خواص واختبارات الخرسانه الطازجه

Properties and Testing of Fresh Concrete

1- مقدمه

تمر الخرسانة من لحظة إضافة الماء لها وحتى إنتهاء عمرها الإفتراضى بالمراحل الثلاثة الآتية:

أ-الخرسانه الطازجه (Fresh Concrete)

وهى الخرسانة التى تبدأ من لحظة إضافة الماء إلى مكونات الخرسانة الجافة وحتى لحظة حدوث زمن الشك الإبتدائى. وتمتاز هذه المرحلة بالقدرة على الخلط والنقل والصب.

ب- الخرسانه الخضراء (Green Concrete)

وهى الخرسانة المتكونة فى الفترة من بداية شك الاسمنت وحتى بداية تصلد الخرسانه اي في حدود 24 ساعه. وفي هذه المرحله لايسمح للخرسانه بالخلط والنقل والصب لأنها تكون قد شكت كما إنها لا تقوى على تحمل أى نوع من الإجهادات.

جـ الخرسانه المتصلده (Hardened Concrete)

وهى تبدأ بتصلد الخرسانة (أى عند عمر ٢٤ ساعة) وحتى نهاية عمرها الإفتراضى وتمتاز هذه المرحله بأنها بداية زيادة المقاومه الرئيسيه للخرسانه (مقاومة الضغط) وقدرتها على مقاومة الأحمال بمرور الزمن.

2- تحضير عينات اختبارات الخرسانه الطازجه

1- يجب أن تكون العينة المأخوذة من الخرسانة الطازجة ممثله تماما للخلطه.

2- تكون العينه مأخوذه من أماكن متفرقه من الخلطه.

3- يجب حماية عينة الاختبار من التأثيرات الجويه مثل الشمس والرياح والامطار والاتربه وذلك في الفتره بين تحضير العينه واجراء الاختبار التي يجب الا تزيد عن 15دقيقه .

3- الخواص الرئيسيه للخرسانه الطازجه

للخرسانة الطازجة أربعة خواص رئيسيه هى:

1- قوام الخلطه الخرسانيه (Consistency)

2- قابيلة التشغيل (Workability)

3- الإنفصال الحبيبي (Segregation)

4- النزيف (النضح) (Bleeding)

1- قوام Consistency

تعريف القوام:

- قوام الخرسانه الطازجه يعبر عن درجة بلل الخرسانه (Degree of wetness) فمثلاً يقال خرسانه جافه القوام (Dry) أو صلبة القوام (Stiff) أو لدنة القوام (Plastic) أو مبتلة القوام (Wet) أو رخوة القوام (Sloppy).
- قوام الخرسانه الطازجه يعبر عن السيوله النسبيه للخرسانه اي أنه يبين النسبة بين كمية ماء الخلط وكمية المواد الجافه بالخرسانه.
- **الغرض من تحديد القوام** هو ضمان الحصول على خرسانه ذات درجة سيوله أو لدونه تتناسب مع مختلف الأعمال الإنشائية. كما أنه من أهم وأبسط الخواص التى تساعد على التأكد من إنتظامية خلطات الخرسانه الطازجه وتجانسها وضبط جودتها وذلك قبل الصب مباشرة.

طرق تعيين القوام

يوجد ثلاثة طرق رئيسيه لتعيين قوام الخرسانه وهى:

- ❑ اختبار الهبوط للخرسانه (Slump Test)
- ❑ اختبار الانسياب للخرسانه (Flow Test)
- ❑ اختبار كرة كيللي (Kelly Ball Test)

اختبار الهبوط للخرسانه (Slump Test)

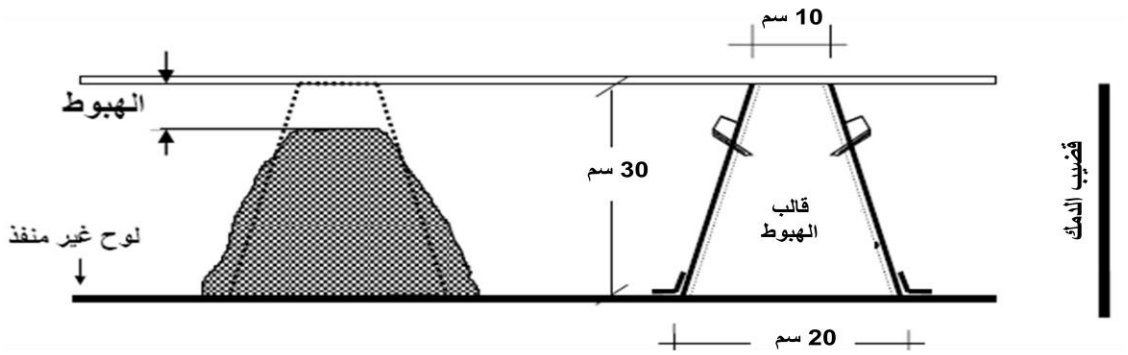
الغرض من الاختبار: تحديد قوام الخلطة الخرسانية بتعيين مدى هبوطها بعد تشكيلها على هيئة مخروط ناقص وذلك إما فى المعمل أو فى موقع التنفيذ. ويعتبر هذا الاختبار من أبسط وأفضل الوسائل لضبط الجودة فى محطات الخلط وفى مواقع التنفيذ.

- قالب الإختبار: عبارة عن مخروط ناقص مصنوع من معدن متين بسمك ١,٥ مم على الأقل مفتوح من أعلى ومن أسفل ، قطر فتحته العليا ١٠سم والسفلى ٢٠سم وإرتفاعه ٣٠سم.

- قضيب الدمك: وهو سيخ من الصلب بقطر ١٥مم وطول ٦٠سم.

- **<u>طريقة إجراء الاختبار</u>**

- ينظف السطح الداخلى للقالب بحيث لا توجد به أى مياه عالقه أو آثار خرسانيه.
- يوضع القالب على سطح أفقى أملس غير مُنفذ للماء على أن يثبت جيداً.
- يملأ القالب على ثلاث طبقات إرتفاع كل منها يساوى ثلث إرتفاع القالب تقريبا على أن تدمك كل طبقه بواسطة قضيب الدمك ٢٥مرة موزعه تقريبا على السطح وبشرط أن ينفذ القضيب إلى الطبقه التى تحتها.
- بعد الانتهاء من دمك الطبقه العليا للقالب يسوى سطحها مع حافة القالب.
- يرفع القالب بعد ملئه مباشرة فى إتجاه رأسى وببطء وعنايه.
- يقاس مقدار الهبوط (Slump) بعد رفع القالب مباشرة وهو الفرق بين إرتفاع القالب وإرتفاع مركز عينة الخرسانة الطازجة. يتم توصيف القوام إما جاف أو صلب أو لدن أو مبتل أو رخو وذلك طبقاً لقيمة الهبوط.

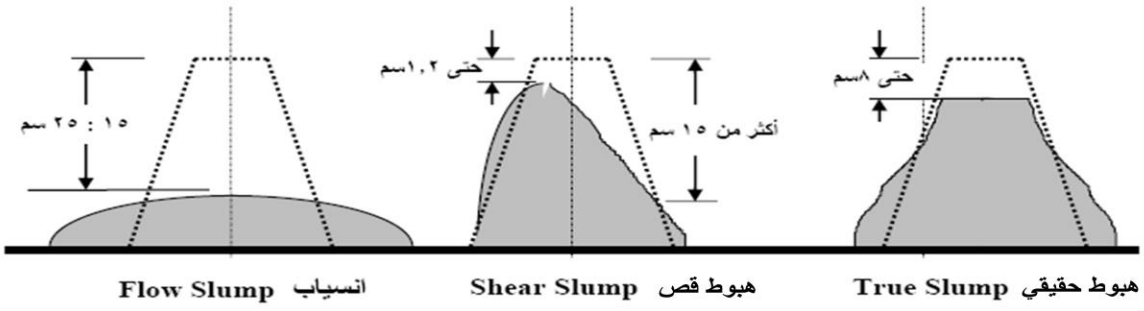


نوع العنصر الإنشائي	درجة الدمك	الهبوط (مم)
خرسانة كتلية.	دمك ميكانيكي	صفر - ٢٥
القواعد الخرسانية خفيفة التسليح ومتوسطة التسليح. قطاعات خرسانية خفيفة التسليح.	دمك ميكانيكي	٢٥ : ٥٠
قطاعات خرسانية متوسطة وعالية التسليح. قطاعات خرسانية خفيفة التسليح.	دمك ميكانيكي دمك يدوي	٥٠ : ١٠٠
قطاعات خرسانية كثيفة التسليح.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

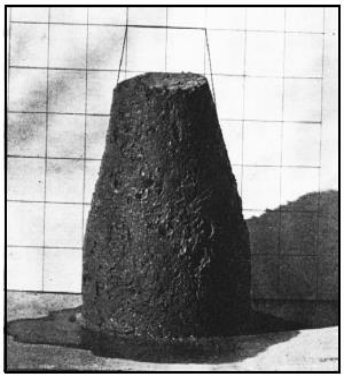
الهبوط (مم)	صفر-٢٠	١٠-٤٠	٣٠-١٢٠	١٠٠-٢٠٠	١٨٠-٢٢٠
قوام الخلطة الخرسانية Consistency	جاف Dry	صلب Stiff	لدن Plastic	مبتل Wet	رخو Sloppy

ملاحظـــــــات

- يجب أن لا يزيد المقاس الإعتبارى الأكبر للركام المستخدم عن ٤٠مم.
- يجب أن لا تزيد الفترة بين إنتهاء الخلط وبداية إجراء الإختبار عن دقيقتين.
- تحدث ثلاثة أشكال مختلفة لحالة الهبوط فقد يكون هبوطاً حقيقياً (True Slump) أو هبوط قص (Shear Slump) أو انهيار (Collapse).
- يراعى اعادة الإختبار على عينه أخرى فى حالة حدوث إنزلاق جانبي (Slipping) في العينه او انهيار (Collapse) إذا تكرر ذلك فى حالة إعادة الإختبار فيقاس الهبوط مع تسجيل ذلك مع النتيجه.



أشكال الهبوط المختلفه



نموذج للهبوط الحقيقى

- وتجدر الإشارة أنه فى حالة الخرسانة ذات درجة السيولة العالية او التي يزيد فيها الهبوط عن 22سم مثل الخرسانة ذاتية الدمك فإنه يتم قياس انسياب الهبوط وهو القطر المتوسط للخرسانه المنسابة بعد رفع مخروط الهبوط وفى الخرسانة ذاتية فيشترط ان لا يقل انسياب الهبوط عن 60-70سم.

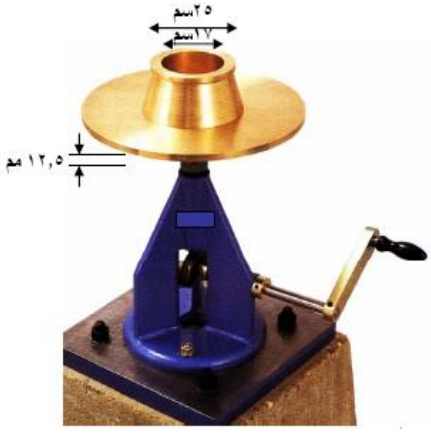
انسياب الهبوط فى الخرسانة ذاتية الدمك

اختبار الانسياب (Flow Test)

الغرض من الاختبار: يختص هذا الاختبار بتعيين النسبه المئويه لانسياب الخرسانه وذلك بإجراء إهتزاز ترددى لمخروط ناقص من الخرسانه موضوع على لوح معدنى وتسجيل مدى إنتشار أو انسياب الخرسانة كنسبه مئويه من القطر الأصلي لقاعدة المخروط.

- **طريقة إجراء الاختبار**

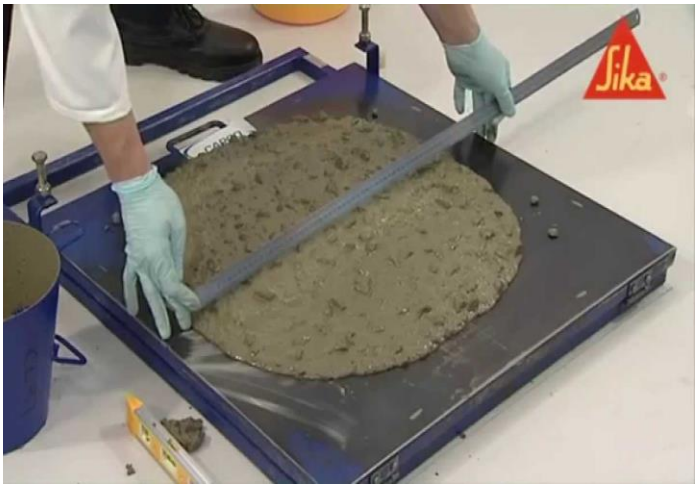
- يُنظف القرص جيداً بالماء ثم يجفف بعنايه حيث لا يبقى به أثر لماء التنظيف.
- يوضع القالب مثبتاً فى وسط القرص وذلك بالضغط على مقبضية باليد.
- يُملأ القالب على طبقتين إرتفاع كل منها يساوي نصف الارتفاع تقريبا على ان تدمك كل طبقة بواسطة قضيب الدمك القياسى ٢٥مره موزعه تقريبا بالتساوي على سطح المقطع المستعرض للقالب بشرط أن يَنفُذ القضيب إلى الطبقة التى تليها (يراعى أن يكون نصف عدد ضربات الدمك فى إتجاه مائل إلى الخارج والنصف الثانى فى إتجاه رأسى).



جهاز الإنسياب لتحديد القوام

- بعد الانتهاء من دمك الخرسانه للطبقه العليا للقالب يسوى سطحها مع حافة القالب بالمسطرين مع مراعاة ملء القالب تماما.
- تُزال الخرسانة الزائدة التي سقطت على قرص الإختبار عند تسوية السطح ثم ينظف جيداً حول قالب الإختبار.
- يُرفع القالب المعدنى بعد ملئه مباشرة من الخرسانة بإنتظام فى إتجاه رأسى.
- يُرفع القرص ويخفض بمعدل منتظم لمسافة ١٢,٥مم وذلك ١٥مره في مدى حوالي 15 ثانية.
- تقاس قاعدة الخرسانة المنسابة نتيجة الرفع والخفض المذكورة ويكون القياس لقطر القاعدة فى ٦ إتجاهات مختلفة ثم يؤخذ متوسط هذه القراءات ليمثل قطر الإنسياب لقاعدة المخروط الخرسانى بعد إنسياب الخرسانة.

- تحسب النسبة المئوية لإنسياب الخرسانة (لأقرب ٥مم) بإعتبارها النسبة المئوية لزيادة قطر الإنسياب عن قطر القاعدة الأصلى كما يلى:



$$\text{النسبة المئوية للإنسياب} = \frac{\text{قطر الإنسياب (سم)} - ٢٥}{٢٥} \times ١٠٠$$

(حيث أن قطر القاعدة الأصلى للمخروط الخرسانى يساوى ٢٥سم)

- ويعتبر اختبار الإنسياب اختبارا معملياً فى معظم الحالات نظراً لعدم سهولة تواجد الجهاز فى موقع العمل. ويمثل الجدول الآتى النسب المئوية للإنسياب عند درجات القوام المختلفه.

النسبة المئوية للانسياب	صفر-٢٠%	١٥-٦٠%	٥٠-١٠٠%	٩٠-١٢٠%	١١٠-١٥٠%
قوام الخلطة الخرسانية Consistency	جاف Dry	صلب Stiff	لدن Plastic	مبتل Wet	رخو Sloppy

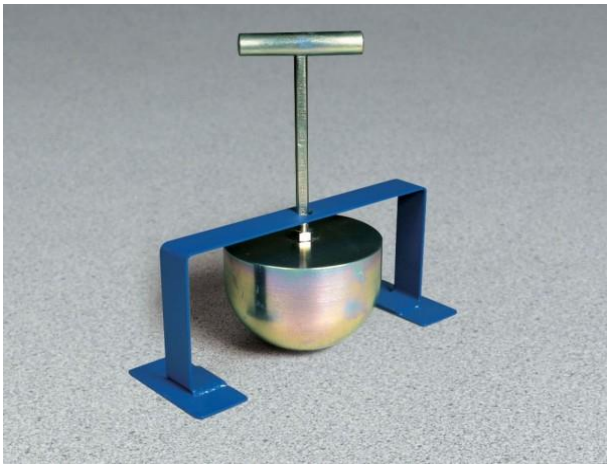
اختبار كرة كيللي (Kelly Ball Test)

وهذه الطريقه يحدد بها قوام الخرسانه بيسر ودقة كافيين وهو إختبار مشابه للهبوط إلا أنه أسهل منه وأسرع منه.

يتكون الجهاز أساساً من ثقل على شكل نصف كرة نصف قطرها ١٥سم

ووزنها ١٣,٦كجم يتصل بها يد عليها مقياس مدرج والكل ينزلق من فتحة داخل إطار ويمكن وضع هذا الإطار على سطح الخرسانه المراد قياس قوامها كما أن هذا الإطار يصلح فى نفس الوقت لإستخدامه

كمستوى ثابت للمقارنه وقت الإختبار ويلاحظ أن جميع أجزاء الجهاز تصنع من الصلب أو أى معدن مشابه.



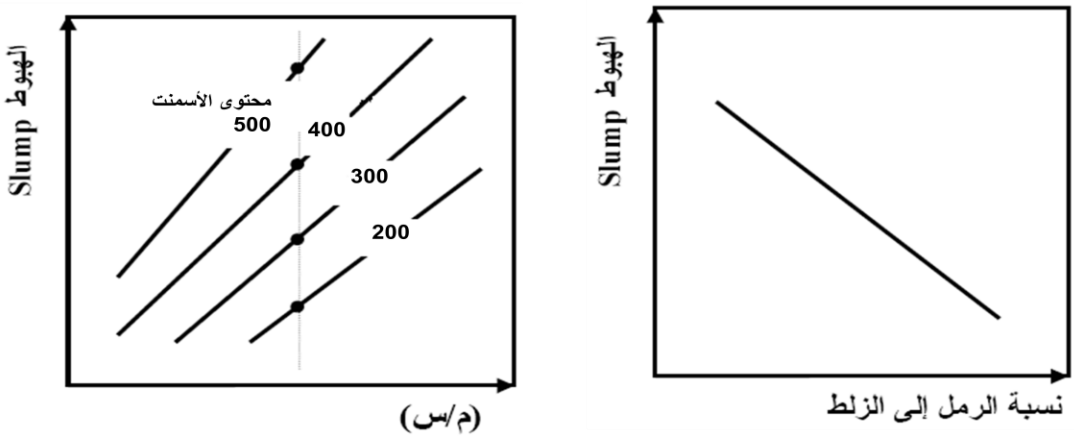
جهاز كرة كيلى لقياس القوام

- **<u>طريقة إجراء الاختبار</u>**

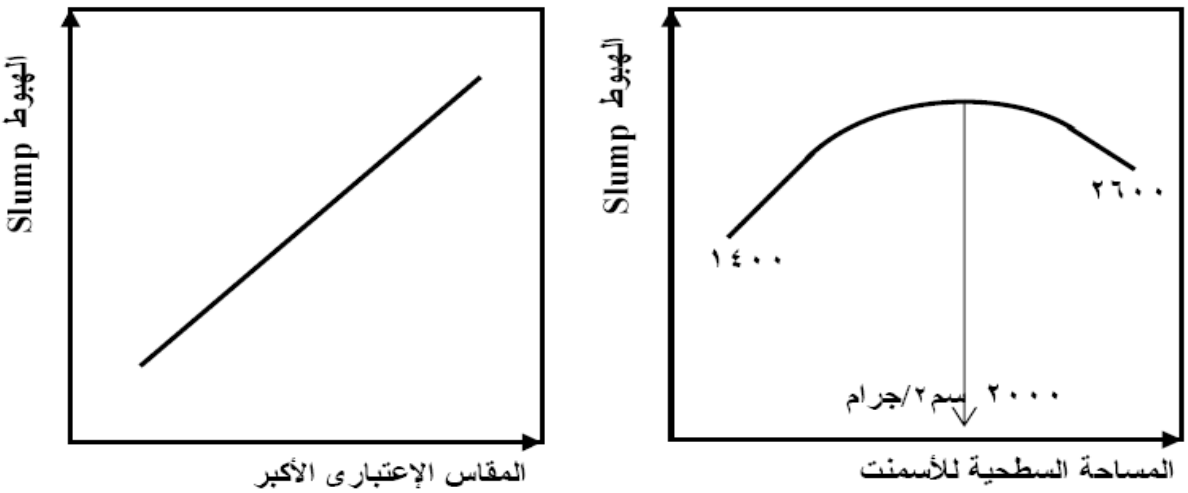
- يمكن وضع الخرسانه فى وعاء أو يمكن إجراء الإختبار والخرسانه فى مكانها داخل الفرم بعد صبها مباشره، وفى الحالتين يجب ألا يقل سمك الخرسانه عن ١٥سم وأن يكون لها سطحاً مستوياً بأقل بعد يساوى ٣٠سم. ويجب جعل سطح الخرسانه مستوياً وناعماً.
- يوضع الجهاز بعنايه فوق سطح الخرسانه مع رفع اليد إلى أعلى وجعل الإطار يرتكز برفق فوق السطح ثم تترك اليد لتنزلق داخل الإطار. تُقرأ مسافة إختراق الثقل داخل الخرسانه مباشره على اليد المدرجه لأقرب ٥مم. يؤخذ متوسط عدة قراءات فى أماكن متفرقه. وتفيد هذه الطريقه فى بيان ومقارنة قوام الخرسانه عند صبها مباشره داخل الفرم.

-العوامل التي تؤثر على قوام الخرسانه:

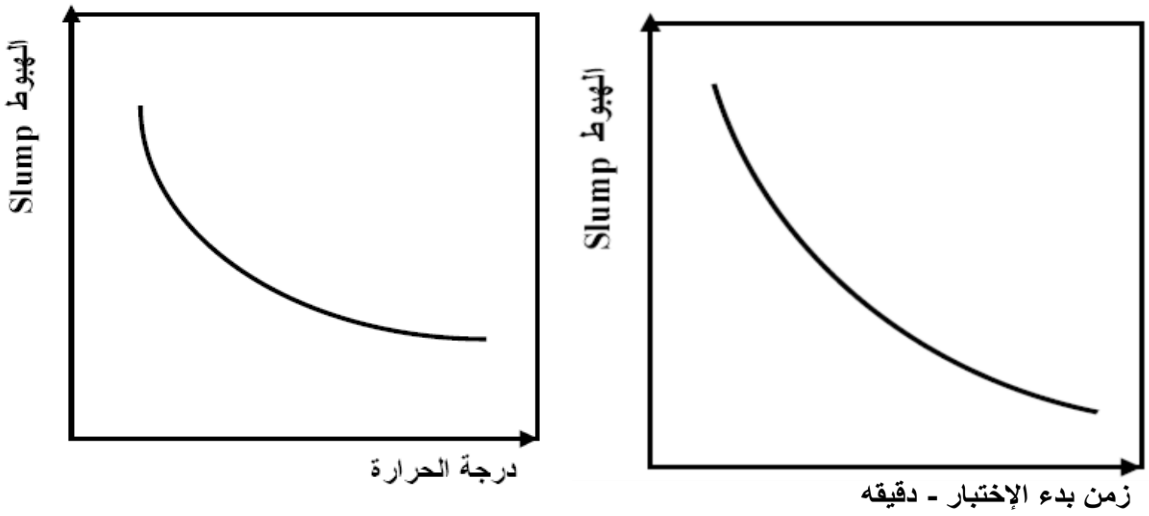
- نسبة مكونات الخرسانة: من ماء ورمل وزلط وأسمنت حيث يزداد الهبوط بزيادة محتوى الماء فى الخلطة. أو بزيادة نسبة الأسمنت. أو لصغر نسبة الرمل إلى الزلط.



- نعومة الأسمنت (المساحه السطحيه للأسمنت) حيث يزداد الهبوط بزيادة المساحه السطحيه للأسمنت وحتى حوالى ٢٠٠٠ سم^{٢}/جم ثم تقل بعد ذلك بشرط ثبوت جميع العوامل الأخرى فى الخلطه الخرسانيه.
- المقاس الإعتبارى الأكبر للركام حيث يزداد الهبوط بزيادة ذلك المقاس ويقل كلما صغر حجم الحبيبات.



- الزمن بين الإنتهاء من خلط الخرسانه وبين إجراء إختبار الهبوط حيث يقل الهبوط بزيادة ذلك الزمن.
- حرارة الجو: حيث يقل الهبوط كلما زادت حرارة الجو (نتيجة تبخر جزء من ماء الخلط).



- الإضافات: تعمل الإضافات على تحسين قوام الخرسانه بدرجات متفاوته وأهم هذه الإضافات الملدنات (Superplasticizers) وهى مواد سائله تضاف إلى الخلطه بنسبة 1-3% من وزن الاسمنت.

2- قابلية التشغيل Workability

تعريف القوام:

قابلية التشغيل هى الخاصيه التى تبين السهوله التى يمكن بها صب ومناولة الخلطه الخرسانيه كما تبين درجة تجانسها ومقاومتها للإنفصال الحبيبى.

طرق تعيين قابلية التشغيل

يوجد عدة طرق لتعيين قابلية الخرسانة للتشغيل ومن أهم هذه الطرق:

- ❑ اختبار عامل الدمك (Compacting Factor Test)
- ❑ طريقة ڤي بي (Vee-Bee Test)

1- اختبار عامل الدمك (Compacting Factor Test)

الغرض من الاختبار: يجرى هذا الإختبار لتحديد درجة قابلية تشغيل الخرسانه الطازجه وهذا الإختبار مبنى على أساس أن الجهد اللازم لدمك الخرسانة يعبر عن مدى القابليه للتشغيل.

طريقة إجراء الاختبار

- توضع الخلطة الخرسانيه فى المخروط العلوى بواسطة الجاروف ويسوى سطحها مع حافة المخروط.
- يفتح الباب الموجود فى أسفل المخروط العلوى بحيث يسمح بهبوط الخرسانة تحت تأثير وزنها فقط إلى المخروط السفلى.
- تكرر نفس الخطوات بالنسبه للمخروط السفلى فتمر الخرسانه إلى الإسطوانة.

جهاز عامل الدمك

- بعد الإنتهاء من ملئ الإسطوانه يسوى سطحها وتنظف جوانبها وحوافها الخارجيه ثم توزن ويعين وزن الخرسانة المالئه للإسطوانه وهو وزن الخرسانه المدموكه جزئياً = و.
- يعاد ملء الإسطوانه من نفس الخلطه الخرسانيه على 6 طبقات على أن تدمك كل طبقه يدوياً أوميكانيكياً حتى تملأ تماما بالخرسانه ثم توزن ويعين وزن الخرسانه المالئه للإسطوانه وهو وزن الخرسانه المدموكة كلياً = ك.

$$\text{عامل الدمك} = \frac{\text{وزن الخرسانة المدموكة جزئياً (نتيجة هبوطها)}}{\text{وزن الخرسانة المدموكة كلياً (نتيجة دمكها)}} = \frac{\text{و}}{\text{ك}}$$

- وبمعرفة عامل الدمك يمكن تحديد درجة القابليه للتشغيل ويعتبر إختبار عامل الدمك إختباراً معملياً وغيرمناسب لموقع العمل إلا فى المنشآت الكبيره. وتستخدم هذه الطريقه لقياس قابلية التشغيل لجميع الخلطات الخرسانية بإستثناء الخلطات منخفضه القابليه للتشغيل والخلطات الخشنه لتعذر الحصول على نتائج دقيقه لهذه الخلطات.

القابلية للتشغيل معبراً عنها بعامل الدمك

درجة التشغيلية	عامل الدمك	الهبوط (سم)	الإستعمال المناسب للخرسانة.
منخفضة جدا	٠,٧٨	صفر-٢,٥	الطرق المستخدم فيها الهز بالماكينات العادية أو اليدوية
منخفضة	٠,٨٥	٢,٥-٥	الطرق المستخد فيها الهز بالماكينات اليدوية أو الهز اليدوى إذا كان الركام مستديرا أو زاويا. الخرسانة الكتلية فى الأساسات بدون اهتزازات أو الخرسانة المسلحة التى بها تسليح خفيف بواسطة الدمك بالهز.
متوسطة	٠,٩٢	٥-١٠	الأسقف المدموكة باليد أو الخرسانة المسلحة ذات التسليح الثقيل والمدموكة باليد أو بالإهتزازات.
عالية	٠,٩٥	١٠-١٧,٥	للقطاعات ذات التسليح الشديد جداً غير المناسب للهز .

2- طريقة في بي (Vee-Bee Test)

- بفرض أن كمية الطاقه اللازمه لتمام الدمك تمثل درجة التشغيليه للخليط معبراً عنها بالزمن اللازم بالثانيه لإعادة التشكل الكامل. ويفترض أن إعادة التشكل قد إكتملت عندما يغطى اللوح الزجاجى الخرسانه تماما وعندما تتلاشى كل الفراغات فى الخرسانه ويحدد هذا بالنظر الذى يعتبر أحد عيوب إجراء الإختبار. ويتم الدمك بواسطة منضدة إهتزاز.
- وهذا الجهاز أميز من جهاز عامل الدمك حيث قد تلتصق بعض الخرسانه الجافه فى القواديس وهو مناسب جداً فى حالة إختبار الخرسانه الجافه أو الخرسانه التى بها ألياف. و قد يستخدم أيضا للتعبير عن القوام.

جهاز قى بى

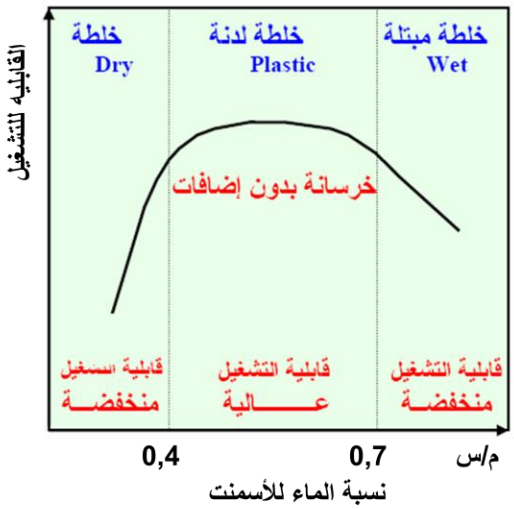
ـالعوامل التي تؤثر على قابيلة التشغيل الخرسانه:

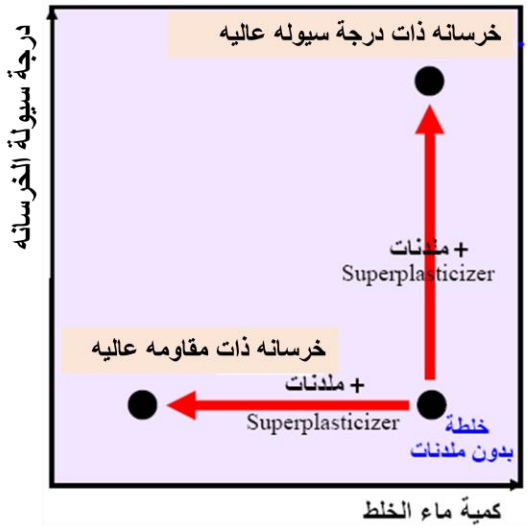
1- الركام

- مقاس الركام: زيادة نسبة الرمل تزيد من الإحتكاك وبالتالى تزيد صلابة الخلطة
- شكل حبيبات الركام: الحبيبات المدورة أكثر قابليه للتشغيل بينما الحبيبات الزاويه والمفلطحه والغيرمنتظمة صعبة التشغيل.
- حالة السطح: تقل درجة التشغيل بسبب خشونة السطح مثل حالة الأحجار المكسرة.
- المسامية: تقلل زيادة المسامية من حركة الحبيبات وتزيد من الإحتكاك الداخلى بينها وتقل التشغيليه.

2- نسبة الماء للأسمنت

- صغر نسبة (م/س) تعطى خرسانه جافه وزيادة هذه النسبه لدرجة معينه ينتج عنها خرسانه لها درجة تشغيل أفضل ولكن الزيادة الكبيره فى نسبة الماء ينتج عنها خرسانه ذات تشغيليه رديئه نظرا لسيولتها.





3- الإضافات

- تعمل الإضافات على تحسين درجة التشغيل للخرسانة بدرجات متفاوته وأهم هذه الإضافات هى الملدنات (Superplasticizers) وهى مواد سائله تضاف إلى الخلطه بنسب 3:1% من وزن الاسمنت.

4- الهواء المحبوس

- يعمل الهواء المحبوس فى الخرسانه على تحسين القابليه للتشغيل وذلك إذا كانت نسبته تتراوح من ٣% إلى ٧%.

3- الانفصال الحبيبي Segregation

- الانفصال الحبيبي هو انفصال مكونات الخرسانه بحيث يصبح توزيع هذه المكونات غير منتظم. ويوجد نوعان من الإنفصال الحبيبى للخرسانه:
- ١- إنفصال الحبيبات الكبيره من الركام نتيجة لكونها أكثر ترسباً. وذلك يكون فى الخلطات الجافه جداً وخاصة الفقيره فى الأسمنت.
- ٢- إنفصال الأسمنت اللبانى ويحدث ذلك فى الخلطات المبتله جداً.

اسباب حدوث الانفصال الحبيبي:

١- **الخلط:** عند زيادة زمن الخلط عن الزمن اللازم والمناسب فقد يحدث إنفصال نتيجة قوة الطرد المركزية لحلة الخلاط والذى ينتج عنه أن الركام الصغير يلتصق بالجدار والكبير يهبط الى أسفل. ولتلافى ذلك يجب عدم زيادة زمن الخلط عن الزمن المحدد لذلك. كذلك يجب عند تفريغ الخلاط أن لا تزيد مسافة التفريغ عن ١,٠ متر.

٢- **النقل:** عند نقل الخرسانة إلى موضع الصب يمكن حدوث إنفصال نتيجة الرج و التأرجح لعربات النقل وخاصة فى الخلطات المبتله.

٣- **الصب:** يجب مراعاة عدم الصب من إرتفاعات عاليه.

٤- **الدمك:** الدمك الزائد قد يسبب إنفصالاً حبيبياً.

لملافاة الانفصال الحبيبي

١- ينبغى العنايه بتصميم الخلطه الخرسانيه وضبط مكوناتها عن طريق زيادة المواد الناعمه مثل الأسمنت والركام الصغير وكذلك تقليل نسبة (م/س) مما يؤدى إلى تماسك أكبر للخلطه الخرسانيه.

٢ -استخدام إضافات تقليل ماء الخلط (Superplasticizers).

٣- مراعاة عمليات الصناعه من خلط و نقل و صب كما سبق شرحه.

4- استخدام إضافات تحسين اللزوجه (Viscosity Enhancing Admixtures).

4- النضح Bleeding

النضح هو تكون طبقه من الماء على سطح الخرسانه المصبوبه حديثا بعد دمكها و تسويتها.

اسباب حدوث النضح:

كثرة الدمك الذى يؤدى إلى هبوط المكونات الثقيله (الركام) إلى أسفل وصعود العجينة الأسمنتيه إلى أعلا وكذلك زيادة ماء الخلط. وأضرار النضح تتلخص فى الآتى:

١- إحتواء الطبقه العليا على نسبه عاليه من الماء مما يسبب وجود فراغات فى تلك الطبقه نتيجة تبخر الماء وبالتالى ضعف مقاومه الخرسانه.

٢- عند صعود الماء إلى أعلا يحمل معه جزيئات ناعمه من الأسمنت تكون طبقه هشه على السطح بعد تبخر الماء وجفافه ولذلك يلزم إزالة هذه الطبقه قبل الإستمرار فى الصب.

٣- تراكم طبقه رقيقه من الماء تحت سطوح الركام الكبير والحديد مما يؤدى إلى فراغات وضعف قوة التماسك بين الخرسانه وحديد التسليح.

لملافاة ظاهرة النضح:

يجب إستعمال كمية ماء خلط مناسبه وعدم إستعمال خلطات مبتله جداً أو بها نسبه قليله من المواد الناعمه مثل الأسمنت والرمل. كما إن إستخدام نسبه من الملدنات فى الخلطه يؤدى إلى تحسين خواص الخرسانه ويعمل على تقليل ماء الخلط وتلاشى ظاهرة النضح.