الفصل الثالث : أنتاج الخرسانة

1-3 أنتاج الخرسانة في الاجواء القياسية

يمكن تقسيم المراحل التى تمر بها صناعة الخرسانة الى ثلاثة مراحل رئيسية هى:

1-1-3 مرحلة ما قبل الصب (الأعداد)

أ- اختبار مكونات الخرسانة من قبل مختبر حقلي للتأكد من مطابقتها للمواصفات الفنية.

ب- أجراء تصميم الخلطات التجريبية لتحديد أفضل نسب خلط تعطي المقاومة التصميمية المطلوبة.

ت- نقل المواد الناجحة في الفحص الى مواقع قريبة من منطقة عملية الخلط.

ث- التأكد من تفاصيل تسليح الأعضاء الإنشائية المراد صبها مطابقة للمخططات المسلمة للمقاول ودوائر المهندس المقيم وكذلك متانة القوالب اللازمة للخرسانة.

ج- أستحصال موافقة دائرة المهندس المقيم أو رب العمل للتحضير لموعد رسمي لإجراء الصب تحريريا.

2-1-3 مرحلة الصب

أ- خلط المواد بالنسب المقترحة والمترتبة عن الخلطة التجريبية المقبولة.

ب- نقل الخلطة للموقع مع الحفاظ على خواصها.

ت- صب المواد في القوالب مع التأكد من خواص الخرسانة المصبوبة على أن يتم الرفض للخرسانة الطرية الغير مطابقة للمواصفات الفنية.

ث- رص الخرسانة ومنع تكون الفجوات.

ج- تسوية سطح الخرسانة وإنهاء الاستواء للسطوح.

3-1-3 مرحلة ما بعد الصب

أ- المعالجة للخرسانة المتصلبة

ب- أزاله القوالب عن الخرسانة وتصليح العيوب.

1- مرحلة الخرسانة الطرية (الصب)

أ- الخلط

نوع الخلط :يلزم خلط الخرسانة ميكانيكياً إما فى الموقع أو فى عربة خلط أو من خلال محطة خلط مركزية كما هو موضح بالصورة رقم (3) ، أما الصورة رقم (4) فيوضح عربة سعة ١٠

متر مكعب لخلط ونقل الخرسانة ، بينما تظهر في صورة رقم (5) خلاطه موقع سعة ٠,٧٥ متر مكعب . و إذا دعت الضرورة القصوى لخلط الخرسانة يدويا فيتم ذلك بعد موافقة المهندس الاستشاري للمشروع وفى هذه الحالة يتم الخلط بتقليب المواد تقليباً جيداً بالنسب المطلوبة على أرضية مستوية صماء بواسطة العدد اليدوية ذى الشداد ويلزم خلط الأسمنت مع الركام قبل وضع الماء ويقلب على ثلاث دفعات على الأقل ثم يضاف الماء تدريجيا بالقدر المطلوب للخلطة ويستمر التقليب والخلط حتى تتجانس الخلطة لوناً وقواما.

خلط في الموقع		خلط أثناء النقل	خلط في محطة مركزية بعيد عن موقع العمل
يدوي	ميكانيكي	ميكانيكي (عربة الخلط)	ميكانيكي

-زمن الخلط :يجب أن لا يقل زمن الخلط عن دقيقتين بعد وضع الأسمنت والركام أو لا يقل عن دقيقة واحدة بعد إضافة الماء .وذلك حتى يصبح الخليط متجانس فى اللون والقوام مع مراعاة عدم زيادة سرعة الخلاط عن السرعة المحددة له حتى لا يحدث انفصال حبيبي كذلك لا يجب زيادة زمن الخلط عن ٥ دقائق لنفس السبب.

صورة رقم (3): محطة خلط مركزية لإنتاج الخرسانة

صورة رقم (4): عربة خلط خرسانة سعة 10 متر مكعب

صورة رقم (5): خلاطه موقع سعة 0.75 م ^{3}

صورة رقم (6): ماكنة ضخ خرسانة – 42 م

صورة رقم (7): استخدام عربات خلط ونقل الخرسانة و طلمبة الضخ في صب أحد مراحل أنشاء جسر

ب- نقل ومناولة الخرسانة

- يلزم صب الخرسانة بعد تمام خلطها مباشرة مع مراعاة تجنب انفصال مكوناتها على أن لأتزيد المدة مابين إضافة ماء الخلط وصب الخرسانة على 30 دقيقة فى الجو العادى و 20 دقيقة فى الجو الحار وأن يتم رصها قبل مضى 40 دقيقة فى الجو العادى و 30 دقيقة فى الجو الحار أما إذا أستلزم الأمر زيادة الفترات السابقة فإنه يلزم إضافة مؤجلات للتصلب عند الخلط بعد موافقة المهندس الاستشاري للمشروع وذلك حتى لا تجف الخرسانة أو يحدث لها تجمدا إبتدائياً وخاصة في الأماكن الحارة وحتى لا يحدث وصلات أو فواصل فى الخرسانة المصبوبة.

- يجب عدم حدوث أي اهتزازات للخرسانة أثناء النقل.

ج- عملية الصب للخرسانة الطرية

يجب مراعاة الاحتياطات الآتية أثناء عملية الصب:

- فى حالة صب الحوائط والأعمدة التى يتجاوز ارتفاعها 2.5 متر فلا يجوز صبها بكامل الارتفاع ويجب عمل شباك فى أحد جوانب القالب على ارتفاعات لاتزيد عن 2.5 متر ويتم الصب من هذه الفتحات حيث يتم تقفيلها أولاً بأول مع مراعاة رص الخرسانة ميكانيكيا.

- فى حالة صب سقوف أرضية جسر خرسانية بارتفاع كبير يراعى أن تصب على طبقات سمكها يتراوح من 40 إلى 50 سم.

- يلزم مراعاة تحديد أماكن إيقاف الصب وسطح نهاية الصب (سقوف وروافد وأعمدة) مسبقاً قبل بدء الصب .وينبغى أن يكون إيقاف الصب فى الأماكن التى عندها عزم الإنحناء يساوى صفر أو بأقل قيمة ممكنة .ويراعى ترك سطح الخرسانة عند نهاية الصب مائلا خشنا فى السقوف والروافد وأفقيا خشنا فى الأعمدة .ولا يفضل وقف الصب عند المقاطع التى عندها قوى قص عالية.

إذا زادت درجة الحرارة على 36 درجة مئوية فى الظل يجب مراعاة الاحتياطات الآتية:

1- تظليل أكداس الركام الكبير والصغير ويمكن تبريد الركام الكبير باستخدام رشاشات مياه.
2- إذا كان الأسمنت سائباً فى صوامع فإنه يجب صبغ الصوامع من الخارج بمادة عاكسة لأشعة الشمس أما إذا كان فى أكياس فترص تحت سقيفة جيدة التهوية .
3- يبرد الماء قبل استعماله فى خلط الخرسانة باستخدام الثلج أو بأي وسيلة أخرى.
4- رش القوالب بالمياه قبل الصب مباشرة.

- الصب على خرسانة قديمة : ينبغي أن يترك سطح الخرسانة القديمة خشن وغير مستوى وقبل الصب عليه ينظف من الأتربة ويزال الركام غير المتماسك آما ينظف حديد التسليح بفرشة سلك ثم يُندى سطح الخرسانة ويُصب عليه الأسمنت ويُفضل أن يُرش أو يُدهن سطح الخرسانة القديمة بمادة الأيبوكسي تعمل على لحام الخرسانة القديمة مع الخرسانة الحديثة.

د- رص الخرسانة الطرية

الغرض من عملية الرص هو تقليل الفراغات والفجوات داخل الخرسانة والتأكد من تمام انسياب الخلطة الخرسانية حول حديد التسليح وملء القالب تماماً إلى المنسوب المطلوب .

هـ- الفحص الحقلي لنوعية الخرسانة (قوام الخرسانة الطرية)

طريقة تعيين القوام الحقيقي للخرسانة في موقع العمل وهي طريقة اختبار الهبوط (Slump Test).

الغرض من الاختبار :تحديد قوام الخلطة الخرسانية بتعيين مدى هبوطها بعد تشكيلها على هيئة مخروط ناقص وذلك إما فى المعمل أو فى موقع التنفيذ .وذلك للتأكد من نسب مكونات الخلطة الخرسانية حيث أن أي تغيير فى نسبة الأسمنت أو كمية الماء والركام يؤثر على قيمة الهبوط . ويعتبر هذا الاختبار من أبسط وأفضل الوسائل لضبط الجودة في محطات الخلط وفى مواقع التنفيذ.

- قالب الاختبار :عبارة عن مخروط ناقص ومصنوع من معدن متين بسمك 1.5 مم على الأقل مفتوح من أعلى ومن أسفل ، قطر فتحته العليا 10 سم والسفلى 20 سم وارتفاعه 30 سم شكل رقم (8) في أدناه.

- قضيب الرص :وهو سيخ من الصلب بقطر 15 مم وطول 60 سم.

طريقة إجراء الاختبار:

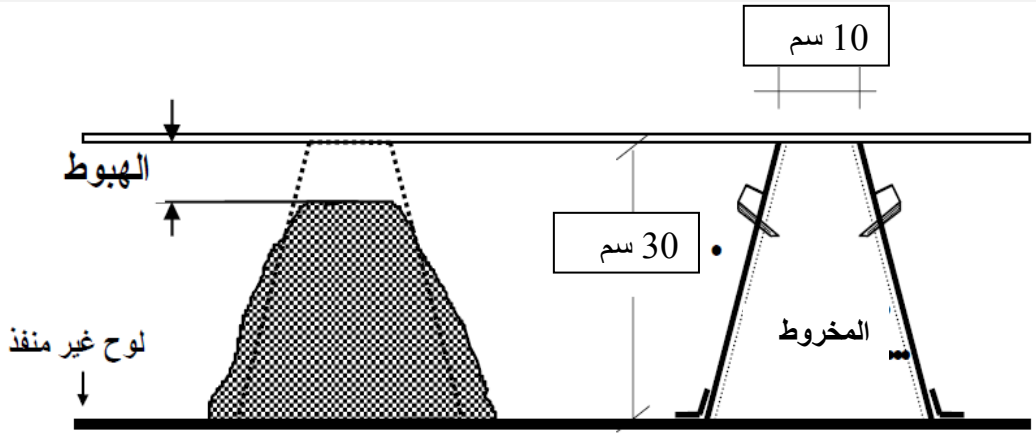
1- ينظف السطح الداخلي للقالب بحيث لا توجد به أى مياه عالقة أو آثار خرسانية.
2- يوضع القالب على سطح أفقى أملس غير مُنفذ للماء على أن يثبت جيداً.
3- يملأ القالب على ثلاث طبقات إرتفاع آل منها يساوى ثلث إرتفاع القالب تقريبا على أن تدمك آلطبقة بواسطة قضيب الرص 25 مرة موزعه تقريبا على السطح وبشرط أن ينفذ القضيب إلى الطبقة التى تحتها.
4- بعد الانتهاء من دمك الطبقة العليا للقالب يسوى سطحها مع حافة القالب.
5- يرفع القالب بعد ملئة مباشرة فى إتجاه رأسى وببطء وعناية.
6- يقاس مقدار الهبوط بعد رفع القالب مباشرة وهو الفرق بين إرتفاع القالب وإرتفاع مركز عينة الخرسانة الطازجة.

ملاحظـــات:

- يجب أن لا يزيد المقاس الإعتبارى الأكبر للركام المستخدم عن ٤٠ مم.
- يجب أن لا تزيد الفترة بين إنتهاء الخلط وبداية إجراء الإختبار عن دقيقتين.
- تحدث ثلاثة أشكال مختلفة لحالة الهبوط فقد يكون هبوطا حقيقيا True Slump أو هبوط قص Shear Slump أو إنهيار Collapse كما في الصورة أدناه رقم (9).
- يراعى اعادة الإختبار على عينة أخرى فيحالة حدوث إنزلاق جانب Slipping فى العينة أو إنهيار Collapse. إذا تكرر ذلك فى حالة إعادة الإختبار فيقاس الهبوط مع تسجيل ذلك مع النتيجة.

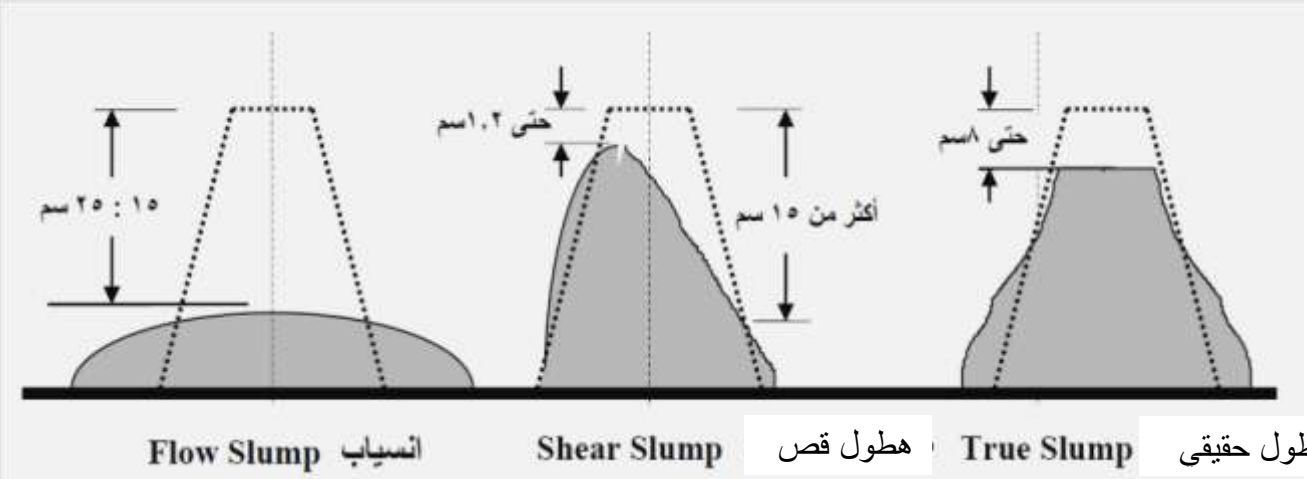
الجدول رقم (53): يمثل قيم الهبوط المانظرة لدرجات قوام الخرسانة المختلفة

الهبوط (مم)	صفر-٢٠	١٠-٤٠	٣٠-١٢٠	١٠٠-٢٠٠	١٨٠-٢٢٠
قوام الخلطة الخرسانية Consistency	جاف Dry	صلب Stiff	لدن Plastic	مبتل Wet	رخو Sloppy

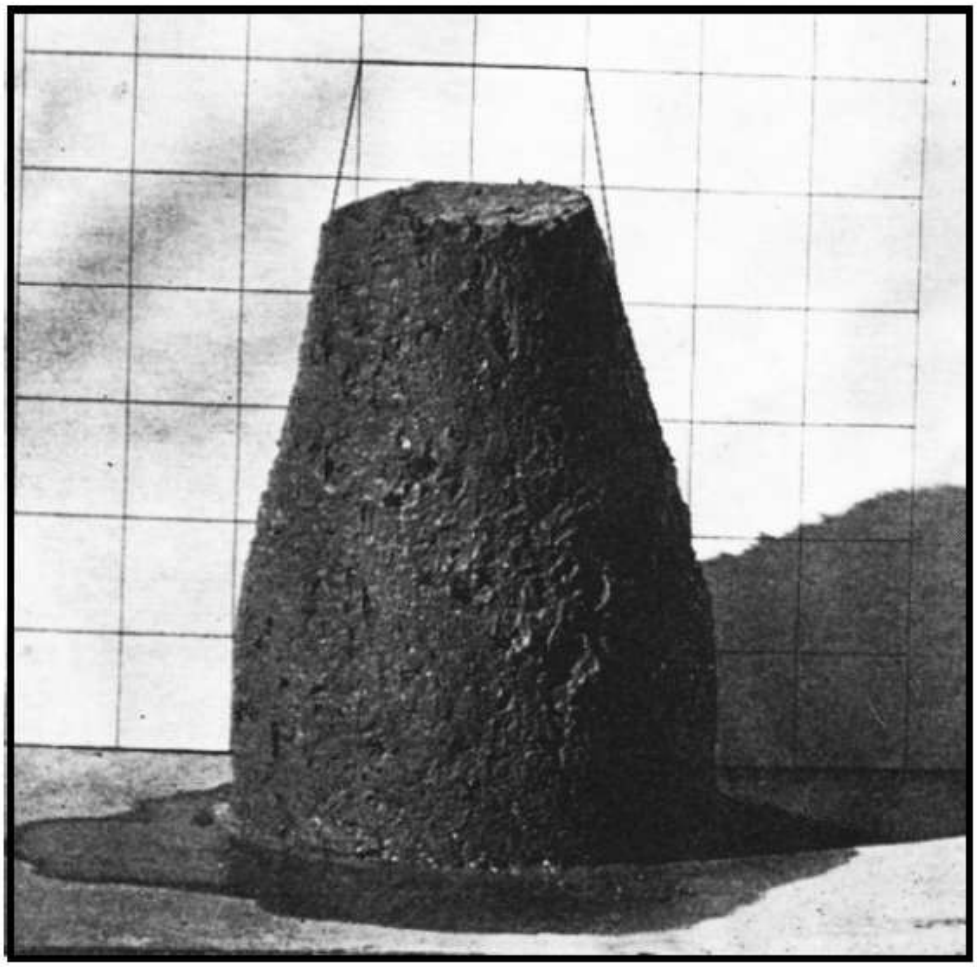


الشكل رقم (3): المخروط الخاص بفحص الهطول

الصورة رقم (8): أجراء فحص الهطول



الصورة رقم (9): أنواع الهبوط حسب قوام الخرسانة

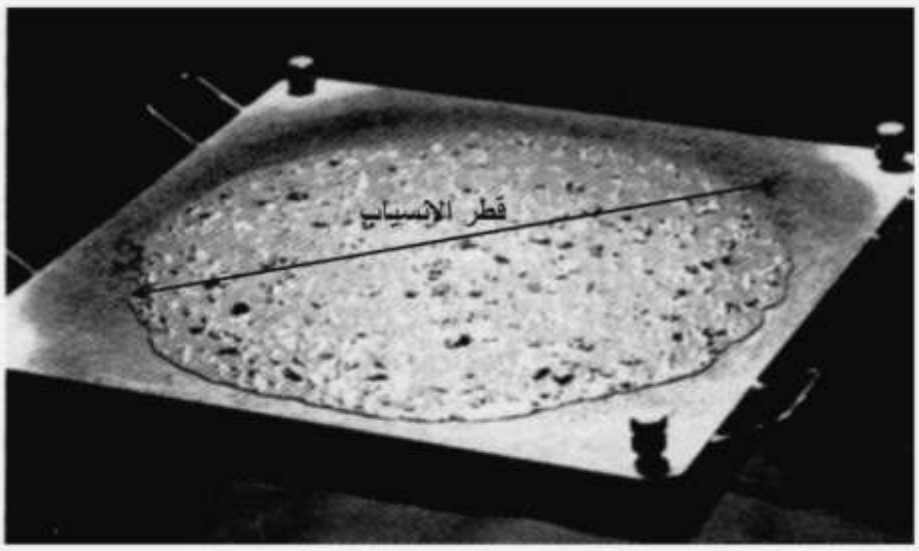


الصورة رقم (10): نموذج الهطول الحقيقي

الجدول رقم (54): قيم الهبوط المسموحة للاعضاء الانشائية المختلفة

نوع العنصر الإنشائي	درجة الدمك	الهبوط (مم)
خرسانة كتلية.	دمك ميكانيكي	صفر ـ ٢٥
القواعد الخرسانية خفيفة التسليح ومتوسطة التسليح. قطاعات خرسانية خفيفة التسليح.	دمك ميكانيكي	٢٥ : ٥٠
قطاعات خرسانية متوسطة و عالية التسليح. قطاعات خرسانية خفيفة التسليح.	دمك ميكانيكي دمك يدوي	٥٠ : ١٠٠
قطاعات خرسانية كثيفة التسليح.	دمك خفيف	١٠٠ : ١٢٥
أساسات عميقة وخرسانة قابلة للضخ مع استخدام إضافات كيميائية (ملدنات أو ملدنات فائقة)	دمك خفيف	١٢٥ : ٢٠٠

و تجدر الإشارة أنه فى حالة الخرسانة ذات درجة السيولة العالية أو التى يزيد فيها الهبوط عن ٢٢ سم مثل الخرسانة ذاتية الدمك فإنه يتم قياس انسياب الهبوط وهو القطر المتوسط للخرسانة المنسابة بعد رفع مخروط الهبوط. وفى الخرسانة ذاتية الدمك فيشترط أن لا يقل انسياب الهبوط عن ٦٠ : ٧٠ سم كما فى الشكل رقم (11).



الصورة رقم(11):أنسياب الهبوط فى الخرسانة ذاتية الرص أو الدمك

2-3 أنتاج الخرسانة في الاجواء الحارة والباردة.

3-2-1 صب الخرسانة في الجو الحار :

يجب خلال الطقس الحار ،العناية بالمواد وطرق الانتاج والنقل ووضع الخرسانة والمحافظة عليها . وذلك لمنع ارتفاع درجات الحرارة بصورة مفرطة او تبخر الماء مما قد يسبب اعاقة اكتساب المقاومة المطلوبة او يؤثر على استخداميه العضو او المنشأ .

درجة حرارة الخرسانة عند الصب يجب ان لا تزيد درجة حرارة الخرسانة عند الصب عن 40 م^0 وتتخذ الاجراءات المناسبة لتقليل درجة حرارة الخرسانة بتبريد مكوناتها او اتباع اي اسلوب اخر بموافقة المهندس .

المواد الاولية :

من الضروري اتخاذ التدابير الاتية لغرض التحكم بدرجات حرارة المواد الاولية اثناء انتاج الخرسانة وانضاجها :

أ- الركام : نظرا لكون الركام يشكل اكبر نسبة من مواد الخلطة فمن الضروري ان يكون بأقل درجة حرارة ممكنة . حيث تنخفض درجة حرارة المزجة نصف درجة مئوية واحدة عند خفض درجة حرارة الركام درجة مئوية واحدة ويتم ذلك عن طريق حفظ الركام في محلات مظللة كما ويمكن تبريده برشة بالماء بصورة منتظمة .

ب- الأسمنت : لا يفضل استعمال الأسمنت الساخن حديث الطحن في انتاج الخرسانة .

ج- ماء الخلط : يستعمل الماء المبرد او الثلج لخفض درجة حرارة الخرسانة ويكون تأثيره واضحا بالرغم من ان كمية ماء الخلط لا تشكل نسبة كبيرة من المكونات ذلك لان الحرارة النوعية للماء تكون حوالي 4-5 مرات اكبر من تلك التي للسمنت او الركام . ان استعمال الثلج مع او بدلا من الماء يكون اكبر تأثيرا في خفض درجة الحرارة بسبب الاستفادة من الطاقة الحرارية الكامنة للانصهار حيث يرمى الثلج في الخلاطة للحصول على اقصى تبريد .

د- المضافات : من الممكن استعمال المضافات المبطئة والمضافات المقللة لكمية الماء والمبطئة حيث تعمل هذه المواد على تقليل تعجيل تفاعل الأسمنت بتأثير ارتفاع درجات الحرارة وكذلك السيطرة على كمية الماء المستعملة والحيلولة دون زيادتها . كما وان بعض المضافات تسبب زيادة النزف المبكر لماء الخلطة من سطح الخرسانة وهذا يساعد على ابطاء جفاف السطح وتحاشي ظاهرة التقشير.

- خلط الخرسانة :

من الضروري تقليص مدة خلط الخرسانة لاقل فترة مناسبة لتقليل رفع درجة حرارة الخلطة اثناء الخلط .يتم طلاء وعاء الخلاطة من الخارج بلون ابيض ويرش بالماء باستمرار لتبريده .

- نقل الخرسانة :

تقلل الفترة الزمنية بين مزج ووضع الخرسانة لأقل ما يمكن حيث ان حرارة الاماهة للإسمنت وبتالي ارتفاع درجة الحرارة يزداد مع مرور الوقت في حالة الخرسانة الجاهزة ولاحتمالات التأخير بسبب النقل يجب اضافة الماء اللازم او بعضها الى الشاحنات الخلاطة اثناء الحركة.

- وضع الخرسانة ورصها :

تتخذ الاجراءات الاتية لتقليل درجة حرارة الخرسانة :

أ- ضمان استمرارية الصب وباسرع وقت ممكن من خلال تهيئة كافة متطلبات وضع ورص الخرسانة .

ب- عمل مضلات ومصدات رياح تخفض درجة حرارة القوالب وحديد التسليح وتقلل سرعة جفاف الخرسانة وتشقق سطحها .

ج- تضليل كافة المعدات كالخلاطات والاحزمة الناقلة ومضخات الخرسانة وانابيبها . ومن المفيد تغليف انابيب ضخ الخرسانة بقماش مبلل باستمرار.

د- البدأ بالصب عصرا او مساء مع الاستمرار ليلا بدلا من البدا في الصباح المبكر حيث يتوافق زمنيا ارتفاع درجة حرارة الجو مع حرارة الاماهة .

هـ- تحاشي حصول ما يعرف بالمفاصل الباردة في الخرسانة ،وهي الحدود المتميزة بين دفعات الخرسانة المختلفة المصبوبة في محل واحد ويتم ذلك بالاستمرار بالصب والرص بسرعة وانتظام .

و – جعل سمك طبقة الخرسانة في الجدران والاعتاب العميقة اقل مما في الجو البارد .

الانهاء والانضاج :

يمكن تقليل التبخر والتشقق في الخرسانة بإتباع ما يأتي :-

أ-يمكن تقليل التبخر بالتضبيب وذلك قبل وبعد عمليات انهاء سطح الخرسانة ولا يجوز رش الماء الذي يسبب غسل السمنت ومن المفيد تغطية سطح الخرسانة بعد الرص بطقبة من البوليثين .

ب- لمنع حصول شقوق شعرية في سطح الخرسانة بسبب الانكماش اللدن قبل الانهاء ، يسمح برج الطبقة السطحية في الصبات الضخمة ثم تنهى بالمالج او غيره . وعند حصول مثل هذه التشققات في الصبات الاعتيادية فيمكن لئمها بطرق السطح على جهتي الشق بمالج مناسب.

ج- يتم الانضاج بالتبليل المستمر او الغمر بالماء ان امكن كما ويمكن استعمال مركبات انضاج مناسبة والتي تشكل غشاء مناسبا .وعند استعمال هذه المركبات يفضل تغطية سطوح الخرسانة وعدم تعريضها لاشعة الشمس والري

د- يجب ان تبقى القوالب مبللة بعد وضع وانهاء الخرسانة وعند نزعها يستمر بالانضاج بالماء والتغليف بالقماش للاجزاء التي لم يمكن انضاجها ، ومن الضروري انجاز كافة اصلاحات سطوح الخرسانة في هذه الفترة لانضاجها مع بقية الخرسانة ، تترك الاغطية وهي جافة بعد اكمال الانضاج لفترة امدها حوالي 4 أيام لتسهيل جفاف الخرسانة بشكل تدريجي .

2-2-3 صب الخرسانة في الجو البارد :

- الاحتياطات الواجب اتخاذها :

من الضروري اتخاذ الاحتياطات اللازمة لضمان الحصول على خرسانة جيدة اذ ان منع انخفاض درجة حرارة الخرسانة الى اقل من 3-4 م^0 ولمدة 3-4 أيام سيمكنها من مقاومة الانجماد و الاستمرار في التصلب ومن هذه الاحتياطات ما يأتي:

أ- تسخين المواد والمكونات لاعطاء الخرسانة درجة حرارة ابتدائية قدرها 30م^0 تقريبا او اكثر قليلا عند استعمال السمنت البورتلاندي الاعتيادي واقل بقليل عند استعمال السمنت البورتلاندي سريع التصلد .

ب- ان يكون الركام والماء المستخدمان خاليان من اي اثر للثلوج او الجليد .

ج- تسخين الماء قبل الخلط بما لا يزيد عن60 -80 م^0

د- تسخين الركام قبل الخلط بما لا يزيد عن 75 م^0

هـ- يراعى الا تزيد درجة حرارة خليط الركام والماء عن 38 م^0 عند اضافة السمنت الى الخليط .

و- ان تكون القوالب وحديد التسليح وانابيب التوصيلات خالية من الثلوج والجليد مع ملاحظة ان لا يزيد فرق درجات الحرارة بين الخرسانة الطرية والمواد الملامسة لها 17 م^0 .

- حماية الخرسانـة : لاغراض حماية الخرسانة يتم اتباع ما ياتي :-

أ- تستعمل الواح مواد عازلة كالواح الخشب او اللدائن للمحافظة على درجة حرارة الخرسانة .

ب- رش البلاطات الخرسانية بمركبات الانضاج او تغطيتها بلفائف البولي اثلين وذلك لمنع تجمد الماء نتيجة الرياح الباردة .

ج- استخدام كاسرات الرياح حول الاجزاء الخرسانية المصبوبة حديثا عندما يكون تأثير الرياح الباردة شديدا وحسب قناعة المهندس .

د- لانهاء عمليات الحماية يتوجب اخذ عينات بمعدل 6 مكعبات لكل 75م^3 او 3 مكعبات لكل ساعتين من الصب ايهما اكثر وتحفظ هذه العينات بنفس ظروف الحماية وتنتهي عمليات الحماية عندما تبلغ مقاومة الخرسانة 65%من مقاومة الانضغاط المطلوبة بعمر 28 يوما .

ه- تستعمل المضافات الاتية وباشراف وبموافقة المهندس :-

1- السوائل المانعة للتجمد ككلوريد الكالسيوم " لا يسمح باضافته الا في الخرسانة غير المسلحة " .

2- كاربونات البوتاسيوم لخفض نقطة انجماد الماء ويضاف معها في هذه الحالة مبطىء.

3- مضافات لتقليل الانكماش .

4- ابقاء القوالب لفترة اطول وذلك تجنبا لحدوث تشوه في الخرسانة بسبب التصدع.

5- يمكن استعمال خلطات غنية بالاسمنت وذات نسبة ماء/ سمنت واطئة لأغراض الصب في الجو البارد .

3-3 الخرسانة السابقة الصب :

المجال: يقصد بها الخرسانة المصبوبة في موقع غير موقعها النهائي في المنشأ "اي في معامل متخصصة او في ساحة العمل ثم ترفع الاجزاء الخرسانية وتركب في محلها "وهي على نوعين -:

وحدات قياسية مثل الكاشي والكتل والبلاطات والهياكل ووحدات السقوف ... الخ .

اجزاء تصب في ساحة العمل او خارجه كالجدران والسقوف وغيرها من الاجزاء .

ترعى الامور الاتية عند استعمال هذا النوع من الخرسانة :

أ- تطبق المواصفات الواردة حول الانواع الاخرى من الخرسانة بما لا يتعارض ووضعية الخرسانة سابقة الصب كتأثير العوامل الجوية واساليب وطرق الانضاج ...الخ .

ب- عدم تعريض هذة الخرسانة الى اجهادات اعلى من الاجهادات المسموح بها او التشوه او التلف اثناء النقل او الخزن او المناولة او الصب .

ج- ان تؤصر وتسند الاعضاء سابقة الصب بصورة مقبولة اثناء الصب لضمان ملائمة الاستقامة والامان لحين اتمام التوصيلات الدائمية .

د- تحديد مواقع الفتحات الخاصة باعمال التأسيسات والخدمات وفقا للمخططات .

ه- ان تكون القوالب محكمة الوصلات جافة نظيفة ولا تسمح بمرور مونة السمنت وبالابعاد المثبتة في المخططات الخاصة بتلك الاعمال .

و- تحدد نقاط التحميل والرفع والاسناد وطريقة رفع الوحدات والمركبات التي ستقوم بتنفيذ العمل وتستحصل موافقة المهندس على ذلك .

ز- تأشير وتعليم كل عضو سابق الصب بشكل واضح وقابل للقراءة بما يبين موقعه ووضعيته في المنشا وسطحه العلوي وتاريخ التصنيع .

ح- وضع علامات مميزة في الاجزاء سابقة الصب المتطابقة من حيث الابعاد الخارجية والمختلفة التسليح او المقاومة المميزة للخرسانة او الغلاف الخارجي.

ط- يتم تزييت القوالب بأحدى المواد الاتية :-

1- خليط النفط ومادة لاصقة وماء بنسبة (1 :3 :0.25) على التوالي وبمعدل 2ر1 لتر لكل عشرة امتارمربعة .

2- خليط الفازلين والكيروسين بنسبة (1 :2) او (1 :3) عند الانضاج بالطرق الاعتيادية او البخار او (1:1) عند الانضاج بالبخار ذو ضغط عال .

4-3 الخرسانة الجاهزة :

وهي خرسانة تم خلطها في مصنع مركزي وموقع ثابت مزود بخلاطات ازو خلاطة مركزية ومواد اولية ويكون مسيطر عليها بدقة . وهي على نوعين :-

1- خرسانة مخلوطة في المصنع المركزي يجري نقلها الى الموقع بواسطة شاحنات خلاطة تدور ببطء لتجنب الانعزال .

2- خرسانة يجري تحديد كميات موادها الصلبة في المصنع المركزي ويتم الخلط في الشاحنة الخلاطة ويضاف الماء خلال عملية النقل الى موقع الصب او قبل تفريغ الخرسانة مباشرة وعندما يتم خلط الخرسانة كليا بواسطة الخلاطة المركزية فان زمن الخلط يقاس من وقت وضع جميع المواد الصلبة في الخلاطة وعند عدم القيام باجراء فحوص التجانس للخرسانة (–uniformity tests–) فان الحد الادنى المسموح به لزمن الخلط هو دقيقة واحدة لكل متر مكعب او اقل وتضاف15 ثانية لكل متر مكعب اضافي او اجزاء .

يجب اجراء فحص التجانس لخرسانة الخلطة المركزية عندما يشير مقدار هطول الخرسانة او مظهرها الى ان الخلط لم يكن تاما .

تتبع التعليمات الواردة في المواصفة العراقية رقم 1328 الخاصة بمطلبات الخرسانة الجاهزة او المواصفة البريطانية رقم 5328 لسنة 1989 او الاسترالية رقم 1379 لسنة 1973 .على مورد الخرسانة الجاهزة ان يقدم للمهندس مع كل ارسالية كشفا منتظما موقعا ومختوما من قبل المسوؤلين في الخلاطة المركزية مبينا فيه المعلومات الاتية :-

اسم الخلاطة المركزية وموقعها .

الرقم المتسلسل للكشف .

ج- التاريخ ورقم الشاحنة للخلاطة .

د-درجة (صنف) الخرسانة .

ه- محتوى الاسمنت .

و- وقت التحميل بالساعة والدقيقة .

ز- مقدار الهطول .

ح- المقاس الاقصى للركام المستعمل .

ط- نوع الركام .

ي- المضافات في حالة استعمالها وتحديد نوعها وعلامتها التجارية .

ك- اي معلومات اخرى يتطلب ذكرها .

يحق للمهندس ان يرسل ممثل عنه الى الخلاطة المركزية لاجراء التدقيق الموقعي على الانتاج .

5-3 الخرسانة سابقة الاجهاد

تتبع المواصفات الفنية بالنسبة للمواد والقوالب واعمال التسليح والخلاطات الخرسانية وطرق انتاج الخرسانة وصبها وانضاجها والشروط المتعلقة بالصب في الاجواء الباردة والحارة وكذلك الخرسانة جاهزة الخلط والخرسانة سابقة الصب واخذ العينات والفحص الا اذا ورد نص صريح خلافا لذلك في المواصفات الخاصة انواعها : تكون الخرسانة سابقة الاجهاد بالانواع الاتية :-

أ-الخرسانة سابقة الاجهاد تالية الشد

Prestressed post-tensioned concrete

ب-الخرسانة سابقة الاجهاد سابقة الشد

Prestressed pre-tensioned concrete

ترعى الامور الاتية في الخرسانة سابقة الاجهاد :

أ- يستعمل الحقن (Grout) في تعبئة مجاري التسليح المطمورة في الخرسانة السابقة الاجهاد تالية الشد وذلك من مزيج من الماء والاسمنت الا اذا كانت مساحة مقطع المجرى الذي يتم حقنه اكبر من اربعة اضعاف مساحة التسليح حيث يمكن عندها استعمال الركام الناعم في المزيج . لا تزيد نسبة الماء الى الاسمنت في الحقل عن 0.5 وزنا .

ب-ان لا تزيد نسبة الاملاح والكبريتات والكلوريدات عما ورد في هذه المواصفات .

ج- ان تكون الاغماد مصنوعة من مواد لا تتفاعل مع قلويات الأسمنت وقوية لتحافظ على شكلها اثناء تركيبها وان تكون مانعة لتسرب غشاء الخرسانة الى داخلها .

د- ان يكون القطر الداخلي للغمد اكبر بمقدار 6.1 ملم من قطرالتسليح الكلي مع مراعاة الا تقل مساحة مقطع الغمد الداخلية من ضعف مساحة مقطع اوتار الشد.

ه- ان تكون القوالب المستعملة مصنوعة بحيث لا تسبب اي تغير او اعاقة للانفعال المرن او التحدب .

شروط عامة :-

أ- على المقاول ان يقدم سجلا مبينا فيه استطالة الوتر اثناء مراحل الاجهاد وقوى الشد القابلة حسبما تسجله المقاييس الخاصة .

ب- ان ينفذ الاعمال فنيون متخصصون ويحق للمهندس طلب وثائق تشهد بخبرتهم .

ج-يجب اتخاذ اجراءات سلامة عارمة لوقاية العاملين من الاخطار الناتجة عن انقطاع الاوتار اثناء عمليات الاجهاد كما ويحذر العاملون من الاقتراب من الاجهزة التي تحدث الاجهاد .

د- يتم ارساء الاوتار بعد وصول قوى الاجهاد الى القيم المطلوبة وذلك باستعمال معدات الارساء كما منصوص عليها في المواصفات او بالاتفاق مع المهندس .

هـ- ان تتم عملية الحقن باسرع وقت ممكن بعد الانتهاء من عملية اجهاد الاوتار .

و- تتم عملية الحقن بضخ الحقين خلال المجاري عن جهة واحدة بشكل مستمر حتى يصبح الحقين الذي يخرج من منافذ التصريف خاليا من الماء وفقاعات الهواء .

ز- يجب المحافظة على درجة حرارة الخرسانة حول الحقين المتصلد بما لا يقل عن 8 درجات مئوية لمدة لا تقل عن ثلاثة ايام .لا تقل درجة حرارة الحقين عن عشرة درجات مئوية ولا تزيد على 40 م^0 اثناء عملية الحقن .

ح- على المقاول ان يزود المهندس بسجلات وافية عن عمليات الحقن .

شروط واجب توفرها في وسائل الارساء والاغماد والاوتار :

أ- ان تكون خالية من الشحوم والزيوت والدهون واية مواد غريبة

ب- ان تكون الاوتار المستعملة بشكل غير موثق (Unbonded) معالجة ضد الصدأ او مغطاة بطبقة من المواد الايبوكسية على ان لا تتفاعل مع مادة الاوتار .

ج- لا تعرض الاوتار لدرجات حرارة عالية ويمكن استعمال الاكسي استلين لقطع نهاياتها .

د- تثبت الاغماد بشكل يمنع ازاحتها اثناء صب الخرسانة .

ه- اذا تطلب وجود انحراف لتجنب فتحة ما او لاي سبب فيعمل الانحراف في المستوى الافقي وبشكل تدريجي بمعدل 1 : 5 .

و- في حالة الخرسانة سابقة الاجهاد وسابقة الشد يجب ان لا تقل المسافة الصافية (Clear distance) بين الاوتار في الصف الواحد عن 1.5 مرة من المقاس الاكبر للركام او 25 ملم ايهما اكبر .

- اعمال الخرسانة المسبقة الصب :

يشمل سعر الخرسانة السابقة الصب القوالب والتسليح والبراغي والمثبتات ومونة الأسمنت للمفاصل ومع ما يتطلبه العمل لتثبيت المقطع والتركيب .

تبوب الاجزاء المختلفة في جداول الكميات حسب انواعها كما تحدد جداول الكميات طريقة الذرعة اما حجما (متر مكعب)او مساحة (متر مربع) او بالعدد .

الخرسانة سابقة الجهد :

تحسب الخرسانة سابقة الجهد بالحجم او بالطول او بالعدد وفق ما يرد في جداول الكميات ويشمل السعر الاسلاك والقوالب اللازمة وتثبيت النهايات والتركيب وغيرها.

6-3 الخرسانة عالية المقاومة High Strength Concrete

المجال: وهى خرسانة ذات مقاومة تزيد عن 60 نيوتن /ملم^2 ويمكن الحصول عليها باستخدام المواد المحلية المتاحة والتي تستخدم في صناعة الخرسانة التقليدية من ركام وأسمنت وماء إلا أن الخرسانة عالية المقاومة تحتوى على مادة إضافية أخرى وهى الملدنات Superplasticizers وذلك حتى يمكننا تقليل ماء الخلط إلى أقصى درجة مع الحصول على نفس القابلية للتشغيل وبالتالي الحصول على المقاومة العالية إن أهم شيء يجب أخذه في الاعتبار عند إنتاج خرسانة عالية المقاومة هو اختيار مجموعة المواد التي تتجانس مع بعضها لتعطى خرسانة جيدة لها المقاومة و المتانة وكذلك القابلية للتشغيل المطلوبة.

3-6-1 العوامل التي يجب توفرها في الخرسانة عالية المقاومة:

أ -الركام الكبير يجب أن يكون قوى ومتين لأنه يعمل كعامل يحدد مقاومة الخرسانة القصوى حيث أن الشروخ في حالة الخرسانة عالية المقاومة تمر خلال حبيبات الركام الكبيرة وليس حولها كما في حالة الخرسانة التقليدية .وقد وجد أن الخرسانة المصنوعة من الصخر) مثل الجرانيت أو الدولوميت (تعطى مقاومة أكبر بحوالي 10 إلى 20 % من تلك المصنوعة من الحصى.

ب -الركام الصغير أو الرمل يجب أن يكون خشن نوعاً ما حيث يكون معاير النعومة له من 2.8 إلى 3.0 وذلك لأن الخلطة تكون غنية بالمواد الناعمة مثل الأسمنت وغبار السيليكا إن وجدت.

ج -الأسمنت يجب أن يكون عالي الجودة وأن يكون متوافق مع أي إضافات مستخدمة.

د – الملدنات Superplasticizers وهى أهم مكون للحصول على خرسانة عالية المقاومة حيث بواسطتها نستطيع خفض نسبة ماء الخلط إلى 0.25 من وزن الأسمنت فقط وبالتالي يمكننا الحصول على أعلى مقاومة .ويجب عمل تحقيق وتأكد من مدى توافق هذه المادة مع الأسمنت المستخدم.

3-6-2 مجال استخدام الخرسانة عالية المقاومة

ظل استخدام الخرسانة عالية المقاومة فترة طويلة محصوراً في عدة تطبيقات تقليدية Classical Applications هدفها الأوحد هو استغلال قيمة المقاومة العالية في الحصول على أقل مساحة قطاع وأقل حجم للمنشأ وكذلك أقل وزن للمنشأ .ولذلك كانت هذه التطبيقات محددة في ثلاثة أشياء رئيسية هى:

*المباني عالية الارتفاع High Rise Buildings

*الجسور Bridges

*المنشآت البحرية Offshore Structures

وحديثاً تم استخدام الخرسانة عالية المقاومة في تطبيقات أخرى متنوعة) للاستفادة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة من مميزاتها العديدة .وهذه التطبيقات قد تأخذ اسم" تطبيقات ومن هذه التطبيقات " Non-Classical Applications :غير تقليدية :

* الحصول على مقاومة مبكرة عالية High Early Strength
* استخدامها مع قطاعات الحديد لزيادة جساءة المنشأ Improving Stiffness
* محطات الطاقة النووية Nuclear Power Plants
* الأنابيب الخرسانية تحت الأرض Underground Concrete Pipes
* الأرصفة والطرق Pavements

3-6-3 الجدوى من استخدام الخرسانة ذات المقاومة العالية

إن الخرسانة عالية المقاومة تحتاج إلى تكلفة أآثر نتيجة استخدام مواد ذات جودة عالية وكذلك ثمناً للإضافات المستخدمة وأيضاً لضبط الجودة العالي .وبالرغم من ذلك فقد ثبت عملياً أن استخدام الخرسانة عالية المقاومة يكون له عائد إقتصادى أو عائد فني كبير بالمقارنة بالخرسانات التقليدية الأخرى .ولقد تم دراسة هذه النقطة فى عدة أبحاث تختص بدراسة الجدوى من استخدام الخرسانة عالية المقاومة في الأعمدة والكمرات وذلك تحت الظروف والأسعار الموجودة في العراق . وهناك أبحاث تناولت هذه النقطة بالتحليل وفيما يلي عرض موجز لأهم النتائج في هذا الصدد.

أولا: العناصر المعرضة لقوى ضغط مثل الأعمدة

إن الجدوى من استخدام الخرسانة عالية المقاومة فى العناصر المعرضة لقوى ضغط مثل الأعمدة تكون أقصى ما يمكن حيث يمكن الاستفادة من ذلك اقتصاديا) بتوفير التكاليف (وفنياً) بعمل تخفيض في المساحات والمقاطع (ويمكن تلخيص ذلك في النقاط الآتية:

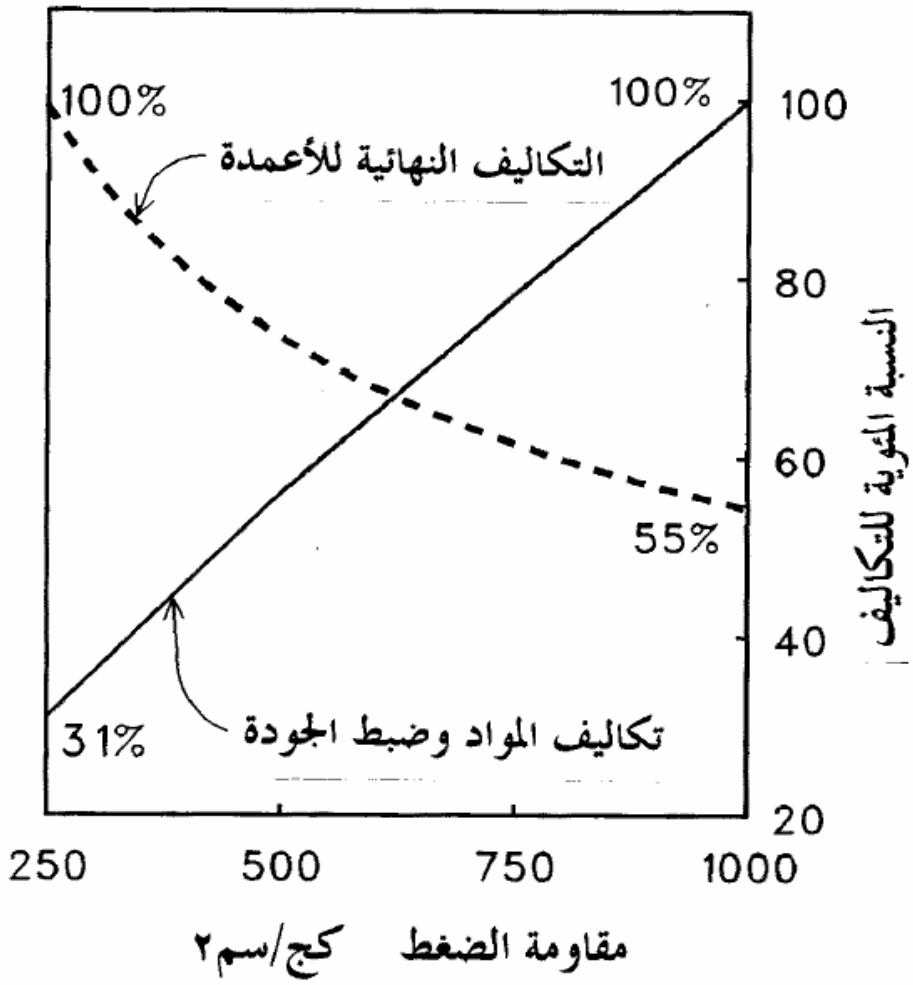
١ -على الرغم من زيادة تكاليف المتر المكعب من الخرسانة عالية المقاومة وكذلك زيادة تكاليف ضبط الجودة إلا أن التكاليف النهائية للعمود تقل كثيراً .فباستخدام خرسانة مقاومتها للضغط 1000 كج/سم ^{2} فإن التكاليف النهائية للأعمدة تصل إلى حوالي 55% فقط من التكاليف في حالة استخدام خرسانة ذات مقاومة للضغط 250 كج/سم ^{2} كما هو مبين بشكل أدناه.

2- مساحة القطاع الخرسانى للأعمدة المعرضة إلى حمل ضغط محوري تقل إلى ما يقرب من 54 % و 37 % نتيجة استخدام خرسانة ذات مقاومة للضغط تساوى 500 كج/سم^2 و 750 كج/سم ^{2} بدلاً من 250 كج/سم^2 على الترتيب) أنظر شكل رقم (14).

3 -أثبتت الدراسات التحليلية أنه بالنسبة لعمود ذو مقطع ثابت و معرض إلى حمل ضغط محوري فإن هناك انخفاض في نسبة حديد التسليح مقداره 2.2 % لكل 100 كج/سم^2 زيادة في مقاومة الضغط للخرسانة.

4 -إن الانخفاض الملحوظ في أبعاد القطاع الخرسانى(خاصة فى الطوابق السفلى) ذو أهمية خاصة لخدمة الأغراض المعمارية وزيادة المساحة المستغلة .

5 -ثبات القطاع الخرسانى مع زيادة المقاومة يسمح بزيادة عدد الطوابق للمنشأ نفسه.

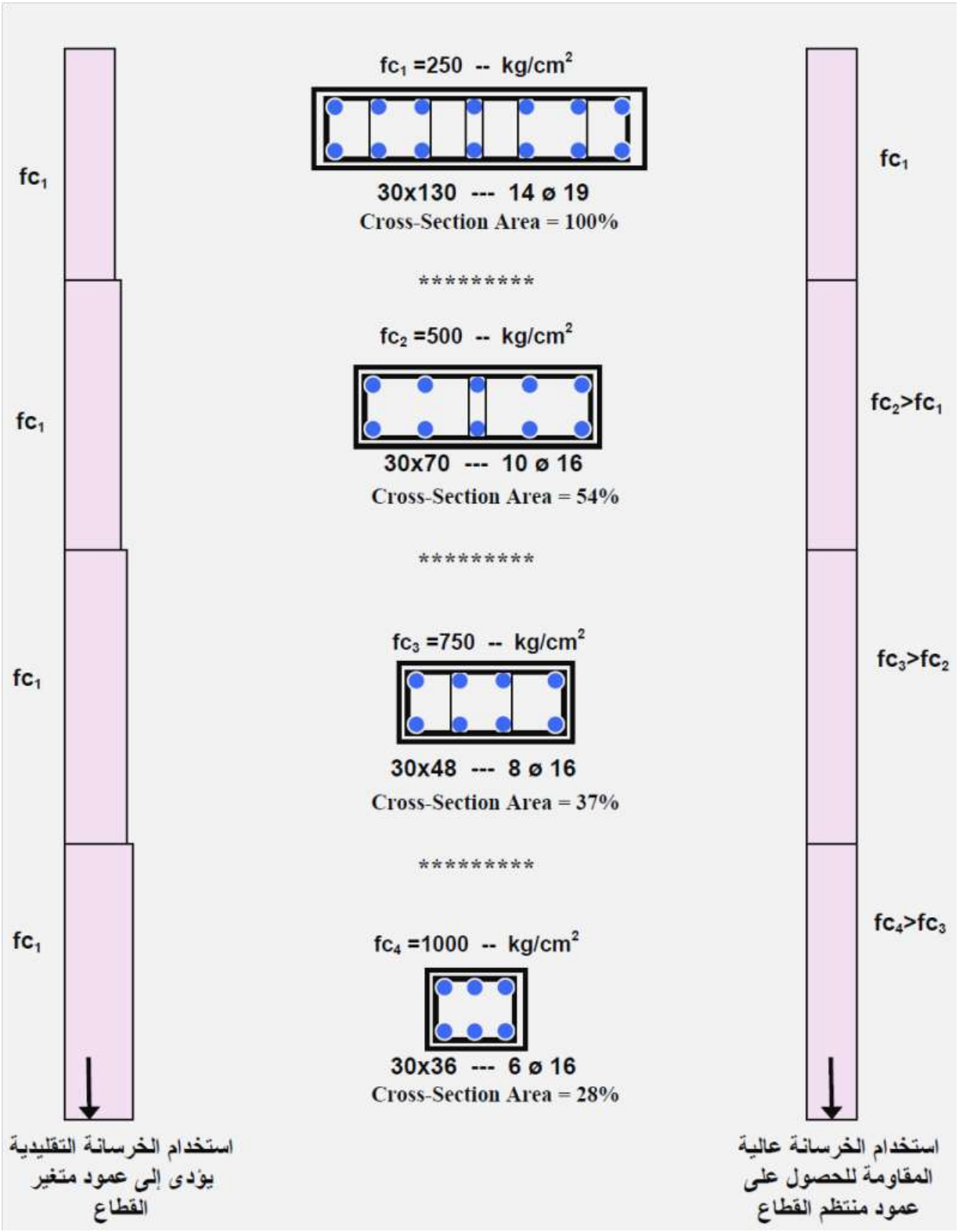


شكل رقم (4) : أقتصاديات الخرسانة عالية المقاومة في الأعمدة الخرسانية

مثال توضيحي:

المثال كالآتي يوضح مدى الفوائد من استخدام الخرسانة عالية المقاومة فى تقليل قطاعات الأعمدة وكذلك تقليل كمية حديد التسليح المستخدمة .نفترض أن هناك عمود قصير يؤثر عليه

حمل ضغط محوري مقداره 400 طن والمطلوب تصميم قطاع العمود باستخدام خرسانات ذات مقاومة 1000، 750 ، 500 ،250 كج/سم^2 إذا علم أن مقاومة الخضوع للحديد للضغط مقدارها تساوى 2400 كج/سم ^{2} وأن نسبة الحديد فى القطاع تساوى 1%.



الشكل رقم (5): تأثير الخرسانة عالية المقاومة في تقليل قطاعات الأعمدة الخرسانية المسلحة

ثانياً :العناصر المعرضة لعزوم انحناء مثل الروافد (العتبات الخرسانية)

إن استخدام الخرسانة عالية المقاومة في العناصر المعرضة لعزوم انحناء مثل الروافد لا ينتج عنه خفض كبير في التكاليف آما في حالة الأعمدة وإنما تكون الاستفادة في هذه الحالة من الناحية الفنية أكثر من الناحية الاقتصادية .ويمكن تلخيص ذلك في النقاط الآتية:

1- الاستفادة الاقتصادية من استخدام الخرسانة عالية المقاومة في الروافد تتحقق فقط عندما يتم تقليل عرض القطاع مع ثبات العمق وثبات نسبة حديد التسليح في القطاع. فقد وجد أنه بزيادة مقاومة الضغط ثلاثة مرات فإن عرض القطاع يمكن أن يقل إلى حوالي الثلث كما تقل التكاليف النهائية بنسبة 14%.

2 - إن استخدام الخرسانة عالية المقاومة فى الروافد يستلزم زيادة نسبة الحديد الرئيسي حتى نتجنب حدوث انفعال زائد في الحديد وبالتالي نتجنب حدوث شروخ أكثر وأوسع. ولقد وجد أنه عند زيادة مقاومة الخرسانة إلى الضعف فإن حديد التسليح ينبغي زيادته بنسبة 53% وذلك حتى نحصل على نفس قيمة الانفعال في حديد التسليح.

- ملخص لميزات استخدام الخرسانة عالية المقاومة

1 -مقاومة الضغط فيها من 600 إلى 1400 كج/سم^2

2 -معاير المرونة يساوى تقريبا مرتين إلى مرتين ونصف معاير المرونة للخرسانة التقليدية مما

يساعد فى تقليل الهطول Deflection والتشوه في العضو الخرساني Deformation. ومقاومة للاحتكاك ومقاومة للكيماويات.

3 -تمتاز بمتانة عالية Durability.

4 -الفوائد الناتجة منها مثل تقليل الأبعاد للعضو الإنشائي وزيادة الفضاءات وتقليل الوزن أكثر من الزيادة في تكاليف إنتاجها.

5 -تعطى مقاومة عالية بالنسبة لوحدة الثمن - وبالنسبة لوحدة الحجوم - وبالنسبة لوحدة الوزن Strength / unit Cost – Strength / unit volume - Strength / unit Weight.

7-3 الخرسانة الكتلية Mass Concrete:

وهى خرسانة ذات كتل كبيرة مثل خرسانة السدود والخزانات الأرضية أو أي خرسانة بحيث يكون حجمها من الكبر بحيث يتطلب ذلك أخذ الاحتياطات من تولد الحرارة الناتجة من إماهة الأسمنت وما يتبع ذلك من انكماش وتشقق للخرسانة .ويستخدم في الخرسانة الكتلية ركام كبير قد يصل مقاسه حوالي 15 سم .ونظرا لوجود حرارة تفاعل عالية من الأسمنت فإنه ينبغي أخذ بعض الاحتياطات الضرورية مثل:

-استخدام أسمنت من النوع منخفض الحرارة Low heat.

-استخدام محتوى قليل من الأسمنت خلطة فقيرة Lean mix.

-إحلال نسبة من 10 إلى 20 % من الأسمنت بمادة بوزولانية مثل غبار السلكا أو الرماد المتطاير.

-استخدام الثلج المجروش بدلاً من جزء من ماء الخلط و تسمى هذه العملية بالتبريد السابق.

-وجود مواسير رفيعة من الصلب رقيق الجدران داخل الكتلة الخرسانية تمر خلالها دورات من الماء البارد لخفض الحرارة و تسمى هذه العملية بالتبريد اللاحق.

-الصب على طبقات قليلة الارتفاع بحد أقصى واحد متر.

-العزل السطحي للخرسانة برقائق من البوليسترين أو اليوريثان وذلك بغرض تنظيم معدل هبوط الحرارة وليس خفض الحرارة بحيث يقل فرق الإجهاد الناتج من الهبوط السريع لدرجة الحرارة عند سطح الخرسانة وداخلها.