# عمل وانتاج الخرسانة

# Concrete Works

تنتج الخرسانة وفق الخطوات التالية :

1- تهيئة المواد وخزنها.
2- كيل المواد ومزجها .
3- نقل الخرسانة .
4- وضع الخرسانة ورصها.
5- أنهاء سطح الخرسانة ووقايتها بعد الصب .
6- ألأنضاج أو الإسقاء (معالجة الخرسانة ) .
7- نزع القالب ورفعه .

1- تهيئة المواد وخزنها : يخزن السمنت بطريقة تؤمن عزله عن الرطوبة الجوية والارضية حيث تستعمل الصوامع المعدنية الخاصة بحفظ السمنت الفل (bulk) ويخزن السمنت المكيس في محلات مسقفه أو مغلقة بعيدا عن الرطوبة ولا يوضع فوق ارضية رطبة بل يكدس فوق ارضية مصبوبة بالخرسانة أو مرصوفة بالطابوق ومعزولة بطبقة من النايلون . لا يستعمل السمنت المتأثر بالخزن الطويل ويمكن تمييز هذا السمنت بوجود كتل شبه متصلبة لا تتفتت رأسا حيث ان السمنت الحديث الحرق لا يحتوي عل اية كتل.

يصنف الركام ويخزن بأكداس حسب نوعه حيث يستخدم اكثر من نوع واحد من الركام في الاعمال الانشائية عادة . تفضل محلات الخزن المسقفة لحفظ الركام من الرطوبة شتاء ومن درجات الحرارة العالية صيفا.

تقسم اكداس الركام الى الركام الناعم (الرمل) بأنواعه المختلفة ان وجدت والركام الخشن مكدسا حسب مقاسه الاقصى ( المقاس الاسمي ). يفضل استعمال الركام بمقاس اسمي كبير بسبب عامل الاقتصاد في الكلفة شرط ان لا يسبب ذلك انعزال مكونات الخرسانة عند المزج وان لا يتجاوز ذلك المقاس ربع المقاس الاصغر للمقطع الخرساني المراد صبه او اصغر مسافة بين قضبان التسليح وكالتالي:

ا- ركام بمقاس اسمي 40 ملم : يفضل في اعمال الخرسانة غير المسلحة التي لا يقل سمكها عن 160 ملم كالأسس وغيرها والمسلحة بنسبة تسليح خفيفة او لا تكون مكتظة بفولاذ التسليح.

ب- ركام بمقاس اسمي 20 ملم : ويستعمل في معظم اعمال الخرسانة المسلحة كالبلاطات والاعتاب والعوارض والاعمدة وغيرها وفي الارضيات غير المسلحة ذات السمك القليل.

ج- ركام بمقاس اسمي 16 ملم : وتستعمل في نفس الحالات الواردة في (ب) اعلاه الا انها تفضل في حالة تكدس فولاذ التسليح.

د- ركام بمقاس اسمي 12.5 ملم: ويفضل استعماله في المقاطع الضيقة مثل الستائر ومانعات الشمس (louvers) والبلاطات بأنواعها والكتل الخرسانية وفي حالة تكدس فولاذ التسليح.

2- كيل المواد ومزجها : تقاس المواد الداخلة في مزج الخرسانة اما بطريقة حجمية أو بطريقة وزنية وتعتبر الاخيرة اكثر دقة وتفضل في الاعال الكبيرة والجيدة لأنها تتحاشى الاخطاء التي تنجم عن طريقة رص الركام والسمنت وكذلك المسببة عن تأثير الرطوبة في الركام الناعم والمعروفة بالانتفاخ (bulking) حيث ينتفخ الرمل اي يزداد حجمه وتقل كثافته بنسبة قد تصل لحد 40% تبعا لنعومته ومقدار الرطوبة. ويجب تصحيح تأثير ظاهرة الانتفاخ بزيادة كمية الرمل المقاسة وتقليل كمية الماء المضافة اذا كان الرمل رطبا. لا تؤثر ظاهرة الانتفاخ في الركام الخشن. يعبر عن المزجات الحجمية بنسبة مكوناتها على اساس وحدة السمنت ثم تذكر كمية الرمل ( ركام ناعم ) ثم الحصى ( ركام خشن) وتسمى المزجة الاسمية (nominal mix) وقد لا تكون المزجة الاسمية الاجود من الناحية العلمية ولكنها سهلة التنفيذ. يبين الجدول ادناه انواع المزجات الاسمية الشائعة:

| المزجة الاسمية (حجما) | محلات الاستعمال الشائعة | كمية المواد المستهلكة في متر مكعب واحد من الخرسانة | | |
|---|---|---|---|---|
| | | سمنت (كغم) | رمل طبيعي (متر مكعب) | حصى طبيعي (متر مكعب) |
| 1:1.5:3 | اعمال الخرسانة المسلحة ذات التحمل العالي نسبيا او المعرضة لتأثيرات جوية قاسية او غير النفاذة للماء. | 370 | 0.37 | 0.74 |
| 1:2:4 | معظم اعمال الخرسانة المسلحة ذات التحمل المعتدل | 290 | 0.40 | 0.80 |
| 1:2.5:5 | بعض اعمال الخرسانة المسلحة ذات التحمل الواطئ والخرسانة غير المسلحة التي تتعرض لعوامل جوية قاسية مثل بعض الاسس غير المسلحة والارضيات | 250 | 0.41 | 0.82 |
| 1:3:6 | خرسانة غير مسلحة في الاسس والارضيات والمماشي وغيرها | 215 | 0.43 | 0.86 |
| 1:4:8 | خرسانة ضعيفة التحمل للإملاء وتحت الصبات الخرسانية | 170 | 0.45 | 0.90 |

تمزج المواد بخلاطات آلية بهدف اعطاء مزجة متجانسة. يفضل اضافة الركام الخشن اولا ثم السمنت ثم الركام الناعم واخيرا الماء اثناء دوران الخلاطة. ثم تفرغ حمولتها في الاوعية الناقلة. لا يجوز اعادة تحميل الخلاطة بالمواد الاولية قبل تفريغها تماما من الخرسانة التي بداخلها. توجد خلاطات بأنواع متعددة من حيث السعة واسلوب التحميل والتفريغ وسرعة الدوران ونوعية المحرك وغيرها وكما مبين في الشكل:

لا يجوز خلط الخرسانة يدوياً الا عند عدم امكانية توفير خلاطة مناسبة وللأعمال البسيطة فقط عندما لا يتطلب خرسانة ذات تحمل عالي وتمزج بالطريقة التالية :

يكال الركام الخشن اولا ويفرش على مساحة مناسبة ثم يكال الركام الناعم ويوضع فوقه ويفرغ السمنت من الكيس فوق الركام حسب الكمية المطلوبة. يخلط المزيج جافاً لحين التجانس ثم يعمل بشكل حوض فيه حفرة وسطية يوضع فيها الماء المطلوب ثم تقلب الحافات الخارجية نحو داخل الحوض دون السماح للماء بالتسرب خارجا وتستمر عملية المزج بعد ذلك لحين الحصول عل مزيج متجانس تماماً .

3- نقل الخرسانة: تنقل الخرسانة بوسائل متعددة يراعى فيها:

ا- عدم السماح لمكونات الخرسانة بالانفصال

ب - عدم تلوث الخرسانة اثناء النقل ٠

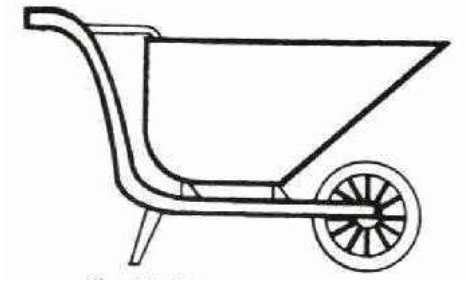
ج- اكمال نقل ووضع الخرسانة بفترة زمنية مناسبة قبل تماسك الخرسانة

د - تناسب الكمية المنقولة والانتاجية المطلوبة .

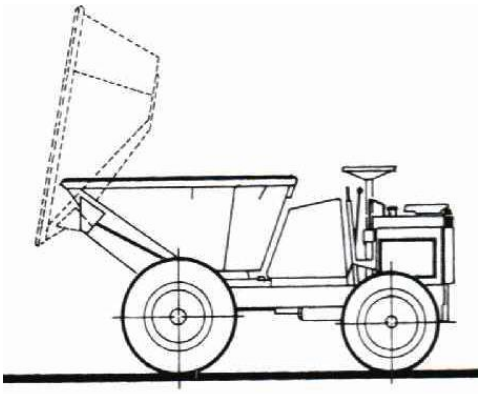
ه- العامل الاقتصادي.

وفيما يلي وصفاً موجزا للمعدات التي تستعمل في نقل الخرسانة مع الحالات التي يفضل استعمالها فيها:

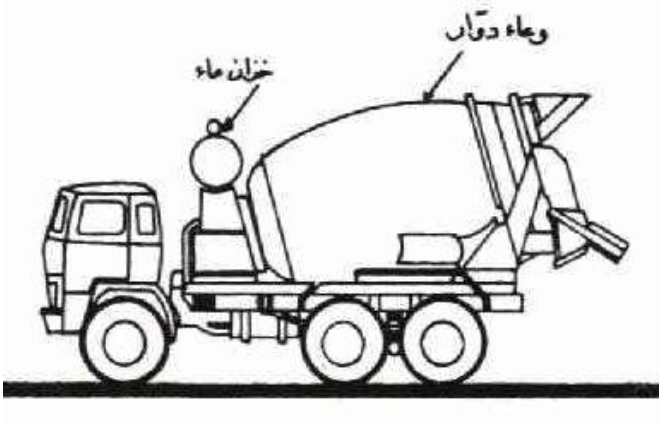
ا- العربات اليدوية : وهي اوعية معدنية محمولة على هيكل معدني بعجلة مطاطية واحدة وتكون بسعة مناسبة حتى يستطيع العامل دفعها وتفريغها وتستعمل في الاعمال البسيطة وفي المسارات الضيقة بجانب حفريات الاسس



ب ـ القلابات الالية (concrete dumper): وتسمى محليا (دمبر) أيضا وهي ناقلات ذات محرك يعمل بالبنزين او الديزل لها قابلية التنقل بسهولة وسرعة ولها قابلية التفريغ بقلب الوعاء الى الامام أو الى الجانب. تستعمل في الاعمال المتوسطة والكبيرة . وتعتبر مثالية لنقل الخرسانة في المسافات القصيرة والمتوسطة وعندما تكون مسارات النقل مستوية أو وعرة ( لا يفضل ان تكون المسارات شديدة الوعورة لاحتمال تسببها في انفصال الخرسانة). تفرغ محتوياتها بمنسوب اوطا من منسوب وعائها أي تستعمل لاعمال الخرسانة التي تكون بمستوى سطح الارض او اوطئ

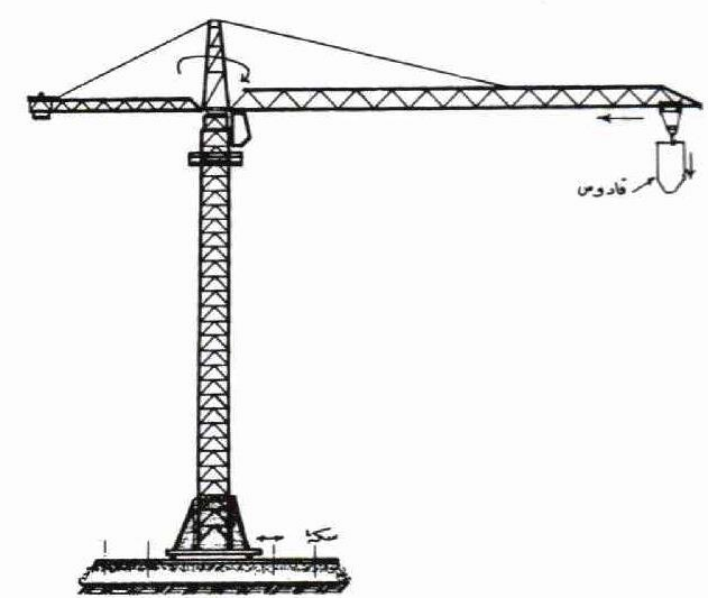


ج- الشاحنات الخلاطة (truck mixers): وهي وعاء خلاطة دوار ذو سعة متوسطة او كبيرة تركب على شاحنات خاصة. تفضل في الاعمال ذات الانتاجية العالية ولنقل الخرسانة من معامل انتاج الخرسانة الجاهزة وكذلك عندما تكون مسافة النقل طويلة وفي المواقع التي لا يوجد فيها مساحة كافية لإنتاج الخرسانة ٠تزود الشاحنات بالخرسانة من خلاطة مركزية (central batching plant) كبيرة . يستمر الوعاء بالدوران طيلة مدة النقل ولحين التفريغ ٠ عندما تكون مسافة النقل طويلة تستغرق زمناً يخشى معه بدء تماسك الخرسانة تحمل الشاحنة بمزجة جافة أي بدون ماء ويضاف الماء من الخزان الخاص الموجود في الشاحنة عند وصولها الى ساحة العمل قبل التفريغ بفترة مناسبة . تفرغ محتويات الشاحنة بمنسوب واطئ. او اعلى من مستوى الارض قليلا.

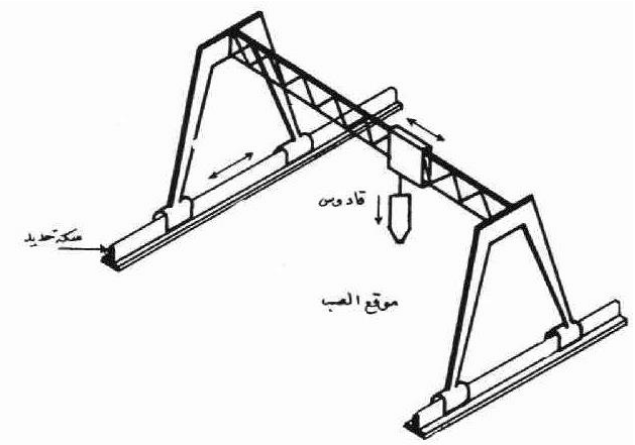



د- الرافعات: وتكون بنوعيات متعددة منها:

1- رافعات برجية (tower cranes): تستخدم لنقل الخرسانة أفقيا وعمودياً. تستعمل هذه الرافعات لتنفيذ مختلف مراحل العمل وليس لنقل الخرسانة فقط الامر الذي يجعل استعمالها اقتصادياً في المشاريع ذات الابنية المتعددة المتقاربة والمرتفعة. تتحرك الابراج أفقيا على خط سكة حديد أو تكون مجنزرة أو محمولة على اطارات وتعمل بالوقود أو بالكهرباء . تتوفر الرافعات بأنواع متعددة حسب الحمولة والارتفاع والمدى الافقي للذراع . عند استخدام هذه الرافعات لنقل الخرسانة يربط اليها قادوس (bucket) ذو سعة مناسبة خاص لنقل وتفريغ الخرسانة.



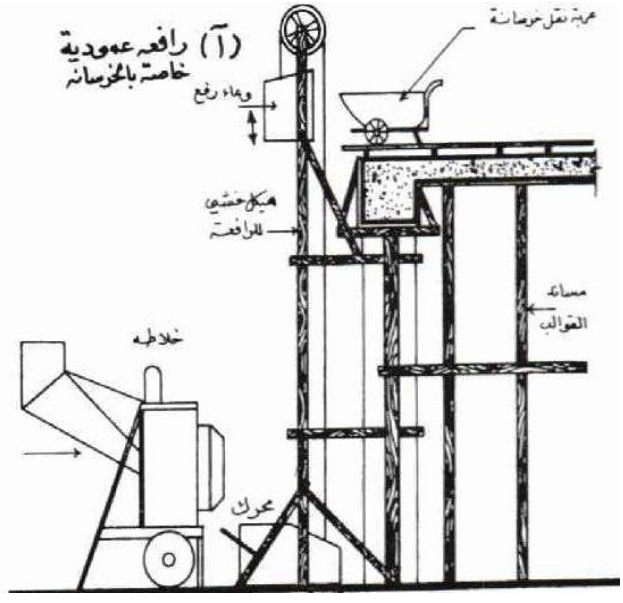

2- رافعات حدويه (portal cranes): وتفضل لنقل الخرسانة والوحدات المصبوبة في معامل انتاج القطع الخرسانية الجاهزة. ان الشكل الحدوي لهذه الرافعة يجعلها عالية الثبات الامر الذي يجعلها مفضلة في الحمولات العالية . تتميز هذه الرافعة بانها تستند الى الجانبين وتسير في الغالب عل خطي سكة حديد وبإمكانها نقل المنتوج في اية نقطة من مسارها الطولي ، تستعمل في الحالات التي تصب فيها الخرسانة بمستوى سطح الارض تقريبا.

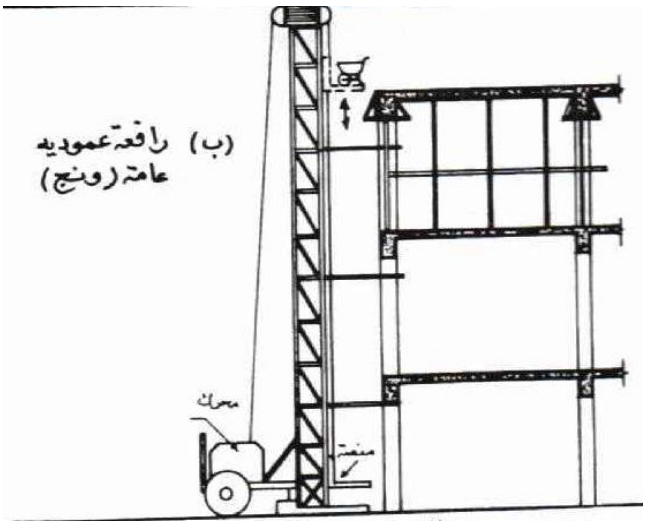



4- رافعات عمودية (winch): وهي شائعة الاستعمال في رفع الخرسانة عموديا الى السقوف والارضيات في الطوابق للمشاريع المتوسطة والصغيرة وتكون بنوعين:

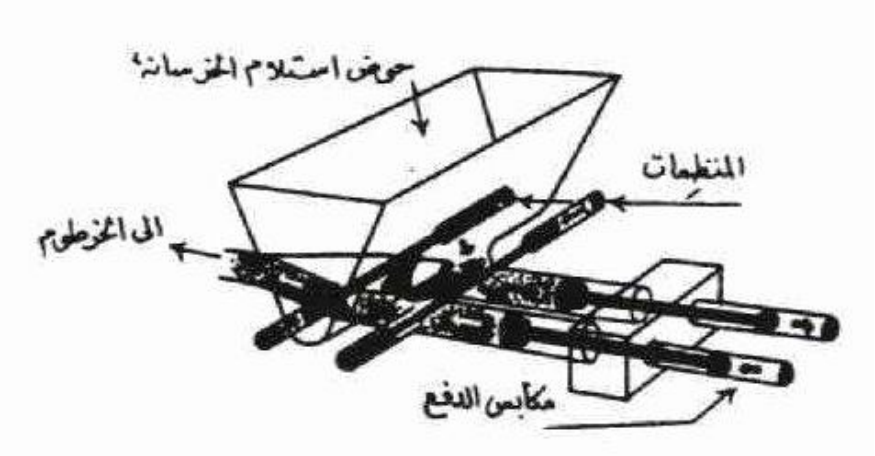
- النوع الاول عبارة عن رافعة خاصة بالخلاطات وتتألف من هيكل ساند خشبي في الغالب في نهايته العليا بكرة خاصة (pulley) ويعلق الوعاء الناقل بسلك فولاذي يتصل حول البكرة ويتم الرفع بواسطة محرك عل الارض يعمل بالبنزين أو الديزل . يملا الوعاء من الخلاطة مباشرة حيث تكون الخلاطة قرب قاعدة الهيكل ويفرغ الوعاء في العربات اليدوية حيث تنقل الخرسانة الى محل الوضع. يتطلب مزجات ذات قابلية تشغيل عالية يمكن تفريغها من الوعاء بسهولة .

- النوع الثاني فهو الرافعة العمودية التي تتكون من هيكل حديدي يستند الى طوابق البناء والارض ويتم الرفع بواسطة منصة متحركة ترفع بواسطة سلك فولاذي متصل حول بكرة علوية ويتم الرفع بمحرك مشابه للنوع الاول. ويستعمل في مختلف مراحل البناء حيث ترفع به المواد الانشائية أيضا.



ه- مضخات الخرسانة (concrete pump): تتكون مضخة الخرسانة من حوض يستلم الخرسانة توجد في قاعدته فتحة تؤدي الى اسطوانتين يتحرك فيهما مكبسان يدفعان الخرسانة الى خرطوم فولاذي او مطاطي ويوجد صمام يمنع رجوع الخرسانة. يثبت الخرطوم على رافعات خاصة لها قابلية الحركة الافقية والعمودية كي توجه فوهة الخرطوم الى المحل الني توضع فيه الخرسانة او تستعمل انابيب مثبتة الى هيكل دائم عدا المقاطع الاخيرة حيث تكون قابلة للحركة. تتراوح اقطار الأنابيب المستعملة ( الخراطيم) بين( 80-180ملم) وعلى العموم يجب ان لا يقل قطر الانبوب الموصل للخرسانة عن ثلاث مرات اقصى مقاس للركام الخشن.




تتميز المضخات بإنتاجيتها العالية وامكانية نقل الخرسانة الى مسافات كبيرة افقية وعمودية . تكون المضخات بنوعيات ثابتة او ذات اطارات أو محمولة على شاحنة سيارة. تفضل مضخات الخرسانة في الاعمال الخرسانية الواسعة والتي تجهز فيها الخرسانة من خلاطات مركزية كبيرة أو عندما يصعب نقل الخرسانة في موقع العمل. يتطلب ضخ الخرسانة مزجات ذات قابلية تشغيل جيدة وتفضل المزجات الغنية بمحتوى السمنت ولا يفضل المزجات عالية الليونة او المزجات التي يزيد المقاس الاقصى للركام فيها عن 35 ملم.

4- وضع الخرسانة ورصها: توضع الخرسانة في محلاتها في القوالب واحيانا بدون قوالب كما في بعض الاسس الجدارية وترص بأساليب متعددة . هناك بعض الامور التالية تعتبر ضرورية لإعطاء خرسانة جيدة:

- تجانس الخرسانة ومنع الانعزال
- اعطاء الشكل المطلوب بدقة وانهاء السطوح حسب المواصفات الفنية.
- انتاج خرسانة ذات محتوى ادنى من الفجوات واعلى كثافة ممكنة
- اكمال وضع الخرسانة ورصها قبل بدء تماسك السمنت
- اعطاء ربط جيد مع الخرسانة المنفذة سابقا.

يجب ان تكون القوالب نظيفة وذات رطوبة مناسبة لمنع الامتصاص او التشوه ان كانت خشبية ويستعمل الماء او الهواء المضغوط في التنظيف عادة ويجب ان يكون فولاذ التسليح نظيفا من الصدأ ومثبتا بصورة جيدة تضمن ثباته اثناء وضع ورص الخرسانة.

عند وضع خرسانة حديثة فوق خرسانة مصبوبة سابقا فيجب ان لا تتسبب عملية الوضع والحركة والاهتزاز الناتج عنها اي اذى للخرسانة المصبوبة قبلا اذا كانت غير متصلبة بدرجة كافية ويجب تنظيف سطح الخرسانة المصبوبة سابقا وازالة كافة الاتربة . ويجب كذلك ازالة وتكسير كافة اجزاء الخرسانة الرخوة من السطح وترك وجه الخرسانة نظيفا وخشنا وصلدا . يغسل سطح الخرسانة ويوضع عليه شربت كثيف من مونة السمنت والرمل بنسبه 1:1 بسمك حوالى 1سم وبنسبة ماء / سمنت مقاربة للمزجة الخرسانية قبل وضع الخرسانة الجديدة مباشرة .

لوضع الخرسانة بصورة سليمة تحقق الاهداف المذكورة سابقا نتبع الملاحظات التالية:

1- وضع الخرسانة في القوالب قبل مضي ثلاثين دقيقة من اكمال مزجها في الجو البارد وعشرين دقيقة في الجو الحار
2- تفريغ الخرسانة بهدوء في محلها وعدم اسقاطها بحيث تؤدي الى اهتزاز القوا ب وتأثرها وكذلك عد لم تكديس الخرسانة في موضع واحد بل توزيعها بالتساوي
3- لا يجوز رمي الخرسانة من ارتفاع أعلى من 1.5 متر لان ذلك قد يسبب انفصال مكونات الخرسانة
4- توضع الخرسانة بطبقات افقية حسب السمك المطلوب وفي حالا كون الصبة سميكة فتوضع الخرسانة بطبقات سمكها حوالي 30 سم وترص ويراعى الا يمضي وقت طويل بين نعاقب الطبقات
5- لا يجوز صب الخرسانة وهي معرضة للمطر لان ذلك يسبب رداءة نوعية الخرسانة في الوجه العلوي واضعاف ترابطها مع فولاذ التسليح الذي في الأعلى.

6- صب الخرسانة بحذر فوق السطوح المنحدرة فعندما يكون الانحدار قليلا يفضل صب الخرسانة من الاسفل الى الاعلى مع الرص اما اذا كان الانحدار شديدا فيستعمل قالب ثابت او وقتي للوجه العلوي

ترص الخرسانة حال وضعها بوسائل يدوية أو ألية ٠ ان زيادة كفاءة طريقة الرص المتبعة تعني :

1 - امكانية انقاص نسبة الماء \ السمنت في المزجة وهذا يعني تحمل اعلى وانكماش اقل

2 - امكانية رص الخرسانة بسمك اكبر للطبقة الواحدة.

3 - زيادة كثافة الخرسانة وتقليل الفجوات وهذا يعني نوعية اجود ومقاومة اعلى لنفاذية الماء والعوامل الجوية.

4- زيادة تغلغل الخرسانة بين قضبان التسليح واخذها شكل القالب بصورة تامة ٠

5- امكانية استعمال مزجات ذات قابلية تشغيل اقل وامكانية تقليل نسبة الركام الناعم المستعمل.

6 - امكانية الاسراع بنزع القوالب الجانبية وذلك بسبب انقاص نسبة الماء \ السنت وزيادة كثافة الخرسانة .

ينفذ الرص اليدوي بواسطة قضبان حديدية او اوتاد خشبية تطعن في داخل الخرسانة و يمكن رص وجه الخرسانة بالمدقات اليدوية المستعملة في رص التربة عندما تكون المزجة شبه جافة . قد تستعمل المطارق لرص الخرسانة الموضوعة في قوالب ضيقة كالأعمدة حيث تطرق التوالب من الخارج.

ترص الخرسانة اليا بعدد من الوسائل تشمل:

ا- الرص بالهزازات.

ب- الرص بالكبس الهيدروليكي.

ج- الرص بالمطارق الالية.

ا- الرص بالهزازات :من اكثر وسائل الرص انتشارا هو استعمال الهزازات (vibrators) تكون الهزارات من مصدر الاهتزاز الذي هو محور مثقل يدور بصورة لا تمركزيه وبتردد عالي اكثر من 4000 مرة في الدقيقة. تسلط هذه الحركة عل الخرسانة الذي يؤدي الى انتقال الاهتزاز اليها ويسبب رصها. تدار الهزازات بمحركات تعمل بالبنزين او زيت الديزل او بالكهرباء او تشتغل بتأثير الهواء المضغوط .

يمكن تقسيم انواع الهزارات بالنسبة الى طريقة رص الخرسانة الى :

1 - هز رات داخلية غاطسة في الخرسانة (Immersion vibrators)

2 - هزارات سطحية (vibrators surface)

3- هزارات قالبية (mould vibrators)

4- طاولات اهتزاز (vibrating tables)

1 - هزازات داخلية : وتتكون من محرك وخرطوم ناقل للاهتزاز مثبت في نهاية اسطوانة معدنية متذبذبة ٠ تغمر الاسطوانة المعدنية في الخرسانة لنقل الاهتزاز اليها . وتكون الأسطوانات ذات اقطار مختلفة من 30ملم فما فوق . يستعمل هذا النوع في معظم حالات الصب عدا المقاطع الضيقة والصغيرة جدا٠

2- هزازات سطحية : وتستعمل لرص وانهاء الطبقة العلوية من الخرسانة. تستعمل بالإضافة الى النوع الاول في اعمال خرسانة الطرق والتبليط حيث تربط الى عارضة خشبية او معدنية حافتها السفلى مستوية ومركبة على مدحرجات متحركة ترتكز في الغالب عل القوالب المعدنية في الجانبين . توضع الخرسانة بسمك اكثر من المطلوب قليلا وعند تحريك العارضة تقوم بفعل الاهتزاز فيها برص السطح وازاحة كمية الخرسانة الاضافية

3- هزازات قالبية: وهي الهزازات التي يمكن ربطها على او توجيهها نحو القالب وتستعمل عندما لا يمكن استعمال النوع الاول لضيق المقطع كما في الاعمدة الضيقة وبعض الجدران .

4- طاولات اهتزاز: وهي عبارة عن طاولات معدنية متصلة بالجسم المتردد الذي بسبب اهتزاز سطح الطاولة بتردد عالي. تستعمل في رص الخرسانة في معامل انتاج البلاطات وغيرها من الوحدات الصغيرة حيث تثبت قوالبها الى الطاولة وتستعمل ا يضأ في مختبرات الخرسانة .

هزاز داخلي للخرسانة

منضدة هز

ب - الرص بالكبس الهيدروليكي : ويكون بتسليط ضغط هيدروليكي بواسطة مكابس خاصة على سطح الخرسانة الموضوعة في توالب معدنية متينة . تتبع هذه الطريقة في انتاج الكاشي والكتل الخرسانية ٠ قد يصاحب الكبس اهتزاز ايضا٠

ج- الرص بالمطارق الالية: تتبع هذه الطريقة عند رص الخرسانة في بعض أنواع الركائز حيث تدق الخرسانة بالمطارق الساقطة على الخرسانة مباشرة او من خلال صفيحة معدنية عند تشكيل قاعدة الركيزة ان الرص بهذه الطريقة يمكن من استعمال نسبة ماء \ سمنت واطئة جدا نظرا للطاقة الهائلة التي تسلطها المطرقة .

5 - انهاء الخرسانة: يسوى سطح الخرسانة بعد اكمال الرص بالمنسوب المطلوب وينهى حسب الرغبة كان يكون الانهاء صقيلا او خشنا ٠ يستعمل المالج الخشبي عادة في الانهاء ويحدد سمك الصبة باستعمال مسطرة خشبية مرفوعة على نهايتيها بحيث يكون ارتفاع سطحها العلوي عن وجه القالب مساويا الى سمك الصبة.

يحب وقاية الخرسانة حديثة الصب من تأثير المطر ومن كل ما يسبب جفاف الخرسانة بسرعة كالرياح الشديدة والحرارة واشعة الشمس وذلك بتضليلها او بتغطيتها باغطية واقية مناسبة من وقت انتهاء صب الخرسانة الى الوقت النبي يصبح فيه السطح صلدا بدرجة كافية لبدء الانضاج.

6 - الانضاج: هي العملية التي تمكن السمنت بعد صب الخرسانة ورصها من تفاعله مع الماء وتصلده بدرجة مقبولة تعطي الخرسانة التحمل المطلوب. حيث ان كمية الماء في المزجات الخرسانية اللازمة لإعطاء قابلية تشغيل مناسبة هي اكثر من حاجة السمنت لإكمال تفاعله لذا فان اية عملية تساعد في منع او تقليل تبخر الماء من الخرسانة الطرية لمدة مناسبة تعتبر انضاجا. ان الاساليب الشائعة في الانضاج هي :

ا- الرش المستمر بالماء: يتبع هذا الاسلوب للسطوح العمودية والافقية الا انه يعتبر غير عمليا أحيانا بسبب الحاجة الى عمال للرش ومصدر ماء باستمرار ويستعمل الرش بواسطة شبكة انابيب ثابتة في معامل انتاج وحدات الخرسانة السابقة الصب بمختلف انواعها .

ب- الغمر بالماء : تغمر السطوح الافقية للأرضيات والسقوف والتبليط بطبقة دائمة من الماء سمكها بضع سنتيمترات . يحافظ عل الماء بعمل مصدات او حواجز من التراب او الرمل حول محيط السطح المغمور لمنع التسريب . يتبع اسلوب الغمر الكلي في الاحواض وذلك للمنتجات ا لخرسانية الصغيرة كالكاشي والبلاطات والكتل وغيرها في معامل انتاجها وتحتاج هذه الطريقة الى نقل المنتوج الى الاحواض وكذلك الى ساحات كبيرة للأحواض

ج - التغطية بطبقة مبللة من التراب او الرمل : تغطى السطوح الافقية بطبقة من الرمل او التراب بسمك 5 سم تقريبا ويتم تبليلها باستمرار . تتبع الطريقة في السطوح الافقية للسقوف والارضيات والتبليط وتساعد في وقاية سطح الخرسانة من تأثير الشمس والرياح القوية ٠ قد تكون هذه الطريقة غير مرغوبة بسبب ارتفاع الكلفة وصعوبة تنظيف سطح الخرسانة.

د- التغليف بالأغطية البلاستيكية : تبلل السطوح الخرسانية بالماء بصورة كاملة ثم تغطى من جميع الجهات بغطاء من البلاستك لمنع التبخر ويكون البلاستك قطعة واحدة وتكون المفاصل ملحومة بحيث لا تسمح بتبخر الماء وتستعمل هذه الطريقة مع السطوح الافقية وتفيد في وقاية السطح الخرساني من تأثير الرياح والشمس

ه- التغليف بالقماش الماص : تغلف الاوجه العمودية للخرسانة بقماش ماص للماء مثل الجنفاص او الشاش ويبلل القماش باستمرار . تستعمل هذه الطريقة في انضاج الاوجه العمودية للجدران والاعمدة وجوانب الجسور حيث انها تؤمن تقليل التبخر من الوجوه العمودية التي يصعب انضاجها بالطرق الاخرى

و- الطلاء بالمواد الخاتمة للمسام: عندما تصلب الخرسانة بدرجة كافية تنظف وتبلل بالماء ثم تطلى سطوحها الخارجية بمواد اسفلتية او كيمياوية خاتمة للمسام . تفضل هذه الطريقة في الانضاج عندما تكون كلفة استعمال الماء مرتفعة الا انها غبر مرغوبة في الحالات التي تستوجب انهاء معينا للخرسانة حيث يصعب ازالة هذه المواد. تعمل هذه المواد على زيادة مقاومة سطح الخرسانة لتأثير الاملاح.

ز- الانضاج بالبخار: هي وسيلة للإنضاج المعجل حيث تعرض الخرسانة لتأثير بخار الماء تحت ضغط جوي اعتيادي ( ويسمى احيانا الانضاج تحت ضغط واطئ ) او تحت ضغط مرتفع . يفضل هذا الاسلوب في انضاج الخرسانة السابقة الصب عادة .

وهناك بعض الامور التي يجب اخذها بنظر الاعتبار عند تنفيذ الانضاج

- لا يجوز البدء بإنضاج الخرسانة قبل تماسك السمنت وبدء التصلد بدرجة كافية بحيث لا تتأثر نوعية الخرسانة بصورة سلبية
- يجب المباشرة بالإنضاج بأسرع وقت ممكن ولا يجوز ترك السطوح لتجف لفترة ثم يباشر بإنضاجها.
- يجب الاستمرار بالإنضاج لحين حصول الخرسانة عل تحمل مقبول وفي حالة الانضاج بالماء تكون الفترة عادة ين 7-14 يوم تبعا لدرجات الحرارة ورطوبة الجو لأنواع الاسمنت البورتلاندي المعتدلة التصلد. ويمكن تقليل مدة الانضاج عند استعمال انوع السمنت سريعة التصلد ويجب زيادتها عند استعمال انواع بطيئة التصلد .
- في الحالات التي لا يمكن انضاج الخرسانة فيها بصورة جيدة لسبب او لأخر فيفضل ابقاء القوالب دون نزعها لفترة اطول للمحافظة على ماء المزجة اطول فترة ممكنة ويفضل رش القوالب الخشبية من الخارج لمنع تقلصها الذي يسبب زيادة تبخر ماء الخرسانة بسبب توسع المفاصل .
- يجب ان يكون الماء المستعمل ذا نوعية مناسبة وخال من الاملاح بدرجة مقبولة بحيث لا يؤثر في خواص الخرسانة او يلوثها.

اعمال الخرسانة في الجو الحار

يسبب الجو الحار مشاكل عند تنفيذ الاعمال الخرسانية تؤثر بصورة سلبية في خواص الخرسانة الطرية والمتصلدة ويزداد هذا التأثير عند وجود رياح مصاحبة لعملية انتاج الخرسانة ان المشاكل المتوقعة عند عدم اتخاذ الاجراءات المناسبة لتلافي تأثير الحرارة المرتفعة متعددة ومنها:

1- ازدياد كمية الماء اللازمة لإعطاء ليونة او قابلية تشغيل معينة للمزجة.

2- ازدياد سرعة وكمية التبخر من ماء المزجة .

3- تناقص قابلية التشغيل في الخرسانة الطرية بصورة سريعة .

4 - ازدياد سرعة تماسك الخرسانة.

5- صعوبة السيطرة على كمية الهواء المفقعة في الخرسانة الطرية.

6- يكون نقل ووضع وانهاء وانضاج الخرسانة اكثر صعوبة من الاحوال الاعتيادية

7- ازدياد انكماش الخرسانة اللدنة (plastic shrinkage) عند جفافها.

8- ازدياد التبدلات البعدية عندما تبرد الخرسانة.

9- ازدياد احتمالات التشقق

10- تقليل تحمل الخرسانة النهائي بالرغم من التحسن الذي يحصل على التحمل المبكر.

11- تقليل ديمومة الخرسانة.

12- زيادة نفاذية الخرسانة.

13- تقليل الربط بين الخرسانة وقضبان التسليح.

14- ازدياد احتمال صدأ قضبان التسليح.

التدابير الواجب اتخاذها: من المفضل وضع الخرسانة بعد مزجها ونقلها بحيث لا تتجاوز درجة حرارتها 32 درجة مئوية في الصبات المتوسطة الحجم والصغيرة و 16 درجة مئوية في الصبات الضخمة واجزاء المنشأ الكبيرة التي تكون حرارة اماهة السمنت بها عالية. وفيما يلي موجزا لهذه التدا بير:

1- المواد المستعملة في المزجة:

أ - ماء المزج : يستعمل الماء البارد او المبرد لخفض درجة حرارة الخرسانة ويكون تأثيره واضحا بالرغم من ان كمية ماء المزج لا تشكل نسبة كبيرة . ان استعمال الثلج الصناعي مع او بدلا من الماء يكون اكبر تأثيرا في خفض درجة الحرارة بسبب الاستفادة من الطاقة الحرارية الكامنة للانصهار. يرمى الثلج مباشرة في الخلاطة او يستعمل الثلج المطحون . ويفضل استعمال الركام الجاف الني يحتوي على اقل كمية ممكنة من الماء الطليق لزيادة كفاءة التبريد. ان استعمال الثلج بنسبة 50% من ماء المزج في الخلطة يمكن ان يخفض درجة الحرارة حوالي 11 درجة مئوية بسبب ذوبان الثلج وحده.

ب- السمنت: لا يفضل استمعال السمنت الساخن حديث الطحن في انتاج الخرسانة . يبدو أن درجة حرارة السمنت تأثيرا أقل من بقية مكونات الخرسانة في تغيير درجة حرارة المزجة وكذلك في التأثير على خواصها . ان اماهة السمنت تؤدي الى رفع حرارة المزجة لنا يجب اختيار نوع السمنت المناسب (منخفض حرارة الاماهة) ان امكن.

ج - المضافات: من الممكن استعمال المضافات المبطئة المشابهة لنوع ( type B) اوالمقللة لكميات الماء والمبطئة المشابه لنوع (type D) حيث تعمل هذه المواد على ابطال او تقليل تعجيل تفاعل السمنت وكذلك على السيطرة على كمية الماء المستعملة بالنسبة للنوع الاخير.

د- الركام: يمكن خفض درجة حرارة المزجة حوالي نصف درجة مئوية عند خفض درجة حرارة الركام درجة مئوية واحدة للمزجة ويحفظ الركام في محلات مضللة. يمكن تبريد الركام الخشن برشه بالماء بصورة منتظمة

2- خلط المواد ومزج الخرسانة: من الضروري تقليص مدة خلط الخرسانة لأقل فترة مناسبة تضمن تجانس الخلطة المطلوب ولتقليل تسخين المزجة يطلى وعاء الخلاطة من الخارج بلون ابيض ويرش بالماء باستمرار لتبريده ويجب تنظيف وعاء الخلاطة وانصالها من الداخل

3- نقل الخرسانة : تقلل الفترة الزمنية بين مزج ووضع الخرسانة لأقل ما يمكن حيث ان حرارة اماهة السمنت وبالتالي ارتفاع درجة الحرارة يزداد مع مرور الوقت وفي الخرسانة الجاهزة يجب اضافة الماء اللازم ( او بعضه) الى الشاحنات الخلاطة قبل فترة مناسبة من تفريغ الخرسانة.

4- وضع الخرسانة ورصها: اضافة الى الاجراءات الاعتيادية لوضع ورص الخرسانة يجب الاهتمام بما يلي:

- عمل مضلات لخفض درجة حرارة القوالب والتسليح ولحماية الصبة الخرسانية وكذلك عمل مصدات للرياح عند الحاجة لتفادي سرعة جفاف الخرسانة وتشقق سطحها كذلك تضليل كافة المعدات كالخلاطات والاحزمة الناقة ومضخات الخرسانة وانابيبها والمزالق وغيرها، ومن المفيد تغليف انابيب ضخ الخرسانة بقماش يبلل باستمرار
- من الانسب البدء بأعمال الخرسانة في فترة مناسبة بعد الظهر (عصرا أو مساءا ) والاستمرار ليلا بدلا من البدء في الصباح الباكر حيث يتوافق زمنيا ارتفاع درجة حرارة الجو مع حرارة الاماهة مما يزيد في رفع حرارة الخرسانة.
- عند وضع الخرسانة بشكل طبقات افقية كما في الجدران والاعتاب العميقة يفضل ان يكون سمك الطبقة الواحدة اقل مما في الجو البارد لتأمين الرص الكفو

5- الانهاء والانضاج: من الممكن تقليل سرعة التبخر والتشقق في الخرسانة باتباع ما يلي:

- يفضل الانضاج بالتبليل المستمر او الغمر بالماء
- يستمر الانضاج لفترة اطول مما في الجو البارد على ان لا تقل عن سبعة ايام ويجب تجنب تعريض الخرسانة خلال الانضاج الى فترات من الجفاف وذلك لتقليل التشقق من المفضل ان تكون درجة حرارة ماء الانضاح اقل بقليل من حرارة الخرسانة
- يجب ان تبقى القوالب مبللة بعد وضع وانهاء الخرسانة وان ترخى بأسرع ما يمكن بشرط ان لا يؤثر ذلك في تحمل ونوعية الخرسانة لمباشرة الانضاح بالماء.
- عند نزع القوالب يستمر الانضاج بالماء مع التغليف بالقماش للأجزاء التي لم يكمل انضاجها .
- من الضروري انجاز كافة اصلاحات سطوح الخرسانة في هذه الفترة لإنضاجها مع بقية الخرسانة .
- يفضل ترك الاغطية وهي جافة بعد اكمال الانضاج لفترة امدها حوالي ( 4 ) ايام لتسهيل جفاف الخرسانة بشكل تدريجي .

انواع الخرسانة

تقسم الخرسانة ومنتجاتها بعدة اساليب منها :

ا- من حيث وجود التسليح ونوعيته.

ب - من حيث الكثافة.

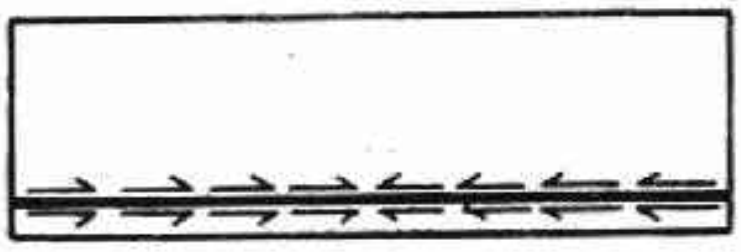
ج- من حيث اسلوب التنفيذ.

ا- تقسيم الخرسانة من حيث التسليح : تكون الخرسانة اما مسلحة (reinforced) او غير مسلحة (plain) او ( non- reinforced) . تستعمل الخرسانة غير المسلحة في الحالات التي لا تتجاوز الاجهادات الفعلية الحد المسموح به لتحمل الخرسانة وكذلك عدم حدوث حالات تؤدي الى فشل الخرسانة. تستعمل الخرسانة غير المسلحة في بعض الاسس الجدارية وتبليط بعض الارضيات والمماشي والطرق وفي انتاج الكتل الخرسانية والبلاطات والكاشي بأنواعه.

تسلح الخرسانة بطمر قضبان تسليح من الصلب (الفولاذ) بحيث تتماسك الخرسانة معها مكونة كتلة متكاملة. تعمل القضبان على مقاومة الاجهادات التي تتعرض لها بحكم موقعها في الجسم الخرساني حيث لا يمكن ان تقاوم الخرسانة الاحمال وحدها وخاصة في الحالات التي يتولد عنها اجهادات الشد بأنواعه واجهاد القص تلك الاجهادات التي تكون الخرسانة ضعيفة في تحملها. تستعمل قضبان التسليح لمقاومة اجهادات الضغط أيضا وذلك عندما تكون الخرسانة لوحدها غير كافية لتحمل تلك القوى كما في الاعمدة وغيرها كذلك تستعمل القضبان لتقليل تأثير التبدلات الحجمية والبعدية التي تتعرض لها الخرسانة عند تصلدها وبعده أيضا.

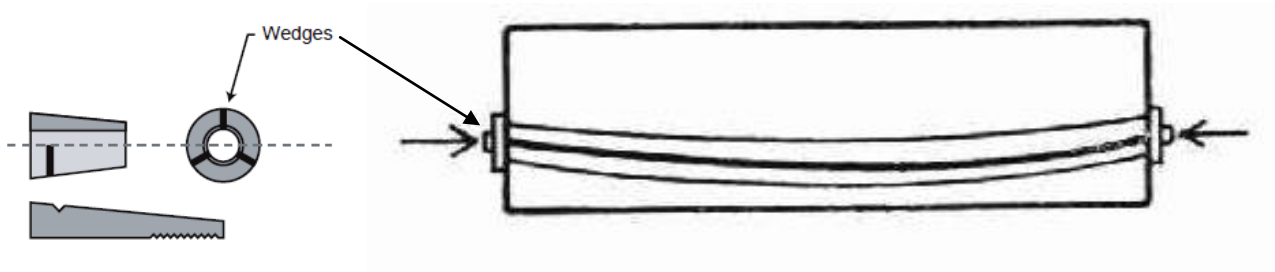
تنتج القضبان بأقطار تتراوح من ( 5-40 ملم) وبأطوال قياسية ( 6 ، 9 ، 12 متر). تكون القضبان اما ملساء ومدوره أو ذات نتوءات ذات تحمل ربط اعلى من النوع الاملس كذلك يمكن استعمال الصلب لتسليط اجهادات معينة على الخرسانة قبل التحميل و بصورة دائمة بحيث تكون معادلة في التأثير او مقللة لمقدار الاجهادات الناتجة عن التحميل الامر الذي يمكن من زيادة قابلية العضو الخرساني لمقاومة أحمالا اكبر والذي يعرف بالخرسانة السابقة الاجهاد (prestressed concrete) تنفذ الخرسانة السابقة الاجهاد بطريقتين:

1- التوتير السابق (pre -tensioning): حيث يتم توتير القضبان الفولاذية بسحبها وتمديدها لحد معين وربطها من نهايتيها في مواقع محددة ثم تصب الخرسانة وترص وبعد تصلدها بدرجة كافية تقطع نهايات القضبان الامر الذي يؤدي الى تسليط قوى ضغط عل الخرسانة في مواقع القضبان ينتقل من خلال الربط بين الخرسانة والقضبان.



2 - التوتير اللاحق (post - tensioning): حيث تصب الخرسانة وتترك في داخلها مسارات خاصة لقضبان الاجهاد وبعد تصلد الخرسانة بدرجة كافية تمد القضبان وتثبت من نهاية واحدة ثم توتر بسحبها من النهاية الاخرى حسب مقدار قوة الاجهاد المطلوبة وتثبت بماسكات اسفينية خاصة (wedge anchorage) تمنع ارتداد القضبان وتبقى الخرسانة في حالة الاجهاد ثم يحقن داخل المسارات بمونة السمنت لوقاية القضبان. حيث ان الاجهاد يسلط في هذه الحالة على نهايتي الجسم الخرساني لذا يكون من الضروري تقوية محلات اتصال المثبتات النهائية بالخرسانة بوضع صفائح معدنية خاصة لمنع انسحاق الخرسانة.

يكون الصلب المستعمل بمواصفات خاصة لمثل هذه الاعمال. تستعمل الخرسانة السابقة الاجهاد في كثير من حالات التحميل العالي حيث يكون بالإمكان زيادة كفاءة المقطع الخرساني في مقاومة الاحمال والاقتصاد في كمية الخرسانة المستعملة.




ب - تقسيم الخرسانة من حيث الكثافة: ان لكثافة الخرسانة علاقة بخواصها فزيادة الكثافة تعني زيادة التحمل وقلة العزل الحراري والامتصاص وزيادة عزل الاشعاع وتسليط حمل ميت اعلى ويمكن تقسيمها كما يلي:

1 - الخرسانة بكثافة معتدلة : وتشمل كافة انواع الخرسانة التي تتراوح كثافتها بين (2.1-2.5 طن/متر$^3$) عدا التسليح وتستعمل لجميع الاغراض عدا الحالات التي تتطلب كثافة خفيفة او عالية

2 - الخرسانة الواطئة الكثافة ( الخفيفة ): وهي الخرسانة التي تقل كثافتها بمقدار ملحوظ عن النوع السابق وتتراوح بين ( 0.4- 1.9 طن/متر$^3$).

تستعمل الخرسانة الخفيفة كعازل حراري ذو تحمل واطئ ( بدون تسليح في الغالب) ويستفاد من خفة الوزن لتقليل الاحمال الميتة على المنشأ والاسس . تنتج الخرسانة خفيفة الوزن بعدد من الطرق اهمها:

ا - باستعمال ركام خفيف الوزن: توجد نوعيات متعددة من المواد تستعمل كركام خفيف الوزن منها:

1- الركام البركاني الخفيف نوع (pumice) (scoria) تعطي خرسانة انشائية جيدة

2 - ركام مصنع من الطين المنفوخ حراريا (expanded clay) تعطي خرسانة انشائية او عازلة

3- ركام خبث الفرن العالي المنفوخ (lightweight blast furnace) تنتج منه خرسانة انشائية او عازلة

4- الركام العضوي الخفيف: مثل نشارة الخشب وغيرها من مواد سللوزية تعادل وتعالج بمواد كيمياوية لتقليل تأثير المواد العضوية الضارة. لا تستعمل لإنتاج خرسانة انشائية بل في انتاج خرسانة عازلة.

5- الفيرميكولايت والبرلايت : الاول تركيب من نوع المايكا والثاني من نوع الحمم السليكية كلاهما ينتفخ عند معالجته حراريا مكونا ركاما خفيف الوزن جدا ينتج منه خرسانة عازلة غير انشائية

6 - الاسبست: تركيب معدني لسيليكات المغنيسيوم المائية بشكل الياف السربنتاين يمزج مع السمنت ويكبس بطريقة خاصة حيث ينتج مادة تتميز بمقاومتها العالية للضغط والشد ودوامها الجيد بالرغم من سمكها القليل. يستعمل الاسبست في انتاج انواع متعددة من الانابيب والصفائح المستوية والمضلعة.

ب - بأسلوب الخرسانة المهواة (aerated or cellular concrete): تنتج بعض انواع الخرسانة الخفيفة بدون ركام خفيف بل باستعمال مضافات خاصة الى المزجة مثل مسحوق الالمنيوم او الزنك او المغنيسيوم تولد فقاعات غازية أو هوائية تنتج خرسانة بكثافة واطئة (0.7 طن/متر$^3$) لا تكون الخرسانة من النوع الانشائي في الغالب ويمكن اعتبار الثرمستون من هذا النوع

ج - بأسلوب الخرسانة من دون ركام ناعم ( non - fines concrete): تنتج باستعمال السمنت والماء والركام الخشن من دون ركام ناعم. تستعمل في انشاء الجدران المحملة وغير المحملة وكذلك كخرسانة عازلة. تستعمل هذه الخرسانة في الجدران المحملة لحد ( 5 ) طوابق واحيانا لحد (10) طوابق . تتراوح نسبة المزج بين 6:1 و 10:1 ( سمنت: ركام خشن ) حجما وهذه تعطي خرسانة بكثافة تتراوح بين (1.8-2 طن/متر$^3$) وبتحمل اوطأ من الخرسانة التقليدية بنسبة تتراوح بين (30 - 50 %)

2- الخرسانة العالية الكثافة (الثقيلة) (heavy weight concrete): وهي الخرسانة التي تكون كثافتها بحدود (3.2 طن/متر$^3$) فاكثر وتستخدم لأغراض موازنة احمال معاكسة في الاتجاه ولمنع طفو بعض المنشآت تحت الماء بفعل دفع المياه الى الاعلى وكذلك لإنشاء جدران عازلة للإشعاع كما في المفاعلات النووية وغرف الاشعة وغيرها. يستعمل ركام خشن بوزن نوعي اعلى من 4 مثل كتل الحديد وغيرها وقد يستعمل مسحوق خام الحديد كركام ناعم .

ج- تقسيم الخرسانة من حيث اسلوب التنفيذ :

1- صب موقعي: أي ان تصب الخرسانة وترص وتنضج في موقعها من المنشأ .من الجائز تهيئة الخرسانة في موقع العمل أو تجهيزها من محطات مركزية لإنتاج الخرسانة

2- سابقة الصب: أي ان تصب الخرسانة اما في المعامل المتخصصة أو في ساحة العمل ثم ترفع الاجزاء الخرسانية وتركب في محلها . يشمل النوع الاول انتاج وحدات قياسية في الغالب مثل الكاشي والكتل والبلاطات والهياكل ووحدات السقوف. بينما يشمل النوع الثاني ( صب سابق في ساحة العمل ) اجزاء خاصة بذلك المشروع .

منتجات خرسانية قياسية: تتوفر في الاسواق منتجات خرسانية قياسية سابقة الصب من الجدير التعرف عليها وهي:

1- الكتل الخرسانية : بأنواعها المصمتة والمجوفة ذات الكثافة الاعتيادية أو الخفيفة والتي تستعمل في البناء او في الزخرفة
2- الكاشي بأنواعه الموزائيك والسادة
3- الانابيب الخرسانية : وتستعمل لمختلف الاغراض كالمجاري والري والقناطر وغيرها وتنتج بمقاطع دائرية بقطر من 70 ملم لحد 130 ملم. يستعمل سمنت البورتلاندي الاعتيادي او السمنت المقاوم للأملاح حسب الحاجة وتكون الانابيب ذات الاقطار الكبيرة او المقاومة لأحمال عالية مسلحة ٠
4- بلاطات المماشي والسطوح (الشتايكر).
5- اعمدة الانارة والتلفون : وتكون مجوفة دائرية المقطع قطرها في الاعلى اقل منه عند القاعدة وتنتج من النوع السابق الصب السابق الجهد في الغالب وتصب بطريقة التدوير الطارد عن المركز(centrifugal rotation) حيث توضع كمية محدودة من الخرسانة حسب مقاس الانبوب في القوالب بعد تركيب وتوتير فولاذ التسليح ثم تدور القوالب بسرعة كبيرة ينتج عنها توزيع الخرسانة بصورة متجانسة حول القالب بالسمك المطلوب وانسحاب كمية من ماء المزجة خارج الخرسانة ثم خارج القوالب الامر الذي ينتج عنه خرسانة بنوعية عالية
6- اعمدة الاسيجة: تنتح بأنواع من الاعمدة تستعمل مع نسيج سلكي مغلون (BRC)
7- الهياكل الجا هزة : وتكون من النوع الحدوي تنتج بأكثر من قطعة واحدة لتسهيل نقلها وتركيها في الموقع. تنتج هذه لهياكل بصورة بفضاءات قياسية تتراوح بين 10 متر و 20 متر. توجد هياكل احادية الفضاء او متعددة الفضاءات الا ان النوع الاول اكثر شيوعا
8- وحدات السقوف للفضاءات الكبيرة : وهذه تنتح بشكل وحدات ذات اشكال متعددة . تكون سابقة الصب او سابقة الاجهاد ايضا لمقاومة الاحمال الكبيرة وتستعمل لتسقيف الفضاءات الكبيرة تنتج هذه الوحدات القياسية بفضاءات تتراوح بين (6.7-18.6 متر)
9- الوحدات البنائية الجاهزة : وتشمل هذه وحدات سكنية أو مكاتب او غيرها تنتج بتصميم خاص موحد حيث تقسم الوحدة الى اجزاء اساسية سابقة الصب كالجدران و السقوف تركب فوق اسس معدة موقعيا .