبب درجة الحرارة العالية فى هذه الحالة فى الحصول على مقاومة عالية فى وقت مبكر جداً أما إذا زاد وقت المعالجة عن يومين فيحدث ذلك نقصاً فى المقاومة المكتسبة وفيما يلى بعض النتائج التى أمكن الوصول إليها باستعمال المعالجة بالبخار .

(ا) تستخدم خلطات جافة نوعاً عن تلك المعالجة تحت الظروف الرطبة .

(ب) تتساوى مقاومة الضغط للخرسانة الناتجة من المعالجة بالبخار فى الوحدات الخرسانية جاهزة الصنع بعد يوم واحد بتلك الناتجة عن المعالجة تحت ظروف الرطوبة المناسبة بعد ٢٨ يوماً .

(جـ) تكون مقاومة الخلطة للأملاح والكبريتات متزايده عن الخلطات العادية

(د) تبلغ نسبة الانكماش التى قد تحدث نصف تلك التى قد تحدث عند المعالجة فى الظروف المناسبة من الرطوبه .

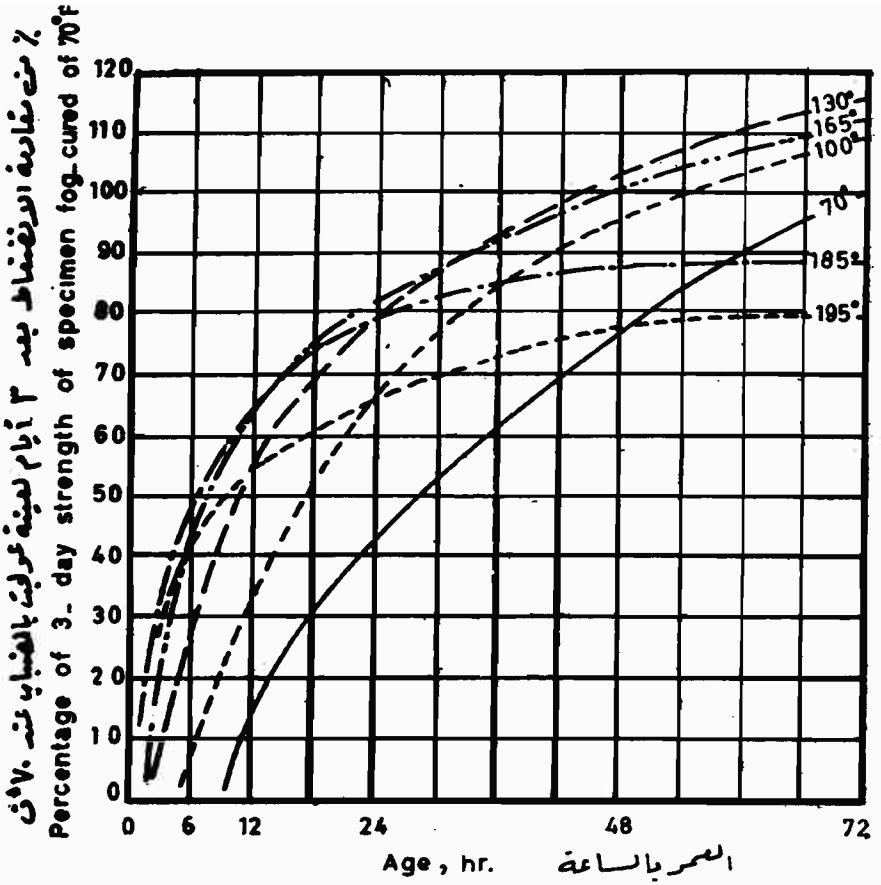
(ه) تقل مقاومة التماسك بين الخرسانة وأسياخ حديد التسليح فى مثل هذه الطريقة من المعالجة .

ويجب ملاحظة أن فى جميع طرق معالجة الخرسانة بالبخار ألا يكون الارتفاع فى درجات الحرارة بسرعة مفاجئة كذلك يجب أن تعرض جميع أسطح الخرسانة فى نفس الوقت للمعالجة البخارية فى جميع أجزائها وإلا تتأثر مقاومة الخرسانة للضغط .

والرسم البيانى فى شكل (٦ — ٤٧) يوضح تأثير المعالجة بالبخار فى درجات الحرارة التى تقل عن ٢٠٠° ف على مقاومة الضغط للخرسانة فى أعمارها المبكرة وفيما أجريت المعالجة بالبخار للعينات الخرسانية بعد صبها مباشرة وقد وجد أن مقاومة الضغط للخرسانة بعد ٣ أيام من المعالجة عند درجة ٧٠°ف تكون حوالى ٢٠٠٠ باوند/بوصة٢ أى ما يقرب من ١٤٠ كجم/سم٢ حيث نسب مكونات الخلطه المستعمله فى هذا الاختبار يكون فيها محتوى الأسمنت ٣٠٠ كجم٣ ونسبة الماء إلى الأسمنت م/ س = ٠,٥٥ ونسبة الركام الصغير : الركام الكبير = ٣٨ : ٦٢ والمقاس الاعتبارى الأكبر لعينة الركام المستخدمة فى الاختبار = ٤٠مم . ويستنتج من المنحنى البيانى أن مقاومة الخرسانة تقل تحت درجات الحرارة المنخفضه أو المرتفعة فى معدل زيادتها عنها فى درجات الحراره المتوسطة بينهما أى فى المدى مابين ١٠٠° ، ١٣٠° ف . أى ٣٨° ، ٥٥ م تقريباً .

والشكل رقم (٦ — ٤٨) يبين تأثير درجات حرارة المعالجة على المعدل الذى تنمو فيه مقاومه الخرسانه وكل قيمة هى متوسط نتائج ٣ اسطوانات (عينات) من الخرسانة قطرها ٦ بوصة وارتفاعها ١٢ بوصة حيث خلطت الخلطات فى خلاطات مقفلة لمدة دقيقتين وحفظت الاسطوانات بعد الصب فى جو درجه حرارته ثابتة وفى القوالب لمدة ٢٤ ساعة وفى نهاية هذه المدة أجريت لها المعالجة مع ثبوت درجة الحرارة عند ١٥°ف بواسطة جهاز كهربائى وعند ٤٠° بواسطة قطع من الثلج وعند ٧٠° ف فى حجرة رطبة وعند ١٠٠° ف فى حمام مائى وعند ٢٠٠° ف فى البخار ثم أخرجت هذه الاسطوانات المتصلدة قبل الاختبار مباشره واختبرت الأسطوانات تحت ضغط مائى يعادل ٢٠٠٠٠٠ باوند ونسبة الخلطة هى ١ : ٢ : ٣ بالحجم ، م / س = ٠,٨ والأسمنت المستعمل هو أسمنت بورتلاندى عادى .

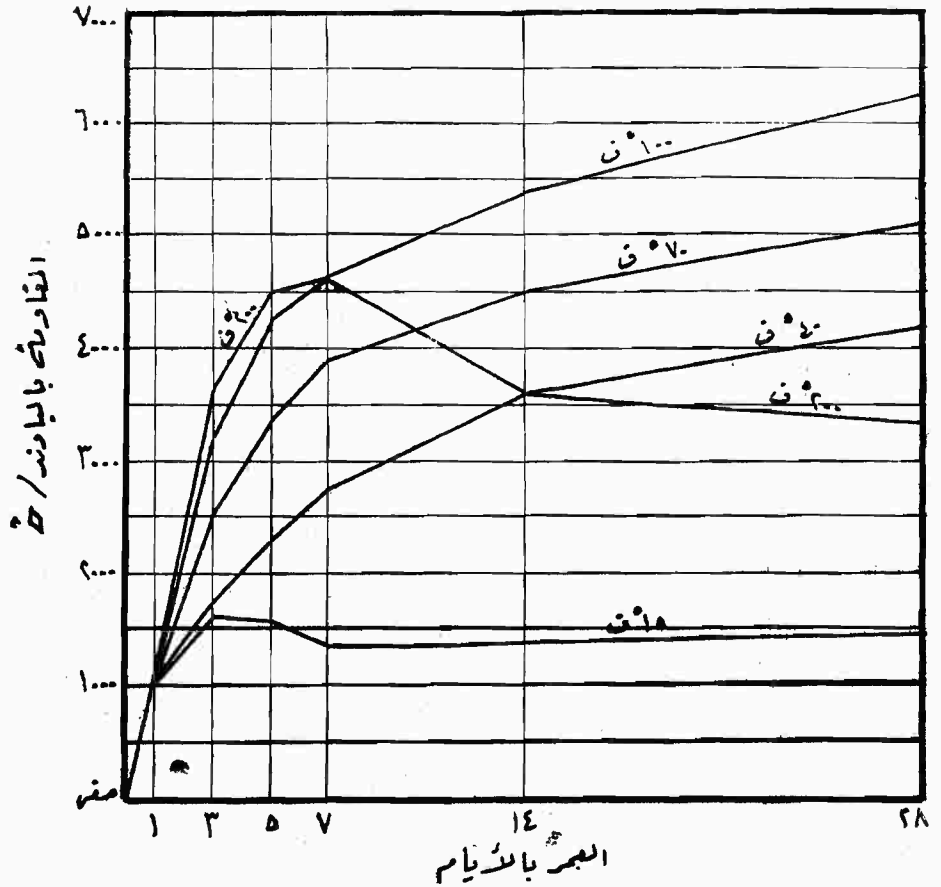
والجدول رقم (٦ — ٦) يبين مقارنة لمعدل اكتسبات المقاومة لخرسانة عولجت فى درجات حراره مختلفة .



EFFECT OF STEAM CURING AT TEMPERATURES BLOW 200 °F ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE AT EARLY AGES. STEAM-CURING STARTED IMMEDIATELY AFTER SPECIMENS WERE CAST. COMPRESSIVE STRENGTH AT 3 DAYS OF SPECIMENS FOG-CURED AT 70 °F WAS 2000 psi. TYPE II CEMENT. W/C 0.55, CEMENT CONTENT 1.37 bbl per cu yd, MAXIMUM SIZE AGGREGATE 1 1/2 in.

يؤثر المعالجة بالبخار عند درجات حرارة أقل من ٢٠٠°ف على مقاومة الزسانة للانضغاط عند عمر مبكر. ابتدأت المعالجه بالبخار بعد صب العينات مباشرة. كانت مقاومة الانضغاط للعينات بعد ٣ أيام والمعالجة بالضباب عند درجة ٧٠°ف = ٢٠٠٠ باوند/بوصة² نوع الاسمنت المستعمل هو II ونسبة ك = ٠,٥٥ ومحتوى الاسمنت = ١,٣٧ برميل اسمنت/ياردة³. والمقاس الاكبر للركام = ١½"

شكل رقم (٦ — ٤٧)



شكل رقم (٦ — ٤٨) تأثير درجة حرارة المعالجة مع الزمن على مقاومة الضغط للخرسانة

جدول (٦-٦) مقارنة لمعدل اكتساب مقاومة الخرسانة المعالجة فى درجات حرارة مختلفة

العمر بالأيام	مقاومة الضغط بالباوند / البوصة المربعة				
	١٥°ف	٤٠°ف	٧٠°ف	١٠٠°ف	٢٠٠°ف
١			١٠٠٥		
٣	١٥٥٥	١٧٤٠	٢٥٣٠	٣٢٨٠	٣٧٣٠
٥	١٥٤٥	٢٣٣٥	٣٤١٠	٤٢٦٠	٤٤٧٠
٧	١٣٩٥	٢٧٣٠	٣٩٤٠	٤٦٥٠	٤٦٧٠
١٤	١٤١٥	٣٦٠٠	٤٥٢٠	٥٤٤٠	٣٦٥٠
٢٨	١٤٦٠	٤١٤٠	٥٤٤٠	٦٢٠٠	٣٣٧٠
٤٩					٣٤٣٠

٤ ــ درجات حرارة المعالجة :

درجات الحرارة المناسبة لمعالجة الخرسانة عامة تتراوح بين ٦٠° ، ١٠٠°ف أى ١٦° ، ٣٨°م ويشمل هذا المجال الحرارة المتوسطة اللازمة أو الموجودة فى أغلب الأعمال الخرسانية ويلاحظ أنه فى حالة الخرسانة الكتلية تفضل الحرارة المنخفضة نوعا.

وعامة فإن درجات حرارة المعالجة التى تقل عن ١٠٠°ف تعطى مقاومة أقل كلما انخفضت درجة حرارة المعالجة مع ملاحظة أن المقاومة التى نحصل عليها فى حرارة ٤٠°ف مرضية بفرض بقاء الخرسانة رطبة لمدة معقولة .

وتعطى الخرسانات المخزنة فى درجات حرارة منخفضة (أعلى من الصفر) مقاومة أكبر من التى نحصل عليها من الخرسانات المخزونة لفترة أطول فى حرارة عادية . أما درجات الحرارة التى تقل عن الصفر فهى بلاشك مضرة بالخرسانة الطازجة إذ أن تمدد الماء عند تحوله إلى جليد يسبب انفصال الجزئيات المتماسكة وبالتالى يقلل من تحملها مع مرور الزمن ويبين الشكل رقم (٦ ــ ٤٩) تأثير ظروف المعالجة على مقاومة الخرسانة ومدى تغير هذه المقاومة مع مرور الزمن .

وفيما يلى بعض الملاحظات عن سلوك الخرسانة فى درجات الحرارة المنخفضة :

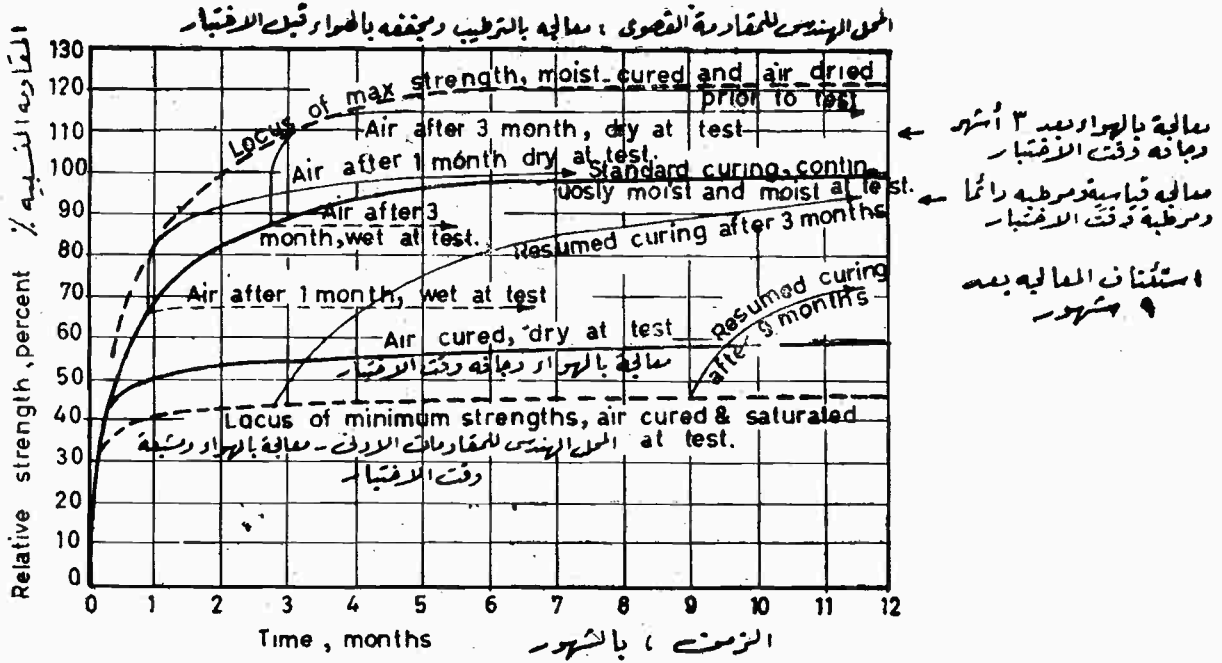
ــ تصل مقاومة الخرسانة المثلجة بعد صبها مباشرة والتى خزنت فيما بعد فى درجة حرارة مناسبة إلى حوالى ٥٠٪ من مقاومة الخرسانة العادية التى لم تثلج ولها نفس العمر.

ــ تكون نسبة فقدان الخرسانات المثلجة بعد صبها مباشرة والتى تختبر بعد فترة طويلة للمقاومه أقل من الخرسانات التى تختبر فى أزمنه قريبة .

ــ هناك مايدل على أن الخرسانات الجافة تضر أقل من الخرسانات المبتلة خصوصاً فى الأزمنة الأولية .

ــ هناك فرق طفيف بين الخلطة الغنية والخلطة الفقيرة من حيث مقاومتها للتثليج المفاجىء .

ــ معدل تسرب الماء فى اختبار المنفذية يمكن اعتباره مقياسا لسدودية الخرسانة وتعتبر الخرسانات التى نسبة سدوديتها قليلة قبل التثليج تكثر بعد التثليج وذلك قبل التصلد .



EFFECT OF MOIST-CURING CONDITIONS AT 70 °F AND MOISTURE CONTENT OF CONCRETE AT TIME OF TEST ON COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE

تأثير ظروف المعالجة بالترطيب عند درجة ٧٠° ف ومحتوى الرطوبة للخرسانة وقت الاختبار على مقاومة الانضغاط للخرسانة

شكل رقم (٦—٤٩)

ـ يكون التشرب للخرسانات التى ثلجت لمدة ٧ أيام أكبر من التشرب للخرسانات التى ثلجت لمدة يوم واحد .

وفيما يلى بعض تأثيرات التثليج المتأخر :

ـ يمكن تثليج الخرسانة جافة القوام نسبياً (هبوط ٢" ومقاس اعتبارى أكبر ١½") بدون أضرار كبيرة إذا عولجت لمدة ٢٤ ـ ٤٨ ساعة فى هواء جاف دافىء قبل التثليج .

ـ تحتاج الخرسانات مبتلة القوام إلى مدة معالجة أطول بكثير قبل التثليج حتى تقلل من الأضرار الناتجة .

ـ تحتاج العينات المعالجة بالرطوبة مدة أطول من المعالجة قبل التثليج عن العينات المعالجة بالجفاف وذلك حتى تمنع أضرار التثليج عن الخرسانات نظراً لأن الأولى تحتوى على نسبة أكبر من الماء الحر قابل للتحويل إلى جليد .

المعالجة فى المعمل :

فى أعمال المعمل التى تشمل أعمال معالجة وتخزين لعينات لاختبار الخرسانة تحفظ الحرارة بصفة مستمرة عند ٧٠°ف وتخزن العينات فى جو رطب ١٠٠٪ أو تحت الماء وتعرف المعالجة بالرطوبة عند ٧٠°ف بالمعالجة القياسة .

وفى أبحاث الخرسانة الخاصة بالمنشآت الضخمة مثل السدود حيث ترتفع درجة الحرارة نتيجة لإماهة الأسمنت يستحسن معرفة خواص الخرسانة تحت ظروف معالجة مشابهة لظروف الموجودة فى الكتل وبالتالى فهناك ما يسمى بالمعالجة الكتلية التى تشمل استعمال عينات تكون معرضة عادة لنفس ظروف الحرارة التى تتوافر فى الطبيعة فى كتل الخرسانة .

٦ ـ تأثير معالجة الخرسانة على مقاومتها للضغط :

تؤثر معالجة الخرسانة سواء فى الظروف المعقولة من توافر الرطوبة المناسبة أو عدم توافرها والمعالجة فى الظروف الحرارية على سرعة إماهة الأسمنت وبالتالى تعمل على الوصول بالخلطة الخرسانية إلى أحسن مقاومة ممكنة ومن ثم نحصل على الخواص المرغوبة فى الخرسانة وبزيادة مدة المعالجة نحصل على مقاومة أعلى .

ولقد أظهرت التجارب العديدة على الخرسانة المعالجة بالماء عند درجات الحرارة

العادية أن الإماهة تبقى مستمرة وتقدر بعمر خرسانى قد يصل إلى ٣٠ سنة وهذا يعمل على زيادة تحمل وتماسك الخرسانة بعد عملية المعالجة .

وتفيد المعالجة بالبخار فى أعمال الخرسانة جاهزة الصب والوحدات الخرسانية الجاهزة . وبدون إجراء عملية المعالجة للخرسانة لا يمكننا الحصول على مقاومة عالية للضغط هذا بخلاف الأضرار الأخرى التى قد تلحق بالخرسانة الناتجة تحت تأثير الظروف المختلفة من العوامل الجوية والمسببات الأخرى .

وعملية المعالجة تنتج خرسانة متجانسة تزداد مقاومتها للضغط مع مرور الزمن وينعدم تأثيرها بالعوامل الجوية المختلفة .

٧ ــ اشتراطات أسس التصميم والتنفيذ لوقاية الخرسانة ومعالجتها :

(ا) يجب وقاية الخرسانية حديثة الصب من المطر والجفاف السريع خصوصاً فى حالة الجو الحار أو الجاف أو العاصف وذلك بتغطيتها بأغطية مناسبة من وقت إنهاء صب الخرسانة إلى الوقت الذى يصبح فيه السطح صلباً بدرجه كافية بحيث يمكن رشه بالماء وتغطيته بمادة رطبة ، ويجب حفظ الخرسانة رطبة باستمرار ابتداء من وقت تصلب السطح بدرجة كافية لمدة لا تقل عن سبعة أيام وذلك عند استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى وثلاثة أيام عند استعمال الأسمنت سريع التصلد ، ويتم ذلك برشها جيداً بالماء أو بتغطية السطح بخيش أو رمل أو قش أو حصير أو بأية مادة مناسبة مع حفظها فى حالة رطبة بالرش المستمر .

(ب) يجب ألا تتعرض الخرسانة فى أيامها الأربعة الأولى من صبها لماء يحتوى أملاحاً ضارة .

(ح) كما يجب ألا تتعرض الخرسانة لضغوط من جانب واحد نتيجة ماء جوفى أو ردم ترابى سيما المشبع منه بالماء إلا بعد أن تصل الخرسانة إلى مقاومتها المقررة.

(ب) ازالة الفرم والشدات :

لمعرفة الوقت الذى يجب عنده إزالة الشدات عن سطح الخرسانة بعد اكتسابها المقاومة المناسبة وتصلدها يمكن تحديده مصحوباً بعمل اختبارات على عينات اسطوانية الشكل ومأخوذة من الخلطة الخرسانية من مكان منتظم فى وسطها ويكون الاختبار بالتحميل

بالضغط محورياً بأجهزة خاصة لمعرفة مدى حصول هذه العينات على مقاومتها النهائية ويجب إعادة حساب هذه المدة متى تواجدت أى ظروف مؤثرة على المقاومة مثل نوع الاسمنت أو حدوث أى تغير فى درجات الحرارة للخرسانة .

وعلى أى حال يؤخذ فى الاعتبار عامل أمان يساوى ٢ على الأقل عند اكتفاء الخرسانة بحصولها على المقاومة النهائية والتى بها يمكنها أن تحمل نفسها بالإضافة إلى تحمل أى حمل حى يمكن أن تتعرض له .

وهناك بعض المواصفات التى تنص على إزالة الشدات الخرسانية من البلاطات أو الكمرات والقضبان الخرسانية بعد ١٤ يوما ، ومدة أقل من ذلك تصل إلى ٧ أيام فى الحوائط والأعمدة الخرسانية البسيطة ويعتمد هذا على الظروف الجوية المحيطة بالخلطة الموضوعة داخل الفرم وما إذا كانت أجريت لها معالجة لتفادى الحرارة والانسكماش بالجفاف أو لم تعمل لها أى معالجة .

وعند إزالة الدعامات الخشبية من الخرسانة يجب أن تسمح هذه العملية بأن تحمل الخرسانة الحمل الواقع عليها تدريجيا وبانتظام حتى لا يحدث لها أى صدم أو تلف يؤثر على خواصها الناتجة .

وتعتبر المعادلة الآتية من المعادلات التجريبية أو الوضعية المفيدة لتعيين زمن فك فرم الكمرات الخرسانية وهى :

$$\text{الزمن باليوم} = ٢ \text{ ل} + ٢$$

حيث ل = البحر بالمتر

اشتراطات أسس التصميم والتنفيذ لفك الفرم والشدات :

(ا) تؤثر درجة حرارة الهواء وطول البحر والحمل الذى سيتعرض له المنشأ ونوع الاسمنت على تحديد المدة الواجب انقضاؤها بين صب الخرسانة وفك الفرم والشدات . ويجب التأكد فى حالات المنشآت الخاصة من أن مقاومة مكعب الخرسانة وقت الفك وصلت إلى ضعف الإجهادات التى سيتعرض لها المنشأ عند الفك .

(ب) يمكن الاسترشاد بالقيم التالية عند فك الفرم والشدات للأعمال المعتادة فى درجات الحرارة العادية :

أولا : فى حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى :

ـــ يمكن عادة فك فرم الجوانب والتى تعمل كمجرد غلاف للخرسانة بعد يومين .

ـــ لا يجوز فك الفرم والشدات الحاملة للكمرات والبلاطات قبل انقضاء مدة بالأيام تساوى ضعف البحر بالأمتار مضافا إلى ذلك يومان وبحد أقصى قدره واحد وعشرون يوما .

ـــ فى حاله الكوابيل تعتبر المدة اللازم انقضاؤها قبل فك الشدة بالأيام مساوية لأربع مرات بروز الكابول مضافا إلى ذلك يومان وفى البلاطات يعتبر البحر عند حساب زمن الفك هو الطول الأصغر للبلاطة .

ثانيا : فى حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد :

تكون المدة حسب نوع الأسمنت المستعمل ولا تقل بأى حال عن نصف المدة المذكورة فى البند « أولا » .

(حـ) يجب الحذر وتأجيل فك الفرم والشدات مدة مناسبة فى الحالات التى تنخفض فيها درجة الحرارة عن ١٠° مئوية خاصة عنـــد استخدام الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد .

(ى) يمكن عادة فك فرم وشدات الأعمدة ذات المقاسات المألوفة فى المبانى العادية بعد انقضاء يومين من صبها .

وفى حالات الأعمدة التى ستتعرض للأحمال بعد الفك مباشرة وفى أعمدة المنشآت الخاصة كالإطارات تحسب المدة الواجب انقضاؤها قبل فك الشدة كما جاء بالنسبة للكمرات والكوابيل المعادلة لها كما يلزم إطالة هذه المدة فى حالة الأعمدة الطويلة النحيفة نسبيا .

(هـ) عندما تكون الفرم والركائز حاملة لأحمال إضافية ـــ كما فى حالة الطابق الذى يحمل وزن الطابق التالى حديث الصب ـ لا يجوز فك القوائم الإضافية قبل انقضاء ثمانية وعشرين يوماً مع اتخاذ كافة الاحتياطات التى تضمن سلامة المنشأ كاستمرار القوائم حتى ترتكز على أرضية تتحمل الأثقال عليها بأمان .

(و) فى الحالات الخاصة مثل الكمرات المقلوبة والأسقف المعلقة بواسطة أعمدة

شد تبدأ المدة المحسوبة لفك الشدات من تاريخ صب الروح المقلوبة للكمرات أو صب السقف الحامل للسقف المعلق .

(ز) يراعى عند فك القرم والشدات الحرص التام على عدم تعرض الخرسانه المسلحه للهزات أو الصدمات كما يراعى التأكد من تصلدها قبل فك الشدة .

(ح) الترميم :

يعتبر ترميم الخرسانة من خطوات صناعة الخرسانة التى يتوقف عليها شكل ومظهر المنشأ الخرسانى إلى حد كبير فعمليات التشطيب من ملء الفجوات وإصلاح لأماكن التعشيش وإزالة ما يوجد من زوائد وتنظيف السطح الخارجى للخرسانة كل هذه العمليات هى التى تتحكم فى مظهر المنشأ الخرسانى لذلك يجب إجراء هذا التشطيب بدقة كبيرة وبعناية فائقة وفيما يلى بيان موجز لترميم الخرسانه :

١ — ترميم الخرسانة (Patching of Concrete) .

بعد إزالة الشدات يوجد عادة بسطح الخرسانه فجوات وثقوب قد تنتج من إزالة قضبان الربط (Tie Rods) التى يجب نزعها فى اتجاه الواجهة الداخلية للحائط وذلك لتجنب كشط السطح الخارجى للمنشأ كما أنه فى كثير من الأحيان يكون السطح غير مستو ويلزم القيام بعملية الترميم للأماكن المحتوية على فراغات أو أى عيب آخر وتتم عملية الترميم بكشط أماكن العيوب لعمق لا يقل عن بوصة واحدة بحيث تكون جوانبها عمودية على السطح ثم تبلل المساحة التى سيتم ترميمها — ومساحة تحيط بها لا يقل عرضها عن ٦ بوصه — بالماء لمنع امتصاص الماء من مونة الترميم ثم بعد خلطه من أجزاء متساوية من الأسمنت البورتلاندى والرمل مع كمية كافية من الماء للحصول على قوام سهل الفرش ثم تفرش هذه الخلطه بعناية على السطح ثم تتبع مباشرة بمونة الترميم التى يشترط فيها أن تكون المواد المستعملة فيها هى نفس المواد وبنفس النسب المستخدمة لعمل الخرسانه ولا تختلف مونة الترميم عن الخراسانه المستعملة إلا فى أنها لا تحتوى على الركام الكبير وتكون نسب مواد مونة الترميم بنسبه جزء أسمنت : ٣ أجزاء رمل وعادة لا تستخدم مونة أغنى من هذه . وقد يضاف بعض الأسمنت الأبيض بدلا من الأسمنت البورتلاندى العادى وذلك للحصول على لون مماثل للخرسانة المحيطة فإذا كانت المونة مستعملا فيها نفس نسب الأسمنت والرمل المستعملة فى الخرسانة فإن

المونة تظهر أغمق لوناً من الخرسانة وتحدد نسبة الاسمنت الابيض إلى الاسمنت العادى عن طريق المحاولة للترميم . ويجب أن تكون كمية ماء الخلط قليلة بحيث تتفق مع عمليات مناولة المونة ووضعها .

كما يجب دمك المونة تماماً فى مكانها وتوضع بحيث يكون سطح الترميم أعلى بقليل من السطح المحيط به ثم تترك ونة لمدة من ١ — ٢ ساعة للسماح بالانكماش الابتدائى قبل عملية تشطيب السطح وفى النهاية يجب أن يتفق السطح الناتج مع الأسطح المحيطة به من حيث اللون والشكل ثم تجرى عملية المعالجة للترميم حسب ما هو منصوص عليه فى موضوع المعالجة وغالباً ما تستعمل المعالجة بالخيش المبلل أو المشمعات وذلك لمنع المونة من الجفاف السريع .

ويلاحظ أن المساحات السطحية الخرسانية المحتوية على ثقوب كبيرة يجب أولا إصلاحها بالطرق التقريبية مثل سدها بحبيبات ركام ذى مقاس لا يقل عن ١٠مم ثم لحمها على السطح بمونة أسمنت لبانى مكونة من طبقة رقيقة ولا يكتفى بالبياض فقط على هذه الثقوب والثغرات الموجودة بسطح الخرسانة .

وفى حالة وجود السطوح الخرسانية المنقرة (المعششة) والناتجة عن المونة الجافة الملتصقة بالشدة الخشبية بعد فكها وإزالتها من سطح الخرسانة يجب العمل على إصلاحها حينئذ وتلافى ذلك العيب فى الصبات الخرسانية التالية لها . وخلال إجراء عملية إصلاح النقر وتشطيب السطح النهائى يجب ألا يسمح للسطح بالوصول إلى درجة الجفاف أو الخرسانة التى أسفله أى الخرسانة الداخلية أن يصيبها أى ضرر من جراء عملية الإصلاح المطلوبة . وفى الأسطح الخشنة يجب العمل على فركها وحكها على طول المساحة الخشنة إلى أن تصل إلى مستوى معتدل مناسب النعومة . وهناك طريقة أخرى بإزالة الخدوش السطحية الموجودة وتنظيف السطح من هذه البقايا التى قد تعلق بالسطح ثم فرش مونة أسمنت ورمل فوقها لتعطى سطحاً ناعماً وتملأ المكان بدلا من الطبقة المزالة من السطح الخارجى للخرسانة .

٢ — تنظيف الحوائط والأسطح الخرسانية :

لا تبدأ عمليات التنظيف قبل تمام صب جميع الحوائط بما فى ذلك عمليات الترميم وملء الثقوب ويجب ألا يسمح بأى عملية من عمليات التنظيف أثناء صب الخرسانة

فإذا لوحظ وجود كمية زائدة من الزيت المستخدم لتشحيم الفرم على أسطح الخرسانة أو إذا كان لون الخرسانة غير متجانس فتتم عملية تنظيف السطح بعمل مونة مكونة من جزء من الاسمنت البورتلاندى و½ جزء من الرمل الناعم مع كمية كافية من الماء بحيث يكون قوام هذه المونة مماثلا لقوام البياض الغليظ. أما إذا كان اللون المرغوب فاتحاً فيمكن استعمال كمية من الاسمنت البورتلاندى الأبيض لكل أو جزء من كمية الاسمنت فى الخلطة للحصول على اللون المطلوب ثم تبلل أسطح الخرسانة بكمية كافية من الماء لمنع امتصاص الماء من الخلطة ثم تفرش هذه الخلطة بواسطة فرش خاصة أو بواسطة رشاش (Spray Gun) بانتظام بحيث تملأ كل الفقاعات الهوائية والثقوب ثم يدعك الحائط بقوة بعد فرش هذه الخلطة مباشرة بواسطة فلين أو أى مادة مناسبة ثم تسوى المونة وهى مازالت طرية باستخدام حكاك أسفنجي مناسب (A Sponge Rubber Float) لإزالة الأجزاء الزائدة من الخلطة بدون نزعها من الثقوب ثم يترك السطح حتى يجف تماماً ثم يمسح بقوة باستخدام خيش جاف لإزالة المونة الجافة تماماً وبذلك تتم عملية تنظيف السطح ويجب عدم وجود أى اختلاف فى لون الأجزاء المختلفة منه .

ويراعى الانتهاء من عملية التنظيف فى نفس اليوم الذى تبدأ فيه وعدم ترك أى مونة على الحائط أثناء الليل كما يراعى صنفرة الخشب المستخدم فى الفرم والشدات بعد كل استعمال للحصول على أسطح نظيفة مستوية . وعند وجود بقع غامقة بعد تنظيف المبنى كله فيجب إزالتها وذلك بمسحها بعناية بواسطة حكاك « حجر تحليخ ناعم » بدون استخدام الماء ويلاحظ عدم خدش أو تغيير مظهر سطح الخرسانة بعد هذه العملية .

وعند وجود زوائد من المونة التى تسقط من ألواح الفرم يمكن إزالتها باستخدام مطرقة ولكن بحذر كما يمكن إزالة الأصباغ والبقع الخشنة وعروق المونة الناتجة من تساقط المونة عند رفعها للأدوار العليا وذلك باستخدام أحجار البرى أو بحجر السن الذى يستعمل فى سن الأدوات وذلك بدون كشط طبقة من المونة أو عمل أى تغيير بنسيج السطح الخرسانى كما يمكن استعمال كمية من الماء لتسهيل عملية الدلك . ويمكن إزالة الكميات الزائدة من الزيت بدعكها بمحلول من حامض الموريانيك المخفف مع استعمال فرشاة صلبة خشنة كما يجب قبل استعمال هذا المحلول رش الحائط كله بالماء وأيضا بعد استعمال المحلول .

خامسا : معاملة أسطح الخرسانة

عندما نتكلم عن الخرسانة وإمكانية استغلالها فى الأغراض المعمارية يتبادر إلى الذهن لون الخرسانة الداكن وسطحها العارى غير النظيف والملىء بالشقوق غير اللائقة فى كثير الأحيان .

وهناك مدرسة فنية حديثة تتوخى أن تقدم للانسان المادة بشكل يوحى ويشير إلى المواد الأولية المستخدمة فى صناعتها بدون الحاجة إلى التغطية بالدهانات والألوان الكثيفة.

وهنا يكمن التساؤل الذى يدور حوله هذا الموضوع وهو كيفية الحصول على سطح معقول للخرسانة والوسائل والأشكال النهائية الناتجة؟ أو بصورة أخرى ما هى الوسائل المتبعة لمعاملة سطح الخرسانة؟ وفيما يلى بيان تفصيلى لتلك التساؤلات :

(ا) منع تتريب سطح الخرسانة :

تعتمد متانة سطح الخرسانة اعتماداً رئيسياً على اتباع القواعد الأساسية فى خلط وصب ومعاملة سطح الخرسانة وقد يسبب عدم اتباع هذه القواعد فى جعل السطح متربا (Dusting).

فمثلا الارضيات المعرضة لحركة المواصلات الثقيلة أو لحركة اقدام يجب إنشاؤها من طبقتين ، العلوية تتكون من مخلوط من جزء من الاسمنت البورتلاندى وجزء من الرمل جيد التدرج و ½ ١ — ٢ جزء من الزلط أو الحجر المكسر المدرج ⅜ — ⅝ .

وهذه الطبقة فى سمك بوصة واحدة تقريباً على السطح العلوى من المنشأ أو على الارضيات — التى رطب قبل وضع هذه الطبقة — ويجب أن تكون هذه الطبقة متماسكة ما أمكن وتسوى إلى المنسوب المطلوب عادة بواسطة الآلات وبعد ضغطها ضغطاً جيداً وجعلها متماسكة تماماً يسوى سطحها حتى يصير ناعما . وتسويتها فى الوقت المناسب هامة لانه إذا سوى السطح وهو فى حالة ليونة يسبب تصاعد الماء على السطح أو زيادة المواد الناعمة على السطح أيضاً . وتعمل التسوية النهائية للسطح عندما يتصلب بدرجة كافية لإزالة الاجزاء الدقيقة الضلبة إن وجدت .

وتعتبر معالجة الخرسانة الطازجة من الاهمية بمكان فى جعل سطح الخرسانة محكما وكثيفا وبالتبعية يمنع تتريبه ويجرى منع تتريب سطح الخرسانة كما يلى :

١ — تنظيف الاسطح الخرسانية المنشأة حديثاً :

فى بعض الاحيان بالرغم من اتباع الطرق الصحيحة فى إنشاء الاسطح إلا أن الاتربة

تتكون على السطح وذلك لأنه لم يعط لها الصيانة الكافية أثناء العمليات المتتالية فى إنشاء السطح .

ولذلك يكون هـــذا السطح الجديد مغطى بقطع صغيرة من الملاط أو المونة أو حبيبات الخرسانة وهذه المواد تخشن السطح المتكون فعند استعماله تسبب هذه الطبقة تكوين الأتربة على السطح وإذا لم تعط العناية الكافية للسطح أثناء الإنشاء فيجب تنظيفه جيداً وذلك بغسله بعد إزالة هذه القطع الصغيرة المتماسكة بواسطة قش خشن مثل قش الأرز بالماء والصابون ثم حكه بواسطة الآلات المثبت فيها فرش سلكية أو بواسطة شبكة من الصلب الدقيق الرفيع . لذلك نجد أن تماسك القطع الصغيرة يتلاشى بالتآكل نتيجة الاحتكاك فيظهر السطح الأصلى النظيف ثم تزال الأتربة الناتجة بالماء مع ملاحظة أن التنظيف الأخير يشمل غسل الأرضية بالفرش والصابون وبهذه الطريقة تزال قوة التلاصق بين الأتربة والسطح الملامس .

ولـكن هذه الطريقة فعالة فقط فى حالة إزالة الطبقات الرقيقة التى تنتج أحياناً من تساقط الخرسانة من على المسطرين أثناء العمل .

المعاملة الصلبة :

إذا لم تستعمل الطرق الصحيحة فى الإنشاء ، فإن الطرق السابقة غير كافية لمنع التّرب لذلك فانه من المستحسن إضافة بعض المواد لتساعد فى تماسك وصلابة السطح ولـكن هذه المعالجة ليست صالحة تماما لـكل المواد والأسطح الضعيفة وقد تحسن كثيراً من السطح ولـكن لا تعطى مقاومة مثالية لهذه الأسطح ولهذا الغرض تستعمل عدة محاليل منها :

ـــ محلول سليكات المغنسيوم والخارصين .

ـــ سليكات الصوديوم .

ـــ كبريتات الألومنيوم والخارصين

ـــ الزيت والبرافين .

ويجب أن يكون السطح نظيفا وخاليا من عجائن الجبس أو الطلاء أو أى أشياء غريبة قبل هذه المعالجة . وأن تكون كذلك الأسطح جافة لتساعد على الاختراق لأسطح الخرسانة ويجب أن تكون الخرسانة جافة تماما فى حالة طلائها بأى نوع من أنواع الطلاء . وتكون معاملة سطح الخرسانة بالمحاليل سالفة الذكر كما يلى :

١ ــ المعاملة بالفلوسليكات :

عندما تذوب فلوسليكات المغنسيوم والخارصين فى الماء فإنها تستعمل بنجاح كبير . ويمكن استعمال أى نسبة فلوسليكات ولكن ظهر أن خليطا من ٢٠٪ من الخارصين و٨٠٪ مغنيسيوم يعطى أحسن النتائج .

ولعمل هذه المحاليل يذاب نصف باوند فلوسليكات فى جالون واحد من الماء للطلاء لأول مرة ثم باوند واحد للجالون فى الطلاءات الأخرى والمحلول قد يدهن به أو يرش حتى يغطى السطح تماماً ويجب ملاحظة أن السطح يكون جافا قبل كل طلاء وآخر .

وامتصاص المحلول مع التفاعل والجفاف يتم فى حوالى ٣ ــ ٤ ساعات ويجب أن يعنى بمسح السطح بالماء بعد الطلاء الأخير بفترة قصيرة لإزالة الأملاح أو البقع البيضاء التى قد تتكون .

٢ ــ المعالجة بسليكات الصوديوم .

توجد سليكات الصوديوم التجارية على شكل محلول بنسبه تركيز ٤٠٪ وهى مادة لزجة تخفف بالماء قبل اختراقها للخرسانة . ويتكون المحلول الجيد من ٣ جالون من الماء مضافا إليه جالون واحد من السليكات . يدهن السطح مرتين أو ثلاثا مع ملاحظة أن يجف السطح تماما قبل كل طلاء جديد ويحك بواسطة فرشة من الألياف الصلبة مع مساعدة الماء النفاذ المتتالى .

٣ ــ المعاملة بكبريتات الألومنيوم :

تتكون هذه المعاملة من جزء أو أكثر من محلول كبريتات الألومنيوم ويوضع هذا المحلول فى براميل خشبية أو أوعية حجرية والماء المضاف يجب أن يكون حامضا بنسبة لا تزيد عن ملء معلقه صغيرة من حمض الكبريتيك التجارى لكل جالون من الماء ولكن الكبريتات لا تذوب بسهولة فى الماء إذ تحتاج إلى تقليب مستمر لبضعة أيام حتى تذوب تماما . ويتكون هذا المحلول بنسبة ٢,٥ باوند من الكبريتات لكل جالون من الماء وبالنسبة لأول معالجة يخفف المحلول بحجم الماء مرتين وبعد ٢٤ ساعة من الطلاء الأول يطلى مرة ثانية بمحلول مركز عن الأول ويجب أن يكون بين كل من الطلاءات التالية ٤ ساعات .

٤ ــ المعاملة بكبريتات الخارصين :

تتكون هذه المعاملة من محلول يحتوى على ١,٥ باوند كبريتات خارصين مع ملعقة صغيرة من حمض الكبريتيك التجارى تضاف إلى جالون ماء واحد وبهذا المعالج يطلى السطح مرتين، الفترة بين كل منهما ٤ ساعات، ويجب أن يحك السطح بالماء الساخن وقطعة قماش جافة بعد الطلاء الأخير مباشرة وتعطى هذه المعالجة الأرضية لونا قاتما

٥ ــ المعاملة بالزيت :

يستخدم زيت بذرة الكتان وزيت الخشب الصينى كمعالج لاسطح الخرسانة ولكن يجف زيت بذرة الكتان الساخن اسرع من الزيت الخام ومن الضرورى عمل طبقة كثيفة من هذا الزيت لتخترق سطح الخرسانة المطلوب وهذا الزيت يجب أن يخفف بزيت التربنتينا أو بأى مخففات مناسبة بنسبة ٥٠ ٪ لاول طلاء وبنسبة أقل الطلاء الثانى .

وتسخين الزيت إلى ١٥٠°ف وتدفئة السطح يساعد فى عملية الاختراق لسطح الخرسانة . وتستعمل طبقتين أو ثلاثا مع ملاحظة أن تجف الطبقة السابقة قبل طلاء الطبقة التالية ويدهن الزيت بواسطة فرشاة والزيادة منه تزال بقطعة خاصة تمتص الزيت الزائد قبل التصاقه بالسطح . وهذه المعاملة تميل إلى جعل أرضية السطح قاتمة نوعاما .

والكمية اللازمة لتغطية الأسطح من المزيج السابق ذكره تختلف بالنسبة لمسامية السطح فعادة جالون واحد من المحلول يلزم لتغطية ١٥ ــ ٢٠ قدم٢ من الأرضية ولكن فى المعاملة بالزيت نتوقع أن تكون الكمية أكبر .

٦ ــ الطلاء بالشمع والألوان :

يكون السطح الناتج من أى طلاء من السابق ذكره صالحا الطلاء بالألوان أو الورنيش أو الشمع وقد يستعمل مجينة أو مصهور من الشمع ولكن المجان تستعمل الوجه الاول أو الثانى فقط وإذا استعمل الطلاء بالالوان يجب أن يسبقه أى معالجة كيميائية يتطلبها السطح ثم يترك ليجف تماما قبل الدهان بالالوان .

ولكن يجب تجنب طلاء الخرسانة المطلية بطبقات كثيفة من سليكات الصوديوم وإذا وجدت هذه الطبقة يجب إزالتها أولا بواسطة الماء الساخن والحك ثم تترك لتجف قبل طلائها . ومن المستحسن فى الاسطح الناعمة تماما أن تخشن بواسطة ١٠ ٪ من

محلول حامض الميرياتيك (Muriatic) وذلك بترطيب الحائط بالماء ثم حكه بالحامض ثم غسله بالماء النظيف ثم يترك ليجف قبل الطلاء . ويلاحظ أنه يجب حماية الأيدى والأحذية والملابس من هذا الحامض . ويوجد أنواع كثيرة متنوعة من الطلاء لأرضية الخرسانة عامة وتتكون من ثلاث طبقات رقيقة جداً لتساعد فى عملية الاختراق والطبقات التالية أسمك لتكوين سطح جيدمتين ويلاحظ أنه يجب إعادة الطلاء على فترات خصوصاً الأماكن المعرضة للتآكل نتيجة الاحتكاك .

(ب) معاملة سطح الخرسانة طبيعيا :

يمكن الحصول على سطح معمارى جيد للخرسانة وذلك بدون استخدام أى ضرب من ضروب الطلاء المختلفة وهذا يقتضى اتباع خطوات معينة يمكن إيجازها فيما يلى :

يرجع عدم صلاحية سطح الخرسانة للاستخدام من الوجهة المعمارية أساسا إلى الفرم التى تصب فيها الخرسانة فمعروف أن الخرسانة تصب فى الفرم وهى عبارة عن ألواح من الخشب عرضها يتراوح ١٠ ، ٢٠ سم وسمكها ٢,٥ سم وأطوالها تصل حتى ٤ امتار فإذا كانت هذه الألواح من الأنواع الرخيصة المليئة بالعقد وذات الحبيبات النافرة فإن الخرسانة بما أنها مادة لدنة نوعا (أى قابلة للتشكل حسب القالب الذى توضع فيه) فإن سطحها يأخذ معالم الفرم وتظهر صورة للحبيبات والعقد على السطح وكلما مرنت الخرسانة كلما زاد ظهور هذه الصور .

وعلاجا لهذا تتقى الألواح ذات السطوح الخالية من العيوب وهناك بعض المهندسين المعماريين يفضلون إظهار حبيبات الخشب على سطح الخرسانة وحجتهم فى ذلك أن الخشب فى العرف المعمارى من المواد التى تثير فى النفس جواً من الدفء والطمأنينة ولذا فإن الفرم تعطى سطح الخرسانة نفس ملامح الخشب .

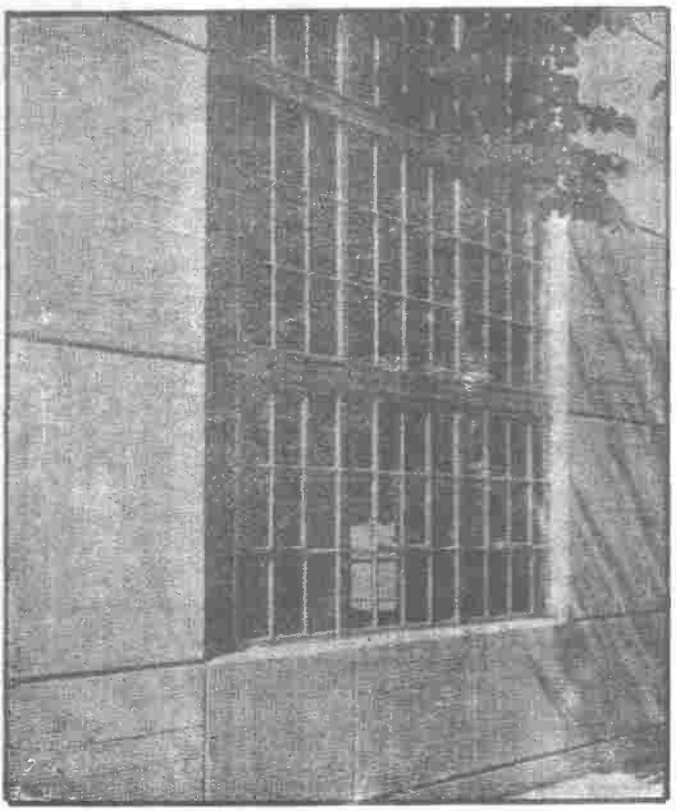
وإذا أريد الحصول على سطح ناعم فإنه من الممكن استخدام ألواح الابلاكاج فى الفرم والطريقة الأحسن هى تبطين الالواح بصفائح معدنية ولكن هذه الطريقة لاتغنى عن الاعتناء بدهان الفرم بمواد من شأنها أن تمنع الالتصاق الكامل بين الخرسانة والفرم ويوجد أنواع خاصة من الزيوت تستعمل لهذا الغرض وحتى لاتتكسر الزوايا الخرسانية عند فك الشدات .

ويتحسن مظهر الخرسانة إذا كانت الالواح من مقاس واحد فاذا حافظنا على الوصلات

بين الالواح الافقية منها والرأسية أمكن استغلالها وادماجها فى الشكل النهائى وجعلها جزءاً من ملامح المبنى والشكل رقم (٦ — ٥٠) يبين كيف أمكن إدماج الوصلات فى ملامح المبنى .

وتجدر الملاحظة أن الفرق فى معامل النفاذ بين الالوح يعطى تغيراً فى لون الخرسانة وهذا يلاحظ بسهولة إذا استعمل لوح قديم عدة مرات ووضع بجانب الواح جديدة ولذا يجب أن تكون الالواح جديدة أو مستعملة نفس العدد من المرات.

ويمكن الحصول على شقوق وتقوسات بالسطح الخرسانى نتيجة دوران الفرم فى العقود والاشكال الزخرفية. ويلاحظ أن تعرض ألواح الفرم للمطر وتقلبات الجو ودرجة الحرارة، كذلك تغير كمية الرطوبة فى الجو تسبب التقوس والشقوق .



شكل رقم (٦ — ٥٠)

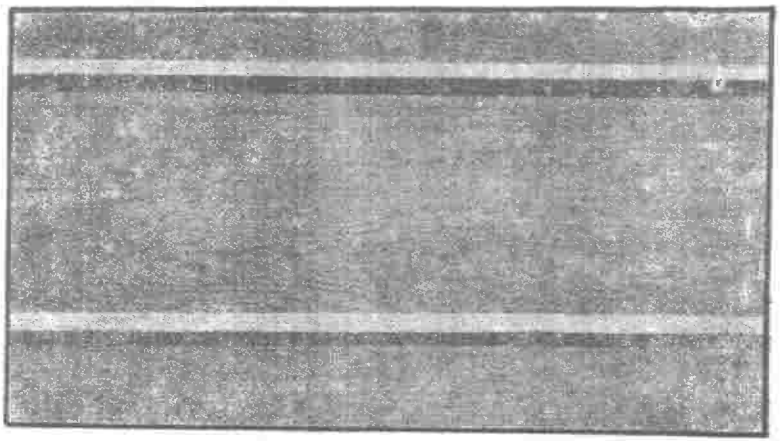
سطح خرسانى مبين به الوصلات الأفقية والرأسية لألواح الفرم التى تعتبر جزءاً من ملامح المبنى

ويراعى أن تترك فواصل للتمدد كافية لخشب ألواح الفرم لان عدم وجودها يسبب تشققات وكسورا .

ومن الممكن استعمال الالواح المعدنية بدلا من الالواح الخشبية إلا أن الاخيرة أسهل فى التركيب كذلك من الممكن دق المسامير فيها بسهولة لان الالواح المعدنية يصعب دق المسامير فيها وإذا دقت فيها فإن الالواح لا يمكن أن تستعمل لعدد كبير من المرات .

وقد لوحظ عند استعمال ألواح الابلاكاج وحبيباتها فى الاتجاه الافقى أن سطح الخرسانة يحتوى على فقاقيع هوائية نتيجة تجمع الماء فى الحبيبات وقد أمكن تفادى هذا بدهن الابلاكاج أو باستعمال فرم خاصة قابلة للامتصاص مما يساعد سطح الخرسانة على التخلص من الفقاعات الهوائية . ويلاحظ أن سمك ألواح الابلاكاج يجب أن لا يقل عن $\frac{3}{8}$ بوصة .

كذلك من الممكن استعمال الخيش فى تبطين الفرم الخشبية . وهناك خطوط تظهر نتيجة اللحامات التى يسببها توقف العمل ثم استئنافه بعد حدوث عملية الشك الابتدائى وهذا يظهر واضحا فإذا وضعت عند مواضع توقف العمل شرائح من الخشب أو من الخيش أفقية فاننا نحصل على خط نظيف كما هو مبين فى الشكل رقم (٦ — ٥١) .

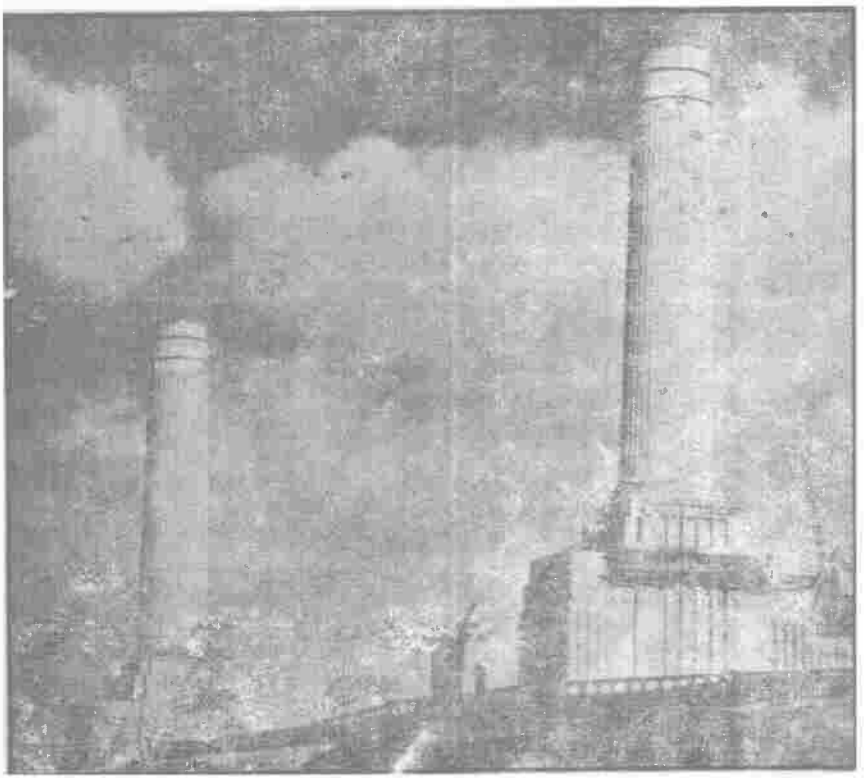


شكل رقم (٦ — ٥١)

سطح خرسانى تظهر به خطوط اللحامات للخرسانة كجزء معمارى من ملامح المبنى

ويجب أن تنظف الفرم وتطلى بالزيت قبل رص الخرسانة فيها ومن الممكن استعمال فرم تعطى طابعاً معينا كألواح الاسبستوس المتموجة وهذه يمكن بها تشكيل الأعمدة والأسقف والشكلان رقم (٦ — ٥٢) ، (٦ — ٥٣) يبينان ذلك كما يبين الشكل رقم (٦ — ٥٤) بعض الفرم التى تعطى شكلا معينا لسطح الخرسانة فالفرم أ ، ب ، جـ تستخدم لإعطاء أسطح خرسانية محـــزوزة أما الفرم د ، هـ ، و فتعطى نتوءات بارزة بالسطح الخرسانى أما الفرم ز فتعطى سطحا متموجا للخرسانة .

ويلاحظ أن الانتباه إلى خلطات الخرسانة وإلى تدرج الركام أساس للحصول على سطح نظيف خال من العيوب وذلك لأن الأخاديد لا يمـــكن إخفاؤها بالمونة طالما أن خطة المونة تختلف عن خلطات الخرسانة فتحصل على رقع ظاهرة غير نظيفة ولا نستطيع تفادى الرقع إلا بطريقة إزالة الغشاء الأسمنتى من على السطح

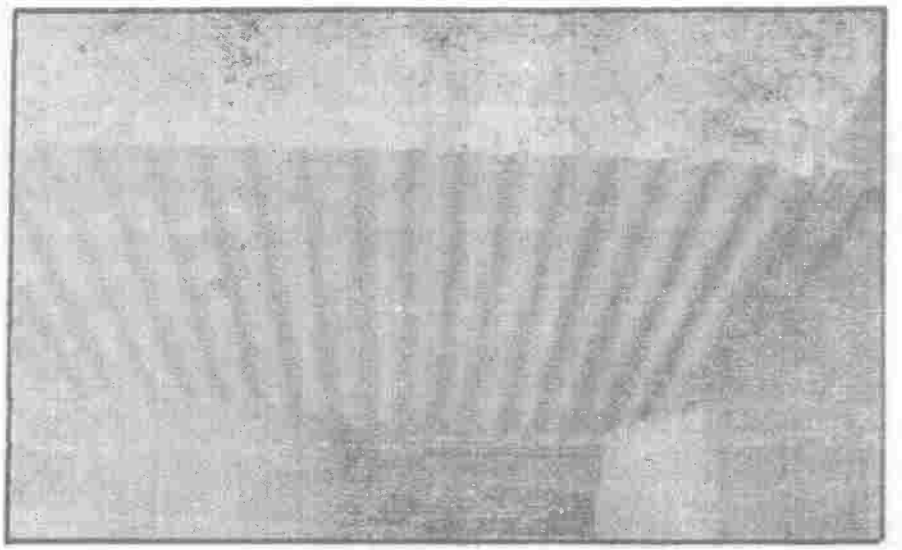


شكل رقم (٦ — ٥٢)

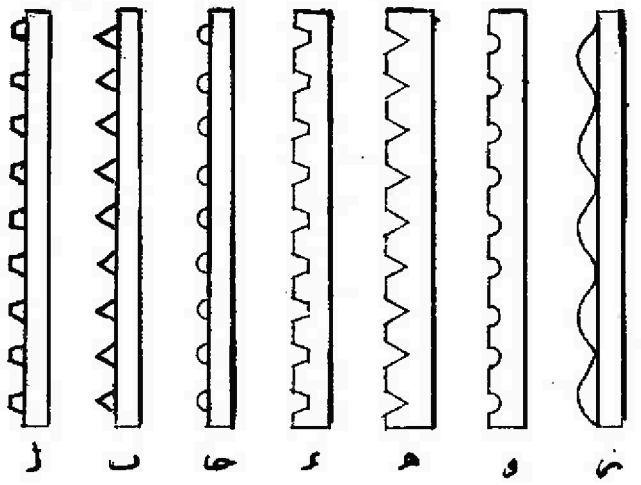
سطح خرسانى متدرج لأعمدة خرسانية نتيجة استخدام فرم خاصة متموجة

أو بأن يدهن السطح بدهان أسمنتى للحصول على تجانس فى اللون .

والخرسانة الغنية بالركام الرفيع والأسمنت تعطى سطحا أنعم من الخرسانة الفقيرة بالأسمنت والمحتوية على ركام خشن وكذلك الخلطة التى تحتوى على ماء زائد تميل لإعطاء سطح ممتلىء بالفقاعات الهوائية وهكذا يمكن بيان هذه العيوب بإجراء تجارب فى الموقع على خلطات صغيرة ومتى وجدت الخلطة المناسبة فإنه يجب المحافظة عليها طوال العمل .



شكل رقم (٦ — ٥٣) سقف بسطح متموج باستخدام فرم من ألواح الأسبستوس



شكل رقم (٦ — ٥٤)

أنواع مختلفة من الفرم تستخدم لجعل السطوح الخرسانية محزوزة أو ذات تموءات أو متموجة !

(ج) الوسائل المتبعة لتحسين سطح الخرسانة :

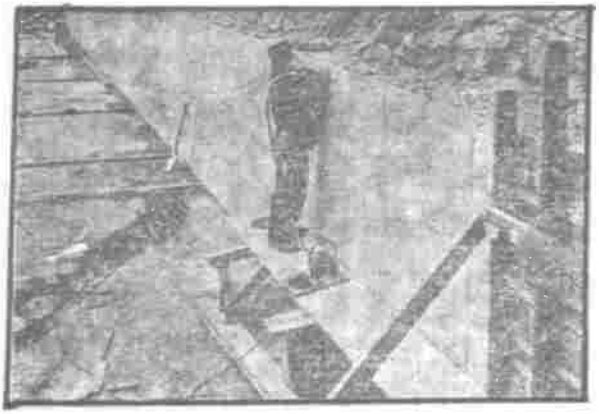
١ ــ الغسيل بالأسمنت :

وهى أبسط أنواع تشطيب السطح وتتلخص فى الحصول على الأسمنت البورتلاندى معلقا فى ماء بنسبة معينة تكفى لاستعمال السائل بالفرشاة وفى بعض المواصفات يطلب إضافة جزء من الرمل الناعم إلى كل جزء من الأسمنت وهذا استثناء أكثر منه قاعدة . ويجب فى هذه الحالة تمرير الرمل على منخل فتحته $\frac{1}{4}$ بوصة ومن المستحسن كذلك إضافة الجير المائى بنسبة ٥ باوند لكل قدم ٣ من الأسمنت وذلك للحصول على سطح أقل خشونة وإلى جانب ذلك يمكن تغطية السطح بدهان أسمنتى .

ومن الملاحظ أن وجود الأملاح على سطح المنشأ تظهر بسهولة على السطوح ذات الألوان الداكنة وعلى هذا فمن المفضل استعمال الألوان الفاتحة للعمليات الخارجية ومن الممكن إزالة هذه الأملاح باستعمال محلول مخفف من حمض الكلوريدريك .

٢ ــ طريقة الحف :

وتستعمل أقراص الكاربورندم سواء باليد أو مثبتة بمحرك . وهذا يقتضى إزالة بقايا الفرم من المسامير وقطع الحديد ويجب رش السطح باستمرار بالماء أثناء العملية والشكل رقم (٦ ــ ٥٥) يبين هذه الطريقة .



شكل رقم (٦ ــ ٥٥)
إجراء عملية الحف لسطح خرسانى

ويلاحظ أن سرعة العمل لدى استعمال المحرك هى ٩ م^2/ ساعة وأن القرص الواحد يكفى لتشطيب ٨ أمتار مربعة ونحصل على سطح ناعم لا يمكن أن يتجمع عليه الغبار وهكذا نكون قد عرضنا الركام السطح ونحصل على شكل جميل ومقبول .

(د) منتجات الخرسانة والوسائل المتبعة لانتاجها :

١ ــ تقليد الحجر : (Imitation of Stone) :

وهذه الطريقة تقتضى بأن تجهز الفرم بفواصل معينة فتعطى مظهراً يوحى بأن المنشأ مبنى بالحجر كما فى الشكل رقم (٦ ــ ٥٦) .

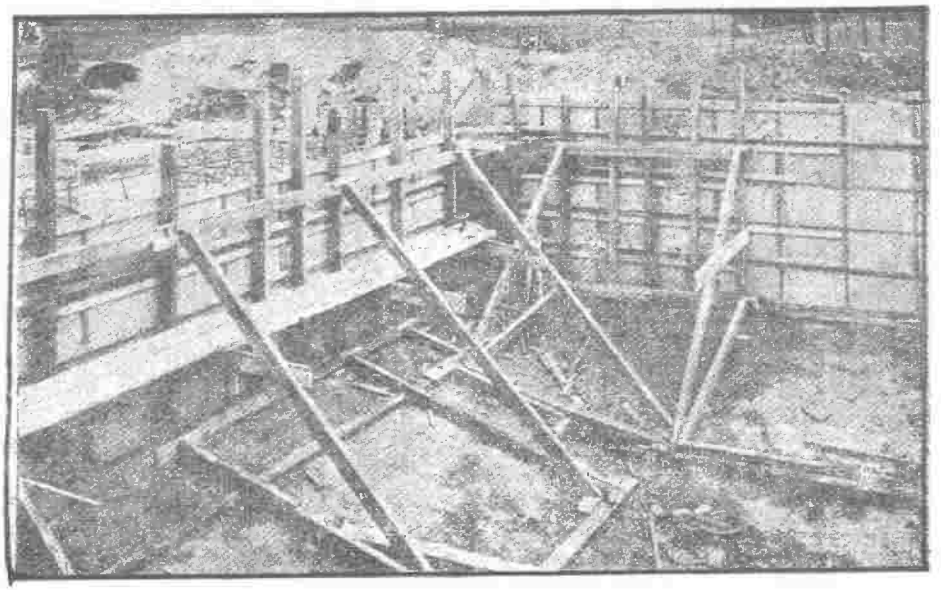
١ — مسطحات الخرسانة التى تستعمل كفرم :

أمكن باستعمال المسطحات الخرسانية الجاهزة الاستعاضة عن الفرم ويوضح الشكل (٦ — ٥٧) كيفية إنشاء حمام للسباحة حيث صنعت المسطحات واستعملت كفرم للخرسانة المسلحة التى تشكل الجدار وكان سمك المسطح ٢ بوصة تحتوى على ١½" من الخرسانة العادية من الخلف والسطح عبارة عن مونة الاسمنت والرمل الملون وقد شطب السطح كهربياً بواسطة أقراص الكاربورانديم وقد لوحظ أنه إذا صقل السطح بأوراق الصحف قبل أن تشك الخرسانة فإن تكاليف التشطيب تقل بدرجة ملحوظة .

شكل رقم (٦ - ٥٦)
سطح خرسانى تقليد الحجر

وقد استعملت هذه المسطحات لتغطية الجدار الخرسانى بسمك ٤½" لمقاومة الضغط الناشىء عن الماء

وتستعمل هذه الطريقة كتغطية للجدران المائعة للماء وعلى جوانب الطرق ويلاحظ أن هذه المسطحات توضع فى مكانها وتثبت بواسطة دعامات خشبية كما هو مبين بالشكل رقم (٦ — ٥٨) .



شكل رقم (٦ — ٥٧) مسطحات خرسانية جاهزة تعمل كفرم

٣ — الخرسانة ذات الركام الظاهر :

وهذا يقتضى إزالة الغلاف الأسمنتى من سطح الخرسانة وتعتمد هذه الطريقة على النظرية القائلة بإظهار المواد المصنوعة منها الخرسانة لأن الإبقاء على الغلاف الأسمنتى يوحى بأن الحائط مصنوع كله بمادة الأسمنت مع أن نسبة الأسمنت لا تزيد عن ⅓ الخرسانة .

وهذا السطح الجديد غير ناعم لأن الركام يظهر بشكله غير المستوى كما فى شكل رقم (٦ — ٥٨) ويجب الانتباه إلى أنه فى الحوائط الرقيقة يكون الغلاف الأسمنتى طبقة عازلة للرطوبة وإزالته تعنى إمكانية الرشح خلال الجدار ، وهذا الخطر لا يوجد فى الحوائط السميكة وفى الخرسانة المسلحة . ويستعمل كركام وهذه الخرسانة أنواع من كسر الحجارة مختلفة الألوان

وتكاليف هذه الطريقة ليست كثيرة إذا استعمل كسر الحجارة المحلية إنما الزيادة فى التكاليف تنشأ عن إزالة الغلاف الأسمنتى وفيما يلى الطرق المتبعة لإزالة الغلاف الأسمنتى :

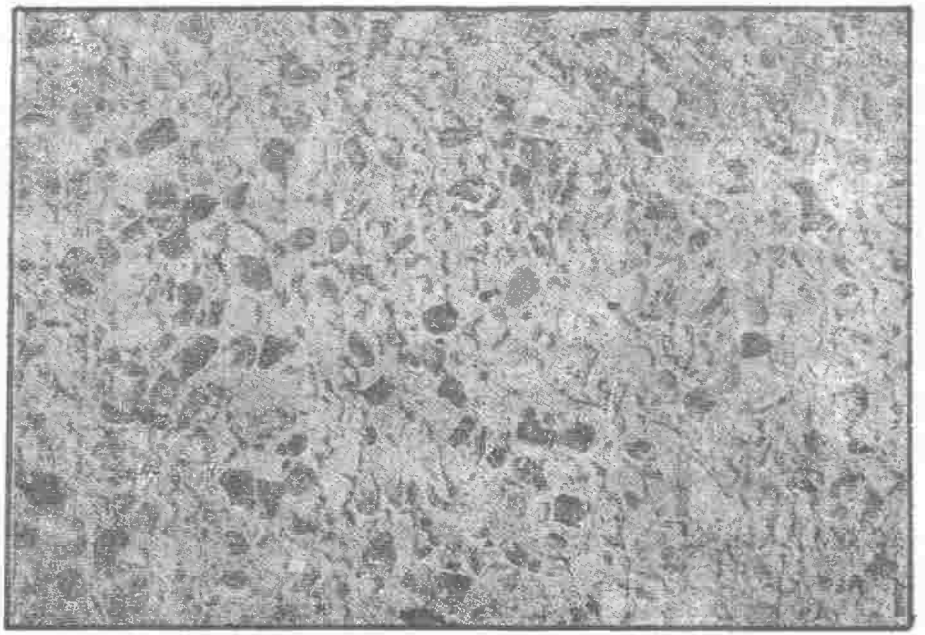
شكل رقم (٦ — ٥٨) سطح خرسانى ذو ركام بارز

(أ) استخدام الفرشة السلك والماء :

وهذه الطريقة يجب أن تجرى عند ماتسمح بذلك حالة الخرسانة وذلك قبل الشك النهائى للبلورات كما يجب ألا تستعمل هذه الطريقة إلا إذا أمكن فك الفرم . وقد نجحت هذه الطريقة عند إنشاء كوبرى تريكنهام على نهر التيمز حيث فكت الشدات بعد ٤٨ ساعة وحف السطح بالفرشاة السلك بعد ساعة واحدة وكان حجم الركام المستعمل فى الخرسانة ٣/٤" والخلطة المستعملة هى ١ : ٢ : ٤ باستعمال الأسمنت سريع التصلد. وإذا أريد صنع بلاطات جاهزة (Precast Slab) بهذه الطريقة فتستعمل الخلطة ١ : ٢ ١/٢ : ٥ ويستعمل الأسمنت عالى الألومنيا ويتراوح مقاس الركام بين ٣/٨" إلى ٣/٤" والشكل رقم (٦ – ٥٩) يبين السطح الناتج بعد حف سطح الخرسانة بالفرشة السلك ويلاحظ أن يرش الماء باستمرار على السطح .

(ب) معالجة السطح بالأحماض :

إذا كان سطح الخرسانة صلبا بشكل لايسمح بالمعالجة بالفرشة فإننا نستعمل محلولا من حمض الكلوريدريك ويتألف هذا المحلول من جزء من حمض الكلوريدريك إلى



شكل رقم (٦ — ٥٩) سطح خرسانى بعد حفه بالفرشة السلك لجعل الركام ظاهر

٦ أجزاء من الماء وإذا لم يكف فإن كمية الحمض تزداد تدريجياً إذا خف السطح بالفرشة فإن الغلاف الأسمنتى يصبح سهل الإزالة والحقيقة أن النتيجة واحدة كما فى حالة الفرشة السلك .

وتتلخص العملية فى أن لحمض الكلوريدريك تأثيراً كيميائياً على الأسمنت بشكل يجعله يتفكك ويسمح بالإزالة ومن الضرورى الإنتباه لازالة كل آثار الحمض من السطح وذلك بالغسل بالماء أو بإضافة محلول قاعدى وإلا فإن الحمض يستمر فى تحليل الأسمنت وبالتالى يشوه سطح الخرسانة ويجب الانتباه إلى أن أيدى العمال لا تمس الحوائط أثناء العملية وميزة هذه الطريقة أنه من الممكن إجراؤها على خرسانة قديمة .

(جـ) تبطيء شك الأسمنت :

وهى تقضى باضافة مواد إلى السطح من شأنها تبطيء عملية شك الخرسانة السطحية لكى يصبح من السهل تشطيبه بالفرشة وهذه المواد على شكل مساحيق أو مستحلبات توضع على الفرم المقابلة للسطح لتبطيء شك السطح ويجب منع هذه المواد من التسرب إلى الداخل وخصوصاً إلى القرب من حديد التسليح .

(د) استعمال المطارق اليدوية والميكانيكية :

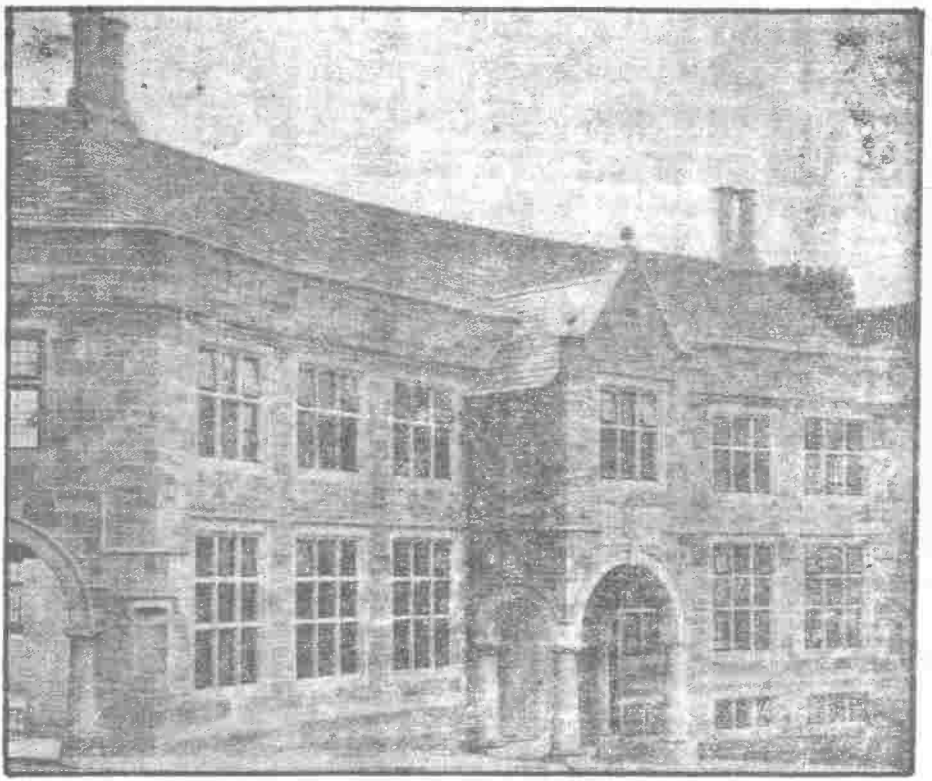
إذا كان المفضل الابقاء على لون الركام أو على شكله الطبيعى فتستخدم هذه الطريقة كما تستخدم عندما لا يكون فى الامكان فك الفرم بسرعة وبهذه الطريقة أمكن طرق مساحات كبيرة بأن تفصل إلى مساحات صغيرة يترك بينها هوامش بدون طرق .

٤ ــ الحجر المصبوب (Cast-Stone)

وهو عبارة عن خلطات خرسانية الغرض منها تقليد الحجر الأصلى فاذا أردنا تقليد الجرانيت فاننا نستعمل كسر الجرانيت بدلا من الركام العادى ومن الممكن تشكيل هذه الأحجار لتشبه الطوب والشكل رقم (٦ ــ ٦٠) يبين مبنى من الحجر المصبوب كذلك أمكن استخدام الحجر المصبوب للنحت كما هو مبين فى شكل رقم(٦ ــ ٦١) .

• ــ الطرطشة :

وتعتمد هذه الطريقة على رش طبقة من الأسمنت والرمل الناعم سواء بآلة ميكانيكية أو باليد وبعد ذلك تشطب بواسطة آلات خاصة تحصل على الطرطشة المكبوسة والطرطشة



شكل رقم (٦ — ٦٠) مبنى بواجهة من الحجر المصبوب

بالفرش الناعمة والخشنة والطرطشة بواسطة فرش وامشاط المطاط كما هو مبين فى الشكل رقم (٦ — ٦٢) .

٦ — الترازو (Terrazo) :

هو إحدى الوسائل المتبعة لتحسين سطح الخرسانة والترازو عبارة عن ألواح أو مسطحات خرسانية من خلطات خاصة يستخدم فيها الرخام كركام .

ويختلف مظهرها باختلاف ألوان كسر الرخام ومقاساته فهناك تدرج فى الكسر من رقم صفر إلى ٤ كما يلى والمبينة فى الشكل رقم (٦ — ٦٣) :

الرقم	٠	١	٢	٣	٤
المقاس	$\frac{٣}{٣٢}$	$\frac{١}{٨}$ بوصة	$\frac{١}{٤}$ بوصة	$\frac{٣}{٨}$ بوصة	$\frac{١}{٢}$ بوصة

شكل رقم (٦ — ٦١)
تمثال تحت فى خرسانة مصبوبة بركام الجرانيت

ويستعمل الأسمنت البورتلاندى الملون مع كسر الرخام لإنتاج خرسانة الرازو ويجب ألا يمزج اللون باليد بل بالمكنة لأنها فى هذه الحالة تحصل على لون متجانس .

وبالنسبة لنسب الخلط فهى تختلف باختلاف مقاس الكسر فمثلا :

مقاس صفر يستخدم فى خلطة ١ : ٢½

ومقاس ١ — ٢ يستخدم فى خلطة ١ : ٢

ومقاس ٣ — ٤ يستخدم فى خلطة ١ : ٢½

ومن الممكن استعمال خلطة واحدة ١ : ٣ لجميع المقاسات وعلى العموم يجب ألا تكون الخلطة أغنى من ١ : ٢½ .

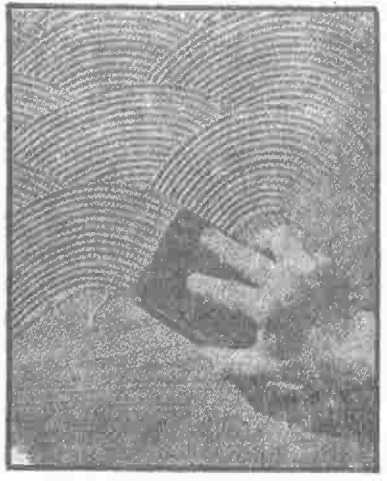
وبالنسبة لطريقة الخلط فهى هامة جداً وإذا لم تتبع طريقة خاصة فإننا نحصل على سطح غير مناسب فيجب أولا خلط الكسر جيداً بمكنة خلط وإضافة الأسمنت الملون وخلط الاثنين على الناشف ويضاف الماء تدريجياً ويجب أن تكون الخلطة لدنة ولكن غير مبتلة ويمكن استعمال الخلطة الآتية :

٢٨ باوند كسر رخام من صفر — ٤ ،
١١½ باوند أسمنت ، ٢,٧ لتر ماء .

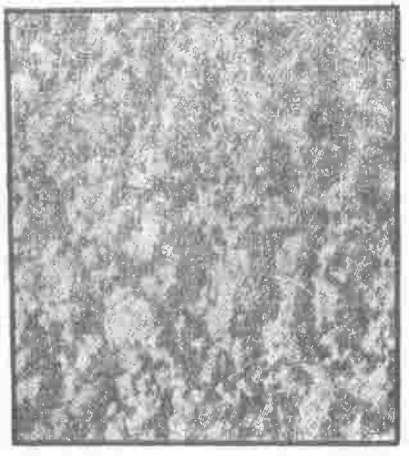
وبالنسبة لصب الخرسانة فى القوالب فيجب أن تكون متماسكة وسطحها نظيفاً وغير محتوية على شقوق ويجب أن توضع فواصل تمتد بالأرضيات مع ملاحظة أن لوح الرازو يجب ألا تتجاوز مساحته ١٢ قدم٢ حتى تتفادى خطر التشقق وتوضع الخرسانة مباشرة بالنسبة للأرضيات أما فى الحوائط فإنه يسمح بتجاوز المساحة عن ١٢ قدم٢ .

وهناك قاعدة بأن توضع طبقة ⅜" من المونة ١ : ٣ على الأرض قبل وضع خلطة

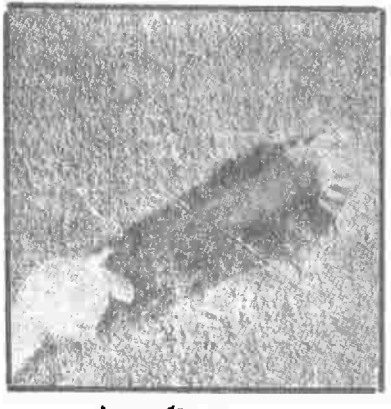
طرطشة مكبوسة



مشط مطاط



رش مكنة

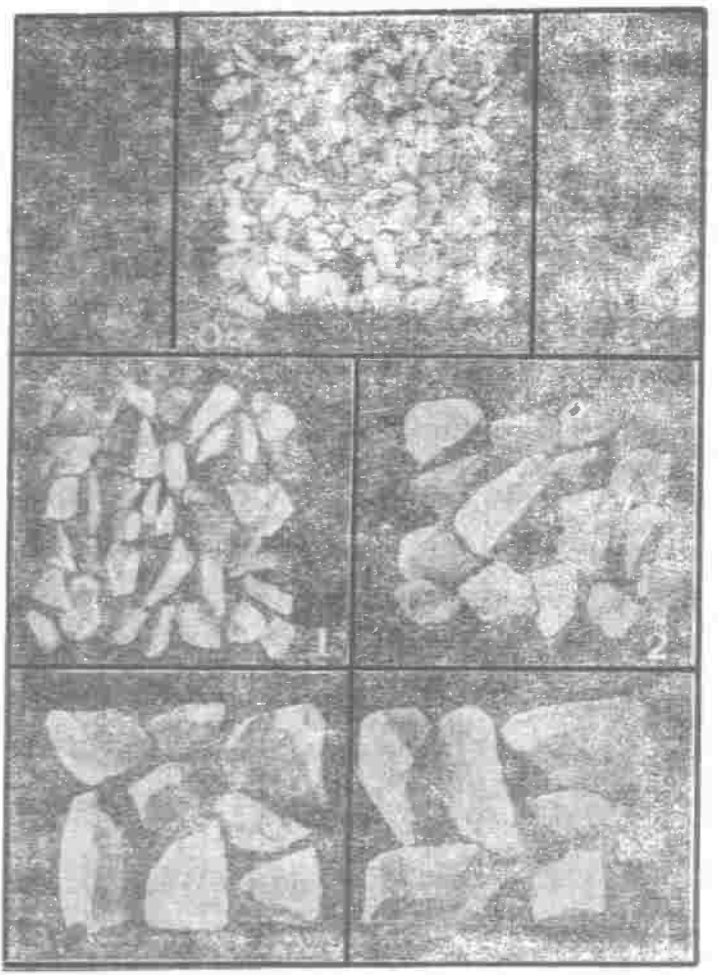


فرشة كاوتشوك

فرشة خشنة

فرشة ناعمة

شكل رقم (٦ — ٦٢) تحسين أسطح الخرسانة بالطرق المختلفة للطرطشة



شكل رقم (٦ ـ ٦٣) كسر الرخام المستخدم كركام الخرسانة فى أعمال الترازو

الترازو ويجب تسوية السطح السمك المطلوب وعادة يكون سمك ألواح الترازو ٣/٤" ويجب استعمال المسطرين فى تسوية السطح أو باستعمال عجلة خاصة إلا أن المسطرين أفضل لأن العجلة تسحب ماء الأسمنت من السطح .

ويلزم القدم المربع من الترازو ٣/٤" حوالى ٦٣ باوند من الكسر، ٢٢ باوند من الأسمنت.

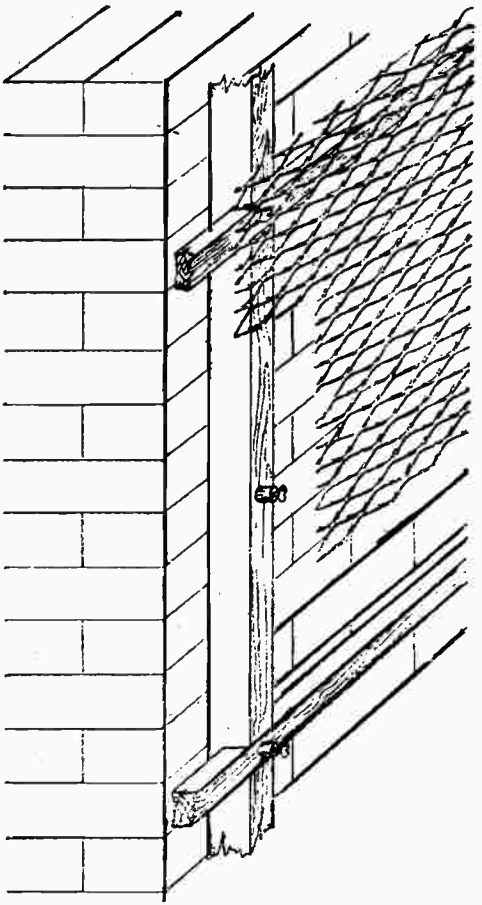
ويلمع السطح باستعمال أقراص الكاربورانديم فى مكنة رش الماء أثناء عملية التلميع ومن المهم تلميع الترازو الجديد بالرنيش لمدة ستة أشهر على الأقل . وبالنسبة لأشكال الترازو فمن الممكن صنع الترازو كسطحات جاهزة وبلاطات للأرضيات

ولأغراض الزينة كأحواض الزهور والمقاعد الحجرية والنافورات أو لتغطية الموائد ويكون كسر الرخام زاوىّ والمقاس المفضل من $\frac{3}{8}$" إلى $\frac{1}{2}$" ولا يستخدم كسر الرخام الذى يقل عن $\frac{1}{4}$" والذى يزيد على $\frac{1}{2}$" ولكن أمكن الآن فى صناعة الترازو والموزايكو استعمال كسر كبير يصل حوالى ٢".

٧ — التغطية بالشرائح الخشبية (البغدادلى) .

(Lath)

قد تستعمل للسقوف والحوائط وهى عبارة عن شبكة رفيعة من السلك تثبت على الجدار أو على السقف الخرسانى وترش المونة عليها بواسطة مكنة خاصة أو بالآلات اليدوية والشكل رقم (٦ — ٦٤) يبين كيفية تركيب السلك وشده على السطح الخرسانى



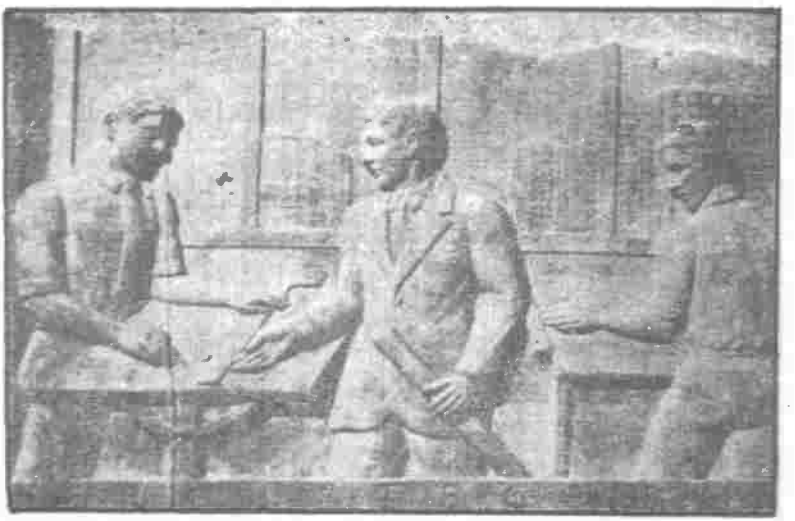
شكل رقم (٦ — ٦٤) كيفية تركيب السلك أو الشبك الممدد لعمل المسطحات البغدادلى

٨ — الخرسانة المزينة .

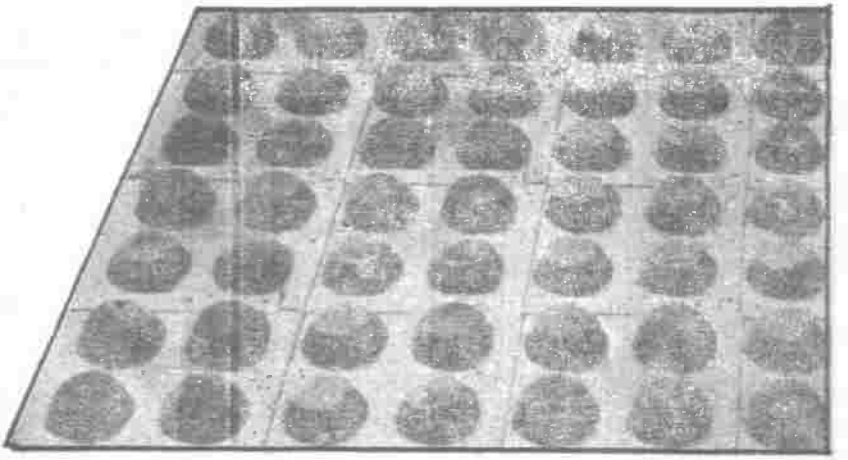
يعتبر تزيين السطح الخرسانى من المتطلبات المعمارية التى تستلزمها طبيعة المنشأ ولذلك يصب الشكل المطلوب من الخرسانة فى قوالب من الخشب المخفور أو الأبلكاش أو المطاط أو البلاستيك تثبت فى الشدة ويكون ذلك بأشكال متنوعة كما فى الشكل رقم (٦ — ٦٥) والشكل رقم (٦ — ٦٦) .

٩ — الحوائط الخرسانية من البلاطات والبلوكات جاهزة الصب :

تستخدم البلاطات والبلوكات الخرسانية جاهزة الصب — فى قوالب من الخشب

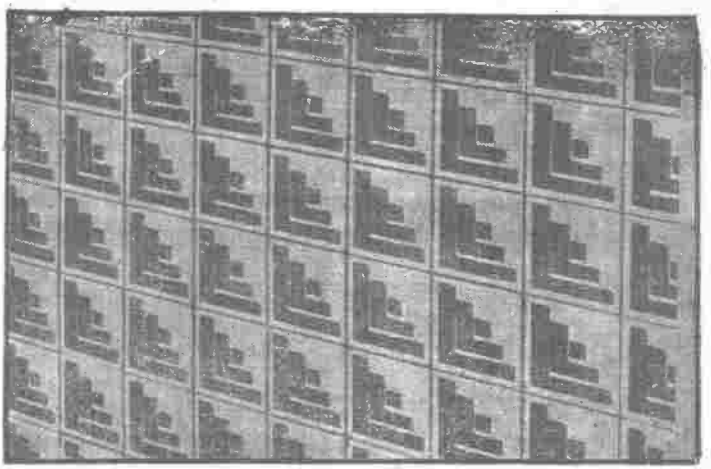


شكل رقم (٦ — ٦٥)
سطح خرسانى به تكل معاوى مصبوب على قالب من الجبس مثبت فى الشدة

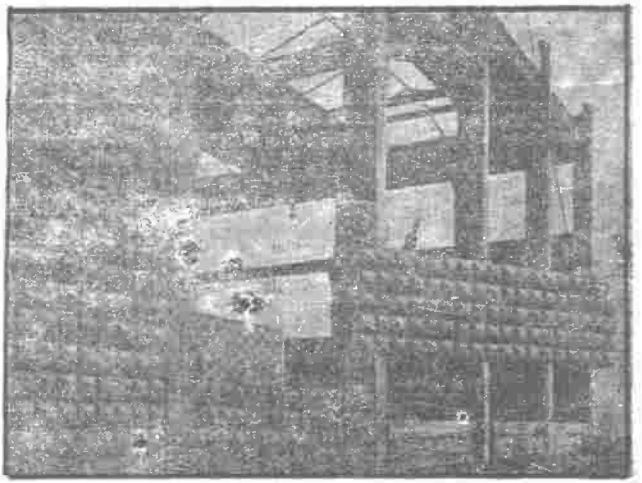


شكل رقم (٦ — ٦٦)
سطح خرسانى نو نتوءات مصبوب فى قالب من خشب الأبلكاش مثبت داخل الشدة

أو المعدن أو البلاستيك أو الجبس — فى إنشاء الحوائط الخرسانية لتزيين واجهة المنشأ ويكون ذلك بتجميع البلوكات والبلاطات لتكوين الحائط ويتضح ذلك من الشكلين رقم (٦ — ٦٧) ، (٦ — ٦٨) .



شكل رقم (٦ — ٦٧)
حائط مكون من بلوكات خرسانية جاهزة الصب



شكل رقم (٦ — ٦٨)
حائط مكون من بلاطات خرسانية جاهزة الصب

المراجع

References

1 — Troxell & Davis «Composition and Properties of Concrete» Mc. Graw Hill N. Y, U. S. A.

2 — A. M. Neville « Properties of Concrete» Pitman & Sons. Ltd., London.

3 — T. W. Akroyd «Concrete Properties & Manufacture» Pergamon Press. London.

4 — L. J. Murdock «Concrete Materials and Practice» Edward Arnold Ltd., London.

5 — E. A. Stewart «The Design and Placing of High Quality Concrete» E. F. Spon, Ltd., London.

6 — U. S. Department of the Interior Bureau of Reclamation «Concrete Manual » U. S. government Printing Office., Washington.

7 — R. Blanks « The Technology of Cement and Concrete» Vol. I. John Wiley & Sons. N. Y., U. S. A.

8 — F. S. Morgenroth « Influences on Concrete » Fredrick Ungar Publication Co., N. Y. U. S. A.

9 — Road Research Laboratory « Concrete Roads, Design and Manufacture » Her Majesty's Stationary Office, London.

10 — A. E. Peatfield « Teach Yourself Practical Concreting » English Universities Press. Ltd., London

11 — T. D. Robson «High Alumina Cements and Concretes » John Wiley & Sons., N. Y. U. S. A.

12 — F. M. Lea « The Chemistry of Cement and Concrete» Edward Arnold. Ltd., London.

13 — H. L. Childe « Concrete Finishes and Decorations» Concrete Publications, Ltd., London.

14 — R. Jones « Non—Destructive Testing of Concrete » Cambridge University Press, London.

15 — A. G. Geeson « Building Science » Vol. II & III, English Universities Press Ltd; London.

16 — A. Mills, H. Hayward & L. Rader «Materials of Construction» John Wiley & Sons, N. Y., U. S. A.

17 — H. L. Childe « Concrete Products and Cast Stone » Concrete Publications Ltd, London.

18 — Proceedings of Symposium on «Mix Design and Quality Control of Concrete » Cement and Concrete Association, London

19 — J. Witt «Protland Cement Technology» Chemical Publishing Co Inc., N. Y., U.S.A.

20 — Moore & Moore «Materials of Engineering» Mc. Graw Hill, Co N. Y, U.S.A.

21 — M. Withey & J. Aston « Johnson's Materials of Construction » John Wiley & Sons., N. Y. U.S.A.

22 — Yehya, El-Said, Ata & El-Erian « A Manual in the Testing of Materials- Non- Metallic» Cairo-U.A.R.

23 — M. A. Nasif « Workability of Concrete, between Theory and Practice » M. Sc. Thesis, Cairo University, U.A.R.

24 — H. Saad « Design of Concrete Mixes » Ph. D. Thesis Cairo University, U.A.R.

25 — I. Kamel «Design of Mixes for High Quality Concrete (on basis of surface area of aggregates) » M Sc. Thesis, Ain-Shams University U.A.R.

26 — W. El-Bishlawy « Bond between Steel and Concrete » Ph. D. Thesis, Cairo University, U.A.R.

27 — E. Bauer « Plain Concrete » Mc. Graw Hill, N. Y. U.S.A.

28 — L. Mercer « Concrete Mix Design » Research Technical Bulletin No. 2, Melbourne, Australia.

٢٩ ــ المواصفات القياسية المصرية رقم ١٩٦٣/٣٧٣ ، الأسمنت البورتلاندى العادى والأسمنت البورتلاندى سريع التصلد ، الهيئة المصرية للتوحيد القياسى ـ القاهرة

٣٠ ــ الموصفات القياسية المصرية رقم ١٩٦٣/٤٧٤ ، الطرق القياسية للتحليل الكيميائى للأسمنت البورتلاندى ، الهيئة المصرية للتوحيد القياسى ــ القاهرة .

٣١ ــ الموصفات القياسية المصرية رقم ١٩٦٢/٢٦٢ ، أسياخ الصلب لتسليح الخرسانة ، الهيئة المصرية للتوحيد القياسى ــ القاهرة .

٣٢ ــ الموصفات القياسية المصرية رقم ١٩٦٢/٢٦٣ ، الأسلاك ذات المقاومة العالية المستخدمة فى الخرسانة سابقة الإجهاد ، الهيئة المصرية للتوحيد القياسى ــ القاهرة

٣٣ ــ مشروع أسس تصميم وشروط تنفيذ أعمال الخرسانة ــ لجنة أعمال الخرسانة بوزارة الإسكان والمرافق ــ مجلة المهندسين مارس ١٩[illegible] ــ القاهرة .