نعومة الاسمنتFineness of cement

مقدمة:

تتمثل المرحلة الأخيرة من صناعة الاسمنت بطحن الكلينكر مع الجبس، وهي مرحلة مهمة كونها تحدد أبعاد ذرات الاسمنت وبالتالي نعومته. بما أن عملية الإماهة تبدأ من سطح الذرات، فان سطحها النوعي (نعومتها) يلعب دورا كبيراً في سرعة الإماهة وبالتالي في تطور المقاومة المبكرة للخرسانة. لا بد من الإشارة إلى أن تكلفة الطحن تزداد مع ازدياد نعومة الاسمنت.

تُعتبر نعومة الاسمنت إحدى الخواص الهامة التي يجب التحكم بها بعناية.

تحديد نعومة الاسمنت وفقاً

BS EN 196-part6

يتم تحديد نعومة الاسمنت بإحدى الطريقتين التاليتين:

1. باستخدام المناخل
2. بطريقة نفوذية الهواء (بلين)

1- تحديد نعومة الاسمنت باستخدام المناخل

1-2: الغاية من التجربة

قياس نعومة الاسمنت بالتحليل الحبي باستخدام مناخل قياسية. يُستخدم في التجربة المنخل الذي فتحته تعادل 90µm، حيث يتم تحديد نسبة الاسمنت المحجوزة على هذا المنخل.

1-3 فكرة التجربة:

تعطي هذه التجربة فكرة عملية عن نسبة ذرات الاسمنت الخشنة (الأكبر من 90µm) ضمن عينة الاسمنت المختبرة. يتم استخدام هذه التجربة للتحقق والتحكم بعمليات إنتاج الاسمنت كونها تجربة سهلة وسريعة وتعطي فكرة أولية عن نعومة الاسمنت.

1-4 الأجهزة:

يبين الشكل (1) الأجهزة المستخدمة

- **منخل الاختبار:** منخل اسطواني متين، مصنوع من معدن غير قابل للتآكل، قطره mm (150-200)، عمقه يتراوح بين mm (40-100)، مزود بطبقة من الأسلاك المعدنية المقاومة للصدأ، مقاس فتحاته 90µm.
- **صينية وغطاء للمنخل:** للمحافظة على الاسمنت أثناء الرج من الضياع.

- **ميزان:** دقته 0.01g
- **وعاء مغلق:** يُستخدم لتحضير العينة الاسمنتية قبل البدء بالتجربة مع قضيب زجاجي لتحريكها.

الشكل (1): أجهزة الاختبار

5-1 خطوات التجربة:

- توضع كمية من الاسمنت ضمن وعاء مغلق وتُرج يدوياً لمدة دقيقتين لتفكيك أي تجمعات لذرات الاسمنت.
- يُترك بعدها الوعاء مغلقاً لمدة دقيقتين، بهدف منع تطاير ذرات الاسمنت الناعمة.
- يُفتح الغطاء وتُقلب عينة الاسمنت باستخدام القضيب الزجاجي الجاف والنظيف بهدف تأمين التوزيع المتجانس لذرات الاسمنت.
- تُؤخذ كمية25±0.5g من الاسمنت الموجود ضمن الوعاء وتُوضع على المنخل ذو الفتحة 90µm المثبت فوق الصينية، ثم نضع الغطاء ونبدأ بالرج يدوياً بحركة دورانية أفقية حتى يتم التأكد من مرور جميع الحبيبات الأقل من فتحة المنخل. (يمكن الرج ميكانيكياً)
- تُوزن كمية الاسمنت المحجوزة ونقسمها على كمية الاسمنت الكلية (25g)ونقوم بحساب النسبة المئوية المحجوزة ولتكن R1
- نعيد التجربة ونحدد النسبة المحجوزة ولتكن R2
- يجب أن لا يزيد الفرق بين النتيجتين عن 1%، وإلا يتم إجراء تجربة ثالثة.
- النسبة المئوية المحجوزة النهائية هي المتوسط الحسابي للنسبتين المحجوزتين.
- عند إجراء ثلاث تجارب، فالنسبة المئوية المحجوزة تعادل المتوسط الحسابي للنتائج الثلاث.

6-1 تقييم النتائج:

تُعتبر النتائج مقبولة إذا كانت النسب المحجوزة أقل من:

- 10% في حالة الاسمنت العادي (typeI, CIM I)
- 5% في حالة الاسمنت ذو المقاومة الابتدائية العالية و كذلك الاسمنت المنخفض حرارة الإماهة.

2- تحديد نعومة الاسمنت بطريقة نفوذية الهواء (بلين)

2-1 الغاية من التجربة:

قياس نعومة الاسمنت من خلال تحديد السطح النوعي لذرات الاسمنت.

2-2 المبدأ

يتم حساب السطح النوعي لذرات كتلة محددة من الاسمنت من خلال تحديد الزمن اللازم لمرور كمية محددة من الهواء عبر طبقة من الاسمنت المضغوط ذات مسامية وأبعاد محددة. تتناسب مساحة السطح النوعي للاسمنت في ظروف المعايرة مع الجذر التربيعي للزمن t،حيث: يمثل t الزمن اللازم لمرور كمية محددة من الهواء خلال طبقة الاسمنت المضغوطة.

- يعتمد عدد وحجم المسام ضمن طبقة الاسمنت المعنية على توزيع وحجم حبيبات الاسمنت والتي بدورها تحدد زمن جريان الهواء.
- يلزم وجود عينة مرجعية معلومة السطح النوعي والوزن النوعي للحصول على القيمة الحقيقة لنعومة الاسمنت من خلال معايرة الجهاز.

2-3 الأجهزة:

1- خلية النفاذية:

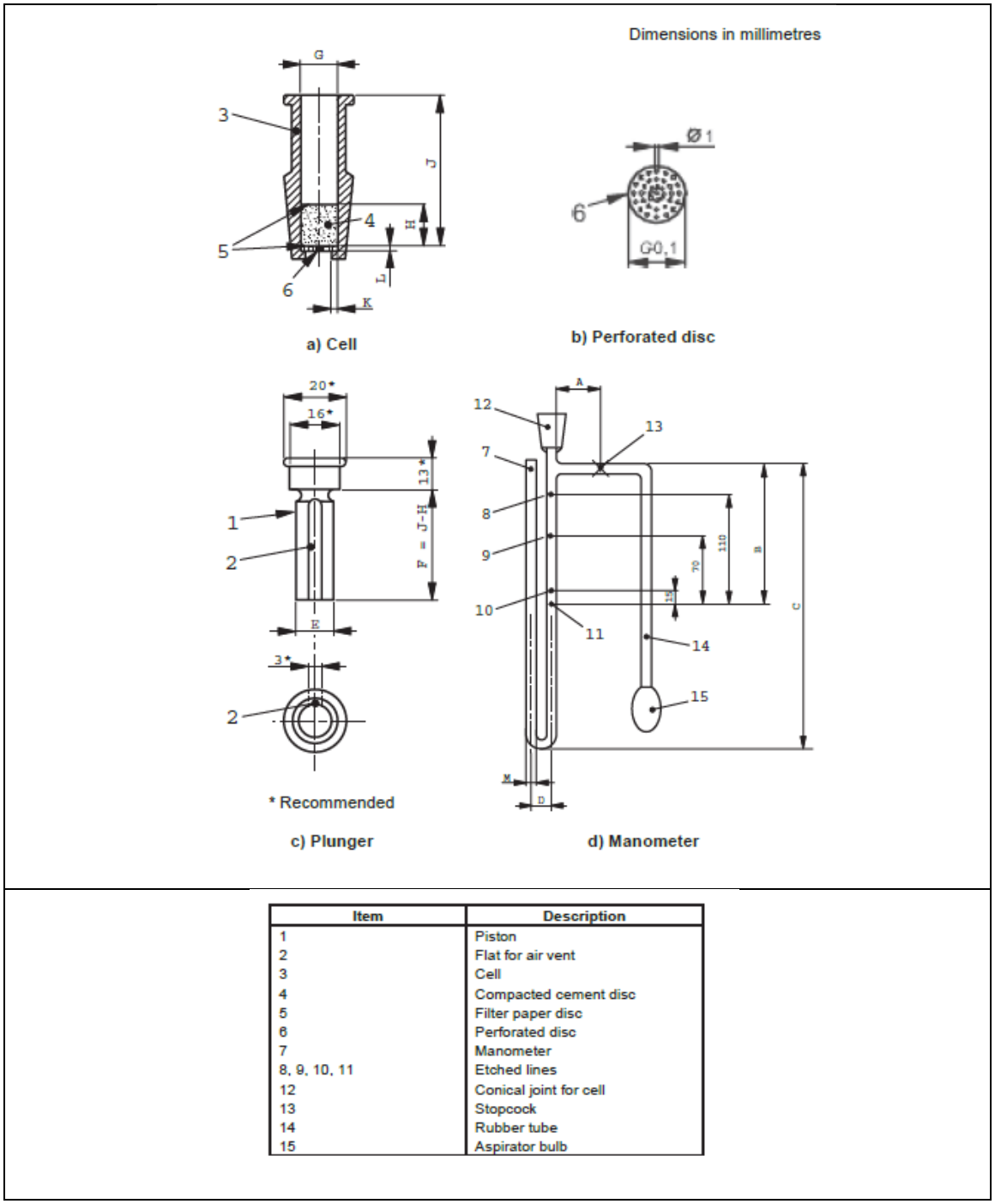
يجب أن تكون خلية النفاذية اسطوانية الشكل ذات الأبعاد والتجاويف المحددة بالشكل (2). تُصنع الخلية من مادة صلبة غير قابلة للصدأ. يجب أن يكون الوجهان السفلي والعلوي عموديان على محور الأسطوانة. كما أن السطح الخارجي للخلية يجب أن يكون مشطوفاً بحيث يؤمن توضع الخلية بإحكام ضمن التجويف المخروطي للمانومتر (يأخذ شكلاً مخروطيا من الخارج).

2- القرص المثقب:

يُصنع من معدن غير قابل للتآكل، عدد الثقوب يتراوح بين(30-40) ثقب، قطر الثقب 1mm ، يُوضع في أسفل الخلية متعامداً مع محورها، الأبعاد موضحة بالشكل (2) .

3- المكبس:

عبارة عن ضاغط ينزلق بسهولة ضمن خلية النفاذية، عندما يستقر المكبس بوضعه على السطح العلوي للأسطوانة يكون الفراغ (الخلوص) بين السطح العلوي للضاغط و السطح العلوي للقرص المثقب (15±1)mm ، يزود المكبس بفتحة متصلة بحلقة حول رأسه تسمح بخروج الهواء. يجب أن تكون مادة الصنع غير قابلة للصدأ ويجب أن يتوافق المكبس مع الخلية. الأبعاد موضحة على الشكل (2)



Item	Description
1	Piston
2	Flat for air vent
3	Cell
4	Compacted cement disc
5	Filter paper disc
6	Perforated disc
7	Manometer
8, 9, 10, 11	Etched lines
12	Conical joint for cell
13	Stopcock
14	Rubber tube
15	Aspirator bulb

Key		Recommended mm	Key		Obligatory mm
A	Minimum dimension between conical joint and stopcock	≤ 50	G	Cell diameter at base of cell	12,7 ± 0,1
B	Dimension between upper arm of T-joint and lowest etched line on arm of manometer tube	135 ± 10	E	Diameter of plunger/piston	G - 0,1
C	Dimension between upper arm of T-joint and base of U-tube	275 ± 25	H	Height of cement bed	15 ± 1
D	Dimension between centre lines of arms of U-tube	23 ± 1	F	Dimension/depth between tip of plunger and shoulder	J - H
J	Inner dimension/height of the cell	50 ± 15			
K	Width of cell ledge	0,8 ± 0,2			
L	Thickness of perforated disc	0,9 ± 0,1			
M	Diameter of arms of manometer tube	9,0 ± 0,4			

الشكل (2): جهاز نفاذية بلين

المانومتر:

أنبوبة على شكل حرف U مصنوعة من زجاج البوركسيلات مثبتة رأسياً بشكل محكم (الشكل 2). يُجهز أحد أذرعه عند قمته بتجويف مخروطي يتوافق مع السطح المخروطي لأسطوانة خلية النفوذية، وعلى نفس الذراع يوجد أربعة خطوط دائرية (علامات)، كما يوجد عليه وصلة على شكل حرف T في نهايتها صمام تحكم، يتصل بجهاز مناسب لسحب الهواء مكون من أنبوبة و مضخة.

تُملأ الأنبوبة بالسائل لترطيب السطح الداخلي ثم تُفرغ ويُعاد ملء الأنبوبة بالسائل حتى العلامة السفلى من العلامات الأربعة.

4- سائل المانومتر:

سائل غير متطاير، غير ماص للماء، منخفض اللزوجة والكثافة مثل: زيت معدني خفيف أو ثنائي بيوتل فيثلات.

5- ميقاتية:

بتدريج 0.2sec، ودقة 1%،وبمدى حتى300sec.

6- ميزان:

يزن حوالي 3g من الاسمنت بدقة 0.001، يزن بين g (50-110) من الزئبق بدقة 0.01

7- بكنومتر:

لتحديد الكثافة الصلبة للاسمنت أو الوزن النوعي

ملاحظة: الوزن النوعي هو نفسه كثافة الاسمنت الصلبة (g/cm^3) ولكن بدون واحدة وهو ينتج بقسمة كثافة الاسمنت الصلبة على كثافة الماء المعادلة $1g/cm^3$.

8- المواد:

- زئبق بدرجة نقاوة عالية.
- اسمنت مرجعي معلوم مساحة السطح النوعي.
- زيت خفيف لمنع تكوين مُلغم الزئبق (مزيج فلز بالزئبق) على السطح الداخلي للخلية.
- ورق ترشيح مستدير مطابق لأبعاد الخلية، متوسط المسامية (متوسط قطر الفتحة يعادل 7µm)
- شحم خفيف لتأمين الكتامة ضد تسرب الهواء بين الخلية والمانومتر وكذلك التسرب من الصمام.

4-2 شروط التجربة:

يجب أن تكون درجة حرارة المخبر الذي تُجرى فيه التجربة بحدود °C (2±20)وأن لا تزيد الرطوبة النسبية عن 65%. يجب أن تكون جميع مواد الاختبار بنفس درجة حرارة المخبر ومحمية من امتصاص الرطوبة الجوية أثناء تخزينها.

5-2 طبقة الاسمنت المضغوطة:

تشتمل طبقة الاسمنت المضغوطة على إعادة ترتيب ذرات الاسمنت متضمنة حجم معين من الهواء بين هذه الذرات. يُعبر عن حجم الهواء هذا كنسبة من الحجم الكلي لطبقة الاسمنت بالمسامية (e) وبالتالي فان نسبة ذرات الاسمنت الصلبة من الحجم الكلي يساوي (1-e).إذا كان الحجم الكلي لعينة الاسمنت V فان الحجم المطلق للإسمنت يساوي V(1-e) بـCm^3.و بالتالي فان كتلة الاسمنت m تعادل$\rho V(1-e)$ بـg حيث أن ρ هي الكثافة الصلبة لذرات الاسمنت بـg/Cm^3 .

وهكذا بمعرفة الكثافة الصلبة للإسمنتρ يمكن تحديد كتلة الاسمنت اللازمة لإنتاج مسامية محددة ضمن الحجم الكلي للطبقة المرصوصة.

6-2 تحضير العينة:

تُخلط العينة برجها ضمن وعاء مغلق لمدة دقيقتين ثم تُترك العينة ضمن الوعاء وهو مغلقاً لمدة دقيقتين، بعدها يُفتح الوعاء وتُقلب عينة الاسمنت باستخدام قضيب زجاجي جاف بهدف توزيع الحبيبات الناعمة ضمن عينة الاسمنت.

7-2 تعيين الكثافة الصلبة:

تُعين الكثافة باستخدام البكنومتر أو (قارورة لوشاتولييه) حيث يُستخدم سائل لا يتفاعل مع الاسمنت. تُحدد الكثافة مُقربة إلى $0.01g/Cm^3$.

8-2 تكوين (تشكيل) طبقة الاسمنت المضغوطة:

لتشكيل طبقة من الاسمنت مساميتها تعادل 0.5، نحتاج لكتلة من الاسمنت تساوي: $m_1=0.5V\rho$ بـ(g)، حيث V: الحجم الكلي لطبقة الاسمنت المضغوطة (Cm^3)

ρ: الكثافة الصلبة للإسمنت(g/Cm^3) .

يتم ضغط الكتلة m_1 بطريقة صحيحة للحصول على طبقة الاسمنت التي مساميتها تعادل 0.5 باتباع الخطوات التالية:

1. وضع القرص المثقب في أسفل خلية النفاذية.
2. وضع ورقة ترشيح واحدة فوق القرص حيث يتم التأكد من أن ورقة الترشيح تغطي القرص تماماً ومستوية بواسطة الضغط باستخدام قضيب جاف ونظيف.
3. وضع كتلة الاسمنت m_1 ضمن الخلية بعناية (ممكن باستخدام قمع) لتجنب فقدان أي ذرة اسمنت.

4. تُرج الخلية بلطف لتسوية سطح الاسمنت ثم نضع ورقة الترشيح الثانية ونجعلها تلامس سطح عينة الاسمنت باستخدام المكبس.
5. يُضغط المكبس بلطف ولكن بثبات حتى يصبح الوجه السفلي لقبعة المكبس في تماس مباشر مع الخلية، ثم يُرفع المكبس ببطء حوالي 5mm ويُدار بمقدار 90° ونضغط طبقة الاسمنت بثبات مرة ثانية حتى يلامس المكبس الخلية.
6. نسحب المكبس بلطف.
7. الآن أصبحت طبقة الاسمنت مضغوطة وجاهزة لتجربة نفاذية الهواء.

ملاحظة:

يمكن أن يُسبب الضغط الشديد والسريع إلى تغير في توزيع ذرات الاسمنت وبالتالي تغيير السطح النوعي لطبقة الاسمنت. يتم تنفيذ الضغط الأعظمي بالضغط المريح للإبهام على المكبس.

9-2 اختبار نفاذية الهواء:

1-9-2 المبدأ:

يُحسب السطح النوعي (Cm^2/g) العلاقة التالية:

$$S = \frac{K}{\rho} \times \frac{\sqrt{e^3}}{(1-e)} \times \frac{\sqrt{t}}{\sqrt{10 \times \eta}}$$

حيث:

K: ثابت الجهاز

e: مسامية الطبقة الاسمنتية المضغوطة.

t: الزمن المقاس (sec)

ρ : كثافة الاسمنت الصلبة (g/Cm^3)

η : لزوجة الهواء في درجة حرارة الاختيار (Pa.s)

عندما تكون مسامية طبقة الاسمنت ρ=0.5 ودرجة حرارة الاختبار 2±20 ، تُصبح العلاقة السابقة :

$$S = \frac{52{,}43\ K \times \sqrt{t}}{\rho} \quad (cm^2/g)$$

2-9-2 الطريقة:

- وضع خلية النفاذية ضمن التجويف المخصص لها في المانومتر بعد وضع القليل من الشحم على السطح الخارجي للجزء المخروطي بهدف تأمين الكتامة ضد تسرب الهواء. يجب الانتباه إلى المحافظة على طبقة الاسمنت بدون أية خلخلة.
- تُغلق قمة الأسطوانة للخلية بواسطة المكبس.

- يُفتح الصمام بهدف سحب الهواء بلطف حتى يرتفع مستوى السائل في المانومتر ليصل إلى أعلى خط دائري في ذراع المانومتر ثم نغلق الصمام.
- يجب التأكد من عدم حدوث أي تسرب للهواء من خلال إغلاق الصمام وفتحة الخلية وبقاء مستوى السائل ثابت ضمن المانومتر.
- نقوم برفع المكبس من أعلى الخلية فيبدأ مستوى السائل بالهبوط، نضبط الميقاتية ونبدأ بقياس الزمن اللازم لهبوط السائل من العلامة الثانية حتى العلامة الثالثة.
- نسجل الزمن بـsec، كما نسجل درجة حرارة التجربة.
- نعيد التجربة على نفس العينة الاسمنتية المضغوطة ونعيد تسجيل الزمن ودرجة الحرارة.
- نُحضر عينة ثانية من الاسمنت ونجري عليها اختبار النفاذية مرتين ونسجل أيضاً الزمن لكل محاولة ودرجة الحرارة.

10-2 معايرة الجهاز:

تشمل معايرة الجهاز تحديد الحجم الذي تشغله طبقة الاسمنت وكذلك ثابت الجهاز بالاعتماد على عينة معيارية (مرجعية) من الاسمنت معروفة السطح النوعي وكثافتها الصلبة.

1-10-2 تحديد حجم طبقة الاسمنت باستخدام الزئبق:

لكل خلية نفاذية خلوصها الخاص بها (الفراغ بين المكبس وأسفل السطح الداخلي للخلية) وهذا الخلوص هو الفراغ الذي تشغله طبقة الاسمنت المرصوصة وبالتالي فان حجم طبقة الاسمنت يختلف باختلاف الخلية. يتم تحديد هذا الحجم وفقاً للخطوات التالية:

- تُدهن الأسطح الداخلية للخلية بطبقة رقيقة جداً من زيت معدني خفيف.
- وضع ورقتي ترشيح جديدتين على القرص المثقب في أسفل الخلية والتأكد من توضعهما على كامل سطح القرص من خلال الضغط عليهما بلطف باستخدام قضيب جاف ونظيف.
- تُملأ الخلية بالزئبق حيث يجب التأكد من أن الزئبق يملأ الخلية بشكل تام من خلال الضغط باستخدام شريحة زجاجية حيث ينساب الزئبق الزائد من سطحها.
- نفرغ الزئبق من الخلية على وعاء ونزنه وليكن الوزن هو m_2 ونسجل درجة الحرارة.
- نفرغ الخلية ونضع القرص المعدني من جديد وفوقه ورقة ترشيح واحدة ثم نضيف كمية من الاسمنت المعياري تُعادل 2.9g ثم ورقة الترشيح الثانية ونقوم بتشكيل الطبقة الاسمنتية المضغوطة كما ورد سابقاً وبعدها نملأ الفراغ المتبقي بالزئبق مع التأكد من إزالة الفقاعات الهوائية وتحقيق استوائية الزئبق.
- نفرغ الزئبق من الخلية من جديد على وعاء ونزنه ولتكن m_3 مع تسجيل درجة الحرارة.
- إن حاصل m_2-m_3 يمثل عملياً الفرق بين كتلتي الزئبق، أي وزن الزئبق الذي تشغله كتلة الاسمنت المعيارية. وبالتالي فإنه يمكن تحديد الحجم الذي تشغله طبقة الاسمنت المضغوطة باستخدام العلاقة:

$$V = \frac{m_2 - m_3}{\rho_{Hg}} \quad (\mathrm{cm}^3)$$

حيث:

ρ_{Hg} : كثافة الزئبق المتوافقة مع درجة حرارة الاختبار المأخوذة من الجدول (1).

Table 1 — Density of mercury ρ_{Hg}, viscosity of air η and $\sqrt{10\times\eta}$ as function of the temperatures[a]

Temperature °C	Density of mercury ρ_{Hg} g/cm³	Viscosity of air η $P_{a\cdot s}$	$\sqrt{10\times\eta}$
16	13,560	0,000 018 00	0,013 416
17	13,560	0,000 018 05	0,013 435
18	13,550	0,000 018 10	0,013 454
19	13,550	0,000 018 15	0,013 472
20	13,550	0,000 018 19	0,013 487
21	13,540	0,000 018 24	0,013 506
22	13,540	0,000 018 29	0,013 524
23	13,540	0,000 018 34	0,013 543
24	13,540	0,000 018 39	0,013 561

[a] Intermediate values shall be obtained by linear interpolation.

الجدول رقم (1): كثافة الزئبق، ولزوجة الهواء

- نعيد التجربة باستخدام طبقات مضغوطة من عينات الاسمنت ونحدد الحجم في كل مرة حتى الوصول إلى نتيجتي حجم الفرق بينهما أقل من $0.005Cm^3$.
- وبالتالي يكون الحجم الذي تشغله طبقة الاسمنت المضغوطة هو متوسط للقيمتين المتتاليتين المحققتين للشرط السابق

2-10-2 تحديد ثابت الجهاز:

- تحضير طبقة الاسمنت المضغوطة من العينة المرجعية من خلال حساب كتلتها اللازمة لتشكيل هذه الطبقة المضغوطة والحاوية مسامية قدرها 0.5 من العلاقة المذكورة سابقا:

$m_0=0.5V\rho_0$

حيث:

m_0: كتلة الاسمنت المرجعية (g)

V: الحجم الذي تشغله طبقة الاسمنت(Cm^3)

ρ_0: الكثافة الصلبة للإسمنت المرجعي (g/Cm^3)

- تُوضع العينة ضمن الخلية وتُضغط وفقاً للخطوات المذكورة سابقاً.
- نقيس النفوذية ونحدد الزمنt ونسجل درجة الحرارة، ثم نعيد تجربة النفوذية على نفس الطبقة مرتين ونحدد الزمن ودرجة الحرارة في كل مرة. ويكون الزمن النهائي هو المتوسط للأزمنة الثلاثة.
- تُحضر عينتان إضافيتان من الاسمنت المرجعي ونحدد ثلاثة أزمنة لكل عينة ونوجد المتوسط من أجل كل عينة
- نحدد ثابت الجهاز لكل عينة باستخدام العلاقة التالية:

$$K = \frac{S_0\,\rho_0\,(1-e)\,\sqrt{10\times\eta_0}}{\sqrt{e^3}\quad\sqrt{t_0}}$$

حيث:

S_0: السطح النوعي للعينة المرجعية Cm^2/g

ρ_0: الكثافة الصلبة لعينة الاسمنت المرجعية g/Cm^3

η_0: لزوجة الهواء المساوية لمتوسط قيم اللزوجة المسجلة لدرجات الحرارة الثلاثة للعينات الثلاثة Pa.sec
t_0: الزمن الذي يمثل وسطي الأزمنة الثلاثةالمسجلة sec

- عندما تكون مسامية طبقة الاسمنت المضغوطة محددة وتساوي 0.5تصبح العلاقة السابقة:

$$K = 1{,}414\, S_0\, \rho_0\, \frac{\sqrt{10\times\eta_0}}{\sqrt{t_0}}$$

- ثابت الجهاز يساوي المتوسط الحسابي للثوابت الثلاثة المحسوبة للعينات الثلاثة.

11-2 إعادة المعايرة:

يمكن أن يسبب تكرار استخدام الجهاز تغيراً في حجم طبقة الاسمنت وكذلك ثابت الجهاز بسبب تآكل الخلية والمكبس والقرص المثقب، لذلك يجب أن تتم إعادة المعايرة في الحالات التالية:

- بعد 1000 اختبار
- في حالات استخدام:
  - نوع آخر من سائل المانومتر
  - نوع آخر من الفلاتر أو قرص معدني جديد
  - أنبوبة مانومتر جديدة

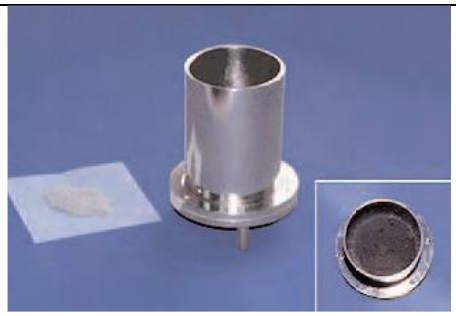
3- تقييم النتائج:

- عموما تتراوح نعومة الاسمنت لأغلب الأنواع بين Cm^2/g (2500-5000)أو m^2/kg (250-500)
- كلما كانت النعومة منخفضة (الرقم منخفضاً)، كلما زادت خشونة الاسمنت وأصبحت إماهته بطيئة.
- كلما كانت النعومة مرتفعة (الرقم مرتفعاً)، كلما زادت نعومة الاسمنت و أصبحت إماهتهأسرع، و هذا ما نراه في الاسمنت ذو المقاومة الابتدائية العالية.

ملاحظة:

يوجد عدة طرق لتحديد نعومة الاسمنت وفقاً للمواصفة ASTM:

1- ASTM C184: تحدد النعومة من خلال تحديد النسبة المحجوزة للاسمنت على المنخل ذو الفتحة 75µm. حيث يتم النخل الجاف لكمية من الاسمنت تعادل 50g و تحدد النسبة المحجوزة بتقسيم الكتلة المحجوزة على الكتلة الكلية. يجب أن لا تزيد النسبة المحجوزة عن 10%.
2- ASTM C430: تحدد النعومة من خلال تحديد النسبة المحجوزة للاسمنت على المنخل ذو الفتحة 45µm. حيث يتم النخل الرطب (الغسل تحت الماء) لكمية من الاسمنت تعادل 1000gوتحدد النسبة المحجوزة بتقسيم الكتلة المحجوزة على الكتلة الكلية. يجب أن تتراوح النسبة المحجوزة بين %(5-15) .



3- ASTM C204 : تُحدد النعومة باستخدام خلية النفاذية بالهواء (جهاز بلين) و هو نفس ما ذكرسابقاً في bs en 196-6 باختلاف بسيط هو أن كتلة الاسمنت المرجعية المستخدمة في معايرة الجهاز تعادل 2.8g بدلاً من 2.9g المذكورة سابقا"