1-1مقدمـــة

إن عملية ضبط الجودة للخرسانة من أهم العوامل التي تؤثر علي كفاءة المنشآت عموماً و لا تقتصر عملية ضبط الجودة على عملية الإنشاء فقط و لكنها تبدأ قبل ذلك بمراحل كثيرة بداية من التصميم و مروراً بعملية الإنشاء و التشييد و تستمر فترة علي المنشأ ذاته و تتم عملية الجودة في أماكن عدة من أهمها داخل المصنع المنتج لهذه المواد وفي الموقع الذي تستعمل فيه هذه المواد.

جرت العادة أن تتم عملية ضبط الجودة في الموقع الذي تستعمل فيه هذه المواد حيث تورد المنتجات وهناك يتم أخذ العينات لفحصها فإذا اجتازت المواد الفحص الذي يجري عليها يسمح باستخدامها وإلا ترفض ويتم إزالتها من الموقع وإحضار بديل لها وخلال هذه الفترة يتم تعطيل العمل لمدة ليست بقصيرة مما له أثر اقتصادي سيئ علي المشروع.

وقد يتم فحص العينات لأكثر من مرة وتفشل مما يزيد من التعطيل والضرر للمشروع ..... إذا ما هو الحل ؟

..... الحل يكمن في المراقبة الجيدة وضبط جودة المواد والمنتجات في مواقع إنتاجها فضبط الجودة في المصنع أسهل وأرخص حيث يتم الفحص في ظروف جيدة ، كما أن عدد المصانع نجده قليل إذا قورن بعدد المواقع الإنشائية لذلك فإن المراقبة داخل المصنع أفضل بكثير عن ضبط الجودة في المواقع الإنشائية.

2-1 تعريفات

ضبط الجودة

تعتبر ضبط الجودة هى آلة انتاج وهى مجموعة من الاجراءات التى لها صلة بالخواص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية المميزة للمواد والأساليب والخدمات التى تقدم كوسيلة للقياس والتحكم مسبقا للمعايير الكمية للخواص المميزة.

تأكيد الجودة

يعتبر تأكيد الجودة أداة إدارة وهى مجموعة من التنظيمات والخطط والبرامج اللازمة والضرورية للتأكد من أن المنشأ النهائى سيطابق الوظيفة المستهدفة.

نظام تأكيد الجودة

هو نظام تحكم إدارى ينظم التعهدات والسياسات والمسئوليات ومتطلبات المالك التى تسجل بواسطة خطة تأكيد الجودة والمتضمنة خلال برنامج تأكيد الجودة لتقديم وسائل ضبط جودة تؤثر فى الأنشطة والمتطلبات السابق تحديدها .

خطة تأكيد الجودة

هى خطة مشروع معدة ومحددة بواسطة المالك بالاستعانة باستشارى أو مهندس ضبط جودة وتحتوى هذه الخطة على سياسات المالك وأهداف الجودة للمشروع مع وصف تفصيلى لأسلوب العمل والعلاقات التنظيمية والتى يراد بها أن يتأكد المالك ببدء مشروعه بخطة نظام يلتزم بإتباعها الأطراف المعنية .

وتعتبر خطة تأكيد الجودة وثيقة على أعلى مستوى فى النظام الشامل لتأكيد الجودة .

برنامج تأكيد الجودة

هو مستند يصف السياسات والممارسات وطرق العمل التى تتفق مع متطلبات الجودة ومستندات التعاقد .

ضبط الجوده داخليا

يجرى ضبط الجودة داخليا للتأكد من تحقيق الاشتراطات المطلوبة ويجب أن يقوم بتنفيذه متخصصون على دراية كافية وعادة ما يكون المسئول عن تنفيذ بنود ضبط

الجودة من الاخصائيين المسئولين عن المشروع وفى حالة عدم توافر الخبرة الكافية يتم الاستعانة بمتخصصين بالإشراف على أعمال ضبط الجودة الداخلية .

ضبط الجودة خارجيا

يجرى ضبط الجودة خارجيا بواسطة أجهزة خارجية لاتربطها صلة بأجهزة ضبط الجودة الداخلية لذات المشروع ويشمل هذا الشق من ضبط الجودة خارجيا مراجعة التصميم الإنشائى وفحوصات دورية واختبارات خاصة عند الضرورة على المواد والتفتيش الدورى والمفاجئ على التنفيذ فى جميع مراحل المشروع .

دور الجودة خلال عمر المشروع

تأكيد وضبط الجودة عملية متكاملة تبدأ منذ التفكيرفى جدول المشروع وتستمر بالمشروع الابتدائى ومراحل التصميم والتنفيذ والتسليم وكذلك تستمر خلال فترة الاستخدام للمنشأ.

3-1 مراحل ضبط الجودة

1. مراجعة التصميم الانشائى .
2. ضبط جودة المواد .
3. ضبط جودة الخرسانة.
4. التخطيط الجيد للموقع.

وسوف نتناول بشيء من التفصيل هذه النقاط السابقة وذلك لضمان الحصول علي أقصي جودة للأعمال لتكفل أفضل أداء للمنشأ خلال فترة استخدامه مع اطالة عمره الإفتراضى بأقصى إمكان .

3-1 -1 مراجعة التصميم الانشائى

تعتبر هذه المرحلة أساسية لتحقيق أهداف تأكيد وضبط الجودة , ويجب الالتزام بعدم البدء فى التنفيذ إلا بعد ان تتم مراجعة التصميم الإنشائى بدءا من الاساسات طبقا لإشتراطات الكود , والتحقق من تطابقه مع بنود الاعمال الاخرى واعتمادها من الجهة المسند اليها المراجعة وفقا للتشريعات واللوائح المعمول بها .

إرشادات عامة للتصميم

1- تحديد المعايير التي تقاس عليها الجودة المطلوبة.

2- تصميم المنتج الذي يتطابق مع معايير الجودة الموضوعة.

3- التخطيط لضمان المحافظة علي الجودة المطلوبة.

4- المراجعة النهائية للتصميم الجديد وخط إنتاجه قبل تصنيعه.

5- اللجوء إلي التحاليل الإحصائية للتصميمات الجديدة.

6- دراسة سجلات البيع والشراء في المؤسسة لاختيار أنسب المواد.

7- دراسة مقدرة العملية الإنتاجية.

8- وضع حدود تفاوت يسمح بها ولا تؤثر علي أداء المنتج.

1-3-2 ضبط جودة المواد (إختبارات المواد)

عند وضع التصميم يتم الأخذ في الإعتبار نوع المواد التي سوف يتم استخدامها هل هي مواد جيدة ومطابقة للمواصفات كما نضع فى الاعتبار هذه المواد ستبقي جيدة ومطابقة طيلة فترة الإنتاج لذلك لابد من الاهتمام بالمواد الداخلة في التصميم.

عناصر ضبط جودة المواد

1-تحديد المواد المطلوبة .

2-إعداد المواصفات اللازمة لها.

3-إجرا تحليل دقيق لعملية الشراء واختيار أنسب الموردين.

4-إصدار أوامر لشراء اللازم.

5-البقاء علي اتصال مع الموردين أثناء عملية التصنيع.

6-إستلام المواد.

7-فحص المواد.

8-تخزين المواد.

9-إعداد السجلات اللازمة للمتابعة.

ولضبط جودة المواد والتأكد من صلاحيتها يتم عمل الاختبارات اللازمة لها.

أولا : اختبارات الركام:

1. **التحليل بالمناخل للركام الصغير والكبير.**
2. **تحديد كمية الطين والمواد الناعمة في الركام الصغير.**
3. **تحديد كمية الشوائب العضوية بالركام الصغير.**
4. **تعيين مقاومة الركام الكبير للتهشيم.**
5. **امتصاص الركام الكبير للماء.**
6. **الوزن الحجمى ونسبة الفراغات.**
7. **الوزن النوعى .**
8. **مقاومة الركام للبرى والاحتكاك.**

الركام

ركام الخرسانة هو الجزء الخامل كيميائيا ويمثل حوالى 75% من حجم الخرسانة ويتكون من الرمل والزلط وكسر الحجارة واحيانا ركام صناعى مثل خبث الافران العالية والطين المحروق وكسر الزجاج والرخام والسيراميك وذلك للحصول على خرسانة ذات مواصفات خاصة.

- **وظـــائف الـــركـــام**

1. **يكون الركام جسم الخرسانة الذي يستطيع أن يقاوم الأحمال التى تتعرض لها وعوامل البرى نتيجة تغير العوامل الجوية.**
2. **يعتبر مادة مالئة رخيصة الثمن نسبيا.**
3. **يقلل من التغيرات الحجمية بسبب انكماش عجينة الأسمنت.**

○ خواص الخرسانة الناتجة من ركام معين

تتوقف على ما يلى:

1. **التركيب المعدني لحبيبات الركام خاصة فيما يتعلق بالمقاومة والمرونة و المتانة.**
2. **خواص سطح الحبيبات وخاصة فيما يتعلق بالتشغلية.**
3. **التدرج الحبيبي للركام.**
4. **كمية الركام فى المتر المكعب وخاصة فيما يتعلق بالتكلفة.**

التقسيم العام للركام

1- ركام من المصادر الطبيعية:

وهو الركام المأخوذ من المحاجر الطبيعية دون أى تغير لحالته أثناء خطوات الإنتاج فيما يتعلق بالتدرج الحبيبي والغسيل والتكسير.

2- ركام صناعي:

- **ركام خبث الأفران.**
- **ركام مصنع وفقا لعمليات معينة كالمعالجة الحرارية.**
- **ركام ملون للخرسانة المعمارية.**

اشتراطات صلاحية الركام

يجب أن يكون الركام الخرسانى من الركام الصغير والركام الكبير ويجب أن تكون هذه الحبيبات صلدة وقوية الاحتمال ونظيفة ويجب ألا تحتوى حبيبات الركام على مواد ضارة مثل بايريت الحديد أو الفحم .وكذلك يجب أن تكون خالية من الشوائب العضوية بحيث لا تؤثر على حديد التسليح الموجود بالخرسانة المسلحة.

كما يجب أن يكون تدرج الركام بالكيفية التى تعطى الخرسانة ذات الخواص المطلوبة ويسهل تشغيلها فى موضعها بدون انفصال وبدون استعمال نسبة كبيرة من الماء.

تحضير عينات الاختبار

نأخذ كميات متساوية من أماكن مختلفة (اما من المحجر أو من أماكن تخزين أو أثناء نقل الرخام) ثم نخلط العينة المأخوذة خلطا تاما حتى تكون العينة ممثلة للركام
يؤخذ كل 500 طن ركام عينة إلا فى حالة الركام المأخوذ من محاجر معينة فيجوز الإكتفاء بعينة واحدة.
يتم تجزئة عينة الاختبار (بطريقة التقسيم الرباعى) عدة مرات حتى نحصل على الكمية المناسبة لاجراء الاختبار.
تعبأ العينة فى اوعية من الصفيح او صناديق خشبية أو اكياس بطريقة تضمن عدم تاثر العينة بالعوامل الخارجية .

اختبارات الركام (Tests on aggregates))

. التدرج الحبيبى للركام(التحليل بالمناخل)

. الغرض من الاختبار

1. **تحديد التوزيع الحجمي لحبيبات الركام الصغير و الكبير و ذلك بطريقة التحليل بالمناخل القياسية مع توضيح التدرج الحبيبي للركام بيانيا و مقارنته بالحدود المبينة في المواصفات القياسية لركام الخرسانة .**
2. **كذلك تحديد مدى صلاحية الركام و ملائمته للأحمال الخرسانية .**
3. **تحديد معاير النعومة للركام الكبير والصغير والشامل.**
4. **تحديد المقاس الاعتباري الأكبر للركام الكبير.**

. الأجهزة

1. **مجموعة من المناخل القياسية لكل من الركام الصغير و الكبير و الشامل .**

الركام الكبير	**37.5**	**19.0**	**9.5**	**4.75**					

الركام الصغير			4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.16
الركام الشامل	37.5	19.0	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.16

2. **ميزان حساس لا تقل حساسيته عن 0.1% من وزن عينة الاختبار .**

شكل (1-1) المناخل القياسية

- **خطوات الاختبار :**

- **توزن عينة الركام الجافة بدقة و ليكن وزنها (و) 0**
- **تنخل العينة بعد ذلك على المناخل القياسية على التعاقب بحيث يبدأ النخل على المنخل الاكبر و ينتهي بالاصغر و يراعى ان تكون المناخل سليمة و نظيفة قبل استعمالها .**

- **تجرى عملية النخل بهز المناخل ميكانيكيا او يدويا لمدة كافية بحيث لا يمر من أي منخل بعدها إلا أثارا بسيطة على ألا تقل مدة النخل في أي حال عن دقيقتين و تكون عملية النخل بتحريك المنخل راسيا و أفقيا و دائريا ليتيسر للحبيبات المرور من الفتحات .**

- **توزن مقادير الركام المحجوزة على كل منخل على حدة بالميزان الحساس و ليكن وزنها (و1 , و2 , و3 , و4 , ---- ,---- ,---- ,----).**
- **تحسب النسبة المئوية للركام المحجوز ثم النسبة المئوية للركام المار 0**
- **نرسم منحنى التدرج الحبيبى للركام بين (فتحة المنخل – نسبةالمئوية للمار من الركام) 0**

النتائج :

- **معاير النعومة للرمل =**

مجموع النسب المئوية للمحجوز على المناخل القياسية التسعة

100

- **المقاس الاعتباري الأكبر للركام الكبير (مقاس اصغر فتحة منخل تسمح بمرور 95% على الاقل من الركام الكبير والشامل).**

. تعيين كمية الطين و المواد الناعمة للركام الصغير

الاجهزة

- منخلان قياسيان0.075 مم & 1.18 مم .
- وعاء ذو غطاء محكم .

عينة الاختبار

تكون العينة مخلوطة جيدا و يتراوح وزنها من (0.3: 6 كجم) حسب المقاس الأكبر للركام (4.75 : 40 مم) .

طريقة اجراء الاختبار

اولا : في المعمل (طريقة الوزن)

- **تجفف عينة الاختبار عند درجة (100 : 110 ° م) الى ان يثبت وزنها و ليكن**

(a) ثم توضع في الوعاء المناسب و تغطى بالماء و تقلب بشدة ثم يسكب ماء الغسيل مباشرة فوق المنخلين القياسيين (1.18 مم) , (0.075 مم) بحيث يكون المنخل

(1.18مم) هو الاعلى . تكرر هذه الخطوة الى ان يصبح ماء الغسيل رائقا .

- **تعاد بعد ذلك المواد المحجوزة على المنخلين الى الوعاء ليضاف الى العينة المغسولة ثم تجفف هذه الكمية عند درجة حرارة (100 : 110 ° م) الى ان يثبت وزنها و ليكن (b) .**

النتيجة

النسبة المئوية لكميات الطين و المواد الناعمة المارة من المنخل 0.075مم = (b-a) * 100

a

و يمكن التحقق من النتيجة بان تبخر مياه الغسيل المارة من المنخل (0.075 مم)لدرجة الجفاف او ترشح و يوزن الراسب و ليكن (c) و تكون النتيجة هي = (c / a) *100

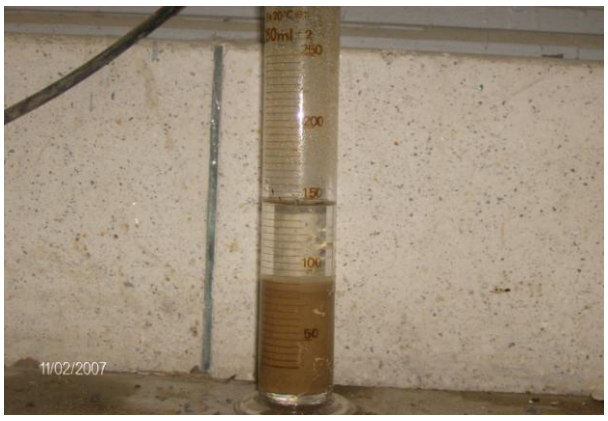
ثانيا : طريقة الترسيب بموقع العمل

1- يوضع (50 سم3) ماء نقي في مخبار مدرج سعته (200 سم3) ثم يضاف اليه عينة الرمل تدريجيا حتى تصل طبقة الرمل الى علامة (100 سم3) ثم يضاف الماء النقي حتى يصير الحجم الكلي (150 سم3) , يرج المخلوط بشدة لدرجة تجعل حبيبات الطين تتعلق بالماء و يوضع المخبار على سطح مستوي ثم يترك خفيفا على جدار المخبار و يترك لمدة (3) ساعات حتى تترسب المواد العالقة .

2- يقاس ارتفاع الطبقة الراسية الى سطح الرمل ويمكن ملاحظتها بالعين وليكن (X_1)

ويقاس كذلك ارتفاع الرمل اسفل الطبقة المترسبة وليكن (X_2) كما هو موضح

بالشكل (2-1).



شكل (1-2)

النتائج

النسبة المئوية للطين والمواد الناعمه بالرمل = (1X/2X) .

. تحديد كمية الشوائب العضوية بالركام الصغير

الغرض

يقصد بهذا الاختبار الاستدلال عن كمية الشوائب العضوية الموجودة بالرمال الطبيعية بطريقة تقريبية لان وجودها بكميات كبيرة يضر بالخرسانة حيث تتفاعل مع الاسمنت او تغلف الحبيبات فتمنع التماسك و تؤخر الشك و التصلد للاسمنت و بالتالي تضعف الخرسانة .

الجهاز

عدد (2) مخبار مدرج ذو غطاء زجاجي سعته (300 سم3) و قطره (5 سم) .

طريق اجراء الاختبار

- **يختبر الرمل بحالته المورد بها بدون عمل تجفيف له و ذلك بان يملأ المخبار المدرج بالرمل الى علامة (100 سم3) ثم يضاف اليه محلول (3%) هيدروكسيد الصوديوم حتى يصير حجم الرمل و المحلول بعد رجهم150 سم3 ثم يغطى المخبار بغطائه الزجاجي .**
- **يحضر محلول قياسي في مخبار مدرج اخر و يتكون هذا المحلول القياسي من (2.5 سم3) من محلول(2% حامض النيتريك)المذاب في (10%) كحول زائد (97.5 سم3) من محلول 3% هيدروكسيد الصوديوم , ثم يغطى المخبار بغطائه الزجاجي و يرج بشدة ثم يترك لمدة (24) ساعة .**

النتيجة

يقارن نوع المحلول الموجود فوق الرمل بلون المحلول القياسي بعد مدة 24ساعة المذكورة , فاذا كان لون محلول الرمل افتح من المحلول القياسي اعتبر الرمل مقبولا واذاكان يحتوى على كمية ملحوظة من الشوائب الضارة فيعتبر غير مقبول الا اذا اجريت عليه اختبارات اخرى تبين مدى الضرر الناتج من استخدامه حيث يتم ذلك بمقارنة مقاومة الضغط للخرسانة المستخدم بها هذا الرمل من مقاومة الضغط لخرسانة اخرى استعمل فيها رمل معروف بجودة خاصة.

. اختبار تعيين مقاومة الركام الكبير للتهشيم

- **تحدد مقاومة الركام الكبير للتهشيم وهو بالنسبة المئوية بالوزن المار من المنخل القياسى 2.36مم وذلك بعد تعريض عينة الاختبار لضغط قدره 40طن 0**

الأجهزة

1. **مكيال اسطواني معدني قطره الداخلي 12 سم وارتفاعه الداخلي 18سم0**
2. **قضيب معدني مستقيم قطاعه مستدير بقطر 1.6 سم وطوله 60سم0**
3. **اسطوانة من الصلب مفتوحة الطرفين لها مكبس وقاعدة من الصلب0**
4. **ميزان حساس 0**
5. **مناخل قياسية 14مم،10مم ، 2.36مم0**
6. **مكنة اختبار للضغط كما بالشكل (3-1)**

طريقة اجراء الاختبار

- **توضع الاسطوانة الصلب المفتوحة فى مكانها على القاعدة 0**
- **يوضع ركام عينة الاختبار فى الاناء المذكور على ثلاث دفعات متساوية تقريبا**

وتدمك كل دفعة 25 مرة بواسطة قضيب الدمك ثم يسوى السطح للركام ثم

يعين الركام المالئ للوعاء وليكن وزنه (و1) ويوضع المكبس الصلب فوق الركام 0

- **توضع الاسطوانة والقاعدة والمكبس بما تحويه من الركام فى مكنة اختبار للضغط ثم يحمل المكبس تدريجيا بحمل بمعدل 4طن فى الدقيقة حتى يصل حمل الضغط 40 طن ثم يرفع الحمل بعد ذلك 0**
- **يرفع الركام بعد ذلك من الاسطوانة وينخل على المنخل القياسى 2.36 مم ويعين وزن الركام المار من هذا المنخل وليكن وزنه (و2) 0**
- **يعاد هذا الاختبار على عينة أخرى 0**

النتيجة

1. **يحسب لكل اختبار من الاختبارين المذكورين معامل التهشيم للركام الكبير كالآتى**

معامل التهشيم =(و1/ و2)x100

2. **يكون معامل التهشيم للركام الكبير المختبر هو متوسط نتيجتى الاختبارين ويجب ألا يزيد معامل التهشيم عن 30% للخرسانة المعرضة للتآكل بالاحتكاك.**

شكل (1-3)

. امتصاص الركام الكبير للماء

طريقة اجراء الاختبار

تؤخذ عينة من الركام تزن حوالي (3 كجم) للمقاس الاعتباري الاكبر (10 مم) فاكثر او كيلو جرام واحد للمقاس الاقل .

- **تجفف عينة الاختبار في فرن حرارته (100-110 ° م) الى ان يثبت وزنها و ليكن (أ) .**
- **يغمر الركام بعد ذلك في ماء نقي حرارته (15-25 ° م) لمدة (24) ساعة و يلاحظ إزالة فقاقيع الهواء التي تظهر على سطح الركام بالتقليب البسيط .**
- **يؤخذ الركام من الماء و يجفف الماء الظاهر على سطحه بسرعة بقطعة رطبة من القماش ثم توزن في الحال عينة الركام و لتكن (ب) .**

النتيجة

النسبة المئوية لامتصاص الركام للماء = }(ب- أ) / أ{ *100

- **تعيين الوزن الحجمي و النسبة المئوية للفراغات للركام**

الاجهزة

1. **وعاء معدني متين اسطواني الشكل سعته (3لتر) للركام الصغير.**
2. **وعاء معدني اسطواني سعته (15لتر) للركام الكبير.**
3. **ميزان حساس.**
4. **قضيب الدمك المعدنى وطوله 50سم وقطره 16مم وطرفه السفلى مخروطى0**

طريقة اجراء الاختبار

- **يوزن الوعاء فارغا و جافا و نظيفا بعد تحديد سعته حسب المقاس الاكبر للزكام و لتكن (أ).**

- **في حالة الركام المكبوس يملأ الوعاء الى الثلث بالركام المخلوط جيدا و يكبس بقضيب الكبس (25 مرة) , ثم تعاد العملية حتى يمتلئ , ثم تزال الزيادة باستعمال قضيب الكبس كمسطرة تسوية .**
- **في حالة الركام غير المكبوس يملأ الوعاء لاكثر من سعته بواسطة جاروف من ارتفاع لا يزيد عن (5 سم) فوق الوعاء ثم تزال الزيادة بنفس الطريقة السابقة.**
- **يعين الوزن الصافي الذي يملئ الوعاء و ليكن (ب) و يكرر الاختبار (3مرات) .**

النتيجة

الوزن الحجمي للركام = (ب/ أ)

و يحسب من ذلك وزن المتر المكعب بالكيلو جرام و ليكن " ح "
فاذا كان الوزن النوعي لركام = " ن "

∴ النسبة المئوية للفراغات = (1000 ن - ح) / (1000 ن) x100

- **اختبار الوزن النوعي للركام**

العينة

تؤخذ عينة وزنها 100جم رمل ,100جم .

الإجهزة المستخدمة

فرن تجفيف – مخبار مدرج .

طريقة إجراء الإختبار

1-غسل عينة الإختبار من الركام الصغير او الكبير لإزالة الأتربة منها.

2-تجفف العينة فى فرن درجة حرارته تتراوح بين 100: 150 درجة مئوية.

3- تبرد العينة فى مجفف وتوزن وتعاد عملية التجفيف والتبريد والوزن عدة مرات إلى أن يثبت الوزن ويرمز له بالرمز (أ) .

فى حالة الركام الصغير:

- **يسكب ماء درجة حرارته ما بين 15 : 25 درجة مئوية فى مخبار مدرج بحيث يعلو الى أية علامة مناسبة عليه ثم يضاف الركام الصغير الى داخل المخبار ويترك مغمورا لمدة ساعة .**
- **ويجب إزالة فقاقيع الهواء الموجودة وذلك بالطرق على المخبار طرقا خفيفا كما يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لضمان بقاء جدار المخبار جافا .**
- **ثم يعين حجم الركام الصغير من الفرق بين القراءة الأولى للماء على الجزء**

المدرج والقراءة الثانية بعد ساعة من إضافة الركام الصغير.

فى حالة الركام الكبير:

- **تصب كمية معلومة الحجم من الماء فى وعاء معلوم حجمه وليكن (ب) إلى ما يقرب من منتصفه .**
- **ثم تضاف كمية من الركام الكبير الجاف ذات وزن معلوم (أ) لتملأ نصف الوعاء تقريبا ويترك الركام الكبير مغمورا فى الماء لمدة ساعة ويزال الهواء المحبوس بتقليب الماء بعناية بواسطة قضيب .**

- **ثم تضاف كمية أخرى من الماء إلى أن يمتلئ الوعاء تماماً ثم يعين حجم الماء المستعمل جميعه وليك (ج)**
  - **ويحسب الوزن النوعى الظاهرى للركام الصغير = أ / ب**
  - **ويحسب الوزن النوعى الظاهرى للركام الكبير = أ / (ب - ج)**

شكل (1-4)

. اختبار مقاومة الركام للاحتكاك والبرى

- **طريقة لوس انجلوس**

يتم اخذ كمية معينة من الركام الكبيروزنها (و1) وتوضع فى اسطوانة جهاز لوس انجلوس ومعه كرات البرى المصنعة من الحديدالصلب بقطر حوالى 48مم ووزنها يتراوح من (390 - 445) جرام وذلك بعدد قياسى معين يتفق مع تدرج الركام الكبير.

يدار الجهاز بسرعة 10-31 دورة فى الدقيقةوبعدد يتراوح من 1000-500 دورة ثم تفتح الاسطوانة وتفرغ محتوياتها وتنخل العينة على منخل رقم 12(1.7مم)ثم تغسل المواد المتبقية على منخل (1.7مم)وتجفف فى فرن درجه

حرارته100-110 درجة مئوية حتى يثبت وزنها ويسجل الوزن ثم يحسب معامل البرى كما يلى:-

معامل البرى = (الوزن الاصلى ــ الوزن المتبقى على منخل 12) X 100

الوزن الاصلى

ويجب ألا تزيد نسبة التأكل عن القيم التى فى الجدول التالى وتكون العينة ذات نسبة تآكل أكبر من 50% تعتبر سيئة وتنص المواصفات المصرية على ألا تتعدى قيمة معامل البرى للركام الكبير عن 16% 0

وشكل (5-1) يوضح شكل جهاز لوس انجلوس .

الاستخدام	الحد الاقصى لقيم معامل البرى
الخرسانة المسلحة	**30%**

الخرسانة العادية	40%

قيم معامل البرى للركام

شكل(1-5)

ثانيا : اختبارات الأسمنت:

1. **اختبار النعومة.**
2. **تعيين الوزن النوعى للأسمنت .**
3. **تعيين الوزن الحجمى للأسمنت .**
4. **اختبار القوام القياسي لعجينة الأسمنت(فيكات).**

5. **اختبار زمن الشك الابتدائي و النهائي.**
6. **اختبار ثبات الحجم (جهاز لوشاتليه).**
7. **مقاومة الضغط لمونة الاسمنت.**

يعتبر الأسمنت من أهم المواد اللاحمة لما له من خاصية التماسك والتلاصق سواء فى الهواء أو تحت الماء ، ويستعمل الأسمنت فى الأغراض الإنشائية والمعمارية كمادة لاحمة لربط الأجزاء بعضها ببعض مثل المونة (الأسمنت والرمل) لتماسك الطوب والحجارة ، أو كمادة بياض لتغطية حوائط المبانى أو فى عمل الخرسانة المستخدمة فى الأجواء المختلفة من المنشآت .

ويجب التأكد من مطابقة الأسمنت لاشتراطات المواصفات الخاصة به حيث أن خواصه تتأثر بدرجة كبيرة ببعض العوامل التكنولوجية المختلفة مثل نسبة المواد الخام ودرجة نقاوتها ودرجة الحرق ونعومة الأسمنت وكذلك بمدة وكيفية تخزين الأسمنت قبل استخدامه .

اشتراطات المواصفات المصرية للأسمنت البورتلاندي

- **النعـومة**

لاتزيد نسبة المتبقي على المنخل القياسي 0.09جم (170) على 10% بالوزن أو لا تقل المساحة النوعية للسطح على 2250سم3 / جم ، وذلك عند إجراء اختبار النعومة بطريقة (بلين) لتعيين المساحة النوعية للسطح .

- **زمن الشك**

لا يقل زمن الشك الابتدائي عن 45 دقيقة ، ولا يزيد زمن الشك النهائي عن 10 ساعات.

- **مقاومة الضغط**

مقاومة الضغط بعد 3 أيام لا تقل عن 112كجم / سم3 .

مقاومة الضغط بعد 7 أيام لا تقل عن 210كجم / سم3 .

مقاومة الضغط بعد 28 يوم لا تقل عن 350كجم / سم3 .

الاختبارات الطبيعية على الاسمنت

. اختبار النعومة

الغرض من الاختبار

تحديد نعومة الاسمنت عن طريق تحديد مقاس حبيباته او بمقياس وزن مساحته السطحية و من نتائج هذا الاختبار يمكن تحديد بعض خواص الاسمنت الاخرى حيث ان نعومة الاسمنت تساعدعل انتشار الماء على هذه المساحة السطحية و يساعد الاسمنت على الحصول على قوته مبكرا و بالتالي تكون مقاومة الضغط للخرسانة عالية .

كما ان زيادة نعومة الاسمنت تزيد من قابلية الخرسانة للتشغيل و تحسن تماسك الخلطة الخرسانية , و يمكن اجراء اختبار النعومة للاسمنت باحدى الطريقتين الاتيتين:

أولا : طريقة النخل

*** الاجهزة المستعملة**

- **ميزان حساس .**
- **المنخل القياسي رقم (170) .**

*** خطوات الاختبار**

- **توزن عينة من الاسمنت المراد اختباره و ليكن وزنها (و= 100 جم).**
- **تنخل العينة على المنخل رقم (170) لمدة (15 دقيقة) اذا كان المنخل يدويا , او لمدة (5 دقائق) اذا كان النخل ميكانيكيا مع مراعاة تغطية المنخل بغطاء محكم ختى لا يتسرب اي جزء من الاسمنت اثناء عملية النخل .**
- **يوزن المتبقي على المنخل (170) و ليكن (و) .**

*** تحليل نتائج الاختبار**

على ألا تزيد نسبة المحجوز من الاسمنت على المنخل القياسي رقم (170) عن (10%) بالوزن للاسمنت البورتلاندي العادي و عن (5%) بالوزن للاسمنت البورتلاندي سريع التصلد .

ثانيا : طريقة بلين لتحديد المساحة النوعية لسطح الاسمنت

*** الاجهزة المستعملة**

- **جهاز بلين المبين بالشكل(6-1).**
- **ساعة ايقاف .**

- **ميزان حساس .**
- **ترمومتر .**

*** طريقة اجراء الاختبار**

- **تعين كثافة عينة الاسمنت .**
- **يوضع السائل المانومتري في خزان الجهاز ليملأه بحيث يستوي السطح مع طرف الابرة في حالة عدم وجود انبوبة المانومتر .**
- **يثبت الحاجز ذو الثقوب في مكانه في خلية النفاذية .**
- **توضع ورقة ترشيح فوق الحاجز المثقوب .**
- **يوزن مقدار (2.7 جم) من الاسمنت على ميزان حساس و تفرغ العينة داخل خلية النفاذية بمساعدة القمع الخاص بذلك مع مراعاة عدم تناثر اي شئ من العينة على الجوانب و يغطى الاسمنت بورقة الترشيح الاخرى , و يراعى الا يتناثر اي شئ من العينة فوق ورقة الترشيح العليا و الا يلصق من العينة شئ باسفل المكبس و الا فيعاد الاختبار .**
- **يغطى السطح الخارجي من الخلية بطبقة رقيقة من الفازلين و يسحب المحلول المانومتري بالشفط الى ما فوق العلامة العليا بانبوبة المانومتر بحوالي (1 سم) ثم يقفل الصنبور .**
- **يعين الزمن الذي يستغرقه المحلول المانومتري للهبوط من ..... كما يتعين درجة الحرارة الى اقرب (0.1 م°) .**
- **يعاد الاختبار باكمله مرة اخرى للتاكد من دقة النتيجة فاذا كانت النتائج في حدود (0.4) من الثانية يؤخذ المتوسط للاختبارين , و اذا اختلفت النتائج يعاد الاختبار و يؤخذ المتوسط من اقرب اختيارين .**
- **تحسب المساحة النوعية لسطح الاسمنت من العلاقة الاتية :**

المساحة السطحية =$k\sqrt{t}$ (سم2 / جم) حيث ان :

(K) ثابت الجهاز يعطى عادة مع الجهاز كما يمكن تعيينه باستعمال مسحوق معين او اي مسحوق اخر معلوم مساحة سطحه 0

(t) الزمن اللازم لهبوط السائل المانومتري من العلامة العليا الى العلامة السفلى

و تنص المواصفات القياسية المصرية على الا تقل المساحة السطحية للاسمنت البورتلاندي العادي المعين بهذه الطريقة (2250سم2/ جم) و للاسمنت سريع التصلد عن (3250سم2/ جم) , و تتراوح المساحة السطحية للاسمنت المصنع حاليا الاسمنت العادي بين (2600سم/ جم) و للاسمنت سريع التصلد (400-2800)سم2/جم.

شكل (1-6) يوضح جهاز بلين

. اختبار تعيين الوزن النوعي للاسمنت

الغرض من الاختبار

تعيين الوزن النوعي للاسمنت وهو يستعمل في تصميم الخلطات الخرسانية و قيمته ثابتة تقريبا للاسمنت البورتلاندي العادي و تصل الى (3.15) و لا تنص المواصفات على ضرورة اجراء هذا الختبار كاختبار قبول الاسمنت .

الاجهزة المستعملة

- **قنينة الكثافة المبينة بالشكل .**
- **كيروسين او زيت او اي سائل لا يتفاعل مع الاسمنت .**
- **ميزان .**

خطوات الاختبار

- يوزن عينة من الاسمنت و لبكن وزنها (و) .
- تملأ قنينة الكثافة بسائل لا يتفاعل مع الاسمنت ليكن كيروسين او زيت حتى حجم معين و ليكن ($1V$) .
- يرفع الاسمنت داخل قنينة الكثافة مع الطرق خفيفا لطرد فقاعات الهواء فيرتفع الكيروسين في الانبوبة الشعرية .
- يقرأ الحجم على الانبوبة الشعرية و ليمن ($2V$) .

النتائج

الوزن النوعي للاسمنت = و\ ($1V-2V$) .

. تعيين الوزن الحجمي للاسمنت

الغرض من الاختبار

تعيين الوزن وحدة الحجم (وزن المتر المكعب) من الاسمنت و هو في حالته العادية (اي بدون دمكة) بما تحتوي من فراغات و يراعى عدم دمك الاسمنت لانه يؤثر على وحدة الحجوم .

و هذا الاختبار اختياري و لا تنص عليه المواصفات القياسية كاختبار قبول .

الاجهزة المستعملة

- **مخروط معدني .**
- **غطاء يمكن رفعه و تركيبه بسهولة .**
- **منخل قياسي فتحاته (2 سم) .**
- **وعاء حجمه لتر .**
- **حامل ثلاثي .**

طريقة اجراء الاختبار

- **يوضع (2 لتر) من الاسمنت المختبر في المخروط .**
- **يرفع الغطاء رقم (3) و يترك الاسمنت ليسقط في الوعاء السفلي تحت تاثير وزنه حتى يملأ الوعاء .**
- **يسوى سطح الوعاء و يعين وزن الاسمنت الحالي " للوعاء " " و " كجم من وزن المتر المكعب للاسمنت يتراوح بين (1000-1100 كجم/ م3).**

. اختبار القوام القياسي لعجينة الاسمنت

الغرض من الاختبار

تعيين كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة قياسية من الاسمنت تسمح لطرف اسطوانة جهاز فيكات (القطر 10 سم) بالنفاذ خلالها الى نقطة تبعد عن قاع قالب الجهاز مسافة (5-7 سم) .

الاجهزة المستعملة

- **جهاز فيكات و يتكون من حامل معدني يحمل قضيب منزلق على مقياس مدرج محمو ايضا على الحامل , و تركب اسفل القضيب المنزلق اسطوانة قطرها**

(10 سم) – في حالة تحديد القوام القياسي – او ابرة زمن الشك حسب ما هو مطلوب ابتدائي او نهائي و يشمل الجهاز ايضا قالب العجينة الاسطواني الذي يوضع فوق اللوح غير الماس تحت ابرة الجهاز .

- **ميزان حساس .**
- **مخبار مدرج .**
- **لوح غير مساس من المعدن او الرخام .**

خطوات الاختبار

- **تحضر كمية من الاسمنت وزنها (400 جم) يضاف اليها كمية من الماء (تقدر كنسبة مئوية من وزن الاسمنت الجاف) و تجرى عملية الخلط جيدا لتجهيز عجينة الاسمنت بحيث تكون مدة الخلط (± 0.25دقيقة) و مدة الخلط هي الزمن المحصور بين بدء اضافة الماء الى الاسمنت الجاف حتى بدء ملئ قالب جهاز فيكات بعجينة الاسمنت .**

- **يملأ قالب جهاز فيكات بعد وضعه على لوح مستوي غير مسلمي مليئا تماما و دفعة واحدة بعجينة الاسمنت لسابق تحضيرها ثم يسوى سطح العجينة مع حافة القالب بسرعة و يراعى عند ملئ القالب الا تستعمل في ذلك سوى يد القائم بالاختبار و مسطرين الخلط القياسي وزنه (210 جم) تقريبا**

- **يوضع القالب في مكانه بالجهاز (مبين بالشكل) داخل الطرف الاسطواني ببطء حتى يمس سطح العجينة ثم يترك بعد ذلك حرا تحت تاثير وزنه لينفذ في العجينة و يراعى ان تتم هذه العملية عند ملئ قالب فيكات مباشرة .**

- **يحدد مقدار نفاذ الطرف الاسطواني في عجينة الاسمنت بتعيين المسافة بينه و بين قاع قالب فيكات بواسطة التدرج الموجود بالجهاز (و ذلك باخذ القراءة على التدرج و الموجود امام العلامة الافقية على اسطوانة جهاز فيكات فتدل على ارتفاع الطرف الاسطواني لجهاز فيكات عن قاع القالب) .**

- **يعاد عمل عجائن تجريبية بكميات مختلفة من الماء للوصول الى نسبة الماء التي تعطي عجينة الاسمنت ذات القوام القياسي السابق وزنها و تقدر هذه الكمية على هيئة نسبة مئوية من وزن الاسمنت و يراعى عند اجراء هذا الاختبار ان تكون اجهزة الخلط و ان تكون درجة حرارة الاسمنت و الماء و حرارة الغرفة في(18 -24º م), و يمكن استعمال النتائج التي تم الحصول عليها من العجائن المختلفة لرسم منحنى يمثل العلاقة بين النسبة المئوية للماء المضاف و بعد طرف اسطوانة جهاز فيكات من قاع القالب و يحدد من هذا المنحنى كمية الماء التي تعطى لعينة قياسية من الاسمنت كما بالرسم , تتراوح نسبة الماء اللازمة لتشكيل العجينة القياسية بين (26 -30) % لجميع انواع الاسمنت .**

- اختبار تعيين زمن الشك الابتدائى والنهائى للأسمنت

تعيين زمن الشك الابتدائى وزمن الشك النهائى للأسمنت وقد نصت المواصفات القياسية المصرية (م.ق.م 1991/373) على ألا يقل زمن الشك الابتدائى عن 45 دقيقة وألا يزيد زمن الشك النهائى عن 10ساعات وذلك للأسمنت البورتلاندى العادى والأسمنت البورتلاندى سريع التصلد والأسمنت الحديدى وذلك عند إجراء اختبار جهاز فيكات على عجينة الأسمنت الخالص ذات القوام القياسى .

زمن الشك الابتدائى

هو الزمن الذى يمضى من لحظة إضافة الماء للأسمنت الجاف (بنسبة ماء العجينة القياسية) إلى اللحظة التى تستطيع إبرة جهاز فيكات أن تنفذ فى عجينة الأسمنت القياسية بحيث يبعد طرفها مسافة لا تزيد عن (5مم) من قاع قالب جهاز فيكات .

زمن الشك النهائى

هو الزمن الذى يمضى من لحظة إضافة الماء إلى الأسمنت الجاف إلى اللحظة التى تستطيع إبرة جهاز فيكات أن تخترق عجينة الأسمنت بمسافة أقل من 0.5 مم (أى تستطيع إبرة جهاز فيكات أن تترك أثرا لها ولا يظهر أى أثر لحرف الجزء الاسطوانى المثبت حولها).

الأجهزة المستخدمة

يستعمل جهاز فيكات السابق مع استبدال الطرف الاسطوانى بإبرة فيكات لتحديد زمن الشك الابتدائى واستعمال إبرة فيكات المثبت بنهايتها الجزء الدائرى لتحديد زمن الشك النهائى .

طريقة إجراء الاختبار

يملئ قالب جهاز فيكات بعجينة الأسمنت ذات القوام القياسى ويسوى سطحها ثم يوضع القالب فى مكانه بالجهاز وتدلى الأبرة ببطء حتى تمس سطح العجينة وتترك لتنفذ الأبرة رأسيا فى العجينة ويقرأ التدريج الذى يدل على المسافة بين قاعدة القالب ونهاية الإبرة ويسجل الزمن من بداية الخلط (صفر القياس) .

تكرر عملية نفاذ الإبرة على نفس العجينة فى مواضع متباعدة لا تقل المسافة بينهما وكذلك من حافة القالب عن 10مم وبعد فترات زمنية متتالية حوالى 10دقائق .

يسجل الوقت المقاس من صفر القياس حتى تصل إبرة الجهاز إلى بعد (5 ± 1مم) من قاعدة القالب كزمن الشك الابتدائى لأقرب 5دقائق .

لتحديد زمن الشك النهائى تستبدل الإبرة بإبرة جهاز فيكات المثبت بنهايتها الجزء الدائرى ثم تدلى الإبرة ببطء حتى تمس سطح العجينة وتترك حرة لتنفذ فى العجينة وتكرر الخطوات السابقة على أن تزاد الفترة بين اختبارات الغرز إلى 30 دقيقة .

يسجل الزمن لأقرب خمس دقائق من بدء القياس حتى نفاذ الإبرة لمسافة 0.5مم كزمن شك نهائى وهو الزمن الذى يمضى من لحظة إضافة الماء للأسمنت الجاف إلى اللحظة التى تترك إبرة جهاز فيكات أثراً لها ولا يظهر أى تأثير للجزء الدائرى المثبت حولها .

نتائج التجربة

- المسافة بين قاع الإناء و قمة الإبرة = 8مم.
- زمن الشك الابتدائى = ساعتين و15دقيقة.
- **زمن الشك النهائى = 3ساعات و20 دقيقة .**

. اختبار ثبات حجم الاسمنت

الغرض من الاختبار

معرفة مدى ثبات حجم الاسمنت بطريقة لوشاتيلية لقياس التمدد حيث ان تمدد الاسمنت يدل على وجود الجير الحر وبعض الاكاسيد الاخرى والتى تحول اللى هيدروكسيد مصحوب بزيادة فى الحجم.

جهاز لوشاتيلية

يراعى ان يكون قالب الجهاز بحالة جيدة بحيث لاتزيد المسافة بين شقى فتحة القالب 5و0مم.

طريقة اجراء الاختبار

1. **تحضر عينة من الاسمنت مقدارها 600جرام تقريبا(وذلك لتملأ 6عينات من قوالب لوشاتيليةوتضاف الية كمية الماء اللازمة لجعلها ىعينة ذات قوام قياسى وهى الكمية التى تحدد من الاختبار 3-6-12 الذى يجب ان يجرى قبل هذا الاختبار مباشرة وتحت نفس الظروف المناخية(درجة الحرارة والرطوبة) وتجرى عملية الخلط جيدا بحيث تكون مدة الخلط (4+0.25)دقيقة.**

2. يوضع قالب لوشاتيلية على لوح صغير من الزجاج ويملا بعجينة الاسمنت ذات القوام القياسىالسابق تجهيزها مع مراعاة حفظ طرفى القالب منطبقين على بعضهما دون ضغط اثناء ملء القالب ثم يغطي القالب بلوح زجاجي اخر ويوضع فوقة ثقل صغير.

3. يغمر القالب بلوحيه مع الثقل مباشرة فى ماء حرارته (20+1)درجة مئوية ويترك لمدة 24ساعة.

4. يرفع بعد ذلك من الماء وتقاس المسافة (أ-أ) بين طرفى مؤشرى القالب الموضحة بالشكل.

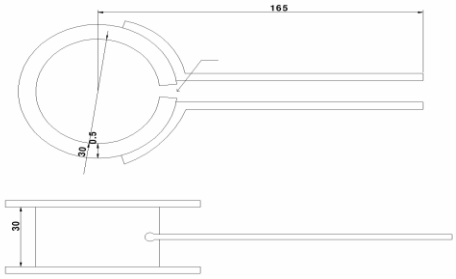
5. تغمر القوالب مرة ثانية فى ماء درجة حرارته 20 درجة مئوية وترفع درجة حرارة الماء تدريجيا إلى ان تصل لدرجة الغليان فى مدة تتروا بين 25-30 دقيقة وتترك القوالب فى الماء مع استمرار الغليان لمدة ساعة.

6. ترفع القوالب من الماء ثم تقاس المسافة (أ-أ) بين طرفى مؤشرى القالب ثانيا.

7. يحسب الفرق بين المسافة (أ-أ) السابق ذكرها فى الخطوتين 6 , 4 فيكون ذلك الفرق معبرا عن تمدد الاسمنت.

وتنص المواصفات القياسية على الا يزيد هذا الفرق عن 10مم للاسمنت البورتلاندى العادىوسريع التصلد.

وفى حالة عدم مطابقة الاسنت لهذاالشرط يعاد اختبار ثبات الحجم على عينة من نفس الاسمنت بعد تهويته لمدة 7 ايام وذلك بفرشة بارتفاع 75سم على سطح جاف فى جو رطوبته النسبيه 80:50 % وفى هذه الحالة يجب الابزيد تمدد الاسمنت عن 5مم.



شكل (1-7) قالب لوشاتيليه

شكل (1-8) قالب لوشاتلييه

• تعيين مقاومة الأسمنت فى الضغط

الغرض من الاختبار

تعيين مقاومة الضغط لمونة الأسمنت و الرمل و ذلك باختبار مكعبات من هذه المونه بعد 3, 7 أيام من تجهيزها .

فكرة الاختبار

تحدد مقاومة مونة الأسمنت للضغط بتعيين مقاومة الضغط لمكعبات طول ضلع كل منها 7.07 سم معدة من الأسمنت (تحت الاختبار) و الرمل القياسى . و المخلوطة خلطاً يدوياً و مدموكة بمكنة الاهتزاز القياسية .

المواد المستخدمة

تجهيز نسبة الأسمنت و الرمل بنسبة 1:3 و إضافة 10% ماء من مجموع وزنى الأسمنت و الماء و يلاحظ أن يكون الرمل المستخدم رمل قياسى (نسبة السيليكا لا تقل عن 90% و يمر جميعه من المنخل القياسى 0.85 مم و لا يزيد المار منه من المنخل القياسى 0.6 مم على 10% بالوزن .

الأجهزة المستخدمة

- **قوالب الاختبار المستخدمة مكعبة بطول ضلع 7.07 سم لتكون مساحة كل وجه 50 سم2 من معدن لا يتأثر بالأسمنت .**
- **ماكينة الاهتزاز .**

طريقة إجراء الاختبار

1. **تحضر الكميات اللازمة لعمل 6 مكعبات من مونة أسمنتية (كل مكعب على حده) بنسبة جزء واحد من الأسمنت إلى ثلاثة أجزاء من الرمل (3:1) بالوزن و فيما يلى الأوزان اللازمة لتحضير مكعب واحد من مكعبات الاختبار :**

أسمنت =185 جم رمل قياسى =555 جم

ماء = 74 سم3 (أى 10% من وزن الأسمنت و الرمل معاً)

2. **تغطى جميع الأوجه الداخلية للقالب بعد تجميعها بطبقة رقيقة من الزيت الخفيف**
3. **يخلط الأسمنت مع الماء الجاف بالمسطرين على سطح مستوى غير مسامى لمدة دقيقة ثم يضاف الماء و تخلط المونة جيداً لمدة أربع دقائق .**
4. **يوضع القالب على ماكينة الاهتزاز و يثبت تثبيتاً محكماً فى مكانة و يوضع فوقه دليل مناسب فى الشكل و المقاس لتسهيل ملئه و لا يرفع هذا الدليل إلا بعد انتهاء مدة الاهتزاز .**
5. **تنقل المونه بعد خلطها من الدليل إلى القالب ثم يهز القالب لكبس المونة لمدة دقيقتين على ماكينة الاهتزاز بسرعة مقدارها (12000 ± 400) لفة فى الدقيقة .**
6. **يرفع القالب من ماكينة الاهتزاز و يوضع فى جو رطوبته النسبية 90% على الأقل و درجة حرارته (20± 1) مثل الحديد أو المطاط لمنع تبخر الماء .**
7. **ترفع مكعبات الاختبار من القالب و توضع علامات لتميزها و تغمر فى الماء مباشرة لمعالجتها و تترك فى الماء حتى يحين موعد اختبارها .**

8. **ترفع المكعبات من الماء عند اختبارها و تمسح أسطحها لإزالة ما بها من الماء السطحى و أى بروزات سطحية بسيطة و تختبر مباشرة ثلاث مكعبات و هى لا تزال مبتلة لتعيين مقاومة الضغط بعد ثلاثة أيام و ثلاثة مكعبات أخرى تحت نفس الظروف السابقة بعد سبعة أيام على أن تحسب المدة من نهاية عملية هز قوالب الاختبار .**
9. **توضع المكعبات على أحد جوانبها فى مكنة الاختبار على ألا يستعمل السطح غير الملامس لأوجه القالب كما لا يوضع أى شئ بين سطحى مكنة الاختبار خلاف ألواح من الصلب الصلد كما يجب أن يرتكز أحد سطحى مكنة الاختبار على مرتكز كروى لضبط عملية التحميل .**
10. **يطبق الحمل و يزداد تدريجياً بانتظام بمعدل قدره 35 نيوتن /مم2 فى الدقيقة و تسجل قيمة الحمل الذى يحدث عنده الكسر .**

النتائج

مقاومة الضغط = كجم /سم2.

حدود المواصفات

***الأسمنت البورتلاندى العادى* :-**

مقاومة الضغط بعد 3 أيام لا تقل عن 18 نيوتن / مم2 .

مقاومة الضغط بعد 7 أيام لا تقل عن 27 نيوتن /مم2.

***الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد* :-**

الضغط بعد 3 أيام لا تقل عن 24 نيوتن / مم2 .

مقاومة الضغط بعد 7 أيام لا تقل عن 31 نيوتن /مم.

شكل (1-9) ماكينة الضغط شكل (1-10) شكل الكسر للمكعب

3-3-1 ضبط جودة الخرسانة

إن ضبط جودة الخرسانة تعني التحكم في جودتها فى حالتيها الطازجة والمتصلدة وذلك للتأكد من مطابقتها للمواصفات الموضوعة واتخاذ الإجراءات الفورية في حالة وجود أي اختلافات عن هذه المواصفات،ولضبط جودة الخرسانة يتم عمل إختبارات لها فى حالتيها الطازجة والمتصلدة.

أولا :ختبارات الخرسانة الطازجة

الخرسانة الطازجة

وهى الخرسانة المتكونة فى الفترة من لحظة اضافة الماء الى مكونات الخرسانة الجافة وحتى لحظة حدوث زمن الشك الابتدائى وتمتاز هذه المرحلة بالقدرة على الخلط والنقل والصب وفى الاحوال العادية تكون مدة هذة المرحلة من 1.5إلى 2 ساعة 0

ويلاحظ ان خواص الخرسانة الطازجة المطلوبة لمنشا خرسانى معينتحدد طبقا لطبيعة المنشا وكذلك ابعاد القطاعات الخرسانية وكثافة اسياخ التسليح وتكنولوجيا تصنيع

الخرسانة من حيث طريقة الخلط والنقل والصب والدمك والمعالجة ويجب اخذالاحتياطات اللازمة بحيث لاتزيد درجة الحرارة للخرسانة الطازجة عند صبها على 35 درجة مئوية.

الخواص الرئيسية للخرسانة الطازجة

1. **قوام الخلطة الخرسانية.**
2. **قابلية التشغيل.**
3. **الانفصال الحبيبى .**
4. **النزيف (النضح).**

القوام

يعبر قوام الخرسانة الطازجة عن درجة بلل الخرسانة ويمكن القول بأن قوام الخرسانة يعبر عن السيولة النسبية للخرسانة.

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 .

- *نعومة الأسمنت* (المساحة السطحية للأسمنت) حيث يزداد الهبوط بزيادة المساحة السطحية للأسمنت

- *المقاس الإعتبارى الاكبر 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 .

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

- الإضافات: تعمل الإضافات على تحسين قوام الخرسانة بدرجات متفاوته وأهم هذه الإضافات الملدنات هى مواد سائلة تضاف إلى الخلطة بنسبة (1-3) من وزن الاسمنت.

طرق تعيين القوام

يوجد ثلاثة طرق رئيسية لتعيين قوام لخرسانة هى:

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

○ اختبار الهبوط

الغرض من الاختبار

تحديد قوام الخلطة الخرسانية بتعيين مدى هبوطها بعد تشكيلها على هيئة مخروط ناقص وذلك فى المعمل اوالموقع وذلك للتاكد من نسب مكونات الخلطة الخرسانية ويعتبر هذا الاختبار من ابسط وافضل الوسائل لضبط الجودة فى محطات الخلطوفى مواقع التنفيذ.

الاجهزة

- **مخروط ناقص ومصنوع من معدن متين بسمك ١,٥ مم على الأقل مفتوح من أعلى ومن أسفل ، قطر فتحته العليا ١٠ سم والسفلى ٢٠ سم وإرتفاعه ٣٠ سم**
- **قضيب الدمك: وهو سيخ من الصلب بقطر ١٥ مم وطول ٦٠ سم.**

شكل (1-11) يوضح طريقة إجراء إختبار الهبوط

طريقة اجراء الاختبار

- ينظف السطح الداخلى للقالب ويبلل السطح الداخلى للمخروط بالماء ويوضع القالب على سطح افقى املس.
- يملىء القالب على 3 طبقات وتدمك كل طبقة 25 مرة ثم تسوى حافة القالب.
- يرفع القالب مباشرة بعد ملئة فى اتجاه رأسى وببطيء.
- يقاس ارتفاع الهبوط بعد رفع القالب مباشرة .

قيم الهبوط المناظرة لدرجات قوام الخرسانة المختلفة

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

جدول (1-11) يوضح قيم الهبوط

○ اختبار الانسياب Flow test

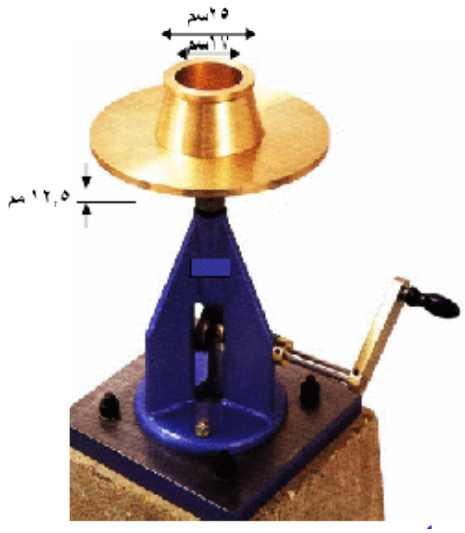
الغرض من الاختبار

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 آنسبة مئوية من القطر الأصلي لقاعدة المخروط.

الأجهزة

- **قالب الإختبار : وهو عبارة عن قالب معدنى على شكل مخروط ناقص ويكون هذا القالب مفتوحاً من أعلى ومن أسفل بمستويين عموديين علىمحورالمخروط.**
- **قرص الإنسياب ويثبت القرص على قاعدة جاسئة بإرتفاع من ٤٠ـ ٥٠ سم**

بوزن ١٥ آج على الأقل.



شكل (1-12) يوضح جهاز الإنسياب

طريقة إجراء الإختبار

- **ينظف القرص جيداً بالماء ثم يجفف بعناية حيث لا يبقى به أثر لماء التنظيف.**
- **يوضع القالب مثبتاً فى وسط القرص وذلك بالضغط على مقبضية باليد.**
- **يُملأ القالب على طبقتين وتدمك كل طبقة 25 مرة بواسطة قضيب الدمك موزعة بانتظام ثم بعد ذلك يسوى سطح مع حافة القالب بواسطة المسطرين**
- **يُرفع القالب المعدنى بعد ملئه مباشرة من الخرسانة بإنتظام فى إتجاه رأسى.**
- **يُرفع القرص ويخفض بمعدل منتظم.**
- **تقاس قاعدة الخرسانة المنسابة نتيجة الرفع والخفض المذآورة 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 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)

العلاقة بين قوام الخلطة والانسياب

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

٥ اختبار الاختراق Penetration test

وهذه الطريقة يحدد بها قوام الخرسانة بيسر ودقة 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 ١٣,٦كجم يتصل بها يد عليها مقياس مدرج والكل ينزلق من فتحة داخل إطار آما فى ويمكن وضع هذا الإطار على سطح الخرسانة المراد قياس قوامها آما أن هذا الإطاريصلح فىنفس الوقت لإستخدامه كمستوى ثابت للمقارنة وقت الإختبار ويلاحظ أن جميع أجزاء الجهاز تصنع من الصلب أو أى معدن مشابه.

شكل (1-13) يوضح إختبار الإختراق

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 أماآن متفرقة. وتفيد هذه الطريقة فىبيان ومقارنة قوام الخرسانة عند صبها مباشرة داخل الفرم.

القابلية للتشغيل

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

1. الركام

- **مقاس الركام**

زيادة نسبة الرمل تزيد من الإحتكاك وبالتالى تزيد صلابة الخلطة.

- **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 للتشغيلوممكن ذلك يكون معتمداًعلى كيفية صب الخرسانة وطبيعة المنشأ (أفضل مقاس للخرسانات المسلحة هو ١٥ إلى ٣٠ مم وفى حالة خرسانة الطرق ٥٠ الى ٧٠ مم).

2. <u>الاسمنت</u>

- **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.

3. الماء

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

4. نسبة (الماء / الاسمنت) (م/س)

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.

5. الاضافات

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

- **الملدنات Superplasticizers**

وهى مواد سائلة تضاف إلى الخلطة بنسب(١-3%)من وزن الأسمنت.

- **مواد مسحوقة ناعما وتعمل على تشحيم الخلطة مثل بودرة الحجر الجيرى.**
- **مواد جيلاتينية تضاف إلى الخلطة.**

6. الهواء المحبوس

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

طرق تعيين القابلية للتشغيل

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

- **اختبار 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.

شكل(1-14) يوضح جهاز عامل الدمك

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 المدموكة 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 المدموآة كلياً = ك.

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

ويعتبر اختبارعامل 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.

○ طريقة فى بى ((VB

تقاس القابلية للتشغيل بالجهاز المبين فىالشكل حيث يوضع مخروط الهبـوط القيـاسى بداخل اسطوانة ذات قطر 30 سم وإرتفـاع 20 سم وتثبت الإسطوانة جيدا فوق منضدة الإهتزاز . ويملأ مخروط الهبوط بالطريقة العادية ويرفع ويوضع فوق الخرسـانة اللـوح

الزجاجىالمتصل بالجهاز . ويتم الدمك بواسطة منضدة إهتزاز بها حمل غير متمركز يدور بسرعة 300لفة فى الدقيقة وبعجلة قدرها 3ج الى 4ج حيث ج هى عجلة الجاذبية الأرضية . ويقاس الزمن اللازم لتغير شكل عينة الإختبار من مخروط الى إسطوانة وذلك عن طريق الهز. حيث يفترض أن كمية الطاقة اللازمة لتمام الدمك تمثل درجة التشغيلية للخليط معبرا عنها بالزمن بالثانية اللازم لإعادة التشكل الكامل . وتعتبر إعادة التشكل قد اكتملت عندما يغطى اللوح الزجاجى الخرسانة تماما وعندما تتلاشى كل الفراغات فى الخرسانة ويحدد هذا بالنظر الذى يعتبر أحد عيوب هذا الإختبار وفى بعض الأحيان يعمل تصحيح قدره V2/V1 حيث V2 هو حجم الخرسانة بعد الإهتزاز وv1 هو حجمها قبل الإهتزاز . وهذا الجهاز أميز من جهاز عامل الدمك حيث تلتصق بعض الخرسانة الجافة فى القواديس وهو مناسب جدا فى حالة إختبار الخرسانة الجافة أو الخرسانة التى بها أليـاف .وقد يستخدم أيضا للتعبير عن القوام.

شكل (1-15) يوضح جهاز VB

***ثم بعد الصب يتم عمل إختبارات الخرسانة المتصلدة* :**

1- اختبار مقاومة الضغط.

2- اختبار مقاومة الشد غير المباشر(الشد البرازيلى).

3- اختبار الانحناء.

4- اختبار التماسك مع حديد التسليح.

5- تعيين معاير المرونة.

ثانيا:اختبارات الخرسانة المتصلدة

وهى تبدا بتصلد الخرسانة (اى عند عمر 24 ساعة) وحتى نهاية عمرها الافتراضى وتمتاز هذاه المرحلة بأنها بداية زيادة المقاومة الرئيسية للخرسانة (مقاومة الضغط).

وقدرتها على مقاومة الاحمال بمرور الزمن.

○ اختبار مقاومة الضغط

يجرى إختبار تحديد مقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة عادة بعد مرور ٢٨ يوماً على صب العينات وفى بعض الأحيان بعد ٧ أيام أو بعد فترة أخرى حسب الحاجة.

عينات الاختبار :

تكون عينة الإختبار بشكل مكعب طول ضلعه ١٥,٨ سم أى مساحة الوجه = ٢٥٠ سم2 أو مكعب طول ضلعه ١٥ سم أو إسطوانة قطرها ١٥ سم وإرتفاعها 30 سم.

طريقة إجراء الاختبار:

- **توزن الكميات اللازمة من الأسمنت والركام الصغير والركام الكبير (أو المقاسات المحجوزة على المناخل منفصلة) والماء ويراعى عند حساب الوزن**

أن تزيد آمية الخرسانة المخلوطة عن الخرسانة اللازمة لملء القوالب بحوالى ١٥ % وذلك لتعويض أى فقد أو هالك قد يحدث أثناء الإختبار.

- يُعد قالب الإختبار وتُغطى أوجه القالب الداخلية بطبقة رقيقة من الزيت الخفيف.
- تخلط مكونات الخرسانة إما ميكانيكياً أو يدوياً خلطاً جيداً حتى يصبح لونها متجانس.
- بمجرد الإنتهاء من الخلط تُجرىاختبارات القوام واى اختبارات أخرى تكون

مطلوبة مثل إختبارات القابلية للتشغيل .

- بعد إختبارات الخرسانة الطازجة يُملأ القالب مباشرة بالخرسانة على ٣ طبقات وتدك كل طبقة إما بمكنةالإهتزاز أو يدويا حتى تدمك الخرسانة دمكاً تاماً دون حدوث إنفصال حبيبى.
- تغطى القوالب بعد صبها مباشرة وتوضع فى مكان درجة حرارته ١٥ إلى ٢٠ درجة مئوية لفترة ٢٤ ساعة ويلاحظ أن لا تتعرض لأى إهتزازات
- .تُعلم العينات الخرسانية بعد ذلك ثم تفك من القوالب وتُغمر فى الحال فى ماء نقى درجة حرارته حوالى ١٥ ـ ٢٠ درجة مئوية وتُترك حتى وقت الإختبار ويُفضل ترك مسافات بين المكعبات وبعضها فى أحواض المعالجة آما يُنصح بعدم وضع المكعبات فوق بعضها.
- تختبر العينة بوضعها بمآكينة الإختبار حيث يكون محورها منطبقاً مع محور رأس المآكينة وفى حالة العينة المكعبة يلزم أن يكون وجهى العينة الملامسين لسطحى رأس الماكينة هما الوجهين المقابلين للسطح الداخلى للقالب المعدنى لضمان استوائهما وتوازيهما, اما فى حالة العينة الاسطوانية فيلزم عمل مخدة لسطح كل من نهايتى الاسطوانة بطريقة تجعل سطح النهايتين مستويين ومتوازيين

- تعرض العينة لحمل ضغط محورى بمعدل حوالى ١٤٠ آج/سم ٢/دقيقة حتى الكسر.

- مقاومة الشد

يمكن تعيين مقاومة الشد فى الخرسانة بعد ٧ أيام أو ٢٨ يوم أو أى مدة أخرى بطرق مباشرة وغير مباشرة كما يلى:

أولا : اختبار الشد المباشر

- **تحضر العينات للإختبار بإجراء عمليات الخلط والصب والدمك والمعالجة بنفس الطريقة السابق ذآرها فى إختبار الضغط.**
- **يجرى الإختبار بمسك العينة عند نهايتيها بماكينة الإختبار والتأثير بحمل الشد تدريجيا وببطء ويعين الحمل المسبب لكسر العينة حيث تنكسر معظمها فى المنتصف وتحسب مقاومة الشد فى هذه الحالة بقسمة الحمل الأقصى على مساحة مقطع العينة**

الحمل الاقصى Pmax

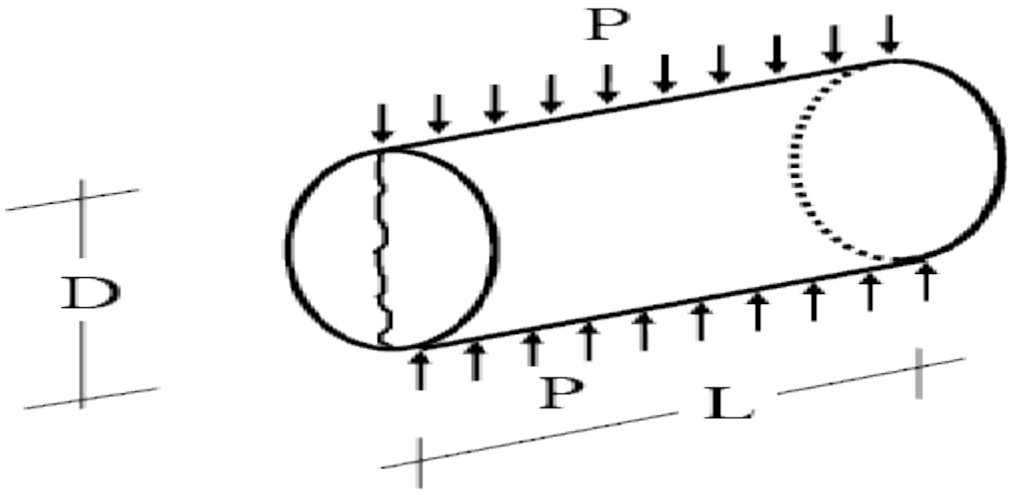
مقاومة الشد المباشر = ــــــــــــــــــــــــ = ــــــــــــ كجم /سم2.

مساحة المقطع A

ثانيا : اختبار الشد الغيرالمباشر(البرازيلى)

عينة الاختبار القياسية عبارة عن إسطوانة خرسانية قطرها ١٥ سم وطولها ٣٠ سم حيث توضع هذه الإسطوانة بين رأسى ماآينة الإختبار فى وضع أفقى وعلى جانبيها بين شريحتين من الخشب الأبلكاج أو المطاط بعرض ٢ سم ويعين حمل الضغط المسبب لكسر العينة وعند إنهيارها يسجل الحمل الأقصى.

$$\text{مقاومة الشد الغير مباشر المباشر} = \frac{2 \times \text{الحمل الاقصى}}{\text{ط} \times \text{الطول} \times \text{القطر}} \quad \text{كجم /سم2.}$$



شكل (1-16) يوضح إسطوانة الشد البرازيلى

- **اختبار مقاومة الانحناء**

- **توضع الخرسانة فى قوالب على شكل كمرات أبعادها الداخلية ١٥×15× 70 سم او 10×10×50سم وذلك للركام الذى لا يزيد مقاسه الإعتبارى الأكبر عن ٢٠ مم.**

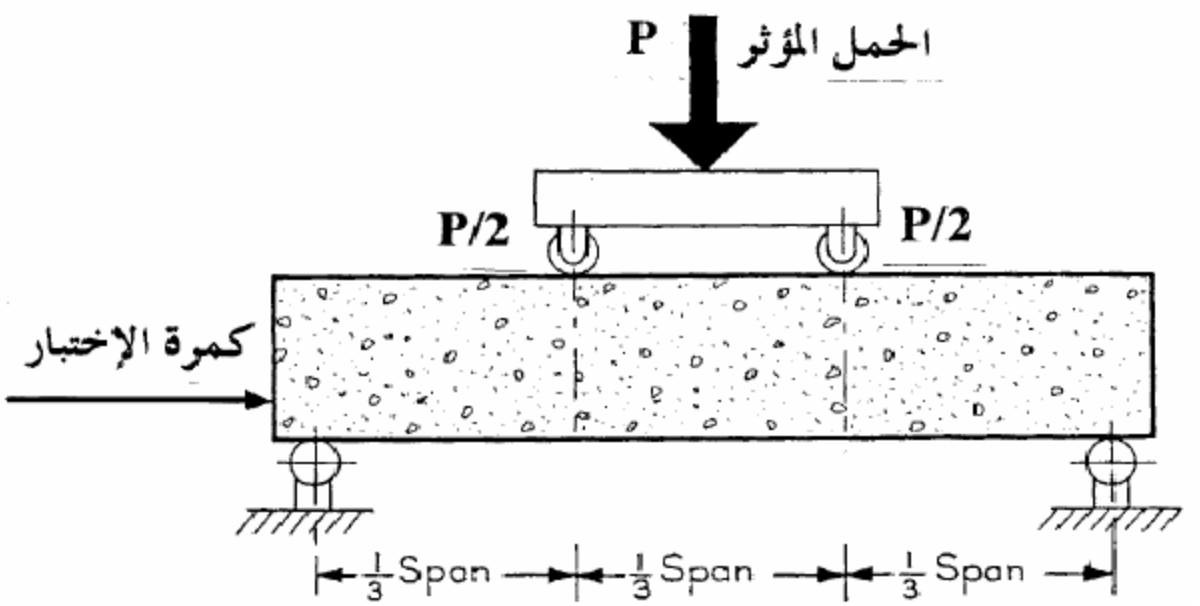
- **تخلط الخرسانة وتملأ القوالب وتدمك وتعالج بنفس الطريقة المتبعة فى الضغط ويعمل من نفس الخلطة الخرسانية عينات ضغط لإعطاء فكرة عن العلاقة بين الضغط والإنحناء.**
- **توضع الكمرة فى ماكينة الإختبار على ركيزتين ويراعى ان يكون كل من قضيب الإرتكاز والتحميل بطول أكبر من عرض الكمرة كما يكون التحميل تدريجيا وبمعدل منتظم يؤدى إلى الوصول بالقيمة النهائية للحمل فى مدة حوالى ٥ دقائق.**

- **يدون حمل الكسر Pmax وتحسب مقاومة الانحناء من المعادلة**

$$fb = \frac{Mmax \times Y}{I}$$

$$Mmax = Pmax \times L / 6$$

$$Y = h/2 \ , \ I = bh^3/12$$



○ مقاومة القص

لا يمكن تعيين مقاومة القص فى حالة الخرسانة بقيمة صحيحة تماماً نظراً لأن قوى القص المباشرة(قوتين متساويتين ومتوازيتين تؤثران على مستويين على مسافة صغيرة جداً من بعضهما) تكون دائما مصحوبة بعزم إنحناء أى بإجهادات شد وضغط لذلك فمن النادر إجراء إختبار مقاومة القص المباشر للخرسانة وخصوصاً أنه فى إستعمالات الخرسانة نادراً ما تتعرض للقص الخالص وإنما تتعرض للقص المصحوب بإنحناء ويمكن إجراء إختبار تحديد مقاومة القص المباشر للخرسانة وهو إختبار غير دقيق النتائج. ويكون تعريض عينات الخرسانة لتأثير القص الخالص أحياناً بإجراء إختبار الإلتواء على عينة خرسانية غالباً ما تكون إسطوانية وذلك لأن الإلتواء يعطى إجهادات قص خالصة. ولكن هذا الإختبار من الصعب إجراؤه بدقة كما أن كسر العنصر الخرسانى يكون غالباً نتيجة تأثير الشد القطرى وليس بتأثير القص نظراً لأن الخرسانة ضعيفة فى الشد عنها فى القص. ولقد وجد أن مقاومة القص فى الخرسانة اكبر من مقاومتها للشد بحوالى ٢٠ إلى30 % أى أنها حوالى ١٠ إلى ١٢ % من

مقاومة الضغط. أما إذا أجرى إختبار الإنحناء لبيان تأثير القص المصاحب لعزم الإنحناء وذلك بتقوية الكمرة المختبرة من جهة الشد بحديد تسليح لمنع الإنهيار بالشد الناتج من الإنحناء فإن القص المصاحب لعزم الإنحناء يظهر تأثيره بكسر العينة بواسطة إجهادات الشد القطرى الناتج من القص وليس بتأثير القص المباشر

يتبين مما تقدم أن مقاومة الخرسانة للشد القطرى تعبر عن مدى مقاومة الخرسانة ـ

للقص لذلك لا يجرى إختبار القص للخرسانة إكتفاء بتعيين مقاومة الشد لها.

- **مقاومة التماسك strength Bond**

مقاومة التماسك هى مقاومة الخرسانةلإنزلاق سيخ التسليح الملتصق بها والموجود بداخلها ويعتبر تماسك اسياخ الحديد مع الخرسانة هوأساس فكرة التصميم الانشائى للاعضاء الانشائية من الخرسانة المسلحة ويتم هذا التماسك بواسطة :

1- الالتصاق مع الخرسانة.

2- قوى الاحتكاك بين السيخ والخرسانة .

3- التحميل على النتوءات البارزة فى الاسياخ .

وتعتمد مقاومة التماسك على كل من خواص الخرسانة وخواص الحديد وكذالك على مساحة التلامس بينهما ومن البديهى أن تكونم مقاومة التماسك أكبر فى حالة الأسياخ ذات النتوءات عنها فى حالة الأسياخ الملساء وتتراوح مقاومة التماسك من 25 الى 45 كجم / سم 2 وذلك فى حالة الخرسانة ذات المقاومة العادية (250 كجم / سم 2) أما فى حالة الخرسانة عالية المقاومة فإن مقاومة التماسك قد تصل الى 80 كجم / سم 2 أو أكثر . ويجرى اختبار تعيين مقاومة التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح وذلك بتحديد الحمل المسبب لإنهيار وإنزلاق سيخ حديد التسليح داخل الخرسانة . وتوجد اختبارات عديدة لتعيين مقاومة التماسك تختلف عن بعضها فى كيفية تحميل سيخ حديد التسليح . وفيما يلى عرض سريع لبعض هذه الإختبارات .

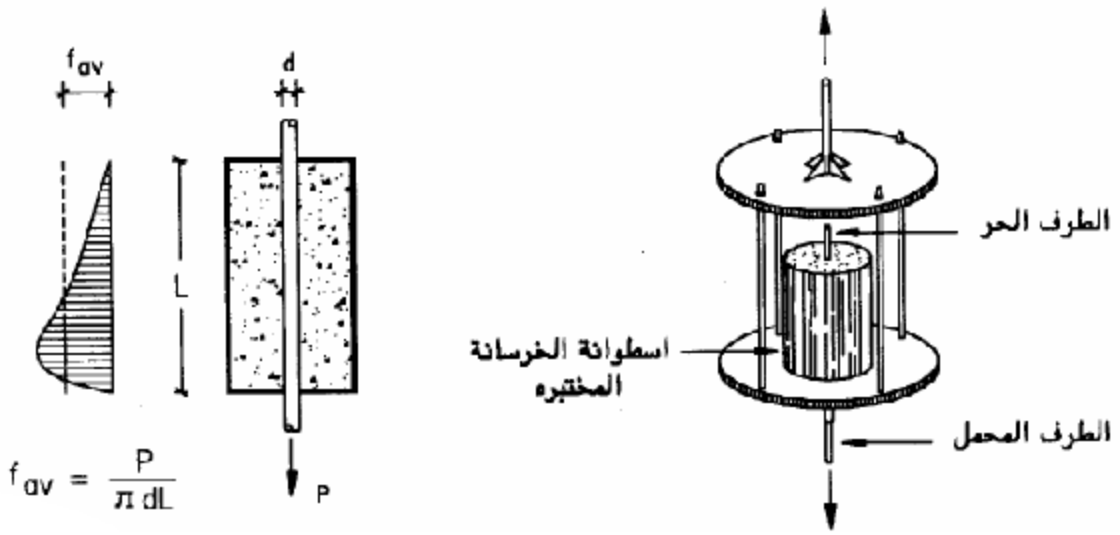
- **اختبار الإقتلاع (الشد)**

1. **تصب عينة الإختبار من الخرسانة على هيئة اسطوانة أو منشور على أن يكون فى محورها سيخ حديد تسليح بالقطر المعين المراد اختبار تماسكه .**
2. **يجرى معالجة العينة للمدة المناسبة المطلوبة وغالبا تكون 28 يوما .**
3. **توضع العينة بماكينة الإختبار بالطريقة التى تجعل السيخ معرضا للشد من أحد طرفيه فقط وذلك لإقتلاعه من الخرسانة وعلى ذلك يكون لسيخ الحديد طرف محمل وآخر حر .**
4. **يركب جهاز قياس التشكل على سيخ التسليح من ناحية الطرف المحمل أو الطرف الحر أو من الناحيتين معا وذلك لقياس الحركة النسبية بين الحديد والخرسانة .**
5. **يشد سيخ حديد التسليح من الطرف المحمل تدريجيا فيحدث انزلاق للطرف المحمل وينبين ذلك بحركة نسبية بينه وبين الخرسانة يبينها جهاز قياس التشكل وتسجل قراءات الحمل والإنزلاق للطرف الأخر المحمل .**

6. **تلاحظ قراءات جهاز قياس التشكل عندالطرف الحر حيث لا يبين الجهاز اى قراءة الا عند تمام انهيارتماسك السيخ مع الخرسانة وعندما يبدأ مؤشر الطرف الحر في التحرك أى عندما يحدث أول إنزلاق للطرف الحر يسجل الحمل المسبب لذلك .**
7. **تحدد من قراءات الحمل والإنزلاق للطرف المحمل قيمة الحمل المسبب للإنزلاق قيمته0.25مم للطرف المحمل .**

وعلى ذلك نحسب مقاومة التماسك انها الحمل المسبب للإنزلاق مقسوما على مساحة السيخ المتماسكة مع الخرسانة

$$\text{مقاومة التماسك} = \frac{P}{\pi\ d\ L} \quad \text{كج/سم}^{٢}.$$



○ اختبار الدفع (الضغط) Tes Push Out

يجرى الإختبار بنفس الطريقة السابقة لإختبار الإقتلاع لكن يكون تحميل حديد التسليح بالضغط بدلا من الشد ولهذا الإختبار ميزة سهولة الإجراء إلا أنه يعطى مقاومة عالية للتماسك نظراً لأ كلا من الحديد والخرسانة فى حالة ضغط.

○ اختبار السيخ المدفون

يجرى الاختبار بتعريض السيخ المدفون فى عينة الإختبار والبارز من كل من نهايتها إلى حمل الشد من كل من طرفية ثم قياس الحركة النسبية بين حديد التسليح والخرسانة عند كل من نهايتي العينة بإستخدام جهاز قياس التشكل ويعتبر الحمل المسبب لإنهيار التماسك هو الحمل الذى يحدث تغيير مفاجئ فى قيمة الحركة النسبية بين حديد التسليح والخرسانة. وتحسب مقاومة التماسك من المعادلة المذكورة سابقا وهذا الإختبار وإن كان يمثل الحالة الواقعية الفعلية لحديد التسليح داخل الخرسانة إلا أن من عيوبه صعوبة إمكان مقارنة نتائجة.

○ اختبار الإلتواء للسيخ

يجرى هذا الاختبار بتعريض سيخ حديد التسليح الموجود فى محور العينة المختبرة إلى عزم إلتواء Mt)) بعد تثبيت العينة فى مكنة الإختبار وزيادة التحميل وتسجل قيمة

زاوية الإلتواء المصاحبة لكل عزم إلتواء لحديد التسليح بالنسبة للخرسانة الموجودةعند الطرف المحمل والطرف الحر لحديد التسليح ثم يعين عزم الإلتواء الذى يحدث عنده الإنزلاق ثم تحسب مقاومة التماسك من المعادلة:

$$\text{مقاومة التماسك} = \frac{2\,M_t}{\pi\,d^2\,L}$$

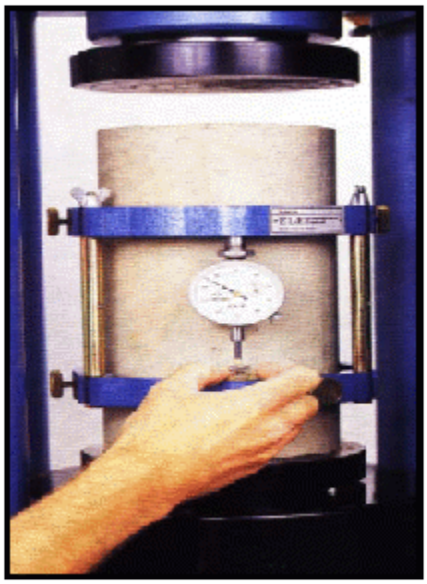
○ اختبار معاير المرونة فى الضغط

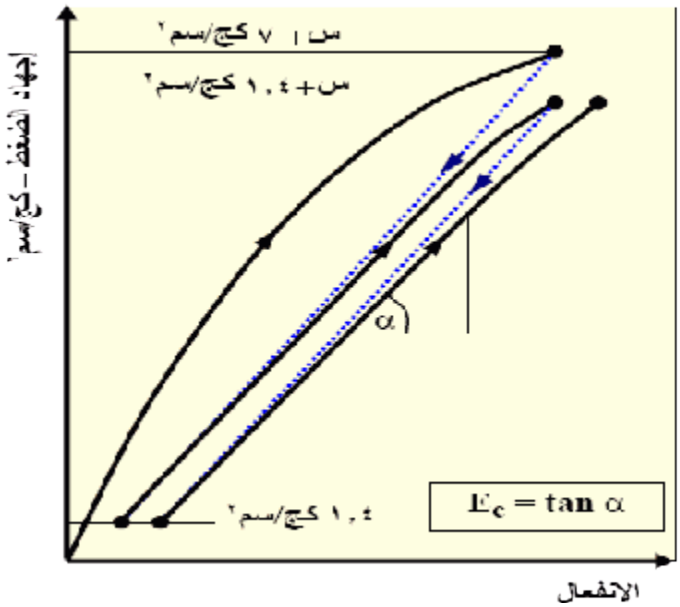
يهدف هذا الإختبار لتعيين معاير المرونة للخرسانة لفائدة ذلك فى معرفة صلابة الخرسانةstiffness وكذلك لمعرفة قيمة معاير المرونة فى حساب تشكل المنشآت الخرسانيةكما يفيد فى تعيين نسبة معاير مرونة الحديد إلى الخرسانة لأهميتها فى التصميم.

طريقة التحميل الإستاتيكى

- **تُعمل خلطة خرسانية وفقاً للبيانات المطلوبة وتصب وتدمك هذه الخلطة فى قوالب إما على شكل إسطوانات بقطر ١٥ سم وإرتفاع ٣٠ سم أو منشورات بحيث تكون النسبة بين الإرتفاع إلى العرض لا تقل عن ٢ وتصب من نفس الخلطة عينات للضغط بعد ٢٨ يوما.**

- **بعد المعالجة لمدة ٢٨ يوماً أو المدة المحددة يُثبت مقياسين للإنفعال على سطح العينة وفى مقابل بعضها وموازيين لمحور عينة الإختبار تحمل العينة بمكنة الإختبار بمعدل ١٤٠ كج/ سم ٢ /دقيقة حتى يصل الإجهاد إلى)س + ٧ (كج/سم ٢ حيث س = ثلث متوسط مقاومة الضغط.**





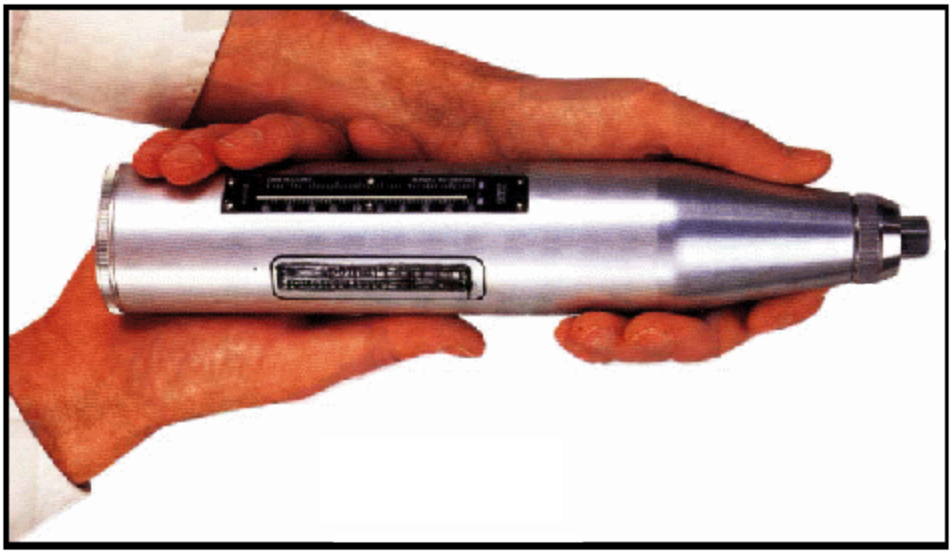
شكل (1-17) قياس معاير المرونة شكل (1-18) يوضح إختبار معاير المرونة

- **يستمر التحميل بهذا الإجهاد لمدة دقيقة على الأقل ثم يقلل تدريجيا إلى ١,٤ كج/سم ٢ ثم تؤخذ قراءات مقياس الإنفعال ثم يعاد التحميل ثانياً وبنفس المعدل إلى أن يصل الإجهاد إلى(1.4+س) كج/سم ٢ ويستمر التحميل عند هذه القيمة لحين أخذ قراءات الإنفعال ثم يقلل التحميل ثانياً وتدريجيا وتؤخذ القراءات ثانياً عند1.4كج /سم ٢.**

- **يعاد التحميل مرة ثالثة وتؤخذ ١٠ قراءات لمقياس الإنفعال عند ١٠ زيادات للإجهاد تكون متساوية تقريباً إلى أن يصل الإجهاد إلى (1.4 + س)كج/سم ٢.**
- **يتم مقارنة قيم الإنفعال الكلى الحادث فى حالتى التحميل الثانية والثالثة فإذا كان هناك إختلاف أكثر من ٥% يتم عمل دورة تحميل رابعة وهكذا حتى يصل الفرق بين دورتى تحميل متتاليتين إلى ٥% أو أقل وبذلك يمكن تحديد العلاقة بين الإجهاد والإنفعال الناتج عنه من حالة التحميل الأخيرة ويتم قياس معاير المرونة.**

ثالثا:اختبارات العناصر الإنشائية

- ***اختبار مطرقة شميدت***



شكل (1-19) يوضح مطرقة شميدت

- تحدد مساحة على العضو الإنشائى فى حدود ٣٠×30 سم.
- يؤخذ عدد من القراءات حوالى ١٥ قراءة موزعة داخل المساحة.
- لا تقل المسافة بين كل قرائتين عن ٢,٥ سم.
- يعمل كروكى للجزء المراد إختباره وتحدد عليه مواقع النقط.
- لكل نقطة على حدة يحسب متوسط رقم الإرتداد وتحذف القراءات الشاذة بحيث لا يزيد الفرق بين أى رقم إرتداد و المتوسط عن ٥ وحدات. ويعتبر رقم الإرتداد مقبول إذا كان ثلثى القراءات لا تنحرف عن المتوسط بمقدار ± ٢,٥ وحدة.
- يتم تحويل رقم الإرتداد المتوسط الخاص بكل نقطة إلى مقاومة ضغط نيوتن/مم ٢ أوكج/سم ٢ .
- توضع النتائج الخاصة بجميع النقط فى جدول وتحسب مقاومة الضغط المتوسطة للخرسانة بحيث لا يزيد معامل الإختلاف لمفردات مقاومة الضغط عن ١٥%.

○ *اختبار الموجات فوق الصوتية*

فى هذه الطريقة يتم إحداث نبضات عبارة عن موجات فوق صوتية لتسرى خلال الجزء المختبر ويتم تعيين زمن إنتقالها حيث وجد أن سرعة النبضات خلال جسم صلب يعتمد على كثافة المادةالمختبرة وخواص المرونة لها.

- **طريقة أجراء الآختبار**

- **يتطلب أجراء هذا الآختبار كفاءة عالية.**
- **إستخدام أجهزة لإنتاج نبضات مناسبة مع المادة.**
- **يتم ضبط الجهاز مع جزء المعايرة المرفق مع الجهاز قبل بدء الإختبار على العينة.**

- **يتم قياس المسافة التى تسيرها النبضات بدقة (أى طول المسار)يوضع المرسل والمستقبل على العينة وأن يكون الإتصال تام بين سطحى المرسل والمستقبل وسطح العينة)يستخدم لهذا الغرض الشحم أو عجينة الجلسرين أو الصابون السائل).**

- **عند وضع المرسل والمستقبل على العينة يستمر هذا الوضع حتى تثبت القراءة وإذا تأرجحت النتائج بين قرائتين يؤخذ المتوسط.**

- **يكون الرقم معبراً عن الوقت T لسريان النبضات خلال الجزء المختبر.**
- **تكون سرعة النبضات آالآتى: (V)**

V = L / T km/sec

طول المسار المقاس L =

زمن إنتقال الموجة T =

- **يستخدم منحنى المعايرة الخاص لإيجاد مقاومة ضغط المكعب المكافئ. وقد وضع هذا المنحنى على أساس إختبار مجموعة كبيرة من العينات ذات المقاومة المختلفة وتم قياس سرعة النبضات فى كل حالة. دقة النتائج تتراوح بين ± ٢٠ % من القيمة الفعلية لمقاومة الضغط.**

. اختبار القلب الخرسانى

- **يتم إجراء الإختبار مباشرة بعد إستخراج العينات من الماء)أى بعد وضعها فى الماء لمدة لا تقل عن ٤٨ ساعة) وهى مبللة.**

- **ينظف مكان العينة بالماكينة وأسطح العينة من أى أتربة أو عوالق.**
- **توضع العينة رأسياً تماماً فى محور الماكينة.**
- **لا توضع أى قطع مساعدة أعلى العينة.**

- **يؤثر الحمل على العينة بمعدل منتظم يتراوح بين 2-4 كج/سم ٢ /ثانية ويستمر حتى حدوث الكسر.**

- **يتم عمل وصف لحالة الإنهيار.**

النتائج

- **تحسب مقاومة الضغط لكل عينة بقسمة أقصى حمل تتحمله العينة على مساحة مقطع العينة .**

- **وتقرب النتيجة إلى أقرب ٥ كج/سم ٢.**

fc = P / A

P= حمل الكسر = A المساحه المحسوبة من القطر المتوسط.

- **حساب مقاومة الضغط الحقيقية .**

يتم حساب معاملى التصحيح أ , ب.

د

معامل التصحيح (أ) = ــــــــــــــ

1.5 + (ق/ع)

<u>1- فى حالة وجود سيخ واحد.</u>

ق ح×س

معامل التصحيح (ب) = 1 + 1.5 ــــــــــ

ق × ع

<u>2- فى حالة وجود سيخين متقاربين.</u>

العينات التى تحتوى على سيخين لا تزيد المسافة بينهما على قطر السيخ الاكبر فتطبق المعادلة السابقة لحساب عامل التصحيح (ب) مع الأخذ فى الإعتبار اكبر قيمة

(ق ح×س) لأيهما

<u>3 - فى حالة وجود سيخين متباعدين.</u>

العينات التى تحتوى على سيخين تزيد المسافة بينهما على قطر السيخ الأكبر فيكون التأثيرالمجمع لهما كالآتى: (ق ح×س)

عامل التصحيح (ب) = 1 + 1.5 ــــــــــــــ

ق × ع

. *اختبار التحميل*

الغرض من الإختبار

إختبار كفاءة العنصر الإنشائى فى تحمل الأحمال التصميمية التى صُم من أجلها ويجرى الإختبار على الكمرات أو البلاطات أو الأسقف أو المنشأ ككل. أما العناصر الغير معرضه لعزوم إنحناء مثل الأعمدة أو القواعد يتم تقييم أمانها عن طريق التحليل الإنشائى ولا يجوزعمل إختبارات تحميل لها.

الحالات التى يجرى فيها الاختبار

- **إذا كان هناك شك فى كفاءة المنشأ.**
- **إذا كانت هناك أسباب تدعو إلى ذلك مثل وجود هبوط غير منتظم فى أجزاء من المنشأ.**
- **إذا فشلت نتائج القلب الخرسانى.**
- **إذا نُص على ذلك فى المواصفات والإشتراطات الخاصة بالمشروع.**
- **ولا يتم إجراء الإختبار قبل مرور ستة أسابيع من إبتداء تصلد الخرسانة.**

ويتم اجراء إختبارات الخرسانة الطازجة أثناء الصب

1. **اختبار الهبوط.**
2. **اختبار القوام(الانسياب).**
3. **زمن VB.**
4. **كثافة الخرسانة الطازجة.**

4-3-1 التخطيط الجيد للموقع

يعتبر تخطيط المواقع الإنشائية من أهم العوامل التي لها تأثير فعال في الحصول علي أعمال ذات جودة عالية.

حيث أن التخطيط الجيد للموقع وتوظيف المساحات الموجودة داخل المشروع بشكل جيد يؤدي إلي توفير الجهد والمال وإنجاز أعمال في أوقات قياسية وذات جودة عالية علي العكس من ذلك فنجد أن التخطيط السيئ للموقع يؤدي إلي إهدار المال العام وإهدار للوقت والحصول علي أعمال ذات مستوي متدني وهذا للأسف ما نراه بكثرة داخل المواقع الإنشائية في بلادنا بسبب سوء التخطيط ونجد إهدار في الكثير من المواد نتيجة أيضا لسوء التخطيط وهذا بالطبع يؤدي إلي الحصول علي أعمال ذات كفاءة غير مقبولة بالمرة والأكثر من ذلك أننا نري بعض المنشآت تحتاج إلي ترميم قبل استخدامها وذلك بسبب عدم الاهتمام بضبط الجودة كما ذكرنا , بالإضافة إلي سوء التخطيط والتنظيم داخل الموقع نفسه لذلك سوف نتناول بشيء من التفصيل عناصر تكوين المواقع الإنشائية التي يجب توافرها في أي مشروع حتي ولو كان صغيراً وذلك لضمان حسن سير العمل.

. عناصر تكوين الموقع الإنشائى

هناك مجموعة من العناصر الأساسية يجب أن تتوافر في جميع المشروعات لضمان الحصول علي أفضل كفاءة للأعمال المنتجة وهي :

1- السور الخارجى

يحاط الموقع بسور خارجي لا يقل ارتفاعه عن (1.8م) من الخشب أو الصاج أو الأسلاك ويثبت بطريقة مناسبة يعمل بها بوابة للتحكم في الدخول والخروج للموقع0

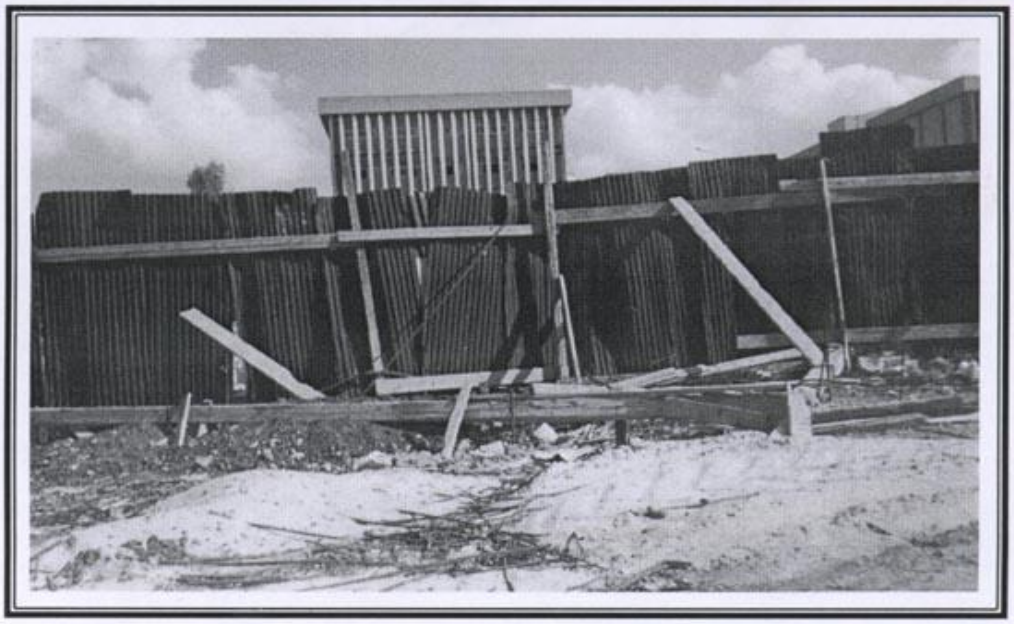
ويجب أن يتوافر في السور الشروط الآتية

-يجب أن تكون بالإتساع الكافى لمرور اكبر معدة داخل الموقع.

- تكون أقرب ما يمكن للطريق الرئيسي.

- ألا تربك حركة المرور.

- يجب أن توضع غرفة أمن بجانب البوابة ويتم منع دخول أي شخص إلي الموقع إلا العاملين فقط.



شكل يوضح السور الخارجى للموقع

شكل يوضح السور الخارجى

شكل يوضح البوابة

غرفة الحارس

2- التشوينات

يشمل تخطيط الموقع تحديد أماكن تشوين المواد المختلفة مع اتخاذ الاحتياطات اللازمة لحماية المواد المشونة من الظروف الجوية و اتباع اشتراطات التخزين للمواد المختلفة.

- **الأسمنت**

يجب أن يتم تخزين الأسمنت داخل مستودعات أو صوامع محكمة الإغلاق حتى يمنع تسرب الرطوبة إليها.

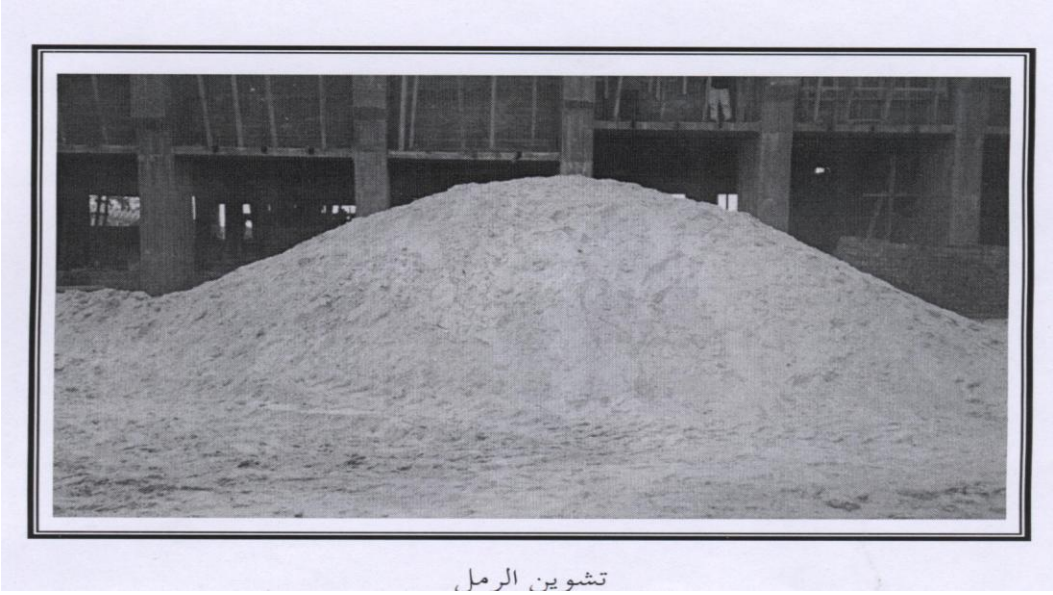
يتم وضع شكاير الأسمنت التي تأتي من الصومعة فوق سقائف خشبية ترتفع من الأرض ما لا يقل عن (10سم) و يتم التغطية بالبلاستيك للحفاظ عليه من المطر و يلاحظ عدم استخدام الأسمنت بعد مرور (60 يوم) من تخزينه.

تشوين جيد للأسمنت

تشوين سيىء للأسمنت

- **<u>الركام</u>**

يتم تخزين الركام داخل الموقع كل نوع علي حدة مع ملاحظة عدم الخلط بين الأنواع كما يتم غسل الركام الكبير بالماء لإزالة الشوائب و أي مواد غريبة أو غبار.



تشوين الرمل

تشوين سيىء للركام

- **<u>الحديد</u>**

يتم تشوين الحديد كل مقاس علي حدة مع التغطية الجيدة لمنع الصدأ.

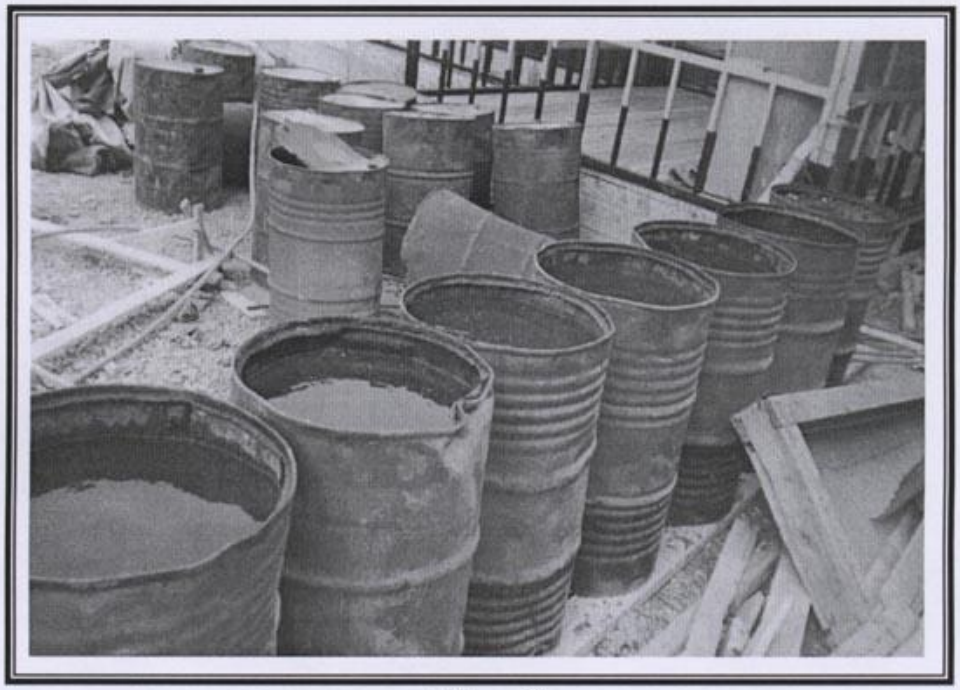
تشوين جيد للحديد

تشوين جيد للحديد

- **الماء**

د- تشوين الماء:

- تكون أقرب ما يمكن لاماكن الاستخدام
- تكون المياه خالية من أي شوائب أو أي أملاح



تخزين المياه

و- يتم تشوين الأدوات الصحية والكهربية والمواد المصنعة والنصف مصنعة في مخازن خاصة بها

- **الأخشاب**

ى- تشوين الخشب :

تشوين جيد للخشب

تشوين سيء للخشب

- **الطوب**

يتم رص الطوب بشكل جيد مع ملاحظة عدم استخدام الكسر في عملية البناء.

- **المواد القابلة للاشتعال**

المواد القابلة للاشتعال يتم تشوينها بعيداً عن مصادر الحريق مثل المواد الكميائية.

- **السيراميك والتركيبات الصحية**

المواد القابلة للكسر مثل السيراميك و التركيبات الصحية يتم تشوينها داخل مخازن خاصة بعيداً عن حركة المعدات حتي لا تتعرض للكسر.

3- الورش

في المشروعات الكبيرة يتم عمل ورش خاصة داخل الموقع مثل ورش اللحام والحدادة و النجارة و الصاج و ذلك لتجهيز القطع المصنعة و المطلوبة مباشرة.

يجب أن تتوافر في الورش عناصر الأمن و السلامة بعمل أبواب ذات اتساع كافي لدخول و خروج المواد الخام و القطع المصنعة كذلك تشمل علي طفايات الحريق المناسبة و تكون الورش مسقوفة حيث تحمي العاملين و المواد من الظروف الجوية و يجب أن تكون في مكان داخل الموقع و حيث يسهل الوصول إليها بالسيارات لنقل المواد منها و إليها.

4-موقع الأوناش البرجية

هناك عدة أنواع من الأوناش البرجية تختلف حسب الارتفاع و طول الذراع و تتراوح طول الأذرع من (18 – 45 متر) والارتفاع إلي ما يزيد عن (100 متر) و يتراوح قدرة الرفع ما بين (3 – 15 طن) ، قد يحتاج الموقع الواحد إلي أكثر من ونش برجي و يتم وضع الونش في مكان في الموقع بحيث يغطي ذراعه أكبر مساحة ممكنة من المشروع مع مراعاة ألا يعوق موقع البرج أعمال التنفيذ أو المرور و الحركة داخل الموقع .

5- مكاتب المهندسين و الاجتماعات

يتم وضع مكاتب المهندسين ومديري العملية بحيث تتوسط الموقع و تكون قريبة من البوابة الرئيسية.

يجب في كل الحالات أن يكون الوصول إلي المكاتب سهل و مباشر و أن تكون دورات المياه الخاصة بالمهندسين و العاملين أقرب ما يكون لموقع هذه المكاتب.

يجب أن يشتمل الموقع علي الأدوات و المواد الخاصة بالإسعافات الأولية و البوفيه و أماكن تناول الغذاء للمهندسين و العمال.

كما يجب أن يخصص مكان لحفظ الأدوات الخاصة و الأجهزة المساحية كما يخصص مكان الاجتماعات و آخر توضع به لوحات الرسم الضرورية.

6- موقع المعمل و الاختبارات

تشمل مشاريع البناء و التشييد علي معمل صغير لإجراء الاختبارات لضبط الجودة داخل الموقع و يكون مكان المعمل بعيداً عن المؤثرات الخارجية الناتجة عن الاهتزازات و حركة العمال أو الأتربة التي قد تؤثر علي قراءة الأجهزة وخاصة الأجهزة الإلكترونية منها.

4-1 التفتيش الفنى على صناعة الخرسانة

للحصول على خرسانة عالية الجودة لابد من جودة التنظيم وجودة الصناعة بالإضافة الى جودة المواد المستخدمة.

والتفتيش الفنى هو تطبيق المواصفات على مختلف مراحل الصناعة وهو ضرورى للتأكد من ان العمل يسير طبقاً للرسومات والمواصفات وكودات الممارسة .

1-4-1 البنود التى يجب تغطيتها فى عملية التفتيش الفنى

- **اخذ العينات من المواد وإجراء الاختبارات عليها.**
- **التحكم فى نسبة الخلطة وطريقة الخلط والنقل والصب والدمك .**
- **اختبار واستلام الشدات وحديد التسليح من حيث أماكنه وأعداده وأقطاره.**
- **اختبار الخرسانة الطازجة وأخذ المكعبات اللازمة لإرسالها لمعمل مقاومة المواد.**
- **ملاحظات عامة عن المقاولين والمعدات والعوامل الجوية والعناصر الأخرى التى تؤثر على سلامة الخرسانة .**
- **إعداد السجلات والتقارير عن سير العمل فى الموقع .**

وتعتمد عملية التفتيش الفنى على معرفة تامة بمبادئ التشييد وعلى التقدير الجيد للمشاكل التى تواجه التنفيذ .

2-4-1 مؤهلات المفتش الفنى

- **الدراية الكاملة بمراحل صناعة الخرسانة وأن يكون لديه الحس الهندسى فى معرفة خواص الخرسانة ونسبها .**
- **قوة الشخصية لإعطاء التوصيات للعمال .**
- **القدرة على الفهم الكامل لحدود سلطاته ومسؤولياته .**
- **القدرة على اعطاء الأحكام المناسبة فى المشكلات التى قد تعترض العمل .**
- **العلاقات الطيبة مع الرؤساء والمهندسين والمقاولين بقدر الإمكان .**

مع العلم أن المشروعات الصغيرة يمكن أن تتم بها عملية التفتيش بواسطة شخص واحد،بينما فى المشروعات الكبيرة يتولى القيام بعملية التفتيش الفنى فريق عمل يتكون من مجموعة من المفتشين .

3-4-1 مهام مهندس ضبط الجودة

بعد أن استعرضنا مشاكل المواقع الإنشائية و مكوناتها نوجز باختصار المهام الواجبة علي مهندس موقع (مهندس ضبط الجودة) و هي كالآتي:

1- مراجعة الرسومات الهندسية الإنشائية و المعمارية و الميكانيكية و الكهربية

و الصحية والتأكد من مطابقة الرسومات بعضها مع بعض ووضع كل الملاحظات

عليها وذلك للرجوع إلي الاستشاري للتأكد من صحة أو عدم صحة هذه الملاحظات.

3. حساب كميات الأعمال وكميات المواد المطلوبة لهذه الأعمال طبقاً للخطة الزمنية

المطلوبة للمشروع.

4. إجراءالاختبارات القياسية للتأكد من صلاحية المواد الداخلة في إتمام البنود

المطلوبة.

5- تصميم الخلطة الخرسانية طبقاً للمقاومة المطلوبة.

6- تخطيط الموقع و التأكد من الأبعاد بدقة و تحديد أعماق الحفر و إتمام عملية الحفر و نقل المخلفات خارج الموقع مع اتخاذ جميع الاحتياطات اللازمة بسند جوانب الحفر و نزح المياه و التأكد من سلامة المنشآت المجاورة ووجود كابلات و أسلاك الكهرباء والتليفونات و مواسير المياه.

7- <u>التأكد من:</u>

1. **مراحل الصب المختلفة للخرسانة من صب و دمج و نقل و غيرها.**
2. **الشدات الخشبية و العبوات ومدي قوتها.**
3. **توفير السلامة و الأمن للعاملين بالموقع و حماية الممتلكات و الأفراد بالموقع.**

4-4-1 سلطات المفتش الفنى

1. **منع استخدام مواد أو معدات غير مطابقة للمواصفات .**
2. **وقف أى عمل يخالف الرسومات أو المواصفات .**
3. **منع صب الخرسانة حتى إتمام واستلام الشدات والتفتيش عليها.**
4. **المطالبة بإزالة أو معالجة الأعمال التى تمت بدون تفتيش فنى .**

5-4-1 التفتيش الفنى على التنفيذ

- **التفتيش الفنى قبل صب الخرسانة**

يجب على المشرف على الموقع ألا يسمح بصب الخرسانة إلا بعد التأكد من استكمال اشتراطات مراحل الإعداد وتشمل :

1. ***أعمال حفر الأساسات .***
2. ***التشـوينات .***
3. ***استلام الفـرم.***
4. ***التسـليح .***
5. ***التنظيف السابق للصب مباشرةً .***
6. ***أسلوب التحكم فى الخلطات ومحطات الخلط طبقاً للمواد و الخلطات المتفق عليها .***
7. ***تحديد الاختبارات التى يمثلها التفتيش الفنى على المواد .***

فقبل الصب يجب اختبار المواد مثل الأسمنت والركام ومياه الخلط وأي مواد أخرى داخلة في عملية الخلط وفيما يلى ذكر لإختبارات المواد .

- **التفتيش الفنى أثناء الصب**

حيث يجب التأكد من :

1. جودة ونسب مكونات الخلطات الخرسانية .
2. تجانس الخلطات الخرسانية .
3. تفريغ وصب الخرسانة .
4. دمك الخرسانة .
5. تشطيب الخرسانة .
6. التحكم فى الظروف غير الشائعة مثل الصب فى الجو الحار ، الصب تحت الماء.
7. اعداد عينات الاختبار فى المعمل وفى الموقع .