صلاحية الاسمنت Soundness of cement

1-تعريف:

يُعرف مصطلح صلاحية الاسمنت البورتلندي وفقاً لمؤسسة الاسمنت البورتلندي Portland cement association (PCA) بأنه قدرة الاسمنت لمقاومة أي تغير حجمي بعد عملية الأخذ والتصلب.

2-المبدأ

إن وجود محتوى زائد من الكلس والمغنيزيوم في المواد الخام الداخلة في صناعة الاسمنت، يؤدي إلى نسبة مرتفعة من الكلس الحر CaO وأوكسيد المعنيزيوم MgO في الاسمنت المصنّع، تسبب انتفاخ الاسمنت بعد تصلبه نتيجة تشكل هيدروكسيد الكالسيوم وهيدروكسيد المغنيزيوم وفقاً للمعادلة التالية:

$$CaO+H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

$$MgO+H_2O \longrightarrow Mg(OH)_2$$

هذا التفاعل بطيء يمكن أن يستمر لعدة أشهر أو عدة سنوات، حيث تنتج مادة منتفخة يمكن أن تسبب تشقق العينة الاسمنتية. لقياس الصلاحية مخبرياً نقوم باستخدام إحدى الطريقتين التاليتين:

- طريقة لوشاتولييه والتي تعتمد على اختصار زمن الإنضاج من خلال غلي العينة بالماء. وهي تصلح لاكتشاف وجود نسبة عالية من الكلس الحر ضمن العينة فقط.
- طريقة الاوتوكلاف والتي تعتمد على اختصار زمن الإنضاج من خلال تعريض العينة للحرارة والضغط ضمن الاوتوكلاف. وهي تصلح لقياس الانتفاخ الناتج عن وجود الكلس الحر وأوكسيد المغنيزيوم.

ملاحظة: إماهة أوكسيد المغنيزيوم بطيئة جداً (أكثر من الكلس الحر) لذلك لا يصلح اختبار لوشاتولييه لاكتشاف الانتفاخ الناتج عن هذه العملية.

يوجد بعض العوامل الأخرى التي يمكن أن تؤثر على صلاحية الاسمنت مثل: عملية الحرق غير الصحيحة للمواد ضمن الفرن، فقر في المواد الخام، وزيادة نعومة الذرات.

العمل المخبري الأول:

صلاحية الاسمنت باستخدام جهاز لوشاتولييه وفقاً للمواصفة BS EN 196-3

Soundness of cement using Le chatelier Apparatus According to BS EN 196-3

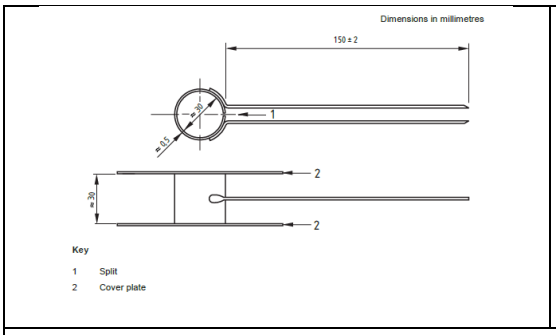
1- الغاية من التجربة:

تحديد صلاحية الاسمنت باستخدام طريقة لوشاتولييه من خلال اكتشاف وجود نسبة عالية من الكلس الحر ضمن الاسمنت والتي يمكن أن تؤدي إلى انتفاخ وتشقق العجينة الاسمنتية بعد تصلبها.

2-الأجهزة:

- **جهاز لوشاتولييه:** يتكون من اسطوانة مصنوعة من معدن لا يصدأ، تحوي شق جانبي على كامل ارتفاعها، لا يزيد عرضه عن 0.5mm، قطرها الداخلي 30mm، سماكة جدارها 0.5mm، ارتفاعها 30mm، يثبت على جانبي الشق مؤشرين أو ذراعين طول كل منهما 150mm، انظر الشكل (1).

ملاحظة: وفقا للمواصفة **IS:5514 (النظام العالمي International system)** فإن طول الذراع يعادل 165mm.



الشكل 1: جهاز لوشاتولييه

- **حمام مائي:** يُستخدم للإنضاج السريع للعجينة الاسمنتية من خلال غمرها بالماء المغلي لمدة ثلاث ساعات. هذا الحمام له القدرة على رفع درجة حرارة الماء من (20±2°C) إلى درجة الغليان خلال (30±5 min).
- **صفيحتي تغطية:** مصنوعتان من مادة لا تتفاعل مع العجينة الاسمنتية (الزجاج مثلا) أبعاد كل منهما mm (50x50) (أكبر من قطر القالب). يجب أن لا يقل وزن صفيحة التغطية عن 75g ويمكن وضع وزن صغير عليها عند الحاجة.

- **غرفة أو كبينة إنضاج:** ذات أبعاد مناسبة، تحافظ على درجة حرارة 20±1°C ورطوبة نسبية لا تقل عن 90%. تُستخدم لإنضاج الخرسانة خلال الأربع وعشرين ساعة التالية لصب العينة.
- **مسطرين:** تُستخدم لتجهيز وخلط وصب العينة وتسوية سطحها.
- **ميزان:** بدقة 0.1g ومسطرة لقياس تباعد المؤشرين.

يبين الشكل (2) مجموع أدوات التجربة

الشكل 2: مجموعة الأجهزة المستخدمة في الاختبار

3- تحضير العينة:

العينة المختبرة هي عينة عجينة اسمنتية نظامية (ذات قوام قياسي)، يتم تحضيرها باتباع نفس خطوات تحضير العجينة الاسمنتية النظامية من حيث كمية الاسمنت والماء ومراحل الخلط.

4- خطوات إجراء التجربة:

- تحضير العينة
- يُملأ القالب (قالب لوشاتولييه) الموضوع على صفيحة زجاجية والمطلي سطحه الداخلي وسطح الصفيحة بالزيت، بعينة العجينة النظامية دون أي عملية رج ومع مراعاة بقاء الشق مغلق عن طريق الضغط البسيط على المؤشرين. نقوم بتسوية سطح العينة قبل تغطيتها بصفيحة التغطية الزجاجية المطلية بالزيت. يمكن وضع ثقل خفيف على سطحها عند الحاجة.
- يوضع القالب المملوء بالعينة مع صفائح التغطية ضمن كبينة الإنضاج بدرجة حرارة 20±1°C ورطوبة نسبية لا تقل عن 90% لمدة 24h.

  ملاحظة: يمكن وضع العينة مع القالب والصفائح ضمن الماء بدرجة حرارة 20±1°C لمدة 24h±30min.
- في نهاية الأربع وعشرين ساعة، نخرج القالب من غرفة الإنضاج ونقيس المسافة بين الذراعين إلى أقرب 0.5mm وليكن A.

- يُغمر القالب ضمن الحمام المائي ونرفع درجة حرارة الماء تدريجياً للوصول إلى درجة الغليان خلال فترة زمنية تعادل min (30±5). ثم نحافظ على العينة ضمن الماء المغلي لمدة ثلاث ساعات.
- يمكن قياس تباعد المؤشرين في نهاية فترة الغليان وقبل تبريد العينة إلى أقرب 0.5mm وليكن B.
- نخرج العينة من الحمام ونتركها تبرد في درجة حرارة المخبر ثم نقيس تباعد المؤشرين إلى أقرب 0.5mm وليكن C.

ملاحظة: في النظام الدولي تُحضّر العجينة باستخدام نسبة 78% من كمية الماء اللازمة للحصول على القوام النظامي.

5-الحسابات: تمدد الاسمنت يساوي الفرق بين القراءتين Cو A بـ mm

$$expansion\ of\ cement = C - A$$

6-التقييم: يجب أن لا يزيد الفرق بين القراءتين عن 10mm

ملاحظة1: في حالة عدم تحقيق الشرط نجري الاختبار على عينة ثانية ونأخذ المتوسط الحسابي للفرق بين القراءتين في كلتا التجربتين. في حالة عدم التحقيق يتم رفض الاسمنت.

ملاحظة 2: من خلال ظروف التجربة إذا لوحظ أن الفرق بين القيمتين (C-A) و(B-A) صغيراً وغير ذي تأثير فيمكن اعتماد القيمة (B-A) كقيمة معبرة لتمدد الاسمنت وبذلك يتم اختصار زمن التجربة.

ملاحظة 3: يمكن إجراء الاختبار على عجينة عمرها سبعة أيام (دون غليان بالماء) تم إنضاجها ضمن غرفة الإنضاج ونحسب تمدد الاسمنت من خلال حساب الفرق بين قراءة المؤشر في نهاية السبعة أيام وقراءة المؤشر في نهاية الأربع وعشرين ساعة الأولى بعد صب العينة.

العمل المخبري الثاني:

صلاحية الاسمنت باستخدام الأوتوكلاف وفقاً للمواصفةASTM C151

Soundness of cement using Autoclave According to ASTM C151

1- الغاية من التجربة:

تحديد مقدار تمدد الاسمنت الناتج عن إماهة الكلس الحر أو أوكسيد المغنيزيوم أو كليهما.

2- الأجهزة:

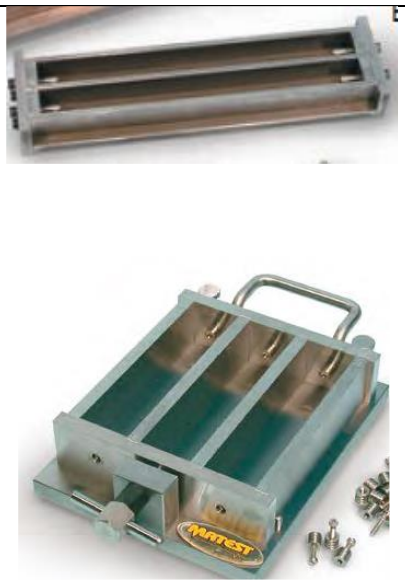
- الأوتوكلاف:

عبارة عن وعاء ضغط عالي مزود بمقياس حرارة، ومقياس التحكم بالضغط ميكانيكياً، بالإضافة لصمام أمان يسمح بخروج الهواء بمرحلة التسخين الأولية ويُحرر ضغط البخار المتبقي في نهاية التبريد. يُصمم الأوتوكلاف بحيث يمكن الوصول إلى ضغط مقداره 2MPa خلال فترة زمنية تتراوح بين min (45-75) من لحظة بدء التسخين ومن ثم المحافظة على هذا الضغط لمدة ثلاث ساعات, ومن ثم خفضه من 2MPa إلى 0.07MPa خلال مدة زمنية تعادل ساعة ونصف بعد إطفاء الحرارة. يوجد مع الأوتوكلاف حمالة للعينات تتسع لعشر عينات. انظر الشكل (1)

الشكل (1): الأوتوكلاف

- القالب: موشوري أبعاده (25x25x285)mm طول القياس يساوي 250mm وهو الطول الاسمي بين النهايات الداخلية للبراغي المثبتة على طرفي العينة. تُصنع القوالب من الفولاذ أو أي معدن متين لا يتفاعل مع العجينة الاسمنتية. الشكل (2).

- جهاز مقارنة الطول: يُستخدم لقياس التغير في طول العينة قبل وضع العينة في الأوتوكلاف وبعد الإنضاج السريع ضمن الأوتوكلاف. مزود بمقياس الكتروني أو قرص مدرج بدقة 0.002mm, الشكل (3).
- ميزان: بدقة 0.1g.
- أنبوب اختبار: مدرج سعته بحدود ml (200-250).



الشكل (2): القوالب

الشكل (3): جهاز مقارنة الطول لقياس التغير في الطول

3-إجراء التجربة:

- تحضير العينات: تُستخدم في التجربة عينات من العجينة الاسمنتية النظامية حيث يتم خلط 650g من الاسمنت مع كمية معينة من الماء (يتم تحديدها من تجربة القوام النظامي للعجينة النظامية). ثم تتم عملية الخلط وفقاً لـ ASTM C305 (نضع كامل كمية الماء ضمن وعاء الخلاط ثم نضيف كامل كمية الاسمنت وننتظر 30sec حتى يتم تشرب الماء، ثم نبدأ الخلط بسرعة بطيئة(140±5 r/min) لمدة 30sec، بعدها توقف الخلاط لمدة 15sec نقوم خلالها بتجميع البقايا الموجودة على السطح الداخلي لوعاء الخلاط، ثم نعاود الخلط بسرعة متوسطة (285±10 r/min) لمدة 1min).
- ملء العينات بالقوالب: يتم ملء العينة ضمن القوالب على طبقتين يتم رصهما بواسطة الأصابع لملء الزوايا جيداً وكذلك المناطق حول براغي القياس المتوضعة في طرفي القالب. تتم تسوية السطح بواسطة مسطرين ملساء نحيفة.
- وضع العينات ضمن غرفة الإنضاج لمدة 24h.

- أخذ قراءات مقياس مقارنة الأطوال مباشرة بعد انقضاء الأربع وعشرين ساعة وإخراج العينات من القوالب.
- وضع العينات ضمن الأوتوكلاف: تُوضع العينات ضمن الحمالة في الأوتوكلاف وتبدأ عملية تسخين الماء الموجود ضمن الأوتوكلاف و الذي درجة حرارته ما بين (20-28)°C و نسبة حجمه تعادل %(7-10) من حجم الأوتوكلاف، حتى الوصول إلى الضغط المحدد ومن ثم المحافظة على الضغط لمدة ثلاث ساعات, ومن ثم تحرير الضغط كما ورد سابقاً.
- نفتح الأوتوكلاف ونخرج العينات ونضعها ضمن ماء درجة حرارته لا تقل عن 90°C. يتم تبريد العينات بإضافة الماء البارد لتخفيض درجة الحرارة حتى الوصول إلى الدرجة 23°C خلال 15min. تترك العينات ضمن الماء الذي درجة حرارته 23°C لمدة ربع ساعة، ثم تُخرج من الماء وتؤخذ قراءة مقياس مقارنة الأطوال.

4-الحسابات:

يتم حساب التغير في طول العينة كنسبة مئوية من العلاقة التالية:

$$The\ change\ in\ length\ \% = \frac{L_1 - L_2}{250}$$

حيث:

L_1: قراءة (طول العينة) بعد الإنضاج بالأوتوكلاف (mm) .

L_2: قراءة طول العينة بعد الإنضاج في غرفة الإنضاج لمدة 24h (mm) .

5-التقييم:

يجب أن تكون نسبة التغير في أي بعد من أبعاد العينة أقل من 0.8%