الباب السابع

خواص و إختبارات الخرسانة الطازجة

Properties and Testing of Fresh Concrete

٧–١ مقدمة Introduction

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

أ- الخرسانة الطازجة 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- الخرسانة الخضراء Green Concrete

وهى الخرسانة المتكونة فى الفترة من بداية شك الأسمنت وحتى بداية تصلد الخرسانة أى فى حدود ٢٤ ساعة. وفى هذه المرحلة لا يُسمح للخرسانة بالخلط والنقل والصب لأنها تكون قد شكت كما إنها لا تقوى على تحمل أى نوع من الإجهادات.

ج- الخرسانة المتصلدة Hardened Concrete

وهى تبدأ بتصلد الخرسانة (أى عند عمر ٢٤ ساعة) وحتى نهاية عمرها الإفتراضى وتمتاز هذه المرحلة بأنها بداية زيادة المقاومة الرئيسية للخرسانة (مقاومة الضغط) وقدرتها على مقاومة الأحمال بمرور الزمن.

وتتوقف خواص الخرسانة على التركيب البنائى لها والذى بدوره يتوقف على نوع المواد المكونة للخرسانة وكميتها وكذلك النسب بينها وأيضاً مدى تجانس هذه المواد وتوزيعها وكيفية تماسكها مع بعضها وكذلك تتوقف خواص الخرسانة أيضاً على الظروف التى تتم فيها عملية تصلد الخرسانة. كما تتوقف جودة الخرسانة أيضاً على بعض خواص الخلطة الخرسانية والتى تجعلها قابلة للتشغيل والتشكيل والصب والدمك بأقل جهد ممكن. وبصفة عامة فإن خواص الخرسانة وهى فى حالتيها الطازجة والمتصلدة يجب أن تحقق المواصفات والشروط الخاصة لكل نوع من الخرسانة على حده.

٧-٢ تحضير عينات اختبارات الخرسانة الطازجة

يجب أن تكون العينة الكلية المأخوذة من الخرسانة الطازجة ممثلة تماماً للخلطة كما يجب أن لا يقل حجمها عن ٣٠ لتر (٠,٠٣ متر مكعب) وتتكون هذه العينة من كميات مأخوذة من أماكن متفرقة من الخلطة. وتحضر العينة من الخلطة المجهزة فيموقع العمل Job site بالخلط اليدوي أو من الخلطة المجهزة بالخلاط الميكانيكى - وفى الحالة الأولى تجمع أجزاء العينة الكلية من أماكن متفرقة موزعة توزيعاً منتظماً فى الخلطة مع تجنب حروف الخلطة حيث يحتمل تواجد الإنفصال الحبيبى للخرسانة Segregation. أما فى حالة الخرسانة المخلوطة خلطاً ميكانيكيا فيفرغ الخلاط على دفعات متساوية تقريبا وتحضر أجزاء العينة من ثلاث كميات على الأقل تؤخذ أثناء تفريغ الخلاطة.

وتنقل العينة بعد ذلك إلى مكان الإختبار وتخلط خلطاً تاما على سطح غيرمنفذ للماء بجاروف أو مايماثله لضمان تجانسها وبذلك تكون العينة معدة للإختبار مباشرة. ويجب مراعاة حماية عينة الإختبار من التأثيرات الجوية مثل الشمس والرياح والأمطار والأتربة وذلك فى الفترة بين تحضير العينة وإجراء الإختبارات التى يجب أن لا تزيد عن ١٥ دقيقة ويراعى أن تسجل مع كل عينة البيانات التالية:

- تاريخ ووقت أخذ عينة الإختبار.
- الطريقة المستخدمة فى خلط الخرسانة.
- نسب مكونات المواد المكونة لخلطة الخرسانة.
- مكان الخلط.
- درجة الحرارة والظروف الجوية.

ويلاحظ أن خواص الخرسانة الطازجة المطلوبة لمنشأ خرسانى معين تحدد طبقا لطبيعة المنشأ وكذلك أبعاد القطاعات الخرسانية وكثافة أسياخ التسليح وتكنولوجيا تصنيع الخرسانة من حيث طريقة الخلط والنقل والصب والدمك والمعالجة.

٧-٣ الخواص الرئيسية للخرسانة الطازجة

للخرسانة الطازجة أربعة خواص رئيسية هى:

١- **قوام الخلطة الخرسانية** Consistency
٢- **قابلية التشغيل** Workability
٣- **الإنفصال الحبيبى** Segregation
٤- **النزيف (النضح)** Bleeding

١- القـــوام Consistency

❐ تعريف القـوام:

- يعبر قوام الخرسانة الطازجة عن درجة بلل الخرسانة Degree of Wetness فمثلاً يقال خرسانة جافة القوام Dry أو صلبة القوام Stiff أو لدنة القوام Plastic أو مبتلة القوام Wet أو رخوة القوام Sloppy.

- ويمكن القول بأن قوام الخرسانة يعبر عن السيولة النسبية للخرسانة Relative Fluidity أى أنه يبين النسبة بين كمية ماء الخلط وكمية المواد الجافة بالخرسانة.

❐ الغرض من تحديد القوام:

هو ضمان الحصول على خرسانة ذات درجة سيولة أو لدونة تتناسب مع مختلف الأعمال الإنشائية. كما أنه من أهم وأبسط الخواص التى تساعد على التأكد من إنتظامية خلطات الخرسانة الطازجة وتجانسها وضبط جودتها وذلك قبل الصب مباشرة.

❐ العوامل التى تؤثر على القوام:

- 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 (أنظر شكل ٧-١).

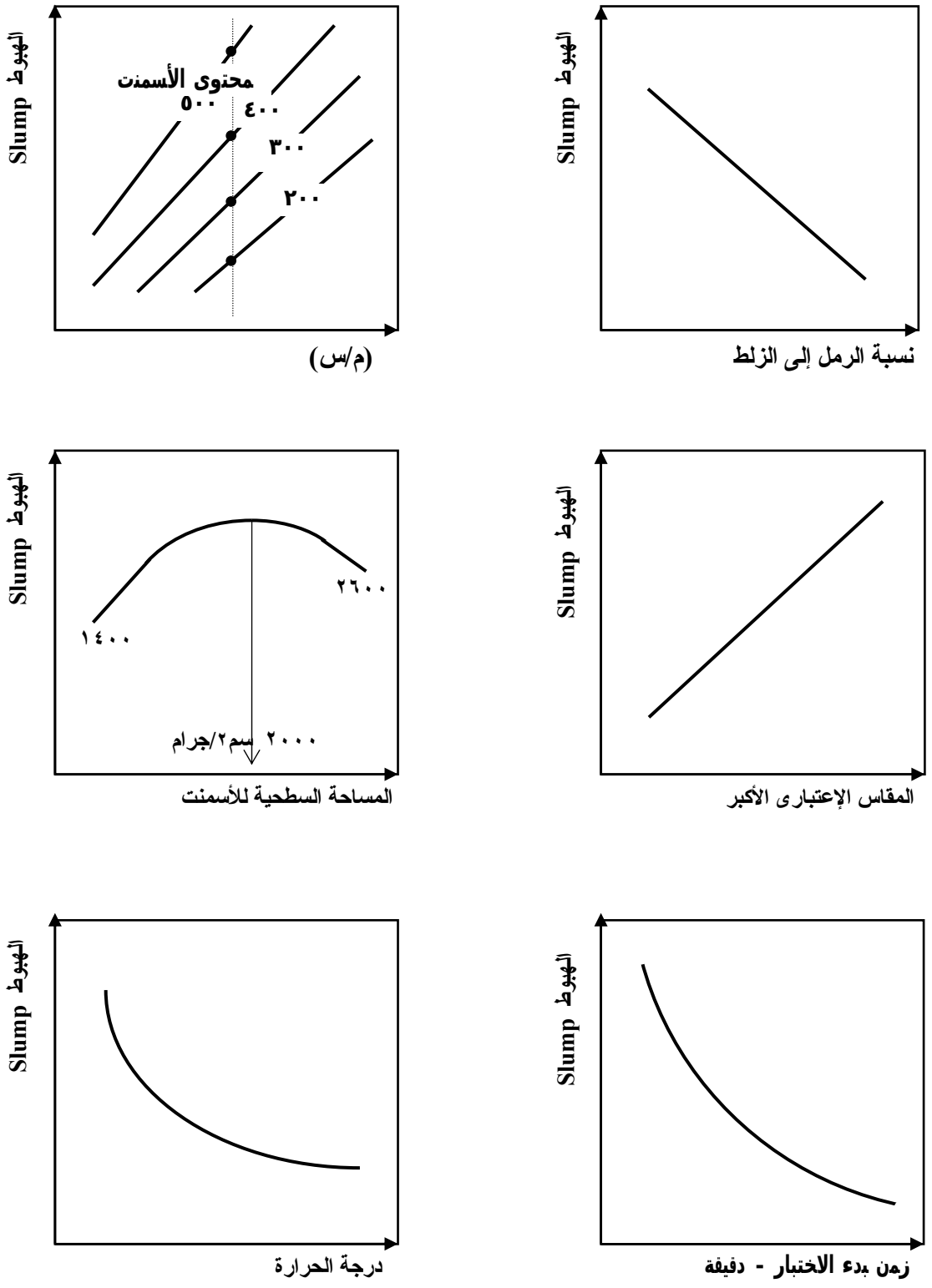
- نعومة الأسمنت (المساحة السطحية للأسمنت) حيث يزداد الهبوط بزيادة المساحة السطحية للأسمنت وحتى حوالى ٢٠٠٠ سم^{٢}/جم ثم تقل بعد ذلك بشرط ثبوت جميع العوامل الأخرى فى الخلطة الخرسانية كما هو مبين بالمنحنى شكل (٧-١).

- المقاس الإعتبارى الأكبر للركام حيث يزداد الهبوط بزيادة ذلك المقاس ويقل كلما صغر حجم الحبيبات.

- الزمن بين الإنتهاء من خلط الخرسانة وبين إجراء إختبار الهبوط حيث يقل الهبوط بزيادة ذلك الزمن كما بشكل (٧-١).

- حرارة الجـو: حيث يقل الهبوط كلما زادت حرارة الجو (نتيجة تبخر جزء من ماء الخلط).

- الإضافات: تعمل الإضافات على تحسين قوام الخرسانة بدرجات متفاوته وأهم هذه الإضافات الملدنات Superplasticizers هى مواد سائلة تضاف إلى الخلطة بنسبة ١ - ٣% من وزن الأسمنت.



شكل (٧-١) العوامل التى تؤثر على قوام الخرسانة.

❐ طرق تعيين القوام:

يوجد ثلاثة طرق رئيسية لتعيين قوام لخرسانة هى:

* هبوط الخرسانة بعد إزالة قالب التشغيل Slump Test.
* إنسياب الخرسانة الطازجة بعد تعرضها لإهتزازات ترددية Flow Test.
* اختراق جسم معدني للخرسانة تحت تأثير وزنة Ball Penetration Test.

أولاً: 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 فى محطات الخلط وفى مواقع التنفيذ.

- قالب الإختبار: عبارة عن مخروط ناقص ومصنوع من معدن متين بسمك ١,٥ مم على الأقل مفتوح من أعلى ومن أسفل ، قطر فتحته العليا ١٠ سم والسفلى ٢٠سم وإرتفاعه ٣٠ سم كما بشكل (٧-٢).

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

شكل (٧-٢) قالب اختبار الهبوط وقضيب الدمك.

- طريقة إجراء الاختبار:

- ينظف السطح الداخلى للقالب بحيث لا توجد به أى مياه عالقة أو آثار خرسانية.
- 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 طبقة بواسطة قضيب الدمك ٢٥ مرة موزعه تقريبا على السطح وبشرط أن ينفذ القضيب إلى الطبقة التى تحتها.
- بعد الانتهاء من دمك الطبقة العليا للقالب يسوى سطحها مع حافة القالب.
- يرفع القالب بعد ملئة مباشرة فى إتجاه رأسى وببطء وعناية كما بشكل (٧-٣).
- يقاس مقدار الهبوط Slump بعد رفع القالب مباشرة وهو الفرق بين إرتفاع القالب وإرتفاع مركز عينة الخرسانة الطازجة كما بشكل (٧-٤). يتم توصيف القوام إما جاف أو صلب أو لدن أو مبتل أو رخو وذلك طبقاً لقيمة الهبوط كما هو موضح بجدول (٧-١).
أما جدول (٧-٢) فيوضح قيم استرشادية للقوام ودرجة الدمك فى بعض الإنشاءات المختلفة.

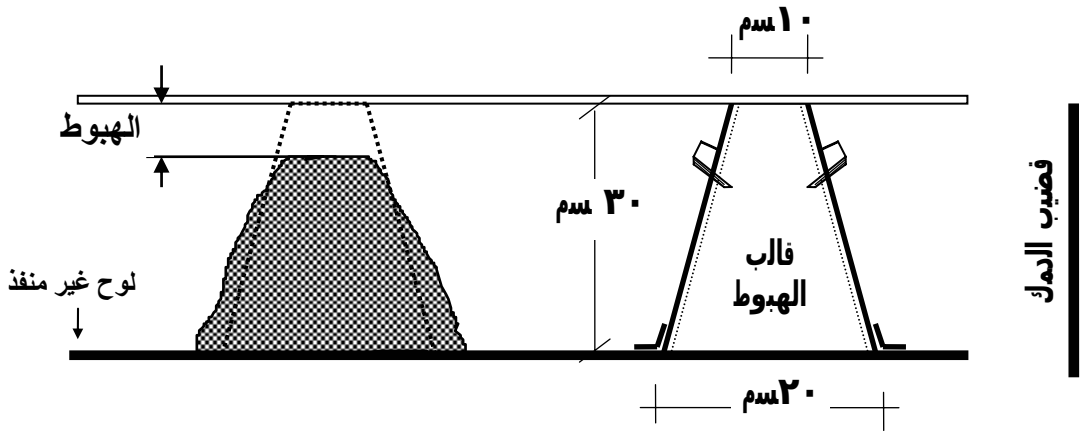
ملاحظـــات:

- 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 هبوطاً حقيقياً True Slump أو هبوط قصShear Slump أو إنهيار Collapse كما بشكلى (٧-٥) و (٧-٦).
- يراعى اعادة الإختبار على عينة أخرى فىحالة حدوث إنزلاق جانب Slipping فى العينة أو إنهيار .Collapse إذا تكرر ذلك فى حالة إعادة الإختبار فيقاس الهبوط مع تسجيل ذلك مع النتيجة.

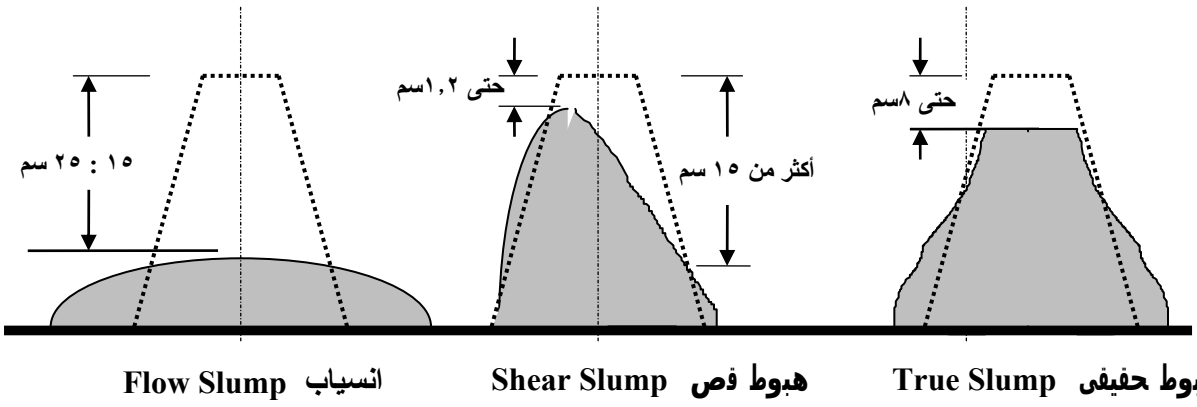
جدول (٧-١) قيم الهبوط المناظرة لدرجات قوام الخرسانة المختلفة.

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

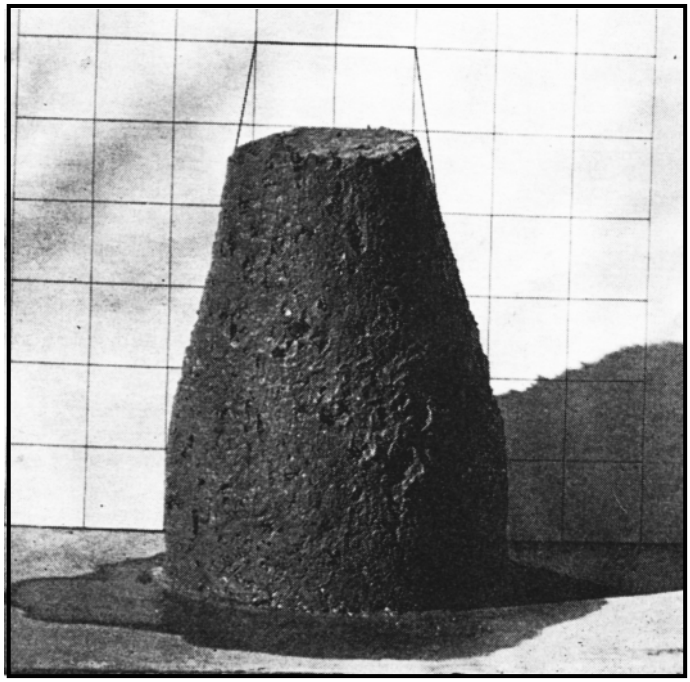
شكل (٧–٣) رفع القالب بعد ملئه فى إتجاه رأسى.



شكل (٧–٤) قياس الهبوط لتحديد قوام الخرسانة الطازجة.



شكل (٧-٥) أشكال الهبوط المختلفة.

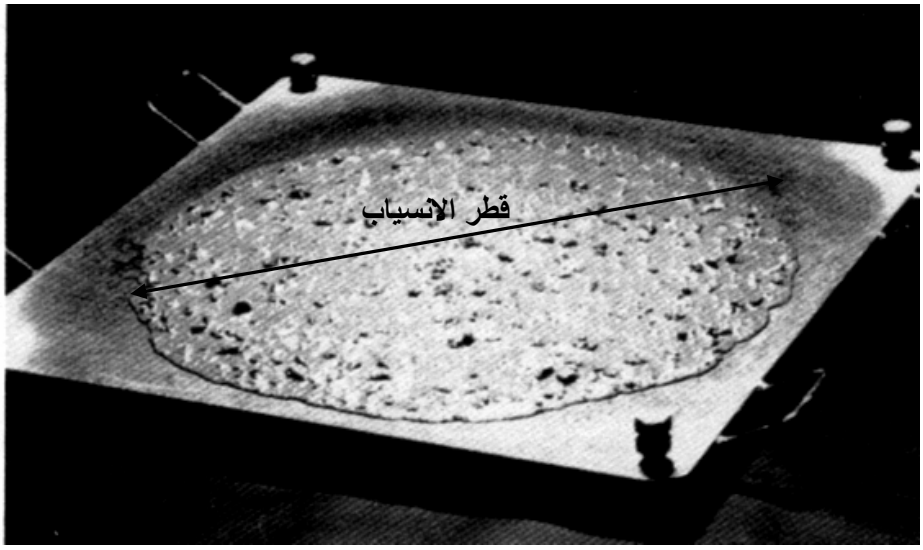


شكل (٧-٦) نموذج للهبوط الحقيقى.

جدول (٧-٢) القوام ومحتوى الأسمنت ومقاس الركام المناسب للأنواع المختلفة من الإنشاءات.

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

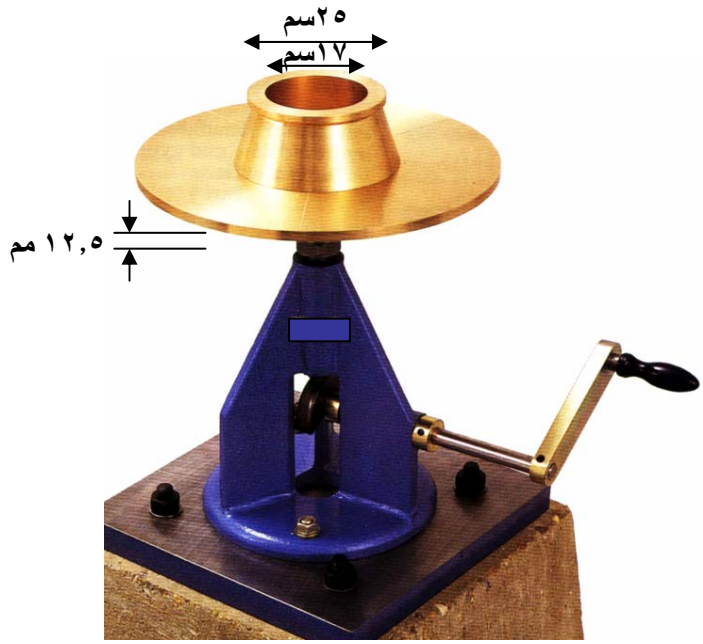
و تجدر الإشارة أنه فى حالة الخرسانة ذات درجة السيولة العالية أو التى يزيد فيها الهبوط عن ٢٢ سم مثل الخرسانة ذاتية الدمك فإنه يتم قياس انسياب الهبوط وهو القطر المتوسط للخرسانة المنسابة بعد رفع مخروط الهبوط. وفى الخرسانة ذاتية الدمك فيشترط أن لا يقل انسياب الهبوط عن ٦٠ : ٧٠ سم كما بشكل (٧-٧).



شكل (٧-٧) انسياب الهبوط فى الخرسانة ذاتية الدمك.

ثانياً : اختبار الانسياب Flow Test

يختص هذا الاختبار بتعيين النسبة المئوية لانسياب الخرسانة والتى تُعبر عن حالة القوام وذلك بإجراء إهتزاز ترددى لمخروط ناقص من الخرسانة موضوع على لوح معدنى وتسجيل مدى إنتشار أو انسياب الخرسانة كنسبة مئوية من القطر الأصلي لقاعدة المخروط.



شكل (٧-٨) جهاز الإنسياب لتحديد القوام.

الأجهزة :

- قالب الإختبار : وهو عبارة عن قالب معدنى على شكل مخروط ناقص ويكون هذا القالب مفتوحاً من أعلى ومن أسفل بمستويين عموديين على محور المخروط.
- قرص الإنسياب (Flow Table) ويثبت القرص على قاعدة جاسئة بإرتفاع من ٤٠-٥٠ سم بوزن ١٥ كج على الأقل.

طريقة إجراء الإختبار:

١- ينظف القرص جيداً بالماء ثم يجفف بعناية حيث لا يبقى به أثر لماء التنظيف.

٢- يوضع القالب مثبتاً فى وسط القرص وذلك بالضغط على مقبضية باليد.

٣- يُملأ القالب على طبقتين إرتفاع كل منهما يساوى نصف الإرتفاع تقريبا على أن تدمك كل طبقة بواسطة قضيب الدمك القياسى ٢٥ مرة موزعة تقريبا بالتساوى 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).

٤- بعد الانتهاء من دمك الخرسانة للطبقة العليا للقالب يسوى سطحها مع حافة القالب بالمسطرين مع مراعاة ملء القالب تماما.

٥- تُزال الخرسانة الزائدة التىسقطت على قرص الإختبار عند تسوية السطح ثم ينظف جيداً حول قالب الإختبار.

٦- يُرفع القالب المعدنى بعد ملئه مباشرة من الخرسانة بإنتظام فى إتجاه رأسى.

٧- يُرفع القرص ويخفض بمعدل منتظم لمسافة ١٢,٥ مم (٢/١ بوصة) وذلك ١٥ مرة فى مدى حوالى ١٥ ثانية.

٨- 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.

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

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

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

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

جدول (٧-٣) العلاقة بين قوام الخلطة والإنسياب.

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

ثالثاً: إختبار كرة الإختراق (كيلى) Ball Penetration Test

وهذه الطريقة يحدد بها قوام الخرسانة بيسر ودقة كافيين وهو إختبار مشابه للهابط إلا أنه أسهل منه وأسرع منه. و يتكون الجهاز أساساً من ثقل على شكل نصف كرة نصف قطرها ١٥ سم ووزنها ١٣,٦ كج يتصل بها يد عليها مقياس مدرج والكل ينزلق من فتحة داخل إطار كما فى شكل (٧-٩) ويمكن وضع هذا الإطار على سطح الخرسانة المراد قياس قوامها كما أن هذا الإطار يصلح فىنفس الوقت لإستخدامه كمستوى ثابت للمقارنة وقت الإختبار ويلاحظ أن جميع أجزاء الجهاز تصنع من الصلب أو أى معدن مشابه.

طريقة إجراء الإختبار:

يمكن وضع الخرسانة فى وعاء أو يمكن إجراء الإختبار والخرسانة فى مكانها داخل الفرم بعد صبها مباشرة ، وفى الحالتين يجب ألا يقل سمك الخرسانة عن ١٥ سم وأن يكون لها سطحاً مستوياً بأقل بعد يساوى ٣٠ سم. ويجب جعل سطح الخرسانة مستوياً وناعماً.

يوضع الجهاز بعناية فوق سطح الخرسانة مع رفع اليد إلى أعلى وجعل الإطار يرتكز برفق فوق السطح ثم تترك اليد لتنزلق داخل الإطار. تُقرأ مسافة إختراق الثقل داخل الخرسانة مباشرة على اليد المدرجة لأقرب ٥ مم. يؤخذ متوسط عدة قراءات فى أماكن متفرقة. وتفيد هذه الطريقة فى بيان ومقارنة قوام الخرسانة عند صبها مباشرة داخل الفرم.

شكل (٧-٩) جهاز كرة كيلى لقياس القوام.

٢- القابلية للتشغيل Workability

تعريف:

القابلية للتشغيل هى خاصية الخرسانة الطازجة التى تبين السهولة التى يمكن بها صب ومناولة الخلطة الخرسانية كما تبين درجة تجانسها ومقاومتها للإنفصال الحبيبى.

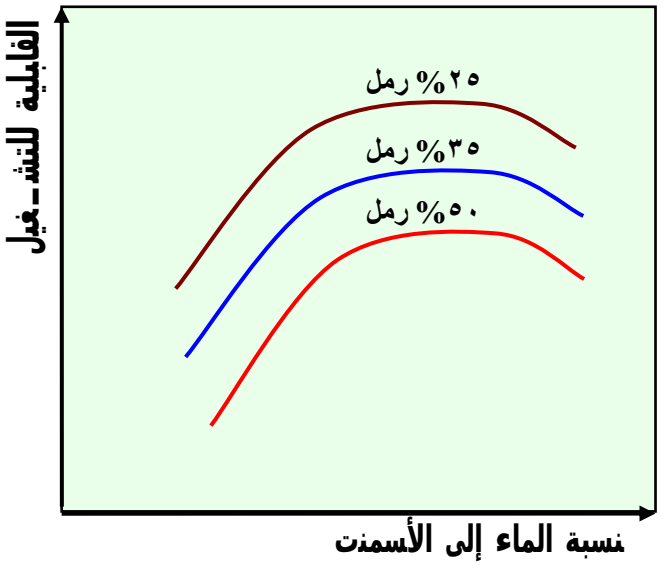
العوامل التى تؤثر على القابلية للتشغيل للخرسانة:

١- الركام:

- مقاس الركام: زيادة نسبة الرمل تزيد من الإحتكاك وبالتالى تزيد صلابة الخلطة (شكل ٧-١٠).
- شكل حبيبات الركام: الحبيبات المدورة أكثر قابلية للتشغيل بينما الحبيبات الزاوية والمفلطحة والغير منتظمة 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 التشغيلية .
- المقاس الإعتبارى الأكبر: إزدياد حجم الحبيبات يقلل من القابلية للتشغيل وممكن ذلك يكون معتمداً على كيفية صب الخرسانة وطبيعة المنشأ. (أفضل مقاس للخرسانات المسلحة هو ١٥ إلى ٣٠ مم و فى حالة خرسانة الطرق ٥٠ الى ٧٠ مم).

٢- الأسمنت:

- نوعه: حيث تؤثر طرق صناعة الأسمنت على التشغيلية نتيجة تغير درجة التشحيم فى كل نوع.
- نعومته: زيادة نعومة الأسمنت يزيد من درجة تشغيل الخرسانة ولكن تكاليف طحن وتنعيم الأسمنت مكلفة جداً بحيث لا توازى المكسب فى زيادة درجة التشغيل.
- خواص العجينة: نسبة الركام إلى الأسمنت حيث تؤثر هذه النسبة على القابلية للتشغيل بدرجات متفاوته تعتمد على عدة عوامل مختلفة مثل المساحة السطحية ونصف قطر الركام والحجم.



شكل (٧-١٠) تأثير نسبة الركام الصغير فى الركام الشامل على القابلية للتشغيل.

٣- الماء:

فى الخلطات الفقيرة بالأسمنت فإن زيادة الماء لا يؤثر تأثيراً كبيراً على القابلية للتشغيل أما فى الخلطات الغنية فإن زيادة الماء لها تأثير كبير وحساس على القابلية للتشغيل.

٤- نسبة الماء/ الأسمنت:

صغر نسبة م/س تعطى خرسانة جافة وزيادة هذه النسبة لدرجة معينة ينتج عنها خرسانة لها درجة تشغيل أفضل ولكن الزيادة الكبيرة فى نسبة الماء ينتج عنها خرسانة ذات تشغيلية رديئة نظراً لسيولتها كما بشكل (٧-١١).

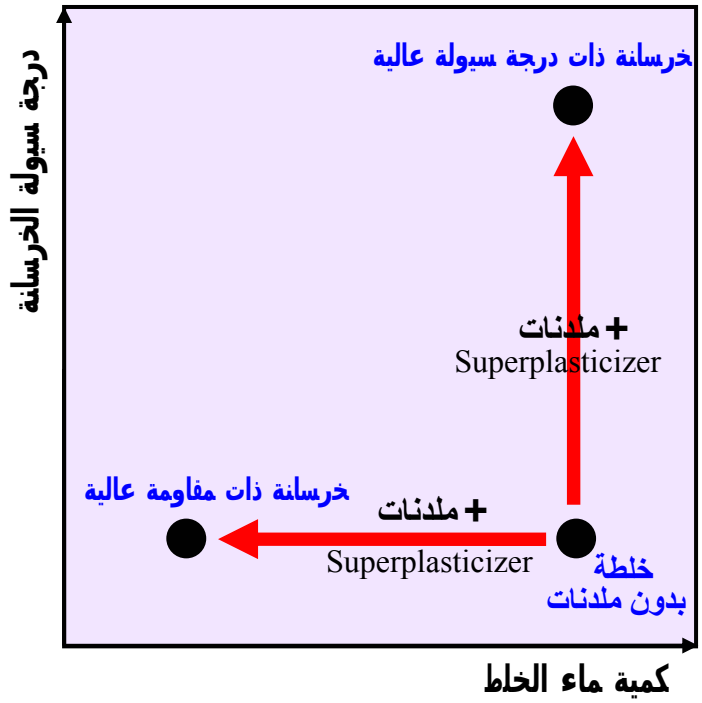
٥- الإضافات:

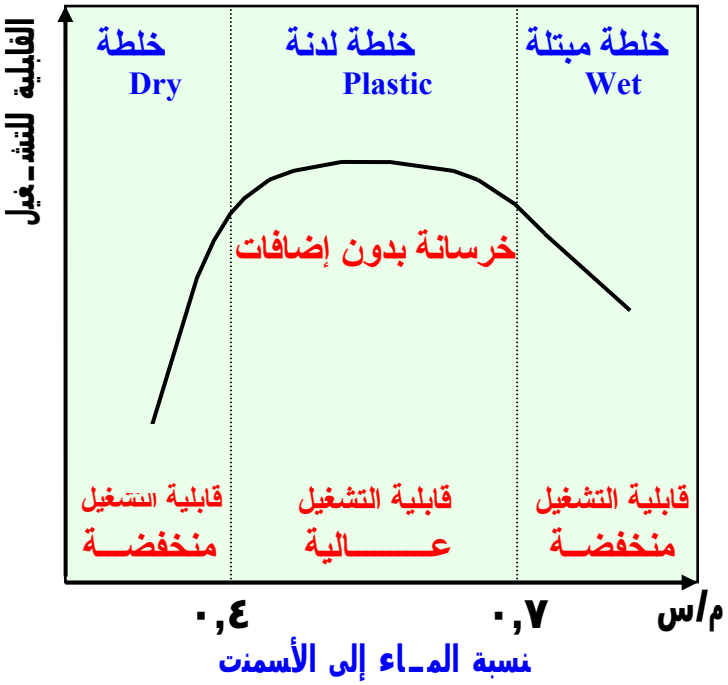
تعمل الإضافات على تحسين درجة التشغيل للخرسانة بدرجات متفاوته وأهم هذه الإضافات هى:

- الملدنات Superplasticizers وهى مواد سائلة تضاف إلى الخلطة بنسب ١: ٣% من وزن الأسمنت.
- مواد مسحوقة ناعما وتعمل على تشحيم الخلطة مثل بودرة الحجر الجيرى.
- مواد جيلاتينية تضاف إلى الخلطة.

٦- الهواء المحبوس:

يعمل الهواء المحبوس فى الخرسانة على تحسين القابلية للتشغيل وذلك إذا كانت نسبتة تتراوح من ٣% إلى ٧%.





شكل (٧-١١) تأثير الإضافات ونسبة الماء فى الخلطة على القابلية للتشغيل.

❐ طرق تعيين القابلية للتشغيل:

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

* اختبار عامل الدمك Compacting Factor Test
* طريقة فى بى Vebe (VB) Test

أولاً: إختبار عامل الدمك Compacting Factor Test

يجرى هذا الإختبار لتحديد درجة قابلية تشغيل الخرسانة الطازجة وهذا الإختبار مبنى عل أساس أن الجهد اللازم لدمك الخرسانة يعبر عن مدى القابلية للتشغيل. ويبين الشكل الموضح الجهاز المستخدم فى هذا الإختبار.

طريقة إجراء الإختبار:

- توضع الخلطة الخرسانية فى المخروط العلوى بواسطة الجاروف ويسوى سطحها مع حافة المخروط.
- يفتح الباب الموجود فىأسفل المخروط العلوى بحيث يسمح بهبوط الخرسانة تحت تأثير وزنها فقط إلى المخروط السفلى.
- تكرر نفس الخطوات بالنسبة للمخروط السفلى فتمر الخرسانة إلى الإسطوانة.
- بعد الإنتهاء من ملء الإسطوانة يسوى سطحها وتنظف جوانبها وحوافها الخارجية ثم توزن ويعين وزن الخرسانة المالئة للإسطوانة وهو وزن الخرسانة المدموكه جزئياً = و.
- يعاد ملء الإسطوانة من نفس الخلطة الخرسانية على طبقات على أن تدمك كل طبقة يدوياً أوميكانيكياً حتى تملأ تماما بالخرسانة ثم توزن ويعين وزن الخرسانة المالئة للإسطوانة وهو وزن الخرسانة 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 القابلية للتشغيل كما فى جدول (٧-٤). ويعتبر إختبار عامل الدمك إختباراً معملياً وغيرمناسب لموقع العمل إلا فى المنشآت الكبيرة. وتستخدم هذه الطريقة لقياس قابلية التشغيل لجميع الخلطات الخرسانية بإستثناء الخلطات منخفضة القابلية للتشغيل والخلطات الخشنة لتعذر الحصول على نتائج دقيقة لهذه الخلطات.

شكل (٧-١٢) جهاز عامل الدمك.

جدول (٧-٤) 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 يها 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 .

ثانياً : طريقة فى بى Vebe (VB) Test

وهذا الاختبار تعديل لاختبار إعادة التشكيل بحيث ألغيت الإسطوانة الداخلية به وتم الدمك بالهز بدلاً من الرج والشكل (٧-١٤) يوضح رسماً لهذا الجهاز. ويفترض أن إعادة التشكل قد إكتملت عندما يغطى اللوح الزجاجى الخرسانة تماما وعندما تتلاشى كل الفراغات فى الخرسانة ويحدد هذا بالنظر الذى يعتبر أحد عيوب إجراء الإختبار. ويتم الدمك بواسطة منضدة إهتزاز بها حمل غير متمركز ويدور بسرعة ٣٠٠٠ لفة فى الدقيقة وبعجلة قدرها ٣ج إلى ٤ج حيث ج هى عجلة الجاذبية الأرضية. وبفرض أن كمية الطاقة اللازمة لتمام الدمك تمثل درجة التشغيلية للخليط معبراً عنها بالزمن اللازم بالثانية لإعادة التشكل الكامل. وفىبعض الأحيان يعمل تصحيح قدره V2/ V1حيث V2 هو حجم الخرسانة بعد الإهتزاز و V1 هو حجمها قبل الإهتزاز. وهذا الجهاز أميز من جهاز عامل الدمك حيث قد تلتصق بعض الخرسانة الجافة فى القواديس وهو مناسب جداً فى حالة إختبار الخرسانة الجافة أو الخرسانة التى بها ألياف. و قد يستخدم أيضا للتعبير عن القوام.

شكل (٧-١٤) جهاز فى بى.

٣- الانفصال الحبيبي Segregation

الانفصال الحبيبي هو انفصال مكونات أي خليط غير متجانس (مثل الخرسانة) بحيث يصبح توزيع هذه المكونات غير منتظم. ويوجد نوعان من الإنفصال الحبيبى للخرسانة:

١- إنفصال الحبيبات الكبيرة من الركام نتيجة لكونها أكثر ترسباً. وذلك يكون فى الخلطات الجافة جداً وخاصة الفقيرة فى الأسمنت.

٢- إنفصال الأسمنت اللبانى ويحدث ذلك فى الخلطات المبتلة جداً.

❐ أسباب حدوث الانفصال الحبيبى:

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 المبتلة.

٣- الصب: يجب مراعاة عدم الصب من إرتفاعات عالية.

٤- الدمك: الدمك الزائد قد يسبب إنفصالاً حبيبياً.

❐ لملافاة الانفصال الحبيبى:

١- ينبغى العناية بتصميم الخلطة الخرسانية وضبط مكوناتها عن طريق زيادة المواد الناعمة مثل الأسمنت والركام الصغير وكذلك تقليل نسبة م/س مما يؤدى إلى تماسك أكبر للخلطة الخرسانية.

٢- استخدام إضافات تقليل ماء الخلط Superplasticizers.

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

٤- استخدام إضافات تحسين اللزوجة Viscosity Enhancing Admixtures.

٤- النضح Bleeding

النضح هو تكون طبقة من الماء على سطح الخرسانة المصبوبة حديثا بعد دمكها و تسويتها.

❐ أسباب حدوث النضح :

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

١- إحتواء الطبقة العليا على نسبة عالية من الماء مما يسبب وجود فراغات فى تلك الطبقة نتيجة تبخر الماء وبالتالى ضعف مقاومة الخرسانة.

٢- عند صعود الماء إلى أعلا قد يحمل معه جزيئات ناعمة من الأسمنت تكون طبقة هشة على السطح بعد تبخر الماء وجفافه ولذلك يلزم إزالة هذه الطبقة قبل الإستمرار فى الصب.

٣- تراكم طبقة رقيقة من الماء تحت سطوح الركام الكبير والحديد مما يؤدى إلى فراغات وضعف قوة التماسك بين الخرسانة و حديد التسليح.

❐ لملافاة ظاهرة النضح :

يجب إستعمال كمية ماء خلط مناسبة وعدم إستعمال خلطات مبتلة جداً أو بها نسبة قليلة من المواد الناعمة مثل الأسمنت والرمل. كما إن إستخدام نسبة من الملدنات فى الخلطة يؤدى إلى تحسين خواص الخرسانة ويعمل على تقليل ماء الخلط وتلاشى ظاهرة النضح.

****