خواص واختبارات المواد – عملي

اختبارات الإسمنت

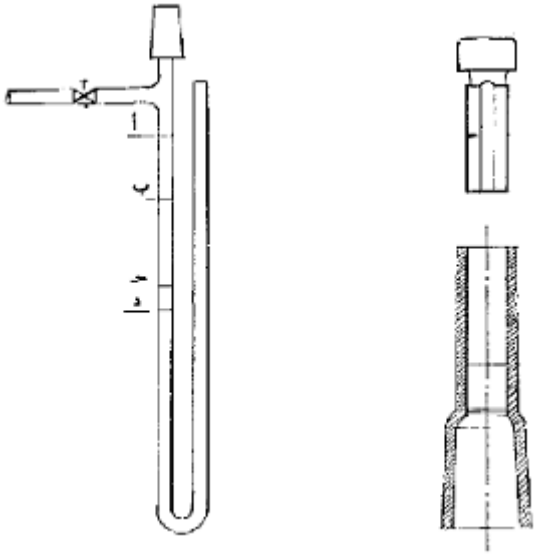
اختبار نعومة الإسمنت

١- تعريف النعومة :

يجرى هذا الاختبار لتقدير نعومة الإسمنت معبراً عنها بمساحة السطح النوعية، وهي مجموع المساحات السطحية مقاسة بالسنتيمترات المربعة لحبيبات الإسمنت الموجودة في جرام واحد.

٢- الجهاز :

يستخدم جهاز "بلين" BLAINE لنفاذية الهواء، ويتكون الجهاز من الأجزاء الرئيسية الآتية (الموضحة في الشكل رقم ٥) :



خلية النفاذية مانومتر

الشكل٥ : جهاز نفاذية الهواء (جهاز بلين).

- مانومتر زجاجي قطره الخارجي ٩ مم مملوء لمنتصفه بسائل غير قابل للتبخر أو امتصاص الرطوبة (أي زيت معدني خفيف). ويسمح الطرف العلوي لأحد فرعيه بتركيب خلية النفاذية تركيباً محكماً. ويتصل بهذا الفرع على مسافة (٢٥٠ – ٣٥٠) مم من قاعدة المانومتر أنبوبة جانبية مركب عليها صمام محكم لتفريغ الهواء من فرع المانومتر. ويوجد على هذا الفرع العلامات أ، ب، جـ، د.
- خلية النفاذية تتكون من اسطوانة من الزجاج أو من معدن غير قابل للتآكل قطرها الداخلي (١٢,٧ ± ١) مم وسطحها العلوي عمودي على محور الخلية الرئيسي.
- قرص مثقب بانتظام مصنوع من معدن غير قابل للتآكل.

- مكبس من الزجاج أو من معدن غير قابل للتآكل تنطبق رأسه على السطح العلوي لحافة الخلية عندما يوضع المكبس داخل اسطوانة الخلية.
- ورق ترشيح متوسط المسامية على شكل دائري قطره مساوٍ للقطر الداخلي لاسطوانة الخلية.
- ساعة إيقاف.

٣- تجهيز عينة الاختبار

❖ يوضع حوالي ١٠ جم من الإسمنت المراد اختباره في قنينة سعتها حوالي ١٢٠سم^{٣}، وترج بشدة لمدة حوالي دقيقتين لتفكيك تماسكها، ثم تترك القنينة لمدة دقيقتين أخريين لتستقر. بعدها تؤخذ كمية من الإسمنت (و) تكفي لتكوين طبقة داخل الخلية ذات مسامية (م =٠,٥٠٠ ±٠,٠٠٥) للإسمنت البورتلاندي العادي، (م =٠,٥٣٠ ±٠,٠٠٥) لباقي أنواع الإسمنت وتحسب كمية الإسمنت بالمعادلة الآتية :

$$و = ث \times ح \times (١ - م)$$

حيث :

و = وزن العينة المطلوبة جم.

ث = كثافة الإسمنت جم/سم^{٣}.

ث = ٣,١٥ جم/سم^{٣} للإسمنت البورتلاندي العادي

ث = ٣,١ جم/سم^{٣} للإسمنت سريع التصلد.

م = مسامية طبقة الإسمنت.

ح = الحجم الكلي لطبقة الإسمنت بالخلية بالسنتيمترالمكعب ويجري تقديرها طبقاً للبند التالي.

❖ تقدير الحجم الكلي (ح) لطبقة الإسمنت بالخلية :

يجرى تقدير الحجم الكلي (ح) لطبقة الإسمنت بطريقة إزاحة الزئبق على درجة حرارة الغرفة باتباع الخطوات الآتية :

١) توضع ورقتا ترشيح داخل الخلية ويضغط عليهما حتى تستقرا بشكل مستو على قرص الخلية المعدني المثقب.

٢) تملأ الخلية بالزئبق وتزال فقاعات الهواء العالقة بجدار الخلية. ويراعى دهان الوجه الداخلي للخلية بطبقة رقيقة جداً من الزيت إذا كانت الخلية مصنوعة من معدن يتفاعل مع الزئبق.

٣) يسوى سطح الزئبق مع السطح العلوي للخلية بكبس شريحة من الزجاج بلطف فوق سطح الزئبق إلى أن تنطبق شريحة الزجاج على سطح الخلية العلوي، مع التأكد من عدم وجود أي فقاعة بين سطح الزئبق وقطعة الزجاج.

٤) يرفع الزئبق من الخلية ويوزن ويسجل الوزن ($و_1$) جم.

٥) ترفع الطبقة العليا من ورقة الترشيح العليا من الخلية ثم توزن كمية تجريبية (٢,٨ جم) من الإسمنت وتوضع داخل الخلية فوق ورقة الترشيح الأخرى ويكبس بمكبس الخلية ثم يرفع المكبس.

٦) يملأ الفراغ المتبقي في الخلية بالزئبق مع إزالة فقاعات الهواء ومساواة الزئبق مع سطح الخلية بالطريقة السابق شرحها.

٧) يرفع الزئبق من الخلية ويوزن ويسجل الوزن ($و_2$) جم، وتقاس درجة الحرارة.

٨) يحسب الحجم الكلي (ح) لطبقة الإسمنت المكبوسة لأقرب ٠,٠٠٥ سم^3 بالمعادلة الآتية :

$$ح = \frac{و_1 - و_2}{ث_ز} \quad (سم^3)$$

حيث :

$ث_ز$ = كثافة الزئبق (جم/سم^3) على درجة حرارة إجراء الاختبار وتؤخذ من الجدول رقم (٦).

الجدول (٦) : كثافة الزئبق ولزوجة الهواء حسب درجة حرارة الهواء

درجة الحرارة (دم)	كثافة الزئبق (جم / سم^3)	لزوجة الهواء (μPa.s)	$\sqrt{ل}$
١٦	١٣,٥٦	17.88	٤,٢٣
١٨	١٣,٥٥	١٧,٩٨	٤,٢٤
٢٠	١٣,٥٥	18.08 18.18	٤,٢٥
٢٢	١٣,٥٤	18.28	٤,٢٦
٢٤	١٣,٥٤	18.37	٤,٢٨
٢٦	١٣,٥٣	18.47 18.57	٤,٢٩
٢٨	١٣,٥٣	18.67	٤,٣٠
٣٠	١٣,٥٢	18.76	٤,٣١
٣٢	١٣,٥٢		٤,٣٢
٣٤	١٣,٥١		٤,٣٣

يجب إجراء عملية تقدير الحجم الكلي مرتين على الأقل على عينتين مختلفين ويكون الحجم الكلي المستعمل في حساب وزن العينة هو متوسط قيمتين يكون الفرق بينهما في حدود ٠,٠٠٥ سم^{٣}.
ويعد وزن العينة (و) قيمة ثابتة بالنسبة للجهاز، بحيث تجرى اختبارات تأكيديه بصفة دورية لاحتمال استهلاك المكبس أو خلية النفاذية وكذلك عند تغير نوع ورق الترشيح المستعمل.

٤- طريقة الاختبار :

١) ينظف كل من القرص المعدني المثقب وخلية النفاذية.
٢) يوضع القرص المثقب داخل خلية النفاذية بحيث يرتكز على البروز الداخلي في الخلية.
٣) توضع ورقة ترشيح داخل الخلية ويضغط على جوانبها حتى تستقر بشكل مستوٍ على سطح القرص المثقب.
٤) توزن كمية الإسمنت المحسوبة لأقرب ٠,٠٠٥ جم وتوضع داخل الخلية ثم يسوى سطح الإسمنت داخلها بالدق على الجوانب.
٥) توضع ورقة ترشيح أخرى فوق الإسمنت ثم يضغط عليها بمكبس الخلية إلى إن ينطبق رأس المكبس على السطح العلوي للخلية ثم يرفع المكبس.
٦) تثبت خلية النفاذية على المانومتر بإحكام مع مراعاة عدم رج الخلية أو خلخلة طبقة الإسمنت بداخلها، ويفرغ الهواء من ساق المانومتر المرتبط بالخلية ببطء إلى إن يصل سائل المانومتر إلى العلامة (أ) على ساق المانومتر، ثم يقفل الصمام بإحكام. ويمكن تحديد مدى كفاءة الوصلة وذلك بتركيب خلية على المانومتر وغلقها بواسطة سداد وتفريغ ساق المانومتر جزئياً ثم يغلق الصمام وعندها يشير أي هبوط مستمر في الضغط إلى وجود تسرب في الجهاز.
٧) يبدأ قياس الزمن (ن) بالثانية ابتداء من وصول تقعر سائل المانومتر حد العلامة (ب) حتى يصل حد العلامة (جـ) على ساق المانومتر وتسجل درجة الحرارة أثناء إجراء الاختبار.

٥- الحسابات :

يحسب السطح النوعي للإسمنت (سن) من المعادلة التالية:

$$\text{سن} = \text{ك} \times \sqrt{\text{ن}} \qquad (\text{سم}^{٢}/\text{جم})$$

حيث :

ك = ثابت الجهاز ويحدد عند معايرته كما هو مبين في البند التالي.

ن = الفترة الزمنية بالثواني التي يستغرقها هبوط سائل المانومتر من العلامة (ب) إلى العلامة (جـ).

٦- تحديد ثابت الجهاز (ك) :

يحدد ثابت الجهاز (ك) عند معايرته في الأحوال التالية :

- عند بدء استعمال الجهاز لأول مرة.
- عند وجود احتمال لاستهلاك المكبس أو خلية النفاذية.
- إذا حدث أي نقص في سائل المانومتر.
- إذا غير نوع ورق الترشيح.

٦-١- معايرة الجهاز:

١) تستخدم لمعايرة الجهاز عينة قياسية ذات سطح نوعي معلوم، ويجب أن تكون درجة حرارة العينة مساوية لدرجة حرارة الغرفة عند إجراء الاختبار.

٢) توضع العينة القياسية في قنينة وترج بشدة لمدة دقيقتين لتفكيكها ثم تجرى تهويتها.

٣) يحسب وزن العينة القياسية التي يجري عليها الاختبار لغرض المعايرة بنفس الطريقة الواردة في البند الأول من تجهيز عينة الاختبار السالف ذكرها.

٦-٢- طريقة المعايرة :

يجرى اختبار النفاذية بنفس الطريقة السابقة (طريقة الاختبار) على ثلاث عينات قياسية، ويجري قياس الزمن ثلاث مرات لكل عينة.

٦-٣- الحسابات :

تحسب مساحة السطح النوعي (سن) بالمعادلة الآتية:

$$\text{سن} = \text{سن}_1 \times \frac{\text{ث}_1}{\text{ث}} \times \sqrt{\frac{\text{ن}}{\text{ن}_1}} \times \frac{(\text{م}_1 - 1)}{(\text{م} - 1)} \times \sqrt{\frac{\text{م}^3}{\text{م}_1^3}} \times \sqrt{\frac{\text{ل}_1}{\text{ل}}}$$

حيث إن:

سن = السطح النوعي المحسوب للعينة سم^2 / جم.

سن$_1$ = السطح النوعي للعينة القياسية سم^2 / جم.

ث$_1$ = كثافة العينة القياسية جم / سم^3.

ث = كثافة العينة المختبرة جم / سم^3.

ن = زمن هبوط السائل بالثانية من العلامة (ب) إلى العلامة (جـ).

ن١ = الزمن القياسي بالثانية.

م١ = مسامية طبقة العينة القياسية (٠,٥٠٠ ±٠,٠٠٥).

م = مسامية طبقة عينة الاختبار.

ل = لزوجة الهواء على درجة حرارة الاختبار جم / سم. ث (بويز).

ل١ = لزوجة الهواء على درجة حرارة تعيين السطح النوعي للعينة القياسية جم/ سم. ث (بويز).

ويمكن وضع هذه المعادلة كالآتي : سن = ك × $\sqrt{ن}$

حيث إن: ك = ثابت الجهاز ويتغير طبقاً لنوع الإسمنت المختبر.

$$ك = سن_1 \times \frac{ث_1}{ث} \times \frac{1}{\sqrt{ن_1}} \times \frac{(م_1 - 1)}{(م - 1)} \times \sqrt{\frac{م^3}{م_1^3}} \times \sqrt{\frac{ل_1}{ل}}$$

٧- مثال تطبيقي

١) حجم طبقة الاسمنت بالخلية = ح = $\frac{و_1 - و_2}{ث_ر}$ = $\frac{25.72}{13.54}$ = ١,٩ سم^3 عند درجة حرارة = ٢٤ دم.

٢) وزن عينة الإسمنت المختبرة و = ث × ح × (١ — م) = ٣,١٥ × 1.9 × (١- ٠,٥) = ٣ جم.

٣) باعتبار أن مسامية طبقة الإسمنت داخل الخلية م = ٠,٥.

وفي حالة دمك عينة الإسمنت للحصول على نفس مسامية العينة القياسية (م = م١). وإذا كانت كثافة الإسمنت المراد اختباره هي نفس كثافة العينة القياسية (ث = ث١). وإذا كانت درجة الحرارة للعينة وللمعايرة في حدود ±٣° (ل = ل١). فانه يمكن اختصار قانون المساحة السطحية كالتالي :

سن = سن١ × $\sqrt{\frac{ن}{ن_1}}$

٤) نأخذ العينة القياسية التي لها سطح نوعي = ٢٨٤٠ سم^2/جم (هذا الرقم نجده مرفقاً بالعينة وهو محدد من طرف مصنع العينة).

٥) نقوم بمعايرة الجهاز باستعمال العينة القياسية، ونحصل على الزمن القياسي ن١= ٣٤,٢ ثانية

٦) نقيس زمن هبوط السائل على العينة المراد اختبارها، ونحصل على ن = ٣٣ ثانية.

٧) نحسب حينئذ السطح النوعي للعينة ويكون :

سن = ٢٨٤٠ × $\sqrt{\frac{33}{34.2}}$ = ٢٧٩٠ سم^2/جم

اختبار تعيين الوزن الحجمي للاسمنت

Determination of Volumetric (Unit) Weight of Cement

١- الغرض من الاختبار:

تعيين وزن وحدة الحجم (وزن المتر المكعب) من الإسمنت وهو في حالته العادية (أي بدون دمك) بما يحتوي من فراغات.

٢- الأجهزة :

- مخروط معدني
- غطاء يمكن رفعه وتركيبه بسهولة
- منخل قياسي فتحته ٢ مم
- وعاء حجمه ١ لتر
- حامل ثلاثي

٣- طريقة الاختبار

١) يوضع ٢ لتر من الإسمنت المختبر في المخروط.

٢) يرفع الغطاء ويترك الإسمنت ليسقط في الوعاء السفلي تحت تأثير وزنه حتى يملأ الوعاء.

٣) يسوى سطح الوعاء ويعين وزن الإسمنت المالئ للوعاء "و" (كجم).

الوزن الحجمى للإسمنت = $\frac{\text{و}}{\text{ح}}$ كجم/ لتر أو طن/ م^3

حيث : و : وزن الإسمنت

ح : حجم الإسمنت = ١ لتر

الوزن الحجمي للاسمنت يتراوح بين ١٠٠٠ و ١١٠٠ كجم/م^3.

اختبار تعيين الوزن النوعي للإسمنت
Determination of Specific Weight of Cement

١- الغرض من الاختبار :

تعيين الوزن النوعي للإسمنت بهدف تصميم الخلطات الخرسانية، وقيمته ثابتة تقريباً للإسمنت البورتلاندي العادي وتصل إلى ٣,١٥.

٢- الأجهزة المستعملة :

- قنينة كثافة
- كيروسين أو زيت أو أي سائل لا يتفاعل مع الإسمنت
- ميزان

٣- خطوات الاختبار :

١) توزن عينة من الإسمنت وليكن وزنها (و).

٢) تملأ قنينة الكثافة بسائل لا يتفاعل مع الإسمنت وليكن كيروسين أو زيت، حتى حجم معين وليكن ($ح_1$)

٣) يوضع الإسمنت داخل قنينة الكثافة مع الطرق خفيفاً لطرد فقاعات الهواء فيرتفع الكيروسين في الأنبوبة الشعرية.

٤) يقرأ الحجم على الأنبوبة الشعرية وليكن ($ح_2$).

٤- النتائج :

الوزن النوعي للإسمنت = $\frac{و}{ح_2 - ح_1}$

اختبار تحديد القوام القياسي لعجينة الإسمنت

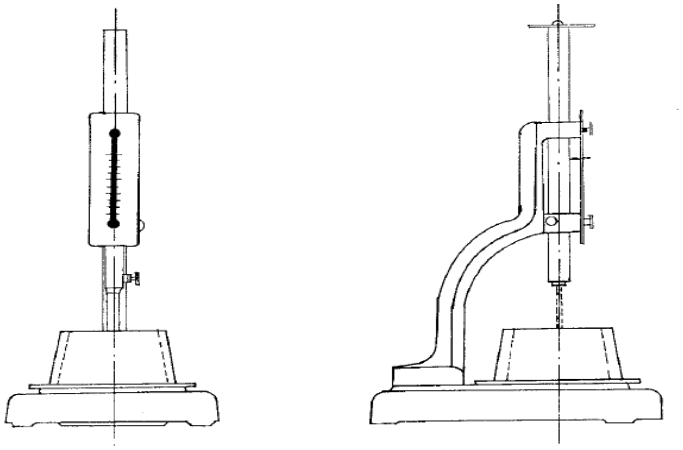
١- الغرض من الاختبار :

تختص هذه الطريقة بتعيين كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة من الإسمنت ذات القوام القياسي المستخدمة في كل من اختبار زمن الشك واختبار ثبات الحجم.

٢- الأجهزة :

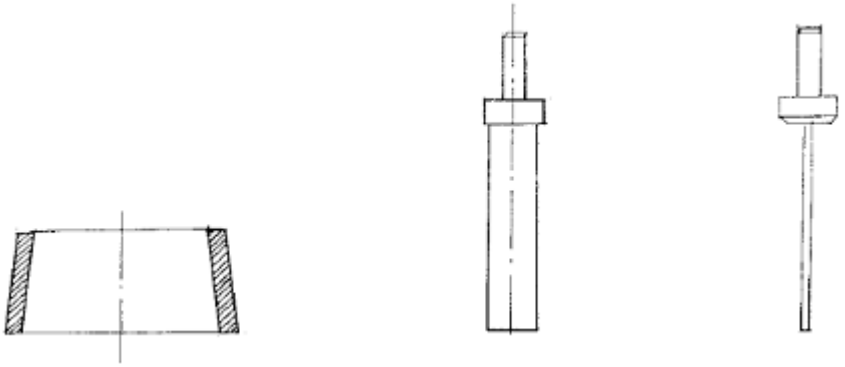
٢-١- جهاز فيكات :

- يتكون الجهاز(المبين في الشكل رقم (٦) أساساً من هيكل معدني وقضيب معدني متحرك وزنه (٣٠٠± ١) جرام بما في ذلك الأجزاء التالية التي تركب في أي من طرفيه :



الشكل٦ : جهاز فيكات.

- مكبس لتحديد القوام القياسي قطره (١٠± ٠,٠٥) مم وطوله (٥٠± ١) مم.
- إبرة قياسية لتحديد زمن الشك الابتدائي ذات مقطع دائري قطره (١,١٣± ٠,٠٥) مم، أو ذات مقطع مربع ضلعه (١± ٠,٠٥) مم، أي إن مساحة مقطعها ١مم^{٢} وطولها (٥٠± ١) مم.
- إبرة قياسية لتحديد زمن الشك النهائي وهي نفس الإبرة المستخدمة في تحديد زمن الشك الابتدائي، أو إبرة ذات مقطع مماثل بطول (٣٠± ٢) مم طول طرفها الخالص البارز عن الحلقة (٠,٥± ٠,١) مم وذلك طبقاً للجهاز.
- قالب ارتفاعه الداخلي (٤٠± ٠,٥) مم مرتكز على لوح غير مسامي.
- ساعة إيقاف.
- ميزان حساس.

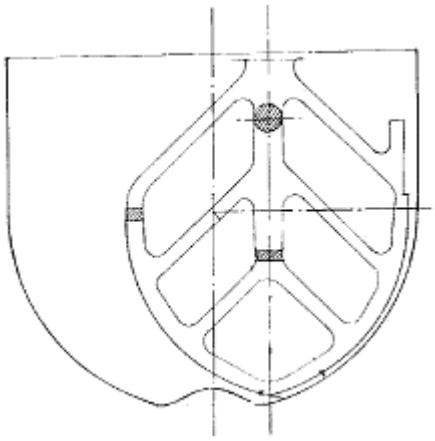


الشكل٧ : الإبرة والمكبس والقالب لجهاز فيكات.

٢-٢- خلاط ميكانيكي :

يتكون جهاز الخلط من الأجزاء الرئيسية التالية:

- وعاء من الصلب الذي لا يصدأ وسعته حوالي (٥) لترات، مزوداً بوسائل لتثبيته في الخلاط.
- ريشة تدور حول محورها، وفي نفس الوقت تتحرك حركة كوكبية حول محور الحركة بحيث يكون اتجاها الدوران متعاكسين، وألا تكون النسبة بين السرعتين عدداً صحيحاً.



الشكل٨ : الوعاء والريشة لجهاز الخلط الآلي.

وللخلاط سرعتان كما هو مبين في الجدول رقم (٧).

الجدول (٧): سرعة دوران الخلاط

نوع السرعة	سرعة دوران الريشة حول محورها (لفة / دقيقة)	سرعة الحركة الكوكبية للريشة (لفة / دقيقة)
سرعة بطيئة	١٤٠ ±٥	٦٢ ±٥
سرعة عالية	٢٨٥ ±١٠	١٢٥ ±١٠

٣- طريقة الاختبار :

تكون درجة حرارة الإسمنت والماء وحرارة الغرفة في حدود (^{o}٢٣ ±^{o}٢)، ولا تقل الرطوبة النسبية عن ٥٠ ٪ وتكون أجهزة الخلط نظيفة ويجري الخلط يدوياً أو آلياً.

٣-١- الخلط اليدوي :

تحضر كمية من الإسمنت وزنها ٤٠٠ جم ثم يضاف إليها كمية مناسبة من الماء (تقدر بحوالي ٢٧ ٪ من وزن كمية الإسمنت الجاف) وتجرى عملية الخلط لمدة (٤ ± ٠,٢٥) دقيقة وهي الفترة الزمنية المحصورة بين بدء إضافة الماء إلى الإسمنت الجاف حتى بدء ملء قالب جهاز فيكات بعجينة الإسمنت.

٣-٢- الخلط الآلي :

١) تحضر كمية من الإسمنت وزنها (٥٠٠ – ٦٥٠) جم حسب القالب المستخدم، وتوضع في وعاء الخلط ثم يضاف إليها كمية مناسبة من الماء (تقدر بحوالي ٢٧ ٪ من وزن كمية الإسمنت الجاف) وتترك لمدة ٣٠ ثانية أخرى، ويبدأ الخلط بالسرعة البطيئة لمدة ٣٠ ثانية، ثم يوقف الخلط لمدة ٣٠ ثانية ويتم أثناء ذلك كشط أي عجينة عالقة بالجدران، ثم يبدأ الخلط مرة أخرى على السرعة العالية بحيث تصبح مدة الخلط الكلية من لحظة إضافة الماء إلى الإسمنت ثلاث دقائق.

٢) يملأ قالب فيكات بعد الخلط مباشرة ملئاً تاماً ودفعة واحدة بعجينة الإسمنت السابق تحضيرها ثم يسوى سطح العجينة مع حافة القالب بسرعة ويراعى عند ملء القالب ألا يستعمل في ذلك سوى اليد وسلاح المسطرين.

٣) توضع عجينة الاختبار الموجودة داخل قالب فيكات المرتكز على اللوح غير المسامي تحت المكبس الاسطواني لجهاز فيكات، ثم يدلى المكبس الاسطواني ببطء حتى يمس سطح العجينة ويترك بعد ذلك حراً تحت تأثير وزنه لينفذ في العجينة ويراعى أن تتم هذه العملية بعد خمس دقائق من بداية

الخلط (يحدد مقدار نفاذ المكبس الاسطواني في العجينة الإسمنتية بتعيين المسافة بينه وبين قاع قالب فيكات بواسطة التدرج الموجود على الجهاز وذلك بطرح القراءة المتحصل عليها من القراءة الأولى للجهاز والتي تسجل في بداية الاختبار، ويراعى عدم تعرض الجهاز لأي اهتزازات خارجية أثناء الاختبار.

٤) يعاد عمل عجائن تجريبية بكميات مختلفة من الماء للوصول إلى كمية الماء التي تعطي عجينة تسمح بنفاذ المكبس الاسطواني لجهاز فيكات إلى نقطة تبعد (٥ – ٧) مم من قاع القالب وتقدر هذه الكمية كنسبة مئوية من وزن الإسمنت الجاف.

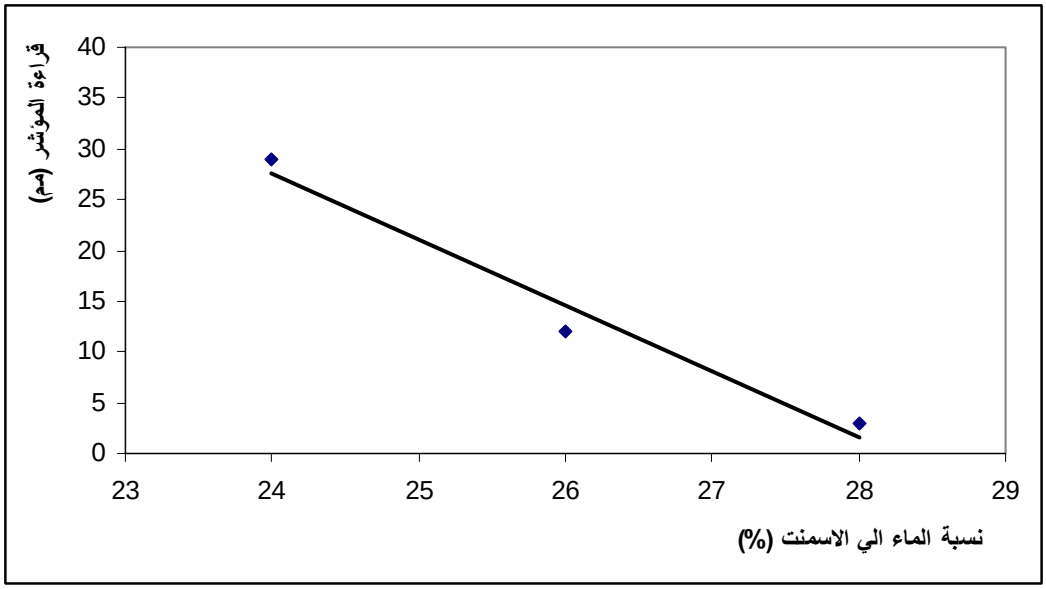
٤- نتائج الاختبار :

١) المحاولة الأولي : نسبة الماء المضافة = ٢٤ ٪ قراءة المؤشر = ٢٩ مم

٢) المحاولة الثانية : نسبة الماء المضافة = ٢٦ ٪ قراءة المؤشر = ١٢ مم

٣) المحاولة الثالثة : نسبة الماء المضافة = ٢٨ ٪ قراءة المؤشر = ٣ مم

طالما لم نحصل على قراءة للمؤشر بين ٥ و ٧ مم، فإنه يمكننا رسم منحنى بين نسبة الماء إلي الإسمنت وقراءة المؤشر (الشكل٩) لتفادي إجراء عدد كبير من المحاولات. ويمكن تعيين نسبة الماء القياسية من خلال المنحنى الخطي (نسبة الماء القياسية = ٢٧ ٪ باعتبار قراءة مؤشر = ٦ مم)



الشكل٩ : العلاقة بين قراءة المؤشر ونسبة الماء إلى الإسمنت

اختبار تحديد زمن الشك الابتدائي وزمن الشك النهائي

١- الأجهزة :

١. جهاز فيكات المبين في الشكل رقم (٦).
٢. خلاط آلي.

٢- طريقة الاختبار :

١) يوزن ٤٠٠ جم من الإسمنت في حالة الخلط اليدوي و(٥٠٠ -٦٥٠) جم في حالة الخلط الآلي، ثم تضاف إليها كمية الماء اللازمة لجعلها عجينة قياسية، وهي الكمية التي يتحصل عليها من الاختبار المذكور سابقاً والذي يجب أن يجري قبل هذا الاختبار مباشرة وتحت نفس ظروف درجة الحرارة والرطوبة ويراعى أن تجرى عملية الخلط بنفس الطريقة الواردة في بند طريقة الاختبار السابق.

٢) بعد انتهاء الخلط مباشرة، يملأ قالب فيكات ملئاً تاماً ودفعة واحدة بعجينة الإسمنت السابق تحضيرها. ثم يسوى سطح العجينة مع حافة القالب بسرعة، ويراعى عند ملء القالب ألا يستعمل في ذلك سوى اليد وسلاح المسطرين ويحفظ في دولاب رطوبته النسبية لا تقل عن ٩٠٪ لمدة نصف ساعة أو يغطى بشكل لا يسمح بتبخر الماء.

٣) ثم يؤخذ القالب ويوضع تحت إبرة جهاز فيكات للشك الابتدائي. ثم تدلى الإبرة ببطء حتى تمس سطح العجينة. ثم تترك الإبرة حرة لتنفذ في العجينة تحت تأثير الوزن الكلي للقضيب المتحرك والإبرة معاً لمدة ٣٠ ثانية. ويحدد مقدار نفاذ الإبرة بتعيين المسافة بينها وبين قاع قالب فيكات بواسطة التدرج الموجود على الجهاز وذلك بطرح القراءة المتحصل عليها من القراءة الأولى للجهاز والتي تسجل في بداية الاختبار.

٤) تكرر عملية نفاذ الإبرة بالعجينة بعد تنظيفها في كل مرة في مواضع مختلفة كل ١٠ دقائق مع مراعاة ألا تقل المسافة بين هذه المواضع عن ٦ مم، إلى أن تنفذ الإبرة مسافة لا تزيد على ٥ مم تقريباً من قاع قالب فيكات، وبذلك يكون زمن الشك الابتدائي هو الفترة بين لحظة إضافة الماء للإسمنت الجاف، ولحظة نفاذ إبرة جهاز فيكات في عجينة الإسمنت لمسافة لا تزيد على ٥ مم تقريباً من قاع قالب فيكات.

٥) توضع العجينة تحت إبرة الشك النهائي ثم تتدلى ببطء حتى تمس سطح العجينة وتترك حرة تحت تأثير الوزن الكلي للقضيب والإبرة معاً.

تكرر عملية نفاذ الإبرة بالعجينة في مواضع مختلفة كل عشر دقائق إلى أن تتوقف الإبرة عن النفاذ من سطح العجينة نظرياً أو إلى أن تترك أثراً بالسطح بينما لا تترك حافة الحلقة المثبتة حول الإبرة أي أثر فيه وبذلك يكون زمن الشك النهائي هو الفترة بين لحظة إضافة الماء إلى الإسمنت الجاف واللحظة التي تتوقف فيها الإبرة، عن النفاذ أو عندما تترك أثراً على سطح العجينة بينما لا يظهر أي أثر لحافة الحلقة المثبتة حول الإبرة. ويراعى عند حدوث زبد على سطح العجينة أن يعين زمن الشك النهائي باستخدام السطح الآخر للعجينة.

اختبار مقاومة الضغط والانحناء

١- الأجهزة :

١-١- مناخل قياسية مربعة الفتحات ٠,٠٨ مم، ٠,١٦ مم، ٠,٥٠ مم، ١,٠٠ مم، ١,٦ مم، ٢,٠ مم ويمكن استخدام مناخل قياسية قريبة من مقاسات المناخل المذكورة.

١-٢- الخلاط :

يستخدم نفس الخلاط السابق ذكره.

١-٣- القوالب :

يمكن صب (٣) عينات في القالب الواحد مرة واحدة وتكون أبعاد قالب العينة من الداخل كما يلي:

الطول (١٦٠± ٠,٤) مم.

العرض (٤٠± ٠,١) مم.

الارتفاع (٤٠± ٠,١) مم.

ولا يقل سمك حواجز القالب الداخلية عن ١٠ مم وتكون مستوية السطح بتجاوز مقداره ± ٠,٠١ مم. وتكون جميع زوايا جوانب وأرضية القالب (٩٠± ٠,٥) درجة وبحيث تكون أجزاؤه ملتصقة تماماً عند تجميعها حتى لا يحدث أي تسرب للمونة أثناء عملية ملء القالب أو الاهتزاز.

١-٤- منضدة الاهتزاز :

يكون لوح الاهتزاز أفقياً وارتفاعه حوالي ٩٠٠ مم، ويكون مزوداً بوسائل لتثبيت القوالب بإحكام، وتهتز المنضدة والقالب الفارغ مثبت فيها في الاتجاه الرأسي فقط، وبسرعة ٣٠٠٠ دورة في الدقيقة (٥٠ دورة في الثانية) ويضبط اتساع الاهتزاز الكلي بواسطة منظم بحيث يكون في حدود (٧٥± ٠,١) مم.

١-٥- ماكينة اختبار الانحناء :

تكون المكنة مزودة بركيزتين أسطوانيتين قطر كل منهما ١٠ مم يفصل بينهما مسافة ١٠٠مم، ويتم نقل تأثير الحمل من مكنة الاختبار إلى العينة بواسطة اسطوانة ثالثة قطرها ١٠ مم متمركزة في منتصف المسافة بين الركيزتين السفليين، كما تزود مكنة الاختبار بجهاز لتسجيل الأحمال من ٦٠٠ وحتى ٦٠٠٠ نيوتن بخطأ لا يتجاوز ٢ ٪ ، وتكون المستويات الرأسية المارة بمحاور الاسطوانات الثلاثية متوازية، وتظل متوازية وعلى مسافات متساوية طوال فترة الاختبار، ومن الممكن أن تتأرجح إحدى الركيزتين وأسطوانة نقل تأثير الحمل حول المركز وذلك لإتاحة توزيع منتظم للحمل على عرض المنشور دون تعريض العينة إلى إجهادات قص.

١-٦- مكنة اختبار ضغط :

تزود مكنة اختبار الضغط بلوحين من صلب لا تقل صلادته عن ٦٠٠ فيكرزVickers ومن المفضل أن يكونا من كربيد التنجستين Tungsten Carbide ولا يقل سمك أي من اللوحين عن ١٠ مم وعرضهما (٤٠ ± ٠,١) مم، وطول أي منهما يزيد على ٤٠ مم واستواء سطحهما بتجاوز ± ٠,١ مم. وتكون دقة المكنة في حدود ١,٥ ٪ للأحمال الصغيرة المستخدمة في الاختبار، وأن تكون مزودة بنوعين من المدى أحدهما للأحمال من ٤ إلى ٥ طن، والآخر للأحمال من ١٥ إلى ٢٥ طن، ويرتكز اللوح العلوي على مرتكز كروي يقع مركزه في مستوى اللوح السفلي. وتوجه الألواح بحيث لا ينتج عنها أي احتكاك أثناء الاختبار ويمكن أن يكون أحد الألواح مائلاً للسماح بالاتصال الكامل بعينة الاختبار.

٢- الرمل القياسي :

يشترط في الرمل القياسي المستخدم في هذا الاختبار ما يلي:

- أن يكون الرمل كوارتيزياً طبيعياً مستدير الحبيبات.
- أن يكون الرمل القياسي من ثلاث درجات.

  ناعماً : مقاسه من ٠,٠٨ مم وحتى ٠,٥ مم.

  متوسطاً : مقاسه أكبر من ٠,٥ مم وحتى ١,٠ مم.

  خشناً : مقاسه أكبر من ١,٠ مم وحتى ٢,٠ مم.
- يكون التدرج الحبيبي للرمل القياسي كما هو مبين في الجدول رقم (٨) ويمكن أخذ ثلاثة أوزان متساوية من كل من الرمل الناعم والمتوسط والخشن وتخلط مع بعضها البعض.

الجدول رقم (٨) : التدرج الحبيبي للرمل القياسي

المنخل القياسي مقاس الفتحة (مم)	النسبة المئوية بالوزن	
	المتبقي	التجاوز
٠,٠٨	٩٨	± ٢
٠,١٦	٨٧	± ٥
٠,٥٠	٦٧	± ٥
١,٠٠	٣٣	± ٥
١,٦٠	٩	± ٥
٢,٠٠	صفر	-

٣- تجهيز المونة :

- تكون مونة الاختبار مكونة بنسبة جزء واحد من الإسمنت وثلاثة أجزاء من الرمل الجاف بالوزن ونسبة الماء إلى الإسمنت ٠,٥
- تحضير الكمية اللازمة لعمل ثلاث عينات مرة واحدة وهي:

إسمنت : ٤٥٠ جم

رمل قياسي : ١٣٥٠ جم

ماء : ٢٢٥ جم

٤- الخلط :

يبدأ الخلط بوضع الماء في وعاء الخلط، ثم يضاف إليه الإسمنت ويشغل الخلاط على السرعة المنخفضة لمدة ٣٠ ثانية، ثم يضاف الرمل خلال ٣٠ ثانية أخرى بينما يكون الخلاط على السرعة المنخفضة وبعد ذلك يشغل الخلاط على السرعة العالية لمدة ٣٠ ثانية أخرى، يوقف الخلاط لمدة دقيقة ونصف، يجري إزالة أي عجينة عالقة بحائط الخلاط في الخمس عشرة ثانية الأولى منها ويغطى الخلاط حتى نهاية فترة الدقيقة والنصف بقطعة من المطاط، بعد ذلك يتم تشغيل الخلاط لمدة دقيقة على السرعة العالية، ويراعى إن تكون درجة الحرارة أثناء عملية تجهيز المونة والخلط والهز (٢٣ ± ٢) دم وألا تقل الرطوبة النسبية عن ٦٥ ٪.

٥- الصب :

يثبت القالب على منضدة الاهتزاز السابق ذكرها بعد تزييت جوانبه من الداخل تزييتاً خفيفاً وسد الوصلات الخارجية بمادة مناسبة مثل خليط من القلفونية وشمع البرافين بنسبة ١ : ٣ بالوزن. تنقل المونة بعد خلطها مباشرة، وتصب بعناية داخل القالب على طبقتين يستغرق زمن صب كل طبقة حوالي ١٥ ثانية وبعد وضع الطبقة الأولى (تزن حوالي ٣٢٠ جم) مباشرة يجري تشغيل ماكينة الاهتزاز لمدة ٦٠ ثانية، ثم توضع الطبقة الثانية ويجري تشغيل ماكينة الاهتزاز لمدة ٦٠ ثانية أخرى، يفك القالب من ماكينة الاهتزاز وتسوى أسطح العينات بكشط المونة الزائدة، وينعم السطح باستخدام أداة معدنية مستقيمة مناسبة، ثم توضع علامات مميزة على عينة الاختبار.

٦- معالجة العينات :

توضع القوالب في مكان درجة حرارته ($٢٣^{o} \pm ٢^{o}$)، ورطوبته النسبية لا تقل عن ٩٠ ٪ وتغطى القوالب بلوح مستوٍ غير مسامي مزيت مثل الصلب أو المطاط لمنع تبخر الماء وتترك لمدة ٢٤ ساعة، يجري فك القوالب بعدها.

تحفظ العينات بعد ذلك مغمورة في حوض به ماء نظيف درجة حرارته ($٢٣^{o} \pm ٢^{o}$) مرتكزة على حوامل خشبية أو بلاستيكية، حتى يحين موعد اختبارها وتكون العينات متباعدة عن بعضها البعض بحيث تسمح بمرور الماء من حولها وبحيث تظل الأوجه الرأسية أثناء الصب كما هي أثناء حفظها ويراعى تجديد نصف الماء كل ١٥ يوماً وألا يقل حجم الماء عن أربعة أضعاف حجم العينات المغمورة.

ترفع العينات من الماء قبل موعد اختبارها المحدد بخمس عشرة دقيقة على الأكثر ثم تمسح أسطحها بقطعة قماش مبللة لإزالة ما بها من الماء العالق وأي ترسبات سطحية ويتم وزن كل عينة بعد ذلك ويسجل الوزن على القاع، لمتابعة مدى الدقة في تجهيز العينات.

٧- طريقة اختبار مقاومة الانحناء :

توضع عينة الاختبار على ركيزتين المسافة بينهما (١٠٠ ± ٢/١) مم ويجري التحميل عند منتصف المسافة بين الركيزتين بحيث يزداد الحمل بمعدل (٥٠ ± ١٠) نيوتن / ثانية أي (٥ ± ١) كجم/ثانية وتحسب مقاومة الانحناء (م ح) من المعادلة التالية:

$$م_{ح} = \frac{6 ع}{ب^3} = ١,٥ \times \frac{ح ل}{ب^3}$$

حيث :

ب = طول ضلع قطاع العينة (٤٠ مم).

ح = الحمل المسلط على منتصف العينة.

ل = المسافة بين الركيزتين (١٠٠ مم).

ع = عزم الانحناء = $\frac{ح\ ل}{4}$ = ٢,٥ × ح (حيث ل = ١٠ سم).

بالتعويض عن قيم ب، ل تصبح المعادلة:

$م_{ح}$ = ٠,٢٣٤ × ح

٨- طريقة اختبار مقاومة الضغط :

تؤخذ أنصاف المنشورات (ستة أنصاف) من اختبار مقاومة الانحناء لإجراء اختبار الضغط عليها توضع قطعة الاختبار على أحد الأوجه الجانبية بين لوحي التحميل الموضحين في بند ماكينة اختبار الضغط السابق ويكون التحميل على مساحة ٤٠ × ٤٠ مم. يبدأ التحميل من الصفر ويزداد تدريجياً بمعدل يتراوح بين ١ و ٢ ن/مم^{٢}/ثانية وبحيث لا يقل زمن التحميل حتى الكسر عن ١٠ ثوان.

تحسب مقاومة الضغط ($م_{ض}$) من المعادلة التالية :

$$م_{ض} = \frac{ح}{م} \quad (ن/مم^{٢})$$

حيث : ح = حمل الكسر بالنيوتن (متوسط ٣ عينات)

م = المساحة الفعلية المعرضة للحمل (مم^{٢})

٩- نتائج الاختبار :

تجري الاختبارات بعد ٣، ٧ و٢٨ يوما. وتلخص النتائج كما هو مبين في الجدول (٩) :

الجدول (٩) : نتائج اختبارات الانحناء والضغط على المونة الإسمنتية

زمن الاختبار (الأيام)	رقم العينة	وزن العينة (جم)	الوزن الحجمي (جم/سم^{٣})	اختبار الانحناء			اختبار الضغط		
				حمل الكسر (ن)	مقاومة الانحناء (ن/مم^{٢})	متوسط مقاومة الانحناء	حمل الكسر (كن)	مقاومة الضغط (ن/مم^{٢})	متوسط مقاومة الضغط
٣ أيام	١								

	٢								
	٣								
٧ أيام	٤								
	٥								
	٦								
٢٨ يوم	٧								
	٨								
	٩								