٢-٦ خواص واختبارات الأسمنت البورتلاندى الطبيعية والميكانيكية

يوجد الكثير من المعلومات عن الخواص الطبيعية والميكانيكية للأسمنت البورتلاندي حيث تعتبر هذه الخواص هي الأساس الذي يعتمد عليه فى الحكم على قبول أو رفض استخدام هذا الأسمنت بكل صوره وأشكاله. ولكي يسهل تصنيف وتقسيم خواص وطرق اختبار الأسمنت فيجب أن نأخذ فى الاعتبار الحالة التى يكون عليها الأسمنت مثل:-

١- الأسمنت الجاف (كمسحوق فقط)
٢- عجينة الأسمنت (أسمنت وماء)
٣- مونة الأسمنت (أسمنت ورمل وماء)
٤- خرسانة الأسمنت (أسمنت وركام ناعم وركام خشن وماء)

وهنا سيتم دراسة الأسمنت البورتلاندى لحالات مسحوق الأسمنت الجاف و عجينة الأسمنت ومونة الأسمنت فقط أما الحالة التى يكون فيها الأسمنت فى الخرسانة يتم دراستها مع خواص واختبارات الخرسانة. ونستخلص من هذا أن الخواص الرئيسية للأسمنت البورتلاندى والتى يجب أن نقف عندها للحكم على جودة الأسمنت هي:

١- نعومة الأسمنت.
٢- الكثافة النوعية للأسمنت.
٣- الشك والتصلد.
٤- ثبات الحجم للأسمنت
٥- مقاومة الأسمنت.

ولكن مع أن هذه الخواص هى الأساسية للحكم على الأسمنت ولها طرق اختبارات قياسية لتعينها بكل دقة، إلا أنه توجد خواص أخرى يجب الاهتمام بها بحثيا وعلمياً سواء كانت تشملها أو لا تشملها المواصفات القياسية بغرض تطوير إنتاج وتصنيع واستخدامات تلك المادة الفعالة فى مجال الأعمال الإنشائية.

٢-٦-١ خواص واختبارات مسحوق الأسمنت الجاف

هنا يتم دراسة خاصتين مهمتين وهما: نعومة الأسمنت والكثافة النوعية للأسمنت (الوزن النوعي) بالإضافة إلى تعيين الوزن الحجمى للأسمنت.

نعومة الأسمنت

تؤثر نعومة حبيبات الأسمنت على معدل ومدى تفاعل حبيبات الأسمنت مع الماء، فبزيادة نعومة حبيبات الأسمنت تزداد المساحة السطحية النوعية له مما يوفر مساحة أكبر لالتقاء وتفاعل الماء مع وزن محدد من الأسمنت، كما أن سرعة اكتمال عملية التفاعل مع الماء تعتمد على مقاس حبيبات الأسمنت حيث يصعب وصول الماء إلى قلب الحبيبات الكبيرة مما قد يسبب تفاعل القلب الداخلي لحبيبات الأسمنت فى أزمنة متأخرة وقد يصحب ذلك عدم ثبات حجم الأسمنت. كما أنه أيضاً قد يسبب كبر حجم الحبيبات عدم تفاعل قلبها تماماً مما يؤدى إلى ضعف فى المقاومة لنفس محتوى الأسمنت. وعموماً فإن زيادة نعومة الأسمنت تحسن كلا من:

- قابلية التشغيل.
- الترابط والتماسك بين حبيبات الأسمنت والركام.
- مقاومة الضغط.
- التحمل مع الزمن.
- تقلل من ظاهر النضح.

وقد نصت معظم الموصفات الخاصة بالأسمنت البورتلاندى بأنه يتم تعيين درجة نعومة الأسمنت بطريقتين

- بطريقة المنخل رقم ١٧٠
- بطريقة المساحة السطحية النوعية باستخدام جهاز بلين.

اختبار تعيين نعومة الأسمنت باستخدام منخل رقم ١٧٠
Fineness of Cement by the sieve NO. 170

إن الغرض الأساسي من اختبار تعيين نعومة الأسمنت باستخدام المنخل رقم ١٧٠ (٩٠ ميكرون) التأكد من عدم وجود نسبة كبيرة من الحبيبات التى تحجز على المنخل ١٧٠ لأنه قد وجد أن حبيبات الأسمنت ذات المقاس الأكبر من ٠,٠٩مم (٩٠ميكرون) لا تتفاعل بصورة تامة مع الماء ولذلك يلزم التأكد من أن الأسمنت لا يحتوى على نسبة كبيرة من هذه الحبيبات. ولكن هذا الاختبار لا يستخدم كاختبار قبول أو رفض للأسمنت. ولكن لضبط جودة الأسمنت ، يجب أن تكون نسبة المتبقي على المنخل ١٧٠ لا تزيد عن ١٠% بالوزن للأسمنت البورتلاندى العادي ولا تزيد عن ٥% للأسمنت سريع التصلد.

- **الأجهزة المستخدمة**

١- منخل الاختبار: مكون من إطار قطرة من ١٥٠ إلى ٢٠٠مم وعمقه من ٤٠ إلى ١٠٠مم ومصنوع من مادة غير قابلة للتآكل، ويزود الإطار بمنخل مقاس فتحته ٠,٠٩مم (٩٠ ميكرون) مصنوع من نسيج الصلب أو الأسلاك المقاومة للصدأ أو التآكل، ويزود المنخل بصينية توضع تحته لمنع فقد المادة أثناء النخل. ويبين الشكل (٢-١٤) صورة للمنخل القياسي ١٧٠.

شكل (٢-١٤) المنخل القياسي ١٧٠ والصينية السفلية.

٢- ميزان: يزن حتى ١٠٠جرام بدقة ١٠ ملليجرام.

- **خطوات الاختبار**

تقاس نعومة الأسمنت بنخله على منخل ١٧٠ ثم تحدد نسبة الأسمنت المحتجزة فوق المنخل كما يلي:

١- تؤخذ عينة مقدارها ٥٠ جرام من الأسمنت موزونة لأقرب ٠,١ جرام .

٢- ترج عينة الأسمنت تحت الاختبار لمدة دقيقتين فى زجاجة مغلقة لتفكيك أى تجمعات بها ثم يتم تركها دقيقتين ثم تقلب باستخدام قضيب جاف لتوزيع الحبيبات الناعمة فى الخليط.

٣- توضع الصينية تحت المنخل ويتم وضع العينة الموزونة بعناية على المنخل لتجنب فقد أي جزء منها مع تفكيك أي تجمعات بها ثم يغطى المنخل.

٤- تبدأ عملية النخل بتحريك المنخل حركات دورانية وأفقية، حتى يتم التأكد من انتهاء عملية النخل وذلك عندما لا يزيد معدل المار من المنخل عن ٠,٠٥جم / دقيقة أثناء النخل. يجمع ويوزن المتبقي فوق المنخل (W_1). ثم يتم تنظيف المنخل من أى حبيبات ناعمة جداً وعالقة به.

٥- يتم تكرر الخطوات السابقة مع ٥٠ جرام أخرى من عينة أخرى من نفس الأسمنت المختبر ويحدد الوزن المتبقي (W_2).

- **النتائج**:

يتم حساب النسبة المئوية للمتبقي على المنخل للعينتين كما يلي:

$$R_1 = \frac{w_1}{50} * 100$$

$$R_2 = \frac{w_2}{50} * 100$$

حيث: R_1 : النسبة المئوية للمتبقي للعينة الأولى.

R_2 : النسبة المئوية للمتبقي للعينة الثانية.

w_1 : الوزن المتبقي على المنخل للعينة الأولى بالجرام.

w_2 : الوزن المتبقي على المنخل للعينة الثانية بالجرام.

- تحسب النسبة المئوية للمتبقي (R_C) من متوسط قيم R_1 و R_2 لأقرب ٠,١%

$$R_C = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

- عند اختلاف النتائج بأكثر من ١% تجرى عملية تحليل ثالثة ويؤخذ متوسط الثلاث نتائج.

اختبار تعيين نعومة الأسمنت باستخدام جهاز بلين

Determination of Fineness of Cement Using Blaine Apparatus

- **الهدف من الاختبار**

يهدف الاختبار إلى تحديد المساحة السطحية لحبيبات الأسمنت والتى تساعد على معرفة الأسمنت ومقارنة العينة المختبرة من الأسمنت بعينة مرجعية من الأسمنت معلوم لها المساحة السطحية النوعية، وتلك المساحة السطحية النوعية هى مجموع المساحات السطحية لحبيبات الأسمنت لوحدة الوزن ويتم حسابها باستخدام جهاز بلين بمعلومية الزمن اللازم لمرور كمية محددة من الهواء خلال طبقة من عينة الأسمنت ذات أبعاد ومسامية محددتين ويستخدم هذا الاختبار كاختبار أساسي للحكم على مدى صلاحية الأسمنت.

- **الأجهزة المستخدمة**

١- جهاز بلين للنفاذية: ويتكون من الأجزاء الآتية والموضحة فى شكل (٢-١٥):

- خلية النفاذية.
- القرص المثقب.
- المكبس.
- المانومتر.
- سائل المانومتر.

٢- ساعة إيقاف.

٣- ميزان حساس.

٤- قنينة كثافة.

٥- ترمومتر.

- **خطوات الاختبار**

١- تخلط عينة الأسمنت جيداً برجها فى زجاجة لمدة دقيقتين وبعدها بدقيقتين من الرج يقلب الأسمنت باستخدام قضيب جاف نظيف وذلك لتوزيع الحبيبات الناعمة فى الخليط.

٢- تعين كثافة نفس العينة المختبرة من الأسمنت فى قنينة الكثافة وسوف توضح هذه الطريقة فيما بعد فى اختبار تعيين كثافة الأسمنت.

٣- يتم وضع السائل المانومتري فى أنبوبة مانومتر الجهاز.

٤- يتم التأكد من وجود الحاجز ذو الثقوب فى خلية النفاذية، ويتم وضع ورقة ترشيح فوق الحاجز ذو الثقوب لعدم نفاذية حبيبات الأسمنت منه.

٥- يتم وزن كمية محددة من الأسمنت بعناية بحيث تعطى طبقة أسمنتية لها مسامية محددة. ويتم وضع كمية الأسمنت الموزونة داخل الخلية فوق ورقة الترشيح السفلية بعناية لتفادى فقد أى أسمنت، ويسوى سطح الأسمنت ويغطى بورقة ترشيح ثانية.

٦- يحرك المكبس حتى يلامس ورقة الترشيح ويتم الضغط على العينة، ثم يرفع المكبس حوالى ٥مم ويدار ٩٠درجة برفق لعدم تناثر أى حبيبات أسمنتية فوق ورقة الترشيح ثم يضغط مرة أخرى ويسحب برفق.

٧- يوضع السطح المخروطي للخلية فى التجويف العلوي للمانومتر ويستخدم الشحم لإحكام مرور الهواء خلال الوصلات. يغلق أعلى الخلية بغطاء محكم ملائم.

٨- يفتح صمام المانومتر ويرفع مستوى السائل ليصل إلى العلامة العليا بأنبوبة مانومتر الجهاز. (العلامة رقم (١) كما هى موضح بالشكل (٢-١٥)). ثم يغلق الصمام ويختبر التسرب ويضبط الإحكام إلى أن يثبت مستوى السائل.

٩- يتم فتح الصمام ويضبط مستوى السائل عند أعلى علامة (ا) ثم تفتح الخلية ويحسب زمن سريان سائل المانومتر بين العلامتين الأوسطتين من العلامة (ب) إلى العلامة (جـ) ويسجل هذا الزمن (T) لأقرب ٠,٢ ثانية كما تسجل درجة الحرارة لأقرب درجة مئوية.

١٠- تعاد الخطوات السابقة مرتين وعلى نفس طبقة الأسمنت وتسجل قيم الزمن والحرارة فى كل مرة.

١١- يعاد الاختبار على عينتين جديدتين من نفس نوع الأسمنت وبنفس الخطوات السابقة وتسجل قيم الزمن والحرارة فى كل مرة.

١٢- لكل عينة يحسب متوسط الزمن ودرجة الحرارة ثم يتم حساب مساحة السطح النوعية للأسمنت المختبر باستخدام المعادلة التالية:

المساحة السطحية النوعية للأسمنت = $K\sqrt{T}$

حيث أن:

K : ثابت الجهاز

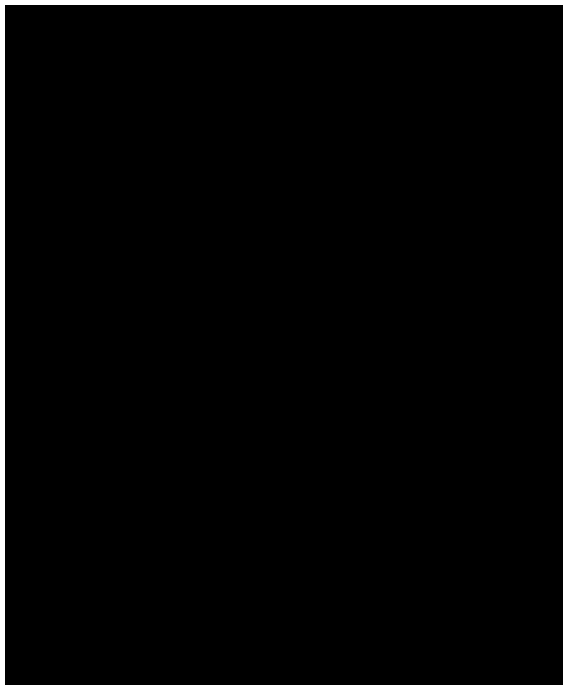
T: متوسط الزمن المسجل الذى يستغرقه السائل المانومتري للهبوط من العلامة رقم (٢) إلى العلامة رقم (٣) كما بالشكل رقم (٢-١٥) لأقرب ٠,٢ ثانية.

- **حدود القبول أو الرفض**

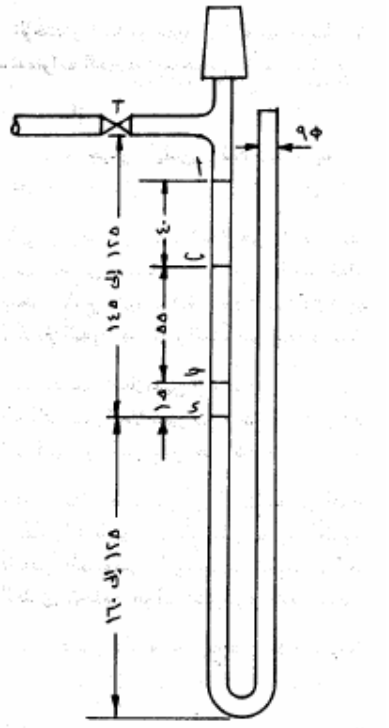
يجب ألا تقل نعومة الأسمنت عن :

٢٧٥٠	سم^{٢} / جم	أسمنت بورتلاندى عادى
٣٥٠٠	سم^{٢} / جم	أسمنت بورتلاندى سريع التصلد
٢٨٠٠	سم^{٢} / جم	أسمنت بورتلاندى مقاوم للكبريتات
٢٨٠٠	سم^{٢} / جم	أسمنت بورتلاندى منخفض الحرارة
٢٧٠٠	سم^{٢} / جم	أسمنت بورتلاندى أبيض
٣٠٠٠	سم^{٢} / جم	أسمنت بورتلاندى مخلوط بالرمل
٤١٠٠	سم^{٢} / جم	أسمنت بورتلاندى نعومة ٤١٠٠
٢٥٠٠	سم^{٢} / جم	أسمنت بورتلاندى حديدي

شكل (٢-١٥) صورة لجهاز بلين لتعين نعومة الأسمنت



رسم تخطيطي لجهاز بلين لقياس نعومة الأسمنت



المانومتر الموجود بجهاز بلين

الكثافة النوعية للأسمنت (الوزن النوعي للأسمنت)

كثافة الأسمنت هى وزن وحدة الحجوم لحبيبات الأسمنت، ويفيد تحديد كثافة الأسمنت فى تصميم الخلطات الخرسانية والتحكم فى جودتها، وقد تتراوح الكثافة النوعية (الوزن النوعي) لأنواع الأسمنت المختلفة ما بين ٣,١٠ إلى ٣,٢. وتوجد مؤثرات عديدة على الكثافة النوعية للأسمنت أهمها:

- التخزين: حيث أن التخزين لفترات طويلة يقلل من الكثافة النوعية بشكل ملحوظ.
- المركبات الكيميائية: لأن الأسمنتات التى تحتوى على أكسيد حديد قد تزيد الكثافة بقيمة تتراوح ما بين ٠,٠٥ إلى ٠,١ عن الأنواع التى بها نسبة أقل من هذه الأكاسيد.
- نعومة الأسمنت: لأن الأسمنتات ذات الحبيبات الناعمة تكون كثافتها النوعية أكبر من الأسمنتات ذات الحبيبات الخشنة والتى لها نفس المكونات و التركيب الكيميائي والظروف.

ويتم تعيين الكثافة النوعية (الوزن النوعي) للأسمنت بالاختبار الآتى:

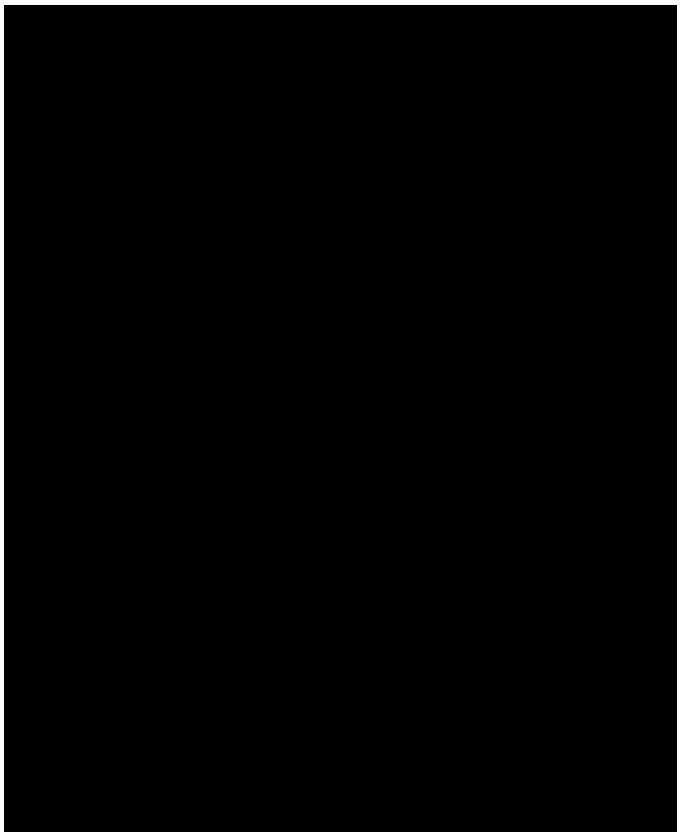
اختبار قياس الكثافة النوعية للأسمنت Specific Density of Cement

- **الهدف من الاختبار**

يهدف الاختبار لتحديد كثافة الأسمنت وذلك بتحديد وزن وحدة الحجوم من مادة الأسمنت باستخدام قنينة لوشاتليه للكثافة. ولكن لا تنص الموصفات على إجراء هذا الاختبار كاختبار قبول أو رفض للأسمنت، ولكن يتم تعيين الكثافة للاستفادة منها فى تصميم الخلطات الخرسانية أو لأي مقارنات بين أنواع الأسمنت المختلفة.

- **أجهزة الاختبار:**

- قنينة لوشاتليه للكثافة: تستخدم قنينة قياسية مستديرة المقطع بالشكل والأبعاد كالموضحة بالشكل رقم (٢-١٦).
- كيروسين: خالي من الماء والنفط أو أى سائل لا يتفاعل مع الأسمنت.
- حمام مائي :لضمان تثبيت درجة الحرارة لفترة كافية.
- ميزان



شكل (٢-١٦) شكل قنينة الكثافة المستخدمة فى تعيين الوزن النوعي للأسمنت

- **خطوات الاختبار**

أ- تجهز وتزن ٦٤ جرام من عينة الأسمنت المراد اختباره لأقرب ٠,٠٥ جرام، يجرى الاختبار على العينات بنفس صورتها التى تم تسليمها عليها التى تسليمها عليها إلا إذا تم التوصية بغير ذلك.

ب- تملأ القنينة بالكيروسين حتى يصل إلى نقطة بين التدريجين صفر و ١ ملليمتر، يجفف السطح الداخلي للقنينة أعلى مستوى الكيروسين إذا لزم الأمر.

جـ- توضع القنينة المملوءة بالكيروسين فى حمام مائي على أن تكون فى وضع رأسي داخل الحمام المائي وتؤخذ قراءة ابتدائية لمستوى الكيروسين بالقنينة.

د- توضع عينة الأسمنت المطلوب اختباراها داخل القنينة على دفعات صغيرة عند نفس درجة حرارة الكيروسين، ويراعى عند وضع الأسمنت داخل القنينة عدم فقد أى كمية منه أو التصاقه بالأسطح الداخلية للقنينة أعلى منسوب الكيروسين.

هـ- بعد وضع كمية الأسمنت بأكملها داخل القنينة، توضع السدادة على فوهة القنينة ثم تحرك القنينة حركة دورانية فى وضع مائل بحيث يتم طرد الهواء المحبوس بين حبيبات الأسمنت، ويستمر تحريك القنينة حتى يتوقف ظهور فقاعات هوائية من سطح الكيروسين داخل القنينة.

و- توضع القنينة فى الحمام المائي ثم تؤخذ القراءة النهائية.

- **النتائج**

يمثل الفرق بين القراءتين النهائية والابتدائية حجم السائل المزاح بعينة الأسمنت المستخدمة فى الاختبار وعلى ذلك:

الحجم المزاح من السائل = القراءة النهائية – القراءة الابتدائية

تحسب كثافة النوعية للأسمنت كما يلي:

$$\text{الكثافة النوعية للأسمنت} = \frac{\text{كتلة الأسمنت (جم)}}{\text{الحجم المزاح من السائل (سم}^3\text{)}}$$

اختبار تعيين الوزن الحجمى للأسمنت

- **الهدف من الاختبار**

يتم تعيين الوزن الحجمى للأسمنت وهو فى حالته الطبيعية بما فيه من فراغات بدون أى دمك حتى لا تؤثر على وحدة الحجوم للعينة المختبرة. وهذا الاختبار لا تنص عليه المواصفات للأسمنت كاختبار قبول أو رفض.

- **أجهزة الاختبار**

- مخروط معدني له بوابة مناسبة يسهل تركيبها وفتحها لحجز الأسمنت المختبر.
- وعاء حجمه لتر. – حامل ثلاثي.

- **خطوات الاختبار**

١– يتم وضع ٢لتر من الأسمنت فى مخروط الاختبار المعدني.

٢– تفتح البوابة ليسقط فى الوعاء السفلى تحت تأثير وزنه ويملأ الوعاء.

٣– يتم تسوية سطح الوعاء ويعين وزن الأسمنت المالئ للوعاء (و) بالكجم.

٤– يتم حساب الوزن الحجمى للأسمنت من العلاقة الآتية:

$$\text{الوزن الحجمى للأسمنت} = \frac{\text{وزن الأسمنت (و)}}{\text{حجم الوعاء (١لتر)}}$$

وعموما يتراوح الوزن الحجمى للأسمنت ما بين ١٠٠٠ : ١١٠٠ كجم/م^3.

٢-٦-٢ خواص واختبارات عجينة الأسمنت

لتعيين خواص واختبارات عجينة الأسمنت (الأسمنت وماء) يتم دراسة وتحديد خواص وطرق اختبار أهمها وهى:

- الشك والتصلد لعجينة الأسمنت.
- ثبات حجم الأسمنت.

الشك والتصلد لعجينة الأسمنت

من الحالات المهمة وهى حالة الأسمنت عندما يخلط عليه ماء مكوناً عجينة الأسمنت، والتى يفضل مناقشة مظاهرها الطبيعية بعد إضافة الماء على الأسمنت وحتى التصلد النهائي. ومن هذه المظاهر التصلب والشك والتصلد، والتى لها أهميتها الكبرى للحكم على جودة واستخدام الأسمنت لأنها تمثل دوال أساسية فى التركيبات والتفاعلات الكيميائية للأسمنت والتى يعرف كل منها كما يلي:

- التصلب (Stiffening): والتصلب هو فقد القوام لعجينة الأسمنت اللدنة، وعموما ترتبط بظاهرة فقد الهابط. وحيث أن الماء الحر هو المسئول عن لدونة عجينة الأسمنت، فإن الفقد المندرج للماء الحر من المنظومة العامة للتفاعلات والمنحصرة فى عملية الإماهة المبكرة، ومن الامتزاز الطبيعى على سطح منتجات التفاعلات الكيميائية مثل الإترنجيت وسيليكات الكالسيوم المماهة، ومن التبخر للماء أيضاً يتسبب هذا الفقد فى شك وتصلد العجينة الأسمنتية.

- الشك (Setting): الشك هو التجمد لعجينة الأسمنت اللدنة وينقسم الشك إلى قسمين الشك الابتدائي والشك النهائي.

- الشك الابتدائي (Initial Setting): هو التجمد الابتدائي، ويعبر عنه بالزمن الذى يمضى حتى تصبح العجينة غير قابلة للتشغيل. ويصعب بعد هذا الزمن نقل ووضع ودمك وتسوية العجينة الأسمنتية المستخدمة.
- الشك النهائي (Final Setting): هو التجمد الكامل للعجينة الأسمنتية، ويعبر عنه بالزمن الذى يمضى لتجمد العجينة بالكامل. لأن العجينة الأسمنتية لا تتجمد لحظيا بعد التجمد والشك الابتدائي، ولكن يلزم لها وقت كاف حتى تصبح جاسئة تماماً. ولكن لا يجب أن يكون هذا الوقت طويلاً بشكل ملحوظ لأجل استكمال عمليات الإنشاء المتتالية بعد مرور الفترة المناسبة من الصب.

- التصلد (Hardening): هى ظاهرة نمو المقاومة مع الزمن. وتعتبر مرحلة التصلد الفعلي للعجينة مع الشك النهائي، حيث أن المركب الأساسي المسئول عن المقاومة المبكرة فى العجينة الأسمنتية وهو ثالث سيليكات الكالسيوم والذي يبدأ فى الإماهة فى مرحلة الشك النهائي مكوناً المنتج الرئيسي للمقاومة وهى سيليكات الكالسيوم المماهة والتى يستمر إنتاجها بسرعة مع استمرار سرعة التفاعل للأسمنت مع الماء، ثم يشترك أيضاً مركب أخر وهو ثاني سيليكات الكالسيوم منتجاً أيضاً سيليكات كالسيوم مماهة، وباستمرار التفاعل لعدة أسابيع تتقدم ملء الفراغات والمسام بمنتجات التفاعل الحادثة فى العجينة، ويسبب هذا انخفاض مسامية (نفاذية) العجينة الأسمنتية، ويصحب هذا زيادة مقاومتها حتى تصل إلى مرحلة التصلد النهائية.

ويجب قبل الخوض فى اختبارات هذه الخواص معرفة العوامل المؤثرة على خواص الشك فى الأسمنت البورتلاندى وهى:

- المكونات الأساسية للأسمنت.
- النسبة المئوية للمادة المضافة لتبطئ عملية الشك (الجبس الخام).
- درجة نعومة الأسمنت (حيث أنه كلما زادت نعومة الأسمنت كلما أسرع الشك بسبب النشاط الكيميائي الفعال).
- النسبة المئوية للماء المضاف لإتمام الخلط وتكوين العجينة الأسمنتية. (كما أنه مع زيادة كمية الماء تبطئ الشك)
- درجة الحرارة للماء والأسمنت أو الجو المحيط (عموما فكلما زادت درجة الحرارة كلما أسرعت عملية الشك).
- نسبة الرطوبة (حيث أن تشك الأسمنتات المعرضة لجو مشبع ببخار الماء منها لو كانت معرضة لجو جاف).

ونظراً لأن النسبة المئوية للماء المستعمل فى خلط العجينة الأسمنتية يؤثر بدرجة كبيرة على زمن الشك فالعجينة ذات النسبة العالية من الماء تشك أبطأ من العجينة الجافة نسبيا ولذلك تحدد نسبة الماء لعمل العجينة ذات القوام القياسي من اختبار تحديد نسبة الماء اللازمة للعجينة الأسمنتية ذات القوام القياسي باستخدام جهاز فيكات وذلك قبل اختبار تحديد زمني الشك الابتدائي والنهائي للعجينة الأسمنتية باستخدام جهاز فيكات أيضاً وكذلك أيضاً قبل اختبار تقدير ثبات الحجم (التمدد) للأسمنت بطريقة لوشاتليه.

وسيتم ذكر تلك الاختبارات كل منها على حده فيما يلي.

اختبار تحديد نسبة الماء اللازمة للعجينة الأسمنتية ذات القوام القياسي
Water Required for Cement Paste of Standard Consistency

- **الهدف من الاختبار**

يتأثر زمن شك الأسمنت ومقدار ثبات حجمه بكمية الماء الداخل فى تكوين العجينة. فكلما زادت كمية المياه زاد زمن الشك للعجينة. لذلك يتم تعيين كمية المياه اللازمة لعمل عجينة قياسية من أجل إجراء اختبار زمني الشك الابتدائي والنهائي واختبار ثبات الحجم للأسمنت.

تعريف القوام القياسي: بأنه كمية المياه اللازمة لتشكيل عجينة ذات قوام قياسي وهى الكمية التى تعطى عجينة تسمح بنفاذ الطرف الأسطواني لجهاز فيكات إلى نقطة تبعد (٥ ± ١ ملليمتر) من قاع قالب فيكات عند اختبار عجينة الأسمنت.

- **الأجهزة المستخدمة**

- جهاز فيكات: الجهاز كما هو موضح فى شكل (٢-١٧) وللجهاز طرف اسطواني مثبت بالأجزاء المتحركة من معدن غير قابل للتآكل أو الصدأ طوله الفعال ٥٠ ± ١ ملليمتر وقطره ١٠± ٠,٠٥ملليمتر.
- قالب العجينة : يصنع قالب العجينة من المعدن أو المطاط الصلد أو البلاستيك على شكل مخروط ناقص عمقه ٤٠± ٢ ملليمتر وقطره الداخلي العلوي ٧٠± ٥ ملليمتر والسفلى ٨٠ ± ٥ ملليمتر. ومزود القالب بقاعدة زجاجية أبعادها أكبر من أبعاد القالب.
- مسطرين قياسي: زنة ٢١٠ جم.
- مخبار مدرج. – ميزان حساس. – لوح غير مسامي يوضع عليه عينة الأسمنت للخلط.

- **خطوات الاختبار**

تجرى التجارب فى مكان درجة حرارته ٢٥± ٢ درجة مئوية ورطوبته النسبية أكثر من ٥٠%، وعلى أن تكون درجة حرارة كل من الأسمنت والماء المستخدمين هى نفس درجة الحرارة التى يجرى عندها الاختبار. تعين كمية الماء اللازمة لتكوين عجينة الأسمنت ذات القوام القياسي بتجربة عدة محاولات لنفاذ الأسطوانة فى عجائن ذات محتوى ماء مختلف، وتحديد بعد الأسطوانة من قاع القالب كما يلي:

١- يعاير جهاز فيكات بتحريك الأسطوانة لتصل إلى القاعدة الزجاجية للقالب ثم يضبط تدريج الجهاز عند الصفر ثم تعاد الأسطوانة إلى مكانها.

٢- يوزن لأقرب جرام ٤٠٠ جرام من الأسمنت وتوضع على سطح غير مسامي ثم يضاف ١٠٠جرام من الماء (٢٥% من وزن الأسمنت) ويسجل الوقت كبداية لزمن القياسات التالية (صفر القياس).

٣- تتم عملية الخلط باستخدام المسطرين فى مدة ٢٤٠ ±٥ ثانية على السطح غير المسامي.

٤- بعد انتهاء مدة الخلط تنقل العجينة فورا إلى القالب الموضوع على القاعدة الزجاجية المدهونة بالزيت المعدني الثقيل ويملأ القالب المرتكز على اللوح المستوى غير المسامي دفعة واحدة ملئاً يزيد عن القالب بدون ضغط أو هز لمحتوياته ثم تزال هذه الزيادة بتحريك حافة مستقيمة على السطح بحيث تجعل القالب مملوءا وسطحه ناعما.

٥- يوضع القالب والقاعدة الزجاجية على جهاز فيكات ويتمركز تحت الأسطوانة وتدلى الأسطوانة ببطء حتى تمس سطح العجينة وتوقف عند هذا الوضع لمدة ثانية أو ثانيتين لتحاشى السرعة الابتدائية للأجزاء المتحركة وبعد مرور ٤ دقائق ± ١٥ ثانية من بدء وقت القياس (صفر القياس) تترك الأجزاء المتحركة بحيث تنفذ الأسطوانة رأسيا فى مركز العجينة.

٦- يقرأ التدرج عند توقف الغرز أو بعد ٣٠ ثانية من ترك الأسطوانة أيهما أسبق وتسجل قراءة التدريج التى تبين المسافة بين نهاية الاسطوانة وقاعدة القالب وكذلك يسجل محتوى الماء فى العجينة كنسبة مئوية من وزن الأسمنت.

٧- تنظيف الأسطوانة فور عملية الغرز، ويكرر الاختبار مع عجائن تحتوى على نسب مختلفة من الماء إلى أن تصل إلى عجينة تسمح بنفاذ الاسطوانة إلى نقطة تبعد ٥ ± ١ ملليمتر من قاعدة القالب ويسجل محتوى الماء لأقرب ٠,٥% ليمثل كمية الماء اللازمة لإعداد عجينة الأسمنت ذات القوام القياسي. وقد تتراوح نسبة الماء اللازمة لتشكيل العجينة الأسمنتية القياسية بين ٢٥-٣٠%من وزن عينة الأسمنت.

إبرة الشك النهائي　　إبرة الشك الابتدائي　　اسطوانة القوام القياسي

شكل (٢-١٧) جهاز فيكات لتعيين القوام القياسي وتعيين زمن الشك للأسمنت.

اختبار تحديد زمني الشك الابتدائي والنهائي للأسمنت باستخدام جهاز فيكات
Initial and Final Setting Times of Cement Paste Using Vicat's Apparatus

- **الهدف من الاختبار**

يهدف الاختبار لتحديد زمني الشك الابتدائي والنهائي لعجينة ذات قوام قياسي باستخدام جهاز فيكات، ويحدد هذا الاختبار مدى صلاحية الأسمنت للاستخدام.يساعد تعيين زمن الشك الابتدائي على معرفة الزمن الذى تبدأ الخرسانة بعده فى الشك ولا يمكن صبها أو تشكيلها وكذلك يساعد تعيين زمن الشك النهائي على معرفة الزمن الذى تبدأ عنده الخرسانة فى التصلد.

- صفر القياس: وقت إضافة الماء إلى الأسمنت ويؤخذ كبداية لزمن القياسات.
- زمن الشك الابتدائي: هو الزمن المقاس من صفر القياس حتى تصل الإبرة إلى مسافة ٥ ± ١ ملليمتر من قاعدة القالب.
- زمن الشك النهائي: هو الزمن المقاس من صفر القياس حتى نفاذ الإبرة لمسافة ٠,٥مليمتر بينما لا تترك فيه الحلقة المتصلة بالإبرة أثراً فى الأسمنت.

- **الأجهزة المستخدمة**

جهاز فيكات: كما هو موضح بشكل (٢-١٧).

- قالب العجينة.
- إبرة قياس زمن الشك الابتدائي: وتصنع من الصلب على شكل أسطوانة قائمة بطول فعال ٥٠±١مليمتر وقطر ١,١٣±٠,٥ مليمتر.
- إبرة قياس زمن الشك النهائي: تصنع من الصلب على شكل أسطوانة قائمة بطول فعال ٣٠±١مليمتر وقطر ١,١٣±٠,٥مليمتر ومثبت بها حلقة قطرها ٥ ملليمتر عند طرف الإبرة الحرة بحيث تكون المسافة بين نهاية الإبرة وبداية الحلقة ٠,٥مليمتر.
- قالب العجينة. – مسطرين. –مخبار مدرج.

– ميزان حساس. – لوح غير مسامي.

- **خطوات الاختبار**

أ- العينات

١- توزن عينة الأسمنت لأقرب جرام ٤٠٠جرام من الأسمنت وتوضع على سطح غير مسامي ثم يضاف ١٠٠ملليمتر من الماء ويسجل الوقت كبداية لزمن القياسات التالية(صفر القياس).

٢- تتم عملية الخلط باستخدام المسطرين فى مدة ٢٤٠±٥ثانية على السطح غير المسامي.

ب- العجينة ذات القوام القياسي

يتم تحديد نسبة الماء اللازمة للعجينة ذات القوام القياسي كما هو موضح فى الاختبار السابق.

ج- تحديد زمن الشك الابتدائي

١- توضع إبرة جهاز فيكات ويعاير الجهاز بتحريك الإبرة حتى تصل القاعدة المستعملة مع القالب ويضبط مؤشر التدريج عند الصفر ثم تعاد الإبرة إلى مكانها.

٢- يملأ القالب بعجينة الأسمنت ذات القوام القياسي ويسوى سطحها ثم يوضع القالب لفترة زمنية مناسبة فى مكان عند درجة الحرارة والرطوبة المطلوبتين للاختبار.

٣- ينقل القالب إلى الجهاز ويوضع تحت الإبرة، ثم تدلى الإبرة ببط حتى تمس سطح العجينة، توقف فى مكانها لمدة ثانية أو ثانيتين لتحاشى تأثير السرعة الابتدائية، وتترك الأجزاء المتحركة لتنفذ الإبرة رأسيا فى العجينة. يقرأ التدرج عندما يتوقف نفاذ الإبرة أو بعد ٣٠ ثانية من ترك الأجزاء المتحركة أيهما أسبق، وتسجل قراءة التدريج التى تدل على المسافة بين قاعدة القالب ونهاية الإبرة، وكذلك الزمن بداية من صفر القياس.

٤- تكرر عملية نفاذ الإبرة على نفس العجينة فى مواضع متباعدة بحيث لا تقل المسافة بين نقط الغرز وكذلك من حافة القالب وأقرب نقطة غرز عن ١٠ملليمتر وبعد فترات زمنية متتالية(حوالى ١٠ دقائق) وتنظف الإبرة فور كل اختبار.

٥- يسجل الزمن المقاس من صفر القياس حتى تصل إبرة الجهاز ٥ ±١ملليمتر من قاعدة القالب كزمن الشك الابتدائي لأقرب ٥دقائق، وللتأكد من دقة القياس يقلل الزمن بين اختبارات الغرز ويدرس تذبذب هذه الاختبارات المتتالية.

د- تحديد زمن الشك النهائي

١- تستخدم إبرة تحديد زمن الشك النهائي والموضحة فى شكل (٢-١٧)، وتتبع نفس الخطوات المتبعة فى تحديد زمن الشك الابتدائي على أن تزداد الفترة بين اختبارات الغرز إلى ٣٠ دقيقة.

٢- يسجل الزمن المستغرق من صفر القياس حتى لحظة نفاذ الإبرة لمسافة ٠,٥ ملليمتر كزمن الشك النهائي، ويتم ذلك عمليا بمراقبة أثر الإبرة والحلقة على سطح العينة فيكون زمن الشك النهائي هو الزمن الذى يظهر فيه أثر الإبرة ولا تترك فيه الحلقة المتصلة بها أى أثر، وللتأكد من دقة القياس يقلل الزمن بين اختبارات الغرز ويدرس تذبذب هذه الاختبارات المتتالية.

٣- القبول والرفض

يجب أن يطابق زمن الشك الابتدائي لجميع أنواع الأسمنت الاشتراطات الواردة فى جدول (٢-٥) وألا يزيد زمن الشك النهائي عن ١٠ ساعات لجميع أنواع الأسمنت.

جدول (٢-٥) القيم المميزة الاشتراطات زمن الشك الابتدائي

رتب مقاومة الضغط (نيوتن/مم^2)	زمن الشك الابتدائي (دقيقة)
٣٢,٥	≤ ٧٥
٤٢,٥	≤ ٦٠
٥٢,٥	≤ ٤٥

ثبات حجم الأسمنت (Soundness)

خاصية ثبات الحجم للأسمنت هو مقدار التغير غير الضار فى حجم عينة الأسمنت المتصلدة، وهذه الخاصية تعتبر واحدة من الخواص اللازمة للأسمنت. حيث أنه قد ينتج عدم الثبات بعد تمام عملية الشك نتيجة إلى تفاعل الجير الحي (أكسيد الكالسيوم) الموجود فى حبيبات الأسمنت مع الماء ويمنع الغلاف الحافظ للحبيبة من تفاعل الجير الحي مع الماء بسرعة إلا أن الرطوبة تصل فى النهاية إلى الجير بعد أن يصل الأسمنت إلى مرحلة الشك. هذا ويتمدد الجير بقوة ملحوظة أثناء عملية إطفائه المتأخرة والتى تسبب تفتت كتلة الأسمنت، ومن هنا تظهر فائدة لإبطاء زمن الشك حيث يعمل ذلك على زيادة الوقت أمام الجير الحي حتى يتم إطفائه قبل تصلد عجينة الأسمنت.

وهناك سبب آخر مهم لعدم ثبات الحجم للأسمنت وهو وجود زيادة فى نسبة أكسيد الماغنسيوم المماه. حيث أنه لا يظهر عدم الثبات فى هذه الحالة إلا بعد وقت طويل أطول من حالة تأثير الجير الحي وذلك لأن أكسيد الماغنسيوم يتعرض لدرجة حرق كبيرة مع الكلنكر لذلك يحتاج إلى مدة طويلة حتى يتم إطفاءه. وكذلك يمكن أن تكون زيادة نسبة الكبريتات فى الأسمنت عاملاً من عوامل عدم ثبات الحجم. والتمدد فى هذه الحالة لا يرجع لتفاعل كبريتات الكالسيوم مع الماء ولكن يرجع إلى تكون كبريتات الكالسيوم الألومينية التى تتبين خطورتها عندما تكون موجودة بكميات كبيرة فقط. لذلك تحدد المواصفات القياسية إلى تحديد نسبة وجود الكبريتات على هيئة ثالث أكسيد الكبريت (SO_3) بحيث لا تزيد عن ٣,٥% لمعظم أنواع الأسمنت، ما عدا أسمنت خبث الأفران العالية النسبة لا تزيد عن ٤%. وقد وجد أن تمدد بعض المواد الداخلية فى الأسمنت يصحبه تشققات ثم تفتيت فى كتلة الأسمنت. ولذلك فإن بلورات الأسمنت تنكمش أثناء جفافها وتتمدد بترطيبها، فإنه من الواضح أن هذه الخاصية لمكونات الأسمنت تسبب انكماشاً للمونة أو الخرسانة فى الهواء وتمدداً لحبيبات الأسمنت فى الماء. ويمكن تقليل هذه الظاهرة بالإضافة المواد المالئة مثل الرمل فى المونة الأسمنتية والركام الناعم والخشن فى الخرسانة. ونتيجة للآثار المترتبة على عدم ثبات الحجم للأسمنت فقد حددت المواصفات القياسية اختبار تقدير ثبات الحجم للأسمنت (التمدد) بطريقة لوشاتليه لوضع حدود القبول أو الرفض المسموح بها لخاصية ثبات الحجم للأسمنت.

اختبار تقدير ثبات الحجم (التمدد) للأسمنت بطريقة لوشاتليه
Le Chatelier Expansion of Cement

الهدف من الاختبار

يهدف هذا الاختبار إلى قياس تمدد الأسمنت باستخدام طريقة لوشاتليه. ويحدد هذا الاختبار مدى صلاحية جميع أنواع الأسمنت ما عدا الأسمنت ذو النعومة ٤١٠٠ حيث يجرى عليه اختبار التمدد بطريقة الأتوكلاف.

الأجهزة المستخدمة

- قالب لوشاتليه كالموضح بشكل (٢-١٨-أ) ويصنع القالب الأسطواني من سبيكة نحاسية خاصة بها شق طولي غير قابلة للتآكل أو التفاعل مع الأسمنت أو الماء وللقالب ذراعان. وتكون مرونة القالب بحيث يؤدى تأثير كتلة مقدارها ٣٠٠ جرام إلى زيادة المسافة بين نهايتي الذراعين بمقدار ١٧,٥±٢,٥ ملليمتر كما هو مبين بشكل رقم (٢-١٨-ب) دون حدوث تشكل دائم. ومع كل قالب لوحان من الزجاج يستخدمان كقاعدة وغطاء وتكون أبعاد الألواح أكبر من قطر الأسطوانة ولا يقل وزن لوح الغطاء عن ٧٥ جرام، ويمكن أن يستعان بكتل صغيرة توضع على لوح أخف لتعويض النقص فى هذا الوزن وذلك إذا لزم الأمر.
- حمام مائي. - ميزان حساس. - مخبار مدرج.

خطوات الاختبار

١- تجهز عينتان على الأقل من عجينة الأسمنت ذات القوام القياسي. على أن يتم تعيين كمية الماء اللازمة للعجينة ذات القوام القياسي كما هو وارد سابقاً.

٢- تجرى التجارب فى مكان درجة حرارته ٢٥±٢ درجة مئوية، ورطوبته النسبية أكبر من ٥٠%، كما يلاحظ أن تكون درجة حرارة كل من الأسمنت والماء المستخدمين هى نفس درجة الحرارة التى تجرى عندها التجربة.

٣- يدهن قالب الجهاز ولوح القاعدة بطبقة من الزيت ثم توضع عجينة الأسمنت فور تجهيزها يدويا دون أى ضغط أو هز القالب وتستخدم وسيلة لتسوية السطح ويراعى أن يكون شق القالب مغلقا أثناء عملية الملء، ثم يغطى القالب بلوح الغطاء المدهون بالزيت وتوضع كتلة أضافية فوقه فى حالة الحاجة إلى ذلك.

٤- يجرى الاختبار على عينتين من نفس العجينة وفى نفس الوقت.

٥- فى حالة الاختبار بطريقة الغليان يجرى الاختبار كما يلي:

أ- يوضع الجهاز كاملا فى الغرفة المكيفة عند درجة ٢٥±١درجة مئوية ورطوبة نسبية ٩٨% لمدة ٢٤ ساعة ± ٠,٥ ساعة.

ب-يرفع القالب عند نهاية هذه الفترة وتقاس المسافة (A) بين طرفي المؤشر لأقرب ٠,٥مم.

ج- يوضع القالب فى حمام المائي عند درجة ٢٥ ± ١ درجة مئوية ثم ترفع درجة الحرارة تدريجيا حتى الغليان فى فترة ٣٠ ± ٥ دقيقة ثم تترك المجموعة عند درجة الغليان لمدة ٢ ساعة ± ٥ دقائق.

د- يترك القالب ليبرد حتى ٢٥ ± ٢درجة مئوية وتقاس المسافة (B) بين طرفي المؤشر لأقرب ٠,٥مم.

٦- فى حالة الاختبار على البارد يجرى الاختبار كما يلي:

أ- تقاس المسافة (C) بين طرفي المؤشر لأقرب ٠,٥جم

ب-يوضع الجهاز فى حمام مائي عند درجة حرارة ٢٥ ± ١ درجة مئوية ورطوبة نسبية ٩٨% لمدة سبعة أيام ثم تقاس المسافة (D) بين طرفي المؤشر لأقرب ٠,٥مم.

النتائج

- فى حالة إجراء الاختبار بطريقة الغليان يحسب التمدد كما يلي:

$$E_B = B - A$$

حيث:

E_B : تمدد الأسمنت A : القراءة الابتدائية B : القراءة النهائية

- فى حالة إجراء الاختبار على البارد يحسب التمدد كما يلي:

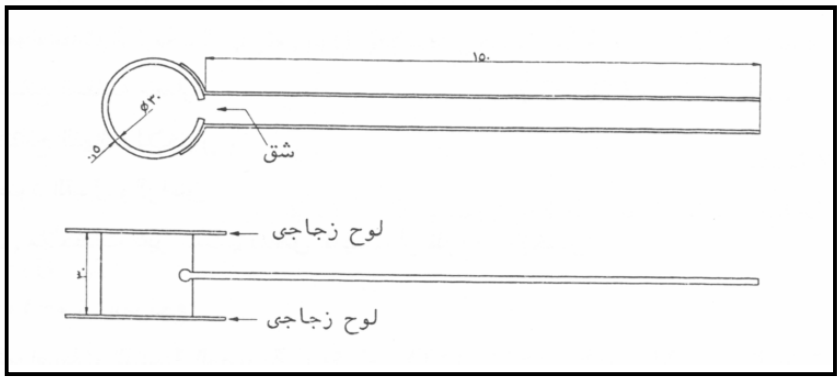
$$E_C = D - C$$

حيث:

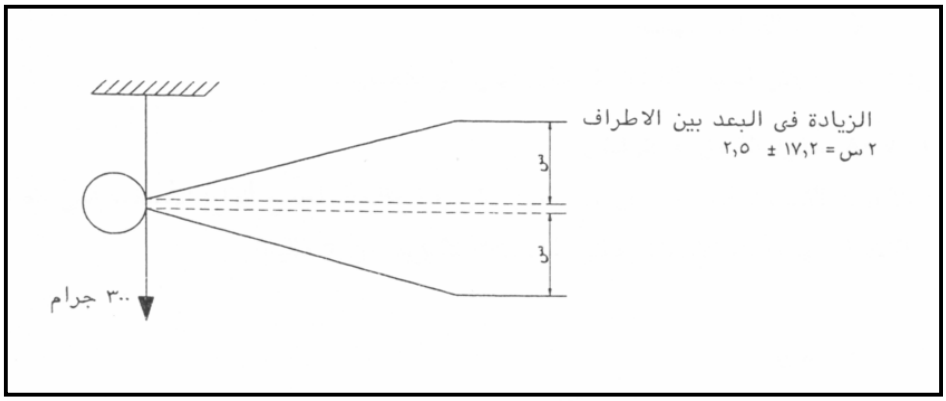
E_C : تمدد الأسمنت C : القراءة الابتدائية D : القراءة النهائية

حدود القبول أو الرفض

- لا يزيد التمدد المقاس بإحدى الطريقتين على ١٠ ملليمتر لجميع أنواع الأسمنت التى يتم عمل الاختبار لها ما عدا الأسمنت عالي الكبريتات لا يزيد عن ٥ ملليمتر.



شكل (٢–١٨–أ) قالب لوشاتليه



(٢–١٨–ب) اختبار مرونة الجهاز

٢-٦-٣ خواص واختبارات مونة الأسمنت

من أهم الخواص والاختبارات للمونة الأسمنتية (أسمنت ورمل وماء) هى تعيين مقاومة الأسمنت للضغط والشد والانحناء.

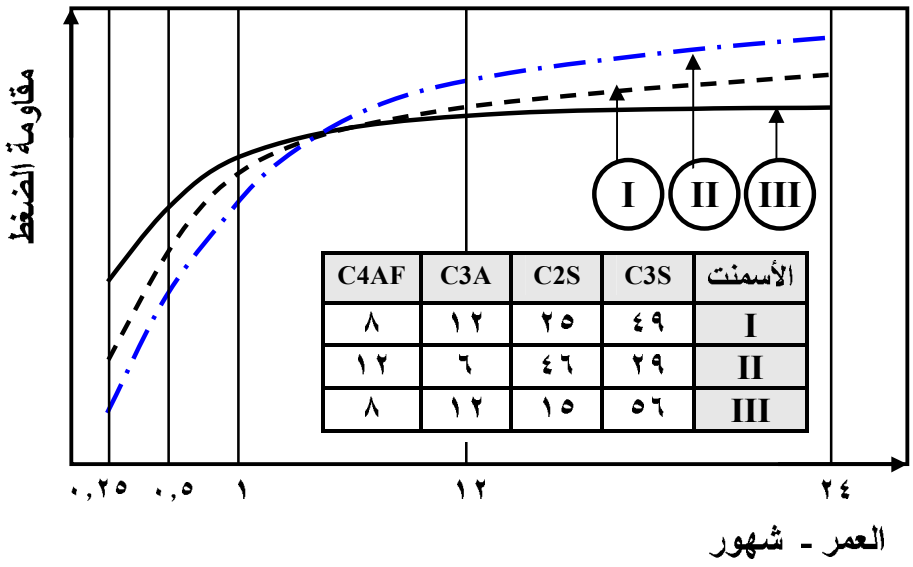
مقاومة الأسمنت البورتلاندى

تعتبر مقاومة الضغط من أهم خواص الأسمنت فى حالته المتصلد وكذلك خواص الخرسانة المستخدم فيها الأسمنت. وتكتسب المونة والخرسانة مقاومتها للضغط من وجود عجينة الأسمنت نتيجة التفاعل الذى يحدث بين مكونات الأسمنت والماء المضاف إليه، لذلك يلزم التأكد من أن الأسمنت المستخدم له مقاومة ضغط مناسبة بغرض قبوله أو رفضه. حيث أن المواصفات ملزمة لإجراء اختبار تعيين مقاومة الضغط على جميع أنواع الأسمنت البورتلاندى.

وتوجد عدة عوامل تؤثر على مقاومة الضغط للأسمنت وأهمها هى:

١- تأثير تركيب الأسمنت على المقاومة

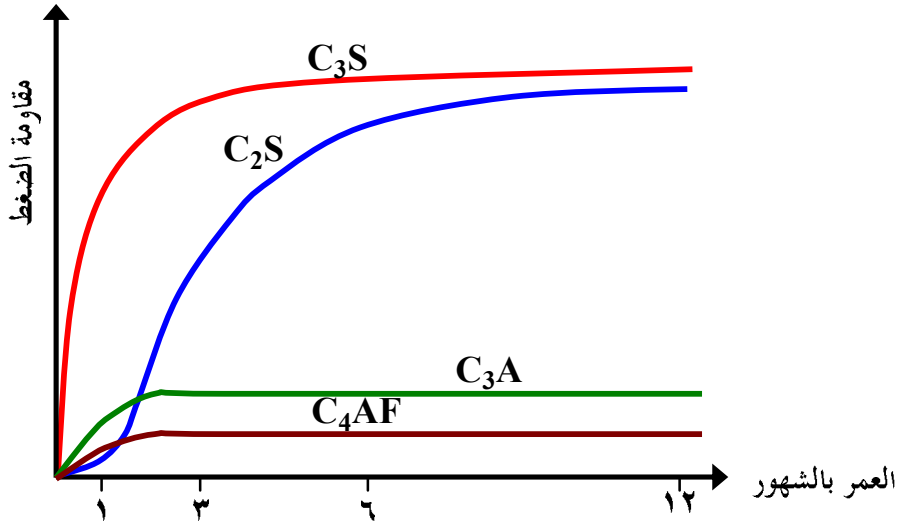
حيث تختلف معدلات التفاعل لمركبات الأسمنت البورتلاندى المنفردة مع الماء، فقد يكون فى الإمكان تغيير صفات معدلات نمو المقاومة للأسمنت بطريقة بسيطة وذلك بتغير تركيب مكونات الأسمنت. فمثلا يمكن الحصول مقاومة مبكرة عالية للخرسانة عند ٣ ، ٧ ، ٢٨ يوم إذا أحتوى الأسمنت على كميات وفيرة نسبياً من ثالث سيليكات الكالسيوم (C_3S)، ولسوف تصبح المقاومة المبكرة منخفضة إذا احتوى الأسمنت على كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكالسيوم (C_2S)، والعكس صحيح بالنسبة للمقاومة المتأخرة. شكل (٢-١٩) يؤكد هذه الظاهرة لتأثير تركيب الأسمنت على مقاومته للضغط.



الأسمنت	C3S	C2S	C3A	C4AF
I	٤٩	٢٥	١٢	٨
II	٢٩	٤٦	٦	١٢
III	٥٦	١٥	١٢	٨

شكل (٢-١٩) تأثير تركيب الأسمنت على مقاومة الضغط

وكذلك يظهر تأثير المركبات الأساسية للأسمنت (C_4AF, C_3A, C_2S, C_3S) على مقاومة الضغط كما هو موضح بالشكل (٢-٢٠).



شكل (٢-٢٠) نمو المقاومة للمركبات الأساسية للأسمنت

٢- تأثير نعومة الأسمنت على المقاومة

ويمكن التحكم فى نمو المقاومة بواسطة ضبط نعومة الأسمنت أيضا ودراسة تأثيره على مقاومة الضغط. حيث أنه بزيادة نعومة الأسمنت تزداد مقاومته للضغط كما هو موضح بالشكل (٢-٢١).

٣- تأثير نسب الرمل على المقاومة

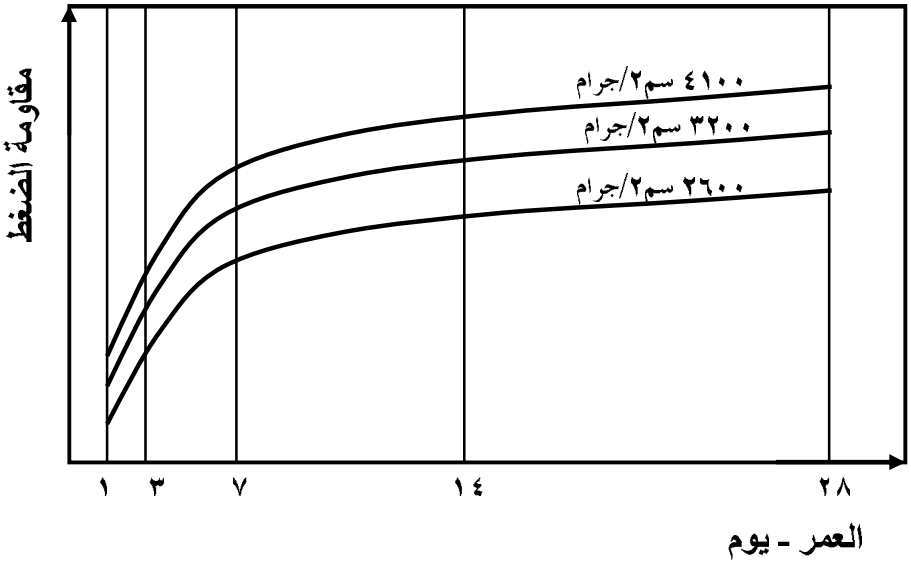
حيث أنه بزيادة نسبة الرمل فى الخليط تنقص المقاومة للضغط والعكس صحيح. ويبين الشكل (٢-٢٢) تأثير نسبة الرمل والعمر على مقاومة مونة الأسمنت.

٤- تأثير درجات الحرارة والرطوبة على المقاومة

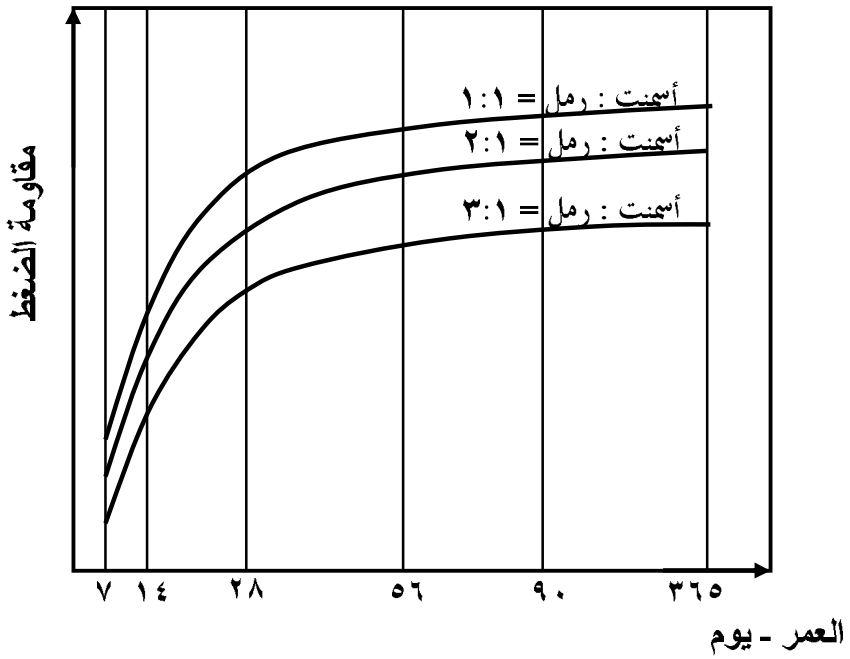
بزيادة درجات الحرارة يزداد الشك والتصلد ولكن تقل المقاومة القصوى والعكس صحيح. أما بالنسبة للرطوبة فإن العينات الأسمنتية تحتاج إلى معالجة بعد تصلدها فى ظروف رطبة مستمرة لكي تعطى مقاومة أعلى إذا ما قورنت بنفس العينات المعرضة للهواء الجاف.

٥- تأثير نسبة الماء / الأسمنت على المقاومة

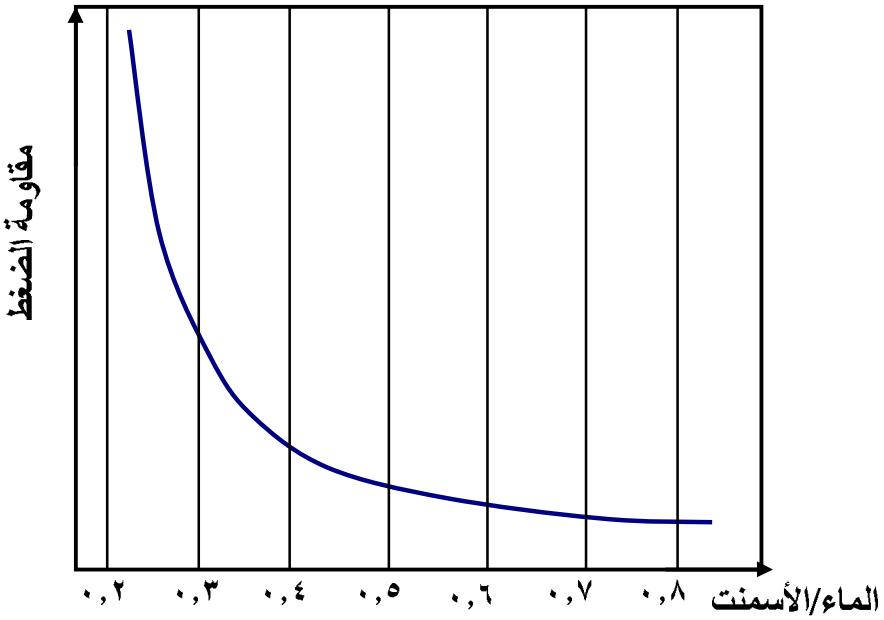
بزيادة نسبة الماء/ الأسمنت تقل المقاومة للضغط والعكس صحيح كما هو موضح بالشكل (٢-٢٣).



شكل (٢-٢١) تأثير نعومة الأسمنت على مقاومة الضغط



شكل (٢-٢٢) تأثير نسبة الرمل إلى الأسمنت على مقاومة مونة الأسمنت



شكل (٢-٢٣) تأثير نسبة الماء/ الأسمنت على مقاومة الضغط

اختبار تحديد مقاومة الضغط للمونة الأسمنتية
Compressive Strength of Cement Mortars

الهدف من الاختبار

يهدف هذا الاختبار إلى تعيين مقاومة الضغط لمونة الأسمنت باختبار مكعبات قياسية من مونة الأسمنت. ويتم خلطها يدويا أو ميكانيكيا وتدمك ميكانيكيا بماكينة اهتزاز قياسية. ويعتبر هذا الاختبار اختبار قبول أو رفض للأسمنت، ويجرى على جميع أنواع الأسمنت.

الأجهزة المستخدمة

- أجهزة الوزن والأثقال.
- المخابير المدرجة.
- مناخل قياسية ذات فتحات مربعة من نسيج أسلاك فتحتها ٨٥٠ ميكرون، ٦٠٠ميكرون.
- مسطرين الخلط.
- ماكينة الاهتزازات.
- حوض المعالجة.
- ماكينة اختبار الضغط.

قوالب الاختبار

- يكون قالب الاختبار مكعبا بأبعاد ٧٠,٧ ملليمتر ومساحة كل سطح ٥٠٠٠ مم^{٢}.
- يصنع القالب من معدن لا يتأثر بمونة الأسمنت ويكون متينا بالدرجة التى تمنع التشوهات ومصمما بحيث يسمح بسهولة نزع العينة منه دون حدوث أى أضرار بها، وتجمع أجزاء القالب بوسيلة تجعله متماسكا أثناء الملء والتداول.
- يمكن أن يتم إجراء الاختبار على عينات عبارة عن جزء من منشور تم اختباره فى الانحناء.

العينات المختبرة

- يتم اختبار ثلاثة مكعبات بأبعاد ٧٠,٧ × ٧٠,٧ × ٧٠,٧ ملليمتر عند كل عمر اختبار مطلوب.

خطوات الاختبار

١- تكون درجة الحرارة والرطوبة النسبية أثناء خلط وصب العينات كما هو موضح بالجدول رقم (٢-٦):

جدول (٢-٦): اشتراطات الحرارة والرطوبة النسبية والتفاوتات المسموح بها

المكان	درجة الحرارة (مئوية)	أقل رطوبة نسبية (%)
غرفة الخلط	٢٠±٢	٦٥%
غرفة المعالجة	٢٠±٢	٩٠%
ماء حوض المعالجة	٢٠±٢	---
حجرة ماكينة الضغط	٢٠±٢	٥٠%

يجب أن يراعى قبل إجراء الاختبار أن تكون درجة حرارة المواد المستخدمة والقوالب هى نفس درجة حرارة غرفة الخلط ويتم ذلك بحفظها داخل الغرفة لمدة كافية.

٢- يشترط فى الرمل القياسي المستعمل فى هذا الاختبار ما يلي:

- أن يكون الرمل نظيفاً ومجففاً جيداً ولا تقل نسبة السيليكا فيه عن ٩٠%بالوزن.
- أن يمر جميعه من المنخل القياسي (مقاس فتحته ٨٥٠ميكرون) ولا يزيد المار منه من المنخل القياسي (مقاس فتحته ٦٠٠ميكرون) على ١٠% بالوزن.

٣- تحضر الأوزان اللازمة (الرمل والأسمنت والماء) لكل مكعب كما هو موضح بالجدول رقم (٢-٧):

جدول رقم (٢-٧): نسب الخلط للمكعب الواحد

نوع الأسمنت	المواد	النسب بالوزن	الوزن (جرام)
كل أنواع الأسمنت ما عدا الأسمنت عالي الألومينا	أسمنت	١	١ ± ١٨٥
	رمل	٣	١ ± ٥٥٥
	ماء	٠,٤	١ ± ٧٤
الأسمنت عالي الألومينا	أسمنت	١	١ ± ١٩٠
	رمل	٣	١ ± ٥٧٠
	ماء	٠,٤	١ ± ٧٦

٤- يثبت القالب على ماكينة الهز ويركب الدليل فوق القالب.

٥- تخلط المونة الخاصة بكل مكعب على سطح غير مسامي ويخلط الأسمنت والرمل وهما جافان لمدة دقيقة، ثم يضاف الماء ويتم خلط المكونات لمدة ٤ دقائق باستخدام المسطرين.

٦- تنقل المونة على فور خلطها وبسرعة إلى دليل القالب ويهز القالب لمدة دقيقتين على ماكينة الاهتزاز القياسية .

٧- يرفع القالب من ماكينة الاهتزاز ويوضع فى غرفة المعالجة فى جو رطوبته النسبية ٩٠% على الأقل ودرجة حرارته ٢٠± ٢ درجة مئوية لمدة ٢٤ ± ٠,٥ ساعة، ويراعى أثناء هذه المدة تغطية سطح القوالب بلوح معدني مستو غير مسامي مثل الحديد أو المطاط لمنع تبخر الماء.

٨- تفصل العينات من القوالب وتوضع فى حوض المعالجة الذى يحتوي على ماء الشرب النظيف لحين وقت اختبارها.

٩- العينات المطلوب اختبارها بعد ٢٤ ساعة تفصل من قوالبها قبل ١٥ إلى ٢٠ دقيقة من اختبارها وتغطي بقطعة قماش مبللة للحفاظ على رطوبتها، وإذا كانت درجة تماسك المونة بعد ٢٤ ساعة تؤدي إلى انهيار المكعب، تؤجل عملية فصل المكعبات من القوالب لمدة ٢٤ ساعة أخرى، ويسجل ذلك فى تقرير الاختبار.

١٠- يحسب عمر اختبار العينات من وقت إضافة الماء للمواد وعادة ما تختبر بعد الأعمار التالية يوم واحد (٢٤ ± ٠,٥) ساعة، ثلاثة أيام (٧٢ ± ١) ساعة، سبعة أيام (١٦٨ ± ١) ساعة، ٢٨ يوما (٦٧٢ ± ١) ساعة.

١١- ترفع المكعبات من الماء عند حلول موعد اختبارها ويمسح الماء الزائد من أسطحها بواسطة قطعة قماش رطبة وتزال أى نتوءات سطحية بسيطة.

١٢- توضع المكعبات على أحد جوانبها وهى لا تزال مشبعة بالماء على الفك السفلى لماكينة قياس مقاومة الضغط (ويراعى ألا يستخدم حشو بين المكعب والفك)، ثم يطبق الحمل ويزداد تدريجيا وبانتظام بمعدل قدره ٣٥ نيوتن / مم^{٢} فى الدقيقة، على أن يكون محوراً العينة والحمل متطابقين تماما.

١٣- تسجل قيمة الحمل الذى يحدث عنده الكسر كما تسجل حالات الكسر غير العادي.

النتائج

- تحسب مقاومة الأسمنت للضغط من متوسط مقاومة الضغط لثلاث عينات مختبرة عند نفس العمر مع تقريب النتائج لأقرب ٠,٥ نيوتن / مم^{٢} كما يلي:

$$\text{مقاومة الضغط} = \frac{\text{متوسط حمل التهشيم لثلاثة مكعبات}}{\text{المساحة المعرضة للحمل}}$$

- إذا انحرفت نتيجة مقاومة ضغط أحد المكعبات الثلاثة عن المتوسط بمقدار $\pm$ ٥ % تحذف هذه القيمة ويعاد حساب متوسط النتائج الباقية.
- إذا زاد عدد المكعبات التى انحرفت نتائجها عن المتوسط بمقدار $\pm$ ٥ % عن مكعب واحد تحذف نتائج المجموعة كلها.

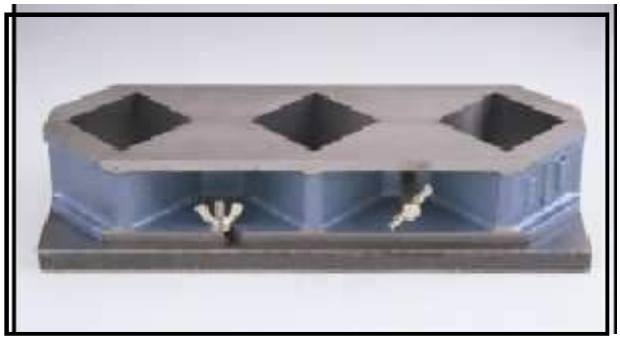
حدود القبول أو الرفض :

- تكون حدود القبول أو الرفض لمقاومة الضغط كما هو موضح بالجدول رقم (٢-٨)

جدول رقم (٢-٨) حدود المواصفات لمقاومة الضغط لمكعبات المونة الأسمنتية (نيوتن/مم٢)

نوع الأسمنت	بعد ٢٤ ساعة لا تقل عن	بعد ٣ أيام لا تقل عن	بعد ٧ أيام لا تقل عن	بعد ٢٨ يوما لا تقل عن
أسمنت بورتلاندى عادى	-	١٨	٢٧	٣٦
أسمنت بورتلاندى سريع التصلد	-	٢٤	٣١	٤٠
أسمنت بورتلاندى مقاوم للكبريتات	-	١٨	٢٧	٣٦
أسمنت بورتلاندى منخفض الحرارة	-	٧	١٣	٢٧
الأسمنت البورتلاندى المخلوط بالرمل	-	١٢	٢٠	٢٧
أسمنت بورتلاندى ذو النعومة ٤١٠٠	١٠	٢٥	٣٢,٥	٤٠
أسمنت حديدي	-	١٣	٢١	٣٤

خلاط المونة الأسمنتية



مجموعة من ثلاث قوالب مكعبة للمونة

هزاز المونة الأسمنتية

ماكينة الضغط للمونة الأسمنتية

اختبار تحديد مقاومة الانحناء للمونة الأسمنتية
Flexural Strength of Cement Mortar

الهدف من الاختبار

يهدف هذا الاختبار إلى تحديد مقاومة الانحناء للمونة الأسمنتية. ويلاحظ أن أجزاء المنشورات التى يتم اختبارها فى الانحناء يمكن استخدامها فى تحديد مقاومة الضغط، حيث أنه تعتبر مقاومة الشد بالانحناء من الخواص الهامة للمونة الأسمنتية، ويمكن تحديدها بهذا الاختبار. ولا يعتبر هذا الاختبار اختبار قبول أو رفض للأسمنت.

الأجهزة المستخدمة

- الموازين والمناخل و المخابير المدرجة و الخلاط الميكانيكي.
- منضدة الانسياب وقالب الانسياب.
- قوالب العينات: القوالب للعينات المنشورية ذات المقاس ٤٠ × ٤٠ × ١٦٠ ملليمتر تكون مجهزة لإعداد ثلاث عينات ويتم صب العينات بحيث يكون محورها أفقياً. ويلزم أن تكون القوالب مصنوعة من معدن صلد لا يتأثر بمونة الأسمنت وله صلادة لا تقل عن ٥٥ بمقياس روكويل. يجب أن تكون أجزاء القالب مزودة بعلامات تبين الجوانب التى يتم تجميعها سويا وعندما تكون مجمعة يجب أن تكون غير منفذة ومتماسكة بشدة.

– أداة الدمك.	– دليل الدمك.	– المسطرين.
– حوض المعالجة.	– جهاز اختبار الانحناء.	– ماكينة اختبار الضغط.

العينات المختبرة

يكون عدد العينات ثلاثة أو أكثر لكل عمر اختبار وتكون على شكل منشورات بأبعاد ٤٠×٤٠×١٦٠ ملليمتر.

القوالب المنشورية الخاصة باختبار الانحناء للمونة مقاس ٤٠×٤٠×١٦٠ مم